

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

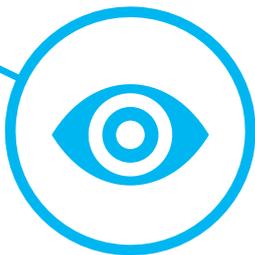
Der Bau einer Freileitung im Überblick

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 Stahlgittermaste zum Einsatz, die eine technische Lebensdauer von bis zu 100 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.

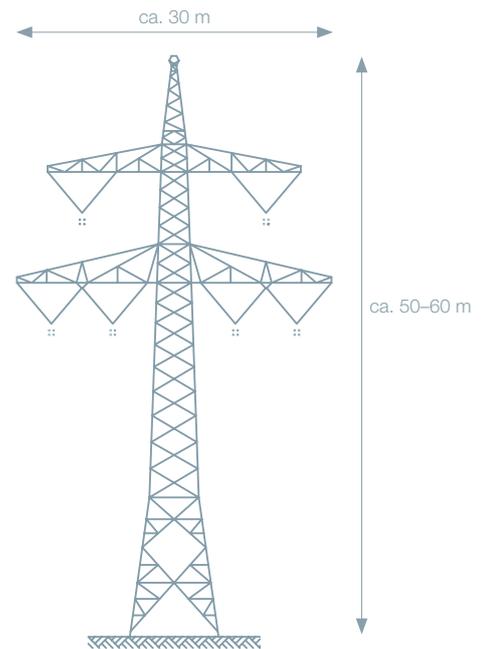
In Deutschland sind drei Masttypen verbreitet:

- 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.

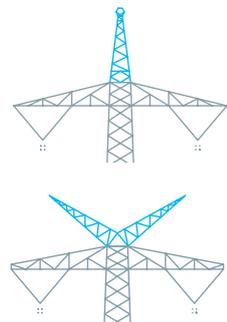
Masttypen im Fokus

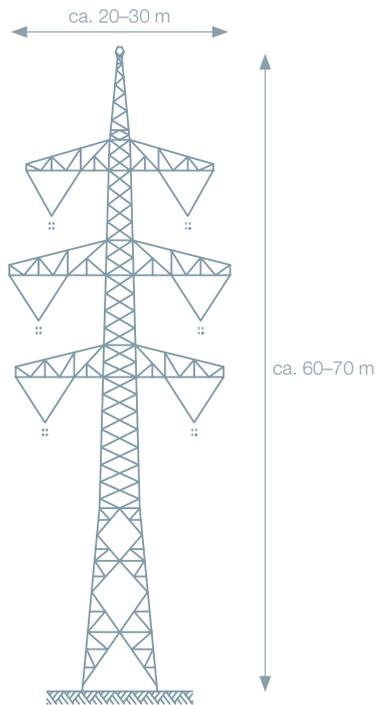


Masttyp „Donau“

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

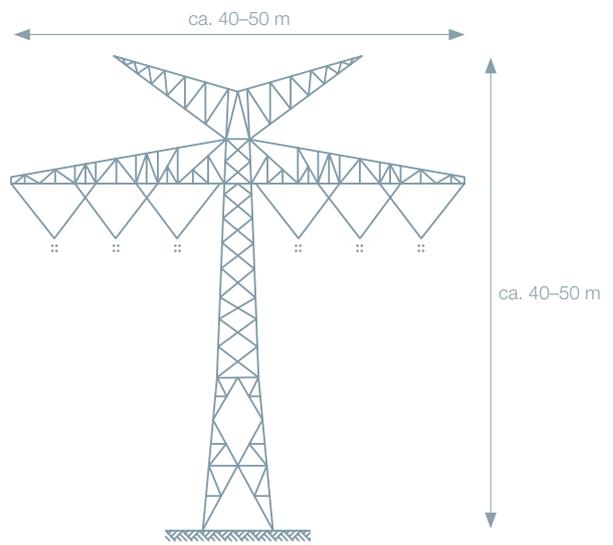
Die Maste werden teilweise mit einfacher Erdseilspitze, teilweise mit geteilter Erdseilspitze gebaut.





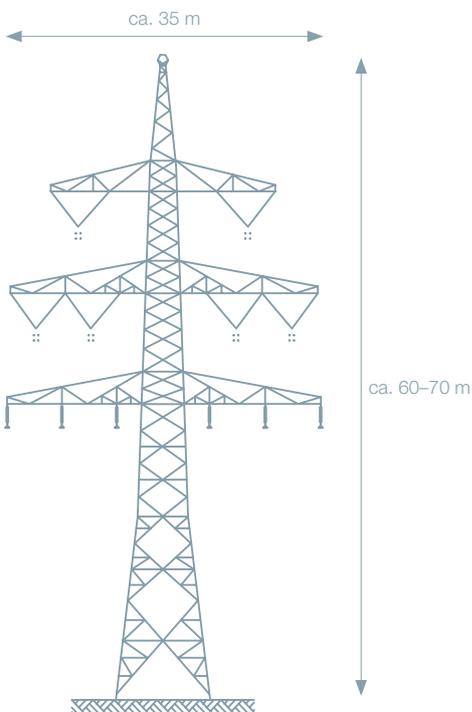
Masttyp „Tonne“

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



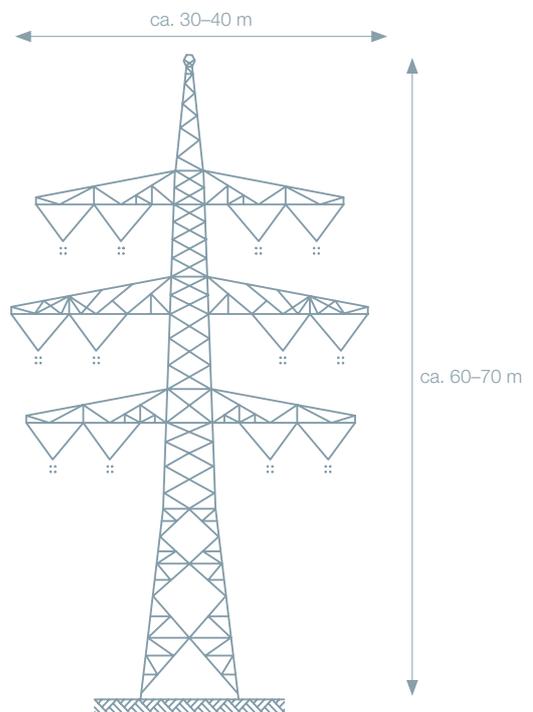
Masttyp „Einebene“

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



Masttyp „Donau-Einebene“

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



Masttyp „Doppeltonne“

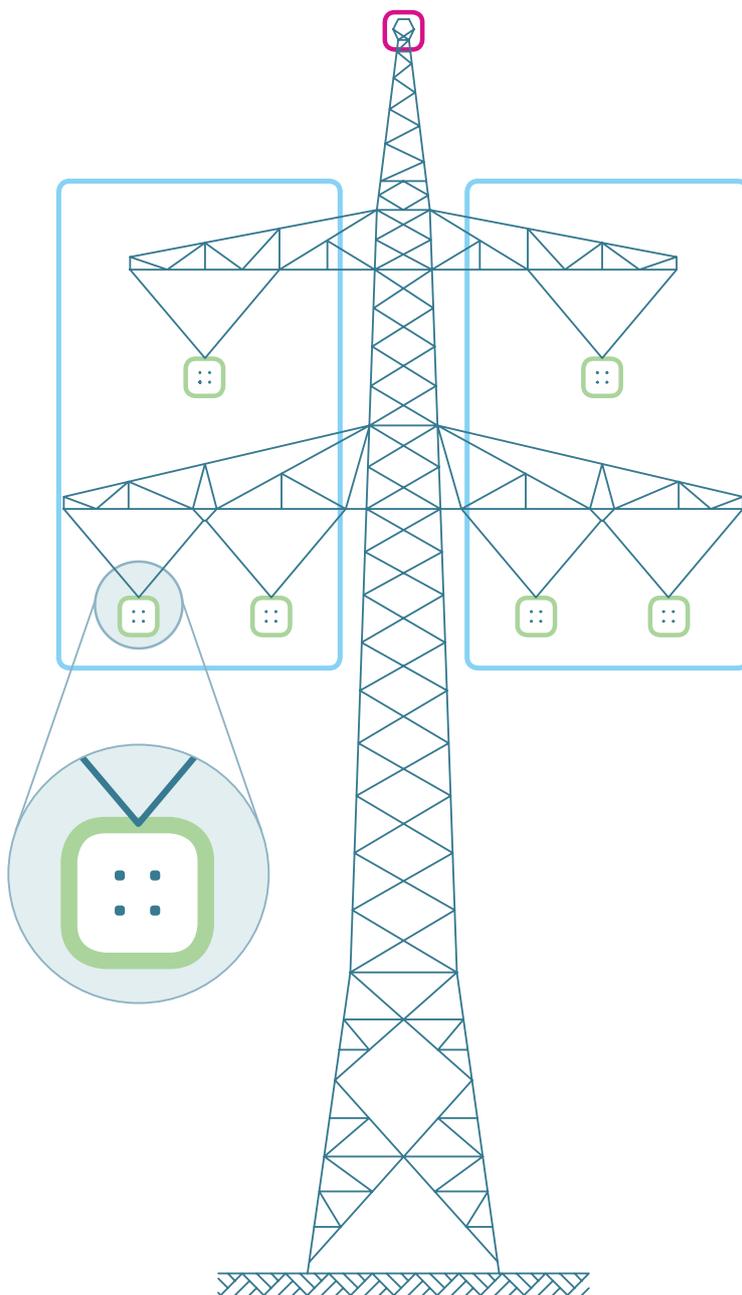
Die Doppeltonne ist die Mastbauform zur Führung von vier 380-kV-Systemen.

Der Mast im Detail



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.



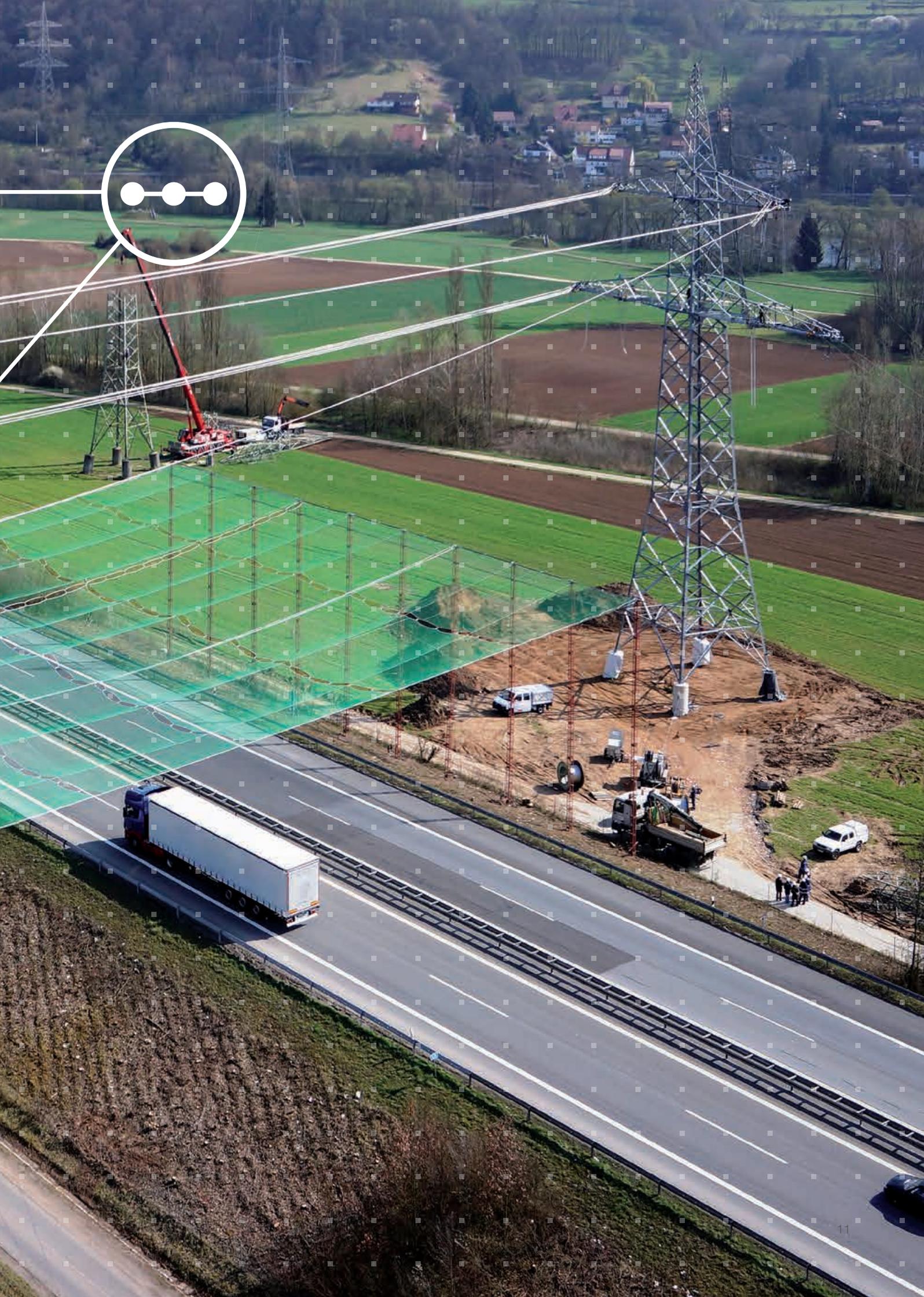
- An jeder Mastspitze befindet sich zur Blitzschutzfunktion in der Regel ein Erdseil bzw. Erdseil-Luftkabel.
- Auf jeder Seite des Strommastes befindet sich ein Stromkreis.
- Jeder Stromkreis setzt sich aus drei Phasen zusammen, die sich je nach Masttyp unterschiedlich auf den Ebenen eines Mastes verteilen.
- ⚡ Jede Phase besteht aus Teilleitern, die als Einfachseil, 2er-Bündel, 3er-Bündel oder 4er-Bündel angeordnet sind.

Die Bauphasen

An aerial photograph showing a multi-lane highway under construction. A concrete bridge structure is being built over a road. In the background, a tall power line tower stands on a hill. The surrounding area includes green fields, trees, and a parking lot with several cars. The sky is clear and blue.

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, verschraubt und aufeinander gesetzt.

Mit der als **Seilzug** bezeichneten Montage der Leiter- und Erdseile bzw. Erdseil-Luftkabel 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.



Bauvorbereitung



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

Bauvorbereitende Maßnahmen

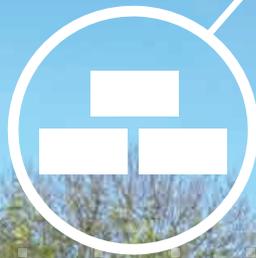
Vor Baubeginn werden die Eigentümer, Pächter und Behörden in der Region informiert, um die im Detail zu berücksichtigenden Bauanforderungen und den Bauablauf abzustimmen. Die bauausführenden Firmen

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 und Fundament

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



Gründung

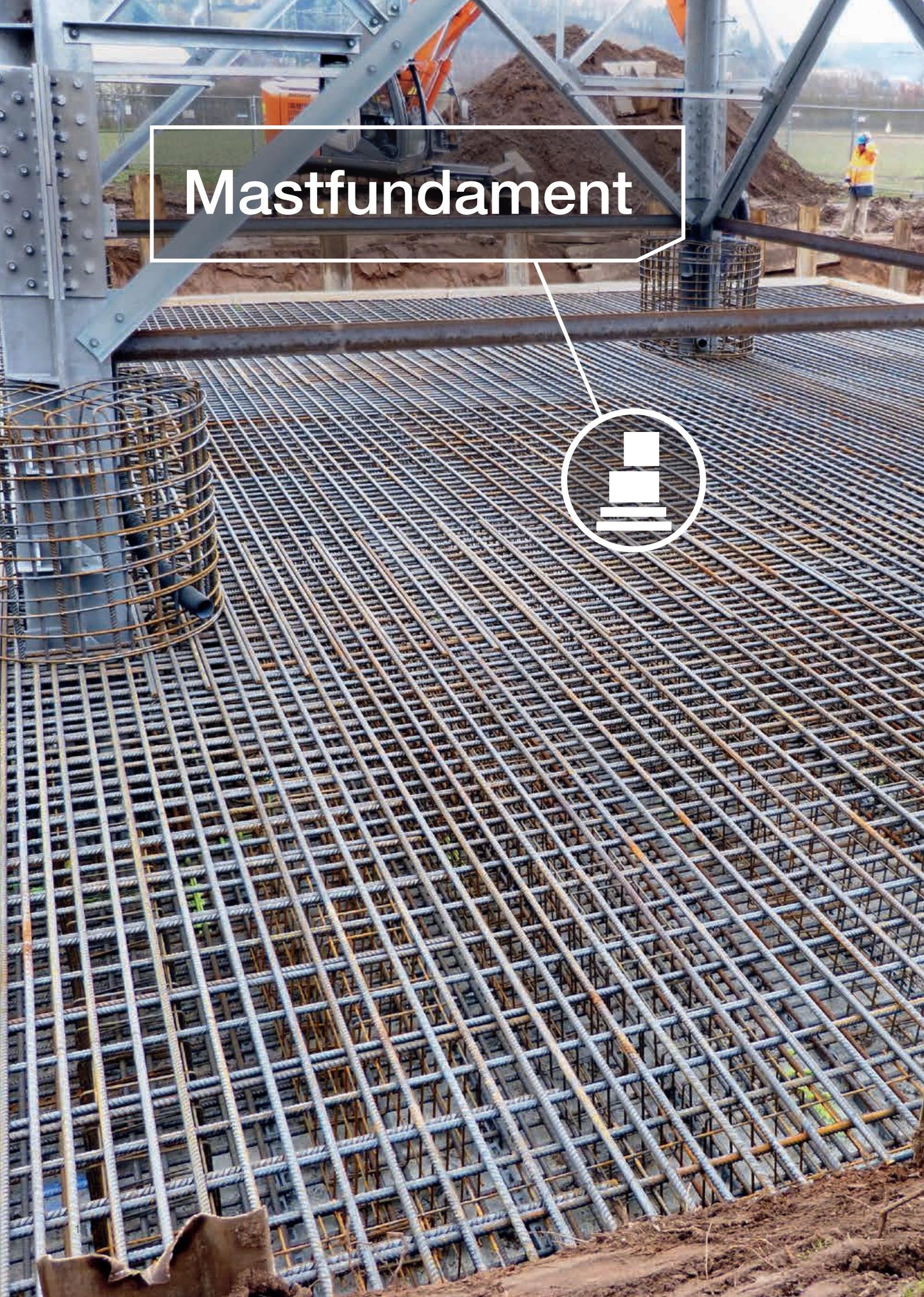
Zu Beginn der Bauarbeiten wird der genaue Maststandort gemäß den Koordinaten aus der Planfeststellung abgepflockt. Je nach Beschaffenheit des Bodens wird entweder die Flachgründung oder die Tiefgründung gewählt. Zu den Flachgründungen zählen die Plattenfundamente und die Stufenfundamente. Als Tiefgründungen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

Pfahlgründung

Bei der Pfahlgründung werden Rohre oder Stahlträger in den Boden eingerammt oder gebohrt. 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 Einbringen der Pfähle in den Boden dauert in der Regel einen Tag pro Pfahl. Danach werden die Eckstiele in die Rohre eingelassen und einbetoniert.



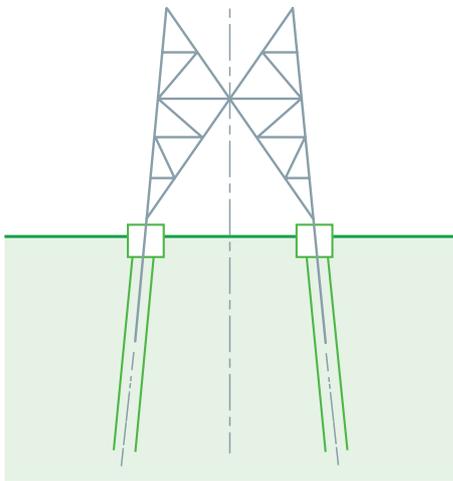
Mastfundament



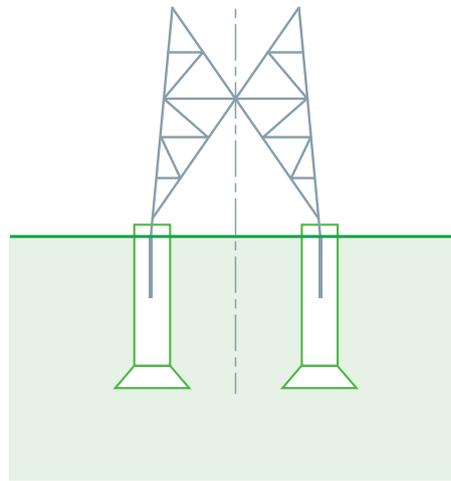
Plattengründung

Bei der Plattengründung wird zunächst mit einem Tief-
löffelbagger eine Grube für ein Mastfundament ausge-
hoben. Im Anschluss wird die Grubensohle mit einer
Sauberkeitsschicht hergerichtet, die Wände werden
mit einem Baugrubenverbau aus dünnen Stahlprofil-
platten oder Holzschalungen gestützt. Die Fußbeckstiele
werden an den vier Ecken des Maststandortes aufge-
stellt und darauf das Unterteil des Mastes montiert.

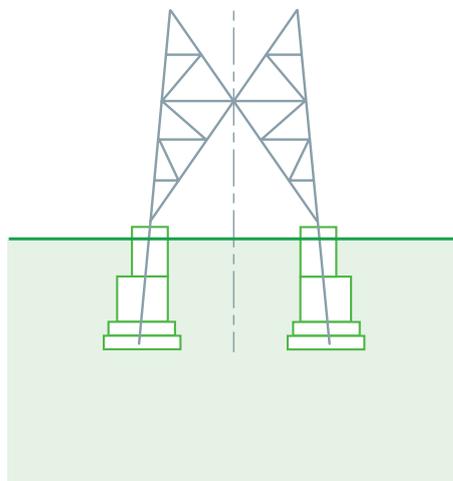
Die Bewehrung für den Stahlbeton wird als Korb aus
rechtwinkligen Stäben auf der Sauberkeitsschicht und
um die Fußbeckstiele verlegt. Nachdem die formgeben-
de Schalung aufgestellt ist, kann das Fundament mit
geeignetem Beton vergossen werden. Dieser härtet
mehrere Tage aus, bevor die weiteren Bauschritte
folgen.



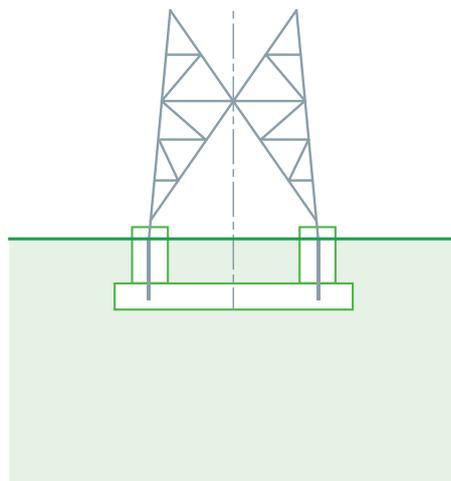
Ramppfahlfundament



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 Mastschaftelemente (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 Mastschaftelemente, das Anbringen der Traversen und der Mastspitze. Die Mastmontage wird ebenfalls mit Hilfe eines oder mehrerer Mobilkräne ausgeführt.



Mastmontage



Seilzug



Seilzug

Für die Seilzugarbeiten werden auf Trommeln aufgespulte Leiterseile und Erdseile bzw. Erdseil-Luftkabel angeliefert. An beiden Seiten der Querträger sind Isolatorenketten am Mast angebracht, an denen sich für den Seilzug zunächst Rollen befinden. Eine Seilwinde zieht mit Hilfe eines Vorseils die Leiterseile über die Rollen. Mit einer Kombination aus Seilwinde und Seilbremse wird in dem Abspannabschnitt der Seilzug durchgeführt.

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

Eckstiel

Ein Eckstiel ist eine der vier Stützen eines Freileitungsmastes.

Erdseil/Erdseil-Luftkabel

Erdseil bzw. Erdseil-Luftkabel wird an den Mastspitzen befestigt und dient vorwiegend dem Schutz der darunter hängenden Leiterseile gegen Blitzeinschläge. Darüberhinaus hat das Erdseil-Luftkabel optische Fasern als Übertragungsmittel für die interne Telekommunikation und Steuerung.

Freileitung

Eine Freileitung stellt die Gesamtheit der Anlage zur oberirdischen Leitung elektrischer Energie dar. Sie besteht aus Leiterseilen, Isolatoren, Armaturen 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 Isolatorketten an den Masten befestigt

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 Isolatorketten und die Beseilung gehören nicht zum Mast.

Maststockung

Masten werden stockwerkweise gebaut. Dieses Bauprinzip wird Maststockung genannt.

Tragmast

An einem Tragmast wird die Beseilung aufgehängt. Die Tragmasten stehen immer in Leitungssachse. Er übernimmt im Normalbetrieb keine Zugkräfte.

Traverse

Eine Traverse ist der seitliche Ausleger an einem Freileitungsmast, an dem die Isolatorketten und 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

Bei der Leiterverlegung wird das Leiterseil über die an den Isolatorketten befestigten Seilrollen gezogen.

Wechselstrom

Als Wechselstrom (auch: Drehstrom; AC, Alternating Current) bezeichnet man elektrischen Strom, der seine Bewegungsrichtung periodisch und in steter Wiederholung ändert. Die Netzfrequenz in Europa liegt in der Regel bei 50 Hertz (Hz).

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 ein führender europäischer Netzbetreiber, der sich für eine sichere und zuverlässige Stromversorgung einsetzt – 24 Stunden am Tag, 365 Tage im Jahr. Wir gestalten die Energiewende für eine nachhaltige Energiezukunft. Als erster grenzüberschreitender Übertragungsnetzbetreiber planen, bauen und betreiben wir ein fast 24.000 km langes Hoch- und Höchstspannungsnetz in den Niederlanden und Deutschland und sind einer der größten Investoren in nationale und internationale Stromnetze, an Land und auf See. Jeden Tag geben unsere 5.700 Mitarbeiter ihr Bestes und sorgen mit Verantwortung, Mut und Vernetzung dafür, dass sich mehr als 42 Millionen Endverbraucher auf eine stabile Stromversorgung verlassen können.

Lighting the way ahead together.

TenneT TSO GmbH
Bernecker Straße 70
95448 Bayreuth
Deutschland

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

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

© TenneT TSO GmbH - Juni 2021

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.

