

Juraleitung

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

Planfeststellungsunterlage

Unterlage 11.2

Gegebenheiten im Bereich Main-Donau-Kanal

Antragsteller:



TenneT TSO GmbH

Bernecker Straße 70

95448 Bayreuth

Bearbeitung:



Ingenieurgemeinschaft Katzwangtunnel

c/o SWECO GmbH

Hanauer Landstraße 135 - 137

60314 Frankfurt am Main

Aufgestellt:	TenneT TSO GmbH	Bayreuth, den
	gez. i.V. J. Gotzler gez. i.V. A. Junginger	30.04.2025
Bearbeitung:	IGKWT – Ingenieurgemeinschaft Katzwangtunnel gez. i.V. D. Edelhoff (Projektleitung)	
Anlagen zum Dokument	<ul style="list-style-type: none"> - Anlage 1: Lage-/Höhenplan Kreuzungsbereich - Anlage 2: Querschnitt Kreuzungsbereich - Anlage 3: Lageplan Entnahme/Einleitung Main-Donau-Kanal 	
Änderungs- historie:	Änderung:	Änderungsdatum:

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Juraleitung	1
1.2	Einordnung und Zweck des Dokuments	1
1.3	Inhalt des Dokuments	1
2	Projektbeschreibung / Kreuzung Bundeswasserstraße	2
2.1	Allgemeine Angaben zum Bauvorhaben.....	2
2.2	Bestehende Verhältnisse im Querungsbereich des Main-Donau-Kanals.....	2
2.2.1	Baugrund- und Grundwasserverhältnisse	3
2.2.2	Haltung	3
2.2.3	Sohlprofil.....	4
2.2.4	Wasserstände	5
2.2.5	Bestehende Anlagen.....	5
2.2.6	Munitionsfreiheit.....	5
2.3	Beschreibung von Art und Umfang der beabsichtigten Maßnahme	5
2.3.1	Geplantes Bauverfahren	6
2.3.2	Statische Nachweise Tunnelbauwerk.....	7
2.3.3	Baustelleneinrichtung.....	8
2.3.4	Bauzeitenplanung	8
2.4	Technische Daten der Querung	9
3	Wasserstraßenrechtliche Belange	10
3.1	Wasserentnahme aus dem Main-Donau-Kanal.....	10
3.1.1	Verfahren zur Wasserentnahme	10
3.1.2	Rechnerische Nachweise	11
3.1.2.1	Resultierender Volumenstrom	11
3.1.2.2	Resultierende Anströmgeschwindigkeit	11
3.1.3	Zeitraum und Dauer der Entnahme.....	11
3.2	Wassereinleitung in den Main-Donau-Kanal.....	12
3.2.1	Wasserhaltung Erdkabelstrecke	12
3.2.2	Wasserhaltung Startbaugrube.....	12
3.2.3	Prozesswasser Tunnelvortrieb.....	12
3.2.4	Oberflächenwasser Baufeld Katzwang	13
3.2.5	Verfahren zur Wassereinleitung.....	14
3.2.6	Rechnerische Nachweise	17
3.2.6.1	Resultierender Volumenstrom	17

3.2.6.2	Resultierende Querströmung	17
3.2.6.3	Mögliche Erhöhung des Wasserspiegels.....	18
3.2.7	Zeitraum und Dauer der Einleitung	19
4	Beweissicherung und Monitoring	20
4.1	Setzungsprognose infolge Vortriebsarbeiten	20
4.2	Setzungsprognose infolge Grundwasserhaltung Startbaugrube	21
4.3	Beweissicherung	21
4.4	Monitoring	23
5	Bautechnische Unterlagen	24
5.1	Übersichtsplan	24
5.2	Lage-/Höhenplan	24
5.3	Querschnitt	24
5.4	Lageplan Entnahme/Einleitung.....	24
5.5	Baubeschreibung	24
5.6	Entwurfsstatik Tunnel.....	25
6	Quellen	26
6.1	Literatur / Daten / Unterlagen.....	26
6.2	Internetquellen	26
6.3	Gesetze / Normen / Verordnungen.....	26

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Lage-/Höhenplan Main-Donau-Kanal [W2]	4
Abbildung 2:	Regelquerschnitt Main-Donau-Kanal, Haltung Eibach, Form B2.....	4
Abbildung 5:	Oberflächensammler DN 400 und oberirdischer Graben (eigenes Foto)	14
Abbildung 6:	Einlaufschacht Bestand östlich Betriebsweg (eigenes Foto)	15
Abbildung 7:	Gitter vor Schlammfang/Absetzbecken (eigenes Foto).....	15
Abbildung 8:	Rohreinlauf DN 700 in den Main-Donau-Kanal (eigenes Foto)	16
Abbildung 7:	Hydraulische Berechnung für Kreisquerschnitt DN 700, Volumenstrom ca. 183 l/s	17
Abbildung 8:	Hydraulische Berechnung für Kreisquerschnitt DN 700, Volumenstrom ca. 202 l/s	18
Abbildung 11:	Geplante Lage der Extensometerquerschnitte	22
Abbildung 12:	Geplante Lage der Nivellementmesspunkte	23

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Allgemeine Angaben zum Bauvorhaben	2
Tabelle 2:	Wasserstände Main-Donau-Kanal, Haltung Eibach.....	5
Tabelle 3:	Technische Daten Tunnel	9
Tabelle 4:	Berechnungsergebnisse Setzungsprognose Main-Donau-Kanal	20

1 Einleitung

1.1 Juraleitung

TenneT plant das Übertragungsnetz in Bayern auszubauen und beantragt vorliegend die Planfeststellung für die Errichtung und den Betrieb des Abschnitts A-Katzwang (Regierungsbezirk Mittelfranken) der 380-kV-Wechselstrom-Höchstspannungsfreileitung Raitersaich – Altdorf b. Nürnberg/Winkelhaid – Sittling – Altheim. Diese Leitung ist Gegenstand der Nr. 41 der Anlage zum Bundesbedarfsplangesetz (BBPlG), namentlich der Maßnahme Raitersaich - Altdorf b. Nürnberg/Winkelhaid, und trägt die Leitungsbezeichnung LH-07-B170 (Juraleitung).

Für weitergehende Informationen zur Juraleitung und zum Planfeststellungsverfahren wird auf das Kapitel 2 der Unterlage 1.0 verwiesen.

1.2 Einordnung und Zweck des Dokuments

Das vorliegende Dokument „Unterlage 11.2 – Gegebenheiten im Bereich Main-Donau-Kanal“ ist Bestandteil des Antrags auf Planfeststellung für das Vorhaben Juraleitung für den Planfeststellungsabschnitt A-Katzwang.

Im Abschnitt A-Katzwang kreuzt das Vorhaben grabenlos die Bundeswasserstraße Main-Donau-Kanal. Für die Errichtung, die Veränderung und den Betrieb von Anlagen in, über oder unter einer Bundeswasserstraße oder an ihrem Ufer sowie Benutzungen (§ 9 Wasserhaushaltsgesetz) einer Bundeswasserstraße ist nach § 31 Bundeswasserstraßengesetz (WaStrG) grundsätzlich eine strom- und schifffahrtspolizeiliche Genehmigung (ssG) des zuständigen Wasserstraßen- und Schifffahrtsamtes erforderlich, wenn durch die beabsichtigte Maßnahme eine Beeinträchtigung des für die Schifffahrt erforderlichen Zustandes der Bundeswasserstraße oder der Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs zu erwarten ist.

Abstimmungen mit dem WSA Donau MDK haben ergeben, dass auf eine strom- und schifffahrtspolizeiliche Genehmigung (ssG) verzichtet werden kann, sofern die im Bereich des Main-Donau-Kanals geplanten Bautätigkeiten im Rahmen des Antrags auf Planfeststellung in ausreichender Detailtiefe beschrieben werden (vgl. [U6] [U7]). Diese Abstimmungen werden mit der vorliegenden Unterlage dokumentiert und ergänzt.

1.3 Inhalt des Dokuments

Inhalt dieser Unterlage ist zum einen die Beschreibung der geplanten Baumaßnahmen für das Querungsbauwerk (Tunnel), zum anderen der Antrag auf Genehmigung für die Entnahme und Einleitung von Wasser aus dem bzw. in den Main-Donau-Kanal und die damit verbundenen Maßnahmen im Gewässerbereich sowie für die Gewässerbenutzungen selbst (Entnahme und Einleitung von Wasser, vgl. § 31 Abs. 1 Nr. 1 WaStrG bzw. § 9 Abs. 1 Nr. 1 WHG).

Die Entnahme und Einleitung von Wasser sind für den Baubetrieb des Tunnelbauvortriebs notwendig, um eine Wasserver- und Entsorgung während der Bauphase zu ermöglichen.

2 Projektbeschreibung / Kreuzung Bundeswasserstraße

2.1 Allgemeine Angaben zum Bauvorhaben

In der nachfolgenden Tabelle werden die allgemeinen Angaben zum geplanten Bauvorhaben zusammengefasst.

Tabelle 1: Allgemeine Angaben zum Bauvorhaben

Bauvorhaben	Raitersaich-Ludersheim-Sittling Altheim 380-kV-Ersatzneubauprojekt LH-07-B170 Ltg.-Abschnitt A-Katzwang Raitersaich_West - Ludersheim_West
Kabeltyp	HVAC (380-kV AC-Kabel, 3200 mm ² Cu)
Kabelanzahl	6 x 380-kV Energiekabel + Begleitkabel je Tunnel
Bauherr	TenneT TSO GmbH Bernecker Straße 70 95448 Bayreuth
Baubereich im Gewässer-Kreuzungsbereich	Bayern Gemarkung Katzwang Flurstück 456/2
Sonderbauwerk	Tunnel bei MDK-km 76,1
Schutzstreifenbreite	23,30 m
Verantwortlich für die Errichtung	TenneT TSO GmbH Bernecker Straße 70 95448 Bayreuth
Technische Betriebsführung	TenneT TSO GmbH Bernecker Straße 70 95448 Bayreuth
Ingenieurbüro Kreuzungsplanung	BUNG-PEB Tunnelbau-Ingenieure GmbH <i>als Teil der</i> <i>Ingenieurgemeinschaft Katzwangtunnel</i> Stockumer Straße 475 44227 Dortmund

2.2 Bestehende Verhältnisse im Querungsbereich des Main-Donau-Kanals

Nachfolgend werden die bestehenden Verhältnisse im Querungsbereich beschrieben, welche im Rahmen der Bestimmung von Trassierung und Gradienten des Tunnelbauwerks berücksichtigt wurden.

2.2.1 Baugrund- und Grundwasserverhältnisse

Für die Tunneltrasse wurde ein geotechnischer Bericht erstellt, welcher der Unterlage MB04.2 zu entnehmen ist.

Demnach wird der oberflächennahe Untergrund im Planungsgebiet bis ca. 50 m u. GOK aus Gesteinen des mittleren Keupers gebildet. Bei den Erkundungsbohrungen sind vor allem Sandsteine und Ton-/Schluffsteine (Baugrundsicht 3), teilweise in Wechsellagerung mit wenigen Zentimeter bis Dezimeter Mächtigkeit, angetroffen worden. Vereinzelt konnten auch geringmächtige Kalksteine (Baugrundsicht 4), Brekzien und Konglomerate (Baugrundsicht 5) erkannt werden.

Die Estheriensichten (Baugrundsicht 6), bestehend aus Tonsteinen, Schiefertönen, Steinmergeln und Feinsandsteinen, sind durch einen deutlichen Farbwechsel von hellgrau, braun, rot zu grau bis dunkelgrau / schwarz gut erkennbar. Außerdem haben die Estheriensichten eine besondere hydrogeologische Bedeutung als Grundwasserstockwerke trennende Dichtschicht. Ein geologischer Schnitt mit Darstellung der Schichtverläufe ist in Unterlage MB04.2 enthalten.

Im Bereich des Main-Donau-Kanals wurden zwei Bohrungen abgeteuft: Die Bohrung KB 20 westlich des Kanals und die KB 21 östlich des Kanals. Diese bestätigen den inhomogenen Aufbau der Baugrundsicht 3 in Form einer Wechsellagerung aus Ton-/ Sand- und Schluffstein, in welcher die Vortriebsarbeiten im Kreuzungsbereich stattfinden.

Die Festgesteine werden entweder als kombinierter Poren- und Grundwasserleiter (Sandsteine und Kalksteine) oder Grundwasserstauer (Ton-/Schluffsteine) charakterisiert. Der Wasserstand weist ein Ost-West-Gefälle auf. Unterhalb des Main-Donau-Kanals erfolgt der Tunnelvortrieb im Grundwasser. Im Rahmen der statischen Berechnungen wurde der Bemessungswasserstand bis zur Unterkante der gedichteten Sohle angesetzt. Durch die Abdichtung kann das Grundwasser eventuell gespannt vorliegen.

Details sind der Unterlage MB 04.2 zu entnehmen.

2.2.2 Haltung

Die geplante Kreuzung liegt im Bereich der Haltung Eibach des Main-Donau-Kanals. Dabei handelt es sich in Kilometrierungsrichtung um den Abschnitt zwischen der Schleuse Eibach und der Schleuse Leerstetten. Die Gesamtlänge des Abschnitts beträgt gemäß nachstehender Abbildung 11,5 km.

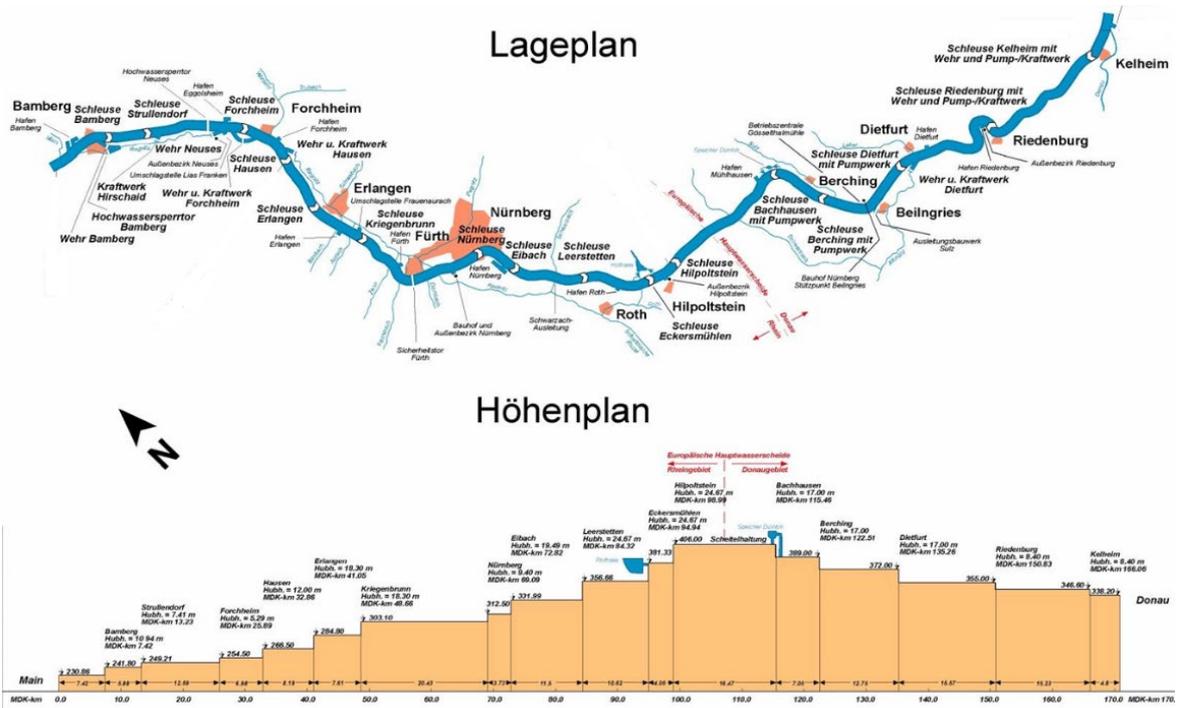


Abbildung 1: Lage-/Höhenplan Main-Donau-Kanal [W2]

Die Fließrichtung erfolgt im Bereich der Haltung entgegen der Kilometrierungsrichtung, also Richtung Nürnberg/Norden.

2.2.3 Sohlprofil

Der Regelquerschnitt im Bereich der Haltung Eibach stellt sich nach Angabe des WSA Donau MDK [U3] wie folgt dar:

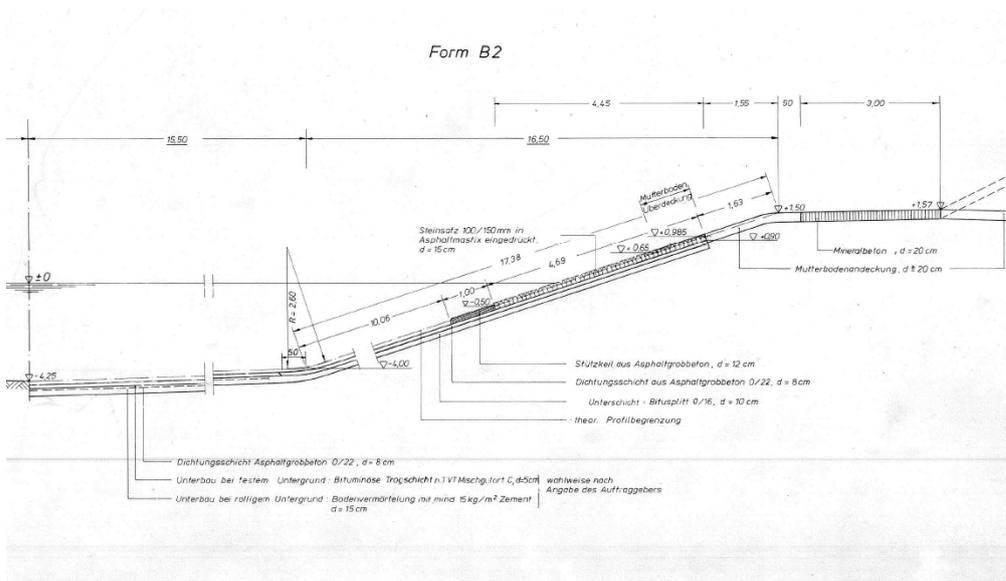


Abbildung 2: Regelquerschnitt Main-Donau-Kanal, Haltung Eibach, Form B2

Beim senkrechten Bereich handelt es sich um die Fahrrinne, die restliche Wasserfläche (Böschungsbereich) ist das Fahrwasser. Das Fahrwasser wird nicht planmäßig befahren, sondern nur in Ausnahmefällen oder in Kurvenbereichen. Der Kreuzungsbereich liegt nicht in einem Kurvenbereich.

2.2.4 Wasserstände

In der Haltung Eibach liegen nach Angabe des WSA [U3] folgende Wasserstände vor:

Tabelle 2: Wasserstände Main-Donau-Kanal, Haltung Eibach

Wasserstand	m. u. NHN (DHHN2016)
Stauziel Zs	331,95
Unterer Grenzwasserstand GWu	331,45
Unterer Betriebswasserstand BWu	331,85
Oberer Betriebswasserstand BWo	332,05
Oberer Grenzwasserstand GWo	332,40

Bei dem im Regelquerschnitt angegebenen Bezugspunkt (± 0) handelt es sich um das Stauziel. Daraus ergibt sich die Sohlhöhe wie folgt:

$$331,95 \text{ mNHN} - 4,25 \text{ m} = 327,7 \text{ mNHN}$$

2.2.5 Bestehende Anlagen

Südlich des Kreuzungsbereichs befindet sich am westlichen Ufer des Main-Donau-Kanals eine öffentliche Bootsrampe, die über die Rosine-Speicher-Straße zugänglich ist. Gegenüber davon am östlichen Ufer befindet sich ein Einleitbauwerk, das der Ableitung von Wasser eines Straßenentwässerungskanals der Gaulnhofers Straße dient. Südlich beider Bauwerke befindet sich die Brücke Gaulnhofers Straße. Das Einleitbauwerk und die Brücke werden von der Stadt Nürnberg (Servicebetrieb Öffentlicher Raum - SÖR) betrieben.

2.2.6 Munitionsfreiheit

Bedingt durch die Gradienten- bzw. Tiefenlage der Vortriebsstrecke ist, insbesondere im Querungsbereich mit dem MDK, die Kampfmittelfreiheit grundsätzlich gewährleistet.

2.3 Beschreibung von Art und Umfang der beabsichtigten Maßnahme

Die für den Leitungsabschnitt A-Katzwang beantragte Trasse quert den Main-Donau-Kanal bei Stromkilometer 76,1. Der betreffende Kreuzungsbereich ist in den Lage-/Höhenplänen der Tunnelröhren (Unterlage 7.5 und 7.6) sowie dem zusätzlichen Lage-/Höhenplan für den Kreuzungsbereich (Anlage 1 zu Unterlage 11.2) dargestellt.

Die Unterquerung des Main-Donau-Kanals an der vorgesehenen Kreuzungsstelle soll in geschlossener Bauweise ausgeführt werden. Der Vorhabenträger beabsichtigt, das Tunnelbauwerk mittels maschinellem Tunnelvortrieb mit Tübbingausbau herzustellen.

Der Main-Donau-Kanal wird bei ca. km 0+260.50, in einem Winkel von ca. 60° unterquert. Aufgrund der übrigen trassierungstechnischen Zwänge ist eine rechtwinklige Querung (wie gemäß [U8] präferiert) nicht umsetzbar.

Bei der Entwicklung der Gradienten des Tunnelbauwerks wurde u.a. die Einhaltung der Mindestabstände des WSA [U8] zur Unterquerung von sohlgedichteten Bundeswasserstraßen mit Dükerbauwerken ($2 \times D_a \leq h_{\min} \geq 5,0 \text{ m}$, somit im vorliegenden Fall 8,4 m) berücksichtigt. Im Zusammenhang mit den anderen berücksichtigten Randbedingungen, ergibt sich eine Überdeckung von ca. 11,6 m, so dass die Mindestüberdeckung des WSA eingehalten wird.

Die technischen Daten des Tunnelbauwerks sind in Kapitel 2.4 tabellarisch zusammengefasst. Die genaue Lage des Tunnelbauwerks sowie der Start- und Zielbaugrube kann den Unterlagen 7.5 und 7.6 entnommen werden. Eine detailliertere Ansicht im Kreuzungsbereich des Main-Donau-Kanals ist als Anlage 1 zur Unterlage 11.2 beigefügt.

Die beiden Tunnelröhren dienen zur Aufnahme und Durchführung von jeweils 6 Leiterkabeln mit je 3.200 mm² und einer Nennspannung von 380 kV.

2.3.1 Geplantes Bauverfahren

Für die Verlegung der zwölf 380-kV-Höchstspannungskabel werden im Bereich der Kreuzung mit dem Main-Donau-Kanal zwei Kabeltunnel mit einem Innendurchmesser von 3,6 m hergestellt. Der lichte Abstand zwischen den Tunnelröhren beträgt 4,9 m. Die Tunnel bestehen aus Tübbingringen mit einer Dicke von 30 cm, so dass der Außendurchmesser 4,2 m beträgt. Ein detaillierter Querschnitt im Kreuzungsbereich kann der Anlage 2 zur Unterlage 11.2 entnommen werden.

Zur Herstellung der Kabeltunnel wird in einem ersten Schritt die Startbaugrube erstellt, die sich rund 220 m östlich des Kanals (lotrechter, kürzester Abstand) am Standort der zukünftigen Kabelübergangsanlage Katzwang östlich der Gaulnhofener Straße befindet. Zeitlich um ca. 5 Monate versetzt wird in einem Abstand von ca. 1775 m westlich des Kanals (lotrechter, kürzester Abstand) damit begonnen die Zielbaugrube westlich der Volckamer Straße zu errichten (Standort Kabelübergangsanlage Wolkersdorf). Nach Herstellung der Startbaugrube beginnt die Auffahrung der südlichen Tunnelröhre. Nach Durchschlag in der Zielbaugrube wird die Vortriebsmaschine demontiert und zurück zur Startbaugrube transportiert, um die Nordröhre aufzufahren.

Die Herstellung des Baugrubenverbau der Startbaugrube ist als Trägerbohlverbau mit kombinierter Holz- und Spritzbetonausfachung vorgesehen. Notwendige Maßnahmen zur Trockenhaltung der Baugruben werden mittels innen- und außenliegender Filterbrunnen in Kombination mit einer offenen Wasserhaltung realisiert. Eine geotechnische Bewertung möglicher Auswirkungen durch die Grundwasserabsenkung/-haltung eines Gutachters liegt vor (vgl. Unterlage MB04.6). Die Ergebnisse werden in Kapitel 4.2 zusammengefasst. Die Tunnelröhren werden im maschinellen Schildvortrieb mit Tübbingausbau hergestellt. Bei diesem Verfahren wird der Boden im Schutze eines umgebenden ein- oder mehrgliedrigen zylindrischen Stahlmantels (Schild) über entsprechende Abbaueinrichtungen in Form eines Schneidrades abgebaut und der so erzeugte Hohlraum im hinteren Teil der Vortriebsmaschine im Schutze des umgebenden Stahlmantels durch den Einbau von Stahlbetonsegmenten (Tübbings) gesichert. Die mit Dichtungsbändern in den Fugen versehenen Tübbings werden zu einem Tunnelring zusammengebaut und gegen die bereits verbauten Ringe gepresst,

wodurch die Tunnelröhre entsteht. Die Vortriebsmaschine presst sich an der bereits gebauten Röhre ab, um den Hohlraum für den nächsten Ring zu schaffen.

Die Tübbings weisen nach aktuellem Planungsstand eine Baulänge von 1,20 m und eine Dicke von 30 cm auf. Als Material ist Stahlbeton vorgesehen. Die entsprechende Entwurfsstatik wurde bereits durch einen EBA-Sachverständigen bautechnisch geprüft, vgl. dazu auch den Prüfbericht der Unterlage 12.4. Die Ausführungsstatik wird im weiteren Projektverlauf durch den späteren AN Bau aufgestellt und entsprechend nachgereicht.

Die Stützung der Ortsbrust richtet sich nach dem vorherrschenden Baugrund und dem Grundwasserstand. Wie auch in Kapitel 2.2.1 beschrieben, finden die Vortriebe innerhalb einer Wechsellagerung aus Sandstein mit Ton-/Schluffstein statt, die vereinzelt auch Breckzien und Konglomerate aufweist. Dieser Boden weist voraussichtlich Festgesteinscharakter auf. Im Bereich des Rednitztals werden zudem eine Lockergesteinsschicht in Form von quartären Sanden (Südröhre Firstbereich; Nordröhre bis etwa Tunnelachse) sowie eine Störungszone (Rednitztal-Verwerfung) durchfahren.

Bis ca. 220 m vor Erreichen des Zielschachtes liegen die Vortriebsstrecken unterhalb des Grundwasserspiegels. Um diesen Gegebenheiten sowie der Unterfahrung sensibler Infrastruktur bestmöglich zu begegnen, ist der Einsatz einer Vortriebsmaschine mit Flüssigkeitsstützung (SLS-TBM) geplant. Der tatsächlich zur Ausführung kommende Maschinentyp wird nach Vergabe der Ausführung gemeinsam mit dem AN Bau final festgelegt und im Anschluss unverzüglich mitgeteilt.

Das Prinzip von Tunnelbohrmaschinen mit Flüssigkeitsstützung beruht darauf, dass die Ortsbrust aktiv durch eine unter Druck stehende Flüssigkeit, i.d.R. einer Bentonit-Wasser-Suspension, gestützt wird. Diese Flüssigkeit, in der sich das Schneidrad bewegt, wird in die durch eine Druckwand vom Arbeitsraum des Schildes getrennte Abbaukammer gepumpt und mit Druck beaufschlagt (Zweikammer-System). Die Druckbeaufschlagung erfolgt über eine Luftblase, die sich in dem durch eine Tauchwand abgetrennten Teil der Abbaukammer – der sog. Arbeitskammer – befindet, und auf den Flüssigkeitsspiegel drückt. Es handelt sich um ein druckwasserhaltendes Verfahren, bei dem keine Grundwasserabsenkungen erforderlich werden.

Da es sich beim Schildvortrieb mit Tübbingausbau um ein grundwasserhaltendes Verfahren handelt, sind für die Vortriebsarbeiten selbst keine Maßnahmen zur Wasserhaltung erforderlich.

Das an der Ortsbrust abgebaute Material wird mit der Stützflüssigkeit vermischt, über Rohrleitungen an die Oberfläche zum Startschacht gefördert (hydraulische Förderung) und der Separierung zugeführt. Die separierte und regenerierte Stützflüssigkeit wird dem Förderkreislauf wieder zugegeben.

Die Ausrüstung der Tunnelröhren mit den Höchstspannungs- und Begleitkabeln einschließlich der Befestigungskonstruktionen erfolgt erst zu einem späteren Zeitpunkt nach endgültiger Fertigstellung der gesamten Kabelschutzrohrtrasse. Bei diesen Arbeiten können Beeinflussungen auf den Main-Donau-Kanal ausgeschlossen werden.

2.3.2 Statische Nachweise Tunnelbauwerk

Zur Überprüfung der Standsicherheit des Tunnelbauwerks wurden im Rahmen der Entwurfsplanung Ortsbrustnachweise, Auftriebsnachweise und eine Tübbingstatik aufgestellt, welche baustatisch geprüft wurden (vgl. Unterlage 12.4).

Im Rahmen der Ortsbrustnachweise wird zum Nachweis der äußeren Standsicherheit der Ortsbrust der minimal erforderliche Stützdruck (unterer Grenzwert) errechnet, der erforderlich ist, um der horizontalen Erddruck- und der Wasserdruckkraft entgegenzuwirken, ohne dass es zu einem Einbruch der Ortsbrust kommt. Gleichzeitig wird der maximale Stützdruck (oberer Grenzwert) errechnet, der umsetzbar ist, ohne dass es zu Ausbläsern an der Oberfläche kommt. Die Berechnung erfolgt anhand der Betrachtung erdstatistischer Gleichgewichtsbedingungen mit Hilfe des Gleitkeilmodells. Die verwendeten Sicherheitsbeiwerte werden entsprechend der aktuellen ZTV-ING [N6] in Kombination mit den Empfehlungen des DAUB zu Stützdrucknachweisen [N1] gewählt.

Beim Nachweis der inneren Standsicherheit der Ortsbrust wird die Sicherheit gegen das Abgleiten von Einzelkörnern, Korngruppen oder dünnen Bodenschollen nachgewiesen.

Im Rahmen der Auftriebsnachweise wird gemäß Eurocode (EC) 7 [N2] geprüft, ob der Bemessungswert der Kombination aus destabilisierenden ständigen und veränderlichen Einwirkungen kleiner oder gleich der Summe des Bemessungswert der stabilisierenden Einwirkungen ist.

Das Tunnelbauwerk ist in die Süd- und Nordröhre unterteilt. Die vorgenannten Konstruktionsabmessungen wurden im Rahmen der Statischen Berechnungen in sechs maßgebenden Berechnungsquerschnitten berücksichtigt, untersucht und bestätigt. Die tunnelüblichen Belastungssituationen Eigengewicht, horizontaler / vertikaler Erddruck, Wasserdruck und Oberflächenlasten wurden mit den projektspezifischen Lasten infolge Ausbaus, insbesondere Kabelpakete und Schienentransportsystem innerhalb des Tunnels sowie den vortriebsrelevanten Pressenkräfte der Tunnelbohrmaschine (TBM) überlagert, nachgewiesen und bewehrungstechnisch dimensioniert. Die finale Wahl der TBM und die zugehörige, bemessungsrelevante Pressenanordnung obliegt dem zukünftigen AN-Bau.

Alle o.g. Untersuchungen wurden im Rahmen der Entwurfsplanung erstellt. Nach Vergabe der Bauleistung werden in Abhängigkeit der zum Einsatz kommenden Maschine Ausführungsstatiken erstellt, welche ebenfalls baustatisch geprüft werden. Diese Unterlagen können entsprechend nachgereicht werden.

2.3.3 Baustelleneinrichtung

Die Baustelleneinrichtung wird ausschließlich im Bereich der Baugruben und dabei schwerpunktmäßig im Bereich der Startbaugrube positioniert. Diese liegt in einem Abstand von rund 220 m (lot-rechter, kürzester Abstand) zum Main-Donau-Kanal, so dass davon keine Beeinflussung der Wasserstraße ausgeht.

2.3.4 Bauzeitenplanung

Für die Herstellung des gesamten Abschnittes von KÜA Katzwang bis KÜA Wolkersdorf wird nach aktuellem Planungsstand von einer Bauzeit von rund 48 Monaten ausgegangen. Je nach Dauer des Planfeststellungsverfahrens wird von einem Vortriebsbeginn im Herbst/Winter 2028 (Südröhre) bzw. Frühling/Sommer 2029 (Nordröhre) ausgegangen. Im weiteren Projektverlauf kann ein detaillierter Bauzeitenplan bei Bedarf gerne nachgereicht werden.

2.4 Technische Daten der Querung

Tabelle 3: Technische Daten Tunnel

Kreuzungsstelle	bei Main-Donau-Kanal-Kilometer 76,1 bzw. Tunnelmeter ca. 0+240.000 bis ca. 0+330.000	
Tunnellänge	Horizontale Entfernung zwischen Start und Ziel	2.225 m (Nordröhre) 2.225 m (Südröhre)
	Inklusive Raumkurven	2.226 m (Nordröhre) 2.226 m (Südröhre)
Verlegetiefe im Kreuzungsbereich	Minimale Überdeckung im Bereich der Fahrrinne	11,6 m
Kurvenradien im Kreuzungsbereich	horizontal	-
	vertikal	1.000 m
Innendurchmesser	3,6 m	
Außendurchmesser	4,2 m zuzüglich Ringspaltverpressung	
Tübbingbreite	1,2 m	
Tübbingstärke	0,3 m	
Lichter Abstand Tunnelröhren	4,9 m	

3 Wasserstraßenrechtliche Belange

Für die Bauausführung des Katzwangtunnels wird es in verschiedenen Bauphasen erforderlich, Wasser in größeren Mengen für die Bautätigkeit zu nutzen sowie abzuleiten. Diese Wassermengen müssen den jeweiligen Baufeldern zugeführt bzw. von ihnen weggeführt werden. Es handelt sich um die folgenden Wässer:

- Wasseranfall aus der Grundwasserhaltung der Erdkabelstrecke Katzwang
- Wasseranfall aus der Grundwasserabsenkung/-haltung der Startbaugrube Katzwang
- Wasserbedarf für den Tunnelvortrieb (Prozesswasser)
- Wasseranfall aus dem Tunnelvortrieb (Prozesswasser)
- Wasseranfall Oberflächenwasser auf befestigten Baustelleneinrichtungsflächen

Es ist geplant die anfallenden Wassermengen in den Main-Donau-Kanal einzuleiten und die benötigten Wassermengen zum Teil aus dem Main-Donau-Kanal zu entnehmen. Die Details werden in den nachfolgenden Unterkapiteln beschrieben.

3.1 Wasserentnahme aus dem Main-Donau-Kanal

Im Rahmen des Tunnelvortriebs der beiden Tunnelröhren muss für die folgenden Prozesse Wasser bereitgestellt werden:

- Wasser zur Herstellung der Stützsuspension für den Tunnelvortrieb,
- Wasser zur Herstellung des Ringspaltmörtels,
- Brauchwasser zur Kühlung/ Reinigung im Prozess des Tunnelvortriebs und allg. Baubetriebs.

Der Bedarf beträgt ca. 280 m³ je Vortriebstag. Wie der Wasserrechtlichen Antragsunterlage (Unterlage 10.1) zu entnehmen, liegen auf Basis unterschiedlicher Herangehensweisen zwei verschiedene gutachterliche Einschätzungen zum Grundwasserandrang aus der Grundwasserabsenkung/-haltung der Startbaugrube vor. Demnach fällt eine Wassermenge von minimal ca. 100 m³ je Tag und maximal ca. 1.730 m³ je Tag an. Aus der Wasserhaltung der Erdkabelstrecke fallen zusätzlich ca. 130 m³ je Tag. Je nach bauzeitlichem Anfall können die anfallenden Wassermengen einzeln bzw. in Summe für die Vortriebsarbeiten genutzt werden. Um den Gesamtbedarf zu decken, ist infolge Vorgenanntem während der Vortriebsarbeiten zusätzlich eine Wasserentnahme von ca. 50 bzw. 180 m³/Tag aus dem Main-Donau-Kanal vorgesehen, sofern der minimale Grundwasserandrang eintritt. Fallen größere Wassermengen, reduziert sich der Bedarf entsprechend oder entfällt gänzlich. Details sind der Wasserrechtlichen Antragsunterlage (Unterlage 10.1) zu entnehmen.

3.1.1 Verfahren zur Wasserentnahme

Die Wasserentnahme soll über eine Saugleitung im Main-Donau-Kanal unterhalb der Brücke "Gaulnhofener Straße" erfolgen. Der Saugkorb wird ca. 1 m unter dem Wasserspiegel geplant, gleichzeitig ein Abstand von mindestens 1 m über dem Grund. Um die Schifffahrt auf dem Kanal nicht zu behindern, wird der Saugkorb im Uferbereich positioniert und fixiert. Über eine Pumpe wird das

Wasser angesaugt und zur Baustelle gefördert. Die Pumpe wird auf der gepflasterten Berme der Brücke aufgestellt. Auf dem Lageplan der bauzeitlichen Ver- und Entsorgungsleitungen ist der mögliche Standort dargestellt (vgl. Anlage 3 zum vorliegenden Dokument). Um den Fischbestand im Kanal zu schützen, wird der Saugkorb mit einem Schutzgitter mit einer Maschenweite von maximal 10 mm ausgestattet und die Anströmgeschwindigkeit reduziert.

Die Lage des Saugkorbes wird an der Wasseroberfläche mit einem schwimmenden Schifffahrtszeichen (Tonne/Boje) gekennzeichnet.

3.1.2 Rechnerische Nachweise

3.1.2.1 Resultierender Volumenstrom

Für den Betrieb des Tunnelvortriebs sind ca. 280 m³/d Wasser erforderlich. Aus den Wasserhaltungen kann voraussichtlich eine Menge von minimal ca. 100 m³/d genutzt werden. Somit verbleibt eine zusätzlich erforderliche Menge von rund 180 m³/d. Bei einer Betriebsdauer der Pumpe zur Entnahme aus dem MDK in Höhe von 13 h/d im Tageszeitraum von 07:00 Uhr bis 20:00 Uhr gemäß AVV Baulärm [N7] resultiert ein Volumenstrom von maximal ca. 4 l/s.

3.1.2.2 Resultierende Anströmgeschwindigkeit

Bei der Entnahme wird gewährleistet, dass eine max. Anströmgeschwindigkeit von 0,5 m/s nicht überschritten wird. Geplant ist die Entnahme über einen Saugschlauch DN 110 (A-Schlauch). Der passende Saugkorb besitzt Öffnungen kleiner 10 mm.

Die erforderliche Querschnittsgröße des Saugschlauchs lässt sich über die Gleichung $Q=V \cdot A$ ermitteln. Bei einer zulässigen Fließgeschwindigkeit von 0,5 m/s und einem Volumenstrom von maximal rund 4,0 l/s (0,004 m³/s) resultiert eine erforderliche Querschnittsfläche von 0,008 m² (80 cm²). Der Schlauch mit einem Durchmesser von 110 mm besitzt eine Querschnittsfläche von 95 cm² und bietet somit noch eine Reserve, so dass die tatsächliche Anströmgeschwindigkeit geringer ausfällt.

3.1.3 Zeitraum und Dauer der Entnahme

Bei geringem Grundwasserandrang aus der Grundwasserhaltung der Startbaugrube, soll die Wasserentnahme aus dem Main-Donau-Kanal über den Zeitraum der Vortriebsarbeiten erfolgen. Diese sind von Herbst/Winter 2028 bis Frühjahr 2029 (Südröhre) bzw. von Frühling/Sommer 2029 bis Herbst/Winter 2029 (Nordröhre) geplant. In diesem Zeitraum wird auf Basis der oben genannten Wassermengen aus der Grundwasserhaltung eine Menge von maximal rund 180 m³/d aus dem Main-Donau-Kanal entnommen.

Es wird darauf hingewiesen, dass die angegebenen Mengen zum jetzigen Zeitpunkt auf Prognosen beruhen. Die sich tatsächlich einstellenden Mengen können erst während des Baubetriebs benannt werden.

3.2 Wassereinleitung in den Main-Donau-Kanal

Im Rahmen der Bauarbeiten auf der Baustelleneinrichtungsfläche am Standort des zukünftigen Betriebsgebäudes Katzwang entstehen Wässer aus den einleitend in Kapitel 3 aufgeführten Vorgängen.

Es ist vorgesehen diese Wässer in den Main-Donau-Kanal einzuleiten. Die einzelnen Prozesse und sich ergebenden Mengen werden in den folgenden Unterkapiteln beschrieben.

3.2.1 Wasserhaltung Erdkabelstrecke

Für die Verlegung der Erdkabel kann in Abhängigkeit des tatsächlichen Grundwasserstandes während der Verlegung eine Grundwasserhaltung erforderlich werden. Hierzu erfolgte unter Annahme konservativer Randbedingungen eine Vordimensionierung (siehe MB Unterlage 04.04.1), die für den Abschnitt Katzwang eine Menge von gemittelt ca. 130 m³/d ergibt. Aufgrund der geringen Tiefenlage außerhalb des Keupers werden hier geringere Schwankungen erwartet als bei der im nachfolgenden Kapitel beschriebenen Wasserhaltung der Startbaugrube.

3.2.2 Wasserhaltung Startbaugrube

Die Trockenhaltung der Startbaugrube wird mittels Innen- und außenliegender Filterbrunnen in Kombination mit einer offenen Wasserhaltung realisiert. Auf Basis unterschiedlicher Herangehensweisen liegen zwei verschiedene gutachterliche Einschätzungen zum resultierenden Grundwasserandrang im Keuper vor.

Demnach beträgt die prognostizierte Wassermenge der Startbaugrube minimal ca. 100 m³/d und maximal ca. 1.730 m³. Diese ist als vorausseilende Wasserhaltung zur Absenkung des Grundwasserspiegels geplant.

Während der Vortriebsarbeiten soll das geförderte Wasser als Prozesswasser genutzt werden. Vor Beginn der Tunnelbohrarbeiten und nach Fertigstellung des Tunnels sowie im Falle eines Grundwasserandrangs, der den Prozesswasserbedarf übersteigt, soll die gesamte Wassermenge aus den Wasserhaltungen der Baugruben in den Main-Donau-Kanal abgeschlagen werden.

3.2.3 Prozesswasser Tunnelvortrieb

Für die Vortriebsarbeiten soll eine Tunnelbohrmaschine mit Flüssigkeitsstützung (SLS-TBM) eingesetzt werden. Wesentliches Merkmal dieser Vortriebstechnik ist die Stützung der Ortsbrust bei gleichzeitiger Förderung des Abraums mit Hilfe einer Flüssigkeit, i. d. R. einer Bentonitsuspension. Dabei erfolgt die Versorgung der TBM mit Bentonitsuspension sowie die Abförderung des Bodensuspensionsgemischs über den sogenannten Förderkreislauf, wobei die Suspension ausgehend von einem Fahrbecken Übertage über eine Speiseleitung in die Abbau-/Arbeitskammer der TBM gepumpt und das abgebaute Boden-Suspensionsgemisch über eine Förderleitung zu einer Separationsanlage auf der Baustelleneinrichtungsfläche gepumpt wird. Dabei enthält das Fahrbecken sowohl vom Abraum in der Separationsanlage getrennte Suspension, die wiederverwendet werden kann und/oder frisch in der Bentonitmischanlage angemischte Suspension.

Um die Standsicherheit der Ortsbrust durchgehend zu gewährleisten, müssen die rheologischen Eigenschaften der Suspension im Kreislauf während des Vortriebs regelmäßig kontrolliert und mit

zuvor definierten Warnwerten abgeglichen werden. Bei Bedarf (Über- oder Unterschreiten der Warnwerte) ist die Suspension, zumindest teilweise, auszutauschen.

Dazu wird während des Vortriebs ein Teil der sich im Kreislauf befindlichen Suspension in Altben-tonittanks ausgeschleust. Diese Altsuspension ist nicht mehr Teil des Förderkreislaufes und wird vor Entsorgung in der sogenannten Feinstteilseparation weiterbehandelt. Die Feinstteilseparation erfolgt über Kammerfilterpressen und Zentrifugen.

Bei den Kammerfilterpressen wird die Altsuspension in einen Zwischenraum von Filterplatten mit Filtertüchern geleitet (sogenannte Kammerfilter). Nach Vollfüllung werden die Kammerfilter mit Druck beaufschlagt und die feste und die flüssige Phase werden über die Filtertücher voneinander getrennt. Es resultieren Filtratwasser (flüssige Phase) und Filterkuchen (feste Phase).

Bei den Zentrifugen werden die Feststoffpartikel mittels Fliehkraft an die Außenwand einer Trommel gepresst. Dazu wird die Trommel, in welche die Altsuspension geleitet wird, auf hohe Drehzahlen beschleunigt. Bei diesem Prozess lagern sich die Feststoffe außen ab, während sich das Zentratwasser im Trommeldurchmesser sammelt. Der Einsatz von Koagulierungs- und Flockungsmitteln ist üblich, um das Verklumpen (Erhöhung der Wichte) der zu entfernenden Stoffe zu beschleunigen und somit die Leistungsfähigkeit zu steigern. [U1] Bei optimaler Dosierung wird das gesamte Flockungsmittel an den Schlamm gebunden und mit ihm entsorgt. [U2] Als Restprodukte resultieren Zentratwasser (flüssige Phase) und Zentrifugenschlamm (feste Phase).

Das Filtrat- und Zentratwasser wird in einem Prozesswasserbecken auf der Baustelleneinrichtungsfläche gesammelt und zwischengepuffert. Auf Basis der vorliegenden Baugrundeigenschaften wurde eine Filtrat- und Zentratwassermenge von ca. 120 m³/d ermittelt.

Darüber hinaus fällt eine zusätzliche Menge von ca. 60 m³ Sperrwasser je Vortriebstag an, das ebenfalls im Prozesswasserbecken gesammelt wird. Insgesamt beträgt die zu entsorgende Menge Prozesswassermenge aus dem Tunnelvortrieb somit ca. 180 m³/d.

3.2.4 Oberflächenwasser Baufeld Katzwang

Die zentrale Baustelleneinrichtungsfläche im Bereich der Startbaugrube (Baufeld Katzwang) wird z.T. befestigt ausgeführt (vgl. MB 05.2). Das auf den befestigten Flächen anfallende Oberflächenwasser wird durch Straßenabläufe gefasst und einer bauzeitlichen Freispiegelkanalisation zugeführt. Eine nähere Beschreibung der Einleitung erfolgt im nachfolgenden Kapitel 3.2.5.

Für die Ermittlung des resultierenden Volumenstroms, der maßgebend für die Berechnung der Querströmung ist, sowie die Dimensionierung der Rohrleitung wird der Bemessungsniederschlagswert $r_{15,2}$ zugrunde gelegt. Dabei handelt es sich um den Bemessungsniederschlagswert bei einer Wiederkehrzeit von 2 Jahren und einer Dauerstufe von 15 Minute. Nach KOSTRA-DWD-2020 ergibt sich $r_{15,2}$ für das Rasterfeld 176159 zu 144,4 l/(s * ha). Bezogen auf die befestigte Fläche in Höhe von rund 1,3 ha, ergibt sich somit ein maximaler Oberflächenabfluss von insgesamt ca. 180 l/s.

Als regelmäßiger Niederschlag wird eine deutlich geringere Menge erwartet. Diese wird auf Basis des mittleren jährlichen Niederschlagswert für den Bereich Nürnberg abgeschätzt. Dieser beträgt gemäß [W3] ca. 690 mm/m². Bezogen auf die befestigte Fläche von ca. 12.300 m² ergibt sich eine durchschnittliche tägliche Menge von ca. 25 m³/d.

3.2.5 Verfahren zur Wassereinleitung

Das überschüssige Wasser wird über eine Freispiegelleitung vom Baufeld Katzwang in Richtung Main-Donau-Kanal abgeleitet. Überwiegend soll die Leitung auf der Oberfläche neben der Straße "Am Kühnleinsgarten" verlegt werden. An der Straßenbrücke erfolgt ein Richtungswechsel nach Norden. Die Leitung wird hier auf der gepflasterten Berme der Brücke verlegt. Die Leitung quert den Radweg zur Gaulnhofen Straße. Hier wird die Rohrleitung in einem Graben verlegt. Für die Einleitung in den Main-Donau-Kanal kann nach Angabe des Straßenbaulastträgers [U4] unter Auflagen das vorhandene Einleitbauwerk nördlich der Brücke (vgl. Kapitel 2.2.5) genutzt werden. Bestandsunterlagen des Bauwerks sowie Angaben zu den aktuellen Einleitmengen liegen nicht vor [U4].

Das Einleitbauwerk dient der Straßen- und Oberflächenentwässerung der Gaulnhofen Straße. Nach Inaugenscheinnahme geht dazu ein Oberflächensammler DN 400 von der Straße ab, der in einen gepflasterten Bereich mündet. Direkt oberhalb des Oberflächensammlers befindet sich ein Graben, der vermutlich der Oberflächenentwässerung dient und das Wasser ebenfalls zunächst in den gepflasterten Bereich führt. Von dort wird das Wasser über ein Rohr mit Durchmesser DN 700 in den Main-Donau-Kanal eingeleitet. Diesem sind ein Gitter mit Schlammfang/Absetzbecken vorgeschaltet. Die nachfolgenden Fotos dienen der Verdeutlichung.



Abbildung 3: Oberflächensammler DN 400 und oberirdischer Graben (eigenes Foto)



Abbildung 4: Einlaufschacht Bestand östlich Betriebsweg (eigenes Foto)



Abbildung 5: Gitter vor Schlammfang/Absetzbecken (eigenes Foto)



Abbildung 6: Rohreinlauf DN 700 in den Main-Donau-Kanal (eigenes Foto)

Unter Berücksichtigung einer minimalen Leitungslängsneigung von 0,5% (konservative Annahme) kann bei dem Bestandszulauf DN 400, nach eigener überschlägiger Berechnung von einer Abflussmenge von ca. 0,2 m³/s bzw. 180 l/s ausgegangen werden.

Die geplante Rohrleitung soll direkt in das Einlaufbauwerk östlich des Betriebsweges abschlagen. Ein Vorreinigung des Oberflächenwassers erfolgt auf der Baustellenfläche. Um den Abfluss der bestehenden Oberflächen-/Straßenentwässerung und des angeschlossenen Entwässerungsgrabens auch bei größeren Regenereignissen zu gewährleisten, hat der spätere Auftragnehmer Maßnahmen vorzusehen, um die Wassermengen, die von der Baustelle kommen, im Ereignisfall zu drosseln. Dies begründet sich ausschließlich darauf, dass keine Angaben zur Bestandsausnutzung vorliegen. Sofern vorlaufende Untersuchungen hierzu die o.g. Bestandseinleitmenge bestätigen, ist eine Drosselung nicht unbedingt erforderlich, vgl. Kap. 3.2.6.2.

Rechtzeitig vor Beginn der Baumaßnahme und Nutzung des Einleitbauwerks ist zudem eine Sondernutzungserlaubnis nach Art. 18, Abs. 1 BayStrWG beim Servicebetrieb Öffentlicher Raum (SÖR) Stadt Nürnberg, Abteilung Straßen- und Verkehrsrecht zu beantragen.

3.2.6 Rechnerische Nachweise

3.2.6.1 Resultierender Volumenstrom

Der maximale Volumenstrom, resultierend aus der Ableitung des Oberflächenwassers, beträgt rund 180 l/s (vgl. Kapitel 3.2.4).

Zusätzlich zum Oberflächenwasser sollen auch die Grundwassermengen aus der Grundwasserhaltung der Startbaugrube und der Erdkabelstrecke Katzwang sowie das Tunnelprozesswasser eingeleitet werden. Die aus diesen Prozessen resultierende Wassermenge wird minimal auf ca. 230 m³/d bzw. maximal auf ca. 1.900 m³/d geschätzt. Dies entspricht einem Volumenstrom von ca. 3 l/s bzw. ca. 22 l/s.

Die insgesamt abzuschlagende Wassermenge weist somit einen Volumenstrom zwischen ca. 183 l/s und ca. 202 l/s auf.

3.2.6.2 Resultierende Querströmung

Die im vorherigen Kapitel ermittelten maximal abzuschlagenden Wassermengen von ca. **183 l/s** bzw. **202 l/s** werden durch das Betonrohr DN 700 des bestehenden Einleitbauwerks mit einer maximalen Fließgeschwindigkeit von rund 2 m/s (Fließgeschwindigkeit bei Teilfüllung) am Rande des Kanales eingeleitet. Trotz Änderung des Abflussvolumens, ergeben sich für die Fließgeschwindigkeit nur geringfügige Änderungen im Dezimalstellenbereich. Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die zugrunde gelegte Berechnung für die unterschiedlichen Volumenströme.

Teilfüllungswerte von Kreisquerschnitten

EINGABE			
Rohrdurchmesser	d	=	0,700 m
Abfluss bei Vollfüllung	Q_V	=	1,000 m ³ /s 
Abfluss bei Teilfüllung	Q_T	=	0,183 m ³ /s
ERGEBNIS			
Fließtiefe bei Teilfüllung	h	=	0,201 m
Wasserspiegelbreite bei Teilfüllung	$b_{w,T}$	=	0,634 m
Fläche bei Vollfüllung	A_V	=	0,385 m ²
Fläche bei Teilfüllung	A_T	=	0,091 m ²
Fließgeschwindigkeit bei Vollfüllung	v_V	=	2,598 m/s
Fließgeschwindigkeit bei Teilfüllung	v_T	=	2,002 m/s
Benetzter Umfang bei Vollfüllung	$l_{U,V}$	=	2,199 m
Benetzter Umfang bei Teilfüllung	$l_{U,T}$	=	0,791 m
Hydraulischer Radius bei Vollfüllung	$r_{hy,V}$	=	0,175 m
Hydraulischer Radius bei Teilfüllung	$r_{hy,T}$	=	0,115 m

Abbildung 7: Hydraulische Berechnung für Kreisquerschnitt DN 700, Volumenstrom ca. 183 l/s

Teilfüllungswerte von Kreisquerschnitten

EINGABE			
Rohrdurchmesser	d	=	0,700 m
Abfluss bei Vollfüllung	Q_V	=	1,000 m ³ /s 
Abfluss bei Teilfüllung	Q_T	=	0,202 m ³ /s
ERGEBNIS			
Fließtiefe bei Teilfüllung	h	=	0,212 m
Wasserspiegelbreite bei Teilfüllung	$b_{w,T}$	=	0,643 m
Fläche bei Vollfüllung	A_V	=	0,385 m ²
Fläche bei Teilfüllung	A_T	=	0,098 m ²
Fließgeschwindigkeit bei Vollfüllung	v_V	=	2,598 m/s
Fließgeschwindigkeit bei Teilfüllung	v_T	=	2,058 m/s
Benetzter Umfang bei Vollfüllung	$l_{U,V}$	=	2,199 m
Benetzter Umfang bei Teilfüllung	$l_{U,T}$	=	0,816 m
Hydraulischer Radius bei Vollfüllung	$r_{hy,V}$	=	0,175 m
Hydraulischer Radius bei Teilfüllung	$r_{hy,T}$	=	0,120 m

Abbildung 8: Hydraulische Berechnung für Kreisquerschnitt DN 700, Volumenstrom ca. 202 l/s

Bei einer mittleren Böschungsneigung von 1:3 kann bei einem Abstand von 3 m von der Einleitungsstelle eine Wassertiefe von 1 m angegeben werden. Wird auch nur eine minimale Strahlausbreitung auf 1 m Breite betrachtet, so erreicht hier der durchflossene Querschnitt bereits 1 m². Bei Anwendung der Kontinuitätsgleichung $Q = v \cdot A$ wird eine Fließgeschwindigkeit von ca. **0,183 m/s** bzw. ca. **0,202 m/s** quer zum Gewässer (Querströmung) erreicht. Beide Werte liegen unterhalb der seitens WSA Donau MDK angegebenen maximalen Querströmung von **0,4 m/s** [U6]. Es wird deutlich, dass selbst große Änderungen der Wassermengen nur geringfügige Änderungen im Dezimalstellenbereich der resultierenden Querströmung bewirken.

Betrachtet man zusätzlich die abgeschätzten 180 l/s, die aus der bestehenden Zulaufleitung DN 400 resultieren, erhöht sich die Querströmung entsprechend auf ca. **0,36 m/s** bzw. ca. **0,38 m/s** und die geforderten maximalen 0,4 m/s sind weiterhin eingehalten.

3.2.6.3 Mögliche Erhöhung des Wasserspiegels

Jährlich finden am Main-Donau-Kanal im Frühjahr dreiwöchige Sperrpausen statt, um Unterhaltungsarbeiten an den Schleusen durchführen zu können. In diesen Zeiträumen kann keine Pegelanpassung erfolgen, da die Schleusen außer Betrieb sind.

Es werden planmäßig zwischen ca. 230 m³/d und 1.900 m³/d aus der Wasserhaltung der Baugruben sowie der Erdkabelstrecke eingeleitet. Für die Berechnung einer möglichen Erhöhung des Wasserspiegels, wird ein 50-jähriges Starkregenereignis zugrunde gelegt. Die nach KOSTRA-DWD-2020 für ein 50-jähriges Starkregenereignis resultierende Menge über eine Dauer von 24 Stunden (1440 Minuten) beträgt 85,8 mm/m². Bezogen auf die befestigte Fläche in Höhe von 12.289 m² ergeben sich somit 1.054.396,2 l/d bzw. rund 1.054 m³/d.

Insgesamt ergibt sich bei Ansatz der 230 m³/d somit die folgende Menge über den Zeitraum von 3 Wochen:

$$(230 \text{ m}^3/\text{Tag} \times 21 \text{ Tage}) + (1.054 \text{ m}^3/\text{Tag} \times 1 \text{ Tag}) = 5.884 \text{ m}^3$$

Bei Ansatz der 1.900 m³/d ergibt sich die nachfolgende Menge über den Zeitraum von 3 Wochen:

$$(1.900 \text{ m}^3/\text{Tag} \times 21 \text{ Tage}) + (1.054 \text{ m}^3/\text{Tag} \times 1 \text{ Tag}) = 40.954 \text{ m}^3$$

Für die Breite des Wasserspiegels werden auf der sicheren Seite liegend 50,0 m angesetzt. Die Länge der Haltung beträgt gemäß Abbildung 2 11,5 km. Die Wasserfläche der Haltung ergibt sich somit wie folgt:

$$11.500 \text{ m} \times 50 \text{ m} = 575.000 \text{ m}^2$$

Eine Einleitung von 5.884 m³ ergibt somit die folgende Höhenänderung.

$$\frac{5.884 \text{ m}^3}{575.000 \text{ m}^2} = 0,0102 \text{ m}$$

Eine Einleitung von 40.954 m³ ergibt entsprechend eine Höhenänderung von:

$$\frac{40.954 \text{ m}^3}{575.000 \text{ m}^2} = 0,0712 \text{ m}$$

Im Rahmen einer dreiwöchigen Sperrpause würde sich der Wasserspiegel im ungünstigsten Fall somit um ca. 1 cm bzw. rund 7 cm erhöhen.

3.2.7 Zeitraum und Dauer der Einleitung

Die Einleitung in den Main-Donau-Kanal soll mit dem Start der Bauarbeiten der Startbaugrube im Frühjahr/Sommer 2027 beginnen und mit dem Enden der Arbeiten an der Erdkabelstrecke Katzwang im Herbst/Winter 2030 enden. Bei geringem Grundwasserandrang aus der Grundwasserhaltung der Startbaugrube, können im Gesamtzeitraum auch einleitungsfreie Zeitfenster resultieren.

Bezüglich der Einhaltung der Wasserqualität der einzuleitenden Wässer, wird auf die Wasserrechtlichen Antragsunterlage (Unterlage 10.1) verwiesen.

4 Beweissicherung und Monitoring

Es ist grundsätzlich vorgesehen die Südröhre zuerst aufzufahren. Bedingt durch die Erstanfahrtsituation wird die östliche Teilstrecke zwischen Startbaugrube und MDK mittels Oberflächen- und Extensometermessungen aufgenommen. Diese Ergebnisse werden herangezogen, um die vorausgelaufenen Senkungsprognosen zu verifizieren und ggf. die TBM-Parameter (Stützdruck etc) für die eigentliche Unterquerung des MDK anzupassen. Nach der Unterquerung stehen westlich des MDK weitere Oberflächen- und Extensometermessungen an, um beide Uferbereiche beobachten und auswerten zu können. Die gewonnen Erkenntnisse aus dem Südvortrieb fließen in den Nordvortrieb ein, wobei dieser in gleicher Weise messtechnisch begleitet wird.

4.1 Setzungsprognose infolge Vortriebsarbeiten

Zur Bewertung möglicher Oberflächensetzungen wurden Setzungsprognosen durchgeführt. Als Bezugsebene wurde die Sohlhöhe des Main-Donau-Kanals angesetzt, welche wie in Kapitel 2.2.4 beschrieben, anhand des Profils B2 und der Wasserstände abgeleitet wurde.

Die Mächtigkeit der Abdichtung wird als vernachlässigbar bewertet und daher für die Berechnung nicht berücksichtigt. Somit resultiert bei einer Tunnelachshöhe von 313,82 mNN eine Überdeckung von ca. 11,61 m. Aus der Setzungsprognose resultieren bei Ansatz des Verfahrens nach Fillibeck folgende Ergebnisse:

Tabelle 4: Berechnungsergebnisse Setzungsprognose Main-Donau-Kanal

Volume Loss	VL _s = 0,4 %	
Gemittelter Wendepunktbeiwert	K = 0,39	
Wendepunkt Abstand i an Gewässersohle	5,41 m	
Setzungsmuldenbreite unter 45° + φ/2	29,47 m	
Setzungsmuldenbreite unter 45°	41,20 m	
Maximale Setzung s _{max} [mm] auf Gewässersohle	s _{max} Südröhre	4,77 mm
	s _{max} Nordröhre	4,77 mm
	Superposition	6,70 mm

Demnach ergibt sich eine maximale Setzung von 4,77 mm bei Auffahrung einer Röhre. Bei Überlagerung der Setzungsmulden beider Vortriebe resultiert eine maximale Gesamtsetzung von rund 6,7 mm.

Das Verfahren zur Setzungsberechnung wurde zur Beurteilung der Machbarkeit und zur Abschätzung der Auswirkungen des Vortriebs auf den Main-Donau-Kanal vom Prüfenieur als grundsätzlich geeignet eingestuft (vgl. Unterlage 12.5). Darüber hinaus wird seitens Prüfenieur empfohlen zu einem späteren Zeitpunkt auch die räumliche Verdrehung und/oder Verzerrung zur Beurteilung der Gebrauchstauglichkeit heranzuziehen. Dieser Empfehlung wird im Rahmen der Ausführungsstatik gefolgt.

Der weiteren Empfehlung, dass Gegenmaßnahmen vorzusehen sind, mit denen möglichen Schäden am MDK entgegengewirkt werden kann, wird im Rahmen eines durch den AN Bau zu erstellenden Messkonzepts nachgekommen (vgl. auch Kapitel 4.4). Die vorgesehenen Methoden zur Überwachung möglicher Bodenbewegungen infolge der Vortriebsarbeiten und damit auch der Detektion möglicher Schäden werden in den Kapiteln 4.3 und 4.4 vorgestellt.

4.2 Setzungsprognose infolge Grundwasserhaltung Startbaugrube

Für ein vorhandenes schwebendes Grundwasserstockwerk 1 wurde eine mögliche Reichweite des Absenktrichters von ca. 40 m bis ca. 90 m abgeschätzt. Für das Grundwasserstockwerk 2 im Keuperfels wurde die Reichweite zu ca. 100 m bis 240 m abgeschätzt. Durch die Grundwasserabsenkung-/haltung der Startbaugrube sind bei den anstehenden Bodenverhältnisse Setzungen erfahrungsgemäß auszuschließen. Dies gilt auch für den im Einflussbereich der Startbaugrube vorhandenen Main-Donau-Kanal. Hier können sowohl Setzungen als auch sonstige Einflüsse durch die Grundwasserabsenkung ausgeschlossen werden (vgl. Unterlage MB04.6).

4.3 Beweissicherung

Um mögliche aus dem Tunnelvortrieb resultierende Setzungen zu dokumentieren, ist zunächst der Ist-Zustand in Form einer Nullmessung zu dokumentieren. Dazu sind nachfolgend beschriebene Messungen vorgesehen.

Auf der Strecke zwischen Startbaugrube und Main-Donau-Kanal ist die Installation von zwei Extensometerquerschnitten vorgesehen. An diesen werden jeweils drei unterflur ausgebaute Mehrfach-Glasfaser-Stangenextensometer wie folgt installiert:

- 1 Extensometer über der Südröhre
- 1 Extensometer mittig zwischen den Röhren
- 1 Extensometer über der Nordröhre

Zur Überwachung der westlich des Main-Donau-Kanals parallel verlaufenden Fernwasserleitung ist westlich des Main-Donau-Kanals ebenfalls die Installation von zwei Extensometerquerschnitten geplant. Messungen an diesen können ebenfalls zur Ableitung von Bodenveränderungen im Bereich des Main-Donau-Kanals herangezogen werden.

Nachfolgende Skizze visualisiert die Lage der geplanten Extensometerquerschnitte.

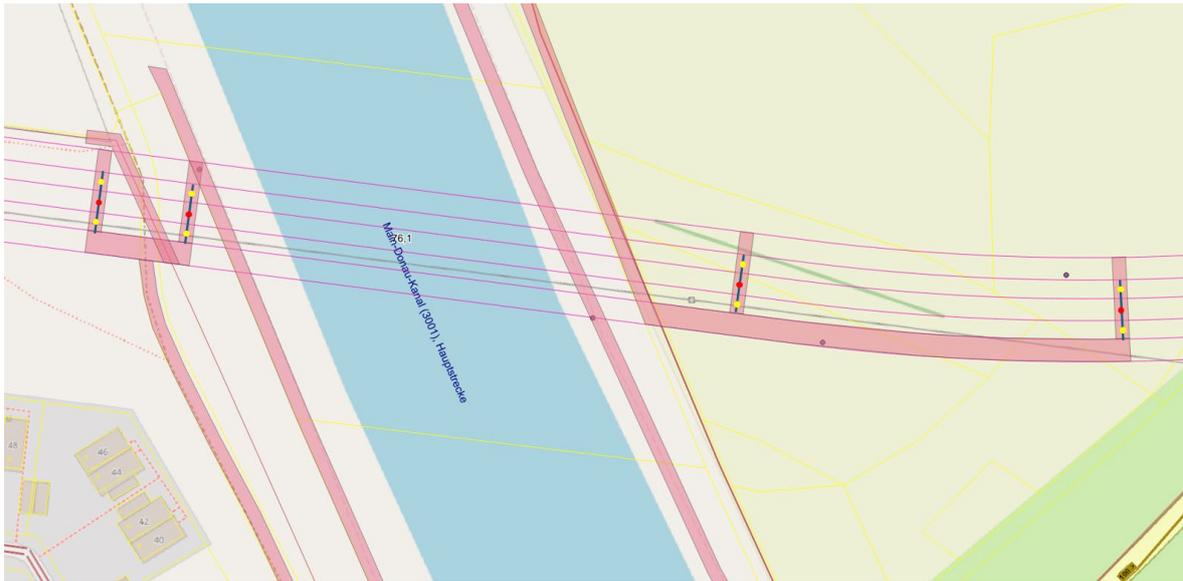


Abbildung 9: Geplante Lage der Extensometerquerschnitte

Dabei sind die Extensometer auf den Tunnelröhren gelb markiert, die Extensometer zwischen den Röhren rot. Mit Hilfe der Extensometer können die auftretenden Relativbewegungen innerhalb des Bohrlochs gemessen werden, um auf diese Weise auf auftretende Setzungen zu schließen.

Im Sinne der Beweissicherung können die Extensometermessquerschnitte mit ausreichend Vorlauf zum Tunnelvortrieb (ca. 12 Monate, Berücksichtigung jahreszeitlicher Schwankungen) auch zur Dokumentation des Ist-Zustandes zur Durchführung von Nullmessungen herangezogen werden. Dazu sind mehrere Messungen durchzuführen (analog oder bereits automatisiert), um etwaige Ausreißer zu erkennen.

Darüber hinaus ist vorgesehen an den Kanal zugewandten Rändern der Betriebswege Nivellementmesspunkte einzurichten. Diese sollen analog zu den Extensometern ebenfalls mittig über den Röhren sowie mittig zwischen den Röhren installiert werden. Die geplante Lage kann der nachfolgenden Skizze entnommen werden (türkis).

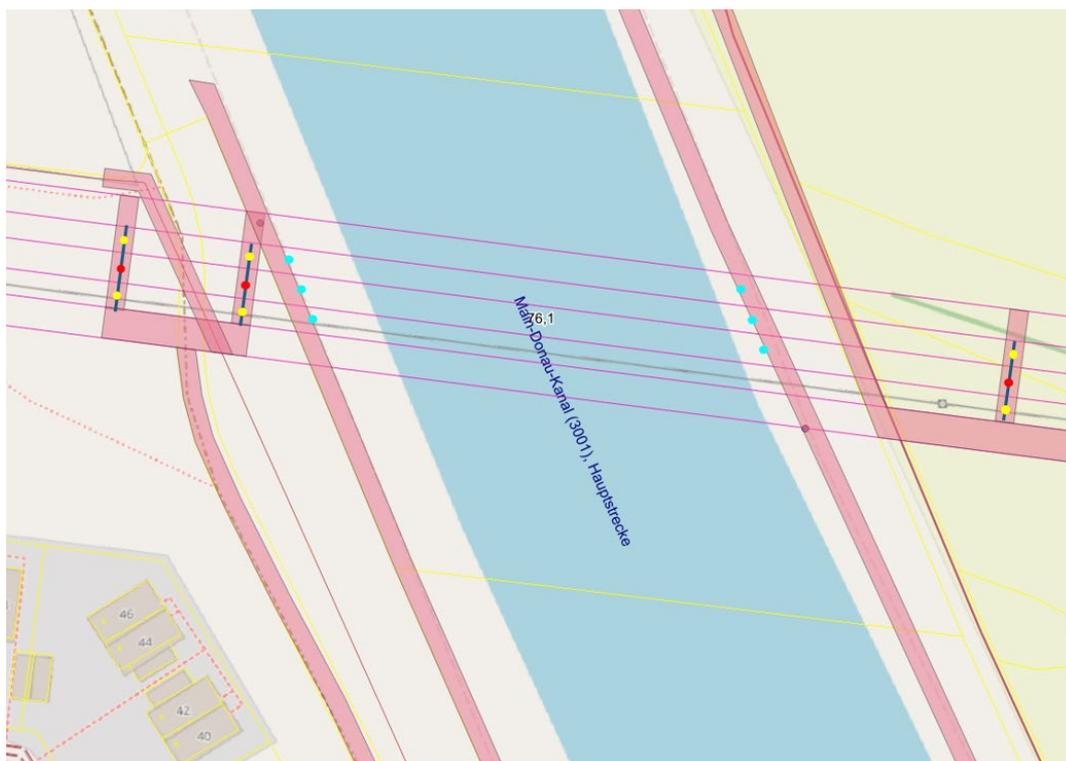


Abbildung 10: Geplante Lage der Nivellementmesspunkte

Für die Beweissicherung sind mit ausreichend Vorlauf zum jeweiligen Tunnelvortrieb (ca. 1 Monat) Nullmessungen an den Nivellementmesspunkten durchzuführen, um die Ist-Höhenlage zu erfassen.

Zusätzlich zum im nachfolgenden Kapitel beschriebenen Monitoring, sollen auch nach Ende der Vortriebsarbeiten der jeweiligen Röhre sowie ca. 1 Monat danach noch Abschlussmessungen durchgeführt werden, um diese mit den Nullmessungen zu vergleichen.

Die Kanalsohle soll ebenfalls vor den Vortriebsarbeiten je Röhre (ca. 1 Monat) messtechnisch aufgenommen werden. Dazu sollen Echolot-Messungen oder Sohlpeilungen durchgeführt werden. Das genaue Verfahren wird in Abstimmung mit dem WSA festgelegt und im Messkonzept dokumentiert. Nach Ende der Vortriebsarbeiten der jeweiligen Röhre sowie ca. 1 Monat danach sollen Abschlussmessungen durchgeführt werden.

4.4 Monitoring

Die unter Kapitel 4.3 beschriebenen Messquerschnitte und -punkte sind während der Vortriebsarbeiten kontinuierlich zu messen. Es wird vorgesehen die Extensometer mit elektrischen Wegaufnehmern auszurüsten, um über die gesamte Vortriebsdauer eine automatisierte Datenauslesung zu gewährleisten. Gleichzeitig wird aber auch eine händische Ablesung mittels einer Messuhr möglich sein.

Ab dem Zeitpunkt der Annäherung des Tunnelvortriebes bis auf ca. 50 m vor und bis ca. 50 m nachlaufend zum Schneidrad werden die analog zu erfassenden Nivellementmesspunkte im Einflussbereich der Tunnelvortriebe mindestens zweimal täglich gemessen. Nach der direkten Unterfahrung werden die Messungen an 10 Folgetagen weiter durchgeführt. Sofern gleichbleibende Messwerte

festgestellt werden, können die Messungen bis 1 Monat nach Vortriebsende der jeweiligen Röhre auf ein Monatsintervall umgestellt werden.

Die laufenden Messungen sollen dazu dienen mögliche Anomalien rechtzeitig zu erkennen, um Gegensteuerungsmaßnahmen einzuleiten. Details werden im Rahmen eines Messkonzepts ausgearbeitet, das 1 Jahr vor Baubeginn vorliegen muss und dem AN Bau im Sinne eines Lastenheftes zur Auflage gemacht wird. In diesem sind Warn- und Alarmwerte sowie Meldekettens festzulegen.

5 Bautechnische Unterlagen

5.1 Übersichtsplan

Ein Übersichtsplan kann in Unterlage 02 eingesehen werden.

Unterlage 2.1: A070_A Katzwang_20250430_2.1_ÜP

5.2 Lage-/Höhenplan

Die Lage-/Höhenpläne des Tunnelbauwerks können in Unterlage 07 eingesehen werden.

Unterlage 7.5: A070_A Katzwang_20250430_7.5_LH_Tunnel_Nord

Unterlage 7.6: A070_A Katzwang_20250430_7.6_LH_Tunnel_Sued

Zusätzlich wurde als Anlage 1 zum vorliegenden Dokument ein Lage-/Höhenplan für den Kreuzungsbereich erstellt.

5.3 Querschnitt

Ein Regelquerschnitt des Tunnelbauwerks inklusive Kabelanaordnung (Systemskizze) kann in Unterlage 06 eingesehen werden.

Unterlage 6.2 A070_A Katzwang_20250430_6.2_QS_Tunnel

Zusätzlich wurde als Anlage 2 zum vorliegenden Dokument ein Querschnitt des Bauwerks für den Kreuzungsbereich erstellt.

5.4 Lageplan Entnahme/Einleitung

Eine Übersicht der geplanten Leitungen für die Entnahme und Einleitung von Wasser aus bzw. in den Main-Donau-Kanal können als Anlage 3 zum vorliegenden Dokument eingesehen werden.

5.5 Baubeschreibung

Das Tunnelbauwerk Katzwangtunnel besteht aus zwei Tunnelröhren sowie aus ober- und unterirdischen Gebäudeteilen, welche das Tunnelbauwerk erschließen, der Kabelführung dienen und die technische Infrastruktur zum Betrieb des Bauwerks beinhalten. Das Tunnelbauwerk ist begehrbar geplant und daher zusätzlich mit einer Laufkatze ausgestattet, die dem Transport von Zubehör im Wartungs- und Reparaturfall sowie der Bewegung verunfallter Personen dient.

Das Bauwerk ist für die Verlegung der beiden Kabelsysteme der Juraleitung, bestehend aus jeweils 6 Einzelkabeln und Begleitkabeln, ausgelegt. Dabei soll je ein System je Röhre verlegt werden.

Der Tunnel ist für eine Lebensdauer von 100 Jahren ausgelegt. Bei einer Außerbetriebnahme werden die Kabel inklusiver der zugehörigen Infrastruktur, die gesamte technische Ausrüstung und alle sonstigen Tunnleinbauten ausgebaut, so dass lediglich die Tunnelröhre im Boden verbleibt. Diese wird mit Dämmen o.ä. anschließend verfüllt.

Eine ausführliche Baubeschreibung des gesamten Tunnelbauwerks sowie der Zulaufstrecken ist der Unterlage 1.0 zu entnehmen.

Zusätzlich zum eigentlichen Tunnelbauwerk sind temporäre Entnahme- und Einleitungsbauwerke für die Wasserver- und entsorgung während der Bauphase geplant. Eine ausführliche Beschreibung der Umsetzung, Bauweise und Geometrien ist dem Kapitel 3 des vorliegenden Dokuments zu entnehmen.

5.6 Entwurfsstatik Tunnel

Alle erforderlichen Nachweise zur statischen Standsicherheit-, Stabilität- und Auftriebssicherheit des Tunnels sind im Rahmen der Entwurfsplanung geführt worden. Der zugehörige Prüfbericht ist der Unterlage 12.4 zu entnehmen.

6 Quellen

6.1 Literatur / Daten / Unterlagen

- [U1] Maidl, B. et. al. (2011): Maschiner Tunnelbau im Schildvortrieb, Wilhelm Ernst & Sohn, Verlag für Architektur und technische Wissenschaften, Berlin.
- [U2] Silvestre, S. (2015): Elektrokoagulation zur Trennung von gebrauchten Bentonitsuspensionen im Tunnelbau. Dissertation Ruhr-Universität Bochum.
- [U3] E-Mail „A070_Katzwang_Besprechung Querung Main-Donau-Kanal im Zuge der Juraleitung, Protokoll und Präsentationen“. Verfasser: Jan Stubbe (WSA MDK), 28.02.2024 – *Übergabe Regelprofil + Betriebswasserstände MDK*
- [U4] E-Mail „AW: Tunnel Katzwang – Einleitbauwerk Main-Donau-Kanal“. Verfasser: Michael Bär (Stadt Nürnberg – SÖR), 14.03.2025
- [U5] Besprechungsprotokoll: Abstimmung Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Donau MDK zur Online-Abstimmung am 02.12.2024, Verfasserin Laura Hoffmann
- [U6] Besprechungsprotokoll: Abstimmung Querung MDK bei km 76,1 zur Online-Abstimmung am 19.02.2025, Verfasserin Theresa Böhle
- [U7] Merkblatt Strom- und schifffahrtspolizeiliche Genehmigungen, Ausgabe 2024. Herausgeber: Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Donau MDK. Datum 26.07.2024
- [U8] Merkblatt Düker (Herstellung mittels Rohrvortrieb). Herausgeber: Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Donau MDK. Ohne Datum.

6.2 Internetquellen

- [W1] WSA Donau MDK – Abbildung Lage-/Höhenplan MDK: https://www.wsa-donau-mdk.wsv.de/Webs/WSA/Donau-MDK/DE/01_Wasserstrassen/Bundeswasserstrassen/MDK/MDK_node.html. Zuletzt zugegriffen am 18.03.2025.
- [W2] Niederschlagswerte Nürnberg: <https://www.wetterkontor.de/de/wetter/deutschland/monatswerte-station.asp?id=10763&yr=2025&mo=-1>. Zuletzt zugegriffen am 28.03.2025.

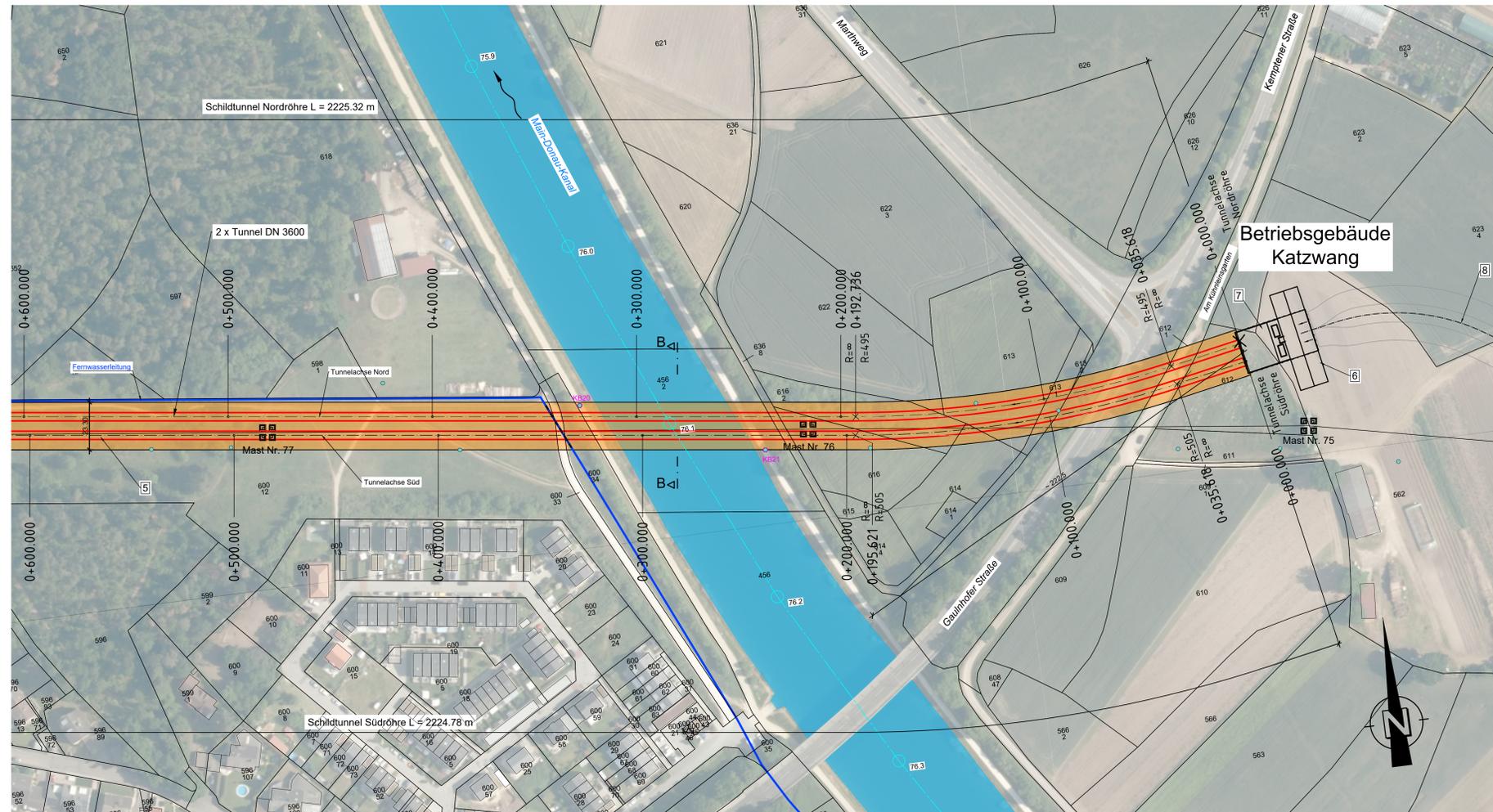
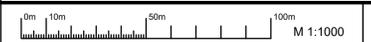
6.3 Gesetze / Normen / Verordnungen

- [N1] Deutscher Ausschuss für unterirdisches Bauen e.V.: Recommendations for Face Support Calculations for Shield Tunneling in Soft Ground, Version 10/2016.
- [N2] EC 7 – Eurocode 7: DIN EN 1997 – Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik.
- [N3] Ril 878 – Stromkreuzungsrichtlinien (SKR), DB Netz AG, 2016.
- [N4] WaStrG – Bundeswasserstraßengesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. Mai 2007 (BGBl. I S. 962; 2008 I S. 1980), das zuletzt durch Artikel 3 des Gesetzes vom 18. August 2021 (BGBl. I S. 3901) geändert worden ist.
- [N5] WHG – Wasserhaushaltsgesetz vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), das zuletzt durch Artikel 7 des Gesetzes vom 22. Dezember 2023 (BGBl. I Nr. 409) geändert worden ist.
- [N6] ZTV-ING – Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen für Ingenieurbauten, Dezember 2023.
- [N7] Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm – Geräuschimmissionen – (AVV Baulärm), Stand 19. August 1970.

Anlage 1: Lage-/Höhenplan Kreuzungsbereich

Lageplan

1:1000



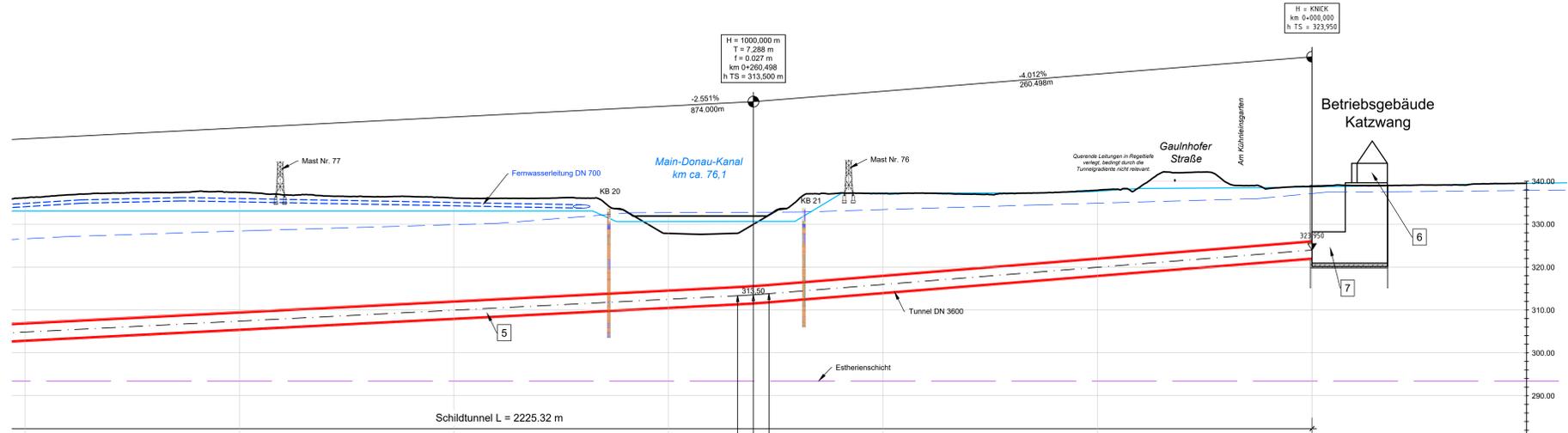
- Grundlagen:**
- DGM erstellt aus *.txt Dateien vom Geoportal Bayern, gezogen am 07.12.2023
 - Luftbilder übernommen vom Geoportal Bayern, gezogen am 07.12.2023
 - Höhenlage Fernwasserleitung übernommen aus Handzeichnungen Zeichn.-Nr. 71/397-6, 71/397-7, 71/397-9 und 71/397-10 von 1967 und 1968, übermittelt von Fernwasser Infra-Fürth am 06.02.2024. Hinweis: Leitung wurde auf Tunnel projiziert, Darstellung rein informativ!
 - Ruhewasserspiegel entnommen aus Baugrunderkundung und -begutachtung, Bericht L21-II-237, 156, Zeichnung "Profil-Schnitt KB 34 - KW 1" von BUCHHOLZ+PARTNER, Stand 30.04.2025. Hinweis: Darstellung rein informativ!
 - Estherienschnitt und Bemessungswasser entnommen aus Zeichnung "Profilplan_L21-II-237, 156-Juraleitung-19.03.2024-Profil1-Nord-Wasserstand.dwg" von BUCHHOLZ+PARTNER, übermittelt am 19.03.2024. Hinweis: Darstellung rein informativ!
 - Bohrungen entnommen aus "Geotechnischer Bericht" von BUCHHOLZ+PARTNER, 30.04.2025. Hinweis: Darstellung rein informativ!
 - Profil Main-Donau Kanal übermittelt vom Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Donau MDK am 28.02.2024

- Legende Lageplan:**
- Tunnelbauwerk
 - Achse Main-Donau Kanal mit Kilometrierung
 - Flurstücksgrenze
 - Flurstücknummer
 - Schutzstreifen
 - Bauwerksnummer
 - Bohrpunkt

- Legende Höhenplan:**
- Tunnelbauwerk
 - Fernwasserleitung
 - Ruhewasserspiegel
 - Bemessungswasserstand
 - Estherienschnitt

Höhenplan Nordröhre

1:1000/500



Achse:
Tunnelachse_Nordröhre

Höhenplan:
Nordröhre

Station:
+0+100.000 - +2+325.322

Stationierung	Geländehöhe	Überdeckung	OK Tunnel	Gradientenhöhe
0+100.00	304.94	29.20	306.94	304.94
0+200.00	305.95	29.38	307.45	305.95
0+300.00	306.96	29.57	307.96	306.96
0+400.00	307.97	29.76	308.47	307.97
0+500.00	308.98	29.95	308.98	308.98
0+600.00	309.99	30.14	309.49	309.99
0+700.00	311.00	30.33	310.00	311.00
0+800.00	312.01	30.52	310.51	312.01
0+900.00	313.02	30.71	311.02	313.02
0+1000.00	314.03	30.90	311.53	314.03
0+1100.00	315.04	31.09	312.04	315.04
0+1200.00	316.05	31.28	312.55	316.05
0+1300.00	317.06	31.47	313.06	317.06
0+1400.00	318.07	31.66	313.57	318.07
0+1500.00	319.08	31.85	314.08	319.08
0+1600.00	320.09	32.04	314.59	320.09
0+1700.00	321.10	32.23	315.10	321.10
0+1800.00	322.11	32.42	315.61	322.11
0+1900.00	323.12	32.61	316.12	323.12
0+2000.00	324.13	32.80	316.63	324.13
0+2100.00	325.14	32.99	317.14	325.14
0+2200.00	326.15	33.18	317.65	326.15
0+2300.00	327.16	33.37	318.16	327.16
0+2400.00	328.17	33.56	318.67	328.17
0+2500.00	329.18	33.75	319.18	329.18
0+2600.00	330.19	33.94	319.69	330.19
0+2700.00	331.20	34.13	320.20	331.20
0+2800.00	332.21	34.32	320.71	332.21
0+2900.00	333.22	34.51	321.22	333.22
0+3000.00	334.23	34.70	321.73	334.23
0+3100.00	335.24	34.89	322.24	335.24
0+3200.00	336.25	35.08	322.75	336.25
0+3300.00	337.26	35.27	323.26	337.26
0+3400.00	338.27	35.46	323.77	338.27
0+3500.00	339.28	35.65	324.28	339.28
0+3600.00	340.29	35.84	324.79	340.29
0+3700.00	341.30	36.03	325.30	341.30
0+3800.00	342.31	36.22	325.81	342.31
0+3900.00	343.32	36.41	326.32	343.32
0+4000.00	344.33	36.60	326.83	344.33
0+4100.00	345.34	36.79	327.34	345.34
0+4200.00	346.35	36.98	327.85	346.35
0+4300.00	347.36	37.17	328.36	347.36
0+4400.00	348.37	37.36	328.87	348.37
0+4500.00	349.38	37.55	329.38	349.38
0+4600.00	350.39	37.74	329.89	350.39
0+4700.00	351.40	37.93	330.40	351.40
0+4800.00	352.41	38.12	330.91	352.41
0+4900.00	353.42	38.31	331.42	353.42
0+5000.00	354.43	38.50	331.93	354.43
0+5100.00	355.44	38.69	332.44	355.44
0+5200.00	356.45	38.88	332.95	356.45
0+5300.00	357.46	39.07	333.46	357.46
0+5400.00	358.47	39.26	333.97	358.47
0+5500.00	359.48	39.45	334.48	359.48
0+5600.00	360.49	39.64	334.99	360.49
0+5700.00	361.50	39.83	335.50	361.50
0+5800.00	362.51	40.02	336.01	362.51
0+5900.00	363.52	40.21	336.52	363.52
0+6000.00	364.53	40.40	337.03	364.53
0+6100.00	365.54	40.59	337.54	365.54
0+6200.00	366.55	40.78	338.05	366.55
0+6300.00	367.56	40.97	338.56	367.56
0+6400.00	368.57	41.16	339.07	368.57
0+6500.00	369.58	41.35	339.58	369.58
0+6600.00	370.59	41.54	340.09	370.59
0+6700.00	371.60	41.73	340.60	371.60
0+6800.00	372.61	41.92	341.11	372.61
0+6900.00	373.62	42.11	341.62	373.62
0+7000.00	374.63	42.30	342.13	374.63
0+7100.00	375.64	42.49	342.64	375.64
0+7200.00	376.65	42.68	343.15	376.65
0+7300.00	377.66	42.87	343.66	377.66
0+7400.00	378.67	43.06	344.17	378.67
0+7500.00	379.68	43.25	344.68	379.68
0+7600.00	380.69	43.44	345.19	380.69
0+7700.00	381.70	43.63	345.70	381.70
0+7800.00	382.71	43.82	346.21	382.71
0+7900.00	383.72	44.01	346.72	383.72
0+8000.00	384.73	44.20	347.23	384.73
0+8100.00	385.74	44.39	347.74	385.74
0+8200.00	386.75	44.58	348.25	386.75
0+8300.00	387.76	44.77	348.76	387.76
0+8400.00	388.77	44.96	349.27	388.77
0+8500.00	389.78	45.15	349.78	389.78
0+8600.00	390.79	45.34	350.29	390.79
0+8700.00	391.80	45.53	350.80	391.80
0+8800.00	392.81	45.72	351.31	392.81
0+8900.00	393.82	45.91	351.82	393.82
0+9000.00	394.83	46.10	352.33	394.83
0+9100.00	395.84	46.29	352.84	395.84
0+9200.00	396.85	46.48	353.35	396.85
0+9300.00	397.86	46.67	353.86	397.86
0+9400.00	398.87	46.86	354.37	398.87
0+9500.00	399.88	47.05	354.88	399.88
0+9600.00	400.89	47.24	355.39	400.89
0+9700.00	401.90	47.43	355.90	401.90
0+9800.00	402.91	47.62	356.41	402.91
0+9900.00	403.92	47.81	356.92	403.92
0+10000.00	404.93	48.00	357.43	404.93

Die im Plan angegebenen Dezimalstellen basieren auf mathematischen Berechnungen und dienen ausschließlich informativen Zwecken.

Anlage 1 zur Planfeststellungsunterlage 11.2

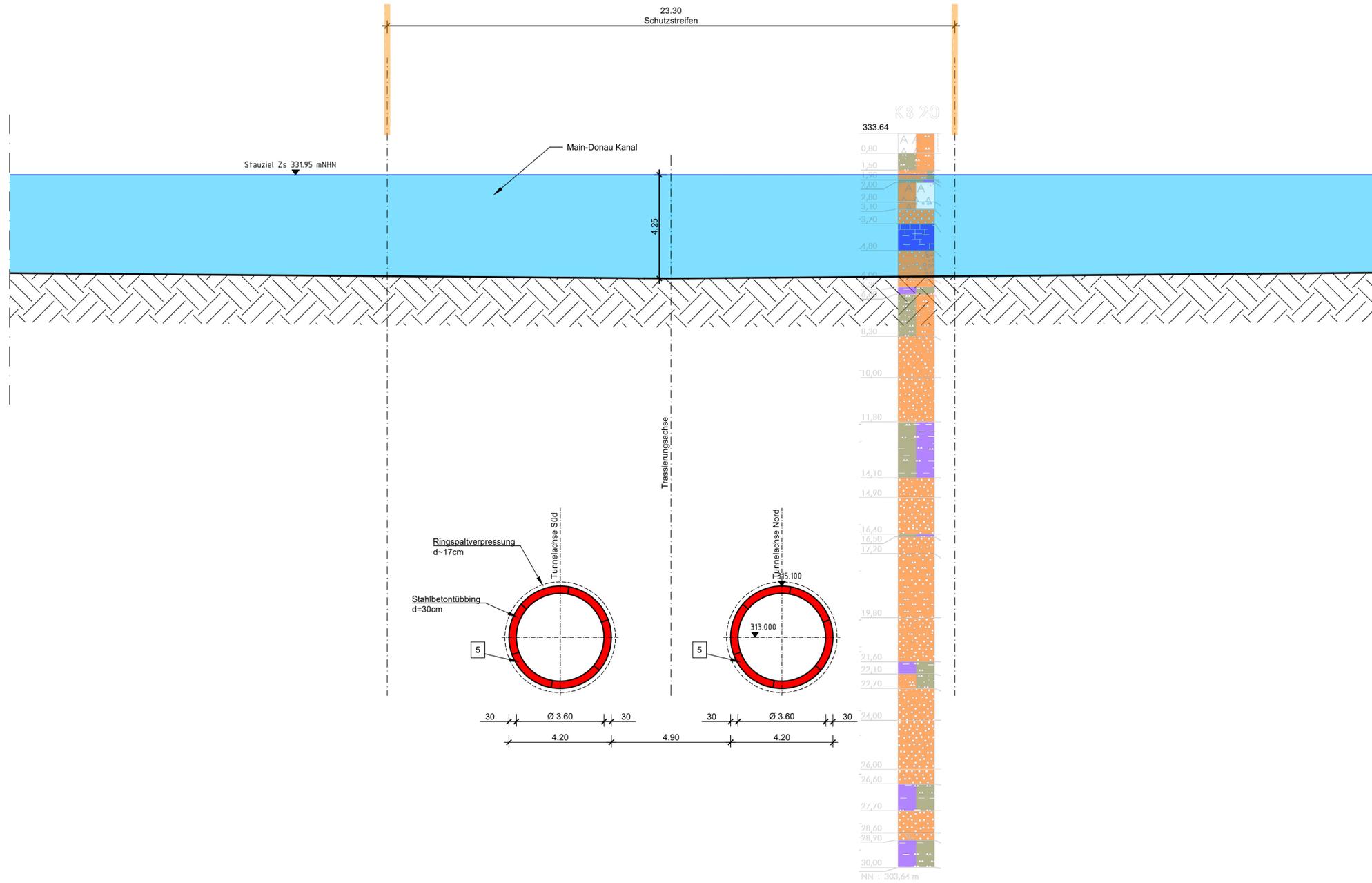
Techn. Referenz	Erstellt von	geprüft von	Erstelldatum	Format
BUNGS-PEB Hoffmann / Blome	IGKWT Edelhoff	15.04.2025	A3	
Gepl. Nr. 11000000	Zugriffsweg	LH-07-B170	Maßstab	1:1000/500
Proj. Nr. 11000000	Projektname	Lage-/Höhenplan Kreuzungsbereich	Ausgabedatum	30.04.2025
Blatt	Blatt	Blatt	Blatt	Blatt
1/1	1/1	1/1	1/1	1/1

Anlage 2: Querschnitt Kreuzungsbereich

Legende:

5 Bauwerksnummer

Schnitt B-B
Querschnitt ~ km 0+280



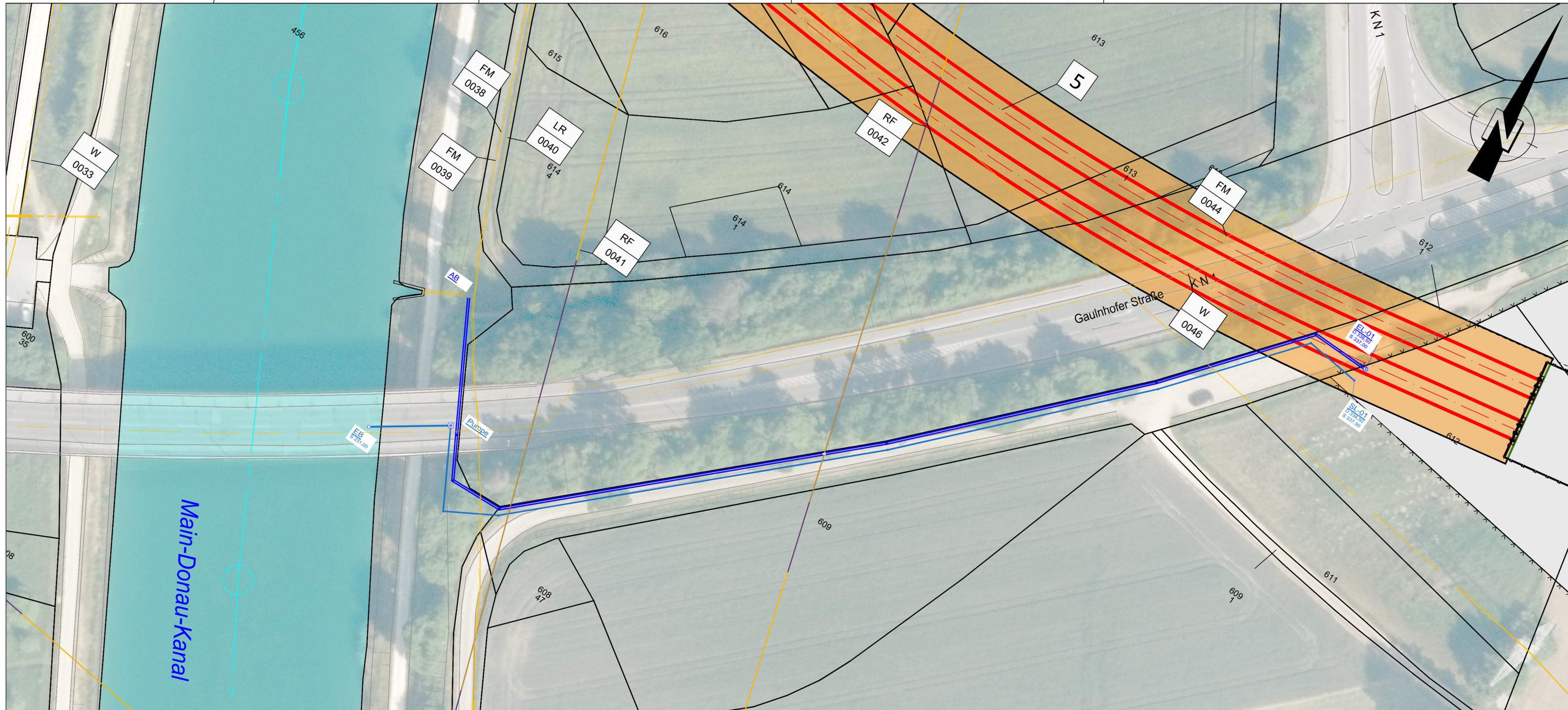
Grundlagen:

- Profil und Stauziel Main-Donau Kanal übermittelt vom Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Donau MDK am 28.02.2024
 - Bohrungen entnommen aus "Geotechnischer Bericht" von BUCHHOLZ+PARTNER, 30.04.2025
- Hinweis: Darstellung rein informativ !

Anlage 2 zur Planfeststellungsunterlage 11.2

Techn. Referenz Ingenieur-Gesellschaft Kitz/Wang Tunnel BUNG-PEB Eigentümer der Zeichnung	erstellt von BUNG-PEB Hoffmann / Blome	geprüft von IGKWT Edelhoff	Erstelldatum 15.04.2025	Format A1x841 Maßstab 1:100
Zugehörigkeit LH-07-B170		Status freigegeben	Ausgabedatum 30.04.2025	
Dokumententyp Querschnitt		Objekt LH-07-B170		
Titel Raltersaich-Ludersheim-Sittling-Altheim, 380-kV-Ersatzneubauprojekt, Ltg. Abschnitt A-Katzwang (LH-07-B170)		Blatt 1/1		
Identnummer		Querschnitt Kreuzungsbereich		

Anlage 3: Lageplan Entnahme/Einleitung Main-Donau-Kanal



Fremdleitungen

W 0033	6.5 Wasserleitung Fernwasserleitung DN 700 Infra Fürth GmbH	RF 0041	5.4 Richtfunkstrecke NY5345 - NY1634 Deutsche Telekom GmbH
FM 0038	6.2 Fernmeldekabel k.A. NGN Fiber Network KG	RF 0042	5.4 Richtfunkstrecke AS Schwabach Roth - Nürnberg - Schweinau Vodafone Deutschland GmbH
FM 0039	6.2 Fernmeldekabel LWL Freileitung GTT Communications GmbH	FM 0044	6.2 Fernmeldekabel k.A. Deutsche Telekom GmbH
LR 0040	6.1 Leerrohr Leerrohr DN40 HD-PE N-ERGIE Netz GmbH	W 0046	6.5 Wasserleitung Abwasserleitung DN400B Stadt Nürnberg
5	Bauwerksnummer		

Legende Lageplan:

- Tunnelbauwerk
 - Achse Main-Donau Kanal mit Kilometrierung
 - Flurstücksgrenze
 - Flurstücksnummer
 - Schutzstreifen
 - BE - Fläche
 - Bauzaun
- Abkürzungen:**
 AB = Auslaufbauwerk
 EB = Entnahmebauwerk
 EL = Entwässerungsleitung
 SL = Saugleitung

Legende bauzeitliche Leitungen (Entnahme/Einleitung):

- Entwässerungsleitung
- Wasserleitungen

Quellvermerk
 Daten: © geodaten.bayern.de,
 Bayerische Vermessungsverwaltung, Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2022)

Anlage 3 zur Planfeststellungsunterlage 11.2				
Techn. Referenz Ingenieur-Gemeinschaft Kat. Wang Tunnel BUNG - PEB BUNG prd sweco	erstellt von MOLL-PRD Otto/Wutke	geprüft von IGKWT Köhler	Erstelldatum 27.03.2025	Format 297x1189 Maßstab 1:500
Eigentümer der Zeichnung 	Zugehörigkeit LH-07-B170	Dokumentenart Lageplan	Status freigegeben	Ausgabedatum 30.04.2025
Identnummer	Lageplan Entnahme/Einleitung Main-Donau-Kanal		Objekt LH-07-B170	Blatt 1/1