

Raitersaich – Ludersheim – Sittling – Altheim 380-kV-Ersatzneubauprojekt

Juraleitung

**Ltg.-Abschnitt B-Nord Sittling – Ludersheim_West
(LH-08-B171)**

**Planfeststellungsunterlage
Unterlage 10.1**

Wasserrechtliche Antragsunterlage

Antragsteller:



TenneT TSO GmbH

Bernecker Straße 70

95448 Bayreuth

Bearbeitung:



Sweco GmbH

Grenzstraße 26

06112 Halle (Saale)

Aufgestellt:	TenneT TSO GmbH i.V. gez.: Julia Gotzler i.V. gez.: Andreas Junginger	Bayreuth, den 27.11.2024
Bearbeitung:	Sweco GmbH i.A. gez.: Anne Geyer	
Anlagen zum Dokument	Anlage 1: Übersicht Koordinaten/Liegenschaft Freileitung, Erdkabel, KÜA und Bestandstrasse B52 Anlage 2: Zusammenfassung BGU-Ergebnisse Anlage 3: Hydraulische Berechnungen Anlage 4: Übersicht Gewässerbenutzung Anlage 5: Regelgrabenprofile Erdkabel	
Änderungs- historie:	Änderung:	Änderungsdatum:

Inhaltsverzeichnis

1.	Beschreibung der Baumaßnahmen.....	5
2.	Datengrundlage.....	5
3.	Standortbeschreibung.....	6
3.1	Lage	6
3.2	Geologie	7
3.3	Hydrologie.....	8
3.4	Wasser- / Heilquellenschutzgebiete	11
3.5	Altlasten und Altlastenverdachtsflächen.....	11
3.6	Überschwemmungsgebiete	11
3.7	Quellen, Teiche und Brunnenanlagen	12
4.	Entwässerungsmaßnahmen.....	12
4.1	Neubau Freileitung, Erdkabel, KÜA und Rückbau Bestandsmasten.....	12
4.2	Entwässerungsansatz.....	14
4.3	Bemessungsgrundlage	19
4.4	Berechnungsergebnisse.....	20
4.4.1	Wasserandrang Freileitung und KÜA	20
4.4.2	Wasserandrang Erdkabel.....	21
4.4.3	Wassermengen aus Niederschlägen	22
4.4.4	Abzuleitende Gesamtwassermengen.....	24
4.5	Entsorgung des anfallenden Wassers aus der Wasserhaltung	26
5.	Einfluss der Wasserhaltung.....	28
5.1	Einfluss auf das Grundwasser	29
5.2	Einfluss auf Oberflächengewässer	30
5.3	Einflussradien nach Sichardt.....	31
6.	Betriebsbedingte Genehmigungen/Erlaubnisse	32
6.1	Einsatz von wassergefährdenden Stoffen im Betrieb der Kabelübergangsanlagen	32
6.2	Niederschlagswasserbeseitigung im Bereich der Kabelübergangsanlagen.....	32
7.	Anlagen in, an, über und unter oberirdischen Gewässern	34
8.	Arbeiten im Gewässerrandstreifen.....	38

Anlagen

Anlage 1	Übersicht Koordinaten/Liegenschaft Freileitung, Erdkabel, KÜA und Bestandstrasse B 52
Anlage 2	Zusammenfassung BGU-Ergebnisse
Anlage 3	Hydraulische Berechnungen
Anlage 4	Übersicht Gewässerbenutzung
Anlage 5	Regelgrabenprofil Erdkabel

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht Abschnitt B-Nord	7
Abbildung 2: Prinzipskizzen Fundamente (verändert nach TenneT).....	13
Abbildung 3: Schematischer Aufbau Pumpensumpf.....	15
Abbildung 4: schematischer Aufbau und Wirkungsweise Horizontaldrainage	16
Abbildung 5: Schematischer Aufbau Sauglanze/Spühhlanze	18

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Schichtenaufbau des Baugrundes entlang der Erdkabeltrasse	8
Tabelle 2: Grundwasserverhältnisse am Erdkabel für Bereiche mit einem Bauwasserstand ... oberhalb der Baugrubensohle	9
Tabelle 3: Grundwasserverhältnisse an den Maststandorten	10
Tabelle 4: Grundwasserverhältnisse an den Baugruben der KÜA	11
Tabelle 5: Teiche und Brunnenanlagen im möglichen Einflussbereich der Wasserhaltung ..	12
Tabelle 6: Anfallende Wassermengen aus Baugrube und Niederschlag (Freileitung)	24
Tabelle 7: Anfallende Wassermengen aus Baugrube und Niederschlag (Erdkabel)	25
Tabelle 8: Anfallende Wassermengen aus Baugrube und Niederschlag (KÜA)	26
Tabelle 9: Anlagen im Bereich von genehmigungspflichtigen Gewässern im Sinne von Art. 20 Abs. 1 und 2 BayWG	36

1. Beschreibung der Baumaßnahmen

Das Raitersaich – Ludersheim – Sittling – Altheim 380-kV-Ersatzneubauprojekt ist ein Netzausbauprojekt des Stromübertragungsnetzes. Im Bundesbedarfsplangesetz (BBPlG) ist das o.g. Projekt als Vorhaben Nr. 41 geführt. Das Vorhaben wird zur Höchstspannungs-Wechselstrom-Übertragung als Ersatzneubau der bestehenden 220 kV–Leitung zwischen den Umspannwerken (UW) Raitersaich – Ludersheim – Sittling – Altheim geplant.

Die Ersatzneubauleitung verläuft von Raitersaich im Landkreis Fürth in West-Ost-Richtung bis Altdorf bei Nürnberg im Landkreis Nürnberger Land und anschließend in Nord-Süd-Richtung bis Altheim im Landkreis Landshut. Sie beinhaltet neben dem Leitungsbau einer 380 kV–Freileitung mit Teilerdverkabelungsabschnitten, den Rückbau der bestehenden 220 kV–Leitung, den Umbau der Schaltanlagen in den Umspannwerken Ludersheim, Sittling und Altheim und die Verbindung des alten Umspannwerkes Ludersheim mit dem neuen UW Ludersheim West.

Für den vorliegenden Genehmigungsabschnitt B-Nord ist der Neubau einer 380 kV-Freileitung mit 114 Masten auf einer Länge von ca. 42 km sowie der Erdkabelanlage Mühlhausen auf einer Länge von ca. 3 km mit zwei Kabelsystemen, bestehend aus 12 Erdkabeln und Nebenbauwerken geplant. Nebenbauwerke sind die Kabelübergangsanlagen (KÜA) nördlich und südlich der Erdkabelanlage Mühlhausen und die Crossbonding-Muffen einschließlich der Crossbonding-Anlagen je Crossbonding-Muffe. Die Verlegung der Wechselspannungskabel erfolgt in Kabelschutzrohren (KSR). Des Weiteren ist der Rückbau der Bestandsleitung mit 163 Masten auf einer Länge von ca. 43 km geplant.

Für die geplante Grundwasserabsenkung/-entnahme, das Bauen im Grundwasser und die Wiedereinleitung des geförderten Grundwassers im Landkreis Neumarkt i.d.O. beantragt die Sweco GmbH im Namen und Auftrag der TenneT TSO GmbH die wasserrechtliche Erlaubnis gemäß Art. 15, 20, 70 Abs. 1 Nr. 3 BayWG [D2] und §8 Abs. 1, § 9 Abs. 1 Nr. 4, § 9 Abs. 1 Nr. 5, § 9 Abs. 2 Nr. 1, § 10 Abs. 1, § 36 Abs. 1 (WHG) [D1].

2. Datengrundlage

Die Ausarbeitung der vorliegenden Wasserrechtlichen Antragsunterlage wurde vom Verfasser auf Grundlage der nachfolgenden Daten erstellt:

- Baugrundvoruntersuchung A070 „Geologischer Bericht Abschnitt B-Nord“ vom 03.02.2022, bearbeitet von der BERNARD Gruppe ZT GmbH
- Baugrundhauptuntersuchung, „Geotechnisches Trassengutachten, Erdkabel Mühlhausen, Juraleitung A070 Abschnitt B Nord, Los 6“ vom 23.06.2023, bearbeitet von der DR. SPANG INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR BAUWESEN, GEOLOGIE UND UMWELTECHNIK MBH
- A070 Juraleitung, Wasserhaltung alle Abschnitte, Abschätzung von Wassermengen, vom 22.04.2024, bearbeitet von der IG Braunschweig GmbH
- A070 Juraleitung, Abschätzung Wasserhaltungsmaßnahmen Baugruben KÜA Mühlhausen Süd und Nord, vom 29.05.2024, bearbeitet von der IG Braunschweig GmbH
- Digitale Trassenplanung Abschnitt B-Nord (KML-, KMZ- und Shape-Dateien), Digitale Übersichtspläne Maßstab 1:25000 (PDF), Digitale Lagepläne 1:25000 (PDF) Digitale Karten Altlastenflächen und Liegenschaftskarte (Shape-Dateien)

- WMS-Dienste, Bayrisches Landesamt für Umwelt; Digitale Geologische- (dGK25), Hydrogeologische- (dHK100) Karte, Hinweiskarte Hohe Grundwasserstände, Überschwemmungsgebiete
- BayernAtlas und Umweltatlas Bayern: Luftbilder, Topographische Karte, Gewässerordnungen, Quellen und Teiche, Schutzgebiete, Hochwassergebiete, Gewässerrandstreifen
- Bemessungsgrundlage für die Regenspende auf Basis der KOSTRA-DWD-Datensätze (CDC Portal)
- Handlungshilfe für den Rückbau von Mastfundamenten bei Hoch- und Höchstspannungsfreileitungen – Bayrisches Landesamt für Umwelt 2015
- Verwendete Software: QGIS (Version 3.28), ProAqua 4.3
- Datenabfrage Brunnenanlagen nach Auskunft Landratsamt Neumarkt in der Oberpfalz und Wasserwirtschaftsamt Regensburg

3. Standortbeschreibung

3.1 Lage

Der Genehmigungsabschnitt B-Nord beginnt an der Landkreisgrenze von Neumarkt i. d. Oberpfalz südlich von Zell und durchläuft in nördlich bis überwiegend nordwestlicher Richtung die Gemeinden Dietfurt a. d. Altmühl, Beilngries (Landkreis Eichstätt östlich der Ortschaft Kevenhüll), Berching, Mühlhausen, Sengenthal, Berggau und endet nordöstlich von Postbauer-Heng, kurz nach der Landkreisgrenze Nürnberger Land bzw. Regierungsbezirksgrenze Mittelfranken/Oberpfalz (siehe Abbildung 1).

Die Bestandstrasse verläuft über weite Strecken in geringer Entfernung parallel zum Ersatzneubau. Bei den Ortschaften Postbauer-Heng, westlich von Berggau, Mühlhausen, östlich von Kevenhüll bis westlich von Dietfurt a. d. Altmühl und westlich von Zell beträgt die Entfernung zur Neubautrasse teilweise bis zu 1,5 km.

Der ca. 3 km lange Erdkabelabschnitt beginnt südwestlich von Weiherdorf, ca. 450 m südlich der Abfahrt (Bundesstraße 299) Richtung Weiherdorf und endet westlich von Wangen. Das Erdkabel verläuft parallel, in einer Entfernung von ca. 250 bis 550 m östlich des Ludwig-Main-Donau-Kanals, von Süd nach Nord. Der Streckenabschnitt führt über leicht hügeliges Gelände größtenteils durch landwirtschaftlich geprägte Bereiche; bewaldet ist lediglich der südliche und nördliche Abschnitt. Der geodätisch höchstgelegene Punkt im Erdkabelabschnitt befindet sich am nördlichen Ende der Trasse auf ca. 423 m NHN; der am niedrigsten gelegene Punkt am südlichen Ende auf ca. 400 m NHN.

Unmittelbar nördlich und südlich des Erdkabels befinden sich die Kabelübergangsanlagen (KÜA).

Die Gesamtabschnittslänge (siehe Abbildung 1) des Ersatzneubaus beträgt ca. 45 km, wovon ca. 2,5 km auf den Landkreis Eichstätt entfallen. Der geodätisch höchstgelegene Punkt im Trassenabschnitt B-Nord befindet sich ca. 1,2 km südöstlich von Pollanten (ca. 570 m NHN) und der am niedrigsten gelegene Punkt südlich von Dietfurt a. d. A. im Bereich der Querung der Altmühl (ca. 360 m NHN).

Die Ersatzneubautrasse verläuft, abgesehen von den Niederungen der Altmühl, in hügeligem Gelände größtenteils durch landwirtschaftlich geprägte Bereiche und lokal auch durch kleinräumige bewaldete Abschnitte. Entlang der Trassenführung werden Verkehrswege (Straßen, Feldwege), Bestandsleitungen sowie Flüsse/Kanäle, Bäche und Oberflächenabflussrinnen gekreuzt.

Die Koordinaten und Höhen sowie die Informationen zu den Flurstücken der Baugrubenstandorte können der Anlage 1 entnommen werden.

Die Lage der Maststandorte, des Erdkabels und der Nebenbauwerke ist in den Übersichtslageplänen (siehe Unterlage 2) und den Lage- und Rechtserwerbsplänen (siehe Unterlage 4) verzeichnet.

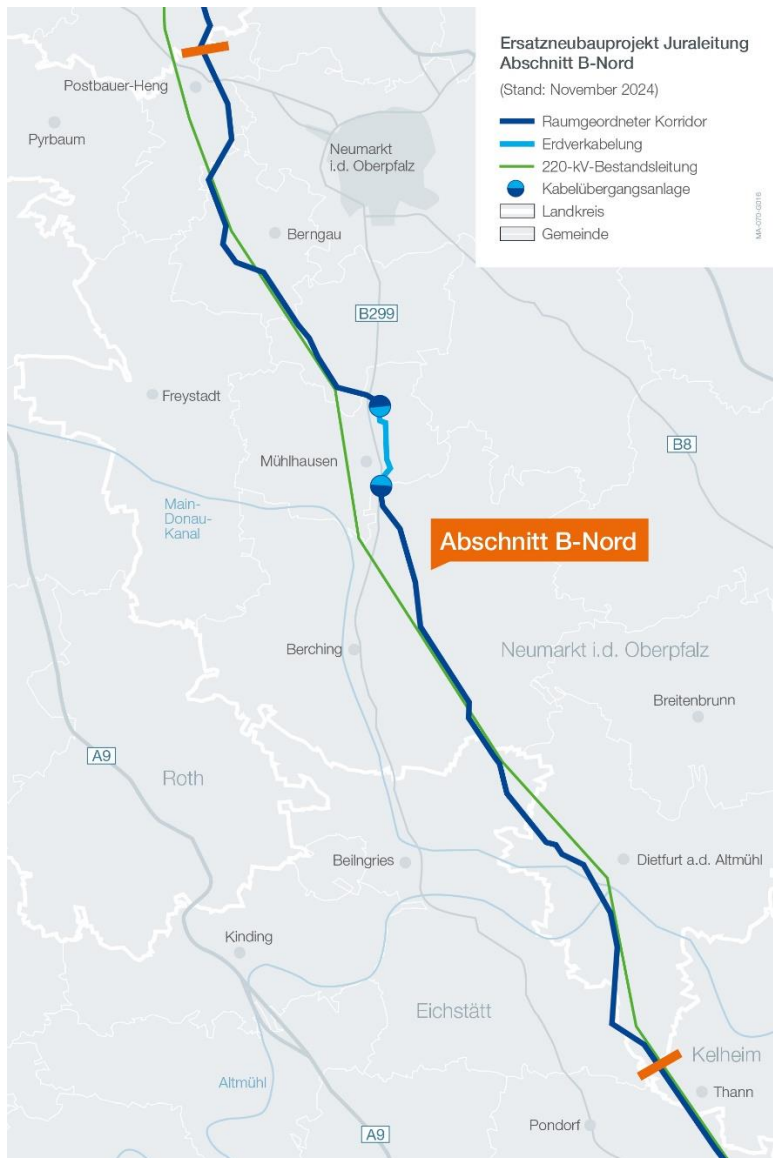


Abbildung 1: Übersicht Abschnitt B-Nord

3.2 Geologie

Die Trasse verläuft innerhalb des fränkischen Schichtstufenlandes, welche durch mesozoische Sedimentgesteine geprägt ist. Gemäß der digitalen geologischen Karte GK25 [D4] dominieren im nördlichen Bereich des Trassenabschnittes Ton- und Mergelsteine des Lias Delta bis Dogger Alpha sowie Sandsteine des Dogger Beta. Vereinzelt treten innerhalb der Braun- und Schwarzjuragruppen Kalksteinbänke auf. Die Flussniederungen bei Mühlhausen und bei Dietfurt a. d. Altmühl werden vorwiegend durch pleistozäne Flussablagerungen geprägt. Diese bestehen aus Sanden und Kiesen, die z.T. durch Flusslehm oder Flussmergel

überlagert werden. Südöstlich von Mühlhausen überwiegen der dickbankige Kalk- und Dolomitstein des Weißjuras sowie tertiäre und quartäre Lehmablagerungen.

Im Bereich der Kabelübergangsanlagen am südlichen und nördlichen Ende der Erdkabeltrasse sowie entlang der Erdkabeltrasse selbst befinden sich vorwiegend pleistozäne Flussablagerungen, bestehend aus Sanden und Kiesen, die z.T. von Flusslehm oder Flussmergel überlagert werden. Im südlichen Bereich auf Höhe der Abfahrt (B 299) Richtung Weiherdorf sind gemäß der digitalen geologischen Karte GK25 quartäre polygenetische oder fluviatile Talfüllungen vorzufinden. Der tiefere Untergrund setzt sich im Wesentlichen aus den blau- bis schwarzgrauen Ton- und Tonmergelsteinen der ca. 65 bis 70 m mächtigen Opalinuston-Formation des Dogger Alpha (Jura) zusammen.

Im Zuge der Baugrunduntersuchungen (siehe Unterlagen MB04.2 und MB04.3) für die Erdkabeltrasse wurde der vorgefundene Schichtenaufbau des Baugrundes (siehe Tabelle 1) entlang der Trasse wie folgt unterteilt und beschrieben.

Tabelle 1: Schichtenaufbau des Baugrundes entlang der Erdkabeltrasse

Schicht 0 Mutterboden	Mächtigkeit ca. 0,1 – 0,9; lockere bis mitteldichte Lagerung bzw. weiche bis steife Konsistenz; Bestehend aus Sanden mit untersch. Feinkorngehalt bzw. sandige Schluffe und Tone; lokal variierender Anteil an humosen Beimengungen
Schicht 1 Quartäre Sedimente	Auenlehme Schicht 1.1: Bindige quartäre Sedimente; graue und (hell)braune bis gelblichbraune feinkornhaltige Sande und Kiese sowie Tone und Schluffe mit variierendem Sand- und Kiesanteil; steife, lokal auch weiche Konsistenz
	Terrassensande/-kiese Schicht 1.2: Grob- bis gemischtkörnige quartäre Sedimente als graue und braune bis gelblichbraune Sande – untergeordnet auch als Kiese – mit einem schwachen Feinkorngehalt in lockerer bis mitteldichter Lagerung
Schicht 2 Verwitterungstone	Bindige Verwitterungstone; dunkelgraue und graubraune Tone mit fehlendem bis geringem Sand- und Kiesanteil; überwiegend steife bis halbfeste, lokal weiche bis steife Konsistenz
Schicht 3 Opalinuston	Festgestein; dunkelgraue Ton- und Tonmergelsteine der Opalinuston-Formation

3.3 Hydrologie

Gemäß der hydrogeologischen Karte dHK100 [D5] können die Braun- und Schwarzjuragruppen im nördlichen Teil des Trassenabschnittes vorwiegend als Grundwassergeringleiter bezeichnet werden. Die dazwischen eingeschalteten Kalksteinbänke weisen Eigenschaften eines Kluftgrundwasserleiters auf, welche aber einen unbedeutenden Einfluss auf die Grundwasserführung haben.

Die Kalk- und Dolomitsteine des Weißjuras werden als Karstgrundwasserleiter beschrieben. Die hier teilweise anstehenden Mergelsteine weisen tendenziell die Eigenschaften eines Grundwassergeringleiters auf. Bei den pleistozänen Flussablagerungen bestehend aus Sanden und Kiesen handelt es sich um ergiebige Poren-Grundwasserleiter. Das Filtervermögen wird als sehr gering, bei erhöhtem Feinkornanteil aber auch als hoch eingeschätzt.

Das anstehende Festgestein wird nördlich von Mühlhausen und in den Flussniederungen der Altmühl und des LMDK (Ludwig-Main-Donau-Kanal) meist von Hangsand, Flugsanden und sandigen Abschwemmungen und Kolluvien überlagert. Die Deckschichten weisen meist eine geringe- bis mäßige Porendurchlässigkeit auf und erreichen i.d.R. Mächtigkeiten zwischen 3 und 5 m. Die Deckschichten südlich von Mühlhausen bestehen vorwiegend aus tonig-schluffigen Lockergesteinen (Verwitterungslehme, Hanglehme,

lehmige Abschwemmmassen und Kolluvien, Lössbildungen und Seetone). Sie können Mächtigkeiten von bis zu 10 m erreichen und weisen eine äußerst geringe- bis geringe Porendurchlässigkeit auf.

Im Bereich des Erdkabels und der Kabelübergangsstationen bei Mühlhausen kann gemäß der hydrogeologischen Karte dHK100 [D5] der oberflächennahe Grundwasserleiter als Porengrundwasserleiter mit einer Mächtigkeit von meist unter 5 m, selten bis 10 m beschrieben werden, welcher eine mäßige bis mittlerer Gebirgsdurchlässigkeit und Ergiebigkeit aufweist. Das Filtervermögen wird als sehr gering, bei erhöhtem Feinkornanteil aber auch als hoch eingeschätzt. Die tieferliegende Opalinuston-Formation hingegen ist ein Grundwassergering- bis Grundwassernichtleiter mit hohem bis sehr hohem Filtervermögen.

In einer Entfernung von ca. 250 bis 550 m westlich des Erdkabels fließt der Ludwig-Main-Donau-Kanal von Süd nach Nord. Etwas weiter westlich fließt die Sulz, welche als Vorfluter im näheren Umfeld des Untersuchungsgebietes fungiert. Am südlichen Ende des Erdkabels, etwa 300 m südlich der Kabelübergangsstation (KÜA), verläuft der Entenbach von Ost nach West. Die Grundwasserfließrichtung im Bereich des Erdkabels bei Mühlhausen verläuft in südwestliche Richtung auf den Vorfluter Sulz ausgerichtet.

Die hydraulischen Eigenschaften des Untergrunds lassen sich nur mit Hilfe von Pumpversuchen detailliert bestimmen. Im Rahmen der Baugrunderkundung für das Erdkabel Mühlhausen wurden Pumpversuche durchgeführt (siehe Unterlage MB04.3), die zur Ermittlung der spezifischen Durchlässigkeitsbeiwerte bzw. zur Verifizierung der über die angetroffenen Bodengruppen sowie unter Berücksichtigung von Literaturwerten abgeschätzten Durchlässigkeiten herangezogen wurden.

In den nachfolgenden Tabellen 2 bis 4 sind alle Maste/Erdkabelbereiche aufgeführt, bei denen im Rahmen der Baugrunderkundung in der relevanten Tiefe Grundwasser angetroffen wurde. Die aufgeführten Bemessungswasserstände für das Erdkabel Mühlhausen wurden der Baugrunduntersuchung für den Erdkabelbereich entnommen. Zum Zeitpunkt der Erstellung der wasserrechtlichen Unterlage war die Baugrunduntersuchung für die Freileitung und KÜA noch nicht vollständig beendet.

Ergebnisse, die auf Annahmen aus der Literatur und der vorhandenen Bohrprofile aus der Baugrunduntersuchung beruhen, wurden in den Tabellen und Anlagen kenntlich gemacht. Eine Zusammenfassung der hydrogeologischen Ergebnisse aus der Baugrunduntersuchung kann der Anlage 2 entnommen werden.

Tabelle 2: Grundwasserverhältnisse am Erdkabel für Bereiche mit einem Bauwasserstand oberhalb der Baugrubensohle

Bereich	Bohrpunkte BGU	Kilometrierung	GOK Ø*	UK-Filterbe- reich Ø*		Bauwas- ser-stand Ø*	Bauwas- ser-stand Ø*
		[m]	[mNHN]	[mNHN]		m u. GOK	[mNHN]
1	1	0+000 - 0+025	399,30	390,10		1,80	397,50
2	2 - 7	0+025 - 0+330	399,60	390,40		1,08	398,50
3	8 - 9	0+330 - 0+425	400,30	392,55		0,50	399,80
4	10 - 11	0+425 - 0+540	401,05	394,75		0,40	400,65
5	15 - 18	0+660 - 0+890	401,40	397,60		0,16	401,24
6	19 - 21	0+890 - 1+035	401,68	399,48		0,13	401,55
7	32 - 38	1+525 - 1+870	418,47	416,97		0,00	418,47
8	40	1+920 - 1+965	422,00	412,00		1,10	420,90
9	43	2+075 - 2+140	422,55	412,55		1,90	420,65
10	62	2+355 - 2+380	419,10	409,10		1,60	417,50
11	63 - 65	2+395 - 2+505	417,27	407,27		1,37	415,90
12	68	2+600 - 2+605	417,60	407,60		1,50	416,10

MG 1	20	0+975 - 1+006	400,38	397,98		0,30	400,08
MG 2	38 - 39	1+906 - 1+937	411,96	409,26		1,50	410,46

* Mittelwert aus den Ergebnissen der Bohrpunkte (Baugrunduntersuchung Erdkabel Mühlhausen)

Tabelle 3: Grundwasserverhältnisse an den Maststandorten mit Wasserhaltungsmaßnahmen

Mast-Nr.	GOK	GW-Anschnitt	UK-Filterbereich	Bauwasserstand	Bauwasserstand
	[mNHN]	[m u. GOK]	[m u. GOK]	[m u. GOK]	[mNHN]
77*	363,2	-	10	2,0	361,2
78*	367,7	-	10	2,0	365,7
119	410,6	1,8	4,6	0,8	409,8
120*	398,7	-	10	0,8	397,9
121*	398,35	-	10	0,8	397,55
122	398,9	1,7	10	0,7	398,2
123	416,58	2,6	10	1,6	414,98
124	411,2	0,2	4,9	0	411,19
125	408,1	2,8	10	1,8	406,3
126	407,2	Kein GW	10	2,0	405,2
127	407,85	0,3	1,3	0	407,84
128	410,5	1,7	2,1	0,7	409,8
129*	413,9	-	10	0,5	413,4
130	427,92	1,45	10	0,45	427,47
131	433,3	1,5	10	0,5	432,8
132	433,3	1,6	10	0,6	432,7
133	428	0,2	10	0	427,99
134	429,8	0,6	10	0	429,79
135*	426,72	-	10	0	426,71
136	433,4	0,2	10	0	433,39
137*	434,6	-	10	0	434,59
138*	432,65	-	10	0	432,64
139*	420,1	-	10	0	420,09
140	419,9	1,8	10	0,8	419,1
141	419,69	0,9	10	0	419,68
142*	424,48	-	10	0	424,47
143*	435,95	-	10	0	435,94
144	428,85	1,7	10	0,7	428,15
145*	432,7	-	10	0,8	431,9
146	434,1	1,85	10	0,85	433,25
147*	439,2	-	10	0	439,19
148	441,7	0,4	10	0	441,69
149	447,55	1,15	10	0	447,54
150*	450,3	-	10	0	450,29
151	453,6	0,6	10	0	453,59
152*	460	-	10	0	459,99
153	470,8	1,65	10	0,6	470,2
158*	470,9	-	10	0	470,89
159	484,1	1,4	10	0	484,09
165	466,47	0,15	0,8	0	466,46
166*	465,8	-	10	2	463,8

* Angaben beruhen auf Annahmen aus Literatur und Baugrunduntersuchung

Tabelle 4: Grundwasserverhältnisse an den Baugruben der KÜA

Baugrube	GOK	GW-Anschnitt	UK-Filterbereich	Bauwasserstand	Bauwasserstand
	[mNHN]	[m u. GOK]	[mNHN]	[m u. GOK]	[mNHN]
C02 (Portal Süd) ¹	398,81	1,7	10	0,7	398,11
C12 (Portal Süd) ¹	398,81	1,7	10	0,7	398,11
KÜA MH-Süd (Betriebsgebäude) ¹	398,81	1,7	10	0,7	398,11
Einzelfundamente (KÜA MH-Süd) ¹	398,81	1,7	10	0,7	398,11
Einzelfundamente (KÜA MH-Nord) ²	416,54	2,6	10	1,6	414,94
KÜA MH-Nord (Betriebsgebäude) ²	416,54	2,6	10	1,6	414,94
C12 (Portal Nord) ²	416,54	2,6	10	1,6	414,94
C02 (Portal Nord) ²	416,54	2,6	10	1,6	414,94

¹ Angaben beruhen auf Annahmen aus Literatur und Baugrunduntersuchung Mast Nr. 122

² Angaben beruhen auf Annahmen aus Literatur und Baugrunduntersuchung Mast Nr. 123

3.4 Wasser- / Heilquellenschutzgebiete

Wasser- und Heilquellenschutzgebiete sind gemäß den Geodatendiensten des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (LFU Bayern) von der beantragten Gewässerbenutzung nicht betroffen.

3.5 Altlasten und Altlastenverdachtsflächen

Im Bereich der Freileitung und der Kabelübergangsanlagen befinden sich keine bekannten Altlasten, Altlastenverdachtsflächen, oder sonstige schädliche Bodenverunreinigungen:

Im Bereich des Erdkabels Mühlhausen ist eine Altlastenverdachtsfläche mit potenzieller Auswirkung auf das Grundwasser bekannt, die sich ca. 300 m südwestlich der Ortschaft Wangen befindet. Bei der Verdachtsfläche handelt es sich nach derzeitigem Kenntnisstand um eine ehemalige Hausmüll-/ Bauschuttdeponie (Gmkg: 4614, Flst: 1839). Aufgrund der topographischen Verhältnisse und der vorherrschenden Grundwasserfließrichtung könnte der GW-Zustrom von der ehemaligen Deponie den nördlichen Abschnitt des Erdkabels tangieren.

Zur Vorprüfung einer eventuell erforderlichen Behandlung des zu fördernden Grundwassers vor der Einleitung wurden im Rahmen der Baugrunderkundung das Grundwasser an den Grundwassermessstellen MH-KBDPHGWM 60 und 67 beprobt. Beide Grundwassermessstellen befinden sich im nördlichen Abschnitt des Erdkabels und somit im möglichen Zustrombereich in das Erdkabelbaufeld aus der ehemaligen Deponie. Die entsprechenden Analyseergebnisse finden sich in der Unterlage MB04.3. Als Bewertungsgrundlage des chemischen Zustands wurden die Schwellenwerte in Anlage 2 der Grundwasserverordnung GrwV [D6] sowie die Vergleichswerte in Anlage 7 der Oberflächengewässerverordnung OGewV [D7] herangezogen.

Die Analyseergebnisse der Grundwasserbeprobung zeigen keine Auffälligkeiten.

3.6 Überschwemmungsgebiete

Gemäß den Geodatendiensten des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (LFU Bayern) sind keine festgesetzten Überschwemmungsgebiete von der beantragten Gewässerbenutzung betroffen.

3.7 Quellen, Teiche und Brunnenanlagen

Innerhalb der Absenkungsradien der Standorte, für die eine Wasserhaltung notwendig ist, befinden sich gemäß den Geodatendiensten des Bayrischen Landesamtes für Umwelt (LFU Bayern) keine Quellen.

Nach Auskunft des Landratsamtes Neumarkt i.d.O. und des Wasserwirtschaftsamtes Regensburg sind auch keine Brunnenanlagen (Trinkwasserbrunnen, Gartenbewässerungen, Viehtränken, Erdwärme etc.) betroffen.

Es befinden sich allerdings Teiche innerhalb der Absenkungsradien einzelner Maststandorte. In der nachfolgenden Tabelle 5 sind die Teiche aufgeführt, die sich innerhalb der Absenkungsradien zu den Baugruben mit vorgesehener Wasserhaltung befinden.

Tabelle 5: Teiche und Brunnenanlagen im möglichen Einflussbereich der Wasserhaltung

Mast-Nr./ Erdkabelbereich (EB)	Reichweite Absenktrichter	Teiche	
	[m]	Distanz [m]	Gmkg/Flst
126	60	30	4619/1559
129	105	105-150	4619/1462
134	104	55 und 200	4675/570_1 und 4619/208
142	104	85	4606/436_11

4. Entwässerungsmaßnahmen

4.1 Neubau Freileitung, Erdkabel, KÜA und Rückbau Bestandsmasten

Für die Gründung der neu zu errichtenden Maste kommen in Abhängigkeit von den vorliegenden Bau- und Grundverhältnissen sowohl Flachgründungen (Platten- oder Stufenfundamente) als auch Tiefgründungen (Ramm- oder Bohrpfähle) infrage (Gründungsarten siehe Abbildung 2). Da zum Zeitpunkt der Erstellung der Antragsunterlagen noch keine konkrete Planung für die Gründungsart der einzelnen Maststandorte vorlag, wird für die Prognose der anfallenden Wassermengen für jeden Mast eine Worst-Case-Annahme zugrunde gelegt. Die Berechnungen basieren auf einer standardisierten Baugrubengröße von 20,0 m x 20,0 m x 3,5 m. Entsprechend der aktuellen Planung mittels Plattenfundament als Standardgründung ist mit einer Wasserhaltungsdauer von etwa 28 Tagen pro Mast zu rechnen.

Im Falle einer Tiefgründung (Rammpfahlfundament/ Bohrpahlfundament) werden keine Wasserhaltungsmaßnahmen erforderlich.

Der Bauablauf zur Ausführung der Tiefbauarbeiten beinhaltet im Allgemeinen folgende Schritte:

- Einrichtung der Zuwegung zum Maststandort (temporäre Baustraßen)
- Grundwasserabsenkung vor Beginn der Tiefbauarbeiten; Einrichtung Wasserhaltung mit Absetzbecken und Leitungen
- Oberbodenabtrag und fachgerechte Zwischenlagerung.
- Aushub der Baugrube unter Berücksichtigung der Bodenschichten. Unterschiedliche Bodenschichten werden separat gelagert und am Ende der Tiefbauarbeiten entsprechend der vorherrschenden Schichtung wieder verfüllt.
- Sicherung der Baugrube entweder durch Böschung der Baugrube oder mittels Spunddielen
- Einbringung einer Sauberkeitsschicht zur Herstellung des Fundamentes
- Bewehrungsarbeiten

- Betonage der Fundamentplatte und der Fundamentköpfe
- Verfüllung der Baugruben und Rückbau der Wasserhaltungseinrichtung

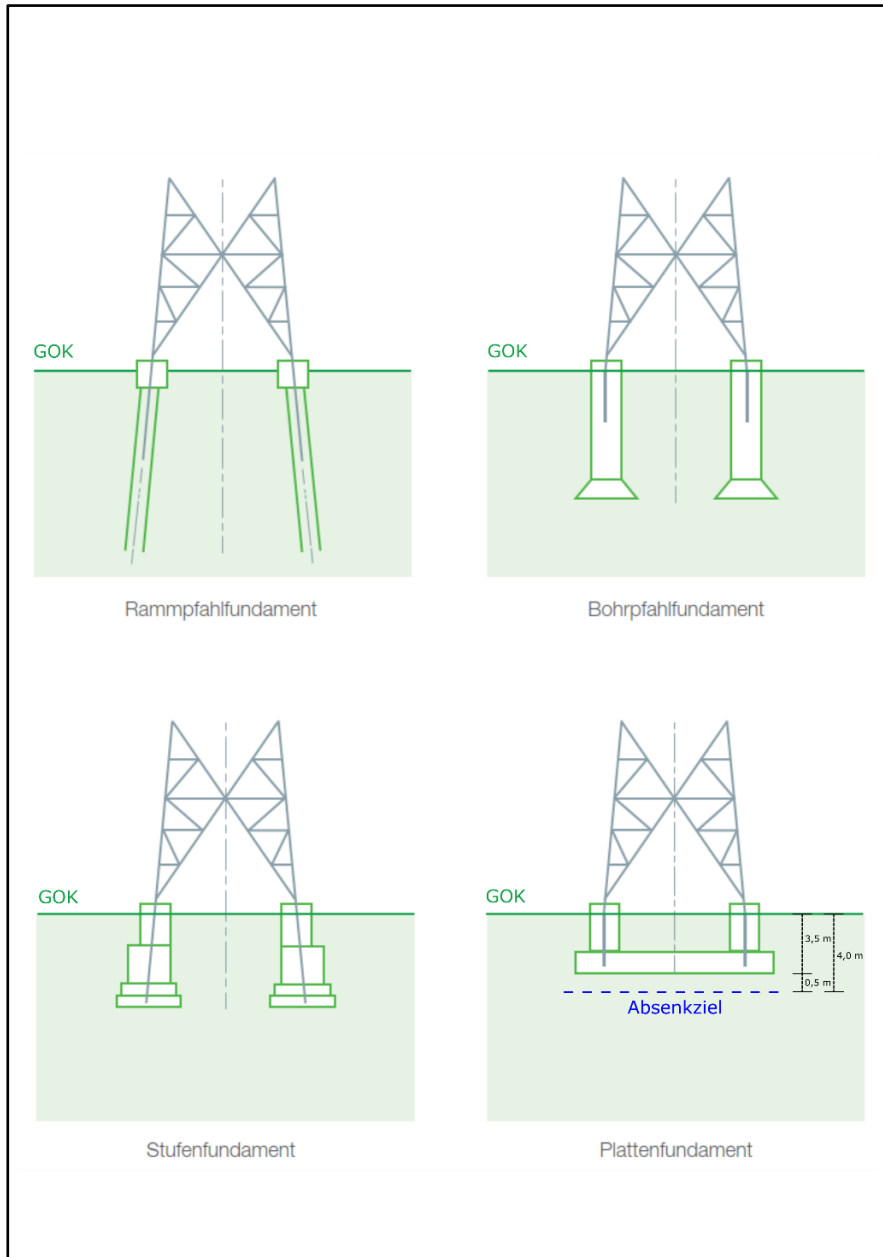


Abbildung 2: Prinzipskizzen Fundamente (verändert nach TenneT)

Die Wasserhaltungsmaßnahmen für den Erdkabelabschnitt (Regelgrabenprofile siehe Anlage 5) variieren in Abhängigkeit der örtlichen Gegebenheiten und basieren auf der Annahme, dass für die Herstellung von max. 300 m Kabelgrabenstrecke 14 Tage nötig sind sowie weitere sieben Tage Vor- und Nachhaltungsdauer. Für die Herstellung von max. 300 m Kabelgrabenstrecke beträgt die Wasserhaltungsdauer somit ca. 21 Tage. Die Wasserhaltungsdauer der zugehörigen Muffengruben (MG) beträgt ca. 90 Tage.

Im Rahmen der Herstellung der Kabelübergangsanlagen werden voraussichtlich Wasserhaltungsmaßnahmen für die Errichtung der Fundamente der Betriebsgebäude und Portale erforderlich. Zum Zeitpunkt der Erstellung der Antragsunterlagen lag noch keine konkrete Planung für die Gründung der Portale, Betriebsgebäude und Einzelfundamente vor. Es wurde daher davon ausgegangen, dass je KÜA zwei Baugruben (15

m x 13 m x 2,3 m) für die Portale und eine Baugrube (18 m x 15 m x 1,7 m) für das Betriebsgebäude erforderlich werden. Für die Baugruben der diversen Einzelfundamente (5 m x 5 m x 1,2 m) wird voraussichtlich eine Tagwasserhaltung ausreichend sein. Entsprechend der aktuellen Planung ist für die Herstellung der Fundamente der Portale und des Betriebsgebäudes mit einer Wasserhaltungsdauer von etwa 28 Tagen pro Baugrube zu rechnen. Der Bauablauf für die Tiefbauarbeiten der KÜA deckt sich nahezu mit dem weiter oben beschriebenen Bauablauf für die Tiefbauarbeiten der Maste des Neubaus.

Die spezifischen Haltungsauern der einzelnen Bereiche (Erdkabel) und Baugruben sind den Übersichtsblättern zu den hydraulischen Berechnungen der Anlage 3 zu entnehmen.

An den Rückbau der bestehenden 220 kV-Leitung ist nach derzeitigem Planungsstand keine Bauwasserhaltung vorgesehen. Sollte dennoch im Rahmen einer Tagwasserhaltung Wasser anfallen, wird dieses in der näheren Umgebung der Baustelle versickert. Ist widererwartend im Rahmen des Rückbaus eine Grundwasserabsenkung erforderlich, ist diese separat zu beantragen.

Der Rückbau der Bestandsleitung kann pro Maststandort bis zu zwei Wochen dauern. Nachdem die oberirdischen Stahlteile demontiert sind, erfolgt die Demontage der unterirdischen Fundamente bis in eine Tiefe von ca. 1,5 m u. GOK. Sofern Holzschwellenfundamente bzw. Betonfundamente mit Schutzanstrich bis in das Grundwasser bzw. den Grundwasserschwankungsbereich reichen, erfolgt ggf. ein vollständiger Rückbau der Holzschwellenfundamente bzw. ein Rückbau des Betonfundamentes bis in die Tiefe des vorgefundenen Schutzanstriches.

Sollten während der Bauausführung jahreszeitlich bedingt wider Erwarten größere Wassermengen anstehen oder schädliche Bodenveränderungen zu erkennen sein, wird die zuständige Behörde informiert und zeitnah entschieden, welche Maßnahmen ergriffen werden. Sofern Wasserhaltungsmaßnahmen ergriffen werden, ist voraussichtlich mit einer Wasserhaltungsdauer von ca. drei Tagen zu rechnen. Die Wasserhaltungsmaßnahmen des Rückbaus werden dann ggf. über einen separaten Antrag gestellt.

Der Bauablauf für die Tiefbauarbeiten der Bestandstrasse deckt sich nahezu mit dem weiter oben beschriebenen Bauablauf für die Tiefbauarbeiten des Neubaus. Abweichend ist das Vorgehen beim Aushub und beim Wiederverfüllen der Baugrube nach Beendigung der Rückbauausführungen. Während des Aushubs erfolgt eine Separierung und Kategorisierung der unbelasteten von den möglicherweise unterschiedlich belasteten Bodenschichten. Nachdem das Bodenmaterial hinsichtlich der Einhaltung der Vorsorgewerte der BBodSchV überprüft wurde, erfolgt entweder der Wiedereinbau oder im Falle einer erhöhten Schadstoffbelastung die Entsorgung (siehe Handlungshilfe für den Rückbau von Mastfundamenten bei Hoch- und Höchstspannungsfreileitungen – Bayrisches Landesamt für Umwelt 2015).

4.2 Entwässerungsansatz

Unter dem Begriff Wasserhaltung werden im Allgemeinen Maßnahmen verstanden, welche während der Bauzeit je nach Situation und Erfordernis u.a.:

- die Trockenhaltung von Baugruben und Gräben,
- die Sicherheit gegen Auftrieb im jeweiligen Bauzustand,
- die Sicherheit gegen hydraulischen Grundbruch (durch Entfernen der Bodenauflast beim Aushub bzw. durch Umspülen des Baugrubenverbau),
- die Reduzierung des Wasserdruckes auf eine Verbauwand und die Aufrechterhaltung des Grundwasserstromes bzw. des Grundwasserstandes

gewährleisten.

Im Projektbereich werden baubegleitende Maßnahmen zur Wasserhaltung an Kabelgräben sowie Baugruben erforderlich, wenn diese in den obersten (quartären) Grundwasserleiter einbinden. Ziel der Wasserhaltung ist eine Absenkung des Grundwasserspiegels bis ca. 0,5 m unterhalb der Graben- bzw. Baugrubensohle.

Die Auswahl der jeweiligen Verfahren zur Grundwasserhaltung, hängt hierbei im Wesentlichen von den hydrogeologischen und konstruktiven Gegebenheiten ab, wobei die nachfolgend erläuterten Entwässerungsverfahren zum Einsatz kommen können.

Offene Wasserhaltungen mittels Pumpensümpfen oder randlichen Gräben

Bei der offenen Wasserhaltung wird das in die Baugrube bzw. den Kabelgraben zufließende Grund- bzw. Schichtenwasser in Pumpensümpfen bzw. am Baugrubenrand angeordneten Gräben gesammelt und von dort aus offen abgepumpt (siehe Abbildung 3). Eine offene Wasserhaltung zur Baugrubenöffnung ist bei geringen Absenktiefen und bei ausreichend standfesten Böden sinnvoll. Die offene Wasserhaltung kann bei Bedarf auch ergänzend zu einer geschlossenen Wasserhaltung eingesetzt werden und dient auch zur Ableitung des Tagwassers. Um das Risiko eines hydraulischen Grundbruchs, während der Aushubarbeiten bei einer offenen Wasserhaltung zu minimieren, ist bei rolligen oder schwach bindigen Böden zu empfehlen, die Pumpensümpfe vorab anzulegen und erst nach erfolgter Grundwasserabsenkung mit dem Bodenaushub zu beginnen. Durch den Einsatz leistungsstarker Schmutzwasser-Tauchpumpen wird das Grundwasser abgesenkt und der Druck im Grundwasserleiter entspannt.

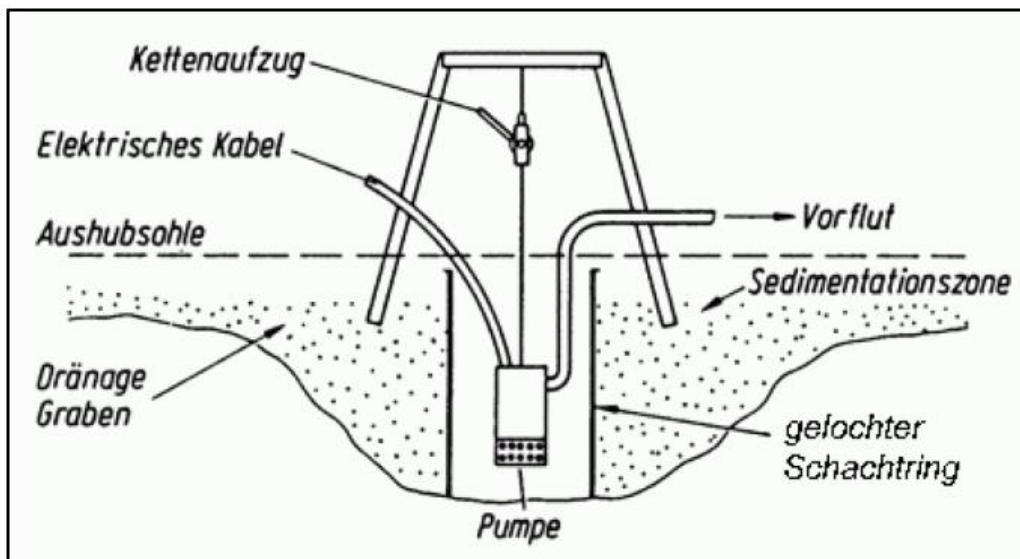


Abbildung 3: Schematischer Aufbau Pumpensumpf

Diese Art der Wasserhaltung ist grundsätzlich für alle Bereiche geeignet. Voraussetzung ist aber, dass die Installation in Tiefenstaffeln von 0,5 m bis 1,0 m möglich und sinnvoll ist und eine Gefährdung der Baugrube durch Abgleiten von Böschungskörpern sowie Auftrieb der Baugrubensohle durch die anstehenden Böden ausgeschlossen werden kann. Die offene Wasserhaltung wird in der Regel im Zuge der Erdarbeiten installiert. Aus wirtschaftlichen Gründen wird man der offenen Wasserhaltung gegenüber anderen Verfahren den Vorzug geben, sofern sie sicher anwendbar ist.

Geschlossene Wasserhaltungen mit eingefrästen Horizontaldränagen

Der Einbau einer Horizontaldränage ist im Kabel- und Rohrleitungsbau ein sehr verbreitetes System zur Absenkung des Grundwasserspiegels auf längeren Baustrecken in Regelbauweise. Pro Kabelgraben wird

ein mit einem Textilschlauch überzogenes Kunststoffdränrohr mit einem Durchmesser von 80-100 mm in einer Tiefe von etwa 1 m unterhalb der geplanten Kabelgrabensohle eingefräst. Die maximale Einbautiefe beträgt dabei ca. 6 m unter Geländeoberkante. Auf Strecken, auf denen feinkörnige Böden bzw. Böden mit organischen Beimengungen anstehen, wird oberhalb des Dränrohrs eine Kiespackung eingebracht, um die Eintrittsfläche des Wassers zu vergrößern. Die Anlaufstrecke bis zum Erreichen der Frästiefe kann bis zu 6 m betragen. Das Absenkziel beträgt 0,5 m unter Grabensohle. Abbildung 4 zeigt beispielhaft für einen Standardgraben die Anordnung der Horizontaldrainage sowie die Wirkungsweise. Die Verlegetiefe unter Baugrubensohle kann in Abhängigkeit von der Bodenart bzw. deren Dränbarkeit und der zu erzielenden Wirkbreite variieren und beträgt in der Regel ca. 1,0 m.

Für größere Flächen wird in Abhängigkeit von den hydrogeologischen Verhältnissen ein Dränabstand von 6 – 10 m gewählt, wobei die Wirkbreite eines Dränrohrs ca. 3 – 5 m beträgt. In Abhängigkeit vom Grabenabstand ist daher an jedem Kabelgraben ein Dränrohr erforderlich. Sollte der Einbau der Horizontaldrainage nicht in der Kabelgrabenachse, sondern außerhalb des Grabens erfolgen, wird für die Entwässerung eines Kabelgrabens je nach Baugrund und erforderlichem Absenkziel jeweils ein Dränrohr rechts und links des Kabelgrabens angeordnet.

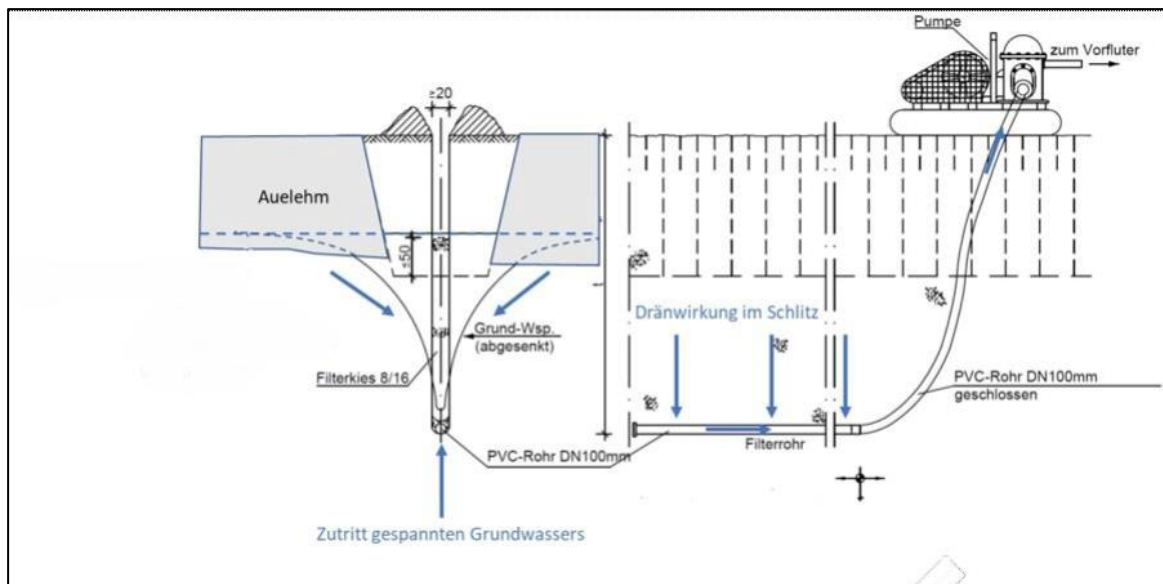


Abbildung 4: schematischer Aufbau und Wirkungsweise Horizontaldrainage

Das Dränrohr wird je nach Durchlässigkeit des Bodens und Wasserandrang in der Regel alle ca. 30 – 75 m seitlich aus der Kabelgrabenachse herausgeführt und mit Saugpumpen entwässert. Durch Regelung des Unterdrucks kann die Saugwirkung variiert werden. Nach einer Vorlaufzeit bis zum Erreichen des Absenkziels kann der Kabelgraben ausgehoben werden.

Nach Rückverfüllung der Kabelgräben wird die Wasserhaltung außer Betrieb genommen und zur Vermeidung bleibender Längsläufigkeiten mit einer Dämmersuspension verpresst. Die Auswahl des Dämmers erfolgt durch den AN, die relevanten Datenblätter werden der zuständigen Behörde rechtzeitig vor Beginn der Verpressarbeiten vorgelegt.

Geschlossene Wasserhaltungen mittels seitlich angeordneter gebohrter oder eingespülter Sauglanzen/Spülfilter bzw. Brunnen

Im folgenden Text wird zur Übersichtlichkeit immer der Begriff Sauglanzen verwendet. In der Regel werden Sauglanzen zur örtlich begrenzten Absenkung des Grundwassers, z.B. an Start-, Ziel- und

Verbindungsgruben für geschlossene Bauverfahren bzw. an Muffengruben vorgesehen. In Bereichen, in denen die Bodenverhältnisse auf der Strecke das Einfräsen der Horizontaldrainage nicht zulassen (z.B. im Bereich von Findlingen, Grobkies, Schotter), können Sauglanzen auch entlang des Kabelgrabens eingesetzt werden.

Die Sauglanzen weisen in der Regel einen Durchmesser von 50 mm (2 Zoll) auf und werden in den Boden eingespült. Je nach Boden kann auch ein Vorbohren der Filter erforderlich werden.

Die Filter haben am unteren Ende eine geschlitzte Filterstrecke von 1 – 2 m, über die das Grundwasser zufließt. Die Sauglanzen werden an Sammelleitungen angeschlossen und das Grundwasser über Vakuumpumpen gefördert.

Abhängig vom Baugrund können Sauglanzen eingespült werden (z.B. bei sandigen Böden). Das Einspülen erfolgt entweder mit selbstspülendem Tiefsaugfilter oder separater Spüllanze. Bei Vorkommen von Ton- / Schluffschichten, Grobkornanteilen, bindigem/steinigen Felsersatz werden Bohrungen abgeteuft (in standfesten Böden/Fels unverbohrt mit Durchmesser ≥ 110 mm, ansonsten verbohrt mit Ankerbohrgerät 121 mm oder Kernbohrgerät 178 mm). In das Bohrloch werden die Sauglanzen eingesetzt und der Ringraum unter Ziehen der Verrohrung mit Kies/Splitt und Tonsperre verfüllt. Das Filterrohr der Sauglanzen soll mind. 0,5 – 1,0 m unter dem abgesenkten GW-Spiegel liegen, um das Ansaugen von Luft zu minimieren. Die Spül-/Bohrtiefe der Lanzen beträgt damit 1,5 – 2,0 m unter Absenkziel bzw. 2,0 – 2,5 m unter Baugrubensohle. Die Abstände zwischen den Sauglanzen variieren in Abhängigkeit von der Durchlässigkeit bzw. der Entwässerbarkeit des Untergrundes in der Regel zwischen 1,0 und 3,0 m.

Der schematische Aufbau der Sauglanze ist in Abbildung 5 auf der nachfolgenden Seite dargestellt.

Bei hoher Durchlässigkeit des Untergrundes und dementsprechend hohem Grundwasserandrang werden an Baugruben, Start- Ziel- und Verbindungsgruben für geschlossene Bauverfahren sowie an Muffengruben Bohrbrunnen zur Absenkung des Grundwassers eingesetzt. In Kabel- und Pipelinebau kommen dabei in der Regel Brunnen mit einem Bohrdurchmesser von bis zu 600 mm und einem Filterdurchmesser von 300 mm zum Einsatz.

Der Ringraum zwischen Filter und Bohrung wird mit einem geeigneten Filterkies verfüllt und mit einer Tonsperre abgedichtet.

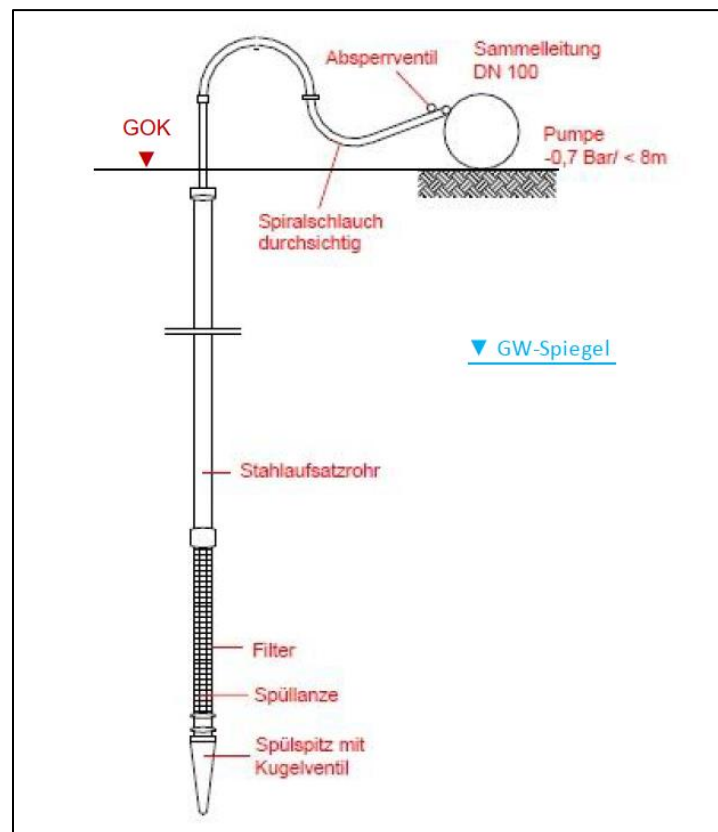


Abbildung 5: Schematischer Aufbau Sauglanze/Spühhlanze

Je nach Absenkziel und Förderhöhe werden entweder Kreisel- oder Kolbenpumpen bzw. bei größeren Fördermengen oder tieferen Baugruben auch Unterwasserpumpen eingesetzt. Vakuumburgen werden zur Grundwasserhaltung bei bindigen Böden mit geringer Durchlässigkeit, z. B. Schluff, eingesetzt. Zur Förderung des Grundwassers wird der fertige Brunnen mit einer mehrstufigen Unterwasserpumpe bestückt. Vakuumburgen werden von der Oberkante des Brunnens mit einem Unterdruck beaufschlagt, der durch ein Vakuumluftaggregat erzeugt wird. Der Unterdruck sorgt bei Böden mit geringer Durchlässigkeit für eine schnellere Entwässerung und einer Stabilisierung des anstehenden Bodens.

Nach Abschluss der Wasserhaltungsarbeiten werden die Brunnen fachgerecht mit Quellton verfüllt und abgedichtet. Die genaue Ausführung muss durch die Baufirma vor Ort unter Berücksichtigung der Standortfaktoren und evtl. Auflagen aus dem Planfeststellungsbeschluss festgelegt werden.

Spundwandverbau

In Bereichen mit sehr hohen Wasserandrangsmengen, in denen das Absenken des Grundwassers mittels Pumpen nicht gewährleistet werden kann und/oder die geförderten Mengen nicht aufbereitet werden bzw. eingeleitet werden können, wird der betroffene Entwässerungsabschnitt bzw. die Baugruben mittels Spundwände abgedichtet. Je nach geologisch bzw. hydrogeologischer Situation ist ein Spundwandverbau in Kombination mit einer Unterwassersohle vorgesehen. Die Dimensionierung des Spundwandverbaus sowie der eventuell erforderlichen UW-Betonsohle erfolgt im Zuge der Ausführungsplanung. Lenz- und Restwasserhaltung sollten aufgrund der Bauweise sehr gering sein. Sollten dennoch geringe Mengen Grundwasser in die Baugrube gelangen, werden diese über Pumpensümpfe gefasst und mittels

Saugpumpen der Aufbereitungsanlage und anschließend dem Vorfluter zugeführt. Die Spundwände werden im Anschluss an die Arbeiten wieder gezogen. Die Unterwasserbetonsohle hingegen verbleibt im Untergrund. Daher wird bei der Dimensionierung der UW-Betonsohle darauf geachtet, dass keine nachteilige Veränderung der Grundwasserströmungsverhältnisse durch deren Verbleib entsteht (z.B. Einbau von Drainagen). Bei den im Untergrund verbleibenden Bauteilen werden nur Baustoffe verwendet, welche nachweislich alle Anforderungen an eine Grundwasserverträglichkeit erfüllen. Die Rückverfüllung der Baugruben erfolgt so, dass die natürlichen Durchlässigkeiten und Grundwasserströmungsverhältnisse wieder hergestellt werden. Durch die geringe Sohlmächtigkeit der Unterwasserbetonsohle, kann eine Beeinträchtigung des Grundwasserströmungsverlaufs durch den Verbleib der Unterwasserbetonsohle ausgeschlossen werden.

Bei der Entwässerung kommen in den einzelnen Abschnitten und Baugruben im Regelfall die in den Anlagen 2 und 3 genannten Wasserhaltungsmaßnahmen zum Einsatz. Die Festlegung, welches der oben genannten Entwässerungselemente zur Anwendung kommt, erfolgt im Zuge der Ausführungsplanung. Darüber hinaus sind die zum Zeitpunkt des Baus herrschenden hydraulischen Verhältnisse zu berücksichtigen. Bei z.B. geringerem Wasserandrang als erwartet sollte auch dort bei Bedarf eine Anpassung des Entwässerungselement entsprechend der vorherrschenden Bedingungen erfolgen.

Die Baugrubensicherung erfolgt entweder frei geböscht oder mittels Spunddielen. Die genaue Ausführung muss durch die Baufirma vor Ort unter Berücksichtigung der Standortfaktoren festgelegt werden.

4.3 Bemessungsgrundlage

Aufgrund der Trassenlage muss sowohl mit flurnahem Grundwasser als auch mit witterungsabhängig schwankenden Oberflächenwasserständen gerechnet werden. Bei der Festlegung des Absenkziels zur Berechnung des Wasserandrangs im Rahmen einer geschlossenen Wasserhaltung, wurde ein Sicherheitszuschlag von 0,5 m auf die Sohlentiefe beaufschlagt. Das Absenkziel variiert in Abhängigkeit der Sohlentiefe der jeweiligen Baugrube und liegt somit grundsätzlich 0,5 m unterhalb der jeweils festgelegten Baugrubensohlentiefe.

Der Bauwasserstand wurde auf Basis der angetroffenen Grundwasseranschnitte der Erkundungsbohrungen im Sinne einer Worst-Case-Betrachtung mit einem Sicherheitszuschlag von einem Meter über dem höchsten Wasseranschnitt bzw. der geringsten Endteufe festgelegt.

Die Durchlässigkeitsbeiwerte (k_f -Werte) und Bauwasserstände wurden gemäß den Informationen aus der Baugrunderkundung für das Erdkabel und der Freileitung ermittelt und können der Anlage 2 entnommen werden.

Bemessungsgrundlage Erdkabel

Die Bestimmung der k_f -Werte erfolgte anhand der Körnungslinien der Böden und Pumpversuchen ausgewählter Bereiche entlang des Erdkabeltrasse. Für die angetroffenen Schichten gemäß Tabelle 1 wurden unter Berücksichtigung der durchgeführten Laborversuche und Berechnungen sowie nach Erfahrungswerten k_f -Wert-Bandbreiten ermittelt.

Zur Darstellung einer repräsentativen hydraulischen Leitfähigkeit des Bodens, wurden die im Grundwasser liegenden Bodenschichten und der Bauwasserstand zwischen den vorliegenden Erkundungsbohrungen linear interpoliert. Um eine möglichst genaue Näherung der wirkenden Bodenkennwerte zu erhalten, wurden die individuellen Durchlässigkeitsbeiwerte der einzelnen Schichten über die betroffene Fläche gewichtet.

Bemessungsgrundlage Freileitung und KÜA

Die hydraulischen Eigenschaften des Untergrunds lassen sich nur mit Hilfe von Pumpversuchen detailliert bestimmen. Da während der Baugrunderkundung für die Freileitung jedoch keine derartigen Versuche durchgeführt wurden, konnten die Durchlässigkeiten lediglich anhand der angetroffenen Bodengruppen/Gesteinsformationen sowie unter Berücksichtigung von Literaturwerten abgeschätzt werden. Hierbei werden Spannen genannt, die etwa zwei Zehnerpotenzen umfassen. Im Sinne einer Worst-Case-Betrachtung erfolgten die Berechnungen auf Grundlage, der jeweils höheren kf-Wert-Angaben.

Sofern GW-Stände bzw. Bauwasserstände oberhalb der Baugrubensohle detektiert und dennoch eine Tagwasserhaltung festgelegt wurde, ist entweder der Durchlässigkeitsbeiwert sehr gering ($< 1 \cdot 10^{-7}$) oder es ist aufgrund der geologischen Gegebenheiten mit Schichtwasser zu rechnen. In beiden Fällen beträgt die max. 24-stündige Zuflussmenge zur Baugrube weniger als $0,5 \text{ m}^3$.

Falls ein Spundwandverbau Anwendung finden sollte, kann es trotz des Stands der Technik zu Durchlässigkeiten aufgrund des eingesetzten Dichtelements, des verwendeten Baustoffs oder verfahrensbedingter Imperfektionen (z.B. Systemfugen) und somit zu Grundwasserzutritten in die Baugruben kommen. Die anfallenden Wassermengen müssen dementsprechend gesammelt, abgeführt und aufgrund möglicher Verunreinigungen vor Einleitung der Wasseraufbereitung zugeführt werden. Die Mengen werden zum einen für den Bereich der benetzten Spundwand, zum anderen für den Zufluss durch die künstliche Dichtsohle berechnet und entsprechend in den Gesamtmengen berücksichtigt. Die dazugehörigen Berechnungsansätze für die Dichtwand sowie die Dichtsohle lauten wie folgt (s. auch Grundbau-Taschenbuch, Teil 2: Geotechnische Verfahren (2009) [D8]):

$$Q_{\text{Wand}} = q^* \times \frac{3,6}{1000} \times U \times h_b \quad \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

und

$$Q_{\text{Sohle}} = q^* \times \frac{3,6}{1000} \times A \quad \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

mit

q^* = Systemdurchlässigkeit [$\text{l}/(\text{s} \times 1000 \text{ m}^2)$]

U = Baugrubenumfang

h_b = benetzte Höhe der Baugrubenwand [m]

A = Baugrubenfläche [m^2]

Unter der Voraussetzung einer fachgerechten Ausführung und angemessener Qualitätskontrolle wird eine Systemdurchlässigkeit von $1,5 \text{ l/s je } 1.000 \text{ m}^2$ angesetzt.

4.4 Berechnungsergebnisse

4.4.1 Wasserandrang Freileitung und KÜA

Zur Abschätzung einer möglichen Wasserhaltungsmaßnahme wurden die Bohrprofile und registrierten Grundwasserstände und daraus abgeleiteten Bauwasserstände herangezogen. Sofern die Standorte noch

nicht erkundet worden sind, wird von einem Bauwasserstand zur Dimensionierung von Aggregaten und Leitung für eine Wasserhaltung von 2,0 m unter GOK ausgegangen.

Unter der Annahme, dass der Baugrube Wasser ungehindert von allen Seiten zutreten kann, wird der Grundwasserzufluss zur umschlossenen Baugrube für einen vollkommenen Brunnen wie folgt abgeschätzt:

- | | |
|--------------------------------|--|
| - Grundwasserzufluss | $Q = \frac{\pi \times k \times (H^2 - h_m^2)}{\ln R - \ln R_A} \left[\frac{m^3}{h} \right]$ (Näherungsformel) |
| - R = Reichweite der Absenkung | $R = 3000 * s * \sqrt{k}$ |
| - R_A = Ersatzradius | $R_A = \sqrt{L_1 * L_2 / \pi}$ |
| - s = Absenkung | |

Es wird jeweils von vollkommenen Brunnen ausgegangen, die undurchlässige Schicht wird entweder entsprechend der aufgenommenen Schichtenfolge angesetzt oder, sofern der Standort noch nicht erkundet worden ist, bei 10,0 m unter GOK angenommen.

Das Absenkziel wurde für die Abschätzung wie folgt festgelegt. Die Gründungssohle für die Mastgründung liegt bei 3,5 m unter GOK und das Absenkziel beträgt 0,5 m unter der Aushubsohle in der Baugrubenmitte, entsprechend bei 4,0 m unter GOK.

Über den Ansatz typischer Permeabilitäten für Festgesteine nach Literaturangaben, einer Temperatur von 10°C und einer Dichte von 1.000 kg/m³ erfolgt eine Umrechnung der Permeabilität in einen kf-Wert (Faktor 7,5*10⁶ als quasi-Konstante), der bestenfalls als Orientierung angesehen werden kann. Die Abschätzung des Wasserandrangs erfolgt dann in gleicher Art und Weise wie für Lockergestein. An vielen Standorten, an denen Festgestein erwartet wird, ist eine Abschätzung des Wasserandrangs nicht möglich, da erforderliche Parameter außerhalb des Gültigkeitsbereiches der Formel für eine Abschätzung liegen. Die hieraus ableitbare Aussage ist, dass nur ein geringer Wasserandrang zu erwarten ist (gemäß Notiz, A070 Juraleitung, Wasserhaltung alle Abschnitte, IG Braunschweig GmbH).

Die Ermittlung des Wasserandrangs zu den Baugruben der KÜA erfolgte nach dem Berechnungsansatz von Davidenkoff für eine offene Bauwasserhaltung.

Die ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerte (kf-Werte) und Bauwasserstände können den Anlagen 2 und 3 entnommen werden. Sofern keine Angaben zum Grundwasseranschnitt in Anlage 2 vorliegen, wurden die Standorte zum Zeitpunkt der Erstellung des wasserrechtlichen Antrags noch nicht erkundet.

Die Ergebnisse der berechneten Grundwasserandrangsmengen, die Absenkreichweiten sowie sämtliche Basisparameter können der Anlage 3 entnommen werden.

4.4.2 Wasserandrang Erdkabel

Die Berechnungen zum Wasserandrang erfolgten getrennt für die jeweiligen spezifischen Baugruben und Bereichen des Erdkabels und deren Parameter mit der Software „ProAqua 4.3“ der Firma „Progeo Software“. Die Software setzt dabei auf die von Herth/Arndts [D9] in der Praxis bewährten Verfahren zur Berechnung von Grundwasserabsenkungen mittels Schwerkraftbrunnen/Spülfilteranlage für lokale Baugruben. Zur Grabenentwässerung berechnet die Software den Zulauf zu einem Sickerschlitze über den Dupuit-Thiemschen Ansatz für vollkommene Schlitze bzw. dem Ansatz nach Chapman für unvollkommene Sickerschlitze.

Eine erste Ermittlung des Wasserandrangs zur Baugrube erfolgte für eine offene Bauwasserhaltung nach dem Berechnungsansatz von Davidenkoff.

Im Weiteren wurde zur Berechnung der Fördermengen für eine Absenkung mittels einer Schwerkraftbrunnen- bzw. einer Spülfilteranlage oder Sickerschlitze durchgeführt. Im ersten Teil der Berechnung (Vor-dimensionierung) wird ein zur von den Brunnen umschlossenen Fläche flächengleicher kreisförmiger Ersatzbrunnen zugrunde gelegt (Deput/Thiem). Die tatsächliche Position der einzelnen realen Brunnen im Absenkgebiet wird dabei nicht berücksichtigt.

Die Überprüfung und Kalibrierung der Ergebnisse erfolgte in einem zweiten Schritt grafisch auf Grundlage der Forchheimerschen Mehrbrunnenformel, wobei die tatsächliche Brunnen- bzw. Spülfilterposition berücksichtigt wird.

Um Berechnungen der anfallenden Wassermengen genauer durchführen zu können, wurde der Gesamte Trassenverlauf in mehrere Bereiche eingeteilt. Die Einteilung erfolgte anhand hydraulischer und geologischer Faktoren. Insgesamt wurde die Trasse in 12 Bereiche unterteilt. Zu den Berechnungen der Gräben kommen noch die Muffengruben, welche für den Einzug und Anschluss der Stromkabel in den Leerrohren im Kabelgräben dienen. Auch dort wurden Berechnungen gesondert für jede Baugrube durchgeführt.

Die Ergebnisse der berechneten Grundwasserandrangsmengen für eine offene bzw. geschlossene Wasserhaltung mittels Brunnen/Spülfilter oder mittels Sickerschlitze (Horizontal Drainage) können der Anlage 3 entnommen werden.

Die Berechnung der Absenkreichweiten für die Bauwasserhaltung erfolgte nach Sichardt und kann der Anlage 3 entnommen werden.

Es wird an dieser Stelle ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die vorstehend berechneten Zuflüssen zur Baugrube auf den Erkenntnissen der Literaturangaben und Baugrunderkundung und daraus abgeleiteten (worst-case) Annahmen sowie Momentaufnahmen zu den Wasserständen beruhen. Kleinräumige Anomalien sowie saisonal schwankende Grundwasserstände können real zu abweichenden Zuflussmengen führen. Sollten während der Bauausführung trotz der konservativen Annahmen wider Erwarten größere Wassermengen anstehen wird die zuständige Behörde informiert und zeitnah entschieden, welche Maßnahmen ergriffen werden.

4.4.3 Wassermengen aus Niederschlägen

Niederschlagswässer sind nur in Form von Oberflächenabflüssen abzuleiten, die in den Baugruben sowie auf Arbeits- und Einrichtungsflächen als Folge von Starkniederschlägen oder ergiebigen Niederschlägen gebildet werden. Wenig ergiebige Niederschläge verdunsten oder versickern dagegen vollständig. Die ggf. notwendig werdende Fassung und Ableitung von Niederschlagswässern ist stets auf die einzelnen Maststandorte beschränkt.

Maßgeblich für die Ermittlung der Niederschlagsabflussmenge sind die regionalen Starkniederschlagsangaben aus KOSTRA-DWD2020 [D10].

Allgemein wird für Baugrubenwasserhaltungen mit einer Starkregenspende $r_{(n=1; D=15 \text{ min})}$ gerechnet. Die Ermittlung von Niederschlagswasserabflüssen erfolgt auf Basis der Anwendungsempfehlungen gemäß Abschnitt 6.2.1 DWA-A 118 [D11] für die Neubemessung von Entwässerungssystemen. Im Allgemeinen erfolgt dies auf Grundlage von Fließzeitverfahren unter Ansatz von Regenspendelinien oder Blockregen.

Bei dem am häufigsten angewandten Zeitbeiwertverfahren gemäß Abschnitt 5.4.1.1 DWA-A 118 erfolgt die Ermittlung des maßgeblichen Regenabflusses Q_R in l/s mit nachfolgender Formel:

$$Q_R = r_{D,n} \cdot A_{E,k} \cdot \Psi_s$$

Mit

$r_{D,n}$ Regenspende der Fließzeit entsprechender Dauer und Häufigkeit n in l/(s*ha)

$A_{E,k}$ Fläche des kanalisierten Einzugsgebietes in ha (hier: zu entwässernde Arbeitsfläche)

Ψ_s Spitzenabflussbeiwert gemäß Tabelle 6 DWA-A 118

Für die Neubautrasse sind in den Rasterdaten aus KOSTRA-DWD2020 folgende Bemessungswasserspenden ausgewiesen:

- $r_{(n=1; D=15 \text{ min})} = 124,4 \text{ l/(s*ha)}$ für Mast 53 – 72 und 79 – 90
- $r_{(n=1; D=15 \text{ min})} = 125,6 \text{ l/(s*ha)}$ für Mast 73 – 78
- $r_{(n=1; D=15 \text{ min})} = 121,1 \text{ l/(s*ha)}$ für Mast 91 – 102
- $r_{(n=1; D=15 \text{ min})} = 118,9 \text{ l/(s*ha)}$ für Mast 103 – 128, KÜA und Erdkabel bei Mühlhausen
- $r_{(n=1; D=15 \text{ min})} = 120,0 \text{ l/(s*ha)}$ für Mast 129 – 144
- $r_{(n=1; D=15 \text{ min})} = 121,1 \text{ l/(s*ha)}$ für Mast 145 – 165

Als Arbeitsfläche wird für die Berechnung der Maststandorte eine Fläche von 20 x 20 m (0,04 ha), für das Erdkabel eine Fläche von 8,95 m x 300 m (max. Länge pro Abschnitt), für die Muffengruben eine Fläche von 31 x 13,35 m, angesetzt.

Versiegelungen von Teilen der Arbeitsflächen sind nicht vorgesehen. Gemäß Tabelle 6 DWA-A 118 [D11] kann für die Arbeitsflächen ein Spitzenabflussbeiwert von 0,09 angesetzt werden.

Unter Anwendung der Bemessungsregenspenden, der o. g. Flächengröße und des Spitzenabflussbeiwertes resultiert während der Bauzeit für die Baugrubenstandorte folgende Werte, die zur Bemessung der Anlagen (Absetzbecken/Pumpen) neben dem GW-Andrang zu berücksichtigen sind:

- **Mast 53 – 72: Niederschlagswasserabfluss von $Q_R = 1,61 \text{ m}^3/\text{h}$**
- **Mast 73 – 78: Niederschlagswasserabfluss von $Q_R = 1,63 \text{ m}^3/\text{h}$**
- **Mast 79 – 90: Niederschlagswasserabfluss von $Q_R = 1,61 \text{ m}^3/\text{h}$**
- **Mast 91 – 102: Niederschlagswasserabfluss von $Q_R = 1,57 \text{ m}^3/\text{h}$**
- **Mast 103 – 128: Niederschlagswasserabfluss von $Q_R = 1,54 \text{ m}^3/\text{h}$**
- **Mast 129 – 144: Niederschlagswasserabfluss von $Q_R = 1,56 \text{ m}^3/\text{h}$**
- **Mast 145 – 165: Niederschlagswasserabfluss von $Q_R = 1,57 \text{ m}^3/\text{h}$**
- **Erdkabel Mühlhausen:**
 - **300 m - Abschnitt: Niederschlagswasserabfluss von $Q_R = 10,34 \text{ m}^3/\text{h}$**
 - **Muffen: Niederschlagswasserabfluss von $Q_R = 1,59 \text{ m}^3/\text{h}$**
- **KÜA:**
 - **Portale: Niederschlagswasserabfluss von $Q_R = 0,75 \text{ m}^3/\text{h}$**
 - **Betriebsgebäude: Niederschlagswasserabfluss von $Q_R = 1,04 \text{ m}^3/\text{h}$**
 - **Einzelfundamente: Niederschlagswasserabfluss von $Q_R = 0,10 \text{ m}^3/\text{h}$**

Zur Ermittlung der anfallenden Gesamtniederschlagsmenge an den Baugrubenstandorten wird ein Niederschlagsoll von 100 L/qm² im Monat angenommen. Die daraus resultierenden Gesamtwassermengen, die es abzuleiten gilt, können der Tabelle 7 bis 9 in Kapitel 4.4.4 entnommen werden.

4.4.4 Abzuleitende Gesamtwassermengen

Auf Grundlage der Ergebnisse aus Kapitel 4.4.1 bis Kapitel 4.4.3 und einer angenommenen Bauzeit von 21 Tagen (Erdkabel 300-m-Abschnitt), 90 Tagen (Muffengruben), 28 Tagen (Maststandorte) und 28 Tagen für die Baugruben der KÜA, ergeben sich, je nach Wasserhaltungsmaßnahme, folgende (in Tabelle 7-9) abzuleitenden Mengen zur Sicherstellung einer trockenen Baugrube während der Bauzeit:

Tabelle 6: Anfallende Wassermengen aus Baugrube und Niederschlag (Freileitung)

Mast- Nr.	Niederschlag (100 L/qm ²) [m ³]	Offene Wasserhaltung			Geschlossene Wasserhaltung		
		GW-An- drang [m ³ /h]	GW-An- drang [m ³ /28d]	GW-Andrang + Niederschlag [m ³]	GW-An- drang [m ³ /h]	GW-An- drang [m ³ /28d]	GW-Andrang + Nie- derschlag [m ³]
77	40	-	-	-	11,96	8.034,0	8.074,0
78	40	-	-	-	11,96	8.034,0	8.074,0
119	40	-	-	-	7,44	4.998,2	5.038,2
120	40	-	-	-	25,69	17.266,4	17.306,4
121	40	-	-	-	25,69	17.266,4	17.306,4
122	40	-	-	-	26,29	17.669,2	17.709,2
123	40	-	-	-	21,09	17.669,2	17.709,2
124	40	-	-	-	11,06	7.434,7	7.474,7
125	40	-	-	-	20,00	13.442,2	13.482,2
126	40	-	-	-	18,95	12.735,3	12.775,3
127	40	1,13	759,4	799,4	-	-	-
128	40	1,22	819,8	859,8	-	-	-
129	40	-	-	-	27,51	18.484,2	18.524,2
130	40	-	-	-	22,29	14.977,1	15.017,1
131	40	-	-	-	22,05	14.818,8	14.858,8
132	40	-	-	-	21,58	14.504,0	14.544,0
133	40	-	-	-	24,40	16.397,8	16.437,8
134	40	-	-	-	24,40	16.397,8	16.437,8
135	40	-	-	-	24,40	16.397,8	16.437,8
136	40	-	-	-	24,40	16.397,8	16.437,8
137	40	-	-	-	24,40	16.397,8	16.437,8
138	40	-	-	-	24,40	16.397,8	16.437,8
139	40	-	-	-	24,40	16.397,8	16.437,8
140	40	-	-	-	20,66	13.882,5	13.922,5
141	40	-	-	-	24,40	16.397,8	16.437,8
142	40	-	-	-	24,40	16.397,8	16.437,8
143	40	-	-	-	24,40	16.397,8	16.437,8
144	40	-	-	-	21,12	14.191,9	14.231,9
145	40	-	-	-	20,66	13.882,5	13.922,5

146	40	-	-	-	20,43	13.728,9	13.768,9
147	40	-	-	-	24,40	16.397,8	16.437,8
148	40	-	-	-	24,40	16.397,8	16.437,8
149	40	-	-	-	24,40	16.397,8	16.437,8
150	40	-	-	-	24,40	16.397,8	16.437,8
151	40	-	-	-	24,40	16.397,8	16.437,8
152	40	-	-	-	24,40	16.397,8	16.437,8
153	40	-	-	-	21,58	14.504,0	14.544,0
158	40	-	-	-	24,40	16.397,8	16.437,8
159	40	-	-	-	24,40	16.397,8	16.437,8
165	40	0,43	289,0	329,0	-	-	-
166	40	18,95	12.734,4	12.774,4	-	-	-
Gesamtmenge ohne Niederschlag: 567.287,3 m ³							
Gesamtmenge mit Niederschlag: 568.927,3 m ³							

Tabelle 7: Anfallende Wassermengen aus Baugrube und Niederschlag (Erdkabel)

Bereich/ Muffe Nr.	Nieder- schlag (100 L/qm ²) [m ³]	Offene Wasserhal- tung		Geschl. Wasserhal. Spülfilter		Geschl. Wasserhal. Horizontal-Drainage		GW-An- drang + Nie- der-schlag [m ³]
		GW-An- drang [m ³ /h]	GW-An- drang [m ³ /21 d]	GW-An- drang [m ³ /h]	GW-An- drang [m ³ /21 d]	GW-An- drang [m ³ /h]	GW-An- drang [m ³ /21 d]	
1.1	22,38	2,95	1.486,8	-	-	-	-	1.509,2
1.2	22,38	2,95	1.486,8	-	-	-	-	1.509,2
2.1	272,98	33,26	16.480,8	-	-	-	-	16.753,78
2.2	272,98	33,26	16.480,8	-	-	-	-	16.753,78
3.1	85,03	-	-	-	-	29,17	14.701,7	14.786,7
3.2	85,03	-	-	-	-	29,17	14.701,7	14.786,7
4.1	102,93	-	-	-	-	34,72	17.498,9	17.601,8
4.2	102,93	-	-	-	-	34,72	17.498,9	17.601,8
5.1	205,85	28,25	14.238,0	-	-	-	-	14.443,9
5.2	205,85	28,25	14.238,0	-	-	-	-	14.443,9
6.1	129,78	5,70	2.872,8	-	-	-	-	3.002,6
6.2	129,78	5,70	2.872,8	-	-	-	-	3.002,6
7.1	308,78	18,05	9.097,2	-	-	-	-	9.406,0
7.2	308,78	18,05	9.097,2	-	-	-	-	9.406,0
8.1	40,28	4,89	2.464,6	-	-	-	-	2.504,8
8.2	40,28	4,89	2.464,6	-	-	-	-	2.504,8
9.1	58,18	-	-	36,24	18.265,0	-	-	18.323,1
9.2	58,18	-	-	36,24	18.265,0	-	-	18.323,1
10.1	22,38	3,75	1890,0	-	-	-	-	1.912,4
10.2	22,38	3,75	1890,0	-	-	-	-	1.912,4
11.1	98,45	13,34	6.723,4	-	-	-	-	6.821,8
11.2	98,45	13,34	6.723,4	-	-	-	-	6.821,8
12.1	4,48	0,62	312,5	-	-	-	-	317,0

12.2	4,48	0,62	312,5	-	-	-	-	317,0
MG 1.1	41,39	2,19	4.730,4	-	-	-	-	4.771,8
MG 1.2	41,39	2,19	4.730,4	-	-	-	-	4.771,8
MG 2.1	41,39	3,32	7.171,2	-	-	-	-	7.212,6
MG 2.2	41,39	3,32	7.171,2	-	-	-	-	7.212,6
Gesamtmenge ohne Niederschlag: 235.866,2 m³ Gesamtmenge mit Niederschlag: 238.734,8 m³								

Tabelle 8: Anfallende Wassermengen aus Baugrube und Niederschlag (KÜA)

Baugrube	Niederschlag (100 L/qm ²) [m ³]	Offene Wasserhaltung		
		GW-Andrang [m ³ /h]	GW-Andrang [m ³ /28d]	GW-Andrang + Niederschlag [m ³]
C02 (Portal KÜA-Süd)	19,5	0,98	658,6	678,1
C12 (Portal KÜA-Süd)	19,5	0,98	658,6	678,1
KÜA MH-Süd (Betriebsgebäude)	27	0,26	174,7	201,7
KÜA MH-Nord (Betriebsgebäude)	27	0,05	33,6	60,6
C12 (Portal KÜA-Nord)	19,5	2,18	1465,0	1484,5
C02 (Portal KÜA-Nord)	19,5	2,18	1465,0	1484,5
Gesamtmenge ohne Niederschlag: 4.455,5 m³ Gesamtmenge mit Niederschlag: 4.587,5 m³				

4.5 Entsorgung des anfallenden Wassers aus der Wasserhaltung

Da die Versickerung des Wassers aufgrund der anfallenden Wassermengen, den hydraulischen Kennwerten der oberen Bodenschichten oder einem zu geringen Flurabstands zum Grundwasserleiter (< 1 m) im Umfeld der Wasserhaltungsbereiche nicht umsetzbar sein wird, werden die anfallenden Wassermengen durch temporär verlegte Schlauchleitungen in bestehende Oberflächengewässer und Gräben abgeleitet. Für die Verlegung wird manuell oder mit Hilfe von Raupenfahrzeugen gearbeitet, wobei auf den Einsatz von schwerem Gerät verzichtet wird. Eine Auflistung der vorgesehenen Einleitungsgewässer und Einleitpunkte finden sich in der Anlage 4.

Eine direkte Verlegung der temporären Schlauchleitungen wird bevorzugt, um die kürzest mögliche Distanz zu überbrücken. Alternativ erfolgt die Führung entlang von Flurstücksgrenzen oder Straßen, Baustraßen bzw. Wegen. Beim Überqueren von klassifizierten Straßen ist der Einsatz von Schutzgerüsten oder Kabelbrücken obligatorisch. Für die Querung von Gemeindestraßen wird eine privatrechtliche Vereinbarung mit der zuständigen Gemeinde getroffen. Zudem wird eine verkehrsrechtliche Anordnung für die Durchführung der Arbeiten eingeholt. Beim Überqueren von Wirtschaftswegen werden die Rohrleitungen mit Schutzmatte bedeckt, um die Befahrbarkeit der Wege zu gewährleisten.

An Maststandorten, an denen lediglich eine Tagwasserhaltung anfällt, wird das anfallende Oberflächen-, Niederschlags, Stau-, Sicker- und Schichtenwasser im Baustellenumfeld nach vorheriger Aufbereitung verrieselt oder versickert.

Da die Bedingungen des § 46 Abs. 2 WHG bezüglich erlaubnisfreier Nutzung von Grundwasser in Verbindung mit der Verordnung über die erlaubnisfreie schadlose Versickerung von gesammeltem

Niederschlagswasser (Niederschlagswasserfreistellungsverordnung – NWFreiV [D3]) und den Technischen Regeln zum schadlosen Einleiten von gesammeltem Niederschlagswasser in das Grundwasser (TRENGW) bzw. in oberirdische Gewässer (TRENOG) für die Maststandorte der Freileitung und der Baugruben des Erdkabels (Niederschlagsbeseitigung der KÜA Nord und Süd, siehe Kapitel 6.2) erfüllt sind, gilt die umweltverträgliche Versickerung von Niederschlagswasser als nicht genehmigungspflichtig. Die in den genannten Vorschriften festgelegten Bedingungen für die Einleitung in Oberflächengewässer oder die Versickerung durch die belebte Bodenzone ins Grundwasser werden eingehalten, da:

- die Belastung des Niederschlagswassers vergleichbar mit der von reinen Wohnflächen oder ländlichen Wegen ist und keine zusätzliche Verunreinigung des Wassers vorliegt
- das Niederschlagswasser nicht nachteilig verändert wird
- auf den anzuschließenden Flächen keine wassergefährdenden Stoffe gelagert, abgelagert, abgefüllt oder umgeschlagen werden
- die Einleitungs-/Versickerungsstelle in keinem Wasserschutz- oder Heilquellenschutzgebiet oder im Bereich von Altlasten oder Altlastverdachtsflächen liegt
- pro Einleitungs-/Versickerungsstelle weniger als 1.000 m² befestigte Fläche angeschlossen

Eignung der Einleitgewässer

Die Einleitstellen an den Vorflutern wurden aufgrund der möglichen Beeinflussung der Gewässerstruktur und -fauna mit zeitlichem Vorlauf kartiert (siehe Unterlage 8.2, Kapitel 1.2.3.2) und durch einen Umweltgutachter hinsichtlich ihrer gewässerökologischen Eignung geprüft. Unterhalb der geplanten Einleitstelle wird das Gewässer im Hinblick auf das Vorhandensein von Abflusshindernissen, wie beispielsweise unterdimensionierte Durchlässe, überprüft.

Die Aufnahmekapazität eines Gewässers wird durch eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst. Hierzu zählen die geometrischen Eigenschaften des Gewässers wie Breite und Tiefe, aber auch die Distanz zum nächsten übergeordneten Vorfluter. Ebenso wesentlich sind die zum Zeitpunkt der Einleitung herrschenden Witterungsbedingungen und die Abflussverhältnisse (z.B. Rückstauerscheinungen am Vorfluter). Weiterhin spielen bauliche Elemente wie Durchlässe und Verrohrungen eine wichtige Rolle für die Fähigkeit des Gewässers, die eingeleiteten Wassermengen aufzunehmen und abzuleiten.

Die aktuell geplanten Einleitgewässer werden für die Einleitung der in dieser Unterlage vorab berechneten Wassermengen als geeignet angesehen.

Eine dahingehende quantitative Prüfung zur Eignung der Einleitgewässer erfolgte anhand von Berechnungen über die Fließgeschwindigkeit und Durchflussmenge von Gewässern (siehe Anlage 4). Als Grundlage wurde die jeweilige Grabendimension (Breite x Tiefe), das Gefälle und der Rauigkeitsbeiwertes nach STRICKLER herangezogen. Die Berechnung der Fließgeschwindigkeit erfolgte nach der Formel von Gauckler-Manning-Strickler. Das Gefälle der Gewässer und Entwässerungsgräben wurde in den meisten Fällen auf 0,5 % festgelegt. Aufgrund der vorherrschenden Geländemorphologie ist real mit einem größeren Gefälle und somit auch mit höheren Fließgeschwindigkeiten und mit größeren Durchflussmengen zu rechnen, als in der Anlage 4 für die möglichen Durchflussmengen der Einleitgewässer angegeben wird. Der Rauigkeitsbeiwertes nach STRICKLER wurde durch Beobachtungen im Zuge der Ortsbegehung abgeleitet.

Es wird darauf geachtet, dass die einzuleitenden Mengen das Fassungsvermögen der einzelnen Vorfluter nicht übersteigen. Das geförderte Grundwasser wird vor der Einleitung in den Vorfluter über

Absetzbecken von Trübstoffen befreit. Dazu sind Aufstellflächen für Anlagen zur Wasserbehandlung sowie eine Service- und Logistikfläche in der Nähe der Einleitstellen vorzusehen.

Sofern eine Einleitung in Entwässerungsgräben in den wassersensiblen Lagen der Karstgebiete nötig sein sollte, ist auf einen ausreichend bewachsenen Oberboden zu achten. Nach derzeitigem Kenntnisstand ist an den Maststandorten Nr. 53 - 73 und 82 – 118, die sich gemäß der hydrogeologischen Karte dHK100 [D5] in Karstgebieten befinden, nicht mit Wasserhaltungsmaßnahmen, die über eine Tagwasserhaltung hinausgehen, zu rechnen.

Bei Verdacht auf unbekannte Grundwasserverunreinigungen wird die zuständige Aufsichtsbehörde unverzüglich informiert und das weitere Vorgehen abgestimmt. Die Wasseraufbereitungsanlage wird dann individuell an die Belastung des anfallenden Wassers und den daraus resultierenden Aufbereitungsbedarf angepasst.

Bei Einleitung in oberirdische Gewässer die unter den § 3 Nummer 1 WHG fallen, werden im Bereich der Einleitstellen geeigneten Maßnahmen gegen Erosion getroffen, z. B. mittels Baggermatratzen auf Vlies.

Durch die konsequente Umsetzung der im Maßnahmenblatt (V5) zu wasserrechtlichen Belangen aufgeführten Maßnahmen (siehe Unterlage 8.4.3), lassen sich die Auswirkungen auf die Oberflächengewässer vermeiden oder zumindest minimieren. Somit kann die Verträglichkeit der Einleitungen als gewährleistet angesehen werden.

Die Einleitstellen und die Leitungsverläufe der fliegenden Schlauchleitungen können den Lage- und Rechtserwerbsplänen (siehe Unterlage 4) und der Anlage 4 entnommen werden.

5. Einfluss der Wasserhaltung

Nach § 8 Absatz 1 WHG bedarf die Benutzung eines Gewässers der Erlaubnis oder der Bewilligung, soweit nicht durch dieses Gesetz oder auf Grund dieses Gesetzes erlassener Vorschriften etwas anderes bestimmt ist.

Aus hydrogeologischer Sicht ist zu beurteilen, inwieweit Einflüsse durch die beantragte bauzeitliche Gewässerbenutzung nach § 9 Abs. 1 Nr. 4, 5 und § 9 Abs. 2 Nr. 1 WHG einen Erlaubnisversagensgrund i.S. §12 Absatz 1 Nummer 1 WHG (schädliche nicht durch Nebenbestimmungen vermeidbare oder nicht ausgleichbare Gewässerveränderungen) oder die Nichterfüllung anderer öffentlich-rechtlicher Vorschriften (§12 Absatz 1 Nummer 1 WHG) besorgen lassen.

Gemäß der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) ist für alle Gewässer eine Verschlechterung zu vermeiden. Dies bezieht sich sowohl auf den ökologischen und chemischen Zustand der Oberflächenwasserkörper als auch auf den mengenmäßigen und chemischen Zustand der Grundwasserkörper. Alle Störungen sind demnach so gering wie möglich zu halten, um eine Verschlechterung der Gewässerqualität zu verhindern. Die spezifischen Anforderungen der WRRL können dem „Fachbeitrag zur WRRL“ entnommen werden (siehe Unterlage 10.2). Im Folgenden wird ein kurzer Überblick über die potenziellen Einflüsse der bauzeitlichen Wasserhaltung auf Oberflächengewässer und Grundwasser gegeben, während für eine detaillierte Bewertung der Auswirkungen an dieser Stelle auf den Fachbeitrag zur WRRL verwiesen wird.

Sämtliche Maßnahmen zur Vermeidung, Minimierung und zum Schutz im Zusammenhang mit der Wasserhaltung sind im Maßnahmenblatt (V5) des LBP (siehe Unterlage 8.4.3) aufgeführt. Detaillierte Erläuterungen zu den qualitativen und quantitativen Auswirkungen der Wasserhaltung finden sich im Fachbeitrag zur WRRL (siehe Unterlage 10.2). Durch die Umsetzung der aufgelisteten Maßnahmen wird

sichergestellt, dass alle gesetzlichen Vorgaben und Sorgfaltspflichten zur Gewässerbewirtschaftung gemäß § 5 und § 6 des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) beachtet werden.

5.1 Einfluss auf das Grundwasser

Nachfolgend wird der Einfluss einer bauzeitlichen Benutzung auf das Grundwasser gemäß §9 (1) Nr. 5 WHG - Entnehmen, Zutagefördern, Zutageleiten und Ableiten von Grundwasser sowie § 9 (2) Nr. 1 WHG - Aufstauen, Absenken und Umleiten von Grundwasser durch Anlagen, die hierfür bestimmt oder geeignet sind, dargelegt.

Bei der Anwendung einer offenen- oder geschlossenen Wasserhaltung zur Grundwasserabsenkung bildet sich ein Absenkungstrichter, dessen Form einer Hyperbel gleicht. Dies bedeutet, dass die Absenkung mit zunehmender Entfernung vom Absenkungsort stark abnimmt. Aufgrund dieser Eigenschaft ist der unmittelbare Einfluss einer Grundwasserabsenkung räumlich stark auf das nahe Umfeld der Baugruben begrenzt. Weiterhin ist zu beachten, dass der natürliche Grundwasserspiegel jahreszeitlichen Schwankungen unterliegt. Da die durch die Wasserhaltung verursachten Schwankungen oftmals innerhalb dieses natürlichen Variationsbereichs liegen, und im Regelfall nur bei einer geschlossenen Wasserhaltung kurzzeitig größere Absenkungen erzeugt werden, ist ein negativer Einfluss auf die Vegetation in der Regel auszuschließen. Sollten sich Gebäude oder Verkehrsinfrastrukturen im Bereich der Grundwasserabsenkung befinden, wird eine Beweissicherung durchgeführt, um eventuelle Schäden zu dokumentieren.

Da der Wirkungsbereich der Wasserhaltung (Absenkungsreichweite) außerhalb bekannter Quellen und Brunnenanlagen liegt, ist von keiner negativen Beeinflussung auszugehen.

Aufgrund der kurzen Entnahmepериode und der geringen Grundwasserentnahmemenge ist nur von einem vorübergehenden bilanzseitigen Verlust im Grundwasserabstrom auszugehen.

Einbringen von Stoffen ins Grundwasser gemäß §9 (1) Nr. 4 WHG

Während der Errichtung der Fundamente werden Materialien in den Boden und tlw. ins Grundwasser eingebracht. Üblicherweise bestehen die Fundamentkörper bei Flachgründungen aus Stahlbeton. Im Rahmen der Errichtung von Pfahlgründungen werden Materialien wie Beton und Stahlbeton mithilfe von Bohr- oder Rammverfahren in den Boden bzw. tlw. ins Grundwasser eingebracht. Die endgültige Festlegung des Fundamenttyps erfolgt im Rahmen der Bauausführungsplanung. Die Entscheidung für bestimmte Fundamentformen und deren Einbindetiefen hängt von statischen Notwendigkeiten sowie der Beschaffenheit des Untergrunds ab. Rammpfähle kommen nur dann zum Einsatz, wenn sie aus geotechnischer Sicht ohne Risiken für das Grundwasser errichtet werden können.

Da beim Einbringen der Fundamente nur ein lokal begrenzter Eingriff in den Untergrund erfolgt, können Auswirkungen auf den Grundwasserleiter, die Grundwasserneubildung und somit die Grundwasserhöhe ausgeschlossen werden. Das Niederschlagswasser kann seitlich des Mastfußes weiterhin in den Grundwasserleiter versickern. Ebenso ist eine wesentliche Beeinflussung der Grundwasserdynamik auszuschließen, da die Fundamentkörper und Pfähle vom Grundwasser umflossen werden und nur eine sehr geringe Einengung des Fließquerschnittes im Verhältnis zum gesamten Grundwasserleiter verursachen.

Bezüglich der Grundwasserqualität sind keine negativen Effekte zu erwarten, da bei der Herstellung der Fundamente lediglich Materialien gemäß den geltenden DIN-Normen zum Einsatz kommen, d.h. nur solche Baustoffe, welche die nötigen Zertifizierungen für den Einsatz im Grundwasser besitzen.

5.2 Einfluss auf Oberflächengewässer

Die Einleitung von Grundwasser in ein Oberflächengewässer fällt unter den Benutzungstatbestand gemäß §9 (1) Nr. 4 WHG – Einbringen und Einleiten von Stoffen in Gewässer.

Potenzielle Folgen, die sich aus der Einleitung von Grundwasser in Oberflächengewässer ergeben können, umfassen Veränderungen des Chemismus, wie beispielsweise Kontamination des Wassers mit Eisen (Fe), Mangan (Mn) und verschiedenen Salzen, sowie Beeinträchtigungen der Sauerstoffkonzentration und der Wassertemperatur. Des Weiteren können durch die Einleitung von Grundwasser Veränderungen in der Morphologie der Gewässer entstehen, vor allem durch Ausspülungsprozesse in unmittelbarer Nähe der Zuführungs- oder Einleitpunkten an den Gewässerböschungen und -betten.

Um mögliche negative Effekte zu verhindern oder zumindest zu reduzieren, werden die im Maßnahmenkatalog zu den wasserrechtlichen Belangen aufgeführten Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen umgesetzt (siehe Unterlage 8.4.3 (V5) des LBP). Diese Wasserhaltungsmaßnahmen sehen Folgendes vor:

- Beschränkung der lokalen Grundwasserabsenkung auf das räumlich und zeitlich notwendige Maß.
- Der Aushub und die Umlagerung von Boden erfolgen nur bei geeigneten Boden- und Witterungsverhältnissen. Bei allen Erdarbeiten sind die DIN-Normen 19731 und 19639 zu beachten.
- Sollte eine offene Wasserhaltung notwendig werden, erfolgt die Rückführung des gehaltenen Wassers vorzugsweise flächennah durch Versickerung. Abgepumptes oder gefördertes Grundwasser (geschlossene Bauwasserhaltung) ist erst nach Vorklärung in einem entsprechend ausgelegten Absetzbecken vorgereinigt aus den Baugruben in die Vorflut abzuleiten und im Übrigen auf Grünland und Ackerflächen nach Genehmigung durch Eigentümer oder Nutzungsberechtigte großflächig zu versickern. Bodenerosion ist dabei auszuschließen.
- Baustellenabwässer werden nur gemäß erteilter behördlicher Erlaubnis in Oberflächengewässer an genehmigter Einleitstelle eingeleitet.
- Bei Einleitung in einen Vorfluter sollte der eingestellte Wasserdruck keine Auswaschung oder Auskolkung zur Folge haben. Dazu können Geogitter und/oder eine mind. 4 mm dicke PE-Folie über die Böschung und Sohle im Gewässersohlbereich ausgelegt werden. Das Auslegen von Strohballen, Kolksechtmatten (z. B. Geotextilien) und/oder Folien an der Einleitstelle verringert zusätzliche Auswaschung/Erosion. Bei starkem Trübstoffeintrag ist ein Kies-/Sandfilter vorzuschalten.
- Im Baumfeld befindliche Fließgewässer und Gräben werden ggf. vor dem Einschwämmen von erodiertem Material geschützt
- Sollten im geförderten Grundwasser problematische Stofffrachten nachgewiesen werden, wird das geförderte Wasser durch den Einsatz von Abwasserreinigungsanlagen behandelt, bevor es einem Fließgewässer oder dem Grundwasser wieder zugeführt wird. Bei fach- und sachgerechter Ausführung der Wasserhaltungsmaßnahme ist eine Kontamination des geförderten Wassers z.B. durch Betriebsmittel nicht zu erwarten.

Bei Gewährleistung einer unveränderten Grundwasserqualität durch Nichtverschmutzung des Ableitwassers bei baulichen Tätigkeiten, sachgemäßem Umgang mit Baumaterialien (Vermeidung von Einträgen von Zementstoffen/basischen o.ä. wasserschädlichen Zusatzstoffen), betriebssicheren Baufahrzeugen (Vermeidung des Eintrags von Kraft- und Schmierstoffen sowie Hydraulikölen) und Nachweis der Wasserqualität vor Ableitung wird aus derzeitiger fachtechnischer Sicht keine Besorgnis eines schädlichen Eintrags von Stoffen in die Fließgewässer gesehen. Nachhaltige negative Auswirkungen sind dabei weder für

den unmittelbaren Bau-/Einleitbereich noch für die Anlieger im Ober- und Unterlauf des Einleitgewässers zu erwarten.

Die grundsätzliche Vorhaltung von einer Absetzeinrichtung mit regelmäßiger Prüfung der Wasserqualitäten vor Wiedereinleitung gewährleistet, dass keine stofflich nachteilige Beeinflussung der Gewässer erfolgt.

Sollten im Zuge der Bauausführung unerwartete, von der Baugrunduntersuchung nicht erfasste, Schadstoffbelastungen im Grundwasser festgestellt werden, erfolgt umgehend eine Benachrichtigung der zuständigen Aufsichtsbehörde und es werden angemessene Konzepte zur Reinigung / Entsorgung erarbeitet und vorgelegt.

5.3 Einflussradien nach Sichardt

Abgesehen von Mast 126, 129, 134 und 142 befinden sich keine stehenden Gewässer, Quellen oder Eigenwasserversorgungen in Reichweite der Grundwasserabsenkung.

- Ca. 30 m östlich von Mast 126 bzw. von der Entnahmestelle befindet sich ein stehendes Gewässer. Die Reichweite der Absenkung beträgt ca. 60 m.
- Ca. 105 m südwestlich von Mast 129 bzw. von der Entnahmestelle befindet sich ein stehendes Gewässer. Die Reichweite der Absenkung beträgt ca. 105 m.
- Ca. 55 m nordwestlich von Mast 134 bzw. von der Entnahmestelle befindet sich ein stehendes Gewässer. Die Reichweite der Absenkung beträgt ca. 105 m.
- Ca. 80 m östlich von Mast 142 bzw. von der Entnahmestelle befindet sich ein stehendes Gewässer. Die Reichweite der Absenkung beträgt ca. 104 m.

Gemäß Herth/Arndts (2017, S.129) [D9] wird der Einfluss eines stehenden Gewässers auf einen Absenktichter meistens überschätzt. Stehende Gewässer haben in der Regel eine „verschlammte und damit auch quasi dichte Sohle“. Aufgrund des geringen Gefälles und der Sogwirkung der Absenkung zu den stehenden Gewässern wird die Selbstdichtung nicht behindert, da durch die meist vorhandenen Schwebstoffe in den Gewässern einer nicht restlos dichten Sohle, diese innerhalb kürzester Zeit abdichtet.

Weiterhin gilt es zu beachten, dass die Berechnungen der GW-Andrangsmengen und der Absenkungsreichweiten auf Grundlage, der jeweils höheren k_f -Wert-Angaben im Sinne einer Worst-Case-Betrachtung erfolgten, sofern die k_f -Werte nicht mittels Pumpversuchen oder anhand der Körnungslinien ermittelt wurden. Auch wurde zur Bemessung des Bauwasserstandes ein Sicherheitszuschlag von einem Meter über dem höchsten Wasseranschnitt bzw. der geringsten Endteufe festgelegt. Die berechneten Absenktichter stellen dementsprechend eine maximale Reichweite dar. Für die realen Absenktichter können für gewöhnlich kleinere Reichweiten angenommen werden.

Da außerdem mit zunehmender Entfernung vom Grundwasserentnahmeort, die Absenkung stark abnimmt, ist der unmittelbare Einfluss einer Grundwasserabsenkung räumlich stark auf das nahe Umfeld der Baugruben begrenzt. Es kann davon ausgegangen werden, dass sich die Absenkung nach wenigen Metern Entfernung vom Entnahmeort im Bereich der natürlichen jahreszeitlichen Grundwasserschwankungen befindet und somit ein negativer Einfluss auf den Wasserhaushalt in der Regel auszuschließen ist.

6. Betriebsbedingte Genehmigungen/Erlaubnisse

6.1 Einsatz von wassergefährdenden Stoffen im Betrieb der Kabelübergangsanlagen

Im Bereich der Kabelübergangsanlagen Mühlhausen Nord und Süd ist voraussichtlich mit dem Einsatz von wassergefährdenden Stoffen zu rechnen. Für jede KÜA werden 12 ölgefüllte Kabelendverschlüsse, welche als „schwach wassergefährdend“ (WGK 1) deklariert sind, benötigt. Diese mehrere Meter langen Bauteile dienen als elektrischer Abschluss des Erdkabels und sind technisch notwendig, um das Kabel mit der Sammelschiene bzw. der Freileitung zu verbinden. Weitere Informationen zum Einsatz von wassergefährdenden Stoffen im Betrieb der Kabelübergangsanlagen können dem Erläuterungsbericht (Unterlage 1) und die Lage der Kabelendverschlüsse den Übersichtslageplänen (Unterlage 2) und den Detaillageplänen (Unterlage 4) entnommen werden.

Zum Zeitpunkt der Erstellung der Antragsunterlagen lagen noch keine Informationen zu den voraussichtlich einzusetzenden Stoffen vor. Die zum Einsatz kommenden Stoffe und der Umgang damit wird erst im Rahmen der Ausführungsplanung feststehen.

6.2 Niederschlagswasserbeseitigung im Bereich der Kabelübergangsanlagen

Zum Zeitpunkt der Erstellung der Antragsunterlagen lagen noch keine Ergebnisse der Baugrunduntersuchungen für die Kabelübergangsanlagen vor. Die Beurteilung der Möglichkeit einer Versickerung der anfallenden Niederschläge basiert auf den öffentlich zugänglichen Informationen gemäß der in Kapitel 2 erläuterten Datengrundlage und den BGU-Ergebnissen des angrenzenden Erdkabelabschnittes und der angrenzenden Maststandorte.

Abgesehen von den Dachflächen der Betriebsgebäude und den Flächen, worauf voraussichtlich mit wassergefährdenden Stoffen umgegangen wird, ist eine zentrale Fassung und Ableitung des Niederschlagsabflusses nicht geplant. Eine großflächig zusammenhängende Versiegelung im Bereich der Kabelübergangsanlagen ist nicht vorgesehen, da zwischen den einzelnen Elementen/Fundamenten und Zufahrtswegen der KÜA der gewachsene Boden vorherrschend ist. Sofern die Abflüsse der befestigten Flächen hinsichtlich ihrer Stoffkonzentration als unbedenklich eingestuft werden, können diese ohne Vorbehandlung durch die ungesättigte Zone durch seitliches Abfließen an den Fundamenten versickert werden. Eine dahingehende Einstufung der Flächen bzgl. ihrer stofflichen Belastung kann nach derzeitigem Informationsstand nicht getroffen werden. Sollten im Zuge der Ausführungsplanung die Niederschlagsabflüsse der Flächen gemäß DWA-A 138 [D12] lediglich als tolerierbar bzw. nicht tolerierbar eingestuft werden, sind entsprechende Maßnahmen der Fassung, Vorbehandlung und Versickerung vorzunehmen.

Wassergefährdende Stoffe

Gemäß § 62 WHG müssen Anlagen zum Lagern, Abfüllen, Herstellen und Behandeln wassergefährdender Stoffe sowie Anlagen zum Verwenden wassergefährdender Stoffe im Bereich der gewerblichen Wirtschaft und im Bereich öffentlicher Einrichtungen, so beschaffen sein und so errichtet, unterhalten, betrieben und stillgelegt werden, dass eine nachteilige Veränderung der Eigenschaften von Gewässern nicht zu besorgen ist. Die „Anforderungen an die Rückhaltung wassergefährdender Stoffe“ gemäß § 18 (AwSV) sowie Anforderungen an den Umgang mit wassergefährdenden Stoffen gemäß § 62 (WHG) sind unter Berücksichtigung der „Technischen Regeln für Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen“ (TRwS) entsprechend umzusetzen.

Zur Rückhaltung wassergefährdender Stoffe werden in der Regel betroffene Komponenten/Elemente auf Fundamentwannen errichtet, welche im Havariefall die Stoffe auffangen. Die Fundamentwannen fangen dabei auch das anfallende Niederschlagswasser auf, das entweder abgepumpt und fachgerecht entsorgt oder einer Behandlungsanlage zugeführt wird. Eine abschließende Beurteilung und Umsetzung der nötigen Anforderungen kann erst im Zuge der Ausführungsplanung erfolgen.

Ersteinschätzung zur Niederschlagsbeseitigung der Betriebsgebäude der KÜA Nord und Süd

Die örtlichen Verhältnisse wie bspw. die Betroffenheit von Schutzgebieten, Altlasten/Altlastenverdachtsflächen, Quellen, Teiche und Brunnenanlagen etc. können dem Kapitel 3 entnommen werden. Nach derzeitigem Kenntnisstand ist im hydraulischen Einflussbereich der KÜA nicht mit externen Verunreinigungen aufgrund der örtlichen Verhältnisse zu rechnen.

Die wesentlichen Voraussetzungen für die Versickerung von Niederschlagswasser leiten sich aus den standortspezifischen hydrogeologischen Gegebenheiten ab. Die Durchlässigkeit, die Mächtigkeit und die Leistungsfähigkeit des Sickerraums sind dabei von grundlegender Bedeutung für die Niederschlagswasserversickerung. Gemäß DWA-A 138 [D12] sollte:

- die Durchlässigkeit des entwässerungstechnisch relevanten Versickerungsbereichs einen k_f -Bereich von $1 \cdot 10^{-3}$ bis $1 \cdot 10^{-6}$ m/s aufweisen.
- die Mächtigkeit des Sickerraums bezogen auf den mittleren höchsten Grundwasserstand (MHGW), grundsätzlich mindestens 1 m betragen (Bei unbedenklichen Niederschlagsabflüssen und geringer stofflicher Belastung der Niederschlagsabflüsse kann bei Flächen- und Muldenversickerung im begründeten Ausnahmefall eine Mächtigkeit des Sickerraums von < 1 m vertreten werden).
- je nach Reinigungsleistung des Unterbodens die Oberbodenschicht zwischen 10 und 20 cm betragen.

Im entwässerungstechnisch relevanten Versickerungsbereichs der KÜA Nord und Süd sind, gemäß der Datengrundlage, quartäre Terrassensande/-kiese vorherrschend. Die im Rahmen der BGU-Ergebnisse für das Erdkabel Mühlhausen ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerte (k_f -Werte) der nächstgelegenen Erkundungsbohrungen bzw. Pumpversuche innerhalb der quartären Terrassensande/-kiese und den zur Berechnung der Wasserandrangsmengen verwendeten k_f -Wertannahmen für die KÜAs betragen:

- für KÜA Süd: $2,5 \times 10^{-4}$ (Siebkurve - MH-BS 2), $3,2 \times 10^{-4}$ (Siebkurve - MH-BSDPH 4), $1,55 \times 10^{-4}$ (Pumpversuchauswertung - MH-KBDPHGWM 7), 2×10^{-5} (k_f -Wert-Annahmen der Berechnung für die KÜA) -> **Arithmetisches Mittel k_f -Wert = $2,42 \times 10^{-4}$**
- für KÜA Nord: $3,1 \times 10^{-4}$ (Siebkurve - MH-BS 65), $4,1 \times 10^{-4}$ (Siebkurve - MH-BS 69), $8,9 \times 10^{-4}$ (Pumpversuchauswertung - MH-KBDPHGWM 67), 5×10^{-4} (k_f -Wert-Annahmen der Berechnung für die KÜA) -> **Arithmetisches Mittel k_f -Wert = $5,28 \times 10^{-4}$**

Auf Grundlage der an die KÜAs angrenzenden Erkundungsbohrungen des EK-Mühlhausens (BGU) ist mit einer Oberbodenmächtigkeit von mindestens 20 cm zu rechnen.

Die Mächtigkeit des Sickerraums beträgt auf Basis der ermittelten Bauwasserstände für die KÜA-Süd 70 cm und für die KÜA-Nord 160 cm. In einer Entfernung von ca. 750 m südwestlich der KÜA-Süd bzw. 3 km südwestlich der KÜA-Nord betreibt das Wasserwirtschaftsamt Regensburg eine Grundwassermessstelle mit den folgenden Stammdaten [D13]:

- Messstellen-Nr.: 20013; Messstellenordnung: Grundnetz; Gemeinde: Mühlhausen

- Grundwasserleiter: Quartär; Ausbautiefe unter Gelände: 10,00 m
- Geländehöhe: 396,72 m ü. NN
- Ostwert: 678578, Nordwert: 5448562 (ETRS89 / UTM Zone 32N)
- Beobachtungszeitraum: 05.12.2006 bis 16.02.2025
- Höchster Wasserstand (HHW): 395,80 m ü. NN
- Mittlerer Wasserstand (MW): 395,00 m ü. NN
- Niedrigster Wasserstand (NNW): 393,50 m ü. NN
- Mittlerer Höchster Grundwasserstand (MHGW): 395.41 m ü. NN (Zeitraum: 01.11.2006 - 01.11.2025)

Der MHGW im Bereich der GW-Messstelle Nr. 20013 beträgt demnach 1,31 m u. GOK. Aufgrund der Entfernung zu den Kabelübergangsanlagen und den auf engstem Raum schwankenden hydrogeologischen Verhältnissen (s. Baugrundergebnisse EK-Mühlhausen), kann nicht mit hinreichender Sicherheit der MHGW der GW-Messstelle für eine Bewertung des MHGW an den Kabelübergangsanlagen herangezogen werden.

Unter Berücksichtigung der standortspezifischen hydrogeologischen Gegebenheiten sehen wir die grundsätzliche Möglichkeit der Niederschlagsversickerung als gegeben. Aufgrund der hohen zu erwartenden Grundwasserstände sehen wir insbesondere im Bereich der KÜA-Süd die Niederschlagsversickerung mittels Sickerschachts oder Rigole als nicht gegeben. Da die Komponenten dieser Versickerungsanlagen im Regelfall eine Mindestüberdeckung von ca. 0,5 m, je nach anstehendem Boden und Frosteindringtiefe, sowie einen Mindestabstand der Rigolen- u. Sickersohle von 1 m zum Grundwasser aufweisen müssen, ist die erforderliche Mächtigkeit des Sickerraums nicht vorhanden.

Aus Sicht des Grundwasserschutzes und der hohen Wasserstände ist die Niederschlagsbeseitigung der Dachflächen der Betriebsgebäude über eine Flächen- bzw. Muldenversickerung vorzuziehen.

Sollten sich im Zuge der Baugrunduntersuchung für die KÜA oder der Ausführungsplanung Änderungen zu den dargestellten Erläuterungen ergeben, erfolgt eine erneute wasserrechtliche Beantragung im Vorfeld des Baus.

7. Anlagen in, an, über und unter oberirdischen Gewässern

Nach § 36 Abs. 1 Satz 1 WHG sind Anlagen in, an, über und unter oberirdischen Gewässern so zu errichten, zu betreiben, zu unterhalten und stillzulegen, dass keine schädlichen Gewässeränderungen zu erwarten sind und die Gewässerunterhaltung nicht mehr erschwert wird, als es den Umständen nach unvermeidbar ist. Die nach Art. 20 BayWG geltenden Bedingungen für die Genehmigung von Anlagen in, an über und unter Gewässern (zu § 36 WHG) sind zu berücksichtigen. Danach sind Anlagen an Gewässern der ersten oder zweiten Ordnung genehmigungspflichtig, die weniger als sechzig Meter von der Uferlinie entfernt sind oder die Unterhaltung oder den Ausbau beeinträchtigen können (Art. 20 Abs. 1 Satz 2 BayWG). Darüber hinaus können die Regierungen durch Rechtsverordnung die Genehmigungspflicht auch für Anlagen im Sinn der § 36 WHG an Gewässern der dritten Ordnung oder Teilen davon begründen (Art. 20 Abs. 2 BayWG). Die Genehmigungen werden im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens beantragt.

Neben der im Rahmen der bauzeitlichen Wasserhaltung einzurichtenden temporären Anlagen (Schlauchleitungen, Einleitstellen), welche in der Nähe von Gewässern sowie an deren Uferzonen platziert werden, sind weitere temporäre und dauerhafte Installationen an und über Gewässern der ersten, zweiten und

dritten Ordnung geplant. Diese umfassen Baustellenzuwegungen, temporäre Arbeitsflächen (u.a. Schutzgerüste, Ankerflächen etc.) und Überspannung offener Gewässer mit Leiterseilen. Mit der Überspannung der Leitung werden die erforderlichen Mindestbodenabstände eingehalten. Die exakten Bodenabstände können den Längen- und Höhenprofilplänen entnommen werden, die der Unterlage 7 beigelegt sind.

Mast Nr. 75 (Neubau) liegt im 60-m-Bereich eines Seitenarms der Altmühl, der als Gewässer der ersten Ordnung klassifiziert ist. Auch Mast Nr. 76 (Neubau) liegt im 60-m-Bereich eines Gewässers (LDMK – Gewässer dritter Ordnung) im Sinne von Art. 20 Abs. 1 und 2 BayWG. Weiterhin sind als dauerhafte Anlagen Überspannungen durch Beseilung der Gewässer zu benennen.

Jeglicher Eintrag von Fremdmaterialien und Schadstoffen in Oberflächengewässer wird vermieden. Die im Maßnahmenkatalog zu der bauzeitlichen Beeinträchtigung von Boden und Wasser durch Schad- oder Betriebsstoffe und Fremdmaterialien (s. Unterlage 8.4.3 (V4) des LBP) aufgeführten Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen sehen u. a. Folgendes vor:

- Grundsätzlich gilt es die allgemeinen Anforderungen an den Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (vgl. § 62 WHG) zu beachten.
- Sofern es gemäß Betriebserlaubnis der eingesetzten Maschinen möglich ist, werden biologisch abbaubare Betriebsstoffe genutzt.
- Das Eindringen von wassergefährdenden Stoffen in Boden und Untergrund wird durch geeignete Vorkehrungen (Auffangwannen, ölbindende Mittel usw.) verhindert.
- Es werden keine wassergefährdenden Stoffe als Bau- und Anstrichmaterial verwendet sowie entsprechende Schutzvorkehrungen beim Umgang mit Baustoffen eingehalten.
- Für die Betankung von Fahrzeugen werden entsprechend geltender Regelwerke Betankungsplätze eingerichtet bzw. findet der Umgang entsprechenden Stoffen ausschließlich in dafür vorgesehenen Bereichen statt.
- Das Lagern von Kraftstoffen oder sonstigen wassergefährdenden Stoffen auf ungeschützten Flächen sollte ausschließlich mit geeigneten Schutzvorkehrungen (z. b. doppelwandige Tankwannen) stattfinden.

Nach Abschluss der Bauarbeiten werden die temporären Arbeitsflächen und Baustraßen vollständig rückgebaut. Die Qualitätssicherung dieser Rückbaumaßnahmen wird durch eine Umweltbaubegleitung gewährleistet. Durch die dauerhafte Überspannung im Spannungsfeld der in Tabelle 9 aufgelisteten Masten sind keine Auswirkungen auf das Gewässer zu erwarten. Es sind insgesamt keine schädlichen Gewässeränderungen sowie erschwerten Bedingungen zu Gewässerunterhaltung gemäß § 36 WHG zu erwarten.

Tabelle 9 enthält eine Aufstellung aller temporären und dauerhaften Bauvorhaben an und über genehmigungspflichtigen Gewässern im Sinne von Art. 20 Abs. 1 und 2 BayWG.

Tabelle 9: Anlagen im Bereich von genehmigungspflichtigen Gewässern im Sinne von Art. 20 Abs. 1 und 2 BayWG

Standort	Gewässer	Inanspruchnahme (60-m-Bereich)
Mast 74 – Mast 75 (Neubau)	Altmühl (Kennzahl 138) – Gewässer I. Ordnung	Dauerhaft – Überspannung Beseilung
Mast 75 – Mast 76 (Neubau)	NN (Seitenarm der Altmühl; Kennzahl 138) – Gewässer I. Ordnung	Dauerhaft – Überspannung Beseilung
Mast 76 – Mast 77 (Neubau)	LDMK (Kennzahl 138692) – Gewässer III. Ordnung	Dauerhaft – Überspannung Beseilung
Mast 77 – Mast 78 (Neubau)	Main-Donau-Kanal (Kennzahl 1386) – Gewässer I. Ordnung	Dauerhaft – Überspannung Beseilung
Mast 74 (Neubau)	Altmühl (Kennzahl 138) – Gewässer I. Ordnung	Temporär – Arbeitsflächen, Zuwegung, Baueinsatzkabel
Mast 75 (Neubau)	NN (Seitenarm der Altmühl; Kennzahl 138) – Gewässer I. Ordnung	Temporär – Arbeitsflächen, Zuwegung, Bauein- satzkabel Dauerhaft – Mast (60-m-Bereich)
Mast 76 (Neubau)	LDMK (Kennzahl 138692) – Gewässer III. Ordnung	Temporär – Arbeitsfläche, Zuwegung, Bauein- satzkabel Dauerhaft – Mast (60-m-Bereich)
Mast 77 (Neubau)	Main-Donau-Kanal – (Kennzahl 1386) Gewässer I. Ordnung	Temporär – Arbeitsflächen, Zuwegung, Einleitstelle + Schlauchleitungen
Mast 77 (Neubau)	LDMK (Kennzahl 138692) – Gewässer III. Ordnung	Temporär – Arbeitsflächen, Zuwegung
Mast 78 (Neubau)	Main-Donau-Kanal – Gewässer I. Ordnung	Temporär – Arbeitsflächen, Zuwegung
Mast 124 – Mast 125 (Neubau)	LDMK (Kennzahl 138692) – Gewässer III. Ordnung	Dauerhaft – Überspannung Beseilung
Mast 125 (Neubau)	LDMK (Kennzahl 138692) – Gewässer III. Ordnung	Temporär – Arbeitsflächen (Gerüst)
Mast 92 – Mast 93 (Rückbau)	Sulz (Kennzahl 13862) – Gewässer II. Ordnung	Temporär – Rückbau Überspannung Beseilung
Mast 93 (Rückbau)	Sulz (Kennzahl 13862) – Gewässer II. Ordnung	Temporär – Rückbau Mast, Arbeitsflächen, Zuwegung

Fortsetzung Tabelle 9

Standort	Gewässer	Inanspruchnahme (60-m-Bereich)
Mast 94 (Rückbau)	Sulz (Kennzahl 13862) – Gewässer II. Ordnung	Temporär – Arbeitsflächen, Zuwegung, Baueinsatzkabel
Mast 94 – Mast 95 (Rückbau)	Sulz (Kennzahl 13862) – Gewässer II. Ordnung	Temporär – Rückbau Überspannung Beseilung
Mast 95 (Rückbau)	Sulz (Kennzahl 13862) – Gewässer II. Ordnung	Temporär – Rückbau Mast, Arbeitsflächen, Zuwegung
Mast 96 – Mast 97 (Rückbau)	Sulz (Kennzahl 13862) – Gewässer II. Ordnung	Temporär – Rückbau Überspannung Beseilung
Mast 96 (Rückbau)	Sulz (Kennzahl 13862) – Gewässer II. Ordnung	Temporär – Rückbau Mast, Arbeitsflächen, Zuwegung
Mast 111 – Mast 112 (Rückbau)	Sulz (Kennzahl 13862) – Gewässer II. Ordnung	Temporär – Rückbau Überspannung Beseilung
Mast 112 – Mast 113 (Rückbau)	LDMK (Kennzahl 138692) – Gewässer III. Ordnung	Temporär – Rückbau Überspannung Beseilung
Mast 112 (Rückbau)	Sulz (Kennzahl 13862) – Gewässer II. Ordnung	Temporär – Rückbau Mast, Arbeitsflächen, Zuwegung
Mast 112 (Rückbau)	LDMK (Kennzahl 138692) – Gewässer III. Ordnung	Temporär – Arbeitsflächen, Zuwegung
Mast 113 (Rückbau)	LDMK (Kennzahl 138692) – Gewässer III. Ordnung	Temporär – Arbeitsflächen, Zuwegung
Mast 169 – Mast 170 (Rückbau)	Altmühl (Kennzahl 138) – Gewässer I. Ordnung	Temporär – Rückbau Überspannung Beseilung
Mast 168 (Rückbau)	Stadtlaber (Kennzahl 1388) – Gewässer II. Ordnung	Temporär – Arbeitsflächen
Mast 169 (Rückbau)	Main-Donau-Kanal – Gewässer I. Ordnung	Temporär – Rückbau Mast, Arbeitsflächen, Zuwegung
Mast 169 (Rückbau)	Stadtlaber (Kennzahl 1388) – Gewässer II. Ordnung	Temporär – Arbeitsflächen
Mast 170 (Rückbau)	Altmühl (Kennzahl 138) – Gewässer I. Ordnung	Temporär – Arbeitsflächen, Zuwegung

8. Arbeiten im Gewässerrandstreifen

Eine Errichtung von Anlagen als dauerhafte Bauwerke im Gewässerrandstreifen ist nicht geplant. Die Errichtung temporärer Arbeitsflächen und Baustraßen in der Nähe von Gewässern und deren Randstreifen wird nach Möglichkeit vermieden. Sollte dies nicht möglich sein, beschränken sich die Eingriffe in den Gewässerrandstreifen sowie ins Gewässer selbst auf den absolut notwendigen Umfang.

Die Voraussetzungen der Verbotstatbestände gemäß § 38 Abs. 4 WHG, Art. 21 Abs. 1 BayWG sind vorhabenbedingt nicht erfüllt, da:

- Keine Umwandlung von Grünland in Ackerland oder gartenbauliche Nutzung stattfindet.
- Die Entfernung von standortgerechten Bäumen und Sträuchern nicht geplant ist.
- Innerhalb des Gewässerrandstreifens kein Umgang mit wassergefährdenden Stoffen stattfindet.
- Die nicht nur zeitweise Ablagerung von Gegenständen nicht stattfindet.

Aufgrund der temporären Inanspruchnahme durch Arbeitsflächen, Schutzgerüste, Zuwegungen und Einleitstellen kann es lediglich zu vereinzelteten Rückschnitten von Gehölzbeständen im Randstreifen kommen.

Sämtliche Maßnahmen zur Vermeidung, Minimierung und zum Schutz im Zusammenhang mit einer möglichen bauzeitlichen Beeinträchtigung angrenzender Biotope inkl. Gehölzbestände und Fließgewässer sind in der Unterlage 8.2 (V11) aufgeführt. Das Eintreten von Verbotstatbeständen nach § 38 Abs. 4 WHG, Art. 21 Abs. 1 BayWG kann unter Berücksichtigung der allgemeinen Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen gemäß Unterlage 8.2 somit ausgeschlossen werden.

Der Art. 46 Abs. 4 und 6 BayWG trifft ergänzende Regelungen zu den Bestimmungen der §§ 78 und 78a WHG, die das Vorhaben im Einzelnen jedoch nicht betreffen.

Von den weitergehenden Regelungen des § 61 Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) zur Freihaltung von Gewässern und Uferzonen sind gemäß § 61 Abs. 1 Bundeswasserstraßen, Gewässer erster Ordnung und stehende Gewässer mit einer Fläche von mehr als 1 ha erfasst. Dort dürfen im Abstand bis 50 m von der Uferlinie keine baulichen Anlagen errichtet oder wesentlich geändert werden. Nach § 61 Abs. 3 kann von dem Verbot des Abs. 1 unter bestimmten Voraussetzungen auf Antrag eine Ausnahme zugelassen werden. Für das Vorhaben werden die naturschutzfachlichen Anforderungen des § 61 BNatSchG im Landschaftspflegerischen Begleitplan (LBP) (Unterlage 8.2) geprüft und - soweit Ausnahmetatbestände vorliegen - dort abgehandelt.

Nach Abschluss der Bauarbeiten werden die temporären Arbeitsflächen und Baustraßen vollständig rückgebaut. Die Qualitätssicherung dieser Rückbaumaßnahmen wird durch eine Umweltbaubegleitung gewährleistet.

Eine Befreiung der Verbote nach § 38 Abs. 4 WHG, Art. 21 Abs. 1 BayWG, gemäß § 38 Abs. 5 WHG ist voraussichtlich nicht erforderlich da die Voraussetzungen der Verbotstatbestände nicht erfüllt sind.

Stuttgart, den 24.6.25

i.V. gez. Stephan Anhorn

i.A. gez. Samuel Masse

Literaturverzeichnis

- [D1] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (2009): Wasserhaushaltsgesetz vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), zuletzt geändert Gesetz vom 22.12.2023 (BGBl. I S. 409) m.W.v. 29.12.2023). – Berlin.
- [D2] Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (2010): Bayrisches Wassergesetz (BayWG) vom 25. Februar 2010 (GVBl. S. 66, 130) BayRS 753-1-U, zuletzt geändert durch § 1 des Gesetzes vom 9. November 2021 (GVBl. S. 608), - München.
- [D3] Bayerische Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (2000): Verordnung über die erlaubnisfreie schadlose Versickerung von gesammeltem Niederschlagswasser (Niederschlagswasserfreistellungsverordnung – NWFreiV¹) vom 1. Januar 2000 (GVBl. S. 30) BayRS 753-1-18-U, zuletzt geändert durch § 1 Nr. 367 der Verordnung vom 22. Juli 2014 (GVBl. S. 286). – München.
- [D4] Bayrisches Landesamt für Umwelt – Umweltatlas Bayern – digitale Geologische Karte 1:25.000 (dGK25)
- [D5] Bayrisches Landesamt für Umwelt – Umweltatlas Bayern – digitale hydrogeologische Karte 1:100.000 (dHK 100)
- [D6] Grundwasserverordnung vom 9. November 2010 (BGBl. I S. 1513), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 4. Mai 2017 (BGBl. I S. 1044) geändert worden ist
- [D7] Oberflächengewässerverordnung vom 20. Juni 2016 (BGBl. I S. 1373), die zuletzt durch Artikel 2 Absatz 4 des Gesetzes vom 9. Dezember 2020 (BGBl. I S. 2873) geändert worden ist
- [D8] Karl Josef Witt [Hrsg.] (2009): Grundbau-Taschenbuch, Teil 2: Geotechnische Verfahren, 7. Auflage. – Berlin.
- [D9] Herth / Arndts (2017): Theorie und Praxis der Grundwasserabsenkung – 3. Auflage. - Berlin.
- [D10] DWD Deutscher Wetterdienst (2020): KOSTRA-DWD-2020, Starkniederschlagshöhen für Deutschland (1951-2020). - Offenbach am Main.
- [D11] DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (2011): DWA-A 118, Arbeitsblatt DWA-A 118 /2011: Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen. – Hennef.
- [D12] DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (2005): DWA-A 138, Arbeitsblatt DWA-A 113 /2005: Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser. – Hennef.
- [D13] <https://www.gkd.bayern.de/de/grundwasser/oberesstockwerk/kelheim/muehlhausen-q8-20013>