

Höchstspannungsleitung Wilster - Grafenrheinfeld

BBPIG Vorhaben Nr. 4

Abschnitt D (von Gerstungen bis Grafenrheinfeld)

Unterlagen nach § 8 NABEG

II TECHNISCHE BESCHREIBUNG DES VORHABENS

ANHANG 5: TECHNISCHE AUSFÜHRUNGSVARIANTEN

0	08.03.2019	Unterlagen nach § 8 NABEG	AldT	KlaF	ThA
Vers.	Datum	Ausgabe, Art der Änderung	Erstellt	Geprüft	Freigegeben

INHALTSVERZEICHNIS

1	TECHNISCHE BAU- UND BETRIEBSMERKMALE VON GGF. ERFORDERLICHEN GLEICHSTROM-FREILEITUNGSABSCHNITTEN	3
1.1	Regelquerschnitt der Freileitungsanlage, Schutzstreifen	7
1.2	Kabelübergangsanlagen	8
1.3	Bauablauf	9
1.4	Emissionen und Emissionsquellen	9
1.4.1	Elektrische und magnetische Felder	9
1.4.2	Koronaentladungen	10
1.4.3	Geräuschemissionen	10
1.5	Wartungsarbeiten im Betrieb	11
1.5.1	Gleichstrom-Freileitung	11
1.5.2	Kabelübergangsanlage	11
2	TECHNISCHE BAU- UND BETRIEBSMERKMALE VON GGF. ERFORDERLICHEN DREHSTROM-ERDKABELABSCHNITTEN ZUR KONVERTERANBINDUNG	12
2.1	Kabeltypen	12
2.2	Regelquerschnitt der Kabelanlage, Schutzstreifen	12
2.3	Bauablauf	13
2.3.1	Offene Bauweise	13
2.3.2	Geschlossene Bauweisen	13
2.4	Emissionen und Emissionsquellen	13
2.5	Wartungsarbeiten im Betrieb	13
3	WEITERE ÜBERTRAGUNGSTECHNOLOGIEN UND VERLEGEARTEN	13

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1	525 kV-Mast mit zwei Bipolen mit V-Ketten und MR auf eigener Traverse, Ausführung „nebeneinander“ und „übereinander“ (Stammstrecke)	4
Abbildung 2	525 kV-Mast mit einem Bipol mit V-Ketten und MR auf eigener Traverse (Einzelstrecke)	4
Abbildung 3	320 kV-Mast mit vier Gleichspannungssystemen Ausführung „nebeneinander“ oder „übereinander“ und V-Ketten (Stammstrecke)	5
Abbildung 4	320 kV-Mast mit zwei Gleichspannungssystemen, V-Ketten (Einzelstrecke)	6
Abbildung 5	Schematische Abbildung der vier möglichen Mastfundamenttypen	6
Abbildung 6	Typische Kabelübergangsanlage (am Beispiel einer 320 kV Ausführung)	9
Abbildung 7	Typische Kabelübergangsanlage (am Beispiel einer 320 kV Ausführung)	9
Abbildung 8	Aufbau eines einphasigen 380-kV-Kabels, exemplarische Darstellung	12
Abbildung 9	Aufbau einer Gasisolierten Übertragungsleitungen (GIL)	14
Abbildung 10	Schemadarstellung zeigt Bsp. Kabelverlegung für eine Mittel- oder Hochspannungsleitung	15
Abbildung 11	Unterschiedliche Zugmaschinen im Einsatz	15

Im Folgenden werden die als Regeltechnik im Ausnahmefall relevanten Technologien der DC-Freileitung und AC-Erdverkabelung zur Anbindung des Konverters an das Umspannwerk beschrieben.

1 TECHNISCHE BAU- UND BETRIEBSMERKMALE VON GGF. ERFORDERLICHEN GLEICHSTROM-FREILEITUNGSABSCHNITTEN

Das Projekt SuedLink wird als Erdkabel geplant. Die Prüfung des abschnittswisen Einsatzes von Freileitungen erfolgt ausschließlich für den Fall, dass die im BBPlG gesetzlich geregelten Ausnahmen zum Tragen kämen. Anfang und Ende jedes Freileitungsabschnittes wird über eine Kabelübergangsanlage an die Freileitung angebunden.

Masttypen

Für die Gleichstromleitungen werden Masttypen, die sich aus der Konstruktion der Drehstrommasten ableiten, eingesetzt. Der primäre Unterschied besteht in der Anzahl der Leiterseile und den unterschiedlichen Isolationsbemessungen bei Gleichspannung. Die Masten werden regelhaft in der für Deutschland gebräuchlichen Ausführung als Stahlgittermasten geplant.

Die Masten werden entsprechend der Systemspannung und der Anzahl der zu tragenden Systeme ausgelegt. Die Bauausführungen unterscheiden sich in der Breite der Traversen und den jeweils erforderlichen Schutzstreifen. Daneben unterscheiden sich die Masten auch in Abhängigkeit ihrer Funktion im Leitungsverlauf. Hierbei wird zwischen Tragmasten und Winkel-/Abspannmasten sowie Winkel-/Endmasten differenziert.

Tragmasten tragen die Bündelleiter bei geradem Trassenverlauf. Winkel-/Abspannmasten werden dort eingesetzt, wo eine gerade Linienführung verlassen wird und ein Winkelpunkt entsteht. Sie dienen auch dazu Kräfte in Leitungsrichtung aufzunehmen und müssen deshalb auch in regelmäßigen Abständen in der geraden Leitungsführung eingebracht werden. Ein Winkel-/ Endmast dient der Anbindung der Bündelleiter an das Portal eines Umspannwerks, Konverters oder einer Kabelübergangsanlage.

Prinzipielle Mastbauformen:

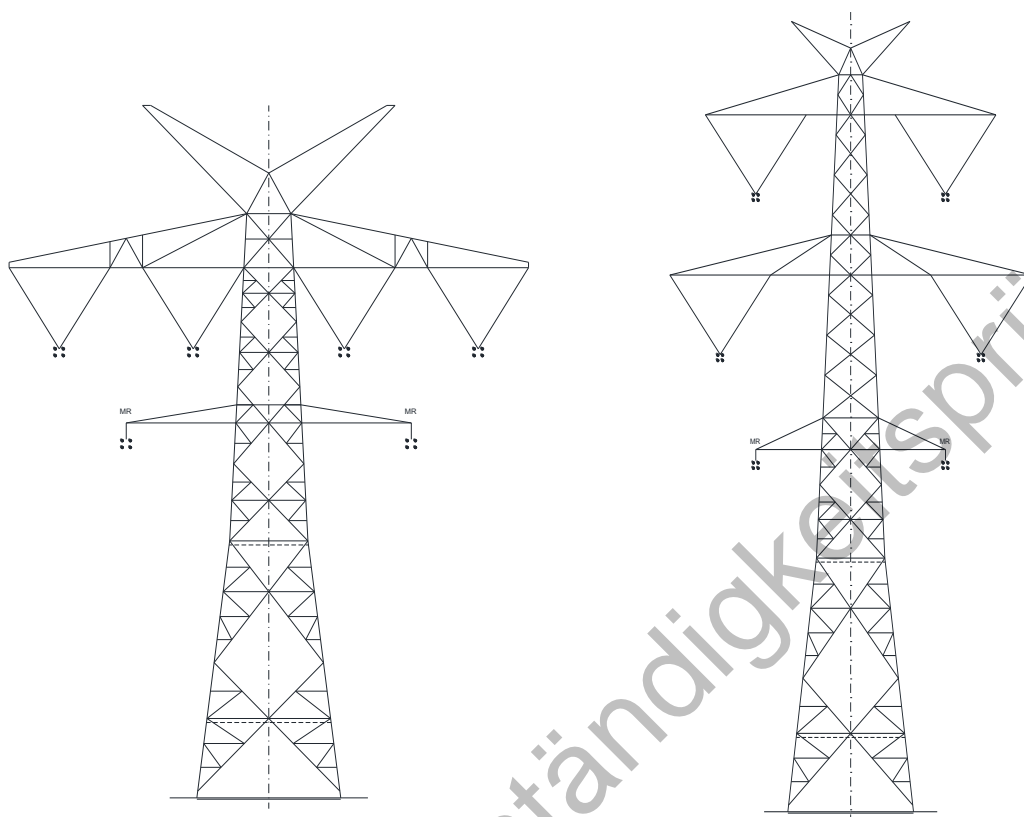


Abbildung 1 525 kV-Mast mit zwei Bipolen mit V-Ketten und MR auf eigener Traverse, Ausführung „nebeneinander“ und „übereinander“ (Stammstrecke)

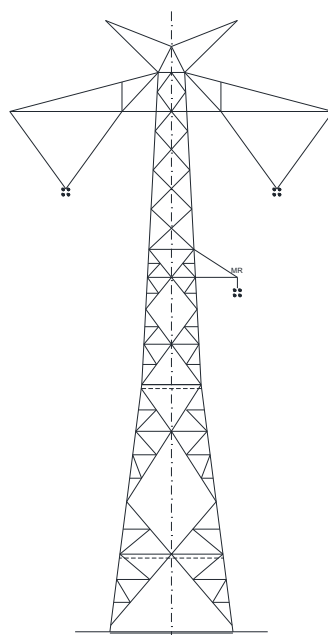


Abbildung 2 525 kV-Mast mit einem Bipol mit V-Ketten und MR auf eigener Traverse (Einzelstrecke)

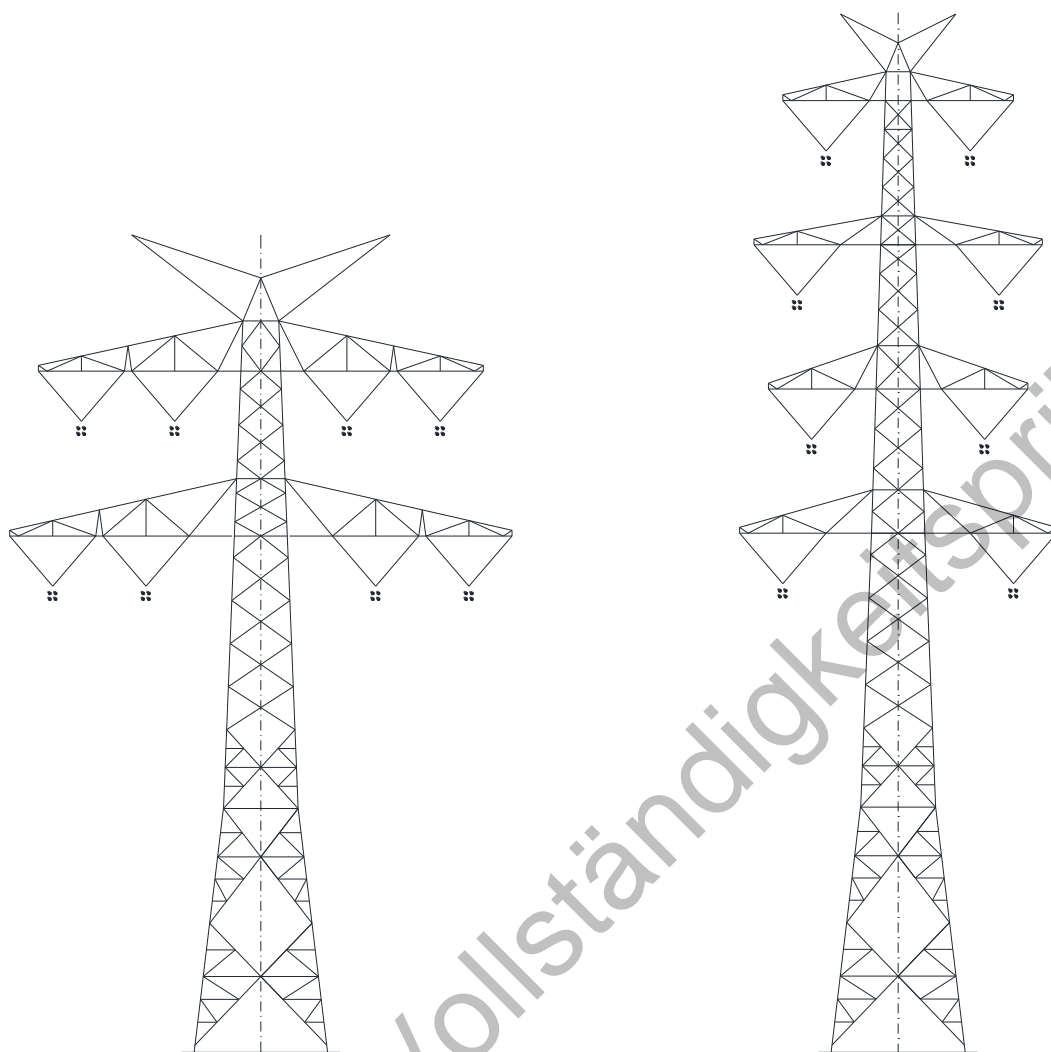


Abbildung 3 320 kV-Mast mit vier Gleichspannungssystemen
Ausführung „nebeneinander“ oder „übereinander“ und V-Ketten (Stammstrecke)

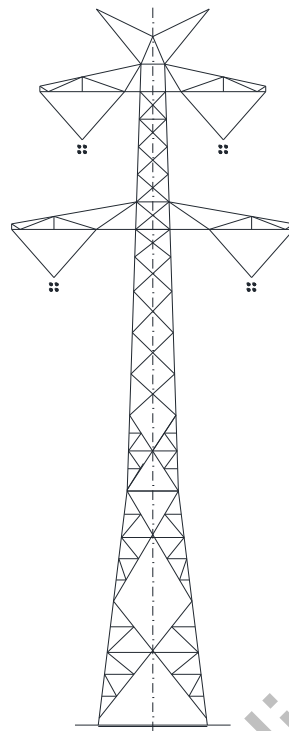


Abbildung 4 320 kV-Mast mit zwei Gleichspannungssystemen, V-Ketten (Einzelstrecke)

Mastfundamente

Die Masten werden durch Fundamente im Erdboden verankert. Die Dimensionen der Fundamente und die Fundamenttypen werden u.a. durch die vorhandenen Untergrundverhältnisse, den vorhandenen Platz, die statischen Anforderungen durch Wind- und Eislast sowie Masttyp und Masthöhe bestimmt. Aufgrund der sehr unterschiedlichen Anforderungen entlang der Trasse werden die statischen Anforderungen an die Fundamente und damit der Fundamenttyp und die Fundamentdimensionierung erst in einem späteren Planungsstadium genauer bestimmt. Die im Folgenden abgebildeten Fundamenttypen können prinzipiell zum Einsatz kommen:

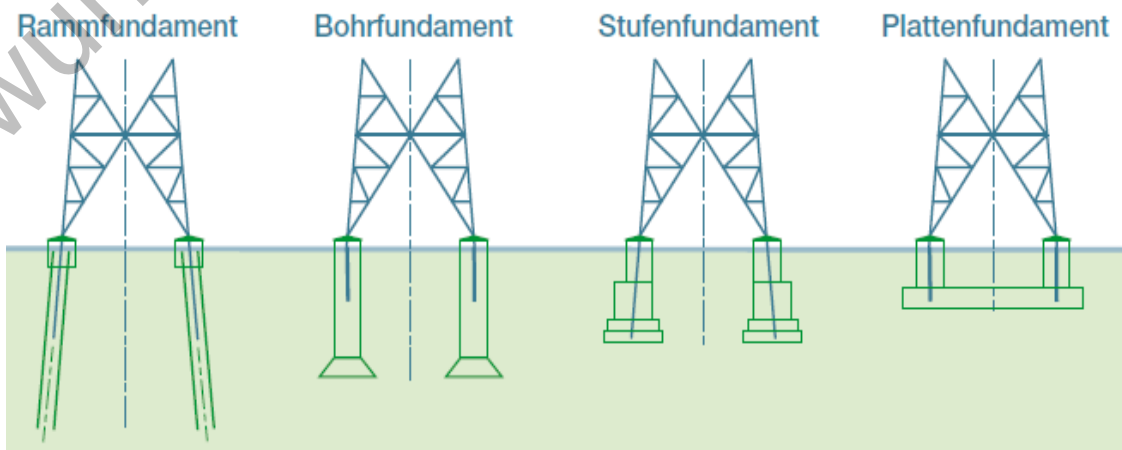


Abbildung 5: Schematische Abbildung der vier möglichen Mastfundamenttypen

Ramppfahlgründungen werden bei gering tragfähigen Bodengütern und bei hohen Grundwasserspiegeln eingesetzt. Rammpfahlgründungen erfolgen als Tiefgründung durch ein oder mehrere gerammte Stahlrohrpfähle je Masteckstiel. Zur Herstellung wird ein Rammgerät auf einem Raupenfahrwerk eingesetzt. Dies vermeidet größere Beeinträchtigungen des Bodens im Bereich der Zufahrtswege. Die Pfahlbemessung und die Pfahlanzahl erfolgt für jeden Maststandort auf Grundlage der erkundeten örtlichen Bodenkenngrößen. Diese werden je Maststandort durch Baugrunduntersuchungen ermittelt. In Abhängigkeit der Bodenbeschaffenheiten erfolgt die Gründung zwischen circa 10 m und 35 m Tiefe. Durch die hohe Lärmemission beim Rammen werden Rammpfahlgründungen nur sehr vereinzelt eingesetzt.

Bohrpfahlgründungen bedingen standfeste und bohrbare Untergründe. Bei Bohrpfahlfundamenten bilden die in den Boden eingebrachten Großbohrpfähle oder Mikroverpresspfähle das Mastfundament. An den Masteckpunkten werden durch Bohrungen in Abhängigkeit der Bodencharakteristik die Pfähle zwischen 10 m und 35 m in die Erde getrieben. Bohrpfahlgründungen werden in Bereichen verwendet, in denen ein erschütterungsfreies Arbeiten notwendig ist. Bohrpfähle können entweder verrohrt oder unverrohrt hergestellt werden. Mittels einer Verrohrung sind Bohrpfähle auch in nicht standfesten und Grundwasser führenden Böden anwendbar.

Ein Stufenfundament besteht aus Einzelfundamenten, die sich unter jedem Eckstiel des Mastes befinden und durchschnittlich ca. 4 m tief im Boden installiert werden. Die Fundamente verjüngen sich stufenförmig in Richtung Erdoberfläche. Die zylinderförmigen Betonköpfe der Fundamente ragen über die Erdoberkante heraus und sind mit den Eckstielen verbunden. Die restliche Fundamentfläche wird mit Boden bedeckt. Die Gesamtfläche der im Boden eingelassenen vier Fundamente eines Mastes beträgt je nach Mastausführung in der Regel circa 10 x 10 m bis 16 x 16 m. Vor allem in Gebieten mit tragfähigen Lehm Böden werden Stufenfundamente eingesetzt.

Bei Plattenfundamenten wird eine Betonplatte mit einer Stärke von 0,8-0,9 m in den Untergrund eingebracht. An jeder Ecke des Plattenfundaments befinden sich Betonzylinder, die über den Erdboden ragen und auf denen der Mast montiert wird. Die Plattenfundamente selbst haben eine Erdbodenüberdeckung von mindestens 1,2 m. Die Abmessungen sind vergleichbar mit denen der Stufenfundamente.

Stufen- und Plattenfundamente machen den Aushub einer Baugrube sowie die Zwischenlagerung des Aushubes erforderlich.

1.1 Regelquerschnitt der Freileitungsanlage, Schutzstreifen

Für die Gleichstromfreileitungen gelten dieselben Anforderungen an den Schutzstreifen wie für Drehstrom-Freileitungen (siehe Kapitel 2.4.2 des Hauptdokuments).

Im Falle der Systemspannungsebene 320 kV wird die Höhe der Tragmaste im Bereich von 55 m bis 80 m liegen. Der Schutzstreifen liegt im Bereich von ca. 45 m bis ca. 65 m.

Bei der Systemspannungsebene von 525 kV wird die Höhe der Tragmaste im Bereich von ca. 60 m bis 80 m. Der Schutzstreifen liegt im Bereich von ca. 50 m bis ca. 65 m.

Die Spannfeldlänge liegt im Bereich von ca. 300 bis 500 m.

1.2 Kabelübergangsanlagen

Kabelübergangsanlagen bilden die Schnittstelle zwischen Freileitungen und Kabelabschnitten. Über einen Endmast wird die Freileitung in die Kabelübergangsanlage geführt. In der Kabelübergangsanlage werden die Hochspannungsseile an einem Portal abgefangen, ggf. über Schaltgeräte geführt, und an den Kabelendverschluss angeschlossen. Messsysteme und Überspannungsableiter sind in diesem Bereich mit dem spannungsführenden Pol verbunden. Bei einem Einsatz von mehreren Kabeln pro Pol können Schaltelemente zur gezielten Verschaltung zwischen Freileitung und entsprechenden Kabeln installiert werden. Damit wird das Abschalten eines Teilsystems der Kabel im Fehler- oder Wartungsfall ermöglicht. Der Übergang zum Kabel im Kabelgraben erfolgt über Kabelendverschlüsse. In einer Kabelübergangsanlage kann auch die Verbindung zweier Kabel mit Zugang zum Hauptleiter für Schutz- und Messzwecken realisiert werden, wenn die Trassenlänge und die angewendete Kabeltechnologie dieses betrieblich erforderlich machen.

Die Detailplanung der Kabelübergangsanlage erfolgt nach Festlegung der einschlägigen Parameter, wie Spannungsebene und Anzahl der Kabel, etc. für das Planfeststellungsverfahren.

Für die Unterbringung diverser leittechnischer Einrichtungen und Stromversorgungssysteme wird ein Betriebsgebäude erforderlich. Innerhalb des Geländes der Kabelübergangsanlage wird ein Blitzschutzsystem installiert.

Der Platzbedarf einer Kabelübergangsanlage für beide SuedLink-Vorhaben gemeinsam wird derzeit mit zwischen ca. 60 x 30 m bis 60 m x 100 m und für ein Vorhaben auf etwa 40 x 30 m bis 60 x 50 m geschätzt.

Das Abspannportal hat in der Regel eine Höhe von ca. 20 m. Die Schaltgeräte, die Messeinrichtungen, die Spannungsableiter und die Kabelendverschlüsse weisen in der Regel eine Höhe von bis zu 10 m auf.

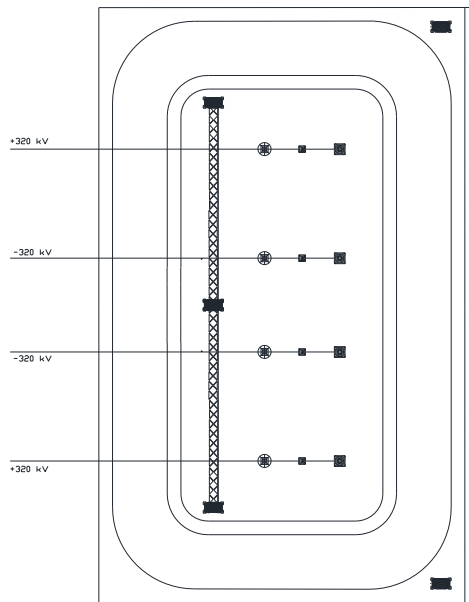


Abbildung 6 Typische Kabelübergangsanlage (am Beispiel einer 320 kV Ausführung)

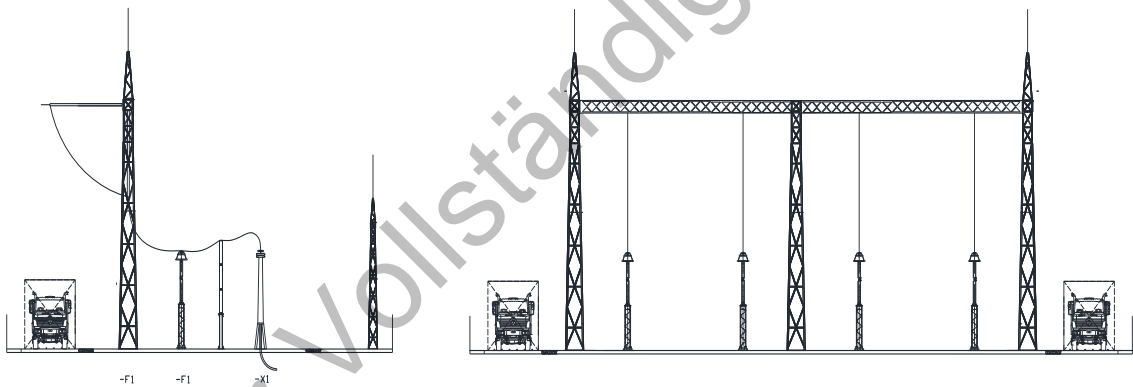


Abbildung 7 Typische Kabelübergangsanlage (am Beispiel einer 320 kV Ausführung)

1.3 Bauablauf

Der Bauablauf für Drehstromfreileitungen und Kabelübergangsanlagen erfolgt analog wie für die Gleichspannung unter Kapitel 2.4.4 des Hauptdokuments beschrieben.

1.4 Emissionen und Emissionsquellen

1.4.1 Elektrische und magnetische Felder

Die Anforderungen der 26. BImSchV für die elektrischen und magnetischen Felder sind einzuhalten. Die Verordnung schreibt für Gleichspannungen einen Grenzwert für magnetische Felder einen Grenzwert von 500 μT (Mikrotesla) vor. Für das elektrische Feld wird in der 26. BImSchV kein expliziter Grenzwert angegeben. Es gilt dennoch das allgemeine Minimierungsgebot. Die Minimierung der Feldstärken wird z.B. durch die Anordnung der

Pole, der Mastdimensionen und gegebenenfalls durch die Anordnung des metallischen Rückleiters erreicht werden.

Die elektrischen und magnetischen Felder bei den Kabelübergangsanlagen werden durch die Anordnung der Geräte und dem Abstand zum Zaun auf Werte unterhalb der nach 26. BImSchV zulässigen Grenzen minimiert.

1.4.2 Koronaentladungen

Durch Koronaentladungen auf den Hochspannungsleitern entstehen – je nach Polarität der Leiter – positive oder negative Ionen. Bei Drehstromleitungen werden diese Ionen durch den ständigen Wechsel der Stromrichtung ausgeglichen. Bei Gleichstromleitungen werden Ionen mit entgegengesetzter Polarität neutralisiert, Ionen mit gleicher Polarität werden vom Leiterseil abgestoßen und verbleiben in der Luft zwischen Leitung und Erde und können zum Beispiel durch Windböen von der Leitung weggetragen werden. Das elektrische Feld und die Raumladung durch Ionen rufen ggf. lediglich Unannehmlichkeiten hervor, wie beispielsweise kurzfristiges Kribbeln auf der Haut oder Stimulation der Haare.

Bezüglich der Wahrnehmung des elektrischen Feldes und des Ionenstromes bei DC-Leitungen wird laut CIGRE TB388 (siehe: <http://b4.cigre.org/Publications/Technical-Brochures/TB-388-2009-JWG-B2-B4-C1.17-IMPACTS-OF-HVDC-LINES-ON-THE-ECONOMICS-OF-HVDC-PROJECTS>) die Verbindung des elektrischen Feldes 25 kV/m und des Ionenstromes 100 nA/m empfohlen. Das gleichzeitige Vorhandensein des elektrischen Feldes und der Ionenströme ist bei HVDC-Leitungen durch eine Auslegung der Leitung nicht zu vermeiden. Auf der Basis dieser genannten Werte werden in TB 388, Tabelle 4.28, Werte für den minimalen Abstand zwischen Leitern und Boden angegeben. Für Leitungen mit 500 kV sind dies bei I-Ketten 11,8 m und bei V-Ketten 11,0 m. Dies bestätigt, dass bei 15 m Bodenabstand keine unangenehmen Wahrnehmungen durch Personen gegeben sind.

Wird ein metallischer Rückleiter auf der untersten Masttraverse eingesetzt, so werden das elektrische Feld und die Ionenströme gegen den Erdboden teilweise örtlich abgeschirmt und somit reduziert.

Bei der Koronaentladung bilden sich außerdem verschiedene Verbindungen von Sauerstoff und Stickstoff, so genannte Stickoxide. Die laut 39. BImSchV gesetzlich festgelegten Grenzwerte für Stickoxide sowie die Anforderungen der TA-Luft sind bei Teilabschnitten mit Gleichstromfreileitung einzuhalten.

1.4.3 Geräuschemissionen

Durch Teilentladungen und Koronaeffekte an der Leiterseiloberfläche kann es während des Betriebes zu Geräuschemissionen kommen. Das Auftreten der Koronaeffekte und die Schalleistungen der Bündelleiter können über die Minimierung der Randfeldstärken und

konstruktive Maßnahmen der Leitung begrenzt und die Geräuschemissionen rechnerisch prognostiziert werden.

Bei einer Kabelübergangsanlage treten Geräusche ggf. an den Armaturen und Seilen auf. Diese Geräuschquelle ist mit der eines Umspannwerkes (ohne Transformatoren) zu vergleichen. Die Armaturen und die Seile können bei Bedarf z.B. durch größere Abmessungen/Querschnitte ausgelegt werden um die Geräuschemission zu verringern. Die kumulierte Beschreibung aller Geräuschemissionen erfordert ein Schallgutachten, dass in der Planfeststellungsphase zu erstellen ist.

Die Immissionsrichtwerte für angrenzende Wohnbereiche sind in der 'TA Lärm' (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm) geregelt. Der Netzbetreiber muss den Nachweis erbringen, dass die TA Lärm eingehalten wird.

1.5 Wartungsarbeiten im Betrieb

1.5.1 Gleichstrom-Freileitung

Die Freileitung wird durch Begehung oder Befliegung im jährlichen Wechsel inspiziert. Bei Bedarf werden Instandhaltungsarbeiten durchgeführt, die in der Regel Isolatoren, Armaturen, Seile oder auch Mastteile betreffen. Die Lebensdauer der Gleichstromfreileitungen beträgt in der Regel 80 Jahre.

1.5.2 Kabelübergangsanlage

Bei den Kabelübergangsanlagen werden ähnliche Wartungsarbeiten wie für die Konverter beschrieben durchgeführt. Die Wartung der Kabelübergangsanlagen findet zeitgleich mit der den Konverter statt. Die Kabelübergangsanlagen haben in der Regel die gleiche Lebensdauer wie die Konverter.

2 TECHNISCHE BAU- UND BETRIEBSMERKMALE VON GGF. ERFORDERLICHEN DREHSTROM-ERDKABELABSCHNITTEN ZUR KONVERTERANBINDUNG

2.1 Kabeltypen

Nachfolgende Beschreibung zum Kabel ist als eine mögliche Variante zu betrachten.

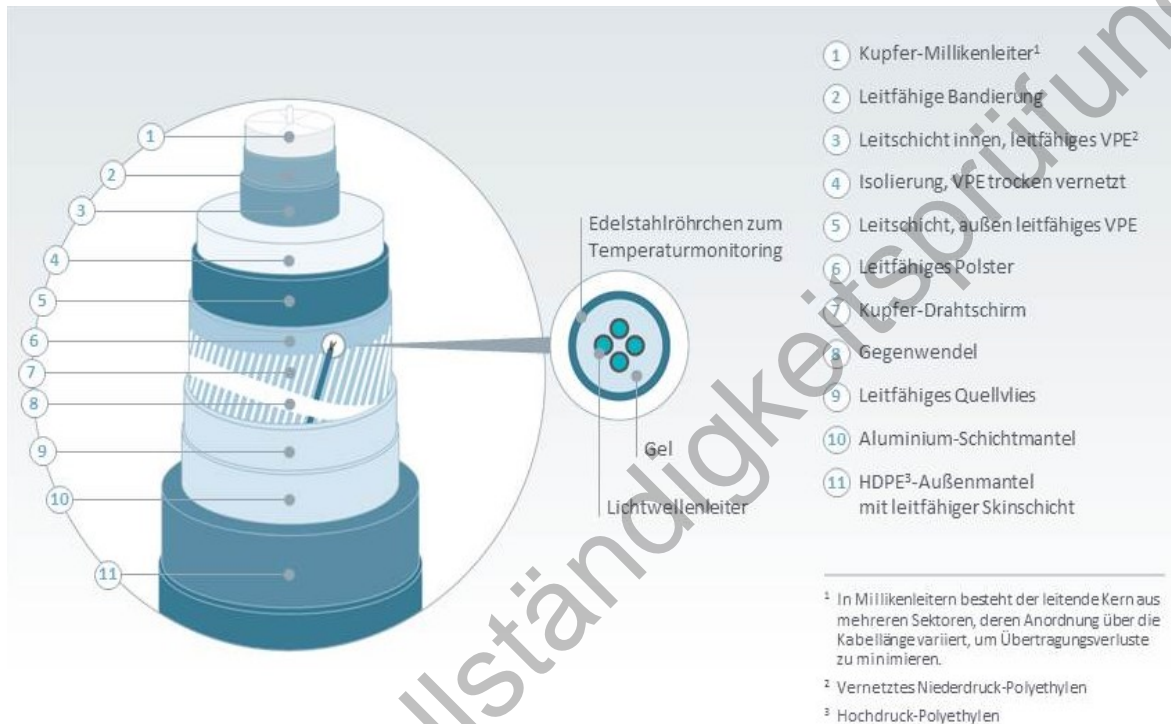


Abbildung 8 Aufbau eines einphasigen 380-kV-Kabels, exemplarische Darstellung

2.2 Regelquerschnitt der Kabelanlage, Schutzstreifen

Im Fall einer Verkabelung der AC-Stichverbindung zwischen Konverter und Netzverknüpfungspunkt - zu beachten ist hierbei, dass dies nur möglich ist, wenn die gesetzlichen Bedingungen hierfür gemäß BBPIG erfüllt sind - ist eine Verlegung im offenen Kabelgraben oder in Kunststoff-Kabelschutzrohre DN 250 möglich.

In der Regel werden die Kabel in offener Bauweise verlegt. Für 1 GW Übertragungsleistung sind drei Drehstromkabel vorgesehen und somit für ein SuedLink-Vorhaben (2 GW) 6 Kabel.

Die Verlegung der Drehstrom-Erdkabel folgt den gleichen Auslegungsgrundsätzen wie die der Gleichstromkabel.

2.3 Bauablauf

2.3.1 Offene Bauweise

Die offene Bauweise wird unter Berücksichtigung der Anzahl der Kabel und der Verlegeabstände analog der offenen Bauweise bei Gleichstromkabel realisiert, siehe Kapitel 2.2.3.1 des Hauptdokuments.

2.3.2 Geschlossene Bauweisen

Die geschlossene Bauweise wird unter Berücksichtigung der Anzahl der Kabel analog der geschlossenen Bauweise bei Gleichstromkabel realisiert. siehe Kapitel 2.2.3.2 des Hauptdokuments.

2.4 Emissionen und Emissionsquellen

Drehstrom-Erdkabel erzeugen magnetische Wechselfelder in ihrer Umgebung.

Die magnetischen Flussdichten bleiben aber in den öffentlich zugänglichen Bereichen während des Betriebes unterhalb des Grenzwerts gemäß 26. BImSchV (100 μ T). Elektrische Felder entstehen in der Umgebung von Höchstspannungskabeln konstruktionsbedingt nicht.

Höchstspannungskabel erzeugen keine akustischen Emissionen.

2.5 Wartungsarbeiten im Betrieb

Die Wartungsarbeiten im Betrieb entsprechen denen der Gleichstromkabel, siehe Kapitel 2.2.5 des Hauptdokuments.

3 WEITERE ÜBERTRAGUNGSTECHNOLOGIEN UND VERLEGEARTEN

Im Folgenden werden exemplarisch weitere Gleichstrom-Technologien dargestellt, welche sich derzeit in der Entwicklung befinden.

Als eine weitere Übertragungstechnologie befindet sich bspw. die Technologie der Gasisolierten Übertragungsleitungen (GIL) auch für Gleichstromhöchstspannungsübertragung in der Entwicklung. Für Drehstrom wird diese Technologie aktuell schon vereinzelt eingesetzt. Ein Pilotprojekt zur DC-GIL wird von allen vier Übertragungsnetzbetreibern über die nächsten Jahre intensiv mit begleitet. Die Entwicklungsfortschritte werden in der weiteren Planung des SuedLink bewertet. Bei ausreichender Entwicklungsreife und erfolgreicher Qualifizierung kann diese Technologie für spezielle Einzelfälle zum Einsatz kommen.

Eine GIL ist aus Aluminiumrohren aufgebaut, wobei das innere Rohr der Hochspannung führende Teil ist. Das Innenrohr wird auf Stützisolatoren oder Scheibenisolatoren am gerendeten äußeren Rohr fixiert. Der Zwischenraum zwischen den Rohren ist mit einem isolierenden Gas gefüllt, bspw. Schwefelhexafluorid (SF_6) bei einem Druck von ca. 5 bar (Drehstrom, Quelle: <http://www.netzausbau-niedersachsen.de/technik/gasisolierte-leitungen/index.html>).

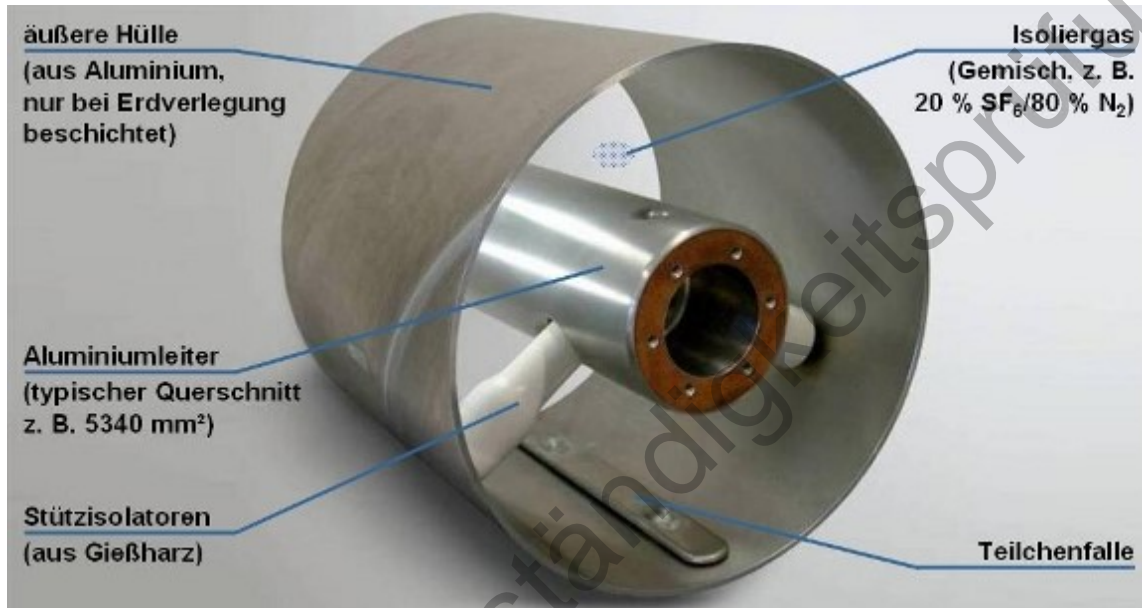


Abbildung 9 Aufbau einer Gasisolierten Übertragungsleitungen (GIL) (Quelle: <http://www.energy.siemens.com/hq/de/stromuebertragung/gasisolierte-uebertragungsleitungen.htm>)

Als ein weiteres Verlegeverfahren kann das Einpflügen zur Anwendung kommen. Dabei wird im Gegensatz zu den Mittel- und Hochspannungskabeln nicht das Kabel sondern das Schutzrohr für die SuedLink-Kabel eingepflügt (kein Abspulen über Trommel wie in der nachfolgenden Schemadarstellung gezeigt). In Abhängigkeit von der Verlegetiefe und den thermischen Anforderungen ist zwischen jedem Schutzrohr ein entsprechender Abstand einzuhalten. In die eingepflügten Schutzrohre wird im Anschluss das Kabel wie bei einer HDD-Bohrung eingezogen. Eine Zugmaschine zieht das per Pflug verlegende Fahrzeug.

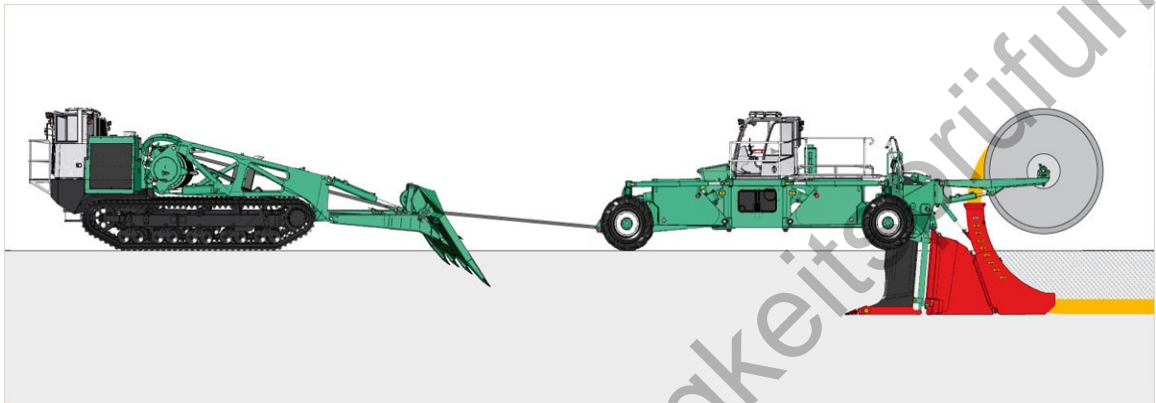


Abbildung 10 Schemadarstellung zeigt Bsp. Kabelverlegung für eine Mittel- oder Hochspannungsleitung (Quelle: Firma Föckersperger, <https://www.foeck.com/de/system/verlegesystem/>)



Abbildung 11 Unterschiedliche Zugmaschinen im Einsatz (Quelle: Firma IFK Österreich, <http://www.verlegepflug.at/pfluegen-bilder.html>)