

Juraleitung

**Ltg.-Abschnitt A-Katzwang Raitersaich_West – Luders-
heim_West
(LH-07-B170)**

Planfeststellungsunterlage

Unterlage MB04.4.1

Dimensionierung Wasserhaltung Erdkabeltrassen

Antragsteller:



TenneT TSO GmbH

Bernecker Straße 70

95448 Bayreuth

Bearbeitung:



Ingenieurgemeinschaft Katzwangtunnel

c/o SWECO GmbH

Hanauer Landstraße 135 - 137

60314 Frankfurt am Main

Aufgestellt:	TenneT TSO GmbH	Bayreuth, den
	gez. i.V. J. Gotzler gez. i.V. A. Junginger	30.04.2025
Bearbeitung:	IGKWT – Ingenieurgemeinschaft Katzwangtunnel gez. i.V. D. Edelhoff (Projektleitung)	
Anlagen zum Dokument		
Änderungs- historie:	Änderung:	Änderungsdatum:

Raitersaich – Ludersheim – Sittling – Altheim 380-kV- Ersatzneubauprojekt Juraleitung, Abschnitt A-Katzwang

Ermittlung des Wasserandrangs und Konzeption der Wasserhaltung im Bereich der Erdkabeltrassen

Kurzbericht

erstellt von



GEOEXPERTS

GEOEXPERTS GmbH
Württembergischer Straße 18
89150 Laichingen

Laichingen, den 22. April 2025

Dieser Kurzbericht besteht aus 16 Seiten

Projekt-Nr. 2024-143

Inhaltsverzeichnis

A) Textteil	Seite
1 Anlass und Aufgabenstellung	3
2 Verwendete Unterlagen.....	4
3 Ausgangssituation und Grundlagen	5
4 Geologische und hydrogeologische Situation.....	8
4.1 Baugrundsichten	8
4.2 Bemessungswasserstände:.....	9
5 Trassenabschnitte	10
6 Ermittlung des bauzeitlichen Wasserandrangs.....	11
7 Empfehlungen zur bauzeitlichen Wasserhaltung	14
8 Schlussbemerkung	16

Revisionsverzeichnis

Index	Bemerkung	Erstelldatum
00	Erstfassung	30.10.2024
01	Anpassung der Grabentiefen	28.02.2025
02	Redaktionelle Anpassungen	22.04.2025

1 Anlass und Aufgabenstellung

Die TenneT TSO GmbH plant im Zuge des Netzausbaus die Erneuerung einer 380 kV-Leitung im Abschnitt Raitersaich – Altheim (Mittelfranken) (Projekt Höchstspannungsleitung "Juraleitung"). Im Abschnitt A ist geplant, die Leitung unterirdisch zu verlegen. Der ca. 2.200 m lange Katzwangtunnel unterquert in diesem Abschnitt u.a. den Main-Donau-Kanal (/1/).

Für die beiden Zuleitungen zum Tunnel sind Erdkabelabschnitte geplant. Die Bereiche von Tunnel sowie Start- und Zielbaugrube werden im vorliegenden Bericht nicht weiter betrachtet.

Für die Bereich der Erdkabelabschnitte in offener Bauweise ist der bauzeitliche Grundwasserandrang für die Leitungsgräben zu ermitteln und ein Konzept für die Wasserhaltung zu erstellen.

Die GEOEXPERTS GmbH wurde auf Basis des Angebotes vom 17.06.2024 mit Schreiben vom 14.08.2024 (Projektnummer 80-23-0269) durch die MOLL-prd GmbH & Co. KG, Schmallingenberg mit der Ausarbeitung eines Konzeptes zur Wasserhaltung beauftragt.

Mit Datum vom 28.10.2024 liegt eine Anpassung der Planung vor, dabei wurde die Kabelverlegetiefe um 0,1 m erhöht (/3/). Die Berechnungen wurden auf diesen Stand angepasst.

Der Bericht zur Ermittlung des Wasserandrangs in die Leitungsgräben mit Empfehlungen zur Ausführung der Wasserhaltung wird hiermit vorgelegt.

2 Verwendete Unterlagen

Die folgenden Unterlagen wurden für die Ausarbeitung des vorliegenden Berichts verwendet:

- /1/ Ingenieurgemeinschaft Katzwangtunnel (24.07.2024): Abschlussbericht Leistungsphase 2: Projekt TenneT A070 Juraleitung Raitersaich-Ludersheim-Sittling-Altheim 380-kV-Ersatzneubauprojekt, Ltg. Abschnitt A-Katzwang (LH-07-B170), Bericht (164 Seiten)
- /2/ MOLL-prd GmbH & Co. KG (22.04.2024): Raitersaich-Ludersheim-Sittling- Altheim 380-kV-Ersatzneubauprojekt, Abschnitt A Katzwang (B170) Regelgraben Querschnitt Katzwang. Proj.-Nr.: 17828, Zeichn.-Nr.: KWT_LP2_SZ_00, Maßstab: 1: 100
- /3/ MOLL-prd GmbH & Co. KG (28.10.2024): Raitersaich-Ludersheim-Sittling- Altheim 380-kV-Ersatzneubauprojekt, Abschnitt A Katzwang (B170) Regelgraben Querschnitt Katzwang. Index 01: Erdkabel 10 cm tiefer gelegt. Proj.-Nr.: 17828,
- /4/ Dr. Spang Ingenieurgesellschaft für Bauwesen, Geologie und Umwelttechnik mbH (13.06.2024): Juraleitung A070 Abschnitt A West, Los 6 Erdkabel Katzwang Baugrundhauptuntersuchung Geotechnisches Trassengutachten, Projektnummer: 43.8801. Bericht mit 44 Seiten, 8 Anlagen.
- /5/ Dr. Spang Ingenieurgesellschaft für Bauwesen, Geologie und Umwelttechnik mbH (02.10.2024): P8801_Katzwang Wasserstände, E-Mail
- /6/ R. Rieß, Grundwasserströmung – Grundwasserhaltung, Grundbautaschenbuch (1996) Bd. 2, Berlin: Ernst & Sohn, 386 Seiten
- /7/ Davidenkoff, Rostislav (1953): Grundwasserzufluss zu Brunnen und Gräben. Neues Berechnungsverfahren von Charles Jaeger. In: Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau 2. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. Seiten: 21-30.

3 Ausgangssituation und Grundlagen

Für den Ersatzneubau der Höchstspannungsleitung "Juraleitung" auf Spannungsebene von 380/220 kV mit insgesamt ca. 160 km Länge durch die TenneT TSO wird in besonderen Situationen eine Erdkabeltrasse vorgesehen. Im Bereich Katzwang (A-West) im Süden von Nürnberg ist ein Tunnel (Katzwangtunnel) der unter anderem den Main-Donau-Kanal unterquert geplant. Die Zuleitungen zum Tunnel, jeweils zwischen den Start- und Zielbauwerken des Tunnels und den Kabelübergabeanlagen (KÜA) auf die Freileitung, sollen als Erdkabel in offener Grabenbauweise hergestellt werden. Eine Gesamtübersicht mit den geplanten Bauwerken ist in Abbildung 1 dargestellt.

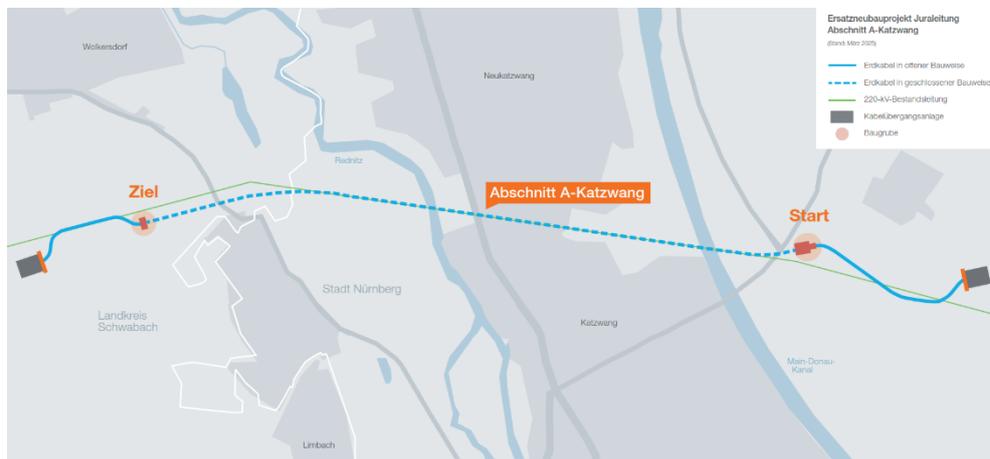


Abbildung 1: Gesamtübersicht, Lage Tunnel Katzwang, aus /1/

Der Regelquerschnitt der Erdleitungen in beiden Abschnitten ist in Abbildung 2 dargestellt. Nach /2/ ist für die Erdkabeltrasse ein Regelquerschnitt mit zwei parallelen Kabelgräben mit je ca. 1,95 m Grabentiefe und einer Grabenbreite von jeweils ca. 9 m geplant [/3/]. Die Verlegetiefe der Kabel liegt bei ca. 1,7 m u. GOK, die Trassenbreite bei insgesamt ca. 28 m mit mittig angeordneter Baustraße. Die beiden Gräben sollen im Regelfall mit einer beidseitigen Böschung von 45° hergestellt werden.

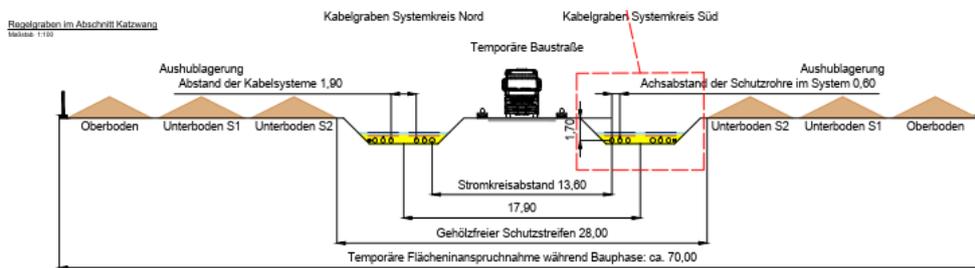


Abbildung 2: Regelquerschnitt für die Erdkabelabschnitte, Abschnitt A Katzwang aus /3/.

Der Bau der Erdleitungen ist in zwei Bauphasen geplant (/2/, /3/). Erst nach Fertigstellung des ersten Leitungsgrabens und vollständiger Verfüllung soll der zweite parallele Graben ausgehoben werden.

Durch den Unterzeichner erfolgte am 15.10.2024 eine Begehung der Örtlichkeiten und der untersuchten Trassenbereiche.

Der Abschnitt Katzwang (westlicher Abschnitt) verläuft von der Startbaugrube des Tunnelabschnittes über landwirtschaftlich genutzte Flächen in Richtung Osten. Die Trasse umfährt dabei ein Waldgebiet südlich. Der Abschnitt endet im Bereich der Kabelübergangsanlage. Die Gesamtlänge des Abschnittes beträgt ca. 660 m. Der Abschnitt ist in Abbildung 3 dargestellt.

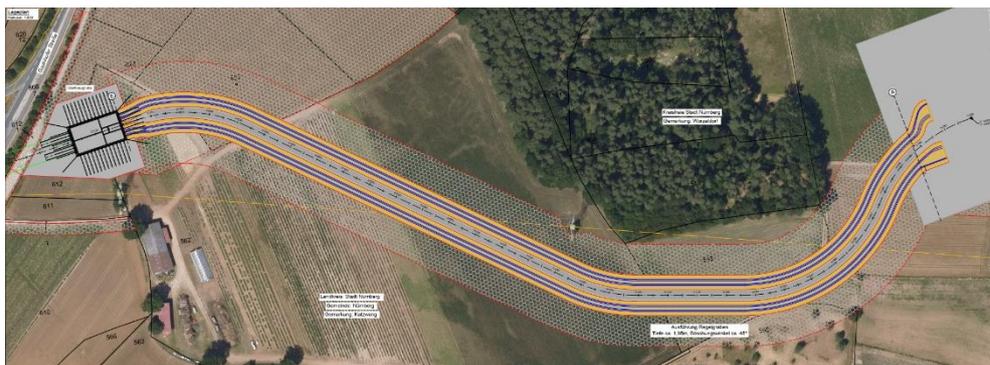


Abbildung 3: Westlicher Erdkabelabschnitt (Abschnitt Katzwang) aus /1/

Für die beiden Bereiche der geplanten Kabelgräben für die Erdleitung liegt ein geotechnisches Trassengutachten vom 13.06.2024 (/4/) vor. Die Planung der Leitungstrasse hat sich seit dieser Erkundungsstand noch in einigen Details geändert. Dies wurde in den folgenden Betrachtungen und Berechnungen berücksichtigt.



Abbildung 4: Östlicher Erdkabelabschnitt (Abschnitt Wolkersdorf) aus /1/

4 Geologische und hydrogeologische Situation

Für die untersuchten Bereiche mit den geplanten Kabelgräben für die Erdleitung liegt ein geotechnisches Trassengutachten vom 13.06.2024 (/4/) vor. Darin werden die Baugrundsichten, deren geotechnischen und hydraulischen Kennwerte sowie die aufgeschlossenen Schichtlagerungsverhältnisse im Trassenverlauf dargestellt.

Weiterhin wurden hier Bauwasserstände für die verschiedenen Trassenabschnitte festgelegt.

4.1 Baugrundsichten

Im Folgenden werden die relevanten Baugrundsichten im Bereich der geplanten Leitungsgräben grob auszugsweise nach /4/ aufgeführt. Details sind /4/ zu entnehmen.

Schicht 0 - Oberboden:

Oberflächennah mit einer Mächtigkeit von ca. 0,2...0,6 m. Überwiegend handelt es sich um Sande mit unterschiedlichem Feinkorngehalt bzw. um schluffige, sandige und tlw. kieselige Tone. Variierender Anteil an humosen Beimengungen.

Schicht 2.1 - Verwitterungstone:

Bindige Verwitterungstone, unterschiedlich braune, graue, rötliche und gelbliche feinkornhaltige Sande und Kiese, sowie Tone und Schluffe mit variierendem Sand- und Kiesanteil.

Schicht 2.2 – gemischtkörniger Verwitterungsboden:

(Hell)graue, (gelblich)braune und weiße Sande und Kiese mit unterschiedlichen Feinkornanteil.

Die Verwitterungsprodukte der Schichten 2.1 und 2.2 wurden meist in einer unregelmäßigen Wechsellagerung erkundet. Festgestein bzw. die Unterkante der Verwitterungszone wurde bis zur geplanten Grabensohle (ca. 1,96 m u. GOK) nicht erkundet.

4.2 Bemessungswasserstände:

Im vorliegenden Trassengutachten (/4/) werden für alle Bereiche der Trasse Bauwasserstände angegeben. Es wird in /4/ weiterhin darauf hingewiesen, dass nur eine Grundwassermessstelle vorhanden ist und keine Langzeitmessungen vorliegen. Der Bemessungswasserstand und der Bauwasserstand wurden daher vorsichtig auf Grundlage der begrenzt verfügbaren Informationen abgeschätzt. Durch den Gutachter wurde bei der Festlegung der Bauwasserstände weiterhin ein Sicherheitsaufschlag von 1,0 m zum höchsten gemessenen Grundwasserstand berücksichtigt.

Aus weiteren Daten zur Grundwasserbeobachtung (/5/) ergaben sich keine für die Leitungsgräben relevanten Änderungen oder zusätzlichen Erkenntnisse zu den oberflächennahen Grundwasser-Verhältnissen.

Für die im Bereich der Leitungsgräben anstehenden Böden wurden in (/4/) Durchlässigkeitsbeiwerte als Bandbreiten gemäß DIN 18130 angegeben. Für die relevanten Schichten wurden die folgenden Werte angegeben.

Tabelle 1: Durchlässigkeitsbeiwerte aus (/4/) als Bandbreiten gemäß DIN 18130

Schicht	Durchlässigkeitsbeiwert k_f
Schicht 2.1 Verwitterungstone	$1 \times 10^{-7} \dots 1 \times 10^{-11} \text{ m/s}$
Schicht 2.2 gemischtkörniger Verwitterungsboden	$2 \times 10^{-5} \dots 1 \times 10^{-7} \text{ m/s}$

Auf Grundlage der in /4/ beschriebenen, unregelmäßigen Wechsel-lagerungen der Schichten 2.1 und 2.2 als Verwitterungsprodukte und die kleinräumig wechselnden Verhältnisse wird konstruktiv für die folgenden hydraulischen Berechnungen des Wasserandrangs ein Wert von:

$$k_f = 2 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

als charakteristischer Wert für eine Abschätzung der Durchlässigkeit aller oberflächennahen Baugrundsichten bis ca. 2,5 m u. GOK im gesamten untersuchten Trassenverlauf angesetzt. Der in /4/ beschriebene Oberboden (Schicht 0) wird für die hydraulischen Berechnungen nicht als gesonderte Schicht mit einbezogen.

5 Trassenabschnitte

Zur Ermittlung des Wasserandrangs in die Leitungsgräben wurden aus den Längsprofilen der Planung /1/ und den geotechnischen Längsprofilen der Leitungen aus /4/ Trassenabschnitte mit vergleichbaren Bauwasserständen und Bodenverhältnissen zusammengefasst. Die für die Berechnung des Wasserandrangs verwendeten Abschnitte mit ähnlichen Bauwasserständen sind in Tabelle 2 und Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 2: Einteilung der Trassenabschnitte für die Ermittlung des Wasserandrangs in die Gräben, Bereich Ost

Bereich	Abschnitt	Länge	Bauwasserstand nach /4/ (im Mittel)
Ost	0+000 ...0+200	200 m	1,0 m u. GOK
	0+200 ...0+380	180 m	1,0 m u. GOK
	0+380 ...0+430	50 m	3,5 m u. GOK
	0+430 ...0+520	50 m	= GOK
	0+520 ...0+590	70 m	1,5 m u. GOK
	0+590 ...0+665	75 m	1,0 m u. GOK

Tabelle 3: Einteilung der Trassenabschnitte für die Ermittlung des Wasserandrangs in die Gräben, Bereich West

Bereich	Abschnitt	Länge	Bauwasserstand nach /4/ (im Mittel)
West	0-020 ...0+130	150 m	3,0 m u. GOK
	0+130 ...0+190	60 m	1,9 m u. GOK
	0+190 ...0+250	60 m	1,1 m u. GOK
	0+250 ...0+300	50 m	2,0 m u. GOK
	0+300 ...0+400	100 m	1,3 m u. GOK

6 Ermittlung des bauzeitlichen Wasserandrangs

Der einseitige Wasserzufluss Q zu Gräben im Baugrund bei bekanntem Grundwasserstand kann analytisch über das Berechnungsverfahren nach DAVIDENKOFF (/7/) ermittelt werden (Formel 1).

$$Q = k \cdot H^2 \cdot \left[\left(1 + \frac{t}{H} \right) \cdot m + \frac{L_1}{R} \cdot \left(1 + \frac{t}{H} \cdot n \right) \right]$$

Formel 1: Grundwasserandrang nach DAVIDENKOFF

Für diese Berechnung des Grundwasserandrangs in einen Graben werden die geometrischen Faktoren Länge L_1 und Breite L_2 des Graben(-abschnitte)s sowie der Absenkbetrag H (Abbildung 5) benötigt.

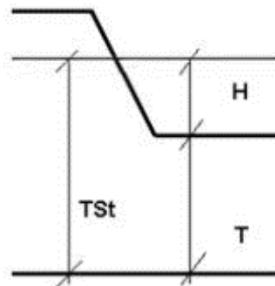


Abbildung 5: Geometrische Herleitung des Absenkbetrags H

Für die Ermittlung des notwendigen Absenkbetrags der Wasserhaltung wird eine durchgängige Grabensohle bei 1,85 m u. GOK angesetzt.

Weiterhin wird ein homogener, konservativ abgeschätzter Wert für die Durchlässigkeit der Böden k bzw. k_f (aus Kapitel 4.2) verwendet.

Die hydraulische Reichweite R der Grundwasserabsenkung wird in die o.g. Gleichung (Formel 1) eingesetzt. Diese lässt sich aus der empirisch hergeleiteten Gleichung nach SICHARD (Formel 2) abschätzen:

$$R = 3000 \cdot s \cdot \sqrt{k}$$

Formel 2: Reichweite nach SICHARD nach /6/

Die Faktoren M und m sind geometrische Faktoren, die sich aus der Geometrie der Gräben bzw. Baugrube ergeben. Diese sind den folgenden Diagrammen (Abbildung 6) aus /7/ zu entnehmen.

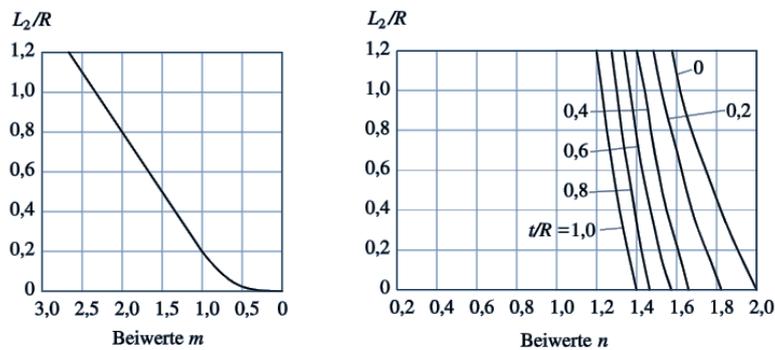


Abbildung 6: Herleitung der Faktoren m und n nach /7/

Der nach der oben ausgeführten Berechnung ermittelte Wasserandrang Q für jeden Trassenabschnitt wird basierend auf den angesetzten Bauwasserständen für die einzelnen Trassenabschnitt in den Tabellen 4 und 5 dargestellt.

Es ist hier zu beachten, dass es sich um den analytisch ermittelten Wasserandrang für jeweils einen Leitungsgraben handelt. Es wird davon ausgegangen, dass wie in der Planunterlage beschrieben, die beiden parallelen Gräben nicht zeitgleich ausgehoben werden.

Weiterhin handelt es sich bei den ermittelten Wassermengen um den ungünstigsten bauzeitlich zu erwartenden Fall. Sollten die Grundwasserstände, wie es im Jahrgang im Regelfall zu erwarten ist, unterhalb des angesetzten Bauwasserstand liegen, werden deutlich geringere Wassermengen in die Leitungsgräben zufließen.

Tabelle 4: Wasserandrang ermittelt nach DAVIDENKOFF für den Erdkabelabschnitt Ost, Katzwang

Abschnitt	Länge I [m]	Absenk- betrag H [m]	Reichweite R nach SICHARD [m]	Wasserandrang Q nach DAVIDENKOFF	
				[l/s]	[m³/h]
0+000...0+200	200 m	0,96	13	2,0	7,2
0+200...0+380	180 m	0,96	13	1,8	6,5
0+380...0+430	50 m	0	0	0	0
0+430...0+520	50 m	1,96	26	1,8	6,5
0+520...0+590	70 m	0,46	6	1,0	3,6
0+590...0+665	75 m	0,96	13	0,9	3,3
Summen:	625 m			7,5	27,1

Tabelle 5: Wasserandrang ermittelt nach DAVIDENKOFF für den Erdkabelabschnitt West, Wolkersdorf

Abschnitt	Länge I [m]	Absenk- betrag H [m]	Reichweite R nach SICHARD [m]	Wasserandrang Q nach DAVIDENKOFF	
				[l/s]	[m³/h]
0-020...0+130	150 m	0	0	0	0
0+130...0+190	60 m	0	0	0	0
0+190...0+250	60 m	0,86	12	1,5	5,4
0+250...0+300	50 m	0	0	0	0
0+300...0+400	100 m	0,66	9	2,2	7,9
Summen:	420 m			3,7	13,3

7 Empfehlungen zur bauzeitlichen Wasserhaltung

Nach den in Kapitel 6 ausgeführten Berechnungen ist ein Wasserandrang in die Leitungsgräben von **ca. 27 m³/h im östlichen und ca. 13 m³/h im westlichen** Abschnitt zu erwarten. Es handelt sich hierbei um konservativ ermittelte Werte.

Der Bereich mit dem höchsten Wasserandrang befindet sich in den Abschnitten 0+000...0+380 im östlichen Teil der Erdkabeltrasse (Abschnitt Katzwang). Hier verläuft die Leitung topographisch niedrig, im Bereich einer vergleichsweise ebenen und landwirtschaftlich genutzten Fläche.

Die o.a. Wassermengen sind im Verhältnis zu den durch Niederschläge zu erwartenden Wassermengen gering. Für übliche Niederschläge sind bei üblichen Regenspenden im gesamten Trassenbereich mindestens ähnliche Größenordnungen zu erwarten.

Nach den Angaben in /4/ ist oberflächennah kein geschlossener zusammenhängender Grundwasserleiter zu erwarten und es ist bereichsweise von geringeren Durchlässigkeiten der anstehenden Böden als in der analytischen Berechnung der Wassermengen angesetzt, auszugehen.

Auf Grundlage des ermittelten Wasserandrangs ist davon auszugehen, dass die Wasserhaltung in beiden Bereichen (Ost und West) mittels einer offenen Wasserhaltung beherrscht werden kann. Das anfallende Schicht-, Stau- und Sickerwasser ist zusammen mit dem Niederschlagswasser in Pumpensümpfen zu fassen und abzuführen.

Die Wasserhaltungsmaßnahmen sind im Zuge der Ausführungsplanung hydraulisch zu dimensionieren. Für die Dimensionierung der Grund- und Schichtwasseranteile können die in Kapitel 6 dargestellten Wassermengen angesetzt werden.

Eine wasserrechtliche Genehmigung wird für den Eingriff in die grundwasserführenden Schichten und vor allem für das bauzeitliche Abführen von Grundwasser notwendig. Weiterhin werden ggf. Einleitgenehmigungen für das gefasste Wasser erforderlich.

Bei der Planung und Ausschreibung der Wasserhaltung ist zu berücksichtigen, dass die bauzeitliche Trockenhaltung, die Fassung und Ableitung von Niederschlags-, Tag-, Sicker- und Oberflächenwasser in einer offenen Wasserhaltung durch den AN Bau im Zuge der Sicherung der Arbeiten gegen Niederschlagswasser sowie dessen Beseitigung erforderlich wird. Dies ist eine Nebenleistung gemäß DIN 18 299, VOB Teil C und wird nicht gesondert vergütet.

Es wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass beim Betrieb einer offenen Wasserhaltung keine Absenkung des Grundwassers unterhalb der Sohlbettung erfolgt. Dies ist im Regelfall auch nicht erforderlich.

Bei der Herstellung der Leitungsgräben ist, insbesondere in den Bereichen mit topographisch bedingtem Längsgefälle zu berücksichtigen, dass zutretendes Tag- und Grundwasser grabenparallel zum tiefsten Punkt fließen wird. Um eine ungewollte Ansammlung von Wasser an lokalen Tiefpunkten zu vermeiden sind entsprechende Pumpensümpfe zu setzen. Ggf. sind in Bereichen mit erhöhtem Gefälle auch konstruktive Querschotts im Graben anzuordnen. Diese Maßnahmen sind auch zur Verhinderung von ungewünschter Erosion der Grabensohle durch fließendes Wasser z.B. im Fall von Starkregenereignissen von Vorteil.

Geotechnische Gesichtspunkte und Empfehlungen für die Herstellung der Erdleitungen wurden im vorliegenden Bericht nicht weiter behandelt. Hier wird auf das Trassengutachten (/4/) verwiesen.

8 Schlussbemerkung

Dieser Bericht wurde nach bestem Wissen und Gewissen auf der Grundlage der aufgeführten Daten und Unterlagen erstellt.

Sollten Fragen auftreten, die im vorliegenden Bericht nicht bzw. nicht ausreichend behandelt wurden ist der Aufsteller zu informieren.

Sollten Unklarheiten im Verständnis des Berichtes oder der Auslegung der Ergebnisse bestehen, so stehen Ihnen für Rückfragen Herr Burkhard Cless (☎0172-5383772, eMail: info@geoexperts.de) zur Verfügung.

Laichingen, den 22.04.2025

GEOEXPERTS GmbH



(Lars Ruderisch)

- M.Sc. Geowissenschaften -



(Burkhard Cless)

- Dipl.-Geol. MSc ETH -