

Ergänzende Bewertung der verschiedenen Erdkabel- Verlegetechniken

110-/380-kV-Höchstspannungsleitung

Wehrendorf-Gütersloh (EnLAG, Vorhaben 16)

Abschnitt: Pkt. Hesseln - Pkt. Königsholz (Landesgrenze NRW/NDS)

INHALTSVERZEICHNIS

1	Ausgangslage	3
2	Antragsunterlagen	4
3	Ergänzende Darstellung der Bauweisen	4
3.1	Offene Bauweise	4
3.2	Geschlossene Bauweise	9
3.2.1	Spühlbohrverfahren „Horizontal Directional Drilling“ (HDD).....	9
3.2.2	Pilotrohrvortrieb	11
3.2.3	Mikrotunnel	13
3.3	Halboffene Verfahren	16
4	Offene Bauweise als Standardverfahren	17
4.1	Bewertung Amprion	17
4.2	Einwendungen und Erwiderung Amprion	18
5	Kreuzung von Infrastruktur	24
5.1	Bereich Violenbach / L785	24
5.2	Bereich Riesberg	27
5.3	Bereich Goldbreite/ bewaldeter Hengberg	29
6	Fazit	31

1 Ausgangslage

Die Amprion GmbH (im Folgenden Amprion genannt) plant den Bau und Betrieb der 110-/380-kV Höchstspannungsleitung zwischen Pkt. Hesselndorf und Pkt. Königsholz (Landesgrenze NRW/NDS).

Die geplante 110-/380-kV-Höchstspannungsleitung umfasst die Bauleitnummern (Bl.) 1504, 4210, 4251 sowie den Neubau zweier Kabelübergabestationen 01207 und 01209. Das Vorhaben ist Teil der unter Ziffer 16 der Anlage im Energieleitungsausbaugesetz (EnLAG) aufgeführten Leitung von Wehrendorf nach Gütersloh.

Am 18.12.2020 hat Amprion die Planfeststellung für die 110-/380-kV-Höchstspannungsleitung Pkt. Hesselndorf und Pkt. Königsholz (Landesgrenze NRW/NDS) gemäß § 43 EnWG (Energiewirtschaftsgesetz) bei der Bezirksregierung Detmold als zuständige Planfeststellungsbehörde beantragt.

Die geplante Teilerdverkabelung der 380-kV-Leitung sowie die parallel verlaufende 110-kV-Leitung soll antragsgemäß in Borgholzhausen in offener Bauweise erfolgen. Für den gesamten 110-/380-kV-Kabelabschnitt zwischen der Kabelübergabestation (KÜS) Riesberg bis zur KÜS Klusebrink Bl. 4251 und Pkt. Riesberg bis Pkt. Klusebrink, Bl. 1504, mit einer Länge von 4,2 km und ca. 4,7 km sind derzeit vier einzelne Teilstücke geplant.

Gegen die offene Bauweise der Erdkabelverlegung wurden im Rahmen der Öffentlichkeitsbeteiligung Bedenken erhoben. Insbesondere wurde kritisiert, dass Amprion die offene Bauweise als „Standardverfahren“ vorsehe. Eine Gegenüberstellung der offenen und geschlossenen Bauweise würde vielmehr ein „klares Übergewicht“ der Vorteile der geschlossenen Bauweise ergeben. Dies gelte erst recht bei dem bautechnisch anspruchsvollen Untergrund im Bereich des Erdkabelabschnitts in Borgholzhausen. Für die Wahl der offenen Bauweise an diesen Kreuzungsbereichen werden weitergehende Einwendungen vorgebracht.

Mit der vorliegenden Bewertung sollen zum einen die Argumente in den Antragsunterlagen für die offene Bauweise als „Standardverfahren“ ergänzt werden. Zum anderen soll die Begründung für die Wahl der offenen Bauweise bei der Kreuzung der Infrastrukturen in Borgholzhausen untersetzt werden.

Nachfolgend sollen zunächst die in den Antragsunterlagen enthaltenen Beschreibungen der unterschiedlichen Erdkabelbauweisen sowie der in den Antragsunterlagen vorgenommene Vergleich dieser Bauweisen für den Erdkabelabschnitt in Borgholzhausen zusammenfassend dargestellt werden (dazu Ziffer 2). Anschließend werden die Verfahren der geschlossenen Bauweise ergänzend erläutert (dazu Ziffer 3), um sodann zu begründen, warum Amprion die offene Bauweise gegenüber der geschlossenen Bauweise und dem halboffenen Verfahren als „Standardverfahren“ festgelegt hat (dazu Ziffer 4). Schließlich wird gezeigt, dass sowohl die geschlossene Bauweise als auch das halboffene Verfahren bei den Kreuzungen von Infrastruktur in Borgholzhausen nicht vorzugswürdig sind (dazu Ziffer 5).

2 Antragsunterlagen

Im Erläuterungsbericht (Anlage 1.1 der Antragsunterlagen, Kapitel 6.2, S. 29 ff.) werden die einzelnen verschiedenen Erdkabelbauweisen beschrieben:

- Offene Bauweise,
- Horizontal-Directional-Drilling / HDD-Verfahren
- Pilotrohrvortrieb
- Mikrotunnel-Verfahren
- Halboffene Verfahren

Da die offene Bauweise von Amprion als „Standardverfahren“ eingestuft wird, wurden die geschlossenen und halboffenen Bauweisen dann bei der Kreuzung wichtiger Infrastrukturen für die im Rahmen der Variantenprüfung (Anlage 1.2 der Antragsunterlagen, Kapitel 8) ermittelten Vorzugstrasse für eine Teilerdverkabelung vergleichend bewertet. Im Ergebnis wurde hier für die untersuchten Kreuzungsbereiche

- Violenbach,
- Bielefelder Straße (L785) und
- Hengbergbach

die offene Bauweise als vorzugswürdig bewertet (Anlage 1.1 der Antragsunterlagen, Kapitel 6.2, S. 32 f.)

Die Umsetzung der offenen Bauweise in dem beantragten Erdkabelabschnitt wird dann detailliert in dem Erläuterungsbericht (Anlage 1.1 der Antragsunterlagen, Kapitel 8.3 und 8.4, S. 60 bis 69) beschrieben.

3 Ergänzende Darstellung der Bauweisen

Nachfolgend werden die in den Antragsunterlagen dargestellten Bauweisen ergänzend erläutert.

3.1 Offene Bauweise

Ergänzend zu der Beschreibung der offenen Bauweise in den Antragsunterlagen (Erläuterungsbericht, Anlage 1.2, Kapitel 6.2) ist auf Folgendes hinzuweisen:



Abbildung 1: offenen Bauweise

Die Grabendimensionierung in Borgholzhausen:

Für einen möglichst ungestörten Bauablauf wäre ein gleichzeitiger Aushub aller Gräben sinnvoll, dies würde jedoch aufgrund des größeren Platzbedarfs für die Zwischenlagerung des Bodens zu einer erheblichen Verbreiterung des Arbeitsstreifens führen.

Für das Regelprofil ist daher ein gestufter Ablauf vorgesehen, d.h. die Lagerung des ausgehobenen Bodens auf der Grundfläche des jeweils anderen Grabensystems (analog zum Vorgehen im Pilotprojekt Borken). Dies stellt einen sinnvollen Kompromiss zwischen Einschränkungen im Bauablauf und Platzbedarf dar:

Arbeitsstreifen: ca. 53 Meter

- Temporär zur Abwicklung der Baumaßnahme

Schutzstreifen:

- Regelfall: 33 Meter
- In Waldbereichen: 24 Meter mit Verlegung der Baustraße (z.B. Riesberg, Hengberg)
- Anteil Westnetz: 8 Meter
- Amprion: ca. 28,5 Meter bis 20 Meter je nach Anordnung der Baustraße
- Reduzierung durch Überlappung der Schutzstreifen

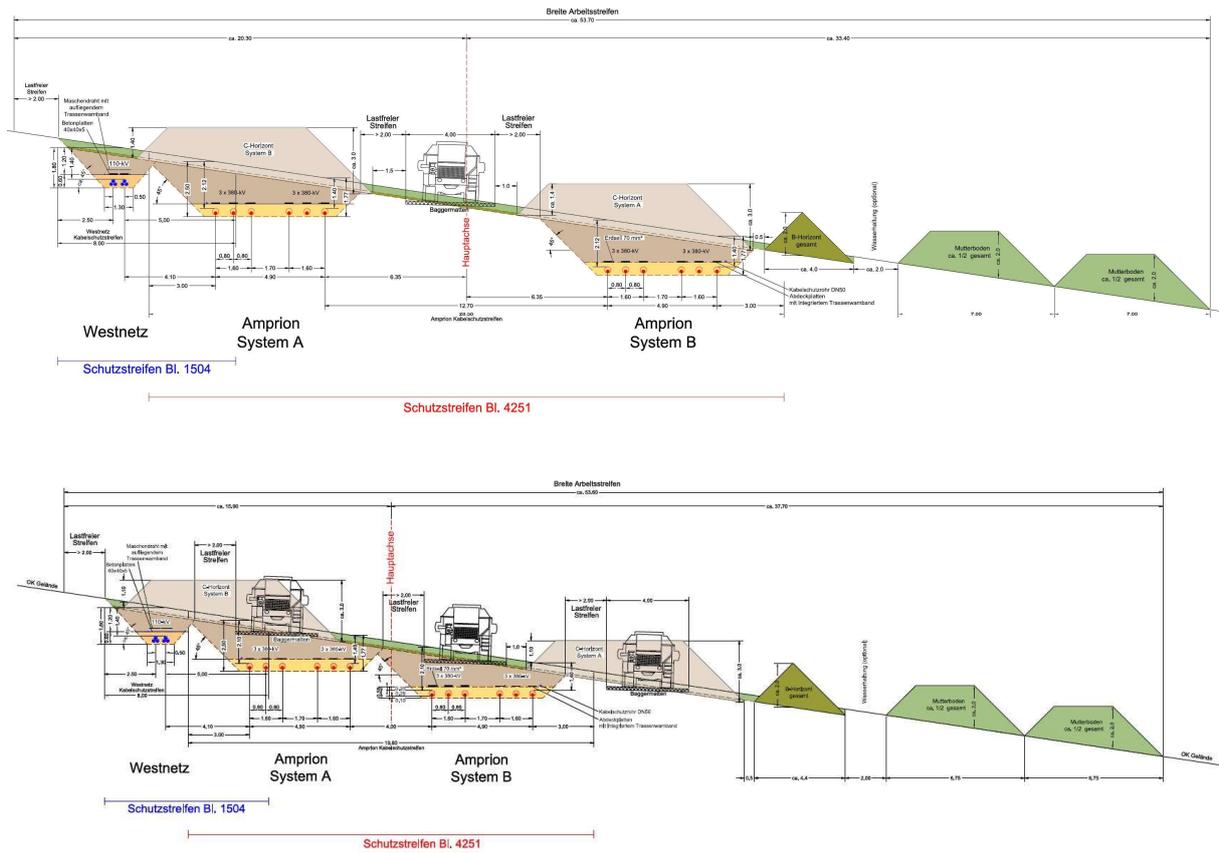


Abbildung 2: Regelgrabenprofil 380-kV-AC mit 110 kV – AC: - drei Gräben und achtzehn Erdkabeln (Quelle: Amprion)



Abbildung 3: Ablauf der offenen Bauweise (Quelle: Amprion)

Die Baumaßnahme umfasst:

1. Baustelleneinrichtung und Errichtung von Zuwegungen,
2. Tiefbauarbeiten,
 - a. Schichtweiser und nacheinander erfolgender Aushub der drei Gräben (parallele Gräben für System A und System B der Amprion und 1 Graben für die Westnetz (s. Abb. 2)
 - b. Verlegung von Schutzrohren (achtzehn Rohre in drei parallelen Gräben)
 - c. Rückverfüllung der Gräben
3. Kabelzug der zwölf 380-kV-Erdkabel und der sechs 110-kV-Kabel in die Leerrohre
4. Montage der Muffen (Verbindung der achtzehn Erdkabel zur nächsten Sektion) bzw. Verbindung an die Endverschlüsse in die Kabelübergabestationen (KÜS).

Baublauf

Für die Bauausführung werden zunächst die notwendigen Baustraßen und Zufahrten in den Baustellenbereich erstellt und die Bauflächen eingerichtet. Vor Beginn der Arbeiten erfolgt eine Beweissicherung mit den Eigentümern und die Übergabe der Flächen an die Baufirma. Ertragsausfälle und Flurschäden gegenüber den Pächtern/-innen/Eigentümern/-innen trägt der Vorhabenträger.

Der Aushub der Erdkabelgräben erfolgt zur Einhaltung der zulässigen Bodenverdichtungswerte mit Kettenfahrzeugen /-baggern. In den ausgewiesenen Baubedarfsflächen wird zunächst der Oberboden abgetragen und bis zur späteren Wiederherstellung in Mieten getrennt vom übrigen Bodenaushub vor Ort gelagert und gesichert. Weitere Schichten werden abgetragen und separat gelagert, um in der ursprünglichen Schichtung wieder eingebaut werden zu können. Der Erdkabelgraben wird bis auf eine Tiefe von ca. 2,0 m bis 3,5 m ausgehoben.

Wenn erforderlich, erfolgt eine temporäre Grundwasserabsenkung längs der Erdkabeltrasse (z.B. Violenbachtal). Um den Platzbedarf zu reduzieren, wird in der Regel nur ein Graben gleichzeitig geöffnet. Die gegenüberliegende Seite wird als Lagerfläche für Materialien und als Zwischenlager für den geeigneten Bodenaushub genutzt, der zum Wiederverfüllen des Erdkabelgrabens benötigt wird. Der Erdkabelgraben ist in der Regel je nach Standfestigkeit des Bodens und der Verlegetiefe abzuböschten.

Anschließend werden die Schutzrohre für die Erdkabelanlagen auf einer Seite der Baustraße in den Graben eingebracht. Die Erfahrung zeigt, dass die Bettung der Erdkabelschutzrohre aus Sanden oder aus zeitweise fließfähigem, selbstverdichtendem Verfüllbaustoff (ZFSV) bestehen kann. Der ZFSV kann bei geeigneten Böden aus dem lokalen Bodenaushub hergestellt oder komplett angefahren werden, genauso wie der Bettungssand. Oberhalb der so geformten Rohrleitungszone werden querschnittsschwächere Schutzrohre für Begleitleitungen sowie Trassenschutzelemente eingebracht. Anschließend wird der Erdkabelgraben verfüllt und das Erdkabelsystem des nächsten Grabens gebaut. Das eingefüllte Erdreich wird dabei schonend eingebracht, wobei ein späteres Setzen des eingefüllten Bodens berücksichtigt wird (bodenschonende Bauweise). Zum Abschluss der Tiefbaumaßnahmen wird die Baubedarfsfläche wieder in den ursprünglichen Zustand versetzt. Gekappte Drainagen werden

fachgerecht wieder verbunden. Nach Fertigstellung der Tiefbauarbeiten erfolgt eine Überprüfung der Flächen durch die Eigentümerinnen/Pächterinnen, Vorhabenträger und Baufirma. Bei erfolgreicher Abnahme wird die Fläche zurück an die Eigentümerinnen gegeben. Aufgrund des Eingriffs und der Bodensetzung kann es in den ersten Ernten nach der Baumaßnahme zu Ertragseinbußen kommen. Diese werden vom Vorhabenträger übernommen und den Bewirtschafterinnen erstattet.

Bereits die Planung der Baumaßnahmen erfolgte unter Einbeziehung eines Bodenkundlers gemäß DIN 19639 „Bodenschutz bei Planung und Durchführung von Bauvorhaben“. In die Überwachung der Bauausführung wird stets eine bodenkundliche Baubegleitung eingebunden.

Nach Herstellung der Erdkabelschutzrohranlage verbleiben die Muffengruben und der Anschlussbereich in den Kabelübergabestationen (KÜS) geöffnet. Die Muffengruben werden so ausgestattet, dass die wärmebedingte Ausdehnung der Erdkabel vor den eigentlichen Muffen abgefangen wird, um Druck- oder Zugbelastungen auf die Muffen selbst unbedingt zu vermeiden. Die Umgebung der Muffengruben bzw. der Bereiche vor den Endverschlüssen und der Zuwegung werden, je nach Kabelzugkonzept, für Schwerlastverkehr hergerichtet. Auf speziellen Tiefladern werden die Kabelspulen über geeignete Wege zu den Muffenstandorten bzw. zu den KÜS transportiert. Die Abstände zwischen den Muffenstandorten sind abhängig von der elektrotechnischen Auslegung des Erdungskonzepts, den herstellerabhängig produzierbaren Einzellängen sowie dem Transportkonzept der Kabelspulen zur Baustelle.

Nachdem die Erdkabel eingezogen sind, beginnt die Muffen- bzw. Endverschlussmontage. Die Kabelendverschlussgerüste werden vor Beginn der Endverschlussmontage mit einem Montagehilfsgerüst inkl. einer Zeltplane eingehaust, damit die Montage sauber und witterungsunabhängig erfolgen kann. Auch die Muffenbereiche werden vor Montagebeginn witterungsbeständig eingehaust. Nach Abschluss der Baumaßnahmen bleiben die Ausleitungen der Schirmauskreuzung in ober- oder unterflur angeordneten Schränken bzw. Schächten sichtbar.



Abbildung 4: Erdkabeleinzug vom Tieflader an einer Muffengrube

3.2 Geschlossene Bauweise

Zur Verfügung stehen verschiedene Verfahren wie der Pilotrohrvortrieb, die Spülbohrung oder der Mikrotunnelbau.

Ergänzend zu der Beschreibung der geschlossenen Bauweise in den Antragsunterlagen (Erläuterungsbericht, Anlage 1.2, Kapitel 6.2) ist auf Folgendes hinzuweisen:

Grundsätzlich wird bei der geschlossenen Bauweise zwischen steuerbaren und nicht steuerbaren Verfahren unterschieden. Die Bezeichnung „nicht steuerbar“ bedeutet im Allgemeinen, dass die Ausrichtung des Vortriebs nur zu dessen Beginn festgelegt, also nicht kontinuierlich angepasst werden kann. Im Folgenden werden einige Verfahren kurz beschrieben, die im Rahmen der Teilerdverkabelung im AC Höchstspannungsnetz bei Amprion beispielsweise zur Anwendung kommen können:

- Horizontal-Directional-Drilling / HDD-Verfahren
- Pilotrohrvortrieb
- Mikrotunnel-Verfahren

Die Auswahl und Auslegung der eingesetzten Verfahren ist abhängig von einer Vielzahl von Parametern (z.B. Geologie, Hydrologie, Topographie etc.) und muss projektspezifisch betrachtet werden.

3.2.1 Spülbohrverfahren „Horizontal Directional Drilling“ (HDD)

Müssen Hindernisse wie andere Infrastrukturen, Flüsse oder schwieriges Gelände gequert werden, kommen geschlossene Bauverfahren zum Einsatz. Das Spülbohrverfahren (Horizontal Directional Drilling, kurz: HDD) ist über größere Längen einsetzbar. Dabei wird der entsprechende Abschnitt in einer größeren Verlegetiefe unterbohrt. So wird eine Öffnung des Bodens an der Oberfläche über die gesamte Länge vermieden.

Beim Horizontal-Directional-Drilling / HDD-Verfahren handelt es sich um ein steuerbares Verfahren. Hierbei werden lediglich kleinere, meist abgeboßte Start- und Zielgruben für die Aufnahme der Bohrspülung erforderlich, da die Bohrungen mit Anfangswinkeln zwischen 10° und 30° von der Geländeoberfläche erfolgen und einen bogenförmigen Verlauf haben.

Im HDD-Verfahren bohrt eine Horizontalspülbohranlage für jedes der Erdkabel unterirdische parallele Bohrungen, die mehrere hundert Meter lang sein können. Im Rückzug wird ein Schutzrohr eingezogen, welches später das Erdkabel aufnehmen kann.

Geschlossene Verlegeweise (HDD-Verfahren) ¹

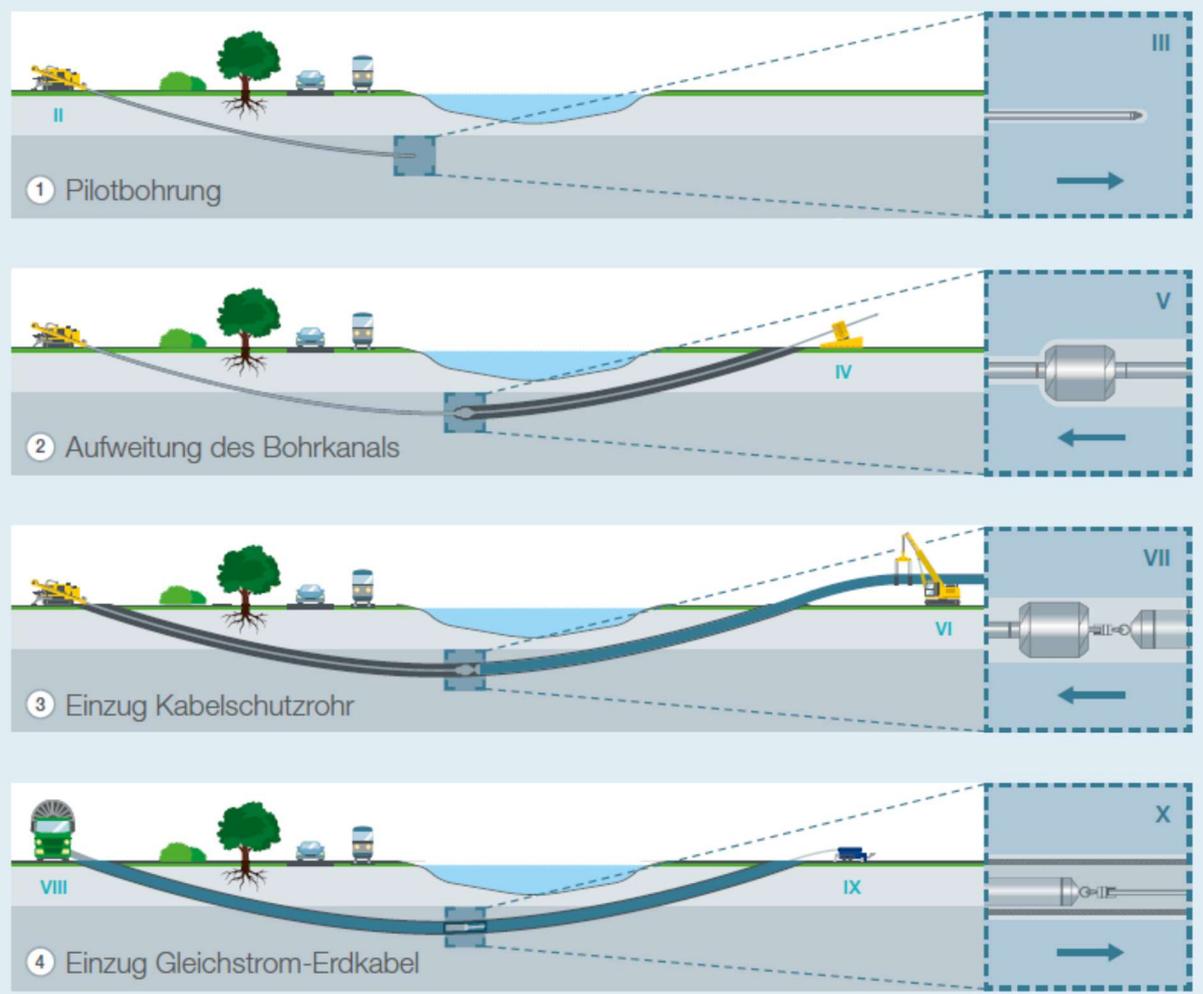


Abbildung 5 Darstellung Spülbohrverfahren HDD

In der Regel wird sowohl am Anfang als auch am Ende der gewünschten Bohrung eine Grube ausgehoben. Die Horizontalspülbohranlage bohrt dann mit einem Bohrkopf eine Pilotbohrung in Richtung Zielgrube. Der Bohrkopf ist mit dem Bohrstang verschraubt, der von der Horizontalspülbohranlage in das Erdreich getrieben wird und eine gewisse Flexibilität aufweist. Da das Bohrgestänge einen geringeren Durchmesser aufweist als der Bohrkopf, bleibt um das Bohrgestänge herum ein ringförmiger Raum frei.



Abbildung 6: Baustelleneinrichtung Spühlbohrverfahren HDD (Quelle: Amprion)

Durch die Flexibilität des Gestänges und die Steuerbarkeit des Bohrkopfes lässt sich die Richtung der Bohrung verändern, sodass Kurven in horizontaler und vertikaler Richtung fahrbar sind. Die Bohrung beginnt anfangs schräg nach unten in das Erdreich gerichtet und verläuft dann in leichtem Bogen zum Ziel, wo sie schräg nach oben wieder zutage tritt. Hat der Bohrkopf die Zielgrube erreicht, wird er gegen einen sogenannten Räumer ausgetauscht. Der Räumer hat einen größeren Durchmesser als der Bohrkopf und weitet beim Zurückziehen die Pilotbohrung auf und verdichtet gleichzeitig die Bohrungswände. Für weitere Aufweitungsschritte kann ein Bohrstrang erneut an den Räumer angehängt werden. Abschließend können Schutzrohre in den Bohrkanal eingezogen werden.

3.2.2 Pilotrohrvortrieb

Der Pilotrohrvortrieb gehört ebenfalls zu den geschlossenen, steuerbaren Verfahren. Er besitzt eine höhere Präzision und ist oberflächennah möglich. Allerdings sind nur deutlich kürzere, gradlinige Vortriebe umsetzbar. Amprion hat diese Technik auf einem Projekt der Diele-Niederrhein Verbindung (Raesfeld) sowie in ALEGrO eingesetzt.

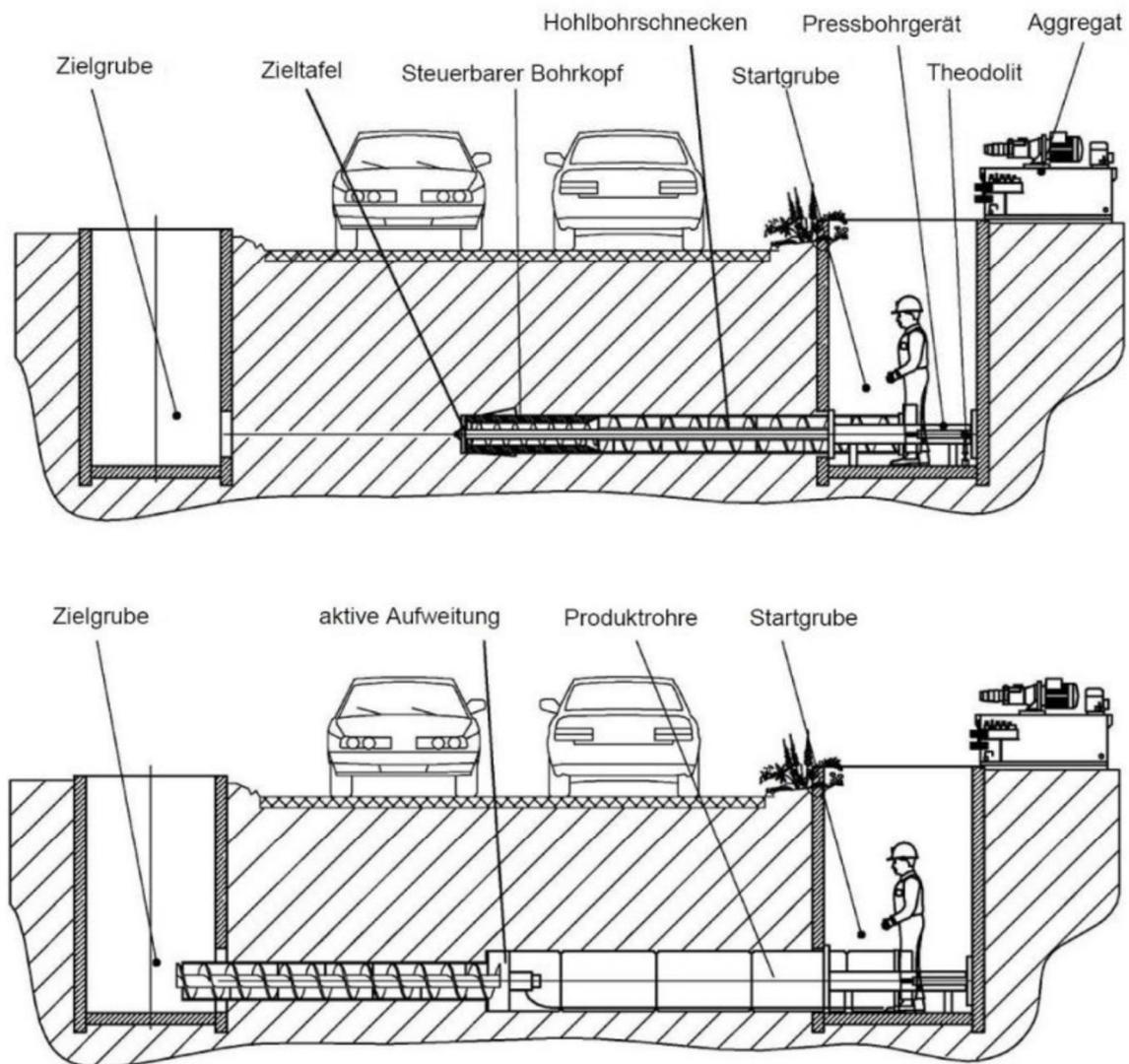
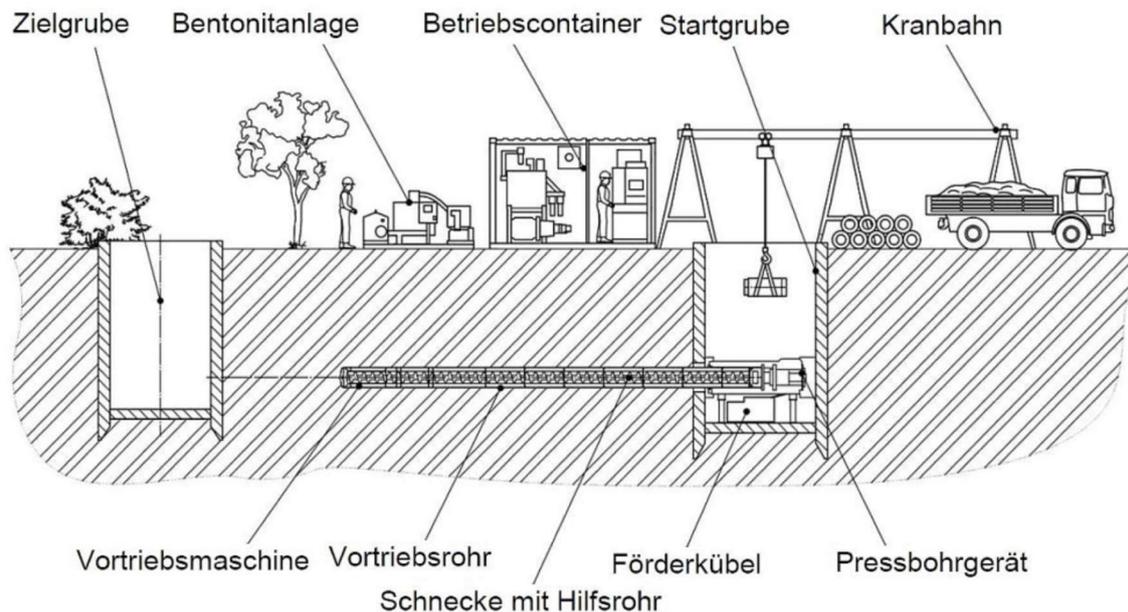


Abbildung 7: Beispiele Pilotrohrvortrieb mit Bodenverdrängung (Quelle: DWA 2008)

Für die Durchführung ist die Erstellung einer Start- und Zielgrube vor und nach dem zu überwindenden Hindernis erforderlich. In der Startgrube wird eine hydraulische oder pneumatische Pressbohranlage installiert, die an den Grubenwänden an einem Presswiderlager abgestützt wird. Er wird in einem 3-stufigen Verfahren hergestellt. Mit der ersten Stufe, der sogenannten Pilotierung, wird ein Steuerkopf aus der Startgrube heraus mit anschraubbaren Pilotstangen in gerader Linie durch das Erdreich in die Zielgrube gepresst. Die zweite Stufe beinhaltet das Aufweiten der Bohrung, wobei nun temporär ein Stahlrohr eingebracht wird, über dem der anfallende Boden mit Hilfe von Förderschnecken in die Startgrube transportiert wird. Mit der letzten Aufweilstufe wird gleichzeitig ein Mantelrohr aus Steinzeugrohr eingebaut. Nach Einbringen der Steinzeugrohre können die Erdkabelschutzrohre eingezogen werden. Je nach Anforderung wird ggf. der Raum zwischen Steinzeugvortriebsrohr und Erdkabelschutzrohr verfüllt. Für jedes Erdkabelschutzrohr wird meist ein einzelner Pilotrohrvortrieb angesetzt

3.2.3 Mikrotunnel

Im Bereich langer Vortriebsstrecken hat sich der Mikrotunnelbau in den vergangenen Jahrzehnten als Bauverfahren im Mittel- und Großrohrbereich durchgesetzt



Bei dem Verfahren handelt es sich um ein gesteuertes, einstufiges Verfahren. Der Bodenabbau erfolgt unter Verwendung einer Vortriebsmaschine, die aus einer Startgrube heraus aufgeföhren wird. Die Föhderung des Abraumes erfolgt durch Zugabe von Wasser mittels Pumpen und Schlauchleitungen. Für die anschließende Separierung der flüssigen und festen Phase sind entsprechende Flächen an der Geländeoberfläche erforderlich. Alternativen zu dieser Nassföhderung sind der stückige Abbau und die Föhderung mittels Loren.

Der Vortriebsmaschine folgt der eigentliche Rohrstrang, der aus Stahlbetonrohren besteht, die in einem Rohrwerk vorgefertigt und zur Baustelle transportiert werden. Richtungsänderungen werden durch einen hydraulisch schwenkbaren Steuerkopf erzielt, wobei die Kurvenradien stark eingeschränkt sind. Die Vortriebskraft wird mit einer in der Startgrube installierten hydraulischen Presseneinrichtung aufgebracht, was die Vortriebslänge in Abhängigkeit der geologischen Verhältnisse begrenzt. Bei längeren Tunnelstrecken können Zwischengruben gebaut werden, von denen der Rohrstrang für den Folgeabschnitt eingebracht werden kann. Die Bergung der Vortriebsmaschine erfolgt im Regelfall am Zielpunkt mittels einer Berge- oder Zielgrube. Die Baustelleneinrichtung einer Vortriebsbaustelle beansprucht für Anlagen zur Energieerzeugung, Rohrlager, Mannschafts- und Werkstattcontainer, Portalkran sowie ein Zwischenlager für den Aushub großen Flächenbedarf.

Startgruben erfordern durch den Einbau von Presswiderlagern und diverser Technik einen hohen Raumbedarf. Je nach Baugrund wird der Baugrubenverbau für Start- und Zielgruben mit überschrittenen Bohrpfahlwänden, mit Spundwänden oder – bei umgebendem Festgestein – mit einer Spritzbetonauskleidung hergestellt. Die Baugruben werden mit Stahlbetonsohlen versehen. In Bereichen drückenden Grundwassers müssen diese Betonsohlen druckwasserdicht ausgeföhrt werden. Die konkrete technische Gestaltung der Start- und Zielgruben erfolgt bei der Ausführungsplanung. Im Bereich

der begehbaren Rohrquerschnitte wird vor der Rückverfüllung der Start- und Zielgruben ein Schachtbauwerk errichtet, sodass der Zugang für den Reparaturfall erhalten bleibt. Die Schachtbauwerke werden aus Stahlbeton errichtet. Die Einstiege in die Schachtbauwerke werden mit Einstiegsöffnungen sowie mit Treppen oder Leitern und Steigschutzeinrichtung, z.B. Fallschutzschiene, ausgerüstet.

Die Kabelinstallation erfolgt in Tunnelbauwerken auf Stahlgerüsten, die mit Kabelsätteln versehen sind. Auf den Kabelsätteln werden die Erdkabel kurzschlussfest angeschellt.

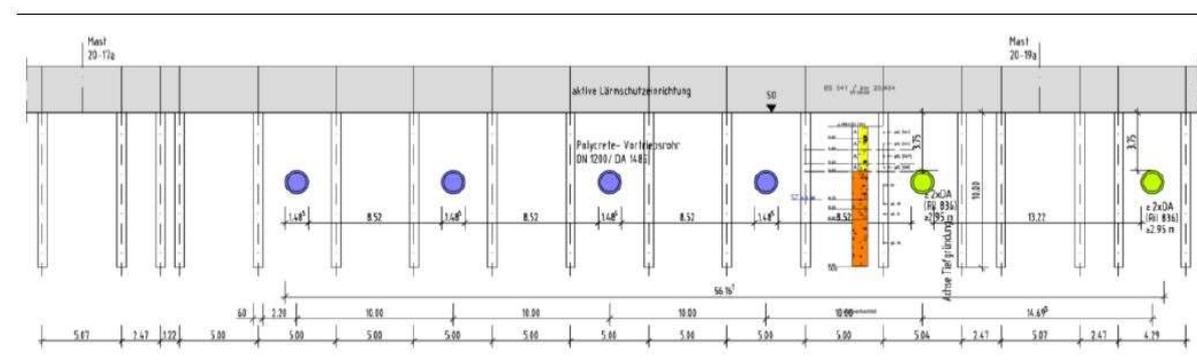
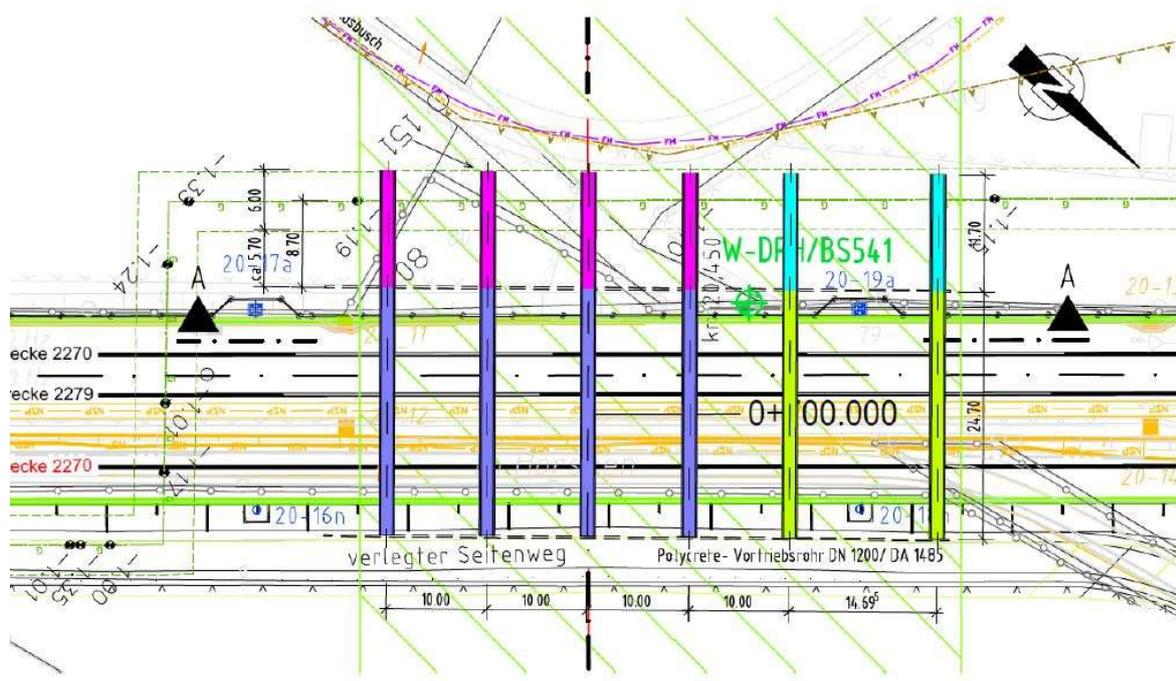
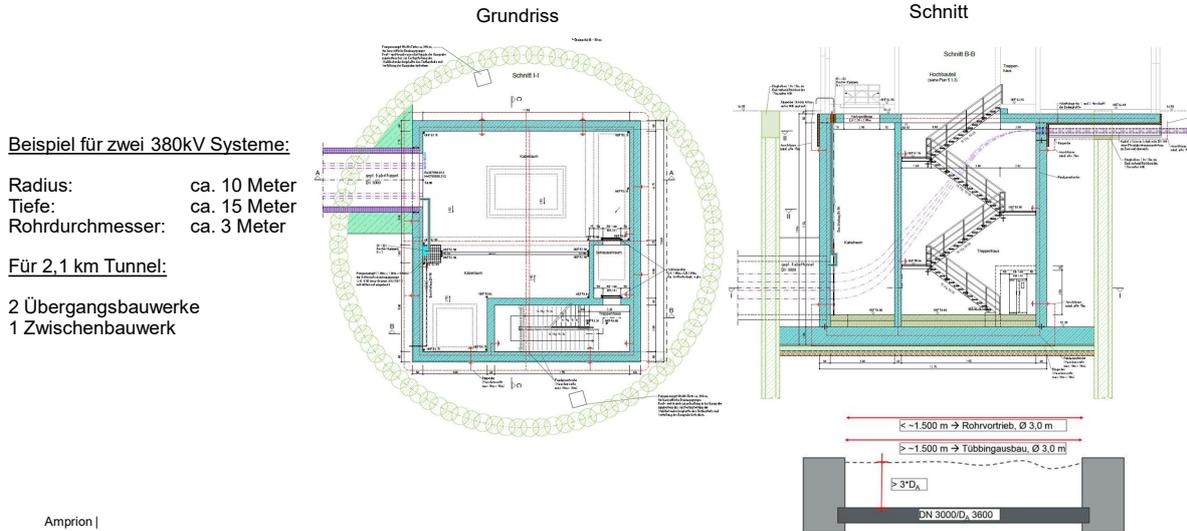


Abbildung 8: Beispiel für Mikrotunnel DN 1200 – 3 er Kabelbünde je Mikrotunnel zur Bahnquerung

BAUVERFAHREN TEILERDVERKABELUNG GESCHLOSSENE BAUWEISE TUNNEL



Amprion |

BAUVERFAHREN TEILERDVERKABELUNG GESCHLOSSENE BAUWEISE TUNNEL

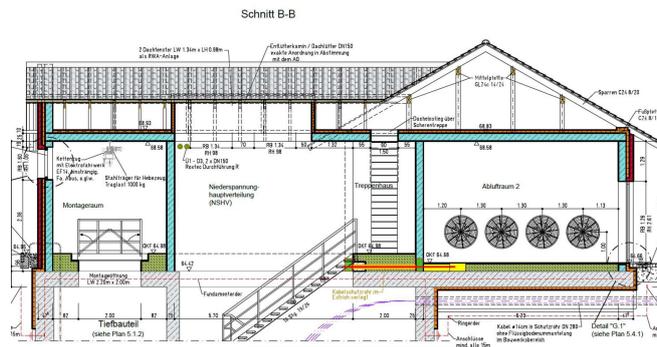


Beispiel:

Grundriss Übergangsbauwerk mit Betriebsgebäude auf dem Übergangsbauwerk

Maße ca. 20 Meter x 15 Meter

- Belüftungstechnik
- Stromversorgung



Amprion |

Abbildung 9: Beispiele für Pilotvortrieb mit DN 3000 – Rheinquerung (380 kV + 110kV)- Planungsstand

Der Mikrotunnelbau ermöglicht die Installation von leistungsstarken Stromkreisen auf geringstem Raum. Es sind baugrundabhängig derzeit Längen von bis ca. 800–1.200 m als Mikrotunnel am Stück realisierbar. Es sind in Abständen Schachtbauwerke baulich erforderlich, um größere Strecken zu realisieren und um die Arbeitssicherheit gewährleisten zu können. Für den Betrieb sind übertragungsleistungsabhängig Lüftungsanlagen erforderlich, die das System komplexer machen. Der Aufwand und die Komplexität der Projektierung, die Kosten sowie die Zeit für die Umsetzung sind insgesamt bei dieser Bauform mit Abstand am höchsten.

Amprion baut bzw. projiziert Mikrotunnel im Projekt ALEGrO, einem Projekt der Diele-Niederrhein Verbindung (Legden), und prüft den Einsatz in einem Projekt der Verbindung Wesel-Utfort (Rheinquerung).

3.3 Halboffene Verfahren

Als weiteres alternatives Verlegeverfahren wird derzeit das Einpflügen von 380-kV-Erdkabeln in Schutzrohren erprobt. Diese Technologie wird bislang erfolgreich im Bereich von Telekommunikations- und Mittelspannungskabeln eingesetzt.

Das Pflugverfahren (siehe Abb. 10) gehört zu den halboffenen Verlegeverfahren zur Rohrverlegung. Es kann z.B. innerhalb von landwirtschaftlichen Flächen (in denen keine Dränsysteme und Leitungen vorhanden sind) bei geeigneten Bodenverhältnissen zum Einpflügen von Kabelschutzrohren eingesetzt werden. Die Verlegeeinheit besteht i. d. R. aus einem Zugfahrzeug mit Seilwinde und dem Kabelpflug. Die Zugfahrzeuge sind Rad- oder Raupenfahrzeuge, die über eine hydraulische Abstützung (A) im Gelände verfügen, um die hohen Zugkräfte in den Boden übertragen zu können. Das Zugfahrzeug ist über ein Stahlseil mit dem Kabelpflug (B) verbunden. Das am Pflug befestigte Schwert (rot) presst mit hohen Kräften das Erdreich auseinander und erzeugt in der geplanten Regelverlegetiefe einen Hohlraum, der parallel zum Pflugfortschritt das zu verlegende Kabelschutzrohr (gelb) aufnimmt. Die Verlegelänge bei diesem Verfahren kann bei endlosverschweißten Rohren theoretisch endlos sein.

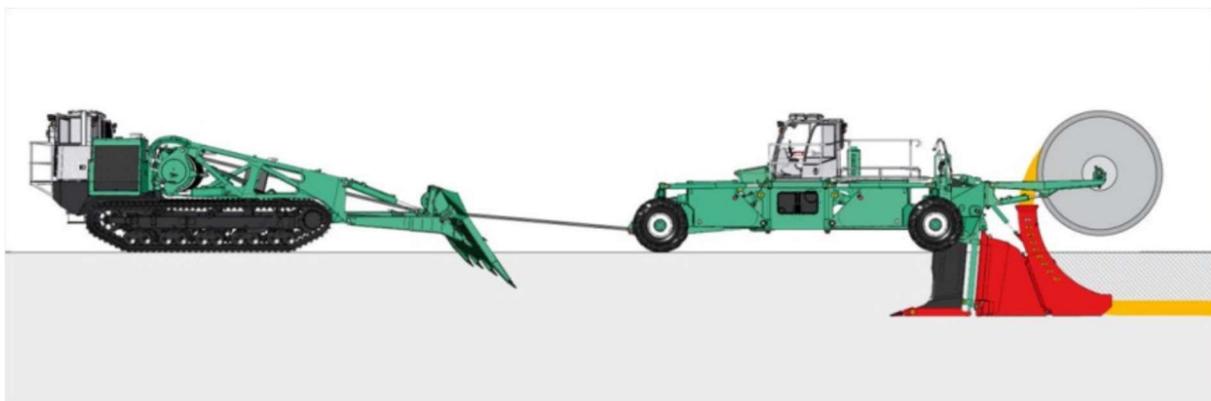


Abbildung 10: Einpflügen von Schutzrohren (Quelle: Walter Föckersperger GmbH 2020)



Abbildung 11: Erprobung der Verlegung von 380-kV-Erdkabeln mit dem Kabelpflug bei Hildesheim

Die für eine 380-kV-Leitung erforderlichen Erdkabel plus Schutzrohr stellen die Anbieter von Kabelpflug-Verfahren vor neue Herausforderungen aufgrund von Querschnitten und Gewichten. Bei diesem Verfahren können vergleichsweise große Strecken pro Tag verlegt werden. Der Verlauf der Abschnitte (lange Strecken ohne querende Infrastruktur, Kurvenradien), Bodenbeschaffenheit und weitere Faktoren bestimmen hierbei die Vor- und Nachteile gegenüber der offenen Bauweise. Erfahrungen aus den Kabelpflug-Piloten fließen in die Planung zukünftiger Trassen mit ein.

4 Offene Bauweise als Standardverfahren

4.1 Bewertung Amprion

Grundsätzlich stuft Amprion die offene Bauweise derzeit als Standardbauverfahren ein. Dies begründen wir ergänzend wie folgt:

Das Verfahren ist wirtschaftlich und technisch effizient. Die Verlegung der Kabel erfolgt in diesem Verfahren vergleichsweise kosteneffizient, schnell und reduziert die Projektrisiken. Denn es handelt sich um eine erprobte Bauweise für linienhafte Infrastrukturen, weist eine hohe Verlegegenauigkeit der Kabelschutzrohranlage auf (Positionierung/Vermessung auf der sichtbaren Grabensohle) und hat im Vergleich zu den anderen Verfahren ein geringes Ausführungsrisiko (hohe Marktverfügbarkeit, flexibles Verfahren). Zudem ist bei der offenen Bauweise die Erreichung des Bauzieles hinsichtlich Bauzeiten/Termine wahrscheinlich (schnelles Verfahren, keine Zwangspunkte – Bildung von unabhängigen Bauabschnitten möglich) und ein sicherer Betrieb der kritischen Infrastruktur im Höchstspannungsnetz ist ohne Erfordernis von zusätzlichen Einrichtungen wie beispielsweise Belüftung, Kühlung, Bauwerkserhaltung möglich. Auch Reparaturen sind vergleichsweise flexibler und schneller zu bewerkstelligen als bei geschlossenen Verfahren. Diese Vorteile überwiegen die größeren baulichen Eingriffe in Natur und Umwelt aufgrund der Grabendimensionen und des damit verbundenen umfangreicheren Bodeneingriffs.

Das **HDD Verfahren** scheidet als Standardverfahren aus, weil es nur bei größeren Verlegetiefen einsetzbar ist. Durch das Gestänge wird nämlich eine Bentonit-Bohrspüllösung zum Bohrkopf gepumpt, wo sie austritt und das Bohrklein durch den Ringraum ausspült. Sie dient neben dem Ausräumen durch die speziellen Eigenschaften von Bentonit der Stabilisierung des Bohrkanals, zum Kühlen des Bohrkopfes und als Schmiermittel. Durch den Druck der Flüssigkeit wird der Freiraum gestützt. Dafür ist aber erforderlich, dass das umgebende Erdreich dem Druck auch standhalten kann. Ansonsten verteilt sich das Bentonit im Untergrund oder wird zur Oberfläche ausgeblasen. Zum Aufbau des Gegendrucks sind daher größere Legetiefen als bei offener Bauweise notwendig. Eine oberflächennahe Legung der Schutzrohre ist mit diesem Verfahren nicht möglich. Die größeren Legetiefen beeinflussen die Stromtragfähigkeiten der Erdkabelanlage, sodass ab gewissen Überdeckungen bzw. Baugrundverhältnissen die geforderten Übertragungsleistungen nicht mehr realisierbar sind. Außerdem ist dieses Bauverfahren weniger genau, sodass größere Bohrtoleranzen zu berücksichtigen sind. Dadurch sind insgesamt deutlich breitere Trassen erforderlich, gleichwohl weniger sichtbar. Die größeren Legeabstände verbreitern die Trasse gegenüber der offenen Bauweise und beeinflussen die Auslegung des Schirmerdungssystems, sodass hier bei größeren Bohrlängen unzulässig hohe Schirmspannungen auftreten und damit die Erdkabelanlage beschädigen können.

Das **Pilotvortriebverfahren** scheidet als Standardverfahren ebenfalls aus, weil sich dieses gesteuerte Vortriebsverfahren nur für kurze Vortriebslängen bis ca. 100 Meter (Nennweite ca. 150 - 1.200 mm) etabliert hat.

Das **Mikrotunnel Verfahren** scheidet als Standardverfahren aus, weil es eine sehr aufwändige, komplexe und teure Sonderbaumaßnahme für spezielle Szenarien ist. Die Kosten für die Tunnelbauweise sind im Vergleich zur offenen Bauweise sehr hoch. Zudem sind dauerhafte Zuwegungen in der Betriebsphase zu den Schächten erforderlich. Weiterhin sind nur geringe Marktkapazitäten vorhanden und die Anforderungen hinsichtlich der Arbeitssicherheit und der Rettungskonzepte sind höher.

Auch das **halboffene Kabelflugverfahren** scheidet als Standardverfahren aus, weil dieses Verfahren noch nicht ausreichend erprobt ist und für den Regelbetrieb derzeit noch nicht geeignet ist.

Anders stellt sich die Bewertung im Bereich zu **kreuzender Infrastruktur** dar. Auch hier handelt es sich bei der offenen Bauweise um eine erprobte Bauweise (Abstände und Schutz der Infrastruktur durch Freilegung). Doch bietet bei der Kreuzung von Verkehrsinfrastrukturen, größeren Gewässern und naturschutzfachlich sensiblen Bereichen die – deutlich kosten- und zeitintensivere – geschlossene Bauweise Vorteile. Nur am Start- und Zielpunkt einer solchen Strecke werden Flächen für die Baustelleneinrichtung benötigt. Deshalb ist bei zu kreuzenden Infrastrukturen stets im Einzelfall abzuwägen, ob die Vorteile der geschlossenen Bauweise oder die der offenen Bauweise überwiegen. Welche Methode Amprion wählt, richtet sich nach der Geologie vor Ort sowie der Länge der Strecke nach Einzelfallbetrachtung.

4.2 Einwendungen und Erwiderung Amprion

An der Einstufung der offenen Bauweise als Standardverfahren wurde im Rahmen der Öffentlichkeitsbeteiligung Kritik erhoben. Es wird vorgebracht, dass Amprion die Vorteile der geschlossenen Bauweise nicht ausreichend berücksichtigt habe. Zu diesen Kritikpunkten nimmt Amprion wie folgt Stellung:

- a) *Einwendung:* Eine geschlossene Bauweise führe insbesondere zu mehr Akzeptanz der **landwirtschaftlichen** Nutzer, etwa weil die Flächen auch während der Bauphase weiterhin bewirtschaftet werden könnten. Bei einer offenen Bauweise sei eine Bewirtschaftung hingegen während der Bauphase und ggf. in den Folgejahren nicht bzw. nur eingeschränkt möglich.

Erwiderung: Eine mögliche „Akzeptanz“ bestimmter Bauweisen stellt nur eine subjektive Einstufung dar, die stark einzelfallabhängig ist und sich deshalb einer objektiven Bewertung in einem Variantenvergleich entzieht. Im Übrigen ist aber darauf hinzuweisen, dass in Abhängigkeit des geschlossenen Bauverfahrens Start- und Zielgruben erforderlich sind, die auf landwirtschaftlichen Flächen liegen können. In diesen Bereichen ist während der Bauzeit keine landwirtschaftliche Nutzung möglich. Dies verringert dann auch eine etwaige Akzeptanz der landwirtschaftlichen Nutzer. Zudem weisen wir darauf hin, dass landwirtschaftlichen Flächen anders als Verkehrsinfrastrukturen, größeren Gewässern und naturschutzfachlich sensiblen Bereichen keine planungsrechtliche Bedeutung zukommt. Bei der Beanspruchung von Flächen, entschädigt die Vorhabenträgerin in gesonderten Verhandlungen die finanzielle Entschädigung für die notwendigerweise beanspruchten Flächen.

- b) *Einwendung:* **Biotope** würden anders als bei der offenen Bauweise nicht zerschnitten oder zerstört, da sie bei einer geschlossenen Bauweise bis auf die Start- und Endpunkte der Bohrung vollständig unterquert würden. **Wälder**, Quellen, Feuchtgebiete und **Fließgewässer** könnten bei einem geschlossenen Verfahren unterquert werden, was bei offener Bauweise nicht möglich bzw. nur mit hohem technischem Aufwand möglich sei. Überdies seien bei einem geschlossenen Verfahren weniger Flächen für Ausgleichsmaßnahmen notwendig.

Erwiderung: Die offene Bauweise wird bei der Kreuzung von größeren Gewässern und naturschutzfachlich sensiblen Bereichen nicht als Standardverfahren eingestuft. Vielmehr erfolgt hier eine Bewertung im Einzelfall. Deshalb ist dieser Einwand unerheblich. Es ist unbestritten, dass die geschlossene Bauweise in bestimmten Fällen vorteilhaft für betroffene Biotop/Gewässer sein kann. Das Vorhandensein von Biotopen und Gewässern stellt daher ein Auslösekriterium für die Prüfung einer geschlossenen Bauweise dar.

- c) *Einwendung:* Durch eine geschlossene Bauweise würden **archäologische Fundstätten** geschützt werden, da diese nur an den Start- und Endpunkten zu berücksichtigen wären. Aufgrund der großen Gesamtfläche und örtlichen Gegebenheiten würde bei einer offenen Bauweise mit hoher Wahrscheinlichkeit auf archäologische Fundstätten gestoßen werden, was zu einer Verzögerung des Baus und einer Zerstörung der Fundpunkte führe.

Erwiderung: Die offene Bauweise ist im Hinblick auf den Schutz archäologischer Fundstätten zwar herausforderungsvoll. Allerdings werden mögliche Konflikte vorab fachgutachterlich ermittelt und es sind dann archäologische Maßnahmen vorgesehen, die Schäden verhindern sollen (vgl. für das hiesige Vorhaben den Archäologischen Fachbeitrag, Anlage 9.3).

- d) *Einwendung:* Im Vergleich zu einem offenen Verfahren würde das **Bodengefüge** bei einem geschlossenen Verfahren bis auf die Start- und Endpunkte erhalten bleiben.

Erwiderung: Die Start- und Endpunkte bei der geschlossenen Bauweise sind nicht nur kleinere Schächte, sondern können auch größere Flächen für die notwendigen Einrichtungen (Belüftungsbauwerke, Start- und Zielgruben, dauerhafte Zuwegungen, etc.) in Anspruch nehmen. Daher kommt es auch bei der geschlossenen Bauweise zu einer Beeinträchtigung des Bodengefüges.

- e) *Einwendung:* Die **Bodenfauna** werde bei der Bauphase eines offenen Verfahrens vollständig zerstört. Bei einem geschlossenen Verfahren bleibe die Bodenfauna (und die Lebensstätten der „Megabodenfauna“ und der Tiere) bis auf die Arbeitsflächen am Start- und Zielpunkt hingegen vollständig erhalten. Schließlich sei zugunsten einer geschlossenen Bauweise der Hemerobiegrad anzuführen. Denn der gestörte Rauminhalt des Oberbodens an Start- und Zielpunkt sei wesentlich geringer als bei der offenen Bauweise. Bei einer offenen Bauweise werde die gesamte Struktur der Erdoberfläche bis 2,2 Meter Tiefe gestört und könne nur unzureichend wiederhergestellt werden.

Erwiderung: Die Einwendung stellt die Einstufung der offenen Bauweise als Standardverfahren nicht in Frage, da die genannten Nachteile von den übrigen Vorteilen der offenen Bauweise überwogen werden. Dabei ist auch zu berücksichtigen, dass durch geeignete bodenschützende Maßnahmen die genannten Beeinträchtigungen erheblich vermindert werden können. Entsprechend wurden auch für das hiesige Vorhaben die Auswirkungen auf die Bodenfunktionen durch die offene Bauweise im Bodenschutzkonzept (Anlage 9.2) und im UVP-Bericht (Anlage 11.1) dargestellt und es werden entsprechende Verminderungsmaßnahmen vorgesehen.

- f) *Einwendung:* Es käme bei einer offenen Bauweise zur vorübergehenden Einschränkung der Bodenfunktionen als CO₂-Senke durch das Fehlen der Bodenfauna / Mikroflora. Zudem entstünde eine zusätzliche CO₂-Quelle durch die Umsetzung der organischen Anteile im offenliegenden Oberboden. Das sei bei einer geschlossenen Bauweise nicht der Fall. Denn einerseits werde die Bodenfunktion nur geringfügig an den Start- und Zielpunkten eingeschränkt und andererseits entstehe keine zusätzliche CO₂-Quelle mangels offenliegendem Boden. Vor diesem Hintergrund sprächen auch **klimaschützende Kriterien** für eine geschlossene Bauweise.

Erwiderung: In Abhängigkeit des geschlossenen Verfahrens sind dauerhafte Zuwegungen und Gebäude erforderlich (Lüftungsgebäude, Einstiegsschächte, Stromversorgungen sekundärer System für den Betrieb), die Auswirkungen auf die Bodenfunktionen haben können. Die beschriebenen Auswirkungen auf die Bodenfunktion als CO₂-Senke durch das Fehlen der Bodenfauna / Mikroflora und durch eine CO₂-Quelle durch die Umsetzung der organischen Anteile im offenliegenden Oberboden werden als gering bewertet, da sie nur während der Bauphase zu erwarten sind.

- g) *Einwendung:* Gegen eine geschlossene Bauweise lasse sich nicht anführen, dass die Anlage in **Karst** nicht möglich sei. Denn eine Anlage in Karst sei unter erhöhter Schwierigkeit durchaus möglich.

Erwiderung: Es wird nicht behauptet, dass eine geschlossene Bauweise in Karstgebieten völlig ausgeschlossen ist. Aber sie ist in solchen Gebieten mit deutlich mehr Aufwand verbunden und stellt regelmäßig nicht die vorzugswürdige Bauweise dar.

- h) *Einwendung:* Vorteil eines geschlossenen Verfahrens sei zudem, dass hier kein „**Boden-Bindemittel-Gemisch**“ benötigt werde. Bis auf Lehmeintrag und Bentonit (Tongemisch) seien keine fremden Bodenarten erforderlich. Zudem könne ein „Boden-Bindemittel-Gemisch“, wie es bei offenen Verfahren zum Einsatz kommt, nicht bei stärkeren Hangneigungen angewendet werden, wobei der maximale Neigungsgrad offengelassen wird.

Erwiderung: Bentonit ist ebenfalls ein Boden-Bindemittel-Gemisch und findet gerade Einsatz bei geschlossenen Verfahren. Hangneigungen wirken sich direkt auf die Überdeckungen der Kabel aus. Dies führt zu einer größeren Kabelerwärmung und das hat letztlich Auswirkungen auf die Übertragungsleistung. Die Fließfähigkeit des ZFSV kann eingestellt werden, so dass dieser in den entsprechenden Gefällesituationen Anwendung finden kann. Beim Einsatz von

Fremdmaterial wird dieses an den umgehenden Boden angepasst und von der bodenkundlichen Baubegleitung überwacht. Ein Einsatz auch bei stärkeren Hangneigungen ist daher möglich.

- i) *Einwendung:* Bohrungen könnten ohne gravierende Störung des Verkehrs durchgeführt werden, da **Straßen** nicht, wie bei einer offenen Bauweise, aufgegeben werden müssten.

Erwiderung: Die offene Bauweise wird bei der Kreuzung von Straßen nicht als Standardverfahren eingestuft. Vielmehr erfolgt hier eine Bewertung im Einzelfall. Deshalb ist dieser Einwand unerheblich. Bei dieser Einzelfallprüfung ist zu berücksichtigen, dass eine Beeinträchtigung der Straßen durch die offene Bauweise nur temporär erfolgt. Dabei ist auch zu beachten, dass es sich um eine Linienbaustelle handelt, die nicht während der gesamten Bauzeit an allen Punkten der Trasse besteht. In der Betriebsphase bestehen keine Einschränkungen.

- j) *Einwendung:* Bei einer geschlossenen Bauweise würden keine durchgehenden **Baustraßen** benötigt, weshalb auch Bodenverdichtungen minimiert werden.

Erwiderung: Dieser Einwand steht der Einstufung als Standardverfahren nicht entgegen. Denn in einem Bodenschutzkonzept (vgl. für das hiesige Vorhaben Anlage 9.2 der Antragsunterlagen) sind entsprechende Maßnahmen zur Minderung von Bodenverdichtungen bei der offenen Bauweise aufzuführen. Darin wird in der Regel gefordert, Baustraßen nur temporär anzulegen. Zudem ist darauf hinzuweisen, dass auch bei der geschlossenen Bauweise in Abhängigkeit der konkreten Verfahren dauerhafte Zufahrten verbleiben müssen.

- k) *Einwendung:* Anders als bei einer offenen Bauweise bestünde bei einer geschlossenen Bauweise keine Gefahr einer **Dränage** von Oberflächenwasser.

Erwiderung: Wenn in Bereichen von hoch anstehendem Grund-/Schichtwasser gleichzeitig eine Gefällesituation vorliegt und das eingebrachte Bettungs- und Verfüllmaterial eine größere oder geringere Durchlässigkeit aufweist, als der anstehende Boden, dann kann der Leitungsgraben theoretisch eine Dränagewirkung oder eine aufstauende Wirkung entwickeln. Um dem entgegen zu wirken, wird der verwendete ZFSV nach der Rezeptur so hergestellt, dass er von seinen hydrogeologischen Eigenschaften dem Ursprungszustand nahekommt. Das Ziel ist den Wasserhaushalt und die davon abhängige Grundwasserneubildung wie vor Beginn des Vorhabens wiederherzustellen. Eine mengenmäßige Verschlechterung ist somit auszuschließen. ⁽⁰⁶⁾Eine möglichen Dränagewirkung wird somit wirkungsvoll durch ordnungsgemäße Verdichtung oder bei Erfordernis durch das Einbringen von Tonriegeln in Gefällestr

- l) *Einwendung:* Da die Erdkabel bei einer offenen Bauweise in einer geringeren Tiefe liegen, sei das **magnetische Feld** höher als bei einer geschlossenen Bauweise.

Erwiderung: Dieser Einwand steht der Einstufung als Standardverfahren nicht entgegen, da die Einhaltung der rechtlichen Anforderungen an magnetische Felder auch bei offener Bauweise sichergestellt werden kann. Im Übrigen weisen wir darauf hin, dass die Einhaltung dieser Anforderungen für das hiesige Vorhaben im Immissionschutzbericht (Anlage 8.1) ausführlich

dargelegt wird. Darin wird nicht nur dargelegt, dass alle Grenzwerte eingehalten werden, sondern auch, dass die erforderlichen Minimierungsmaßnahmen umgesetzt werden.

- m) *Einwendung:* Die **Eingriffsbreite** des Erdkabelbereichs bei einer Bohrung sei deutlich geringer als bei der offenen Bauweise. Daher seien Kompensationsmaßnahmen ggf. nur mit Blick auf die Start- und Endpunkte der Bohrung erforderlich. Ein Vorteil der geschlossenen Bauweise sei zudem, dass **Muffenstationen** an den Baugruben der Start- und Endpunkte der Bohrung eingerichtet werden könnten.

Erwiderung: Eine größere Eingriffsbreite der offenen Bauweise steht der Einstufung dieser Bauweise als Standardverfahren nicht entgegen, da die sonstigen Vorteile des offenen Verfahrens überwiegen. Hinsichtlich der Einrichtung der Muffenstationen an den Baugruben der Bohrung ist anzumerken, dass einzelne Bohrungen aus elektrotechnischen Gründen nicht endlos aneinandergereiht werden können. Grund hierfür ist, dass ein erhöhter Kabelachsabstand auf erheblicher Länge negative Auswirkungen auf die im Kabelschirm induzierten Spannungen hat.

- n) *Einwendung:* Auch im Hinblick auf einen **Gebäudeschutz** sei ein geschlossenes Verfahren vorzugswürdig. Denn bei einem geschlossenen Verfahren sei eine Bestandsgefährdung angrenzender Gebäude geringer als bei einem offenen Verfahren. Zudem könnten auch Gebäude unterquert werden.

Erwiderung: Etwaige Vorteile einer geschlossenen Bauweise im Hinblick auf den Gebäudeschutz stellen die Einstufung der offenen Bauweise als Standardverfahren nicht in Frage. Durch eine entsprechende Trassenplanung kann ein ausreichender Gebäudeschutz regelmäßig auch bei der offenen Bauweise erreicht werden. Im Hinblick auf das hiesige Vorhaben ist im Übrigen darauf hinzuweisen, dass eine Bestandsgefährdung angrenzender Gebäude bei dem geplanten Trassenverlauf auch bei der offenen Bauweise ausgeschlossen werden kann; eine Unterquerung ist nicht erforderlich.

- o) *Einwendung:* **Belastungen während des Baus** würden bei einem geschlossenen Verfahren nur punktuell entlang der Trasse auftreten. Zudem fielen geringere Mengen an Gesteinsmaterial beim Bodenaushub an und es brauche kein „Boden-Bindemittel-Gemisch“ angeliefert werden, weshalb geringere Belastungen der Straße und geringere Folgeschäden als bei der offenen Bauweise entstünden.

Erwiderung: Auch bei der offenen Bauweise treten die baubedingten Lärmimmissionen nicht durchgehend an allen Abschnitten der Trasse auf. Da es sich um eine Linienbaustelle handelt, wandert diese mit Baufortschritt. Zu beachten ist auch, dass bei der geschlossenen Bauweise – in Abhängigkeit vom Verfahren – ein 24h-Betrieb der Baustelle und der Einsatz von schwerem Gerät mit etwaigen Rammarbeiten erforderlich sein können. Zudem wird bei der offenen Bauweise der Aushub größtenteils wieder eingebaut. Bei der geschlossenen Bauweise muss dieser in Abhängigkeit der konkreten Verfahren hingegen vollständig entsorgt werden, was zusätzliche Verkehre erzeugt.

- p) *Einwendung:* Vorteil einer geschlossenen Bauweise sei, dass das **Landschaftsbild** während der Bauphase weitgehend erhalten bleibe, da keine Schneise entstehe und daher auch in der Schneise keine Erosion zu befürchten sei.

Erwiderung: Etwaige Vorteile einer geschlossenen Bauweise im Hinblick auf das Landschaftsbild stellen die Einstufung der offenen Bauweise nicht in Frage. Denn einerseits sind in Abhängigkeit des konkreten Verfahrens auch bei der geschlossenen Bauweise dauerhafte Zuwegungen und Gebäude erforderlich (Lüftungsgebäude, Einstiegsschächte, Stromversorgungen sekundärer System für den Betrieb). Auch durch diese kann daher das Landschaftsbild beeinträchtigt werden. Und andererseits haben etwaige Nachteile für das Landschaftsbild durch die offene Bauweise hinter den Vorteilen des offenen Verfahrens für andere Schutzgüter zurückzutreten. Im Hinblick auf das hiesige Vorhaben ist im Übrigen darauf hinzuweisen, dass die erforderliche Schneise durch die Kabelanlage der geschlossenen Bauweise entlang der vorhandenen Freileitung geplant wird, um schon vorhandene Betroffenheiten zu nutzen und keine neue auszulösen.

- q) *Einwendung:* Eine offene Bauweise führe zu einer erhöhten **Störungsanfälligkeit** im Vergleich zu einer geschlossenen Bauweise, wo ein Einzug von Metallröhren möglich sei. Zudem sei die **Reparaturzeit** wegen einer erneuten Grabung zeitaufwendiger als eine Reparatur bei einer geschlossenen Bauweise mit herausziehbaren Leitungen.

Erwiderung: Sowohl bei der offenen als auch der geschlossenen Bauweise werden die Kabel in Schutzrohre eingezogen. Der Einsatz von Stahlrohren zum Einzug einzelner Kabel ist aus elektrotechnischen Gründen nicht möglich. Die Kabelschutzrohre aus z.B. PE-HD sind zugelassene Bauprodukte und zum Schutz der Kabel mit entsprechenden Wanddicken ausgebildet. Bei geschlossenen Verfahren besteht das Mantelrohr je nach Verfahren aus unterschiedlichen Materialien. Durch die Verwendung von Kabelschutzrohren bei der offenen Bauweise können bei Erfordernis die Kabel zwischen zwei benachbarten Muffenstandorten herausgezogen werden. Alternativ kann je nach Lage der Störstelle auch eine zusätzliche Muffe eingebaut werden. Die Reparatur ist also flexibler und in der Regel auch schneller als bei der geschlossenen Bauweise. Denn bei geschlossenen Verfahren muss je nach Verfahren das Schutzrohr verdämmt werden, so dass die Kabel anschließend nicht mehr ohne zusätzlichen Aufwand herausgezogen werden können. Liegt die Kabelanlage in einem Tunnel, muss unter beengten Bedingungen gearbeitet werden und es muss die gesamte Anlage abgeschaltet werden.

- r) *Einwendung:* Der **Energiewandel** würde bei einem geschlossenen Verfahren durch eine zeitsparende Bauweise schneller umgesetzt.

Erwiderung: Die offene Bauweise ist in der Regel die schnellere Bauweise.

- s) *Einwendung:* Schließlich sprächen wohl die **Kosten** für die Durchführung einer geschlossenen Bauweise.

Erwiderung: Die offene Bauweise ist in der Regel die günstigere Bauweise.

Damit können die meisten der von den Einwendern vorgebrachten Kritikpunkte an der offenen Bauweise im Vergleich zur geschlossenen Bauweise entkräftet werden. Soweit in der Tat mit der offenen Bauweise größere Beeinträchtigungen für einzelne Schutzgüter zu erwarten sind, so sind diese in die Abwägung zwischen den Bauweisen eingeflossen. Letztlich haben die sonstigen Vorteile der offenen Bauweise dann den Vorrang für die offene Bauweise als Standardverfahren gegeben (siehe dazu oben unter Ziffer 4.1).

5 Kreuzung von Infrastruktur

Auch an der Wahl der offenen Bauweise bei der Kreuzung von Infrastruktur wurde im Rahmen der Öffentlichkeitsbeteiligung Kritik erhoben. Deswegen soll ergänzend zu den Ausführungen in dem Erläuterungsbericht (siehe oben unter Ziffer 2) zu der Vorzugswürdigkeit der offenen Bauweise an diesen Kreuzungen ergänzend Stellung genommen werden. Soweit sich die Vorteile der offenen Bauweise an diesen Kreuzungen nicht von denjenigen unterscheiden, die auch für die Standardbauweise sprechen (siehe oben unter Ziffer 4.1), verweisen wir auf die entsprechenden Ausführungen. Im Folgenden werden hingegen diejenigen Vorteile der offenen Bauweise gegenüber der geschlossenen Bauweise dargestellt, die gerade für den jeweiligen Kreuzungsbereich gelten.

5.1 Bereich Violenbach / L785

Auch bei der Querung des Violenbachs / der L785 erweist sich die Standardbauweise des offenen Bauverfahrens als die vorzugswürdige Bauweise.

BORGHOLZHAUSEN

LUFTBILD MIT VARIANTEN FÜR BAUGRUNDUNTERSUCHUNGEN



Amprion |

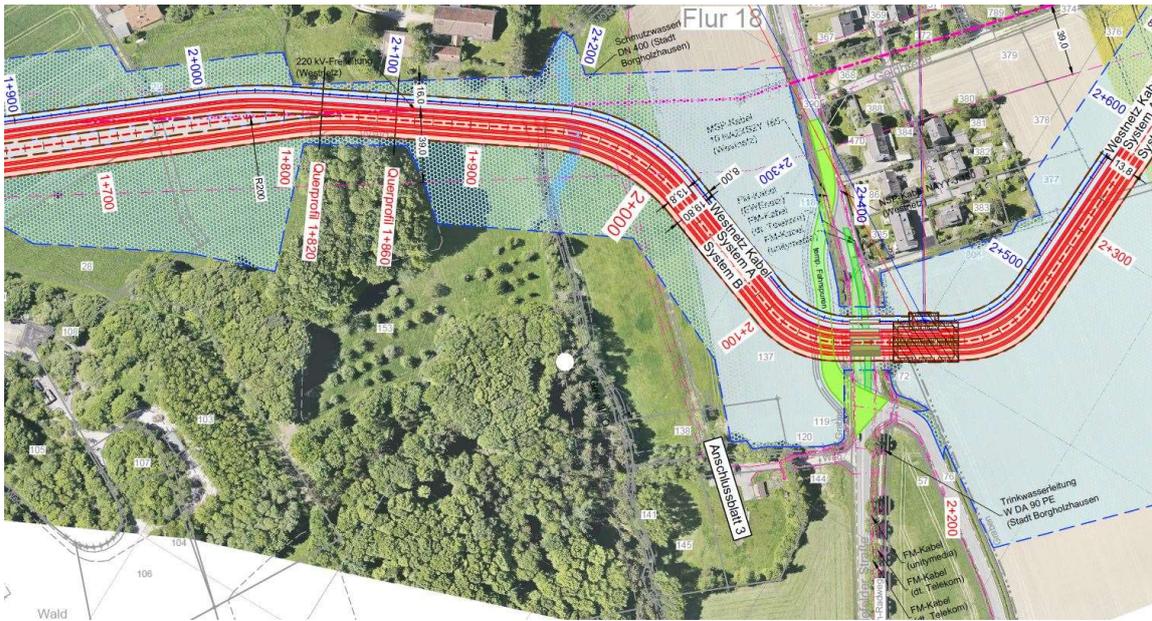


Abbildung 12: Lageplanausschnitt: Violenbachtal /Trassierung der offenen Bauweise dargestellt (Anlage 4.3.1)

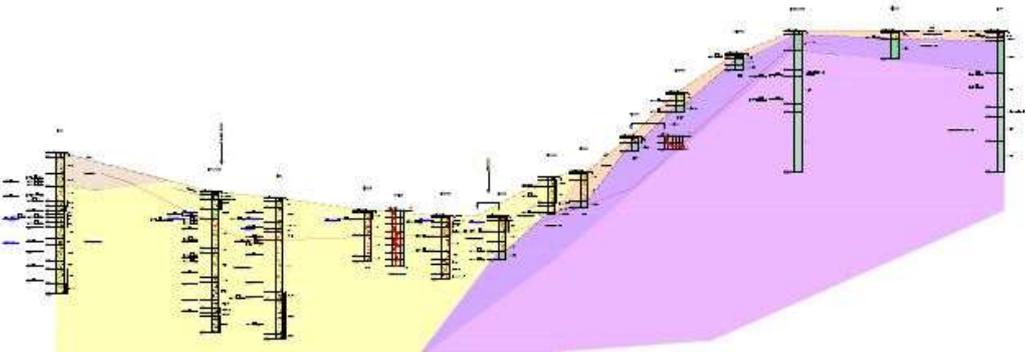


Abbildung 13: geologisches Längsprofil im Bereich des Violenbachtals (gelb: Talablagerungen mit Steinlagen; violett: Kalkstein)

HDD – HORIZONTAL DIRECTIONAL DRILLING

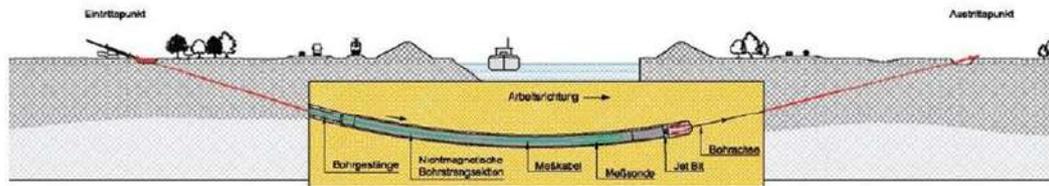


Abbildung 4: Prinzipskizze HDD [DCA, Anhang 4]

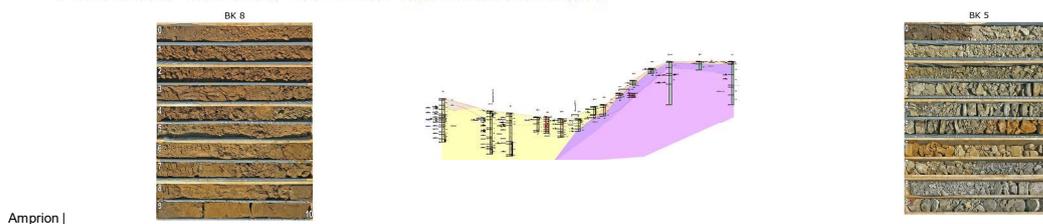


Abbildung 14: Spühlbohrverfahren (HDD) am Violenbachtal

Der Abschnitt der Trasse, die den Violenbach und die L785 quert ist, etwa 400 Meter lang und es wird auf ihm eine Höhendifferenz an der GOK von etwa 23 Metern überschritten. Ergänzend zu den allgemeinen Vorteilen der offenen Bauweise gegenüber der geschlossenen Bauweise (siehe oben unter Ziffer 4.1) sprechen folgende Erwägungen gegen die geschlossene Bauweise in diesem Bereich:

Gegen das **HDD-Verfahren** im Abschnitt Violenbach / L785 spricht im Wesentlichen, dass auf diesem Abschnitt im Bereich des geplanten Vortriebes zwei vollkommen unterschiedliche Bodenverhältnisse auftreten. Während der Vortrieb an der nördlichen Talflanke im zentralen Bereich des Tales im Lockergestein verläuft, liegt die südliche Talflanke und der anschließende Höhenbereich einheitlich im verwitterten Fels bzw. im Fels. Im Talbereich liegen die Rohre in den Lockergesteinen (Talablagerungen), die hier aus Deck-/Tallehmen und Talschottern/-sanden bestehen. Dabei ist zu beachten, dass der Schotter/die Sande im Talgrund wassergefüllt sind und sich die Bohrkanäle zu weiten Teilen unterhalb der während der Geländearbeiten gemessenen Grundwasserstände befinden. Auf dieser Bohrstrecke treten im Vortriebsbereich durch Deck-/Tallehme, Talschotter/-sande z.T. hohe Mantelreibungen auf, die nur durch die Zugabe von Gleitmitteln wie z.B. Bentonit ausgeglichen werden können. Um einen Ausbruch oder eine Ablenkung des Rohres früh genug korrigieren zu können, müsste der Vortrieb durchgehend kontrolliert werden. Ein Vortreiben von Schnecken ist in den Steillagen praktisch nicht möglich, sodass die offensichtliche Gefahr eines feststehenden Vortriebskopfes und die damit verbundene Bergung durch eine Baugrube besteht. Im Bereich der südlichen Talflanke verläuft die Bohrstrecke überwiegend im verwitterten Fels, der größere Klüfte und Schichtflächen aufweist. Dadurch entstehen auf der Bohrstrecke ebenfalls hohe Mantelreibungen, die nur durch die Zugabe eines Gleitmittels, i.d.R. Bentonitsuspensionen reduziert werden können. Ein „Abfließen“ der Bentonitsuspensionen in dem zerklüfteten verwitterten Fels kann damit nicht ausgeschlossen werden. Aufgrund der so unterschiedlichen Bodenverhältnisse und der Bohrrisiken auf der südlichen und nördlichen Talflanke sowie der hohen Anzahl an zu verlegenden

Erdkabeln schließt Amprion daher die geschlossene Bauweise mittels Gesteuerter Horizontalbohrung (HDD-Verfahren) aus.

Auch das **Mikrotunnel-/Rohrvortriebsverfahren** wird durch Amprion ausgeschlossen, da zusätzlich zu den sehr unterschiedlichen Bodenverhältnissen und Bohrwiderständen der Gesteine mit erheblichen Mantelreibungen, Ausbrüchen der Bohrköpfe und verfüllten Dolinen gerechnet werden muss. Die steile Geländekante direkt südlich des Violenbachs erfordert dazu für das Ausheben einer südlichen Startgrube einen unverhältnismäßig großen und tiefen Eingriff in den Boden, um die technisch noch möglichen, vertikalen Biegeradien einhalten zu können. Denn es wären besonders tiefe Start- und Zielgruben im Vergleich zu einem ebenen Geländeverlauf erforderlich. Weiterhin müssten aufgrund der Bündelung der Kabel permanent unter- und oberirdisch sichtbare Bauwerke zusätzlich errichtet werden (Lüftungsbauwerke mit 24h-Betrieb, Übergangskonstruktionen zwischen offener und geschlossener Bauweise, dauerhafte Zuwegungen).

5.2 Bereich Riesberg

Auch bei der Querung des Riesberges erweist sich die Standardbauweise des offenen Bauverfahrens als die vorzugswürdige Bauweise.

Die Trassierung erfolgt entlang der vorhandenen Schneise der Freileitung. Zur Reduzierung des späteren Schutzstreifens um ca. 9 Meter wurde für diesen Bereich das Regelgrabenprofil mit der Verlegung der Baustraße gewählt. Die Länge der Waldschneide beträgt etwa 500 Meter und die Höhendifferenz an der GOK beträgt etwa 25 Meter.

BORGHOLZHAUSEN LUFTBILD MIT VARIANTEN FÜR BAUGRUNDUNTERSUCHUNGEN



Amprion |



Abbildung 15: Lageplanausschnitt - Riesberg

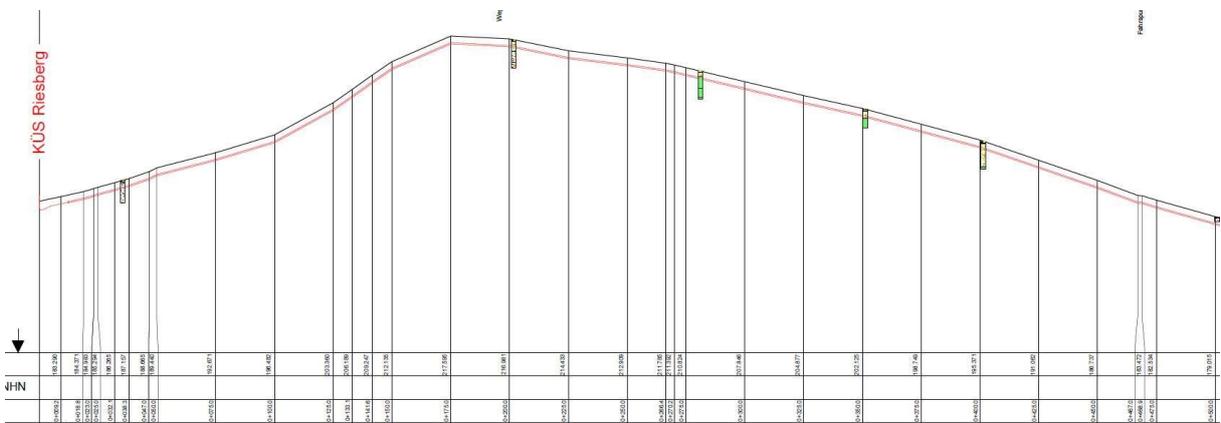


Abbildung 16: Längsschnitt - Riesberg

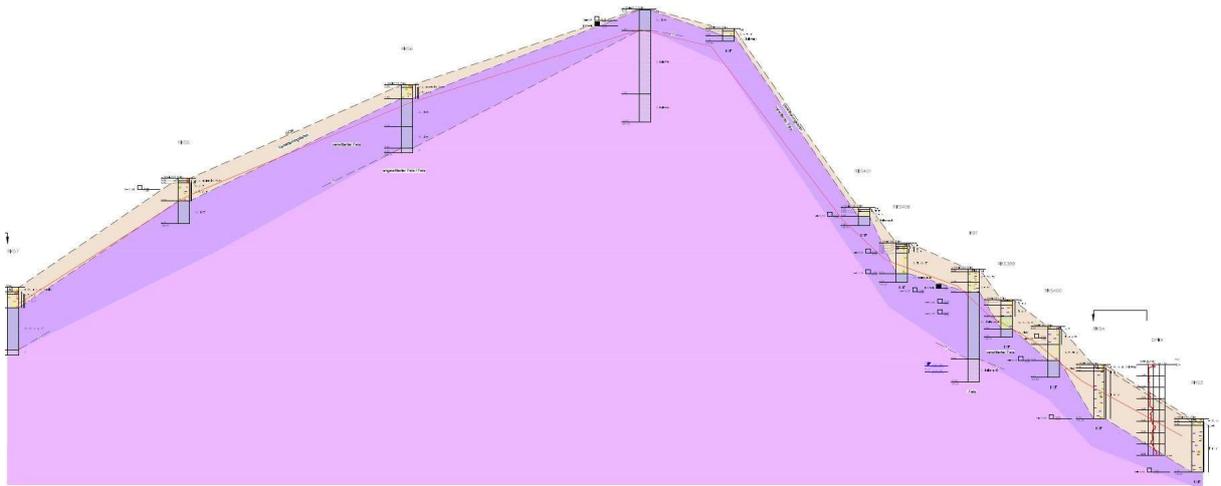


Abbildung 17: geologisches Profil Riesberg

Ergänzend zu den allgemeinen Vorteilen der offenen Bauweise gegenüber der geschlossenen Bauweise (siehe oben unter Ziffer 4.1) sprechen folgende Erwägungen gegen die geschlossene Bauweise im Bereich Riesberg:

Gegen das **HDD Verfahren** im Bereich Riesberg spricht, dass die Bohrlinie durch den anstehenden Kalkstein verlaufen würde und zu hohen Überdeckungen für 18 zu verlegenden Erdkabel plus Begleitkabel führen würde. Dies wäre technisch sehr risikobehaftet und die hohe Wärmeentwicklung erforderte große Abstände der Bohrungen und einen Anstieg der Schirmspannungen. Es wären Auswirkungen auf die zu übertragende Leistung, auf das Muffenkonzept und an die KÜS-Anforderungen zu erwarten. Hintergrund ist, dass die zu übertragende Leistung die Auslegung der Erdkabelanlage bestimmt. Abhängig von der Legetiefe, den Baugrundverhältnissen sowie den betrieblichen Anforderungen im Schadensfall wählen die Übertragungsnetzbetreiber die Abstände der Erdkabel zueinander so, dass die höchstzulässige Betriebstemperatur der Erdkabel am Leiter nicht überschritten wird.

Gegen das **Mikrotunnel-/Rohrvortriebsverfahren** im Bereich Riesberg spricht, dass die Ausführung aufgrund der Geologie/Wärmeentwicklung wahrscheinlich als Rohrvortrieb mit einem Durchmesser von mehr als 3000 mm vorgenommen werden müsste. Es wären zusätzliche Einrichtungen/Gebäude mit permanenten Belüftungen und eigener Stromversorgung etc. erforderlich (Start- und Zielschächte, Übergangsbauwerke, Betriebsgebäude mit Lüftungsanlagen). Zudem wäre aufgrund der Start- bzw. Zielschächte eine Verschiebung der KÜS erforderlich.

5.3 Bereich Goldbrede/ bewaldeter Hengberg

Auch bei der Querung des Bereichs Goldbrede / bewaldeter Hengberg erweist sich die Standardbauweise des offenen Bauverfahrens als die vorzugswürdige Bauweise.

Die Teilerdverkabelung ist in diesem Bereich in offener Bauweise vorgesehen. Die Trassierung erfolgt entlang der vorhandenen Schneise der Freileitung. Zur Reduzierung des späteren Schutzstreifens um ca. 9 Meter wurde für diesen Bereich das Regelgrabenprofil mit der Verlegung der Baustraße gewählt. Die Waldschneise hat eine Länge von etwa 300 Metern und die Trasse überwindet hier eine Höhendifferenz an der GOK von etwa 20 Metern.

BORGHOLZHAUSEN

LUFTBILD MIT VARIANTEN FÜR BAUGRUNDUNTERSUCHUNGEN



Amprion |



Abbildung 18 Lageplanausschnitt – Bereich bewaldeter Hengberg / Goldbreite



Abbildung 19: Längsschnitt Bereich bewaldeter Hengberg / Goldbreite

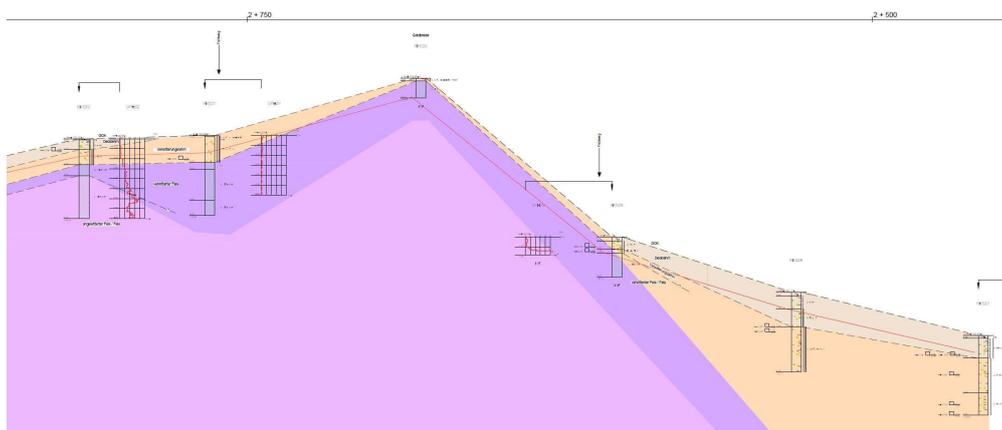


Abbildung 20: geologische Längsprofil Bereich bewaldeter Hengberg / Goldberger

Ergänzend zu den allgemeinen Vorteilen der offenen Bauweise gegenüber der geschlossenen Bauweise (siehe oben unter Ziffer 4.1) sprechen folgende Erwägungen gegen die geschlossene Bauweise in diesem Bereich:

Gegen das **HDD Verfahren** im Bereich Goldbrede/bewaldeter Hengberg spricht, dass die Bohrlinie durch den anstehenden Kalkstein verlaufen würde und zu hohen Überdeckungen für die erforderlichen ca. 18 Bohrungen führen würde. Dies wäre technisch sehr risikobehaftet und die hohe Wärmeentwicklung erforderte große Abstände der Bohrungen und einen Anstieg der Schirmspannungen. Zudem wären Auswirkungen auf die zu übertragende Leistung, das Muffen-Konzept und die KÜS- Anforderungen zu erwarten. Hintergrund ist, dass die zu übertragende Leistung die Auslegung der Erdkabelanlage bestimmt. Abhängig von der Legetiefe, den Baugrundverhältnissen sowie den betrieblichen Anforderungen im Schadensfall wählen die Übertragungsnetzbetreiber die Abstände der Erdkabel zueinander so, dass die höchstzulässige Betriebstemperatur der Erdkabel am Leiter nicht überschritten wird.

Gegen das **Mikrotunnel-/Rohrvortrieb-Verfahren** im Bereich Goldbrede/bewaldeter Hengberg spricht, dass die Gefällesituation im Vergleich zu einem ebenen Geländeverlauf tiefe Start- und Zielgruben erfordern, die mit größeren Baustelleneinrichtungsflächen und mehr Schwerlasttransporten und weiterem bautechnischem Aufwand verbunden wären. Zudem würden zusätzliche verbleibende Einrichtungen/Gebäude mit permanenten Belüftungen und eigener Stromversorgung etc. erforderlich werden (Start- und Zielschächte, Übergangsbauwerke, Betriebsgebäude mit Lüftungsanlagen) und es wären dauerhafte Zuwegungen in der Betriebsphase zu den Schächten erforderlich.

6 Fazit

Im Ergebnis bleibt festzuhalten, dass die Kritik der Einwender an der Einstufung des offenen Verfahrens als Standardverfahren außerhalb zu kreuzender Infrastruktur nicht durchgreift. Die offene Bauweise erweist sich als vorteilhaft und als wirtschaftlich und technisch effizient. Die erprobte offene Bauweise ist vergleichsweise kosteneffizient, schnell und reduziert die Projektrisiken. Sie weist eine hohe Verlegegenauigkeit. Auch im Betrieb ist sie die sicherere Bauweise. Reparaturen sind vergleichsweise flexibler und schneller zu bewerkstelligen als bei geschlossenen Verfahren. Diese Vorteile überwiegen die größeren baulichen Eingriffe in Natur und Umwelt aufgrund der Grabendimensionen und des damit verbundenen Bodeneingriffs.

Die offene Bauweise ist auch im Bereich der zu kreuzenden Infrastrukturen die vorzugswürdige Bauweise. Neben den allgemeinen Vorteilen der offenen Bauweise würden sich eine geschlossene Bauweise in diesen Bereichen insbesondere aufgrund der Beschaffenheit des Untergrunds und aufgrund der Gefällesituationen als bautechnisch sehr aufwendig erweisen.