DE LA MOTTE & PARTNER GMBH
Consulting Engineers

380-KV-LEITUNG PIRACH – PLEINTING: ABSCHNITT 1 (ABZWEIG PIRACH)
TECHNISCHE PRÜFUNG ERDKABELABSCHNITTE

Machbarkeitsstudie

A042 | A1 |

14. Oktober 2020

220155-REP-010-Rev 1

REVISIONEN

Rev.	Kommentar	Datum
0	Vorabzug	28. September 2020
1	Anpassungen, Einarbeitung Kap. 9	14. Oktober 2020

INHALT

1. Einleitung 8

2. Unterlagen 10

3. Übersicht über die Örtlichen Verhältnisse der einzelnen Erdkabelabschnitte 11

3.1 Allgemeines 11

3.2 Hecketstall B (hohe Priorität) 12

3.2.1 Erdkabelabschnittslänge 12

3.2.2 Streckenverlauf 12

3.2.3 Streckenmerkmale / örtliche Verhältnisse 12

3.2.4 Geologie / Hydrogeologie 13

3.2.5 Varianten in diesem Erdkabelabschnitt 13

3.3 Mayerfeld A (mittlerer Priorität) 13

3.3.1 Erdkabelabschnittlänge 13

3.3.2 Streckenverlauf 14

3.3.3 Streckenmerkmale / örtliche Verhältnisse 14

3.3.4 Geologie / Hydrogeologie 15

3.3.5 Varianten in diesem Erdkabelabschnitt 15

3.4 Emmerting (hohe Priorität) 15

3.4.1 Erdkabelabschnittslänge 15

3.4.2 Streckenverlauf 15

3.4.3 Streckenmerkmale / örtliche Verhältnisse 16

3.4.4 Geologie / Hydrogeologie 16

3.4.5 Varianten in diesem Erdkabelabschnitt 17

3.5 Perach / Pleining (mittlere Priorität) 17
3.5.1 Erdkabelabschnittslänge 17
3.5.2 Streckenverlauf 17
3.5.3 Streckenmerkmale / örtliche Verhältnisse 17
3.5.4 Geologie / Hydrogeologie 18
3.5.5 Varianten in diesem Erdkabelabschnitt 18
3.6 Thomasbach (mittlerer Priorität) 18
3.6.1 Erdkabelabschnittslänge 18
3.6.2 Streckenverlauf 19
3.6.3 Streckenmerkmale / örtliche Verhältnisse 19
3.6.4 Geologie / Hydrogeologie 19
3.6.5 Varianten in diesem Erdkabelabschnitt 20
3.7 Zeilarn Mitte (hohe Priorität) 20
3.7.1 Erdkabelabschnittslänge 20
3.7.2 Streckenverlauf 20
3.7.3 Streckenmerkmale / örtliche Verhältnisse 20
3.7.4 Geologie / Hydrogeologie 21
3.7.5 Varianten in diesem Erdkabelabschnitt 21
3.8 Zeilarn Ost (mittlere Priorität) 22
3.8.1 Erdkabelabschnittslänge 22
3.8.2 Streckenverlauf 22
3.8.3 Streckenmerkmale / örtliche Verhältnisse 22
3.8.4 Geologie / Hydrogeologie 23
3.8.5 Varianten in diesem Erdkabelabschnitt 23
4. Herangehensweise zur Technischen Prüfung der einzelnen Erdkabelabschnitte 24
4.1 Allgemeines 24

4.2 Aspekte der örtlichen Verhältnisse 24

4.2.1 Mögliche Lagen von Kabelübergangsanlagen (KÜA) 24

4.2.2 Länge Erdkabeltrasse 24

4.2.3 Geotechnische Verhältnisse 24

4.2.4 Zu querende und parallel verlaufende Fremdanlagen / Bebauung 25

4.2.5 Örtliche Engstellen und Geländeänderungen im Trassenverlauf 25

4.2.6 Naturschutzfachliche Einschränkungen 25

4.2.7 Überschwemmungsgebiete 25

4.3 Weitere Voraussetzungen bzw. Planungsfestlegungen bzgl. Kabel und Muffen 25

5. Mögliche Bauverfahren zur Erdkabelverlegung 27

5.1 Allgemeines 27

5.2 Offene Grabenverlegung 27

5.2.1 Bauverfahrensbeschreibung 27

5.2.2 Grundlegendes 28

5.2.3 Risiken 29

5.2.4 Zusammenfassung grundsätzliche Festlegungen und Aspekte zur offenen Bauweise 29

5.3 Horizontalspülbohrverfahren (HDD) 30

5.3.1 Bauverfahrensbeschreibung 30

5.3.2 Grundlegendes 36

5.3.3 Risiken 37

5.3.4 Zusammenfassung grundsätzliche Festlegungen und Aspekte zum HDD-Verfahren 38

5.4 Rohrvortriebe (Pipe Jacking und Segmental Lining) 38

5.4.1 Allgemeines 38

5.4.2 Vier Rohrvortriebe im Querschnitt DN1200 mit je einem System 40

5.4.3 Zwei parallele Rohrvortriebe DN2000 mit jeweils einem Stromkreis 47

5.4.4 Ein Schildvortrieb DN3500 zur Aufnahme beider Stromkreise (Segmental Lining) 48

5.4.5 Kabelerwärmung Rohrvortrieb 51

5.4.6 Zusammenfassung grundsätzliche Festlegungen und Aspekte zum Rohrvortriebsverfahren 54

6. festlegung des Bauverfahrensinnerhalb eines Erdkabelabschnittes 55

7. Vergleich der möglichen Erdkabelabschnitte untereinander 56

7.1 Allgemeines 56

7.2 Bewertungskriterien 56

7.3 Bewertung der einzelnen Erdkabelabschnitte 58

7.3.1 Hecketstall B 58

7.3.2 Mayerfeld A 60

7.3.3 Mayerfeld A + B 60

7.3.4 Emmerting 62

7.3.5 Perach Pleining 64

7.3.6 Perach Pleining mit alternativem KÜA-Standort 66

7.3.7 Thomasbach 67

7.3.8 Thomasbach A 69

7.3.9 Thomasbach B 71

7.3.10 Zeilarn Mitte 72

7.3.11 Zeilarn Mitte B 73

7.3.12 Zeilarn Ost 74

7.4 Vergleich der Erdkabelabschnitte 75

7.4.1 Allgemeines 75

7.4.2 Vergleichstabelle Erdkabelabschnitte 76

8. Zusammenfassung und Empfehlungen 77

9. Prüfung verbreiteter Trassenstreifen 78

9.1 Allgemeines 78

9.2 Hecketstall B 79

9.3 Thomasbach B 79

9.4 Zeilarn Mitte B 80

9.5 Kurzfazit 80

1. EINLEITUNG

Die TenneT TSO GmbH (im Folgenden TenneT) plant im Rahmen des Raumordnungsverfahren für das Vorhaben 380 kV Leitung Pirach – Pleinting einzelne Trassenabschnitte als Erdkabelabschnitte (BBPlG) auszuweisen. Hierzu wurde von der TenneT TSO das Vorhaben in zwei übergeordnete Abschnitte eingeteilt (Abschnitt 1: Abzweig Pirach; Abschnitt 2: St. Peter - Pleinting).

Für den in diesem Dokument betrachteten Abschnitt 1: Abzweig Pirach sind aufgrund einer umweltfachlichen Prüfung (Wohnumfeldschutz) 7 potentielle Erdkabelabschnitte identifiziert worden, von denen drei mit einer hohen Priorität und vier mit einer mittleren Priorität bewertet wurden.

Abbildung 1

Darstellung der auf technische Machbarkeit zu prüfenden potentiellen Erdkabelabschnitte (grün = hohe Priorität, orange = mittlere Priorität; (Quelle: Planungsgruppe Landespflege)

Darstellung der potenziellen Erdkabelabschnitte

Die de la Motte & Partner GmbH wurde im Mai 2020 mit der Prüfung der technischen Voraussetzung zur Erdkabelverlegung für diese potentiellen Erdkabelabschnitte beauftragt. In einem ersten Schritt wurde Ende Juni 2020 eine Ortsbegehung mit Projektbeteiligten der TenneT sowie Vertretern der Büros PlanungsGruppe Landespflege und ifuplan durchgeführt. Daran anschließend wurde im Juli 2020 ein Entscheidungskatalog zur technischen Prüfung und Realisierbarkeit der vorgegebenen Erdkabelabschnitte durch die de la Motte & Partner GmbH aufgestellt und durch die Projektleitung der TenneT freigegeben. Auf Basis dieses Entscheidungskataloges sind die zu prüfenden Erdkabelabschnitte bewertet und verglichen worden. Die Ergebnisse dieser technischen Prüfung sind in diesem Bericht dargestellt.

2. UNTERLAGEN

Folgende Unterlagen sind für die Erstellung dieses Berichtes herangezogen worden:

/1/ A042 Kick-Off; Technische Machbarkeitsstudie Erdkabel; TenneT TSO GmbH, 12. Juni 2020

/2/ 380-kV-Leitung Pirach – Pleinting: Abschnitt 1 (Abzweig Pirach); Prüfung Erdkabeloption nach BBPlG; PlanungsGruppe Landespflege & Institut für Umweltplanung und Raumentwicklung (ifuplan); München & Hannover, Stand 29. Mai 2020

/3/ Planunterlage: Ersatzneubau 380-kV-Leitung Pirach – Tann (LH-06-B69); Optionen für Erdkabel; PlanungsGruppe Landespflege, Hannover, 25. Juni 2020

/4/ P011832 Baugrundvoruntersuchungen A042; Geologischer Bericht Abschnitt 1 (Rev. 0); BERNARD Ingenieure ZT GmbH; Hall in Tirol, 05. Juni 2020

/5/ Entscheidungskatalog Erdkabeltrassen; Technische Machbarkeit A042, A1; de la Motte & Partner GmbH; Reinbek, 20. Juli 2020

/6/ Auszug aus transpedia, der Online-Plattform von TenneT für technische Regelwerke und Wissensmanagement, Handbuch Bauen und Errichten; Tennet TSO GmbH & TenneT Offshore GmbH (C2 – Internal Information, Stand 04. Juni 2020)

/7/ Trassenbegehung vom 29. Juni 2020 mit Vertretern der TenneT TSO GmbH, PlanungsGruppe Landespflege, Institut für Umweltplanung und Raumentwicklung (ifuplan), de la Motte & Partner GmbH

3. ÜBERSICHT ÜBER DIE ÖRTLICHEN VERHÄLTNISSE DER EINZELNEN ERDKABELABSCHNITTE

3.1 Allgemeines

Insgesamt wurden 7 potentielle Erdkabelabschnitte, 3 davon mit hoher und 4 davon mit mittlerer Priorität, in den möglichen Trassenverläufen für den Ersatzneubau der 380-kV-Leitung zwischen Pirach und Tann identifiziert. Diese Trassenabschnitte sind wie folgt benannt worden (Aufzählung von Süd nach Nord und von West nach Ost):

1. Hecketstall B (hohe Priorität)
2. Mayerfeld A (mittlerer Priorität)
3. Emmerting (hohe Priorität)
4. Perach / Pleining (mittlere Priorität)
5. Thomasbach (mittlerer Priorität)
6. Zeilarn Mitte (hohe Priorität)
7. Zeilarn Ost (mittlere Priorität)

Während der Bearbeitung der Studie zur technischen Machbarkeit der Erdkabelabschnitte sowie bei der Vorstellung und Besprechung erster Zwischenergebnisse mit dem Auftraggeber und anderen an dem Projekt beteiligten Ingenieurbüros sind zusätzliche Varianten zu einzelnen Erdkabelabschnitten identifiziert worden. Dabei handelt es sich entweder um verkürzte Streckenverläufe innerhalb des zu prüfenden Erdkabelabschnittes oder um veränderte Verläufe des Erdkabelabschnittes außerhalb der bisherigen Trassenkorridore des Gesamtprojektes bzw. um Verbindungen zwischen diesen Korridoren. Folgende Varianten sind aus diesem Grund auf die technische Machbarkeit mit geprüft und bewertet worden:

- Variante Mayerfeld A + B
- Variante Perach / Pleining mit alternativem KÜA-Standort (verkürzter Trassenverlauf)
- Variante Thomasbach A mit alternativem KÜA-Standort (verkürzter Trassenverlauf)

- Variante Thomasbach B (verlängerte Trasse mit Verbindung zum Trassenkorridor Zeilarn Mitte)
- Variante Zeilarn B mit verändertem Trassenverlauf außerhalb des bisher festgelegten Korridors

In den folgenden Kapiteln 3.2 bis 3.8 werden die örtlichen Verhältnisse (soweit bekannt) der Trassen der möglichen Erdkabelabschnitte und deren Varianten kurz beschrieben, um die Grundlagen für die bautechnischen Bewertungen darzustellen. Die Informationen aus den jeweiligen Unterkapiteln Streckenmerkmale / örtliche Verhältnisse und Geologie /Hydrogeologie sind aus /4/ entnommen.

3.2 Hecketstall B (hohe Priorität)

3.2.1 Erdkabelabschnittslänge

Der vorgesehene Erdkabelabschnitt hat eine Länge von ca. 2,8 km.

3.2.2 Streckenverlauf

Der mögliche Trassenverlauf dieses Erdkabelabschnittes beginnt nordöstlich des vorhandenen Umspannwerkes im Bereich der Staatsstraße 2107 und verläuft dann in nordwestliche Richtung weitestgehend parallel zur Ortschaft Burgkirchen. Kurz vor Abschnittsende macht die Trasse eine Richtungsänderung nach Norden und endet südlich vor dem Alzkanal (s. auch Planunterlage 220155-DRG-M201).

3.2.3 Streckenmerkmale / örtliche Verhältnisse

<u>Topographie</u>

Das Gelände dieses Erdkabelabschnittes weist eine mäßig hügelige Topographie aus und verläuft an der westlichen Flanke des Eschlbergs.

<u>Bebauung / Fremdanlagen</u>

Je nach Lage der Kabelübergangsanlage (KÜA) muss am südlichen Ende des Erdkabelabschnittes ggf. die Staatsstraße 2107 gequert werden. Wie erwähnt verläuft die Trasse zu großen Teilen in Parallellage östlich von Burgkirchen. Die Trasse führt an wenigen Bebauungen (meist Hofanlagen) dicht vorbei. Im Verlauf des Erdkabelabschnittes muss die MONACO Erdgasleitung der bayernets GmbH zweimal gekreuzt werden, deren Verlegetiefe 1,2 m unter Geländeoberkante beträgt. Die Erdgasleitung hat einen Durchmesser von DN 1200. Ebenso verläuft die Trasse ca. einen

guten Kilometer parallel, in einem Abstand von ca. 50 m bis 80 m, zur Erdgasleitung sowie parallel in einem geringen Abstand von ca. 10 bis 20 m zu einer oberirdisch verlegten 110 kV-Leitung, die am nördlichen Ende des Erdkabelabschnittes, je nach Lage der KÜA, ggf. ebenfalls gekreuzt werden muss.

Bodendenkmale

In dem Erdkabelabschnitt sind keine Bodendenkmäler bekannt.

Altlasten

In dem Erdkabelabschnitt sind im südlichen Bereich Altlasten in Form von stofflich schädlichen Bodenveränderungen möglich.

Naturschutz / Ökologie

In dem Erdkabelabschnitt liegen keine Einschränkungen bezogen auf Schutzgebiete vor. Die benötigten Flächen werden überwiegend landschaftlich genutzt.

Überschwemmungsgebiet

Der gesamte Erdkabelabschnitt liegt nicht in einem gefährdeten Hochwassergebiet.

3.2.4 Geologie / Hydrogeologie

Im nördlichen Bereich der Trasse sind bis zu 13 m mächtige tonige Feinsandschichten in den oberen Schichten vor, denen dann kiesige Schichten folgen. Im südlichen Bereich des Abschnittes (Bereich Umspannwerk, liegen bis zu 3 m mächtige Lößlehmschichten vor, denen danach die kiesigen Schichten folgen.

Grundwasser wurde bei Archivbohrungen erst ab einer Tiefe > 10m gefunden. Aufgrund der Nähe zur Alz, können im nördlichen Bereich des Erdkabelabschnittes jedoch auch höhere Grundwasserspiegel auftreten.

3.2.5 Varianten in diesem Erdkabelabschnitt

Für diesen Erdkabelabschnitt sind keine Varianten identifiziert bzw. betrachtet worden.

3.3 Mayerfeld A (mittlerer Priorität)

3.3.1 Erdkabelabschnittlänge

Der vorgesehene Erdkabelabschnitt hat eine Länge von ca. 3,7 km.

3.3.2 Streckenverlauf

Der mögliche Trassenverlauf dieses Erdkabelabschnittes beginnt wie Abschnitt Hecketstall B nordöstlich des vorhandenen Umspannwerkes im Bereich der Staatsstraße 2107 und verläuft von dort nordöstlich, grob in Richtung Mehring (s. auch Planunterlage 220155-DRG-M201).

3.3.3 Streckenmerkmale / örtliche Verhältnisse

Topographie

Das Gelände dieses Erdkabelabschnittes weist eine mäßig hügelige Topographie aus und verläuft an der südöstlichen Flanke des Eschlbergs und der südwestlichen Flanke des Hechenbergs.

Bebauung / Fremdanlagen

Je nach Lage der Kabelübergangsanlage (KÜA) muss am südlichen Ende des Erdkabelabschnittes ggf. die Staatsstraße 2107 gequert werden. Die Trasse führt an wenigen Bebauungen (meist Hofanlagen) teils dicht vorbei. Im Verlauf des Erdkabelabschnittes müsste die MONACO Erdgasleitung der bayernets GmbH, wie beim Abschnitt Hecketstall B, ebenfalls zweimal gekreuzt werden. Auch im Abschnitt Mayerfeld A verläuft die Trasse über fast die gesamte Länge parallel, in einem Abstand von mindestens 50 m, zur Erdgasleitung sowie parallel zur oberirdisch verlaufenden 110 kV-Leitung (jedoch in einem größeren Abstand), muss diese jedoch einmal in nördlichen Trassenabschnitt kreuzen.

Bodendenkmale

In dem Erdkabelabschnitt sind keine Bodendenkmäler bekannt.

Altlasten

In dem Erdkabelabschnitt könnten im südlichsten Bereich Altlasten in Form von stofflich schädlichen Bodenveränderungen möglich sein.

Naturschutz / Ökologie

In dem Erdkabelabschnitt liegen keine Einschränkungen bezogen auf Schutzgebiete vor. Die benötigten Flächen werden überwiegend landschaftlich genutzt.

Überschwemmungsgebiet

Der gesamte Erdkabelabschnitt liegt nicht in einem gefährdeten Hochwassergebiet.

3.3.4 Geologie / Hydrogeologie

Es kommen in den oberen Bereichen Lößlehmschichten bis in Tiefen zwischen ca. 2,5 m bis ca. 5,5 m vor. Darunter folgen bis in große Tiefen kiesige Schichten mit geringen Feinkornanteilen.

Grundwasser ist in den vorhandenen Archivbohrungen erst in großen Bohrtiefen angetroffen worden. Die Kiese mit geringem Feinkornanteil sind als stark wasserdurchlässig anzusehen.

3.3.5 Varianten in diesem Erdkabelabschnitt

Variante Mayerfeld A + B

Zur Vermeidung der zweifachen Kreuzung der Monaco-Erdgasleitung ist es aufgrund der örtlichen Verhältnisse möglich, im Bereich vor der ersten notwendigen Kreuzung mit dieser Gasleitung, den Trassenverlauf etwas südlich, mit Kreuzung oberirdischer 110 kV-Leitungen, in den Trassenkorridor Mayerfeld B zu führen. Dazu sind theoretisch mehrere Verläufe denkbar, die der Planunterlage 220155-DRG-M201 entnommen werden können. Die Trasse verläuft auch bei dieser Trassenführung fast ausschließlich über landwirtschaftliche Flächen. Bevor die beiden Trassenkorridore Mayerfeld A und Mayerfeld B wieder zu einem Trassenkorridor verschmelzen, muss ein Waldgebiet mit schützenswerten Bäumen gequert werden. Eine Umgehung ist aus platzgründen (Fremdleitungen) nicht möglich. Nach der notwendigen zweiten Kreuzung der Gasleitung im Erdkabelabschnitt Mayerfeld A trifft der Trassenverlauf dieser Variante (Mayerfeld A + B) wieder auf den weiteren Verlauf des Erdkabelabschnittes Mayerfeld A. Diese Variante hat eine Streckenlänge von ca. 3,7 km.

3.4 Emmerting (hohe Priorität)

3.4.1 Erdkabelabschnittslänge

Der vorgesehene Erdkabelabschnitt hat eine Länge von ca. 2,0 km.

3.4.2 Streckenverlauf

Der hier betrachtete Erdkabelabschnitt beginnt südwestlich von Emmerting im ungefähren Kreuzungsbereich von Obere Dorfstraße und Brucker Straße und verläuft nordwärts zwischen Emmerting und dem westlich von Emmerting gelegenen Waldgebiet Altöttinger Forst bis zum nördlich von Emmerting gelegenen Kies- und Splittwerk (s. auch Planunterlage 220155-DRG-M202).

3.4.3 Streckenmerkmale / örtliche Verhältnisse

Topographie

Das Gelände ist relativ eben mit nur geringen und flachen Anstiegen.

Bebauung / Fremdanlagen

Im gesamten Trassenverlauf am östlichen Ortsrand von Emmerting müssen aufgrund der örtlichen Verhältnisse (Bebauung) immer wieder die Ausläufer des Altöttinger Forst gequert werden. Im Trassenverlauf liegt ebenfalls der Sportplatz / Sportanlage von Emmerting. Des Weiteren muss neben einigen untergeordneten Straßen im nördlichen Bereich des Erdkabelabschnittes auch die Staatsstraße 2108 gequert werden.

Bodendenkmale

Am nördlichen Trassenende im Bereich des möglichen KÜA-Standortes ist mit Bodendenkmalvorkommen zu rechnen.

Altlasten

In dem Erdkabelabschnitt ist gemäß vorhandener Information nicht mit Altlasten zu rechnen.

Naturschutz

Die benötigten Flächen werden überwiegend forst- und landschaftlich genutzt, des Weiteren liegt eine Sportanlage im Trassenbereich. Es müssen mehrfach Waldbestände des Altöttinger Forst gequert werden, die als Bannwald klassifiziert sind und deshalb erhalten bleiben müssen.

Überschwemmungsgebiet

Der gesamte Erdkabelabschnitt liegt nicht in einem gefährdeten Hochwassergebiet.

3.4.4 Geologie / Hydrogeologie

Es dominieren ab Geländeoberkante Schmelzwasserschotterschichten, die aus sandigen und steinigen Kiesen bestehen und nur sehr wenig Feinkornanteile besitzen. Vereinzelt bestehen die ersten zwei Meter der Bodenschichten aus feinkörnigerem Material. Teilweise kommen auch felsige Konglomeratbänke vor.

Die Schmelzwasserschotter besitzen einen hohen Durchlässigkeitsbeiwert, jedoch ist im Bereich der Trasse mit Grundwasserständen > 10 m Teufe zu rechnen.

3.4.5 Varianten in diesem Erdkabelabschnitt

Für diesen Erdkabelabschnitt sind keine Varianten identifiziert bzw. betrachtet worden.

3.5 Perach / Pleining (mittlere Priorität)

3.5.1 Erdkabelabschnittslänge

Der vorgesehene Erdkabelabschnitt hat eine Länge von ca. 4,8 km.

3.5.2 Streckenverlauf

Der Trassenabschnitt beginnt nördlich des Inns und der hier verlaufenden Bahnlinien und Landstraße sowie östlich von Perach und verläuft nördlich bis nordöstlich in Richtung Zeilarn. Der Trassenabschnitt endet westlich von Siedelsberg (s. auch Planunterlage 220155-DRG-M203).

3.5.3 Streckenmerkmale / örtliche Verhältnisse

<u>Topographie</u>

Die Topographie ist in diesem Abschnitt generell als etwas hügeliger anzusprechen. Gerade im Bereich des Beginns dieses Trassenabschnittes ist ein Steilhang zu queren. Ansonsten sind die Hangneigungen flach bis moderat.

<u>Bebauung / Fremdanlagen</u>

Das Gelände im Trassenabschnitt wird intensiv landwirtschaftlich genutzt, so dass einige Hofanlagen vorhanden sind. Außer einigen untergeordneten Straßen, sind noch mehrere kleinen Bäche im Gelände vorhanden.

<u>Bodendenkmale</u>

Unterhalb und oberhalb des Steilhanges tangiert die Trasse ausgewiesene Bodendenkmalflächen.

<u>Naturschutz</u>

Es müssen mehrfach Waldstücke gequert werden, deren Baumbestand nicht entfernt werden darf.

Überschwemmungsgebiet

Die hier betrachtete Trasse des Erdkabelabschnittes liegt nicht in einem gefährdeten Hochwassergebiet.

3.5.4 Geologie / Hydrogeologie

Im südlichen Bereich dieser Trasse in Innnähe sind zuoberst feinkörnige Deckschichten mit geringen Mächtigkeiten vorhanden, unter denen sandig, steiniger Kies ansteht. Oberhalb des Steilhanges zeigen Archivbohrungen ca. 12 m mächtige feinsandige Schluffschichten unter denen dann bis zum Bohrungsende bei 80 m Teufe kiesige Schichten anstehen. Weiter Richtung Norden zeigt sich ein ähnliches Bild. Als obere Bodenschichten sind feinkörnige quartäre Ablagerungen zu erwarten, unter denen kiesige Schichten folgen. Die genauen Mächtigkeiten der feinkörnigen Ablagerungen können aufgrund der fehlenden Informationstiefe hier nicht genauer angegeben werden.

Die angesprochenen sandig und steinigen Kiesschichten haben große Durchlässigkeiten. In topographischen Höhenlagen ist mit Grundwasserständen von mindestens 25 m Teufe zu rechnen. In den Tallagen sind die Grundwasserstände näher an der Geländeoberfläche anzunehmen, da Archivbohrungen aus dem weiteren Trassenumfeld hier Grundwasserstände bei Teufen von ca. 6 m unter Geländeoberfläche angeben. Geringere Grundwasserfluabstände < 3,0 m unter Geländeoberkante sind im Bereich der Innau, entlang des Türkenbachs und des Gehrsdorferbaches möglich.

3.5.5 Varianten in diesem Erdkabelabschnitt

Variante Perach / Pleining mit alternativem KÜA-Standort

Diese Variante sieht eine Verkürzung des Erdkabelabschnittes vor. Statt im Bereich des Inns, beginnt der Trassenverlauf erst im Bereich nach der Steilhangquerung (s. auch Planunterlage 220155-DRG-M203). Diese Variante hat eine Streckenlänge von ca. 3,9 km

3.6 Thomasbach (mittlerer Priorität)

3.6.1 Erdkabelabschnittslänge

Der vorgesehene Erdkabelabschnitt hat eine Länge von ca. 2,9 km.

3.6.2 Streckenverlauf

Der Trassenabschnitt im Süden beginnt in Marktl und verläuft nördlich bis nordwestlich. Der Trassenabschnitt endet wie auch der Abschnitt Persch / Pleining westlich von Siedelsberg (s. auch Planunterlage 220155-DRG-M203).

3.6.3 Streckenmerkmale / örtliche Verhältnisse

Topographie

Die Topographie ist in diesem Abschnitt generell als etwas hügeliger anzusprechen. Die Hangneigungen flach bis moderat.

Bebauung / Fremdanlagen

Das Gelände im Trassenabschnitt wird intensiv landwirtschaftlich genutzt, so dass einige Hofanlagen vorhanden sind. Außer einigen untergeordneten Straßen, sind noch mehrere kleinen Bäche im Gelände vorhanden.

Bodendenkmale

In dem Erdkabelabschnitt sind keine Bodendenkmäler bekannt.

Naturschutz

Es müssen mehrfach Waldstücke gequert werden, deren Baumbestand nicht entfernt werden darf.

Überschwemmungsgebiet

Die hier betrachtete Trasse des Erdkabelabschnittes liegt nicht in einem gefährdeten Hochwassergebiet.

3.6.4 Geologie / Hydrogeologie

Als obere Bodenschichten sind feinkörnige quartäre Ablagerungen zu erwarten unter denen kiesige Schichten folgen. Die genauen Mächtigkeiten der feinkörnigen Ablagerungen können aufgrund der fehlenden Informationstiefe hier nicht genauer angegeben werden.

Die angesprochenen sandig und steinigen Kiesschichten haben große Durchlässigkeiten. In topographischen Höhenlagen ist mit Grundwasserständen von mindestens 25 m Teufe zu rechnen. In den Tallagen sind die Grundwasserstände näher an der Geländeoberfläche anzunehmen, da Archivbohrungen aus dem weiteren Trassenumfeld hier Grundwasserstände bei Teufen von ca. 6 m unter Geländeoberfläche

angeben. Geringere Grundwasserfluabstände < 3,0 m unter Geländeoberkante sind im Bereich der Innau, entlang des Türkenbachs und des Gehrsdorferbaches möglich.

3.6.5 Varianten in diesem Erdkabelabschnitt

Variante Thomasbach A

Die Variante Thomasbach A verläuft genau wie die zuvor beschrieben Variante, nur endet Sie ca. 600 m bis 700 m eher, um die Querung eines Waldstückes ,welches direkt vor dem angedachten KÜA-Standort liegt, mit einem aufwendigen Sonderbauwerk in geschlossener Bauweise, zu vermeiden. Die Streckenlänge dieser Trassenvariante beträgt ca. 2,2 km (s. auch Planunterlage 220155-DRG-M203).

Variante Thomasbach B

Die Variante Thomasbach B verläuft ebenfalls zuerst wir die Grundvariante Thomasbach und geht noch über den dort geplanten KÜA-Standort hinaus. Die Trasse verläuft weiter in nordöstliche Richtung, knickt dann nach Osten um, quert die B 20 und umgeht den Ort Zeilarn dann westlich und endet nördlich dieser Ortschaft. Die Streckenlänge dieser Trassenvariante beträgt ca. 5,2 km (s. auch Planunterlage 220155-DRG-M203).

3.7 Zeilarn Mitte (hohe Priorität)

3.7.1 Erdkabelabschnittslänge

Der vorgesehene Erdkabelabschnitt hat eine Länge von ca. 2,7 km.

3.7.2 Streckenverlauf

Der Trassenabschnitt der möglichen Erdkabelstrecke beginnt im Süden südöstlich von Siedelsberg und verläuft dann nördlich in Richtung Zeilarn, durch Zeilarn hindurch und endet im, wie Variante Thomasbach B nördlich von Zeilarn (s. auch Planunterlage 220155-DRG-M203)

3.7.3 Streckenmerkmale / örtliche Verhältnisse

Topographie

Die Topographie ist in diesem Abschnitt generell als etwas hügeliger anzusprechen. Die Hangneigungen flach bis moderat.

Bebauung / Fremdanlagen

Im Trassenbereich sind Hofanlagen vorhanden. Südlich von Zeilarn ist die B 20 zu kreuzen und im Anschluss daran die Ortschaft Zeilarn zu passieren. Des Weiteren sind neben einigen untergeordneten Straßen, noch mehrere Bäche zu queren.

Bodendenkmale

In dem Erdkabelabschnitt sind keine Bodendenkmäler bekannt.

Naturschutz

Die Trasse verläuft durch überwiegend landwirtschaftlich genutzte Flächen. Es müssen mehrfach Waldstücke gequert werden, deren Baumbestand nicht entfernt werden darf.

Überschwemmungsgebiet

Im unmittelbaren Bereich des Türkenbaches kann es zu Überschwemmungen kommen.

3.7.4 Geologie / Hydrogeologie

Die Bodenschichten bestehen hauptsächlich aus sandigen Kiesen, die von unterschiedlich mächtigen (4 m bis 8 m) Feinkörnigeren Schichten überlagert sein können. Es können auch Wechsellagerungen von schluffigen Tonen und Sanden vorkommen, die von Kiesen unterlagert sind.

Die angesprochenen sandig und steinigen Kiesschichten haben große Durchlässigkeiten. In topographischen Höhenlagen ist mit Grundwasserständen von mindestens 25 m Teufe zu rechnen. In den Tallagen sind die Grundwasserstände näher an der Geländeoberfläche anzunehmen, da Archivbohrungen aus dem weiteren Trassenumfeld hier Grundwasserstände bei Teufen von ca. 6 m unter Geländeoberfläche angeben. Geringere Grundwasserfluabstände < 3,0 m unter Geländeoberkante sind im Bereich der Innau, entlang des Türkenbachs und des Gehrsdorferbaches möglich.

3.7.5 Varianten in diesem Erdkabelabschnitt

Variante Zeilarn Mitte B

Der Trassenverlauf von Variante Zeilarn Mitte B beginnt wie bei der zuvor beschriebenen Trassenführung für Zeilarn Mitte. Vor der Kreuzung der B 20 knickt die Trasse jedoch nach Nordwesten ab und quert die B 20 westlich der Ortschaft Zeilarn. Von hier aus verläuft die Trasse genau wie die Trassenvariante Thomasbach B und endet auch an der gleichen vorgesehenen Stelle. Die Streckenlänge dieser Trassenvariante beträgt ca. 2,9 km (s. auch Planunterlage 220155-DRG-M203).

3.8 Zeilarn Ost (mittlere Priorität)

3.8.1 Erdkabelabschnittslänge

Der vorgesehene Erdkabelabschnitt hat eine Länge von ca. 2,0 km.

3.8.2 Streckenverlauf

Der Trassenabschnitt der möglichen Erdkabelstrecke beginnt im Süden südöstlich von Siedelsberg (der genaue KÜA-Standort im südlichen Bereich dieses Erdkabelabschnittes kann variabel festgelegt werden, es wird empfohlen möglichst wenig Sonderbauwerke im Trassenverlauf zu haben) und verläuft dann in nordöstliche in Richtung und umgeht die Ortschaft Zeilarn östlich. Danach knickt die Trasse erst in nordwestliche und dann in nördliche Richtung ab (s. auch Planunterlage 220155-DRG-M203).

3.8.3 Streckenmerkmale / örtliche Verhältnisse

Topographie

Die Topographie ist in diesem Abschnitt generell als etwas hügeliger anzusprechen. Die Hangneigungen flach bis moderat.

Bebauung / Fremdanlagen

Im Trassenbereich sind Hofanlagen vorhanden. Im Trassenverlauf ist die B 20 zu kreuzen. Südlich der B 20 entsteht zurzeit ein neues Gewerbegebiet. Es ist anzunehmen, dass dieses Gewerbegebiet voll erschlossen wird und somit die Erdkabel unterhalb von bebautem Gelände liegen könnten. Des Weiteren sind neben einigen untergeordneten Straßen auch Bäche zu queren. Am nördlichen Ende des Trassenabschnittes ist eine Kiesgrube zu kreuzen.

Bodendenkmale

In dem Erdkabelabschnitt sind keine Bodendenkmäler bekannt.

Naturschutz

Die Trasse verläuft über weite Strecken auf überwiegend landwirtschaftlich genutzten Flächen. Es müssen mehrfach Waldstücke gequert werden, deren Baumbestand nicht entfernt werden darf.

Überschwemmungsgebiet

Im unmittelbaren Bereich des Türkenbaches kann es zu Überschwemmungen kommen.

3.8.4 Geologie / Hydrogeologie

Die Bodenschichten bestehen hauptsächlich aus sandigen Kiesen, die von unterschiedlich mächtigen (4 m bis 8 m) Feinkörnigeren Schichten überlagert sein können. Es können auch Wechsellagerungen von schluffigen Tonen und Sanden vorkommen, die von Kiesen unterlagert sind.

Die angesprochenen sandig und steinigen Kiesschichten haben große Durchlässigkeiten. In topographischen Höhenlagen ist mit Grundwasserständen von mindestens 25 m Teufe zu rechnen. In den Tallagen sind die Grundwasserstände näher an der Geländeoberfläche anzunehmen, da Archivbohrungen aus dem weiteren Trassenumfeld hier Grundwasserstände bei Teufen von ca. 6 m unter Geländeoberfläche angeben. Geringere Grundwasserfluabstände < 3,0 m unter Geländeoberkante sind im Bereich der Innau, entlang des Türkenbachs und des Gehrsdorferbaches möglich.

3.8.5 Varianten in diesem Erdkabelabschnitt

Für diesen Erdkabelabschnitt sind keine Varianten identifiziert bzw. betrachtet worden.

4. HERANGEHENSWEISE ZUR TECHNISCHEN PRÜFUNG DER EINZELNEN ERDKABELABSCHNITTE

4.1 Allgemeines

Die technische Machbarkeit und Prüfung der in Kapitel 3 aufgeführten möglichen Erdkabelabschnitte wird anhand von Festlegungen und Entscheidungsgrundlagen, die in den nachfolgenden Kapiteln erläutert werden, vorgenommen. Hierbei werden für die Trassenabschnitte eines Erdkabelabschnittes die bestmöglichen Bauverfahren anhand der örtlichen Gegebenheiten, der Risiken, der Kosten sowie der bau- und betrieblichen Voraussetzungen ermittelt und die Restriktionen aus den bekannten umweltplanerischen Punkten beachtet.

4.2 Aspekte der örtlichen Verhältnisse

Die identifizierten und zu prüfenden Erdkabelabschnitte werden gemäß den vorliegenden örtlichen Verhältnissen betrachtet. Dabei wurden folgende Parameter berücksichtigt:

4.2.1 Mögliche Lagen von Kabelübergangsanlagen (KÜA)

Prüfung der möglichen KÜA-Standorte am Beginn und Ende der zu untersuchenden Erdkabelabschnitte. Beachtung der notwendigen Geländegröße mit Mindestabmessungen von 50 m x 50 m. inkl. Beachtung von Geländeform, Fremdleitungen bzw. Fremdanlagen und Wohnbebauung.

4.2.2 Länge Erdkabeltrasse

Feststellung der Gesamtrassenlänge sowie mögliche Aufteilung in sinnvolle Abschnitte für ggf. verschieden Bauverfahren (offen, geschlossen).

4.2.3 Geotechnische Verhältnisse

Prüfung und Beschreibung der vorliegenden geotechnischen Informationen zu den einzelnen möglichen Trassenabschnitten inkl. Einschätzung bezogen auf die Machbarkeit der möglichen Bauverfahren.

4.2.4 Zu querende und parallel verlaufende Fremdanlagen / Bebauung

Feststellung aller zu kreuzender Fremdleitungen sowie Fremdanlagen (z.B. Straßen, Bahngleise, Gewässer). Hier werden die entsprechenden Vorschriften (z.B. Überdeckungshöhen und Kreuzungsabstände bei geschlossenen Bauweisen, Genehmigungsfähigkeit der Fremdleitungs- bzw. Fremdanlagenkreuzung, bevorzugtes Bauverfahren zur Kreuzung der Fremdleitung bzw. Fremdanlage etc.) beachtet. Ebenso ist auf einen ausreichenden Abstand bei Parallelverlegung zu bestehenden Leitungen zu achten.

4.2.5 Örtliche Engstellen und Geländeänderungen im Trassenverlauf

Identifizieren der Engstellen aufgrund der örtlichen Gegebenheiten wie. z.B. Bebauungen, Bewuchs etc. und Beachtung von Niveauänderungen des Geländes sowie Geländesprüngen und Einschätzung der Machbarkeit der möglichen Bauverfahren. Ebenso Prüfung ob Bodendenkmäler oder Altlasten im Trassenbereich der Erdkabelabschnitte bekannt sind.

4.2.6 Naturschutzfachliche Einschränkungen

Beachtung der Vorgaben und Restriktionen aus der naturschutzfachlichen Vorplanung (z.B. Bannwaldbereiche oder andere schützenswerte Bereich sind zu erhalten und dürfen nicht abgeholzt werden etc.) mit Beachtung für die möglichen Bauverfahren.

4.2.7 Überschwemmungsgebiete

Prüfung, ob der Erdkabelabschnitt bzw. Teile des Erdkabelabschnittes in Überschwemmungsgebieten liegen im Hinblick auf das richtige Verlegeverfahren.

4.3 Weitere Voraussetzungen bzw. Planungsfestlegungen bzgl. Kabel und Muffen

Folgende Voraussetzungen werden zusätzlich festgelegt:

- Die maximale Lieferlänge eines Kabels beträgt 1.200 m (Handbuch BuE), somit sind ca. alle 1.200 m Muffengruben vorzusehen
- Erforderliche Muffen sind so zu platzieren, dass jederzeit mit vertretbarem Aufwand ein Zugriff möglich ist (Handbuch BuE)

- Die Anordnung von Muffen in Tunnelbauwerken ist nicht zulässig (Sicherheit für die Kabelanlage, Zugänglichkeit zur Muffe)
- Die maximale Haltungslänge für ein durchgehendes Leitungsbauwerk wird mit ca. 1.100 bis 1.150 m angenommen, um unmittelbar anschließende Muffen außerhalb der Sonderbauwerke anordnen zu können.

5. MÖGLICHE BAUVERFAHREN ZUR ERDKABELVERLEGUNG

5.1 Allgemeines

Folgende sinnvolle und mögliche Bauverfahren zur Erdkabelverlegung werden betrachtet:

- offene Grabenverlegung
- Horizontalspülbohrverfahren (HDD) (eine Bohrung pro Kabel)
- 4 parallele Rohrvortriebe kleiner Querschnitte (DN1200) mit je einem System
- 2 parallele Rohrvortriebe DN2000 mit jeweils einem Stromkreis
- 1 Schildvortrieb DN3500 zur Aufnahme beider Stromkreise

Die wesentlichen Merkmale sowie eine Kurzbeschreibung der betrachteten Bauverfahren werden in den weiteren Abschnitten dargestellt und zusammengefasst.

5.2 Offene Grabenverlegung

5.2.1 Bauverfahrensbeschreibung

Die Verlegung von Kabeln bzw. Kabelschutzrohren (KSR) im Landbereich im offenen Graben stellt grundsätzlich bautechnisch Anforderungen an den Bodenschutz (z.B. getrennte Lagerung verschiedener Bodenhorizonte, Baubeschränkungen aufgrund der Bodenbeschaffenheit (zu hohe Bodenfeuchte)), ggf. Wasserhaltungsmaßnahmen, Erhaltung evtl. vorhandener Drainagesystemen sowie offene Kreuzung von Infrastrukturelementen. Begrenzt wird die Länge des jeweiligen Verlegeabschnittes zwischen den Muffengruben durch die Lieferlänge der Kabel. Für die Herstellung der Muffenbaugruben sind keine besonderen bautechnischen Maßnahmen bzw. Platzbedürfnisse zu erwarten.

Die offene Grabenverlegung erfolgt gemäß Handbuch Bauen und Errichten der Tennet TSO GmbH. Bei der offenen Grabenverlegung werden die 12 Kabel in horizontaler Anordnung nebeneinander verlegt. Dabei wird jedes Kabel in eine eigenes Schutzrohr eingezogen. Die Verlegetiefe beträgt im Regelfall 1,6 m. Dabei müssen die Kabel innerhalb eines Kabelsystems in einem Achsabstand von 0,6 m angeordnet werden und der Kabelsystemabstand beträgt 1,9 m (Achse zu Achse der jeweils inneren Kabel). Der Abstand zwischen den beiden Stromkreisen muss so ausgebildet sein, dass zwischen

den Stromkreisen eine ausreichend dimensionierte und geeignete Baustraße errichtet werden kann.

5.2.2 Grundlegendes

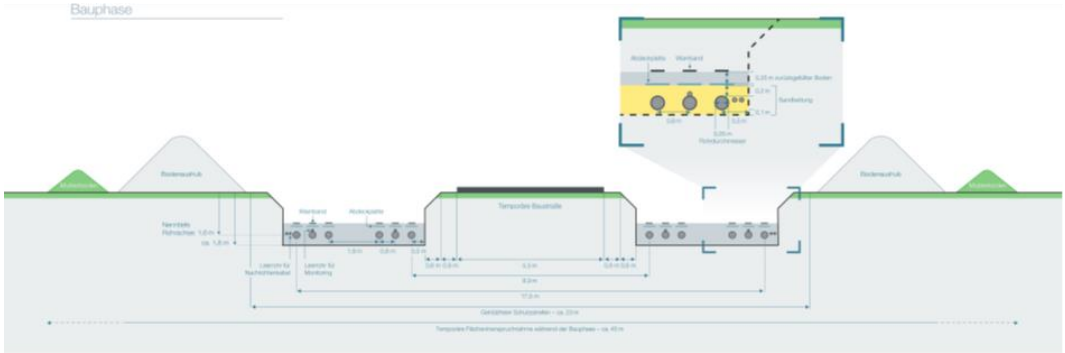
Je nach Standfestigkeit des anstehenden Bodens, hat die TenneT drei Trassenprofile vorgegeben, die in den Abbildungen 2 bis 4 dargestellt sind. Alle drei Profile haben jedoch gemein, dass der Arbeitsstreifen in der Bauphase ca. 45 m beträgt und dieser Wert den minimalen Platzbedarf für die weiteren Betrachtungen in diesem Dokument festlegt.

Das Trassenprofil mit minimierter Trassenbreite hat einen Abstand der innenliegenden Kabel beider Stromkreise von 8,9 m, dieser Abstand der innenliegenden Kabel beider Stromkreise ist auch bei projektspezifischer Anpassung eines anderen Trassenprofiles einzuhalten.

Üblicherweise kann dieses Trassenprofil bei fest bindigen Böden bzw. bei Felsböden (ohne Verwitterung und Klüftung) der Bodenklasse 6 und 7 eingesetzt werden.

Abbildung 2

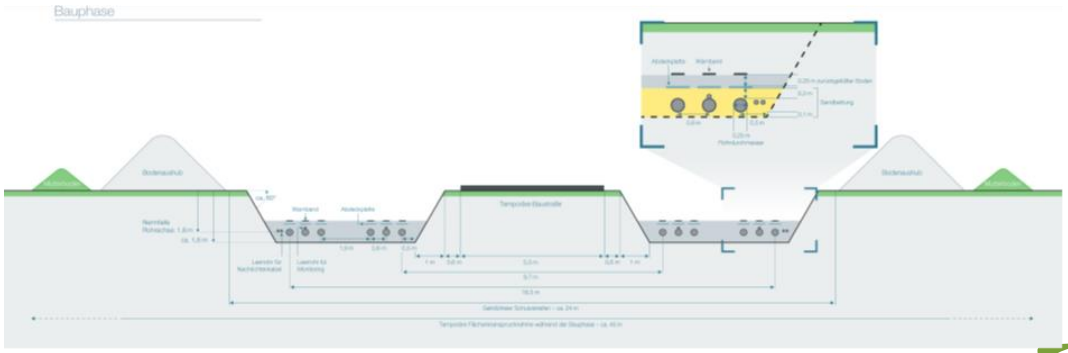
Trassenprofil mit minimierter Trassenbreite (Quelle: TenneT Handbuch Bauen und Errichten



Das Trassenprofil mit einer Böschung von 60° kann bei steifen und/oder halbfesten Böden wie z.B. Mergel, Lehm, fester Ton der Bodenklasse 5 eingesetzt werden.

Abbildung 3

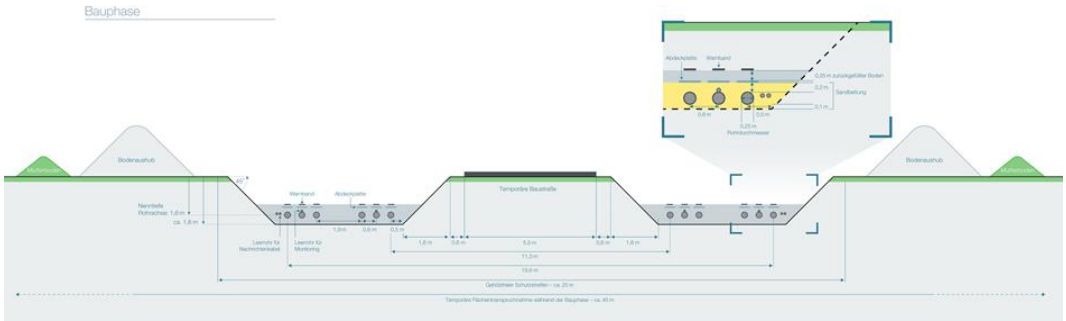
Trassenprofil mit Böschung von 60° (Quelle: TenneT Handbuch Bauen und Errichten



Das Trassenprofil mit einer Böschung von 45° kann bei nicht bindigen bzw. weich bindigen Böden wie z.B. Mutterboden, Sand und Kies der Bodenklasse 3 sowie 4 eingesetzt werden.

Abbildung 4

Trassenprofil mit Böschung von 45° (Quelle: TenneT Handbuch Bauen und Errichten



5.2.3 Risiken

Folgende Risiken des Bauverfahrens sollen in der anschließenden Gegenüberstellung berücksichtigt werden.

<u>Allgemeine Verfahrenstechnische Risiken</u>

- stark wasserführende Böden / weiche Böden (z.B. Torf)
- Kreuzung von Fremdleitungen / Fremdanlagen / Gewässern in offener Bauweise

<u>Spezifische Risiken aus dem Einsatz zur Kabelverlegung</u>

- Nicht gewünschte Wechselwirkungen, wenn Kabel an einer Engstelle eng zusammenverlegt werden müssten, da jedoch dies bezüglich der getroffenen Festlegungen dies ausgeschlossen wird, sind hier keine Risiken zu erwarten.

5.2.4 Zusammenfassung grundsätzliche Festlegungen und Aspekte zur offenen Bauweise

Der benötigte Trassenbreite für den Bau beträgt minimal 45 m. Dies ist entsprechend der örtlichen Gegebenheiten bezogen auf Fremdleitungen in Parallellage oder Engstellen an Bereichen, die aus naturschutzrechtlichen Aspekten nicht offen gekreuzt werden dürfen, zu prüfen.

Des Weiteren sind Hindernisse (Fremdleitungen und Fremdanlagen) auf die Möglichkeit einer offenen Querung zu prüfen.

In Bereichen mit stark wasserführenden Bodenschichten wäre der Aufwand einer Wasserhaltung etc. abzuschätzen und in den Vergleich gegenüber alternativen Bauverfahren miteinzubeziehen.

5.3 Horizontalspülbohrverfahren (HDD)

5.3.1 Bauverfahrensbeschreibung

Bei der als Horizontal-Directional-Drilling (HDD) bezeichneten steuerbaren Horizontalbohrtechnik wird von einem übertägig aufgestellten Bohrgerät ein Bohrkopf entlang einer vorgegebenen untertägig befindlichen Trasse ohne größere Baugruben vorangetrieben.

Dabei erfolgt die Übertragung der übertägig erzeugten Andruckkraft sowie des erforderlichen Drehmomentes über das Bohrgestänge. Die jeweilige Position des Bohrkopfes wird dem Bauprojekt angepasst geortet. Die Ortungsdaten werden zum Steuerstand geleitet.

Die Position des Bohrkopfes wird je nach Erfordernis entweder durch Aussenden eines Signals, das über das Erdreich von oberirdisch tragbaren Empfangsgeräten aufgenommen oder durch Herstellung eines künstlichen Magnetfeldes, an dem sich der durch ein im Bohrgestänge befindliches Kabel mit dem Steuerpult verbundene Bohrkopf orientieren kann, festgestellt. In der Nähe befindliche Fremdfelder (z.B. elektromagnetische Felder vorhandener Kabel oder Stahlrohre) können die Genauigkeit beeinflussen, was unter diesen Umständen besonders zu beachten ist.

Zum Beispiel ist eine parallel zur Bohrung verlaufende Gasleitung in der Verlaufssteuerung der Bohrung besonders zu berücksichtigen.

Der Boden wird bei der HDD-Technik zum geringen Teil verdrängt und zum größten Teil von der durch Düsen am Bohrkopf austretenden Bohrspülung gelöst und durch den Spülungsfluss nach Übertage transportiert.

Durch die leistungsfähige, aus der Tiefbohrtechnik übertragene Gerätetechnik ist diese Methode praktisch für alle Tiefenbereiche geeignet. Mit der steuerbaren Horizontalbohrtechnik werden heute Bohrungslängen bis 1.800 m und Bohrungsdurchmesser bis 1.700 mm erreicht.

Das Spülbohrverfahren (HDD) erfolgt wie in Abbildung 5 dargestellt in drei wesentlichen Arbeitsschritten:

- Herstellen der Pilotbohrung
- Aufweiten der Pilotbohrung
- Einziehen des Rohres- oder Rohrbündels

Abhängig von der erforderlichen Tiefe der zu verlegenden Leitung, dem mit dem Bohrgerät realisierbaren Eintrittswinkel und dem zulässigen elastischen Biegeradius ergibt sich ein notwendiger Minimalabstand zwischen Anfangs- und Endpunkt der Bohrung. Dieser ist unter Umständen erheblich größer als für die Kreuzung des Hindernisses erforderlich.

Die eingesetzten Bohrgeräte sind in der Regel selbstfahrend und können in einer den zu erwartenden Schub- und Zugkräften entsprechenden Größe ausgewählt werden.

Unerwartete Hindernisse im Baugrund können in gewissem Ausmaß „umfahren“ werden, teilweise haben sie jedoch eine Aufgabe der Bohrung bzw. einen Neuansatz zur Folge.

Grobkiesiger Baugrund oder vereinzelte Felshorizonte und Findlinge schränken die technische Realisierbarkeit dieses Verfahrens entscheidend ein. Grobkiesiger Boden bringt Probleme bezüglich Spülungsverlust und Standfähigkeit des Bohrloches mit sich.

Pilotbohrung

Unter der Pilotbohrung ist die Herstellung eines Hohlraumes (Bohrloch) im Erdreich zu verstehen, die in der vorgegebenen Linienführung (Bohrdesign) eine Verbindung von der Startbaugrube zur Zielbaugrube herstellt.

Zu Beginn der Pilotbohrung wird ein am vorderen Ende des Bohrstranges angebrachtes Bohrwerkzeug von der Bohranlage in dem vorher festgelegten Eintrittswinkel ins Erdreich gedrückt.

Dabei erfolgt die Übertragung der übertägig erzeugten Andruckkraft sowie des erforderlichen Drehmomentes über das Bohrgestänge.

Durch das Bohrgestänge wird bei der Pilotbohrung die üblicherweise aus einer Wasser-Bentonit-Suspension bestehende Bohrspülung zu dem sich am vorderen Ende des Bohrstranges befindlichen Bohrwerkzeug gepumpt und tritt dort unter hohem Druck aus. Dabei wird der anstehende Boden hydraulisch gelöst. Die Bohrspülung fließt in dem Ringraum zwischen Bohrgestänge und Bohrlochwand nach Übertage zurück und transportiert hierbei gleichzeitig das gelöste Bohrklein aus dem Bohrloch hinaus. Daneben bewirkt die Bohrflüssigkeit eine hydraulische Stützung des Bohrloches.

Die momentane Position der hinter dem Bohrwerkzeug befindlichen Messsonde wird über ein im Inneren des Stranges verlaufendes Kabel in den Steuerstand übertragen und dort ausgewertet.

Die eingesetzte Stützflüssigkeit wird im Normalfall ohne chemische Additive aufbereitet und ist als nicht umweltgefährdend einzustufen.

Bei langen Bohrungen kann es erforderlich werden den Pilotbohrstrang durch ein sogenanntes Überwaschgestänge zu stabilisieren. Hierbei handelt es sich um eine zusätzliche Rohrtour, die drehend über den Pilotbohrstrang geschoben wird und diesen dadurch entlastet und stabilisiert.

Das Herstellen der Bohrung ist unter bestimmten Voraussetzungen auch in felsigem Untergrund möglich. Hierzu sind, je nach Härte des Materials, spezielle Bohrwerkzeuge (Rollenmeißel), ggf. auch der Einsatz eines Vorort-Antriebes (Mud-Motor) nötig.

Aufweitbohrung

Unter Aufweitbohrungen versteht man das Erweitern des Bohrloches auf einen Durchmesser, der das schadlose Einziehen der vorgesehenen Rohre oder Rohrbündel ermöglicht.

Nachdem die gesteuerte Pilotbohrung wie beschrieben am Zielpunkt wieder zutage getreten ist, werden der Bohrmeißel und die Messsonde entfernt und ein sogenannter Räumer vorgebaut. Hierbei handelt es sich um ein Bohrwerkzeug zum Aufweiten des Bohrkanals auf einen größeren Durchmesser. Der Räumer wird drehend und spülend an dem Bohrgestänge durch die Pilotbohrung gezogen.

Dieser Vorgang wird so oft wiederholt, bis das Bohrloch den vorgesehenen Enddurchmesser erreicht hat.

Dieser liegt im Normalfall etwa bei dem 1,25-fachen des Durchmessers der einzuziehenden Rohrleitung. Nur bei ausreichend großem Durchmesser kann eine Rohrleitung ohne Komplikationen in den offenen Bohrkanal eingezogen werden.

Schon zu Beginn des Aufweitvorganges wird der Bohrkanal vollständig und kontinuierlich durch die eingepumpte Bohrflüssigkeit ausgefüllt und hierbei hydraulisch gestützt. Die hydraulische Stützung verhindert das Zusammenfallen des Bohrkanals. Hierin besteht ein wesentlicher Unterschied zum Rohrvortrieb bzw. zum Pressbohren.

Bei der im HDD-Verfahren eingesetzten Bohr- oder auch Stützflüssigkeit handelt es sich um eine für die Umwelt unschädliche Bentonit-Wasser-Suspension ohne chemische Zusätze.

Einziehvorgang

Als letzter Arbeitsschritt bei der Durchführung einer steuerbaren Horizontalbohrung wird das vorbereitete Rohr in das fertig aufgeweitete Bohrloch eingezogen. Verfahrensbedingt muss dafür im Normalfall das zu verlegende Rohr in gesamter Länge in direkter Verlängerung der Bohrung hinter dem Austrittspunkt vormontiert werden.

Die einzuziehende Rohrleitung oder das Rohrbündel wird auf einer Ablaufbahn ausgelegt und für den Einzug fertig montiert. Beim Einzug wird die Rohrleitung vom Bohrrig in das mit Stützflüssigkeit aufgehaltene Bohrloch eingezogen, wobei die verdrängte Bohrflüssigkeit an der Ziel- und/oder der Startseite austritt und von dort sofort schadlos entsorgt wird.

Die in dem Ringspalt zwischen Rohr und Erdreich verbleibende Stützflüssigkeit verfestigt sich aufgrund der thixotropen Eigenschaften der Spülung und kann bei Bedarf z.B. unter Deichen mit einer sich noch weiter verfestigenden Suspension (z.B. Schmalwandflüssigkeit) ausgetauscht werden.

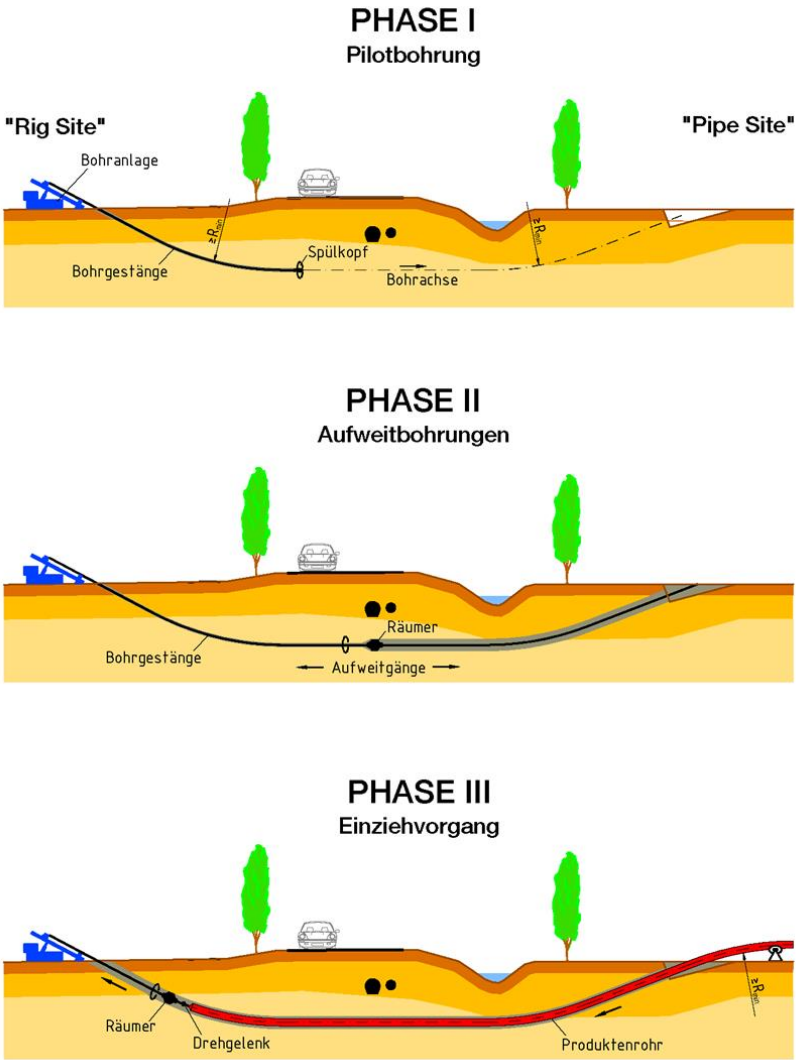
Der Radius der bogenförmigen Unterfahrung im HDD-Verfahren ist bei Rohren größerer Nennweite durch deren elastischen Biegeradius unter Berücksichtigung der beim Einzug zu erwartenden Zugkräfte begrenzt. Bei Medienrohren aus flexiblen Materialien wie z.B. PE oder bei Kabeln, wird der zu fahrende Radius durch den Biegeradius des Bohrgestänges begrenzt.

Die Bohrspülung (Bentonit-Wasser-Suspension) hat die Aufgabe, den Boden hydraulisch im Bohrloch abzubauen, das Bohrklein nach Übertage zu fördern, sowie das Bohrloch hydraulisch zu stützen. Dafür wird in Abhängigkeit vom Bohrlochdurchmesser und der Länge der Bohrung eine bestimmte Spülungsmenge benötigt, die unter Druck am Abbauwerkzeug austritt und durch ihre kinetische Energie den Boden löst und nach Übertage austrägt. Die an Start- und/oder Zielpunkt austretende benutzte, mit Bohrklein befrachtete Spülung wird aufbereitetet und im Kreislaufprinzip der Bohranlage wieder zugeführt.

Um die Stützung des Bohrlochs und den Abtransport des Bohrkleins (abgebauter Boden) zu jedem Zeitpunkt zu gewährleisten, wird ein Spülungskreislauf benötigt. Hierfür muss eine Rückführungsleitung von der Pipesite zur Rigsite installiert werden. In der Regel wird eine separate Bohrung für die Rückführungsleitung hergestellt. Die Bohrflüssigkeit wird aus der Baugrubenumfassung auf der Pipesite zur Separationsanlage auf der Rigsite gefördert. Diese Leitung kann bei Bedarf später als Kabelschutzrohr genutzt werden.

Abbildung 5

Systemskizze gesteuerte Horizontalbohrung (HDD) (Quelle: de la Motte & Partner GmbH)



Bei der Durchführung von HDD-Maßnahmen müssen manchmal auch Strecken durchfahren werden, in denen der Baugrund als nicht geeignet für das HDD-Verfahren erscheint.

Solche nicht geeigneten Strecken sind sehr häufig die Ein- und Ausfahrbereiche von OK Gelände bis in tiefere, für das HDD geeignete Schichten und das Aufsteigen von diesen wieder bis OK Gelände.

Um entsprechende Schichten durchfahren zu können, bieten sich je nach Örtlichkeit unterschiedliche Möglichkeiten an. Dies sind:

- Durchführung von Bodenaustauschmaßnahmen
- Verfestigung des Baugrundes
- Einbringen von Casing-Rohren

Durch diese Maßnahmen kann erreicht werden, dass allgemein als nicht geeignet zu beurteilende Bodenformationen trotzdem mit dem HDD-Verfahren durchfahren werden können.

Vorteilhafte Grundmerkmale

- Wegen der großen Verlegetiefe und des ungestörten Deckgebirges ist in der Regel keine Ballastierung der verlegten Leitung zur Sicherung gegen Auftrieb erforderlich.
- Eine relativ präzise Steuerung des Bohrungsverlaufes ist möglich.
- Es sind Bohrlochdurchmesser bis ca. 1700 mm und Bohrlängen mit einem Bohrrig bis zu 1.800 m möglich. Jedoch nicht gleichzeitig.
- Das Verfahren bewirkt nur einen minimalen Eingriff in Natur und Umwelt.
- Vorhandener Bewuchs (Bäume) auf der Trasse wird planmäßig nicht beeinträchtigt.
- Ein Aufbruch der Gewässersohle bzw. der Geländeoberfläche muss planmäßig nicht erfolgen.
- Es erfolgt keine Beeinträchtigung der Verkehrswege im Trassenbereich.
- Es erfolgen nur geringe Erdbewegungen Übertage.
- Geringer Zeitaufwand für das Einrichten der Baustelle und die Durchführung der Bohrung, dadurch erfolgt eine schnelle Abwicklung der Arbeiten.
- Es ist bei geeigneten Baugrundverhältnissen kein Einsatz eines Mantelrohres erforderlich, da das Erdreich (Deckgebirge) durch Bohr- bzw. Stützflüssigkeit hydraulisch gestützt wird.

Unvorteilhafte Grundmerkmale

- Eine vollständige Auslegung des zu verlegenden Rohrstranges für das Verfahren ist wünschenswert. Verzögerungen während des Einziehens durch die Verbindung von mehreren Einzelrohrsträngen sind zu vermeiden.
- Ein späterer Zugang zu den verlegten Leitungen ist nur mit einem unverhältnismäßig hohem Aufwand möglich.
- Das Nachrüsten von Leitungen ist nur durch eine weitere, separate Bohrung möglich.
- Das zusätzliche Mitverlegen von Kabelschutzrohren kann problematisch sein.
- Hindernisse im Baugrund können zur Aufgabe der Bohrung führen.
- Ein Einbruch des Bohrloches bei mangelnder Eigenstandfähigkeit des Deckgebirges kann die Aufgabe der Unterfahrung zur Folge haben.
- Das HDD-Verfahren birgt bezüglich des Baugrundes von Pilotbohrung bis zum vollendeten Rohreinzug ein gewisses Baudurchführungsrisiko.
- Zusätzliche Bohrung für eine Rückführungsleitung kann das Ausführungsrisiko erhöhen sowie die Bauzeit verlängern und damit die Ausführung verzögern.

5.3.2 Grundlegendes

Die Installation aller zwölf Kabel erfolgt in separaten Schutzrohren für welche nacheinander zwölf getrennte Bohrungen hergestellt werden. Die Anordnung der Kabel hat aufgrund thermischer und elektromagnetischer Effekte nebeneinander und auf gleicher Tiefe zu erfolgen.

Die Abstände der Einzelkabel variieren aufgrund oben genannter Effekte mit der Tiefe der Bohrung, so dass die Trassenbreite zwischen ca. 25 – 30 m an den Ein- und Austrittspunkten und min. 90 m bei einer Tiefe von ca. 10 m betragen.

In Abhängigkeit der Ein- und Austrittswinkel ist eine Länge von ca. 90 m für Ein- bzw. Ausfahrstrecken erforderlich, bis die nominelle Tiefenlage des horizontalen Bohrabschnitts erreicht wird.

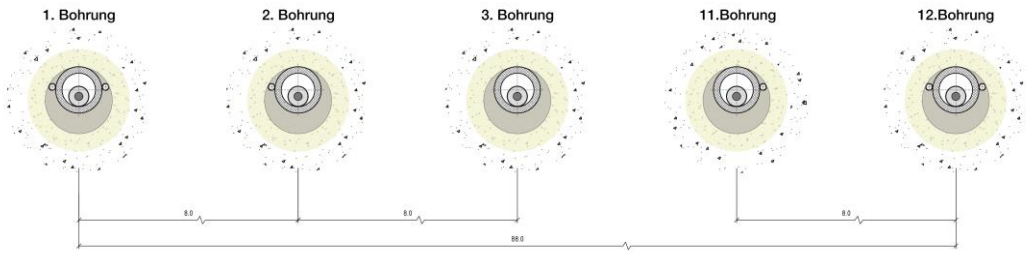
Verfahrensbedingt ist mit zunehmender Länge von Horizontalbohrungen auch eine größere Tiefenlage erforderlich, um einen Spülungsrücktransport vor allem bei der Pilotbohrung zu gewährleisten. Mit zunehmender Bohrungslänge muss der hydraulische Druck im Bohrloch erhöht werden, um die Bohrspülung fördern zu können. Bei einer unzureichenden Überdeckung kann dies zu Spülungsverlusten führen.

Bei einer späteren Bewertung der Trassenvarianten und Bauverfahren sind folgende Richtwerte zu berücksichtigen:

Bohrungslänge L	min. Tiefenlage
L < 500 m	10 m
500 m < L < 750 m	10 – 15 m
750 m < L < 1000 m	15 – 20 m

Aus thermischen Gründen werden Bohrungen in der Tiefe >15 m und somit >750 m Längen ausgeschlossen.

Mögliche Anordnung (Trassenbreite ca. 90 m) beim HDD Verfahren (Abstand der Bohrungen ca. 8 m)



5.3.3 Risiken

Folgende Risiken des Bauverfahrens sollen in der anschließenden Gegenüberstellung berücksichtigt werden.

<u>Allgemeine Verfahrenstechnische Risiken</u>

- Abweichungen von der Soll-Bohrlinie durch geologische Einflüsse oder Hindernisse
- Abweichungen durch gegenseitige Beeinflussung der Bohrungen
- Spülungsverluste durch geologische Störungen oder Minderdeckung
- Bohrlochinstabilität durch Geologie und/oder Spülungszusammensetzung
- Gerätefehler, Gestängebruch

<u>Spezifische Risiken aus dem Einsatz zur Kabelverlegung</u>

- Unzureichende Lagegenauigkeit der Bohrungen (Hot-spots durch Annährung)
- Asymmetrie der Kabelanordnung durch Aufgabe einer Einzelbohrung

Eine Quantifizierung dieser Risiken kann nur anhand grober Abschätzungen erfolgen, da keine umfassenden statistischen Angaben in der Bohrindustrie vorliegen. Hierbei ist aber zu berücksichtigen, dass die allgemein anerkannten Risiken des Verfahrens, durch die große Anzahl an Parallelbohrungen, den Einsatz der HDD-Technik zur Verlegung von Kabel verschärft werden.

Insbesondere Lageungenauigkeiten, welche sich aus der Steuerung der großen Zahl einzelner Bohrungen ergeben, können ggf. zu einer Annährung einzelner Bohrungen führen.

Um das Risiko des Verfahrens in der dargestellten Form abschätzen zu können darf angenommen werden, dass bei etwa 3 bis 5 von hundert Horizontalbohrmaßnahmen Störungen der oben geschilderten Art auftreten. Diese Einschränkungen werden üblicherweise als akzeptabel angesehen, da die überwiegende Mehrheit der Maßnahmen für nur ein Rohr/Kabel ausgeführt wird und zumeist die Möglichkeit einer zweiten (Ersatz-)Bohrung besteht.

Bei diesem Projekt müssten 12 Bohrungen für die Stromkabel und weitere 2 Bohrungen für die Begleitkabel pro Verlegeabschnitt durchgeführt werden. Für die Bewertung wird davon ausgegangen, dass alle Bohrungen korrekt ausgeführt werden können, die Bewertung des Risikos wird dadurch jedoch für dieses Verfahren als negativer betrachtet, z.B. im Vergleich mit der offenen Bauweise.

5.3.4 Zusammenfassung grundsätzliche Festlegungen und Aspekte zum HDD-Verfahren

Für das HDD Verfahren ist mit einer mindest Trassenbreite zwischen ca. 25 – 30 m an den Ein- und Austrittspunkten und min. 90 m bei einer Tiefe von ca. 10 m zu rechnen.

In Abhängigkeit der Ein- und Austrittswinkel ist eine Länge von ca. 90 m für Ein- bzw. Ausfahrstrecken erforderlich, bis die nominelle Tiefenlage des horizontalen Bohrabschnitts erreicht wird.

Eine Unterquerung von Gebäuden ist zu vermeiden.

Aus thermischen Gründen werden Bohrungen in der Tiefe >15 m ausgeschlossen. Dies bedeutet Verlageabschnittslängen von maximal 750 m. Verfahrenstechnisch sind Verlegeabschnitte von ca. < 200 m nicht möglich.

Eine geeignete Geologie zur sicheren Ausführung des HDD-Verfahrens ist aufgrund der hydraulischen Bohrlochstützung notwendig. Hindernisse, wie z.B. große Steine (Findlinge) können zur Aufgabe einer Bohrung führen.

5.4 Rohrvortriebe (Pipe Jacking und Segmental Lining)

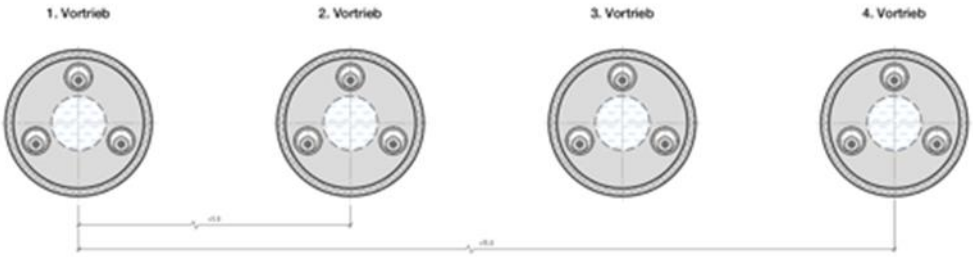
5.4.1 Allgemeines

Das Rohrvortriebsverfahren kann als mögliche Alternative zum HDD-Verfahren eingesetzt werden, sofern mehrere Einzelkabel in einem Schutzrohr angeordnet werden können. Dabei ist zu berücksichtigen, dass derzeit keine etablierten Konzepte für diesen Lösungsansatz existieren und nur wenige Referenzvorhaben existieren.

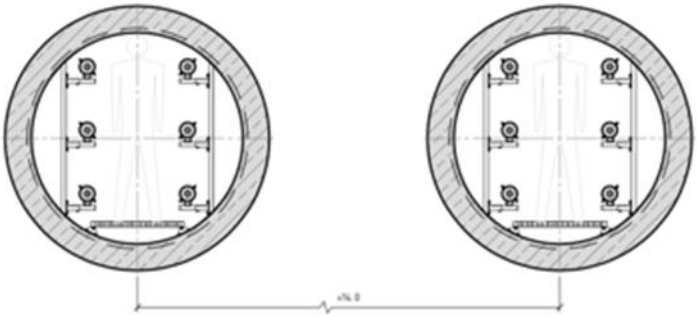
Gleichwohl ist das Rohrvortriebsverfahren ein erprobter Standard, das in der Betrachtung miteinbezogen werden sollte.

Ausgehend von einem Mindestabstand der einzelnen Kabel bzw. Schutzrohre von 600 mm, sind folgenden Ausführungsvarianten entworfen worden:

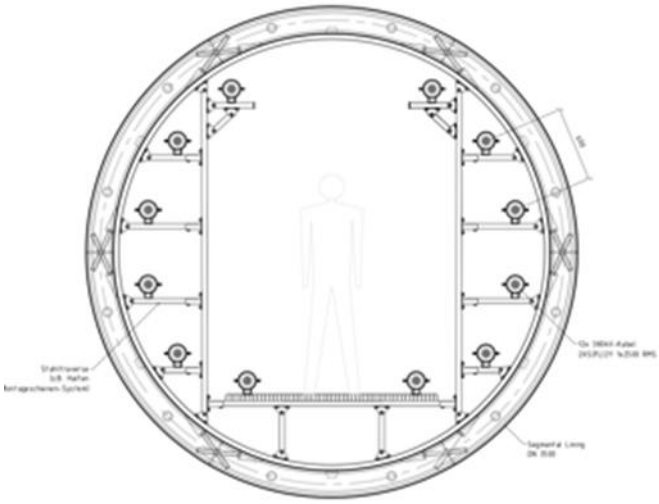
1. Anordnung von jeweils einem System im Querschnitt DN1200 (insgesamt 4 Vortriebe im Pipe Jacking Verfahren)



2. Anordnung von jeweils sechs Kabel (einem Stromkreis) in getrennten zwei Querschnitten DN2000 (Pipe Jacking Verfahren)



3. Anordnung aller 12 Kabel (beide Stromkreise) in einem gemeinsamen Querschnitt DN3500 (Segmantal Lining)



5.4.2 Vier Rohrvortriebe im Querschnitt DN1200 mit je einem System

5.4.2.1 Bauverfahrensbeschreibung

Das Pipe Jacking ist aus den bergmännischen Bauweisen zur Herstellung von Tunneln und Stollen entstanden. Während bei der bergmännischen Herstellung von Tunneln der entstehende Ausbruchraum verbaut werden muss, wird beim Pipe Jacking ein Rohr in den Untergrund getrieben und gleichzeitig das verdrängte Bodenmaterial abgebaut und abgefördert. Das Rohr übernimmt dabei auch die Stützung des Deckgebirges.

Unterschieden wird prinzipiell zwischen dem Vortrieb von Mantelrohren und dem Vortrieb von Produktrohren. Ein Mantelrohr ist als zusätzliche äußere Verrohrung zu verstehen, die vorrangig dazu dient die Vortriebsbelastungen von den Produktrohren fernzuhalten und den unterirdisch hergestellten Querschnitt für weitere Arbeiten offen zu halten. Die Produktrohre sind die eigentlichen Transportmittel für die weiterzuleitenden Medien (Gas, Wasser usw.).

Der Vortrieb von Mantelrohren bietet für die Baudurchführung eine Reihe von Vorteilen, insbesondere wenn Stahlbetonrohre als Mantelrohre verwendet werden. Stahlbetonrohre können große Kräfte übertragen, bieten durch ihre Baulänge die Möglichkeit, die Startbaugrube kompakt zu halten und ermöglichen es, verhältnismäßig kleine Radien (unter Berücksichtigung des elastischen Biegeradius der Produktrohre) der Vortriebsgradiente zu realisieren.

Das Pipe Jacking Verfahren erfordert in der Standardausführung die Erstellung von zwei verbauten Baugruben (Start- und Zielbaugrube). Ihre Größe ist abhängig vom Durchmesser der Vortriebsrohre, vom Platzbedarf für die Vortriebseinrichtung, von der Länge der einzubauenden Produktrohre und von der erforderlichen Tiefenlage der Rohrleitung.

Die Rückwand der der Start- oder Pressgrube muss so dimensioniert werden, dass sie die zu erwartenden Vorpresskräfte aufnehmen und ableiten kann.

Die Ziel- oder Bergegrube muss nur den Ausbau der Vortriebsmaschine und den Anschluss an die weiterführende Leitung ermöglichen, sie kann deshalb meist im Gegensatz zu der Startbaugrube klein gehalten werden. Im Normalfall erfolgt der unterirdische Vortrieb von Produkt- oder Mantelrohren geradlinig zwischen Start- und Zielschacht. Eine geringe Neigung ist dabei ohne weiteres ausführbar.

In Sonderfällen ist auch das Auffahren einer gekrümmten Gradiente möglich. Der hierbei realisierbare Radius wird durch die zulässigen Abwinklungen bzw. die zulässigen elastischen Biegeradien der Mantel- oder Produktrohre bestimmt.

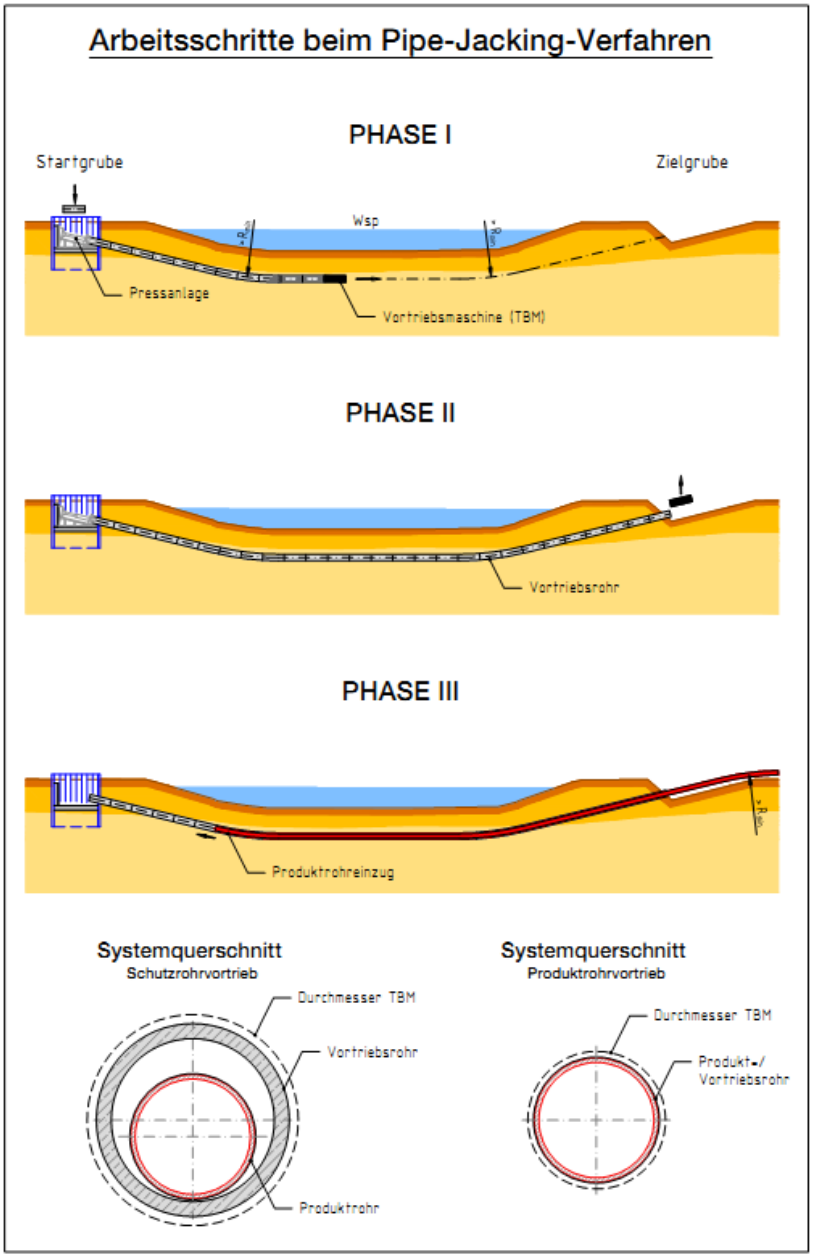
Das gesteuerte Pipe Jacking entlang einer vorberechneten Kurve stellt jedoch sehr hohe Anforderungen an das ausführende Unternehmen, hat allerdings den Vorteil, dass erhebliche Einsparungen bei der Erstellung der Baugruben (geringere Tiefe) möglich sind.

In den folgenden Skizzen sind verschiedene Ausführungsformen des unterirdischen Rohrvortriebs zwischen zwei Punkten dargestellt.

Abbildung 6

Mögliche Ausführungsarten im gesteuerten Vortrieb

(Quelle: de la Motte & Partner GmbH)



DE LA MOTTE & PARTNER GMBH
Consulting Engineers

Vor der Durchführung des eigentlichen Einpressens der zu verlegenden Rohrleitung wird die Vortriebsmaschine oder ein entsprechendes Arbeitsrohr mittels hydraulischer Pressen in den Untergrund gepresst, bevor das erste Rohrteilstück folgen kann. In dem eingepressten Arbeitsrohr erfolgen die Arbeiten zum Bodenabbau entweder manuell oder maschinell.

Von der vorbereiteten Startbaugrube (Pressgrube) aus wird das Mantel- oder Produktrohr in vorher festgelegten Teillängen mittels hydraulischer Pressen in den Untergrund gedrückt.

Bei Stahlrohren erfolgt die Verbindung der Teilrohrtücke üblicherweise durch Schweißung, während bei Rohren aus anderen Materialien die Verbindung miteinander durch Muffung im Zuge des Vortriebes erfolgt.

Mit dem Voranpressen des Rohres erfolgen gleichzeitig der Abbau- und die Abförderung des Bodens. Dabei ist der im Untergrund hergestellte Abbauquerschnitt verfahrens-technisch immer geringfügig größer (Durchmesser des Abbauwerkzeuges bzw. der Vortriebsmaschine) als der Außendurchmesser der eingepressten Rohre. Es entsteht zwischen Rohraußenwand und Deckgebirge ein kleiner Überschnitt, der so genannte Ringspalt.

Ist der erste Rohrschuss vollständig in den Untergrund gepresst, wird ein zweiter Rohrschuss dahinter gesetzt und nachgeschoben. Der Bodenabbau und die Bodenförderung erfolgen wiederum an der Ortsbrust.

Der Vorgang des Nachschiebens von weiteren Teilrohrstücken wird so oft wiederholt, wie es die Kraft der Vortriebspressen erlaubt und die Presskraft groß genug ist, um die beim Vortrieb auftretenden Widerstände zu überwinden. Die zulässige Höhe der Presskraft wird zumeist nicht durch die Leistungsfähigkeit der Pressen, sondern durch die Belastbarkeit der Rohre begrenzt. Ihre Fähigkeit zur Aufnahme und Übertragung von Kräften ist abhängig vom gewählten Rohrmaterial.

Ist die zu unterpressende Strecke länger als die Strecke, die durch die maximal aufzu-bringenden Presskräfte aus der Startbaugrube überwunden werden könnte, müssen Zwischenpressstationen vorgesehen werden, die den Vortrieb in Teilabschnitten ermöglichen.

Die zum Vorantreiben der Rohre nötigen Vorpresskräfte können durch das ständige Einpressen von Bentonit-Wasser-Suspension in den Ringspalt zwischen Rohrwand und Gebirge durch Herabsetzen der Rohrmantelreibung verringert werden. Gleichzeitig stellt das Einpressen der Bentonit-Wasser-Suspension einen Schutz der Umhüllung bei Produktrohren dar.

Der Bodenabbau an der mechanisch oder hydraulisch gestützten Ortsbrust erfolgt gewöhnlich durch eine Schürfscheibe, ein mit Hartmetallwerkzeugen besetztes Schneidrad oder einen Bohrkopf.

Die Abförderung des gelösten Bodens erfolgt je nach Abbauquerschnitt und Verfahren hydraulisch oder mit Hilfe einer Förderschnecke. Bei hydraulischer Bodenförderung ist im Normalfall Wasser das Trägermedium.

Steine können bis zu einer bestimmten Größe geräumt bzw. überfahren oder mit einer Brecheranlage zerkleinert werden, Stahl- oder Stahlbetonhindernisse sowie große Findlinge müssen in der Regel händisch unter Druckluft beziehungsweise von Übertage beseitigt werden.

Um Setzungen oder Hebungen an der Geländeoberfläche zu vermeiden muss das Zusammenspiel zwischen Vortriebsgeschwindigkeit und Bodenabbau an der Ortsbrust auf den Baugrund abgestimmt werden und kontrolliert erfolgen.

Die Pipe Jacking (Microtunneling) -Verfahren sind steuerbar und grundwassertauglich.

Als geeignete Böden zur Anwendung des Pipe Jacking Verfahrens gelten Sande, Kiese und auch massiver Fels. Problematisch können dicht gelagerte Schichten aus Granitblockwerk o.ä. sein, da diese Blöcke, einmal aufgelockert, dem in diesem Fall einzusetzenden Felsbohrkopf nicht genügend Widerstand entgegensetzen und dadurch auch schwer zerkleinert werden können.

Ebenfalls ungeeignet sind Moore oder andere sehr weiche Böden, da sie die Steuerfähigkeit stark beeinträchtigen und dem Eigengewicht der Maschine nicht genügend Widerstand entgegensetzen. Im Abbau sehr schwer zu beherrschen sind stark fließgefährdete Sande.

Da die Abbauwerkzeuge speziell an bestimmte Bodenarten angepasst werden, ist ein homogener Baugrund innerhalb der gewählten Trasse von Vorteil.

Ist innerhalb der Trasse ein homogener Baugrund nicht gegeben, so ist der Austausch von Abbauwerkzeugen grundsätzlich unter Druckluft bei Auffahrdurchmessern ab 1.800 mm möglich. Ein solcher Austausch des Abbauwerkzeuges erfordert aber einen hohen Gerätebedarf und gesonderte Sicherheitseinrichtungen, die für viele Unterquerungen nicht wirtschaftlich sind.

Abbildung 7

Links:
Montage einer Vortriebsmaschine DN 1600 für lockere Böden

Rechts oben:
Vortriebspressen Jacking-Zylinder

Rechts unten:
Startbaugrube mit Pressenvorrichtung

(Quelle: de la Motte & Partner GmbH)

Vorteilhafte Grundmerkmale

- das Nachrüsten von Leitungen ist bei unverfüllten Mantelrohren und ausreichend Platz möglich.
- bei längeren Vortriebstrecken können Zwischenpressstationen vorgesehen werden.
- das Verfahren bewirkt nur einen minimalen Eingriff im Bereich der Start- und Zielbaugruben in Natur und Umwelt.
- ein Aufbruch der Gewässersohle bzw. der Geländeoberfläche muss nicht erfolgen.
- es erfolgt keine Beeinträchtigung der Verkehrswege im Trassenbereich.
- im Trassenbereich vorhandene Bebauung kann u.U. mit unterfahren werden.
- es erfolgen keine Erdbewegungen Übertage außer im Bereich der Baugruben.
- es können alle Rohrmaterialien aus formstabilen Materialien als Vortriebsrohr verwendet werden, wenn die Maschinentechnik darauf abgestimmt ist.
- es können im Rahmen der Zulässigkeit der Muffenabwicklungen oder des elastischen Biegeradius gekrümmte Vortriebe vorgenommen werden.
- es sind alle Bodenarten außer nichttragfähigen Böden und rollende Felsblöcke bearbeitbar.
- da sich ständig während des Auffahrens ein Rohr im Bohrloch befindet, ist ein kompletter Bohrlocheinsturz mit Tagbruch nicht möglich.
- der Bohrkopf bzw. das Schneidrad der Vortriebsmaschine können für alle geologischen Bedingungen mit geeigneten Werkzeugen bestückt werden.
- in der Bohrtrasse angetroffene Steine können zerkleinert und durch die Förderleitung, welche innerhalb der Rohrleitung liegen abtransportiert werden. Im Gegensatz zum HDD sind hierdurch Ablagerungen im Bohrloch nicht möglich.
- durch den erprobten Steuermechanismus können sehr große Kurvenradien zentimetergenau aufgefahren werden, wodurch unzulässig kleine räumliche Biegeradien der Rohrleitung und damit verbunden zu hohe Verlegekräfte verhindert werden können.
- an der Zielseite muss nur sehr kurze Zeit und auf kleiner Fläche gearbeitet werden (Demontage der Vortriebsmaschine).
- es werden nur minimale Bohrspülungsmengen benötigt.
- eine vollständige Auslegung des zu verlegenden Rohrstranges ist nicht erforderlich, stattdessen werden die Rohre in Teilabschnitten zu einem Rohrstrang verbunden.

Unvorteilhafte Grundmerkmale

- eine sichere Ortsbruststützung muss gewährleistet sein, damit die Gefahr der Setzung minimiert wird.

- Baugruben müssen bei Vortrieben im Boden mit Grundwasser trocken gehalten werden (Dichte Baugrube o. Wasserhaltung).
- Hindernisse im Baugrund können zur Aufgabe des Vortriebes führen.

5.4.2.2 Grundlegendes

Grundsätzlich sind die Haltungslängen für dieses Verfahren durch die Abmessungen und Leistungsfähigkeit von Spülungspumpen im Tunnel, die Energieversorgung der Vortriebsschiene sowie die Vortriebskräfte begrenzt.

Die Trassenbreite würde ca. 17 m betragen. Das Verfahren kann theoretisch auf Längen bis zu ca. 750 m eingesetzt werden. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass ein Personeneinsatz in diesen Querschnitten nur bis ca. 250 m zulässig wäre (vgl. DWA A-125), was insbesondere das Risiko eines Maschinenschadens oder eine Intervention beim Antreffen von Hindernissen betrifft. Des Weiteren können ab dieser Länge keine Vermessungen mehr innerhalb des Rohrstranges ausgeführt werden. Von daher ist bei notwendigen Kurvenfahrten, der vermehrte Einsatz von Zwischenbaugruben notwendig und somit von kürzeren Haltungslängen auszugehen.

Die Installation der einzelnen Kabel erfolgt jeweils in einem gesonderten Schutzrohr, wobei das DN1200 Vortriebsrohr mit einem thermisch geeigneten Material zu verfüllen ist.

Da verfahrensbedingt von einer maximalen Tiefenlage dieser Vortriebe bei ca. 10 m auszugehen ist, wäre eine aktive Kühlung der Kabel vorzusehen sein. Diese ließe sich über eine weiteres, zentral angeordnetes Kühlwasserrohr realisieren.

5.4.2.3 Risiken

Folgende Risiken des Bauverfahrens werden in der anschließenden Gegenüberstellung berücksichtigt.

<u>Allgemeine Verfahrenstechnische Risiken</u>

- Störung des Vortriebs durch Hindernisse im Baugrund
- Störung durch Maschinenschaden
- Unzureichender Zugang zur Vortriebsmaschine bei großen Haltungslängen
- Spülungsverluste durch geologische Störungen oder Minderdeckung
- Einsatz von Pumpen und Energieversorgung bei großen Haltungslängen

Spezifische Risiken aus dem Einsatz zur Kabelverlegung

- Wechselwirkung Kabel / Schutzrohr schränkt den Einsatz nicht-metallischer Materialien ein
- Betrieb eines aktiven Kühlsystems erforderlich

5.4.3 Zwei parallele Rohrvortriebe DN2000 mit jeweils einem Stromkreis

5.4.3.1 Bauverfahrensbeschreibung

s. Kapitel 3.4.2.1

5.4.3.2 Grundlegendes und Verfahrensfestlegungen

Die Wahl eines größeren Vortriebsquerschnitts (DN2000) bietet mehrere bautechnische Vorteile. Einerseits sind Haltungslängen zwischen 1200 m und 1300 m in der Vergangenheit bereits mehrfach erfolgreich ausgeführt worden, andererseits erlauben die Abmessungen des Vortriebs den Personenzugang zur Vortriebsmaschine während des gesamten Bauablaufs.

5.4.3.3 Risiken

Folgende Risiken des Bauverfahrens werden in der anschließenden Gegenüberstellung berücksichtigt.

Allgemeine Verfahrenstechnische Risiken

- Störung des Vortriebs durch Hindernisse im Baugrund, jedoch von der Maschine aus zu beherrschen
- Störung durch Maschinenschaden, behebbar da zugänglich
- Spülungsverluste durch geologische Störungen oder Minderdeckung

Spezifische Risiken aus dem Einsatz zur Kabelverlegung

- Wechselwirkung Kabel / Schutzrohr schränkt den Einsatz nicht-metallischer Materialien ein
- Betrieb eines aktiven Kühlsystems erforderlich

Wechselwirkungen zwischen den Stromkreisen (im Schadensfall) sind nicht möglich.

5.4.4 Ein Schildvortrieb DN3500 zur Aufnahme beider Stromkreise (Segmental Lining)

5.4.4.1 Bauverfahrensbeschreibung

Bei diesem Verfahren erfolgt die mechanische Bohrlochstützung nicht mittels von der Startbaugrube aus vorgeschobenen Rohren. Sondern die Tunnelröhre wird unmittelbar innerhalb der Schildvortriebsmaschine aus Betonfertigteilen (s.g. Tübbingen) zusammengesetzt und mittels Mörtel kraftschlüssig mit der Bohrlochwandung verbunden. So kann die erforderliche Vortriebskraft um den anstehenden Baugrund abtragen zu können über die Tunnelwände aufgebracht und abgeleitet werden. Dieses Bauverfahren erlaubt sehr lange Vortriebsstrecken von mehreren Kilometern, wohin gehend die Vortriebsstrecken nach dem Rohrvortriebsverfahren, auch wenn Zwischenpressstationen eingebaut werden können, mehr als 1.800 m kaum erreichen.

Der Schildvortrieb sollte zwecks einigermaßen günstiger Arbeitsbedingungen für die im Bereich der Maschine arbeitenden Facharbeiter nicht kleiner als mit einem Innendurchmesser von 3000 mm vorgenommen werden.

Nachfolgende Fotos erlauben einen kurzen Überblick über das Verfahren. Die aufgelisteten Grundmerkmale zeigen die verfahrensspezifischen Besonderheiten auf.

Abbildung 8

Startbereich einer Segmental-Lining-Baustelle (Quelle: de la Motte & Partner GmbH)

Abbildung 9

Im Bau befindlicher Tunnel ID 3.000 mm nach dem Segmental-Lining-Verfahren (Quelle: de la Motte & Partner GmbH)

Die Grundmerkmale des Segmental Lining Verfahrens (SLV) lassen sich wie folgt unterteilen.

Bauwerk

- Wegen des ungestörten Deckgebirges ist eine Ballastierung des Tunnels meist nicht erforderlich.
- Eine sichere Stützung der Ortsbrust muss gewährleistet sein, um Ausbläser bzw. Tagbrüche zu vermeiden.
- Der Tunneldurchmesser kann zwischen 2.500 mm und 20.000 mm liegen und die Länge über mehrere Kilometer reichen.
- Die Rohre müssen nicht durch das Erdreich gedrückt werden.
- Der im Erdreich erstellte Hohlraum ist dauerhaft mechanisch gestützt. Nach Einbau der Tübbinge ist jegliche Bewegung zwischen Baugrund und mechanischem Verbau ausgeschlossen.
- Der mechanische Verbau (Tunnel) dient der TBM als Widerlager. Deshalb sind keine Zwischenpressstationen erforderlich.
- Es ist eine große (lange) Startbaugrube erforderlich, da die TBM mit allen Nachlaufaggregaten eine große Baulänge aufweist.
- Rohre und Kabel können meist problemlos als ganzer Strang oder auch als Teilstränge eingebaut werden.

Beeinträchtigung der Umgebung

- Das Verfahren erfordert nur einen Eingriff in Natur und Umwelt im Bereich der Start- und Zielbaugruben.
- Vorhandener Bewuchs (Bäume) wird nicht beeinträchtigt.
- Ein Aufbruch der Gewässersohle bzw. der Geländeoberfläche muss nicht erfolgen.
- Die Verkehrswege im Trassenbereich werden nicht beeinträchtigt.
- Im Trassenbereich vorhandene Bebauung kann mit unterfahren werden.
- Es erfolgen keine Erdbewegungen übertage außer im Bereich der Baugruben.
- Bei kontrolliertem Bodenabbau und Bodenabtransport sind eine minimale Bodenstörung und ein vermindertes Setzungsrisiko gegeben.
- Gegenüber der offenen Bauweise nur geringe Lärmentwicklung und Transportkapazitäten.

Bauausführung

- Baudurchführung ist zeitintensiv.
- Entsprechend des Tübbingdesigns können dreidimensionale gekrümmte Vortriebe vorgenommen werden.
- Es sind alle Bodenarten außer nichttragfähigem Boden bearbeitbar.
- Eine Fertigstellung zu einem vereinbarten Termin kann nicht gewährleistet werden.

5.4.4.2 Grundlegendes

Als weitere Variante wurde die Ausführung der Querung im Schildvortriebsverfahren betrachtet. Da bei dieser Bauweise der Tunnel im Gegensatz zum Rohrvortriebsverfahren aus einzelnen Betonsegmenten (Tübbings) hinter der Vortriebmaschine errichtet wird, ist das Verfahren in der Regel erst ab Dimensionen DN3000 einzusetzen.

Diese Ausführungsvariante basiert aus wirtschaftlichen Gründen auf der Annahme, dass alle 12 Kabel (zwei Systeme) in einem gemeinsamen Tunnelquerschnitt angeordnet werden.

Für den Betrieb (Start) der Schildvortriebsmaschine sind deutlich größere Schachtbauwerke als beim Pipe Jacking zu errichten.

5.4.4.3 Risiken

Folgende Risiken des Bauverfahrens sollen in der anschließenden Gegenüberstellung berücksichtigt werden.

Allgemeine Verfahrenstechnische Risiken

- Störung des Vortriebs durch Hindernisse im Baugrund, jedoch von der Maschine aus zu beherrschen
- Störung durch Maschinenschaden, behebbar da zugänglich
- Spülungsverluste durch geologische Störungen oder Minderdeckung

Spezifische Risiken aus dem Einsatz zur Kabelverlegung

- Wechselwirkung Kabel / Schutzrohr schränkt den Einsatz nicht-metallischer Materialien ein
- Betrieb eines aktiven Kühlsystems erforderlich

Wechselwirkungen zwischen den Stromkreisen (im Schadensfall) sind denkbar.

5.4.5 Kabelerwärmung Rohrvortrieb

Überschlägige Betrachtungen zur Kabelerwärmung schließen sich an, um die technische Machbarkeit der aufgezeigten Lösungen zu bewerten

Der Einsatz des Vortriebsverfahrens und die Anordnung von mehreren Kabeln in einem gemeinsamen Querschnitt stellen ohne zusätzliche Maßnahmen eine erheblich größere thermische Belastung für die einzelnen Kabel dar.

Um die grundsätzliche Möglichkeit der gewählten Kabelanordnungen zu überprüfen wurden überschlägige Berechnungen zu Dimensionierung und Effektivität von Kühlsystemen angestellt. Dabei ist zu unterscheiden zwischen:

1. Einsatz einer Wasserkühlung durch Mitverlegen von PE Kühlrohren und Verfüllen der Tunnelquerschnitte mit thermisch konditionierten, erhärtenden Suspensionen.
2. Einsatz einer Luftkühlung durch Ventilation des Tunnelbauwerks

Eine Luftkühlung würde aufgrund der (im Vergleich zu Wasser) geringeren spezifischen Wärmekapazität von Luft eine Durchströmung des gesamten Tunnelquerschnitts voraussetzen.

Somit würden der oder die Tunnel baurechtlich als Bauwerke verbleiben und wären unabhängig von den betrieblichen Anforderungen der Kabel regelmäßig zu inspizieren. Dies wiederum setzt voraus, dass die Tunnelbauwerke begehbar ausgerüstet werden (Techn. Ausrüstung für Licht, Kommunikation, Rettungs- und Transportsysteme) und die

Temperaturen im Bauwerk auf einen Wert begrenzt werden, der den Zugang auch nach einer akzeptablen Kühlzeit erlaubt.

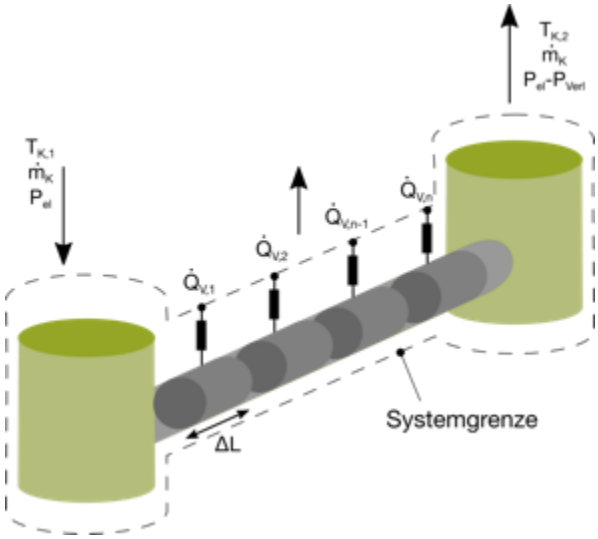
Nachfolgend wird somit davon ausgegangen, dass eine Luftkühlung nur für Querschnitte DN 2000 und größer realisiert werden kann und die Temperaturen im Bauwerk 30°C nicht überschreiten sollten, da ein Abkühlen des Bauwerks mit Luft sehr große Zeitintervalle erforderte.

Im Gegensatz hierzu ist eine Wasserkühlung unabhängig vom Querschnitt denkbar bzw. erforderlich. Sie bietet darüber hinaus ferner den Vorteil, dass Begehungen des Tunnels entfallen können, da das Bauwerk lediglich als ‚Baubehelf' anzusehen ist.

Wie bereits eingangs dargestellt, verbliebe auch bei verfüllten Tunnelquerschnitten die Möglichkeit, einzelne Kabel zu einem späteren Zeitpunkt bei Bedarf auszutauschen, da diese in Einzelschutzrohren verlegt werden und keine Muffen im Tunnel angeordnet sind.

Abbildung 11

Thermodyn. System zur Abbildung von Kühlsystemen



Um die Möglichkeiten der unterschiedlichen Kühlsysteme zu bewerten wurden überschlägige Berechnungen für den stationären Grenzzustand mit einem Wärmeeintrag von 28 W/m je Kabel durchgeführt. Die Temperaturen sind dabei vereinfachend als konstant über den Tunnelquerschnitt angenommen worden und das System über die Tunnellänge diskretisiert (s. Abb.). Der Wärmeübergang vom Tunnel auf den Erdboden wurde für jedes diskrete Element berücksichtigt.

Als Grenztemperatur für das Kühlmedium wurden 60°C angenommen, um der lokalen Temperaturverteilung im Tunnelquerschnitt Rechnung zu tragen. Somit verbliebe eine Temperaturdifferenz von ca. 30 K für den Wärmetransport zwischen Kabel und Kühlung

im Querschnitt. Dies ist im Weiteren durch eine detaillierte Modellierung nachzuweisen, wird jedoch für diese Gegenüberstellung als realistisch angesehen.

Zusammenfassend erscheint der Betrieb eines Kühlsystems machbar, zumal (im allgemeinen technischen Vergleich) lediglich sehr geringe Wärmemengen abzuführen wären:

Variante	Wasserkühlung	Lufkühlung
Rohrvortrieb DN1200	$P_{Kühl}$ = 8x 43 kW $T_{KM,ein}$ = 30°C $T_{KM,aus}$ = 35°C	n. möglich
Rohrvortrieb DN2000	$P_{Kühl}$ = 2x 170 kW $T_{KM,ein}$ = 30°C $T_{KM,aus}$ = 47°C	$P_{Kühl}$ = 2x 260 kW $T_{KM,ein}$ = 15°C $T_{KM,aus}$ = 30°C
Schildvortrieb DN3500	n. empfohlen	$P_{Kühl}$ = 500 kW $T_{KM,ein}$ = 15°C $T_{KM,aus}$ = 30°C

Die Angaben zur erforderlichen Kühlleistung beziehen sich für die Wasserkühlung auf die abzuführende Wärmemenge aus einem geschlossenen Kühlkreislauf.

Bei einer Luftkühlung wurde davon ausgegangen, dass die Umgebungsluft vor dem Eintritt in das Bauwerk auf 15°C abzukühlen ist, um eine maximale Temperatur von 30°C einzuhalten.

Für die Luftkühlung wurden Volumenströme von 10 - 20 m^3/s ermittelt. Im günstigsten Fall des größten Tunnelquerschnitts (DN3500) entspricht dies einem Druckverlust von <50 Pa, so dass bei hinreichend großen Temperaturdifferenzen eine Kühlung durch freie Konvektion denkbar wäre. Sollen jedoch Bauwerkstemperaturen <30°C eingehalten werden, so ist in jedem Fall eine aktive Bewetterung vorzusehen, da keine ausreichend große Temperaturdifferenz zur Umgebung besteht.

Die entsprechenden Kühlleistungen wurde für den Sommerbetrieb bei einer Umgebungstemperatur der Luft von 35°C ermittelt.

5.4.6 Zusammenfassung grundsätzliche Festlegungen und Aspekte zum Rohrvortriebsverfahren

Die meisten Bodenformationen sind gut zu meistern. Sehr weiche Böden können problematisch sein. Die Systeme sind grundwassertauglich. Die Verfahren erfordern teils sehr aufwendige Baugruben mit einem großen lokalen Bodeneingriff.

Kleine Vortriebe sind in der Länge begrenzt (Ausführungslängen unterhalb von möglichen Kabellängen, so dass diverse Zwischenbaugruben mit eingeplant werden müssen, hierfür müssen die örtlichen Verhältnisse entsprechend geeignet sein.

Des Weiteren müssen aufwendige Kühlsysteme in den Bauwerken vorgesehen werden. Mit den großen Vortrieben ab DN 2000 sind die Ausführungslängen analog der Kabellängen erreichbar.

Die Trassenbreiten betragen für:

- 4 x DN 1200: ca. 17 m
- 2 x DN 2000: ca. 15 m
- 1 x DN 3500: ca. 5 m

Eine Unterquerung von Gebäuden ist auch bei diesen Verfahren zu vermeiden.

6. FESTLEGUNG DES BAUVERFAHRENSINNERHALB EINES ERDKABELABSCHNITTES

Die offene Grabenverlegung im Regelprofil ist, wenn möglich, bevorzugt vorzusehen, da geschlossene Bauverfahren ein größeres Ausführungsrisiko besitzen und ggf. die Vergrößerung von Abständen der Kabel in Lage zueinander und Tiefenlage zur Geländeoberfläche bedingen.

Sollte die offene Bauweise aufgrund der örtlichen Verhältnisse, der vorhandenen Fremdanlagen oder naturschutzrechtlichen Faktoren nicht möglich sein, bzw. einen unverhältnismäßigen Aufwand erfordern, ist der Einsatz einer geschlossenen Bauweise zu prüfen. Ggf. sind auch aufgrund der vorliegenden örtlichen Situation geschlossene Bauweisen vorteilhafter gegenüber der offenen Bauweise einzustufen.

Neben der grundsätzlichen Einstufung sind in einem Erdkabelabschnitt auch Kombinationen verschiedener Bauverfahren denkbar, z.B. wenn Fremdleitungen oder Fremdanlagen oder naturschutzrechtliche Faktoren auf Teilstücken des Erdkabelabschnittes eine offene Verlegung nicht zulassen, der Großteil der Trasse aber offen verlegt werden könnte.

Die Erdkabelabschnitte werden anhand der Kriterien aus Kapitel 4 und Kapitel 5 auf technische Eignung zur Machbarkeit der Erdkabelverlegung geprüft. Die jeweiligen Möglichkeiten werden aufgezeigt. Sollten mehrere Bauverfahrensvarianten möglich sein, werden diese miteinander verglichen, um die geeignetste Variante zu ermitteln.

Wie schon erwähnt, ist die offene Bauweise zu bevorzugen. Sollte eine offene Bauweise nicht möglich sein, ist eine geschlossene Bauweise, hier bevorzugt die HDD Bauweise, zu prüfen. Die HDD Bauweise wird bei den geschlossenen Verfahren bevorzugt, da hierbei im späteren Betrieb keine zusätzlichen Aufwendungen bezüglich der Kühlung der Kabel notwendig sind. Sollte aufgrund der Ausführungslänge die Querung im HDD-Verfahren nicht möglich sein oder sind die Baugrundverhältnisse hierfür nicht geeignet, ist ein Rohrvortrieb vorzusehen, obwohl die Ausführung von zwei Rohrvortrieb DN 2000 bzw. ein Schildvortrieb mit Installation aller Kabel in einem Tunnel, aus den entsprechenden Aufwendungen und Kostengründen bzgl. Bau und Betrieb, nur dann gewählt werden sollte, wenn keine andere Möglichkeit in bautechnischer Verwirklichung der Trasse bzw. der bautechnischen Verwirklichung aller anderen Trassen besteht.

7. VERGLEICH DER MÖGLICHEN ERDKABELABSCHNITTE UNTEREINANDER

7.1 Allgemeines

Nach Prüfung der einzelnen Erdkabelabschnitte, werden die möglichen Erdkabelabschnitte miteinander verglichen. Als Vergleichsparameter werden die Länge des Erdkabelabschnittes, mit Angabe der offenen / geschlossenen Längenabschnitte, die Kosten, die Projektrisiken, die Bauzeit sowie die Eignung der KÜA-Standorte miteinander verglichen. Nach Vergleich ergibt sich ein Ranking bezogen auf die Eignung der möglichen Erdkabelabschnitte.

Hier ist eine Bewertung der verschiedenen Kriterienpunkte, gemäß folgender Beschreibung, vorgesehen. Dabei entspricht die höchste Punktzahl pro Kriterium der jeweiligen Bestbewertung. Die maximale Punktzahl ergibt sich aus der Anzahl der hier verglichenen Erdkabelabschnitte (bei 9 Erdkabelabschnittsvarianten also 9 Punkte). Danach erfolgt eine Abstufung in Einser Schritten. Bei gleicher Einschätzung zweier Erdkabelabschnitte in einem Kriterium wird die gleiche Punktzahl vergeben. Die entsprechenden Wichtungen für die einzelnen Kriterienpunkte wurden für diese Untersuchung nach subjektiver Einschätzung gewählt und sollten zwingend vom Auftraggeber bestätigt werden.

7.2 Bewertungskriterien

<u>Trassenlänge offen / geschlossen (20%)</u>

Die Trassenlängen werden miteinander verglichen, wobei die prozentual größte Länge der bevorzugten offenen Bauweise mit der höchsten Punktzahl und dann entsprechend absteigend bewertet wird.

<u>Kosten (20%)</u>

Es werden die Baukosten der einzelnen Trassen umgerechnet auf einen Meter Trassenabschnitt abgeschätzt und miteinander verglichen. Die geringsten abgeschätzten Baukosten pro Meter werden dabei mit der höchsten Punktzahl und dann entsprechend absteigend bewertet. Folgende Kostenansätze wurden überschlägig angenommen:

- offene Bauweise: 3.000 € / m
- HDD-Bauweise: 7.500 € / m
- 4 Vortriebe DN 1200: 12.000 € / m
- offen / geschlossen: 8.500 € / m

Risiken (30%)

Unter diesem Punkt werden verschiedenen Risiken wie Stakeholder (z.B. Kreuzung von Erdgasleitungen etc.), geologische Verhältnisse / Baugrundverhältnisse und allgemeines Baurisiko sowie betriebliches Risiko (zusätzliche Aufwendungen wie z.B. Kühlung der Kabel in Tunnelbauwerken, viele Sonderbauwerke mit größeren Verlegetiefen) der einzelnen einzusetzenden Bauverfahren abgeschätzt und miteinander verglichen. Die Abschätzung für jedes Risiko erfolgt dabei in 4 Stufen die unterschiedlich bepunktet werden:

- großes Risiko (0 Punkte)
- deutliches Risiko (1 Punkt)
- mittleres Risiko (2 Punkte)
- geringes Risiko (3 Punkte)

Die Erdkabeltrasse mit den geringsten Risiken (höchste Punktzahl) wird dabei mit der höchsten Punktzahl und dann entsprechend absteigend bewertet.

Bauzeit (10%)

Es wird die Bauzeit der einzelnen Trassen umgerechnet auf einen Meter Trassenabschnitt abgeschätzt und miteinander verglichen. Hierbei dient die offene Bauweise als Basis mit dem Faktor 1.

Folgende Bauzeitenansätze wurden überschlägig angenommen:

- offene Bauweise: Faktor 1 / m
- HDD-Bauweise: Faktor 3 / m
- 4 Vortriebe DN 1200: Faktor 5 / m
- offen / geschlossen: Faktor 3,5 / m

Diese einzelnen vorgesehenen Bauverfahren und deren Länge innerhalb eines Erdkabelabschnittes werden so mit den entsprechenden Faktoren multipliziert und dann miteinander addiert. Der niedrigste ermittelte Bauzeitfaktor ergibt somit die kürzeste Bauzeit im Vergleich der Erdkabelabschnitte und wird dabei mit der höchsten Punktzahl bewertet. Die weitere Bewertung erfolgt dann entsprechend absteigend.

KÜA-Standort (20%)

Die möglichen KÜA-Standorte (am Anfang und am Ende der Erdkabelabschnitte) werden miteinander verglichen. Entgegen der Bepunktung von 9 bis 1 wie bei den anderen Kriterienpunkten werden für dieses Kriterium folgende Punkte vergeben:

- zwei gut geeignete KUÄ-Standorte im Erdkabelabschnitt = 3 Punkte
- ein gut geeigneter KUÄ-Standort im Erdkabelabschnitt = 1 Punkte
- kein geeigneter KUÄ-Standort im Erdkabelabschnitt = 0 Punkte

7.3 Bewertung der einzelnen Erdkabelabschnitte

7.3.1 Hecketstall B

Trassenlänge offen / geschlossen (20%)

Fast die gesamte Trasse des Erdkabelabschnittes kann in offener Bauweise hergestellt werden.

Die lange Parallelführung zur Erdgasleitung (Monaco) kann nach erster Rücksprache mit der bayernets GmbH in offener Bauweise realisiert werden, da nach erster Einschätzung ein ausreichender Abstand eingehalten werden kann. Hierzu bedarf es weiterer Absprachen mit dem Leitungsbetreiber.

Ebenso können die Parallelführung und mögliche Kreuzung der oberirdisch verlegten 110 kV Trasse mit einer offenen Bauweise realisiert werden.

Die Erdgasleitung Monaco der bayernets GmbH muss zweimal gekreuzt werden. In ersten Absprachen mit der bayernets GmbH wurde die Möglichkeit einer offenen Kreuzung der Erdgasleitung nicht ausgeschlossen. Alternativ wäre hier auch eine kurze geschlossene Kreuzung mit 4 Rohrvortrieben DN 1200 denkbar und durchführbar.

Sollte die Position der KÜA südlich der Staatsstraße 2107 erfolgen, müsste diese geschlossen gequert werden. Diese kurze Querung der Straße wäre ebenso mit 4 Rohrvortrieben DN 1200 zu realisieren.

Der Anteil der offenen Bauweise beträgt ca. 92,5 %, der Anteil der geschlossenen Bauweise beträgt somit ca. 7,5 %, wobei die Kreuzung der Erdgasleitung und der Staatsstraße 2107 hierbei für die geschlossenen Bauweise miteingerechnet worden sind.

Kosten (20%)

Die Baukosten pro Meter belaufen sich (gemäß der angenommenen Kosten) auf ca. 4.000 €, wobei die Kreuzung der Erdgasleitung und der Staatsstraße 2107 hierbei für die geschlossenen Bauweise miteingerechnet worden sind.

Risiken (30%)

- *Stakeholder*

  Das Risiko bezogen auf Stakeholder wird hier als deutlich (1 Punkt) angesehen. Dies ergibt sich einerseits aus den Fremdanlagen, die gekreuzt bzw. in Parallellage liegen und der teilweise notwendigen dichten Lage der Kabel- und Bautrasse an vorhandener Wohnbebauung. Zusätzlich führt die Trasse über große Teile durch landwirtschaftlich genutztes Gebiet.

- *Geologie / Baugrund*

  Die vorliegenden Baugrundinformationen und niedrigen Grundwasserstände in diesem Abschnitt sind als günstig anzusehen. Sollten die Monaco-Erdgasleitung geschlossen gequert werden müssen, ist dies aufgrund der Länge über 4 Rohrvortriebe DN 1200 zu realisieren. Der aus /4/ angenommene Baugrund ist mit diesem Bauverfahren zu beherrschen. Diesbezüglich wird ein mittleres Risiko (2 Punkte) gesehen.

- *Baurisiko*

  Die Platzverhältnisse sind für die vorgesehenen Bauverfahren als absolut ausreichend anzusehen und das Gelände ist relativ eben. Es werden keine Risiken bezüglich Hochwasser und möglicher Einschränkungen bzgl. Bodendenkmälern gesehen. Altlasten könnten im südlichen Bereich vorkommen, dies würde jedoch keine baulichen Einschränkungen darstellen, sondern ggf. die Ausführungskosten erhöhen (Entsorgung belasteter Boden, Anlieferung Austauschboden etc.). Aufgrund der weitestgehenden offenen Bauweise und des wie zuvor gut beherrschbaren Baugrund für eine möglicherweise anzuwendenden geschlossenen Bauweise, wird das Baurisiko als gering (3 Punkte) angesehen.

- *Betriebliches Risiko*

  Sollte der südliche KÜA-Standort südlich der Staatsstraße 2107 angelegt werden und müsste die Monaco-Erdgasleitung zweimal geschlossen gequert werden, so sind in den Rohrvortrieben zusätzliche Kühlungsrohre für die Kabel zu betreiben, was den betrieblichen Aufwand erhöhen würde. Die Bewertung fällt hier als mittleres Risiko (2 Punkte) aus.

Insgesamt: 8 Punkte

Bauzeit (10%)

Der ermittelte Bauzeitfaktor liegt bei 1,32.

KÜA-Standort (20%)

Aus technischer Sicht lassen sich zwei gut geeignete Standorte für die Kabelübergangsanlagen realisieren = 3 Punkte.

7.3.2 Mayerfeld A

Die Trassenkorridore stammen aus der Planung für eine Freileitungstrasse. Im Verlaufe der Bearbeitung der Studie hat sich ergeben, dass diese Trassenkorridore, für die Betrachtung der Erdkabelabschnitte optimiert werden können. So hat es sich als Vorteilhaft erwiesen, die Trassenabschnitte Mayerfeld A und Mayerfeld B zu kombinieren, da dadurch die zweifache Kreuzung der MONACO-Erdgasleitung im Abschnitt Mayerfeld A vermieden werden kann. Aus diesem Grund wird hier Mayerfeld A nicht weiter betrachte, sondern im folgenden Kapitel die Trassenkombination von Mayerfeld A und Mayerfeld B.

7.3.3 Mayerfeld A + B

Trassenlänge offen / geschlossen (20%)

Fast die gesamte Trasse des Erdkabelabschnittes kann in offener Bauweise hergestellt werden.

Die lange Parallelführung zur Erdgasleitung (Monaco) kann nach erster Rücksprache mit der bayernets GmbH in offener Bauweise realisiert werden, da nach erster Einschätzung ein ausreichender Abstand eingehalten werden kann. Hierzu bedarf es weiterer Absprachen mit dem Leitungsbetreiber.

Ebenso können die Parallelführung und Kreuzung der oberirdisch verlegten 110 kV Trasse mit einer offenen Bauweise realisiert werden.

Im Trassenverlauf muss ein Waldstück mit einer geschlossenen Bauweise gequert werden, dass aus Naturschutzgründen nicht offen gekreuzt werden kann.

Sollte die Position der KÜA südlich der Staatsstraße 2107 erfolgen, müsste diese geschlossen gequert werden. Diese kurze Querung der Straße wäre mit 4 Rohrvortrieben DN 1200 zu realisieren.

Der Anteil der offenen Bauweise beträgt ca. 94,1 %, der Anteil der geschlossenen Bauweise beträgt somit ca. 5,9 %, wobei die Kreuzung der Staatsstraße 2107 hierbei für die geschlossenen Bauweise miteingerechnet worden ist.

Kosten (20%)

Die Baukosten pro Meter belaufen sich (gemäß der angenommenen Kosten) auf ca. 3.900 €, wobei die Kosten geschlossenen Querung der Staatsstraße 2107 hierbei miteingerechnet worden sind.

Risiken (30%)

- *Stakeholder*

  Das Risiko bezogen auf Stakeholder wird hier als mittel (2 Punkt) angesehen. Dies ergibt sich einerseits aus den Fremdanlagen, die gekreuzt (hier allerdings nur die 110 kV Trasse, nicht eine zweifache Kreuzung der Monaco-Erdgasleitung) bzw. in Parallellage liegen und der teilweise notwendigen dichten Lage der Kabel- und Bautrasse an vorhandener Wohnbebauung. Zusätzlich führt die Trasse über große Teile durch landwirtschaftlich genutztes Gebiet.

- *Geologie / Baugrund*

  Die vorliegenden Baugrundinformationen und niedrigen Grundwasserstände in diesem Abschnitt sind als günstig anzusehen. Die Querung des Waldstückes ist, aufgrund des in /4/ angenommenen Baugrundes, über 4 Rohrvortriebe DN 1200 zu realisieren. Für die Durchführung des HDD-Verfahrens ist dieser Baugrund nach den vorliegenden Baugrundinformationen nicht gut geeignet. Diesbezüglich wird ein mittleres Risiko (2 Punkte) gesehen.

- *Baurisiko*

  Die Platzverhältnisse sind für die vorgesehenen Bauverfahren als absolut ausreichend anzusehen und das Gelände ist relativ eben. Es werden keine Risiken bezüglich Hochwasser und möglicher Einschränkungen bzgl. Bodendenkmälern gesehen. Altlasten könnten im südlichen Bereich vorkommen, dies würde jedoch keine baulichen Einschränkungen darstellen, sondern ggf. die

Ausführungskosten erhöhen (Entsorgung belasteter Boden, Anlieferung Austauschboden etc.). Aufgrund der weitestgehenden offenen Bauweise und des gut beherrschbaren Baugrundes für das Rohrvortriebsverfahren, wird das Baurisiko als gering (3 Punkte) angesehen.

- *Betriebliches Risiko*

  In den Tunnelbauwerken unterhalb des Waldstückes sind zusätzlich Kühlungsrohre zu betreiben. Sollte der südliche KÜA-Standort südlich der Staatsstraße 2107 angelegt werden, müssten auch hier zusätzliche Kühlungsrohre für die Kabel betrieben werden, was den betrieblichen Aufwand erhöhen würde. Die Bewertung fällt hier als mittleres Risiko (2 Punkte) aus.

Insgesamt: 9 Punkte

Bauzeit (10%)

Der ermittelte Bauzeitfaktor liegt bei 1,06.

KÜA-Standort (20%)

Aus technischer Sicht lassen sich zwei gut geeignete Standorte für die Kabelübergangsanlagen realisieren = 3 Punkte.

7.3.4 Emmerting

Trassenlänge offen / geschlossen (20%)

Im gesamten Trassenverlauf am müssen immer wieder die Ausläufer des Altöttinger Forst gekreuzt werden, die aus Naturschutzgründen geschlossen gequert werden müssen. Gleiches gilt für den Sportplatz / Sportanlage von Emmerting sowie die Staatsstraße 2108.

Der Anteil der offenen Bauweise beträgt ca. 28,3 %, der Anteil der geschlossenen Bauweise beträgt somit ca. 71,7 %.

Kosten (20%)

Die Baukosten pro Meter belaufen sich (gemäß der angenommenen Kosten) auf ca. 6.200 €.

Risiken (30%)

- *Stakeholder*

  Das Risiko bezogen auf Stakeholder wird hier als mittel (2 Punkt) angesehen. Hauptsächlich werden hier behördliche Auflagen (Naturschutz, Querung St 2108) zu beachten sein. Bei wenigen Grundstücken liegt eine sehr dichte Trassenführung an vorhandener Wohnbebauung vor.

- *Geologie / Baugrund*

  Der aus /4/ angenommene Baugrund ist für geschlossene Bauweisen nur bedingt als günstig anzusehen. Da fast dreiviertel der Strecke mit geschlossenen Bauverfahren realisiert werden müssten, wird hier ein deutliches Risiko (1 Punkte) gesehen. Für eine endgültige Bewertung sind die vorhandenen Baugrundinformationen nicht ausreichend.

- *Baurisiko*

  Die Platzverhältnisse sind aufgrund der Lage zwischen der Ortschaft Emmerting und dem Altöttinger Forst als begrenzt, jedoch gerade noch als ausreichend anzusehen. Das Gelände ist nur leicht hügelig mit flachen Steigungen. Es werden keine Risiken bezüglich Hochwasser und möglicher Einschränkungen bzgl. Bodendenkmälern (das Bodendenkmal im Bereich des nördlichen KÜA-Standortes, liegt außerhalb des vorgesehenen Geländes bzw. der KÜA-Standort könnte bei Bedarf noch etwas verschoben werden) gesehen. Ebenfalls gibt es keine Einschränkungen bzgl. möglicher Altlasten. Aufgrund der weitestgehenden geschlossenen Bauweise und des teilweisen ungünstigen Baugrunds (für HDD-Verfahren ggf. nicht geeignet, Längen für 4 DN 1200 Rohrvortriebe über dem Grenzbereich), wird das Baurisiko jedoch als groß (0 Punkte) angesehen. Prinzipiell würden sich hier die größeren Vortriebe anbieten, die das Baurisiko bzgl. Baugrundverhältnissen und den Längen herabsetzen würden. Allerdings wären hier erhebliche Mehrkosten zu erwarten, die aufgrund der geringen Streckenlänge dieses Erdkabelabschnittes ins Verhältnis gesetzt und geprüft werden müssten.

- *Betriebliches Risiko*

  Aufgrund der Vielzahl von Sonderbauwerken wird hier ein deutliches Risiko (1 Punkt) gesehen.

Insgesamt: 4 Punkte

Bauzeit (10%)

Der ermittelte Bauzeitfaktor liegt bei 8,62.

KÜA-Standort (20%)

Aus technischer Sicht lassen sich zwei gut geeignete Standorte für die Kabelübergangsanlagen realisieren = 3 Punkte.

7.3.5 Perach Pleining

Trassenlänge offen / geschlossen (20%)

Am südlichen Trassenbeginn muss ein bewaldeter Steilhang gequert werden. Im weiteren Verlauf müssen ebenfalls an drei Stellen Waldstücke gequert werden. Die Querung der bewaldeten Flächen ist aus Naturschutzgründen im geschlossen Bauverfahren durchzuführen. Es wird davon ausgegangen, dass die zu querenden untergeordneten Straßen und kleineren Bachläufe im Trassenbereich offen gekreuzt werden können.

Der Anteil der offenen Bauweise beträgt ca. 66,1 %, der Anteil der geschlossenen Bauweise beträgt somit ca. 33,9 %.

Kosten (20%)

Die Baukosten pro Meter belaufen sich (gemäß der angenommenen Kosten) auf ca. 4.500 €.

Risiken (30%)

- *Stakeholder*

  Das Risiko bezogen auf Stakeholder wird hier als mittel (2 Punkt) angesehen. Hauptsächlich werden hier behördliche Auflagen (Naturschutz) zu beachten sein. Bei wenigen Grundstücken liegt eine sehr dichte Trassenführung an vorhandener Wohnbebauung vor. Zusätzlich führt die Trasse über große Teile durch landwirtschaftlich genutztes Gebiet.

- *Geologie / Baugrund*

  Die vorliegenden Baugrundinformationen und niedrigen Grundwasserstände in diesem Abschnitt schließen zu dem jetzigen Zeitpunkt kein Bauverfahren aus und es wird davon ausgegangen, dass die geschlossen zu querenden Abschnitte mit dem HDD-Verfahren durchgeführt werden können. Für eine

endgültige Bewertung sind die vorhandenen Baugrundinformationen jedoch nicht ausreichend. Diesbezüglich wird ein mittleres Risiko (2 Punkte) festgelegt

- *Baurisiko*

  Die Platzverhältnisse sind als ausreichend anzusehen. Das Gelände ist als hügelig zu definieren. Die Hangneigungen sind jedoch als flach bis moderat einzuordnen, so dass eine offene Bauweise als durchführbar einzuschätzen ist. Es werden keine Risiken bezüglich Hochwasser oder der Querung der hier vorhandenen kleineren Bachläufe und möglicher Einschränkungen bzgl. Altlasten gesehen. Bodendenkmälern kommen oberhalb des Steilhanges vor, scheinen aber eine Trassenführung zu erlauben. Die Steilhangquerung wird aufgrund des Höhenunterschiedes als sehr risikoreich angesehen. Aus Erfahrung sind diese Bohrungen mit größerem Aufwand zu realisieren, jedoch handelt es sich hierbei meist um einzelne Bohrungen und nicht um12 Bohrungen in Parallellage mit definierten Abständen. Es wird daher davon abgeraten, die Steilhangquerung, auch in einem anderen geschlossenen Verfahren, als Erdkabelabschnitt zu verwirklichen. Die weiteren geschlossenen Querungen haben moderate Längen und sind bei entsprechendem Baugrund für das HDD-Verfahren als durchführbar einzuschätzen. Allerdings müssen hier zur abschließenden Bewertung, der Baugrund sowie Geländevermessungsdaten vorliegen und anhand dieser Ergebnisse die Machbarkeiten überprüft werden.

  Das Baurisiko wird für diese Trasse, aufgrund der schwer zu realisierenden Steilhangquerung als groß (0 Punkte) angesehen.

- *Betriebliches Risiko*

Aufgrund der Vielzahl von Sonderbauwerken wird hier ein deutliches Risiko (1 Punkt) gesehen

Insgesamt: 5 Punkte

<u>Bauzeit (10%)</u>

Der ermittelte Bauzeitfaktor liegt bei 2,54.

<u>KÜA-Standort (20%)</u>

Aus technischer Sicht lassen sich zwei gut geeignete Standorte für die Kabelübergangsanlagen realisieren = 3 Punkte.

7.3.6 Perach Pleining mit alternativem KÜA-Standort

Trassenlänge offen / geschlossen (20%)

Der Trassenverlauf ist, bis auf die Steilhangquerung, komplett mit der zuvor beschriebenen Variante Perach / Pleining identisch. Im Verlauf der Trasse müssen an drei Stellen Waldstücke gequert werden. Die Querung der bewaldeten Flächen ist aus Naturschutzgründen im geschlossen Bauverfahren durchzuführen. Es wird davon ausgegangen, dass die zu querenden untergeordneten Straßen und kleineren Bachläufe im Trassenbereich offen gekreuzt werden können.

Der Anteil der offenen Bauweise beträgt ca. 72,2 %, der Anteil der geschlossenen Bauweise beträgt somit ca. 27,8 %.

Kosten (20%)

Die Baukosten pro Meter belaufen sich (gemäß der angenommenen Kosten) auf ca. 4.250 €.

Risiken (30%)

- *Stakeholder*

  Das Risiko bezogen auf Stakeholder wird hier als mittel (2 Punkt) angesehen. Hauptsächlich werden hier behördliche Auflagen (Naturschutz) zu beachten sein. Bei wenigen Grundstücken liegt eine sehr dichte Trassenführung an vorhandener Wohnbebauung vor. Zusätzlich führt die Trasse über große Teile durch landwirtschaftlich genutztes Gebiet.

- *Geologie / Baugrund*

  Die vorliegenden Baugrundinformationen und niedrigen Grundwasserstände in diesem Abschnitt schließen zu dem jetzigen Zeitpunkt kein Bauverfahren aus und es wird davon ausgegangen, dass die geschlossen zu querenden Abschnitte mit dem HDD-Verfahren durchgeführt werden können. Für eine endgültige Bewertung sind die vorhandenen Baugrundinformationen jedoch nicht ausreichend. Diesbezüglich wird ein mittleres Risiko (2 Punkte) festgelegt

- *Baurisiko*

  Die Platzverhältnisse sind als ausreichend anzusehen. Das Gelände ist als hügelig zu beschreiben. Die Hangneigungen sind jedoch als flach bis moderat einzuordnen, so dass eine offene Bauweise als durchführbar einzuschätzen ist. Es werden keine Risiken bezüglich Hochwasser oder der Querung der hier vorhandenen kleineren Bachläufe und möglicher Einschränkungen bzgl.

Altlasten gesehen. Bodendenkmälern kommen oberhalb des Steilhanges vor, in dem der südliche KÜA-Standort platziert wird. Die Platzverhältnisse werden jedoch so gedeutet, dass eine geeignete Fläche für den KÜA-Standort außerhalb der Bodendenkmalsflächen gefunden werden kann. Die Abschnitte, in denen geschlossenen Querungen durchzuführen sind, haben moderate Längen und sind bei entsprechendem Baugrund als durchführbar für das HDD-Verfahren einzuschätzen. Allerdings müssen auch hier zur abschließenden Bewertung, der Baugrund sowie Geländevermessungsdaten vorliegen und anhand dieser Ergebnisse die Machbarkeiten überprüft werden.

Das Baurisiko wird für diese Trasse, aufgrund der drei Abschnitte mit Sonderbauwerken, als deutlich (1 Punkte) angesehen.

- *Betriebliches Risiko*

  Aufgrund der Vielzahl von Sonderbauwerken wird hier ein deutliches Risiko (1 Punkt) gesehen

Insgesamt: 6 Punkte

<u>Bauzeit (10%)</u>

Der ermittelte Bauzeitfaktor liegt bei 2,16.

<u>KÜA-Standort (20%)</u>

Aus technischer Sicht lassen sich zwei gut geeignete Standorte für die Kabelübergangsanlagen realisieren = 3 Punkte.

7.3.7 Thomasbach

<u>Trassenlänge offen / geschlossen (20%)</u>

Im Verlauf der Trasse müssen an zwei Stellen Waldstücke gequert werden. Die Querung der bewaldeten Flächen ist aus Naturschutzgründen im geschlossen Bauverfahren durchzuführen. Es wird davon ausgegangen, dass die zu querenden untergeordneten Straßen und kleineren Bachläufe im Trassenbereich offen gekreuzt werden können.

Der Anteil der offenen Bauweise beträgt ca. 78,9 %, der Anteil der geschlossenen Bauweise beträgt somit ca. 21,1 %.

<u>Kosten (20%)</u>

Die Baukosten pro Meter belaufen sich (gemäß der angenommenen Kosten) auf ca. 3.950 €.

Risiken (30%)

- *Stakeholder*
- Das Risiko bezogen auf Stakeholder wird hier als mittel (2 Punkt) angesehen. Hauptsächlich werden hier behördliche Auflagen (Naturschutz) zu beachten sein. Bei wenigen Grundstücken liegt eine sehr dichte Trassenführung an vorhandener Wohnbebauung vor. Zusätzlich führt die Trasse über große Teile durch landwirtschaftlich genutztes Gebiet.
- *Geologie / Baugrund*

  Die vorliegenden Baugrundinformationen und niedrigen Grundwasserstände in diesem Abschnitt schließen zu dem jetzigen Zeitpunkt kein Bauverfahren aus und es wird davon ausgegangen, dass die geschlossen zu querenden Abschnitte mit dem HDD-Verfahren durchgeführt werden können. Für eine endgültige Bewertung sind die vorhandenen Baugrundinformationen jedoch nicht ausreichend. Diesbezüglich wird ein mittleres Risiko (2 Punkte) festgelegt
- *Baurisiko*

  Die Platzverhältnisse sind als ausreichend anzusehen. Das Gelände ist als hügelig zu beschreiben. Die Hangneigungen sind jedoch als flach bis moderat einzuordnen, so dass eine offene Bauweise als durchführbar einzuschätzen ist. Es werden keine Risiken bezüglich Hochwasser oder der Querung der hier vorhandenen kleineren Bachläufe und möglicher Einschränkungen bzgl. Bodendenkmälern sowie Altlasten gesehen. Die Abschnitte, in denen geschlossenen Querungen durchzuführen sind, haben moderate Längen und sind bei entsprechendem Baugrund als durchführbar für das HDD-Verfahren einzuschätzen. Allerdings müssen auch hier zur abschließenden Bewertung, der Baugrund sowie Geländevermessungsdaten vorliegen und anhand dieser Ergebnisse die Machbarkeiten überprüft werden.

  Das Baurisiko wird für diese Trasse als deutlich (1 Punkte) angesehen.
- *Betriebliches Risiko*

  Aufgrund der Sonderbauwerken wird hier ein mittleres Risiko (2 Punkt) gesehen.

Insgesamt: 7 Punkte

Bauzeit (10%)

Der ermittelte Bauzeitfaktor liegt bei 1,80.

KÜA-Standort (20%)

Aus technischer Sicht lassen sich zwei gut geeignete Standorte für die Kabelüberganganlagen realisieren = 3 Punkte.

7.3.8 Thomasbach A

Trassenlänge offen / geschlossen (20%)

Im Verlauf der Trasse muss an einer Stelle ein Waldstück gequert werden. Die Querung der bewaldeten Fläche ist aus Naturschutzgründen im geschlossen Bauverfahren durchzuführen. Es wird davon ausgegangen, dass die zu querenden untergeordneten Straßen und kleineren Bachläufe im Trassenbereich offen gekreuzt werden können.

Der Anteil der offenen Bauweise beträgt ca. 86,0 %, der Anteil der geschlossenen Bauweise beträgt somit ca. 14,0 %.

Kosten (20%)

Die Baukosten pro Meter belaufen sich (gemäß der angenommenen Kosten) auf ca. 3.600 €.

Risiken (30%)

- *Stakeholder*

  Das Risiko bezogen auf Stakeholder wird hier als mittel (2 Punkt) angesehen. Hauptsächlich werden hier behördliche Auflagen (Naturschutz) zu beachten sein. Bei wenigen Grundstücken liegt eine sehr dichte Trassenführung an vorhandener Wohnbebauung vor. Zusätzlich führt die Trasse über große Teile durch landwirtschaftlich genutztes Gebiet.

- *Geologie / Baugrund*

  Die vorliegenden Baugrundinformationen und niedrigen Grundwasserstände in diesem Abschnitt schließen zu dem jetzigen Zeitpunkt kein Bauverfahren aus und es wird davon ausgegangen, dass die geschlossen zu querenden Abschnitte mit dem HDD-Verfahren durchgeführt werden können. Für eine endgültige Bewertung sind die vorhandenen Baugrundinformationen jedoch nicht ausreichend. Diesbezüglich wird ein mittleres Risiko (2 Punkte) festgelegt

- *Baurisiko*

  Die Platzverhältnisse sind als ausreichend anzusehen. Das Gelände ist als hügelig zu beschreiben. Die Hangneigungen sind jedoch als flach bis moderat

einzuordnen, so dass eine offene Bauweise als durchführbar einzuschätzen ist. Es werden keine Risiken bezüglich Hochwasser oder der Querung der hier vorhandenen kleineren Bachläufe und möglicher Einschränkungen bzgl. Bodendenkmälern sowie Altlasten gesehen. Der Abschnitte, in dem eine geschlossene Querung durchzuführen ist, hat eine moderate Länge und ist bei entsprechendem Baugrund als durchführbar für das HDD-Verfahren einzuschätzen. Allerdings müssen auch hier zur abschließenden Bewertung, der Baugrund sowie Geländevermessungsdaten vorliegen und anhand dieser Ergebnisse die Machbarkeit überprüft werden.

Das Baurisiko wird, im Gegensatz zu der vorherigen Variante Thomasbach, für diese Trasse als mittel (2 Punkte) angesehen, da hier weniger geschlossene Bauverfahren angewendet werden müssen.

- *Betriebliches Risiko*

  Das betriebliche Risiko bei dieser Variante als gering (3 Punkte) einzustufen.

Insgesamt: 9 Punkte

<u>Bauzeit (10%)</u>

Der ermittelte Bauzeitfaktor liegt bei 1,49.

<u>KÜA-Standort (20%)</u>

Aus technischer Sicht lassen sich zwei gut geeignete Standorte für die Kabelüberganganlagen realisieren = 3 Punkte.

7.3.9 Thomasbach B

Trassenlänge offen / geschlossen (20%)

Im Verlauf der Trasse müssen an drei Stellen Waldstücke gequert werden. Die Querung der bewaldeten Flächen ist aus Naturschutzgründen im geschlossen Bauverfahren durchzuführen. Zusätzlich sind die B 20 mit dem angrenzenden Türkenbach und je nach Trassenverlauf ein weiteres kleines Waldstück zu queren. Es wird davon ausgegangen, dass die zu querenden untergeordneten Straßen und kleineren Bachläufe im Trassenbereich offen gekreuzt werden können.

Der Anteil der offenen Bauweise beträgt ca. 71,3 %, der Anteil der geschlossenen Bauweise beträgt somit ca. 28,7 %.

Kosten (20%)

Die Baukosten pro Meter belaufen sich (gemäß der angenommenen Kosten) auf ca. 4.450 €.

Risiken (30%)

- *Stakeholder*

  Das Risiko bezogen auf Stakeholder wird hier als mittel (2 Punkt) angesehen. Hauptsächlich werden hier behördliche Auflagen (Naturschutz, Querung der B 20) zu beachten sein. Bei wenigen Grundstücken liegt eine sehr dichte Trassenführung an vorhandener Wohnbebauung vor. Zusätzlich führt die Trasse über große Teile durch landwirtschaftlich genutztes Gebiet.

- *Geologie / Baugrund*

  Die vorliegenden Baugrundinformationen und niedrigen Grundwasserstände in diesem Abschnitt schließen zu dem jetzigen Zeitpunkt kein Bauverfahren aus und es wird davon ausgegangen, dass die geschlossen zu querenden Abschnitte mit dem HDD-Verfahren durchgeführt werden können. Für eine endgültige Bewertung sind die vorhandenen Baugrundinformationen jedoch nicht ausreichend. Diesbezüglich wird ein mittleres Risiko (2 Punkte) festgelegt

- *Baurisiko*

  Die Platzverhältnisse sind als ausreichend anzusehen. Das Gelände ist als hügelig zu beschreiben. Die Hangneigungen sind jedoch als flach bis moderat einzuordnen, so dass eine offene Bauweise als durchführbar einzuschätzen ist. Es werden keine Risiken bezüglich Hochwasser oder der Querung der hier vorhandenen kleineren Bachläufe und möglicher Einschränkungen bzgl.

Bodendenkmälern sowie Altlasten gesehen. Der Abschnitte, in dem eine geschlossene Querung durchzuführen ist, hat eine moderate Länge und ist bei entsprechendem Baugrund als durchführbar für das HDD-Verfahren einzuschätzen. Allerdings müssen auch hier zur abschließenden Bewertung, der Baugrund sowie Geländevermessungsdaten vorliegen und anhand dieser Ergebnisse die Machbarkeit überprüft werden.

Das Baurisiko wird, im Gegensatz zu der vorherigen Variante Thomasbach, für diese Trasse als deutlich (1 Punkte) angesehen, da hier eine Vielzahl von geschlossenen Querungen durchgeführt werden müssen.

- *Betriebliches Risiko*

  Aufgrund der Vielzahl von Sonderbauwerken wird hier ein deutliches Risiko (1 Punkt) gesehen.

Insgesamt: 6 Punkte

<u>Bauzeit (10%)</u>

Der ermittelte Bauzeitfaktor liegt bei 2,21.

<u>KÜA-Standort (20%)</u>

Aus technischer Sicht lassen sich zwei gut geeignete Standorte für die Kabelüberganganlagen realisieren = 3 Punkte.

7.3.10 Zeilarn Mitte

Im Verlauf der Trasse Zeilarn Mitte müssen zwei Abschnitte mit einem geschlossenen Bauverfahren gequert werden. Hierbei handelt es sich um ein Waldstück mit angrenzender Straße sowie um die Querung der B20 und des Türkenbachs sowie eines Waldstückes in einer Baulücke in Zeilarn. Die zuletzt beschreiben Querung ist aus bautechnischer Sicht ausfolgenden Gründen nicht zu empfehlen:

- Die Trasse Beginnt auf einem Hügel verläuft durch eine Senke und steigt wieder an. Dabei macht die Trasse noch einen vertikalen Bogen. Bei der Ausführung einer geschlossenen Bauweise müsste so eine Raumkurve aufgefahren werden. Eine Trassenführung ohne Vertikalbogen ist aus Platzgründen (Bebauung) nicht möglich, da die definierten Trassenstreifenbreiten für die einzelnen bauverfahren nicht eingehalten werden können.
- Das HDD-Verfahren wird deshalb ausgeschlossen, weil der Ausführungserfolg von 12 Parallelbohrungen mit definierten Abständen mit Trassenführung in

einem Raumbogen und nicht 100 % optimalen Baugrundbedingungen als sehr gefährdet angesehen wird.

- Die Ausführung im Rohrvortriebsverfahren wird aufgrund der für dieses Verfahren ebenfalls sehr anspruchsvollen Gradientenführung ebenfalls nicht empfohlen. Zusätzlich wären hierfür sehr tiefe Baugruben notwendig.

Aus den zuvor genannten Gründen, wird von der Trasse Zeilarn Mitte aus bautechnischer Sicht dringend abgeraten und diese Trassenvariante auch nicht weiter in dieser Studie betrachtet.

7.3.11 Zeilarn Mitte B

Trassenlänge offen / geschlossen (20%)

Im Verlauf der Trasse Zeilarn Mitte B müssen drei Abschnitte mit einem geschlossenen Bauverfahren gequert werden. Hierbei handelt es sich um zwei Waldstücke z.T. mit angrenzender Straße sowie um die Querung der B20 und des Türkenbachs im Westen von Zeilarn. Es wird davon ausgegangen, dass die zu querenden untergeordneten Straßen und kleineren Bachläufe im Trassenbereich offen gekreuzt werden können.

Der Anteil der offenen Bauweise beträgt ca. 50,9 %, der Anteil der geschlossenen Bauweise beträgt somit ca. 49,1 %.

Kosten (20%)

Die Baukosten pro Meter belaufen sich (gemäß der angenommenen Kosten) auf ca. 5.800 €.

Risiken (30%)

- *Stakeholder*

  Das Risiko bezogen auf Stakeholder wird hier als mittel (2 Punkt) angesehen. Hauptsächlich werden hier behördliche Auflagen (Naturschutz, Querung der B 20) zu beachten sein. Bei wenigen Grundstücken liegt eine sehr dichte Trassenführung an vorhandener Wohnbebauung vor. Zusätzlich führt die Trasse über große Teile durch landwirtschaftlich genutztes Gebiet.

- *Geologie / Baugrund*

  Die vorliegenden Baugrundinformationen und niedrigen Grundwasserstände in diesem Abschnitt schließen zu dem jetzigen Zeitpunkt kein Bauverfahren aus und es wird davon ausgegangen, dass die geschlossen zu querenden Abschnitte mit dem HDD-Verfahren durchgeführt werden können. Für eine

endgültige Bewertung sind die vorhandenen Baugrundinformationen jedoch nicht ausreichend. Diesbezüglich wird ein mittleres Risiko (2 Punkte) festgelegt

- *Baurisiko*

  Die Platzverhältnisse sind als ausreichend anzusehen. Das Gelände ist als hügelig zu beschreiben. Die Hangneigungen sind jedoch als flach bis moderat einzuordnen, so dass eine offene Bauweise als durchführbar einzuschätzen ist. Es werden keine Risiken bezüglich Hochwasser oder der Querung der hier vorhandenen kleineren Bachläufe und möglicher Einschränkungen bzgl. Bodendenkmälern sowie Altlasten gesehen. Der Abschnitte südlich der B 20, in dem eine geschlossene Querung durchzuführen ist, durchführbare Längen (eine Querung im Limitbereich (aufgrund der Länge) für das HDD-Verfahren, könnte aber auch in zwei Abschnitte unterteilt werden) und ist bei entsprechendem Baugrund als durchführbar für das HDD-Verfahren einzuschätzen. Allerdings müssen auch hier zur abschließenden Bewertung, der Baugrund sowie Geländevermessungsdaten vorliegen und anhand dieser Ergebnisse die Machbarkeit überprüft werden.

  Das Baurisiko wird für diese Trasse als deutlich (1 Punkte) angesehen, da hier eine Vielzahl von geschlossenen Querungen durchgeführt werden müssen.

- *Betriebliches Risiko*

  Aufgrund der Vielzahl von Sonderbauwerken wird hier ein deutliches Risiko (1 Punkt) gesehen.

Insgesamt: 6 Punkte

<u>Bauzeit (10%)</u>

Der ermittelte Bauzeitfaktor liegt bei 4,11.

<u>KÜA-Standort (20%)</u>

Aus technischer Sicht lassen sich zwei gut geeignete Standorte für die Kabelüberganganlagen realisieren = 3 Punkte.

7.3.12 Zeilarn Ost

Im Verlauf der Trasse Zeilarn Ost müssen zwei Abschnitte mit einem geschlossenen Bauverfahren gequert werden. Hierbei handelt es sich um die Querung der B20 mit dem südlich davon verlaufenden Türkenbach und dem dort entstehenden Gewerbegebietes.

Im nördlichen Trassenabschnitt muss noch ein Waldbereich sowie eine Kiesgrube unterquert werden.

Dieser Abschnitt sollte nicht weiterverfolgt werden, da durch die vollständige Erschließung des Gewerbegebietes die Erdkabeltrasse überbaut werden würde. Ebenso wird eine gewisse Unsicherheit bei der Unterquerung der Kiesgrube gesehen, da hier die Abbautiefen nicht bekannt sind.

Aus diesen Gründen wird diese Trassenvariante nicht weiter in dieser Studie betrachtet.

7.4 Vergleich der Erdkabelabschnitte

7.4.1 Allgemeines

In folgender Tabelle werden die in Kapitel 7.3 und den entsprechenden Unterkapiteln beurteilten Kriterienpunkte verglichen und gewertet. Die vergebenen Punkte entsprechen dem in Kapitel 7.2 erläuterten Punktesystem.

7.4.2 Vergleichstabelle Erdkabelabschnitte

Erdkabelabschnitt (EKA)	Trassenlänge offen / geschlossen Platz / Punkte / 20%	Kosten / m Platz / Punkte / 20%	Risiken / Punkte Platz / Punkte / 30%	Bauzeit / Faktor Platz / Punkte / 10%	KÜA-Standorte Punkte / 20%	Summe gewichtete Punkte / Rankingposition
EKA Hecketstall B	92,5 % / 7,5 % 2 / 8 / 1,6	ca. 4.000 € 4 / 6 / 1,2	8 Pkt. 3 / 7 / 2,1	1,32 2 / 8 / 0,8	3 / 0,6	**6,3 / 3**
EKA Mayerfeld A + B	94,1 % / 5,9 % 1 / 9 / 1,8	ca. 3.950 € 2 / 8 / 1,6	9 Pkt. 1 / 9 / 2,7	1,06 1 / 9 / 0,9	3 / 0,6	**7,6 / 1**
EKA Emmerting	28,3 % / 71,7 % 9 / 1 / 0,2	ca. 6.200 € 9 / 1 / 0,2	4 Pkt. 9 / 2 / 0,3	8,62 9 / 1 / 0,1	3 / 0,6	**1,4 / 9**
EKA Perach / Pleining	66,1 % / 33,9 % 7 / 3 / 0,6	ca. 4.500 € 7 / 3 / 0,6	5 Pkt. 8 / 2 / 0,6	2,54 7 / 3 / 0,3	3 / 0,6	**2,7 / 8**
EKA Perach / Pleining alternativ	72,2 % / 27,8 % 5 / 5 / 1,0	ca. 4.250 € 5 / 5 / 1,0	6 Pkt. 5 / 5 / 1,5	2,16 5 / 5 / 0,5	3 / 0,6	**4,6 / 5**
EKA Thomasbach	78,9 % / 21,1 % 4 / 6 / 1,2	ca. 3.950 € 3 / 7 / 1,4	7 Pkt. 4 / 6 / 1,8	1,80 4 / 6 / 0,6	3 / 0,6	**5,6 / 4**
EKA Thomasbach A	86,0 % / 14,0 % 3 / 7 / 1,4	ca. 3.600 € 1 / 9 / 1,8	9 Pkt. 1 / 9 / 2,7	1,49 3 / 7 / 0,7	3 / 0,6	**7,2 / 2**
EKA Thomasbach B	71,3 % / 28,7 % 6 / 4 / 0,8	ca. 4.450 € 6 / 4 / 0,8	6 Pkt. 5 / 5 / 1,5	2,21 6 / 4 / 0,4	3 / 0,6	**4,1 / 6**
EKA Zeilarn Mitte B	50,9 % / 49,1 % 8 / 2 / 0,4	ca. 5.800 € 8 / 2 / 0,4	6 Pkt. 5 / 5 / 1,5	4,11 8 / 2 / 0,2	3 / 0,6	**3,1 / 7**

8. ZUSAMMENFASSUNG UND EMPFEHLUNGEN

Insgesamt wurden 12 mögliche Varianten von Erdkabelabschnitten betrachtet, wovon bei 3 Varianten nach der ersten Prüfung, aufgrund von Bau- und Betriebsrisiken bzw. besseren Alternativen, von einer weiteren Betrachtung abgeraten wurde. Die übrigen 9 Varianten wurden gemäß der Kriterienpunkte Trassenlänge (Verhältnis offener zu geschlossener Bauweise), Kosten pro Trassenkilometer, Risiken (Stakeholder-, Baugrund-, Bau- und betriebsbedingte Risiken), Bauzeit und Möglichkeiten für KÜA-Standorte an den jeweiligen Enden der Erdkabelabschnitte geprüft und miteinander verglichen.

Als Ergebnis kann festgestellt werden, dass die Erdkabelabschnitte mit wenigen Sonderbauwerken im Vergleich die vorderen Positionen einnehmen. So erzielt der Erdkabelabschnitt Mayerfeld A + B die höchste Punktzahl, gefolgt von Thomasbach A und Hecketstall B. Hier sind sowohl die Kosten, wie auch die Risiken und Bauzeiten am geringsten einzuschätzen.

Je mehr Sonderbauwerke in einem Trassenabschnitt notwendig sind, umso mehr erhöhen sich die Risiken. Einschränkend für die Bewertung kommt noch hinzu, dass nur allgemeine und unzureichende Baugrundinformationen vorliegen. Gerade im Bereich der geschlossenen Bauweisen, ist es von großer Wichtigkeit, sehr genaue Baugrundkenntnisse zu haben, um klar festlegen zu können, welches Bauverfahren angewendet werden kann. Von daher könnten sich noch, bei genauerer Kenntnis von Baugrund und Vermessungsdaten, Verschiebungen in der Rangliste zwischen den einzelnen Erdkabelabschnitten ergeben. Am generellen Ergebnis, und der Einschätzung, dass die drei erstplatzierten Erdkabelabschnitte am besten geeignet erscheinen, würde es jedoch, aller Voraussicht nach, keine Änderungen geben.

Generell kann festgehalten werden, dass fast alle der 9 geprüften Erdkabelabschnitte technisch gebaut werden könnten. Da auch noch andere Faktoren, neben den technischen, für die Auswahl eines Erdkabelabschnittes in Frage kommen, sollten zumindest für diese näher in Betracht gezogenen Erdkabelabschnitte ergänzende Grundlagen (Baugrund, Vermessung) erstellt werden, um für die Sonderbauwerke (geschlossene Bauweise) das optimale und risikoärmste Bauverfahren auszuwählen, um dann eine überprüfende Bewertung vorzunehmen.

9. PRÜFUNG VERBREITETER TRASSENSTREIFEN

9.1 Allgemeines

Nach Abschluss der Betrachtung und Bearbeitung der Studie zur technischen Prüfung der Erdkabelabschnitte, haben sich nach internen Beratungen mit der Netzplanung der TenneT Fragen ergeben, die für das Raumordnungsverfahren möglicherweise von großer Relevanz sein können.

Bei dem geplanten Ersatzneubau der 380 kV – Leitung von Pirach nach Pleinting handelt es sich, wie schon zuvor beschrieben, um zwei Systeme á 3 Phasen, also insgesamt 12 Kabel mit einer festgelegten Trassenbreite von 45 m. Ein System verläuft nach Isar, das zweite nach St. Peter in Österreich. Bei letzt genannten System handelt es sich somit um eine Grenzkuppelleitung, die in Österreich eine Spitzendauerlast von 4000 A gewährleisten muss. Die Erdkabel sind jedoch in der Regel für 3600 A je Kabeldoppelsystem ausgelegt, um eine übermäßige Wärmeentwicklung zu vermeiden.

Dies bedeutet in der Konsequenz, dass entweder dickere Kupferquerschnitte verwenden werden müssen oder ein weiteres System zu berücksichtigen ist. Sollte ein weiteres System mitverlegt werden müssen, würde sich die ca. 1,5-fache Trassenbreite von nunmehr 75 m ergeben. Für die geschlossenen Bauweisen würden sich im HDD-Verfahren daraus Tassenbreiten von ca. 136 m, für 6 Rohrvortriebe DN 1200 von ca. 27 m und für drei Rohrvortriebe DN 2000 von ca. 23 m ergeben.

Die de la Motte & Partner GmbH wurde gebeten, bei drei Kabelabschnitten zu prüfen, ob die Verbreiterungen der Trassen sich aus bautechnischer Sicht realisieren lassen. Folgende drei Abschnitte sollen überprüft werden:

- Hecketstall B (insbesondere im Bereich der nördlichen Kreuzung der Monaco-Leitung und der Wohnhäuser nördlich davon)
- Thomasbach B (insbesondere im Bereich der Kreuzung von B20 und des Türkenbachs)
- Zeilarn Mitte B (insbesondere im Bereich der Parallelführung zur B20 und Kreuzung der B20 und des Türkenbachs)

9.2 Hecketstall B

In Planunterlage 220155-DRG-M206 wurde der für drei Systeme notwendige verbreiterte Trassenstreifen eingetragen. Die Trassenführung bei diesem Abschnitt besteht überwiegend aus offener Bauweise, wie beschrieben, muss hier noch geklärt werden, ob die Monaco-Gasleitung offen gequert werden kann. Im Bereich beider notwendigen Querungen der Monaco-Leitungen sind sowohl für offene als auch geschlossene Bauweisen ausreichende Platzverhältnisse vorhanden. Der Abschnitt oberhalb der nördlichen Kreuzung im Bereich der dort vorhandenen Wohnbebauung, könnte auch in offener Bauweise hergestellt werden. Hier müssten die Abstände genau verifiziert werden, anhand der Übersicht scheinen die Platzverhältnisse jedoch als ausreichend, gerade im Hinblick auf mögliche Einengungen der Trasse über einen kurzen Teilabschnitt. Diese Einengung müsste, wenn überhaupt, jedoch nur wenige Meter betragen.

Die Trasse hätte zwischen den beiden Kreuzungspunkten mit der Monaco-Leitung eine nähere Parallellage als bei der Verlegung von zwei Systemen. Dieses wäre mit dem Betreiber der Gasleitung abzustimmen. Bautechnisch kann hier die Verlegung in offener Bauweise mit einer Trassenbreite von 75 m durchgeführt werden, ohne dass der Schutzstreifen der Gasleitung hier tangiert wird. Im restlichen Bereich der Trasse reichen die Platzverhältnisse ebenfalls aus.

Eine Erdkabeltrasse mit drei Systemen wäre in diesem Abschnitt, mit den zu diesem Zeitpunkt vorhandenen Informationen, als machbar einzustufen.

9.3 Thomasbach B

In Planunterlage 220155-DRG-M207 wurde der für drei Systeme notwendige verbreiterte Trassenstreifen eingetragen. Die Trasse lässt sich über weite Teilstrecken wie gehabt realisieren. Im Bereich der Kreuzung von B20 und des Türkenbachs lässt sich jedoch eine Unterquerung im HDD-Verfahren aufgrund der benötigten Trassenbreite nicht realisieren, da man hier Bebauung tangieren würde. Dies würde nur machbar sein, wenn die Abstände zwischen den einzelnen Bohrungen verengt würden. Hierzu müssten allerdings erst weiterer Untersuchungen / Berechnungen / Festlegungen getroffen werden, die im Zuge dieser Studie nicht durchzuführen sind.

Eine weitere Möglichkeit zur Kreuzung der B 20 und des Türkenbaches würde eine andere geschlossene Bauweise aufzeigen. Es müssten hierzu allerdings drei Rohrvortriebe DN 2000 aufgefahren werden. Bautechnisch wäre dies mit den zu diesem

Zeitpunkt vorhandenen Informationen, als machbar einzustufen. Es muss allerdings der erhöhte Aufwand im Betrieb (Kühlung der Kabel im Tunnelbauwerk) einkalkuliert werden.

9.4 Zeilarn Mitte B

In Planunterlage 220155-DRG-M207 wurde der für drei Systeme notwendige verbreiterte Trassenstreifen eingetragen. Die Trasse lässt sich teilweise wie gehabt realisieren. Im Bereich der Parallelverlegung zur B 20 muss ein Waldstück über ca. 760 m unterfahren werden. Hier lässt sich jedoch eine Unterquerung im HDD-Verfahren aufgrund der benötigten Trassenbreite nicht realisieren, da die Platzverhältnisse hier (Wald, Bebauung, B20) zu gering erscheinen. Dies würde nur machbar sein, wenn die Abstände zwischen den einzelnen Bohrungen verengt würden. Hierzu müssten allerdings erst weiterer Untersuchungen / Berechnungen / Festlegungen getroffen werden, die im Zuge dieser Studie nicht durchzuführen sind.

Eine weitere Möglichkeit des Waldgebietes würde eine andere geschlossene Bauweise aufzeigen. Es müssten hierzu allerdings drei Rohrvortriebe DN 2000 aufgefahren werden. Bautechnisch wäre dies mit den zu diesem Zeitpunkt vorhandenen Informationen, als machbar einzustufen. Es muss allerdings der erhöhte Aufwand im Betrieb (Kühlung der Kabel im Tunnelbauwerk) einkalkuliert werden.

Die Kreuzung der B 20 und des Türkenbaches lassen sich ebenfalls im Rohrvortriebsverfahren (z.B. 6 Rohrvortrieb DN 1200) theoretisch realisieren.

9.5 Kurzfazit

Prinzipiell lassen sich, nach jetzigem Kenntnisstand und Sachlage, alle drei hier betrachteten Korridore auch mit drei Kabelsystemen als Erdkabelabschnitte realisieren. Es müsste jedoch genau geprüft werden, ob die Abschnitte, die nicht in offener Bauweise hergestellt werden können, in HDD-Bauweise zu realisieren sind. Hier müssen genauere Untersuchungen (Baugrund, Vermessung etc.) durchgeführt werden. Prinzipiell steigt das Bauausführungsrisiko, da pro Querung bzw. benötigtem Sonderbauwerk mehr Bohrungen (sowohl beim HDD als auch beim Rohrvortrieb) durchgeführt werden müssen, hierbei noch einmal deutlich. Sollte vermehrt der Rohrvortrieb zum Einsatz kommen müssen, ist mit einem erhöhten Aufwand (Kühlung von Kabeln, Wartung, Kosten etc.) in der Betriebsphase zu rechnen.