

Energie von See an Land



Unser Auftrag

Zukunftsfähige Energieversorgung ermöglichen



Weitreichend.

Schon heute transportieren die zwölf fertiggestellten Netzanbindungen von TenneT in der Nordsee mehr als 7 GW erneuerbare Energie von See an Land.

Gesetzlich.

TenneT ist verpflichtet, Offshore-Windparks ans Stromnetz anzuschließen, und setzt dies in der Nordsee um.

Langfristig.

Der Gesetzgeber legt klare Ziele für Offshore-Windenergie fest: 20 GW bis 2030.

Offshore-Windenergie in Zukunft

Der Anteil erneuerbarer Energien am Stromverbrauch soll gemäß der Vereinbarung im Koalitionsvertrag auf 65 Prozent im Jahr 2030 steigen. Offshore-Windenergie spielt hierbei eine zentrale Rolle. Daher hat die Bundesregierung die Offshore-Ausbauziele bis 2030 von 15 auf 20 GW erhöht. TenneT wird mit den bereits jetzt und zukünftig fertiggestellten Offshore-Netzanbindungen maßgeblich dazu beitragen dieses Ziel zu erreichen.

TenneT ist der größte deutsche und zugleich Europas erster grenzüberschreitender Übertragungsnetzbetreiber. Das Unternehmen ist für Betrieb, Instandhaltung und Ausbau des Höchstspannungsnetzes in großen Teilen Deutschlands und in den Niederlanden verantwortlich. Die Energiewende mit ihren zahlreichen dezentralen Stromerzeugern aus erneuerbaren Energiequellen stellt das Netz vor Herausforderungen, denn große Mengen an Windenergie aus dem Norden Deutschlands müssen in die Verbrauchszentren im Süden und Westen befördert werden.

Zugleich ist die Energiewende das größte Zukunftsprojekt, das es in Deutschland je gegeben hat. Denn künftig soll in Deutschland mehr Strom aus erneuerbaren Energien gewonnen werden, so dass wir mittelfristig auf Strom aus Kernenergie und langfristig auch auf Strom aus Kohlekraftwerken verzichten können. Windenergie, weit auf dem Meer erzeugt, ist eine der wesentlichen Säulen der Energiewende. Um dieses Vorhaben umzusetzen, hat die Bundesregierung konkrete Ziele festgelegt: Bis 2020 sollen Offshore-Windenergieanlagen mit einer Kapazität von 6,5 Gigawatt (GW) ans Netz angeschlossen werden. Bis 2030 sollen dann insgesamt 20 GW zur Verfügung stehen. Dies entspricht der Energieausbeute von etwa 20 Großkraftwerken.

TenneT schafft dafür die nötige Infrastruktur. Im Dezember 2006 hat die Bundesregierung den Übertragungsnetzbetreibern per Gesetz den Auftrag erteilt, die Offshore-Windparks in ihrer Regelzone an das deutsche Stromnetz anzuschließen. TenneT hat somit die Aufgabe, alle Offshore-Windparks in der deutschen Nordsee anzuschließen. Innerhalb der TenneT-Gruppe übernimmt TenneT Offshore die Konzeption und Planung sowie den Bau und anschließenden Betrieb von Anschlussleitungen auf See bis zu dem Punkt an Land, an dem die Energie ins deutsche Stromnetz eingespeist wird.

Bereits 2019 hatte TenneT die Ausbauziele der Bundesregierung von 6,5 Gigawatt bis zum Jahr 2020 für nachhaltigen Nordsee-Windstrom erfüllt und sogar deutlich übertroffen. Die bis heute realisierten Projekte zum Anschluss von Windparks auf See transportieren bereits über sieben GW Offshore-Windenergie an Land. Bis 2027 stellt TenneT noch vier weitere dieser Netzanbindungen in der Nordsee fertig. Insgesamt stehen dann über zehn GW Übertragungskapazität zur Verfügung, um Strom an Land zu bringen. Genug, um rund 12,5 Millionen Haushalte mit erneuerbarer Energie zu versorgen. Von 2018 bis 2028 wird TenneT etwa 16 Milliarden Euro in das Offshore-Netz investieren; damit ist TenneT der größte Investor in die Energiewende. Unabdingbar bleibt zudem der weitere Ausbau des Netzes an Land. Dazu gehören internationale Anbindungen sowie der Bau wichtiger Nord-Süd-Verbindungen wie SuedLink und SuedOstLink.

”

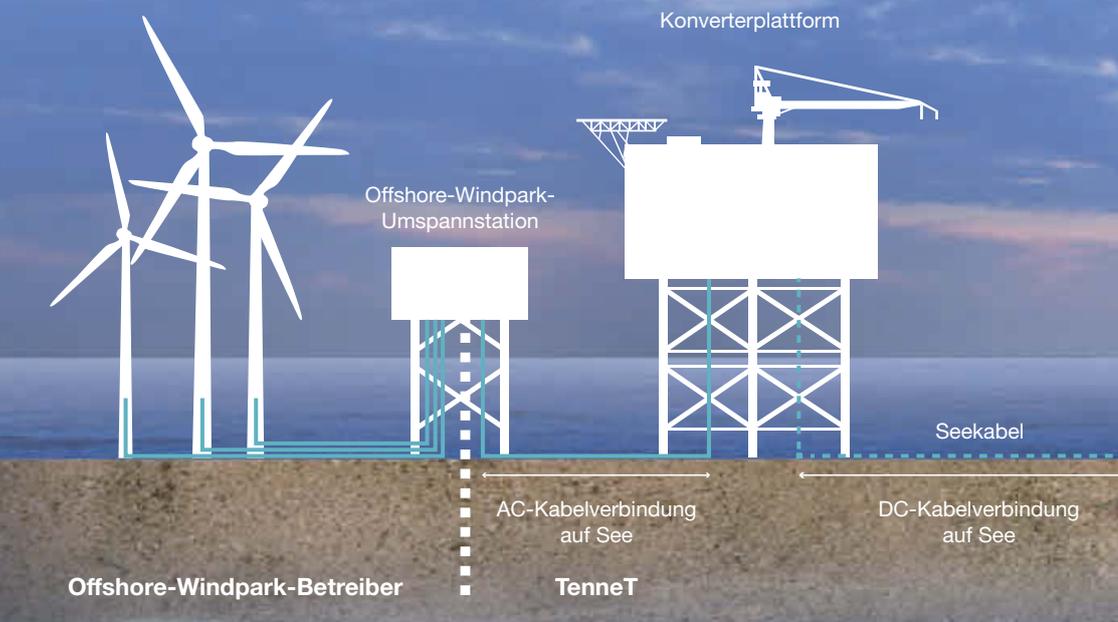
Damit der auf See erzeugte Strom auch dahin kommt, wo er gebraucht wird, muss der Netzausbau an Land Schritt halten mit dem Ausbau der erneuerbaren Energien.

Unsere Technik

Höchstleistungen auf See und an Land

Der Anschluss von Offshore-Windparks erfordert technische Höchstleistungen, denn der auf See erzeugte Strom muss in das Übertragungsnetz eingespeist und zu den Verbrauchern transportiert werden. Kleinere Windparks, die sich in Küstennähe befinden, werden hierzu direkt per Drehstromkabel mit dem Festland verbunden. Der überwiegende Teil der Offshore-Windparks in der Nordsee liegt jedoch weit über 100 Kilometer von

der Küste entfernt. Damit der in großen Mengen produzierte Windstrom möglichst verlustarm ins Höchstspannungsnetz an Land eingespeist werden kann, setzt TenneT Gleichstromkabel ein. Mit nur je einem Plus- und einem Minuspol schont diese Technik den Eingriff in die Natur und ermöglicht schmale Trassen an Land. Auf seiner Reise zum Festland durchläuft der Strom mehrere Stationen:



Offshore-Umspannwerk

Der gesamte auf See erzeugte Strom wird im Umspannwerk des Offshore-Windparks gebündelt und von dort per Drehstromkabel zur Konverterplattform weitergeleitet.



Konverterplattform auf See

In der Konverterplattform findet die Umrichtung von Dreh- in Gleichstrom statt. Zudem wird der Windstrom hier gefiltert, um die Regelung des Gesamtsystems zu erleichtern.

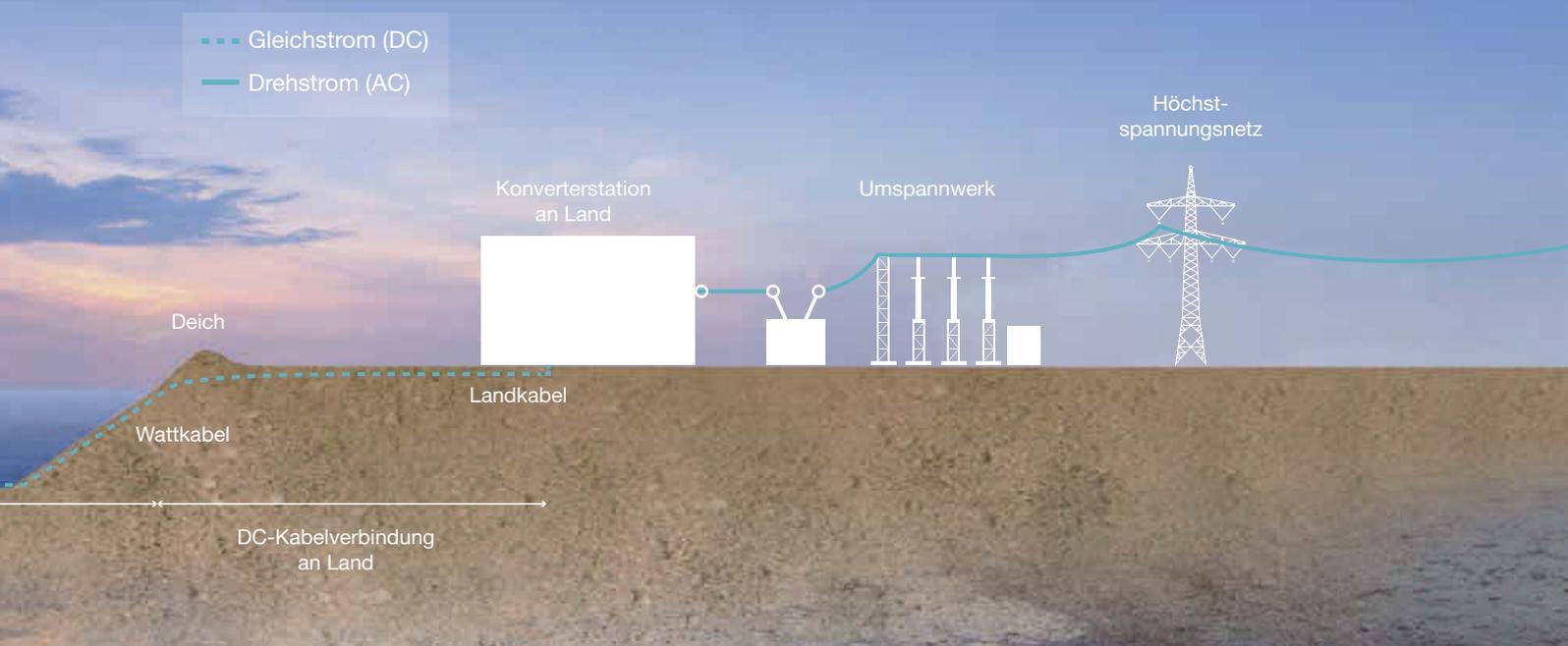


Kabelverbindung auf See/Land

Der Strom wird über ein Gleichstromkabel durchs Meer und über Land zur landseitigen Konverterstation transportiert. *(Bild zeigt Kabel vor der Verlegung.)*

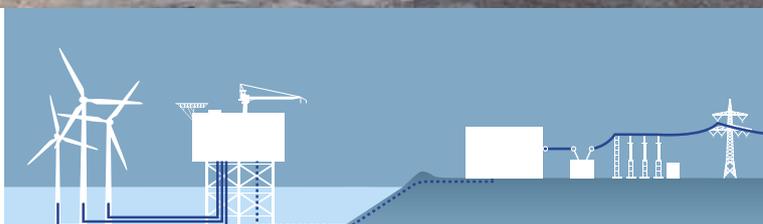


Mit technischen Höchstleistungen bringen wir Energie von See an Land und tragen zur Versorgungssicherheit in Deutschland bei.



Konverter an Land

In der landseitigen Konverterstation wird der Gleichstrom zurück in Drehstrom gerichtet und von dort aus über ein Umspannwerk in das Übertragungsnetz eingespeist.



Innovativer Direktanschluss

TenneT entwickelt innovative Technologien, um Netzanschlüsse noch effizienter und kosteneffektiver zu gestalten. Eine dieser Innovationen ist der 66-kV-Direktanschluss. Die Technologie ermöglicht erhebliche Kosteneinsparungen, da die Windkraftanlagen direkt über 66-kV-Drehstromkabel an die Offshore-Konverterplattform von TenneT angeschlossen werden. Erstens entfallen so die bislang für jeden Offshore-Windpark erforderlichen Umspannwerke. Zweitens sind keine 155-kV-Drehstromkabel zwischen der Offshore-Plattform von TenneT und den Umspannwerken der angeschlossenen Windparks mehr notwendig. Stattdessen werden jeweils mehrere Windenergieanlagen des Windparks mit einem Drehstromkabel direkt an die Plattform angebunden. Im Projekt DoWin5 wird der innovative Direktanschluss erstmalig zum Einsatz kommen. Auch bei den drei folgenden noch fertigzustellenden Offshore-Netzanbindungen DoWin6, BorWin5 und BorWin6 kommt dieses Anschlusskonzept zum Einsatz.

kV = Kilovolt

Um die weit draußen auf dem Meer erzeugte Energie möglichst effizient an Land zu bringen, setzt TenneT auf See und an Land leistungsstarke Konverter und Übertragungskabel ein. Damit stehen den Windparks vor der Küste effiziente Netzanbindungen zur Verfügung, um große Mengen saubere Energie aus Offshore-Windkraft ins Stromnetz zu integrieren.

Für die kurze Strecke: Drehstrom

Drehstrom bezeichnet einen dreiphasigen Wechselstrom für größere elektrische Leistungen. Die Drehstromtechnik kommt vor allem beim Anschluss von küstennahen Windparks mit geringeren Übertragungskapazitäten zum Einsatz, da sie die Windenergie auf kurzen Strecken technisch wie wirtschaftlich am effizientesten transportiert. Der Strom gelangt direkt über ein See- und Landkabel zum nächstgelegenen Netzknotenpunkt an Land. Hier wird der Strom auf die Spannungsebene des Höchstspannungsnetzes (380 oder 220 kV) transformiert und von dort direkt ins Übertragungsnetz von TenneT eingespeist.

Für die lange Strecke: Gleichstrom

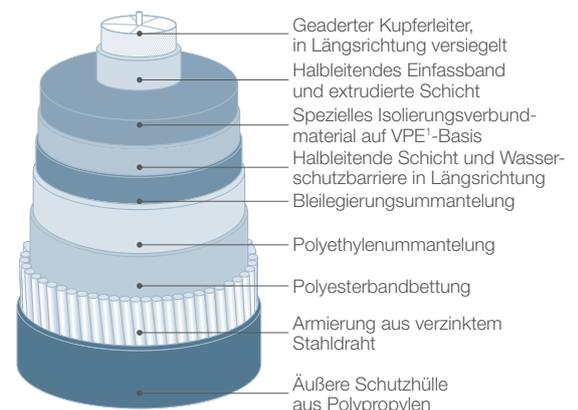
Für weit von der Küste entfernt liegende Offshore-Windparks wird die Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ) eingesetzt. Ihr Vorteil: Im Vergleich zu Drehstrom können deutlich größere Strommengen mit nur einem Kabelpaar je System übertragen werden, je nach Entfernung sind zudem die Verluste geringer. In der deutschen Nordsee werden Offshore-Windparks daher vorwiegend per HGÜ-Technologie über See- und Erdkabel angebunden. So können mit einem Standard-Netzanschlussystem 900 MW Leistung übertragen und mehrere Windparks angeschlossen werden. TenneT verfügt über mehr als zweitausend Kilometer HGÜ-Erdkabel in der Nordsee. Und auch an Land wurden bereits mehr als tausend Kilometer Erdkabel in Niedersachsen und Schleswig-Holstein unterirdisch verlegt.

320-kV-HGÜ-Kabelsystem

Ein 320-kV-HGÜ-Kabelsystem mit einer Übertragungskapazität von bis zu 900 MW besteht aus zwei Kabelsträngen, einem Plus- und einem Minus-Pol, die parallel und dicht beieinander verlegt werden. Insgesamt setzt TenneT bei den Netzanbindungsprojekten drei verschiedene Arten von Kabeln ein: See-, Watt- und Landkabel. See- und Wattkabel sind kunststoffummantelt und bestehen aus einem Kupferleiter sowie einer Isolation aus vernetztem Polyethylen. Landkabel sind ähnlich aufgebaut, jedoch ohne Armierung gegen mechanische Beschädigung. Kupfer ist zwar leitfähiger, aber aus Gewichtsgründen verfügen Landkabel meist über einen Aluminiumleiter, der den Transport erleichtert. An Land werden die Kabel in Abschnitten von etwa 750 bis 1.000 Metern verlegt und mit Muffen verbunden. Auf See wird das Kabel im Ganzen oder in wenigen Abschnitten verlegt. Je nach Art des Kabels haben diese Durchmesser zwischen elf und 13 Zentimetern. Die Lebensdauer der Kabel beträgt an Land etwa 40 Jahre, auf See sind es rund 30 Jahre.

Seekabel*

Kabeldurchmesser rund 13 cm
Gewicht rund 45 kg/m
Leiterquerschnitt 1.250 mm²
(Durchmesser Kupferkern rund 4 cm)



¹ Vernetztes Niederdruck-Polyethylen



Speziell.

Mit besonderer technischer Ausrüstung (z. B. Spülschlitten, Kabelverlegeschiiff etc.) werden die Kabel im Meeresboden verlegt.

Spannend.

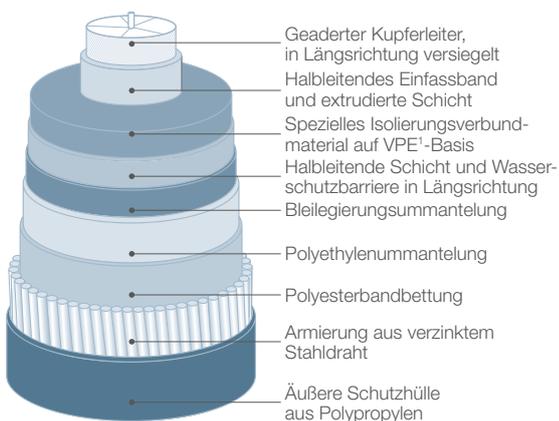
Bei der Verlegung von Kabeln darf ein bestimmter Biegeradius nicht unterschritten werden, da sonst die Funktionsfähigkeit nicht sichergestellt werden kann.

Sorgfältig.

Alle Kabel werden noch in der Produktion im Werk auf Herz und Nieren geprüft und auch nach der Verlegung weiteren gründlichen Tests unterzogen.

Wattkabel*

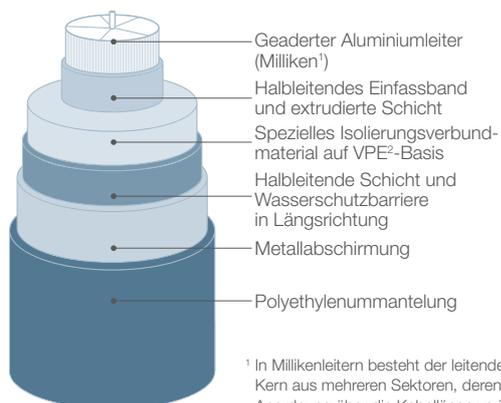
Kabeldurchmesser rund 13 cm
Gewicht rund 45 kg/m
Leiterquerschnitt 1.700 mm²
(Durchmesser Kupferkern rund 4,7 cm)



¹ Vernetztes Niederdruck-Polyethylen

Landkabel*

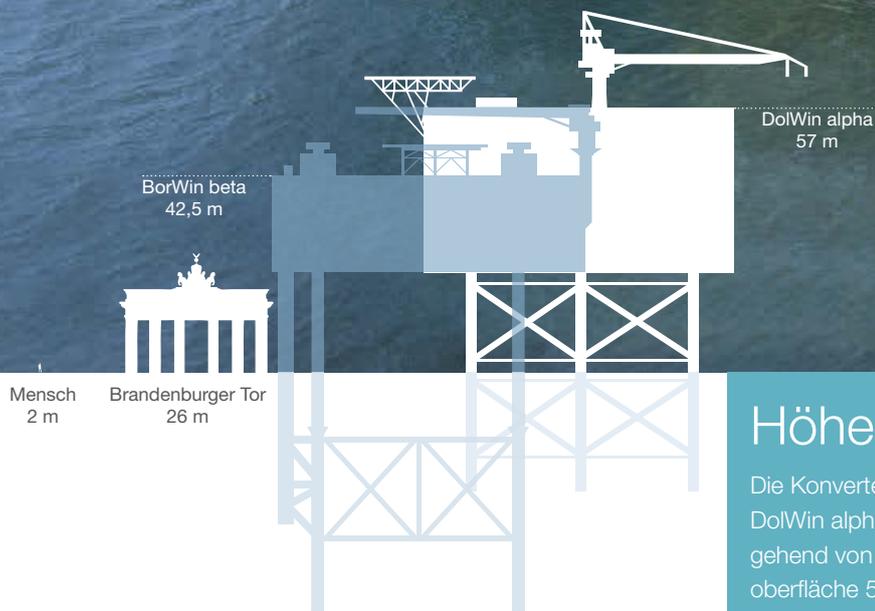
Kabeldurchmesser rund 12 cm
Gewicht rund 16 kg/m
Leiterquerschnitt 2.400 mm²
(Durchmesser Aluminiumkern rund 6 cm)



¹ In Millikenleitern besteht der leitende Kern aus mehreren Sektoren, deren Anordnung über die Kabellänge variiert, um Übertragungsverluste zu minimieren.

² Vernetztes Niederdruck-Polyethylen

* Exemplarische Kennzahlen des Projektes SylWin1



Tiefer.

Die Installationsarbeiten auf See finden in Wassertiefen von 27 bis 40 Metern statt, dies entspricht rund sieben bis zwölf Stockwerken eines Hochhauses.

Höher.

Die Konverterplattform DoWin alpha misst ausgehend von der Meeresoberfläche 57 Meter. Zum Vergleich: Das Brandenburger Tor ist 26 Meter hoch.

Weiter.

Die Konverterplattformen stehen teilweise über 100 Kilometer weit vom Festland entfernt in der Nordsee. Sie sind von Land somit nicht sichtbar.

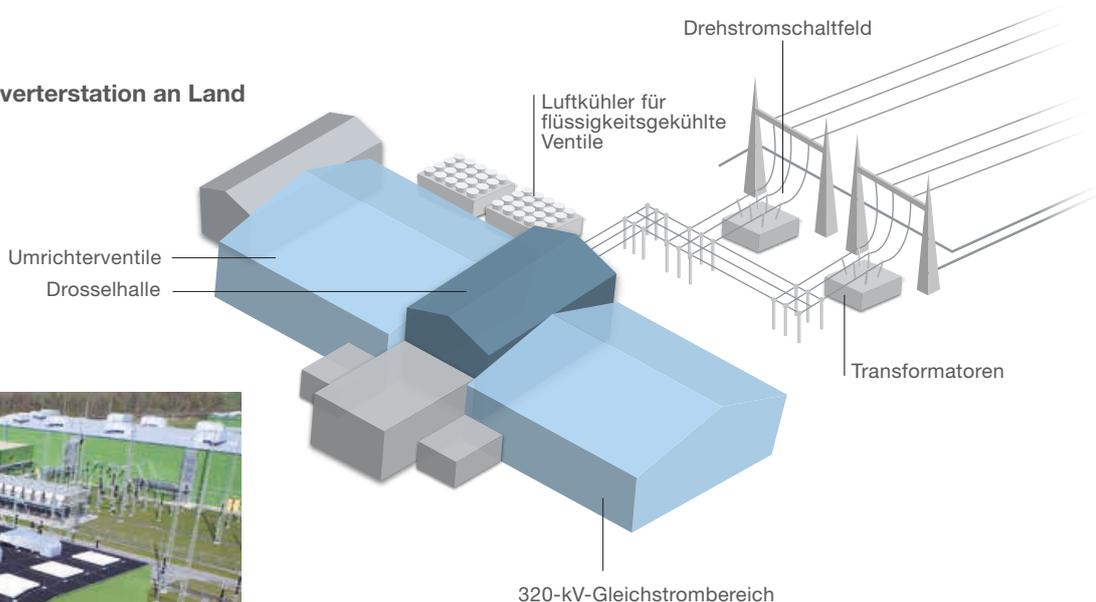
Konverter

„Steckdosen“ auf See und an Land

Damit der auf See erzeugte Windstrom effizient transportiert und eingespeist werden kann, müssen sowohl die Spannung als auch die Stromart (Drehstrom/Gleichstrom) angeglichen werden. Dieser Prozess findet in zwei Konverteranlagen statt. Bei den bisher realisierten Projekten wurde der auf See erzeugte Strom im windparkeigenen Umspannwerk gesammelt und von dort mittels eines Drehstromkabels mit 155 kV Spannung zur Konverterplattform geführt. Zukünftig werden die Windparks direkt – konkret über 66-kV-Drehstromkabel – mit der Konverterplattform auf See verbunden. Erstens entfallen so die windparkeigenen Umspannwerke. Zweitens sind keine 155-kV-Drehstromkabel zwischen der Offshore-Konverterplattform von TenneT und den Umspannstationen der angeschlossenen Windparks mehr nötig.

Nachdem der auf See erzeugte Strom die Offshore-Konverterplattform erreicht hat, wird die Spannung mittels Leistungstransformatoren auf die Konverter-Arbeitsspannung von 320 kV erhöht. In der Konverterstation finden die eigentliche Umrichtung des Drehstroms in Gleichstrom (± 320 kV) und die anschließende Glättung statt. Dies ist wichtig für die Regelung des Gleichstromsystems. Vom Gleichstrombereich führen die beiden Gleichstromkabel (ein Plus- und ein Minuspol) von der Plattform herab in den Meeresboden und von dort Richtung Festland zum so genannten Anlandungspunkt. Dieser Punkt markiert den Übergang von See an Land. Von hier aus wird der Strom per Erdkabel zur landseitigen Konverterstation transportiert, dort zurück in Drehstrom gerichtet, auf die richtige Spannung transformiert und im dazugehörigen Umspannwerk in das 380-kV-Netz von TenneT eingespeist.

Konverterstation an Land



Konverter an Land stellen mit dem dazugehörigen Umspannwerk den Knotenpunkt für die Einspeisung des Seestroms ins Netz dar.

Unsere Projekte

Garanten für eine nachhaltige Energieversorgung

TenneT baut und betreibt seit 2006 erfolgreich Anschlüsse für Offshore-Windparks in Deutschland. Darunter 2010 die weltweit erste, über 200 Kilometer lange Gleichstromverbindung zwischen einem Offshore-Windpark und dem Höchstspannungsnetz, BorWin1. Bis 2027 stellt TenneT vier weitere Projekte fertig, wodurch sich die Gesamtkapazität der TenneT Offshore-Projekte auf über 10 GW erhöht.



alpha ventus

AC · 66 km · 62 MW · Hagermarsch
in Betrieb seit 2009



BorWin1

DC · 200 km · 400 MW · Diele
in Betrieb seit 2010



BorWin2

DC · 200 km · 800 MW · Diele
in Betrieb seit 2015



BorWin3

DC · 160 km · 900 MW · Emden/Ost
in Betrieb seit 2019



BorWin5

DC · 230 km · 900 MW · Garrel/Ost
Inbetriebnahme 2025



DolWin1

DC · 165 km · 800 MW · Dörpen/West
in Betrieb seit 2015



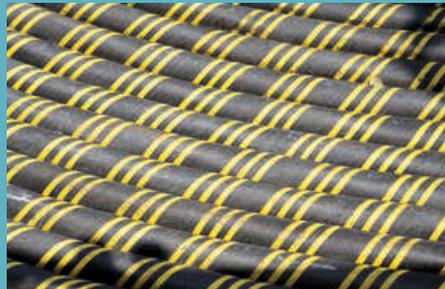
DolWin2

DC · 135 km · 916 MW · Dörpen/West
in Betrieb seit 2016



DolWin3

DC · 160 km · 900 MW · Dörpen/West
in Betrieb seit 2018



DolWin5

DC · 130 km · 900 MW · Emden/Ost
Inbetriebnahme 2024



DolWin6

DC · 90 km · 900 MW · Emden/Ost
Inbetriebnahme 2023



HelWin1

DC · 130 km · 576 MW · Büttel
in Betrieb seit 2015



HelWin2

DC · 130 km · 690 MW · Büttel
in Betrieb seit 2015



Nordergründe

AC · 32 km · 111 MW · Inhausen
in Betrieb seit 2017



Riffgat

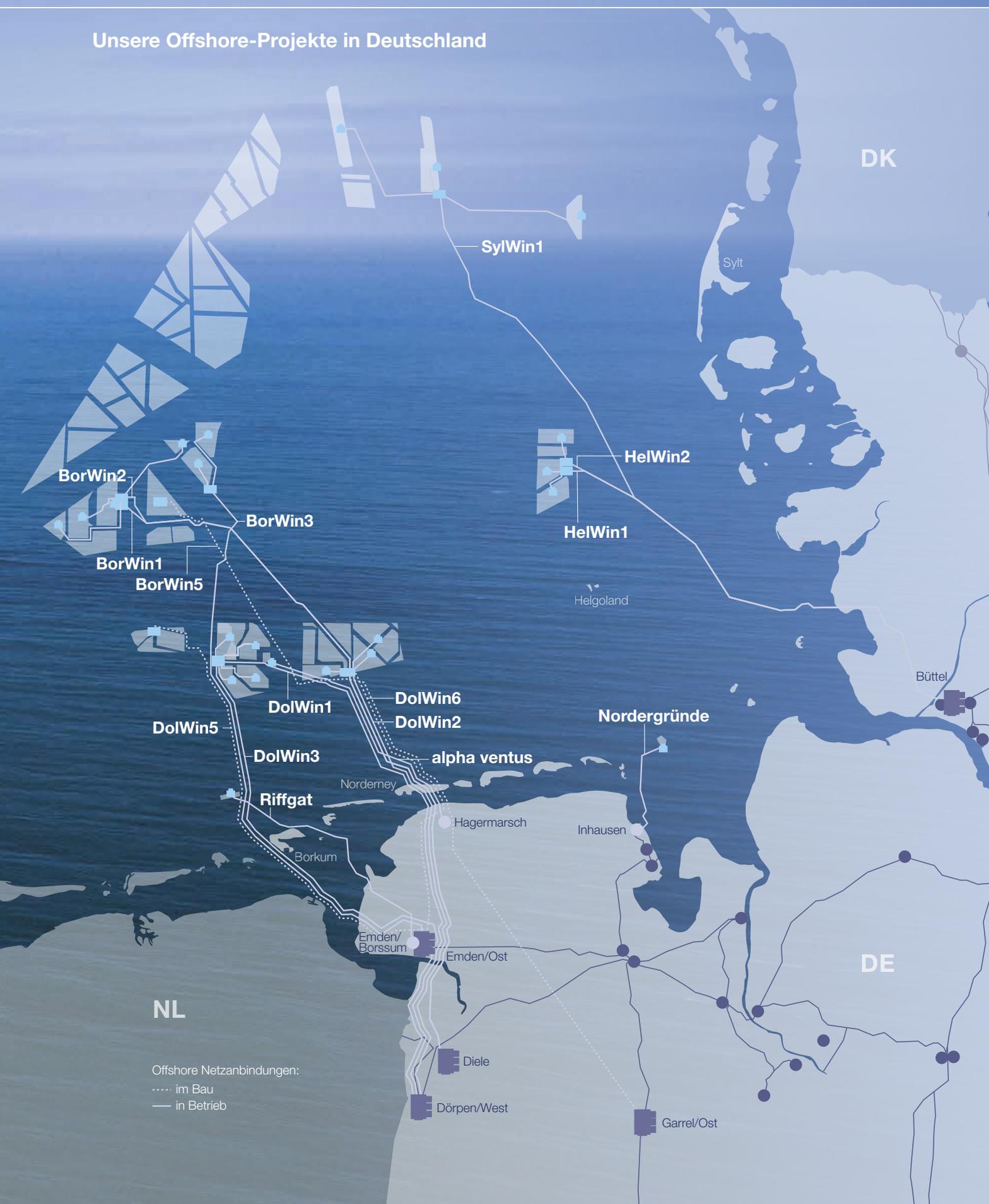
AC · 80 km · 113 MW · Emden/Borssum
in Betrieb seit 2014



SylWin1

DC · 205 km · 864 MW · Büttel
in Betrieb seit 2015

Unsere Offshore-Projekte in Deutschland



Offshore Netzanbindungen:

- im Bau
- in Betrieb

Unsere Offshore-Projekte in den Niederlanden

Auch in den Niederlanden ist TenneT seit 2016 als Übertragungsnetzbetreiber auf See für die Anbindung der Offshore-Windenergieanlagen zuständig.

Bis 2030 sollen Offshore-Windenergieanlagen mit einer Kapazität von 10,6 GW schrittweise an das niederländische Stromnetz angebunden werden. Im Einklang mit dem Energieakkord, einem nationalen Energieabkommen aus dem Jahr 2013, wird TenneT bis 2023 3,5 Gigawatt an das Netz anschließen. Zusammen mit der bereits installierten Offshore-Leistung von rund 1 GW ergibt sich bis dahin eine Gesamtkapazität von 4,5 Gigawatt. Zwischen 2024 und 2030 plant TenneT zusätzlich 6,1 GW Offshore-Kapazität bereitzustellen. Damit erfüllt TenneT die Ziele aus dem Fahrplan der niederländischen Regierung für den Ausbau der Offshore-Windenergie bis 2030.

Von der gesamten Offshore-Kapazität wird TenneT 5,6 GW in Drehstromtechnik realisieren. TenneT setzt dabei auf ein standardisiertes Konzept und

wird in den nächsten Jahren acht baugleiche Netzanschlüsse mit je 700 MW herstellen. Sie werden saubere Windenergie aus den küstennah gelegenen Windenergiezonen Borselle, Hollandse Kust Zuid und Hollandse Kust Noord sowie Hollandse Kust West und Ten Noorden van de Waddeneilanden an Land bringen.

Für die übrigen 4 GW kommt Gleichstrom zum Einsatz. Für den Anschluss der Windparks in der weit von der Küste entfernt liegenden Windenergiezone IJmuiden Ver realisiert TenneT zwei innovative Gleichstromverbindungen – erstmals weltweit mit einer Kapazität von 2 GW pro Netzanbindung. Ein Meilenstein in der Offshore-Netztechnik, da der 2-GW-Anschluss mehr als die doppelte Kapazität der derzeit von TenneT realisierten Offshore-Netzanschlüsse aufweist.

2030

IJmuiden Ver Alpha

DC · 2.000 MW · Inbetriebnahme 2027

IJmuiden Ver Beta

DC · 2.000 MW · Inbetriebnahme 2029

Hollandse Kust (west) Alpha

AC · 700 MW · Inbetriebnahme 2024

Hollandse Kust (west) Beta

AC · 700 MW · Inbetriebnahme 2025

Hollandse Kust (zuid) Alpha

AC · 700 MW · Inbetriebnahme 2021

Hollandse Kust (zuid) Beta

AC · 700 MW · Inbetriebnahme 2022

Borssele Alpha

AC · 700 MW · in Betrieb seit 2019

Borssele Beta

AC · 700 MW
Inbetriebnahme 2020

Ten Noorden van de Waddeneilanden

AC · 700 MW · Inbetriebnahme 2026

Hollandse Kust (noord)

AC · 700 MW · Inbetriebnahme 2023



Unsere Herausforderung

Besondere Rahmenbedingungen auf See und an Land

TenneT bewegt sich mit den Projekten in einem anspruchsvollen Umfeld. Für die Arbeiten auf See, im Watt und an Land muss TenneT strenge Auflagen erfüllen. So müssen beim Rammen der Pfähle für die Installation der Konverterplattformen adäquate Schallschutzmaßnahmen zum Schutz der Tiere getroffen werden. Hinzu kommen die oftmals schwierigen Wetterverhältnisse. Temperatur, Wind und Wellen stellen TenneT hier vor besondere Herausforderungen. So sollen beispielsweise Kabel erst bei Temperaturen von mindestens fünf Grad Celsius verlegt werden. Auf See kann je nach Tätigkeit nur bis zu einer bestimmten Wellenhöhe gearbeitet werden. Zudem bestehen für die Arbeiten im Nationalpark Wattenmeer aus Naturschutzgründen

und zum Küstenschutz zeitliche Baufenster von nur wenigen Wochen pro Jahr. Nur außerhalb der Brut- und Rastzeiten von Vögeln darf gebaut werden.

Probleme bereitet zudem alte Munition in der Nordsee. Nach Schätzungen der deutschen Behörden lagern rund 1,3 Millionen Tonnen Kampfmittel, darunter Granaten, Minen und Munition sowie 170.000 Tonnen chemische Kampfmittel auf dem Meeresgrund von Nord- und Ostsee. Sie wurden während und nach dem Zweiten Weltkrieg hier entsorgt und stellen heute ein Sicherheitsrisiko für Mensch und Natur dar. Mit der Räumung der Munitionsaltlasten entlang der Kabeltrassen leistet TenneT einen wichtigen Beitrag zur Sicherheit in der Nordsee.



Das Wetter ist einer der wenigen Faktoren, die wir nicht beeinflussen können. Zugleich hat es großen Einfluss auf die Bauzeit.



Kabel werden auf Rollenbahnen im Strandbereich ausgelegt.



Deiche, Dünen und Watt werden unterbohrt. Die Kunststoffrohre werden in die Bohrungen eingezogen, später die Kabel eingeführt.



Innovativ.

TenneT setzt auf neuartige Anwendungen in der Praxis wie den Einsatz von Robotern auf Offshore-Plattformen.

Durchdacht.

Mit innovativer und komplexer Technologie trotz TenneT den harschen Nordseebedingungen.

Kompetent.

TenneT investiert in regelmäßige Sicherheits-Trainings und Schulungen, damit unsere Mitarbeiter einen guten Job machen können.



Bewusst.

TenneT wertet die Lebensräume zahlreicher Pflanzen und Tierarten auf.

Nachhaltig.

Oberste Priorität bei allen TenneT-Projekten hat der Schutz von Mensch, Natur und Umwelt.

Schonend.

Um sensible Bereiche wie Deiche und Dünen zu schützen, werden Horizontalbohrungen von über 1.000 Meter Länge durchgeführt.



Im Wattenmeer haben Renaturierungsprojekte einen hohen Stellenwert. Die Kompensationsmaßnahmen leisten wichtige Starthilfe für einen natürlichen Neuanfang.

Verantwortung

Schutz von Natur und Umwelt

Der Schutz von Mensch und Umwelt hat bei TenneT höchste Priorität. Für TenneT ist es daher selbstverständlich, mit innovativen Techniken so ressourcenschonend und nachhaltig wie möglich zu arbeiten. So hat TenneT zum Beispiel das Verfahren für die Kabelverlegung im Watt weiterentwickelt, um den sensiblen Boden so wenig wie möglich zu beeinträchtigen. Eingriffe in die Natur lassen sich bei diesen anspruchsvollen Projekten jedoch nicht vermeiden.

TenneT ist verpflichtet, diese unvermeidlichen Eingriffe in die Natur auszugleichen. So hat TenneT bereits zahlreiche Naturschutzprojekte entlang der Nordseeküste umgesetzt und damit den Lebensraum vieler Tier- und Pflanzenarten im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer aufgewertet.

Von 2008 bis 2015 hat TenneT zum Beispiel die Voraussetzungen dafür geschaffen, dass aus dem Ostheller auf Norderney wieder eine naturnahe Salzwiese entstehen kann. Die Fläche war vormals entwässert worden, damit sie landwirtschaftlich genutzt werden konnte. Dies führte zu einer geringen Artenvielfalt von Vögeln und Pflanzen. Dank der Renaturierung der 66 Hektar großen Fläche konnten sich hier wieder seltene Pflanzen- und Vogelarten ansiedeln.

Auch auf der Insel Borkum und in deren Umgebung sorgte TenneT 2018 dafür, dass Flächen im Dünenbereich und im Watt wieder ihren natürlichen Zustand zurückgewinnen: Hier entfernte TenneT 1.000 Tonnen alter Fahrwegreste vom Strand, baute eine alte, funktionslose Betonplattform im Hafengebiet zurück und ersetzte einen Schotterweg in den Dünen durch einen naturschonenden Bohlenweg.



Naturschutz hat bei TenneT hohe Priorität.



Eingriffe werden so naturschonend wie möglich durchgeführt.

Unsere Vision

Nachhaltige Energieversorgung – heute und in Zukunft

Gute Ideen und zukunftsweisende Innovationen treiben TenneT jeden Tag aufs Neue an. Denn sie tragen wesentlich dazu bei, die Herausforderungen der Energiewende jetzt und in Zukunft zu bewältigen. Daher beteiligt TenneT sich an Pilotprojekten und Forschungsprogrammen zu einer ganzen Bandbreite von Themen für eine nachhaltige und zukunftsfähige Energieversorgung.

Aus grünem Strom wird grünes Gas

Wie kann regenerativer Strom als grünes Gas transportiert und gespeichert werden? Antworten hierauf sammelt TenneT gemeinsam mit Gasnetzbetreibern und verschiedenen Forschungseinrichtungen im Pilotprojekt „ELEMENT EINS“.

Im Mittelpunkt des Projektes steht folgende Frage: Wie kann sich überschüssiger Strom, z. B. saubere Windenergie von der Nordsee, in anderen Sektoren nutzen lassen? Denn bis heute gibt es keine technisch und wirtschaftlich überzeugende Lösung, um überschüssigen Strom zu speichern. TenneT ist sich bewusst, dass es neben der passenden Stromnetz-Infrastruktur auch leistungsfähiger Speichertechnologien und alternativer Transportlösungen bedarf, um die Energiewende erfolgreich zu meistern. Strom und Gas müssen sich in Zukunft gegenseitig ergänzen, damit das Energiesystem zuverlässig bleibt. Die Power-to-Gas-Technologie bietet hierfür erhebliches Potenzial. Gemeinsam mit den beteiligten Gasnetzbetreibern plant TenneT daher den Bau einer 100 Megawatt Power-to-Gas-Pilotanlage. An einem Standort, an dem vor allem Windenergie aus der Nordsee gesammelt wird, soll die Anlage schrittweise ab 2022 ans Netz gehen und grünen Strom in grünes Gas umwandeln, um so neue Speicherpotenziale für erneuerbaren Strom zu erschließen. Den Partnern geht es dabei um die umfassende Kopplung – also die intelligente Verbindung – der Sektoren Energie, Verkehr und Industrie. So kann der in grünes

Gas umgewandelte Strom nicht nur über bestehende Gasleitungen von der Nordsee ins Ruhrgebiet transportiert, sondern auch über Wasserstoff-Tankstellen für Mobilität zur Verfügung stehen. Über die Speicherung in Kavernen kann das grüne Gas auch in der Industrie zum Einsatz kommen.

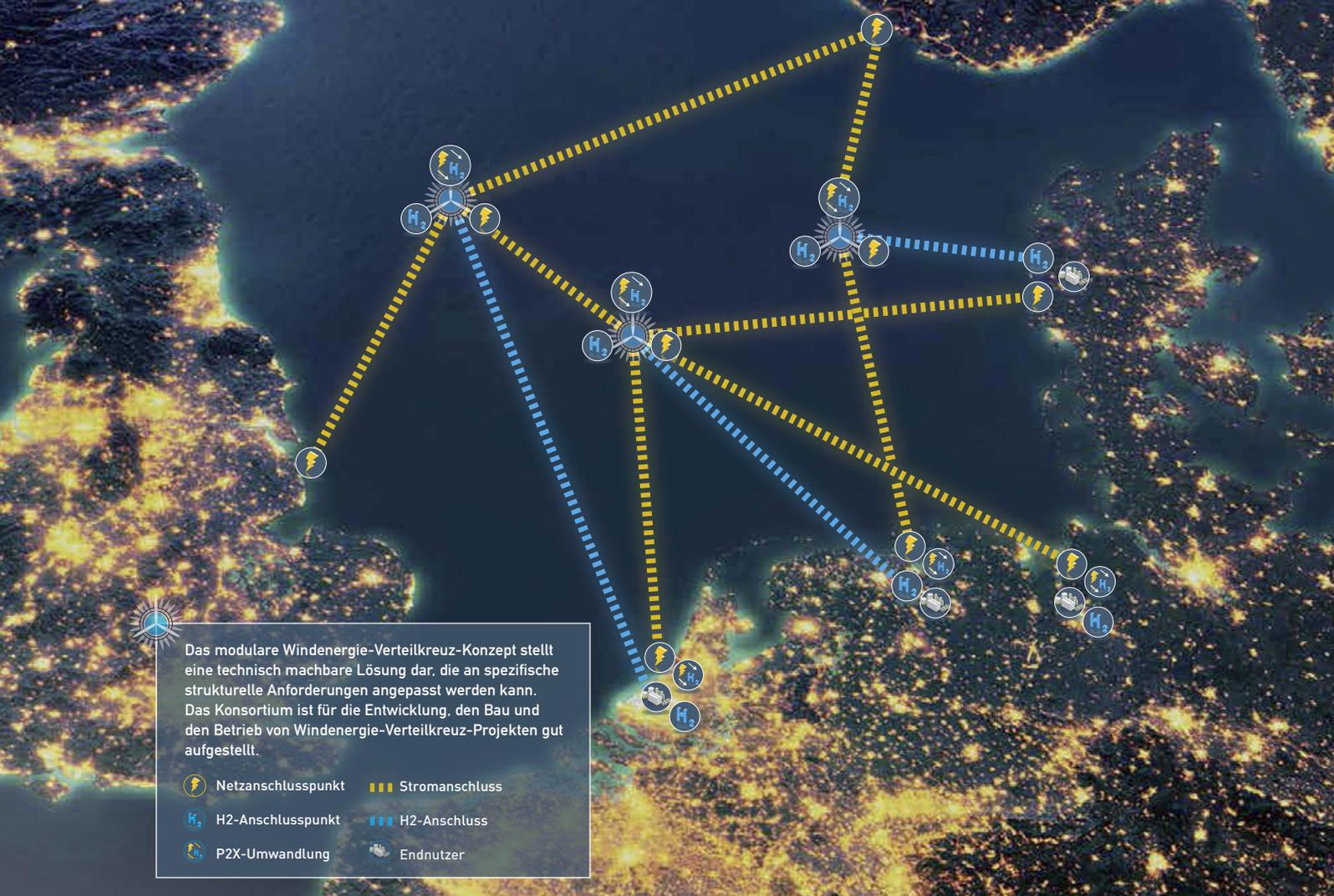
Neue Kabelgeneration: Kunststoffisolierte 525 kV

TenneT bereitet den Einsatz einer neuen Kabelgeneration vor: Kunststoffisolierte Kabel für die Spannungsebene von 525 Kilovolt. Sie machen Offshore-Netzanbindungen noch wirtschaftlicher und ökologischer. Denn durch das höhere Spannungsniveau kann wesentlich mehr Strom als mit dem momentan noch branchenüblichen 320-kV-HGÜ-Kabelsystem übertragen werden. Dadurch werden einerseits die Energiekosten (Stromgestehungskosten) gesenkt. Andererseits werden die räumlichen und ökologischen Auswirkungen reduziert, da durch das höhere Spannungsniveau weniger Kabel erforderlich sind, um hohe Leistungen von zwei Gigawatt und mehr zu übertragen.

TenneT und die anderen deutschen Übertragungsnetzbetreiber haben mit Präqualifikationstests den Nachweis der technischen Marktreife für diese Art von Kabeln – an Land und auf See – erbracht. Im Offshore-Bereich soll die neue Kabelgeneration erstmalig im Rahmen des TenneT-Projektes IJmuiden Ver, der weltweit ersten 2-Gigawatt-Netzanbindung, eingesetzt werden. Onshore werden die neuen 525-kV-Kabel bei SuedLink und SuedOstLink zum Einsatz kommen.

Windenergie-Verteilkreuze in der Nordsee

Den Stromverbrauch Mitteleuropas allein durch saubere Windenergie decken? Was nach Science-Fiction klingen mag, ist TenneTs Vision für ein umfassendes Gleichstromverteilstromnetz in der Nordsee.



TenneT hat hierfür die Idee der Windenergie-Verteilkreuze (North Sea Wind Power Hubs) entwickelt, die in Kombination mit Interkonnektoren bis zum Jahr 2045 bis zu 180 Gigawatt Offshore-Windenergie an die Übertragungsnetze der Nordsee-Anrainerstaaten anbinden sollen.

Nach einer intensiven Bewertungsphase hat das internationale Konsortium (bestehend aus TenneT, Energinet, Gasunie und Port of Rotterdam) im Sommer 2019 die ersten Ergebnisse von Machbarkeitsstudien, untersuchten Szenarien und Gesprächen mit politischen Entscheidungsträgern, führenden Offshore-Windparkentwicklern und Nichtregierungsorganisationen vorgestellt. Zentrales Ergebnis: Windenergie-Verteilkreuze in der Nordsee sind technisch umsetzbar. Die relevanten Windkraftkapazitäten in der Nordsee reichen von 70 bis 150 Gigawatt bis zum Jahr 2040 beziehungsweise bis zu 180 Gigawatt im Jahr 2045 und sollen nach einem modularen, schrittweisen Ansatz ausgebaut und später auch mit Power-to-Gas-Anlagen kombiniert werden. Ein erstes Verteilkreuz mit einer Kapazität von 10 bis 15 Gigawatt könnte in den 2030er-Jahren in Betrieb gehen.

Wussten Sie schon, dass ...

... unsere Gleichstrom-Projekte Kunstnamen haben, die an die geographische Lage in der Nordsee angelehnt sind?

In der westlichen Nordsee nahe Borkum die Projekte BorWin1, BorWin2, BorWin3 und BorWin5 sowie DoWin1, DoWin2, DoWin3 und DoWin5 vor der ostfriesischen Meeresbucht Dollart.

Im östlichen Teil der Nordsee nördlich der Insel Helgoland die Projekte HelWin1 und HelWin2 und westlich von Sylt gelegen das Projekt SylWin1.

Für die Bezeichnung der Konverterplattformen auf See greifen wir auf den jeweiligen Projekt-namen und das griechische Alphabet zurück.

Unsere Drehstrom-Projekte alpha ventus, Nordergründe und Riffgat sind nach den Windparks benannt, die TenneT an das Netz angeschlossen hat.

Glossar

Windparks auf See an das Stromnetz anzuschließen, ist technisch aufwändig und sehr komplex. Diese Komplexität führt zu vielen technischen Fachbegriffen, die für den Laien teilweise nur schwer verständlich sind. In diesem Glossar erläutern wir die wichtigsten Begriffe.

Anlandungspunkt

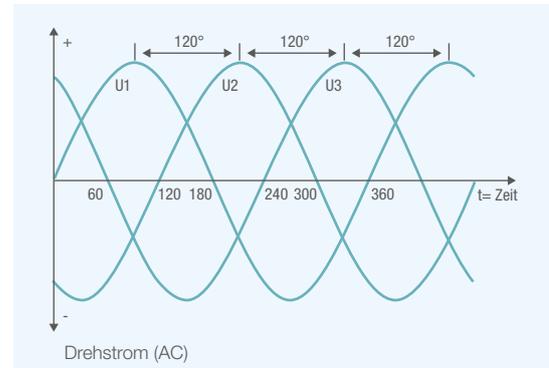
Damit ist der Punkt gemeint, an dem das Seekabel erstmalig das Festland erreicht. Er markiert den Übergang von See an Land. Von hier aus wird der auf See erzeugte Strom per Erdkabel zur landseitigen Konverterstation transportiert.

Bauzeitenbeschränkung

Vorschriften, die die Bauzeit mit Blick auf den Küsten-, Natur- und Artenschutz einschränken. Ein Beispiel: Da im Nationalpark Wattenmeer nur außerhalb der Brutzeiten von Vögeln gebaut werden darf, gilt hier ein Zeitfenster für den Bau von nur wenigen Wochen, gewöhnlich ab Mitte Juli bis Ende August. Ab September wiederum greift das Bauverbot aus Gründen des Küstenschutzes.

Drehstrom

Als Drehstrom bezeichnet man dreiphasigen Wechselstrom, den man zur Übertragung großer Energiemengen nutzt. Im Haushalt und für kleinere Leistungen wird Einphasen-Wechselstrom verwendet. Im Gegensatz zu Gleichstrom ändert er periodisch und in steter Wiederholung die Richtung. Die drei Phasen dieser Wechselströme – also das Auf und Ab der Sinuskurve bei jeder Drehung der Generatorachse um 360 Winkelgrade – sind um jeweils 120 Winkelgrade gegeneinander versetzt. So entsteht ein dreiphasiger Wechselstrom, dessen Sinuskurven sich gleichmäßig überlagern. Die Frequenz der Schwingung, d. h. die Zahl der Schwingungen pro Sekunde, beträgt im europäischen Verbundsystem 50 Hz). International wird Drehstrom häufig mit „Alternating Current“ (AC) bezeichnet. TenneT spricht bei Hoch- und Höchstspannungsleitungen von Drehstrom.



Gleichstrom

Als Gleichstrom wird ein elektrischer Strom bezeichnet, dessen Stärke und Richtung sich nicht ändert. International wird Gleichstrom auf Englisch mit „Direct Current“ (DC) bezeichnet.



Höchstspannung

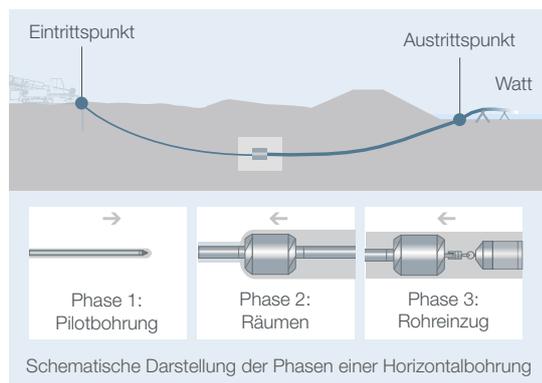
Spannungsbereich von 220 kV und höher; die oft als „Stromautobahnen“ bezeichneten Übertragungsnetze nehmen den in den Großkraftwerken produzierten oder erneuerbar erzeugten Strom auf und transportieren diesen mit einer Höchstspannung von 380 bzw. 220 Kilovolt (kV) über große Entfernungen zu den Verbrauchsschwerpunkten. (Siehe auch Stromnetz)

HGÜ/Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung

Die Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ) ist ein Verfahren, mit dem große elektrische Leistungen bei sehr hohen Spannungen (100 bis 1.000 kV) über sehr große Distanzen transportiert werden können. Möglichst hohe Spannungen werden gewählt, um die elektrischen Verluste bei der Übertragung von elektrischer Energie über große Distanzen zu minimieren.

Horizontalbohrungen/Horizontalaspülbohrverfahren (HDD-Verfahren)

Das Horizontalaspülbohrverfahren ist eine Bohrtechnik für Horizontalbohrungen (englisch: Horizontal Directional Drilling/HDD). Damit können Leitungen für Strom unterirdisch verlegt werden, ohne dass hierfür Gräben ausgehoben werden müssen. Mit speziellem Gerät wird ein unterirdischer Kanal gebohrt, in den ein oder mehrere leere Schutzrohre eingeführt werden. In diese Rohre können dann später Stromkabel eingezogen werden. Das Verfahren eignet sich besonders in umweltsensiblen Bereichen, etwa im Bereich des Wattenmeers oder bei der Querung von Deichen und Dünen, da die Erdarbeiten auf ein Minimum beschränkt werden können. Auch fließende Gewässer, Straßen oder Schienen können mit diesem Verfahren unterquert werden. Die Bohrungen können über tausend Meter lang sein und bis auf Zentimeter genau gesteuert werden.



Konverter

Ein Konverter richtet Drehstrom in Gleichstrom um und umgekehrt. Je nach Richtung der Übertragung arbeiten Konverter als Gleichrichter (Drehstrom in Gleichstrom) oder als Wechselrichter (Gleichstrom in Drehstrom).

Auf See wird der in den Windparks produzierte Strom auf der Konverterplattform von Drehstrom in Gleichstrom umgerichtet. An Land wird der von See kommende Gleichstrom in der Konverterstation wieder in Drehstrom umgerichtet.

Konverterplattform

Seeseitiges Bauwerk, das den in den Windparks auf See produzierten Strom von Drehstrom in Gleichstrom umrichtet. Über ein See- und Landkabel ist die Konverterplattform auf See mit der Konverterstation an Land verbunden. Die Konverterplattform selbst ist Bestandteil der HGÜ-Verbindung.

Konverterstation

Landseitiges Bauwerk, das den von See kommenden Gleichstrom wieder in Drehstrom umrichtet. Die Konverterstation an Land ist ebenfalls Teil der HGÜ-Verbindung.

Landkabel

Bezeichnung für ein stromführendes Kabel, das unter der Erde verlegt wird.



Horizontalbohrungen: In die Kunststoffrohre werden später die eigentlichen Kabel eingezogen.



Konverterstation Büttel

Muffen

Muffen sind Verbindungsstücke, mit denen einzelne Kabelabschnitte miteinander verbunden werden. An Land kommen deutlich mehr Muffen zum Einsatz als auf See, da Erdkabel nur in Teilstücken von etwa 750 bis 1.000 Metern verlegt werden können. Dies ist erforderlich, da längere Kabelabschnitte aus Gewichtsründen nicht auf öffentlichen Straßen transportiert werden können. Auf See können Kabel teilweise im Ganzen bzw. mit deutlich weniger Muffen als an Land verlegt werden, da es hier keine Transportbeschränkungen gibt. Spezielle Kabelleger können teils mit einer Fahrt die gesamte Kabellänge transportieren und verlegen.

Niederspannung

Spannungsbereich bis 1 kV; Niederspannungsnetze sind für die Feinverteilung von Strom zuständig. Private Haushalte, kleinere Industriebetriebe, Gewerbe und Verwaltung beziehen hierüber ihren Strom. Die Niederspannung entspricht dem „Strom aus der Steckdose“.

Offshore

Das Adjektiv offshore kommt aus dem Englischen und bedeutet so viel wie „vor der Küste“.

Offshore-Windpark (OWP)

Die Bezeichnung wird für Windparks verwendet, bei denen die Fundamente der Windkraftanlagen im Meer stehen. OWP erreichen deutlich höhere Winderträge als Windparks an Land.



TenneT ist einer der führenden Übertragungsnetzbetreiber in Europa. Mit rund 23.000 Kilometern Hoch- und Höchstspannungsleitungen in den Niederlanden und Deutschland bieten wir eine zuverlässige und sichere Stromversorgung für 41 Millionen Endverbraucher. Wir erzielen mit rund 4.500 Mitarbeitern einen Umsatz von 4,2 Mrd. Euro. Gleichzeitig sind wir einer der größten Investoren in nationale und grenzübergreifende Übertragungsnetze an Land und auf See, die die nordwesteuropäischen Strommärkte verbinden und die Energiewende ermöglichen. Als verantwortungsbewusstes, engagiertes und vernetztes Unternehmen handeln wir dabei mit Blick auf die Bedürfnisse der Gesellschaft.

Taking power further

TenneT TSO GmbH

Bernecker Straße 70
95448 Bayreuth
Deutschland

T +49 (0)921 50740-0

F +49 (0)921 50740-4095

E info@tennet.eu

Twitter [@TenneT_DE](https://twitter.com/TenneT_DE)

Instagram [@tennet_de](https://www.instagram.com/tennet_de)

www.tennet.eu

© TenneT TSO GmbH – Januar 2020

Nichts aus dieser Ausgabe darf ohne ausdrückliche Zustimmung der TenneT TSO GmbH vervielfältigt oder auf irgendeine andere Weise veröffentlicht werden. Aus dem Inhalt des vorliegenden Dokuments können keine Rechte abgeleitet werden.

