

Freileitungen im Bau

**Der Bauablauf einer Freileitung
in wenigen Schritten erklärt**



Inhalt



Freileitungstechnik	4
Masttypen im Fokus	6
Der Mast im Detail	10
Die Bauphasen	12
- Baugrunduntersuchung	14
- Bauvorbereitung	16
- Gründung und Fundament	18
- Mastfundament	20
- Mastmontage	22
- Seilzug	24
Glossar	26





Freileitungs- technik

Liebe Leserinnen und Leser,

eine sichere Stromversorgung und ein stabiles Stromnetz bilden ein wichtiges Fundament unserer modernen Gesellschaft. Betreiber von Energieversorgungsnetzen wie TenneT sind daher gesetzlich verpflichtet, ein sicheres und zuverlässiges Netz zu betreiben, zu warten und bedarfsgerecht auszubauen.

Für die Übertragung elektrischer Energie stehen grundsätzlich zwei Möglichkeiten zur Verfügung: Freileitungen und Erdkabel. Mit dieser Broschüre möchten wir Ihnen den Bau einer Freileitung erläutern und anhand ausgewählter Bilder die verschiedenen Bauphasen darstellen. Informationen zum Einsatz von Erdkabeln sowie zum Stromnetzausbau allgemein stehen Ihnen auf unserer Internetseite unter www.tennet.eu zur Verfügung.

Bei weiteren Fragen können Sie uns gerne telefonisch oder per Mail kontaktieren.

Ihre TenneT TSO GmbH

Bei der Planung wird immer versucht, den Eingriff in die Schutzgüter so gering wie möglich zu halten.

Freileitungen – eine bewährte Technik

Freileitungen auf der Höchstspannungsebene – 220 und 380 Kilovolt (kV) – ermöglichen eine verlustarme Stromübertragung und sind seit Langem Stand der Technik. In Deutschland werden Freileitungen seit Ende des 19. Jahrhunderts eingesetzt. Zunächst auf der Mittelspannungsebene, ab 1914 auf der Hochspannungsebene (110 kV) und seit 1922 auch auf der 220-kV-Ebene. 1957 nahm in Deutschland die erste 380-kV-Freileitung ihren Betrieb auf.

Dabei kommen in der Regel Stahlfachwerkmasten zum Einsatz, die eine technische Lebensdauer von bis zu 80 Jahren haben. Die erprobte Technologie ist leicht zu warten und kann bei Ausfällen in der Regel schnell wieder in Betrieb genommen werden. So garantieren Freileitungen ein stabiles Netz und damit eine sichere Stromversorgung.

Planungsgrundsätze

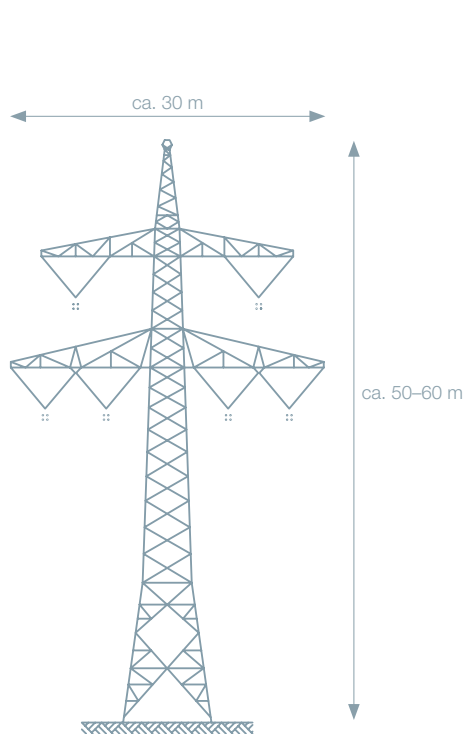
Bei der Planung und beim Bau einer Freileitung wird immer versucht, den Eingriff in die Schutzgüter (als Schutzgüter sind z. B. definiert: Mensch, Tiere, Pflanzen, Landschaft, Boden und Wasser) so gering wie möglich zu halten. Dafür stehen verschiedene Mastbauformen zur Verfügung, die je nach Anforderung eingesetzt und gegebenenfalls auch kombiniert werden.

In Deutschland sind drei Masttypen verbreitet:

- der Donaumast
- der Tonnenmast
- der Einebenenmast

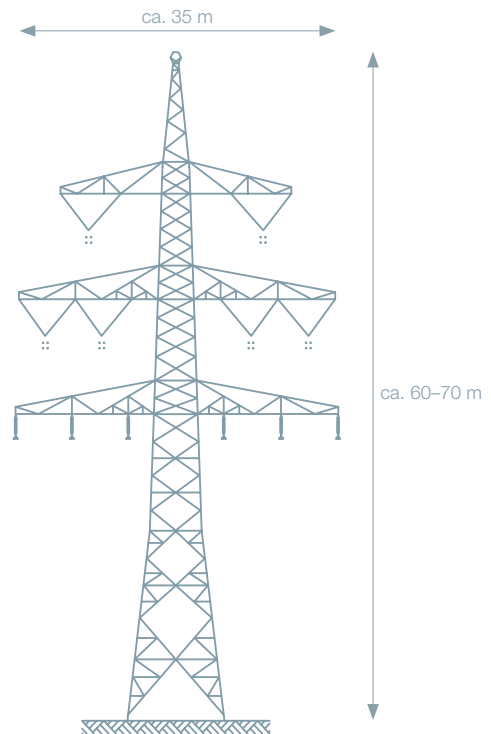
Innerhalb der Masttypen unterscheidet man zudem noch zwischen Tragmasten und Winkelabspannmasten. Tragmasten tragen die Leiterseile bei geradem Verlauf der Freileitung. Winkelabspannmasten werden immer dann eingesetzt, wenn die Leitung ihre Richtung ändert. Abspannmasten nehmen die Zugkräfte der Leiterseile auf. Sie sind daher massiver gebaut. Die Abstände zwischen den Masten betragen durchschnittlich zwischen 300 und 450 Meter.

Über die Mastspitzen wird das Erdseil (Blitzschutzseil) geführt. Das Herzstück einer Stromleitung sind aber die Leiterseile. Über sie erfolgt der Stromtransport.



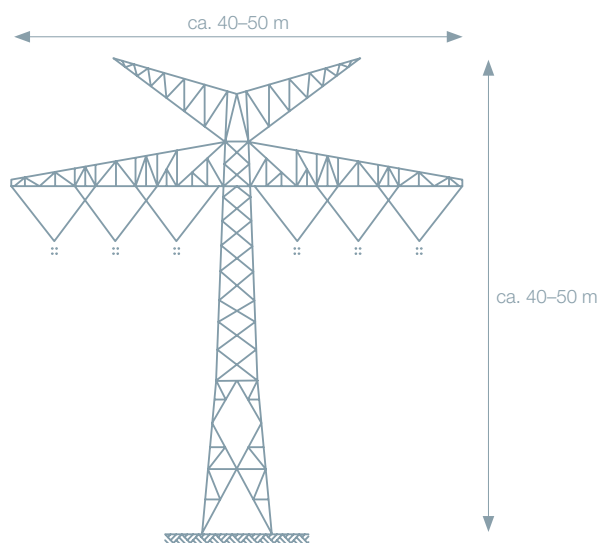
Masttyp „Donau“

Diesen Masttyp setzt TenneT in ganz Deutschland am häufigsten ein. Er bietet einen guten Kompromiss zwischen Masthöhe und Trassenbreite.



Masttyp „Donau-Einebene“

Die Kombination der Masttypen „Donau“ und „Einebene“ ermöglicht die Aufnahme von vier Systemen (z. B. Mitnahme von 110-kV-Systemen).



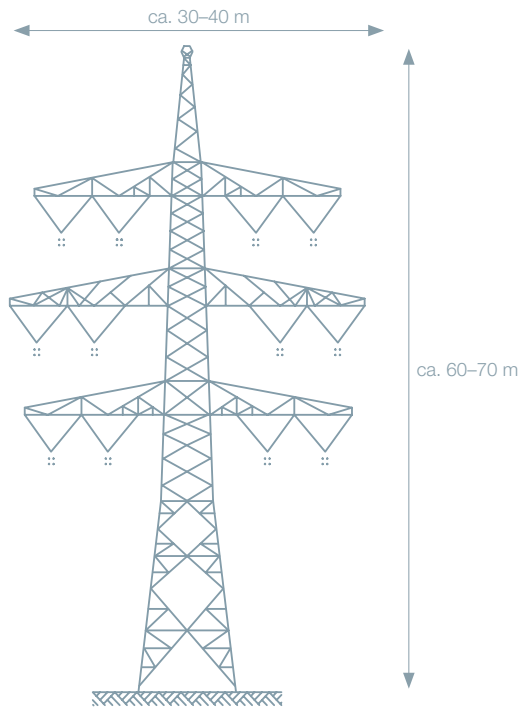
Masttyp „Einebene“

Aufgrund seiner geringeren Höhe wird dieser Masttyp vorwiegend in Regionen mit einer Höhenbegrenzung eingesetzt, z. B. in der Nähe von Flughäfen.

Masttypen im Fokus

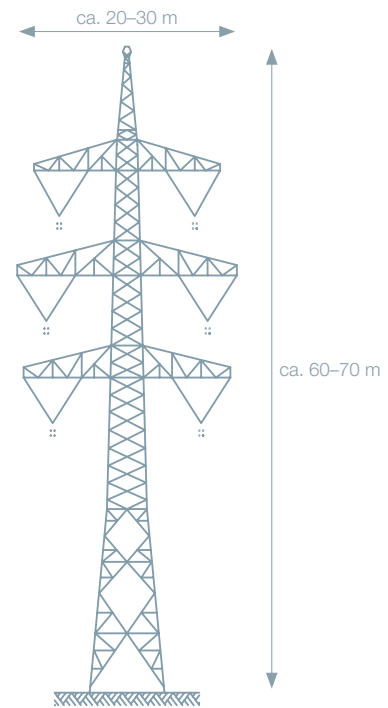






Masttyp „Doppeltonne“

Die Doppeltonne ist die Mastbauform zur Führung von vier 380-kV-Systemen.

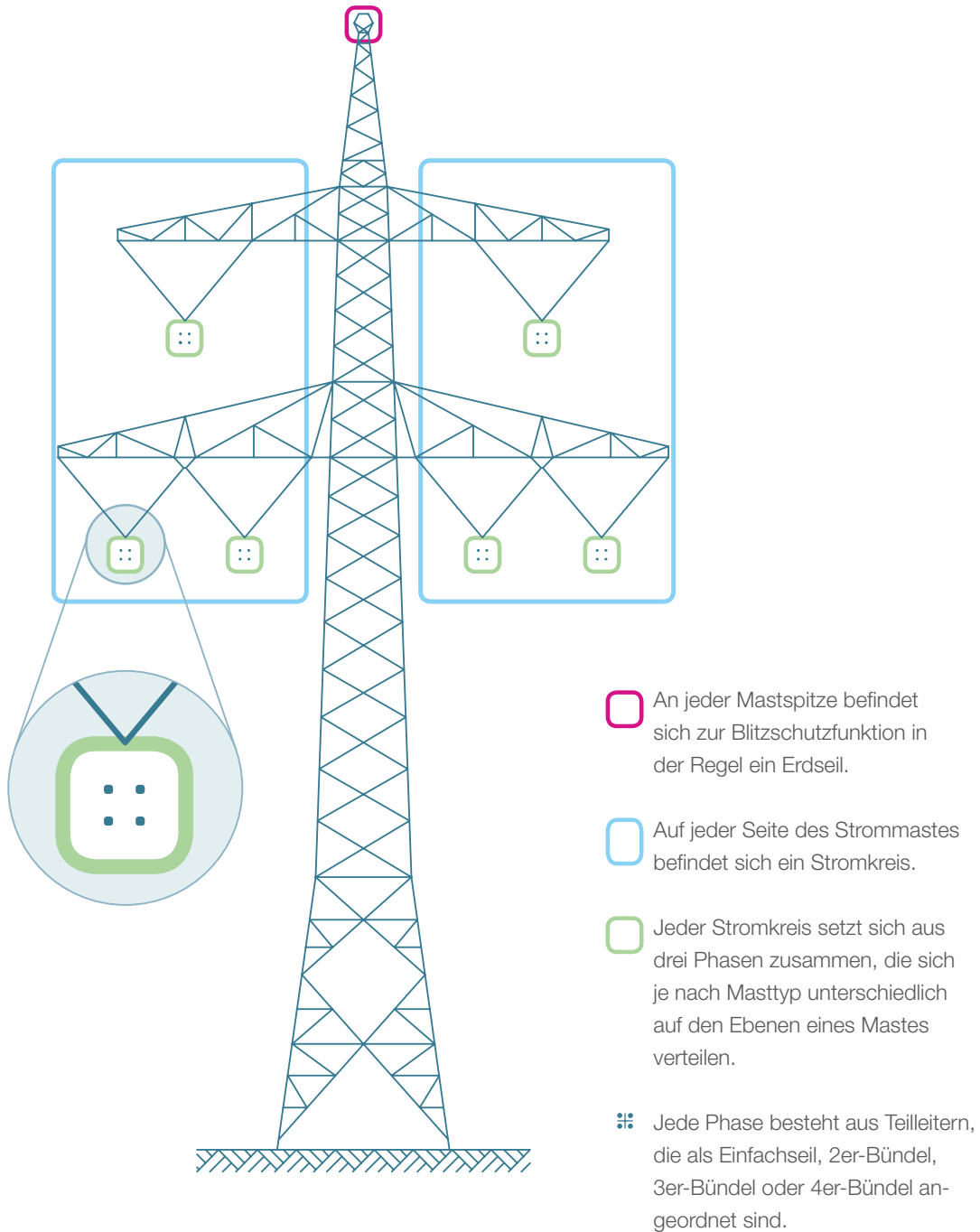


Masttyp „Tonne“

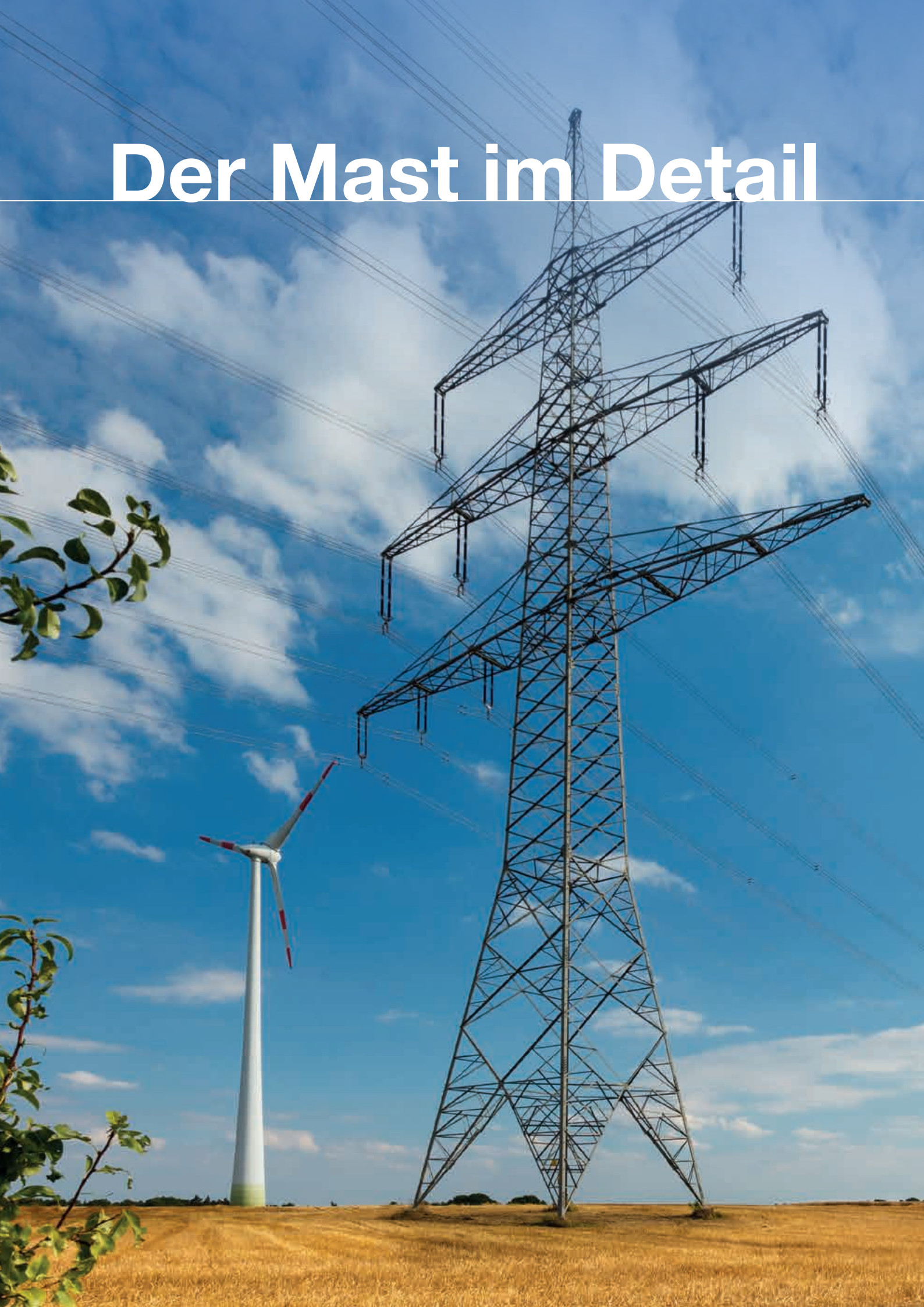
Wegen seiner geringen Breite lassen sich schmale Trassen realisieren. Dies bedingt aber größere Masthöhen.

Schema der Beseilung des Masttyps Donau mit zwei Stromkreisen

Die Beseilung von Freileitungsmasten kann, je nach Masttyp und Maststandort, variieren, folgt jedoch immer dem gleichen Schema.



Der Mast im Detail



Die Bauphasen



Die Errichtung einer Freileitung ist unterteilt in mehrere Bauphasen. Der erste Schritt ist hierbei die Baugrunduntersuchung im Bereich der Maststandorte mit den bauvorbereitenden Maßnahmen. Nach der Baustelleneinrichtung beginnen die Bauarbeiten. Zunächst wird mit der Gründung ein Fundament gesetzt, das der Tragfähigkeit des Baugrunds entspricht. Darauf aufbauend werden die Masten montiert. Deren einzelne Bauteile werden vor Ort vormontiert und verschraubt. Mit der als Seilzug bezeichneten Montage der Leiter- und Blitzschutzseile werden die Arbeiten abgeschlossen. Alle vorübergehend genutzten Flächen, Arbeitsflächen, Straßen und Wege werden nach dem Bau in ihren ursprünglichen Zustand zurückversetzt.

Die durchschnittliche Bauzeit für einen Mast beträgt rund vier bis sechs Wochen.



Die Ergebnisse der Baugrunduntersuchung zeigen auf, welche Mastgründungen geeignet sind.

Baugrunduntersuchung

Bereits vor dem Planfeststellungsbeschluss ist es notwendig, den Baugrund der geplanten Maststandorte zu untersuchen. Die Ergebnisse der Baugrunduntersuchung zeigen auf, welche Mastgründungen geeignet sind. Baugrunduntersuchungen werden in der Regel als Druck- und Rammkernsondierungen oder als Rotationsbohrungen durchgeführt und geben Aufschluss über den Baugrundaufbau und dessen bodenmechanische Eigenschaften. Die dabei entnommenen Bodenproben werden anschließend im Labor ausgewertet, um ein Bodenprofil erstellen zu können. Über den Beginn aller Aktivitäten auf einem Grundstück muss der jeweilige Eigentümer und ggf. Pächter vorab informiert werden. Dies gilt auch für die Baugrunduntersuchungen und insbesondere auch für den späteren Baubeginn auf der jeweiligen Fläche. Hierüber werden die Grundstückseigentümer zum frühestmöglichen Zeitpunkt informiert.



Baugrund- untersuchung



Bauvorbereitung



Vor Baubeginn werden die Eigentümer, Pächter und Behörden in der Region informiert.

Bauvorbereitende Maßnahmen

Vor Baubeginn werden die Eigentümer, Pächter und Behörden in der Region informiert, um die im Detail zu berücksichtigenden Bauanforderungen und den Bauablauf abzustimmen. Die bauausführenden Firmen richten sich für die Zeit des Baus einen Bauhof mit Büro, Lagerflächen und Platz für Maschinen und Geräte ein. Von hier aus sorgen sie für den reibungslosen Bauablauf entlang der Trasse.



Gründung

Zu Beginn der Bauarbeiten wird der genaue Maststandort gemäß den Koordinaten aus der Planfeststellung abgepflockt. Je nach Beschaffenheit des Bodens wird entweder die Flachgründung oder die Tiefgründung gewählt. Zu den Flachgründungen zählen die Plattenfundamente und die Stufenfundamente. Als Tiefgründungen bezeichnet man gerammte oder gebohrte Fundamente.

Pfahlgründung

Bei der Pfahlgründung werden Rohre oder Stahlträger in den Boden eingerammt. Diese sorgen für eine Lastabtragung in den Baugrund. Bei nicht rammfähigem Boden werden gebohrte Pfähle aus örtlich hergestelltem Stahlbeton eingesetzt. Dazu wird eine Ramme bzw. ein Bohrgerät am Maststandort aufgebaut. Um den Boden bei der Anfahrt der Ramme bzw. des Bohrgerätes zu schonen, wird dieser z. B. mit Holzbohlen oder Baggermatten ausgelegt. Das Rammen oder Bohren der Pfähle in den Boden dauert in der Regel einen Tag. Danach werden die Eckstiele in die Rohre eingelassen und einbetoniert.



Gründung und Fundament

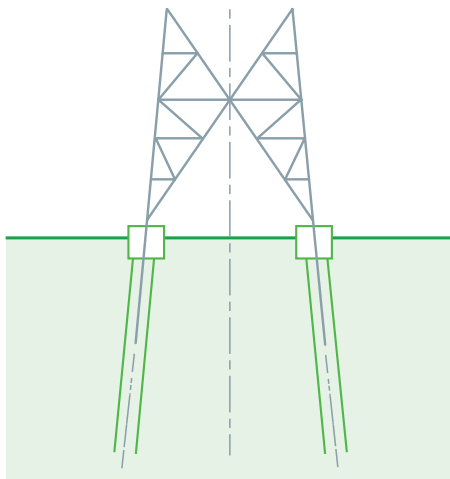


Mastfundament

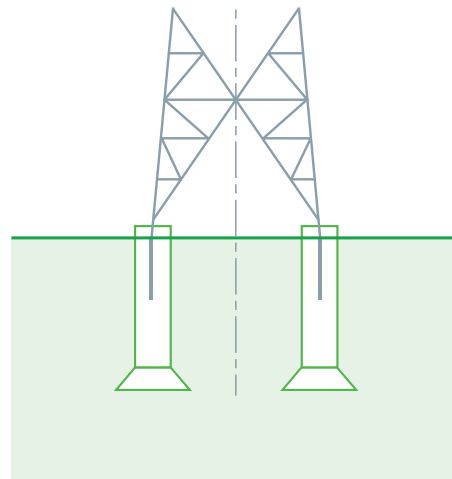


Bei der Plattengründung wird zunächst mit einem Tieflöffelbagger eine Grube für ein Mastfundament ausgehoben. Im Anschluss wird die Grubensohle mit einer Sauberkeitsschicht hergerichtet, die Wände werden mit einem Baugrubenverbau aus dünnen Stahlprofilplatten oder Holzschalungen gestützt. Die Fußeckstiele werden an den vier Ecken des Maststandortes aufgestellt und darauf das

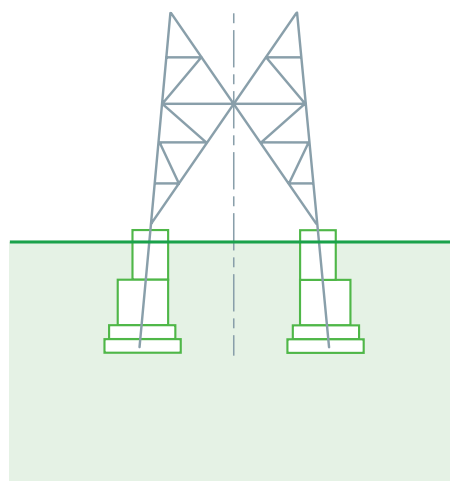
Unterteil des Mastes montiert. Die Bewehrung für den Stahlbeton wird als Korb aus rechtwinkligen Stäben auf der Sauberkeitsschicht und um die Fußeckstiele verlegt. Nachdem die formgebende Schalung aufgestellt ist, kann das Fundament mit geeignetem Beton vergossen werden. Dieser ist an die örtlichen Verhältnisse angepasst und härtet mehrere Tage aus, bevor die weiteren Bauschritte folgen.



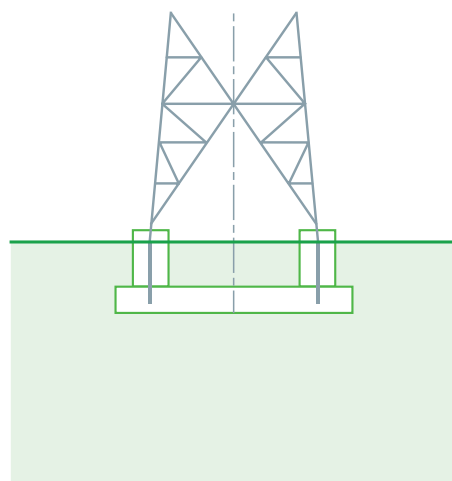
Ramppfahlfundament



Bohrpfahlfundament



Stufenfundament



Plattenfundament

Mastvormontage

Der Stahlgittermast besteht aus vier Eckstielen, die durch Querstreben miteinander verbunden sind. Die einzelnen Mastteile sind aus verzinktem Stahl und gegen Korrosion beschichtet. Direkt auf der Baustelle werden zunächst die Querträger und die einzelnen Schüsse des Mastes (ähnlich dem Stockwerk bei Gebäuden) vormontiert und miteinander verschraubt. Ein Mobilkran hebt anschließend die einzelnen Mastbauteile in die entsprechende Höhe und Position. Wenn das Gelände den Einsatz von Mobilkränen nicht zulässt, kommen alternative Methoden wie beispielsweise das Stocken mit einem sogenannten Innenstockbaum zur Anwendung.



Mastmontage

Der einzelne Mast wird gestockt. Das heißt, zuerst wird das Mastunterteil auf das Fundament aufgesetzt und die Eckstiele miteinander verschraubt. Es folgen die Mitte des Mastes und die Mastspitze. Die Mastmontage wird ebenfalls mit Hilfe eines oder mehrerer Mobilkräne ausgeführt.



Mastmontage



Seilzug



Seilzug

Für die Seilzugarbeiten werden auf Trommeln aufgespulte Leiterseile und Blitzschutzseile angeliefert. An beiden Seiten der Querträger sind Isolatorenketten am Mast angebracht, an denen sich für den Seilzug Rollen befinden. Eine Seilwinde zieht mit Hilfe eines Vorseils die Leiterseile auf die Rollen. Auf der anderen Seite des Abspannabschnittes ist eine Bremse mit Seiltrommelböcken angebracht, die den Zug bremst, um so den erforderlichen Seildurchhang zu regulieren.

Nacharbeiten

Nach dem Bau werden alle vorübergehend genutzten Flächen, Arbeitsflächen, Straßen und Wege in ihren ursprünglichen Zustand zurückversetzt. Mobile Baustraßen, z. B. Baggermatten und Holzbohlen, werden abtransportiert. Die bauausführende Firma verlässt den Bauhof samt aller Geräte und Materialien.

Inbetriebnahme

Die Freileitung ist fertiggestellt, sobald alle Masten aufgestellt und beseilt sind und die Leitung an die Umspannwerke angeschlossen ist. Für die Inbetriebnahme der Leitung ist der Netzbetreiber verantwortlich. Eine besondere Herausforderung ist es, die neue Leitung in das bereits vermaschte Leitungssystem aufzunehmen. Nach der Baukontrolle schaltet die Leitwarte die neue Leitung für den Dauerbetrieb frei. Präzise Netzberechnungen und eine hochwertige Baukontrolle garantieren dabei eine reibungslose Inbetriebnahme.

Sicherheit

Das Thema Sicherheit hat bei TenneT oberste Priorität. Dies betrifft die Sicherheit und Stabilität der Übertragungsnetze genauso wie die Sicherheit der Menschen. Beim Bau von Höchstspannungsleitungen überwacht bei TenneT der Bauleiter vor Ort die Einhaltung der Sicherheitsvorschriften und sorgt für einen reibungslosen Bauablauf.



Glossar



Blitzschutzseil

Ein Blitzschutzseil ist ein über mehrere Masten geführter Leiter ohne Isolation, der als Blitzschutz dient.

Eckstiel

Ein Eckstiel ist eine der vier Stützen eines Freileitungsmastes.

Erdseil-Luftkabel

Ein Erdseil wird an dem höchsten Punkt des Mastes befestigt und dient vorwiegend zum Schutz der darunter hängenden Leiterseile gegen Blitzeinschläge. Das Erdseil hat optische Fasern als Übertragungsmittel für die interne Telekommunikation. Es wird allgemein auch Erdseil-Luftkabel genannt.

Freileitung

Eine Freileitung stellt die Gesamtheit der Anlage zur oberirdischen Leitung elektrischer Energie dar. Sie besteht aus Leiterseilen, Stromkreisen und Masten.

Gründung und Mastunterteil

Das Mastunterteil ist der unterste einbetonierte Teil des Mastes. Die Gründung bildet die standsichere Basis für den Mast.

Isolator

Ein Isolator ist wichtig für die Betriebssicherheit einer Leitung. Er hat eine äußerst geringe Leitfähigkeit und verhindert dadurch, dass der Strom über die Befestigung der Stromleitung in die Masten gelangt.

Korrosion

Korrosion ist die Reaktion eines Werkstoffs mit seiner Umgebung. Sie bewirkt eine messbare Veränderung des Werkstoffs. Eine der bekanntesten Arten von Korrosion ist das Rosten, also die Oxidation von Metallen.

Leiterseil

Im Leiterseil der Freileitung wird der Strom transportiert. Das Leiterseil ist mit Isolatoren an den Masten aufgehängt.

Leitwarte

Die Leitwarte ist eine Einrichtung, in der sämtliche relevanten Informationen und Messwerte einer technischen Anlage zusammenlaufen. Von hier aus wird, beispielsweise eine Freileitung, von den Mitarbeitern überwacht und gesteuert.

Mast

Ein Mast besteht aus dem Mastschaft, den Traversen und der Mastspitze. Die Beseilung gehört nicht zum Mast.

Maststockung

Masten werden stockwerkweise gebaut. Dieses Bauprinzip wird Maststockung genannt.

Tragmast

Ein Tragmast trägt die Leiter bei geradem Verlauf der Freileitung. Er übernimmt im Normalbetrieb keine Zugkräfte.

Traverse

Eine Traverse ist der seitliche Ausleger an einem Freileitungsmast, an dem die Leiterseile befestigt werden.

Umspannwerk

Ein Umspannwerk dient dazu, Stromnetze verschiedener Spannungsebenen miteinander zu verbinden. So sind Umspannwerke z. B. notwendig, um den Strom aus den Übertragungsnetzen, die auf der Höchstspannungsebene von 220 oder 380 kV arbeiten, in regionale Netze einzuspeisen, die eine Spannungsebene von 110 kV haben. Um die Netze mit unterschiedlichen Spannungsebenen zu verknüpfen, muss die elektrische Energie in einem Umspannwerk über Transformatoren entsprechend transformiert werden.

Vorseil

Mit Hilfe des Vorseils wird das Leiterseil durch die an den Isolatoren befestigten Seilrollen gezogen.

Wechselstrom

Als Wechselstrom (auch: Drehstrom; AC, Alternating Current) bezeichnet man elektrischen Strom, der seine Bewegungsrichtung periodisch und in steter Wiederholung ändert. Netzwechselstrom hat in Europa 50 Änderungen pro Sekunde, was einer Frequenz von 50 Hertz (Hz) entspricht.

Winkelabspannmast

Ein Winkelabspannmast nimmt die resultierenden Leiterzugkräfte in den Winkelpunkten aus den unterschiedlichen Leitungsrichtungen auf. Dadurch bilden sie auf einer Freileitung Festpunkte. Überall dort, wo ein Richtungswechsel der Leitungstrasse anzutreffen ist, werden Winkelabspannmasten installiert.



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 beschäftigen über 4.500 Mitarbeiter und sind einer der größten Investoren in die nationalen und internationalen Stromnetze an Land und auf See.

Wir konzentrieren uns insbesondere darauf, die Energiewende und die Integration der nordwest-europäischen Strommärkte zu fördern und umzusetzen.

Taking power further

TenneT TSO GmbH
Bernecker Straße 70
95448 Bayreuth
Deutschland

Telefon +49 (0)921 50740-0
Fax +49 (0)921 50740-4095

E-Mail info@tennet.eu
Twitter @TenneT_DE
Instagram @tennet_de
www.tennet.eu

© TenneT TSO GmbH – April 2019

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.

