

380-kV- Höchstspannungsleitung Isar – Altheim, Abschnitt Umspannwerk Altheim bis Schaltanlage Isar, Ltg. Nrn. B175 und B176

*Hydrogeologisches Gutachten
Unterlage 9.3*

Auftraggeber

TenneT TSO GmbH
Bernecker Straße. 70
95448 Bayreuth
www.tennet.eu



Erstellt von

Dr. Blasy – Dr. Øverland
Ingenieure GmbH
Moosstraße 3
82279 Eching am Ammersee

T +49 (0) 8143 997-100

F +49 (0) 8143 997 150

E info@blasy-overland.de



Datum Freigabe

Titel

Geprüft

Freigabe

24.05.2024	380-kV- Höchstspannungsleitung Isar – Altheim, Abschnitt Umspannwerk Altheim bis Schaltanlage Isar, Ltg. Nrn. B175 und B176	<u>i.v. V. Hawlee</u>	<u>i.v. V. Hawlee</u>
------------	---	-----------------------	-----------------------

Verzeichnis der Unterlagen

I. Erläuterungsbericht

II. Anlagen

Anlage 1: Übersichtslageplan Maßstab 1:50.000

Anlage 2: Lageplan Maßstab 1:20.000

Anlage 3: Detaillagepläne Maßstab 1:5.000

Anlage 4: Bohrprofile-Tiefbohrungen Maststandorte

I. Erläuterungsbericht

Inhaltsverzeichnis

1. Vorhabenträger.....	1
2. Veranlassung	1
3. Durchgeführte Untersuchungen	2
4. Verwendete Datengrundlage.....	4
5. Geplantes Vorhaben	5
5.1 Kabelübergangsanlagen	5
5.2 Abschnitt Erdkabelverlegung.....	5
5.3 Abschnitte Freileitung.....	6
6. Naturräumlicher Überblick	8
6.1 Morphologie.....	8
6.2 Niederschlag und Temperatur.....	8
6.3 Oberflächengewässer	9
6.4 Schutzgebiete und Grundwassernutzungen.....	10
7. Hydrogeologie	11
7.1 Geologie - Überblick	11
7.2 Grundwasserverhältnisse - Überblick.....	12
7.3 Örtliche Verhältnisse	15
7.3.1 Untergrund	15
7.3.2 Grundwasser / Flurabstand	18
7.4 Hydraulische Parameter.....	20
8. Dimensionierung der Bauwasserhaltung.....	22
8.1 Grundsätzliche Vorbemerkungen.....	22
8.2 Bereiche mit erforderlicher Bauwasserhaltung.....	23
8.3 Berechnungsgrundlagen	24
8.3.1 Bauwasserhaltung ohne Verbau	24
8.3.2 Bauwasserhaltung mit Verbau	25
8.4 Ergebnisse	26
8.4.1 Vorbemerkung	26
8.4.2 Bauwasserhaltung ohne Verbau	26
8.4.3 Bauwasserhaltung mit Verbau (Abschnitt II, Fischweiher)	27

8.4.4	Bauwasserhaltung Maststandorte	27
8.4.5	Bauwasserhaltung KÜA Ohu.....	28
8.4.6	Bauwasserhaltung KÜA Unterahrain.....	28
8.5	Ableitung des Förderwassers	29
8.5.1	Mögliche Optionen	29
8.5.2	Alternativenprüfung	29
8.5.3	Dimensionierung	30
9.	Auswirkungen der Baumaßnahme auf die Grundwasserverhältnisse.....	34
9.1	Bauzeitlich / Bauwasserhaltung	34
9.1.1	Berechnungsgrundlagen	34
9.1.1.1	Bauwasserhaltung ohne Verbau	34
9.1.1.2	Bauwasserhaltung mit Verbau	35
9.1.2	Ergebnisse	36
9.1.2.1	Bauwasserhaltung ohne Verbau	36
9.1.2.2	Bauwasserhaltung mit Verbau / Fischweiher	36
9.1.2.2.1	Analytische Berechnung	36
9.1.2.2.2	Numerisches Grundwassерmodell.....	37
9.2	Dauerhaft / Eingriff ins Grundwasser	39
9.2.1	Berechnungsgrundlagen	39
9.2.2	Ergebnisse	39
9.2.2.1	Trassenabschnitt Erdkabel.....	39
9.2.2.2	KÜA Ohu	39
9.2.2.3	KÜA Unterahrain	40
9.2.2.4	Maststandorte.....	40
10.	Auswirkungen auf Schutzgüter und weitere Grundwassernutzungen	41
10.1	Fischteiche	41
10.2	Wärmepumpenbetreiber.....	44
10.3	Trinkwasserschutzgebiet / Überschwemmungsgebiet	45
10.3.1	KÜA Ohu	45
10.3.2	Maststandorte.....	47
10.4	Fazit.....	48

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Übersichtslageplan (© Bayerische Vermessungsverwaltung)	1
Abbildung 2:	Übersicht Datenbasis	3
Abbildung 3:	Regelgrabenprofil (gesamter Schutzstreifen rd. 54 m, drei Kabelgräben)	6
Abbildung 4:	Regelgrabenprofil (ein Kabelgraben)	6
Abbildung 5:	Sechs Bausektionen im Abschnitt der Erdkabelverlegung	6
Abbildung 6:	Abschnitt Freileitung zur KÜA Ohu – Maststandorte und Erkundungsbohrungen	7
Abbildung 7:	Abschnitt Freileitung zur KÜA Unterahrain – Maststandorte und Erkundungsbohrungen	7
Abbildung 8:	Digitales Geländemodell (DGM) im Trassenbereich (Erdkabel)	8
Abbildung 9:	Oberflächengewässer im Untersuchungsgebiet	9
Abbildung 10:	Schutzgebiete des Natur- und Trinkwasserschutzes sowie Grundwassernutzungen (Wärmepumpenanlagen);	10
Abbildung 11:	Auszug aus der Geologischen Karte von Bayern, Maßstab 1:25.000 (Kartenblätter 7339 und 7439)	11
Abbildung 12:	Grundwassergleichen gemäß Hydrogeologische Karte HK100; Flurabstand (berechnet aus DGM)	13
Abbildung 13:	Messwertaufzeichnungen Grundwasser (Messwerte bis 18.07.2023)	14
Abbildung 14:	Messwertaufzeichnungen Grundwasser (Messstellen der Autobahn GmbH)	14
Abbildung 15:	Lage der Trassenbohrungen und Grundwassermessstellen mit Bohrwasserspiegel und Stauoberkante [m u. GOK]; Verlauf des Profilschnitt Abb. 15)	16
Abbildung 16:	Profilschnitt Grundwassermessstellen	16
Abbildung 17:	Profilschnitt Trassenbohrungen (Lage siehe Abbildung 15)	17
Abbildung 18:	Flurabstand (MHW, abgeschätzt aus Bohrwasserständen unterschiedlicher Stichtage)	18
Abbildung 19:	Flurabstand (MHW aus Grundwassergleichen HK100+0,2 m / DGM)	19
Abbildung 20:	Vergleich Grundwassergleichen HK100 und Messwerte GWM (Bohrwasserstände Juni 2023; ca. MW bis MHW)	20
Abbildung 21:	Erforderliche Absenkung und Förderraten bei MHW [m]	24
Abbildung 22:	Ermäßigung der Bauwasserhaltung bei nicht vollständiger Umspundung (nach HERTH, ARNNTS)	25
Abbildung 23:	Lagevorschlag der Absetzcontainer (Bauabschnitte Erdkabelverlegung)	32
Abbildung 24:	Lagevorschlag Ableitung Bauwasserhaltung Mastfundamente zw. UW Altheim und KÜA Ohu	33

Abbildung 25:	Ergebnis Grundwassерmodell Umspundung BA II ohne Überleitung	38
Abbildung 26:	Ergebnis Grundwassерmodell Umspundung BA II mit Überleitung	38
Abbildung 27:	Trassenabschnitte mit dauerhaftem Eingriff ins Grundwasser (Referenzwasserstand MHW)	39
Abbildung 28:	Maste KÜA Ohu	40
Abbildung 29:	Lageplan Fisch-/Freizeitteiche	42
Abbildung 30:	Lageplan Wärmepumpen-Betreiber	44
Abbildung 31:	KÜA Ohu – HQ ₁₀₀ -Überschwemmungsgebiet	45
Abbildung 32:	Ganglinien der Grundwasserstände Quartär und Tertiär im Einzugsgebiet der WV Ohu	46
Abbildung 33:	Bohrprofil GWM 1	47
Abbildung 34:	Lageplan Trinkwasserschutzgebiet WV Ohu	48

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Statistische Kennwerte der Beweissicherungsmessstellen Bauvorhaben B15n (Lage: siehe Abbildung 14).....	12
Tabelle 2:	Pumpversuchsergebnisse Grundwassermessstellen	21
Tabelle 3:	Zusammenstellung des Berechnungsergebnisse Bauwasserhaltung ohne Verbau	26
Tabelle 4:	Zusammenstellung des Berechnungsergebnisse Bauwasserhaltung mit Verbau	27
Tabelle 5:	Zusammenstellung der Maststandorte mit Angabe der Bauwasserhaltung	27
Tabelle 6:	Dimensionierung der Sedimentationsanlagen	31
Tabelle 7:	Zusammenstellung der Berechnungsergebnisse Grundwasserabsenkung offene Baugrube	36
Tabelle 8:	Zusammenstellung der Berechnungsergebnisse: <i>Grundwasseraufstau vor Verbau</i>	36
Tabelle 9:	Modelldaten numerisches Grundwassерmodell	37

1. Vorhabenträger

Vorhabenträger ist die

Tennet TSO GmbH

Bernecker Straße 70

95448 Bayreuth

2. Veranlassung

Ein zentraler Bestandteil des Ausbaus der Netz-Infrastruktur in Bayern ist der sog. SüdOstLink, welcher voraussichtlich ab 2027 zur Schaltanlage (SA) Isar geführt wird. Aus diesem Ausbau resultiert der Bedarf einer 380 kV-Verbindung zwischen der SA Isar und dem Umspannwerk (UW) Altheim. Die Tennet TSO GmbH ist mit der Ausführung dieses rd. 7 km langen Trassenabschnitts betraut.

Gemäß den aktuellen Planungsunterlagen der Vorzugsvariante 3 ist die Trasse zwischen dem UW Altheim bis zur Kabelübergangsanlage (KÜA) westlich der geplanten Bundesstraße B15n auf einer Streckenlänge von rd. 1,2 km als Freileitung sowie im weiteren Verlauf auf rd. 4,2 km bis zur KÜA westlich des Kernkraftwerks Isar als Erdkabel vorgesehen. Die verbleibenden rd. 1,1 km bis zur SA Isar sind wiederum als Freileitung geplant. Der Trassenverlauf ist in der Abbildung 1 im Überblick dargestellt.

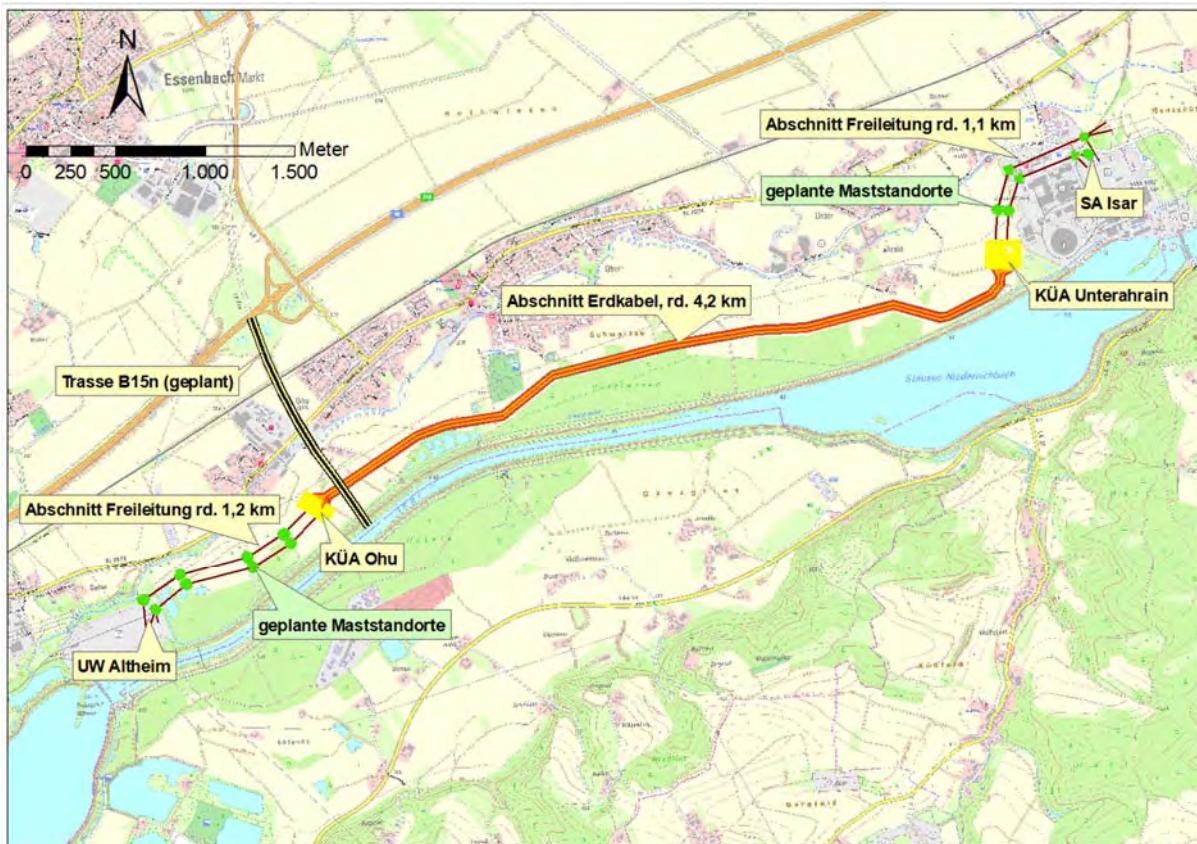


Abbildung 1: Übersichtslageplan (© Bayerische Vermessungsverwaltung)

Die Trasse verläuft weitestgehend im Bereich holozäner Flussschotter des Mühlbachs bzw. im Bereich jungholozäner Auenablagerungen der Isar. Aufgrund der geringen Grundwasserflurabstände sind (zumindest abschnittsweise) Bauwasserhaltungsmaßnahmen erforderlich. Weiterhin erfolgt durch die Verlegung der Erdkabel (zumindest abschnittsweise) ein dauerhafter Eingriff ins Grundwasser. Für diese Maßnahmen sind jeweils wasserrechtliche Genehmigungen erforderlich.

Auf der Grundlage des vorliegenden hydrogeologischen Gutachtens mit Darstellung der Untergrund- und Grundwasserverhältnisse im Trassenverlauf sollen Abschnitte mit Eingriffen ins Grundwasser erkannt und die erforderliche Bauwasserhaltung dimensioniert werden.

In Abstimmung mit den bautechnischen Vorgaben werden die Wasserhaltungsmaßnahmen berechnet und ihre Auswirkungen auf Schutzgüter und Dritte ermittelt.

3. Durchgeführte Untersuchungen

In einem ersten Untersuchungsschritt wurden die bereits im Vorfeld der Untersuchungen verfügbaren hydrogeologischen Daten recherchiert und ausgewertet.

Im Zusammenhang mit der Baumaßnahme des Kreuzungsbauwerks B15n / A92 wurde eine Vielzahl von Aufschlussbohrungen durchgeführt und es wurde ein umfangreiches Netz von Messstellen zur Grundwasserbeweissicherung erstellt. Der Teil dieser Untersuchungen und Daten, welcher in räumlicher Nähe zum geplanten Trassenverlauf liegt (westlicher Abschnitt UW Altheim), kann zur Darstellung der lokalen hydrogeologischen Verhältnisse verwendet werden. Für den östlichen Streckenabschnitt war die vorab vorliegende Datendichte (Datengrundlage s.u.) geringer.

Im Zuge der Baugrunduntersuchungen (Fa. Buchholz & Partner, Schkeuditz) wurden ab November 2022 u.a. folgende Untergrunduntersuchungen durchgeführt:

- 73 Trassenbohrungen (Kleinrammbohrungen bis rd. 5 m Tiefe entlang des Trassenverlaufes des Erdkabelabschnittes zur Erkundung des Untergrundes)
- 11 Tiefbohrungen (bis rd. 20 m u. GOK) an den geplanten Maststandorten zur Erkundung des Untergrundes und Erstellung von Gründungsempfehlungen (Ergebnisse liegen noch nicht vollständig vor)
- 5 Grundwassermessstellen (geplant: 8 GW-Messstellen) zur Ermittlung der lokalen Grundwasserstände sowie zur Beweissicherung während der Wasserhaltungsmaßnahmen und im Nachgang der Baumaßnahme an ausgewählten Standorten

Die geplanten Baugrunduntersuchungen sind noch nicht vollständig abgeschlossen. Das vorliegende Gutachten spiegelt den Datenstand zum 11.10.2023 wider. So konnten bislang die Messstellen GWM-2, -6 und -7 aufgrund noch austehender Einwilligungen der Grundstückseigentümer noch nicht errichtet werden. Grundsätzlich von den bisherigen Erkenntnissen abweichende Ergebnisse hinsichtlich der örtlichen Grundwasserverhältnisse werden mit den noch ausstehenden drei Messstellen nicht erwartet, eine Erstellung im Hinblick auf die Grundwasserbeweissicherung ist aber dennoch vorgesehen.

Auf der Basis der derzeit vorliegenden Kenntnisse wurde anschließend ein Konzept zur Bauwasserhaltung entwickelt und es wurden bauzeitliche Auswirkungen der Wasserhaltung sowie ggf. hydraulische Auswirkungen in Abschnitten mit einem dauerhaften Eingriff in die

Grundwasserströmung ermittelt. Insbesondere Grundwassernutzungen wie z.B. Grundwasser gespeiste Fischteiche im Einzugsgebiet der Trasse sind hier zu beachten.

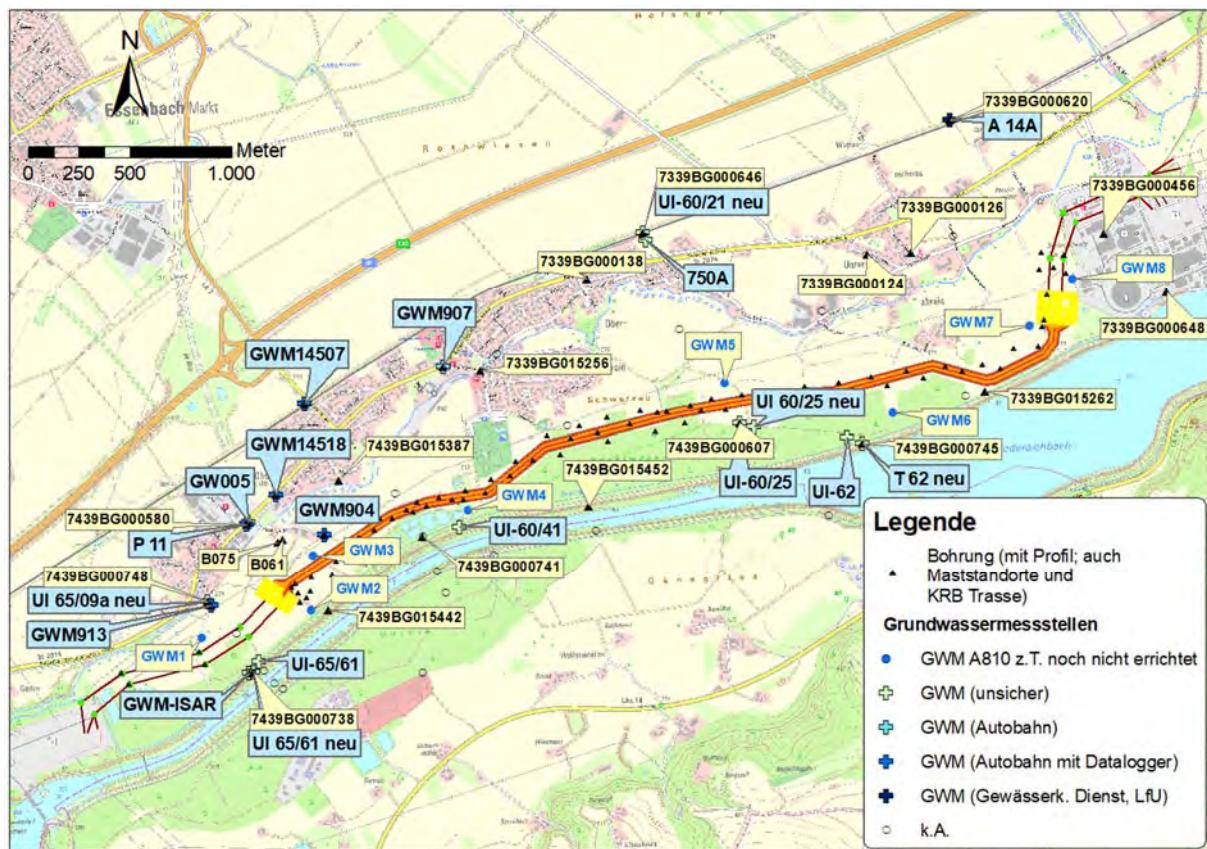


Abbildung 2: Übersicht Datenbasis

Die bereits durchgeführten und z.T. noch geplanten Untersuchungen können somit wie folgt zusammengefasst werden:

- (1) Recherche und Sichtung der im Vorfeld verfügbaren hydrogeologische Daten
- (2) Darstellung der hydrogeologischen Verhältnisse im Bereich des geplanten Trassenverlaufs in Form eines hydrogeologischen Gutachtens (Vorabzug)
- (3) Vervollständigung der Kenntnisse nach Abschluss der Baugrunduntersuchungen
- (4) Finalisierung des Vorabzugs des Hydrogeologischen Gutachtens inkl. Berechnungen zur Bauwasserhaltung (Dimensionierung und mögliche temporäre Auswirkungen) sowie zu dauerhaften Auswirkungen des Vorhabens
- (5) Geplant: Erstellung der wasserrechtlichen Antragsunterlagen zur Durchführung der ins Grundwasser eingreifenden Erdarbeiten

4. Verwendete Datengrundlage

Zur Erstellung der vorliegenden Unterlagen wurden ergänzend zu den nachfolgend Gelände-arbeiten folgende Unterlagen verwendet:

Vom Auftraggeber (AG) zur Verfügung gestellte Unterlagen

- (1) Lageplan Trassenverlauf
- (2) Digitales Geländemodell
- (3) Flurstückskarte
- (4) Baugrunduntersuchungen (Fa. Buchholz & Partner)
 - o 84 Bohrprofile / Schichtenverzeichnisse Trassenbohrungen und Maststandorte
 - o 41 k_f -Wertermittlungen aus Korngrößenanalysen
 - o 5 Grundwassermessstellen (Profile, Pumpversuche); geplant: 8 GW-Messstellen
 - o Automatische Wasserstandsaufzeichnungen an den Grundwassermessstellen (sukzessive ab Ende Juni beginnend)

Internetservices des Landesamtes für Umwelt (LfU)

- (5) Umweltatlas Bayern:
 - o Geologische Karte von Bayern (GK 25, Blätter 7339 und 7439)
 - o Bohraufschlüsse im Untersuchungsgebiet
- (6) Gewässerkundlicher Dienst
 - o Grundwasserstandsaufzeichnungen
 - o Meteorologische Daten (Station Schönbrunn)

Internetservices der bayerischen Vermessungsverwaltung (wms-Dienste)

- (7) Schutzgebiete das Natur- und Trinkwasserschutzes
- (8) Topografischer Karte Maßstab 1:10.000

Literatur (allgemein)

- (9) BRANDL, L. (1979): die Beeinflussung der Grundwasserverhältnisse durch Tiefbauten im Grundwasser und Möglichkeiten zur Verminderung nachteiliger Veränderungen des Grundwasserabflusses – Probearbeit im Ausbildungsabschnitt IIa der Ausbildung für den höheren bautechnischen Verwaltungsdienst – München 1979
- (10) SAGER (1986): Hydrologische und hydraulische Voruntersuchungen zur Bemessung von Trinkwasserschutzgebieten; Bayer. Landesamt f. Wasserwirtschaft, Trinkwasserschutzgebiete, Dienstbesprechung am 19. u. 20.09.1985.
- (11) HERTH, W, ARNDTS, E. (1995): Theorie und Praxis der Grundwasserabsenkung, 357 S., Ernst & Sohn Verlag Berlin

(12) BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (2007): Geowissenschaftliche Landesaufnahme in der Planungsregion 13 – Landshut

5. Geplantes Vorhaben

In der Abbildung 1 ist der Trassenverlauf mit Bezeichnung der Streckenabschnitte als Freileitung und in Erdkabelverlegung im Überblick dargestellt. Die beidseitigen Übergänge der Erdkabelverlegung zur Freileitung erfolgen in Kabelübergangsanlagen (KÜA).

5.1 Kabelübergangsanlagen

Die Kabelübergangsanlagen *Ohu* und *Unterahrain* werden mit Flachgründungen auf einem rd. 1 m mächtigen Bodenpolster errichtet.

Im Bereich der KÜA *Ohu* ist aufgrund geringer Flurabstände < 1 m (zumindest bei hohen Grundwasserständen) ein geringfügiger Eingriff ins Grundwasser möglich. Es ist dementsprechend voraussichtlich eine Bauwasserhaltung erforderlich.

Im Bereich der KÜA *Unterahrain* erfolgt aufgrund ausreichend hoher Flurabstände > 2 m kein Eingriff ins Grundwasser. Aus diesem Grund wird die KÜA *Unterahrain* im Fachbeitrag WRRL nicht näher betrachtet.

5.2 Abschnitt Erdkabelverlegung

Der hinsichtlich möglicher Auswirkungen auf die Grundwasserverhältnisse relevante Abschnitt in Erdkabelverlegung hat eine Länge von rd. 4,2 km.

Die Streckenlänge von rd. 4,2 km ist in sechs Sektionen mit Längen von jeweils zwischen rd. 0,6 und 0,8 km unterteilt (siehe Abbildung 5). Die Länge der Sektionen ist bautechnisch durch die maximale Länge der auf Kabeltrommeln anzuliefernden Leitungen begrenzt. Nachdem die einzelnen Teilstücke über Kabelzugschächte in die Rohre eingeführt wurden, werden sie mit Muffen miteinander verbunden.

Die Erdkabel werden in insgesamt 18 Leerrohren verlegt. Diese sind in jeweils 2 x 3 Rohren in 3 Kanalgräben zusammengefasst. In der Abbildung 3 ist dies im Überblick dargestellt. Der gesamte Schutzstreifen der drei Kanalgräben hat eine Breite von rd. 54 m.

Die Bearbeitung des Abschnitts Erdkabelverlegung erfolgt wiederum bauabschnitts- bzw. sektionsweise von Westen nach Osten, wobei jeweils ein Bauabschnitt bzw. eine Sektion zwischen zwei Anschlussmuffen auf der gesamten Länge betrieben wird und der Erdaushub der drei Kabelgräben mit einem zeitlichen Versatz erfolgt, die sechs Rohre unmittelbar verlegt und anschließend wiederum überschüttet werden. Als mittlere Baugeschwindigkeit (für Bereiche ohne Umspundung) wird ein Baufortschritt pro Kabelgraben von rd. 150 m/Woche angeben. Überschlägig ergibt sich daraus für eine mittlere Sektionslänge von 0,7 m (= 2,1 km Grabenlänge) eine mittlere Bauzeit von rd. 3,2 Monaten.

Die Nenntiefe der Rohrachsen liegt bei 1,6 m, die Baugrubensohle bei rd. 1,8 m unter Gelände. Die Breite eines Kabelgrabens an der Baugrubensohle beträgt rd. 5,5 m. Inklusive Böschung liegt die Aushubbreite eines Grabens an der Geländeoberfläche bei rd. 12 m. In der Abbildung 4 ist das Regelgrabenprofil eines Kabelgrabens dargestellt.

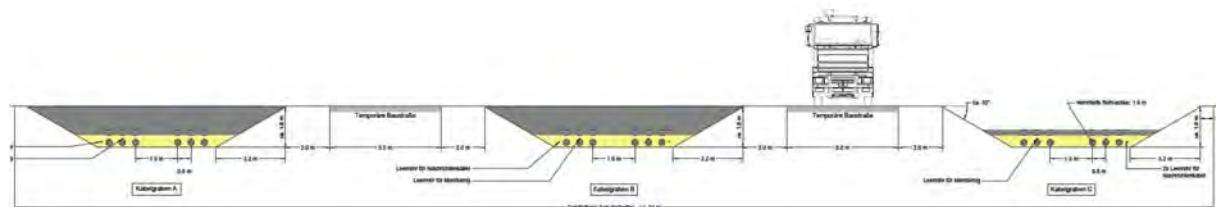


Abbildung 3: Regelgrabenprofil (gesamter Schutzstreifen rd. 54 m, drei Kabelgräben)

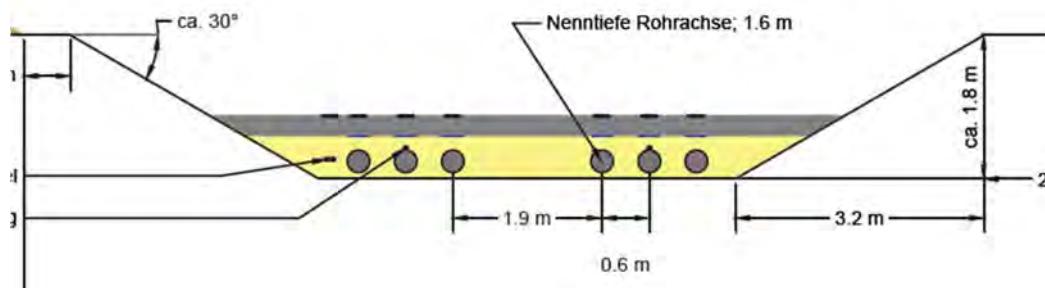


Abbildung 4: Regelgrabenprofil (ein Kabelgraben)



Abbildung 5: Sechs Bausektionen im Abschnitt der Erdkabelverlegung

5.3 Abschnitte Freileitung

In den folgenden Abbildungen sind die Streckenabschnitte der Freileitungen zur KÜA Ohu und von der KÜA Unterahrain dargestellt. Zwei geplante Maste im Streckenabschnitt KÜA Ohu befinden sich im Trinkwasserschutzgebiet (Zone III) der Wasserversorgung Ohu sowie im festgesetzten Überschwemmungsgebiet; fünf weitere nur im Überschwemmungsgebiet des Sendelbachs und des Feldbachs.

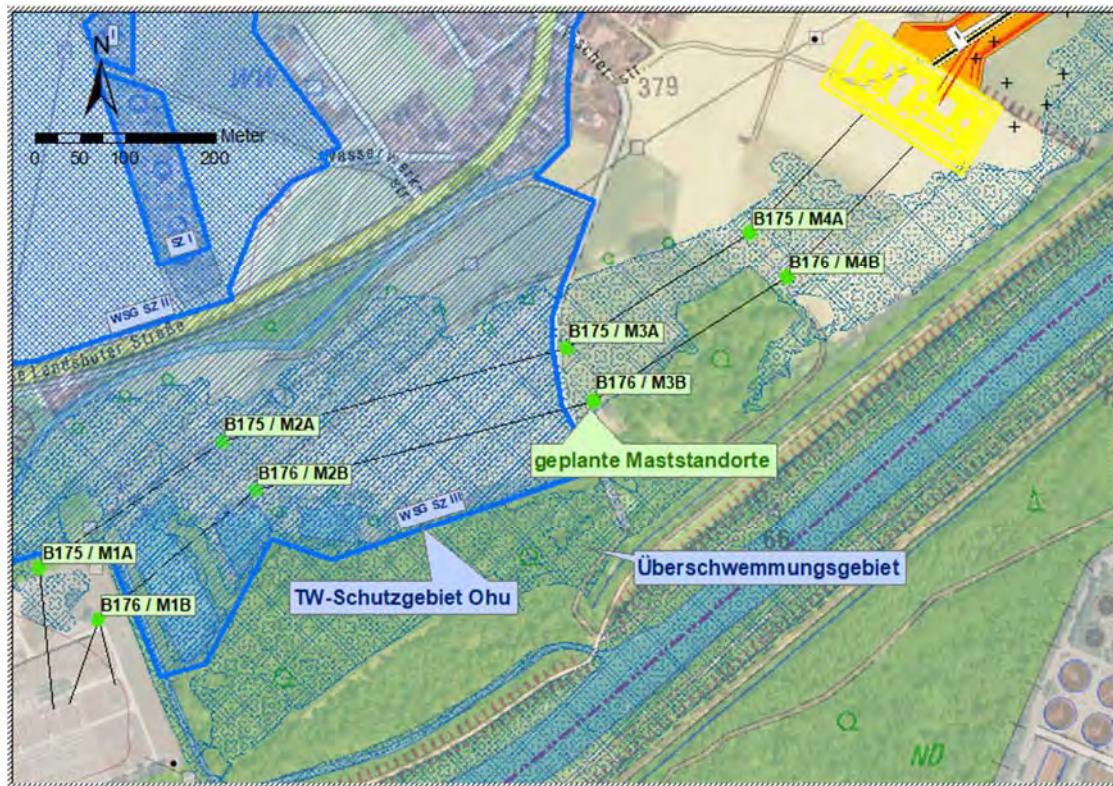


Abbildung 6: Abschnitt Freileitung zur KÜA Ohu – Maststandorte und Erkundungsbohrungen

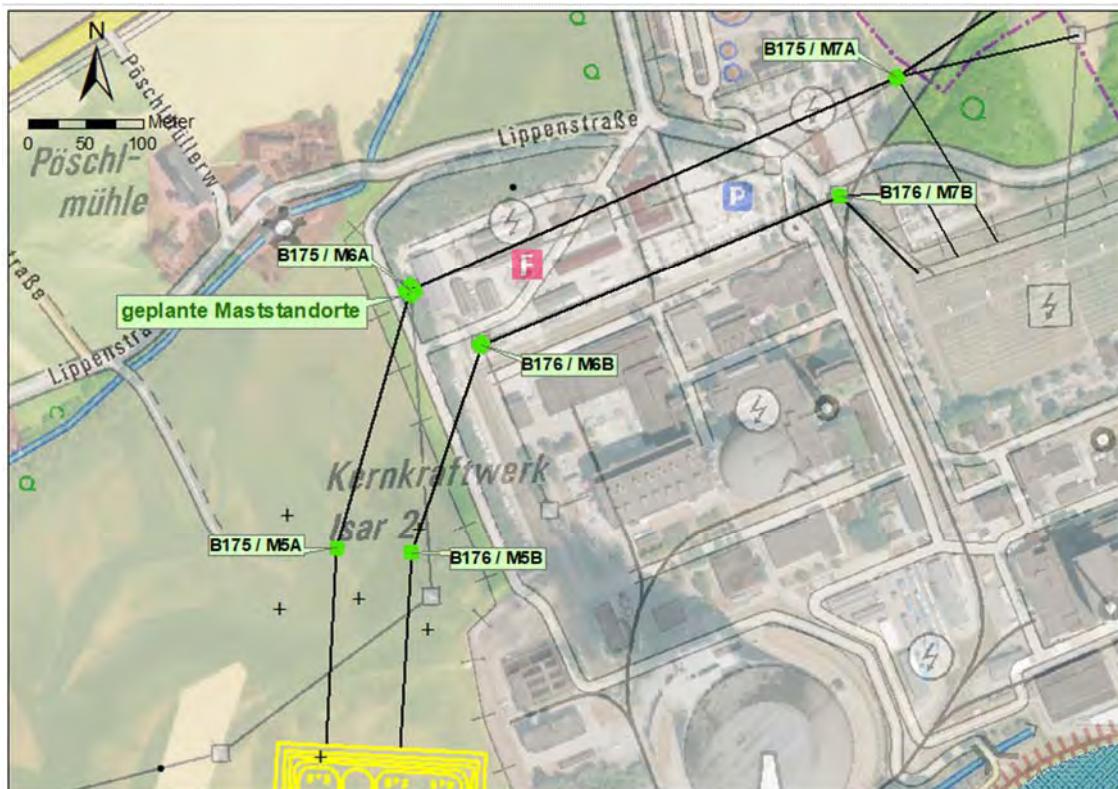


Abbildung 7: Abschnitt Freileitung zur KÜA Unterahrain – Maststandorte und Erkundungsbohrungen

6. Naturräumlicher Überblick

6.1 Morphologie

Der geplante Trassenverlauf der Variante 3 liegt im Bereich der Talaue zwischen der Isar im Süden und dem Längenmühlbach im Norden. Südlich und nördlich schließen die Erhebungen des Tertiärhügellandes an. Die Geländehöhe fällt im Trassenverlauf zwischen UW Altheim von rd. 377 m ü. NN auf rd. 373 m ü. NN bei der SA Isar ab.

Im Trassenverlauf sind Geländekanten des ehemaligen Kiesabbaus (Trassenabschnitt I) sowie mehrere Grabenverläufe (Abschnitt III, V und VI) zu erkennen. Im Abschnitt VI wird der Tiefpunkt der Trasse auf rd. 371,9 m ü. NN erreicht.

In der Abbildung 8 ist das digitale Geländemodell DGM im Bereich der Erdkabelverlegung dargestellt.

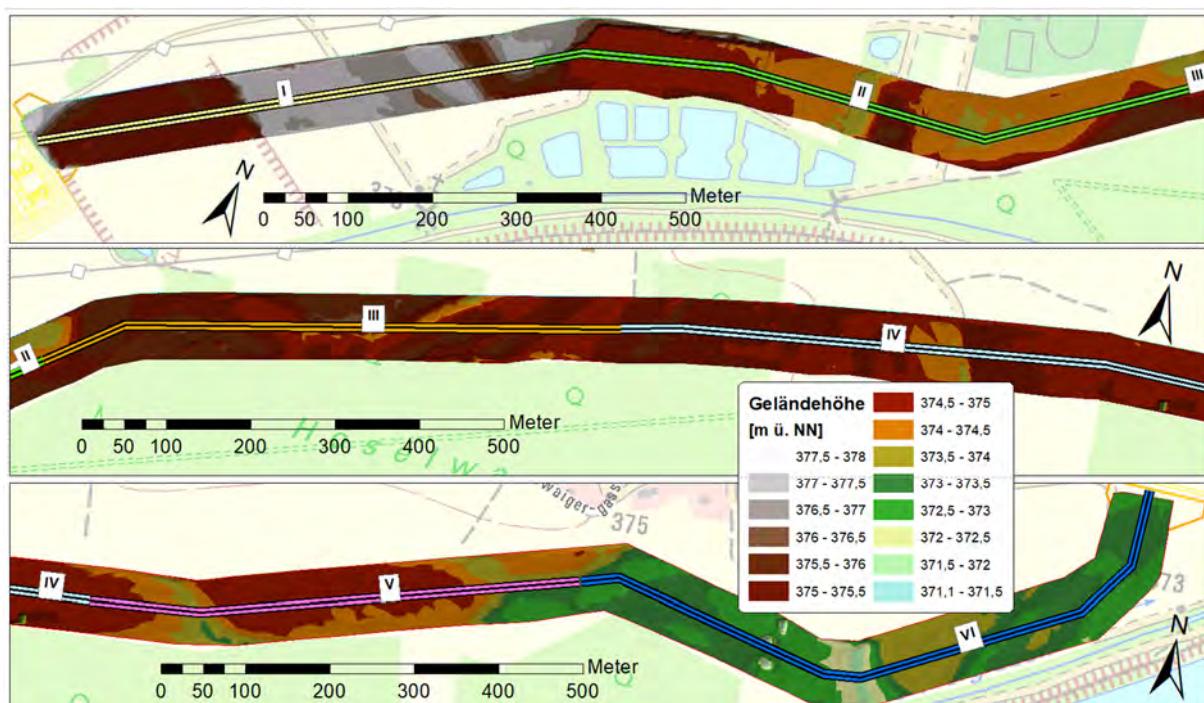


Abbildung 8: Digitales Geländemodell (DGM) im Trassenbereich (Erdkabel)

6.2 Niederschlag und Temperatur

Die nächstgelegene Wetterstation mit kontinuierlicher Aufzeichnung der Niederschlags- und Temperaturdaten befindet sich in Landshut/Schönbrunn.

Der **mittlerer Jahresniederschlag** (seit 2015) in Landshut liegt bei **rd. 800 mm**, die entsprechende **mittlere Tagesdurchschnittstemperatur** beträgt **rd. 9,9 °C**.

6.3 Oberflächengewässer

In der Abbildung 9 sind die im Untersuchungsbereich vorhandenen Oberflächengewässer dargestellt.

Nördlich der Trasse (Freileitung und Erdkabel) verläuft in einer Entfernung von rd. 200 bis rd. 500 m der Längenmühlbach.

Am westlichen Anfang der Trasse (UW Altheim) überspannt die Freileitung den Mühlbach, welcher im weiteren Verlauf in die Isar mündet. Westlich des UW Altheim mündet der Sendelbach in den Mühlbach.

Südlich der Trasse verläuft in einer Entfernung von rd. 300 bis 400 m die Isar zwischen dem Stausee Altheim (Pegel oberstrom 384 m ü. NN, Pegel unterstrom 376 m ü. NN) und dem Stausee Niederaichbach (Pegel oberstrom 376 m ü. NN, Pegel unterstrom 368 m ü. NN). Auf dem letzten Streckenabschnitt ab rd. 500 westlich der SA Isar beträgt der Abstand zur Isar weniger als 100 m.

Nördlich des Isardamms verläuft im gesamten Streckenabschnitt ein Sickergraben, der zeitweilig nicht wasserführend ist.

Bei Flusskilometer 65 (Ohu) existieren rd. ein Dutzend Fisch- bzw. Freizeitteiche zwischen dem o.g. Sickergraben und dem Trassenverlauf. Einer dieser Teiche wird durch die Trasse durchschnitten, so dass er bauzeitlich trocken gelegt werden muss.

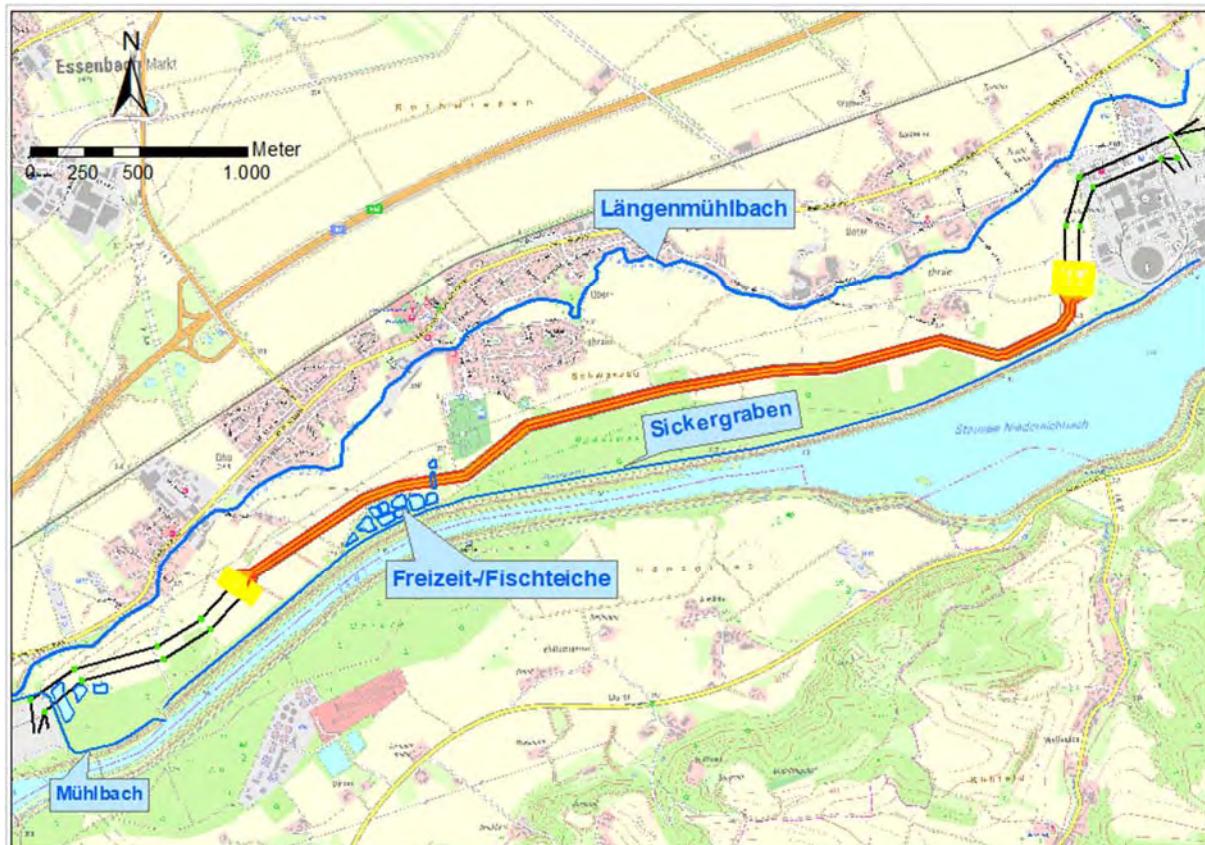


Abbildung 9: Oberflächengewässer im Untersuchungsgebiet

6.4 Schutzgebiete und Grundwassernutzungen

In der Abbildung 10 sind Schutzgebiete des Natur- und Trinkwasserschutzes im Umfeld der Trassenplanung dargestellt. Der als Freileitung geplanten Streckenabschnitt ab UW Altheim quert das Schutzgebiet (SZ III) der Trinkwasserversorgung Ohu. Die KÜA Ohu am Beginn des erdverlegten Streckenabschnitts befindet sich rd. 300 m östlich, d.h. grundwasser-unterstromig des Schutzgebietes. Durch die Brunnen der Trinkwasserversorgung wird das tiefere (tertiäre) Grundwasserstockwerk erschlossen.

Weiterhin sind im Lageplan die Hochwassergefahrenflächen sowie einige kleinere Flächen des Ökoflächenkatasters und der Biotoptkartierung Bayern dargestellt. Die Überschwemmungsgebiete beschränken sich weitestgehend auf den als Freileitung geplanten Streckenabschnitt westlich der KÜA Ohu. Eine detaillierte Darstellung der Maststandorte im Überschwemmungsgebiet zeigt Abbildung 28 auf Seite 40.

In den Ortsbereichen von Ohu und Oberahrain ist eine Vielzahl von Grundwasserwärmepumpenanlagen registriert (Quelle: Bohrungen gwwp.shp, Umweltatlas LfU, Stand: 20.03.2023). Diese sind im Lageplan ebenfalls dargestellt. Die nächstgelegenen Anlagen befinden sich in einem Abstand von rd. 180 m nördlich der Trasse.

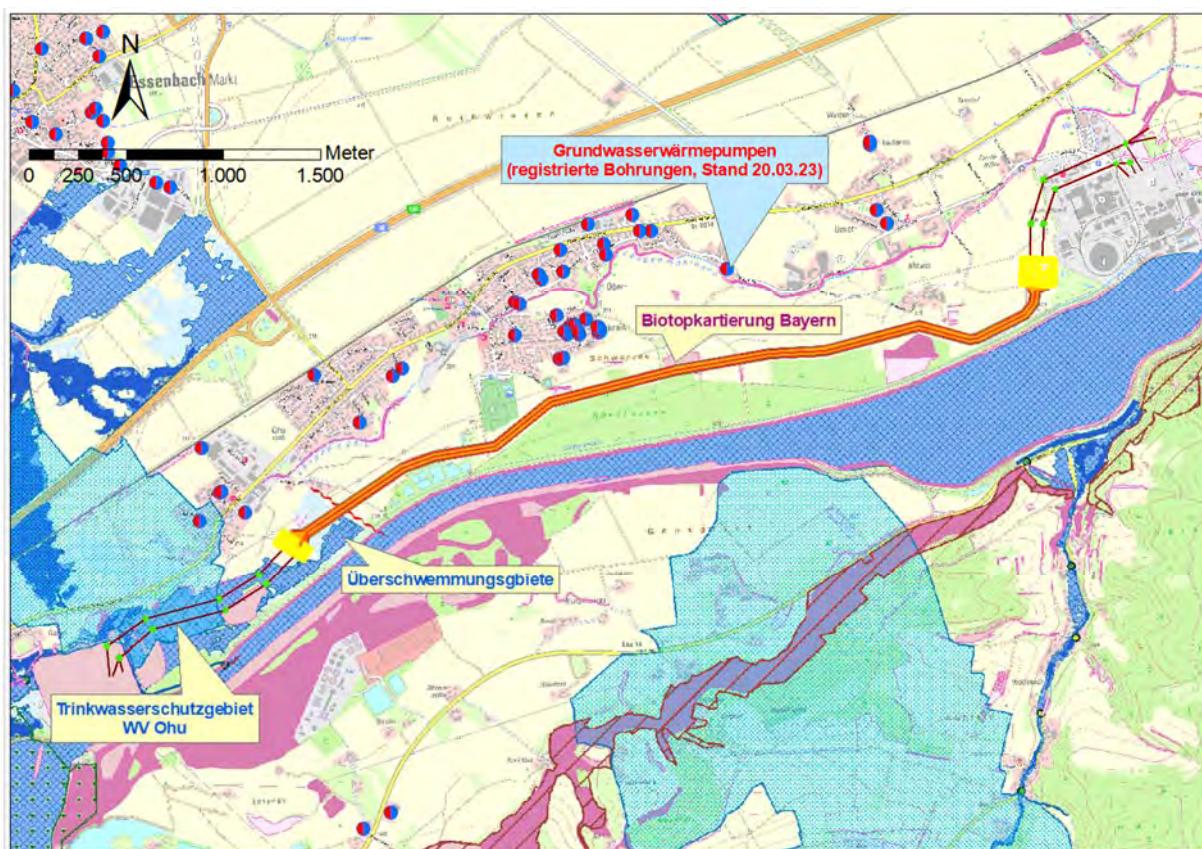


Abbildung 10: Schutzgebiete des Natur- und Trinkwasserschutzes sowie Grundwassernutzungen (Wärmepumpenanlagen);

7. Hydrogeologie

7.1 Geologie - Überblick

Die Abbildung 11 zeigt einen Auszug der Geologischen Karte von Bayern (GK 25). Es sind Bohrpunkte mit vorliegenden Bohrprofilen zum derzeitigen Projektstand eingetragen. Der Trassenabschnitt verläuft vollständig im Bereich oberflächig anstehender, holozäner Auenablagerungen der Isar. Die GK 25 differenziert im Abschnitt der Erdkabelverlegung die Auenablagerungen in drei Ablagerungsphasen (Ältere, jüngere und jüngste A.), die jedoch keinen signifikanten Einfluss auf die hydraulischen Verhältnisse zeigen. Die Ablagerungen bestehen aus Sanden und Kiesen mit wechselnden Schluffanteilen und bereichsweiser Überdeckung durch Flussmergel.

Im Liegenden der Auensedimente folgen glaziale Schmelzwasserschotter (Kiese, Sande, z.T. steinig) bis zur Oberkante der tertiären Sedimente.

Das Tertiär ist weitgehend feinsandig bis schluffig/tonig ausgebildet und als Stauer des hängenden quartären Grundwasserstockwerks wirksam. Die Tertiäroberkante als Basis des quartären Grundwasserleiteres liegt weitgehend rd. 5 bis 7 m unter der Geländeoberfläche.

Im Kapitel 7.3.1 ist ein Profilschnitt auf Grundlage der Trassenbohrungen dargestellt und erläutert.

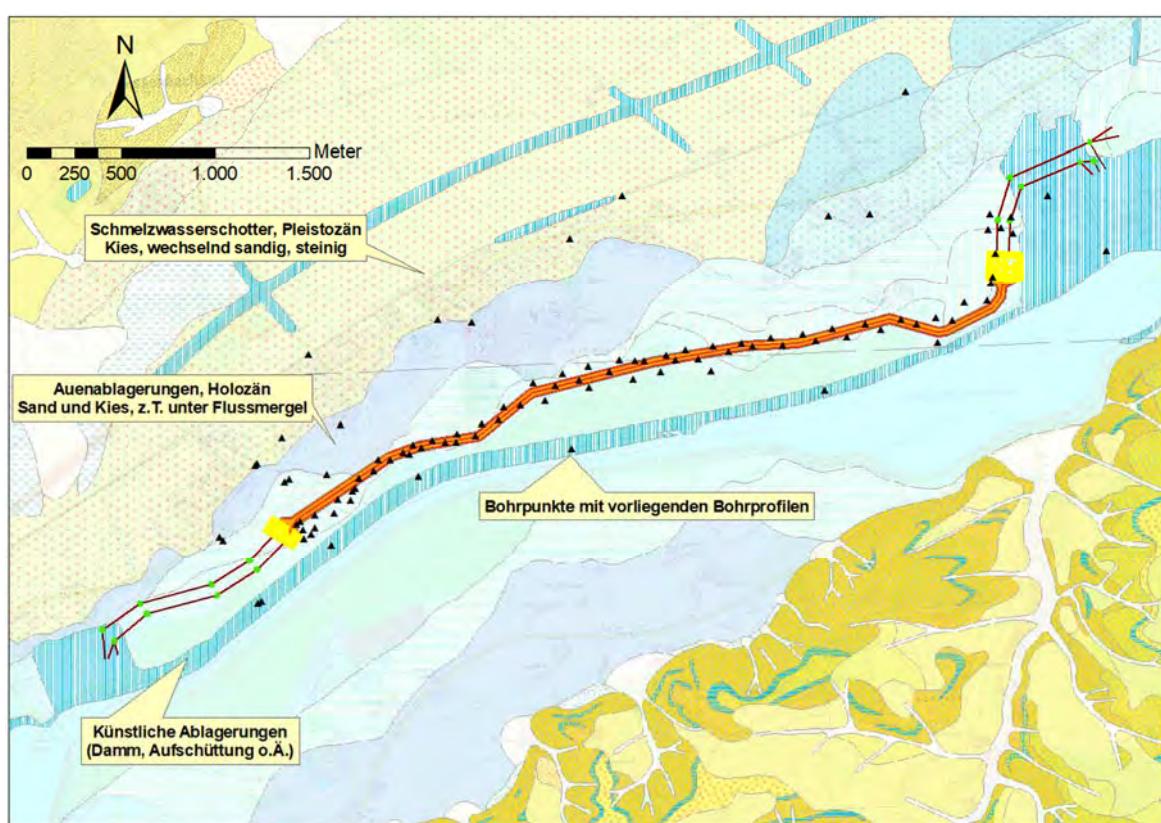


Abbildung 11: Auszug aus der Geologischen Karte von Bayern, Maßstab 1:25.000 (Kartenblätter 7339 und 7439)

7.2 Grundwasserverhältnisse - Überblick

Maßgeblich für das Bauvorhaben ist das oberflächennahe quartäre Grundwasserstockwerk der quartären Schmelzwasserschotter und überlagernden Auensedimente.

Grundsätzlich ist die Isar für dieses Grundwasservorkommen vorflutwirksam, so dass die Grundwasserfließrichtung näherungsweise in einem Winkel von rd. 45° zur Isar hin von Nordwesten nach Südosten verläuft. Das Grundwassergefälle liegt zwischen rd. 0,15 und rd. 0,25 %. In der Abbildung 12 sind im großräumigen Überblick die quartären Grundwassergleichen gemäß Hydrogeologische Karte 1:100.000 sowie Fließrichtungspfeile dargestellt.

Die mittleren Grundwasserhöhen liegen entlang des gesamten Trassenabschnitts zwischen rd. 376,5 m ü. NN (UW Altheim) bis rd. 370 m ü. NN (SA Isar). Entsprechend der ebenfalls nach Osten einfallenden Geländeoberfläche liegt der Flurabstand der quartären Grundwasseroberfläche weitestgehend zwischen rd. 0,5 und 3 m.

Im Zuge der Grundwasserbeweissicherung im Zusammenhang mit dem Neubau der B15neu sowie des Kreuzungsbauwerks mit der A92 (Grundwasserwanne Essenbach mit Tunnel Ohu) liegen langjährige Messwertaufzeichnungen für den westlichen Teilabschnitt der Trasse vor.

Das Diagramm der Abbildung 13 zeigt die Grundwasserstandsganglinien der für das Vorhaben A810 relevanten Messstellen seit Mitte 2015. In Abbildung 14 ist die Lage der entsprechenden Grundwassermessstellen dargestellt.

Im bisherigen Beobachtungszeitraum liegt die Schwankungsbreite der Grundwasserstände [HHW – NNW] an diesen Messstellen zwischen 0,72 und 1,07 m mit einem Mittelwert von 0,87 m. Der bisherige Höchstwasserstand HHW liegt rd. 0,35 m über dem mittleren Hochwasserstand (MHW; arithmetischer Mittelwert der jährlichen Höchstwasserstände 2016 bis 2022) und rd. 0,55 m über dem Mittelwasserstand (MW). Der MHW liegt wiederum im Mittel rd. 0,2 m über dem MW. Weitere Kennwerte sind die der Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle 1: Statistische Kennwerte der Beweissicherungsmessstellen Bauvorhaben B15n
(Lage: siehe Abbildung 14)

2016-2022	GWM14518-Q	P11-Q	P904-Q	P913-Q	GWM14507-Q	
HHW	375,99	376,34	375,24	376,02	376,26	
MHW	375,62	375,92	374,99	375,68	375,89	
MW	375,39	375,73	374,81	375,52	375,66	
NNW	374,92	375,49	374,53	375,24	375,33	Mittelwert
HHW-MHW	0,37	0,42	0,25	0,34	0,37	0,35
HHW-MW	0,60	0,61	0,43	0,50	0,61	0,55
HHW-NNW	1,07	0,85	0,72	0,77	0,93	0,87
MHW-MW	0,23	0,19	0,18	0,16	0,24	0,20

Für die vorhabenbezogenen, neuen Grundwassermessstellen ist aufgrund der noch sehr kurzen Messwerterfassung eine statistische Auswertung der Aufzeichnungen nicht sinnvoll möglich. Die seit Ende Juni 2023 erfassten Werte fügen sich jedoch gut in das regionale Strömungsbild ein (weitere Erläuterungen siehe Kapitel 7.3.2).

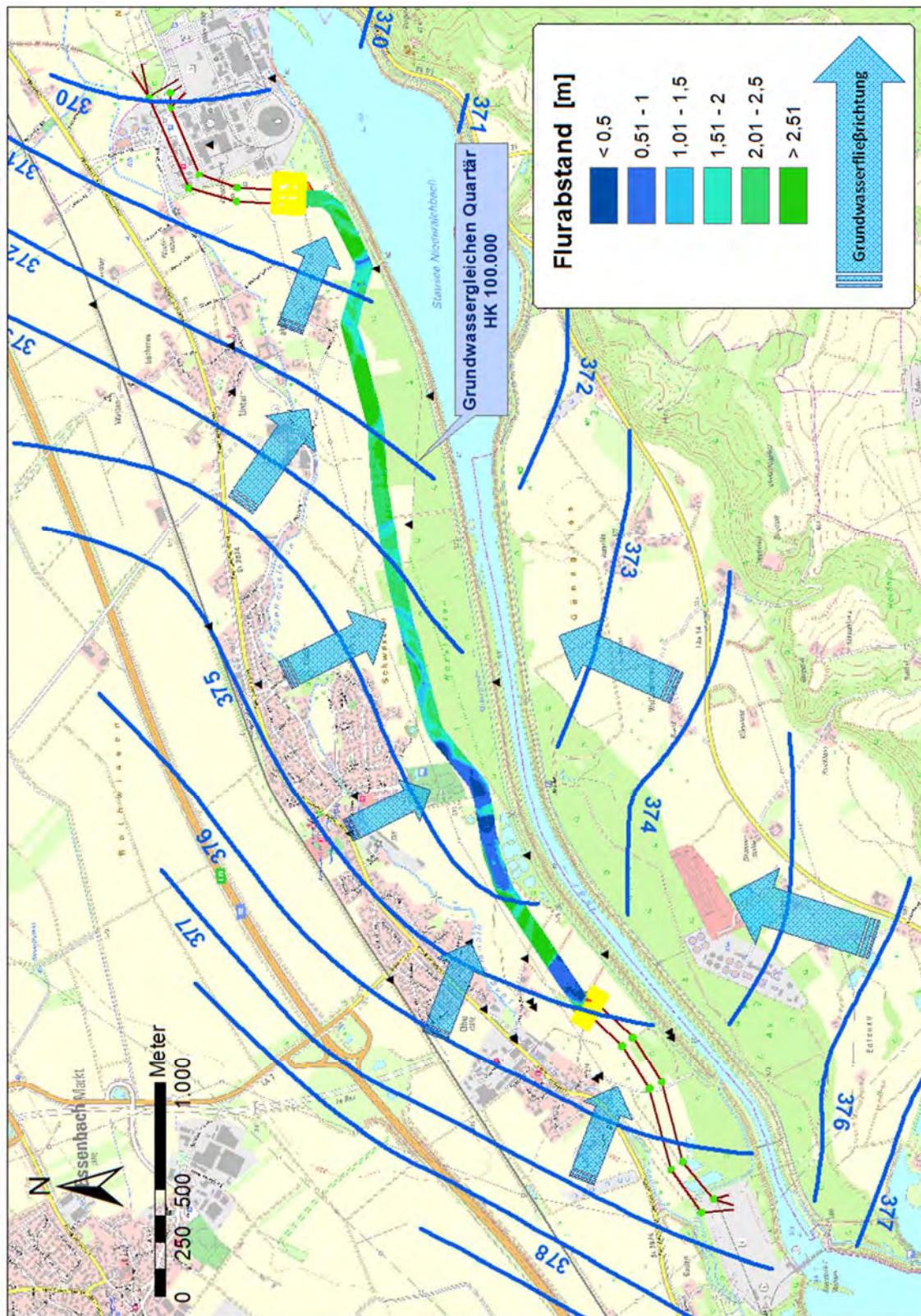


Abbildung 12: Grundwassergleichen gemäß Hydrogeologische Karte HK100; Flurabstand (berechnet aus DGM)

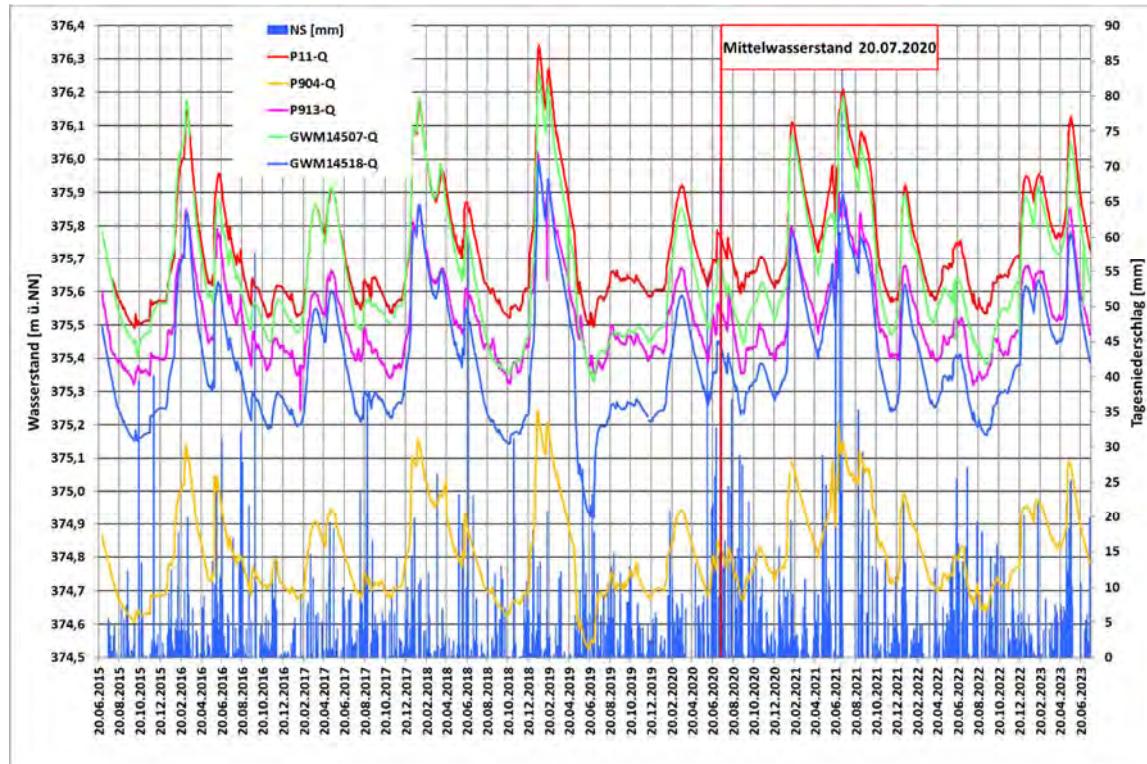


Abbildung 13: Messwertaufzeichnungen Grundwasser (Messwerte bis 18.07.2023)

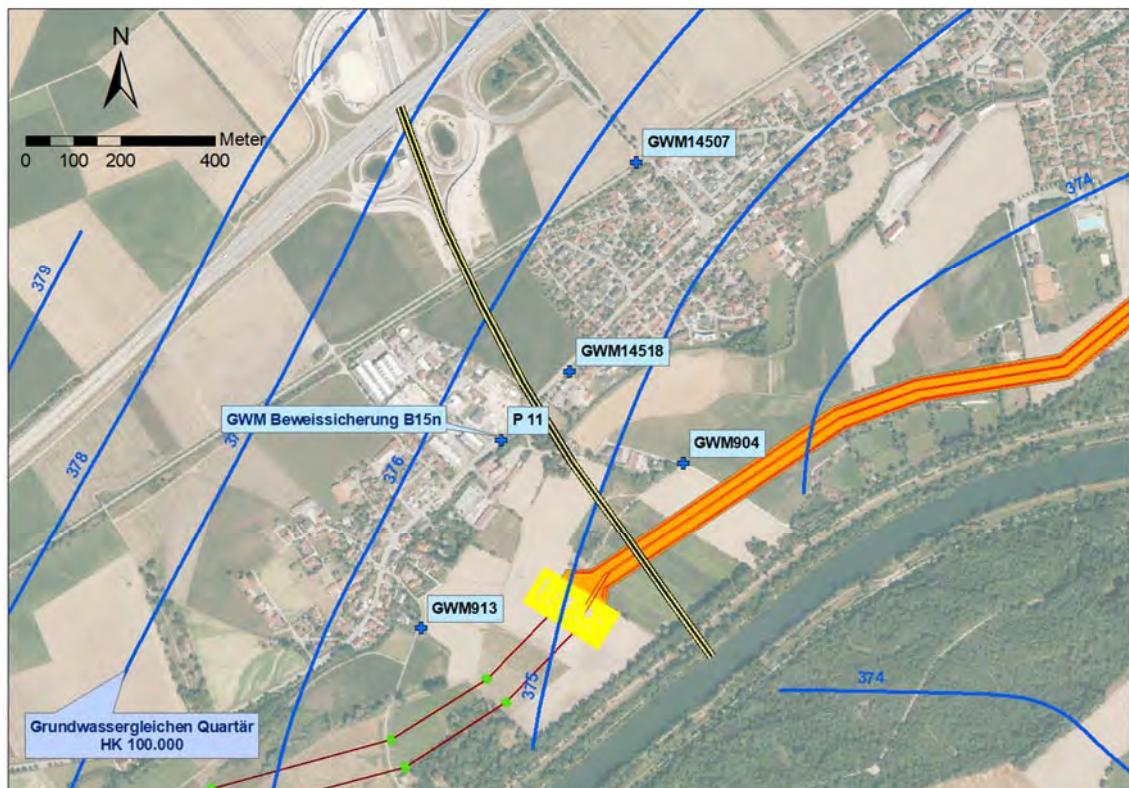


Abbildung 14: Messwertaufzeichnungen Grundwasser (Messstellen der Autobahn GmbH)

7.3 Örtliche Verhältnisse

Die vorstehend erläuterten regionalen Verhältnisse können durch die Ergebnisse der im Zusammenhang mit dem *Vorhaben A810* durchgeführten Baugrundkundungen und Messstellenbohrungen präzisiert werden.

Zum aktuellen Bearbeitungsstand standen hierfür ergänzend folgende Daten zur Verfügung

- 73 Trassenbohrungen (Endteufen meist 4 m, maximal 6,2 m)
- 11 Tiefbohrungen an geplanten Maststandorten in den Freileitungsabschnitten; Endteufen 6 bis 20 m (geplant 17)
- 5 Grundwassermessstellen (geplant 8 Stück); Endteufen 20 m

7.3.1 Untergrund

Von den 73 Trassenbohrungen mit Endteufen (ET) von meist 4 m (KRB18: 5 m, KRB 55 und KRB 56: 6 m, einige < 4 m) wurde an 7 Bohrpunkten der Trassenbohrungen im westlichen Streckenabschnitt nahe KÜA Ohu sowie an den bislang erstellten fünf Grundwassermessstellen (Endteufen jeweils 20 m) die Tertiäroberkante (TOK) in 1,5 bis 8,2 m u. Gelände erreicht. An den bislang erstellten elf Tiefbohrungen der Maststandorte (ET 20 m; Mast 2A und Mast 2B: 6 m) liegt die Tertiäroberkante nur bei Mast 3B in Hochlage auf 2,7 m u. GOK, in den übrigen Fällen entweder unterhalb der Endteufe (> 6 m) oder bei rd. 5 bis 11 m u. GOK. An allen anderen Bohrpunkten der Trassenbohrungen liegt die TOK entsprechend tiefer als die erbohrte Endteufe, d.h. weitgehend zwischen rd. 5 und 7 m u. GOK.

Auffällig ist, dass an den Kleinrammbohrungen KRB 1 bis 3 die Tertiäroberkante auf rd. 373 m ü. NN (2 – 2,5 m u. GOK) angetroffen wurde und bei der GWM 3 in geringer Entfernung rd. 6 m tiefer (8,2 m u. GOK)

In der Abbildung 17 ist ein Profilschnitt (Übersicht) auf Grundlage der Trassenbohrungen, ergänzt um die bislang vorliegenden Bohrprofile der Grundwassermessstellen dargestellt. Die Verlauf des Profilschnitts ist aus Abbildung 15 ersichtlich.

Abbildung 16 zeigt die Bohrprofile der Grundwassermessstellen. In der Anlage 4 sind die Profile der Tiefbohrungen der Maststandorte beigefügt. Die Tertiäroberkante ist tendenziell nach Osten hin abfallend, wobei bei GWM 1 und 3 die obersten Einheiten tonig-schluffig ausgebildet sind und weiter östlich sandig-schluffig.

Weitere detaillierte, abschnittsweise Darstellungen sind dem Geotechnischen Bericht (Bucholz & Partner) zu entnehmen.

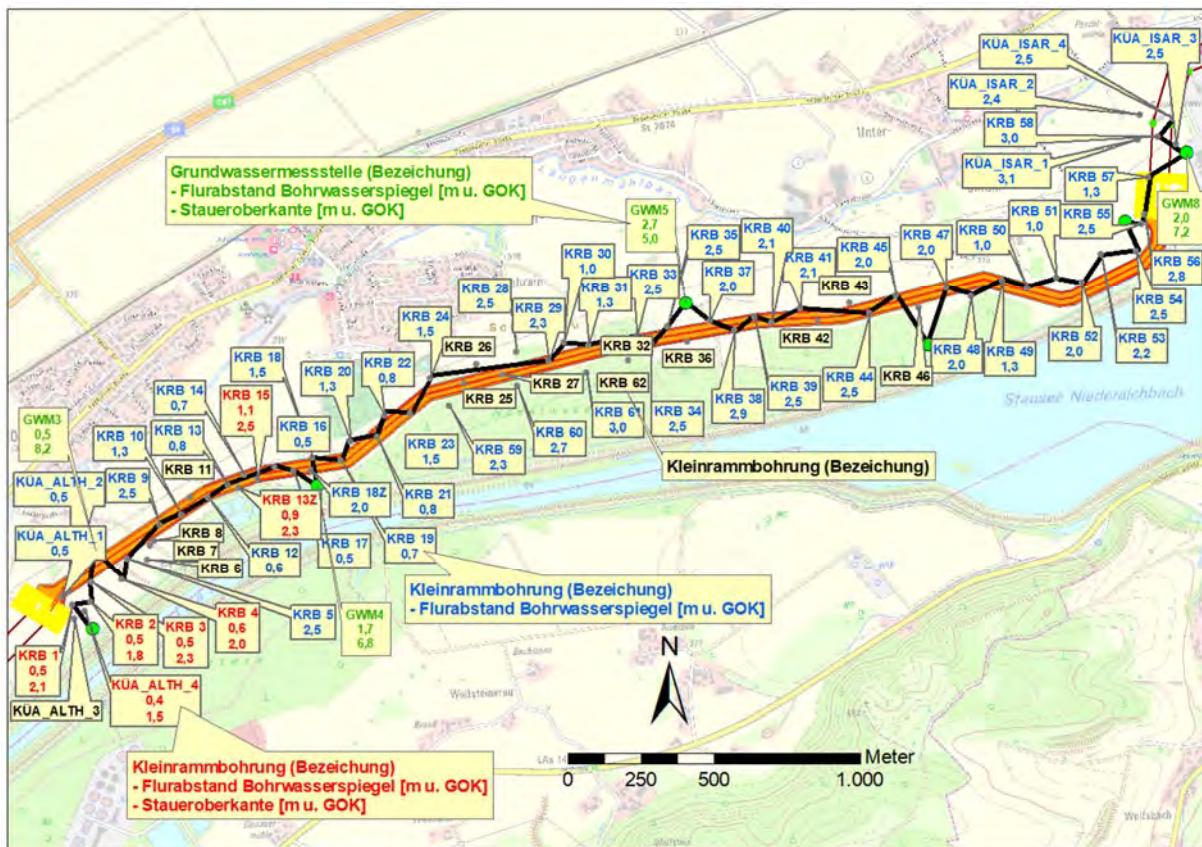


Abbildung 15: Lage der Trassenbohrungen und Grundwassermessstellen mit Bohrwasser-
 spiegel und Staueroberkante [m u. GOK]; Verlauf des Profilschnitt Abb. 15)

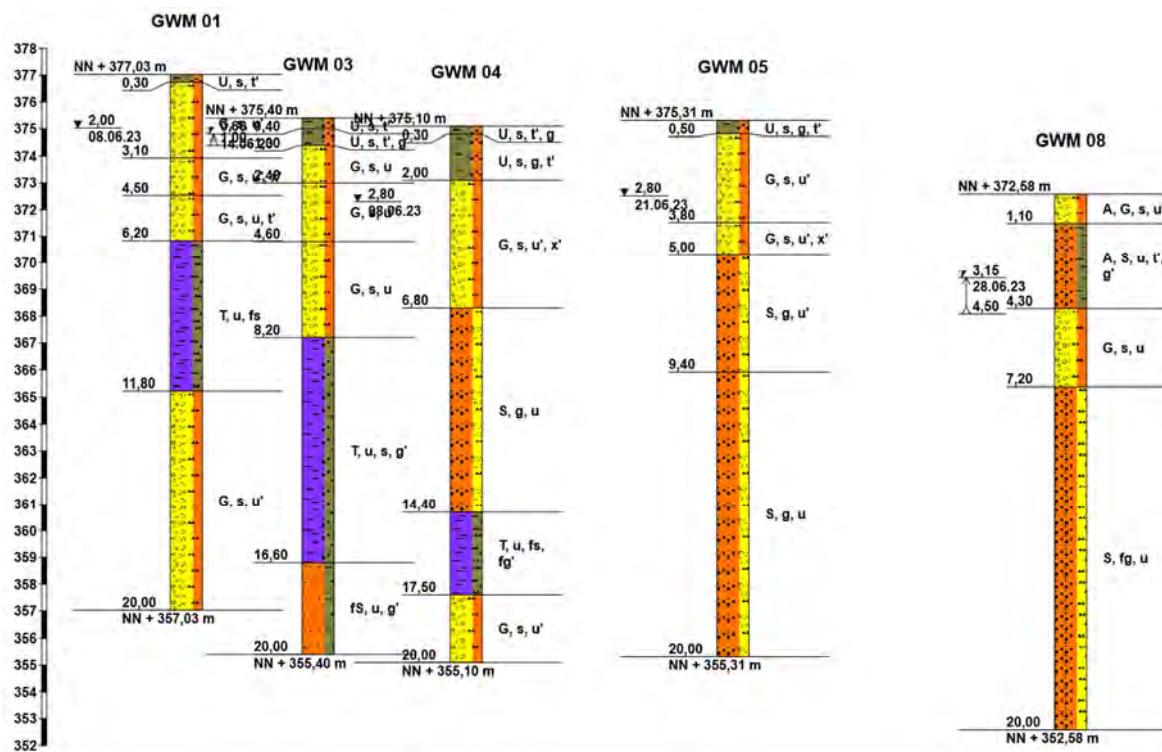


Abbildung 16: Profilschnitt Grundwassermessstellen

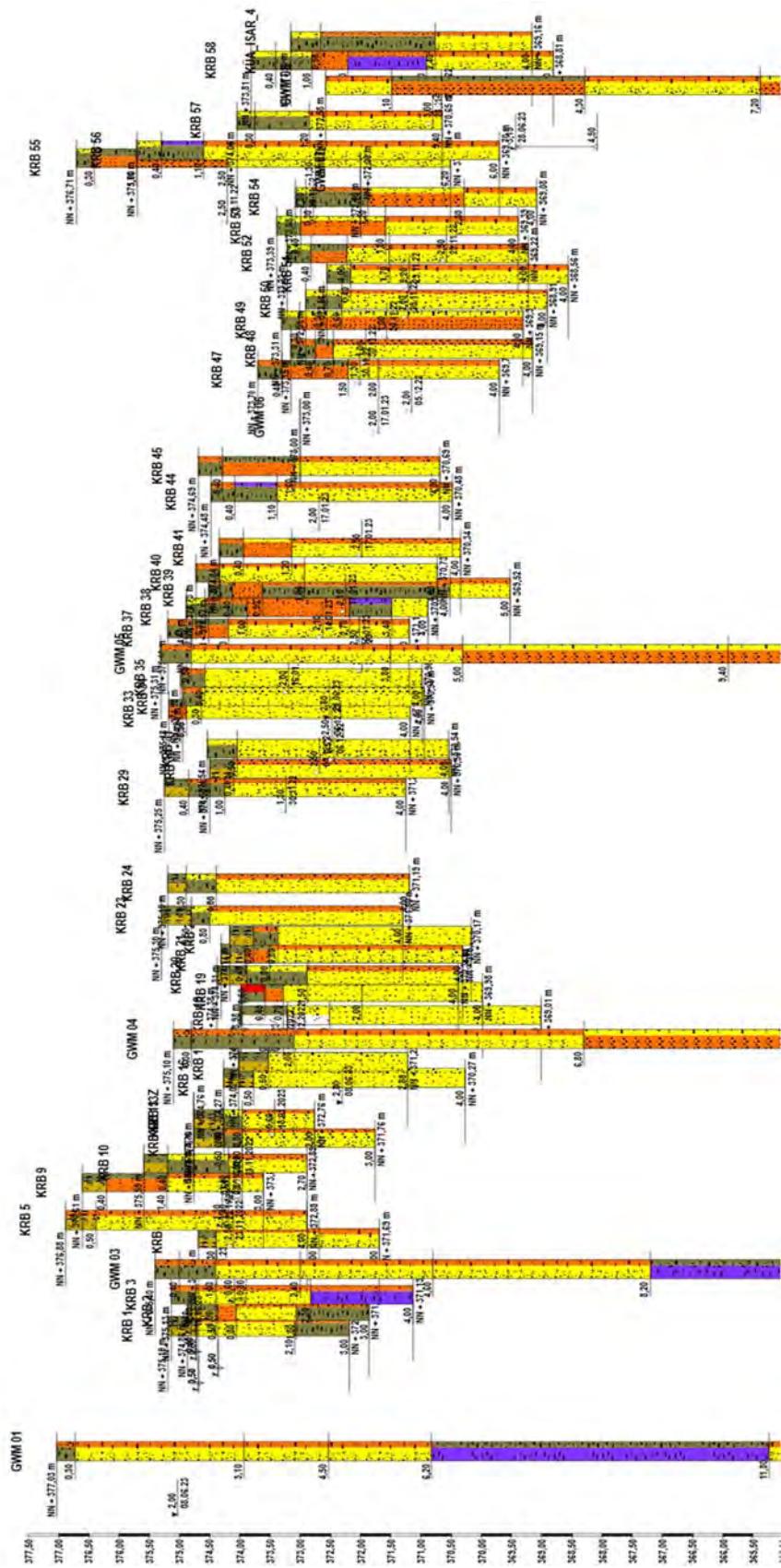


Abbildung 17: Profilschnitt Trassenbohrungen (Lage siehe Abbildung 15)

7.3.2 Grundwasser / Flurabstand

Die Bohrwasserstände der weitgehend zwischen Ende November und Mitte Dezember 2022 (z.T. Mitte Januar 2023) durchgeführten Trassenbohrungen lagen zwischen 0,4 und 3,1 m unter Gelände mit einem Mittelwert des Flurabstandes von rd. 1,7 m. Die langjährigen Messwertaufzeichnungen der Beweissicherung B15n zeigen, dass im Bohrzeitraum November und Dezember 2022 allgemein etwa mittlere Grundwasserstände herrschten (im Januar 2023 rd. 0,2 m unter MW).

Naturgemäß lässt sich für unterschiedliche Messtage während der Bohrkampagnen sowie nicht uneingeschränkt belastbare Messungen im verrohrten Bohrloch kein homogener Grundwassergleichenplan erstellen. Hinsichtlich einer ergänzenden lokalen Aussage zu den großräumig vorliegenden Grundwassergleichen sind diese Werte dennoch geeignet.

Beaufschlagt man den Bohrwasserspiegel (rd. MW) mit 0,2 m, so stellt dieser Wasserstand näherungsweise den MHW dar (vgl. Tabelle 1). Zuzüglich eines Sicherheitsaufschlags von 0,3 m ergeben sich damit die in der Abbildung 18 dargestellten Flurabstände (MHW; lineare Interpolation der Flurabstände zwischen den Bohrpunkten, keine flächenhafte Differenzbildung mit digitalem Geländemodell!).

Es ist zu erkennen, dass vor allem an der KÜA Ohu sowie in den Trassensektionen 1, 2 und 6 mit hoch anstehendem Grundwasser zu rechnen ist. Für die übrigen Sektionen und die KÜA Unterahrain ist bei niedrigen bis mittleren Grundwasserständen mit nur geringen bzw. keinen Bauwasserhaltungsmaßnahmen zu rechnen.

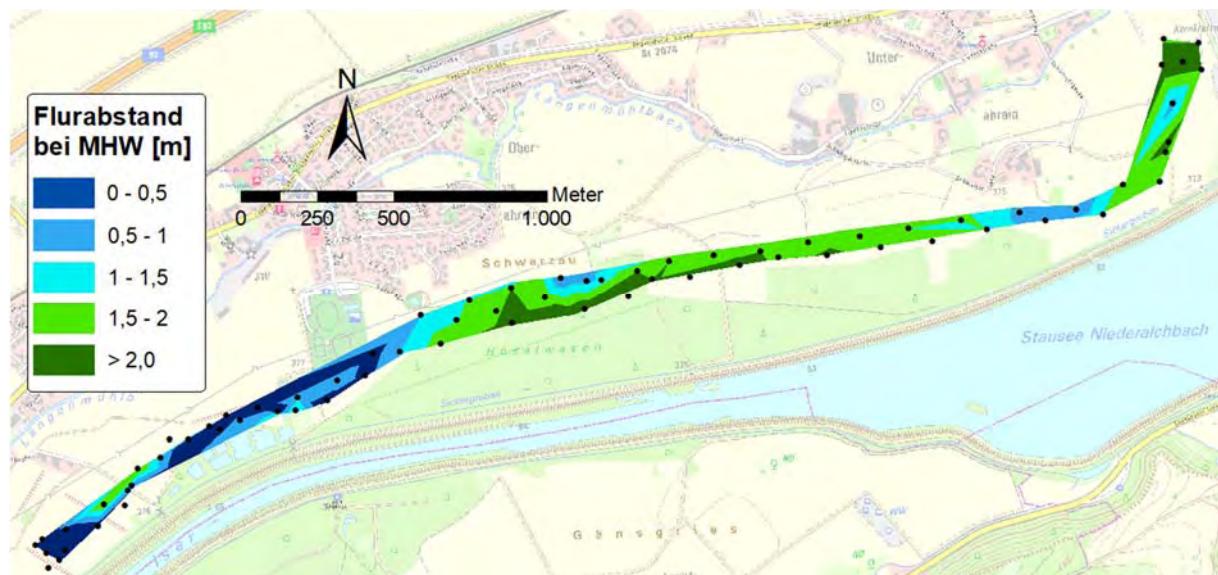


Abbildung 18: Flurabstand (MHW, abgeschätzt aus Bohrwasserständen unterschiedlicher Stichtage)

In der Abbildung 19 ist der Grundwasserflurabstand auf der Grundlage des flächenhaft vorliegenden digitalen Geländemodells (DGM) sowie der Grundwassergleichen HK100 + 0,2 m dargestellt. Dies entspricht in etwa einem mittleren Hochwasserstand (MHW).

Für den ersten Bauabschnitt im Anschluss an die KÜA Ohu ist aufgrund der Geländesenke mit einem Grundwasserstand nahe der Geländeoberfläche zu rechnen. Nach rd. 200 m steigt das Gelände nach einer Geländekante an. Der Flurabstand steigt entsprechend auf > 2 m.

Im zweiten Bauabschnitt herrschen weitestgehend geringe Flurabstände < 1 m vor.

Im dritten Bauabschnitt ist im Geländemodell (Abbildung 8) ein morphologischer Graben erkennbar, der sich entsprechend im Flurabstandsplan als Bereich geringen Flurabstands (< 1 m) widerspiegelt. Im restlichen Trassenabschnitt liegt der Flurabstand MHW bei rd. 1,5 bis 2,5 m.

Im Bauabschnitt IV liegt in der westlichen Hälfte der Flurabstand weitestgehend bei > 1,5 m (mit Ausnahme einer Geländesenke, Flurabstand rd. 1 m). In der östlichen Hälfte liegt der Flurabstand bei > 2 m.

Im Abschnitt V herrschen weitgehend Flurabstände > 2,5 m und nur auf kurzen Strecken < 1,5 m vor.

Im Abschnitt VI liegen die Flurabstände weitgehend zwischen 1,0 und 2,5 m. Es ist ein Grabeneinschnitt mit entsprechend reduziertem Flurabstand (< 1,0 m) und im östlichen Anschluss ein Geländeanstieg mit Flurabstand > 2,5 m erkennbar.

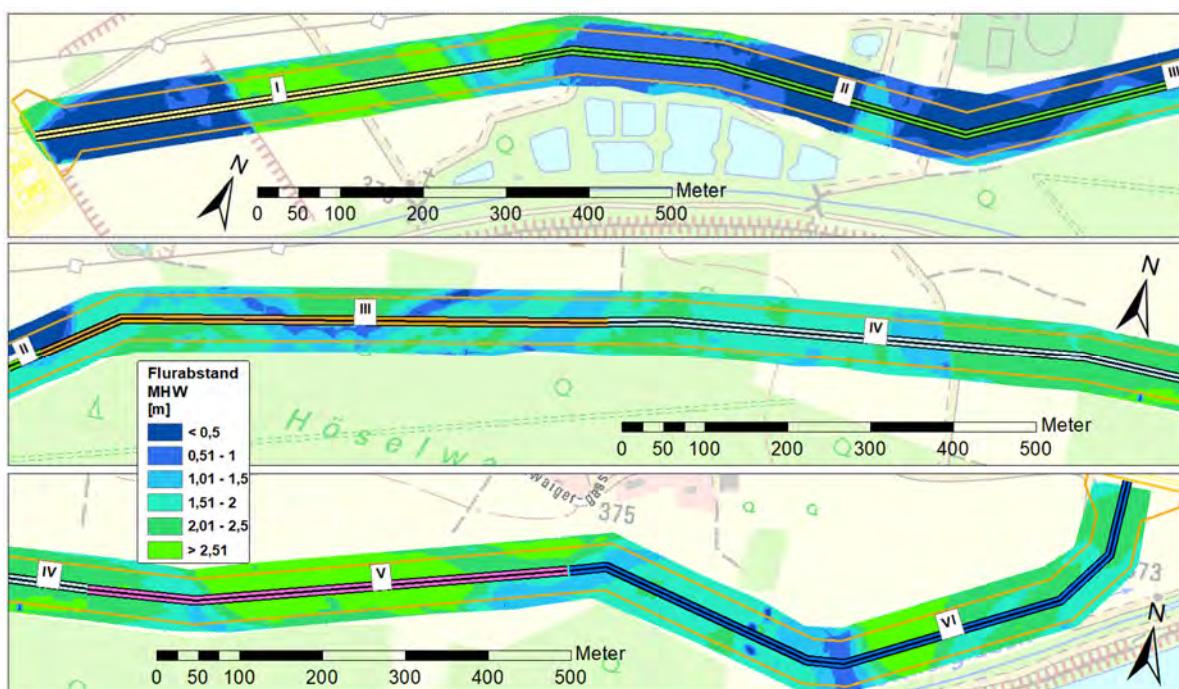


Abbildung 19: Flurabstand (MHW aus Grundwassergleichen HK100+0,2 m / DGM)

Seit Ende Juni 2023 werden die Grundwasserstände der als erstes erstellten GWM 5 aufgezeichnet. Bislang (Stand 02.10.2023) liegen erste Messwerte der GWMs 1, 3, 4, 5 und 8 vor.

Es ist festzustellen, dass sich die Messwerte insgesamt sehr gut in das Strömungsbild der Grundwassergleichen der HK100 einfügen. Lediglich an der Messstelle GWM 5 liegt der Wasserstand rd. 0,4 m tiefer (rd. 372,6 m ü. NN) als der Gleichenplan darstellt (rd. 372 m ü. NN; siehe Abbildung 20).

Der Vergleich mit den langjährigen Messwertaufzeichnungen im Zusammenhang mit dem Bau der B15n zeigt, dass derzeit (Stand: 18.07.2023) nach einem HW am 20.05.2023 und seither kontinuierlichem Grundwasserstandsrückgang etwa mittlere Grundwasserstände (MW) vorherrschen (vgl. Diagramm der Abbildung 13).

Die Messstellenbohrungen weisen Endteufen von 20 m auf und wurden damit bis in die tertiären Einheiten abgeteuft. Abhängig vom Grundwasserstand und der Tertiäroberkante ist daraus eine quartäre Grundwassermächtigkeit von im Mittel rd. 5 m (2,3 m bei GWM 5 bis 7,7 m bei GWM 3) zu ermitteln.

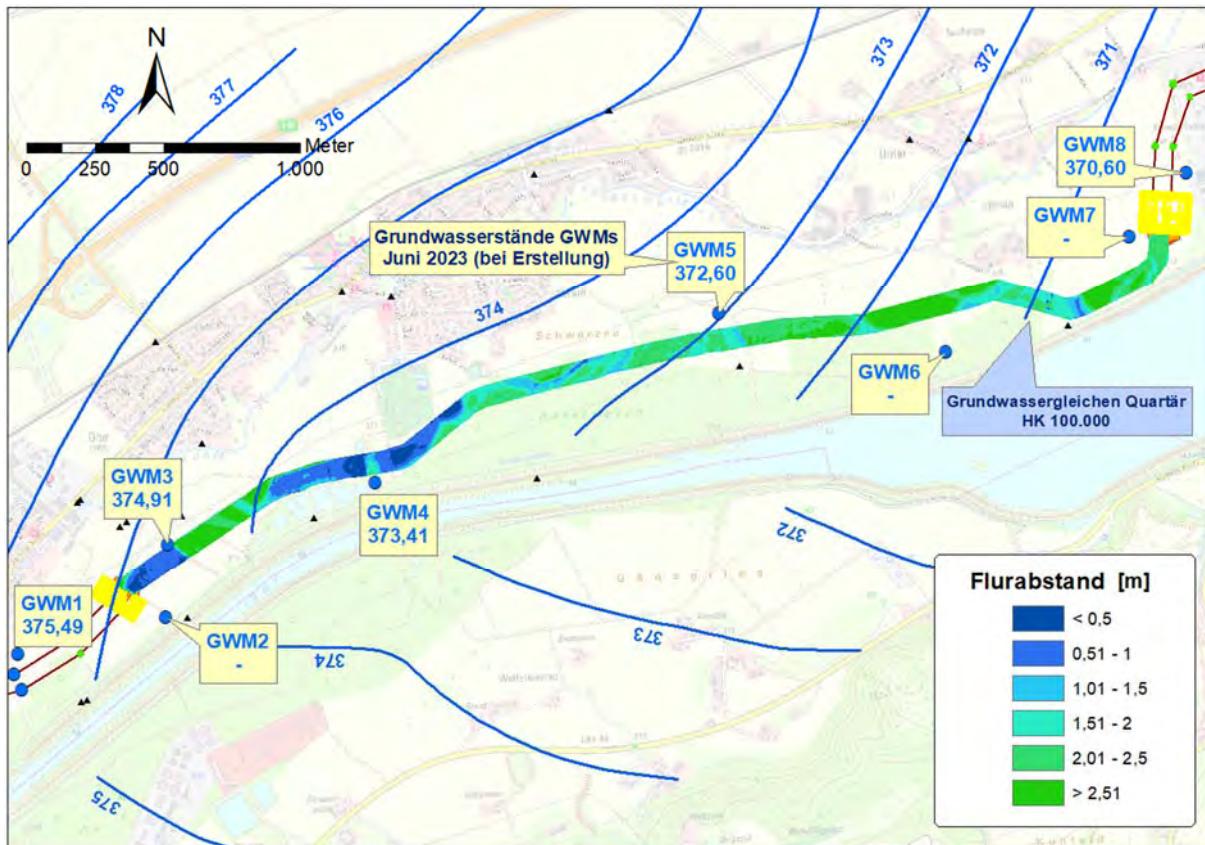


Abbildung 20: Vergleich Grundwassergleichen HK100 und Messwerte GWM (Bohrwasserstände Juni 2023; ca. MW bis MHW)

7.4 Hydraulische Parameter

Den i. F. durchgeföhrten Berechnungen hinsichtlich der dauerhaften und/oder temporären hydraulischen Auswirkungen der Baumaßnahme (Eingriff in den Grundwassersleiter, Bauwasserhaltung) liegen folgende hydraulischen Parameter zugrunde:

Das **nutzbare Porenvolumen** eines kiesigen bis sandigen quartären Grundwasserleiters kann nach (9) mit rd. 15 – 20 % abgeschätzt werden.

Hydraulische Durchlässigkeiten

Für quartäre Schmelzwasserschotter kann allgemein erfahrungsgemäß zunächst ein mittlerer k_f -Wert von rd. 5×10^{-3} m/s angesetzt werden. Diese Annahme basiert auf einer Vielzahl von Untersuchungsergebnissen in der Münchener Schotterebene (Flughafen München) und deckt sich mit Pumpversuchsergebnissen an einer Reihe von quartären Grundwassermessstellen der Grundwasserbeweissicherung B15n westlich des Vorhabens A810.

An 41 Bohrpunkten der vorhabenbezogenen Baugrunduntersuchungen wurden mittels Kornverteilungskurven an Proben der Terrassenkiese k_f -Wert-Berechnungen durchgeföhr. Die

ermittelten Werte liegen hier zwischen rd. $1,5 \times 10^{-5}$ und rd. 9×10^{-3} m/s mit einem Mittelwert (geometrisches Mittel) von $k_f = 3,6 \times 10^{-4}$ m/s.

Weiterhin liegen bislang Pumpversuchsergebnisse von 5 Grundwassermessstellen vor. Stati-
 onäre Auswertungen nach THIEM/DUPUIT ergeben Werte zwischen rd. $1,3 \times 10^{-4}$ und rd. $2,2 \times 10^{-3}$ m/s mit einem **Mittelwert (geometrisches Mittel) von $k_f = 5,4 \times 10^{-4}$ m/s.** Die Pumpver-
 suchsergebnisse und Korngrößenanalysen stehen somit in guter Übereinstimmung (Zusam-
 menstellung der Pumpversuchsdaten in Tabelle 2).

Tabelle 2: Pumpversuchsergebnisse Grundwassermessstellen

GWM	[·]	GWM 1	GWM 3	GWM 4	GWM 5	GWM 8	Mittelwert
Messpunkt-OK	[m ü. NN]	377,97	376,29	376,00	376,14	373,52	
Gelände-OK	[m ü. NN]	377,03	375,40	375,10	375,31	372,58	
Ruhe-Wsp	[m ü. NN]	375,49	374,91	373,41	372,60	370,60	
	[m u. GOK]	1,5	0,5	1,7	2,7	2,0	1,7
abges.-Wsp	[m ü. NN]	373,92	374,86	373,32	370,61	369,54	
Absenkung	[m]	1,57	0,05	0,09	1,99	1,06	
StauerOK	[m ü. NN]	370,83	367,20	368,30	370,31	365,38	
	[m u. GOK]	6,2	8,2	6,8	5,0	7,2	6,7
GW-Mächtigkeit	[m]	4,7	7,7	5,1	2,3	5,2	5,0
Förderrate	[l/s]	1,7	1,7	1,7	0,8	0,8	
k_f-Wert	[m/s]	2,4E-04	2,2E-03	2,2E-03	3,0E-04	1,3E-04	5,4E-04

Der Mittelwert der lokalen Untersuchungen liegt somit um fast eine Größenordnung unter dem großräumigen Erfahrungswert, die an den Messstellen GWM 3 und GWM 4 ermittelten Werte liegen bei rd. 50 % des Erfahrungswertes.

Aufgrund der Genese der quartären Schotter ist im Untersuchungsgebiet lokal auch mit deutlichen Abweichungen nach oben (Rollkieslagen mit Durchlässigkeiten $> 1 \times 10^{-2}$ m/s) zu rechnen (z.B. k_f -Wert-Ermittlung aus Korngrößenanalyse KRB 16: 9×10^{-3} m/s).

Um hinsichtlich der Dimensionierung der Bauwasserhaltung weitestgehend auf der sicheren Seite zu liegen, wurde daher zur Ermittlung des Wasserandrangs der Bauwasserhaltung ein **k_f -Wert von 5×10^{-3} m/s** angesetzt.

8. Dimensionierung der Bauwasserhaltung

Hinweis: Im Zuge der Baugrunduntersuchungen wurden hydraulische Durchlässigkeit von bis zu $k_f = 2,2 \times 10^{-3}$ m/s (Pumpversuche GWM 3 und GWM 4) bzw. $k_f = 9 \times 10^{-3}$ m/s (Korngrößenanalyse KRB 16) ermittelt. Um Unwägbarkeiten hinsichtlich lokaler Inhomogenitäten (Rollkieslagen) Rechnung zu tragen, wurden die nachfolgenden Berechnungen einheitlich mit einem kf-Wert von 5×10^{-3} m/s durchgeführt. Die Ergebnisse liegen damit sowohl hinsichtlich der Fördermengen als auch hinsichtlich der Reichweiten der Absenkungen auf der sicheren Seite.

8.1 Grundsätzliche Vorbemerkungen

Arten der Bauwasserhaltung

Bei der Konzeptionierung einer Baumaßnahme im Grundwasser ist grundsätzlich zwischen der Durchführung

- mit Verbau und
- ohne Verbau zu unterscheiden.

Mit Verbau beschränkt sich die Bauwasserhaltung nach dem erstmaligen Lenzen der Baugrube auf die Restwasserhaltung des zusickernden Schlosswassers und des Niederschlagswassers sowie ggfs. auf das Abpumpen und die Überleitung des oberstromigen Grundwasser- aufstaus.

Ohne Verbau ist die erforderliche Grundwasserabsenkung über eine

- geschlossene Wasserhaltung (i.d.R. mehrere Absenkbrunnen um die Baugrube) oder eine
- offene Wasserhaltung mittels Drainagegräben am Rande der Baugrube und Abpumpen des Sickerwassers aus Pumpensümpfen zu erreichen.

In allen o.g. Fällen ist das Förderwasser unterstromig der Baumaßnahme nach Durchlaufen eines Absetzbecken entweder wieder zu versickern oder in ein Oberflächengewässer einzuleiten.

Hydraulische Auswirkungen

Ein in den Grundwasserstrom eingeführter Störkörper (z.B. Rohrleitungen oder Spundwandverbau) erzeugt im Grundwasser einen oberstromigen Aufstau und eine korrespondierende unterstromige Absenkung. Das Ausmaß dieser Auswirkungen ist abhängig von:

- (1) Geometrie des Störkörpers, d.h. Größe quer zur Grundwasserfließrichtung bzw. Winkel zwischen der Grundwasserfließrichtung und der Breite des Körpers
- (2) Grundwassergefälle
- (3) Grundwassermächtigkeit
- (4) Möglichkeit der Unterströmung des Störkörpers im Grundwasserleiter

Für den Fall, dass keine Unterströmung möglich ist, d.h. es erfolgt eine vollständige Absperzung des Grundwasserstroms bis zum Stauer (z.B. Spundwandverbau), ist die Grundwassermächtigkeit hinsichtlich der verursachten Aufstauhöhe unerheblich. Grundsätzlich verringert sich mit der Möglichkeit der Unterströmung (z.B. Rohrleitungen) der Aufstau signifikant.

Bei der Bewertung der temporären Auswirkungen, d.h. der Differenzhöhe zwischen unbeeinflusstem und beeinflusstem Grundwasserstand während der bauzeitlichen Bauwasserhaltung, sollte der lokale absolute Grundwasserstand mit berücksichtigt werden. So ist beispielsweise bei einem unbeeinflussten Flurabstand von > 2,5 m ein Aufstau von wenigen Dezimetern als unschädlich zu bewerten und ggfs. über einen begrenzten Zeitraum tolerierbar, wohingegen bei einem unbeeinflussten Flurabstand von rd. 0,5 m ein Aufstau von wenigen Dezimetern bereits erhebliche Beeinträchtigungen verursachen kann und entsprechend mittels geeigneter Abhilfemaßnahmen (Überleitungen) zu minimieren ist.

Bei Baudurchführung ohne Verbau ergeben sich hydraulische Auswirkungen aufgrund der Grundwasserabsenkung durch die geschlossenen Förderbrunnen bzw. durch den Zustrom in die Baugrube bei offener Bauwasserhaltung.

Für den Fall, dass eine Wiederversickerung des Förderwassers erforderlich ist, ergeben sich entsprechende Aufstaubereiche um die Schluckbrunnen (nicht bei Einleitung in Gewässer).

Abwägung der Kosten

Für den Fall, dass unter bautechnischen und grundwasserhydraulischen Gesichtspunkten sowohl ein Bauverfahren mit Verbau als auch ohne Verbau möglich ist, sind die jeweiligen Kosten abzuwägen:

- mit Verbau: sehr hohe Kosten für Verbau, jedoch vergleichsweise geringe Förderraten (Restwasser und Überleitung)
- ohne Verbau: höhere Kosten für umfangreiche Grundwasserabsenkung

8.2 Bereiche mit erforderlicher Bauwasserhaltung

Zur Ermittlung der Bauabschnitte, in denen eine Bauwasserhaltung erforderlich ist, wird ein Absenziel von 2 m unter Geländeoberkante angenommen (Baugrubensohle 1,8 m u. GOK + 0,2 m; siehe Regelgrabenprofil Abbildung 4). Bezuglich des Flurabstands des Referenzwasserstandes MHW ergeben sich damit die in der folgenden Abbildung dargestellten Absenkungsbeträge.

Grundsätzlich ist die o.g. Tiefenlage [m u. GOK] der Leerrohrverlegung vorgesehen. Diese wird jedoch naturgemäß nicht kleinräumig an die Oberflächenmorphologie angepasst, so dass auch bereichsweise größeren Tiefen erreicht werden. Für die bezeichneten Abschnitte der Bauwasserhaltung ist daher jeweils der größte im Abschnitt auftretende Absenkungsbetrag maßgeblich. Die entsprechenden Werte sind in der Abbildung 21 dargestellt.

Innerhalb einiger Bauabschnitte ist in Teilbereichen aufgrund der vergleichsweise großen Flurabstände voraussichtlich keine Bauwasserhaltung erforderlich; dies betrifft die Bauabschnitte I (Bereich B), V (Bereich B) und VI (Bereiche B und D).

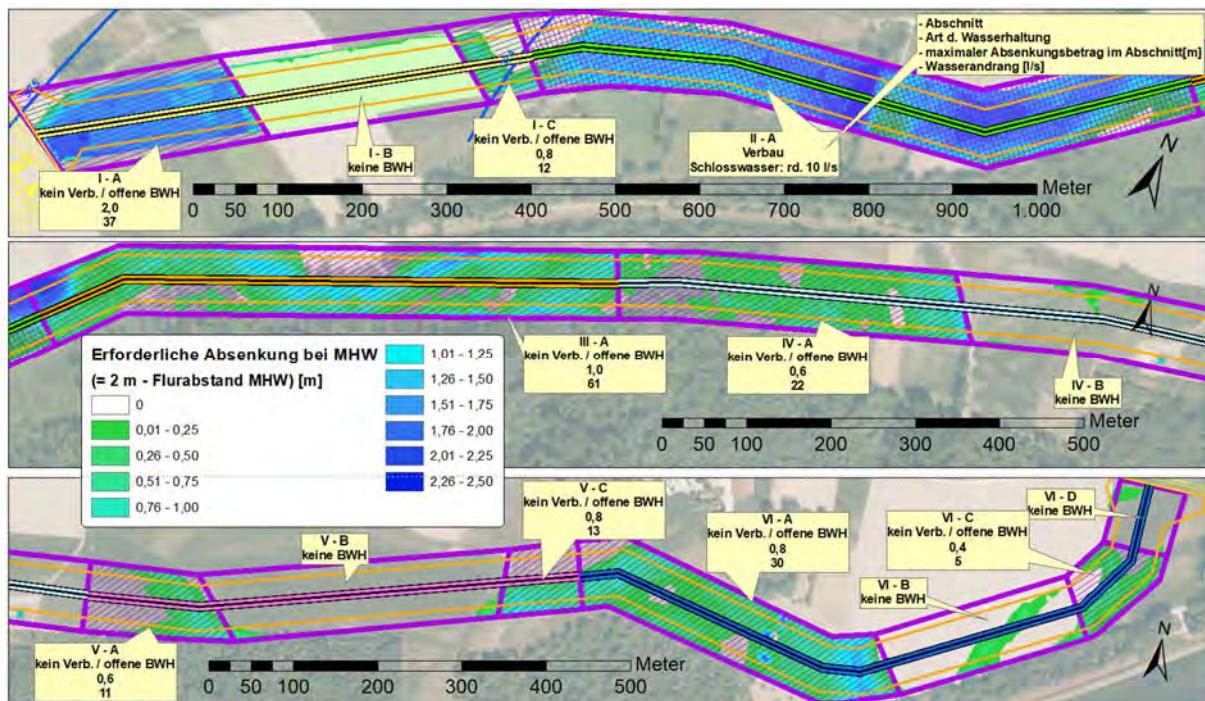


Abbildung 21: Erforderliche Absenkung und Förderraten bei MHW [m]

8.3 Berechnungsgrundlagen

8.3.1 Bauwasserhaltung ohne Verbau

Die Berechnung einer offenen Bauwasserhaltung ohne Verbau erfolgt nach dem Verfahren nach DAVIDENKOFF über folgende Formel:

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

mit Q = Wasserandrang in der Baugrube [m^3/s]

k = Durchlässigkeitsbeiwert [m/s]

H = Abstand GW-Spiegel zu Baugrubensohle [m]

t = Tiefe der für den Zufluss wirksamen Zone

m = Beiwert aus L_2/R

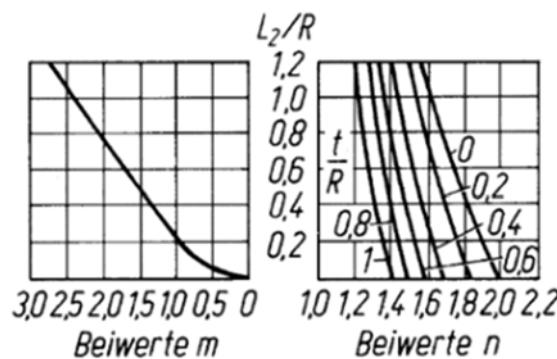
n = Beiwert aus t/R

L_1 = Länge der Baugrube [m]

L_2 = Breite der Baugrube [m]

R = Reichweite nach SICHARDT [m]

Die Beiwerte m und n werden aus folgenden Grafiken abgelesen:



Zusammenhang der Beiwerte m und n für die Berechnung nach DAVIDENKOFF

Im Falle einer geschlossenen Bauwasserhaltung ohne Verbau mittels Absenkbrunnen erfolgt die Berechnung analog nach THIEM/DUPUIT, wobei der Brunnenradius r dem Ersatzradius A_{Re} der Baugrube entspricht.

8.3.2 Bauwasserhaltung mit Verbau

Für eine Bauwasserhaltung im Schutz eines temporären Spundwandverbau sind folgende Wassermengen abzuleiten

- Lenzen der Baugrube: Volumen des grundwassererfüllten Erdaushubs $\times 0,2$ (Porosität)
- Niederschlag während der Bauzeit: im Mittel rd. $2 \text{ m}^3/\text{d}$ pro 1.000 m^2 Baugrubenfläche
- Schlosswasserzutritt: i.d.R. rd. 3 l/s pro 1.000 m^2 benetzter Spundwandfläche

Bei nicht vollständiger Einbindung der Umspundung bis zum Stauer verringert sich der Zu- strom zur Baugrube gegenüber einer Bauwasserhaltung ohne Verbau (Kapitel 8.3.1) entsprechend der Darstellung in Abbildung 22.

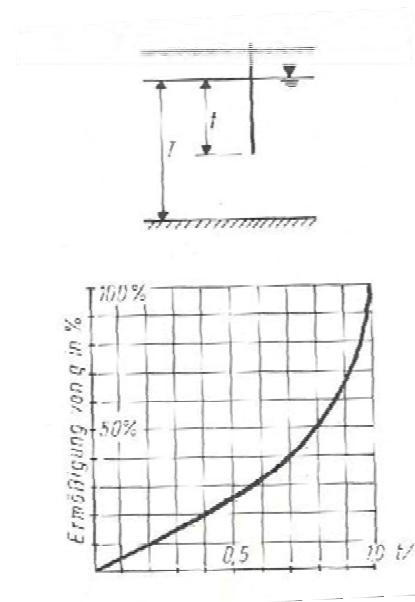


Abbildung 22: Ermäßigung der Bauwasserhaltung bei nicht vollständiger Umspundung (nach HERTH, ARNDTS)

8.4 Ergebnisse

8.4.1 Vorbemerkung

In der Abbildung 21 sind die Trassenabschnitte der Erdkabelverlegung gekennzeichnet, in denen ein Eingriff ins Grundwasser erfolgt und mithin eine Bauwasserhaltung erforderlich ist. Als Referenzzustand wurde ein mittlerer Hochwasserstand (MHW) zugrunde gelegt.

Es können Abschnitte abgegrenzt werden, in denen voraussichtlich keine Bauwasserhaltung erforderlich ist (siehe Kapitel 8.2). In den übrigen Bereichen sind Absenkungen von bis zu 2 m erforderlich. Nach einer vorläufigen Abschätzung sind die entsprechenden Förderraten über offene Bauweisen mit offenen Bauwasserhaltungen zu bewerkstelligen.

Eine Ausnahme hiervon bildet der Abschnitt II aufgrund der unterstromig in geringer Entfernung (einige Zehnermeter) gelegenen, grundwasser-gespeisten Fischweiher. Bei einem Absenkziel von rd. 2 m u. GOK liegen diese Weiher im Absenkbereich der Wasserhaltung, so dass an den Weihern Grundwasserabsenkungen von > 1 m zu erwarten wären. Aus diesem Grund ist für diesen Bauabschnitt ein dichter Baugrubenverbau mit Restwasserhaltung und ggf. Grundwasserüberleitung vorgesehen.

8.4.2 Bauwasserhaltung ohne Verbau

In der Tabelle 3 sind die berechneten Förder- und Ableitungsgraten für angenommene offene Bauwasserhaltungen ohne Verbau zusammengestellt. Der Berechnung wurde ein auf der sicheren Seite liegender **k_f -Wert von $5 \times 10^{-3} \text{ m/s}$** zugrunde gelegt.

Tabelle 3: Zusammenstellung des Berechnungsergebnisse Bauwasserhaltung ohne Verbau

Teilabschnitt mit Wasserhaltung	Länge (rd.)	Absenkung bei MHW, ca.	Reichweite Restabsenkung 0,1 m (Sichardt) bei MHW	Wasserandrang / Förderrate bei MHW ¹
[-]	[m]	[m]	[m]	[l/s]
BA I - A	250	2,0	260	37
BA I - C	75	0,8	100	12
BA III - A	690	1,0	125	61
BA IV - A	410	0,6	70	22
BA V - A	150	0,6	70	11
BA V - C	90	0,8	100	13
BA VI - A	390	0,8	100	30
BA VI - C	100	0,4	50	5

Die Förderraten liegen bei MHW im Bereich von rd. 5 bis rd. 60 l/s, wobei sich die hohen Werte aufgrund der angenommenen zusammenhängenden Baugrubenabschnitte mit Längen von bis zu 690 m ergeben.

8.4.3 Bauwasserhaltung mit Verbau (Abschnitt II, Fischweiher)

In der Tabelle 4 sind die Berechnungsergebnisse der Bauwasserhaltung für den Fall eines vollständigen Spundwandverbaus bis zum Stauer zusammengestellt.

Nach dem Lenzen der Baugrube ergibt sich daraus eine erforderliche Förderrate von rd. 10 bis 12 l/s.

Tabelle 4: Zusammenstellung des Berechnungsergebnisse Bauwasserhaltung mit Verbau

Abschnitt	Länge	Breite	[GWsp - BG-Sohle]	Lenz-wasser	Schloss-wasser	Niederschlags-wasser
	[m]	[m]	[m]	[m³]	[l/s]	[l/s]
II	800	55	2	17.600	10,3	1,1

8.4.4 Bauwasserhaltung Maststandorte

Die Planungen der Maste in den Freileitungsabschnitten ist noch nicht vollständig abgeschlossen. Derzeit liegen elf Baugrunduntersuchungen (Tiefbohrungen bis 20 m u. GOK; siehe Anlage 4) von insgesamt 17 geplanten Maststandorten mit entsprechenden Gründungsempfehlungen vor (Buchholz & Partner). An allen untersuchten Standorten sind Flachgründungen mittels Plattenfundamenten auf den nachverdichteten quartären Terrassenkiesen möglich. Die Gründungstiefen bzw. die Oberkanten dieser tragfähigen Kiese liegen zwischen rd. 1,0 und 2,5 m u. GOK.

Bei an den Standorten geringeren Flurabständen sind entsprechende Bauwasserhaltungen erforderlich. Die Plattenfundamente haben Abmessungen von rd. 15 x 15 m. In der Tabelle 5 sind die geplanten Maststandorte mit den lokalen Grundwasserstandsdaten, Gründungstiefen und entsprechenden Förderraten der Bauwasserhaltung zusammengestellt.

Tabelle 5: Zusammenstellung der Maststandorte mit Angabe der Bauwasserhaltung

Abschnitt	Mast	Flurabstand MW (HK100)	Gründungs-tiefe	erforderliche Absenkung ¹	Förderrate MW	Förderrate MHW	Bauzeit	Förder-menge bei MW
[-]	[-]	[m u. GOK]	[m u. GOK]	[m u. Rwp]	[l/s]	[l/s]	[d]	[m³]
UW Altheim ⇒ KÜA Ohu	Mast 1A	2,94	2,5	-0,2	0	0	5	0
	Mast 1B	3,19					5	0
	Mast 2A	0,48	1,8	1,5	2	2	5	864
	Mast 2B	0,15	2,1	2,1	< 1	< 1	5	< 432
	Mast 3A	0,41	1,0	0,8	2	3	5	864
	Mast 3B	0,16	1,0	1,0	2	3	5	864
	Mast 4A						5	0
	Mast 4B						5	0
KÜA Unterahrain ⇒ SW Isar	Mast 5A	3,07					5	0
	Mast 5B	2,64					5	0
	Mast 6A						5	0
	Mast 6B						5	0
	Mast 7A	2,23					5	0
	Mast 7B						5	0

¹ [Mittelwasserstand (HK100) - Gründungstiefe] + 0,2 m

Im Falle von alternativen Tiefgründungen mittels Bohrpfählen sind keine umfangreichen Bauwasserhaltungen erforderlich.

8.4.5 Bauwasserhaltung KÜA Ohu

Die KÜA Ohu wird auf einer rd. 1 m in den Untergrund reichenden Flachgründung errichtet. Aufgrund des geringen Flurabstands (bereichsweise rd. 0,5 m) ist – zumindest bei hohen Grundwasserständen – eine bauzeitliche Bauwasserhaltung erforderlich.

Die gesamte Anlage hat Abmessungen von rd. 100 x 200 m. Detaillierte Planunterlagen liegen derzeit nicht vor.

Für eine offene Bauwasserhaltung ohne Verbau errechnet sich analog nach vorstehend erläuteter Methode nach DAVIDENKOFF bei einer Absenkung von 0,5 m ein Zustrom zur Baugrube (100 x 200 m) von rd. 5 l/s.

8.4.6 Bauwasserhaltung KÜA Unterahrain

Im Bereich der KÜA Unterahrain liegt der Grundwasserflurabstand bei > 2 m. Eine bauzeitliche Bauwasserhaltung ist daher voraussichtlich nicht erforderlich.

8.5 Ableitung des Förderwassers

8.5.1 Mögliche Optionen

Unabhängig von der Art der Bauausführung bzw. der Bauwasserhaltung ist unterstromig des Trassenverlaufs das Förderwasser der Bauwasserhaltung (bei offener Bauweise) oder der temporären Grundwasserüberleitung sowie der Restwasserhaltung (bei dichter Baugrube) abzuleiten.

Die i.d.R. gegenüber der Einleitung in ein Oberflächengewässer zu bevorzugende Wiederversickerung ist bei den lokalen Verhältnissen mit sehr geringen Flurabständen (< 1 m) kaum umzusetzen.

Grundsätzlich besteht entlang des Trassenverlaufs die Möglichkeit der Einleitung in die Isar sowie in den vorgelagerten Sickergraben. In Abstimmung mit dem Wasserwirtschaftsamt Landshut bestehen keine grundsätzlichen Bedenken hinsichtlich einer Einleitung in ein Oberflächengewässer unter der Voraussetzung, dass der ökologisch verträgliche Einleiteabfluss nicht überschritten und ein hydraulischer Stress für die gewässertypischen Lebensgemeinschaften vermieden wird.

Bei der Bewertung dieser Option ist zudem zu berücksichtigen, dass das Grundwasser unterstromig der geplanten Trassenführung ohnehin in geringer Entfernung von rd. 25 m bis max. 300 m dem nächstgelegenen Vorfluter zutritt.

Im Bereich der Fischweiher besteht zudem noch die Möglichkeit der Einleitung des bei einem dichten Baugrubenverbau ggfs. überzuleitenden Grundwassers in die Weiher. Für den Fall, dass der oberstromige Aufstau und die korrespondierende unterstromige Absenkung das wasserrechtlich tolerierbare Maß überschreitet, könnten damit ggfs. die Auswirkungen auf die Fischweiher vermindert werden. In diesem Fall sind jedoch Hinweise der Fischereifachberatung miteinzubeziehen.

8.5.2 Alternativenprüfung

Hinsichtlich der beiden Optionen *Einleitung in den Sickergraben* und *Einleitung in die Isar* sind folgende Faktoren relevant.

Einleitung in die Isar:

Die Einleitung von bis zu rd. 60 l/s ist unter gewässerökologischen Gesichtspunkten quantitativ und qualitativ unproblematisch. Es muss jedoch der Isar-Damm (Höhe rd. 2 bis 3 m über Gelände) überwunden werden. Für den Fall der Positionierung der Absetzbecken unmittelbar an der Baugrube wäre daher in jedem Fall die Installation einer weiteren Pumpe erforderlich, um das von Feinteilen gereinigte Förderwasser über den Damm zu fördern. Eine mögliche Alternative hierzu wäre, die Absetzbecken auf dem Damm zu positionieren. Das Förderwasser aus dem Pumpensumpf der Baugrube kann somit direkt in das Absetzbecken gefördert und von dort im freien Gefälle in die Isar eingeleitet werden. Hinsichtlich einer flexiblen Vorgehensweise ist für die längeren Bauabschnitte (mehrere hundert Meter) mit größeren Ableitungsmengen (> 20 l/s) eine Unterteilung in mehrere und damit kleinere Absetzbecken sinnvoll. Die Schlauchleitungen können damit entsprechend kleiner dimensioniert (C-Schlauch) werden.

Einleitung in den Sickergraben:

Grundsätzlich ist nach zuverlässiger Reinigung über ausreichend dimensionierte Absetzbecken eine Einleitung des Förderwassers in den Sickergraben genehmigungsfähig. Werden die Absetzbecken unmittelbar an der Baugrube positioniert, so ist voraussichtlich weitgehend eine Ableitung vom Absetzbecken in den Sickergraben im freien Gefälle möglich. Ggf. ist im Einzelfall eine erforderliche Aufständerung des Absetzbeckens zu prüfen. Hinsichtlich der gewässerökologischen Auswirkungen ist die Einleitung in den Sickergraben mit Risiken verbunden. Abschwemmungen an den Einleitstellen können nicht vollständig ausgeschlossen werden.

Detaillierte Abflussmessungen am Sickergraben liegen zwar nicht vor, jedoch kann nach augenscheinlicher Begutachtung festgestellt werden, dass die voraussichtlichen Einleitmengen im Vergleich zur regulären Wasserführung des Grabens eine deutliche Änderung der natürlichen Verhältnisse darstellen würde.

Fazit:

Aufgrund der gewässerökologischen Risiken ist eine Einleitung des Förderwassers in die Isar vorgesehen. Aufgrund der örtlichen Gegebenheiten (Dammkrone schmal und nicht durchgängig befahrbar; wasserseitig keine ausreichende Flächenverfügbarkeit) scheidet eine Positionierung der Container auf dem Damm aus. Zudem erhöht eine Lage der Container unmittelbar an der Baugrube die Überwachungssicherheit im Falle einer Betriebsstörung.

8.5.3 Dimensionierung

Die Dimensionierung der vorzusehenden Sedimentationsanlage erfolgt in Anlehnung an das Merkblatt DWA-M153 mit folgenden Parametern:

- Oberflächenbeschickung (q_A): max. 10 m/h
- Horizontalfließgeschwindigkeit (v_H): max. 0,05 m/s

Die erforderliche Beckenoberfläche ergibt sich mit $F = Q / q_A$.

Die erforderliche Durchflussfläche ergibt sich aus $f = Q/v_H$.

Für die im Kapitel 8.4.2 aufgeführten Förderraten ergeben sich damit die in der folgenden Tabelle zusammengestellten Beckendimensionierungen bezogen auf den gesamten Wasserandrang des jeweiligen Bauabschnitts. Die Tabelle enthält weiterhin die jeweilige Entfernung zwischen Baugrube und Isar (kürzeste Verbindung).

Tabelle 6: Dimensionierung der Sedimentationsanlagen

Bauabschnitt	Teilbereich	Bauwasserhaltung	Länge (ca.)	Wasserandrang	Beckengröße gesamt	Durchflussfläche	Entfernung zur Isar (ca.)
[-]	[-]	[-]	[m]	[l/s]	[m ²]	[m ²]	[m]
I	A	kein Verbau / offene BWH	260	37	13,5	0,8	240
I	B	keine BWH	270	-	-	-	-
I	C	kein Verbau / offene BWH	70	12	4,3	0,3	210
II	-	dichter Baugrubenverbau	800	20 (ggfs. ÜL)	7,3	0,4	150 bis 210
III	-	kein Verbau / offene BWH	690	61	22,0	1,3	280 bis 360
IV	A	kein Verbau / offene BWH	410	22	8,0	0,5	360
IV	B	keine BWH	320	-	-	-	-
V	A	kein Verbau / offene BWH	150	11	4,0	0,3	280 bis 300
V	B	keine BWH	350	-	-	-	-
V	C	kein Verbau / offene BWH	90	13	4,8	0,3	260
VI	A	kein Verbau / offene BWH	390	30	11,0	0,6	60 bis 260
VI	B	keine BWH	240	-	-	-	-
VI	C	kein Verbau / offene BWH	100	5	2,0	0,1	60 bis 110
VI	D	keine BWH	80	-	-	-	-
		Summe	4220				

Als Standardmaß für Absetzcontainer kann eine Größe von 6 m x 2,5 m zugrunde gelegt werden. Somit ist rechnerisch mit Ausnahme des Abschnitts III jeweils ein Becken ausreichend. Im Abschnitt III sind mindestens zwei Standardcontainer der o.g. Maße erforderlich.

Hinsichtlich einer flexibleren Verfahrensweise und kürzerer Leitungslängen ist jedoch auch bei geringeren Ableitungen die Möglichkeit zu prüfen, mehrere Container aufzustellen.

In Abstimmung mit dem Vorhabensträger werden an benachbarten Bauabschnitten mit erforderlicher Bauwasserhaltung jeweils an den Bauabschnittsgrenzen Standorte für Absetzcontainer vorgeschlagen, so dass diese dann jeweils für beide Bauabschnitte verwendbar sind. Zudem sollen aus Gründen der Betriebssicherheit an jedem Standort zwei Container mit den o.g. Standardmaßen vorgehalten werden, so dass ein Flächenbedarf von rd. 8 x 8 m vorgesehen werden muss. In der Abbildung 23 auf der folgenden Seite ist die Lage der vorgeschlagenen Absetzbecken mit Leitungsverlauf zur Isar dargestellt.

Für die Bauwasserhaltung KÜA Ohu kann das Becken I-A der Strecke der Erdabelverlegung mit entsprechender Ableitung in die Isar verwendet werden.

Nach derzeitigem Kenntnisstand ist für die Errichtung der Mastfundamente M2A, M2B, M3A und M3B eine Bauwasserhaltung mit geringen Förderraten (bei MHW) von < 5 l/s erforderlich, die auf die vergleichsweise geringen Durchlässigkeiten der Terrassenkiese an den Standorten ($k_f < 1 \times 10^{-3}$ m/s gemäß Baugrunduntersuchungen) zurückzuführen sind. Für die Standorte M3A und M3B kann eine Ableitung in die Isar erfolgen. Von den Standorten M2A und M2B kann das Förderwasser über ein Absetzbecken in den Mühlbach eingeleitet werden, welcher wiederum nach rd. 700 m in die Isar mündet (siehe Abbildung 24).

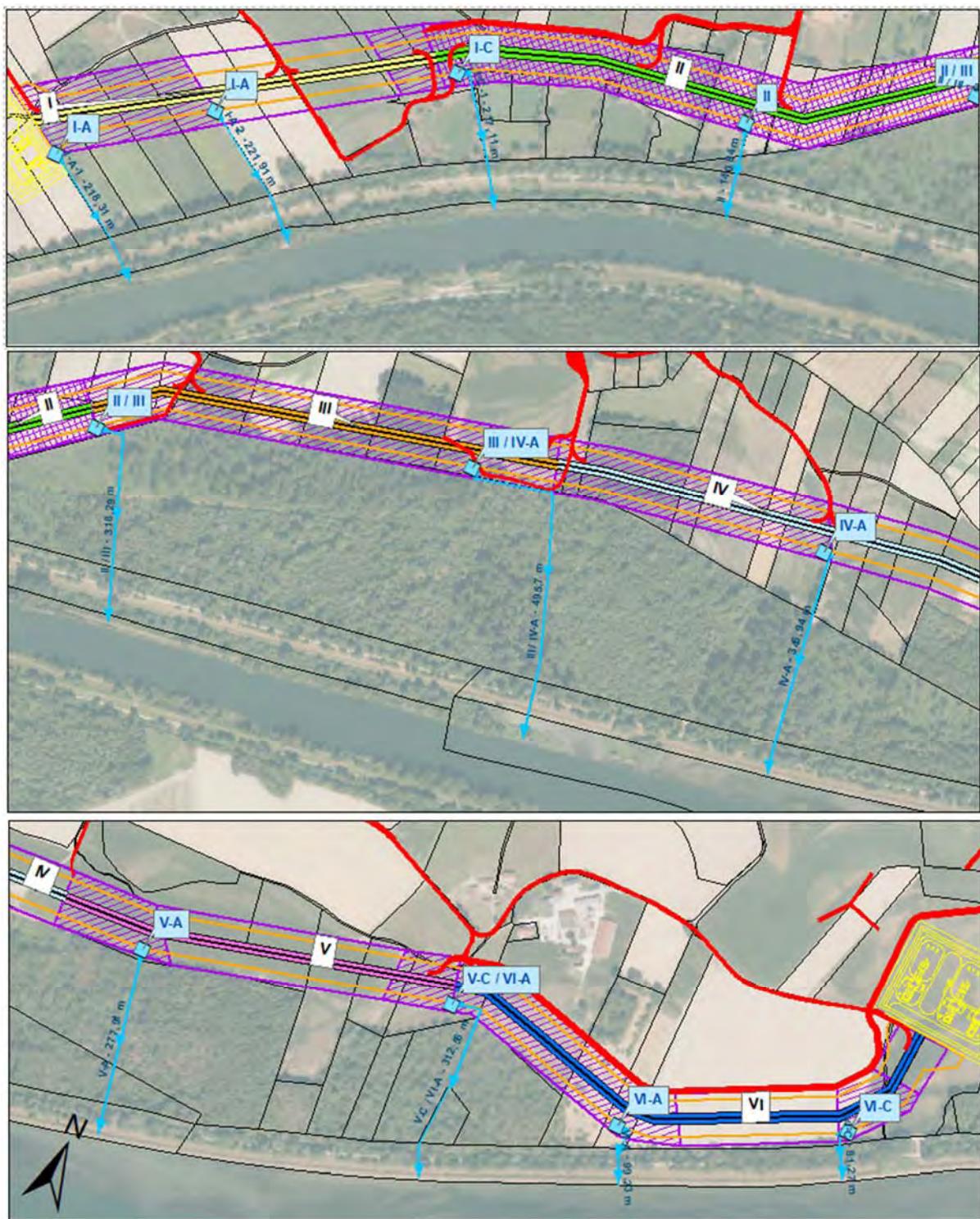


Abbildung 23: Lagevorschlag der Absetzcontainer (Bauabschnitte Erdkabelverlegung)

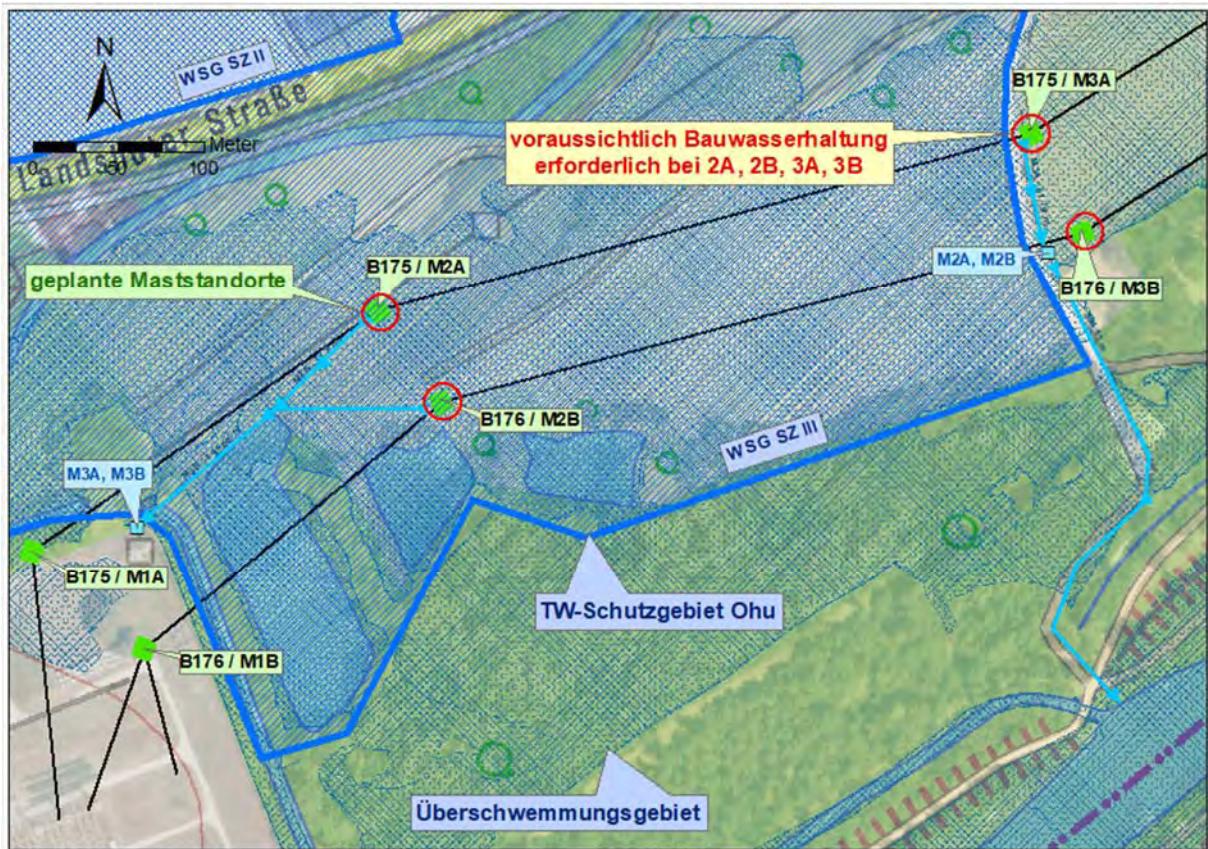


Abbildung 24: Lagevorschlag Ableitung Bauwasserhaltung Mastfundamente zw. UW Altheim und KÜA Ohu

9. Auswirkungen der Baumaßnahme auf die Grundwasserverhältnisse

9.1 Bauzeitlich / Bauwasserhaltung

9.1.1 Berechnungsgrundlagen

9.1.1.1 Bauwasserhaltung ohne Verbau

Die Reichweite der Grundwasserabsenkung einer offenen Bauwasserhaltung ohne Verbau kann nach HERTH, ARNDTS (1995) analog der Berechnungsmethode *Zufluss zu Sickerschlitz* ermittelt werden. die Formelzusammenhänge sind dabei wie folgt:

$$H - y^2 = \frac{R - x}{R} x (H^2 - h^2) \quad \text{Gleichung 1}$$

$$y = \sqrt{H^2 - \left[\frac{R - x}{R} x (H^2 - h^2) \right]} \quad \text{Gleichung 2}$$

$$R = 2000 x s \ x \sqrt{k_f} \quad \text{Gleichung 3}$$

mit:

- H: Grundwassermächtigkeit unbeeinflusst [m]
h: Grundwassermächtigkeit abgesenkt [m]
R: Reichweite der Grundwasserabsenkung nach SICHARDT [m]
y: Grundwassermächtigkeit in der Entfernung x zum Sickerschlitz
k_f: hydraulische Durchlässigkeit [m]

Die Absenkreichweite R eines Absenkbrunnens (geschlossene Bauwasserhaltung) ergibt sich aus der o.g. Berechnung nach THIEM/DUPUIT.

9.1.1.2 Bauwasserhaltung mit Verbau

Ein in das Grundwasser eingreifendes Strömungshindernis (Spundwandverbau) erzeugt einen grundwasser-oberstromigen Aufstau und eine korrespondierende unterstromige Grundwasserabsenkung.

Maßgeblich für das Ausmaß dieser Auswirkungen sind die Größe des Bauwerks quer zur Grundwasserfließrichtung, die Tiefe des Eingriffs (verbleibt eine Unterströmungsmöglichkeit oder sperrt das Bauwerk den Grundwasserstrom vollständig bis zum Stauer ab?) sowie das unbeeinflusste Grundwassergefälle. Im Falle einer vollständigen Absperrung des Grundwasserstroms bis hin zum Stauer ist die Grundwassermächtigkeit unerheblich.

Die durchgeführten analytischen Berechnungen basieren auf den von BRANDL (1979) erläuterten Berechnungsmöglichkeiten von Grundwasser-Aufstauhöhen vor Gebäuden. Es werden darin Lösungsansätze für die unterschiedlichen Fälle der Unterströmung, Umströmung und Unter- und Umströmung von Objekten im Grundwasserstrom gegeben.

Die Berechnung der Aufstauhöhe erfolgt über folgende Formeln:

$$\Delta h = 0,5 \times I (1 - a) \times B \quad \text{Gleichung 4}$$

$$\text{mit: } a = \frac{B + L}{H(f_p + f_u) + B} \quad \text{Gleichung 5}$$

$$f_p = \frac{L}{H - T} \quad \text{Gleichung 6}$$

$$f_u = -\frac{4}{\pi} \ln \left(\sin \left(\frac{\pi}{2} \times \frac{H - T}{H} \right) \right) \quad \text{Gleichung 7}$$

mit:

- Δh = Aufstauhöhe
- I = Grundwassergefälle
- B = Breite des Objektes im Grundwasserstrom
- L = Länge des Objektes im Grundwasserstrom
- H = Grundwassermächtigkeit
- T = Eintauchtiefe des Objektes
- a = prozentualer Anteil der Unterströmung
- f_p und f_u = Formparameter

Im Trassenverlauf liegt die Staueroberkante weitgehend bei rd. 5 – 7 m u. GOK. Hinsichtlich einer Minimierung der erforderlichen Förderraten der Bauwasserhaltung und unter Berücksichtigung der unterproportionalen Ermäßigung der Förderraten bei nicht vollständiger Einbindung des Verbaus in den Stauer (vgl. Abbildung 22) wird bei den folgenden Berechnungen eine vollständige Einbindung des Verbaus in den Stauer, d.h. eine vollständige Absperrung des Grundwasserstrom zugrunde gelegt.

9.1.2 Ergebnisse

9.1.2.1 Bauwasserhaltung ohne Verbau

Die Reichweiten der Grundwasserabsenkung sind abschnittsdifferenziert in der folgenden Tabelle zusammengestellt. Ergänzend zur rechnerischen Reichweite R der Grundwasserabsenkung ist die Reichweite einer Restabsenkung von 0,1 m angegeben (d.h. die Entfernung zum Tiefpunkt der Bauwasserhaltung entlang der Kabeltrassen, bei der die Grundwasserabsenkung noch 0,1 m beträgt). Diese Reichweiten liegen abhängig vom Absenkungsbetrag im Bereich von rd. 50 m bis rd. 260 m.

Tabelle 7: Zusammenstellung der Berechnungsergebnisse Grundwasserabsenkung offene Baugrube

Abschnitt	Länge	Absenkung bei MHW	Reichweite R	Reichweite der Restabsenkung von 0,1 m
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]
BA I - A	250	2,0	283	260
BA I - C	75	0,8	113	100
BA III - A	690	1,0	141	125
BA IV - A	410	0,6	85	70
BA V - A	150	0,6	85	70
BA V - C	90	0,8	113	100
BA VI - A	390	0,8	113	100
BA VI - C	100	0,4	57	50

9.1.2.2 Bauwasserhaltung mit Verbau / Fischweiher

9.1.2.2.1 Analytische Berechnung

In der Tabelle 8 sind die analytischen Berechnungsergebnisse der hydraulischen Auswirkungen der Verbaumaßnahmen zusammengestellt. Die Tabelle enthält das zugrunde gelegte Grundwassergefälle, die Länge des Abschnitts, sowie den Anströmwinkel der Grundwasserfließrichtung.

Es ergibt sich für den Abschnitt II eine maximale Aufstauhöhe von rd. 0,75 m, so dass bei hohen Grundwasserständen der Aufstau bis knapp an die Geländeoberfläche reichen kann.

Tabelle 8: Zusammenstellung der Berechnungsergebnisse: Grundwasseraufstau vor Verbau

Sektion	Länge ³	Breite	Grundwassergefälle	Anströmwinkel ¹	maximaler Aufstau ²
	[m]	[m]	[-]	[°]	[m]
II	800	55	0,20%	20	0,75

¹ 0° = senkrecht zur Breite; 90° = parallel zur Breite
² in der Mitte der Umpundung (quer zur GW-Fließrichtung)
³ hier: "Breite" quer zur Grundwasserfließrichtung

Temporäre Grundwasserüberleitung

Bei Aufstauhöhen von mehreren Dezimetern sind voraussichtlich – insbesondere in Bereichen, in denen der aufgestaute Grundwasserstand bis nahe an die Geländeoberfläche heranreicht – Überleitungsmaßnahmen erforderlich. I.d.R. wird mittels temporärer Überleitungsbrunnen

der Aufstau vor dem hydraulischen Hindernis durch Abpumpen des Grundwassers und die korrespondierende Absenkung hinter dem Hindernis entsprechend durch Schluckbrunnen bzw. Wiederversickerung vermindert. Im vorliegenden Fall verläuft in geringer Entfernung unterstromig der Maßnahme der Sickergraben bzw. die Isar als Vorfluter, so dass eine Einleitung des übergeleiteten Grundwassers über ein Absetzbecken in die Isar möglich wäre.

9.1.2.2.2 Numerisches Grundwassermodell

Zur Absicherung der analytischen Berechnungsergebnisse und zur Dimensionierung ggfs. erforderlicher Überleitungen wurde für den Untersuchungsbereich der Fischweiher ein numerisches Grundwassermodell (Software: Feflow 8.0, DHI). Die maßgeblichen Modelldaten sind in der folgende Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 9: Modelldaten numerisches Grundwassermodell

Software	Feflow 8.0 (DHI)
Modelltyp	stationär, ungespannt, gesättigt
Modellgröße	480 ha
Horizontale Diskretisierung	40.000 Elemente pro Schicht
Vertikale Diskretisierung	6 Schichten
hydraulische Durchlässigkeit, pauschal	5×10^{-3} m/s
Porosität	0,2
Randbedingung oberstromig:	Fixpotential BC1 Grundwassergleiche 376 m ü. NN
Randbedingung unterstromig:	Fixpotential BC1 Grundwassergleiche 372 m ü. NN

Die Fischweiher wurden als Bereiche mit hydraulischer Durchlässigkeit = 1 m/s simuliert. Die Umspundungsbereich des Bauabschnitts II ist als undurchlässiger Bereich mit $k_f = 1 \times 10^{-10}$ m/s modelliert.

In der Abbildung 25 ist das Ergebnis der Modellrechnung in Form eines Differenzenplans des Grundwasserstands dargestellt (blauer Farbverlauf = Aufstau, roter Farbverlauf = Absenkung). Cyan-farbig sind die Pfadlinien der Grundwasserströmung eingetragen. Es wird eine oberstromiger (nördlicher) Aufstau von bis zu rd. 0,75 m und eine korrespondierende unterstromige (südliche) Absenkung von bis zu rd. 0,45 m berechnet. Aufstau und Absenkung sind aufgrund der Geometrie des Trassenverlaufs nicht symmetrisch. Das numerische Ergebnis steht in guter Übereinstimmung mit der analytischen Berechnung.

Für den Bereich der Fischweiher werden Absenkungen von rd. 0,1 bis maximal rd. 0,3 m berechnet.

Zur Verringerung der Auswirkungen wurde in einer Modellsimulation eine Grundwasserüberleitung von 2×10 l/s implementiert. Es ergeben sich damit die in Abbildung 26 dargestellten Auswirkungen mit einem verminderten maximalen Aufstau von bis zu rd. 0,3 m und verminderten Absenkungen um rd. 0,1 m.

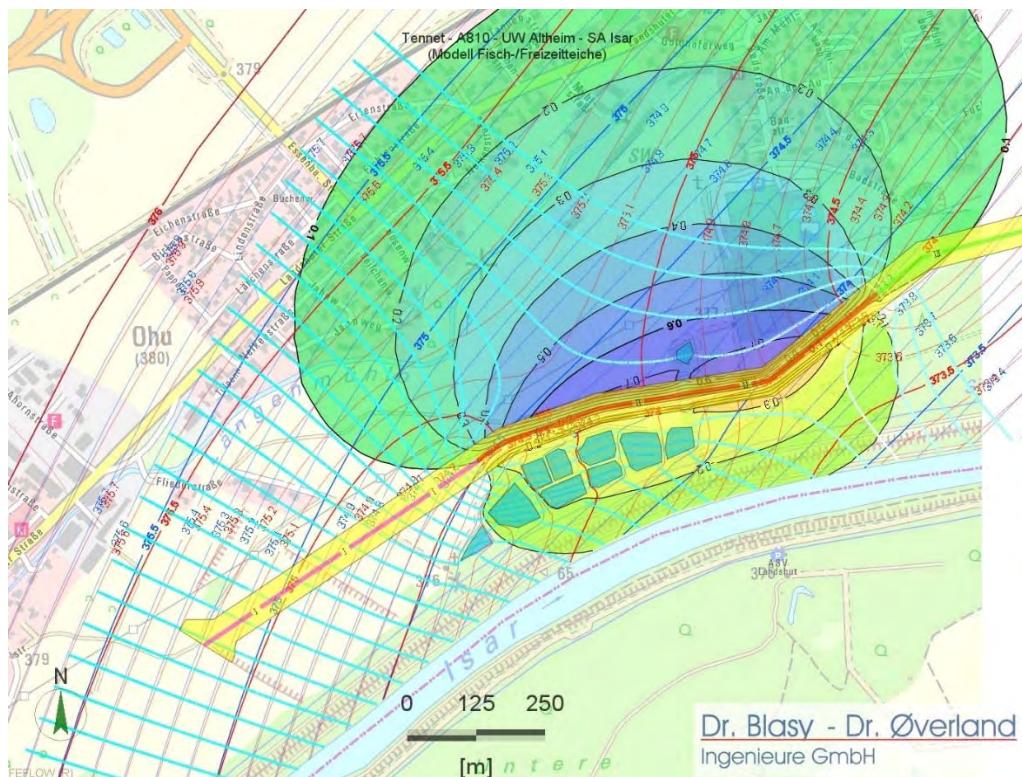


Abbildung 25: Ergebnis Grundwassерmodell Umspundung BA II ohne Überleitung

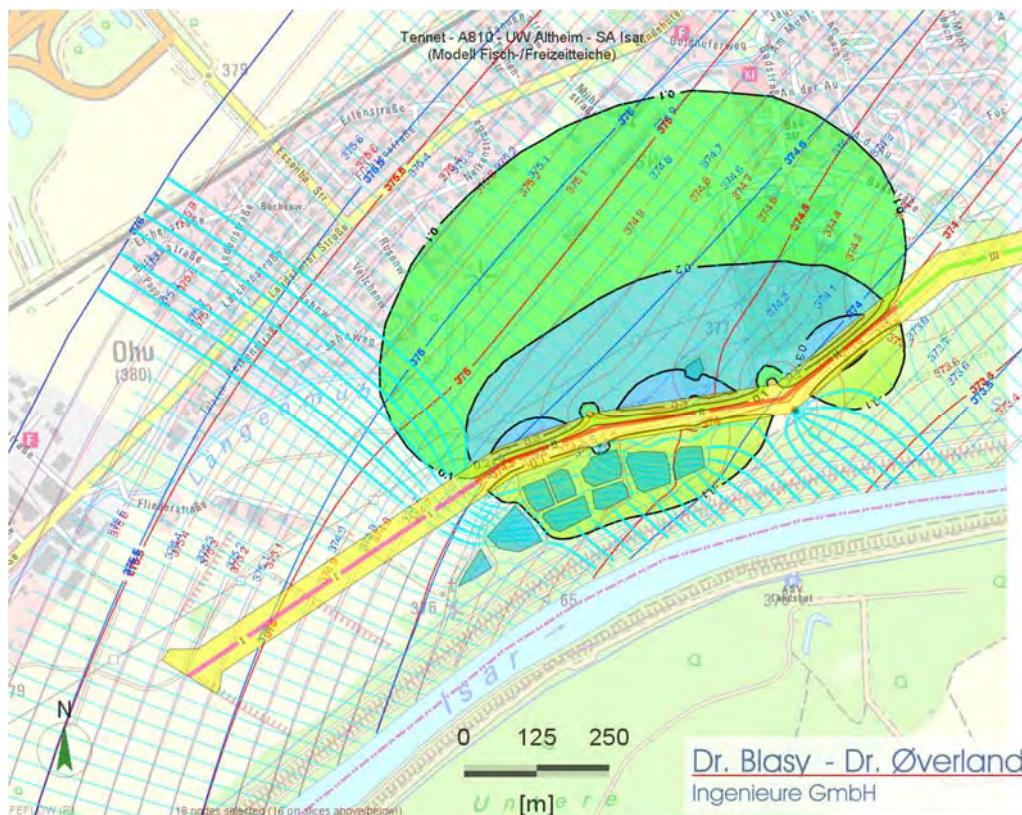


Abbildung 26: Ergebnis Grundwassерmodell Umspundung BA II mit Überleitung

9.2 Dauerhaft / Eingriff ins Grundwasser

9.2.1 Berechnungsgrundlagen

Die Berechnung erfolgt analog zu der in Kapitel 9.1.1.2 Methode nach BRANDL (1979).

9.2.2 Ergebnisse

9.2.2.1 Trassenabschnitt Erdkabel

In der Abbildung 27 sind die Trassenabschnitte gekennzeichnet, in denen ein dauerhafter Eingriff ins Grundwasser erfolgt. Als Referenzzustand wurde ein mittlerer Hochwasserstand (MHW) zugrunde gelegt.

Die Nenntiefen der Rohrunterkanten liegen bei rd. 1,7 m u. GOK (Baugrubensohle bei rd. 1,8 m u. GOK). Im Zeitraum der Trassenbohrungen lag der Flurabstand im Mittel bei rd. 1,7 m (bei einem Grundwasserstand MW). Für einen mittleren Hochwasserstand (MHW) ist entsprechend den im Kapitel 7.2 dargestellten Kennwerten ein um rd. 0,2 m höherer Wert anzusetzen. Dies bedeutet, dass bei Grundwasserständen MHW vor allem in der westlichen Hälfte der Trasse über längere Abschnitte ein Eingriff in das Grundwasser erfolgt.

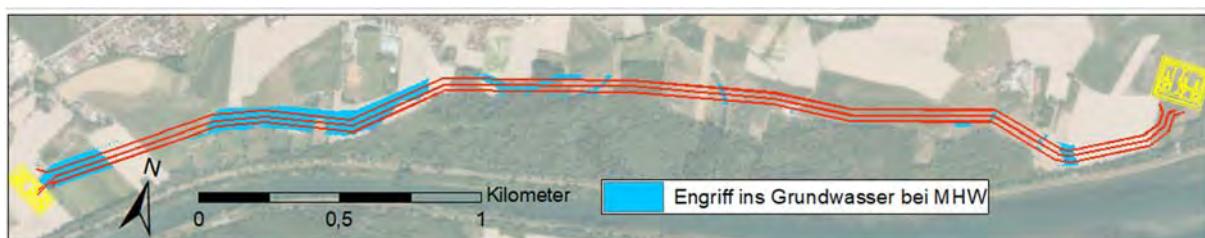


Abbildung 27: Trassenabschnitte mit dauerhaftem Eingriff ins Grundwasser (Referenzwasserstand MHW)

Unter der Annahme eines unbeeinflussten Grundwassergefälles von 0,2 % mit einem Anströmwinkel von im Mittel rd. 30 ° zur Trasse, einer unbeeinflussten Grundwassermächtigkeit von rd. 5 m (Annahme Stauoberkante 6,5 m u. GOK) und einer Restmächtigkeit der Grundwasserunterströmung von 4,8 m ergibt sich auch bei der Bauwerkslänge von rd. 4,2 km aufgrund der nur geringen Reduzierung des Strömungsquerschnitts ein nicht messbarer Aufstau vor den Rohrleitungen und den Kabelübergangsanlagen.

Hierbei wird als *worst-case*-Annahme zugrunde gelegt, dass keine Überströmung der Rohrleitungen erfolgen kann, d.h. dass der Grundwasserstrom von oben her bis zur Rohrunterkante abgesperrt wird.

9.2.2.2 KÜA Ohu

Bei einer Gründungstiefe von 1 m u. GOK, einem Flurabstand des Grundwassers von 0,5 m und einer Stauoberkante auf 1,5 m greifen die Fundamente ins Grundwasser ein. Eine Unterströmung ist jedoch möglich. Mit den o.g. Werten ergibt sich ein maximaler Aufstau von 4 cm. Wir i.S. einer *worst-case*-Annahme eine dauerhafte vollständige Absperrung der Grundwasserströmung auf einer Breite von 100 m quer zur Grundwasserfließrichtung (Anströmwinkel 10°) zugrunde gelegt, so ergibt sich ein maximaler Aufstau unmittelbar mittig vor dem Bauwerk von rd. 0,15 m.

9.2.2.3 KÜA Unterahrain

Bei Flurabständen von > 2 m (GWM 08 und KRB 55) greift die KÜA SA Isar nicht in das Grundwasser ein.

9.2.2.4 Maststandorte

Zum derzeitigen Planungsstand (Baugrunduntersuchungen an elf von 17 Maststandorten) ist an allen Standorten entsprechend den Empfehlungen der Baugrunduntersuchungen eine Flachgründung möglich. Die Plattenfundamente mit Abmessungen von rd. 15 x 15 m greifen zum Teil ins Grundwasser ein. Aufgrund hoher Restmächtigkeit der Grundwasserunterströmung sind keine hydraulischen Auswirkungen im messbaren Bereich zu erwarten. Für den ungünstigsten Standort (Mast 2B: Flurabstand < 0,5 m, Gründungstiefe 2,1 m) wird ein maximaler Aufstau unmittelbar vor dem Fundament von 1 cm berechnet.

Im Falle von alternativen Tiefgründungen greifen die Pfähle zwar in den Grundwasserleiter (vermutlich auf ganzer Mächtigkeit) ein, aufgrund der geringen Breite quer zur Fließrichtung sind jedoch ebenfalls keine messbaren Auswirkungen zu erwarten.

In der Abbildung 28 sind die Maststandorte mit Eingriff der Fundamente ins Grundwasser für den Streckenabschnitt der Freileitung KÜA Ohu dargestellt.

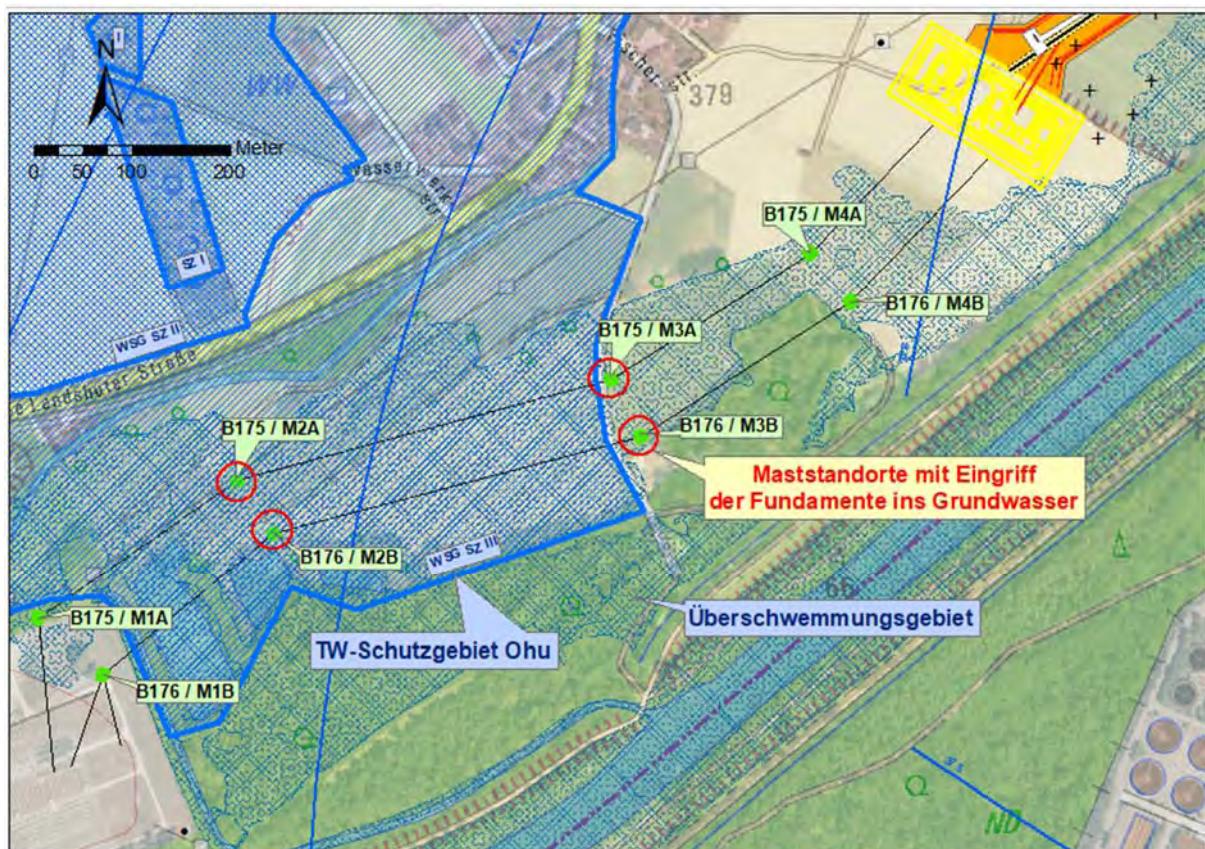


Abbildung 28: Maste KÜA Ohu

10. Auswirkungen auf Schutzgüter und weitere Grundwassernutzungen

Im Folgenden werden die ermittelten temporären und dauerhaften hydraulischen Auswirkungen der Baumaßnahme hinsichtlich der im Umfeld des Trassenverlauf existierenden Schutzgüter und Grundwassernutzungen erläutert.

10.1 Fischteiche

Im Bereich des Bauabschnitts II befinden sich Fisch- bzw. Freizeitteiche. Im Zuge eines Ortstermins am 14.06.2023 mit einem Teil der Grundstückseigentümer wurden die örtlichen Verhältnisse in Augenschein genommen und die lokalen Kenntnisse der Eigentümer hinsichtlich Pegelschwankungen der Weiher, Weihertiefe etc. aufgenommen.

Da die Weiher Relikte aufgelassener Kiesgruben des örtlichen Nasskiesabbaus sind, ist grundsätzlich davon auszugehen, dass der Abbau der quartären Kiese vermutlich bis zum Erreichen der feinkörnigen (Sande, Schluffe) Tertiäroberkante erfolgte und die Weiher somit eine Tiefe von rd. 5 – 6 m ab Geländeoberfläche, d.h. eine Wassertiefe von rd. 3 – 4 m haben. In der Abbildung 29 sind an den Weihern die Wassertiefenangaben der Eigentümer (soweit beim Ortstermin anwesend) angetragen.

Nach Angaben einiger Teicheigentümer liegt die Pegelschwankung der Weiher [HW-NW] i.d.R. um rd. 0,3 m. Weiterhin wurde beobachtet, dass sich durch Biberdämme verursachte Aufstause im Sickergraben unmittelbar auf die Pegelstände der Weiher auswirken. Es ist daher von einer geringen Kolmation hinsichtlich Grundwasser-Infiltration aus dem Sickergraben und -Exfiltration in die Weiher auszugehen.

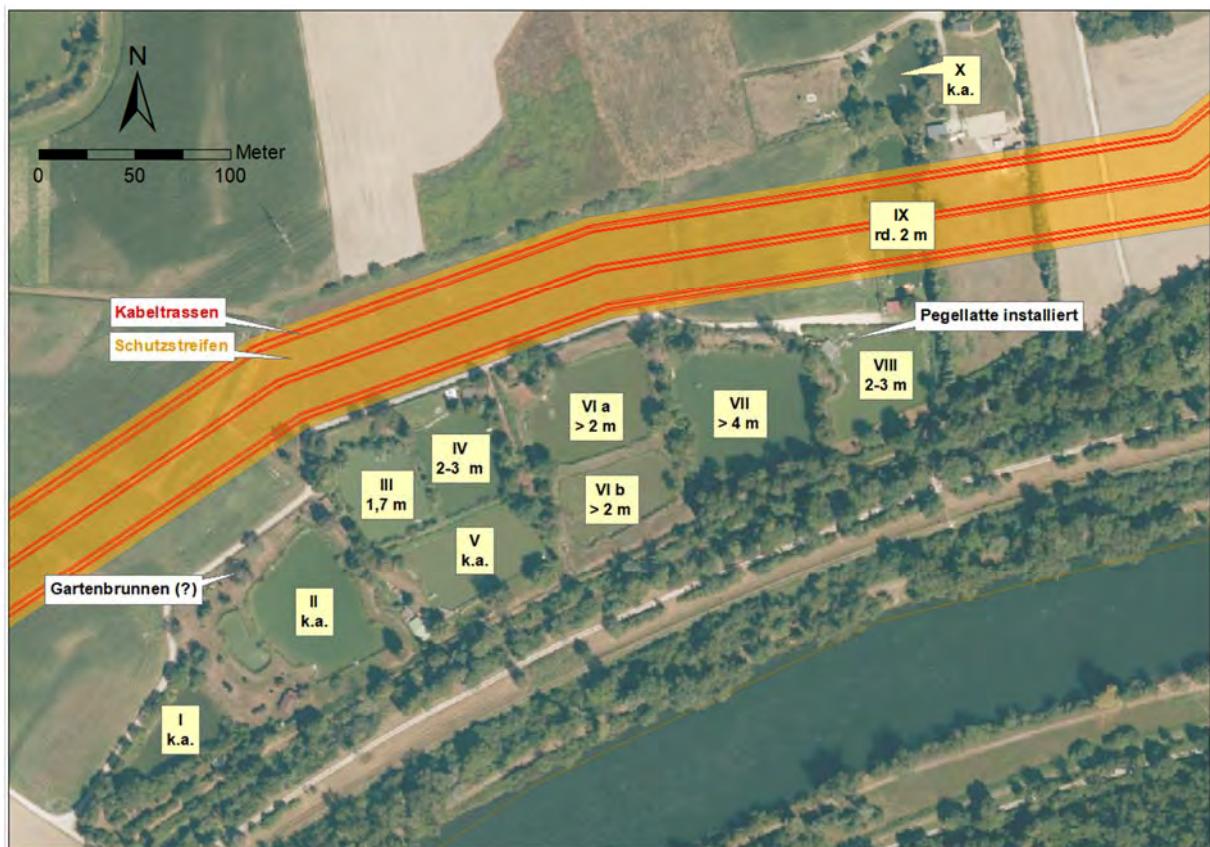


Abbildung 29: Lageplan Fisch-/Freizeitteiche

Weiher I bis VIII

Die vorstehend erläuterten analytischen und numerischen Modellrechnungen zeigen, dass während der Umspundung des Bauabschnitts II ohne Abhilfemaßnahmen im unterstromigen Schatten der Spundwand eine Grundwasserabsenkung von 0,1 bis 0,3 m zu erwarten ist. Diese wird sich aufgrund der geringen Kolmation unmittelbar auf die Pegelstände der Weiher auswirken. Für den Fall, dass während der Bauausführung allgemein hohe Grundwasserstände vorherrschen, ist diese temporäre Absenkung wenig problematisch, da sie im natürlichen Schwankungsbereich der Weiherpegel liegt. Für den Fall niedriger (Grund-)Wasserstände während der Bauausführung entspricht eine Absenkung um 0,3 m bei einer geringen Wassertiefe von 1,7 m (Eigentümerangabe Weiher III) einer Reduzierung der Wassertiefe um rd. 20 %.

Zur Verminderung der Absenkung (und des spundwand-oberstromigen Aufstau) kann eine bauzeitliche Grundwasserüberleitung mittels oberstromiger Absenkbrunnen und unterstromiger Schluckbrunnen unmittelbar außerhalb des Spundwandverbaus installiert werden. Die Berechnungen zeigen, dass die Absenkung damit auf < 0,2 m verringert wird.

Weiher IX

Der Weiher Nr. IX wird von der geplanten Kabeltrasse gequert. Da aus bautechnischen Gründen keine Alternative zur offenen Grabenbauweise besteht, muss der Weiher bauzeitlich entleert werden. Nach Fertigstellung der Rohrbettung wird die Weihersohle und -böschung wieder aus dem zwischengelagerten Aushubmaterial hergestellt. Mit dem Ziehen des Spundwandverbau und Einstellung der Bauwasserhaltung wird sich der Weiher wieder dem Grundwasserniveau entsprechend füllen. Die derzeitige Wassertiefe beträgt lt. Eigentümer rd. 2 m. Bis zu dieser Tiefe wird der Teich nach Beendigung der Baumaßnahme wieder hergestellt.

Weiher X

Der Weiher X liegt oberstromig des geplanten Spundwandverbau und damit im Aufstaubereich von rd. 0,6 m. Ohne Überleitungsmaßnahmen könnte bei hohen Grundwasserständen der Teichpegel bis nahe an die Böschungsoberkante reichen. Mit Hilfe einer bauzeitlichen Grundwasserüberleitung wird der oberstromige Aufstau weitestgehend auf < 0,3 m reduziert.

Allgemein / Endzustand

Nach dem Ziehen des Spundwandverbau ist der Grundwasserzustrom zu den Weihern wieder weitestgehend ungestört. Der geringe Eingriff der Kabelrohre bei hohen Grundwasserständen hat auf die Pegelstände der Teiche keinen messbaren Einfluss.

Empfehlung zur Beweissicherung

Es wird empfohlen, ergänzend zur kontinuierlichen Grundwasserbeweissicherung an einigen Weihern Pegellatten zu installieren, auf [m ü. NN] einzumessen und bereits im Vorfeld der Baumaßnahme unbeeinflusste Pegelstände unterschiedlicher hydraulischer Zustände (HW und NW) als Referenzpegelstände aufzunehmen. Während der Bauzeit des Bauabschnitts II (Umspundung) wird eine kontinuierliche Erfassung des Pegelstandes an zumindest zwei Weiher (Weiher X, oberstromig und Weiher VII oder VIII, unterstromig) empfohlen.

Im Rahmen des Ortstermins am 14.06.2023 wurde festgestellt, dass am Nordufer des Weiher II ein möglicherweise zur Gartenbewässerung verwendeter Grundwasserbrunnen existiert und am Weiher VIII eine fest installierte Pegellatte vorhanden ist. Diese Messpunkte könnten für die Beweissicherung verwendet werden.

10.2 Wärmepumpenbetreiber

In der Abbildung 30 sind die derzeit erfassten Grundwasserwärmepumpenbetreiber in Ohu, Ober- und Unterahrain eingetragen.

Die geringste Entfernung einer Anlage zur Kabeltrasse beträgt rd. 180 m (im Bauabschnitt III). Bei MHW ist in diesem Abschnitt eine bauzeitliche Absenkung um rd. 1 m erforderlich. Die Anlage liegt außerhalb der Reichweite der 10-cm-Restabsenkung. Für niedrigere Grundwasserstände erübrigत sich damit die Reichweitenbestimmung.

Im Endzustand sind keine messbaren Auswirkungen zu erwarten.

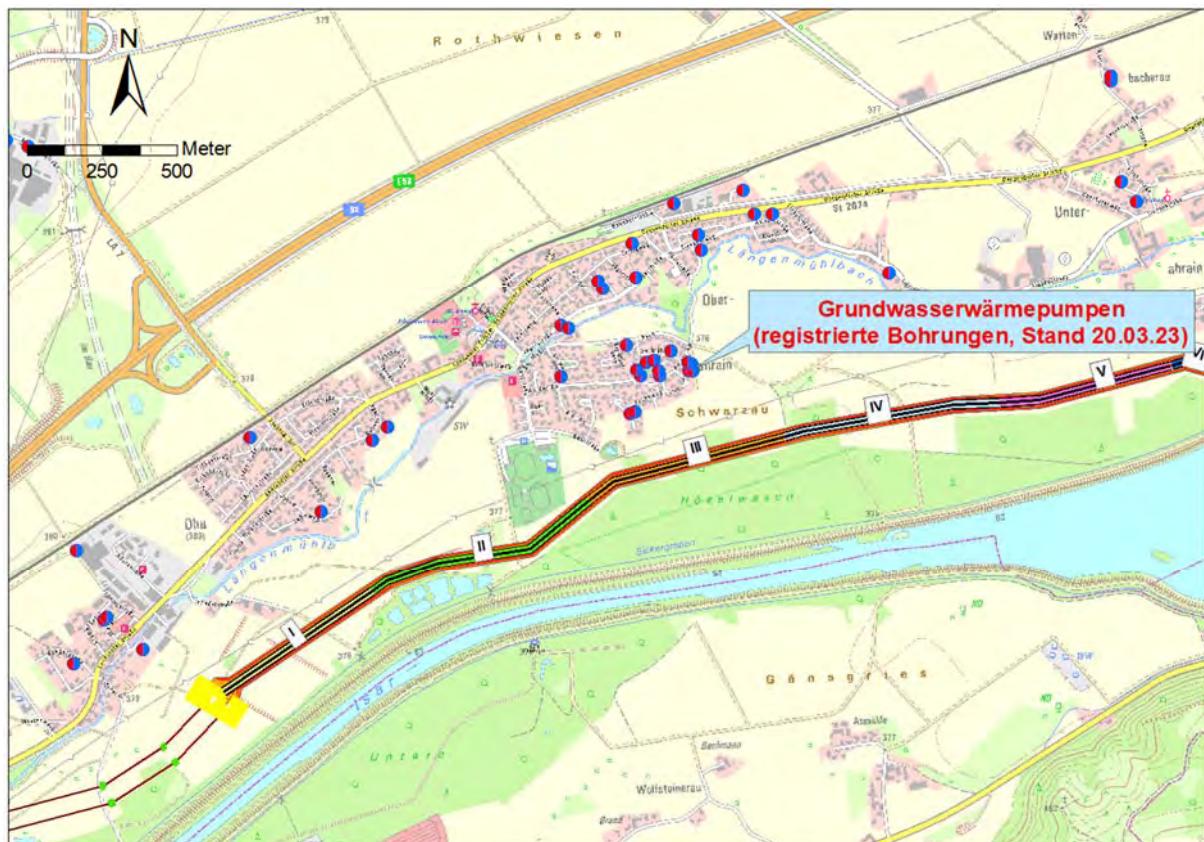


Abbildung 30: Lageplan Wärmepumpen-Betreiber

10.3 Trinkwasserschutzgebiet / Überschwemmungsgebiet

10.3.1 KÜA Ohu

Überschwemmungsgebiet

Die KÜA Ohu liegt mit rd. 30 m² im Überschwemmungsgebiet (siehe Abbildung 6 und Abbildung 31). Von Seiten des Vorhabenträgers wurde die Lage der KÜA unter Berücksichtigung der einschränkenden Verhältnisse (Abstand zur bestehenden Wohnbebauung im Norden und Überschwemmungsgebiet im Süden) auf die nun geplante Position optimiert. Der o.g. Eingriff in das Überschwemmungsgebiet ist aufgrund des sehr geringen Umfang als vernachlässigbar zu bewerten. Die betroffene Fläche dürfte im Bereich der Bestimmungsgenauigkeit der Grenzlinie der Überschwemmungsfläche liegen.

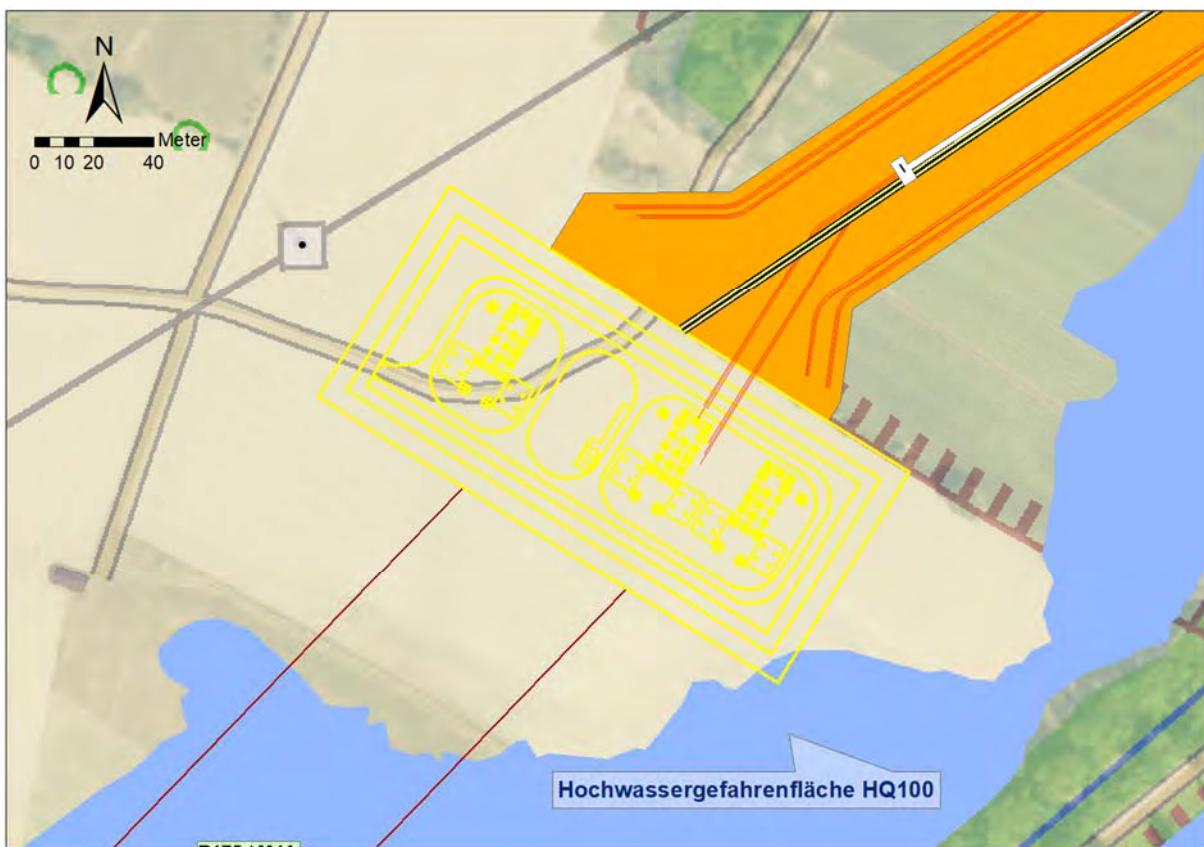


Abbildung 31: KÜA Ohu – HQ₁₀₀-Überschwemmungsgebiet

Trinkwasserschutzgebiet

In der Abbildung 34 ist der Umgriff des Trinkwasserschutzgebietes Ohu dargestellt. Die Trinkwasserfassungen befinden sich oberstromig der geplanten Trasse im Freileitungsabschnitt. Die geringste Entfernung der Schutzgebietsgrenze (SZ III-A) zur KÜA Ohu beträgt rd. 260 m. Damit liegt die Schutzgebietsgrenze außerhalb der bauzeitlichen 10-cm-Restabsenkung aus dem Bauabschnitt I (Absenkung bei MHW rd. 2 m).

Die Brunnen der Trinkwasserversorgung Ohu erschließen das tertiäre Grundwasservorkommen, das im Ruhezustand eine höhere (gespannte) Potenzialhöhe aufweist, als der quartäre Grundwasserstand.

In der Abbildung 32 sind beispielhaft die Grundwasserstandsganglinien der Q/T-Doppelmessstellen GWM15519-Q und GWM007-T für den Zeitraum September 2023 bis März 2024 dargestellt (Lage dieser Messstellen in Abbildung 34).

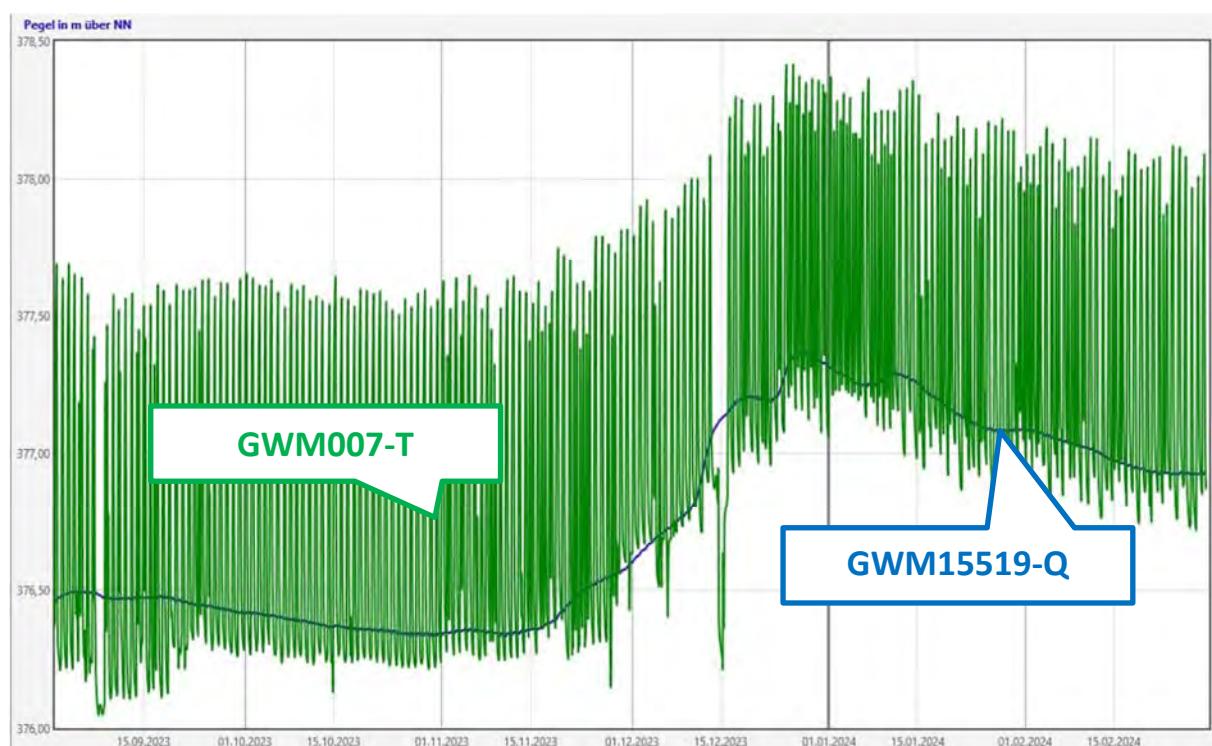


Abbildung 32: Ganglinien der Grundwasserstände Quartär und Tertiär im Einzugsgebiet der WV Ohu

Grundsätzlich wird durch eine quartäre Grundwasserabsenkung der Bauwasserhaltung die Potenzialdifferenz [Tertiär-Quartär] erhöht, womit eine zusätzliche Sicherheit vor einem Schadstoffeintritt in den tertiären Grundwasserleiter erzeugt wird.

Aus den dargestellten Ganglinien ist ersichtlich, dass der quartäre Grundwasserstand durch die täglichen Betriebsphasen der Brunnenpumpen nicht beeinflusst wird und mithin eine hydraulische Trennung zwischen quartärem und tertiärem Grundwasserleiter besteht. Das Bohrprofil der Grundwassermessstelle GWM 1 zeigt repräsentativ einen 5,6 m mächtigen Stauerhorizont /Ton, schluffig, feinsandig) zwischen Quartär und Tertiär.

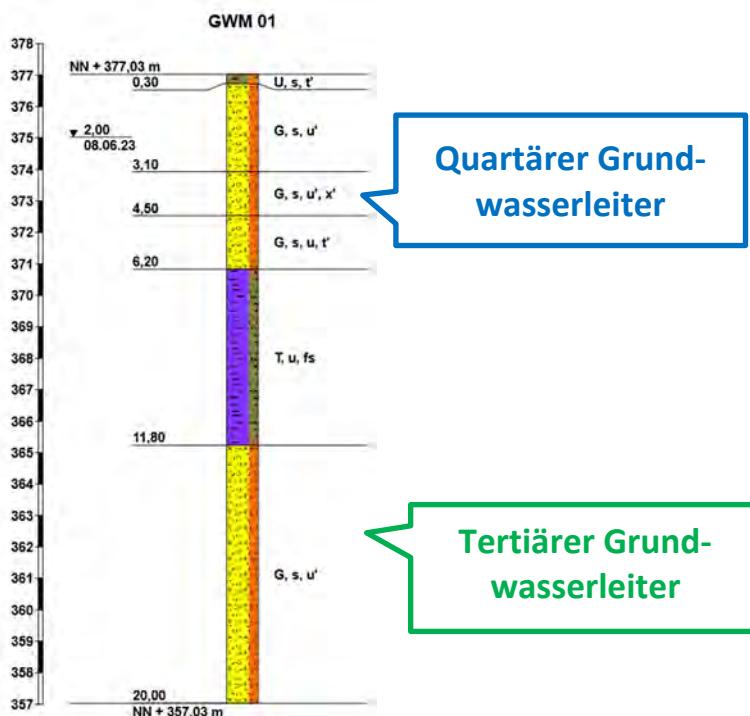


Abbildung 33: Bohrprofil GWM 1

10.3.2 Maststandorte

Überschwemmungsgebiet

Insgesamt sieben Maste der Freileitung liegen im festgesetzten Überschwemmungsgebiet (siehe Abbildung 6). Entsprechend den vorliegenden Gründungsempfehlungen werden die Maste voraussichtlich auf Plattenfundamenten (rd. 15 x 15 m) mit Gründungstiefen bis rd. 2,1 m u. GOK gegründet. Oberirdisch ragen an den vier Mastfüßen jeweils „Betonmanschet-ten“ aus dem Untergrund, welche pro Mast eine Fläche von rd. 8,4 m² beanspruchen und ein geringfügiges Abflusshindernis darstellen.

Abhängig von der lokalen Wassertiefe HQ₁₀₀ verursacht der Eingriff einen geringfügigen Verlust an Retentionsraum. Die exakten Werte hierfür sind zum derzeitigen Planungsstand nicht anzugeben und werden im Zuge der Bauausführungsplanung konkretisiert.

Nach einer Abschätzung würde bei einer angenommenen mittleren Wassertiefe von rd. 0,5 m der Verlust ein Volumen von 7 x 4,2 m³ = rd. 30 m³ verursachen.

Trinkwasserschutzgebiet

Zwei der geplanten Maststandorte liegen innerhalb der Schutzzone III-A des Trinkwasserschutzgebietes. Hinsichtlich der hydraulischen Auswirkungen der bei hohen Grundwasserständen erforderlichen geringfügigen Bauwasserhaltung im quartären Stockwerk gilt grundsätzlich das oben Gesagte (KÜA Ohu).

Für die Bauausführungen sind die Vorschriften der entsprechenden Regelwerke und Richtlinien für Arbeiten in Trinkwasserschutzgebieten zu beachten.

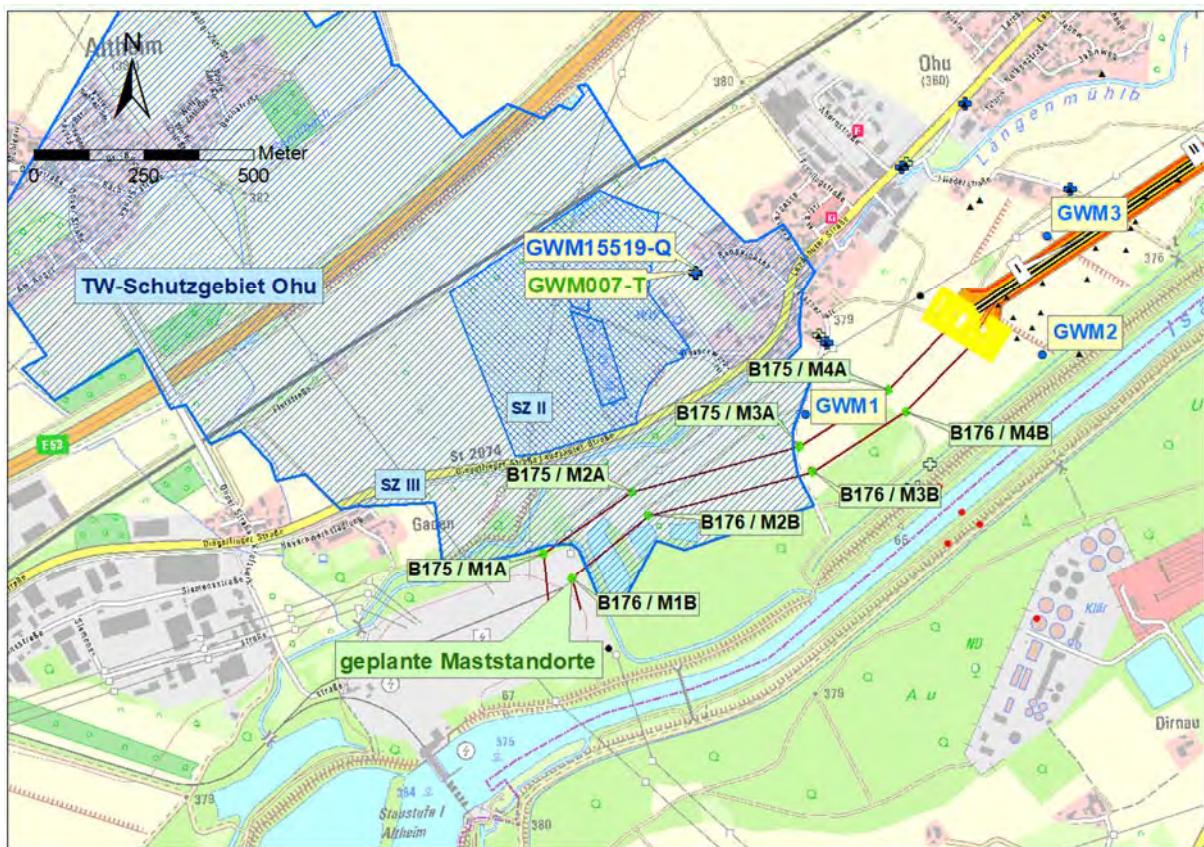


Abbildung 34: Lageplan Trinkwasserschutzgebiet WV Ohu

10.4 Fazit

Im Endzustand nach Fertigstellung der erdverlegten Rohre und Ziehen von bauzeitlichen Umspundungen sind keine schädlichen hydraulischen Auswirkungen auf Schutzgüter und weitere Grundwassernutzungen zu besorgen.

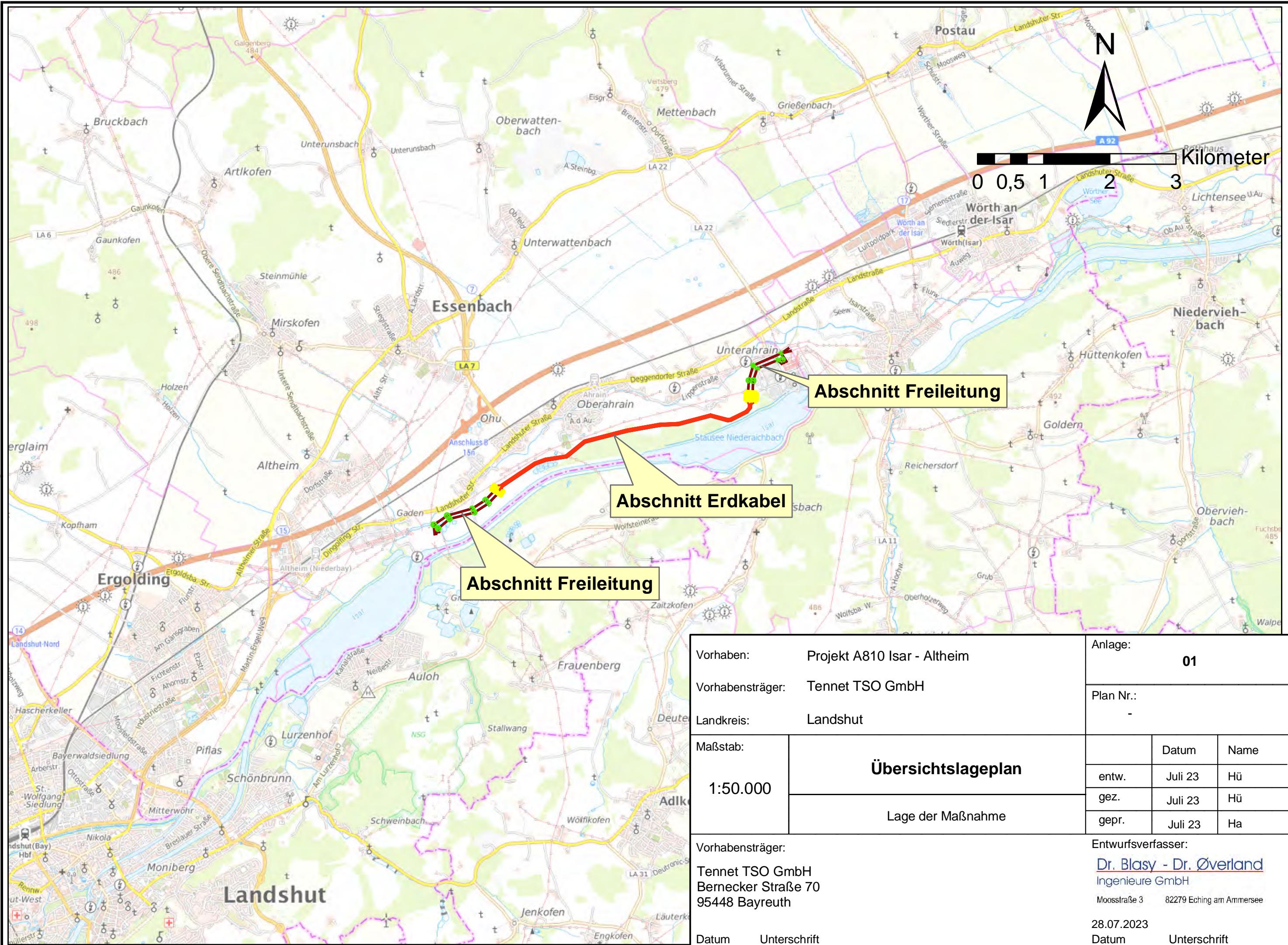
Eching am Ammersee, den 24.05.2024

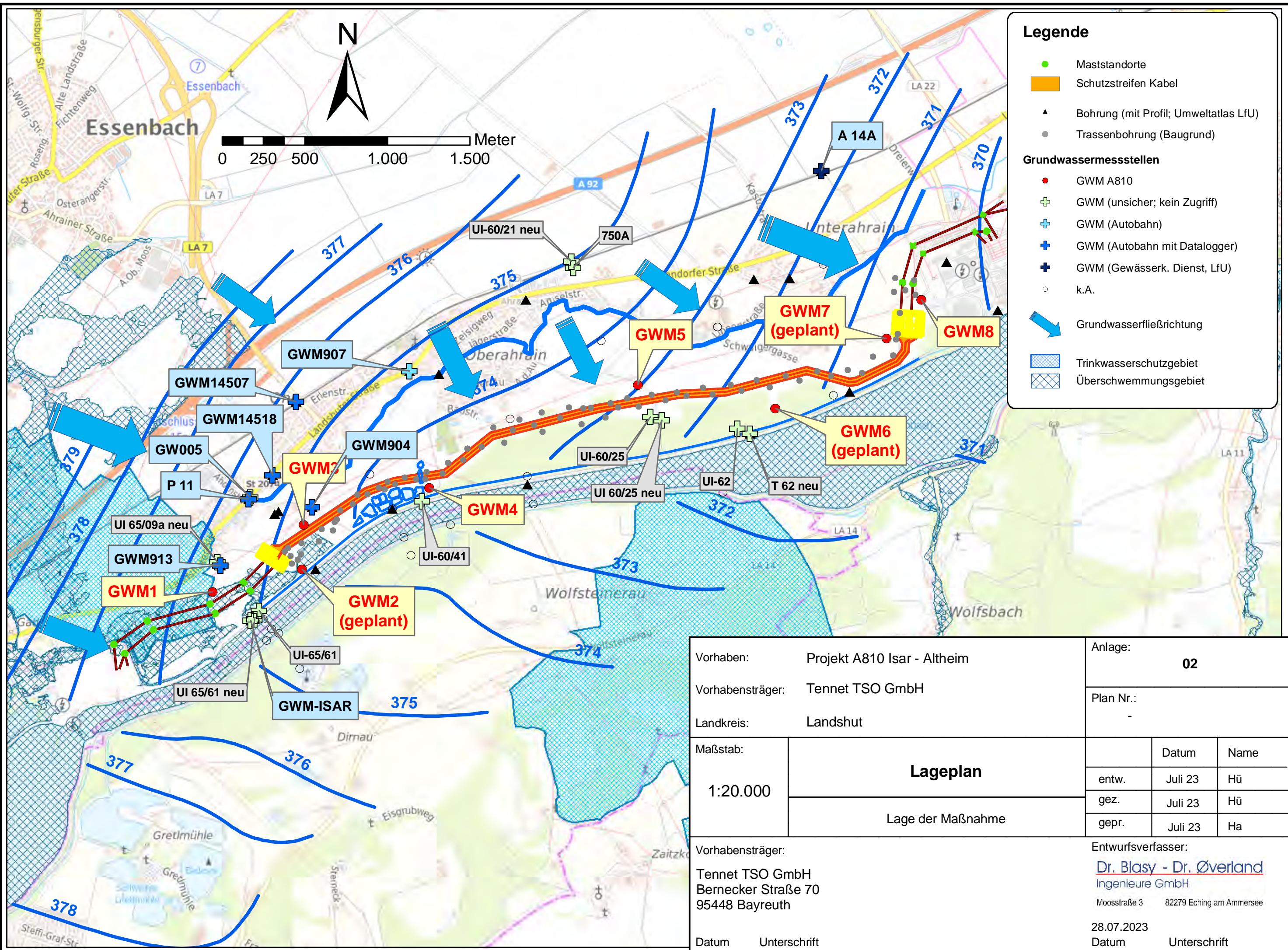
Dr. Blasy – Dr. Øverland
Ingenieure GmbH

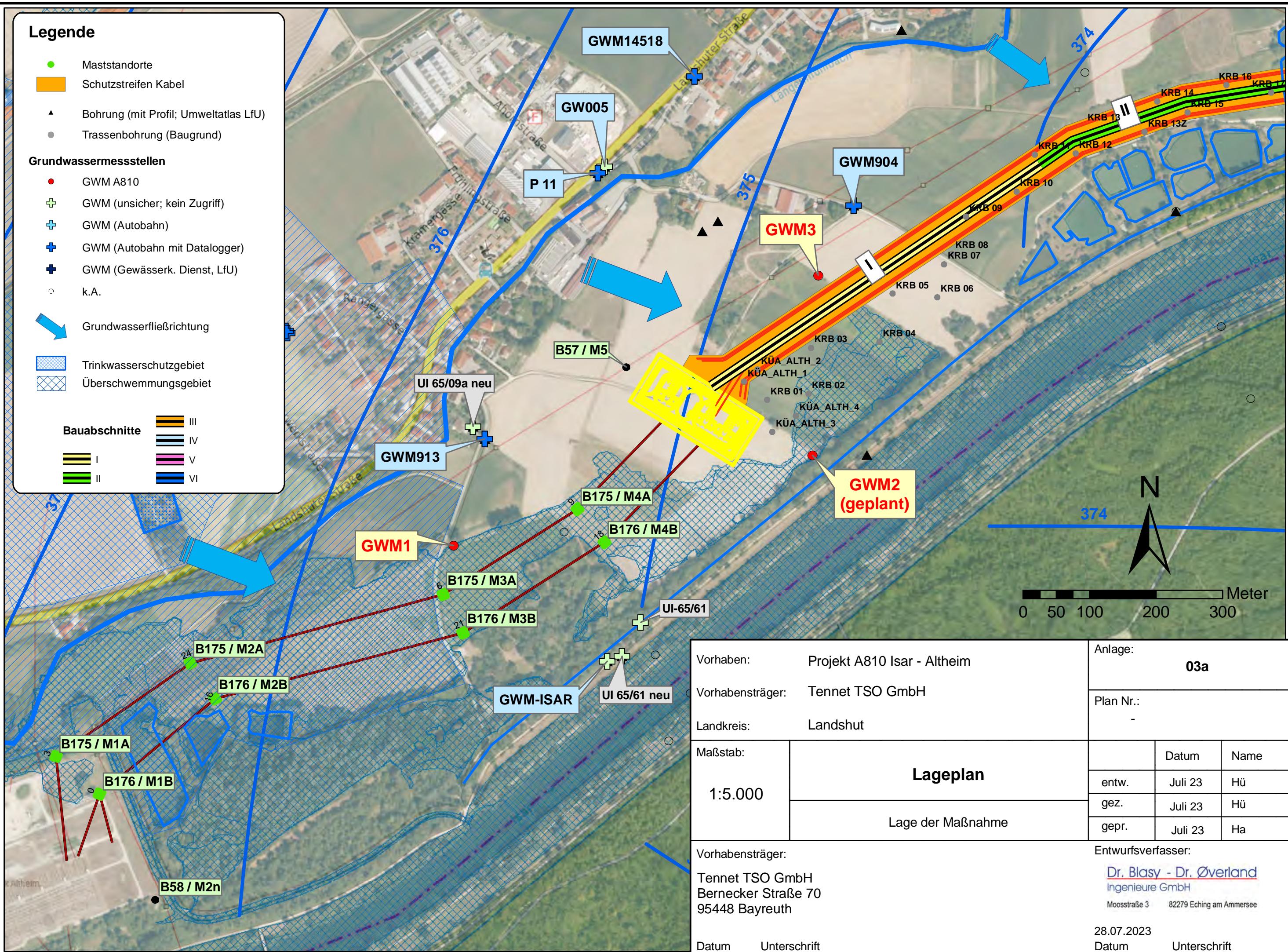
K. Hanke
i.V. Knut Hanke
Dipl.-Geol.

S. Hülmeyer

i.A. Dr. Stefan Hülmeyer
Dipl.-Geol.







Legende

- Schutzstreifen Kabel
 - ▲ Bohrung (mit Profil; Umweltatlas LfU)
 - Trassenbohrung (Baugrund)

Grundwassermessstellen

- GWM A810
 - + GWM (unsicher; kein Zugriff)
 - + GWM (Autobahn)
 - + GWM (Autobahn mit Datalogger)
 - + GWM (Gewässerk. Dienst, LfU)

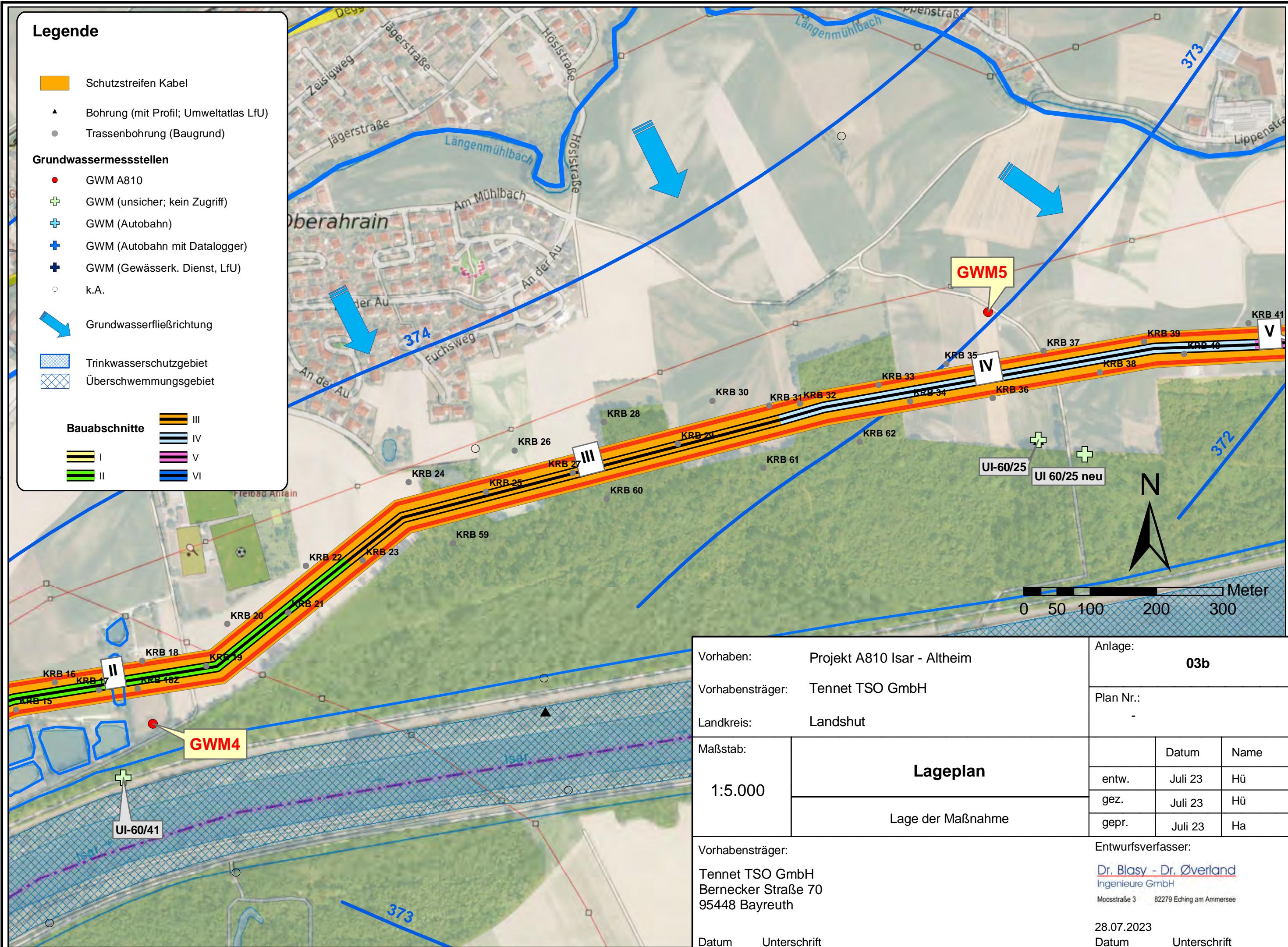
Grundwasserfließrichtung

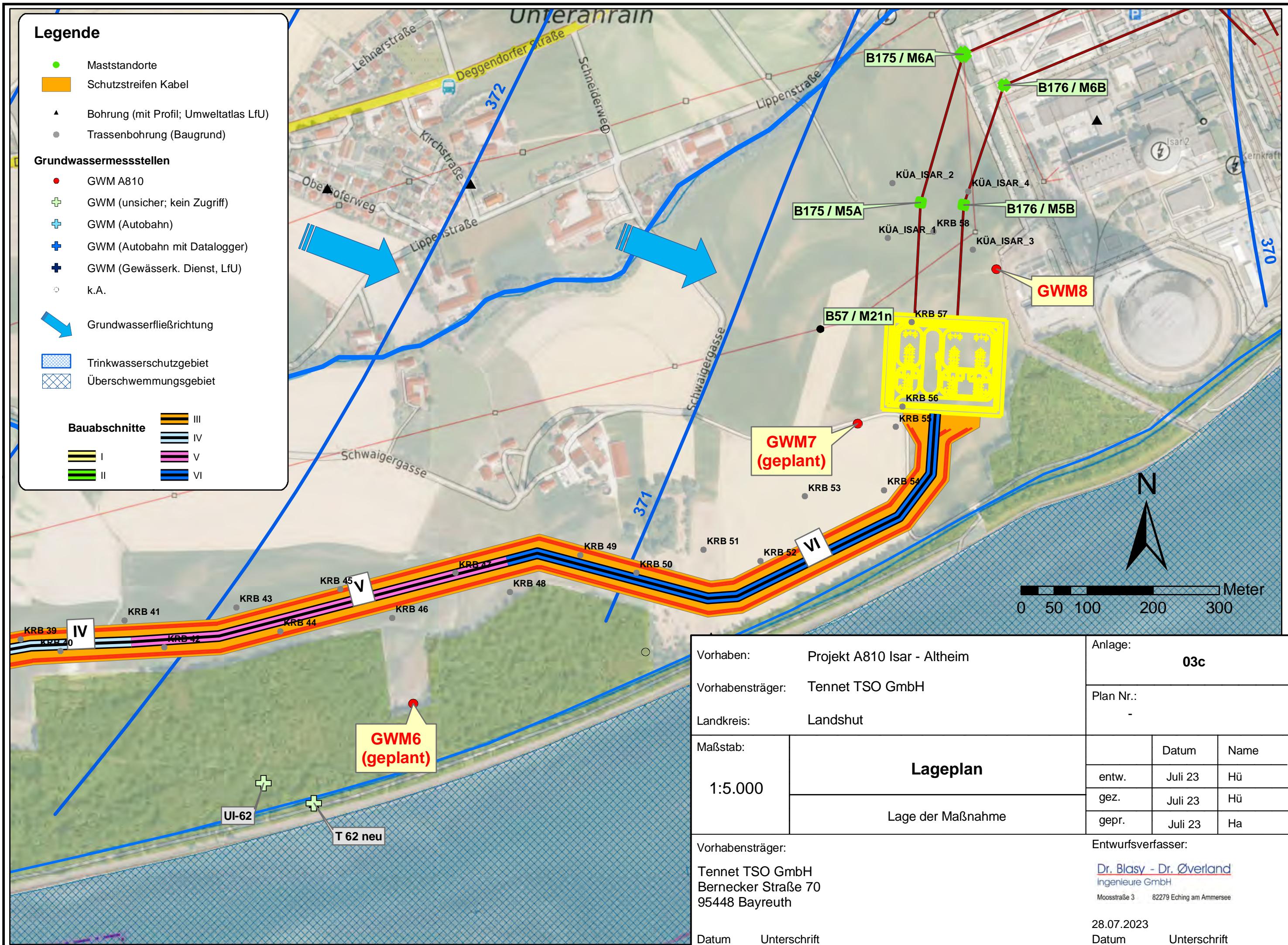


Trinkwasserschutzgebiet

Bauchschnitte

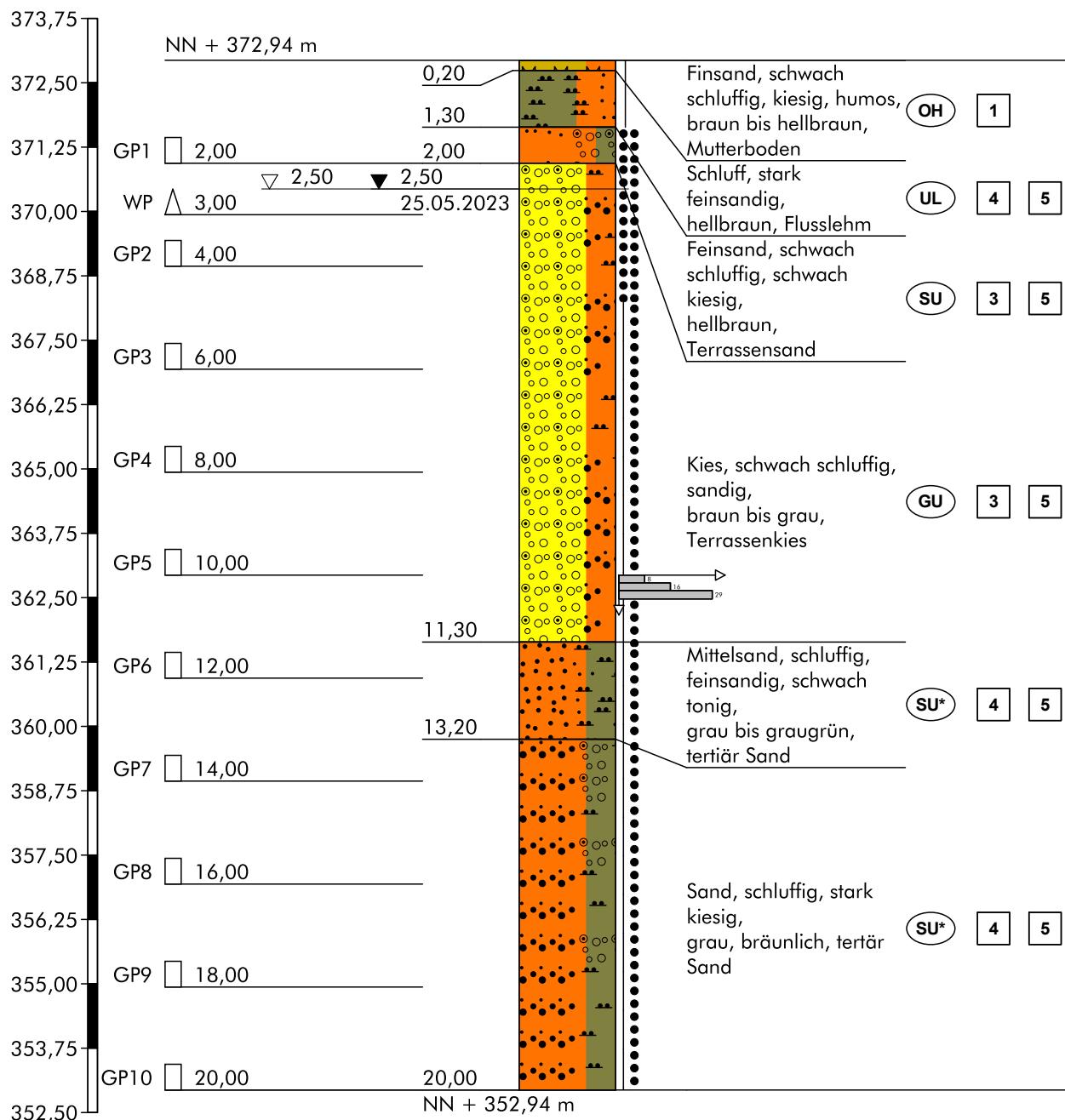
- | Bauabschnitte | III |
|---------------|-----|
| I | III |
| II | IV |
| III | V |
| IV | VI |





Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

B57/M 21n



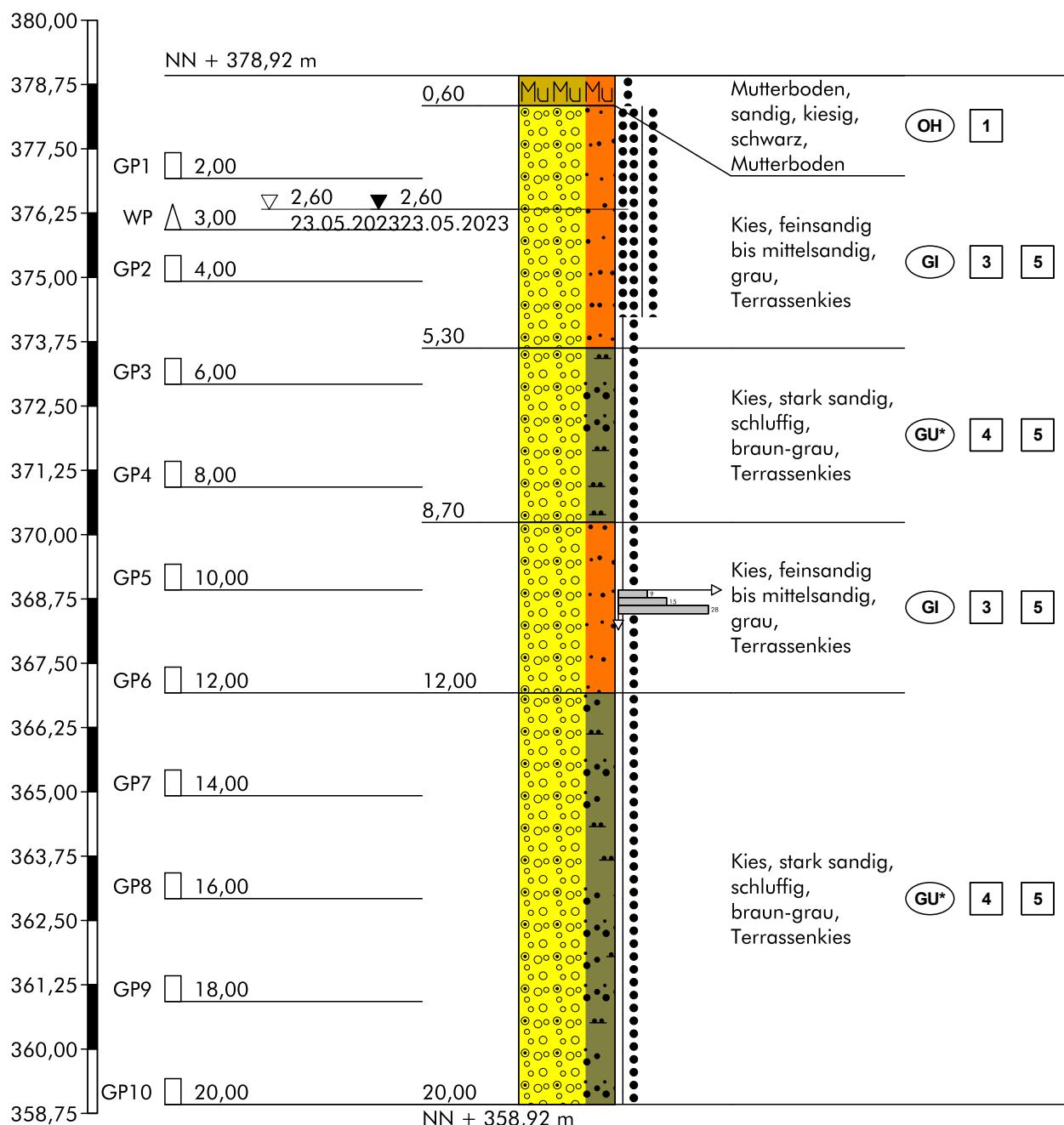
Höhenmaßstab 1:125

Hinweis:

Die im Schichtenverzeichnis und Profil dargestellten Baugrundverhältnisse basieren auf einem punktuellen Aufschluss gemäß DIN 4020. Die dargestellte Grundwassersituation ist für den Zeitpunkt der Erkundung repräsentativ, die Grundwasserstände schwanken allerdings im Jahresverlauf. Sollten im Rahmen der Bauausführung von der Erkundung abweichende Verhältnisse angetroffen werden, so ist der Baugrundgutachter zu konsultieren.

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

B58/M 2n



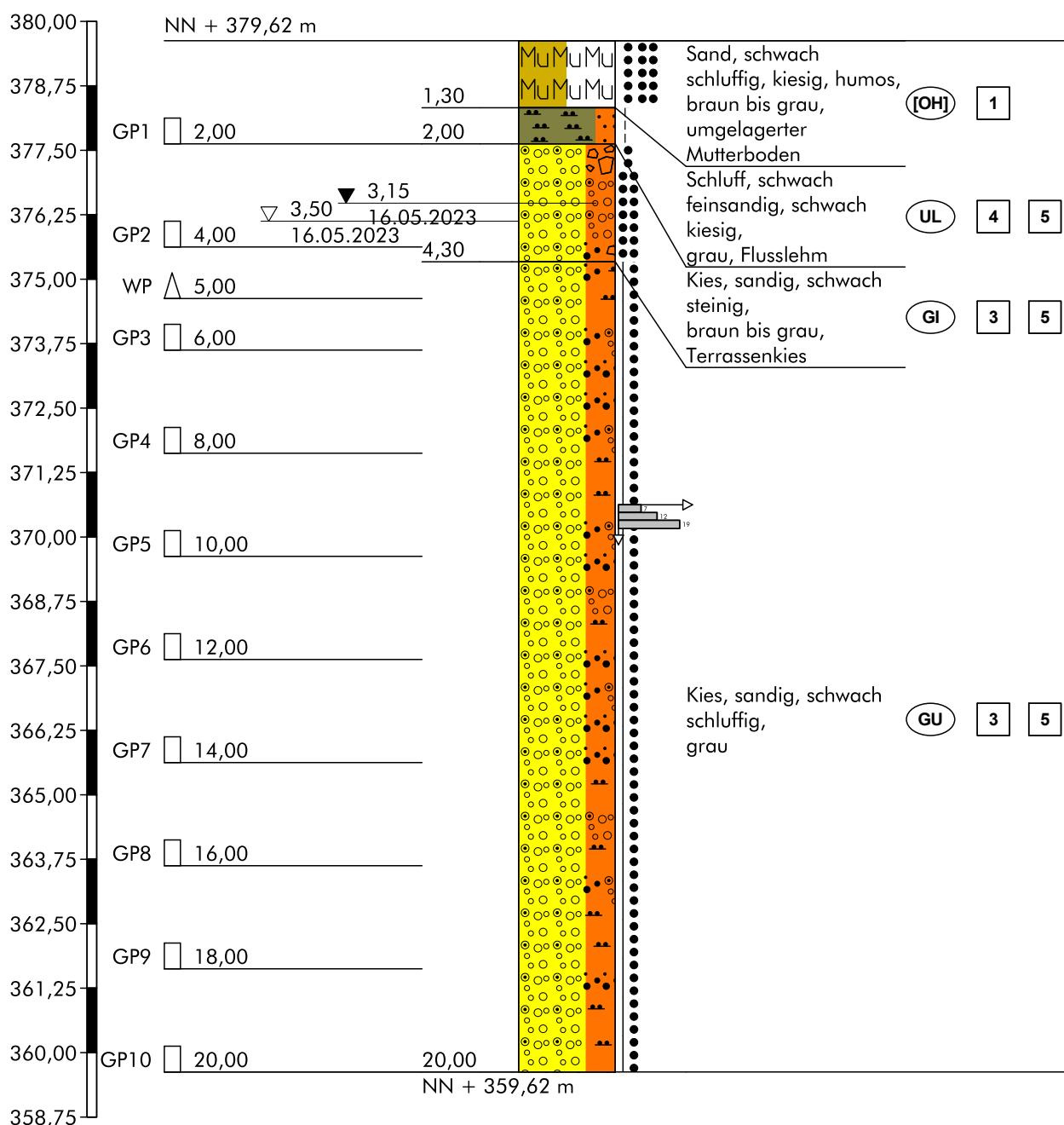
Höhenmaßstab 1:125

Hinweis:

Die im Schichtenverzeichnis und Profil dargestellten Baugrundverhältnisse basieren auf einem punktuellen Aufschluss gemäß DIN 4020. Die dargestellte Grundwassersituation ist für den Zeitpunkt der Erkundung repräsentativ, die Grundwasserstände schwanken allerdings im Jahresverlauf. Sollten im Rahmen der Bauausführung von der Erkundung abweichende Verhältnisse angetroffen werden, so ist der Baugrundgutachter zu konsultieren.

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

B175/M 1A



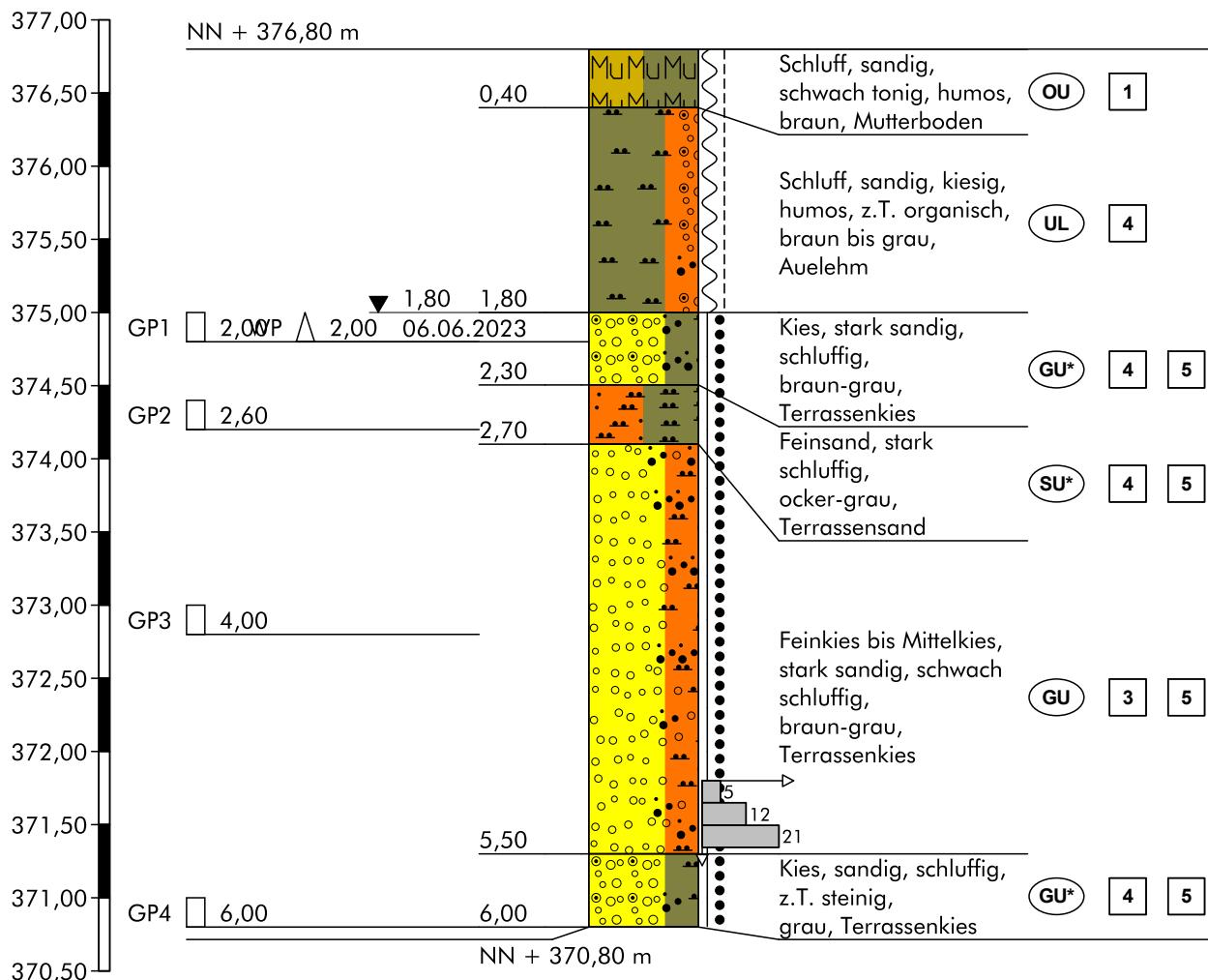
Höhenmaßstab 1:125

Hinweis:

Die im Schichtenverzeichnis und Profil dargestellten Baugrundverhältnisse basieren auf einem punktuellen Aufschluss gemäß DIN 4020. Die dargestellte Grundwassersituation ist für den Zeitpunkt der Erkundung repräsentativ, die Grundwasserstände schwanken allerdings im Jahresverlauf. Sollten im Rahmen der Bauausführung von der Erkundung abweichende Verhältnisse angetroffen werden, so ist der Baugrundgutachter zu konsultieren.

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

B175/M 2A



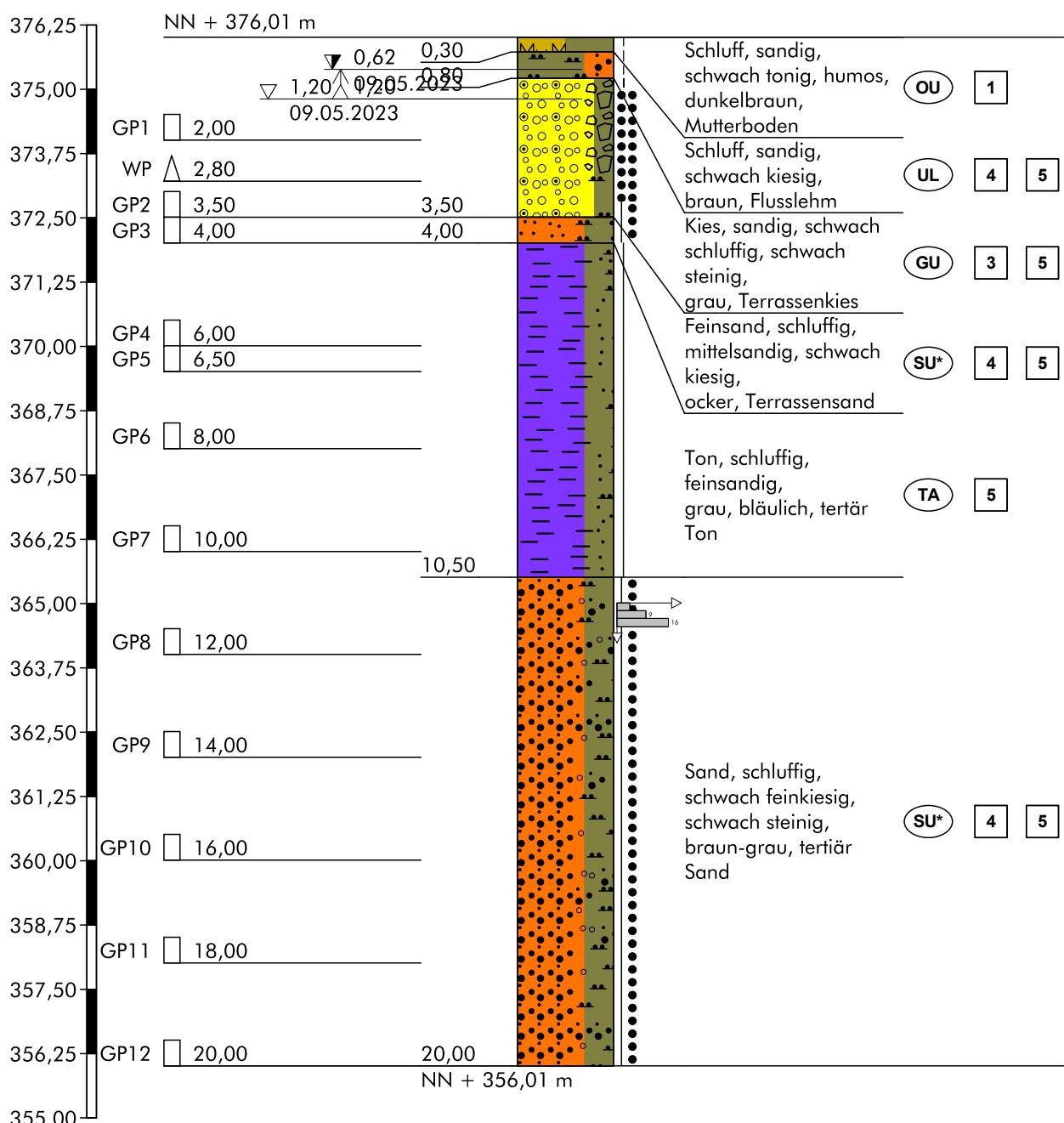
Höhenmaßstab 1:50

Hinweis:

Die im Schichtenverzeichnis und Profil dargestellten Baugrundverhältnisse basieren auf einem punktuellen Aufschluss gemäß DIN 4020. Die dargestellte Grundwassersituation ist für den Zeitpunkt der Erkundung repräsentativ, die Grundwasserstände schwanken allerdings im Jahresverlauf. Sollten im Rahmen der Bauausführung von der Erkundung abweichende Verhältnisse angetroffen werden, so ist der Baugrundgutachter zu konsultieren.

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

B175/M 3A



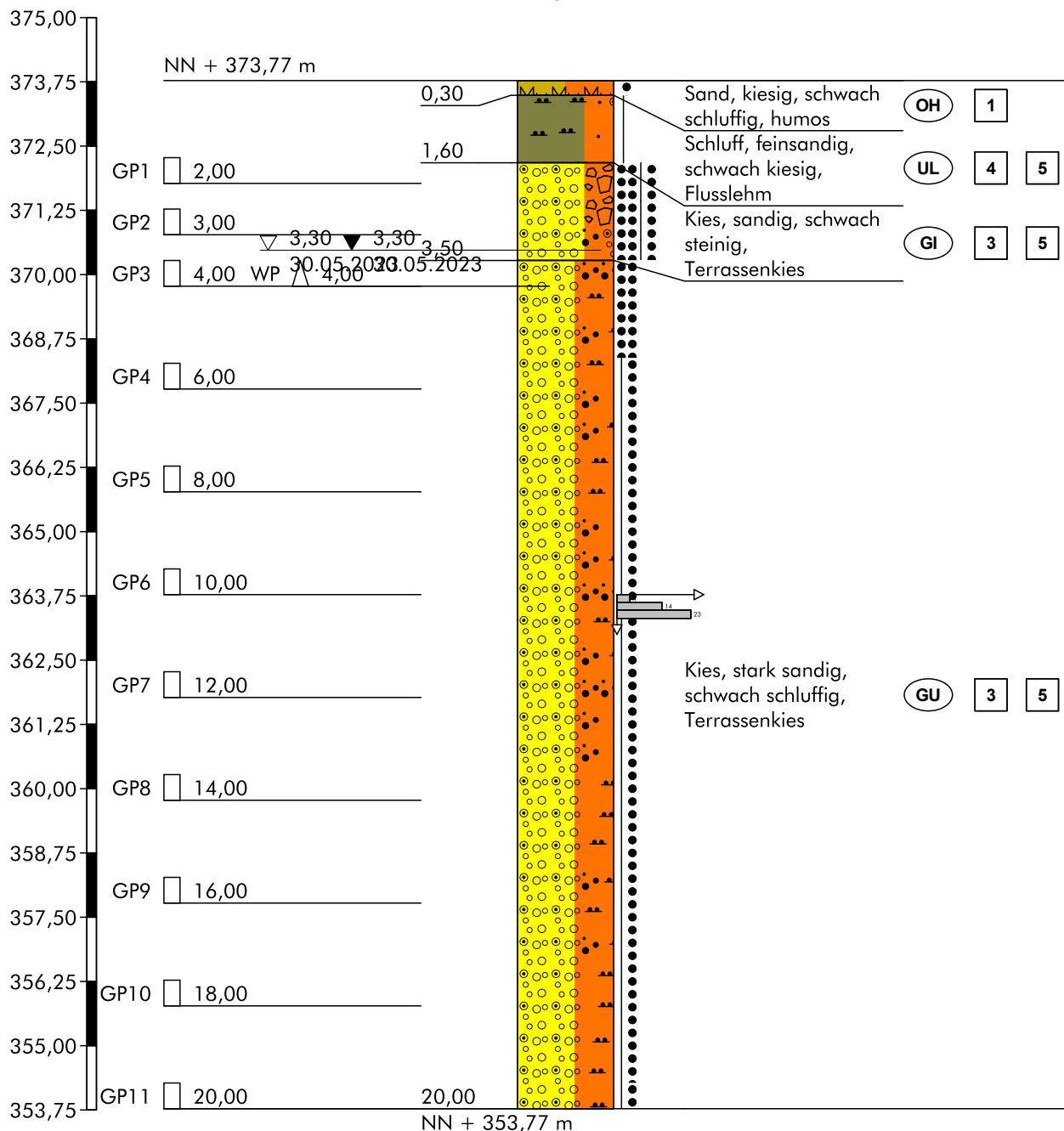
Höhenmaßstab 1:125

Hinweis:

Die im Schichtenverzeichnis und Profil dargestellten Baugrundverhältnisse basieren auf einem punktuellen Aufschluss gemäß DIN 4020. Die dargestellte Grundwassersituation ist für den Zeitpunkt der Erkundung repräsentativ, die Grundwasserstände schwanken allerdings im Jahresverlauf. Sollten im Rahmen der Bauausführung von der Erkundung abweichende Verhältnisse angetroffen werden, so ist der Baugrundgutachter zu konsultieren.

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

B175/M 5A



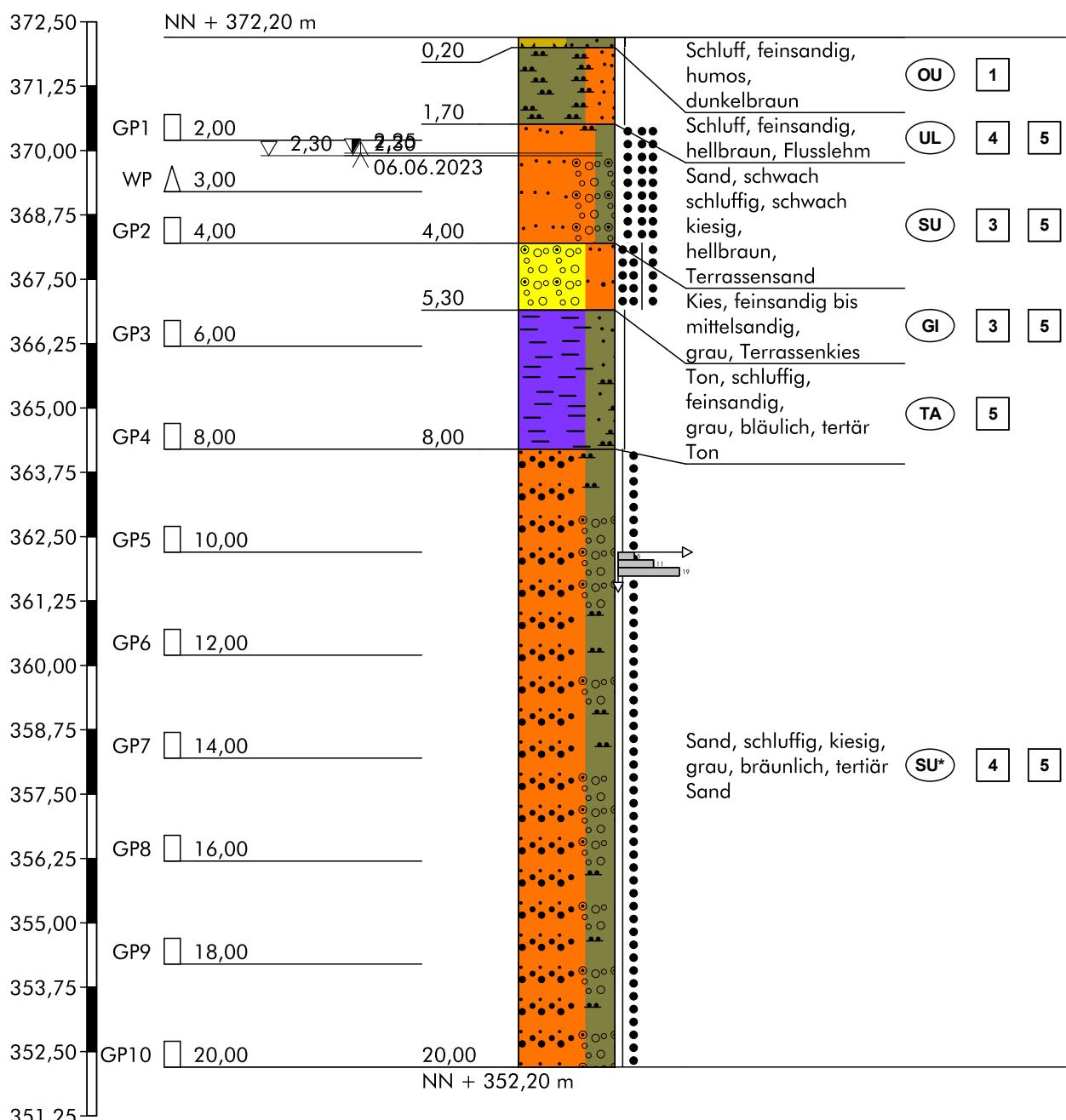
Höhenmaßstab 1:125

Hinweis:

Die im Schichtenverzeichnis und Profil dargestellten Baugrundverhältnisse basieren auf einem punktuellen Aufschluss gemäß DIN 4020. Die dargestellte Grundwassersituation ist für den Zeitpunkt der Erkundung repräsentativ, die Grundwasserstände schwanken allerdings im Jahresverlauf. Sollten im Rahmen der Bauausführung von der Erkundung abweichende Verhältnisse angetroffen werden, so ist der Baugrundgutachter zu konsultieren.

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

B175/M 7A



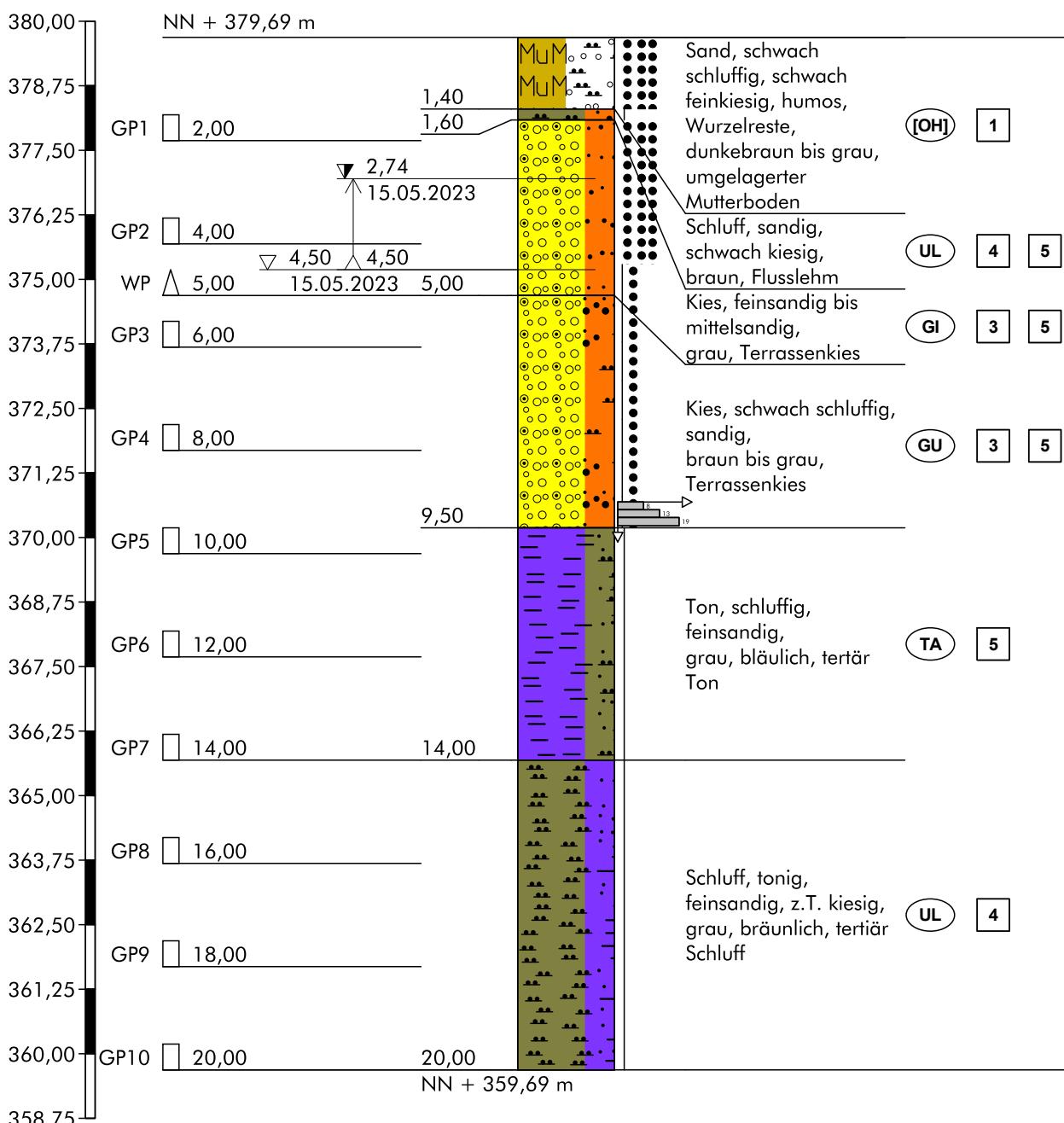
Höhenmaßstab 1:125

Hinweis:

Die im Schichtenverzeichnis und Profil dargestellten Baugrundverhältnisse basieren auf einem punktuellen Aufschluss gemäß DIN 4020. Die dargestellte Grundwassersituation ist für den Zeitpunkt der Erkundung repräsentativ, die Grundwasserstände schwanken allerdings im Jahresverlauf. Sollten im Rahmen der Bauausführung von der Erkundung abweichende Verhältnisse angetroffen werden, so ist der Baugrundgutachter zu konsultieren.

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

B176/M 1B



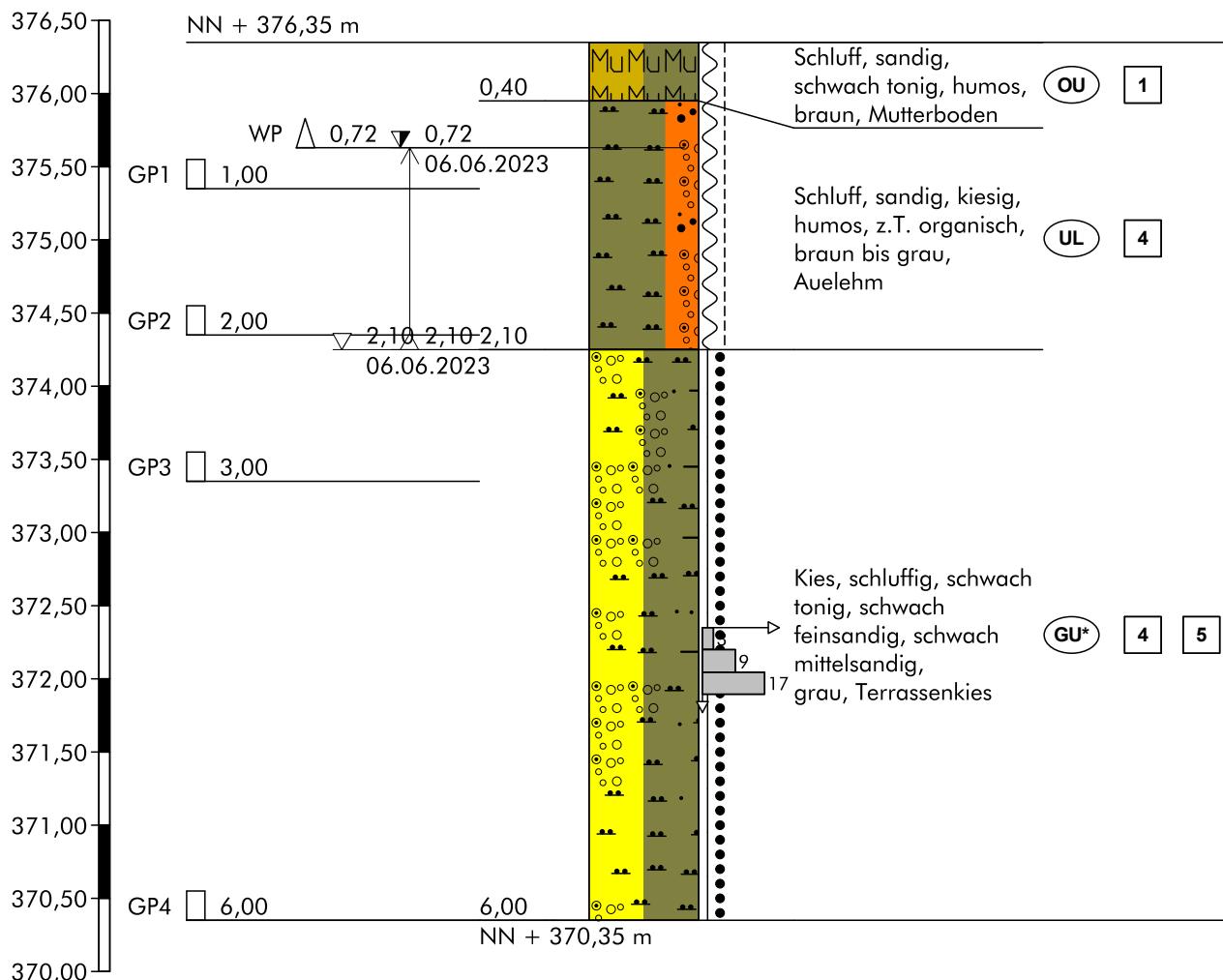
Höhenmaßstab 1:125

Hinweis:

Die im Schichtenverzeichnis und Profil dargestellten Baugrundverhältnisse basieren auf einem punktuellen Aufschluss gemäß DIN 4020. Die dargestellte Grundwassersituation ist für den Zeitpunkt der Erkundung repräsentativ, die Grundwasserstände schwanken allerdings im Jahresverlauf. Sollten im Rahmen der Bauausführung von der Erkundung abweichende Verhältnisse angetroffen werden, so ist der Baugrundgutachter zu konsultieren.

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

B176/M 2B



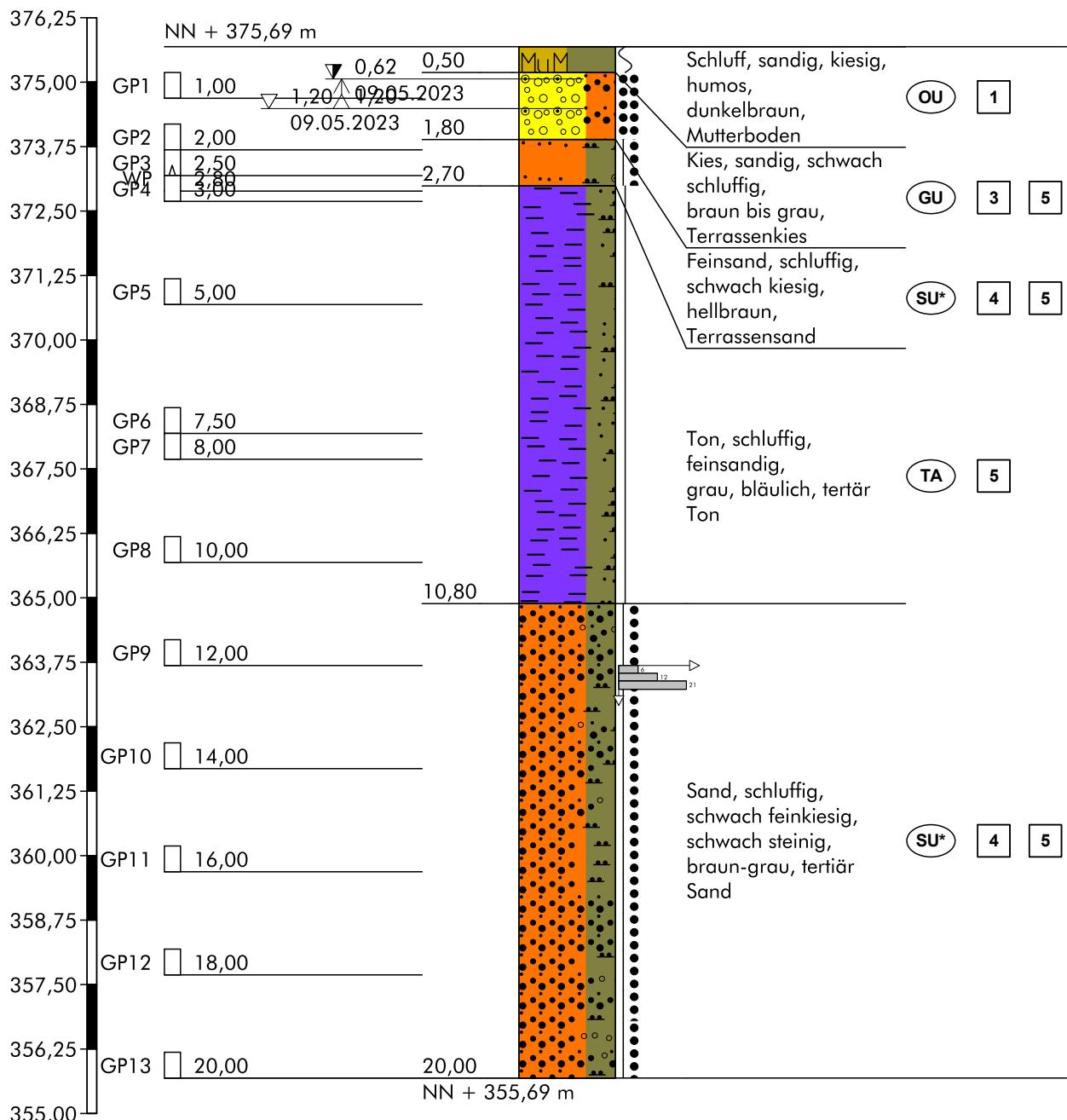
Höhenmaßstab 1:50

Hinweis:

Die im Schichtenverzeichnis und Profil dargestellten Baugrundverhältnisse basieren auf einem punktuellen Aufschluss gemäß DIN 4020. Die dargestellte Grundwassersituation ist für den Zeitpunkt der Erkundung repräsentativ, die Grundwasserstände schwanken allerdings im Jahresverlauf. Sollten im Rahmen der Bauausführung von der Erkundung abweichende Verhältnisse angetroffen werden, so ist der Baugrundgutachter zu konsultieren.

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

B176/M 3B



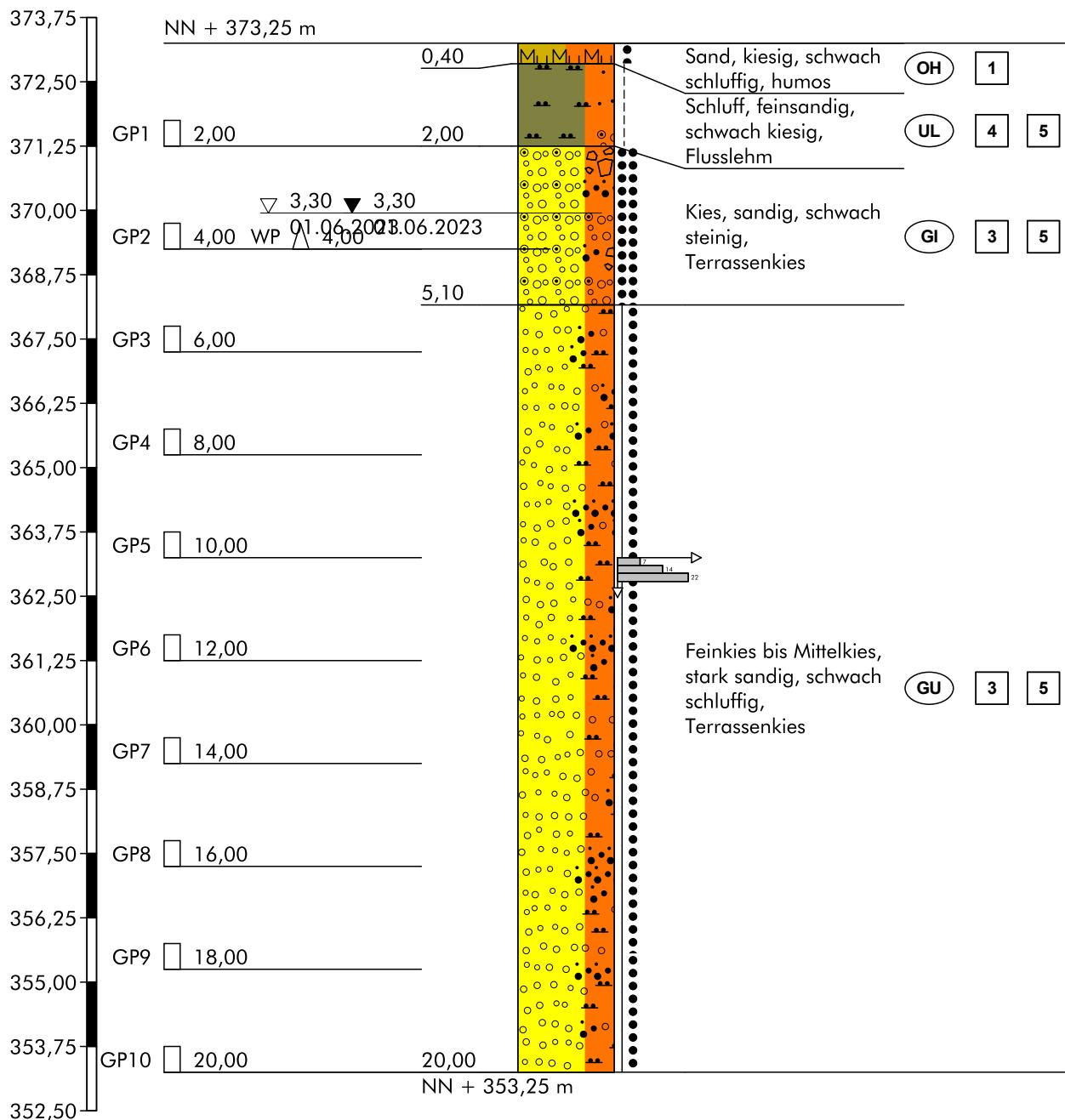
Höhenmaßstab 1:125

Hinweis:

Die im Schichtenverzeichnis und Profil dargestellten Baugrundverhältnisse basieren auf einem punktuellen Aufschluss gemäß DIN 4020. Die dargestellte Grundwassersituation ist für den Zeitpunkt der Erkundung repräsentativ, die Grundwasserstände schwanken allerdings im Jahresverlauf. Sollten im Rahmen der Bauausführung von der Erkundung abweichende Verhältnisse angetroffen werden, so ist der Baugrundgutachter zu konsultieren.

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

B176/M 5B



Höhenmaßstab 1:125

Hinweis:

Die im Schichtenverzeichnis und Profil dargestellten Baugrundverhältnisse basieren auf einem punktuellen Aufschluss gemäß DIN 4020. Die dargestellte Grundwassersituation ist für den Zeitpunkt der Erkundung repräsentativ, die Grundwasserstände schwanken allerdings im Jahresverlauf. Sollten im Rahmen der Bauausführung von der Erkundung abweichende Verhältnisse angetroffen werden, so ist der Baugrundgutachter zu konsultieren.