

Bernard Gruppe ZT GmbH
ACTES Bernard GmbH

Datum:	27.01.2023
Projekt-Nr.:	P400091
Version:	01
Seitenanzahl:	101

Auftraggeber:

OMV Downstream GmbH

Trabrennstraße 6 – 8
1020 Wien



Projekt:

**Energietransformation OMV Standort
Schwechat – 380 kV Netzanbindung**



Inhalt:

**Machbarkeitsstudie der 380 kV
Netzanbindung Raffinerie Schwechat**

INHALTSVERZEICHNIS

1.	Einleitung.....	5
1.1	Aufgabenstellung / Vorhaben.....	5
1.2	Zielsetzung und Zweck dieses Dokumentes	5
1.3	Nutzen des Vorhabens	6
2.	Potentielle Anschlusspunkte und Trassenführung.....	7
2.1	Anschlusspunkte.....	7
2.1.1	Netzanschluss am 380 kV Umspannwerk Wien Südost.....	7
2.1.2	Netzanschlusspunkt an der bestehenden 220 kV Leitung Bisamberg – Südost im Bereich Tanklager Lobau	8
2.1.3	Zwischenfazit Anschlusspunkte	9
2.2	Trassenführung.....	10
2.2.1	380 kV Trassen vom Umspannwerk Südost	10
2.2.1.1.	Trassenvariante Pellendorf.....	10
2.2.1.2.	Trassenvariante Rannersdorf.....	10
2.2.1.3.	Trassenvariante Zwölfaxing	11
2.2.2	Fazit Trassenvarianten	12
3.	Grundlagen für die technische und räumliche Umsetzungsanalyse der Trassenvarianten	13
3.1	Technische Umsetzungsmöglichkeiten	13
3.1.1	Freileitungen.....	13
3.1.1.1.	Mastarten.....	13
3.1.1.2.	Fundamente	16
3.1.1.3.	Sicherheitszonenverordnung – Flughafen Wien.....	18
3.1.2	Erdkabel	21
3.1.2.1.	Dimensionierung der Leitungsquerschnitte	22
3.1.2.2.	Verlegarten von Hochspannungserdkabel	22
3.1.2.3.	Kabelgarnitur	28
3.1.2.4.	Erdung eines Hochspannungskabels.....	30
3.1.3	Blindleistungskompensation.....	32
3.1.4	Kabelübergangsanlage	33
3.2	Methodik Raumwiderstandsanalyse.....	34
3.2.1	Bezugsraum für die Korridorfindung.....	34

4.	Umsetzungsanalyse der ausgewählten Trassenvarianten	38
4.1	380 kV Trassen vom Umspannwerk Wien Südost	38
4.1.1	Raumwiderstand Mensch und Siedlung (Gesundheit).....	41
4.1.2	Raumwiderstand Natur und Landschaft	42
4.1.3	Raumwiderstand Wasser	43
4.1.4	Raumwiderstand Boden und Geologie.....	44
4.1.5	Raumwiderstand Kultur und Sachgüter.....	44
4.1.6	Technische Dimensionierung des 380 kV Hochspannungskabels & Freileitung.....	44
4.1.7	Technische Analyse Trassenvariante Pellendorf.....	47
4.1.8	Technische Analyse Trassenvariante Rannersdorf	52
4.1.9	Technische Analyse Trassenvariante Zwölfaxing.....	54
4.2	Technische Analyse Trassenanbindung Raffinerie Schwechat	59
4.3	380 kV & 110 kV GIS-Schaltanlage OMV Raffinerie Schwechat	59
4.4	Elektromagnetische Felder	62
4.4.1	Elektromagnetische Felder auf Freileitungen unterschiedlicher Mastarten.....	62
4.4.1.1.	Phasenanordnung an den Masten	63
4.4.1.2.	Ergebnisse der Korridorberechnung und Darstellung Isolinien der elektrischen Feldstärke als auch der magnetischen Flussdichte:	64
4.4.1.3.	Fazit Feldberechnung Freileitungen.....	67
4.4.2	Elektromagentische Felder Erdkabel unter Siedlungsgebiet	67
4.4.2.1.	Phasenanordnung und Simulation des magnetischen Feldes	68
4.4.2.2.	Fazit Feldberechnung Erdkabel	70
5.	Synthese der ergebnisse und trassenempfehlung	71
5.1	380 kV Trassen.....	71
5.1.1	Untersuchungsraum und Bewertung der Trassen	71
5.1.2	Ranking der 380 kV Trassenvarianten und Trassenempfehlung	73
5.2	Genehmigungserfordernisse der Trassenvarianten und rechtliche Situation	74
5.2.1	Außerhalb der Genehmigungserfordernisse: Umweltverträglichkeitsprüfung nach UVP-G, UVP-Pflicht 75	
5.2.2	Genehmigungserfordernisse.....	75
5.2.2.1.	Einreichung nach Starkstromwegegesetz	75
5.2.2.2.	Naturschutzrechtliches Einreichoperat.....	76
5.2.2.3.	Forstrechtliches Einreichoperat.....	76

5.2.2.4. Wasserrechtliches Einreichoperat.....	76
5.2.2.5. Luftfahrtsrecht, Schifffahrtsrecht und Straßenrecht	76
6. Schlussfolgerungen und Ausblick	78
7. Verzeichnisse	81
7.1 Abkürzungsverzeichnis	81
7.2 Tabellenverzeichnis	83
7.3 Abbildungsverzeichnis	84
7.4 Formelverzeichnis.....	88
7.5 LITERATURVERZEICHNIS	89
8. Anhang	92
8.1 Mastbilder	92
8.1.1 Künette mit Böschungswinkel 380 kV	98
8.1.2 HDD Verfahren Querung von Straßen 380 kV	99
8.1.3 Muffengrube 380 kV	100

1. EINLEITUNG

1.1 Aufgabenstellung / Vorhaben

Am OMV Raffineriestandort Schwechat wird zukünftig ein wesentlicher Anstieg an elektrischer Leistung (z.B. Anlagen für Kunststoffrecycling, Elektrolyseanlagen, Reduktion Kalorischer Erzeugung, Batterieanlagen, ...) geplant, um die gesteckten Klimaziele zu erreichen. Für die Errichtung dieser stromintensiven Anlagen benötigt die OMV Planungssicherheit in Bezug auf den Netzanschluss und die Stromverfügbarkeit.

Dazu wird die elektrische Anschlussleistung wie folgt beim Netzbetreiber angefragt:

- a) 130 MW ab 2025;
- b) 200 MW ab 2028, also weitere 70 MW ab 2028;
- c) 300-600 MW ab 2030, also weitere 100 bis 400 MW ab 2030;
- d) bis zu 1200 MW bis 2050 (indikativ), also weitere 400 bis 700 MW bis 2050.

Bei Zuschlagserteilung waren bereits zwei mögliche Varianten als Anschlusspunkte zur Anbindung der Raffinerie Schwechat im Gespräch mit den Netzbetreibern:

- a) Netzanschlusspunkt am 380 kV Umspannwerk Wien Südost;
- b) Netzanschlusspunkt an der bestehenden 220-kV Leitung Bisamberg-Südost im Bereich Tanklager Lobau

Eine mündliche Zusage betreffend dem Netzanschlusspunkt am 380 kV Umspannwerk Südost wurde bereits erteilt. Die schriftliche Beantwortung der Anfrage zum Netzanschluss wird von Seiten der APG mit Ende Oktober 2022 erwartet. In informativen Vorgesprächen mit den Netzbetreibern APG und Wiener Netze wurde bereits die Zuständigkeit für die 380 kV Anbindung von den Wiener Netze auf die APG übertragen. Aufgrund der unsicheren genehmigungstechnischen Zeitschiene der 380 kV Trasse verfolgt die OMV daher auch die direkte Anbindung eines oder mehrerer Generatoren des Donaukraftwerks Freudenau, um die Eigenerzeugung am Standort Raffinerie Schwechat und Tanklager Lobau mit erneuerbarer Energie zu erhöhen und somit für die in naher Zukunft projektierten Anlagen Planungssicherheit herzustellen.

1.2 Zielsetzung und Zweck dieses Dokumentes

Ziel dieses Dokumentes ist die Prüfung der Machbarkeit der unter Abschnitt 1.1 diskutierten Netzanschlusspunkte und daraus zu entwickelnder möglicher erfolgversprechender Trassenvarianten auf Basis technischer (Steigungen, Radien, technische Hindernisse), räumlicher (Nähe zu Siedlungen und Betrieben, Umwelthindernisse) und rechtlicher (Dienstbarkeiten, Widmungen) Beurteilungen.

Zweck dieses Dokuments ist die Analyse unterschiedlicher Trassenvarianten und die Aufbereitung im Sinne einer Machbarkeitsstudie. Dabei werden unterschiedliche Varianten zur Netzanbindung

gegenübergestellt, um eine Entscheidungsgrundlage für den auszuwählenden Netzanschlusspunkt und dessen Anbindung an die Raffinerie zu erhalten.

Das Ergebnis ist dann eine Bewertung der ausgearbeiteten Trassen hinsichtlich technischer Umsetzung, möglicher Raumwiderstände und damit einhergehender erschwerender Umsetzungsprozesse als auch unter Einbezug der rechtlichen Einschätzung hinsichtlich Starkstromweegegesetz, Dienstbarkeiten und zusätzlichen Rahmenbedingungen. Technische Lösungen, welche die Umgehung von Raumwiderständen ermöglichen, werden dabei zusätzlich dargelegt. Aus der Synthese dieser Analysen ergibt sich sodann eine Einschätzung über die Machbarkeit als auch eine Reihung der möglichen umsetzbaren Trassenvarianten.

Die erarbeiteten Grundlagen als auch Erkenntnisse dienen nachfolgend auch dazu, um damit dann in die Detail- und Einreichplanung zu gehen bzw. in die Entscheidung, ob ein Vorprüfverfahren durchgeführt werden soll. Da, wie bereits eingangs erwähnt, bis 2030 hohe zusätzliche Anschlussleistungen benötigt werden spielt der Faktor Zeit dabei eine große Rolle und die effiziente Abwicklung des Verfahrens der Trassenfindung, Genehmigung, Planung und Umsetzung ist dabei von essentieller Bedeutung und diese Machbarkeitsstudie stellt dabei den ersten Schritt dar.

1.3 Nutzen des Vorhabens

Die Dekarbonisierung der Raffinerie und der Beitrag zur Erreichung der Klimaziele sind vorrangiges Ziel dieses Vorhabens. Die Erhöhung der Anschlussleistung des Standortes der Raffinerie Schwechat soll einerseits helfen aus der fossilen Eigenbedarfserzeugung von derzeit max. 105 MW über Dampf- und Gasturbinen auszusteigen und andererseits zusätzliche Anlagen zum Kunststoffrecycling oder auch zur Elektrolyse und Batteriespeicher betreiben zu können. Grundsätzlich wird von der OMV eine Bandlast benötigt, wobei beispielsweise Batteriespeicher als auch der Elektrolyseur netzdienlich betrieben werden können.

Die geplanten Anlagen und damit die Erhöhung der Anschlussleistung sparen jährlich große Mengen CO₂ ein.

Geplante Projekte bis 2030 umfassen beispielsweise:

- Erzeugung von E-Fuels
- Erzeugung grüner Wasserstoff
- Batteriespeicher
- Kunststoffrecycling
- CO₂ 4Chem

2. POTENTIELLE ANSCHLUSSPUNKTE UND TRASSENFÜHRUNG

Sowohl potentielle Anschlusspunkte als auch die Trassenführung werden nachfolgend dargestellt und bereits eine erste Einschätzung bezüglich möglicher Umsetzung bzw. Einschränkungen getroffen. Die realistisch erscheinenden Trassenführungen werden dann in einem nächsten Schritt in Kapitel 4 hinsichtlich technischer Umsetzung und räumlicher Widerstände analysiert.

2.1 Anschlusspunkte

Grundsätzlich stehen, wie bereits in Kapitel 1.2 erläutert, zwei mögliche Anschlusspunkte für eine 380 kV und 220 kV zur Diskussion.

2.1.1 Netzanschluss am 380 kV Umspannwerk Wien Südost

Leistungsmäßig erscheint der Anschlusspunkt am Umspannwerk Wien Südost am besten. Dazu wurde von Seiten der OMV bereits eine Netzanfrage an die APG gestellt, welche von dieser auch positiv beantwortet wurde. Laut Aussagen der APG werden ausreichend Kapazitäten am Umspannwerk zur Verfügung stehen und die Netzanfrage soll seitens APG bis Ende Oktober 2022 beantwortet werden. Grundsätzlich sollen im Sinne der Versorgungssicherheit redundante Systeme vorgesehen werden. Die APG plant dafür bereits zwei Abgänge in der Schaltanlage. Im Zeitrahmen der Umsetzung ist zudem unabhängig von der APG eine Erweiterung des Umspannwerkes vorgesehen. Der bevorzugte Anschlusspunkt an das Umspannwerk liegt in der süd-östlichen Ecke. Die grundsätzliche räumliche Situation im Umspannwerk Südost ist in Abbildung 1 dargestellt.

Aus der Abstimmung mit der APG geht allerdings hervor, dass ein Abgang über eine Freileitung nur Richtung Süden möglich ist, da im Osten eine bereits bestehende 220 kV Trasse überspannt werden müsste. Rein technisch stellt diese Querung kein Problem dar. Im Fehlerfall aber auch bei Wartungsarbeiten im Kreuzungsbereich einer Leitung müssten allerdings beide Systeme spannungsfrei geschaltet werden, was für den reibungslosen Betrieb der geplanten Anlagen am Gelände der OMV und aus Gründen der Versorgungssicherheit nicht akzeptabel ist. Ein Abgang in östlicher Richtung ist somit nur mit einem Erdkabel realisierbar. Grundsätzlich muss bei einem Abgang mittels Erdkabel eine Zieselpopulation zumindest temporär umgesiedelt werden und entsprechende Maßnahmen getroffen werden, um den Lebensraum der Ziesel dort zu erhalten. Wie der Anschluss bzw. die genaue technische Anbindung dann am Umspannwerk Wien Südost erfolgt, ist Sache der APG und wird von dieser Studie sowohl technisch als auch wirtschaftlich nicht weiter betrachtet. Gemäß bisherigen Aussagen der APG wird die Verbindung innerhalb des Umspannwerksgeländes mittels Kabel realisiert, da hier ebenfalls Kreuzungen mit Freileitungen erforderlich sind. Zudem geht aus den Gesprächen hervor, dass ein Anschluss in der Mitte der 380 kV Abgangsfelder geplant ist.

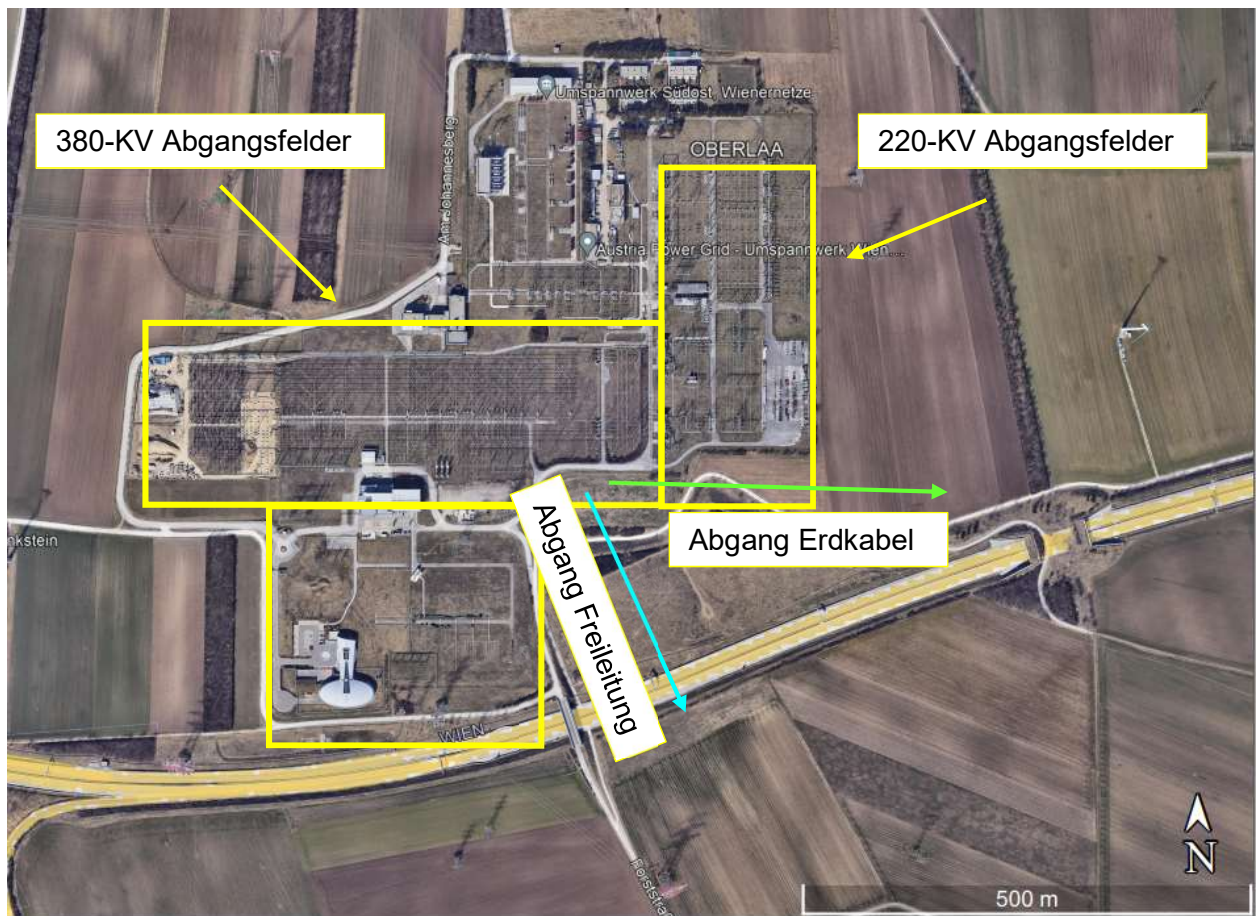


Abbildung 1: Austrian Power Grid - Umspannwerk Wien Südost (El Tatawy, Hiesl, Schusseck, & Dittrich, 2022)

2.1.2 Netzanschlusspunkt an der bestehenden 220 kV Leitung Bisamberg – Südost im Bereich Tanklager Lobau

Ein weiterer angedachter Anschlusspunkt betrifft die bestehende 220 kV Leitung Bisamberg-Wien Südost bzw. das neu zu errichtende Umspannwerk im Bereich Tanklager Lobau. Dazu müssten, wie in Abbildung 2 dargestellt, zwei neue Abspannmasten errichtet werden, um dann vom neuen Umspannwerk abzugreifen. Allerdings erscheint der Anknüpfungspunkt Lobau wenig realistisch, da seitens APG ein neues Umspannwerk nicht vor 2030 realisiert werden kann. Das derzeit in Betrieb befindliche 220 kV – Doppelsystem ist bereits ausgelastet, es steht daher aus dem Bestand nur ein unwesentlicher Teil der Leistung zur Verfügung. Im Gegensatz zur 380 kV Leitung vom Umspannwerk Südost ist diese Lösung zudem nicht zukunftsorientiert, da die Gesamt-Kapazität der 220 kV Leitung den Bedarf der OMV nicht abdecken kann. Zudem müsste mit erheblichen naturschutzrechtlichen Hürden gerechnet werden, da sich die Bestandsleitung im Naturschutzgebiet befindet.

Aus diesen Gründen wird dieser Netzanchlusspunkt nicht mehr weiterverfolgt!



Abbildung 2: Netzanschlusspunkt an der bestehenden 220-kV Leitung Bisamberg-Südost im Bereich Tanklager Lobau (OMV Downstream GmbH, 2022)

2.1.3 Zwischenfazit Anschlusspunkte

Aufgrund der zuvor beschriebenen technischen Gegebenheiten bzw. Restriktionen sind vor allem der 380 kV Anschlusspunkt am Umspannwerk Wien Südost eine realistisch mögliche Option, siehe Tabelle 1.

Tabelle 1: Auswahl geeigneter Anschlusspunkte

Anschlusspunkt	Auswahl zur weiteren Analyse
380 kV Umspannwerk Südost	✓
220 kV Leitung Bisamberg-Südost, Umspannwerk Lobau	✗

Im Folgenden werden bei der Analyse möglicher Trassenführungen nur noch diese zwei Anschlusspunkte berücksichtigt. Weitere Trassenvarianten von der 220 kV Leitung Bisamberg-Südost bzw. vom neu zu errichtenden Umspannwerk Lobau werden nicht mehr weiterverfolgt.

2.2 Trassenführung

2.2.1 380 kV Trassen vom Umspannwerk Südost

In einem ersten Analyseverfahren möglicher Trassenvarianten unter Berücksichtigung der Bebauungsdichte und der angrenzenden Infrastruktur erscheinen drei Trassen als möglich und realisierbar.

2.2.1.1. Trassenvariante Pellendorf

Führung eines 380 kV Doppelsystems vom Netzanschlusspunkt entlang einer Bestands 380 kV Trasse bis in die Nähe der Gemeinde Lanzendorf. Dort Errichtung einer Kabelüberganganlage und Weiterführung als 4-fach Erdkabeltrasse. Führung der Kabeltrasse entlang der Siedlung Pellendorf und weiter um das Kasernengelände Zwölfaxing in offener Bauweise. Von da Richtung Brucker Bundesstraße (B10) südlich des Golfplatzes Wien-Schwechat vorbei und weiter Richtung Kreisverkehr Hainburgerstraße (B9) ebenfalls alles in offener Bauweise. Danach Anschluss an das Raffineriegebiet, siehe Abbildung 3. Diese Trassenvariante hat eine Trassenlänge von ca. 12 km.

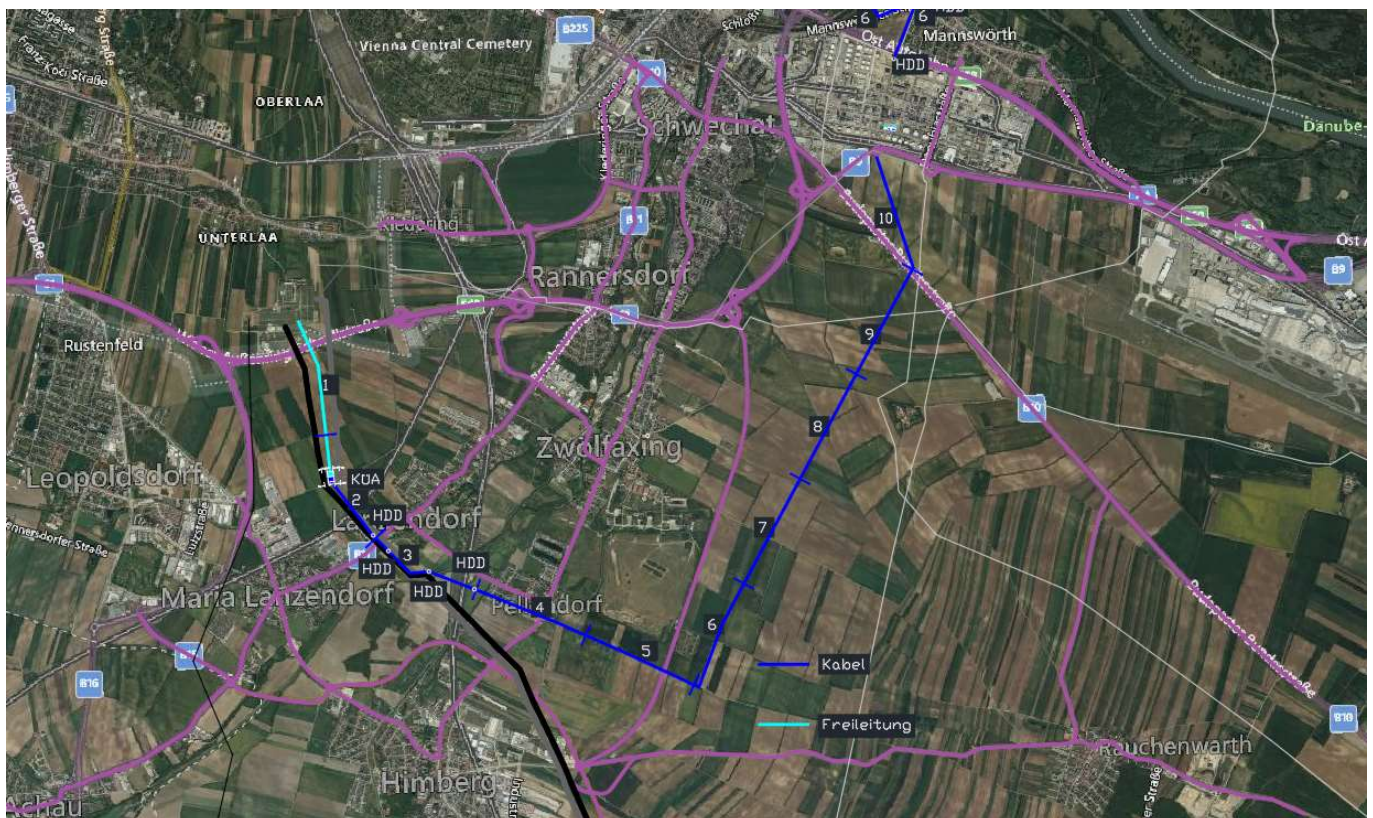


Abbildung 3: Netzanschlusspunkt am 380 kV Umspannwerk Südost - Variante Pellendorf (El Tatawy, Hiesl, Schusseck, & Dittrich, 2022)

2.2.1.2. Trassenvariante Rannersdorf

Führung eines 380 kV Doppelsystems vom Netzanschlusspunkt entlang der S1 bis etwa zur Anschlussstelle Rannersdorf. Von dort Richtung Süden bis zur Bauhausstraße (B11). Querung des

Gemeindegebietes im Emissionsschutzgürtel bis nach der Schwechat. Dann scharf links Richtung S1 und Querung des Gemeindegebietes Schwechat entlang der bestehenden 110 kV Leitung. Dann immer rechts der 110 kV Leitung bis zum Kreisverkehr Hainburgerstraße (B9). Dort Errichtung einer Kabelübergangsanlage für den Anschluss des Raffineriegebietes, siehe Abbildung 4. Diese Trassenvariante hat eine Trassenlänge von ca. 7 km.

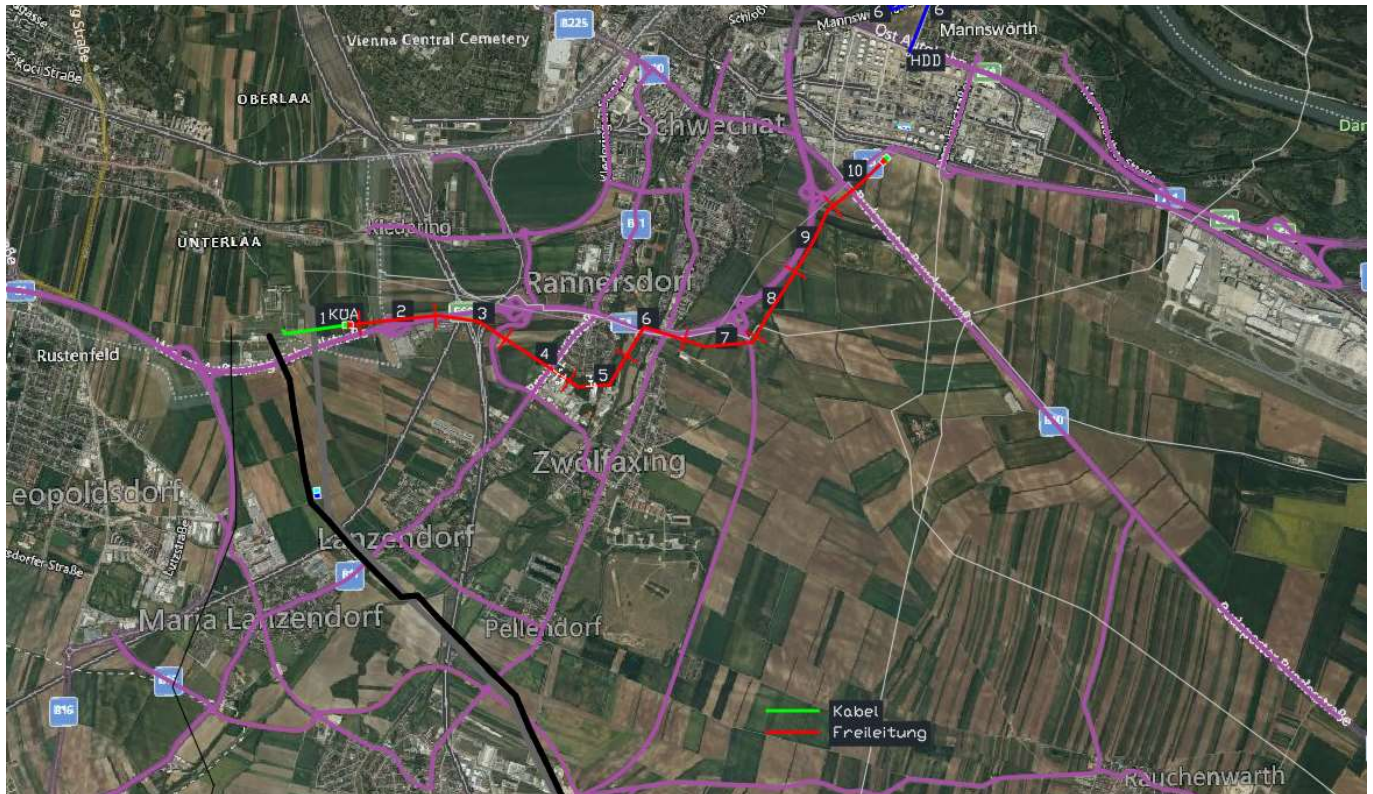


Abbildung 4: Netzanschlusspunkt am 380 kV Umspannwerk Südost - Variante Rannersdorf (El Tatawy, Hiesl, Schusseck, & Dittrich, 2022)

2.2.1.3. Trassenvariante Zwölfaxing

Führung eines 380 kV Doppelsystems vom Netzanschlusspunkt entlang der S1 bis etwa zur Raststation Schwechat. Dort Querung der S1 und Führung der Leitung bis zur Unteren Hauptstraße im Bereich der Jet Tankstelle. Errichtung eines Kabelübergangsbauwerkes und Weiterführung als 4-fach Kabeltrasse bis Bereich Schwechatbrücke. Unterfahrung der Schwechat und diverser Seitenarme und Unterfahrung des Siedlungsgebietes entlang der Burstynstraße bis Holzweg. Weiterführung in offener Bauweise entlang Holzweg und dann der S1 bis Kreisverkehr Hainburgerstraße (B9). Danach Anschluss an das Raffineriegebiet, siehe Abbildung 5. Diese Trassenvariante hat eine Trassenlänge von ca. 7,5 km.

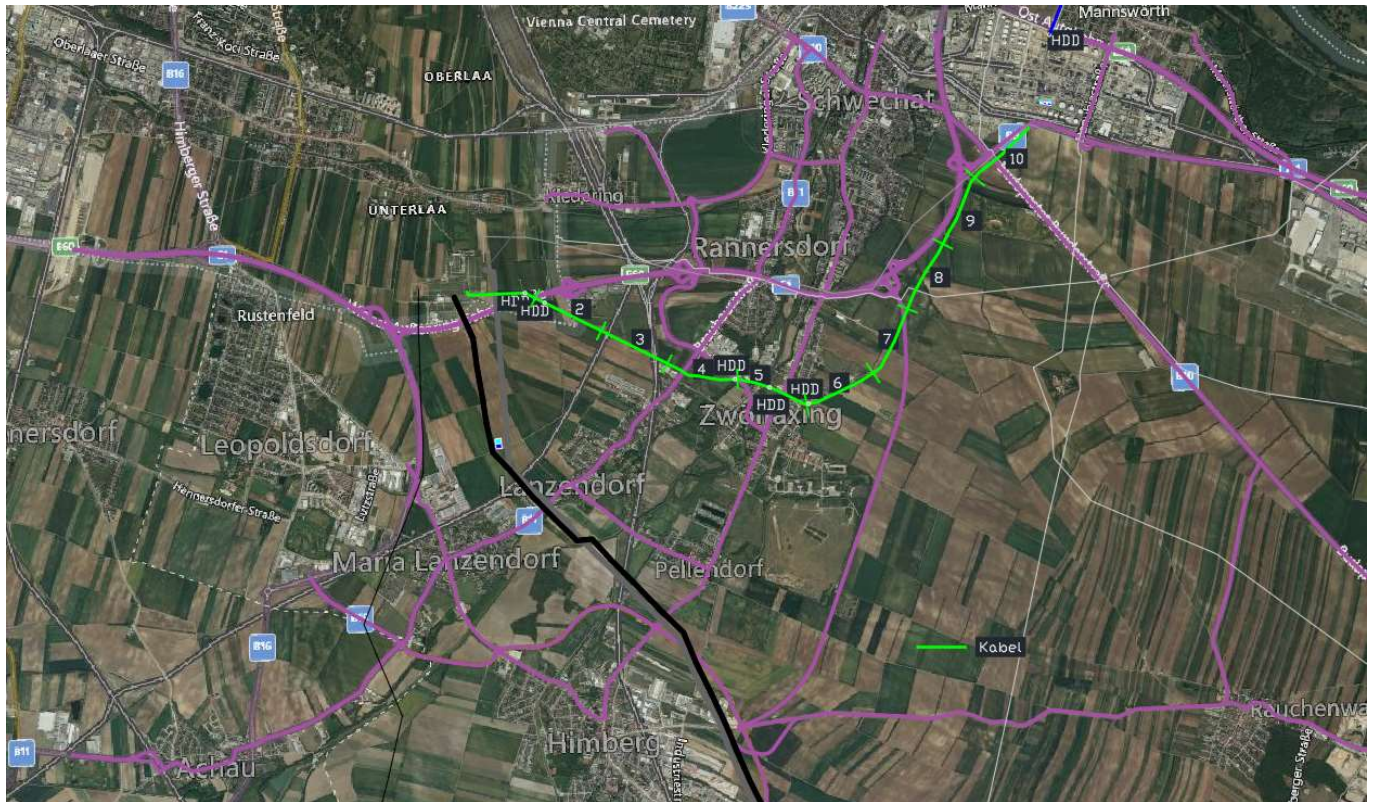


Abbildung 5: Netzanschlusspunkt am 380 kV Umspannwerk Südost - Variante Zwölfaxing (El Tatawy, Hiesl, Schusseck, & Dittrich, 2022)

2.2.2 Fazit Trassenvarianten

Aus den vorherigen Analysen ergibt sich folgendes Bild, dargestellt in Tabelle 2. Beim 380 kV Anschlusspunkt Umspannwerk Südost kommen alle drei betrachteten Trassenvarianten in Frage.

Tabelle 2: Auswahl möglicher Trassenvarianten zur weiteren Analyse

Trassenvariante	Auswahl
Trassenvariante Pellendorf	✓
Trassenvariante Zwölfaxing	✓
Trassenvariante Rannersdorf	✓

Für die weitere Analyse der technischen Möglichkeiten als auch der Raumwiderstandsanalyse und den damit einhergehenden Genehmigungsprozessen in Kapitel 4 werden somit insgesamt drei Trassenvarianten herangezogen.

3. GRUNDLAGEN FÜR DIE TECHNISCHE UND RÄUMLICHE UMSETZUNGSANALYSE DER TRASSENVARIANTEN

In diesem Kapitel werden die Grundlagen der technischen Umsetzungsvarianten als auch die Grundlagen und Funktionsweise der räumlichen Widerstandsanalyse dargestellt. Im Bereich der technischen Umsetzung wird vor allem auf die Verlegearten von Erdkabel, der Möglichkeiten der Erdung und Muffung eingegangen. Zudem werden mögliche technische Umsetzungen von Freileitungen bzw. Freileitungsmasten dargestellt und die Methodik der Berechnung der Leitungsquerschnitte dargelegt. Die räumliche Widerstandsanalyse wird in diesem Kapitel methodisch aufbereitet. In Kapitel 4 werden dann die technischen Umsetzungen als auch die Methodik der Widerstandsanalyse auf die konkreten Trassenvorschläge und Anschlussvarianten aus Kapitel 2 angewendet und die Trassen hinsichtlich Machbarkeit analysiert.

3.1 Technische Umsetzungsmöglichkeiten

Grundsätzlich können die beschriebenen Trassen sowohl als Freileitung, als Erdkabel oder auch hybrid – also einzelne Abschnitte als Erdkabel und andere Abschnitte als Freileitung – errichtet werden. Dazu werden Kabelübergangsanlagen benötigt, wie sie später auch noch angeführt werden.

3.1.1 Freileitungen

Freileitungen gibt es bereits sehr lange und diese sind gut erprobt. Im Folgenden sind die Vor- als auch Nachteile der Freileitung angeführt

Vorteile:

- Luft als gutes Isoliermedium. Einhalten der Mindestabstände zum Leiterseil ergibt einen sicheren Betrieb.
- Montage als auch Fehlersuche relativ einfach
- Übertragungsverluste gering
- Errichtungskosten moderat

Nachteile:

- System kann von Witterung beeinflusst werden
- Freileitungen sind sichtbar und schränken den nutzbaren Luftraum ein

3.1.1.1. Mastarten

Freileitungen werden in der Regel mit symmetrisch konstruierten Stahlgittermasten gebaut. Beiderseits des Mastchaftes wird mindestens je ein Stromkreis, der technisch bedingt aus drei Phasen besteht, installiert. Die jeweils drei Phasen können nebeneinander auf einem Querträger (Ein-Ebenen-Anordnung), übereinander auf drei Querträgern (Tonnen-Anordnung) oder im sogenannten Donaumastbild mit zwei Phasen auf dem unteren und einer Phase auf dem oberen Querträger angeordnet sein. Die Anordnung hat Einfluss auf die Höhe der Maste (der Tonnenmast ist der höchste und schmalste) und auf die Breite der Trasse (der Ein-Ebenen Mast ist der niedrigste, aber breiteste). Zwischen den Masten sind die stromführenden Leiter an Isolatoren aufgehängt. An der Mastspitze oder auf einem weiteren Querträger

(Erdseiltraverse) befinden sich sog. Erdseile, die der Erdung der Maste und dem Schutz der Phasenleiter vor Blitzeinschlag dienen. (Schomerus, et al., 2016)

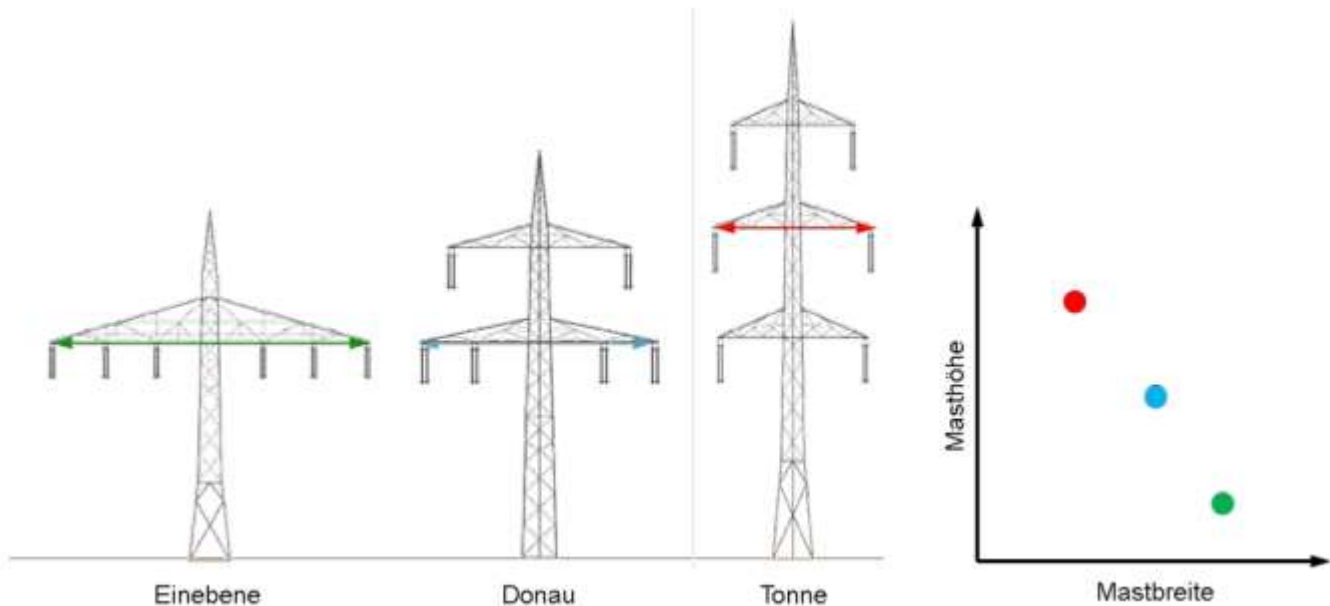


Abbildung 6: Typische Mastbauformen für Hochspannungsfreileitungen (Schomerus, et al., 2016)

Aufgrund der Zugkräfte mit der die Leiter gespannt werden können begrenzt ist, ergibt sich ein bogenförmiger Verlauf zwischen den Masten. Der Durchhang wird mit dem größten senkrechten Abstand der bogenförmigen Seilkurve zu einer Geraden zwischen den Aufhängepunkten des Leiters definiert. Dieser ist abhängig vom Gewicht des Leiters und der Zugkraft, mit der dieser gespannt ist. Es werden Leiter verwendet, die aus Aluminiumdrähten für eine gute elektrische Leitfähigkeit bestehen, und im Kern aus Stahldrähten, die einen großen Teil der Zugbelastung aufnehmen. (Schomerus, et al., 2016)

Der Durchhang der Leiter ist von den Wetterbedingungen abhängig. Für die statische Auslegung der Zugspannung und des Durchhangs müssen nach ÖVE ÖNORM EN 50341-2-4 im Wesentlichen folgende Situationen betrachtet werden:

- 10°C Leitertemperatur (Mittelzugspannung)
- 80°C Leitertemperatur (max. Betriebstemperatur – möglicherweise größter Durchhang)
- +5°C, max. Windstaudruck
- -5°C, ½ max. Windstaudruck und Eisansatz
- -20°C ohne Eis (tiefste Betriebstemperatur)

(Schomerus, et al., 2016)

Die Größe des Durchhangs ist überproportional abhängig vom Abstand der Maste. Bei einem Mastabstand von 200 m beträgt der Durchhang 5m, bei einem Mastabstand von 300 m beträgt der Durchhang 12 m

und bei einem Mastabstand von 380 m beträgt der Durchhang 21m. Es müssen daher bei einem entsprechend großem Mastabstand die Maste höher gebaut werden. (Schomerus, et al., 2016)

Weiters müssen aufgrund der Betriebsspannung die Leiter so aufgehängt werden, dass unter allen Betriebsbedingungen die Sicherheitsabstände zum Boden, zu Fahrzeugen und neben der Leitung stehenden Bäumen oder Bauwerke eingehalten werden. Der erforderliche Bodenabstand bei einer 380-kV-Freileitung wird in der ÖVE ÖNORM EN 50341-2-4 mit 8 m definiert. (Schomerus, et al., 2016)

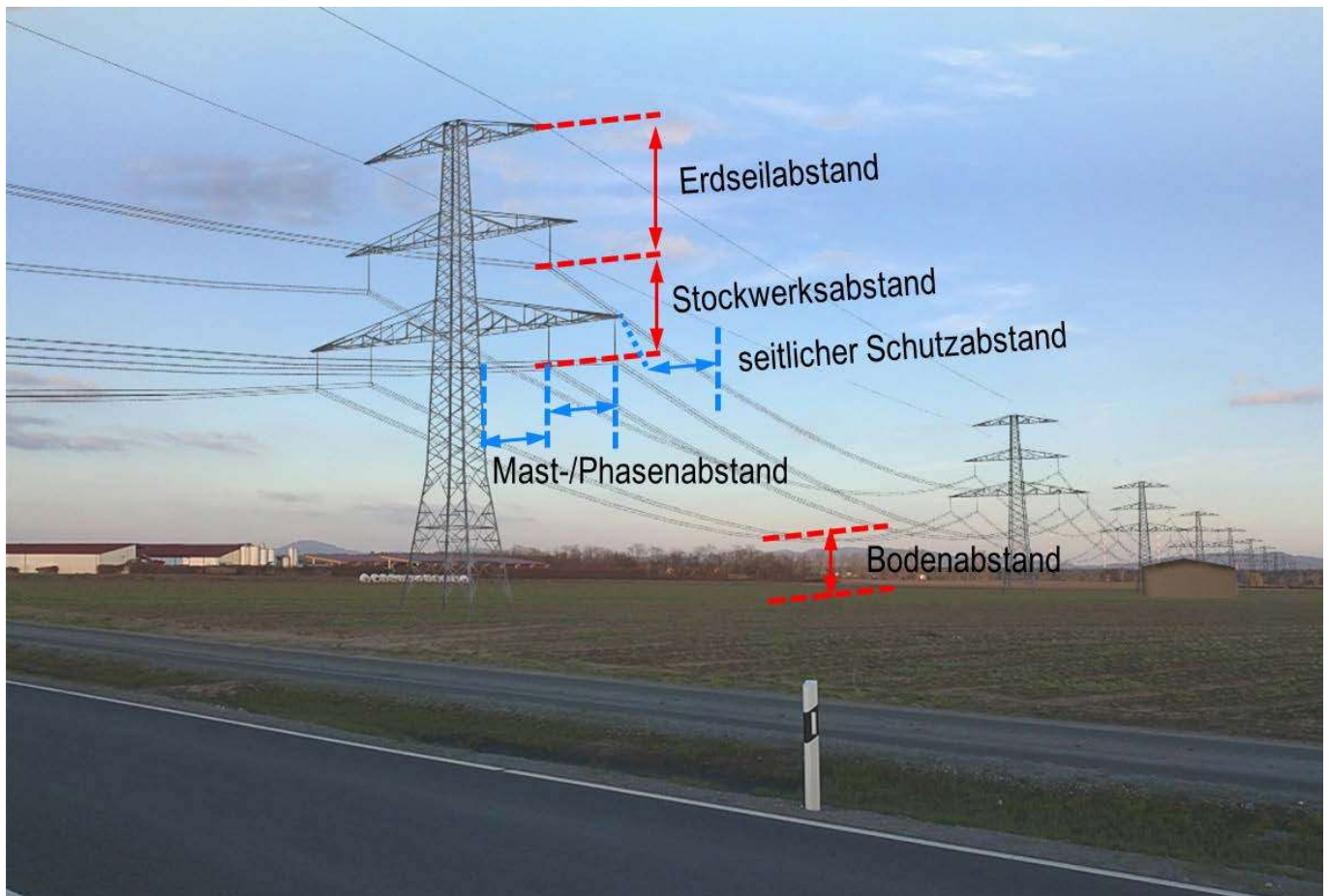


Abbildung 7: Abstände in der Freileitung (Schomerus, et al., 2016)

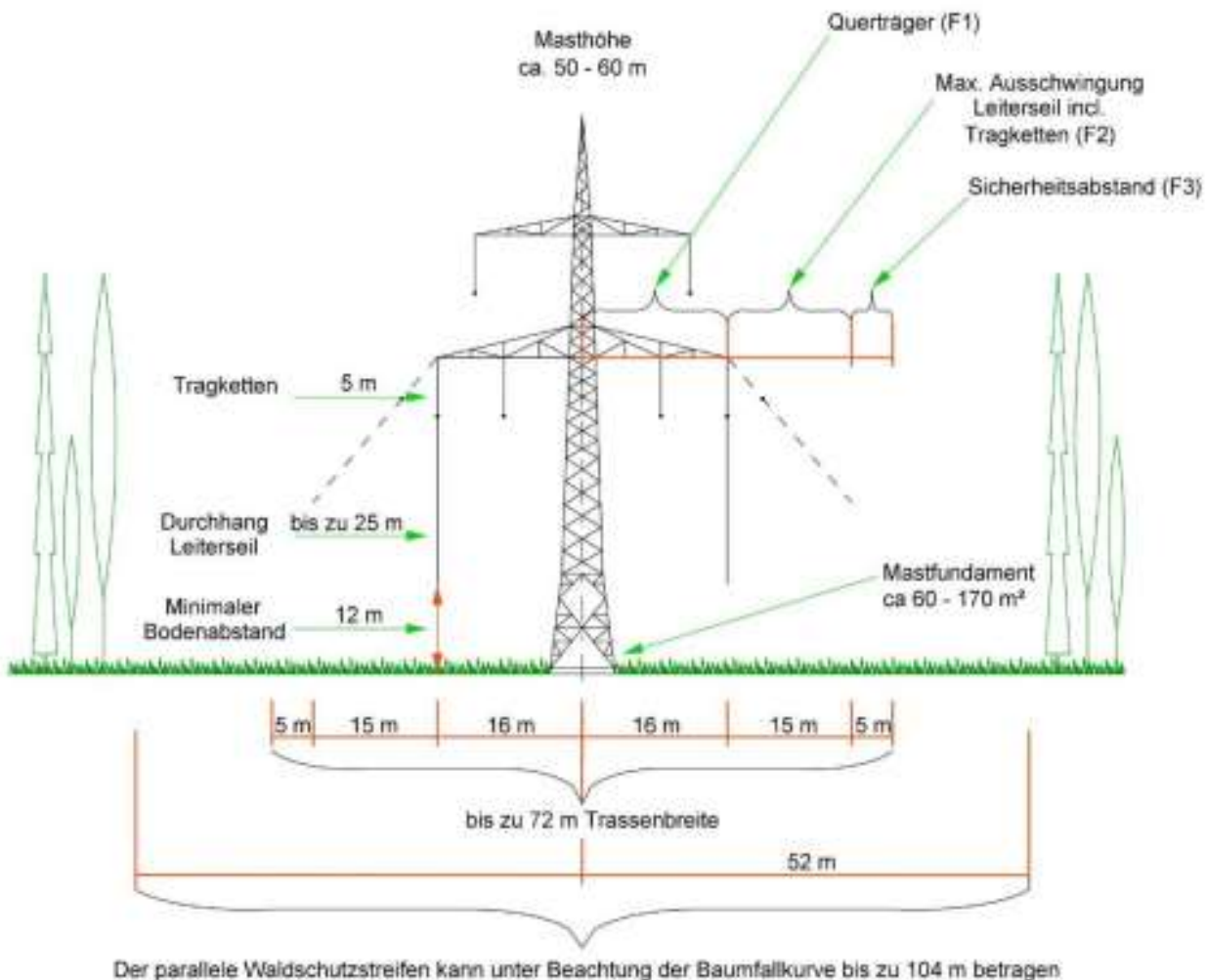


Abbildung 8: Darstellung des Schutzbereiches (Bertikow & Pasewalk, o. J)

3.1.1.2. Fundamente

Das Fundament eines Mastes stellt die Verbindung zwischen Tragwerk und dem Boden dar. Das Fundament wird so bemessen, dass die Standsicherheit des Mastes und damit der gesamten Anlage gewährleistet ist. (Bertikow & Pasewalk, o. J)

a. Pfahlgründung

Mit der Pfahlgründung können die Lasten der Freileitungsmasten in tiefere, tragfähige Bodenschichten abgetragen werden, wenn die obere Bodenschicht keinen tragfähigen Baugrund besitzt. (Bertikow & Pasewalk, o. J)

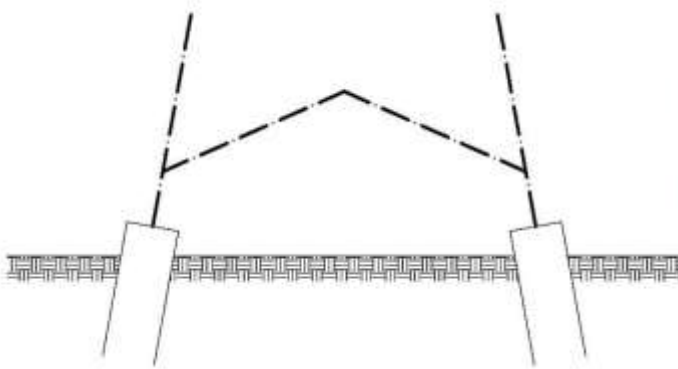


Abbildung 9: Beispiel einer Pfehlgründung (Bertkow & Pasewalk, o. J)

b. Plattenfundament

Das Plattenfundament besteht aus einer bewehrten Betonplatte, welche am Boden mindestens die Ausmaße des Mastes besitzt. (Bertkow & Pasewalk, o. J)

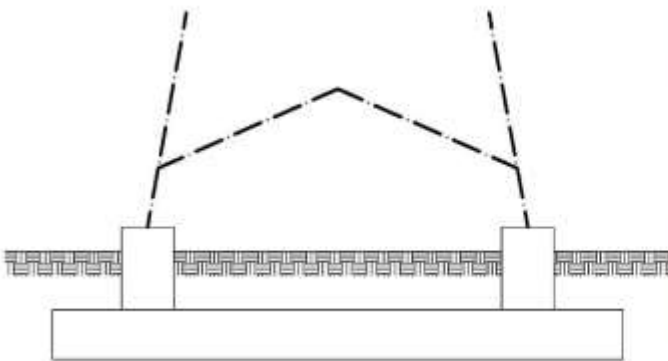


Abbildung 10: Beispiel eines Plattenfundaments (Bertkow & Pasewalk, o. J)

c. Stufenfundament

Stufenfundamente sind stufenförmig (2 bis 4 Stufen) aufgebaut, wobei die größte Stufe am tiefsten liegt. Pro Maststandort sind 4 Einzelfundamente erforderlich. (Bertkow & Pasewalk, o. J)

5. Fläche E (Ocker angelegt) horizontal in einer Höhe von 45 m über der Flughafenbezugshöhe (§ 1 Abs. 2)
6. Fläche F (grau angelegt) als Kegelfläche von der Schnittlinie mit der Fläche E nach außen im Verhältnis 1:20 bis zu einer Höhe von 100 m über der Flughafenbezugshöhe (§ 1 Abs. 2) ansteigend

(Reichhardt, 2019)

Überdecken sich zwei Flächen, so bildet die jeweils untere Fläche (zusätzlich mit der Flächenbeschriftung A bis F gekennzeichnet) die untere Begrenzung der Sicherheitszone. Die Sicherheitszone des Flughafens Wien-Schwechat wird durch die im Sicherheitszonenplan stark umrandeten schwarzen Linien begrenzt, siehe Abbildung 12.

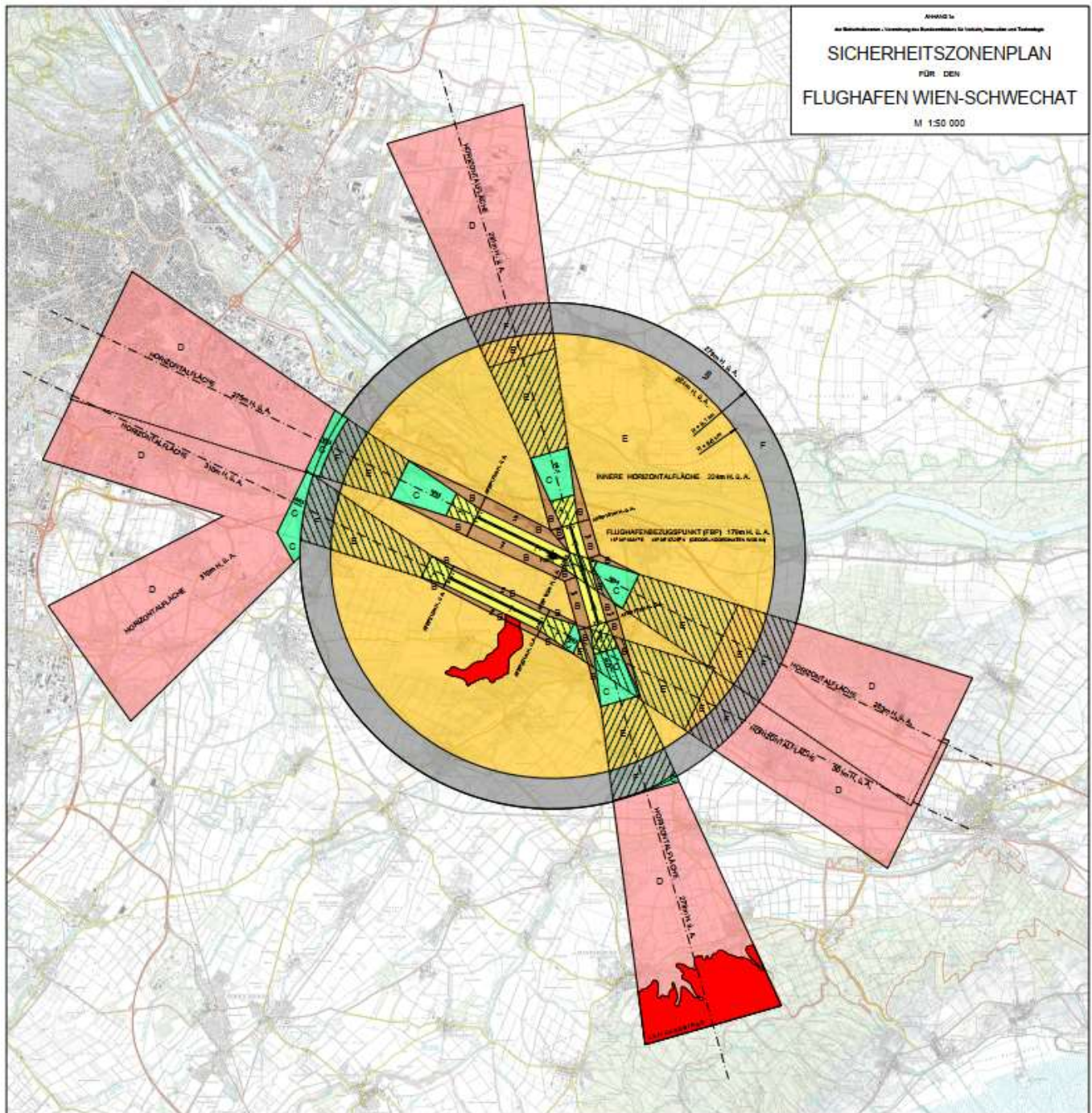


Abbildung 12: Sicherheitszonenplan für den Flughafen Wien – Schwechat (Reichardt, 2019)

Die Höhenbeschränkung der Flugsicherheitszone kann in der Trassenvariante Rannersdorf jedoch mit einem gekappten Donaumasten umgangen werden. Dieser weist nur eine Gesamthöhe von knapp 40 m auf und die Erdseile sind anstatt auf dem Spitz auf eigenen Auslegern bzw. auf dem obersten Ausleger mitgeführt, wie in Abbildung 13 zu sehen. Die APG hat laut eigenen Aussagen mit dem Betrieb dieser Mastbilder gute Betriebserfahrungen gemacht.

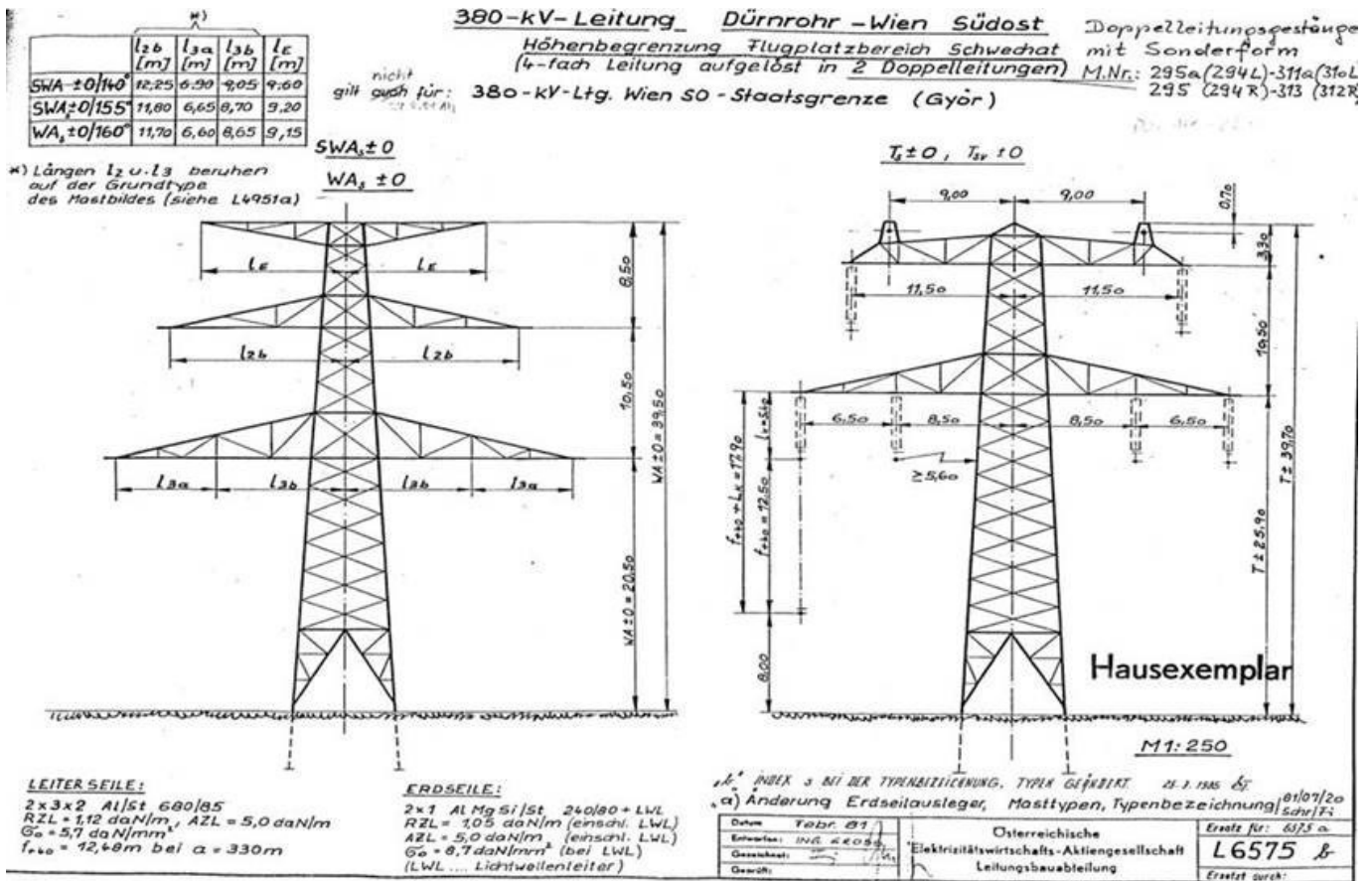


Abbildung 13: Gekürzte Mastbilder zur Aufstellung in der Flugsicherheitszone (Austrian Power Grid AG, 380-kV Leitung Dürnrohr - Wien Südost, 2020)

3.1.2 Erdkabel

Eine Alternative zur Freileitung stellt das Erdkabel dar. Erdkabel weisen gegenüber Freileitungen Vorteile, aber auch Nachteile (ohne Anspruch auf Vollständigkeit) auf.

Vorteile eines Erdkabels:

- Einsatz auch dort möglich, wo aufgrund von Sicherheitsabständen eine Freileitung nicht möglich wäre wie z.B. in dicht bebauten Gebieten
- Guter Schutz vor atmosphärischen Einwirkungen
- Nach der Errichtung nicht mehr sichtbar

Nachteile:

- Im Hoch- und Höchstspannungsbereich wird mehr Boden als bei einer Freileitung beansprucht
- Kabel müssen verbunden werden. Spezielle Muffen bzw. Muffungsschächte werden gebraucht
- Wärmebeeinflussung des Erdreiches
- Garantierte Einsatzzeit kürzer als bei Freileitungen
- Reparaturen deutlich aufwändiger

3.1.2.1. Dimensionierung der Leitungsquerschnitte

Die Dimensionierung eines Hochspannungskabels hängt von vielen verschiedenen Faktoren ab. Grundsätzlich richtet sich der Leitungsquerschnitt nach der Strombelastbarkeit des Kabels, um eine definierte Erwärmung des Kabels nicht zu überschreiten und Verluste zu minimieren.

Da gerade bei Erdkabel unterschiedliche Gegebenheiten vorherrschen, z.B. Veränderungen im Erdreich entlang der Trasse, Querungen von Straßen und Flüssen, Verlegungen in Rohren, muss die Strombelastung grundsätzlich nach dem „Hotspot“ ausgelegt werden, um eine zu hohe Erwärmung des Kabels zu vermeiden. Hotspots sind genau jene Punkte wie Bohrungen oder Rohrverlegungen, wo z.B. geringere Abstände zwischen den Leitern vorherrschen oder eine ausreichende Temperaturabführung durch das umgebende Medium nicht sichergestellt werden kann. Für eine punktgenaue Berechnung müssen somit Simulationen durchgeführt werden.

Die Berechnungen zur Auslegung der Kabelquerschnitte wurden in dieser Studie vereinfacht auf Basis der zu übertragenden Scheinleistung und der Strangspannungen und Strangströmen durchgeführt, siehe Formel 1. Der Strangstrom, welcher anschließend für die Auswahl des Leitungsquerschnitts herangezogen wird, wird wie folgt in Formel 1 ermittelt:

$$I_{Str.} = \frac{S}{\sqrt{3} * U}$$

Formel 1: Ermittlung des Betriebsstromes

- $I_{Str.}$ Strangstrom
- S..... Scheinleistung
- U..... Spannung
- $\sqrt{3}$ Drehstromfaktor

3.1.2.2. Verlegarten von Hochspannungserdkabel

Hochspannungskabel werden im Wesentlichen auf drei verschiedene Arten verlegt.

- Verlegen mit dem Kabelpflug
- Verlegen durch eine Künette
- Verlegen durch das Horizontalspülbohrverfahren

a. Verlegung mittels Kabelpflug

Ein Verlegepflug ist ein Anbaugerät zum Verlegen von Kabeln und Rohren im Erdreich. Dabei wird durch eine geeignete Schneid- und Verlegevorrichtung die zu verlegenden Kabel und Rohrleitungen, ohne das Ausheben des Erdbodens, in die Erde gebracht. Für das Einpflügen der Kabel gibt es zwei Verfahren. Das Verlegen mittels Kabelpflug wird hauptsächlich im Bereich der 110 kV Hochspannungstechnik angewendet. Die maximale Verlegetiefe beträgt ca. 2 m.

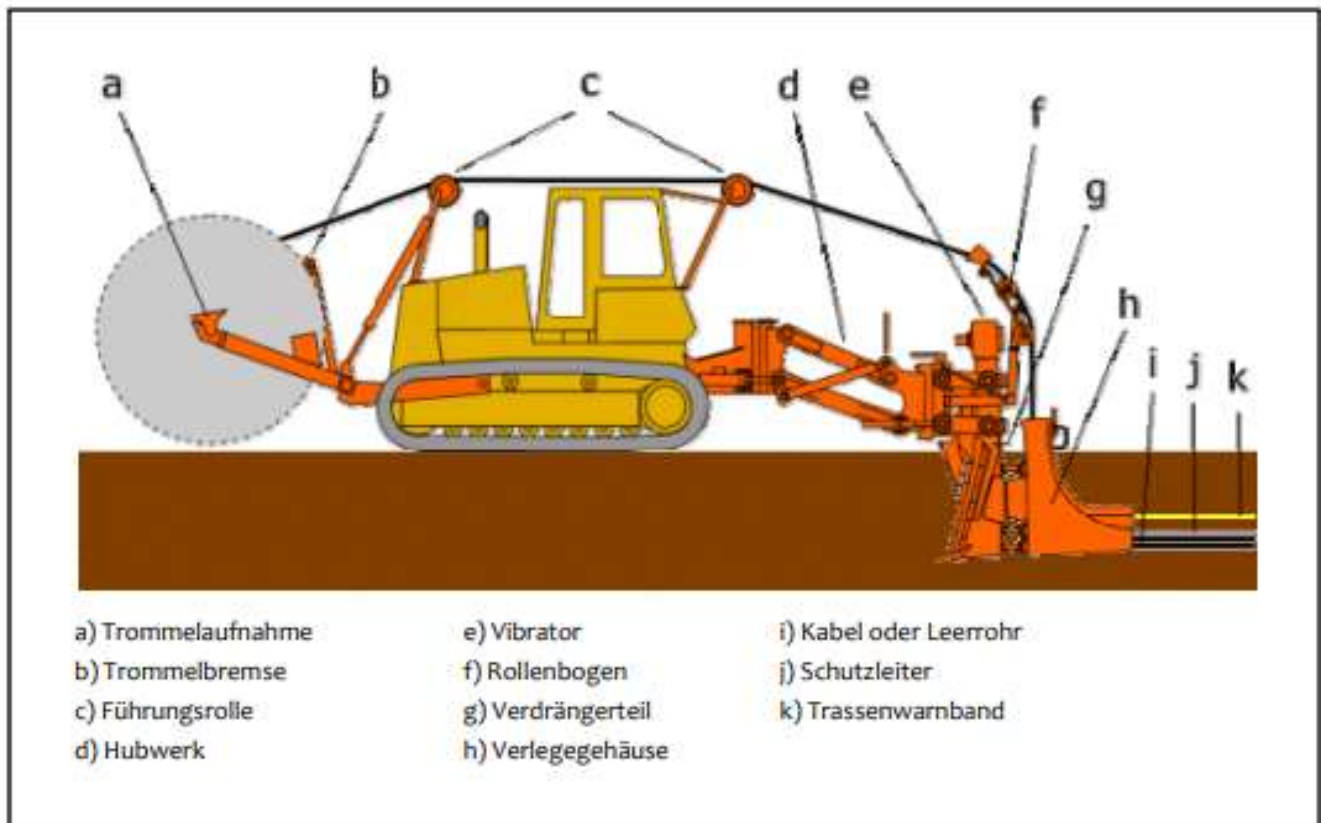


Abbildung 14: Schematischer Aufbau eines Kabelpfluges (Trenkler, 2010)

- Einzugverfahren

Beim Einzugverfahren wird das Verlegegut direkt an der Schneidevorrichtung des Pfluges befestigt und in den Boden eingezogen. Aufgrund von entstehenden Zugkräften am Verlegegut, ist diese Methode weniger schonend, erlaubt aber das Verlegen von großem und steifem Verlegegut. Mit dem Einzugverfahren können Kabel/Rohre mit einem maximalen Durchmesser von 315 mm verlegt werden.

- Einführverfahren

Beim Einführverfahren wird mit einer vorgesehenen Schneidevorrichtung der Boden aufgeschnitten und das Kabel durch eine entsprechende Verlegevorrichtung, die wie eine Ziehshaltung funktioniert durchgeführt und auf den Grund des Bodens abgelegt. Mit dem Einführverfahren können Kabel/Rohre mit einem maximalen Durchmesser von 500 mm verlegt werden.

b. Verlegung eines Hochspannungskabels durch eine Künette und Regelquerschnitte für 110 kV und 380 kV Erdkabel

Zu den konventionellen Verfahren zählt die Kabelverlegung im offenen Verfahren. Damit wird die Aushebung eines länglichen Aufgrabungsschachts, welcher auch als Künette bezeichnet wird. In solch einem Graben kann das Kabel mit oder ohne Schutzrohr verlegt werden. Dabei wird das Erdkabel je nach Spannungsebene in einer Tiefe von ca. 1,2 bis 2 m in die Erde verlegt. Das ausgehobene Erdmaterial wird neben der Künette deponiert. Die verlegten Hochspannungskabel werden in einem thermisch stabilen Bettungsmaterial (wie zum Beispiel Sand) eingebettet. Anschließend wird der Kabelgraben befüllt und rekultiviert. Ebenfalls muss ein entsprechender Platz für die Zufahrt von Baggern und LKWs sowie das Lagern des Grabenaushubs bereitgestellt werden. Bei der Verlegung eines Hochspannungskabels wird auf landwirtschaftlichen Geländen in der Regel die offene Bauweise (Künette) verwendet. Ebenfalls wird auf nicht allzu befahrenen Straßen die offene Bauweise angewendet.

Mögliche Verlegearten der offenen Bauweise sind beispielhaft in Abbildung 15, Abbildung 16 und Abbildung 17 dargestellt.

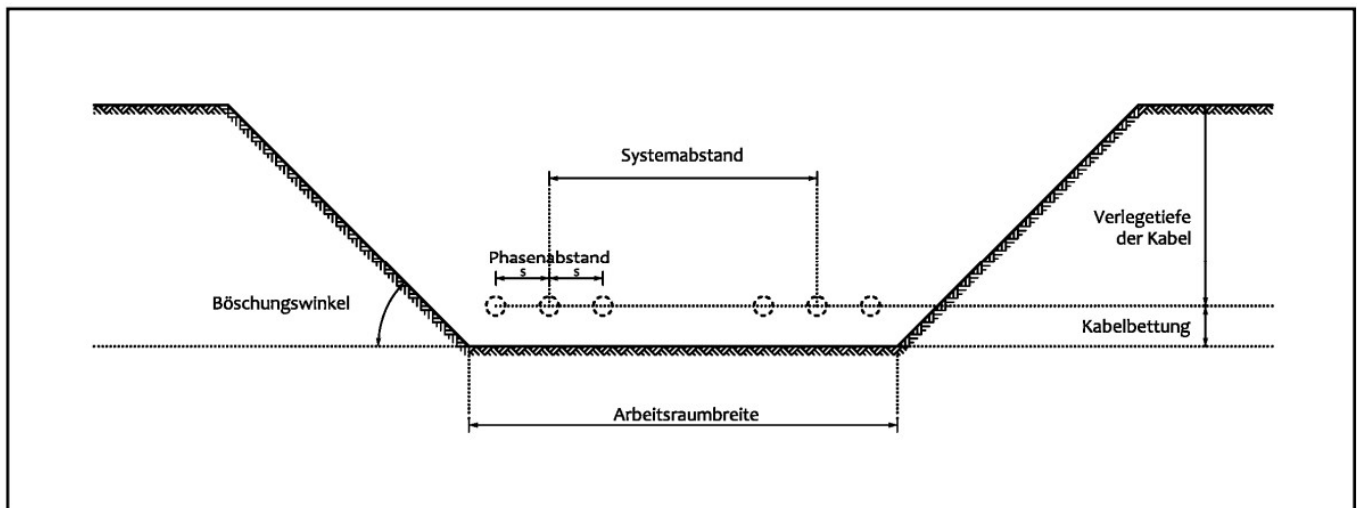


Abbildung 15: Querschnitt - geböschter Kabelgraben (Trenkler, 2010)

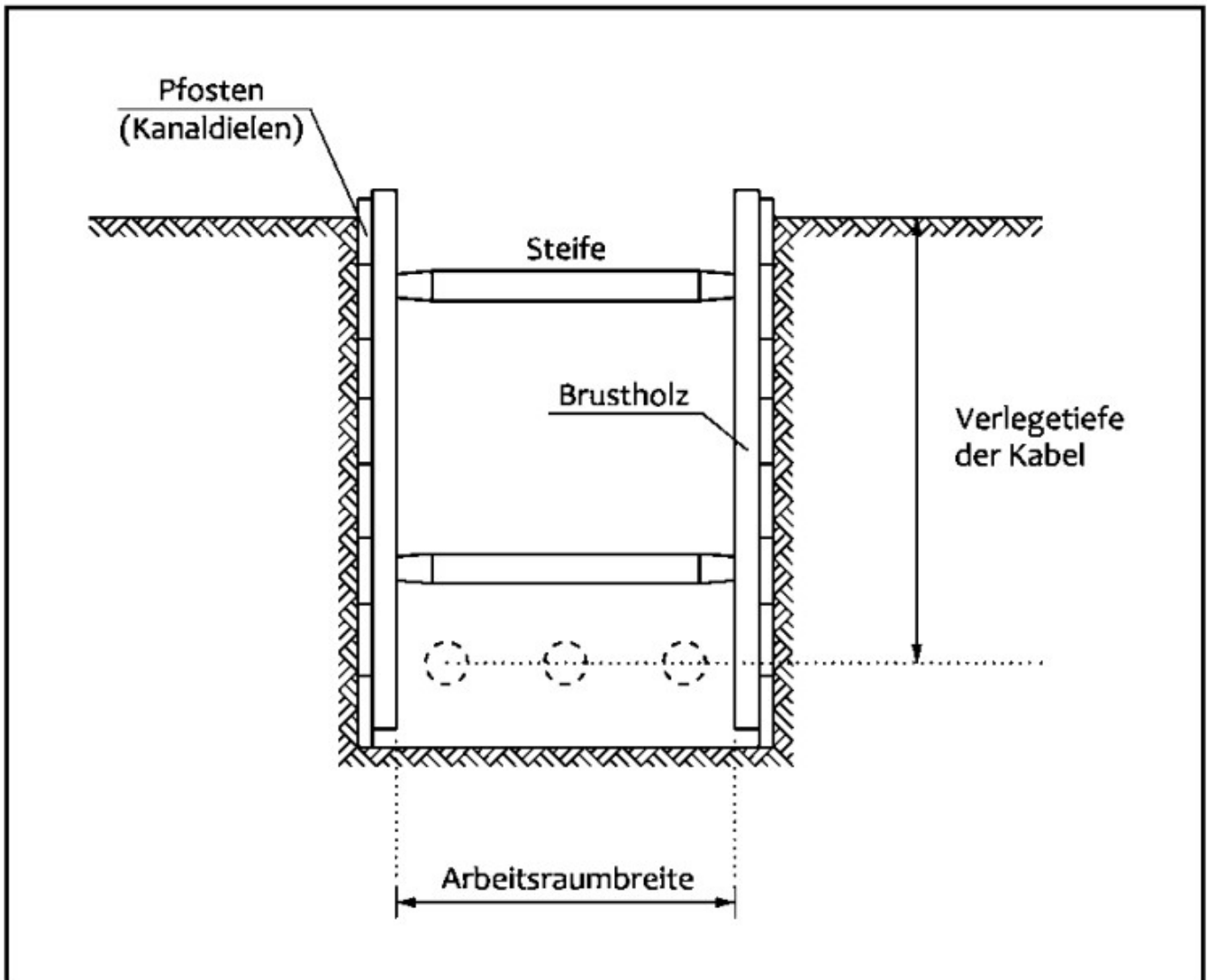


Abbildung 16: Waagrechter Verbau (Trenkler, 2010)

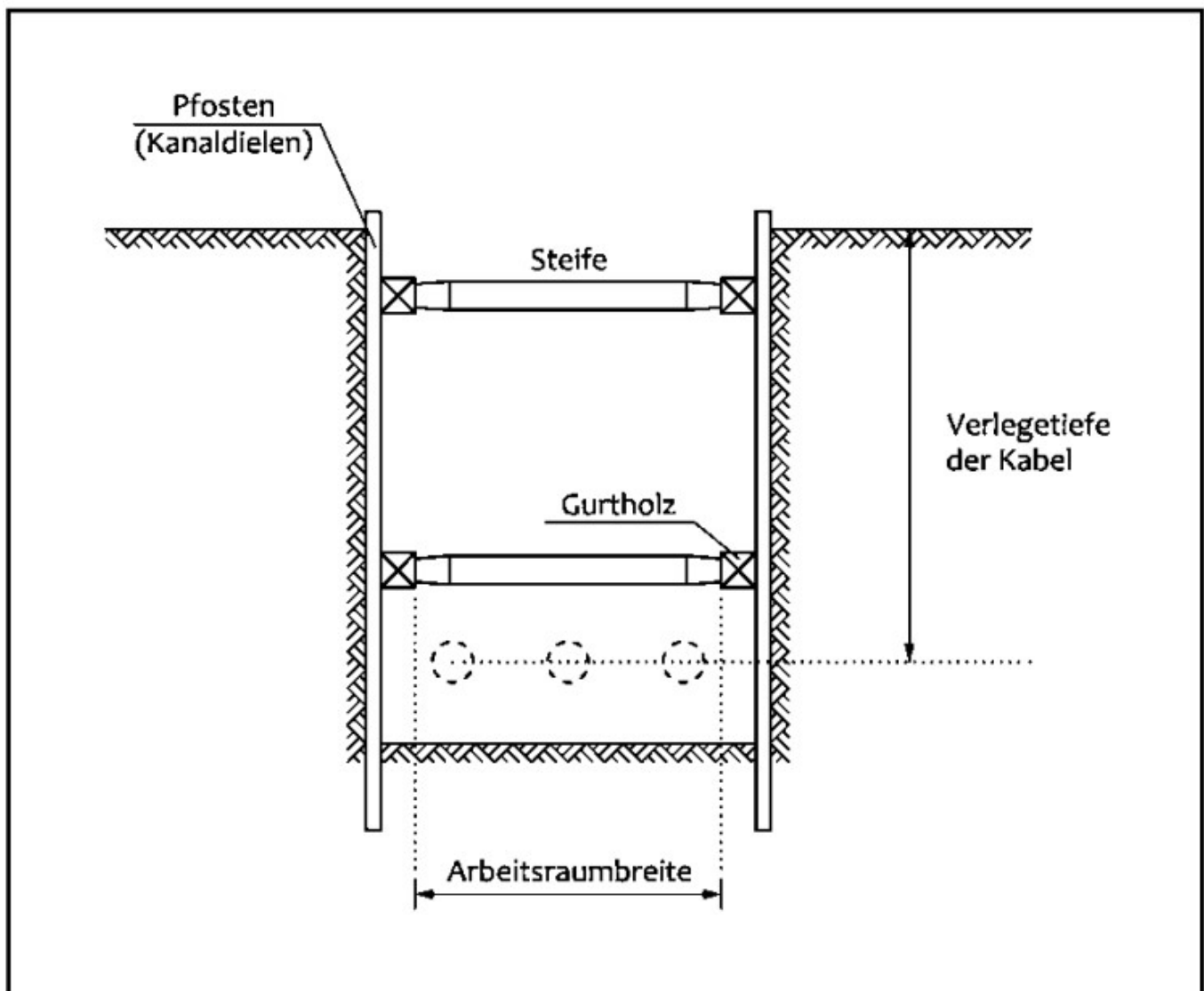


Abbildung 17: Senkrechter Verbau (Trenkler, 2010)

c. Verlegung eines Hochspannungskabel durch das Horizontalspülbohrverfahren

Mit dem HDD-Verfahren (Horizontal Directional Drilling) können geschlossene Querungen von Straßen, Bahnlinien, größere Fremdleitungen oder, Gewässern hergestellt werden.

Das Horizontalspülbohrverfahren ist eine Richtbohrtechnik für Horizontalbohrungen. Je nach Länge der Bohrung und Art des zu kreuzenden Bereiches müssen unterschiedliche Bohrgeräte eingesetzt werden. Das Bohrgerät wird an der Startseite aufgestellt. Als erster Schritt erfolgt die Pilotbohrung. Ist die zu bohrende Strecke zu lang, werden während der Strecke Gruben ausgehoben, zu denen man bohrt. Dadurch wird das Bohren vereinfacht.

Anschließend wird der Bohrer schräg aus dem Boden hinausgeführt. Es wird am geplanten Austrittspunkt anstelle des Bohrkopfes ein Aufweitungskopf befestigt der den Bohrkanal aufweiten soll. Das Kabelschutzrohr kann in einem Schritt mit dem zurückziehen des Bohrers ausgelegt werden, indem man

es an dem Aufweitungskopf befestigt. Anschließend kann das Hochspannungskabel eingeführt werden, siehe Abbildung 18.



Abbildung 18: Kombinierte Darstellung der 3 Verfahrensläufe beim HDD – Bohren (Schrinner, Rene., 2017)

Die große Flexibilität und die im Vergleich günstigeren Kosten sind ein Vorteil gegenüber dem Verfahren der Microtunnel in Abschnitt d. Allerdings leidet durch die Flexibilität der Tunnel auch die Stabilität etwas. Jeder Knick in der Bohrung kann eine potenzielle Fehlerstelle hervorrufen und die Wartungskosten im Gegensatz zu Microtunneln erhöhen. Übliche Durchmesser beim HDD-Verfahren gehen von DN 100 bis DN 400. Übliche Bohrlängen reichen von etwa 400 m bis über 1000 m. Die Genauigkeit des HDD-Verfahrens liegt bei etwa ± 100 mm. Bei Verlegung von Erdkabel unter Straßen oder anderen Hindernissen ist das HDD-Verfahren die Standardmethode. (Jodl, et al., 2017)

Die relevanten Regelquerschnitte für das 380 kV Erdkabel und auch die Verlegung unter Straßen können im Anhang in Kapitel 4.1.6 eingesehen werden.

d. Verlegung eines Hochspannungskabel durch Microtunnel

Neben dem HDD-Verfahren besteht auch die Möglichkeit der Kabelverlegung durch Microtunnel. Dazu müssen am Anfang und am Ende Schächte in der zu bohrenden Tiefe ausgehoben werden, in denen die Bohreinrichtung und die hydraulische Presse eingesetzt werden können, um dann die Tunnelelemente nachpressen zu können. Die benötigten Vortriebsrohre werden nach und nach entsprechend dem Bohrfortschritt der Vortriebsmaschine im Startschacht eingebracht und durch die hydraulische Presse vorgeschoben. Bei großen Bohrlängen sind jedoch Zwischenpressstationen vorzusehen.

Grundsätzlich ist bei Microtunnel gerades Bohren möglich. Neuere Methoden erlauben jedoch bereits auch vertikale, horizontale und auch Raumkurven. Übliche Durchmesser bewegen sich von DA 300 bis DA 1000. Größere Durchmesser für begehbare Tunnel sind bis DA 3000 grundsätzlich möglich. Die Vorteile gegenüber einer HDD-Bohrung ist die etwas höhere Stabilität der Tunnel bei gerader Bohrung und die etwas höhere Genauigkeit von ± 10 mm. Bei benötigter hoher Genauigkeit der Bohrung ist der Microtunnel dem HDD vorzuziehen, wenngleich die Kosten eines Microtunnels über jenen des HDD-Bohrverfahrens liegen. (Jodl, et al., 2017)

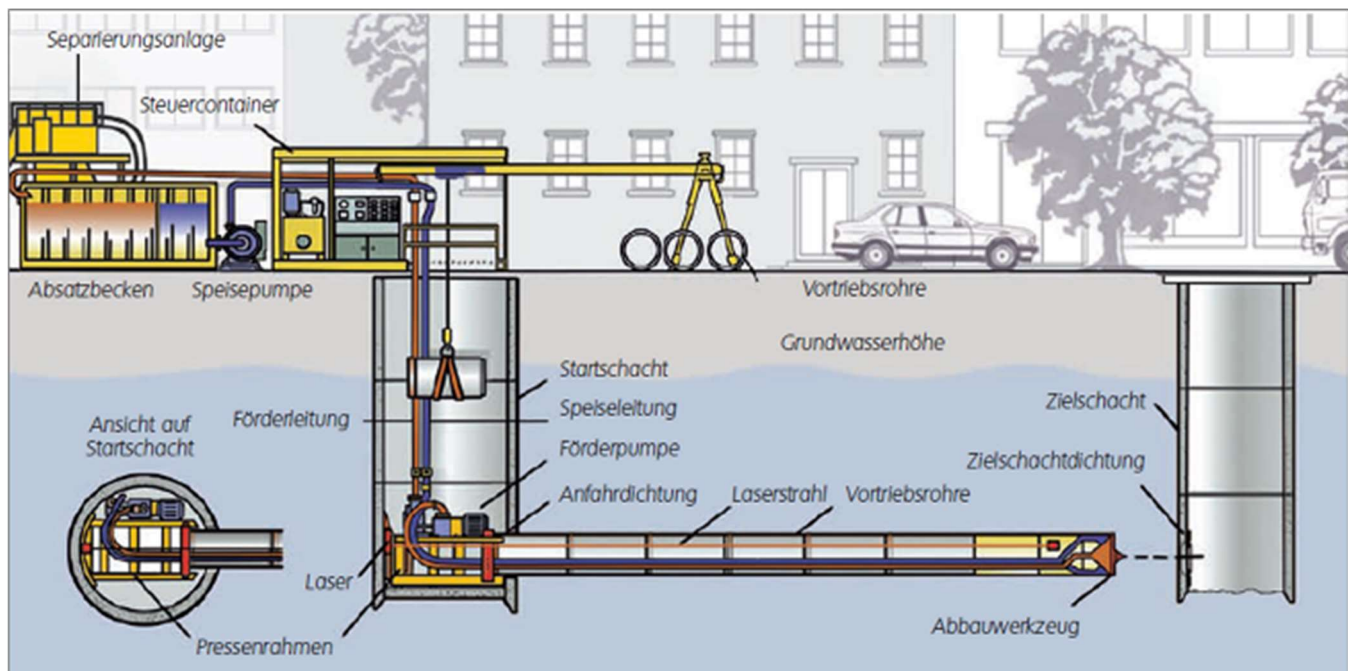


Abbildung 19: Verfahrensübersicht Microtunneling (Ludwig Pfeiffer Hoch- und Tiefbau GmbH & Co. KG, 2018)

3.1.2.3. Kabelgarnitur

a. Kabelmuffen

Kabel sind durch den Transport auf Kabelrollen nur bedingt lang. Aufgrund dessen werden Muffen benötigt, die die einzelnen Teilkabel miteinander verbinden. Die Kabelmuffe muss mehrere Ansprüche erfüllen. Neben der Aufgabe Leiter miteinander zu verbinden, muss sie auch gegen benachbarte Leiter und gegen Erde isolieren. Um die Kabel miteinander zu verbinden, muss an beiden Enden der Schichtaufbau bis zum Leiter entfernt werden. Im ungestörten Betrieb stellt sich zwischen innerer und äußerer Leitschicht ein elektrisches Feld ein, dass durch die Muffe gestört wird und durch spezielle Einbauten wiederhergestellt werden muss. Die Muffe muss auch einen ausreichenden Schutz vor Feuchtigkeit bieten, um Teilentladungen zu verhindern. Muffen stellen einen deutlichen Schwachpunkt für eine Kabelverbindung dar, daher sollten so wenige wie möglich eingesetzt werden. Für den Zeitraum der Montage ist die Muffengrube deshalb komplett einzuhausen. Die Einhausung wird nach der Montage entfernt. In der nachfolgenden Auflistung werden ausgewählte Muffenarten genauer vorgestellt.

- Aufschiebemuffe

In der Hoch- und Höchstspannungsebene wird bezogen auf die Schirmbehandlung zwischen zwei Systemen unterschieden. Bei konventionellen Verbindungsmuffen wird der Schirm durchverbunden. Bei der Cross – Bonding Muffe kommt es zu einer Potenzialtrennung der Schirme. Die Aufschiebemuffe kann für beide Systeme eingesetzt werden. Um eine Aufschiebemuffe zu montieren, muss zuerst der vorgefertigte Muffenkörper zur Gänze über ein Kabelende geschoben werden. Anschließend werden die Leiter mittels Pressverbinder zugfest verbunden. Pressverbindung wird durch spezielle Verbindungsmittel wie zum Beispiel Schrauben oder Bolzen fixiert, die durch ihre Form zu Unstetigkeitsstellen im elektrischen Feld führen, Teilentladungen und Durchschläge zur Folge haben können. Um dies zu verhindern wird eine Schirmelektrode über die Pressverbindung angeordnet. Damit sich im Muffenbereich beherrschbare Feldstärken bilden, werden Deflektoren eingesetzt. Diese werden bei dem Muffenhersteller gemeinsam

mit der Schirmelektrode in den Muffenkörper eingegossen. Anschließend wird der Muffenkörper über die Leiterverbindung geschoben.

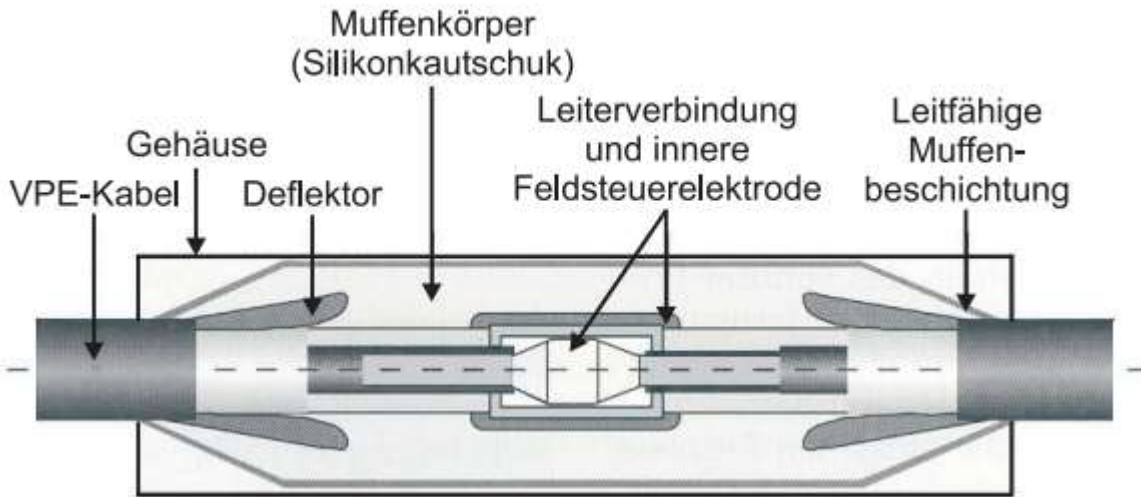


Abbildung 20: Schnittbild einer Hochspannung-Aufschiebemuffe (Grube, Polster, Müller, Schroth, & et al., 2001)

- Steckverbindungsmuffe



Abbildung 21: Steckverbindungsmuffe (Trenkler, 2010)

Um den Prozess der Verbindungstechnik zu vereinfachen, wurde unter anderem die Steckverbindungsmuffe entwickelt. Die Kabelenden werden bereits im Werk vorbereitet. Der technische Aufbau entspricht dem der Aufschiebemuffe.

b. Kabelendverschlüsse

Der Übergang zwischen Kabel und den oberirdischen, elektrischen Betriebsmitteln erfolgt mittels Endverschlüssen. Endverschlüsse haben grundsätzlich die gleiche Aufgabe wie eine Kabelmuffe. Zusätzlich muss ein Endverschluss die sichere Durchführung von der festen Isolierung zur Isolierung mittels Luft herstellen. Genau wie bei der Kabelmuffe werden Endverschlüsse schon vorgefertigt. Befestigt werden sie an sogenannten Portalen. Beispiele für Kabelendverschlüsse sind in Abbildung 22 abgebildet.

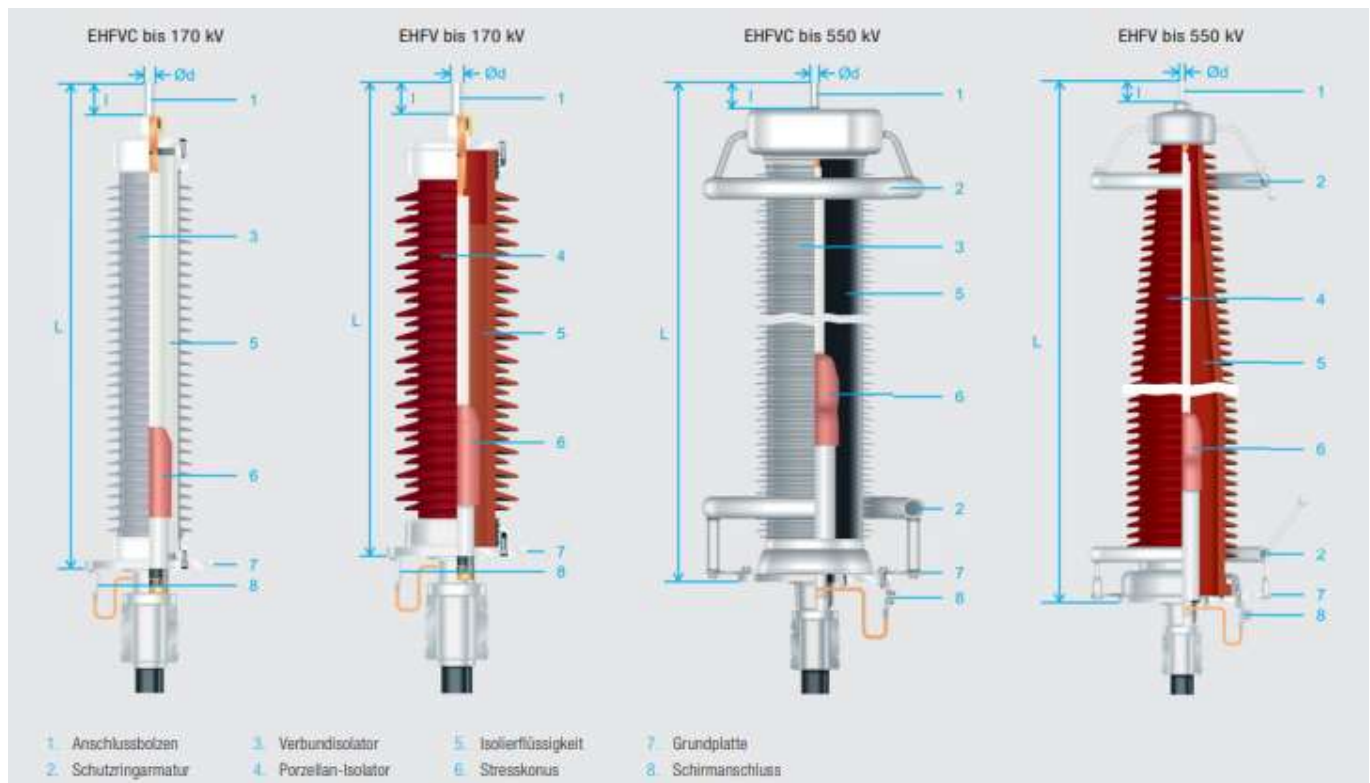


Abbildung 22: Kabelendverschlüsse (Südkabel GmbH, o. J.)

3.1.2.4. Erdung eines Hochspannungskabels

Für die Erdung eines Hochspannungskabels kommen im Wesentlichen drei Erdungskonzepte zum Einsatz. So können die Schirme von Hochspannungskabel ein- oder beidseitig geerdet werden. Ebenfalls können die Schirme in den Kabelmuffen ausgekreuzt (Cross-Bonding) werden.

Dabei muss folgendes beachtet werden:

- Die Schirmverluste sind möglichst gering zu halten
- Es dürfen keine unzulässigen Spannungen zwischen Schirm und Erde entstehen
- Es muss ein durchgehender Leiter für die Führung eines eventuellen Fehlerstroms und für die Zwecke des Schutzes vor atmosphärischen Entladungen und Schaltüberspannungen vorhanden sein

a. Einseitige Erdung

Werden die Kabelschirme nur einseitig geerdet, können zwar keine Schirmströme mehr fließen und die dadurch bedingten Verluste werden minimiert, allerdings ist es nötig, zumindest einen Begleiterdleiter zu verlegen und dafür Sorge zu tragen, dass an den offenen Schirmenden keine unzulässigen Überspannungen entstehen. Dazu ist die Verwendung eines Überspannungsableiters am offenen Ende nötig.

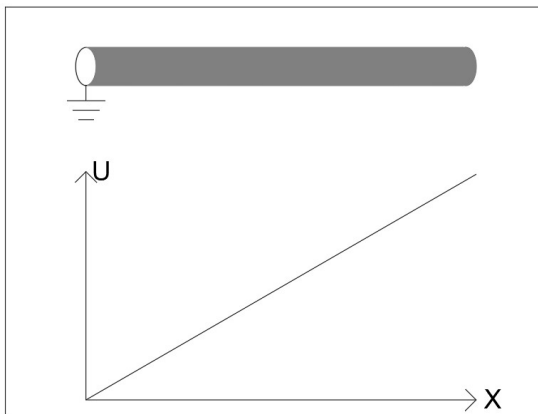


Abbildung 23: Induzierte Spannungsverteilung an einseitiger Erdverbindung (El Tatawy, Hiesl, Schusseck, & Dittrich, 2022)

b. Beidseitige Erdung

Das beidseitige Erden der Kabelschirme stellt die einfachste Möglichkeit zur Anbindung der Kabelschirme an das Erdpotential dar. Durch Potentialunterschiede kommt es zu Ausgleichsströmen. Ebenfalls treten bei Kurzschlüssen oder atmosphärischen Entladungen transiente Ströme im Schirm auf. Aufgrund der zusätzlichen Erwärmung des Hochspannungskabels durch diese Schirmströme kann der Betriebsstrom nicht so hoch gewählt werden, jedoch ist die Verlegung eines Begleiterders nicht notwendig, wenn die Stromfähigkeit des Schirms ausreichend hoch ist.

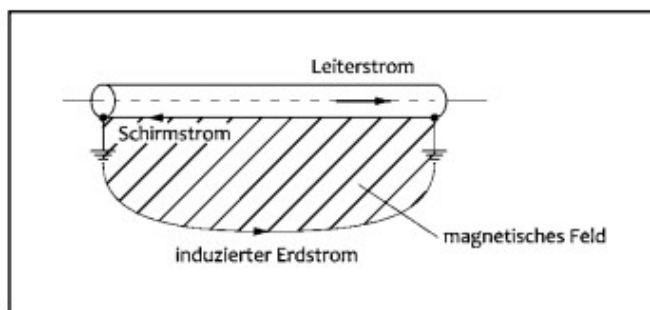


Abbildung 24: Erdung beider Endverschlüsse (Trenkler, 2010)

c. Cross-Bonding

Diese Erdungsmethode sollte bei längeren Strecken, wo Kabelmuffen zum Einsatz kommen, angewendet werden. Beim Cross-Bonding (CB) System werden drei gleich lange Kabelstrecken, nach jedem Abschnitt, ausgekreuzt. Ein Cross-Bonding Abschnitt besteht aus zwei Cross-Bonding Unterabschnitte. Die Endpunkte müssen fest mit der Erde verbunden sein. Das Auskreuzen erfolgt in speziellen CB – Boxen, die neben dem Kabelsystem errichtet werden und zu Inspektionszwecken jederzeit zugänglich sein müssen. Die CB – Boxen können ober- oder unterirdisch gebaut werden. Vorteil der unterirdischen Bauart ist, dass sie für einen Laien nicht zugänglich ist, jedoch besteht somit auch die Gefahr der Überschwemmung. Zum Auskreuzen werden die in der Muffe getrennten Enden der Schirme mittels Koaxialkabel in die Boxen geführt und dort vertauscht. Zum Schutz vor zu hohen Überspannungen an den Schirmen sind Überspannungsableiter gegen Erde vorgesehen. In der Praxis werden ebenfalls

Begleiterder für die Führung eines eventuellen Fehlerstroms und für die Zwecke des Schutzes vor atmosphärischen Entladungen und Schaltüberspannungen verwendet.

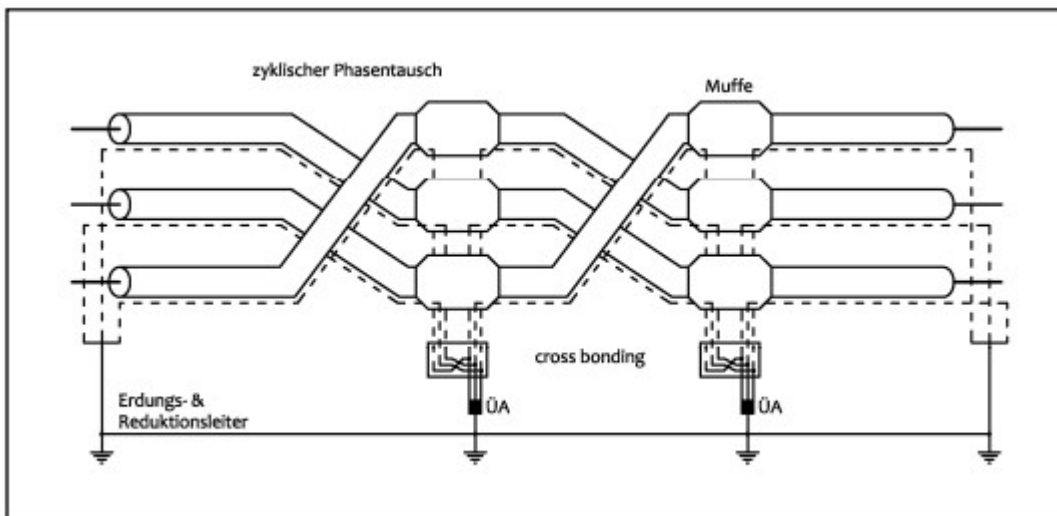


Abbildung 25: Zyklischer Phasentausch der Leiter mit ausgekreuzten Schirmen (Trenkler, 2010)

Da die CB-Boxen für Inspektionszwecke jederzeit zugänglich sein müssen, werden sie in Schachtbauwerken untergebracht.

3.1.3 Blindleistungskompensation

Bei Einsatz von Wechselspannung für die Verteilung über weitere Strecken wird nicht nur Wirkleistung übertragen, sondern fällt auch Blindleistung an. Der vorherrschende Blindstrom, welcher zwischen Generator und Verbraucher hin und her pendelt, wird dabei in Wärme umgesetzt und die eingesetzten Betriebsmittel werden zusätzlich belastet. Bei hohem Blindstromanteil können die Querschnitte nicht voll zur Energieübertragung genutzt werden und müssen dementsprechend größer dimensioniert sein.

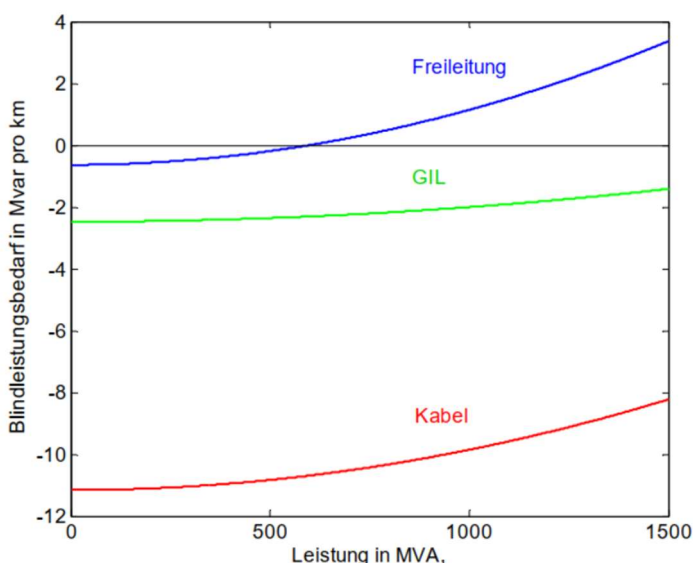


Abbildung 26: Blindleistungsbedarf pro km von Freileitungen, gasisolierten Leitungen und Kabel in Abhängigkeit der übertragenen Scheinleistung [Mvar]

Blindleistungskompensation wird erst beim Erreichen einer gewissen Streckenlänge nötig und hängt auch von der verwendeten Übertragungsart und Materialien ab. Dabei benötigen Erdkabel im Betrieb in etwa 10–20-mal mehr Blindleistung als Freileitungen. In Abbildung 26 wird der Blindleistungsbedarf sowohl für Freileitungen als auch für Erdkabel und gasisolierten Leitungen in Abhängigkeit der der zu übertragenden Scheinleistung in MVA/km dargestellt. Bei einer zu übertragenden Leistung von 1200 MVA und einer Kabellänge von 12 km würde das einen Blindleistungsbedarf für ein Erdkabel von etwa 108 Mvar bedeuten. Grundsätzlich muss der Blindleistungsbedarfes bzw. die Ladeströme von Erdkabelleitungen

kompensiert werden, was durch den Einsatz von Drosselspulen realisiert werden kann. (Oswald U. -P.-I., 2020)

Drosselspulen in dieser Größenordnung haben einen nicht zu unterschätzenden Platzbedarf und müssen bei der Planung im Layout ebenso berücksichtigt werden. Da vor Ort allerdings auch Anlagen betrieben werden, die Blindleistung benötigen, ist eine möglichst regelbare Kompensationsanlage von Nöten, da im Betrieb der verschiedenen Anlagen unterschiedliche Blindleistungserfordernisse auftreten.



Abbildung 27: Blindleistung Kompensationsdrosselspule (Quelle: Siemens)

3.1.4 Kabelübergangsanlage

Die Kabelübergangsanlage bildet die Schnittstelle zwischen Erdkabel und Freileitung, siehe Abbildung 28. Die Freileitung wird über einen Endmast an die Kabelübergangsanlage geführt. In dieser werden die Hochspannungsseile an einem Portal abgefangen, über Schaltgeräte geführt und an die Kabelendverschlüsse angeschlossen.

In diesem Bereich sind Messsysteme und Überspannungsableiter mit dem spannungsführenden Pol verbunden. Das Abspannportal hat in der Regel eine Höhe von ca. 20 m. (Bundesfachplanung, 2017)

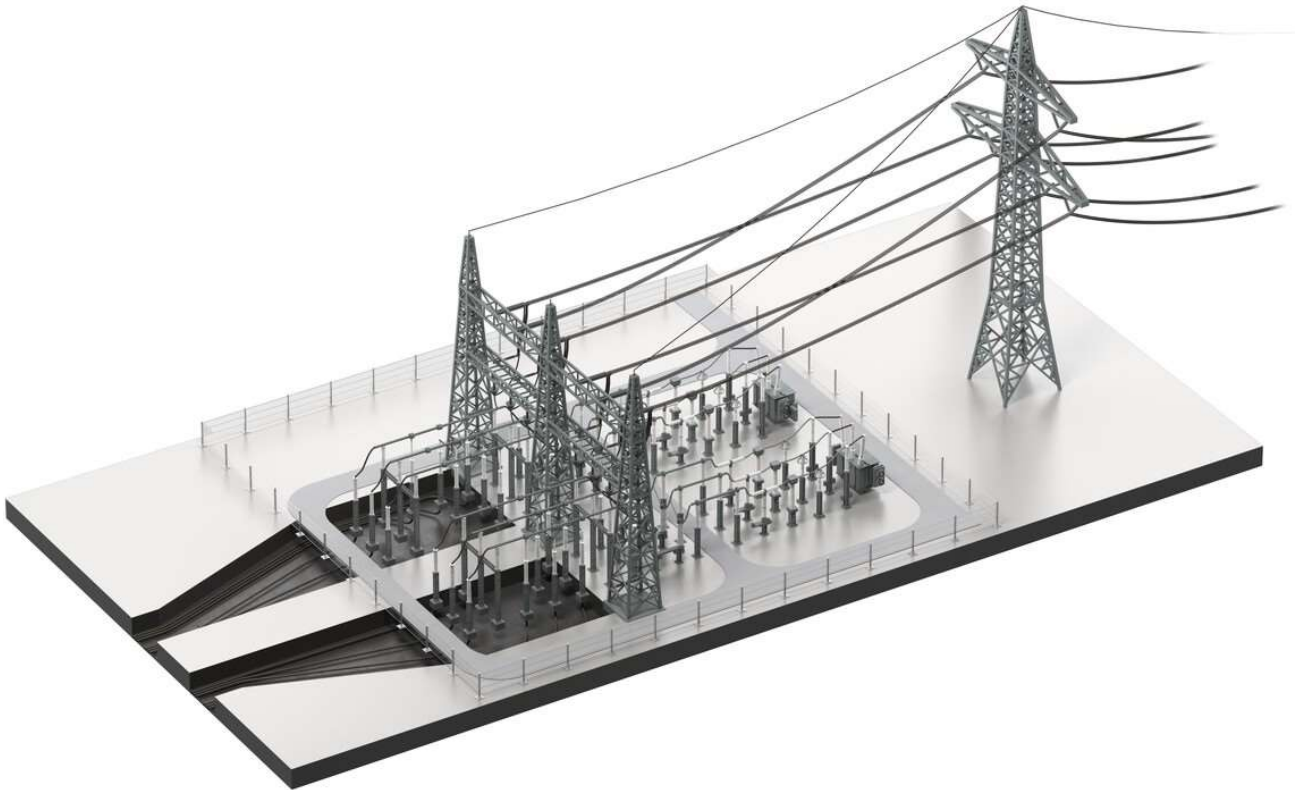


Abbildung 28: Beispieldarstellung Kabelübergangsanlage (TenneT TSO GmbH, Die Kabelübergangsanlage, o. J.)

3.2 Methodik Raumwiderstandsanalyse

Die Raumwiderstandsanalyse (RWA) beurteilt die Bedeutung des Raumes nach der Ausprägung seiner abiotischen und biotischen Schutzgüter sowie wichtiger raumordnerisch bedeutsamer Nutzungen entsprechend den Darstellungen zur räumlichen Gesamtplanung.

Die Analyse hat das Ziel, einen vergleichsweise konfliktarmen Planungskorridor mit möglichst geringen Raumwiderständen für die Führung von Starkstromleitungsvarianten zu ermitteln. Im Zuge der Raumwiderstandsanalyse werden raum- und umweltrelevante Sekundärdaten zu Schutzgütern und regionalen Belangen im Untersuchungsraum erhoben, bewertet und klassifiziert. Ziel ist die Ermittlung von möglichst konfliktarmen, zusammenhängenden Bereichen, die Grundlage für die Entwicklung von Trassenvarianten mit möglichst geringen Auswirkungen auf Raum und Umwelt sind. Die Teilräume werden anhand ihrer Schutzwürdigkeit in Hinblick auf das Vorhaben einer von vier Raumwiderstandsstufen zugeordnet und kartographisch dargestellt.

3.2.1 Bezugsraum für die Korridorfindung

Die für die Ermittlung des Raumwiderstandes untersuchten Kriterien je Umwelt- bzw. Raumkriterium sind vier ordinal skalierten Raumwiderstandsstufen zugeordnet (vgl. Tabelle 3). Die Einstufung der Kriterien wird auf Grundlage der Empfindlichkeit gegenüber den spezifischen Wirkfaktoren des Infrastrukturprojekts vorgenommen und jeweils dokumentiert.

Da bei Vorhaben der Energiewirtschaft (Leitungsvorhaben) zahlreiche Konflikte durch die technische Ausführungsalternative aufgelöst werden können (Überspannung eines Hindernisses durch Freileitungen, geschlossene Querungen bei Erdkabelvorhaben, u.a.) steht nicht die Durchschneidungslänge im Vordergrund (so wie bei den meisten Infrastrukturvorhaben, die mit einer direkten Flächeninanspruchnahme einhergehen).

Daher wird insbesondere bei Starkstromleitungsvorhaben auf die Genehmigungsfähigkeit im direkten Vergleich der Tassenvarianten untereinander abgestellt, was sich auch in der ordinal-skalierten Bewertung der Raumwiderstandsklassen wiederfindet. Die zu erwartenden Schwierigkeit bzw. die Langwierigkeit, mit dem sich anschließenden Risiko für Gerichtsprozesse ist ebenfalls durch die Einstufung bestmöglich berücksichtigt.

Tabelle 3: Ordinal skalierte Raumwiderstandsklassen und deren Definitionen [Quelle: Methodik zur Strategischen Umweltprüfung des Bundesverkehrswegeplans 2030, BMVI DE 2016; Büro Froelich und Sporbeck 2015].

Raumwiderstandsklasse	Definition
sehr hoch IV	<ul style="list-style-type: none"> Sachverhalt, der durch vorhabensbedingte Beeinträchtigung erhebliche Umweltauswirkungen erwarten lässt und der sich zulassungshemmend auswirken kann. D. h., es ist ein Sachverhalt betroffen, der einer Zulassung des Vorhabens entgegenstehen kann, und sich i. d. R. auf eine rechtlich verbindliche Schutznorm gründet und erhebliche, für das Vorhaben sprechende Gründe erfordert (z. T. Befreiung bzw. Ausnahme- oder Abweichungsverfahren erforderlich).
hoch III	<ul style="list-style-type: none"> Sachverhalt, der durch vorhabensbedingte Beeinträchtigung ebenfalls zu erheblichen Umweltauswirkungen führen kann und der im Rahmen der Abwägung entscheidungserheblich ist. D. h., es ist ein Sachverhalt betroffen, der sich aus gesetzlichen oder untergesetzlichen Normen oder gutachtlichen, umweltqualitätszielorientierten Bewertungen begründet.
mittel II	<ul style="list-style-type: none"> Sachverhalt, der durch vorhabensbedingte Beeinträchtigung zu Umweltauswirkungen unterschiedlicher Erheblichkeit führt und der bedingt entscheidungsrelevant ist. D. h., es ist ein Sachverhalt betroffen, der sich aus gesetzlichen oder untergesetzlichen Normen oder gutachtlichen, umweltqualitätszielorientierten Bewertungen begründet, der aber im Sinne der Umweltvorsorge in die Abwägung zur Korridorfindung einfließt.
nachrangig I	<ul style="list-style-type: none"> keine hervorgehobenen Raumwiderstände keine Flächen ohne oder mit sehr eingeschränkter Verfügbarkeit, als relativ konfliktarm einzustufen

Der Raumwiderstand leitet sich jeweils aus demjenigen Sachverhalt mit dem höchsten Konfliktpotenzial bzw. der höchsten Entscheidungsrelevanz entsprechend der Definition der einzelnen Raumwiderstandsklassen ab. D.h. es wird das „Maximalwertprinzip“ angewendet. Bei Überlagerungen wird jeweils die höchste Klassifizierung gewertet. Es erfolgt dabei keine Doppelbewertung.

Zusammenfassend kann aus der Raumwiderstandsanalyse abgeleitet werden:

- wo sich konfliktarme Bereiche befinden, in denen eine Trassenführung mit potentiell geringen Auswirkungen auf die umwelt- und raumrelevanten Schutzgüter möglich ist

- oder ob eine Trasse aufgrund von Zwangspunkten durch Bereiche geführt werden muss, die erhebliche Auswirkungen auf die umwelt- und raumrelevanten Schutzgüter erwarten lässt und dementsprechend umfangreiche Aufwendungen für Vermeidung, Verminderung und Kompensation notwendig werden. Zudem sind derartige Trassenführungen i.d.R. mit einem größeren umweltbezogenen Zulassungsrisiko in nachgeordneten Verfahren behaftet und erfordern bei der weiteren Planung einen erhöhten Untersuchungsaufwand.



Abbildung 29: Korridorfindung durch Raumwiderstandsanalyse

Abbildung 29 zeigt die Korridorfindung durch die Raumwiderstandskarte. Die Einstufung der Kriterien stellt sich dabei wie in Tabelle 4 dar. Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden die genehmigungsrechtlichen und thematischen zugehörigen Gruppen eingeteilt:

Tabelle 4: Zuordnung der einzelnen Raum- und Umweltkriterien zu den Themengruppen und deren Einstufung in die Raumwiderstandsklasse

Umwelt- / Raumkriterium	RW-Klasse	Datengrundlage	
Mensch/Siedlung und Gesundheit			
NÖ / Stadt Wien			
• Siedlungsbereiche (Wohng., Mischg, Ind., Betriebg. (Best. und Plan.))	sehr hoch	Land NÖ	Stadt Wien
• Ausgewiesene Naherholungsgebiete (Bestand und Planung)	sehr hoch	Land NÖ	Stadt Wien
• Deponien, Halden, Tagebau (Bestand und Planung)	hoch	Landesplanung, MinRoG	
• Flughafen, Flugsicherheitszone Zone A, B, C, E	hoch	Flughafen Wien AG	
• Militärische Einrichtungen	hoch	Bundesheer	
Natur und Landschaft			
• Europaschutzgebiete (Natura 2000), Naturdenkmale	sehr hoch	Land NÖ	Stadt Wien
• Naturschutzgebiete unterschiedlicher Kategorien	hoch	Land NÖ	Stadt Wien
• Artenschutzrechtliche Themen in der Fläche	hoch	Land NÖ	Stadt Wien
• Waldbereiche (WEP-besondere Bereiche)	mittel	Waldentwicklungsplan	
• Migrationskorridore Wildtiere	mittel	Lebensraumvernetzung BMLRT	
• Landschaftsträgerstrukturen (Gehölzstrukturen)	hoch	Biotopkartierung	Landschaftstypen
• Landschaftsschutzgebiete	hoch	Land NÖ	Stadt Wien
• Sonderkulturen (z.B. Intensivanbau/ Gewächshäuser)	mittel	Land NÖ	Stadt Wien
• Bereiche landschaftsorientierte Erholung	mittel	Stadt Wien	
Wasser			
• Wasserschutzgebiete Schutzkategorie I, II	sehr hoch	Land NÖ	Stadt Wien
• Wasserschongebiete	hoch	Land NÖ	Stadt Wien
• Still- und Fließgewässer (Donau)	mittel	Land NÖ	Stadt Wien
• Überschwemmungsgebiete (HQ ₁₀₀)	mittel	EHORA	EHORA
Boden (Generalbetrachtung)			
• Besonders schutzwürdige Böden (z.B. Moore)	sehr hoch	BFW EBOD	
• Besonders fruchtbare Böden (z.B. Tschernoseme)	hoch	BFW EBOD	
Kultur- und Sachgüter			
• Bedeutende Kulturgüter (außerhalb des Siedlungsraumes)	sehr hoch	Land NÖ / Stadt Wien	
• Bedeutende Sachgüter	hoch	Spartenträger	

Legende Datengrundlagen:

- FWP = Flächenwidmungsplan
- BMLRT = Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus
- BFW = Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft
- EHORA = Natural Hazard Overview & Risk Assessment Austria, Internetportal zu Georisiken des BNMT
- EBOD = Digitale Bodenkarte des Bundesforschungszentrums für Wald
- MinroG = Mineralrohstoffgesetz

4. UMSETZUNGSANALYSE DER AUSGEWÄHLTEN TRASSENVARIANTEN

In diesem Abschnitt wird der umspannte Raum der einzelnen Trassenvarianten für die 380 kV dargestellt und dann in Bezug auf unterschiedliche räumliche Widerstände als auch technischer Umsetzung analysiert.

4.1 380 kV Trassen vom Umspannwerk Wien Südost

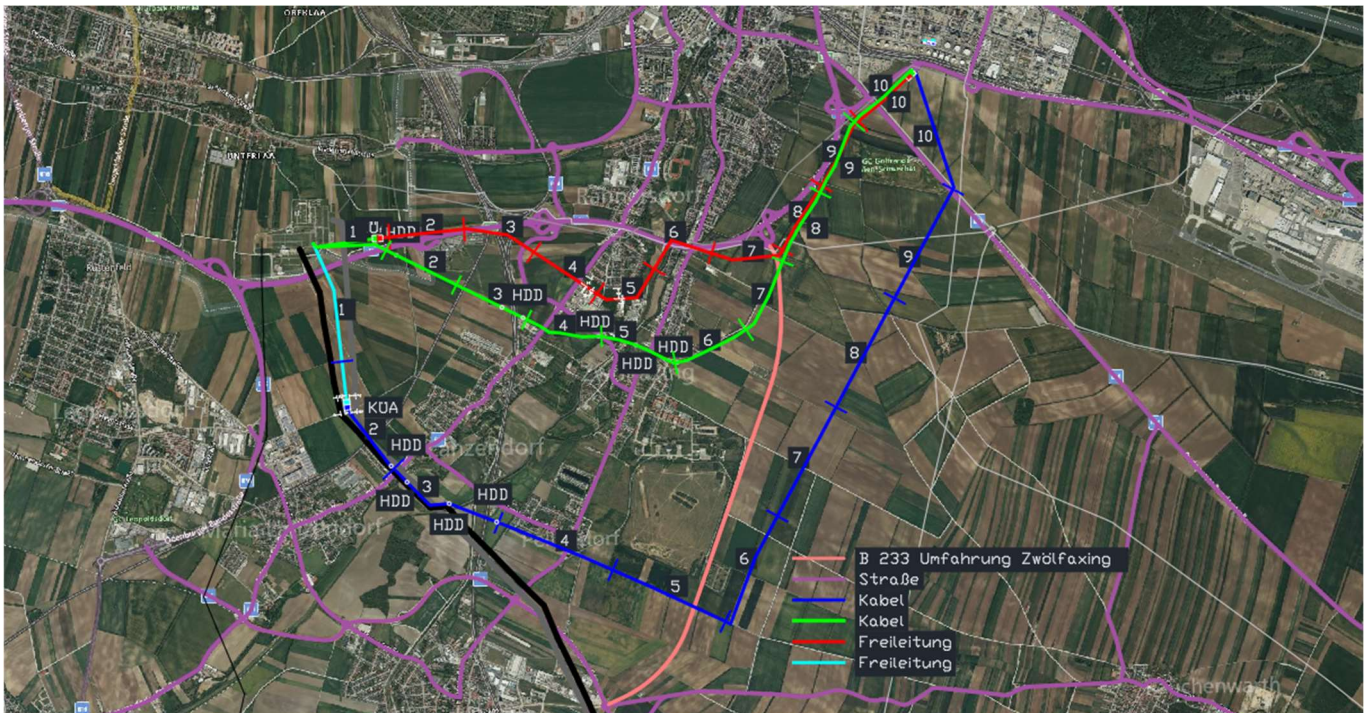


Abbildung 30: Übersichtsplan Trassenvarianten 380 kV (El Tatawy, Hiesl, Schussek, & Dittrich, 2022)

Die unterschiedlichen Trassenvarianten sind in Abbildung 30 dargestellt: Trasse „Pellendorf“ in Türkis-Blau, Trasse „Zwölfaxing“ in Grün und Trasse „Rannersdorf“ in Grün-Rot. Zudem wurde in Orange die geplante Umfahrung von Zwölfaxing ebenso dargestellt. Diese ist derzeit noch nicht realisiert und es gibt noch kein offizielles Datum für Baubeginn bzw. Fertigstellung. Grundsätzlich betrifft die Umfahrung alle drei Varianten, wobei bei der Trassenvariante „Pellendorf“ und „Zwölfaxing“ entweder Leerverohrung vorgesehen werden kann oder bei späterem Bau, jeweils eine HDD-Bohrung vorgesehen werden muss. Bei der Variante Rannersdorf könnte die Umfahrung relativ einfach durch die Freileitung überspannt werden.

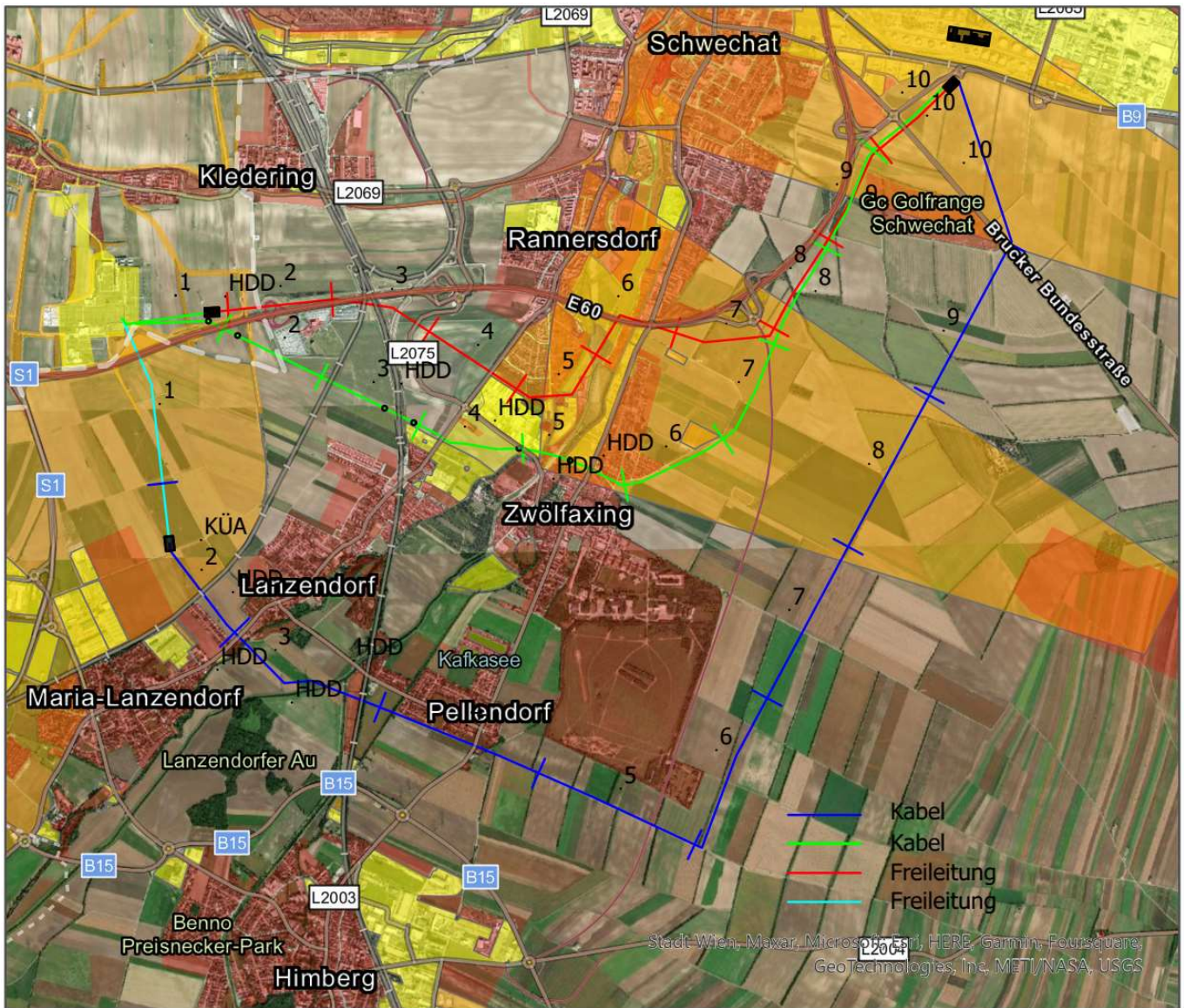
Der Untersuchungsraum, im speziellen für die Raumwiderstände dargestellt in Abbildung 31, vom Umspannwerk Wien Süd-Ost hin zur Raffinerie Schwechat ist dreigeteilt. Vom Umspannwerk Wien-Südost in östliche Richtung dominieren zunächst landwirtschaftlich genutzte Flächen den Untersuchungsraum. Wichtig zu erwähnen ist, dass das Umspannwerk auf Gebiet der Stadt Wien liegt, alle weiteren östlich anschließenden Gebiete liegen auf niederösterreichischem Gebiet. Eine markante Widerstandszone stellt das im Untersuchungsraum circa mittig verlaufende Siedlungsband von Maria-Lanzendorf bis Schwechat dar.

Die Siedlungsbereiche von Lanzendorf, Pellendorf, Zwölfaxing und Rannersdorf liegen - dem Gewässerverlauf der Schwechat folgend – aneinandergereiht und gehen ineinander über. Da die Siedlungen mit ihren bebauten Flächen zu einem dichten Siedlungsband verwoben sind, ergeben sich nur wenige (bis keine) Möglichkeiten eine kreuzende Wegbarkeit ausfindig zu machen. Wohn-, Misch- und Betriebsgebiete sind im Siedlungsgebiet vorhanden. Östlich des Siedlungsbands folgt ein offener, landwirtschaftlich genutzter Bereich bis hin zur OMV-Raffinerie Schwechat.

Zahlreiche bestehende Infrastrukturen sind im Raum vorhanden. Hauptaugenmerk liegt auf der Schnellstraße S1, die den Raum in west-östlicher Richtung durchzieht, ebenso wie mehrere Bundesstraßen sowie die geplante Umfahrung von Zwölfaxing, die Zwölfaxing ostseitig umfährt und an die S1 anschließt.

Zudem sind mehrere Anschlussbauwerke vorhanden. Weiters sind diverse Starkstromleitungen (als Freileitung) im Bestand vorhanden, die an das Umspannwerk Wien Südost aus allen Himmelsrichtungen am Johannesberg einbinden. Ferner sind Windkraftanlagen in der Flur vorhanden.

Südlich der Raffinerie ist die Flugsicherheitszone des Flughafens Wien relevant. In der landwirtschaftlichen Fläche sind die Flächen der geplanten 3. Piste des Flughafens Wien in die Analyse miteinbezogen. Hieran knüpfen sich Höhenbeschränkungen.



Legende

Bewertung des Raumwiderstandes

- Sehr hoch
- Hoch
- Mittel

Trassenvariante

- Pellendorf
- Zwölfaxing
- Rannersdorf



Abbildung 31: Übersichtsplan Trassenvarianten 380 kV unter Berücksichtigung des Raumwiderstandsmusters

Die relevanten Konfliktpunkte werden in den folgenden Abschnitten auf Raum- und Umweltkriterien bezogen beschrieben. Zudem erfolgt in den nächsten Abschnitten eine nähere Betrachtung einerseits der Dimensionierung der Leitungsquerschnitte und andererseits die Darstellung unterschiedlicher Sektionen mit erhöhtem technischem Widerstand. Dazu wurden alle drei Trassenvarianten einheitlich in 10 Sektionen unterteilt, wie auch in Abbildung 30 und Abbildung 31 ersichtlich.

4.1.1 Raumwiderstand Mensch und Siedlung (Gesundheit)

Abbildung 32 stellt den relevanten Ausschnitt für den Raumwiderstand Mensch und Siedlung für die betroffenen Trassenvarianten dar. In Sektion 6 der Variante Rannersdorf werden Wohngebiete im Bereich der Querung der S1 in Nahelage durch die Freileitung überspannt (M1). Wohnhäuser liegen in diesem Bereich ca. 30 bis 40m von der Achse der Freileitung entfernt. In diesem Bereich sind die Masten aufgrund der Flugsicherheitszone in der Höhe begrenzt. Weiters befindet sich östlich des zwischengelegenen Industriegebiets eine gewidmete Parkanlage (Gp), wobei es sich um Gestaltungsflächen aus dem Bauprojekt der S1 handelt (M2).

Die Bewertung des Konflikts mit dem Raumwiderstand wird mit „sehr hoch“ bewertet, da vorhabensbedingt im Betrieb erhebliche Beeinträchtigungen durch Elektromagnetische Felder nicht ausgeschlossen werden können. Es handelt sich hierbei um einen humanmedizinischen Vorsorgewert, den es einzuhalten gilt. In der weiteren Planung sind hier Überschreitungen von 1 µT anzunehmen. Der Vorsorgewert rührt u.a. von der Genehmigung im UVP-Verfahren der 380kV-Salzburgleitung her, in dem dieser Wert genehmigungsrechtlich zur Anwendung kam (vgl. Kapitel 4.4).

In Sektion 6-7 der Variante Rannersdorf wird nahe einer Parkanlage eine Freileitung errichtet, wodurch sich die Erholungsfunktion reduziert und sich landschafts- bzw. ortsbildbezogene Themen auf tun (M2). Dadurch, dass sich im Bereich bereits eine Freileitung befindet sind kumulative Effekte zu prüfen und die Gesamtakzeptanz für eine weitere Freileitung zu berücksichtigen.

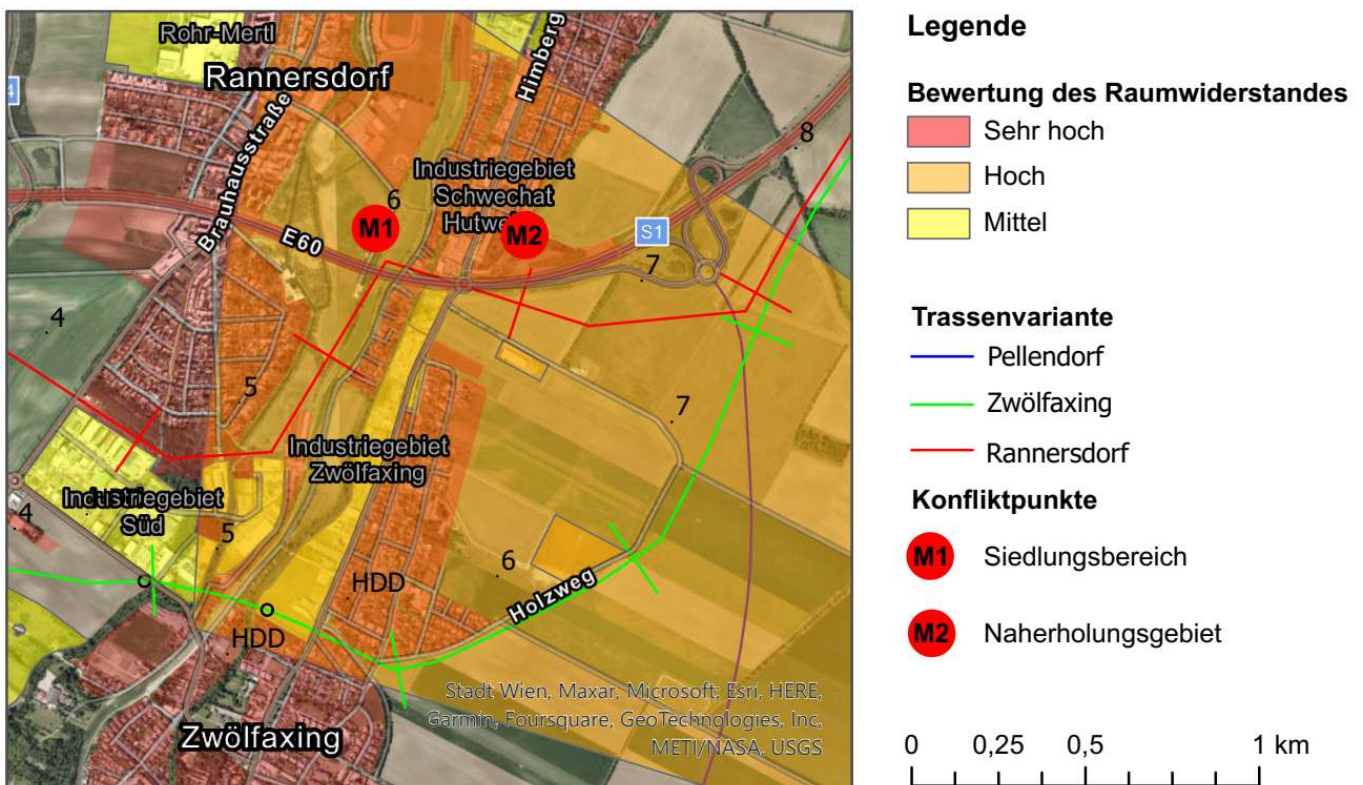


Abbildung 32: Raumwiderstand Mensch / Siedlung 380 kV Untersuchungsraum

4.1.2 Raumwiderstand Natur und Landschaft

Die Analyse des Raumwiderstandes Natur und Landschaft ist in Abbildung 33 dargestellt.

In Sektion 1 aller Varianten ergeben sich potenzielle Konflikte für den Naturschutz, bzw. aus artenschutzrechtlicher Sicht. Dies gilt sowohl für die Freileitungs- als auch für die Erdkabelvarianten in diesem Bereich. Im Gebiet um das Umspannwerk bestehen diverse, weitläufige Zieselhabitate, vor allem in einem Gebiet südöstlich des Umspannwerks. Nahe der S1 werden weitere Lebensräume vermutet, bzw. gibt es hierzu Beobachtungen durch den Betreiber des Umspannwerks APG.

Für Zieselhabitate, die durch das Projekt potentiell wegfallen, werden zunächst mögliche artenschutzrechtliche Verbotstatbestände ausgelöst. Durch CEF-Maßnahmen bzw. Optimierung des Baukonzeptes können Genehmigungsrisiken eingeschränkt werden. Vertiefende Abstimmungen hierzu werden mit den zuständigen Naturschutzsachverständigen getroffen. In diesem Fall mit der Stadt Wien (P4).

In der Sektion 1-2 für die direkt nach Osten aus dem Umspannwerk sich entwickelnden Varianten „Rannersdorf“ und „Zwölfaxing“ (in diesem Bereich noch beide als Erdkabel geführt), kommt hinzu, dass das Gebiet am Johannesberg rund um das Umspannwerk von naturschutzbezogenen Leitstrukturen durchzogen wird. Die S1 wird im östlichen Nahbereich von einer Grünbrücke überspannt und die entsprechenden Leitstrukturen sind nördlich und südlich der Grünbrücke (P3).

Die Bewertung des Konfliktes im Raumwiderstand wird mit „hoch“ bewertet, da sich durch vorhabensbedingte Beeinträchtigungen Umweltauswirkungen erwarten lassen, die zusätzliche Bearbeitung erfordern. Durch Maßnahmen zur Vergrämung der Ziesel ggf. in Verbindung mit CEF Maßnahmen, sind diese Natur- und Artenschutzthemen im Zuge des naturschutzrechtlichen Einreichoperats als genehmigungsfähig erwartbar.

In der Sektion 4-5 wird durch die Freileitung Rannersdorf ein innerörtlicher Grüngürtel überspannt (L3). Der Bereich ist zum Zweck des Immissionsschutzes angepflanzt worden und weist derzeitig mehrheitlich jüngeren Forstbestand auf. Laut Flächenwidmungsplan der Gemeinde Schwechat handelt es sich um eine Fläche des Grüngürtels (Ggü) mit Funktion des Immissionsschutzes zwischen einem Betriebsgebiet im Süden und einem ausdehnten Wohngebiet im Norden.

Bei Aufwuchsbeschränkungen bzw. Leitungsservituten durch Überspannung, bzw. Aufstellen der Freileitungsmasten und etwaigen Rodungen (wenn auch nur inselhaft für den Maststandort) ist von Auswirkungen auf das Landschaftsbild auszugehen. Rodungen in einer Schutzwaldfläche bedürfen der forstrechtlichen Genehmigung.

Die Bewertung des Konfliktes mit Raumwiderstand wird mit „sehr hoch“ bewertet, da sich durch vorhabensbedingte Beeinträchtigungen erhebliche Umweltauswirkungen erwarten lassen und sich das zulassungshemmend auswirken kann.



Legende

Bewertung des Raumwiderstandes

- Sehr hoch
- Hoch
- Mittel

Trassenvariante

- Pellendorf
- Zwölfaxing
- Rannersdorf

Konfliktpunkte

- L3 Emissionsschutzwald
- P3 Migrationskorridor
- P4 Ziesel

Abbildung 33: Raumwiderstand Natur & Landschaft 380 kV Untersuchungsraum

4.1.3 Raumwiderstand Wasser

In der Sektion 4-5, siehe Abbildung 34, wird durch die Freileitungsvariante „Rannersdorf“ ein Überschwemmungsbereich HQ₁₀₀ und die die Schwechat als Fließgewässer überspannt. Maststandorte im potentiellen Überflutungsbereich müssen wasserrechtlich genehmigt werden (W4).

In der Sektion 4-5 wird durch die Erdkabelvariante „Zwölfaxing“ und genauso ein Überschwemmungsgebiet HQ₁₀₀ gequert (W4). Die Querung des Fließgewässers Schwechat wird als geschlossene Querung ausgeführt, wodurch die zulassungshemmenden Projektfolgen verringert werden. Dennoch liegen die Start- und Zielgruben der geschlossenen Querung im Überschwemmungsbereich was besondere Auflagen zur Folge haben wird und der wasserrechtlichen Genehmigung bedürfen.

Die Variante „Pellendorf“ verläuft in den Sektionen 1-2 – vornehmlich als Freileitung ausgeführt - durch ein Wasserschongebiet (W2). Auch die Kabelübergangsanlage (KÜA) liegt in diesem Bereich.



Legende

Bewertung des Raumwiderstandes

- Sehr hoch
- Hoch
- Mittel

Trassenvariante

- Pellendorf
- Zwölfaxing
- Rannersdorf

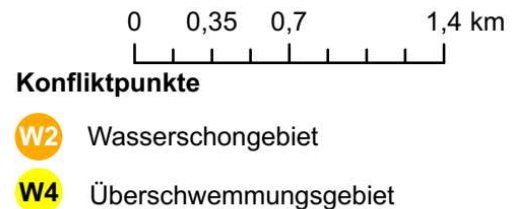


Abbildung 34: Raumwiderstand Wasser 380 kV Untersuchungsraum

4.1.4 Raumwiderstand Boden und Geologie

Im Untersuchungsraum 380 kV ist der vorherrschende Bodentyp die Schwarzerde, phasenweise durchsetzt mit Kolluvium. Einzig entlang des Überflutungsraums der Schwechat sind Auenböden vorherrschend. Die geologische Einheit ist Schotter der Donauterrassen.

Die gleichförmigen räumlichen Verteilungsmuster der Bodenarten und des Ausgangsgesteins sind nicht ausschlaggebend für die Variantenbewertung, weil einerseits jeweils gleiche Typen beansprucht wurden und andererseits bei den Erdkabelvarianten von einer vollständigen Rekultivierung der Böden auszugehen ist, sodass keine Resterheblichkeit verbleibt.

Aufgrund hoher Bonitäten im Untersuchungsraum ist ein fachgerechter Bodenschutz, auch im Hinblick auf die Akzeptanz der Landwirtschaft, empfehlenswert.

4.1.5 Raumwiderstand Kultur und Sachgüter

Im Untersuchungsraum befindet sich in der Aue der Schwechat eine Gasstation der OMV die in unmittelbarer Nahelage von 35 m zur Freileitung „Rannersdorf“ liegt.

4.1.6 Technische Dimensionierung des 380 kV Hochspannungskabels & Freileitung

Die Dimensionierung des Hochspannungskabels wurde nach der beschriebenen Methodik in Kapitel 3.1.2.1 durchgeführt. Die Dimensionierung erfolgt auf Basis eines 380 kV Doppelsystems mit somit 12 zu

verlegenden Kabel in der Erdkabelvariante. Als Leitermaterial wird Kupfer aufgrund der höheren Leitfähigkeit und der hohen zu übertragenden Leistung herangezogen. Folgende Parameter wurden für die vereinfachte Berechnung herangezogen, vergleiche Tabelle 5:

Tabelle 5: Parameter für die Auslegung des 380 kV Cu Erdkabels

Parameter	Wert
Scheinleistung S	1333 MVA
Betriebsspannung U	380 kV

Die maximal geforderte Wirkleistung laut Kapitel 1.1 beträgt 1200 MW. Bei einem Leistungsfaktor von 0,9 zwischen Wirkleistung und Scheinleistung bedeutet dies eine Scheinleistung von 1333 MVA. Vereinfacht wird in dieser Berechnung von einer Bandlast, also einem Lastfaktor von 1 ausgegangen. Aufgeteilt auf ein Doppelsystem muss ein System im Regelbetrieb somit zumindest 666 MVA im Dauerbetrieb übertragen können. Über Formel 2, wird der Strangstrom berechnet.

$$I_{Str.} = \frac{S}{\sqrt{3} * U} = \frac{\frac{1333}{2} MVA}{\sqrt{3} * 380 kV} = 1013 A$$

Formel 2: Ermittlung des Betriebsstrom 380 kV Kabel

- $I_{Str.}$ Strangstrom
- S..... Scheinleistung
- U..... Spannung
- $\sqrt{3}$ Drehstromfaktor

Aufgrund des hohen Stroms und der zu erwarteten schlechteren Wärmeabfuhr durch HDD Bohrungen bzw. engerer Kabelführung muss ein großer Querschnitt gewählt werden um die zu übertragende Leistung ohne Überlastung des Kabels sicherzustellen.

Unter Einhaltung der bereits erläuterten Bedingungen wurde ein Hochspannungskabel mit dem Leitermaterial Kupfer ausgewählt. In Tabelle 6 und Tabelle 7 sind die technischen Daten des Hochspannungskabels aufgelistet.

Tabelle 6: Technische Daten Hochspannungskabel 2XS(FL)2Y 1x2500RM/250 220/380 (420) kV (BRUGG KABEL AG, XDRCU-ALT Einleiter-Hochspannungskabel 380/220 (420) kV, 2022)

Technische Daten

Leiterquerschnitt	Durchmesser (ca.)	Kabel-Gewicht (ca.)	AC-Widerstand	AC-Widerstand	Reaktanz	Reaktanz	Kapazität	min. Biegeradius	max. zul. Zugkraft
mm ²	mm	kg/m	$\frac{\text{m}\Omega}{\text{km}}$	$\frac{\text{m}\Omega}{\text{km}}$	$\frac{\text{m}\Omega}{\text{km}}$	$\frac{\text{m}\Omega}{\text{km}}$	$\frac{\mu\text{F}}{\text{km}}$	mm	kN
630	112	13	61.9	61.5	141	217	0.131	2300	19
800	112	13	49.4	48.8	133	209	0.148	2300	24
1000	114	14	40.3	39.5	127	203	0.163	2300	30
1200	116	14	35.2	34.3	123	197	0.176	2400	36
1400	122	16	27.6	27.5	117	188	0.199	2500	42
1600	126	17	24.3	24.2	116	185	0.207	2600	48
2000	130	18	19.7	19.5	113	180	0.219	2600	60
2500	136	20	17.0	16.8	109	173	0.239	2800	75

Tabelle 7: Strombelastbarkeit Hochspannungskabel 2XS(FL)2Y 1x2500RM/250 220/380 (420) kV (BRUGG KABEL AG, XDRCU-ALT Einleiter-Hochspannungskabel 380/220 (420) kV, 2022)

Belastbarkeit

Anordnung Umg.-temp Wärme-wid. Lastfaktor	20 °C 1.0 Km/W				35 °C in Luft	
	$\frac{\text{m}\Omega}{\text{km}}$	$\frac{\text{m}\Omega}{\text{km}}$	$\frac{\text{m}\Omega}{\text{km}}$	$\frac{\text{m}\Omega}{\text{km}}$	$\frac{\text{m}\Omega}{\text{km}}$	$\frac{\text{m}\Omega}{\text{km}}$
Querschnitt mm ²	A	A	A	A	A	A
630	678	742	806	866	849	933
800	766	845	917	993	980	1088
1000	854	950	1028	1123	1113	1248
1200	919	1029	1111	1222	1217	1375
1400	1046	1161	1271	1387	1418	1596
1600	1116	1241	1359	1487	1528	1725
2000	1241	1389	1518	1669	1726	1963
2500	1340	1508	1648	1824	1908	2190

Der Querschnitt eines Aluminiumkabels müsste wegen der schlechteren Leitfähigkeit noch deutlich darüber gewählt werden, allerdings sind größere Querschnitte am Markt nur schwer oder gar nicht verfügbar, weshalb ein Aluminiumerdkabel bei dieser Variante nicht in Frage kommt. Etwas anders verhält es sich bei Freileitungen, wo Aluminium/Stahl Kabel üblich sind. Die entsprechend mögliche Type für Freileitungen ist in Tabelle 8 dargestellt. Das in Tabelle 8 ausgewählte Aluminium-Stahlseil entspricht der in Kapitel 3.1.1.1 in Abbildung 13 dargestellten Mastformen und Seilkonfiguration.

Tabelle 8: Freileitungsdaten (Freileitungs-Gesellschaft mbH & Co. Kg, 2022)

Aluminium-Stahlseile DIN 48204-4/84

Nennquerschnitt.....	mm ²	495/35	510/45	550/70	560/50	570/40	650/45	680/85	1045/45
Sollquerschnitt.....	mm ²	528,4	555,8	620,9	611,2	610,7	698,8	764,5	1090,9
ST -Drahtzahl x Ø.....	mm	7 x 2,49	7 x 2,87	7 x 3,60	7 x 3,00	7 x 2,68	7 x 2,87	19 x 2,40	7 x 2,87
-Kerndurchmesser.....	mm	7,47	8,61	10,80	9,00	8,04	8,81	12,00	8,61
-Querschnitt.....	mm ²	34,09	45,28	71,25	49,48	39,49	45,28	85,95	45,28
-Gewicht.....	kg/km	272	359	567	394	314	359	697	361
AL -Drahtzahl x Ø.....	mm	45 x 3,74	48 x 3,68	54 x 3,60	48 x 3,86	45 x 4,02	45 x 4,30	54 x 4,00	72 x 4,30
-Querschnitt.....	mm ²	494,36	510,54	549,65	561,7	571,16	653,49	678,58	1045,58
-Gewicht.....	kg/km	1364	1411	1518	1548	1575	1804	1867	2888
Querschnittsverhältnis Al/St.....		14,5	11,3	7,7	11,3	14,5	14,5	7,7	23,1
Seildurchmesser.....	mm	29,9	30,7	32,4	32,2	32,2	34,4	36,0	43,0
Gewicht.....	kg/km	1636	1770	2085	1943	1889	2163	2564	3249
Rechnerische Bruchkraft.....	kN	120,31	134,33	167,42	146,28	137,98	155,52	209,99	217,87
Gleichstrom-Widerstandsbelag.....	Ohm/km	0,0584	0,0566	0,0526	0,0514	0,0506	0,0442	0,0426	0,0277
Dauerstrombelastbarkeit.....	A	985	995	1020	1040	1050	1120	1150	1580
Querschn. bez. Längengewichtskraft...	N/m mm ²	0,0309	0,0320	0,0336	0,0320	0,0309	0,0309	0,0336	0,0298
Längenausdehnungskoeffizient.....	10 ⁻⁶ K ⁻¹	20,9	20,5	19,3	20,5	20,9	20,9	19,4	21,7
Prakt. Elastizitätsmodul.....	kN/mm ²	61	62	70	62	61	61	68	60

4.1.7 Technische Analyse Trassenvariante Pellendorf

Die Trassenvariante Pellendorf ist konzipiert als Hybridvariante mit Start als Freileitung im Bereich des Umspannwerkes Wien Südost, anschließender Kabelübergangsanlage und Weiterführung als Erdkabel bis zur Raffinerie Schwechat. Trotz der Konzeption als Freileitung zur einfachen Querung der S1 in diesem Bereich erfolgt die Anbindung an das Umspannwerk Südost laut APG dennoch via Kabelanlage. Deshalb muss am Gelände der APG in einem weiteren Schritt eine Kabelübergangsanlage mitgeplant werden. Die Planung der Trasse in dieser Machbarkeitsstudie erfolgt ab dem Gelände außerhalb APG und somit mit dem ersten Abspannmasten.



Abbildung 35: Abgang vom Umspannwerk Trassenvariante Pellendorf (El Tatawy, Hiesl, Schusseck, & Dittrich, 2022)

Im Bereich des Umspannwerkes Wien Südost, Sektion 1, kommen entweder Donaumasten oder Tonnenmasten zum Einsatz. Da das Freileitungssystem als Doppelsystem konzipiert ist, befindet sich aufgrund der symmetrischen Aufteilung jeweils ein System links und ein System rechts auf den Masten.

In Sektion 2 ist es aufgrund der bereits bestehenden angrenzenden Freileitungen erforderlich eine Kabelübergangsanlage zu errichten und anschließend über ein Erdkabelsystem die geforderte Leistung zu übertragen, siehe Abbildung 35. Die genaue Positionierung der Kabelübergangsanlage erfolgt dabei anhand der Festlegung erforderlicher Rangierflächen zur Errichtung als auch notwendiger Abstände zu den bestehenden Leitungsanlagen. Grundsätzlich stellt diese Konstellation mehrere Herausforderungen in der technischen Umsetzung bzw. in der notwendigen Verfügbarkeit der Leitung dar:

- Rangierflächen für Kräne oder ähnliches müssen zum Aufbau der Kabelübergangsanlage zur Verfügung stehen.
- Bei Errichtung mit Kränen besteht die Möglichkeit, dass Kräne über die anderen Leitungen hinweg arbeiten müssen, was die Abschaltung der beiden anderen Systeme zur Folge hat.
- Bei Arbeiten bzw. Instandhaltung an den benachbarten Hochspannungsleitungen müsste die Trasse Pellendorf abgeschaltet werden, was die Verfügbarkeit der Leitung mindert.
- Bei Wartung der Trasse Pellendorf in diesem Bereich und Arbeiten müssten ebenso die beiden anderen Leitungen abgeschaltet werden.
- Kabelübergangsanlagen und Peripherikomponenten stellen immer eine potentielle Schwachstelle in einem System dar und müssen regelmäßig gewartet werden. Dies beeinflusst ebenfalls die Verfügbarkeit der Leitung.
- Der Trassenverlauf mittels Erdkabel entlang der bestehenden Hochspannungstrassen muss geprüft werden. APG hat dazu Prüfung und Rückmeldung angekündigt.

Durch die beschriebenen Umstände kann es zu einer verminderten Verfügbarkeit der Leitung kommen.

Die Erdkabeltrasse ab Sektion zwei besteht aus vier Kabelsystemen, die jeweils in Dreieck verlegt sind, vergleiche Abbildung 17. Jeweils zwei dieser Kabelsysteme bilden einen Teil des Doppelsystems und müssen im Worst-Case 1333 MVA übertragen können.

Mögliche weitere Widerstände ergeben sich in den Sektionen 2 und 3, wo die Obere Hauptstraße als auch unterschiedliche Arme der Schwechat gequert werden müssen. Diese Widerstände werden dahingehend aufgelöst, als dort das HDD-Verfahren zum Einsatz kommt und unter der Straße bzw. unter dem Fluss durchgebohrt und die Erdkabel darunter verlegt werden können, wie Abbildung 36 darlegt.



Abbildung 36: Detaildarstellung Sektion 2 & 3 der Trassenvariante Pellendorf (El Tatawy, Hiesl, Schussek, & Dittrich, 2022)

Abbildung 37 weist sodann die Sektoren 4-6 aus. In diesen Sektoren muss die Schwechater Straße und die Panzerstraße mittels offener Bauweise gequert werden. Die geplante Umfahrung Zwölfaxing, deren Bau und Fertigstellung noch nicht terminisiert ist, muss ebenso gequert werden. Bei Bau der Leitung vor Umfahrbau können einfach Verrohrungen vorgesehen werden, die dann beim Bau der Umfahrung berücksichtigt werden können und darunter verlaufen. Sollte die Umfahrung vor Bau der Trasse fertiggestellt sein, dann kann ebenfalls mittels HDD-Verfahren gequert werden.

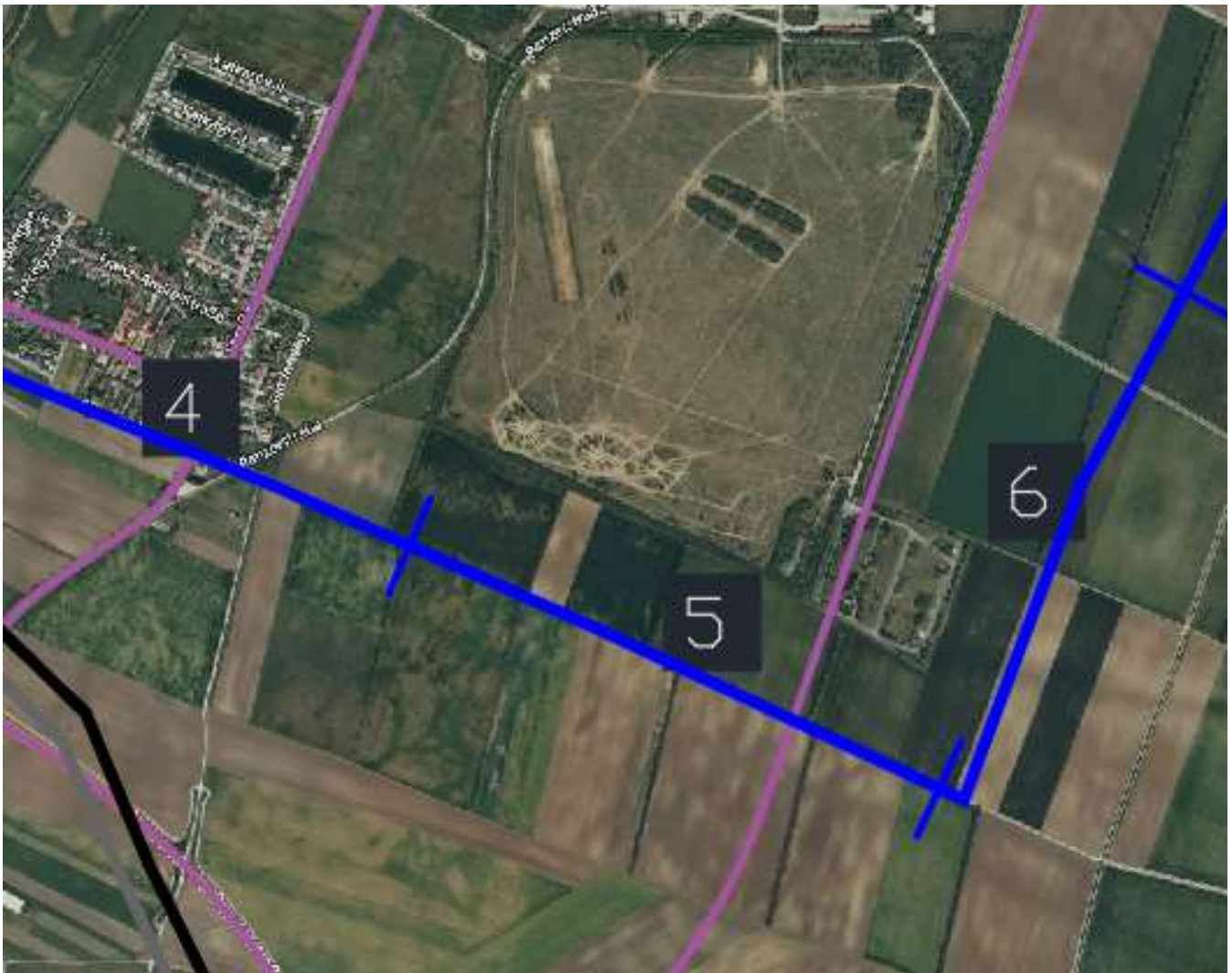


Abbildung 37: Querung Schwechater Straße, Panzerstraße und B 223 Umfahrung Zwölfaxing (El Tatawy, Hiesl, Schusseck, & Dittrich, 2022)

In den Sektionen 6 bis 9 dieser Trassenvariante, vergleiche Abbildung 38, ist mit keinem erhöhten technischen Widerstand zu rechnen. Die bevorzugte Verlegeart in diesen Sektionen ist die offene Bauweise, wie in Abschnitt 3.1.2.2 b ausgeführt. Anschließend erfolgt die Querung der Budapester Bundesstraße mittels offener Bauweise in Sektion 10 und die Anbindung der Raffinerie, wie ebenfalls in Abbildung 38 dargestellt.

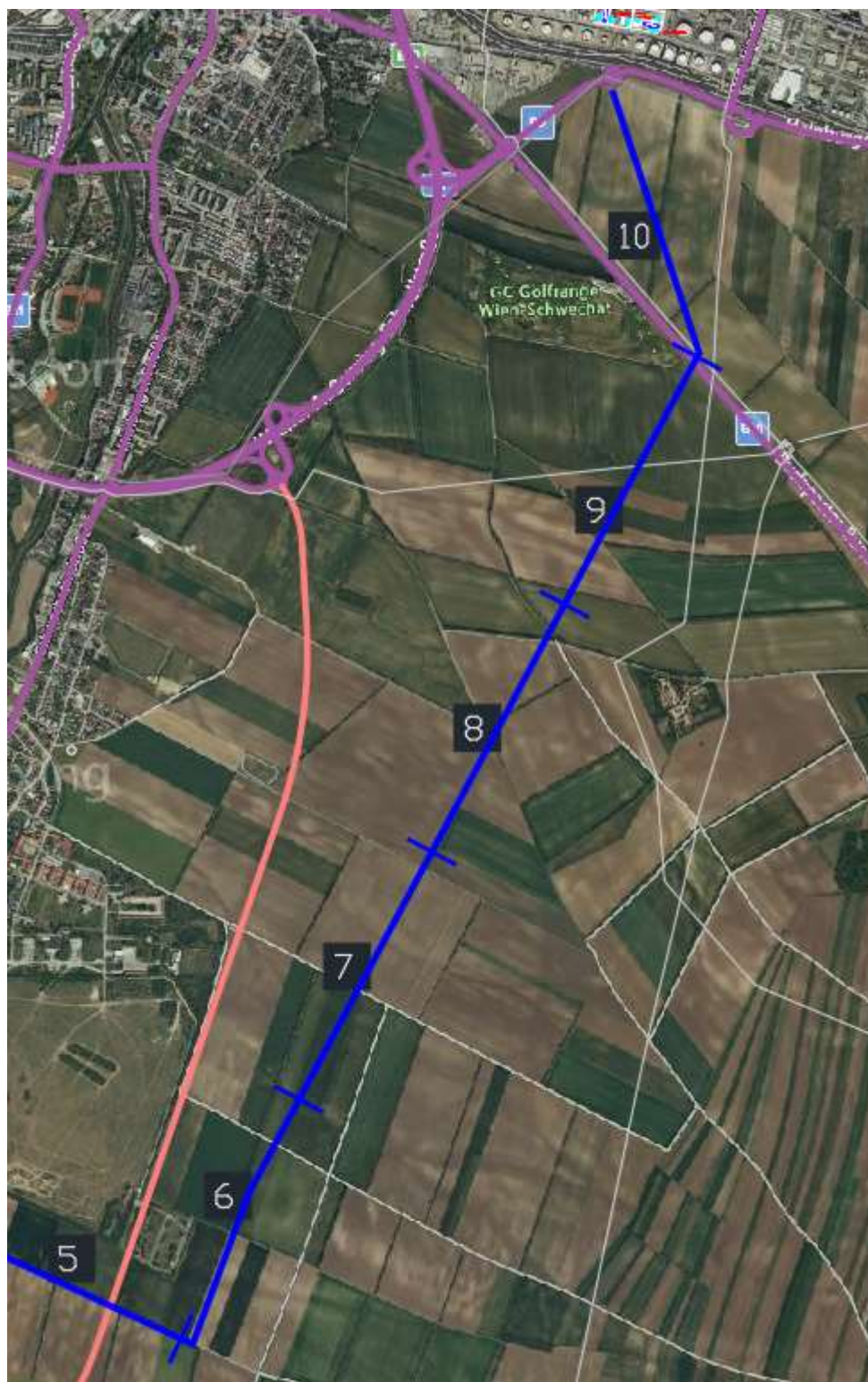


Abbildung 38: Trassenvariante Pellendorf Sektionen 6 bis 9 (El Tatawy, Hiesl, Schusseck, & Dittrich, 2022)

4.1.8 Technische Analyse Trassenvariante Rannersdorf

Die Trassenvariante Rannersdorf ist wie die Trassenvariante Pellendorf eine Kombination aus Freileitung und Erdkabeltrasse und somit eine Hybridvariante. Der Abgang in östlicher Richtung ist aus Gründen der Verfügbarkeit der Leitung nur über ein Erdkabel möglich, da ansonsten eine bestehende 220 kV Leitung umspannt werden müsste, was zwar technisch kein Problem darstellt, allerdings bei Wartungsarbeiten, die jeweils beide Leitungen abgeschaltet werden müssten.

In dieser Trassenvariante erfolgt der Abgang aus dem Umspannwerk mit einer Erdkabelanlage bestehend aus vier Kabelsystemen, siehe Abbildung 39. Anschließend erfolgt in Sektion 1 über eine Kabelübergangsanlage der Übergang vom Kabelsystem auf eine 380 kV Freileitung. In diesen Sektionen kommen voraussichtlich Donaumasten zum Einsatz. Der Mastabstand ist in den in Abbildung 39 dargestellten Sektionen voraussichtlich 400 m.



Abbildung 39: Trassenvariante Rannersdorf Sektionen 1,2 und 3 (El Tatawy, Hiesl, Schusseck, & Dittrich, 2022)

Aufgrund der Flughafenbegrenzungszone wird ab Sektion 4 eine verkürzte Version des Donaumastes eingesetzt. Zusätzlich befindet sich in Sektion 4 ein Emissionsschutzwald, welcher überspannt werden muss. Durch das angrenzende Siedlungsgebiet werden die Masten soweit an das Industriegebiet herangezogen, sodass der $1 \mu\text{T}$ Korridor, erläutert in Abschnitt 4.4.1, eingehalten werden kann und somit keine Beeinträchtigung durch magnetische Felder vorherrschen sollte. Die Flughafenbegrenzungszone E ist auf eine Höhe von 224 m über Adria begrenzt und es dürfen keine Geräte sowie Bauteile diese Zone durchragen. Aufgrund dessen ergibt sich ein Mastabstand von ca. 200 – 300 m. Ausgehend vom Trassenverlauf ergibt sich an manchen Punkten eine maximale Masthöhe von etwa 40 m. Die Sektionen 4,5 und 6 sind in Abbildung 40 dargestellt.



Abbildung 40: Trassenvariante Rannersdorf 4,5 und 6 (El Tatawy, Hiesl, Schusseck, & Dittrich, 2022)

In Abschnitt 6 muss zudem der Kreisverkehr Rannersdorf überspannt werden. Außerdem ist es in Abschnitt 6 schwierig den 1 μ T Korridor zu Wohngebäuden einzuhalten, was auch einen zusätzlichen, schwerer zu überwindenden technischen Widerstand darstellt. Eine Lösung durch Erdkabel ist dort zudem nicht zielführend, weil einerseits auf dem geplanten Trassenkorridor der Tunnel Rannersdorf quert und andererseits ein mehrfaches Wechseln von Freileitung auf Kabel und zurück aufgrund der Wartungsintensität und der höheren Ausfallwahrscheinlichkeit technisch zwar möglich, aber nicht sinnvoll darstellbar ist.

In den Sektionen 7, 8, 9 und 10 wird die Freileitungstrasse entlang der Autobahn S1 geführt und es sind keine größeren technischen Widerstände zu erwarten. Allerdings muss die Anbindung der Raffinerie Schwechat über Erdkabel erfolgen, weshalb eine weitere Kabelübergangsanlage vonnöten ist, wie in Abbildung 41 dargestellt. Wie bereits weiter oben beschrieben, erhöht diese die Ausfallwahrscheinlichkeit als auch die Wartungsintensität der geplanten Trasse.

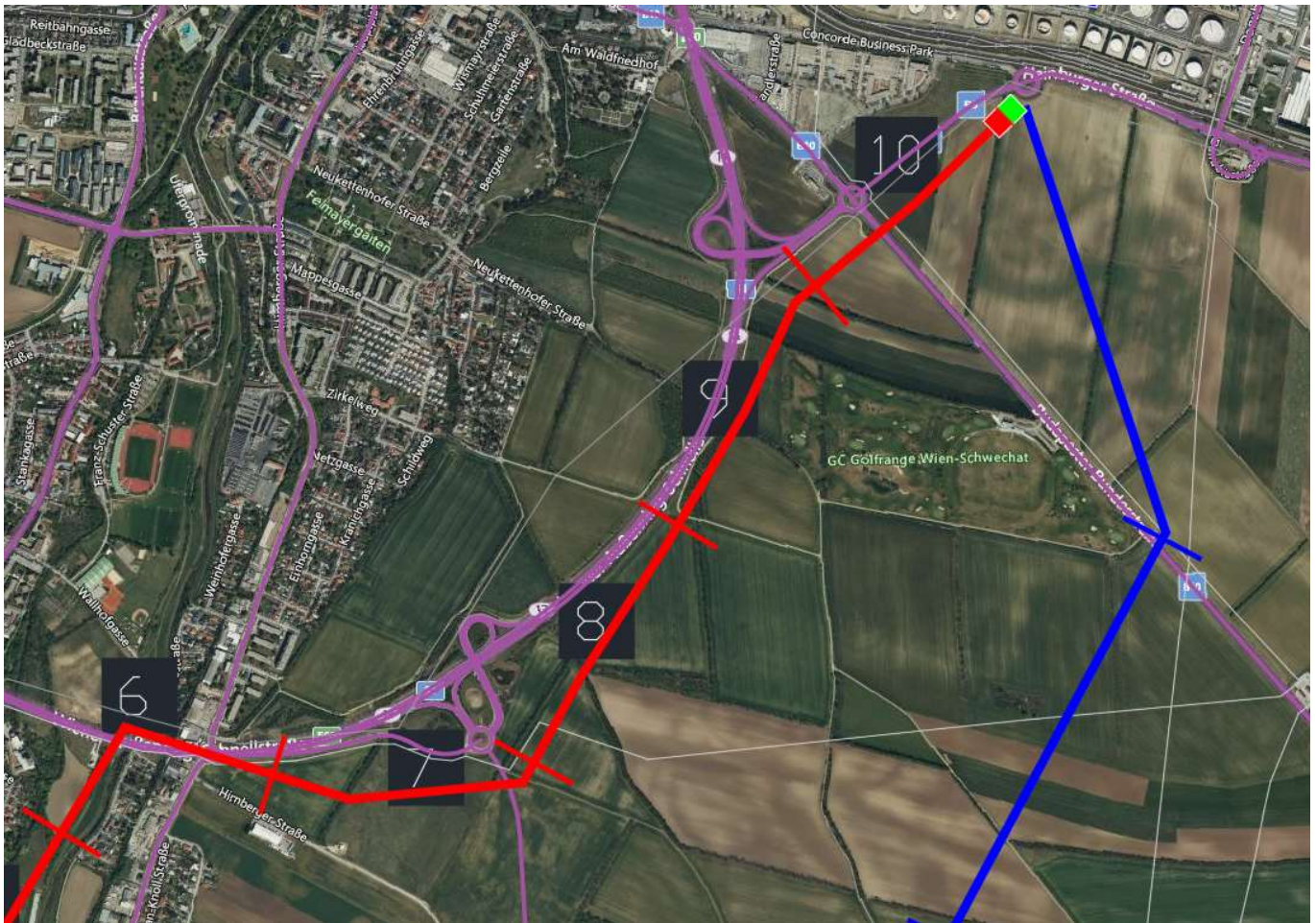


Abbildung 41: Trassenvariante Rannersdorf Sektionen 7, 8, 9 und 10 (El Tatawy, Hiesl, Schusseck, & Dittrich, 2022)

4.1.9 Technische Analyse Trassenvariante Zwölfaxing

Die Trassenvariante Zwölfaxing wird ausschließlich als Erdkabelanlage ausgeführt, die aus 4 Erdkabelsystemen besteht. Die Erdkabelanlage wird zudem im freien Gelände in offener Bauweise verlegt. Bei Querungen wie der Autobahn, Gleisanlagen und Wohngebiete kommt das HDD-Verfahren zum Einsatz. In Abbildung 42 ist der Kabelverlauf in den Sektionen 1, 2 und 3 ersichtlich. In Sektion 1 wird die Autobahn S1 durch das HDD-Verfahren gequert. Dabei wird darauf geachtet, dass bei den Bohrstellen keine Geländeerhebungen vorherrschen und dort durchgebohrt werden kann, wo das umliegende Gelände etwa auf Höhe der Fahrbahn liegt. Würde man bereits davor eine Bohrung durchführen, müsste zusätzlich der Höhenunterschied durch das umliegende Gelände überwunden werden.

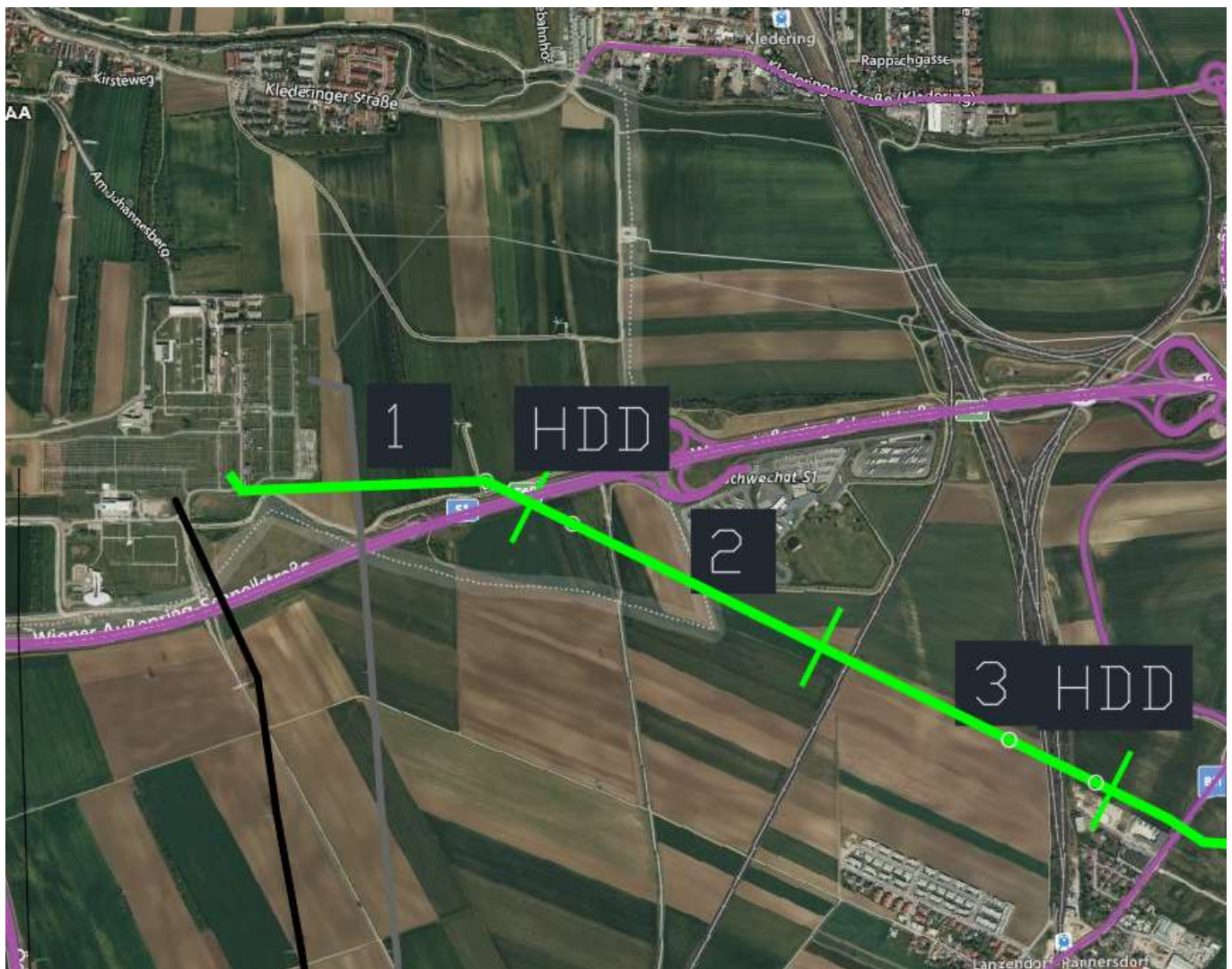


Abbildung 42: Trassenvariante Zwölfaxing Sektionen 1, 2 und 3 (El Tatawy, Hiesl, Schusseck, & Dittrich, 2022)

Mit dem HDD-Verfahren werden ebenfalls in Sektion 4,5 und 6 die Schwechat sowie Wohngebiete gequert. Dies ist in Abbildung 43 dargestellt. Dabei wird darauf geachtet, dass einerseits die Bohrungen so erfolgen, dass die Muffengrube zur Muffung der Kabel auch dort gesetzt werden kann, wo die Bohrungen wieder rauskommen und andererseits so tief unter Wohngebiet gebohrt werden kann, dass die Einwirkung des magnetischen Feldes minimiert wird. Die Ausführungen zum elektrischen Feld und der nötigen Tiefen sind in Abschnitt 4.4.2 angeführt. Jedenfalls muss eine Tiefe von über 5 m als Abstand zum Siedlungsgebiet eingehalten werden. Zudem wurde bei der Dimensionierung der Kabel genau auf diese Engstellen eingegangen, um sicherzustellen, dass die nötige Leistung übertragen und die entstehende Wärme dementsprechend abgeführt werden kann.

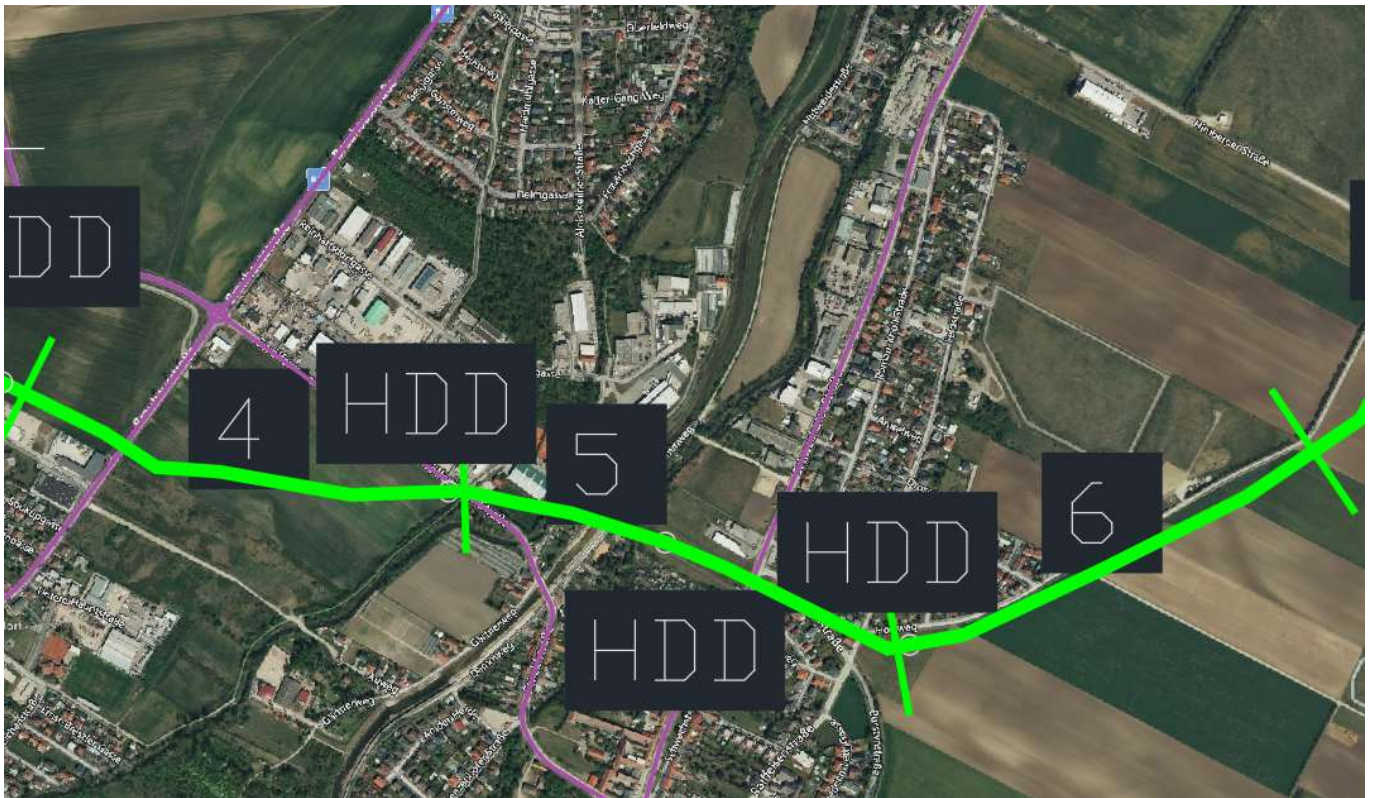


Abbildung 43: Trassenvariante Zwölfaxing Sektionen 4, 5 und 6 (El Tatawy, Hiesl, Schusseck, & Dittrich, 2022)

In Sektion 7 erfolgt die Querung der B 223 Umfahrung Zwölfaxing, siehe Abbildung 44. Ähnlich wie bei der Trassenvariante Pellendorf gilt auch hier, dass die Umfahrung entweder mittels HDD-Verfahren gequert werden (sollte diese bis zur Trassenerrichtung bereits gebaut sein), oder eine Leerverrohrung gelegt werden muss. Jedenfalls muss das Vorgehen hier abgestimmt stattfinden, um die effizienteste Lösung zu gewährleisten.



Abbildung 44: Trassenvariante Zwölfaxing Sektion 7 (El Tatawy, Hiesl, Schusseck, & Dittrich, 2022)

Abschließend wird in den Sektionen 8, 9 und 10 die Erdkabelanlage entlang der Autobahn S1 geführt und dann in die Raffinerie Schwechat eingebunden. Dies ist in Abbildung 45 dargestellt.

4.2 Technische Analyse Trassenanbindung Raffinerie Schwechat

Die Anbindung am Gelände der Raffinerie erfolgt mittels Erdkabelsystem. Hierfür wird der Kreisverkehr der Hainburger Straße sowie die dahinter liegende Gleisanlage mittels HDD-Verfahren gequert, siehe Abbildung 46.

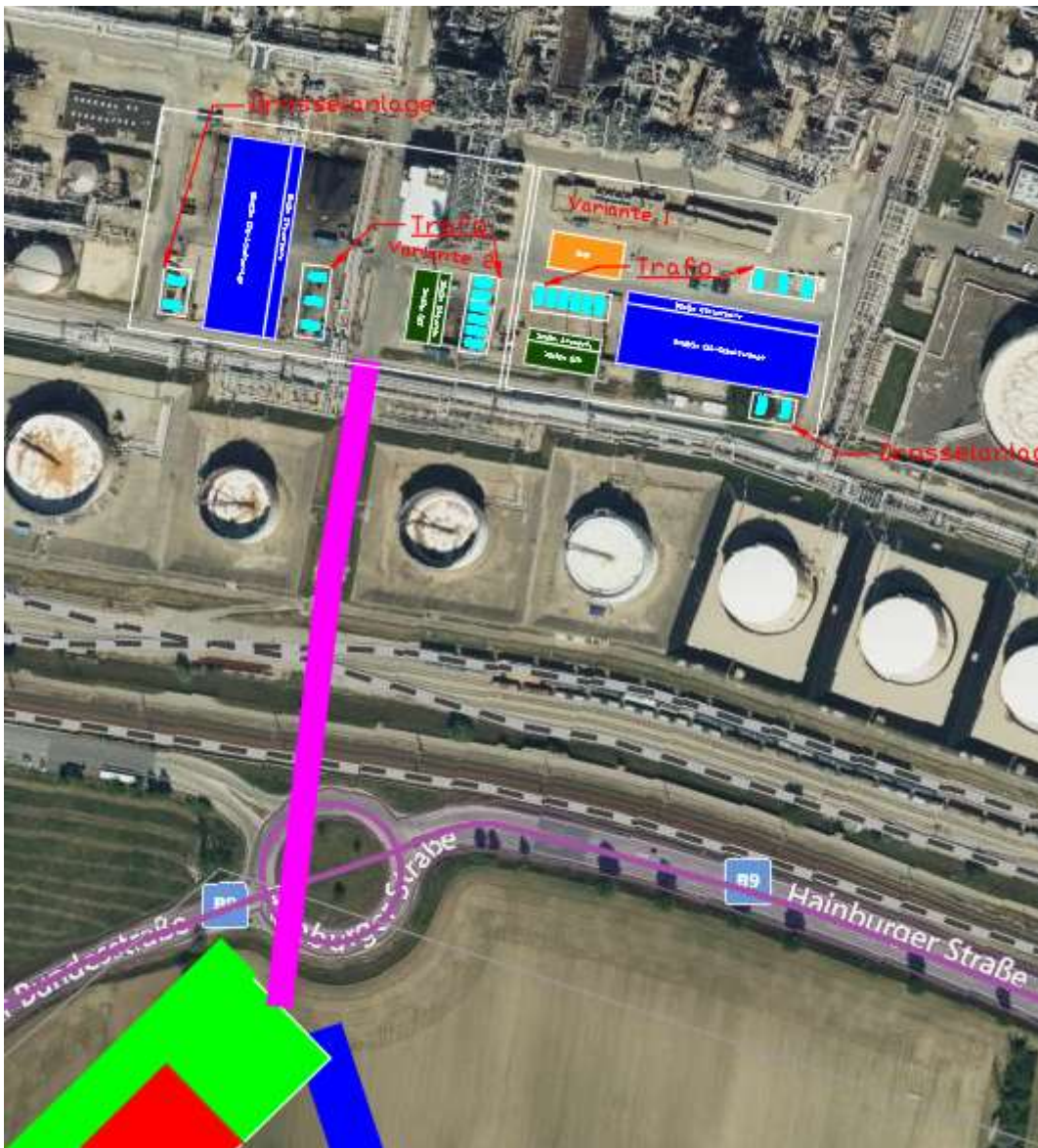


Abbildung 46: Anbindung 380 kV Hochspannungskabel am Raffinerie Gelände (El Tatawy, Hiesl, Schusseck, & Dittrich, 2022)

4.3 380 kV & 110 kV GIS-Schaltanlage OMV Raffinerie Schwechat

Für die geplante 380 kV Anbindung vom Umspannwerk Wien Südost wird am Gelände der Raffinerie eine 380 kV GIS-Anlage benötigt. Diese wird dann unabhängig von der gewählten Trasse mittels Erdkabel am Gelände der OMV angebunden. Zudem soll ortsnah eine weitere 110 kV Schaltanlage errichtet werden.

Die 380 kV GIS-Doppelsammelschienen-Schaltanlage mit Längs- und Querkupplung soll folgende Abgänge aufweisen, welche auch die Dimensionen der Schaltanlage beeinflussen:

- 2 x Eingang, Anschluss Doppelsystem vom UW Wien Südost
- 3 x Trafo Abgänge
- 4 x Reserveabgänge ausgebaut
- 2 x Platzreserve nicht ausgebaut

Die 110 kV GIS-Schaltanlage soll ebenfalls mit Doppelsammelschiene und Längs- und Querkupplung ausgeführt sein. Folgende Abgänge werden für die 110 kV GIS-Schaltanlage benötigt:

- 3 x Eingang
- 6 x Trafo Abgänge
- 2 x Reserve ausgebaut
- 2 x Platzreserve nicht ausgebaut

Die Detailplanung als auch die interne Verteilung auf mehreren Spannungsebenen ist nicht Teil dieses Projektes. Es wurden 2 Varianten für die Positionierung der Schaltanlagen betrachtet. In Abbildung 47 ist Variante 1 dargestellt.



Abbildung 47: Variante 1 Positionierung Schaltanlagen 380/110 kV GIS (El Tatawy, Hiesl, Schusseck, & Dittrich, 2022)

Das 380 kV Erdkabelsystem wird am Raffinerie Gelände an die Blindleistungskompensationsanlage angeschlossen, um im Bedarf die Blindleistung des Kabels kompensieren zu können. Der genaue Betrieb und Anbindung der 380 kV GIS Anlage und der Blindleistungskompensation ist in einem nächsten Schritt genauer zu definieren. Da die neue 110 kV GIS-Schaltanlage in dieser Variante direkt neben der 380 GIS Anlage platziert werden, ist mit einer aufwendigen Kabelverlegung von den 380/110 kV Transformatoren zu den GIS – Schaltanlagen zu rechnen.

Eine mögliche 2 Variante der Platzierung der Anlagen ist in Abbildung 48 dargestellt.



Abbildung 48: Variante 2 Positionierung Schaltanlagen 380/110 kV GIS (El Tatawy, Hiesl, Schusseck, & Dittrich, 2022)

In Variante 2 stehen die GIS – Schaltanlagen mit einer optimalen Platzierung zueinander auf dem Raffinerie Gelände. Die grundsätzliche Anbindung der 380 kV GIS und der Blindleistungskompensation erfolgt wie bei Variante 1. Die Verkabelung vom 380/110 kV Transformator zu der 110 kV Gis – Schaltanlage erfolgt in gerader Linie, was die Erdkabelverlegung um ein Vielfaches vereinfacht.

Variante 2 ist aufgrund der Anordnung und der damit erleichterten Kabelverlegung die bevorzugte Variante.

Die bisher für GIS eingesetzte SF6 Gas Technologie wird aufgrund der hohen Treibhausgas Wirksamkeit mit Ende der 20iger Jahre verboten. Neue Technologien im Bereich der 380 kV Spannung sind noch nicht am Markt. Gemäß Hersteller Hitachi ergeben sich aufgrund der technischen Anforderungen für die Gebäude der GIS-Anlagen Abmessungen in der neuen Technologie von etwa 80 x 30 m für die 380 kV Anlage und etwa 30 x 15 m für die 110 kV Anlage. Zusätzlich müssen die Abmessungen der drei 250 MVA Trafos und die Blindleistungskompensation berücksichtigt werden, die ortsnah zur 380 kV Schaltanlage platziert werden sollen.



Abbildung 49: Beispielaufbau einer 550-kV-Unterstation mit GIS (550 kV, 63 kA, 4.000 A) im Inneren des Drei-Schluchten-Damms (Heinemann & Besold, 2009)

4.4 Elektromagnetische Felder

Die Bewertung der elektrischen und magnetischen Felder für verschiedene Masten als auch für Erdkabel unter Siedlungsgebiete ist neben der technischen Machbarkeit und der Analyse der Raumwiderstände essentiell für die Machbarkeit unterschiedlicher Trassen. Grundsätzlich gilt es dabei gewisse Grenzwerte einzuhalten, wobei die EU dabei nur Empfehlungen an die Mitgliedsstaaten vorgibt und diese dann selbstständig auch niedrigere Grenzwerte ansetzen können. Die Immissionsgrenzwerte sind international harmonisiert und schützen vor wissenschaftlich anerkannten Gesundheitsschäden. Sie müssen überall dort eingehalten werden, wo sich Personen, auch wenn nur kurzzeitig, aufhalten. Die Immissionsgrenzwerte für Freileitungen betragen dabei gem. ÖVE Richtlinie R23-1 für die magnetische Flussdichte 200 μT . Dieser Wert wurde in der Ausgabe von 2017 von 100 μT auf 200 μT angehoben. Dies entspricht der Vorgabe der ICNIRP 2010. In Österreich halten Netzbetreiber auf Freileitungen freiwillig so große Abstände zu Siedlungsgebiet ein, sodass ein Grenzwert von 1 μT unterschritten wird. Grundsätzlich gibt es keine wissenschaftliche Grundlage für diesen Grenzwert. In der Schweizer Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV) wird dieser Wert als Anlagengrenzwert herangezogen und dient als Vorsorgegrenzwert (Schweizer Bundesrat, 1999 (Stand 1.1.2022)). Diese müssen dort eingehalten werden, wo sich Menschen längere Zeit aufhalten um das vermutete gesundheitliche Risiko durch Elektromog zu minimieren. Aus diesem Grund wird in diesem Abschnitt auf jene Minimalabstände sowohl auf Freileitungen als auch bei Erdkabel eingegangen, um die magnetische Flussdichte von 1 μT zu unterschreiten.

Im Folgenden werden Ausführungen von Dr. Friedl der Technischen Universität Graz angeführt und interpretiert.

4.4.1 Elektromagnetische Felder auf Freileitungen unterschiedlicher Mastarten

Die Berechnung der elektromagnetischen Felder auf Freileitung wurde für einen Einebenmast D71 mit einer Standardhöhe von 32,3 m und einem Donaumast mit einer Höhe von 48,2 m berechnet. Zudem wurden folgende Parameter zur Feldberechnung herangezogen:

- Maximale Spannung: 420 kV
- Maximaler Strom: 1823 A, bei zweisystemigen Betrieb auf beide Systeme gleichmäßig aufgeteilt
- Übertragbare Leistung: 1200 MVA bei 380 kV Betriebsspannung und 1823 A
- Einseitiger Betrieb, Ergebnisse Seilhöhe 1 m – nur linkes System in Betrieb

Zur Korridorbestimmung, also jenen Abständen, die eingehalten werden müssen, um $1 \mu\text{T}$ von der Trassenmitte zu unterschreiten, werden die einzelnen Parameter für die nachfolgende Interpretation der Ergebnisse in Abbildung 50 näher erläutert.

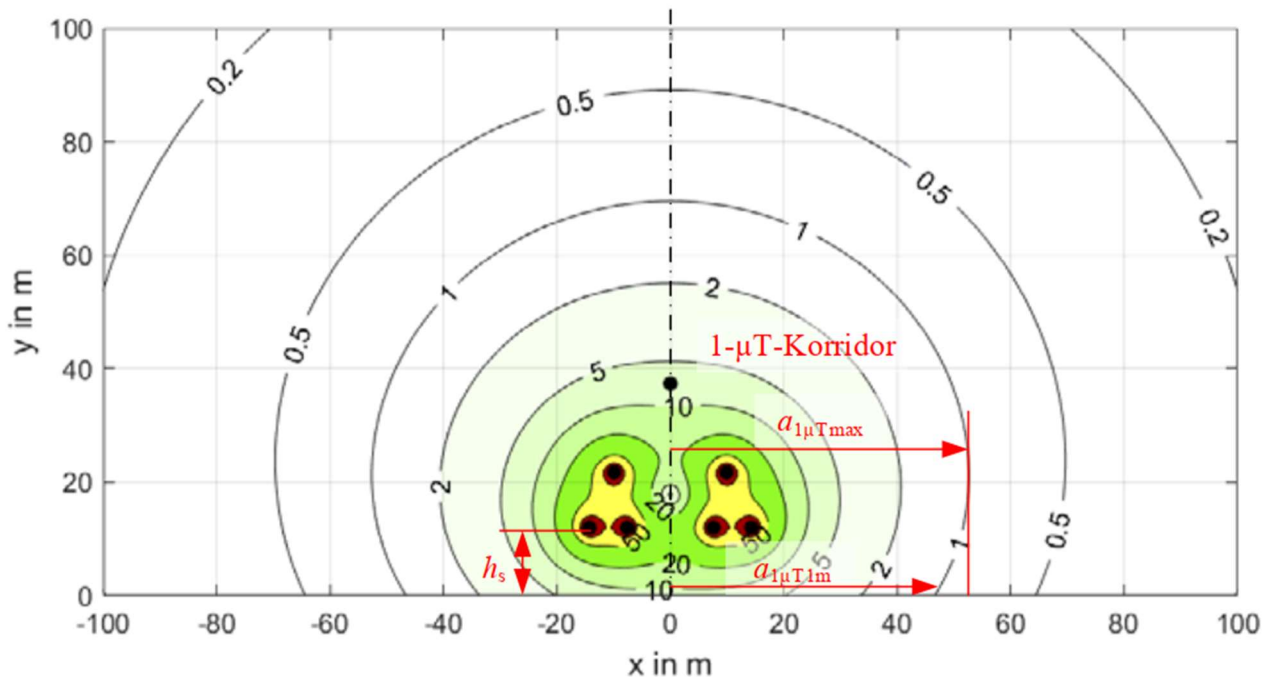


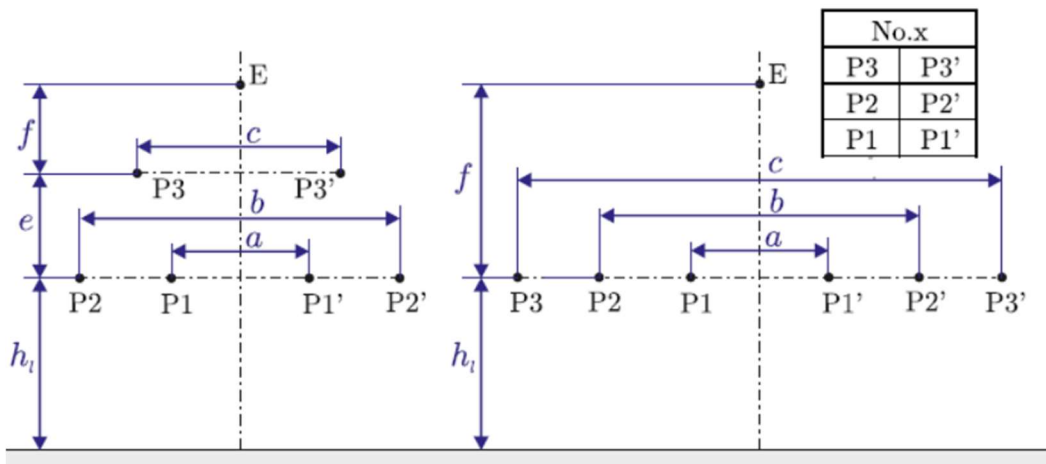
Abbildung 50: Schematische Darstellung des Feldes zur Bestimmung des $1 \mu\text{T}$ Korridors [μT]

Dabei werden folgende Parameter bestimmt:

- $a_{1\mu\text{Tmax}}$ = maximaler $1 \mu\text{T}$ -Korridor, dieser ist unabhängig von der entsprechenden Leiterseilhöhe
- $a_{1\mu\text{T}1\text{m}}$ = Abstand zur Trassenmitte, um in 1m über Grund $1 \mu\text{T}$ zu unterschreiten, Dieser Abstand ist von der Leiterseilhöhe abhängig
- h_s = Höhe der Leiterseile über Grund

4.4.1.1. Phasenordnung an den Masten

Es gibt 36 verschiedenen Möglichkeiten auf einem 2systemigen Mast die Phasen zu verteilen, wobei jeweils 6 Möglichkeiten die gleichen Felder (nur zeitversetzt, bzw. anders rotierend) ergeben. Im Folgenden werden die unten angeführten 6 Phasenkonfigurationen für den Donaumast (links) bzw. den Einebenenmast (rechts) angegeben, vgl. Abbildung 51. Die Ergebnisse für den mind. notwendigen Bodenabstand $h_{s\text{min}}$ sodass in 1m über Grund die Elektrische Feldstärke nicht höher als der Referenzwert bei 50 Hz (5kV/m) gemäß OVE Richtlinie R23-1 ist.



γ No.1	ϑ No.2	η No.3	ζ No.4	β No.5	δ No.6
L3 L3' L2 L2' L1 L1'	L2 L3' L3 L2' L1 L1'	L1 L3' L2 L2' L3 L1'	L3 L3' L1 L2' L2 L1'	L1 L3' L3 L2' L2 L1'	L2 L3' L1 L2' L3 L1'

Abbildung 51: Untersuchte Möglichkeiten der Phasenkonfiguration auf Donaumast bzw. Einebenenmast

4.4.1.2. Ergebnisse der Korridorberechnung und Darstellung Isolinen der elektrischen Feldstärke als auch der magnetischen Flussdichte:

In Tabelle 9 sind die errechneten Parameter für die beiden untersuchten Mastbilder und die einzelnen Phasenkonfigurationen nach Abbildung 51 als auch für den einsystemigen Betrieb angeführt. Die jeweils günstigen Konfigurationen sind in grün, die ebenfalls zu berücksichtigenden Konfigurationen mit nur einem System in Betrieb sind grau hervorgehoben.

Tabelle 9: Vergleich der errechneten Parameter für verschiedene Phasenpositionen am Mast

PhasPos	Einebene			Donau		
	$a_{1\mu Tmax}$	$a_{1\mu T1m}$	h_{Smin}	$a_{1\mu Tmax}$	$a_{1\mu T1m}$	h_{Smin}
	m	m	m	m	m	m
1	50	47	16	63	59	15
2	55	52	16	55	53	15
3	66	65	13	53	48	12
4	55	53	13	67	65	13
5	66	65	13	53	48	12
6	64	62	13	58	53	13
1Sys	76	74	13	75	74	12

Für diese Konfigurationen sind in Abbildung 52 und Abbildung 53 jeweils das elektrische (links in kV/m) und magnetische (rechts in μT) Feld in Form von Isolinien für die minimale Leiterseilhöhe h_{Smin} dargestellt. Alle anderen Konfigurationen können als ungünstiger bezeichnet werden und werden deshalb auch grafisch nicht weiter angeführt.

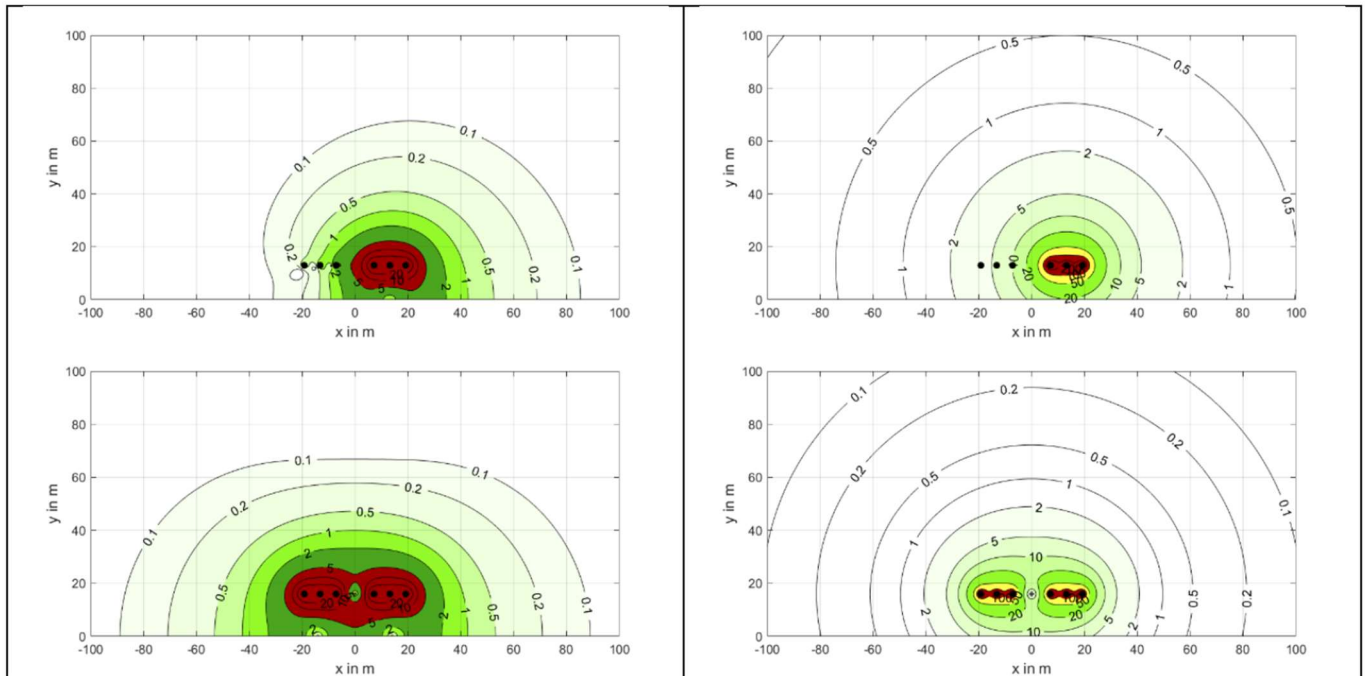


Abbildung 52: Einerebenenmast - Isolinien der elektrischen Feldstärke in kV (links) und der magnetischen Flussdichte in μT (rechts) für den einsystemigen Betrieb (oben) und den zweissystemigen Betrieb (unten)

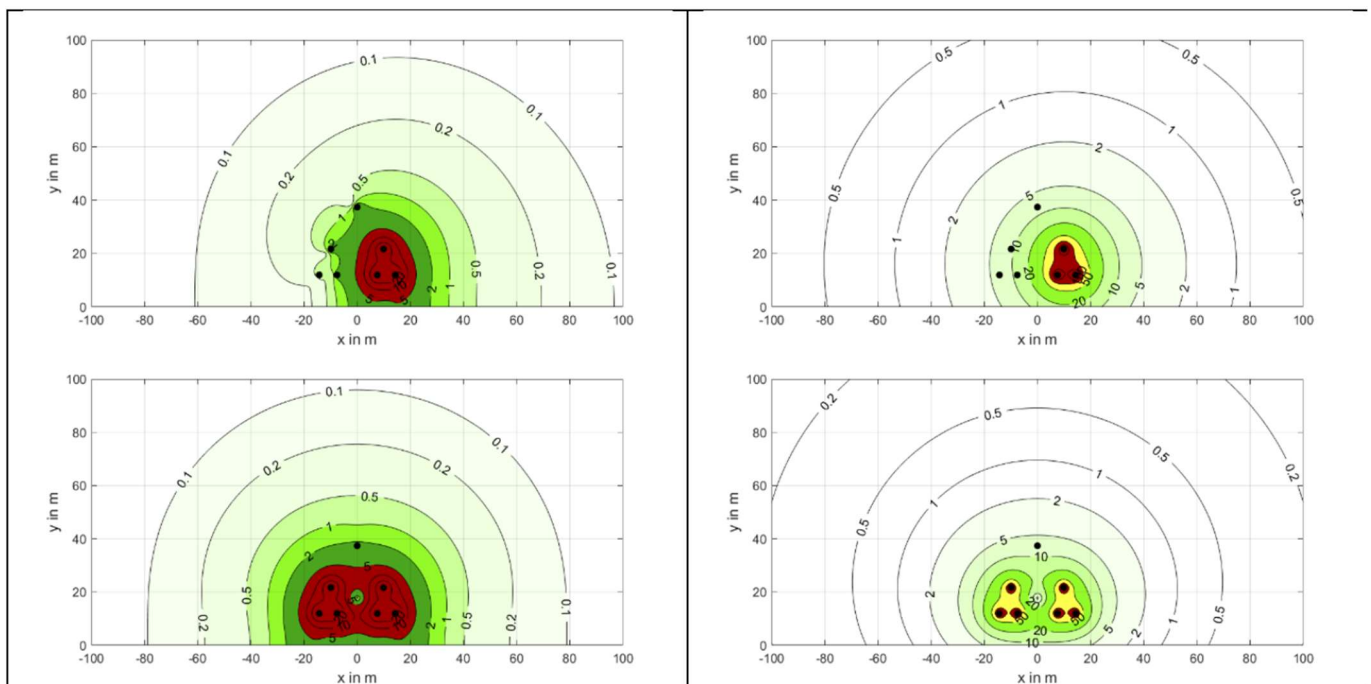


Abbildung 53: Donaumast - Isolinien der elektrischen Feldstärke in kV (links) und der magnetischen Flussdichte in μT (rechts) für den einsystemigen Betrieb (oben) und den zweissystemigen Betrieb (unten)

Die Abhängigkeit des 1- μ T-Korridors in 1 m über Grund ist für eben diese Konfigurationen in Abhängigkeit von der Leiterseilhöhe h_s in Abbildung 54 dargestellt.

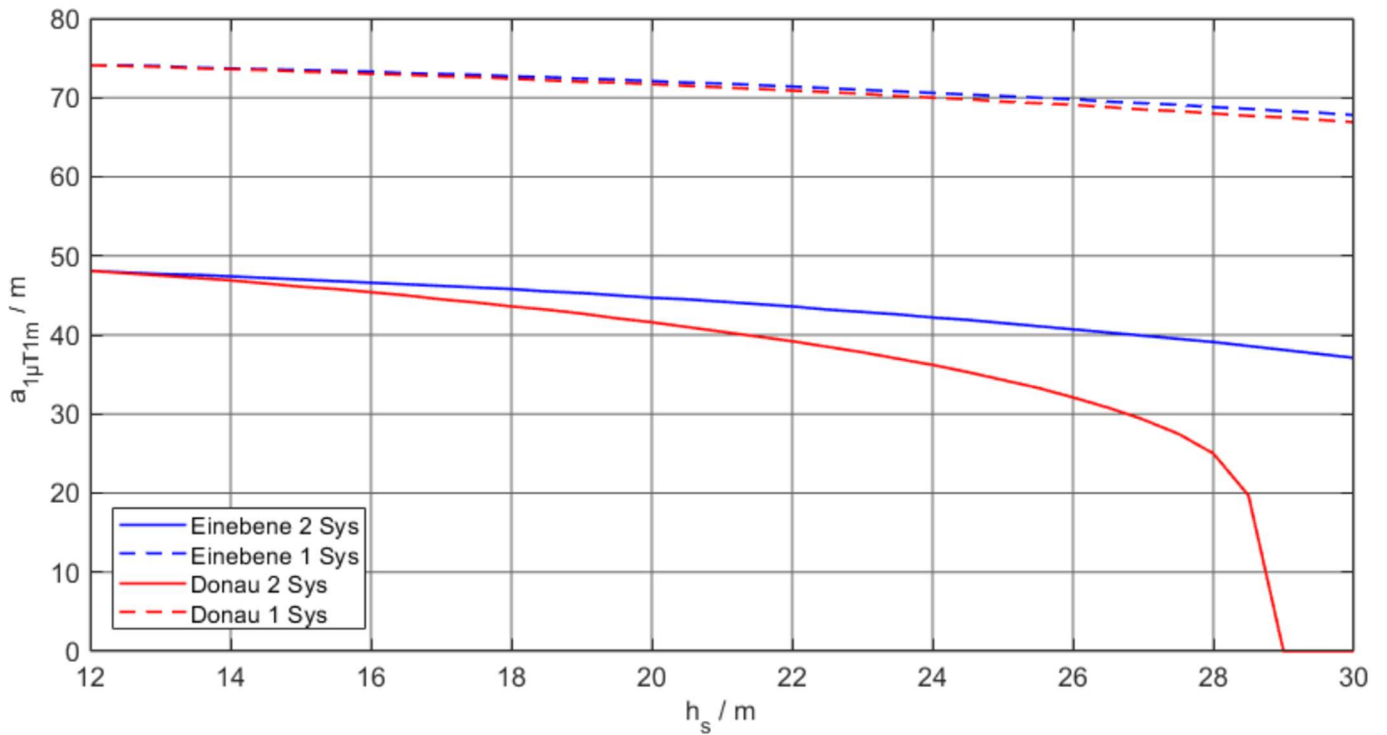


Abbildung 54: 1- μ T-Korridor in 1 m über Grund $a_{1\mu T 1m}$ in Abhängigkeit der Leiterseilhöhe h_s für die jeweils optimalen Phasenkonfigurationen

4.4.1.3. Fazit Feldberechnung Freileitungen

Durch die Simulation der Felder auf zwei unterschiedlichen Masten (Einebenen, Donau) können folgende Schlüsse gezogen werden

- Zweisystemiger Normalbetrieb hat kleinere Felder im Außenbereich als einsystemiger Betrieb.
- Maximaler 1- μ T Korridor Einebenen-Mastbild:
 - 1-Systemig: **76 m**
 - 2-Systemig, günstigste Phasenkonfiguration (pp=1, gamma): **50 m**
- Maximaler 1- μ T Korridor Donau-Mastbild:
 - 1-Systemig: **75 m**
 - 2-Systemig, günstigste Phasenkonfiguration (pp=3; eta): **53 m**
- Mindestseilhöhe Einebenen-Mastbild damit in 1 m über Grund $E < 5$ kV/m: **16 m**
- Mindestseilhöhe Donau-Mastbild damit in 1 m über Grund $E < 5$ kV/m: **16 m**
- 1- μ T-Korridor in 1 m über Grund sinkt bei einsystemigen Betrieb kaum mit steigender Leiterseilhöhe
- 1- μ T-Korridor in 1 m über Grund sinkt bei steigender Leiterseilhöhe beim zweisystemigen Betrieb beim Donaumastbild stärker als beim Einebenen-Mastbild und signifikanter als bei einsystemigen Betrieb

4.4.2 Elektromagnetische Felder Erdkabel unter Siedlungsgebiet

Bei Verlegungen von Erdkabeln ist, wie auch bei Freileitungen auf Abstände zum Siedlungsgebiet zu achten. Bei der Verlegung von Erdkabel ist jedoch hauptsächlich der vertikale Abstand zu berücksichtigen und ausschlaggebend für die Verlegetiefe der Kabel. Auch in diesem Abschnitt wurde ein maximal auftretender Grenzwert von 1 μ T für den Abstand zu Gebäuden bzw. Siedlungsgebiet gewählt. Da der vertikale Abstand hauptsächlich bei Bohrungen bzw. bei Verlegung der Erdkabel unterhalb von Siedlungsgebieten zum Tragen kommt, wurde die Situation einer HDD-Bohrung simuliert. Die folgenden Berechnungen basieren in Bezug auf Spannung und Strombelastung auf denselben Annahmen wie im Kapitel 4.4.1. Für ein redundantes Doppelleitersystem werden zwölf Kabel benötigt, wie der für die Berechnungen herangezogene Regelquerschnitt in Abbildung 55 zeigt:

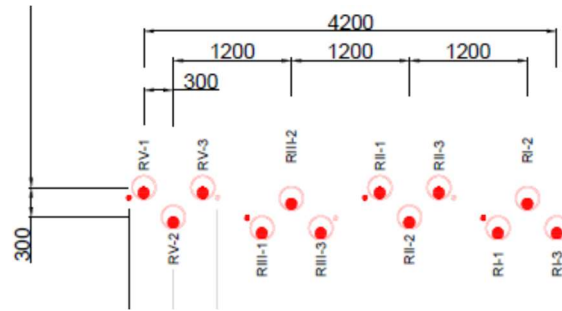


Abbildung 55: Regelquerschnitt Kabel HDD-Verfahren

Die Stromaufteilung der jeweils parallel geschalteten Kabel erfolgt aufgrund der induktiven Kopplungen. Für die Behandlung der Kabelschirme wird crossbonding angenommen, daher treten im optimalen Fall keine Schirmströme auf und diese müssen auch nicht für die Berechnung der magnetischen Felder berücksichtigt werden. Der Querschnitt des Innenleiters für die nachfolgenden Berechnungen beträgt 1600 mm^2 .

4.4.2.1. Phasenordnung und Simulation des magnetischen Feldes

Für die linken beiden Systeme werden wieder alle 6 Phasenpositionen, wie in Abbildung 55 angegeben, untersucht. Diese sind in Tabelle 10 für die Leiter von links nach rechts als 1 für L1, 2 für L2, 3 für L3 angegeben. Die letzte Konfiguration beschreibt den günstigsten Betrieb mit zwei parallelen Doppelsystemen. Die günstigste einseitige Anordnung ist ebenfalls grün hervorgehoben.

Tabelle 10: Vergleich der errechneten Parameter für verschiedene Phasenordnungen der Leiter im Erdreich

Konfiguration	$a_{100\mu Tmax}$	$h_{100\mu Tmax}$	$a_{1\mu Tmax}$	$h_{1\mu Tmax}$
1 2 3 1 2 3	0,9	1,0	12,2	10,8
1 2 3 2 3 1	0,9	1,1	12,2	10,8
1 2 3 3 1 2	0,9	1,0	11,8	11,9
1 2 3 1 3 2	0,9	1,1	13,2	11,9
1 2 3 3 2 1	0,9	1,1	9,6	8,5
1 2 3 2 1 3	0,9	0,9	12,7	12,2
1 2 3 3 2 1	0,6	0,8	6,5	5,5
1 2 3 3 2 1				

Abbildung 56 und Abbildung 57 zeigen die Isolinien der magnetischen Flussdichte für den Fall einer einseitigen Belastung des Doppelkabelsystems als auch die symmetrische Belastung beider Systeme und für die günstigste Phasenkonfiguration, siehe Tabelle 10. Die günstigste Phasenkonfiguration stellt dabei die Kombination L1, L2, L3, L3, L2, L1 (1 2 3 3 2 1) dar.

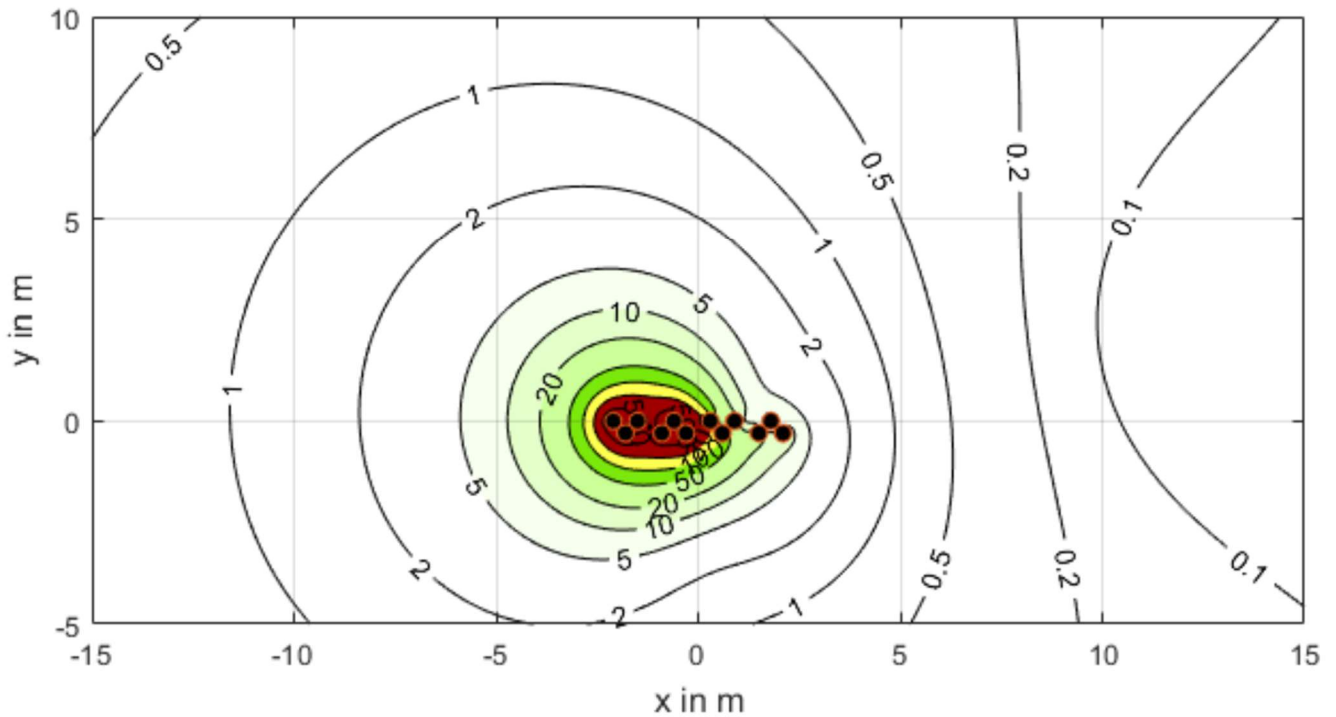


Abbildung 56: Magnetische Flussdichte in Abhängigkeit der horizontalen und vertikalen Ausdehnung für die günstigste Kabel-Konfiguration und die Situation, dass ein Doppelkabel in Betrieb ist (Konfiguration 123321) [μT]

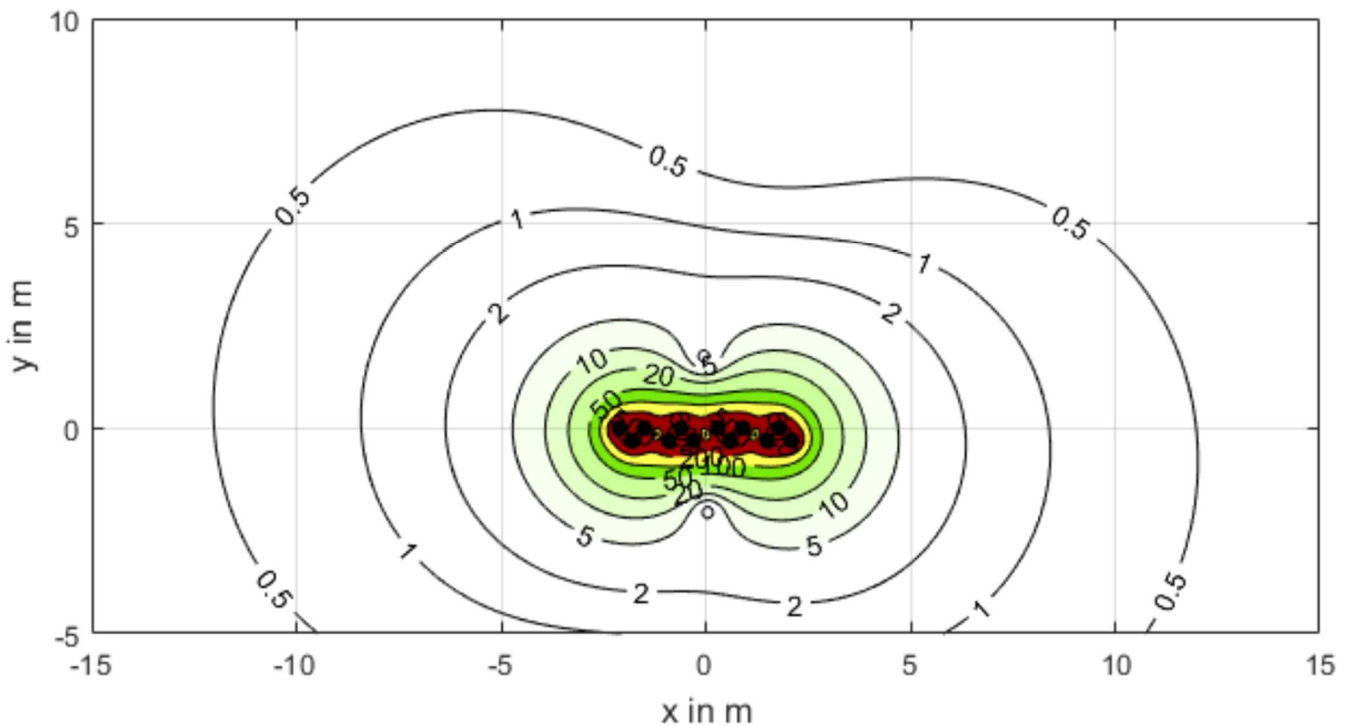


Abbildung 57: Magnetische Flussdichte in Abhängigkeit der horizontalen und vertikalen Ausdehnung für die günstigste Kabel-Konfiguration und die Situation, dass beide Doppelkabel in Betrieb sind (Konfiguration 123321 123321) [μT]

In der günstigsten Konfiguration der einseitigen Belastung beträgt der minimale horizontale Abstand 9,6 m und der minimale vertikale Abstand 8,5 m. Durch die symmetrische Belastung beider Systeme und bei

gleicher Phasenordnung ergeben sich deutlich geringere notwendige Abstände von 6,5 m horizontal und 5,5 m vertikal. Dies ist also jener Abstand, welchen die Erdkabel unter Siedlungsgebiet einhalten müssen, um die magnetische Flussdichte von 1 μT nicht zu überschreiten.

4.4.2.2. Fazit Feldberechnung Erdkabel

- Zweisystemiger Betrieb mit beiden Doppel-Kabelsystemen hat kleinere Felder im Außenbereich als einsystemiger Betrieb.
- Maximaler 1- μT Korridor für die günstigste Phasenkonfiguration Doppelkabel:
- 1- Doppelsystem 11,7 m seitlich von der Trassenachse, 8,5 m vertikal
- 2 Doppelsysteme 8,6 m seitlich von der Trassenachse und 5,5 m vertikal
- Für die Einhaltung der Grenze von 200 μT ist ein seitlicher Abstand von 2,7m von der Trassenachse; für die Grenze von 100 μT ein Abstand von 3 m notwendig. Die notwendigen vertikalen Abstände sind 0,8 m für 200 μT und 1,1 m 100 μT .

5. SYNTHESE DER ERGEBNISSE UND TRASSENEMPFEHLUNG

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der vorhergehenden Kapitel zusammengeführt, die einzelnen Varianten dann bezüglich Raumwiderstände und möglicher technischer Widerstände bewertet und jeweils eine Vorzugsvariante herausgearbeitet. Auf Basis der Synthese der Ergebnisse ergeben sich sodann auch rechtliche bzw. genehmigungstechnische Erfordernisse, auf die im Folgenden eingegangen wird.

5.1 380 kV Trassen

5.1.1 Untersuchungsraum und Bewertung der Trassen

Die Zusammenfassung der Raumwiderstände und auch jene Widerstände, die durch technische Lösungen umgangen werden können, sind in Tabelle 12 dargestellt. Diese Tabelle lässt sich wie folgt interpretieren:

Farbcodierung:

- ROT: Sehr hohe Widerstände, nur schwer bei der Planung bzw. beim Genehmigungsverfahren aufzulösen
- ORANGE: Hohe, aber zu lösende Widerstände, erhöhter Aufwand bei der Planung bzw. Genehmigung
- GELB: Mittlere Widerstände, können bei der Planung und Genehmigung bereits aufgelöst werden
- OHNE: Keine bzw. kaum Widerstände zu erwarten

Abkürzung der Widerstände:

Die Abkürzung der Widerstände sind in Tabelle 11 ausgeführt.

Tabelle 11: Ausführung der Raumwiderstände als auch möglicher technischer Lösungen und thematische Gruppierung

Abkürzungen	
Schutzgut	
Wasser	Pflanzen und Tiere
W1- Wasserschutzgebiet	P1 - Europaschutzgebiete
W2 - Wasserschongebiet	P2 - Naturschutzgebiete
W3 - Fließgewässer	P3 - Migrationskorridore
W4 - Überschwemmungsgebiet	P4 - Ziesel
Landschaft / Ortsbild	Mensch/Siedlung und Gesundheit
L1 - Landschaftsschutzgebiete	M1 - Siedlungsbereiche
L2 - Innerörtlichen Grüngürtel (Immisionsschutz)	M2 - Ausgewiesene Naherholungsgebiete
	M3 - Deponien, Halden, Tagebau
Sonstige	M4 - Flugsicherheitszone
S1 - Bedeutende Sachgüter	M5 - Betriebsgebiete
S2 - NÖ Wind Zonen	
Führung / Maßnahmen	
_H: Geschlossene Querung HDD	
_S: Verlegung in Straße/ Öffentliches Gut	
_Ü: Überspannung mit Freileitung	
_B: beschränkte Masthöhe	

Etwaige in Klammern stehende Widerstände z.B. (W3_H) bedeuten, dass der jeweilige Raumwiderstand durch technische Lösungen, in diesem Beispiel eine HDD-Bohrung durch ein Fließgewässer, umgangen werden können. Andere technische Lösungen können sein, dass die Trasse entlang einer Straße verläuft oder ein bestehender Rohrkollektor zur Verlegung der Trasse verwendet wird oder eine Freileitung ein Hindernis überspannt. Das heißt, dass diese Widerstände durch die technischen Lösungen ihre Bedeutung für das Einreich- bzw. Genehmigungsverfahren verlieren, diese gemindert oder sogar aufgelöst werden.

Tabelle 12: Grafische Darstellung der Raumwiderstände in den einzelnen Sektionen der 380 kV Trassenvarianten inklusive technisch gelöster Widerstände in Klammern

380 Kv	Trassenvariante											
Abschnitt	Pellendorf			Rannersdorf				Zwölfaxing				
1	W2	P4	(M2_H)	P3	P4			P3	P4	(S1_H)		
2	W2			(S1_Ü)								
3	(W3_H)	(S1_H)	(M2_H)	(S1_Ü)				(S1-H)	(S1-H)			
4	W3	(M1_S)	(M2_S)	W4	L2			W4				
5				(M4_B)	W4			(S1_H)	(M1_H)	(M2_H)	(M5_H)	(W4_H)
6				(M4_B)	W4	S1	M1	M2				
7				(M4_B)								
8				(M4_B)								
9	(S1_H)			(M4_B)								
10				(M4_B)	(S1_Ü)			(S1_H)				

Wie aus Tabelle 12 hervorgeht, ist den drei Varianten der Raumwiderstand P4 gemein, welcher für das Schutzgut Pflanzen und Tiere und im Speziellen für die artenschutzrechtliche Auseinandersetzung mit den Zieseln steht. Im Gebiet um das Umspannwerk Wien Südost bestehen diverse Zieselhabitate, entsprechende Vorkommen sind artenschutzrechtlich geschützt und werden naturschutzrechtlichen Einreichoperat abgehandelt, wie auch in Abschnitt 4.1.2 dargestellt. Mit der Herstellung von Ausgleichsflächen im Raumausmaß von 1:1 zur Ausgangsfläche Ausgleichsflächen sollte dieser Raumwiderstand jedoch aufzulösen sein.

In der Variante Pellendorf wird außerdem in Sektion 1-2 ein Wasserschongebiet berührt, wohingegen in der Variante Rannersdorf und Zwölfaxing in Sektion 1 Leitstrukturen für verschiedene Tierarten betroffen sind. Diese Korridore könnte man zumindest in der Variante Zwölfaxing mit einer Bohrung durch diesen Korridor inklusive Unterquerung der S1 in Sektion 1 umgehen.

Die Trassenvarianten Pellendorf und Zwölfaxing weisen sodann nur noch jeweils einen Widerstand in Sektion 4 auf. In der Variante Pellendorf ist dies mit W3 ein Fließgewässer und in der Variante Zwölfaxing ist es das Überschwemmungsgebiet W4, welches durch die Start- und Zielgruben für die HDD-Bohrungen bzw. Muffengruben im Bereich des Siedlungsgebietes Zwölfaxing nicht aufgelöst werden kann. Alle anderen Raumwiderstände können in den Varianten Pellendorf und Zwölfaxing grundsätzlich technisch gelöst bzw. umgangen werden.

Die Trassenvariante Rannersdorf weist im Trassenverlauf noch weitere signifikante Widerstände auf, welche auch technisch nicht umgangen werden können. Dazu gehört der innerörtliche Grüngürtel, welcher in Sektion 4 und 5, der durch die Freileitung überspannt werden muss (L2). Der Bereich ist zum Zweck des Emissionsschutzes angepflanzt worden und weist derzeitige mehrheitlich jüngeren Forstbestand auf.

Laut Flächenwidmungsplan handelt es sich um eine Fläche des Grüngürtels (Ggü Emissionsschutz), siehe auch Abschnitt 4.1.2.

Die Flugsicherheitszone in den Abschnitten 5-10 kann durch gekürzte Masten (M4) zwar umgangen werden, nichtsdestotrotz befindet man sich in Sektion 5 und 6 in einem Überschwemmungsgebiet (W4). Zudem befinden sich in Sektion 6 bedeutende Sachgüter, wie die Gasstation der OMV, die in nur 30 m entfernt zur Freileitung liegt.

Sektion 6 weist zudem noch zwei als sehr hoch einzustufende Widerstände auf. Einerseits das Siedlungsgebiet, welches die Freileitung kreuzt. Dort ist es de facto nicht möglich den 1 uT Korridor zum Wohngebiet einzuhalten (humanmedizinischer Vorsorgewert). Der Abstand von der Trassenachse zu Wohngebäuden beträgt dort auch bei günstiger Trassenführung weniger als 50 m (M1). Weiters wird in Segment 6-7 der Variante Rannersdorf nahe einer Parkanlage die Freileitung errichtet, wodurch sich die Erholungsfunktion reduziert und sich landschafts- bzw. ortsbildbezogene Themen auf tun (M2).

Somit ergibt sich bezogen auf die Raumwiderstandsanalyse, dass die Trassenvarianten Zwölfaxing und Pellendorf in etwa gleich viele und hohe Raumwiderstände aufweisen. Die Trassenfreileitungsvariante Rannersdorf jedoch ist rein aus der Raumwiderstandsanalyse heraus deutlich schlechter bzw. als genehmigungsrechtlich aufwändiger zu bewerten.

5.1.2 Ranking der 380 kV Trassenvarianten und Trassenempfehlung

Wie im vorhergehenden Abschnitt ausgeführt, sind die Trassen Zwölfaxing und Pellendorf rein aus der Bewertung durch die Raumwiderstandsanalyse als gleichwertig anzusehen. Wenn nun auch technische Überlegungen, im speziellen auch Überlegungen zur Ausfallssicherheit und der Wartung der Leitungsvarianten herangezogen werden, dann kristallisiert sich bereits eine Vorzugsvariante heraus, vergleiche Tabelle 13.

Wie in Abschnitt 4.1.7 analysiert, ist die Trasse Pellendorf technisch realisierbar, weist allerdings im direkten Vergleich zur Trasse Zwölfaxing einige Schwachpunkte auf. Diese betreffen vor allem:

- Mehrfacher Wechsel von Erdkabel auf Freileitung und zurück (Umspannwerk Wien Südost, Sektion 1 zwischen bestehenden Freileitungen, Raffinerie Schwechat) und daher benötigte Kabelübergangsbauwerke und entsprechende Komponenten, welche die Wartungsintensität der Leitung erhöhen und somit die Verfügbarkeit tendenziell mindern.
- Errichtung bzw. Wartung der Kabelübergangswerke im speziellen in der Nähe bestehender Hochspannungsleitungen bedingen auch die Abschaltung der benachbarten Leitungen, potentielle Herausforderungen mit APG und Stromabnehmern.
- Wartung der beiden bestehenden Leitungen seitens APG bedingt die Abschaltung der Trasse Rannersdorf, Verfügbarkeit wird dadurch gemindert.

Tabelle 13: Ranking der 380 kV Trassen auf Basis der Raumwiderstandsanalyse und technischen Gegebenheiten




Ranking	Trassenvariante	Kurzbegründung	Vorzugsvariante
1	Zwölfaxing	<ul style="list-style-type: none"> Wenig tatsächliche Raumwiderstände, lösbar Technisch sicherste Variante im Sinne der Ausfallsicherheit, reine Erdkabelvariante, keine Kabelübergangsbauwerke 	
2	Pellendorf	<ul style="list-style-type: none"> Wenig tatsächliche Raumwiderstände, lösbar Ausfallswahrscheinlichkeit durch mehrfachen Wechsel des Systems von Erdkabel/Freileitung und durch Querung bestehender Freileitungen höher 	
3	Rannersdorf	<ul style="list-style-type: none"> Deutlich mehr und höhere Raumwiderstände, Genehmigungsprozess gestaltet sich schwieriger Ausfallswahrscheinlichkeit durch mehrfachen Wechsel des Systems von Erdkabel/Freileitung und durch Querung bestehender Freileitungen höher 	

Tabelle 13 verdeutlicht, durch die zuvor getroffenen Schlussfolgerungen, dass die Trasse Zwölfaxing unter Einbeziehung der technischen Lösungen und der Raumwiderstände die zu bevorzugende Trasse darstellt.

Da allerdings die Trassen Zwölfaxing und Pellendorf in etwa dieselben Raumwiderstände aufweisen, kann es durchaus Sinn ergeben für die 380 kV Leitung in ein Vorprüfungsverfahren einzutreten, siehe auch 5.2.2.1, um zusätzliche Informationen zur Entscheidungsfindung (z.B. Baugrund) generieren zu können und auch Planungssicherheit in Bezug auf die genehmigungsfähigere Trassenvariante zu haben.

5.2 Genehmigungserfordernisse der Trassenvarianten und rechtliche Situation

Für die Trassenvarianten sind potentiell nachfolgende Genehmigungsschritte erforderlich. Je nach Ausführungsalternative werden dabei verschiedenen Verfahren ausgelöst.

5.2.1 Außerhalb der Genehmigungserfordernisse: Umweltverträglichkeitsprüfung nach UVP-G, UVP-Pflicht

Zum Analysestand der untersuchten Trassen in den UGs 380 kV zeichnet sich für die untersuchten Varianten nicht ab, dass es einer UVP bedarf. Die genannten „Vorhaben der Energiewirtschaft“ werden durch Länge (km) und die Spannungsebene eingestuft. Die Schwelle von 15 km wird nicht überschritten.

5.2.2 Genehmigungserfordernisse

5.2.2.1. Einreichung nach Starkstromweggesetz

Durch die Querung einer Bundeslandgrenze geht die Kompetenz der Vollziehung der Genehmigung des Starkstromwegrechts zum Bund über. Damit ist das BMK zuständig. Das BMK kann wiederum den Genehmigungsprozess an die Länder zurückleiten, sodass dort die Genehmigung durchgeführt wird.

Öffentliches Interesse

Nach derzeitigem Erkenntnisstand wird ein Öffentliches Interesse für die Errichtung und Betrieb der Leitungsvarianten bestehen. Die Versorgung der Bevölkerung oder eines Teiles desselben mit elektrischer Energie, ist auch für Versorgungsleitungen für Unternehmen zulässig. Für die Varianten wird somit angenommen, dass öffentliches Interesse vorliegt.

Damit sollten Wegrechte im Vorhinein durchsetzbar sein. Somit ergeben sich auch Möglichkeiten der vorzeitigen Betretung zur Baugrunduntersuchung oder zur Durchführung von faunistischen Kartierungen. Das Vorprüfungsverfahren kann hier in den Fokus rücken, da in diesem Verfahrensschritt alle beteiligten Stellen über das Vorhaben informiert werden und Stellung zum Vorhaben nehmen (siehe nächster Punkt).

Vorprüfungsverfahren

Das Vorprüfungsverfahren stellt fest, ob der Vorhabensträger im öffentlichen Interesse handelt. Somit ergeben sich Möglichkeiten der Betretung und der Baugrunduntersuchung.

Einerseits sind jene Behörden und öffentlich-rechtlichen Körperschaften, welche die abstimmungspflichtigen Interessen zu vertreten haben, zu hören; das Vorprüfungsverfahren endet dabei mit einem Feststellungsbescheid, ob und unter welchen Bedingungen die geplante Leitungsanlage den berührten öffentlichen Interessen nicht widerspricht. Die Beantragung eines Vorprüfungsverfahrens ist empfehlenswert, da es eine effiziente Möglichkeit bietet, bereits vor Beginn des eigentlichen Bewilligungsverfahrens im Einvernehmen mit der Behörde den Trassenverlauf auszuloten.

Andererseits kann bei einem Vorprüfungsverfahren das Risiko bestehen, dass alle Varianten in Betracht gezogen werden, wenngleich die Vorzugsvariante bereits feststeht und sich in den Analysen konsolidiert hat. Der Genehmigungsprozess lässt sich durch das Vorprüfungsverfahren nicht beschleunigen, da die entsprechenden Genehmigungen jedenfalls für die beabsichtigte Variante eingeholt werden müssen.

Teil der starkstromrechtlichen Genehmigung sind bei Rannersdorf als Freileitung, im Gegensatz zu den Erdkabelvarianten Zwölfaxing und Pellendorf, die Auseinandersetzung mit der Auswirkung auf die Wohnfunktion, hinsichtlich elektromagnetischer Felder, wodurch ein erhöhter Genehmigungsaufwand

erwartet wird. Konkret bedeutet dies, das Wohngebäude unter 50 m von der Freileitung entfernt sind, und der humanmedizinische Vorsorgewert kleiner $1 \mu\text{T}$ nicht erreicht werden kann.

5.2.2.2. Naturschutzrechtliches Einreichoperat

Das Naturschutzrecht ist Landessache in der Gesetzgebung und der Vollziehung. D.h. sowohl Wien als auch NÖ sind zuständig.

Im Rahmen des Bewilligungsverfahrens ist eine sog „Naturverträglichkeitsprüfung“ durchzuführen, d.h. das Projekt ist auf Verträglichkeit mit den für das betroffene Europaschutzgebiet festgelegten Erhaltungszielen, insbesondere die Bewahrung oder Wiederherstellung eines günstigen Erhaltungszustandes der natürlichen Lebensräume und wildlebenden Tier- und Pflanzenarten in diesem Gebiet, zu prüfen. Der Ausgang des Verfahrens hängt von den Ergebnissen dieser von der Behörde durchzuführenden Naturverträglichkeitsprüfung ab. Die Bauphase an der Rohrbrücke ist relevant, wengleich voraussichtlich keine Genehmigungshindernisse abzusehen sind. Die Rohrbrücke selbst verstärkt werden (neue Fundamente, Stahlbau, allfälliger Flurschaden).

Artenschutz (Wiener Gemeindegebiet) (380 kV UG)

Das Thema Artenschutz betrifft sowohl die Freileitungs- als auch für die Erdkabelvarianten am Umspannwerk Südost. Im Gebiet um das Umspannwerk bestehen diverse Zieselhabitate. Entsprechende Vorkommen sind artenschutzrechtlich geschützt und werden im naturschutzrechtlichen Einreichoperat abgehandelt. Im Operat bewertet werden die Lebensraumverluste, die durch das Projekt entstehen. Mit dem Anbieten von Ausgleichsflächen ist jedenfalls zu rechnen – zumindest im Umfang 1:1. Wenn nicht auch CEF-Maßnahmen, d.h. im Voraus wirksamen Maßnahmen, die im Nahbereich des Verlustes hergestellt werden, gesetzt werden müssen. Vertiefende Abstimmungen hierzu werden mit den zuständigen Naturschutzsachverständigen getroffen. In diesem Fall der Stadt Wien.

5.2.2.3. Forstrechtliches Einreichoperat

Soweit für das Vorhaben Waldflächen in Anspruch genommen werden, ist gemäß eine Rodungsbewilligung erforderlich (ab 1000m^2 Waldfläche), d.h. eine Waldfeststellung und darauffolgend ein Rodungsansuchen. Für die Rodung zuständig ist grundsätzlich die Bezirksverwaltungsbehörde (BH Bruck/Leitha, Magistrat der Stadt Wien). Dies betrifft die nur die Freileitungsvariante „Rannersdorf“.

5.2.2.4. Wasserrechtliches Einreichoperat

Zuständig für die Erteilung der wasserrechtlichen Bewilligung ist die Bezirksverwaltungsbehörde; d.h. der Magistrat der Stadt Wien und die BG Bruck/Leitha.

Die Querung des Fließgewässers Schwechat wird als geschlossene Querung ausgeführt, wodurch die zulassungshemmenden Auswirkungen hintanzuhalten werden, sein. Dennoch liegen die Start- und Zielgruben der geschlossenen Querung im Überschwemmungsbereich, was besondere Auflagen zur Folge haben wird und der wasserrechtlichen Genehmigung bedarf.

5.2.2.5. Luftfahrtsrecht, Schifffahrtsrecht und Straßenrecht

Ein Luftfahrthindernis liegt in weiten Teilen des Untersuchungsgebiets östlich der S1 vor (Fläche E mit entsprechend zulässigen niedrigen Bebauungshöhen. Bei der Verbindung mit dem Umspannwerk Wien-Südost ist auch Fläche D einzuhalten, wo ab 100m ein Luftfahrthindernis vorliegt

Bei der Variante Donauinsel sind auch die Erfordernisse der Schifffahrt zu berücksichtigen und die Querung der Donau muss entsprechend genehmigt werden.

6. SCHLUSSFOLGERUNGEN UND AUSBLICK

Die Analysen in dieser Studie haben gezeigt, dass aus den ursprünglich geplanten zwei Anschlusspunkten und den drei diskutierten Trassenvarianten letztlich nur ein Anschlusspunkt und drei Trassen realistisch umsetzbar sind.

Der Anschlusspunkt an die bestehende 220 kV Leitung beziehungsweise das neu zu errichtende 220 kV Umspannwerk in Bisamberg Südost ist keine realistische Option, da das bestehende System bereits ausgelastet ist und ein neues Umspannwerk nicht vor 2030 realisiert werden kann, weswegen diese Option bereits von vornherein ausgeschlossen wurde.

Somit resultieren die in Tabelle 14 angeführten fünf Trassenvarianten, die näher analysiert wurden.

Tabelle 14: Realistisch umsetzbare Trassenvarianten inkl. Vorzugstrassen 380 kV

Anschlusspunkt	Trassenvariante	Vorzugsvariante
Umspannwerk Wien Südost 380 kV	Zwölfaxing	✓
	Pellendorf	✗
	Rannersdorf	✗

Die **Variante Zwölfaxing** hat sich in den Analysen letztendlich in mehrerer Hinsicht gegenüber den beiden anderen **380 kV Varianten** Rannersdorf und Pellendorf durchgesetzt. Einerseits sind die vorhandenen Raumwiderstände entlang dieser Trassenvariante allesamt technisch gut lösbar und sollten keine Verfahrensverzögerungen nach sich ziehen. Einige wenige kritische Punkte wie z.B. das Siedlungsgebiet Zwölfaxing können mittels HDD-Bohrungen auf öffentlichem Grund umgangen werden. Weitere räumliche Widerstände wie z.B. der Zieselbestand im Bereich des Umspannwerkes Wien-Südost müssen ohnehin bei allen drei Varianten berücksichtigt werden. Andererseits ist die technische Umsetzung mittels reiner Erdkabelverlegung hinsichtlich der Ausfallssicherheit als auch der Wartungsanfälligkeit zu bevorzugen. Grundsätzlich wäre die Variante Pellendorf von der Bewertung der Raumwiderstände in etwa gleich auf, allerdings muss dort mit geringerer Verfügbarkeit wegen Fehleranfälligkeit durch den Systemwechsel von Erdkabel auf Freileitung und wieder zurück gerechnet werden. Durch den längeren Trassenweg wären allerdings auch mehr Grundstücke bzw. Eigentümer von dieser Trassenvariante betroffen. Zudem verläuft diese Trasse entlang bestehender Hochspannungsleitungen, was bei Wartung dieser Leitungen auch zur Abschaltung der Leitung Pellendorf führen würde.

Die Leitungsvariante Rannersdorf weist deutlich mehr und höhere Raumwiderstände auf, was auch mit Verzögerungen im Genehmigungsverfahren einhergehen könnte. Auch bei dieser Variante gibt es zudem den Systemwechsel von Erdkabel auf Freileitung und wieder zurück. **Für die 380 kV Trassen kann geschlossen werden, dass es grundsätzlich eine Vorzugsvariante gibt, es aber dennoch Sinn machen kann in ein Vorprüfungsverfahren einzutreten, um leichter zusätzliche Informationen z.B. Baugrund zu generieren.**

Vom **rechtlichen Standpunkt** ist die Genehmigung der Trasse durch das öffentliche Interesse an der Leitung gedeckt. Dazu wird im Rechtsgutachten (BPV Hügel, 2022) vermerkt, dass die Behörde die Bewilligung zu erteilen hat, wenn die elektrische Leitungsanlage dem öffentlichen Interesse an der

Versorgung der Bevölkerung oder eines Teiles desselben mit elektrischer Energie nicht widerspricht (gebundene Entscheidung), was gegebenenfalls durch Auflagen sicherzustellen ist. Weiters wird klargestellt, dass die Bevölkerung bzw. Teile davon nicht als wörtlich zu verstehen sind, sondern dies auch Unternehmen umfasst.

Weiterführend unterliegen Starkstromfreileitungen mit einer Nennspannung von mindestens 220 kV und einer Länge von mindestens 15 km der UVP-Pflicht. Die 15 km-Grenze ist dabei eine „scharfe“ Grenze, es gibt also keinen Toleranzbereich. Da die hier anvisierten 380 kV Trassen allesamt unter 15 km liegen, besteht in diesem Fall **keine UVP Pflicht**. Die Vorzugsvariante Zwölfaxing liegt mit einer Länge von nur 7,5 km sogar deutlich unter diesem Schwellenwert zur UVP Pflicht.

Der **Zeitplan für die Planung und Umsetzung der Trassenvariante** sind in Abbildung 58 für die 380 kV Trasse dargestellt. Nach Diskussion mit der APG erscheint der Zeitplan für die 380 kV Leitung durchaus realistisch, wobei darauf geachtet werden muss, dass der Umbau des Umspannwerkes Wien-Südost und der Anschluss der 380 kV Leitung richtig eingetaktet wird, um einen reibungslosen Start im Jahr 2029 zu garantieren. Eine enge Abstimmung mit der APG ist hier von Nöten.

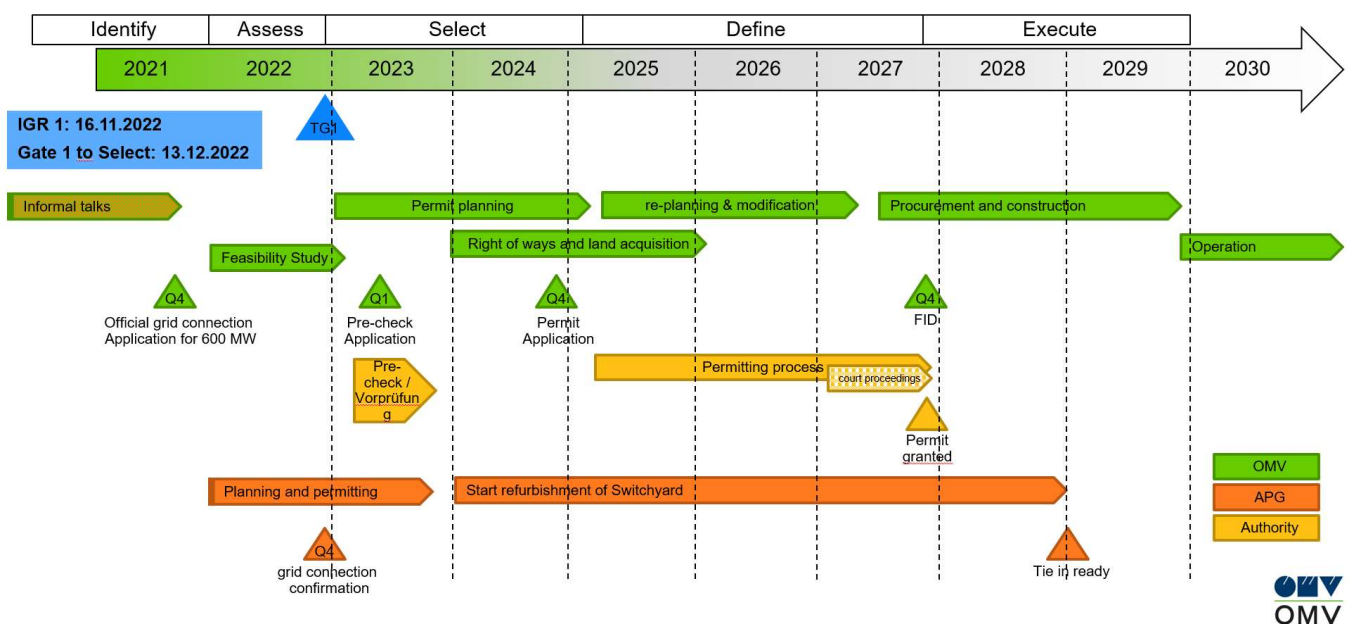


Abbildung 58: Zeitplan Planung und Umsetzung 380 kV Trasse

Die Analysen in dieser Studie basieren auf den technischen Erhebungen bzw. aus den erhobenen Raumwiderständen wie in den vorherigen Kapiteln ausgeführt. Nichtsdestotrotz sind in einem nächsten Schritt noch weitere Datenerhebungen für die Planung und Einreichung der Trassenvarianten durchzuführen. Zudem werden die weiteren Verfahrensschritte anschließend in einem **kurzen Ausblick** zusammengefasst.

Es gilt zu beachten, dass die Trassenvarianten sich basierend auf dem jetzigen Planungsstand noch als Korridor darstellen und im nächsten Planungsschritt durch weitere Erhebungen im Rahmen des Korridors verfeinert werden (im Zuge der **Feintrassierung**).

Weitere Analysen und Erhebungen betreffen:

- Kriegsrelikte
- Altlasten
- Archäologie
- Besitzstandserhebung / Grundbuchehebungen
- Spartenerhebung
- Baugrunderhebung
- Faunistische Erhebungen

Die nachfolgenden Verfahrensschritte umfassen:

- Stakeholderstrategie (Abstimmung mit Gemeinden, Sachverständigen, Sparteninhabern (Wasser, Gas, Asfinag, ÖBB, APG, Eigentümer, Interessensgruppen)
- Vorabstimmung Genehmigungsplanung mit dem BMK sowie Stadt Wien und Land Niederösterreich zu Starkstromwegerecht, öffentlichem Interesse und den Einreichoperaten (Magistrat Stadt Wien & BH Bruck an der Leitha)

Die Zeitschiene für die nächsten Planungsschritte:

- Erstellung Operate incl. Abstimmung: 6-9 Monate
- Einreichung & Auslage incl. Stellungnahmen der Stakeholder: 6 Monate

Die Basis der weiteren Schritte und Planungen bildet diese Machbarkeitsstudie und die im Zuge der Studie getätigten Analysen und Auswertungen. Auf die bereits durchgeführten Arbeiten lässt sich entsprechend weiter aufbauen um die Detailplanung, Einreichung und Errichtung der Leitungen effizient und im Sinne des angestrebten Zeitplanes erfolgreich durchzuführen.

7. VERZEICHNISSE

7.1 Abkürzungsverzeichnis

A	Ampere
AG	Aktiengesellschaft
APG	Austrian Power Grid AG, Übertragungsnetzbetreiber
Asfinag	Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft
A4	Autobahn 4
BFW	Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft
BGBI.	Bundesgesetzblatt
BMK	Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie
BMLRT	Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus
B9/10/11	Bundesstraße 9/10/11
C	Celsius
CB	Cross-Bonding
CEF	Continuous ecological functionality-measures
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
DA	Rohr-Außendurchmesser
D.h.	Das heißt
DN	Diameter Nominal
EBOD	Digitale Bodenkarte des Bundesforschungszentrums für Wald
EHORA	Natural Hazard Overview & Risk Assessment Austria, Internetportal zu Georisiken des BNMT
EMF	Elektromagnetische Felder
EN	Europäische Norm
FWP	Flächenwidmungsplan
Ggü	Grüngürtel
GIS	Gasisolierte Schaltanlage
HDD	Horizontal Directional Drilling
h _s	Leiterseilhöhe
Hz	Hertz
ICNIRP	International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection
I.d.R.	In der Regel
<i>I</i> _{Str.}	Strangstrom
kg	Kilogramm
km	Kilometer
kV	Kilovolt
KÜA	Kabelübergangsanlage
LFG	Luftfahrtsgesetz
m	Meter

Projektname: Netzanbindung OMV - Schwechat

Projektnummer: P400091

Inhalt: Machbarkeitsstudie

Max.	Maximal
mm	Millimeter
MinroG	Mineralrohstoffgesetz
MVA	Megavoltampere
Mvar	Blindleistung
MW	Megawatt
NISV	Nichtionisierender Strahlung
NÖ	Niederösterreich
P	Wirkleistung
RWA	Raumwiderstandsanalyse
RW-Klasse	Raumwiderstandsklasse
S	Scheinleistung
S1	Schnellstraße 1
t	Tonnen
U	Spannung
UG	Untersuchungsgebiet
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
UW	Umspannwerk
V	Volt
WGS	World Geodetic System
z.B.	Zum Beispiel
ÖBB	Österreichische Bundesbahn
ÖNORM	Österreichisches Normungsinstitut
ÖVE	Österreichischer Verband für Elektrotechnik
§	Paragrafenzeichen
$\sqrt{3}$	Drehstromfaktor
μT	Mikrotesla

7.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Auswahl geeigneter Anschlusspunkte.....	9
Tabelle 2: Auswahl möglicher Trassenvarianten zur weiteren Analyse.....	12
Tabelle 3: Ordinal skalierte Raumwiderstandsklassen und deren Definitionen [Quelle: Methodik zur Strategischen Umweltprüfung des Bundesverkehrswegeplans 2030, BMVI DE 2016; Büro Froelich und Sporbeck 2015].	35
Tabelle 4: Zuordnung der einzelnen Raum- und Umweltkriterien zu den Themengruppen und deren Einstufung in die Raumwiderstandsklasse.....	37
Tabelle 5: Parameter für die Auslegung des 380 kV Cu Erdkabels.....	45
Tabelle 6: Technische Daten Hochspannungskabel 2XS(FL)2Y 1x2500RM/250 220/380 (420) kV (BRUGG KABEL AG, XDRCU–ALT Einleiter–Hochspannungskabel 380/220 (420) kV, 2022).....	46
Tabelle 7: Strombelastbarkeit Hochspannungskabel 2XS(FL)2Y 1x2500RM/250 220/380 (420) kV (BRUGG KABEL AG, XDRCU–ALT Einleiter–Hochspannungskabel 380/220 (420) kV, 2022).....	46
Tabelle 8: Freileitungsdaten (Freileitungs-Gesellschaft mbH & Co. Kg, 2022).....	46
Tabelle 9: Vergleich der errechneten Parameter für verschiedene Phasenpositionen am Mast.....	64
Tabelle 10: Vergleich der errechneten Parameter für verschiedene Phasenordnungen der Leiter im Erdreich.....	68
Tabelle 11: Ausführung der Raumwiderstände als auch möglicher technischer Lösungen und thematische Gruppierung	71
Tabelle 12: Grafische Darstellung der Raumwiderstände in den einzelnen Sektionen der 380 kV Trassenvarianten inklusive technisch gelöster Widerstände in Klammern	72
Tabelle 13: Ranking der 380 kV Trassen auf Basis der Raumwiderstandsanalyse und technischen Gegebenheiten.....	74
Tabelle 14: Realistisch umsetzbare Trassenvarianten inkl. Vorzugstrassen 380 kV	78

7.3 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Austrian Power Grid - Umspannwerk Wien Südost (El Tatawy, Hiesl, Schusseck, & Dittrich, 2022)	8
Abbildung 2: Netzanschlusspunkt an der bestehenden 220-kV Leitung Bisamberg-Südost im Bereich Tanklager Lobau (OMV Downstream GmbH, 2022)	9
Abbildung 3: Netzanschlusspunkt am 380 kV Umspannwerk Südost - Variante Pellendorf (El Tatawy, Hiesl, Schusseck, & Dittrich, 2022)	10
Abbildung 4: Netzanschlusspunkt am 380 kV Umspannwerk Südost - Variante Rannersdorf (El Tatawy, Hiesl, Schusseck, & Dittrich, 2022)	11
Abbildung 5: Netzanschlusspunkt am 380 kV Umspannwerk Südost - Variante Zwölfaxing (El Tatawy, Hiesl, Schusseck, & Dittrich, 2022)	12
Abbildung 6: Typische Mastbauformen für Hochspannungsfreileitungen (Schomerus, et al., 2016)	14
Abbildung 7: Abstände in der Freileitung (Schomerus, et al., 2016)	15
Abbildung 8: Darstellung des Schutzbereiches (Bertikow & Pasewalk, o. J)	16
Abbildung 9: Beispiel einer Pfahlgründung (Bertikow & Pasewalk, o. J)	17
Abbildung 10: Beispiel eines Plattenfundaments (Bertikow & Pasewalk, o. J)	17
Abbildung 11: Beispiel eines Stufenfundaments (Bertikow & Pasewalk, o. J)	18
Abbildung 12: Sicherheitszonenplan für den Flughafen Wien – Schwechat (Reichhardt, 2019)	20
Abbildung 13: Gekürzte Mastbilder zur Aufstellung in der Flugsicherheitszone (Austrian Power Grid AG, 380-kV Leitung Dürnrohr - Wien Südost, 2020)	21
Abbildung 14: Schematischer Aufbau eines Kabelpfluges (Trenkler, 2010)	23
Abbildung 15: Querschnitt - geböschter Kabelgraben (Trenkler, 2010)	24
Abbildung 16: Waagrechtlicher Verbau (Trenkler, 2010)	25
Abbildung 17: Senkrechter Verbau (Trenkler, 2010)	26
Abbildung 18: Kombinierte Darstellung der 3 Verfahrenabläufe beim HDD – Bohren (Schrinner, Rene., 2017)	27
Abbildung 19: Verfahrensüberblick Microtunneling (Ludwig Pfeiffer Hoch- und Tiefbau GmbH & Co. KG, 2018)	28
Abbildung 20: Schnittbild einer Hochspannungs-Aufschiebemuffe (Grube, Polster, Müller, Schroth, & et al., 2001)	29
Abbildung 21: Steckverbindungsmuffe (Trenkler, 2010)	29

Abbildung 22: Kabelendverschlüsse (Südkabel GmbH, o. J.)	30
Abbildung 23: Induzierte Spannungsverteilung an einseitiger Erdverbindung (El Tatawy, Hiesl, Schusseck, & Dittrich, 2022)	31
Abbildung 24: Erdung beider Endverschlüsse (Trenkler, 2010)	31
Abbildung 25: Zyklischer Phasentausch der Leiter mit ausgekreuzten Schirmen (Trenkler, 2010)	32
Abbildung 26: Blindleistungsbedarf pro km von Freileitungen, gasisolierten Leitungen und Kabel in Abhängigkeit der übertragenen Scheinleistung [Mvar]	32
Abbildung 27: Blindleistungs Kompensationsdrosselspule (Quelle: Siemens)	33
Abbildung 28: Beispieldarstellung Kabelübergangsanlage (TenneT TSO GmbH , Die Kabelübergangsanlage, o. J.)	34
Abbildung 29: Korridorfindung durch Raumwiderstandsanalyse	36
Abbildung 30: Übersichtsplan Trassenvarianten 380 kV (El Tatawy, Hiesl, Schusseck, & Dittrich, 2022)	38
Abbildung 31: Übersichtsplan Trassenvarianten 380 kV unter Berücksichtigung des Raumwiderstandsmusters	40
Abbildung 32: Raumwiderstand Mensch / Siedlung 380 kV Untersuchungsraum	41
Abbildung 33: Raumwiderstand Natur & Landschaft 380 kV Untersuchungsraum	43
Abbildung 34: Raumwiderstand Wasser 380 kV Untersuchungsraum	44
Abbildung 35: Abgang vom Umspannwerk Trassenvariante Pellendorf (El Tatawy, Hiesl, Schusseck, & Dittrich, 2022)	47
Abbildung 36: Detaildarstellung Sektion 2 & 3 der Trassenvariante Pellendorf (El Tatawy, Hiesl, Schusseck, & Dittrich, 2022)	49
Abbildung 37: Querung Schwechater Straße, Panzerstraße und B 223 Umfahrung Zwölfaxing (El Tatawy, Hiesl, Schusseck, & Dittrich, 2022)	50
Abbildung 38: Trassenvariante Pellendorf Sektionen 6 bis 9 (El Tatawy, Hiesl, Schusseck, & Dittrich, 2022)	51
Abbildung 39: Trassenvariante Rannersdorf Sektionen 1,2 und 3 (El Tatawy, Hiesl, Schusseck, & Dittrich, 2022)	52
Abbildung 40: Trassenvariante Rannersdorf 4,5 und 6 (El Tatawy, Hiesl, Schusseck, & Dittrich, 2022)	53
Abbildung 41: Trassenvariante Rannersdorf Sektionen 7, 8, 9 und 10 (El Tatawy, Hiesl, Schusseck, & Dittrich, 2022)	54
Abbildung 42: Trassenvariante Zwölfaxing Sektionen 1, 2 und 3 (El Tatawy, Hiesl, Schusseck, & Dittrich, 2022)	55

Abbildung 43: Trassenvariante Zwölfaxing Sektionen 4, 5 und 6 (El Tatawy, Hiesl, Schusseck, & Dittrich, 2022)	56
Abbildung 44: Trassenvariante Zwölfaxing Sektion 7 (El Tatawy, Hiesl, Schusseck, & Dittrich, 2022)	57
Abbildung 45: Trassenvariante Zwölfaxing Sektionen 8, 9 ,10 (El Tatawy, Hiesl, Schusseck, & Dittrich, 2022)	58
Abbildung 46: Anbindung 380 kV Hochspannungskabel am Raffinerie Gelände (El Tatawy, Hiesl, Schusseck, & Dittrich, 2022)	59
Abbildung 47: Variante 1 Positionierung Schaltanlagen 380/110 kV GIS (El Tatawy, Hiesl, Schusseck, & Dittrich, 2022)	60
Abbildung 48: Variante 2 Positionierung Schaltanlagen 380/110 kV GIS (El Tatawy, Hiesl, Schusseck, & Dittrich, 2022)	61
Abbildung 49: Beispielaufbau einer 550-kV-Unterstation mit GIS (550 kV, 63 kA, 4.000 A) im Inneren des Drei-Schluchten-Damms (Heinemann & Besold, 2009)	62
Abbildung 50: Schematische Darstellung des Feldes zur Bestimmung des 1 μ T Korridors [μ T]	63
Abbildung 51: Untersuchte Möglichkeiten der Phasenkonfiguration auf Donaumast bzw. Einebenenmast	64
Abbildung 52: Einebenenmast - Isolinien der elektrischen Feldstärke in kV (links) und der magnetischen Flussdichte in μ T (rechts) für den einsystemigen Betrieb (oben) und den zweisystemigen Betrieb (unten)	65
Abbildung 53: Donaumast - Isolinien der elektrischen Feldstärke in kV (links) und der magnetischen Flussdichte in μ T (rechts) für den einsystemigen Betrieb (oben) und den zweisystemigen Betrieb (unten)	65
Abbildung 54: 1- μ T-Korridor in 1 m über Grund $a_{1\mu T 1m}$ in Abhängigkeit der Leiterseilhöhe h_s für die jeweils optimalen Phasenkonfigurationen	66
Abbildung 55: Regelquerschnitt Kabel HDD-Verfahren	68
Abbildung 56: Magnetische Flussdichte in Abhängigkeit der horizontalen und vertikalen Ausdehnung für die günstigste Kabel-Konfiguration und die Situation, dass ein Doppelkabel in Betrieb ist (Konfiguration 123321) [μ T]	69
Abbildung 57: Magnetische Flussdichte in Abhängigkeit der horizontalen und vertikalen Ausdehnung für die günstigste Kabel-Konfiguration und die Situation, dass beide Doppelkabel in Betrieb sind (Konfiguration 123321 123321) [μ T]	69
Abbildung 58: Zeitplan Planung und Umsetzung 380 kV Trasse	79
Abbildung 59: Tonnenmast mit einer Höhe von 60,2 m	92
Abbildung 60: Einebenenmast mit einer Höhe von 32,2 m	93

Abbildung 61: Donaumast mit einer Höhe von 50,2 m	94
Abbildung 62: Donaumast mit einer Höhe von 48,2 m	95
Abbildung 63: Donaumast mit einer Höhe von 41,8 m	96
Abbildung 64: Lyramast mit einer Höhe von 37,0 m	97
Abbildung 65: Regelquerschnitt offene Bauweise Künette mit Böschungswinkel – 380 kV Kabel (El Tatawy, Hiesl, Schusseck, & Dittrich, 2022)	98
Abbildung 66: Regelquerschnitt Querung Straße mit HDD-Verfahren - 380 kV Kabel (El Tatawy, Hiesl, Schusseck, & Dittrich, 2022)	99
Abbildung 67: Draufsicht Muffengrube 380 KV Kabel (El Tatawy, Hiesl, Schusseck, & Dittrich, 2022)	100
Abbildung 68: Längsschnitt Muffengrube 380 kV Kabel (El Tatawy, Hiesl, Schusseck, & Dittrich, 2022)	100
Abbildung 69: Querschnitt Muffengrube 380 kV Kabel (El Tatawy, Hiesl, Schusseck, & Dittrich, 2022)	101

7.4 Formelverzeichnis

Formel 1: Ermittlung des Betriebsstromes	22
Formel 2: Ermittlung des Betriebsstrom 380 kV Kabel	45

7.5 LITERATURVERZEICHNIS

- Alexander Novitskiy, D. A. (2020). *Freileitung oder Erdkabelleitungen? Eine Metastudie über die Kriterien und Ergebnisse von Untersuchungen zum Netzausbau*. Abgerufen am 10. 10 2022
- Amt der NÖ Landesregierung. (2021). *Flächenwidmungsplan der Gemeinde Schwechat, Zwölfaxing, Maria-Lanzendorf, Lanzendorf*. Abgerufen am 04. 11 2022 von <https://www.noe.gv.at/noe/Karten-Geoinformationen/DownloadGeodatenKarten.html>
- Austrian Power Grid AG. (2015). *ALLGEMEINE NETZBEDINGUNGEN (ANB)*. Abgerufen am 28. 10 2022 von file:///C:/Users/Elea/Downloads/Allgemeinen%20Netzbedingungen_20151221.pdf
- Austrian Power Grid AG. (2020). *380-kV Leitung Dürnrrohr - Wien Südost*. Abgerufen am 28. 10 2022
- Bertikow, & Pasewalk. (o. J.). *380-kV-Freileitung*. Abgerufen am 29. 09 2022
- BM für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort. (2020). *Elektrotechnikverordnung 2020 – ETV 2020*. Abgerufen am 28. 10 2022 von <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20011222>
- BMBF. (21. 06 2019). *Bundesministerium für Bildung und Forschung*. Abgerufen am 19. 04 2022 von https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/bekanntmachungen/de/2019/07/2538_bekanntmachung.html;jsessionid=FED1268D99A194ED2F2CDF8B41FFA456.live721?nn=33806#Start
- BMVI DE. (2016). *Methodik zur strategischen Umweltprüfung des Bundesverkehrswegeplans 2030*. Abgerufen am 03. 11 2022
- BPV Hügel. (2022). *Rechtliche Machbarkeitsstudie 380/110kV Anbindung Raffinerie Schwechat*. Wien.
- Brakelmann, H. (o. J.). *Netzverstärkungs-Trassen zur Übertragung von Windenergie: Freileitung oder Kabel?* Abgerufen am 10. 10 2022
- Braumann Tiefbau GmbH. (2022). *VOLLSCHNITTVERFAHREN*. Abgerufen am 18. 10 2022 von <https://www.braumann-tiefbau.eu/de/verfahren/grabenlose-bauweise/vollschnittverfahren-107.html>
- Brugg cables . (2020). *Link Boxen Typ LB*. Abgerufen am 10. 10 2022
- Brugg cables. (2020). *Technical user guide of high voltage XLPE cable systems*. Abgerufen am 10. 10 2022
- BRUGG KABEL AG. (2022). *XDRCU–ALT Einleiter–Hochspannungskabel 110/64 (123) kV*. Abgerufen am 10. 10 2022
- BRUGG KABEL AG. (2022). *XDRCU–ALT Einleiter–Hochspannungskabel 380/220 (420) kV*. Abgerufen am 10. 10 2022
- Bundesfachplanung. (2017). *Anhang 1: Technische Bau- und Betriebsmerkmale*. Abgerufen am 29. 09 2022
- Büro Froelich und Sporbeck. (2015). *Methodik zur strategischen Umweltprüfung des Bundesverkehrswegeplans 2030*. Abgerufen am 03. 11 2022
- Dreiphasiger Kurzschlussstrom (Ik) an einem beliebigen Punkt innerhalb einer Niederspannungs-Anlage*. (12. 05 2020). Abgerufen am 10. 10 2022 von [https://de.electrical-installation.org/dewiki/Dreiphasiger_Kurzschlussstrom_\(Ik\)_an_einem_beliebigen_Punkt_innerhalb_einer_Niederspannungs-Anlage](https://de.electrical-installation.org/dewiki/Dreiphasiger_Kurzschlussstrom_(Ik)_an_einem_beliebigen_Punkt_innerhalb_einer_Niederspannungs-Anlage)
- El Tatawy, E., Hiesl, A., Schusseck, M., & Dittrich, L. (2022). *Eigene Darstellung*. Abgerufen am 29. 09 2022
- Estralin. (2020). *Starkstromkabel und Kabelsysteme 66 - 220 kV*. Abgerufen am 10. 10 2022
- Europacable, e. &. (2020). *Gemeinsame Studie: Machbarkeit und Technische Aspekte der Teilverkabelung von Höchstspannungsleitungen*. Abgerufen am 10. 10 2022
- Freileitungs-Gesellschaft mbH & Co. Kg. (2022). *Baobab*. Abgerufen am 27. 10 2022 von http://www.baobab.de/freileitung/3_alustahl/ast_index.html

- Fribourg, F.-/ E.-F. (2020). *Hochspannungskabel aktuelle tehnologische Herausforderungen*. Abgerufen am 10. 10 2022
- Geologische Bundesanstalt. (2022). *Geologische Karte Wien und Umgebung*. Abgerufen am 04. 11 2022 von <https://www.geologie.ac.at/onlineshop/karten>
- Grube, S., Polster, K., Müller, K.-B., Schroth, R., & et al. (2001). *Erfahrungen mit der neuen Übertragungstechnik 380-kV-VPE-Kabel; Elektrizitätswirtschaft; Vol. 100, No. 26, 2001, S. 34-37*. Abgerufen am 29. 09 2022
- Heinemann, L., & Besold, F. (2009). *Kompakt und zuverlässig Fortschritt über mehrere Jahrzehnte: gasisolierte Schaltanlagen von 52 bis 1.100 kV*. Abgerufen am 10. 10 2022
- Jodl, H. G., Posch, M., Loidl, M., Zahnt, G., Loibelsberger, A., Haebler, M. A., . . . Cimr, R. (2017). *Verfahrensbeschreibungen im Grabenlosen Leitungsbau*. Österreichische Vereinigung für Grabenlosen Leitungsbau (ÖGL). Austrian Association for Trenchless Technology. Abgerufen am 18. 10 2022
- Landtag von Niederösterreich. (2014). *Niederösterreichische Bauordnung*. Abgerufen am 28. 10 2022 von <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrNO&Gesetzesnummer=20001079#header>
- Landtag von Niederösterreich. (2021). *Niederösterreichisches Starkstromwegegesetz*. Abgerufen am 28. 10 2022 von <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrNO&Gesetzesnummer=20000639>
- Ludwig Pfeiffer Hoch- und Tiefbau GmbH & Co. KG. (2018). *Microtunneling*. Abgerufen am 28. 10 2022 von <https://docplayer.org/79281758-Zertifiziertes-know-how-microtunneling-ludwig-pfeiffer-berlin-ludwig-pfeiffer-kassel-rotus-rohrtechnik-und-service-ludwig-pfeiffer-leipzig.html>
- Meinhart GmbH. (2014). *Kabel und Leitungen Katalog* (Bd. 22).
- Nexans. (2020). *Al (Wasserdicht) 110kV AL-PE Mantel A(F)2XS(FL)2Y 1x400RM/50 64/110 (123) kV*.
- Nexans. (2020). *Cu 110kV AL-PE Mantel 2XS(FL)2Y 1x240RM/35 64/110 (123) kV*.
- Ö. Forschungsgemeinschaft Straße und Verkehr, (. (2017). *Umweltuntersuchung, RVS 04.01.11*. Abgerufen am 03. 11 2022
- OMV Downstream GmbH. (2022). *Technische Beschreibung Machbarkeitsstudie Netzanbindung OMV Schwechat*. Abgerufen am 06. 10 2022
- Oswald, P. D.-I. (2020). *Berechnung der Kabelbelastbarkeit bei der Eiderquerung bei Tönning mit 110 - kV - Kabeln*. Abgerufen am 10. 10 2022
- Oswald, U. -P.-I. (2020). *380 - kV - Salzburgleitung Auswirkungen der möglichen (Teil)Verkabelung des Abschnittes Tauern-Salzach neu*. Abgerufen am 10. 10 2022
- OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik. (2002). *Freileitungen über AC 45 kV; Teil 1: Allgemeine Anforderungen – Gemeinsame Festlegungen; Teil 2: Index der Nationalen Normativen Festlegungen (NNA) (eingearbeitet); Teil 3: Nationale Normative Festlegungen (NNA) für Österreich (eingearbeitet)*. Abgerufen am 28. 10 2022 von https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/Bundesnormen/NOR40164799/I_66_OEVE_OENORM_EN_50341_2002-09-01.pdf
- OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik. (2017). *Elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder im Frequenzbereich von 0 Hz bis 300 GHz -- Teil 1: Begrenzung der Exposition von Personen der Allgemeinbevölkerung*. Abgerufen am 28. 10 2022 von <https://shop.ove.at/de/product/ove-richtlinie-r-23-1-2017-04-01>
- OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik. (2020). *Wesentliche Anforderungen an elektrische Anlagen Teil 3: Hochspannungsanlagen*. Abgerufen am 28. 10 2022 von

https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/Bundesnormen/NOR40224506/II_308_2020_27_OVE-Richtlinie_R_1000-3_2019-01-01.pdf

- Redzo Muratovic, E. S. (2020). *Technische Voraussetzungen für den Einsatz von Hochspannungskabeln in elektrischen Netzen*. Abgerufen am 10. 10 2022
- Reichhardt, A. (2019). *Verordnung des Bundesministers für Verkehr, Innovation und Technologie betreffend die Festlegung der Sicherheitszone für den Flughafen Wien-Schwechat*. Abgerufen am 07. 10 2022
- Schomerus, T., Runge, K., Marthen, W., Pohlmann, H., Butzeck, C., Lauer, J., . . . Sattler, P. (2016). *Bewertung innovativer 380 kV-Freileitungsmastsysteme bezüglich deren rechtlicher Zulässigkeit sowie Landschaftsbildauswirkungen in unterschiedlichen Einsatzgebieten*. Abgerufen am 29. 09 2022
- Schrinner, Rene;. (2017). *68. Deutsche Brunnenbauertage und BAW-Baugrundkolloquium 26. – 28. April 2017 im Bau-ABC Rostrup / Bad Zwischenahn Schrinner, HDD-Baustellen – Planung und Durchführung*. Abgerufen am 29. 09 2022
- Schweizer Bundesrat. (1999 (Stand 1.1.2022)). *Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV)*. Schweiz.
- Springer Vieweg, B. H. (12. 05 2020). *Krzschlussstromberechnung*. Abgerufen am 10. 10 2022 von https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-642-40970-7_7
- Südkabel GmbH. (o. J.). *GARNITUREN FÜR VPE-ISOLIERTE HOCH- UND HÖCHSTSPANNUNGSKABEL*. Abgerufen am 10. 10 2022
- (2020). *SuedOstLink - BBPIG Vorhaben Nr. 5 - "Höchstspannungsleitung Wolmirstedt - Isar; Gleichstrom" Bundesfachplanung gemäß § 8 NABEG*. Abgerufen am 10. 10 2022
- Sven, D. (2020). *Analyse und Vergleich von zwei Anschlussszenarien in einem Windeignungsgebiet*. Abgerufen am 10. 10 2022
- TenneT TSO GmbH . (o. J.). *Die Kabelübergangsanlage*. Abgerufen am 10. 10 2022 von <https://infomarkt.tennet.eu/erdkabelinfozentrum-prinzhoefte/kabeluebergangsanlagen>
- TenneT TSO GmbH. (2020). *Drehstromkabel*. Abgerufen am 10. 10 2022
- TenneT TSO GmbH. (2020). *HGÜ - Erdkabel*. Abgerufen am 10. 10 2022
- TenneT TSO GmbH. (2020). *Tennet Kabelübergangsanlagen*. Abgerufen am 10. 10 2022
- Trenkler, B. (2010). *Verlegung von Kunststoff-Höchstspannungskabeln - Argumente zur Systemauswahl*. Abgerufen am 29. 09 2022
- Wiener Landtag. (2021). *Wiener Stadtentwicklungs-, Stadtplanungs- und Baugesetzbuch (Bauordnung für Wien – BO für Wien)*. Abgerufen am 28. 10 2022 von <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrW&Gesetzesnummer=20000006>
- Wiener Landtag. (2022). *Gesetz, mit dem Bestimmungen über elektrische Leitungsanlagen, die sich auf den Bereich des Bundeslandes Wien erstrecken, erlassen werden (Wiener Starkstromwegesgesetz 1969)*. Abgerufen am 28. 10 2022 von <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrW&Gesetzesnummer=20000076>

8. ANHANG

8.1 Mastbilder

a. Tonnenmast mit einer Höhe von 60,2 m

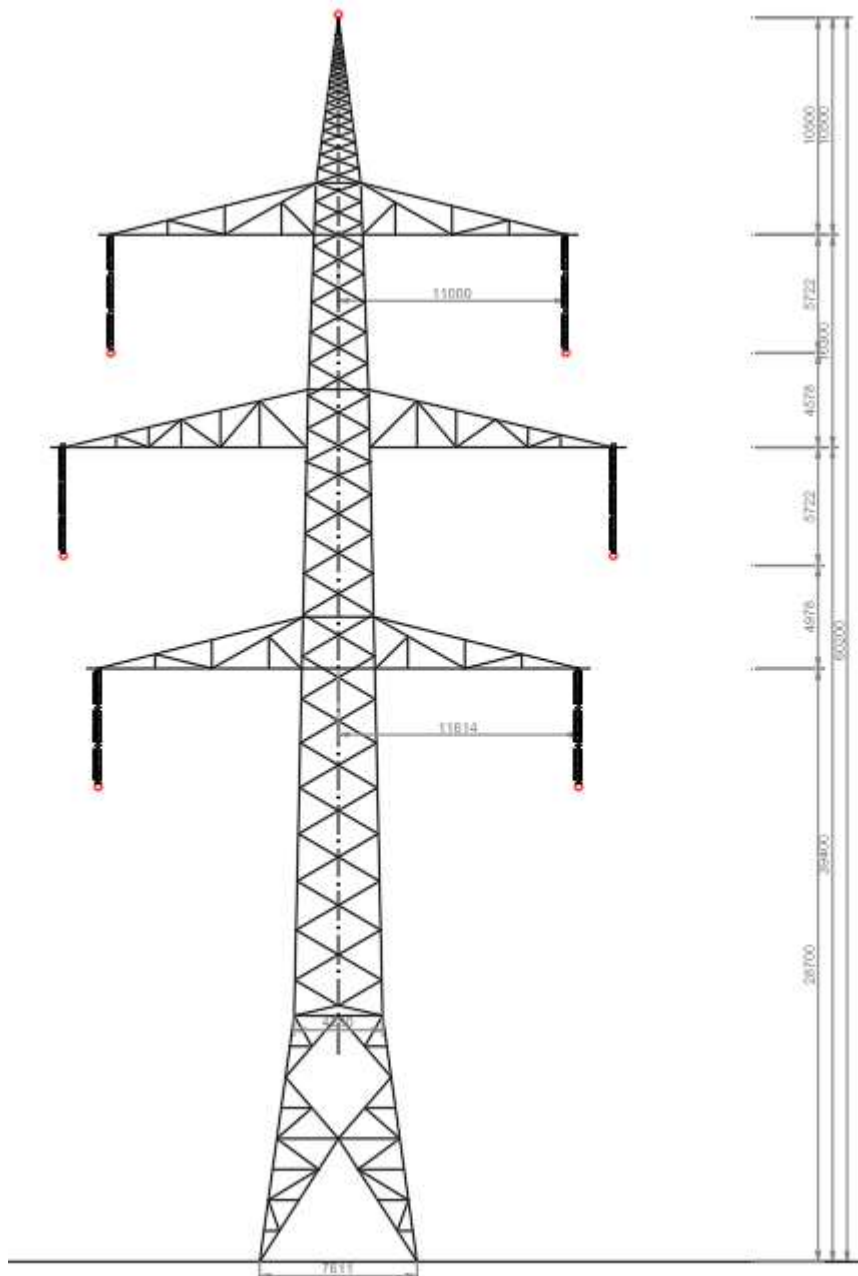


Abbildung 59: Tonnenmast mit einer Höhe von 60,2 m

b. Einebenenmast mit einer Höhe von 32,2 m

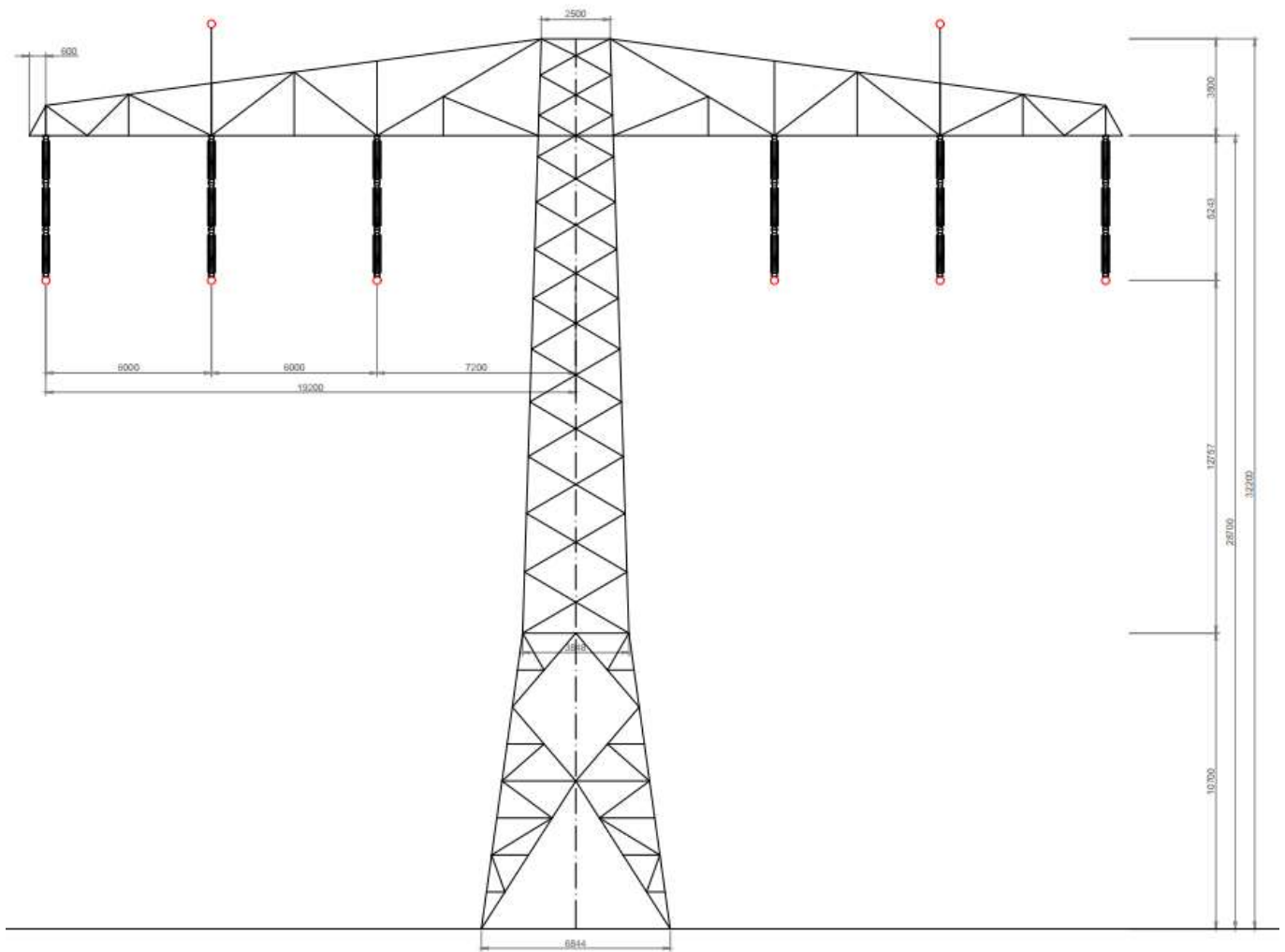


Abbildung 60: Einebenenmast mit einer Höhe von 32,2 m

c. Donaumast mit einer Höhe von 50,2 m

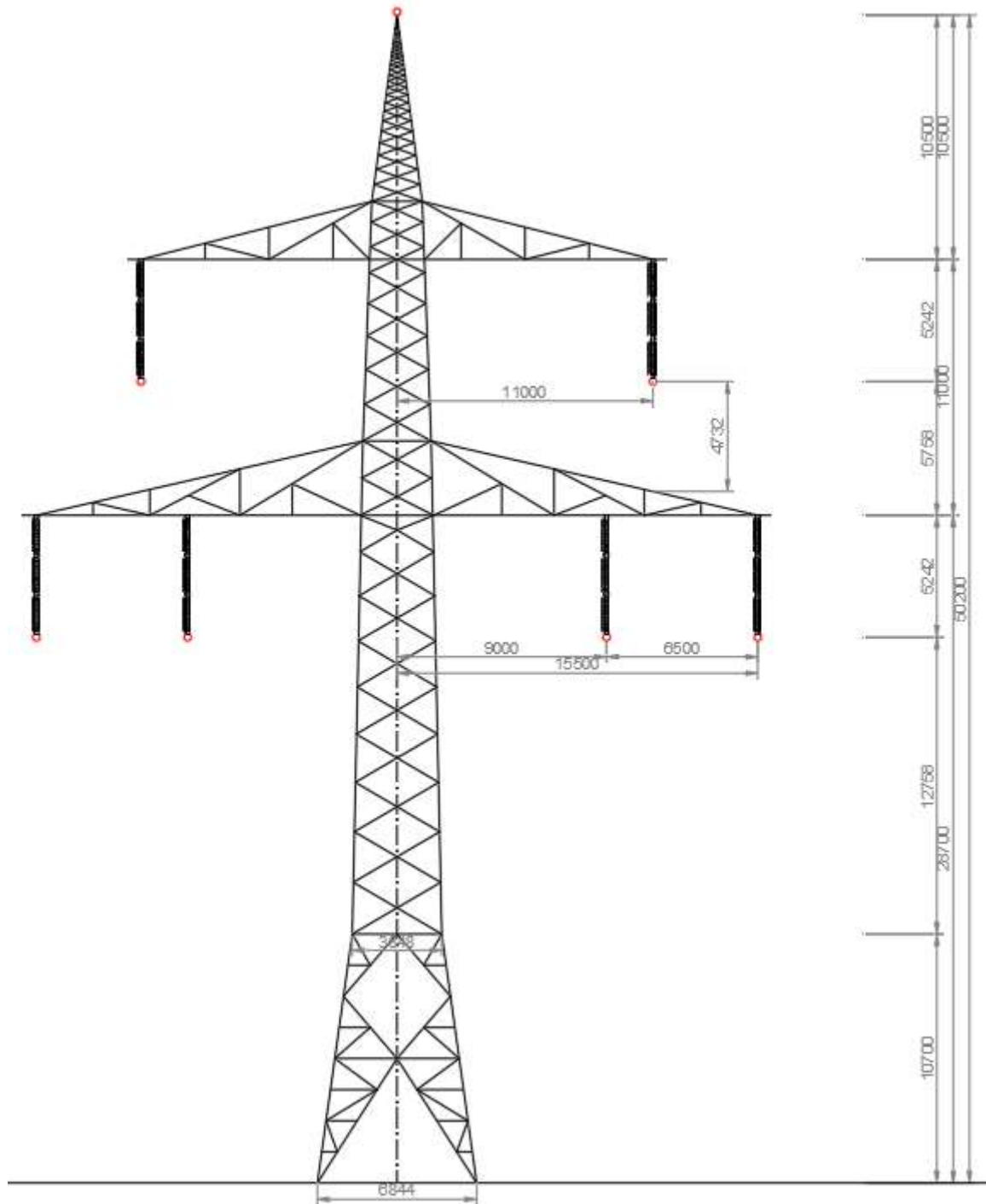


Abbildung 61: Donaumast mit einer Höhe von 50,2 m

d. Donaumast mit einer Höhe von 48,2 m

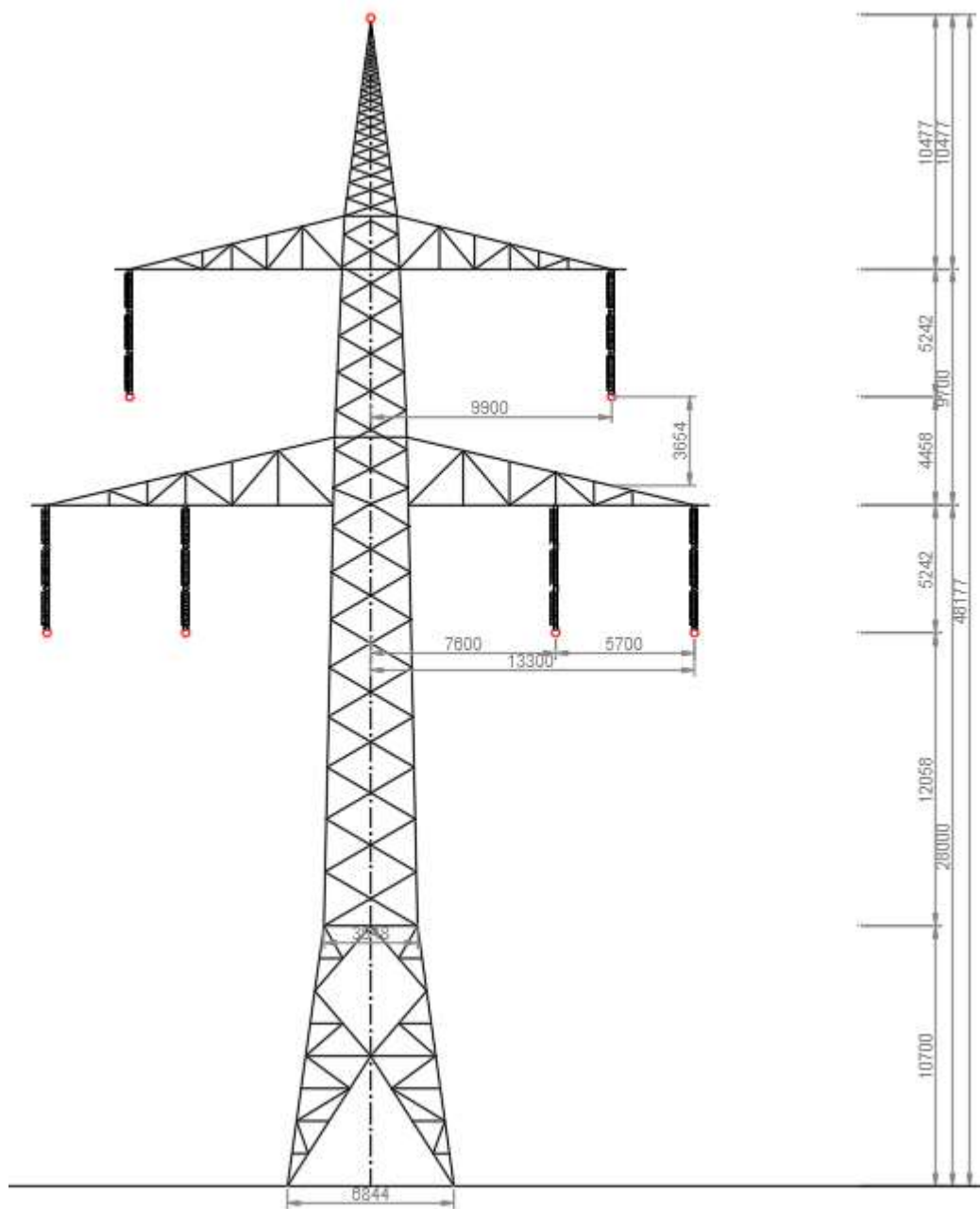


Abbildung 62: Donaumast mit einer Höhe von 48,2 m

e. Donaumast mit einer Höhe von 41,8 m

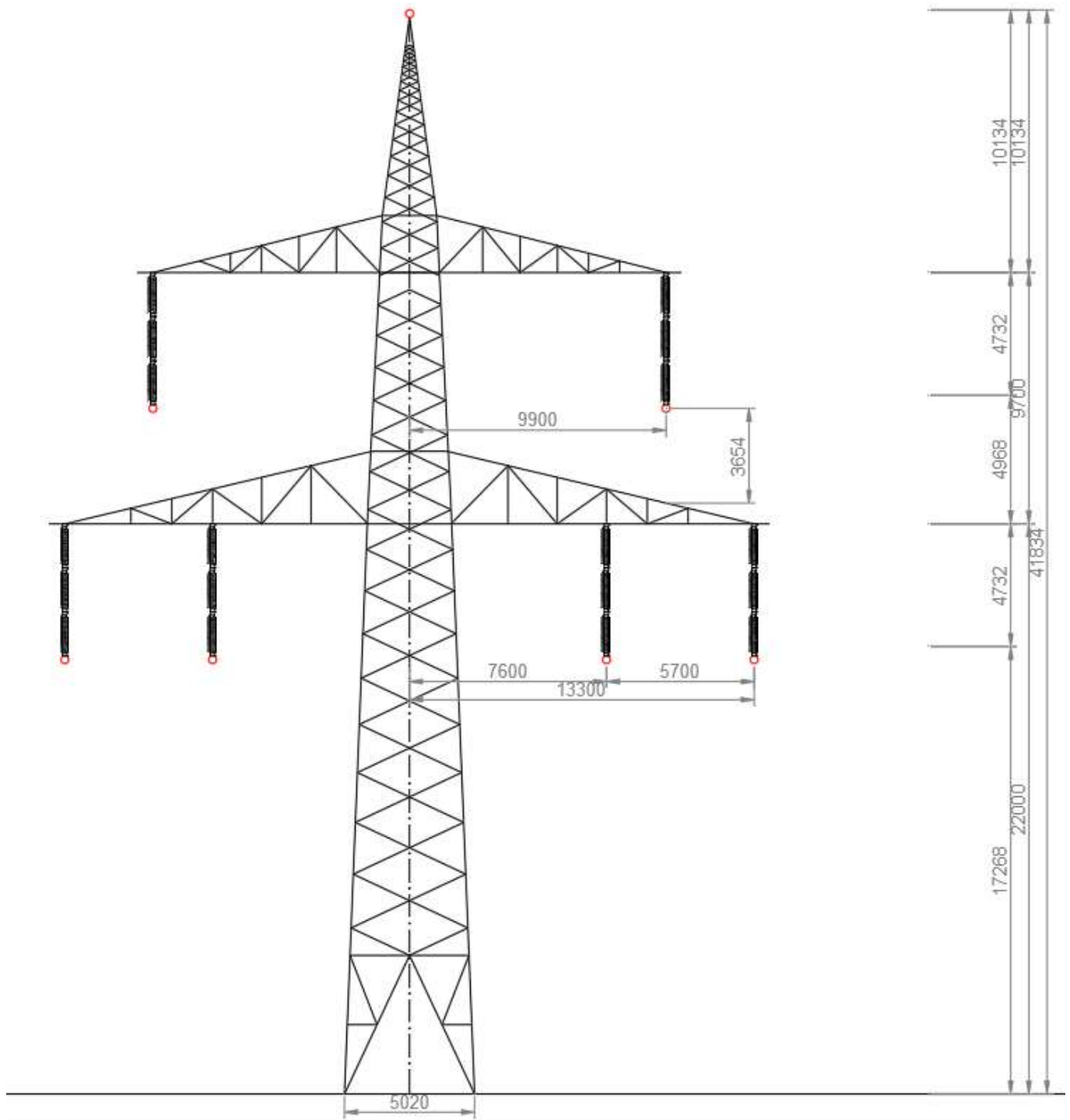


Abbildung 63: Donaumast mit einer Höhe von 41,8 m

f. Lyramast mit einer Höhe von 37,0 m

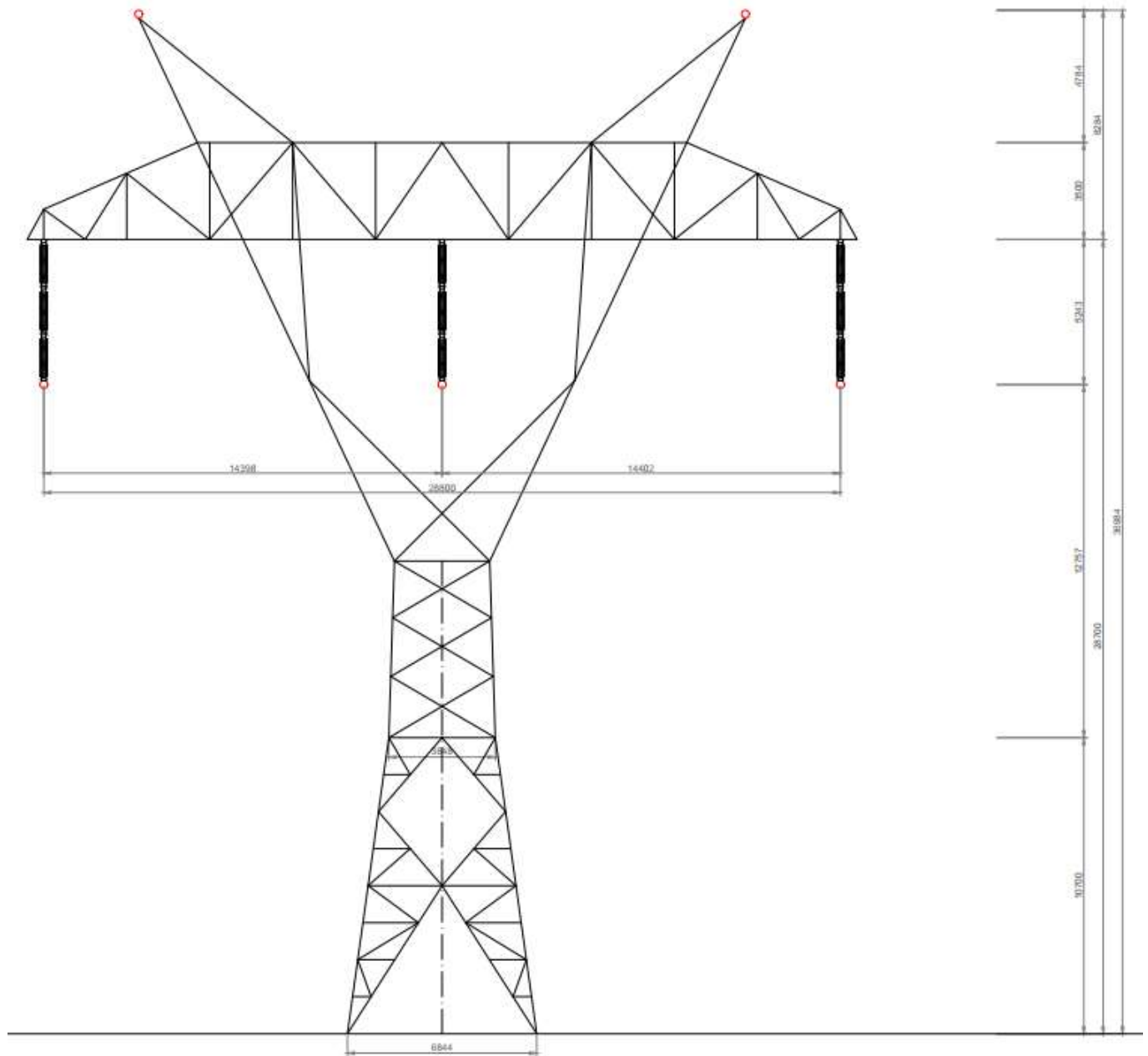
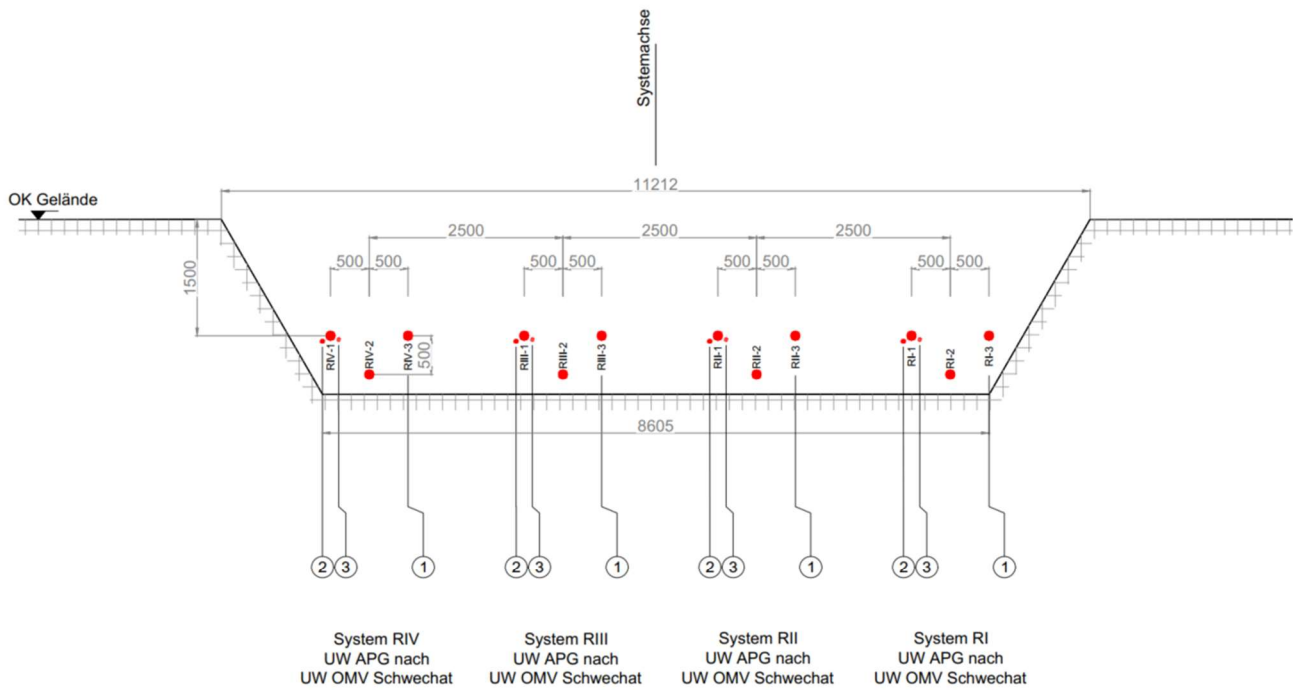


Abbildung 64: Lyramast mit einer Höhe von 37,0 m

8.1.1 Künette mit Böschungswinkel 380 kV



Legende:

1. 12x2XS(FL)2Y 1x2500RM/250 220/380 (420) kV
2. 4xPE-HD DN/OD 50x4,6mm, mit LWL
3. 4xKupferkabel 240mm², verzinkt

Abbildung 65: Regelquerschnitt offene Bauweise Künette mit Böschungswinkel – 380 kV Kabel (El Tatawy, Hiesl, Schusseck, & Dittrich, 2022)

8.1.2 HDD Verfahren Querung von Straßen 380 kV

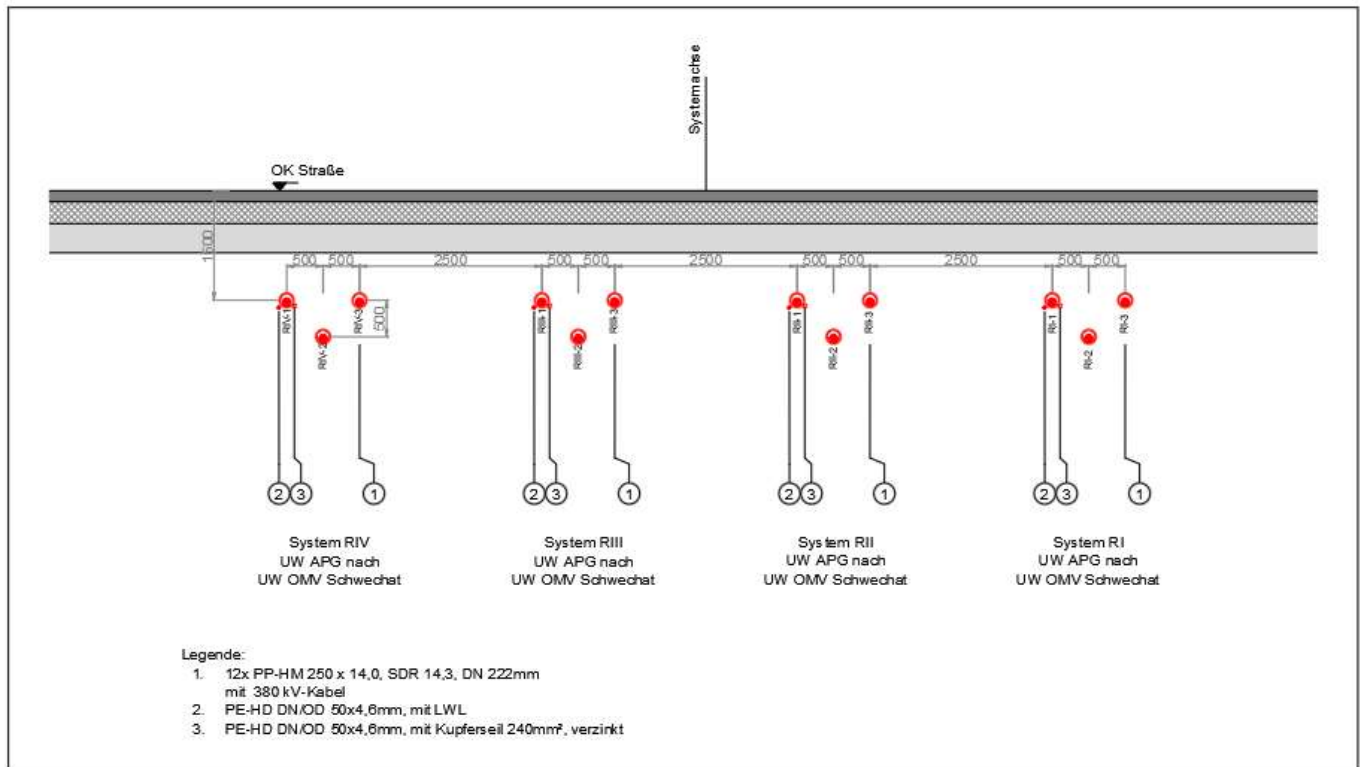


Abbildung 66: Regelquerschnitt Querung Straße mit HDD-Verfahren - 380 kV Kabel (El Tatawy, Hiesl, Schusseck, & Dittrich, 2022)

8.1.3 Muffengrube 380 kV

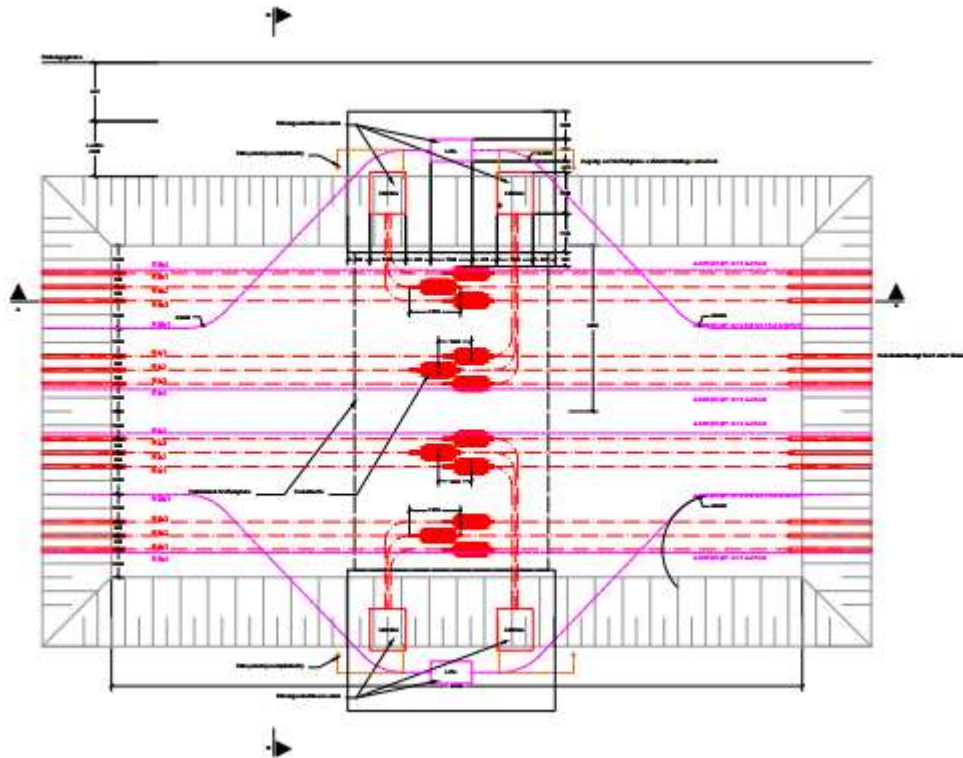


Abbildung 67: Draufsicht Muffengrube 380 KV Kabel (El Tatawy, Hiesl, Schusseck, & Dittrich, 2022)

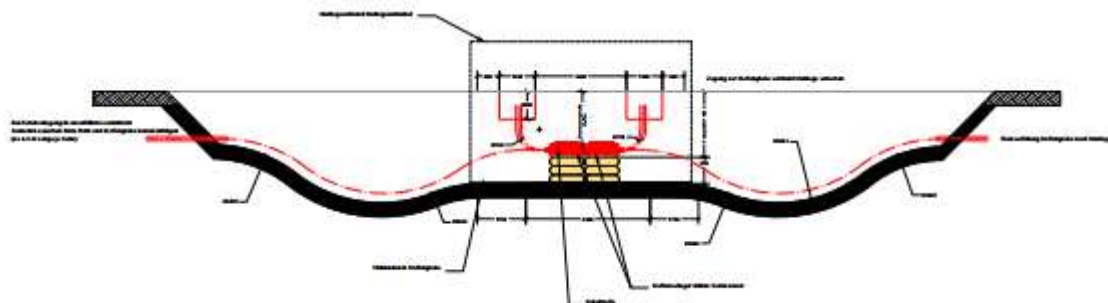


Abbildung 68: Längsschnitt Muffengrube 380 kV Kabel (El Tatawy, Hiesl, Schusseck, & Dittrich, 2022)

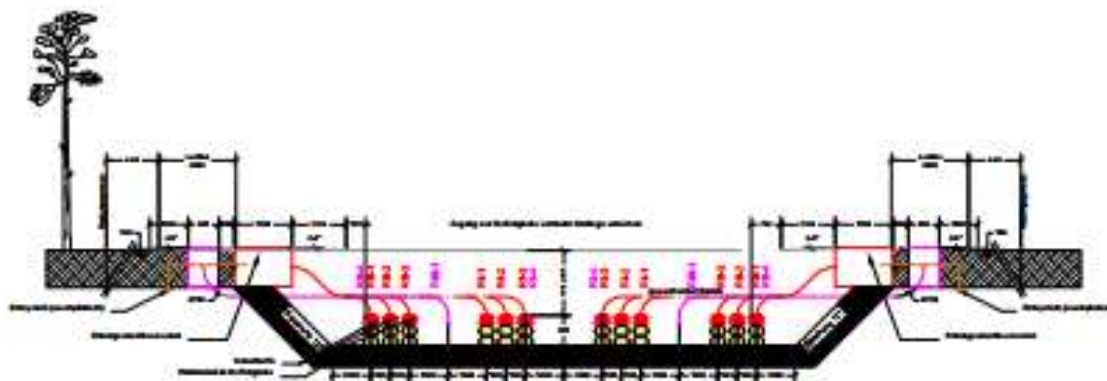


Abbildung 69: Querschnitt Muffengrube 380 kV Kabel (El Tatawy, Hiesl, Schusseck, & Dittrich, 2022)