



Bundesnetzagentur

Netzausbau

Erdkabel



A close-up photograph of a high-voltage underground cable. The cable is cut in half, revealing its internal structure. At the center is a large, circular conductor made of copper strands, which is surrounded by a thick, grey, semi-conductive layer. This is followed by a thin, dark, insulating layer, and finally, an outer jacket made of many small, circular conductive particles. The background is a blurred, golden-brown surface, possibly sand or soil.

Stromleitungen sollten nach Meinung vieler Bürger am besten nicht sichtbar sein. Das ist möglich, wenn sie unter die Erde gelegt werden: als Erdkabel. Bei der Entscheidung darüber, ob eine neue Stromleitung oberirdisch als Freileitung oder unterirdisch als Erdkabel geplant wird, gibt es aber neben gesetzlichen Vorgaben viele weitere Faktoren zu berücksichtigen. Beide Ausführungen haben Vor- und Nachteile.

**Erdkabel
unter Höchstspannung**

Zahlen & Fakten

Erdkabel benötigen beim Bau viel Platz. Das fängt schon beim Transport an: Die typische Kabeltrommel eines Wechselstrom-Kabels hat einen Durchmesser von etwa 4,60 Metern. Auf eine Kabeltrommel passen etwa 700 bis 1.000 Meter Kabel. Dabei bringt eine Trommel bis zu 55 Tonnen Gewicht auf die Waage.

Das bedeutet für die Vorhabenträger, dass sie den Transport der Kabel zu den Baustellen genau planen müssen. Nicht alle Brücken sind für die Höhe und das Gewicht ausgelegt. Die einzelnen Kabelabschnitte müssen später durch Muffen verbunden werden. Diese Verbindungsstücke sind anfälliger für Fehler und können dadurch eine Schwachstelle der Erdverkabelung darstellen.



Erdkabel kurz erklärt

Über Vor- und Nachteile von Erdkabeln informiert unser animierter Film zum Thema aus der Netzausbau-ABC-Reihe: www.netzausbau.de/videos

Kabel-Abschnitts-Stationen können dabei helfen, mögliche Fehler im Kabel schneller finden und reparieren zu können. Dabei handelt es sich um oberirdische Bauwerke, die einzelne Kabel-Abschnitte miteinander verbinden.

Auch Kabel-Übergabe-Stationen bleiben über der Erde. Die werden benötigt, wenn eine Stromleitung nicht komplett verkabelt wird, sondern nur Abschnitte davon. Eine Kabel-Übergabe-Station führt das Kabel auf einen Freileitungs-Mast und am Ende des oberirdischen Abschnitts wieder in die Erde. Diese Stationen messen etwa 60 mal 80 Meter.

Im Gegensatz zur Freileitung ist ein Erdkabel nicht von Luft umgeben. Die umgebende Erde leitet die Wärme schlechter ab, die im Betrieb entsteht. Zu hohe Temperaturen können das Kabel beschädigen. Zum Schutz muss daher der Stromfluss- und damit auch die über das Kabel übertragbare Leistung begrenzt oder der Querschnitt erhöht werden.

In der Erde liegen die Kabel in rund 1,5 Metern Tiefe. Landwirte können den Boden darüber in der Regel normal nutzen. Allerdings dürfen oberhalb des Kabels auf dem sogenannten Schutzstreifen keine Pflanzen wachsen, die sehr tiefe Wurzeln ausbilden. Dazu zählen fast alle Baumarten und einige Gräser. Bauen dürfen die Landbesitzer auf diesem Streifen auch nicht.

In der Bauphase kommt zur eigentlichen Kabeltrasse noch ein sogenannter Arbeitsstreifen hinzu, auf dem die Baufahrzeuge fahren. Der wird nach Abschluss der Bauarbeiten aber zurückgebaut und kann wieder bepflanzt werden.

Eine Kabeltrommel hat einen Durchmesser
von 4,60 Metern

In der Erde liegen die Kabel in
rund **1,5 Metern** Tiefe

Kabelübergabestationen messen
60 mal 80 Meter

Eine Trommel wiegt
55 Tonnen

Auf eine Kabeltrommel passen
700 - 1.000 Meter

Stromübertragungsarten

Strom kann per Erdkabel ebenso wie bei einer Freileitung entweder als Wechselstrom oder Gleichstrom übertragen werden. Jede Übertragungsart benötigt spezielle Kabeltypen. Beide Übertragungsarten haben Vor- und Nachteile.

Bei der Stromübertragung teilt sich die elektrische Leistung auf in Wirkleistung und Blindleistung. Nur die Wirkleistung kann von den angeschlossenen Verbrauchern genutzt werden – zum Beispiel, um Haushaltsgeräte zu betreiben.

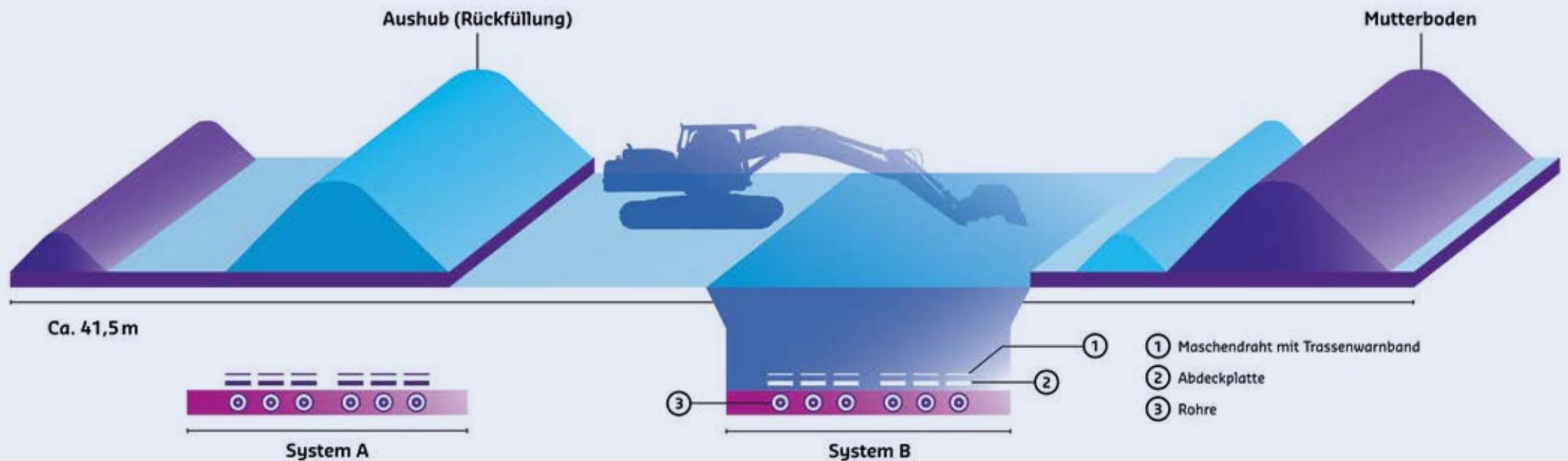
Schematische Darstellung eines Grabenprofils (Wechselstrom)

Spannungsebene: 380 kV
Übertragungskapazität: 3,6 GW

Wechselstrom

Wechselstrom-Erdkabel sind in Deutschland vor allem im Verteilnetz in der Nieder- und Mittelspannungsebene im Einsatz. Im Übertragungsnetz und den dazugehörigen Hochspannungsebenen sind bisher kaum Erdkabel im Einsatz.

Denn: Je länger ein Wechselstrom-Erdkabel ist, desto größer ist der Anteil der nicht nutzbaren Blindleistung. Ab einer gewissen Länge sind etwa alle 15 Kilometer zusätzliche Kompensationsmaßnahmen notwendig. Sonst wäre das Kabel gewissermaßen mit Blindleistung verstopft. Dafür kann Wechselstrom direkt in das herkömmliche Stromnetz eingespeist werden. Außerdem lässt sich die Spannung besonders effizient ändern.



Gleichstrom

Ein Kabel, das Gleichstrom überträgt, kann bei gleicher Kapazität einen geringeren Querschnitt aufweisen als ein Kabel, das Wechselstrom überträgt. Dadurch wiegen Gleichstrom-Kabel weniger. So können längere Kabelabschnitte auf einer Trommel transportiert werden.

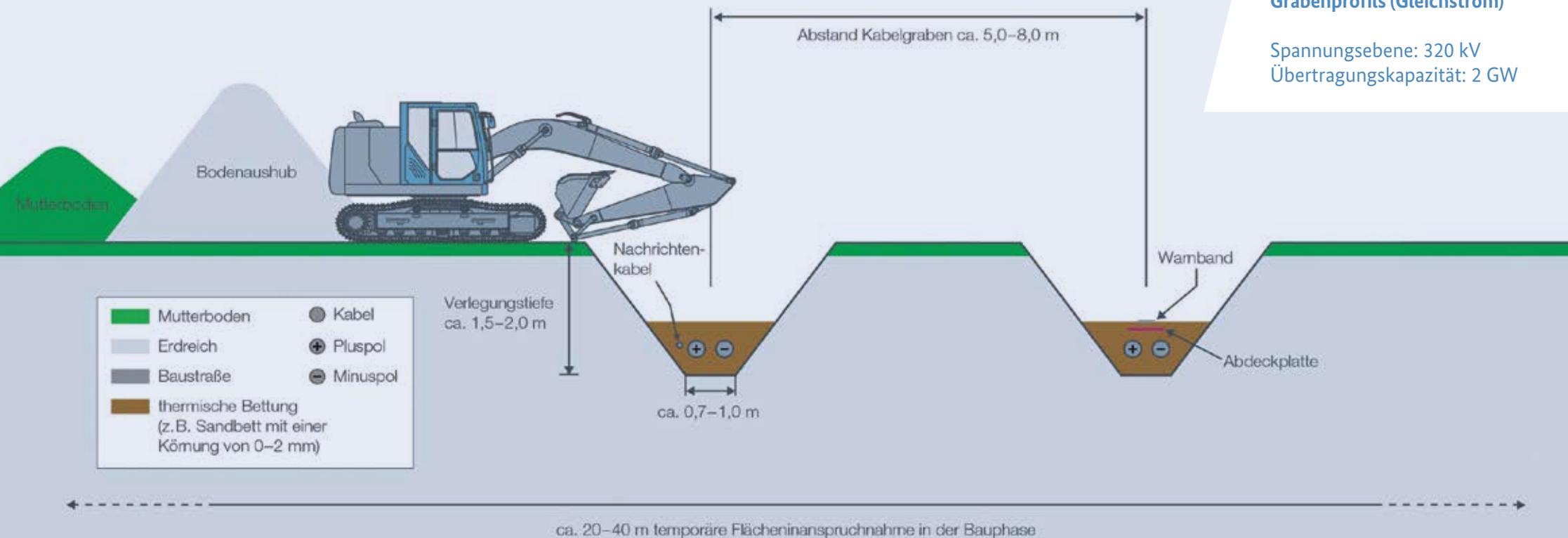
Längere Kabelabschnitte benötigen folglich weniger Verbindungsmuffen. Auch die Trasse ist bei Gleichstrom-Erdkabeln schmäler als bei Wechselstrom-Erdkabeln, weil weniger Leiter benötigt werden. Bei Gleichstrom gibt es keine Blindleistungsverluste. Eine Kompensationseinrichtung ist daher überflüssig. So kann die Energie über weite Strecken übertragen werden.

Gleichstrom wird im Übertragungsnetz mit sehr hohen Spannungen und über große Entfernungen transportiert. Man spricht dabei von Hochspannungsgleichstromübertragung (HGÜ). Für die Einspeisung ins herkömmliche Stromnetz sind Konverter erforderlich, die Gleichstrom in Wechselstrom umwandeln und umgekehrt.

Gleichstrom-Erdkabel im Hochspannungsbereich kamen in Deutschland zunächst bei Offshore-Anbindungsleitungen zum Einsatz. Künftig setzen auch Gleichstromleitungen an Land vermehrt auf Erdkabel.

Schematische Darstellung eines Grabenprofils (Gleichstrom)

Spannungsebene: 320 kV
Übertragungskapazität: 2 GW



Pilotprojekt Raesfeld – Wechselstrom

Grüne Wiesen, Kühe, rot verklankerte Häuser und ein malerisches Wasserschloss – das ist die idyllische Gemeinde Raesfeld im Westmünsterland. Ein paar Hundert Meter vom Schloss entfernt war es im Herbst 2014 weniger idyllisch: Auf mehreren großen Baustellen ragten Kräne in den Himmel, hoben Bagger breite Gräben aus oder schütteten sie zum Teil auch bereits wieder zu. An anderen Stellen wuchsen mehrere Meter hohe Kabelübergabestationen aus dem Boden: Die dienen dazu, die aus der Erde kommenden Kabel auf den nächsten Strommast zu leiten.

Hier startete Übertragungsnetzbetreiber Amprion im Juni 2014 ein besonderes Pilotprojekt: den Bau eines Erdkabels zur Übertragung von Wechselstrom. Und das erstmals mit Höchstspannung. Im Sommer 2015 hat Amprion den Bau der 3,4 Kilometer langen Kabelstrecke abgeschlossen. Inzwischen ist kaum noch zu erahnen, wo sich die Baustellen befanden. Nach eigener Schätzung hat Amprion rund 30 Millionen Euro in das Projekt investiert. Etwa sechs Mal so viel, wie eine vergleichbare Freileitung gekostet hätte.

Ursprünglich war die Stromleitung durch den Ort als Freileitung geplant – was auf Widerstand bei den Einwohnern stieß. Mit der Reform des Erneuerbare-Energien-Gesetzes 2014 gab es dann die Möglichkeit, einen Teil der Leitung als Erdkabel zu verlegen.

Eigentlich hatten sich die Raesfelder von der Erdverkabelung versprochen, dass nach Abschluss der Bauarbeiten nichts zu sehen wäre. Die Kabelgräben sind inzwischen zugeschüttet und bepflanzt. Geblieben sind aber die Kabel-Übergabe-Stationen.

Pilotprojekte wie in Raesfeld sind wertvoll, um Auswirkungen von Erdkabeln auf Boden und Landwirtschaft zu untersuchen. Mehr als einmal kam in Raesfeld die Frage auf, ob man demnächst Zitronen anpflanzen könne. Die Sorge: Der Boden könne sich stark erwärmen durch die Erdkabel. Amprion gibt Entwarnung: In Osterath bei Düsseldorf beobachtet das Unternehmen bereits seit 2011 auf einem Experimentfeld die Auswirkungen eines Erdkabels. Bisher kann das Unternehmen keine wesentlichen Veränderungen des Bodens feststellen.

„Wir gehen gerade von Begeisterung in differenzierte Betrachtung über.“

Bürgermeister Andreas Grotendorst während der Bauarbeiten



Bodenschonende Bauweise

Wie hebt man auf neun Metern Breite und bis in zwei Meter Tiefe Kabelgräben aus, ohne den Boden über Gebühr zu belasten?

Das ist eine der Herausforderungen, mit der sich Vorhabenträger Amprion vor Aufnahme der Bauarbeiten am Erdkabelpilotprojekt in Raesfeld konfrontiert sah. Die Lösung: bodenschonende Bauweise. Dazu erarbeitete das Unternehmen in Zusammenarbeit mit dem Westfälischen Landwirtschaftsverband ein Konzept zum Schutz des Bodens.

Von Anfang an und für die Dauer der gesamten Bauphase war zudem eine Geologin beteiligt. Ihre Aufgabe war es, zu überwachen, ob das Bodenschutzkonzept eingehalten wurde.

Mittlerweile wird der Boden wieder landwirtschaftlich genutzt. Testfelder sollen zudem Aufschluss darüber geben, ob sich Nutzbarkeit und Ertrag des Bodens verändert haben.

Zeit zur Erholung

Einige Monate nach Abschluss der Arbeiten wächst auf der Erdkabel-Trasse Rotklee. Der soll helfen, den Boden zu regenerieren, damit er wieder landwirtschaftlich genutzt werden kann.

Konkrete Maßnahmen

Bodenschonende Bauweise bedeutet beispielsweise, dass der Mutterboden, also die oberste Bodenschicht, nicht einfach zur Seite geschoben werden darf. Das würde ihn zu sehr verdichten. Stattdessen muss er per Bagger ausgehoben und seitlich des Kabelgrabens aufgehäuft werden.

Jede einzelne Bodenschicht soll zudem getrennt von den anderen gelagert werden. Dann können nach der Verlegung der Kabel alle Schichten so wieder aufgefüllt werden, wie sie entnommen wurden.

Wichtig ist auch der Zeitpunkt, zu dem der Boden mit Baumaschinen befahren wird. Ein trockener Boden kann die Last besser ertragen als ein feuchter. Ist es also lange regnerisch, müssen die Bauarbeiten möglicherweise unterbrochen werden. Auch darüber wachte in Raesfeld die Geologin.

Auch die Wahl der Baufahrzeuge spielt eine Rolle: Kettenbetriebene Fahrzeuge bringen in der Regel weniger Druck auf den Boden als Fahrzeuge mit herkömmlichen Reifen. Dafür sorgen die breiten Ketten. Die verteilen das Gewicht auf mehr Fläche.

Sollen dennoch Radfahrzeuge eingesetzt werden, hilft es, den Reifendruck zu reduzieren. Das belastet den Boden weniger. Ausgelegte Bodenplatten verteilen darüber

hinaus die Last der Baufahrzeuge. Nach Abschluss der Bauarbeiten werden die Platten wieder komplett entfernt.



Auf der Baustelle

Wie die Bauarbeiten in Raesfeld aussahen, zeigt unser Film „Erdkabel: Von der Theorie zur Praxis“
www.netzausbau.de/videos

Liegen die Kabel an Ort und Stelle, wird der Kabelgraben wieder aufgefüllt - zum Beispiel mit Flüssigboden. Dafür können die unteren Schichten des entnommenen Bodens mit Wasser und geringen Mengen

Zement und Tonmineralien vermischt werden. So wird der Boden zeitweise fließfähig und kann wie Flüssigestrich in den Kabelgraben eingefüllt werden. Flüssigboden eignet sich gut als Bettungsmaterial für Kabel und Rohranlagen, da er die Temperaturen schnell ableitet.

Ist ein Kabelgraben wieder vollständig aufgefüllt, werden zuerst sogenannte Pionierpflanzen gesät, etwa Rotklee. Die sollen helfen, den Boden zu regenerieren.



Viele Bürger wünschen sich, dass Stromleitungen unsichtbar unter die Erde gelegt werden – als Erdkabel. Neben vielen Vorteilen bringt diese Technik aber auch Nachteile mit sich. Zudem gibt es mit Wechselstrom-Erdkabeln im Hochspannungsbereich noch wenig Erfahrungen.

Sie haben Fragen rund um den Netzausbau?

E-Mail: info@netzausbau.de
Internet: www.netzausbau.de/faq
Telefon: 0800 638 9 638



www.netzausbau.de



twitter.com/netzausbau



youtube.com/netzausbau



facebook.com/netzausbau



netzausbau.de/newsletter

Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen

Tulpenfeld 4
53113 Bonn

Bildnachweis

S. 6-7 Amprion; S. 8-9 TenneT;
Alle übrigen Bilder: Bundesnetzagentur

August 2019



Unsere Texte sind auf
Verständlichkeit geprüft.