

# Projektfläche Orleanshöfe, München

## Hydrogeologisches Gutachten

Untersuchung der generellen Grundwassersituation sowie  
Quantifizierung der potenziellen GW-Beeinflussung  
durch die geplanten Baumaßnahmen

Auftraggeber:



**GVG Grundstücks- Verwaltungs- und  
-Verwertungsgesellschaft mbH**

Orleansplatz 9  
81667 München

Auftragnehmer:

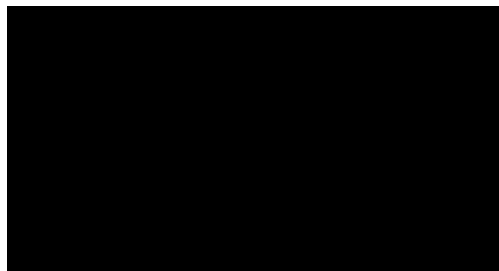


**AQUASOIL Ingenieure & Geologen GmbH**

Joachim-Friedrich-Straße 48  
10711 Berlin

Az.: AS210050

Berlin, den 10.07.2022



## Inhaltsverzeichnis

1.	Vorhaben und Anlass.....	5
1.1.	Untersuchungsgebiet .....	5
1.2.	Aufgabenstellung .....	7
1.3.	Datenbasis .....	7
2.	Hydrogeologische Verhältnisse .....	9
2.1.	Aufbau des Untergrundes .....	9
2.2.	Grundwasserströmungsverhältnisse.....	10
2.2.1.	Messdaten GW-Stände .....	10
2.2.2.	MW-Zustand .....	13
2.2.3.	MHW-Zustand.....	14
2.2.4.	HHW-Zustand .....	15
2.2.5.	Bemessungswasserstände.....	15
3.	Überprüfung des städtebaulichen Entwurfs .....	16
3.1.	3D-Grundwasserströmungsmodell .....	17
3.1.1.	Modellanpassung.....	19
3.1.2.	Modellkalibrierung.....	22
3.2.	Ergebnisse .....	25
3.2.1.	Bebauung mit drei Untergeschossen .....	26
3.2.2.	Einfluss auf die 2. S-Bahn-Stammstrecke .....	27
3.3.	Bewertung .....	28
4.	Zusammenfassung und Fazit.....	30

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1:	Lageplan Orleansshöfe .....	5
Abbildung 1-2:	Längsschnitt und Umriss der Tiefgaragenplanung (entsprechend [U 3] und [U 4] verändert); Anmerkung: der Längsschnitt verläuft mittig der Projektfläche und zeigt die Lichthöfe ohne UG .....	6
Abbildung 2-1:	Ausschnitt des Geotechnischen Längsschnittes Tunnelachse ca. km 110,1+00 bis km 111,1+00 2.SBSS, [U 10].....	10
Abbildung 2-2:	Lage von GW-Messstellen im Umfeld Orleansshöfe .....	11
Abbildung 2-3:	Ganglinien gemessener GW-Stände 2.SBSS GWM im Umfeld Orleansshöfe .....	11
Abbildung 2-4:	Ganglinien gemessener GW-Stände Städtische GWM im Umfeld Orleansshöfe.....	12
Abbildung 2-5:	Ganglinien gemessener GW-Stände (2009 - 2019), GWM im Umfeld Orleansshöfe .	13
Abbildung 2-6:	GWGL HW 1990 im Umfeld Orleansshöfe .....	14
Abbildung 2-7:	GWGL HHW 1940 im Umfeld Orleansshöfe .....	15
Abbildung 3-1:	Vergleich der 2. SBSS-Planungsvarianten PFA 3 Ost und PFA 3neu (gem. [U 8]) ..	16
Abbildung 3-2:	Modellgebiet und -netz: Rot 2. SBSS München; Grün Orleansshöfe, Blau Isar .....	17
Abbildung 3-3:	Überblick der Geomorphologie und Stratigraphie im Modell 2. SBSS mit zehnfacher Überhöhung. Die Isolinien geben die Geländehöhe („Elevation“) an. Die Aquiferbereiche sind im Schnitt grau markiert, Stauer schwarz. Grün: 1. SBSS, Blau: Bauplanung .....	18
Abbildung 3-4:	SW-NE-Schnitt durch die Mitte der Orleansshöfe .....	19
Abbildung 3-5:	Erstellung und Anpassung des Modellnetz im Bereich Orleansshöfe - Implementierung UG-Planung .....	19
Abbildung 3-6:	Darstellung der Tieflage 1. UG bis 3. UG inkl. UK UG <sub>gesamt</sub> mit Bodenplatte .....	20
Abbildung 3-7:	3D-Darstellung der UG-Konstruktion Orleansshöfe im quartären Grundwasserleiter	21
Abbildung 3-8:	Parametrisierung zur Simulation HW <sub>End</sub> im Umfeld Orleansshöfe .....	22
Abbildung 3-9:	Übersicht der Grundwasserneubildung .....	23
Abbildung 3-10:	Übersicht: Simulierte GWGL HW <sub>End</sub> (grün) und GWGL HHW 1940 (hellblau) .....	24
Abbildung 3-11:	Simulierte GWGL HW <sub>End</sub> (grün) und GWGL HHW 1940 (hellblau) im Umfeld der Orleansshöfe .....	24
Abbildung 3-12:	3D-Darstellung der UG-Konstruktion Orleansshöfe mit 2. SBSS (Sicht von SW) .....	25
Abbildung 3-13:	3D-Darstellung der UG-Konstruktion Orleansshöfe mit 2.SBSS (Sicht von NE) .....	25
Abbildung 3-16:	Simulierte GWGL V <sub>3UG</sub> (blau), Differenz GW-Stände V <sub>3UG</sub> minus V <sub>0</sub> und GWGL V <sub>0</sub> (grün) .....	26
Abbildung 3-17:	Simulierte GWGL V <sub>3UG+2.SBSS-Ost*</sub> (blau), Differenz GW-Stände V <sub>3UG+2.SBSS-Ost*</sub> minus V <sub>0</sub> und GWGL V <sub>0</sub> (grün).....	27

Abbildung 3-18:	Simulierte GWGL $V_{3UG+2.SBSS-Ost^*}$ (blau), Differenz GW-Stände $V_{3UG+2.SBSS-Ost^*}$ minus $V_{2.SBSS-Ost^*}$ und GWGL $V_{2.SBSS-Ost^*}$ (schwarz) .....	28
-----------------	--	----

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1:	Statistische Angaben der Messdaten von 2. SBSS-GWM .....	12
Tabelle 2-2:	Statistische Angaben der Messdaten von städtischen GWM .....	12
Tabelle 2-3:	MHW aus den Messdaten von städtischen GWM .....	14
Tabelle 3-1:	Modelltechnische Umsetzung eines Regelprofils .....	18
Tabelle 4-1:	Charakteristika der Grundwasserströmung im Quartär für verschiedene Bemessungswasserstände .....	30

## 1. Vorhaben und Anlass

Im Münchner Stadtteil Au-Haidhausen zwischen Ostbahnhof und Haidenauplatz, soll mit den Orleanshöfen (ORL) eine gemischt genutzte Bebauung entstehen. Die Planung sieht dabei unterirdische Tiefgaragen (TG) mit bis zu drei Untergeschossen vor. Hierdurch erfolgt ein Eingriff ins Grundwasser (GW), den es zu bewerten gilt.

Das Projekt wird von der Grundstücks- Verwaltungs- und -Verwertungsgesellschaft mbH (GVG) in Vertretung der Orleanshöfe GmbH als Grundstückseigentümerin betreut. Die AQUASOIL Ingenieure & Geologen GmbH (AQUASOIL) wurde durch die GVG mit der Erstellung eines hydrogeologischen Gutachtens beauftragt. Hierin soll die Grundwassersituation im Projektgebiet bewertet sowie die Entwurfsplanung der unterirdischen Bauteile hinsichtlich ihrer Auswirkung auf das Grundwasser (quartärer Grundwasseraufstau) im Endzustand analysiert werden. Die Untersuchung soll mithilfe eines Grundwasserströmungsmodells (GWSM) erfolgen. In die Betrachtung soll auch die geplante Bebauung im Rahmen der 2. S-Bahn-Stammstrecke (2. SBSS) einbezogen werden, deren Tunnelröhren sowie der Rettungsschacht 9 (RS9) das Projektgebiet Orleanshöfe im nordöstlichen Abschnitt unterqueren.

### 1.1. Untersuchungsgebiet

Die Projektfläche mit einer Ausdehnung von maximal ca. 500 m x 80 m ist in Abbildung 1-1 dargestellt. Sie grenzt im Nordosten an die Berg-am-Laim-Straße und im Nordwesten an die Orleansstraße. In südwestlicher Nachbarschaft befinden sich die Flurstücke Nr. 18311, Nr. 18278/27 und Nr. 18278/26 im Bereich Orleansplatz 9. Im Südosten der Projektfläche befindet sich eine mehrgleisige Bahnanlage. Die oberirdische Bebauung wird durch eine nordöstliche und eine südwestliche Quartiersnische unterbrochen.

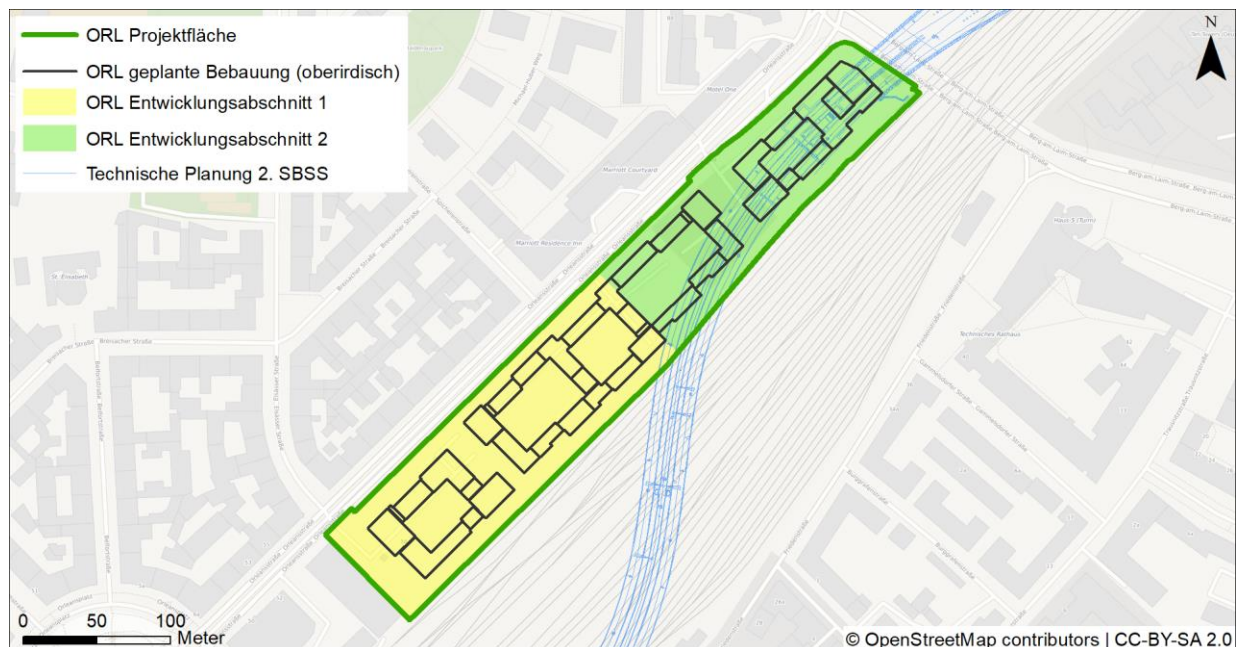


Abbildung 1-1: Lageplan Orleanshöfe

Die nordöstliche Hälfte der Projektfläche wird von Bauteilen der ebenfalls in Planung befindlichen 2. S-Bahn-Stammstrecke (2. SBSS), Planfeststellungsabschnitt (PFA) 3, unterquert, deren technische Planung (TPL) in der Variante PFA 3 Ost (siehe Kap. 3) in Abbildung 1-1 ebenfalls dargestellt ist. Diese umfassen von Nordost nach Südwest Teile der Berg-am-Laim-Querung (BaL) und den Rettungsschacht 9

(RS9), welche jeweils bis zur Geländeoberkante (GOK) reichen, sowie die in Richtung Süden ausschwenkenden, abtauchenden Tunnelröhren. Etwa zur Mitte der Projektfläche hin, verlässt der Tunnel einerseits das Projektgebiet hinsichtlich seiner lateralen Lage, andererseits taucht er auch in vertikaler Richtung unter das Quartär als Eingriffshorizont der Orleanshöfe ab (vgl. Kap. 2.1). Da der Überlagerungsbereich zunächst als Baustelleneinrichtungsfläche für die 2. SBSS genutzt wird, ist die Projektfläche in zwei Entwicklungsabschnitte unterteilt. Der erste Abschnitt im Südwesten wird somit früher entwickelt als der nordöstliche zweite Abschnitt.

Der Siegerentwurf aus dem städtebaulichen Wettbewerb für den Standort stammt von Teleinternetcafe Architektur und Urbanismus GmbH, in Kooperation mit Treibhaus Landschaftsarchitektur Hamburg. Der städtebauliche Entwurf sieht auf dem Großteil der Projektfläche die Unterbauung mit 1 bis 3 Untergeschossen in verschiedenen Varianten vor. Abbildung 1-2 zeigt die laterale und vertikale Verteilung der Untergeschosse aus der Planungsvariante mit 3 Untergeschossen.

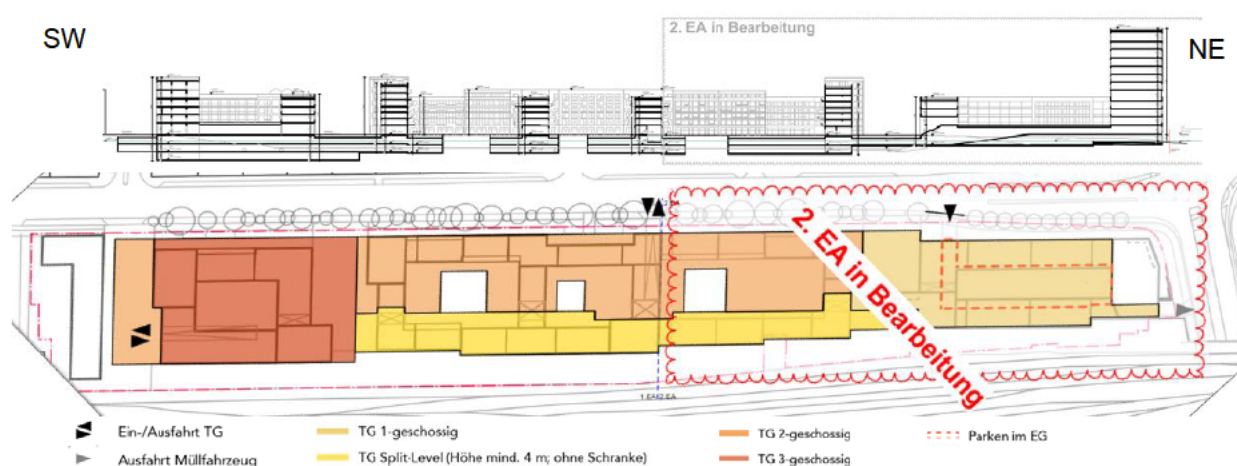


Abbildung 1-2: Längsschnitt und Umriss der Tiefgaragenplanung (entsprechend [U 3] und [U 4] verändert);  
Anmerkung: der Längsschnitt verläuft mittig der Projektfläche und zeigt die Lichthöfe ohne UG.

Hierbei ist im Nordosten bis einschließlich der nordöstlichen Quartiersnische (QN) aufgrund des unterlagernden RS9 und des Tunnels der 2. SBSS nur eine eingeschossige Realisierung der Tiefgarage vorgesehen bzw. möglich (beige). Durch das Abtauchen der Tunnelröhren in südwestlicher Richtung (vgl. Abbildung 2-1) ist ab der nordöstlichen Quartiersnische bis zur südwestlichen Nachbarbebauung ein zweigeschossiger Ausbau geplant (orange). Unter dem südwestlichen Gebäudeblock einschließlich der angrenzenden Quartiersnische wird eine Erweiterung um ein drittes Untergeschoss angestrebt (rot). Entlang der Südostseite der Tiefgaragenanlage ist eine eingeschossige Ausführung mit größerer Geschosshöhe als Fahrspur für Müllfahrzeuge geplant (gelb). Durch die veränderte Geschosshöhe verläuft die Geschossunterkante ggü. den regulären Stellflächen bereichsweise versetzt ggü. den Unterkanten des ersten bzw. zweiten Untergeschosses (Split Level).

Ferner ist in Abbildung 1-2 die Bodenplatte der geplanten Unterbebauung dargestellt. Die Mächtigkeit der Bodenplatte beträgt fast für den gesamten Gebäudekomplex 0,8 m, lediglich im NE-lichen Hochbereich beträgt diese 2,0 m.

Die unterirdische Tiefgaragenplanung ist gesamtheitlich im Quartär als oberer Grundwasserleiter im Untersuchungsgebiet verortet (vgl. Kap. 2.1). Eine Beeinflussung des Grundwassers durch die geplante Bebauung im Endzustand muss somit in Betracht gezogen und bewertet werden.

## 1.2. Aufgabenstellung

Im Rahmen des hydrogeologischen Gutachtens soll bewertet werden, inwiefern die geplante Tiefgaragen-Bebauung im Endzustand Auswirkungen auf die örtliche Grundwasserströmung hat. Betrachtet werden sollen dabei sowohl das Projektgebiet selbst als auch mögliche Einflüsse auf die unmittelbare Nachbarschaft sowie mögliche Wechselwirkungen mit der die Projektfläche unterquerenden Bebauung der geplanten 2. SBSS.

Im Rahmen der Datenakquisition sollen hierbei die zur hydrogeologischen Bewertung notwendigen Daten und Unterlagen zusammengetragen werden. Aufgrund der lagemäßigen Überschneidung mit Teilen der 2. SBSS soll hierbei möglichst auch auf Daten aus dem Projekt der 2. SBSS zurückgegriffen werden (Kap. 1.3).

Anhand der Datenanalyse gilt es anschließend, die grundlegende hydrogeologische Situation zu beschreiben, Kennwerte der Grundwasserströmung aufzuzeigen sowie Bemessungswasserstände zu ermitteln (Kap. 2).

In einem weiteren Schritt soll der städtebauliche Entwurf anhand eines 3D-Grundwasserströmungsmodells hinsichtlich einer potentiellen Grundwasserbeeinflussung untersucht werden. Dafür sollen einerseits Szenarien mit unterschiedlichen Einbindetiefen der Tiefgaragen (zwei- bzw. dreigeschossig) berechnet sowie andererseits die Wechselwirkung mit dem unterquerenden Teil der 2. SBSS analysiert werden. Kommt es im Ergebnis zu einer übermäßigen Grundwasserbeeinflussung, sind darüber hinaus mögliche Kompensationsmaßnahmen aufzuzeigen.

## 1.3. Datenbasis

Die Planungsunterlagen zum Projekt Orleanshöfe wurden AQUASOIL durch die Höcker Project Managers GmbH als Projektsteuerer für die Orleanshöfe zur Verfügung gestellt.

Hinsichtlich geologischer bzw. hydrogeologischer Daten und Unterlagen konnte überwiegend auf den Datenbestand aus dem Projekt der 2. SBSS zurückgegriffen werden. Die AQUASOIL Ingenieure & Geologen GmbH wurde durch die Ingenieurgemeinschaft 2SBSS (A4D-BPR-ILF-SWECO-SSF-IBV) beauftragt, im Rahmen der Entwurfsplanung zur 2. SBSS entwickelte Wasserhaltungskonzepte (WH-Konzepte) dahingehend zu bewerten, ob sie geeignet sind, die erforderlichen Grundwasserabsenkungen des Bauvorhabens zu realisieren. Dafür wurde ein 3D-Grundwasserströmungsmodell (GWSM) entwickelt und auf Basis neuer Planungen und Erkundungsergebnisse laufend fortgeschrieben. Sowohl die Datenbasis zur Erstellung des numerischen Modells als auch das GWSM selbst finden für die Betrachtungen im vorliegenden hydrogeologischen Gutachten Anwendung. Die entsprechenden Dokumentationen sind zum Teil Bestandteil des derzeit laufenden Planfeststellungsverfahrens für den PFA 3 Ost ([U 10] ff.).

Zusätzlich wurden Messdaten für Grundwasserstände städtischer Messstellen im Umfeld der Orleanshöfe durch das Münchner Referat für Klima und Umweltschutz (RKU) an AQUASOIL übergeben. Die für die Bewertung zugrunde gelegten quartären Grundwassergleichenpläne wurden von der Technischen Universität München (TUM), Lehrstuhl für Hydrogeologie, zur Verfügung gestellt.

Nach der Bestandsaufnahme und Auswertung vorhandener Daten sind für das vorliegende Gutachten nachfolgende Grund- und Unterlagen maßgeblich:

- [U 1] Leistungsbild hydrogeologisches Gutachten – Projektfläche Orleanshöfe: Untersuchung der Grundwassersituation, Grundwasserfluss und mögliche Aufstauung, Höcker Project Managers GmbH, München, 12.01.2021
- [U 2] Honorarangebot, AQUASOIL Ingenieure & Geologen GmbH, Berlin, 05.02.2021
- [U 3] Tiefgaragenplanung Orleanshöfe – vertikale Gliederung: ORL\_TICTH\_SL\_200\_220524.pdf, Teleinternetcafe Architektur und Urbanismus GmbH, 24.05.2022
- [U 4] Tiefgaragenplanung Orleanshöfe – laterale Gliederung: ORL\_TICTH\_TG\_Geschossigkeit\_TG\_220301.pdf, Teleinternetcafe Architektur und Urbanismus GmbH, 01.03.2022
- [U 5] Grundwasserstände und Messstellendaten städtischer Messstellen im Untersuchungsgebiet, Referat für Klima und Umweltschutz, München, 25.03.2021
- [U 6] Grundwasserstände und Messstellendaten von Messstellen der 2. SBSS im Untersuchungsgebiet, Boley Geotechnik GmbH, München, unveröffentlicht
- [U 7] Grundwassergleichenpläne Stadt München: HHW 1940 und HW 1990
- [U 8] Übersichtslageplan PFA 3neu: Anlage 3.3.1 der Planfeststellung vom 25.04.2016, DB Projekt-Bau GmbH, München, 31.05.2012
- [U 9] Planfeststellungsbeschluss für das Vorhaben „Neubau einer 2. S-Bahn-Stammstrecke München, Planfeststellungsabschnitt (PFA) 3neu, München Ost, Bereich westliches Isarufer bis östlich S-Bahnhof Leuchtenbergring mit Haltepunkt Ostbahnhof (tief)“, Eisenbahn-Bundesamt, München, 25.04.2016
- [U 10] Erläuterungsbericht Ingenieurgeologie, Hydrogeologie und Wasserwirtschaft: 2. SBSS München – Streckenabschnitt Marienhof bis offene Bauweise Ost inklusive Haltepunkt Ostbahnhof (tief), Boley Geotechnik GmbH, München, 1. Änderung im Verfahren, 01.04.2022
- [U 11] Ergänzung zum Geotechnischen Bericht: 2. SBSS, Zusammenstellung aller hydraulischen Kennwerte, Stand 21.01.2020, Boley Geotechnik GmbH, München, unveröffentlicht
- [U 12] Modelldokumentation: Beilage Berechnungsunterlagen Grundwassermodell Bauwasserhaltung, Unterlage 16.3.1 der Antragsunterlagen zur Planfeststellung 2. SBSS PFA 3 Ost, 1. Änderung im Verfahren, 01.04.2022
- [U 13] 3D-GW-Strömungsmodell 2. SBSS München in aktueller Modellversion, AQUASOIL Ingenieure & Geologen GmbH, Berlin, 2022, unveröffentlicht
- [U 14] ORL\_TICTH\_Gesamtplan.dwg, Teleinternetcafe Architektur und Urbanismus GmbH, Juni 2020, unveröffentlicht



## 2. Hydrogeologische Verhältnisse

Nachfolgend beschrieben ist die hydrogeologische Situation im Untersuchungsgebiet mit den maßgeblichen Kennwerten für den quartären Aquifer sowie dessen Grundwasserströmung. Darüber hinaus werden die für die geplanten Baumaßnahmen relevanten Bemessungswasserstände für den mittleren Grundwasserstand (MW), den mittleren jährlichen höchsten Grundwasserstand (MHW) und den Höchstgrundwasserstand (HHW) abgeleitet.

### 2.1. Aufbau des Untergrundes

Die Stadt München liegt zentral auf der Münchner Schotterebene. Der Aufbau des Untergrundes besteht aus fluviatilen und glazialfluviatilen Lockergesteinen. Stratigraphisch betrachtet liegen unter den eiszeitlichen, quartären Kiesen Abfolgen tertiärer Sande, Tone und Schluffe, welche zur Oberen Süßwassermolasse (Flinz) gehören. Das Projektgebiet befindet sich auf einer Hochterrasse östlich der Isar, bestehend aus Hochterrassenschotter sowie Löß und Lehm (vgl. [U 12]).

Die stratigraphische Wechsellagerung grober und feiner Kornfraktionen begründet eine Abfolge von mehreren Porengrundwasserleitern. Das Quartär (Q) bildet dabei den oberen Grundwasserleiter (GWL) und ist im Untersuchungsgebiet zum Liegenden hin durch einen Grundwassergeringleiter (GWG) von den Tertiärgrundwasserleitern hydraulisch weitgehend isoliert. Abbildung 2-1 zeigt einen Ausschnitt des geotechnischen Längsschnittes der 2. SBSS entlang der Tunnelachse ca. von km 110,1+00 bis km 111,1+00 (Hp Ostbahnhof tief bis Berg-am-Laim-Querung). Die hydrogeologischen Untergrundverhältnisse im Umfeld der Projektfläche Orleanshöfe lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die durchschnittliche Geländehöhe liegt bei etwa 531 mNN. Unter dem Gelände liegt der oberste Grundwasserleiter (GWL) aus quartären Kiesablagerungen, wobei oberflächennah auch künstliche Auffüllungen und/oder geringmächtige Schluffe/Mergel anstehen. Die Unterkante (UK) des quartären Grundwasserleiters liegt im Durchschnitt bei ca. 518 mNN.
- Der quartäre Grundwasserleiter (GWL Q) ist hier ein ungespannter GWL und durch eine GW-stauende Schicht (GWS Q/TI) mit einer Mächtigkeit zwischen 3 m und 7 m hydraulisch von dem liegenden 1. tertiären Grundwasserleiter TI (GWL TI) getrennt.
- Der quartäre Grundwasserleiter stellt sich hinsichtlich der Eingriffstiefe als einzig relevant für die geplante Bebauung der Orleanshöfe dar. Für Aufstau- / Absenkberechnungen wird von einem charakteristischen hydraulischen Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f$  von  $5 \cdot 10^{-3}$  m/s ausgegangen [U 11].
- Der mittlere Grundwasserflurabstand beträgt ca. 10 m.

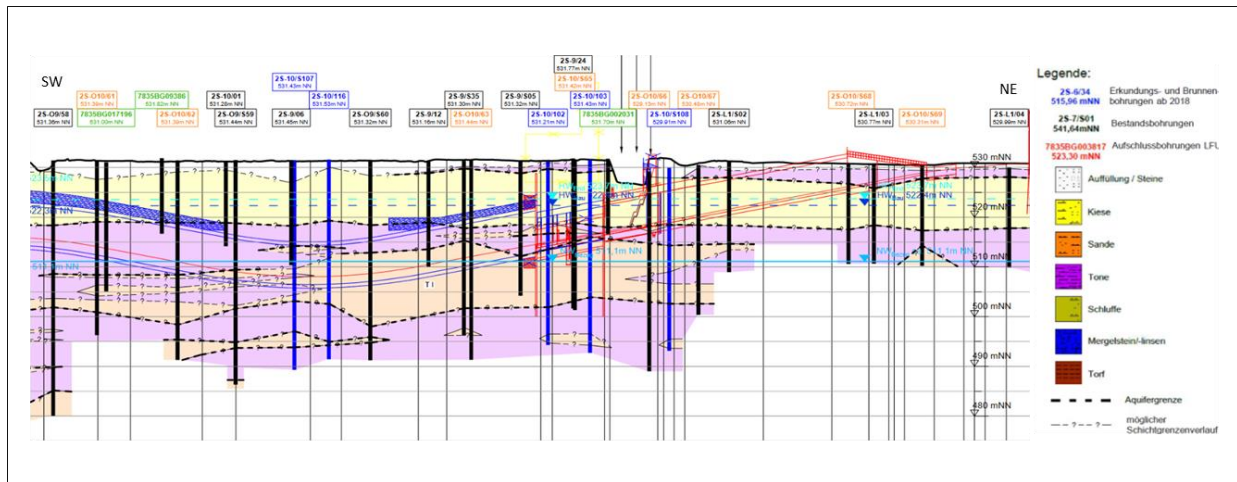


Abbildung 2-1: Ausschnitt des Geotechnischen Längsschnittes Tunnelachse ca. km 110,1+00 bis km 111,1+00 2.SBSS, [U 10]

## 2.2. Grundwasserströmungsverhältnisse

Die Grundwasserströmungsverhältnisse bei MW/MHW/HHW werden auf Basis folgender Unterlagen abgeleitet:

- GW-Stands-Messdaten von verfügbaren quartären GW-Messstellen [U 5], [U 6]
- GW-Gleichenplan HW 1990 und HHW 1940 [U 7].

### 2.2.1. Messdaten GW-Stände

Abbildung 2-2 zeigt die Lage von GW-Messstellen (GWM) im Umfeld der Orleanshöfe. Hier sind GWM der 2. SBSS (inkl. geplanter) und städtische GWM jeweils mit violetten und blauen Punkten mit entsprechenden Bezeichnungen dargestellt. Die GWM der 2. SBSS mit Messdaten sind dabei zusätzlich durch einen blauen Kreis gekennzeichnet.

Es sind insgesamt 6 2. SBSS- und 6 städtische GWM mit Messdaten vorhanden: U5 25 und U5 41 liegen jeweils südwest- bzw. westlich der Orleanshöfe. GWM 2S-10/01 und 2S-9/12 liegen am östlichen Rand der Orleanshöfe. UP 256, GWM 2S-9/06 und UP 144 befinden sich südöstlich bzw. östlich der Orleanshöfe, während GWM 2S-09/32 sowie U5 624 südwestlich und GWM 2S-9/04, 2S-9/04 und U9 27 nördlich bzw. nordwestlich der Orleanshöfe liegen.

Bei den Messdaten der 2. SBSS-GWM handelt es sich überwiegend um Stichtagsmessungen mit unterschiedlichen Messzeiträumen und -intervallen sowie -lücken im Zeitraum 2004 - 2019. In Abbildung 2-3 sind die Messdaten der 2. SBSS-GWM als Punkte mit gestrichelten Ganglinien dargestellt. Die gestrichelten Linien zeigen damit Messlücken der jeweiligen Zeitreihen.

GWM 2S-9/04 weist die längste Zeitreihe (22.06.2004 - 20.12.2019) auf und hat ab 11.06.2008 auch Messungen als Tages- bzw. Halbtageswerte aber wenige Messdaten im Zeitraum 2014 - 2015. GWM 2S-9/06 hat nur Daten im Zeitraum 14.09.2004 - 27.08.2007 und damit die kürzeste Zeitreihe.

Der gemessene GW-Stand in GWM 2S-9/04 variiert im gesamten Messzeitraum (22.06.2004 - 20.12.2019) zwischen 519,48 und 521,60 mNN (vgl. Abbildung 2-3) und liegt im Durchschnitt bei 521,04 mNN. Die innerjährliche Schwankung der GW-Stände ist kleiner als 1 m.

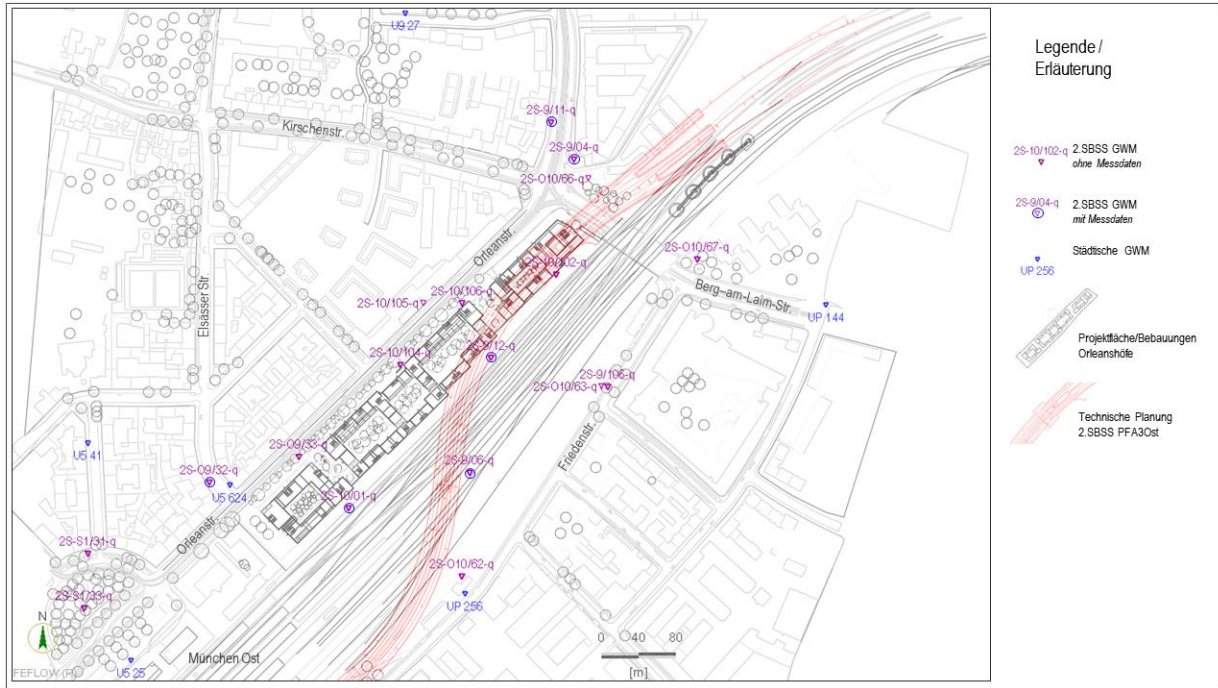


Abbildung 2-2: Lage von GW-Messstellen im Umfeld Orleanshöfe, [U 5], [U 6] (Hintergrund: [U 8] & [U 14])

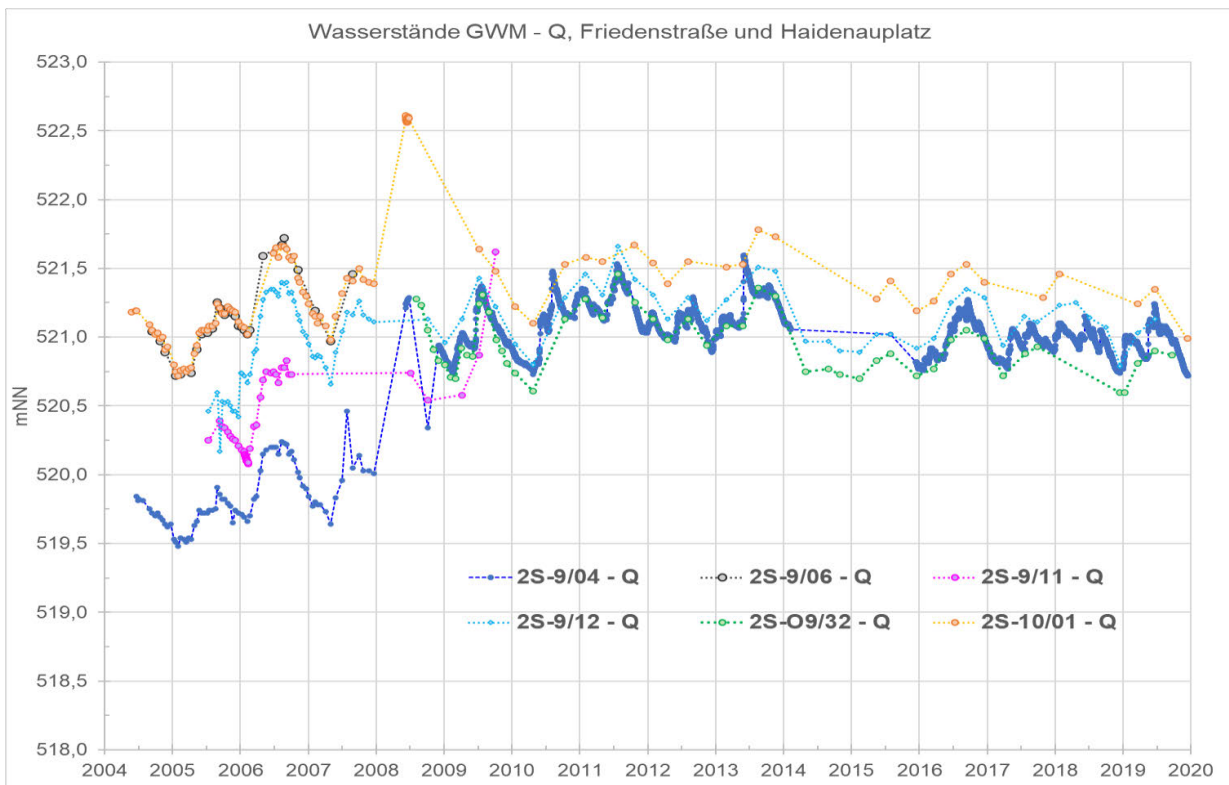


Abbildung 2-3: Ganglinien gemessener GW-Stände 2.SBSS GWM im Umfeld Orleanshöfe

Tabelle 2-1 dokumentiert entsprechende statistische Angaben aller 2. SBSS-Messreihen, u.a. Messzeitraum, minimalen, mittleren und maximalen Messwert sowie Anzahl der Messungen im Messzeitraum.

Die Messdaten der städtischen GWM sind Stichtags- und wöchentliche Messungen. Abbildung 2-4 stellt sie als Ganglinien dar. Tabelle 2-2 fasst deren statistische Angaben zusammen. Demnach hat die GWM

U5 624 die kürzeste Zeitreihe (11.07.1987 - 23.08.1993) und die GWM UP 144 die längste Zeitreihe (12.12.1969 - 06.03.2021).

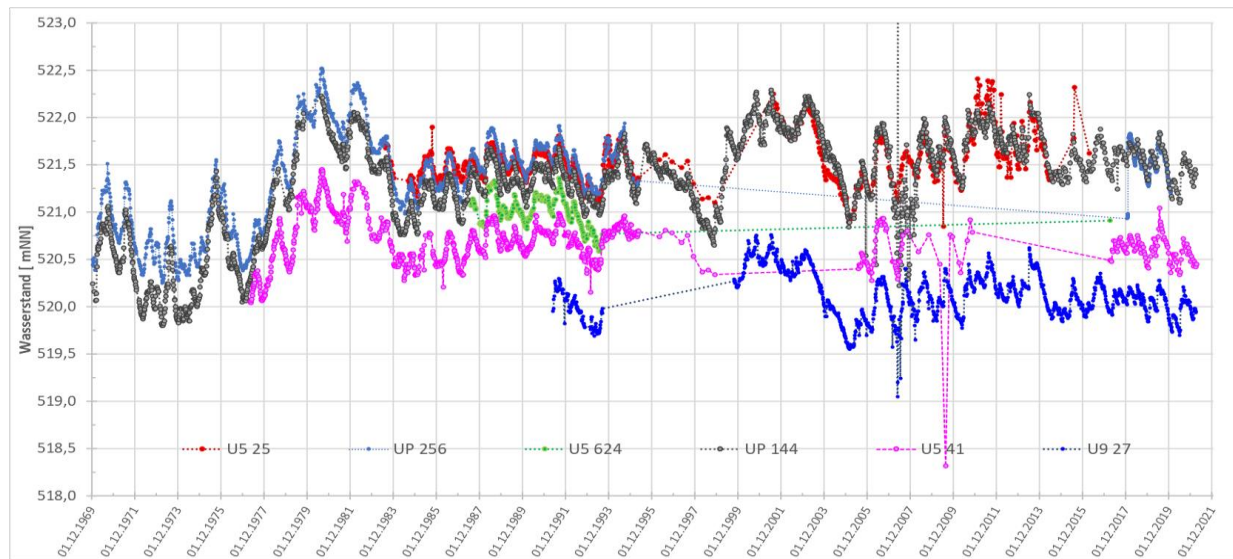


Abbildung 2-4: Ganglinien gemessener GW-Stände Städtische GWM im Umfeld Orleanshöfe

Tabelle 2-1: Statistische Angaben der Messdaten von 2. SBSS-GWM

Name	Messzeitraum/-datum		GW-Stand [mNN]			Anzahl Mess.	Bemerkung
	von	bis	Min.	Mittel	Max.		
2S-9/04	22.06.2004	20.12.2019	519,48	521,04	521,60	6627	Tageswerte ab 11.06.2008
2S-9/06	14.09.2004	27.08.2007	520,72	521,13	521,72	30	Stichtagsmessung
2S-9/11	13.07.2005	07.10.2009	520,08	520,37	521,62	52	Stichtagsmessung
2S-9/12	13.07.2005	26.06.2019	520,17	521,04	521,66	89	Stichtagsmessung
2S-10/01	26.05.2004	17.12.2019	520,72	521,45	522,61	112	Stichtagsmessung
2S-O9/32	05.08.2008	25.09.2019	520,60	520,95	521,46	51	Stichtagsmessung

Tabelle 2-2: Statistische Angaben der Messdaten von städtischen GWM

Name	Messdatum		GW-Stand [mNN]			Anzahl Mess.	Bemerkung
	von	bis	Min.	Mittel	Max.		
U9 27	04.05.1991	11.03.2021	519,05	520,12	520,76	1219	09/1993 - 08/1999 k. A.
UP 144	12.12.1969	06.03.2021	519,80	521,29	524,09	2354	
U5 41	16.04.1977	20.03.2021	518,32	520,69	521,45	1019	12/1998 - 06/2005 k. A.
U5 25	25.06.1983	26.03.2016	520,85	521,53	522,41	859	12/1998 - 06/2001 k. A. 2016 nur ein Werte
U5 624	11.07.1987	23.08.1993	520,59	521,00	521,36	309	nur ein Wert in 2017
UP 256	12.12.1969	07.01.2020	520,25	521,41	522,52	2044	05/1995 - 12/2017 k. A. ab 2018 Tageswerte

Der gemessene GW-Stand in UP 144 variiert im gesamten Messzeitraum (ohne den maximalen Wert 524,09 am 06.05.2007 – nicht dargestellt in Abbildung 2-4) zwischen 519,80 und 522,29 mNN (s. Abbildung 2-4) und liegt im Durchschnitt bei 521,29 mNN. Die innerjährliche Schwankung der GW-Stände ist überwiegend kleiner als 1 m. GWM UP 256 als zweitlängste Zeitreihe hat wöchentliche

Messungen im Zeitraum 12.12.1969 - 24.05.1995 mit einer Wasserstandschwankung zwischen 520,25 und 521,90 mNN, danach bis zum Ende 2017 keine Messung und ab 2018 Tagesmessungen, die zwischen 520,93 und 521,83 mNN variieren. Der mittlere Wasserstand aus der Messreihe beträgt 521,41 mNN.

### 2.2.2. MW-Zustand

Die o. g. Darstellung bzw. Beschreibung der vorliegenden Messdaten zeigt, dass

- die 2. SBSS-Messdaten in Anbetracht ihrer Zeitreihenlänge sowie ihrer lückenhaften Messwerte nicht ausreichend für die Ermittlung statistischer Angaben zum MW-Zustand sind,
- die städtischen GWM U5 41, U5 25 und UP 256, mit jeweils 44, 33 und 51 Jahren, lange Messreihen aufweisen, jedoch zum Teil gravierende Datenlücken enthalten und
- die städtische GWM UP 144 als einzige GWM durchgehende langjährige Messdaten von gut 51 Jahren aufweist.

Zur Abschätzung des MW-Zustandes für die Orleanshöfe wird daher basierend auf den langjährigen MW-Werten von GWM UP 144 und UP 256 sowie mit Betrachtung der Messdaten von GWM 2S-10/01, 2S-9/12, 2S-O9/32 und 2S-9/04 wie folgt vorgegangen.

In Abbildung 2-5 sind die langjährigen Messdaten von GWM UP 144 und UP 256, die im GW-Anstrom der Orleanshöfe liegen, den Messdaten von GWM 2S-10/01, 2S-9/12, 2S-O9/32 und 2S-9/04 im Nahbereich der Orleanshöfe für den Zeitraum 2009 - 2019 gegenübergestellt. Auf dieser Basis lässt sich für die Orleanshöfe ein (langjähriger) mittlerer GW-Stand zwischen 521,0 mNN im Süden (MW UP 256 - 0,4 m) und 520,9 mNN (MW UP 144 - 0,4 m) im Norden ableiten.

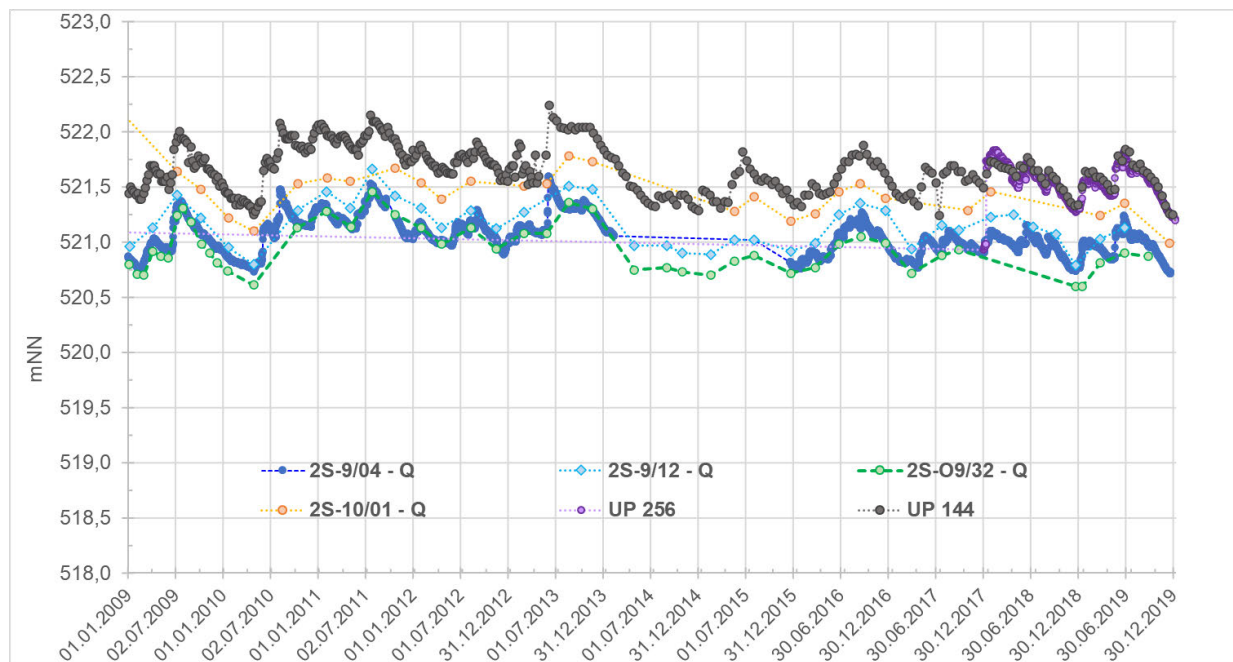


Abbildung 2-5: Ganglinien gemessener GW-Stände (2009 - 2019), GWM im Umfeld Orleanshöfe

Die Potentialniveaus der Ganglinien weisen auf eine von SE nach NW gerichtete GW-Fließrichtung hin. Der GW-Gradient lässt sich im Süden aus den MW-Werten 2009 - 2019 der GWM UP 256 (521,55 mNN) und 2S-O9/32 (520,94 mNN) bzw. im Norden aus den entsprechenden MW-Werten von UP 144 (521,67 mNN) und 2S-9/04 (521,06 mNN) abschätzen. Aus der Differenz der betrachteten MW-Werte in

Höhe von 0,61 m im Süden und einem Abstand, ausgehend von GWM UP 256 nach NW senkrecht zur Orleansstraße, von rd. 270 m ergibt sich ein GW-Gradient von 0,22 % im Süden. Analog ergibt sich ein GW-Gradient von 0,2 % im Norden.

### 2.2.3. MHW-Zustand

Tabelle 2-3 zeigt mittlere jährliche höchste Grundwasserstände (MHW), die aus den Messreihen der städtischen GWM berechnet sind, d.h. Mittelwerte aus jährlichen maximalen Messwerten (Kalenderjahr) der GWM. Demnach beträgt das langjährige MHW von GWM UP 144 521,83 mNN (Mittelwert aus 40 Jahresmaximalwerten 1980 bis 2020 – die Jahreswerte 1969 bis 1979 wurden nicht berücksichtigt, da die Ursache für die deutlich tieferen Messwerte nicht bekannt ist, vgl. Abbildung 2-4).

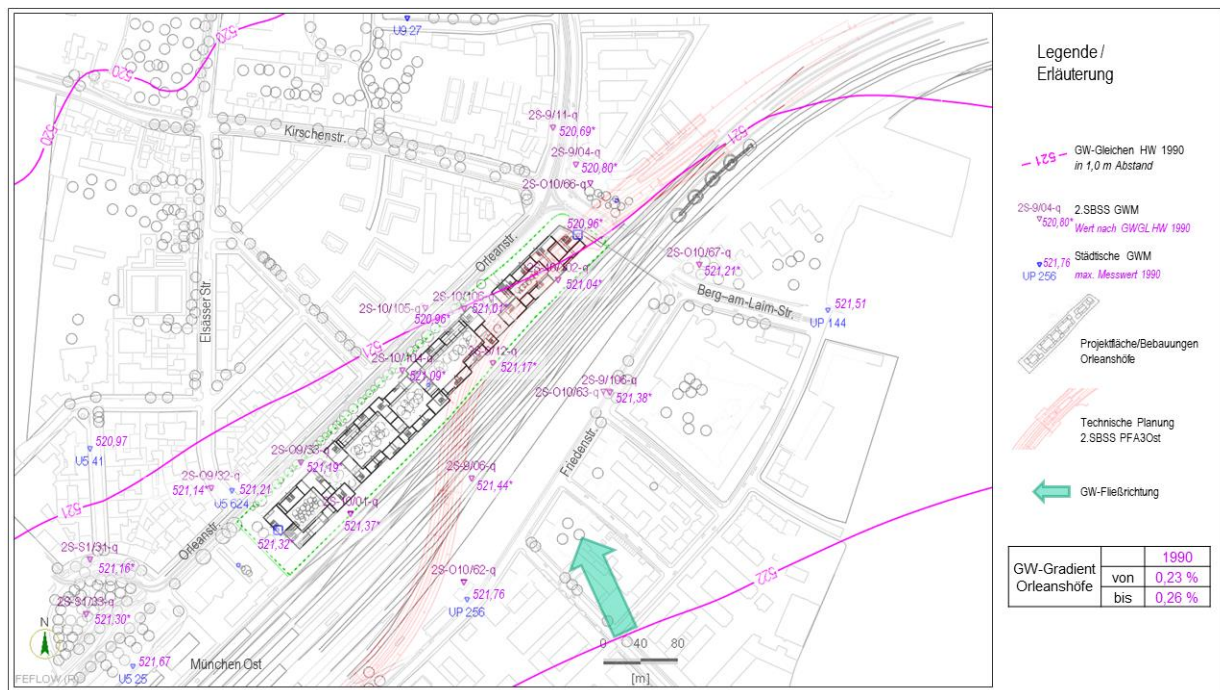


Abbildung 2-6: GWGL HW 1990 im Umfeld Orleanshöfe, [U 7] (Hintergrund: [U 8] & [U 14])

Tabelle 2-3: MHW aus den Messdaten von städtischen GWM

Name	Messdatum		GW-Stand [mNN]			Anzahl Mess.		Bemerkung
	von	bis	Min.	MHW	Max.	gesamt	für MHW	
U9 27	04.01.1991	26.12.2020	519,05	520,35	520,76	1174	24	1994-1998 k. A.
UP 144	09.01.1970	26.12.2020	519,80	521,83	524,09	1921	40	
U5 41	07.01.1978	26.12.2020	518,32	520,87	521,45	974	31	1999-2004 k. A.
U5 25	25.06.1983	18.07.2015	520,85	521,79	522,41	858	31	1999-2000 k. A. 2016 nur ein Werte
U5 624	11.07.1987	23.08.1993	520,59	521,17	521,36	309	7	nur ein Wert in 2017
UP 256	02.01.1970	31.12.2019	520,25	521,64	522,52	2034	28	05/1995-12/2017 k. A.

Der MHW-Zustand für die Orleanshöfe wird basierend auf dem GW-Gleichenplan HW 1990 ermittelt, da der Gleichenplan für das gesamte Untersuchungsgebiet verfügbar ist bzw. auch für den Bemessungswasserstand  $HW_{Bau}$  für die 2. SBSS herangezogen wird. Abbildung 2-6 zeigt die GW-Gleichen (GWGL)

für HW 1990 im Umfeld Orleanshöfe und die mittels Interpolation ermittelten HW 1990-Werte an den 2. SBSS-GWM. Bezogen auf diesen GW-Gleichenplan HW 1990 ergibt sich für die GWM UP 144 ein Wert von 521,51 mNN (s. Abbildung 2-6), der somit 0,4 m (aufgerundet) unter dem langjährigen MHW-Wert von 221,83 mNN liegt. Für die Orleanshöfe wird daher der MHW-Wert aus dem GW-Gleichenplan HW 1990 plus einem Aufschlag von 0,4 m bestimmt. Demnach wird der MHW für die Orleanshöfe mit 521,8 mNN im Süden und 521,5 mNN im Norden abgeleitet. Die GW-Fließrichtung ist von SE nach NW gerichtet. Der GW-Gradient beträgt 0,23 % im Süden bzw. 0,26 % im Norden.

### 2.2.4. HHW-Zustand

Der HHW-Zustand für die Orleanshöfe wird basierend auf dem GW-Gleichenplan HHW 1940 mit einem Sicherheitszuschlag von 30 cm ermittelt. Abbildung 2-7 zeigt die GWGL des HHW 1940 im Umfeld Orleanshöfe und die ermittelten HHW-Werte an den GWM. Demnach ergibt sich ein HHW für die Orleanshöfe in Höhe von max. bis 522,8 mNN. Die GW-Fließrichtung ist von SE nach NW gerichtet. Der GW-Gradient beträgt 0,30 % im Süden bzw. 0,35 % im Norden.

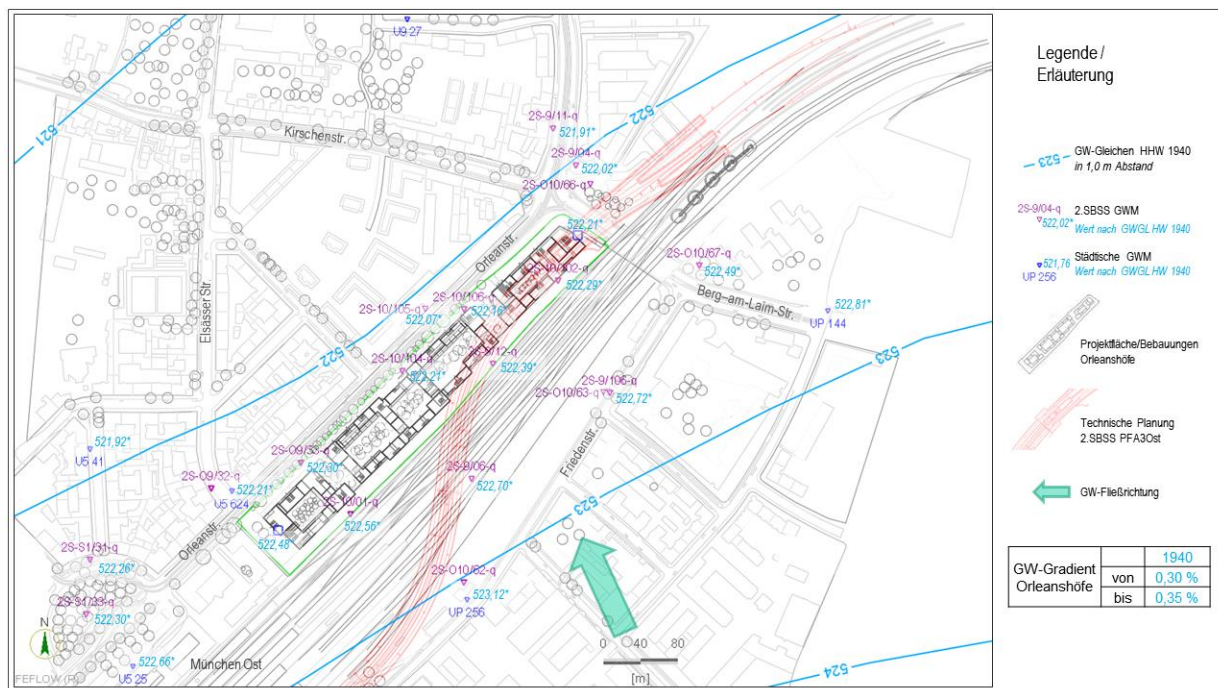


Abbildung 2-7: GWGL HHW 1940 im Umfeld Orleanshöfe, [U 7] (Hintergrund: [U 8] & [U 14])

### 2.2.5. Bemessungswasserstände

Aus Kap. 2.2.2 bis 2.2.4 lassen sich die Bemessungswasserstände für die Orleanshöfe von Süd nach Nord wie folgt zusammenfassen:

- Mittlerer Grundwasserstand MW: 521,0 mNN bis 520,9 mNN
- Mittlerer jährlicher höchster Grundwasserstand MHW (HW 1990 + 40 cm Zuschlag): 521,8 mNN bis 521,5 mNN
- HW<sub>End</sub> (HHW 1940 + 30 cm Sicherheitszuschlag): 522,8 mNN bis 522,5 mNN
- Das Grundwasser im Umfeld der Orleanshöfe fließt von Südosten (SE) nach Nordwesten (NW) und mit Gradienten zwischen 0,25 % bis 0,35 % je nach HW- bzw. HHW-Fall (vgl. Abbildung 2-6, GWGL HW 1990 und Abbildung 2-7, GWGL HHW 1940).

### 3. Überprüfung des städtebaulichen Entwurfs

Die Überprüfung des städtebaulichen Entwurfs (Modell) erfolgt auf der Basis des 3D-GW-Strömungsmodells 2. SBSS München ([U 13]) in aktueller Modellversion zur Planfeststellung PFA 3 Ost ([U 12]) unter zusätzlicher Berücksichtigung der Untergeschosse Orleanshöfe gemäß übergebener Planungsunterlagen ([U 3] und [U 4]).

Für die 2. SBSS existieren gegenwärtig zwei relevante Planungsvarianten: PFA 3neu ist die bisher planfestgestellte Planungsvariante ([U 9]), während PFA 3 Ost die aktuelle Planungsvariante darstellt und deren Planfeststellungsantrag sich derzeit in der Einreichung befindet. Die Technische Planung bzw. den jeweiligen Trassenverlauf beider Varianten zeigt Abbildung 3-1.

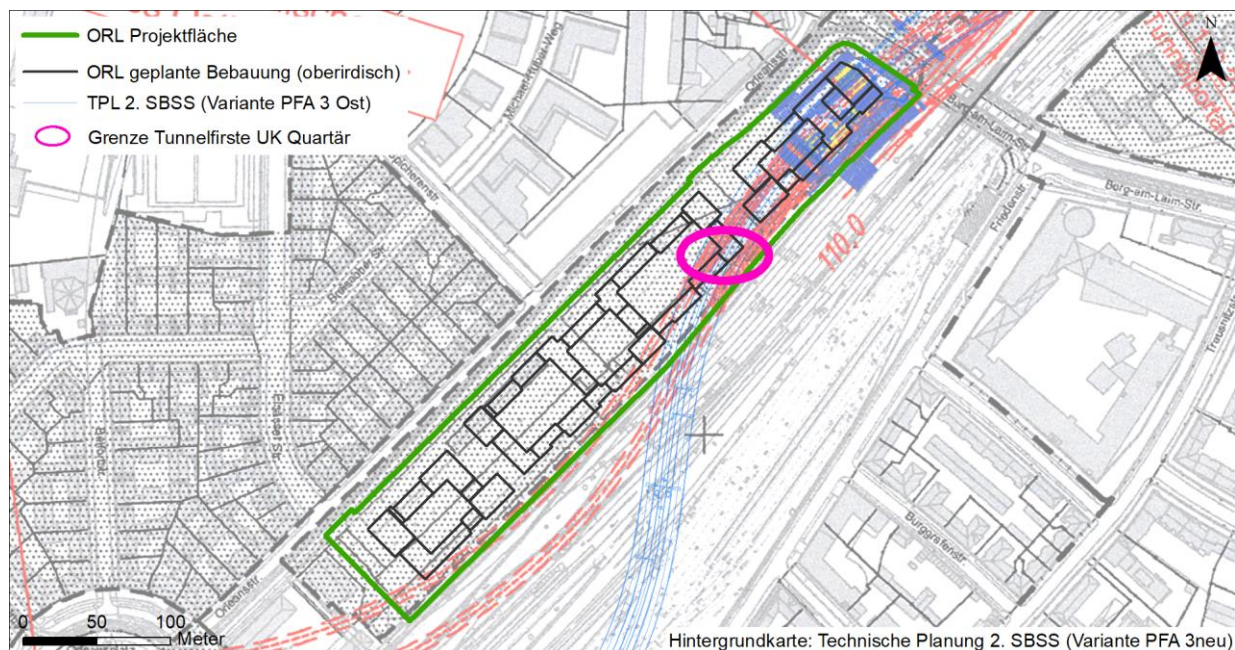


Abbildung 3-1: Vergleich der 2. SBSS-Planungsvarianten PFA 3 Ost und PFA 3neu (gem. [U 8])

Im Untersuchungsgebiet unterscheiden sich die Varianten im Wesentlichen durch den Streckenverlauf der Tunnelröhren. Während der Tunnel in PFA 3neu (in Abbildung 3-1 rot gestrichelt) nahe am Projektgebiet der Orleanshöfe entlang verläuft, schwenkt der Tunnel in PFA 3 Ost stärker in Richtung Süden aus. Zusätzlich markiert ist in der Abbildung der Bereich, in welchem die Tunnelrinne *beider* Planungsvarianten nach Südwesten hin unter die Quartärunterkante in den liegenden GW-Stauer abtaucht. Da die Orleanshöfe ausschließlich in den hochdurchlässigen quartären Grundwasserleiter eingreifen, sind damit die Tunnelabschnitte süd-/südwestlich dieser Markierung für die quartären Aufstauabmessungen ohne Relevanz. Die nordöstlich im Quartär gelegenen und somit in Bezug auf die Orleanshöfe aufstaurelevanten Bauteile der 2. SBSS sind hingegen für beide Planungsvarianten gleichwertig.

Somit kann festgehalten werden, dass im Untersuchungsgebiet maßgebliche Unterschiede der Planungsvarianten PFA 3 Ost und PFA 3neu nur hinsichtlich der in den Tertiärschichten verlaufenden Tunnelteile bestehen. Die Betrachtung des kumulativen Aufstaus von ORL und 2. SBSS im Quartär kann somit unabhängig von der Planungsvariante der 2. SBSS erfolgen. Die zusätzliche Implementierung der Variante PFA 3neu in das GWSM ist damit nicht erforderlich.



### 3.1. 3D-Grundwasserströmungsmodell

Das 3D-Grundwasserströmungsmodell (GWSM) wird mit dem Programmsystem FEFLOW (Version 6.2 bis 7.3, DHI-WASY GmbH, 2013-2020) erstellt. FEFLOW basiert auf der Methode der Finiten Elemente, welche große Freiheiten bei der lateralen Diskretisierung bietet und somit eine hohe Abbildungsgüte einzelner kleinräumiger Strukturen bei gleichzeitig regionaler Gesamtgebietsgröße leisten kann.

Das GWSM bildet nach dem hydrogeologischen Modell die für die Wasserhaltung 2. SBSS München relevanten Grundwasserleiter aus dem Quartär (Q) und Tertiär (TI bis TV) sowie die sie trennenden Stauschichten ab und integriert ebenfalls wesentliche im Untergrund vorhandene sowie geplante bauliche Strukturen.

Abbildung 3-2 zeigt das Modellgebiet mit einer Fläche von rd. 39,1 km<sup>2</sup> sowie seine Diskretisierung durch ein Finite-Elementnetz, das relevante geomorphologische Merkmale ebenso wie geometrische Eigenschaften von vorhandenen und geplanten Untergrundbauwerken in der horizontalen Richtung abbildet.

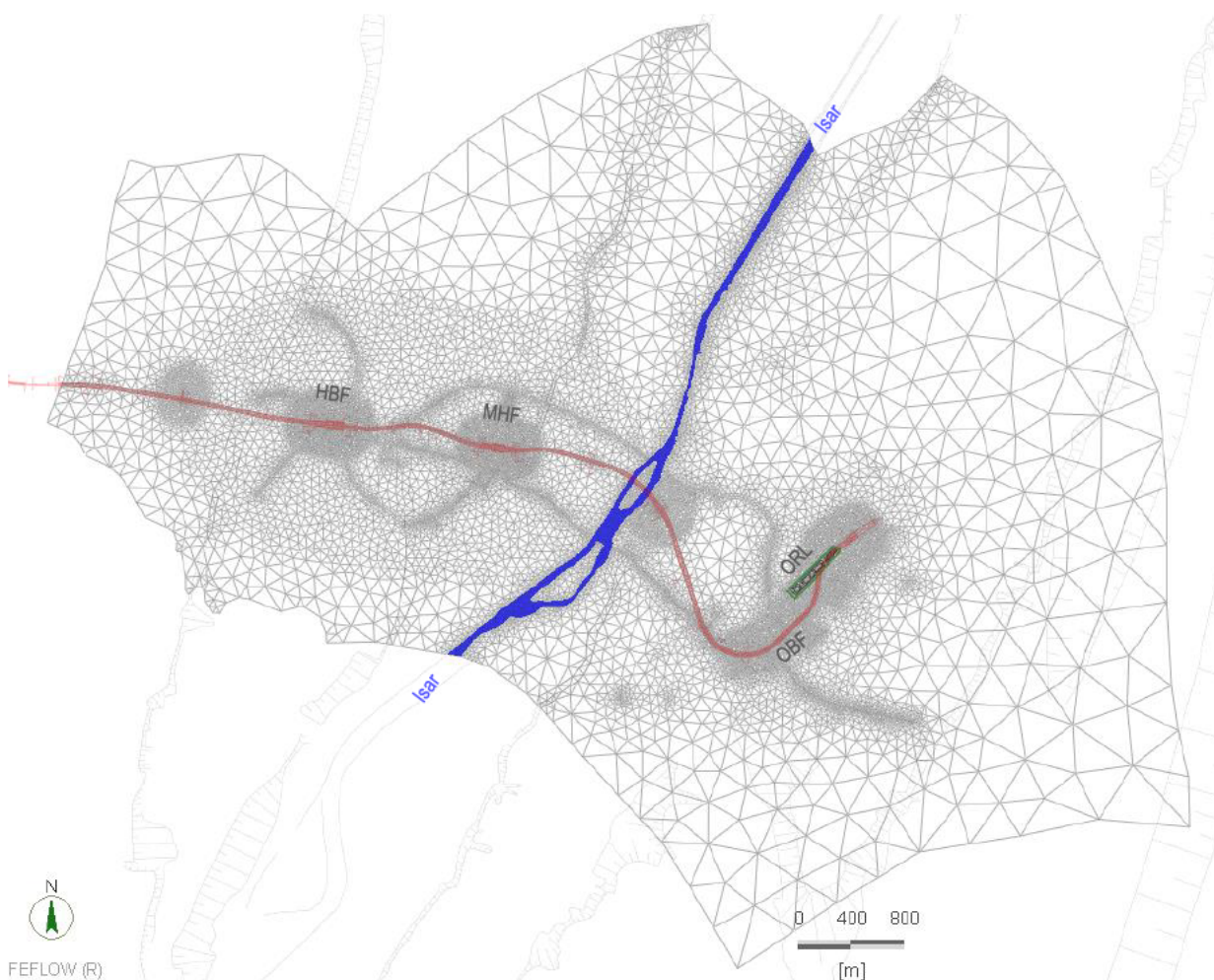


Abbildung 3-2: Modellgebiet und -netz: Rot 2. SBSS München; Grün Orleanshöfe, Blau Isar

Tabelle 3-1: Modelltechnische Umsetzung eines Regelprofils

Schichtgrenze	Regelprofil Stratigraphie/ Topographie	Schicht	Regelprofil
1	GOK		
		1	Quartär
2	UK Quartär		
		2	Stauer
3	UK lokaler Stauer /OK TI		
		3	TI
4	UK TI / OK 2. Stauer		
		4	Stauer
5	UK 2. Stauer /OK TII		
		5	TII
6	UK TII/ OK 3. Stauer		
		6	Stauer
7	UK 3. Stauer / OK TIII		
		7	TIII
8	UK TIII / OK 4. Stauer		
		8	Stauer
9	UK 4. Stauer / OK TIV		
		9	TIV
10	UK TIV / OK 5. Stauer		
		10	Stauer
11	UK 5. Stauer / OK TV		
		11	TV
12	UK TV / Modellbasis		

Vertikal sind im GWSM die im hydrogeologischen Modell vorhandenen Schichten Q, TI - TV sowie deren Stauschichten zunächst nach entsprechenden hydrogeologischen Schichtgrenzen abgebildet. Eine Übersicht über die im Modell vorkommenden Schichtfolgen und ihre Umsetzung im vorgegebenen vertikalen Grundraster der Modellschichten und Schichtgrenzen (Regelprofil) gibt Tabelle 3-1. Die abgebildeten hydrogeologischen Schichten werden danach durch zusätzliche numerische Schichten weiter unterteilt, um u.a. der Berücksichtigung von Untergrundbauwerken nach deren Tiefenlage Rechnung zu tragen. In Abbildung 3-3 ist ein Überblick der Geomorphologie und Stratigraphie im 3D-GW-Modell mit zehnfacher Überhöhung dargestellt. Abbildung 3-4 zeigt die Modellschichtstruktur entlang eines SW-NE-Schnittes durch die Mitte Orleanshöfe.

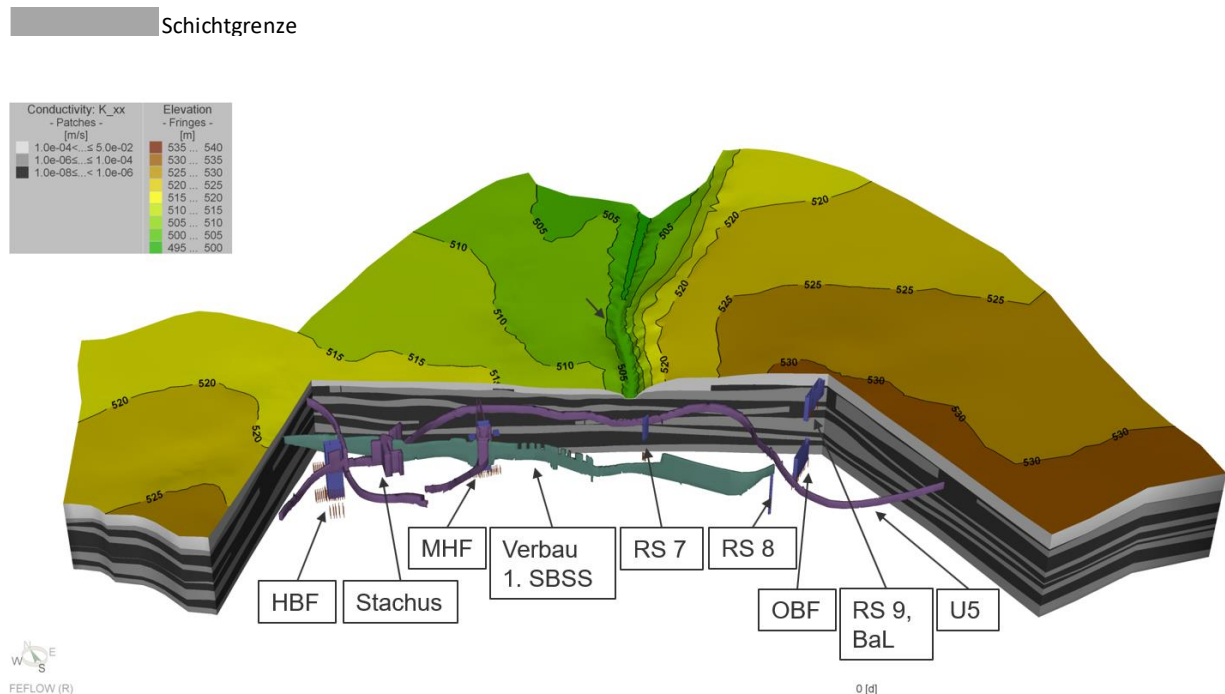


Abbildung 3-3: Überblick der Geomorphologie und Stratigraphie im Modell 2. SBSS mit zehnfacher Überhöhung. Die Isolinien geben die Geländehöhe („Elevation“) an. Die Aquiferbereiche sind im Schnitt grau markiert, Stauer schwarz. Grün: 1. SBSS, Blau: Bauplanung

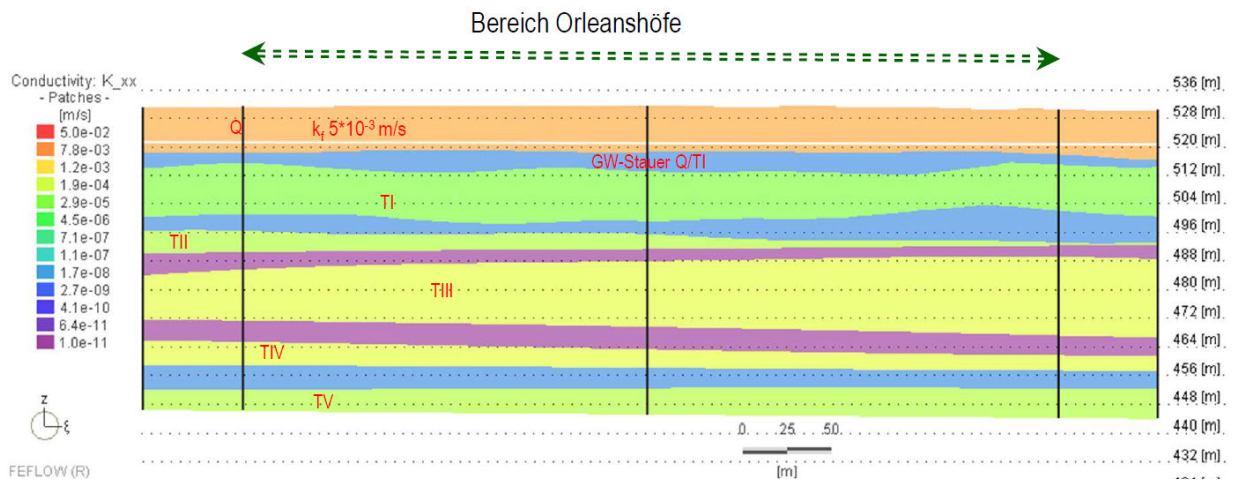


Abbildung 3-4: SW-NE-Schnitt durch die Mitte der Orleanshöfe

### 3.1.1. Modellanpassung

#### Horizontale Modellanpassung

Um die geometrischen Eigenschaften der geplanten Untergeschosse (UG) der Orleanshöfe in unterschiedlicher Ausführung im GWSM adäquat zu berücksichtigen, wird das Modellnetz im Bereich der Orleanshöfe und auch im Überlagerungsbereich mit der 2. SBSS (vgl. Abbildung 1-1 und Abbildung 1-2) neu erstellt bzw. angepasst. Abbildung 3-5 zeigt das modifizierte Modellnetz im Bereich Orleanshöfe und PFA 3 (Tunnel-RS9-BaL).

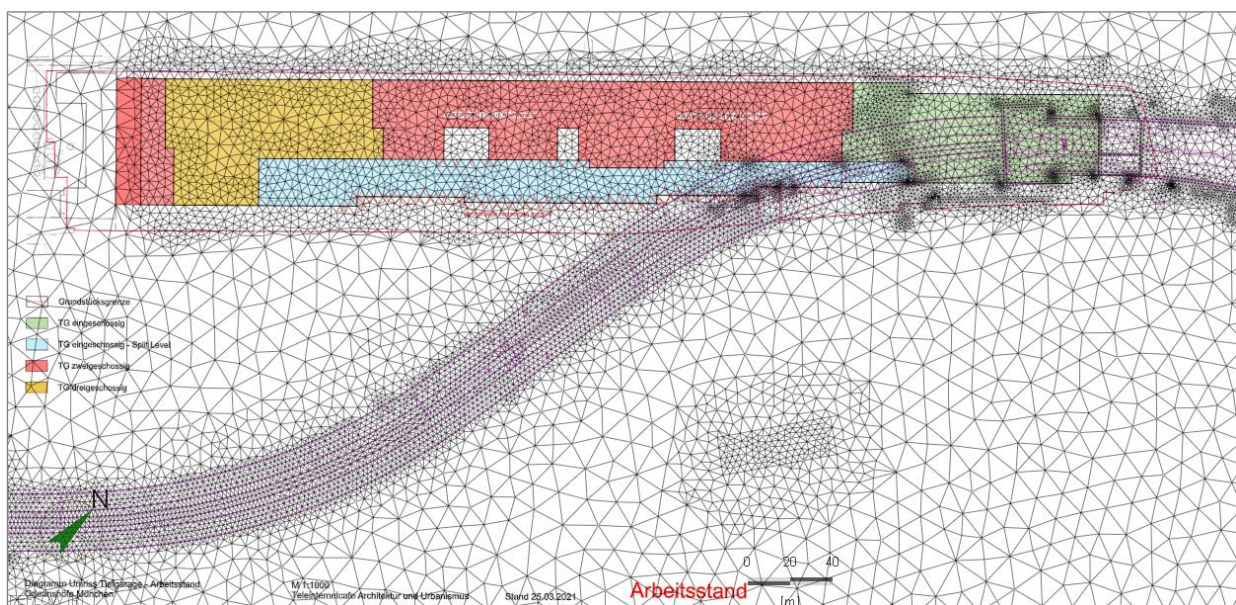


Abbildung 3-5: Erstellung und Anpassung des Modellnetz im Bereich Orleanshöfe - Implementierung UG-Planung

#### Vertikale Modellanpassung

Der quartäre Grundwasserleiter ist im GWSM bereits in 5 numerische Schichten unterteilt. Damit lassen sich die Untergeschosse (UG) der Orleanshöfe in unterschiedlicher Ausführung durch Anpassung der numerischen Schichtgrenzen gemäß Unterkanten der betrachteten UG implementieren.

In Abbildung 3-6 ist die Tiefenlage der 1 bis 3 UG nach der Planung vom Stand 19.03.2021 [U 3] schematisch von SW nach NE dargestellt. Hier stehen die schwarze (oben) bzw. rote Linie (unten) jeweils für die Geländeoberkante bzw. die Unterkante des quartären Grundwasserleiters. Die 1. UG- bis 3. UG-Ebenen (Fahrbahnoberkante des jeweiligen UG) sind durch gestrichelte Linien gekennzeichnet. Die schwarze Doppel-Linie stellt die Unterkante der gesamten UG-Konstruktion mit 0,8 m starker Bodenplatte (vgl. Abbildung 1-2) dar. Der maßgebliche  $HW_{\text{End}}$  (HHW 1940 + 0,3 m) entlang der UG-Konstruktion Orleanshöfe wird durch die blaue Linie gekennzeichnet. Demnach liegt

- die 1-geschossige TG (im NE) mit Bodenplatte mehr als 3 m über  $HW_{\text{End}}$  (d.h. nicht im Grundwasser),
- die 2-geschossige TG mit 0,8 m-Bodenplatte knapp unter dem  $HW_{\text{End}}$ ,
- die 3-geschossige TG mit 0,8 m-Bodenplatte im Süden rd. 4 m unter dem  $HW_{\text{End}}$ .

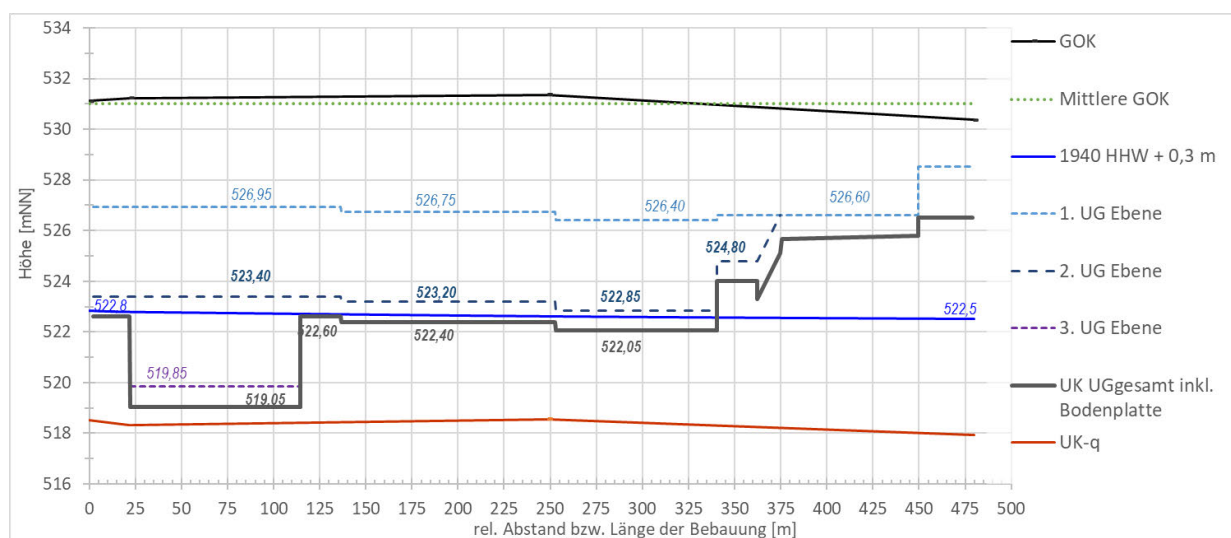
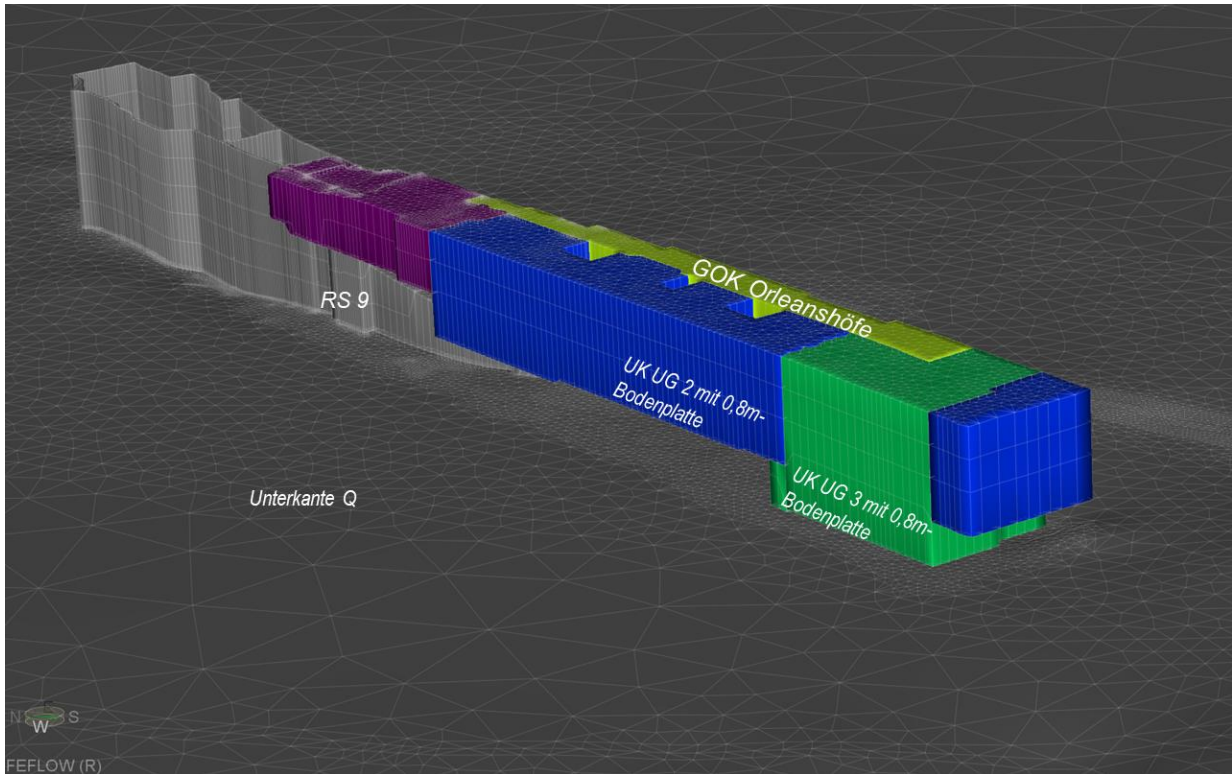
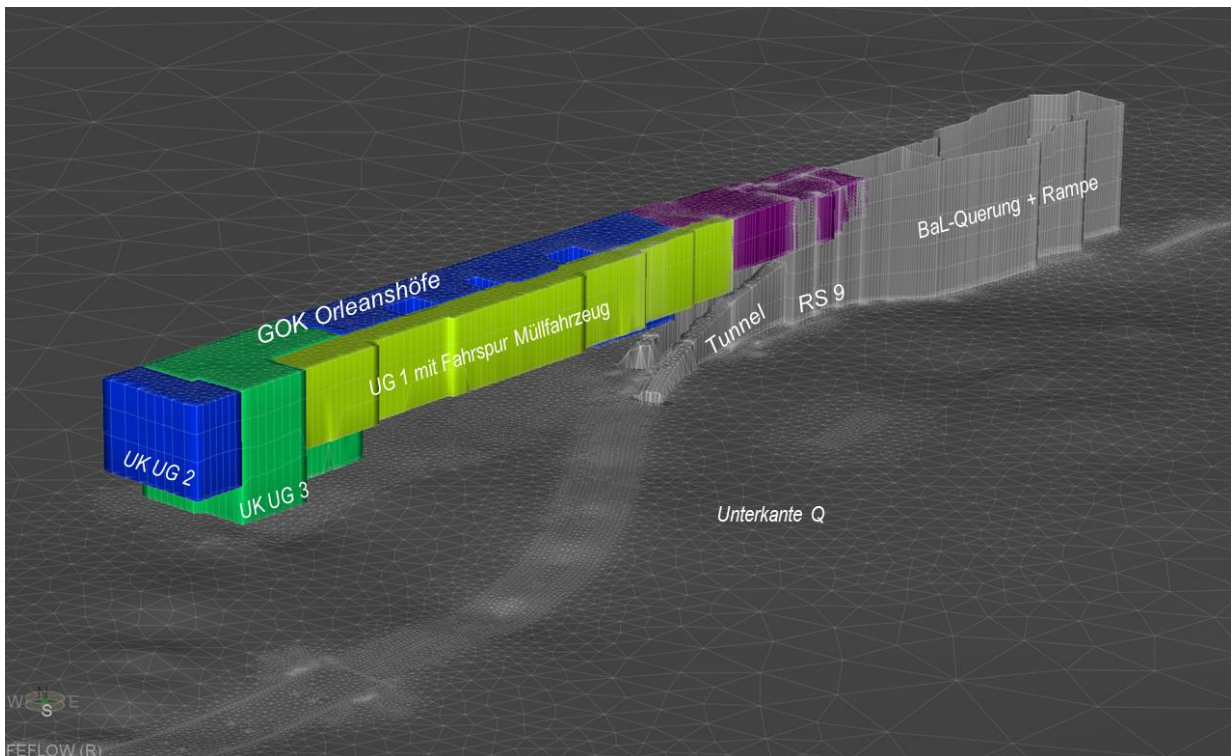


Abbildung 3-6: Darstellung der Tiefenlage 1. UG bis 3. UG inkl. UK UG<sub>gesamt</sub> mit Bodenplatte

Abbildung 3-7 veranschaulicht die Implementierung der geplanten UG-Körper mit dem unterlagernden Teil der 2. SBSS (TunnelOst-RS9-BaL-Rampe) im quartären Grundwasserleiter. Sie zeigt eine dreidimensionale Ansicht über die Unterkante (Basis) des quartären Grundwasserleiters, die geplanten UG-Körper Orleanshöfe und den Ostteil des Tunnels (TunnelOst) im Anschluss an den RS9 sowie Teile der nach NE anschließenden BaL-Querung und Rampe (Rampenbauwerk) mit den jeweiligen Eingriffstiefen in den quartären Grundwasserleiter.



Sicht von Nordwest



Sicht von Südost

Abbildung 3-7: 3D-Darstellung der UG-Konstruktion Orleanshöfe im quartären Grundwasserleiter

### 3.1.2. Modellkalibrierung

Ziel der Modellkalibrierung ist es, realistische GW-Strömungsverhältnisse im Umfeld der Orleanshöfe in Anlehnung an den GW-Gradienten HHW 1940 ebenso wie an das GW-Stands-Niveau  $HW_{\text{End}}$  (HHW 1940 + 0,3 m) zu simulieren.

#### Parametrisierung für die Simulation $HW_{\text{End}}$ im Umfeld Orleanshöfe

In Abbildung 3-8 sind maßgebliche Parameter zur Simulation  $HW_{\text{End}}$  im quartären Grundwasserleiter im Umfeld der Orleanshöfe dargestellt. Hierbei ist

- die südliche Festpotential-Randbedingung mit 530,5 mNN für  $HW_{\text{End}}$  in Anlehnung an die GWGL HHW 1940 von 530,0 mNN angesetzt,
- die Seepage-Randbedingung (d.h. die nur Exfiltration aus dem Grundwasser erlaubende Randbedingung) mit Wasserständen von 518 bzw. 516 mNN für die Hangquellen östlich der Isar belegt
- die Isar entsprechend ihres Wasserspiegels durch Gewässer-Randbedingung (Transfer-RB) nach [U 12] abgebildet sowie
- die belegte  $k_r$ -Verteilung im quartären Grundwasserleiter mit Wertvariation zwischen  $8 \cdot 10^{-3}$  m/s und  $5 \cdot 10^{-5}$  m/s bzw.  $5 \cdot 10^{-3}$  m/s im Umfeld der Orleanshöfe implementiert.

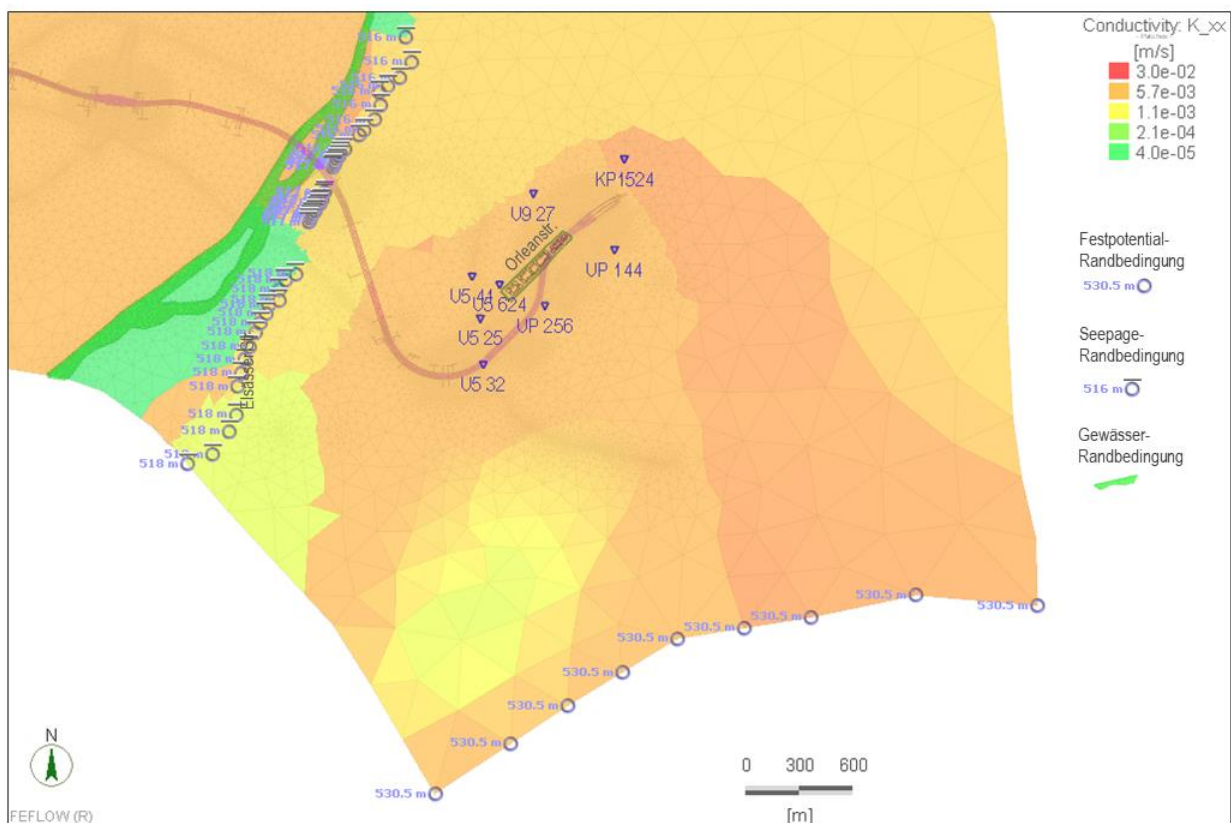


Abbildung 3-8: Parametrisierung zur Simulation  $HW_{\text{End}}$  im Umfeld Orleanshöfe

Die in [U 12] dokumentierte Grundwasserneubildung (GWN) kommt für die Berechnungen zum Einsatz. Hierfür wurden – im Sinne einer Worst-Case-Betrachtung – die Werte eines synthetischen Jahres mit hoher GWN verwendet, ein sogenanntes „Nasßjahr“, dem Mittelwert aus mehreren niederschlagsreichen Jahren. Abbildung 3-9 zeigt die räumliche Verteilung der im GW-Modell belegten Grundwasser-

neubildung. Demnach beträgt die Grundwasserneubildung im Umfeld der Orleanshöfe ca. 97 mm/a (auf der Vorhabenfläche Orleanshöfe / bebaute Flächen) bzw. 466 mm/a auf der Fläche der DB-Gleisanlage.

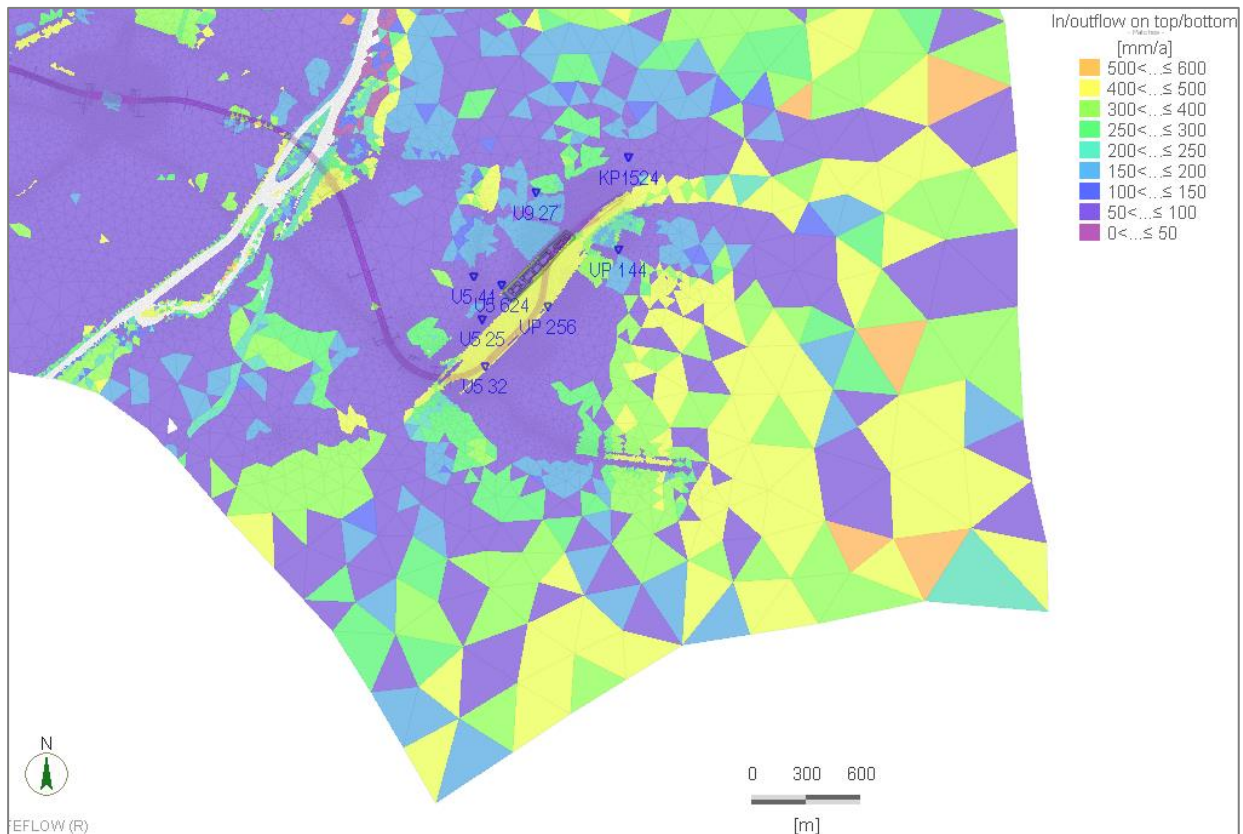


Abbildung 3-9: Übersicht der Grundwasserneubildung

### Ergebnisse der Simulation $HW_{End}$ im Umfeld der Orleanshöfe

Abbildung 3-10 gibt zunächst eine Übersicht über die simulierten Grundwasserstände für  $HW_{End}$  als GWGL (grüne Linien) östlich von der Isar im Vergleich mit den GWGL HHW 1940 (hellblaue Linien). Demnach wird das regionale HHW-Strömungsfeld im quartären Grundwasserleiter im Hinblick auf GW-Fließrichtung, -Gradienten und -Standshöhen, durch das kalibrierte Modell gut reproduziert.

Abbildung 3-11 zeigt die simulierten Grundwasserstände für  $HW_{End}$  GWGL (grüne Linien) und GWGL HHW 1940 (hellblaue Linien) im Umfeld Orleanshöfe im Detail. Demnach liegen die simulierten Grundwasserstände für  $HW_{End}$  zwischen 523,0 mNN und 522,3 mNN. Das Grundwasser fließt mit einem durchschnittlichen Gradienten von 0,38 % von Südosten nach Nordwesten. Damit wird eine sehr gute Abbildung der GW-Strömungsverhältnisse im Umfeld Orleanshöfe erreicht. Der GW-Gradient im GWSM ist ggü. GWGL HHW 1940 leicht erhöht und stellt somit eine zusätzliche Sicherheit im Sinne einer Worst-Case-Betrachtung dar.

Das Simulationsergebnis  $HW_{End}$  gilt nachfolgend als Referenz  $V_0$  bzw. Basisvariante für die Modelluntersuchungen bezüglich der Projektfläche Orleanshöfe.

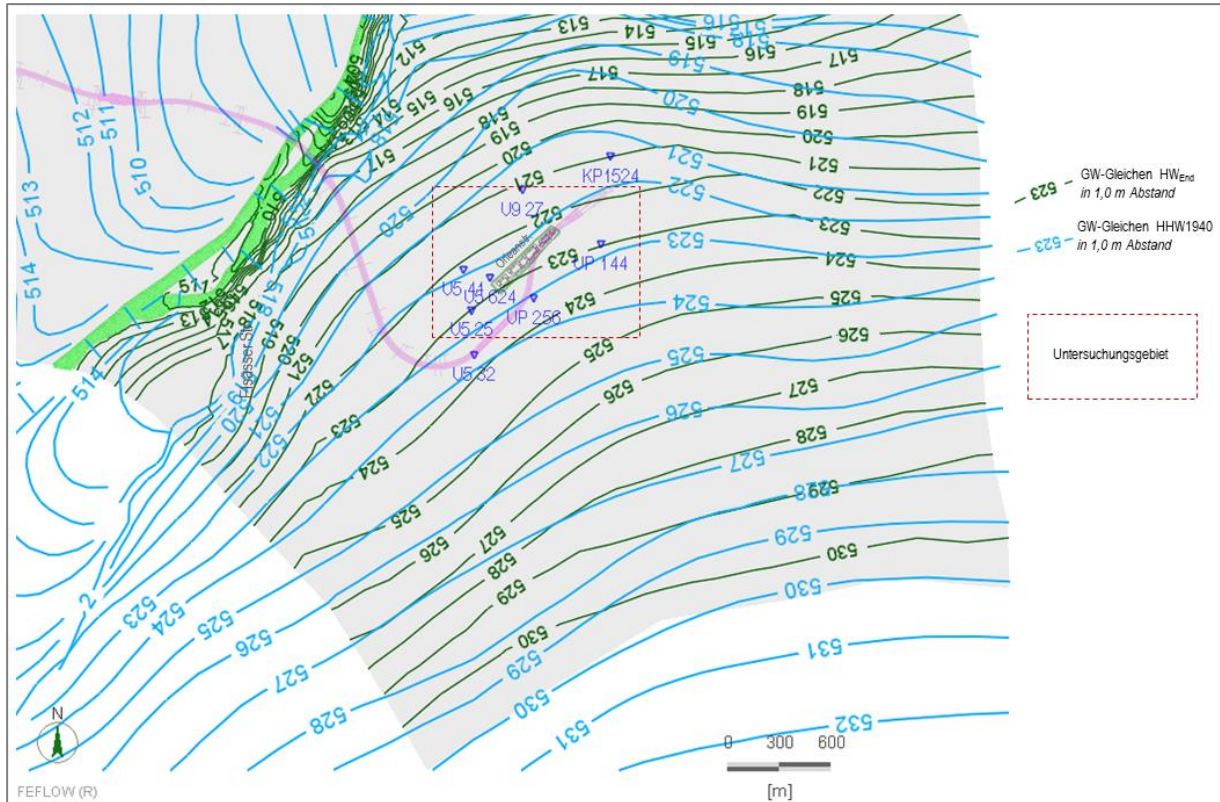


Abbildung 3-10: Übersicht: Simulierte GWGL HW<sub>End</sub> (grün) und GWGL HHW 1940 (hellblau)

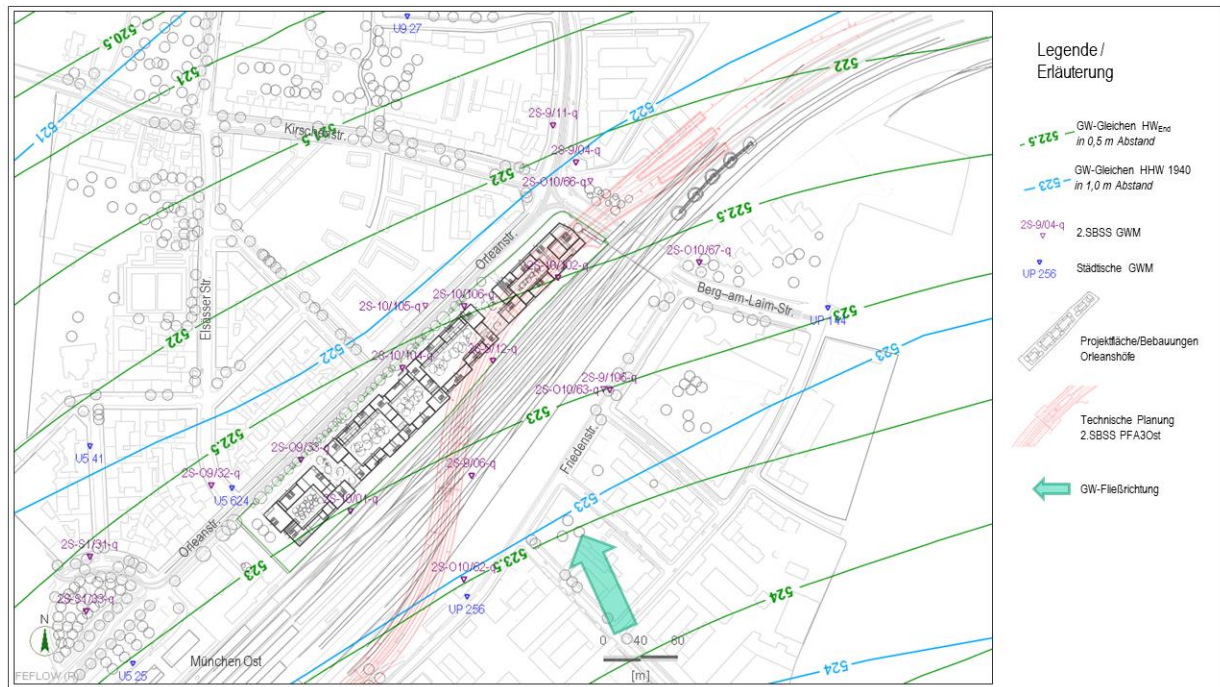


Abbildung 3-11: Simulierte GWGL HW<sub>End</sub> (grün) und GWGL HHW 1940 (hellblau) im Umfeld der Orleanshöfe, [U 7] (Hintergrund: [U 8] & [U 14])



### 3.2. Ergebnisse

Die Modelluntersuchungen zum städtebaulichen Entwurf wurden wie folgt durchgeführt:

- Variante mit bis zu drei Untergeschossen ohne 2. SBSS Tunnel Ost-RS9-BaL-Rampe  
V<sub>3UG</sub>
- Variante mit bis zu drei Untergeschossen mit 2. SBSS Tunnel Ost-RS9-BaL-Rampe  
V<sub>3UG+2.SBSS-TunnelOst-RS9-BaL-Rampe</sub>, auch abgekürzt als Bezeichnung V<sub>3UG+2.SBSS-Ost\*</sub>

Auf eine Berechnung des städtebaulichen Entwurfs mit nur bis zu zwei Untergeschossen wurde verzichtet, da diese inkl. der 0,8 m-Bodenplatte nur knapp unter dem HW<sub>End</sub> zu liegen kommen und das noch unterlagernde Quartär eine Mächtigkeit von rund 4 Metern aufweist (vgl. Abbildung 3-6), so dass ein relevanter GW-Aufstau ausgeschlossen werden kann.

Die o. g. unterirdischen Bauwerke wurden entsprechend ihrer 3D-Geometrien als GW-absperrende Körper lagegerecht im GW-Modell implementiert (beispielhaft für Orleanshöfe mit 3 UG und mit 2. SBSS vgl. Abbildung 3-12 und Abbildung 3-13).

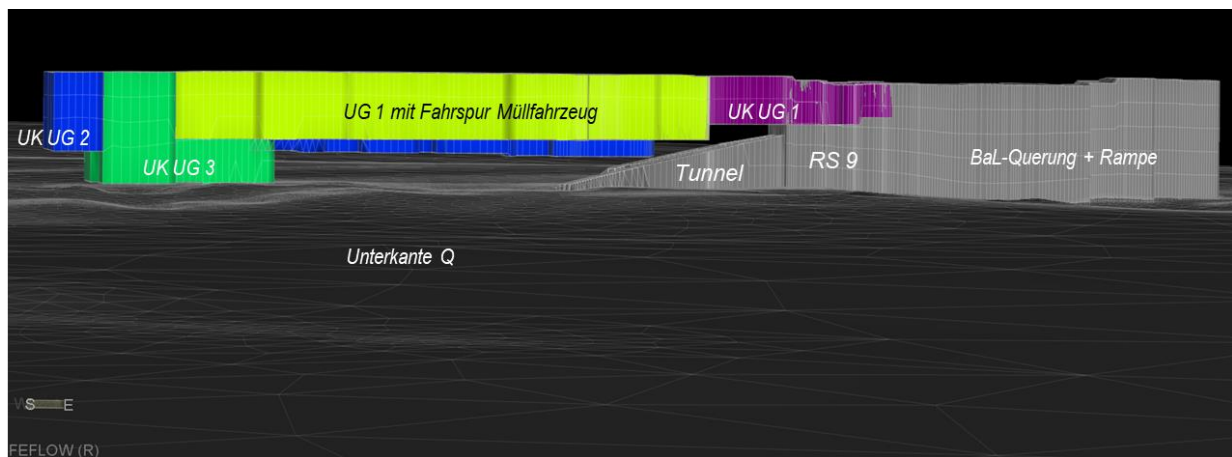


Abbildung 3-12: 3D-Darstellung der UG-Konstruktion Orleanshöfe mit 2. SBSS (Sicht von SW)

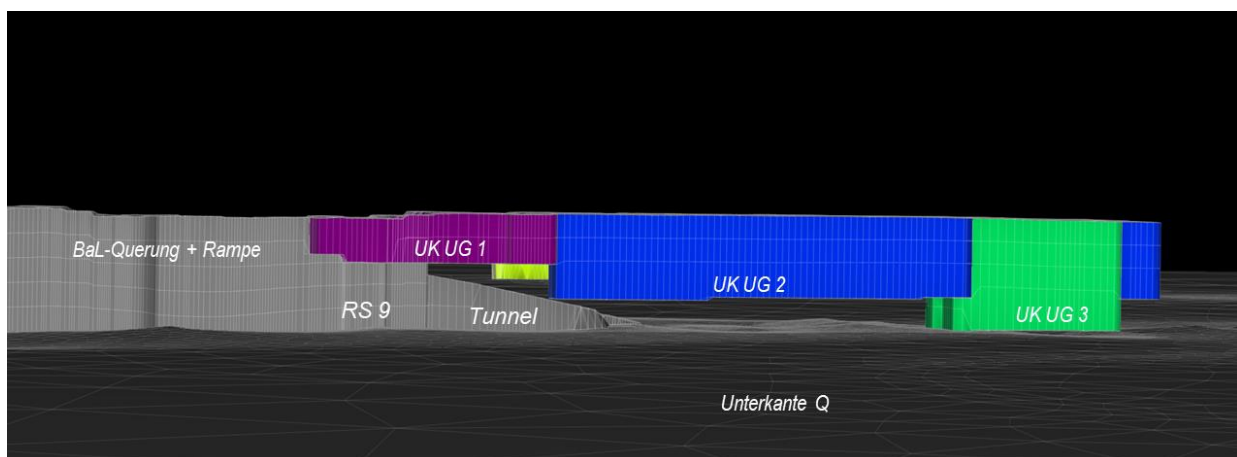


Abbildung 3-13: 3D-Darstellung der UG-Konstruktion Orleanshöfe mit 2. SBSS (Sicht von NE)

### 3.2.1. Bebauung mit drei Untergeschossen

#### Ergebnisse Variante $V_{3UG}$

Die Variante  $V_{3UG}$  simuliert die Tiefgaragenanlage mit einer 3-geschossigen Unterbauung im Südteil. In dieser Variante wird die 2.SBSS (TunnelOst-RS9-BaL-Rampe) zunächst nicht betrachtet.

Abbildung 3-14 zeigt die Simulationsergebnisse mit GWGL für  $V_{3UG}$  (blau), der Differenz GW-Stände  $V_{3UG}$  minus  $V_0$  und GWGL für  $V_0$  (grün). Hier sind jeweils ein oberstromiger Aufstau bis maximal 16 cm bzw. eine unterstromige Absenkung bis 18 cm im Bereich der 3-geschossigen Unterbauung im Süden zu verzeichnen. Der halbellenförmige Bereich mit einem Aufstau  $\geq 10$  cm weist eine Länge von rd. 95 m entlang der Bebauung bzw. eine Breite von ca. 40 m unter der DB-Gleisanlage auf. Mit eingefügt ist in dieser Abbildung die ebenfalls halbellenförmige 1 cm Differenzen-Isolinie für den GW-Aufstau. Aus gutachterlicher Sicht sei angemerkt, dass ein auszuweisender GW-Aufstau von 1 cm im Bereich der Messgenauigkeit von Datenloggern und Handmessungen liegt und sich daher die Frage stellt, ob ein so geringer Wert Grundlage für eine Betroffenheitsbewertung sein sollte. Die sich in südöstlicher Richtung erstreckende Fläche mit einem GW-Aufstau  $> 1$  cm hat eine maximale Länge von rund 910 m und eine maximale Breite von rund 710 m. Inwieweit sich in diesem Bereich Kellergeschosse befinden, die von diesem sehr geringen GW-Aufstau ggf. betroffen sein könnten, ist im Rahmen der hier dokumentierten Untersuchung nicht zu klären.

Der Vergleich der GWGL der Varianten  $V_{3UG}$  und  $V_0$  zeigt, dass das Szenario mit einer teilweisen 3-geschossigen Unterbauung im Süden zu keiner großräumigen Änderung der GW-Strömungsverhältnisse im Umfeld der Orleanshöfe führt. Abgesehen von den o. g. lokalen GW-Standsänderungen bleibt die GW-Fließrichtung nahezu unverändert.

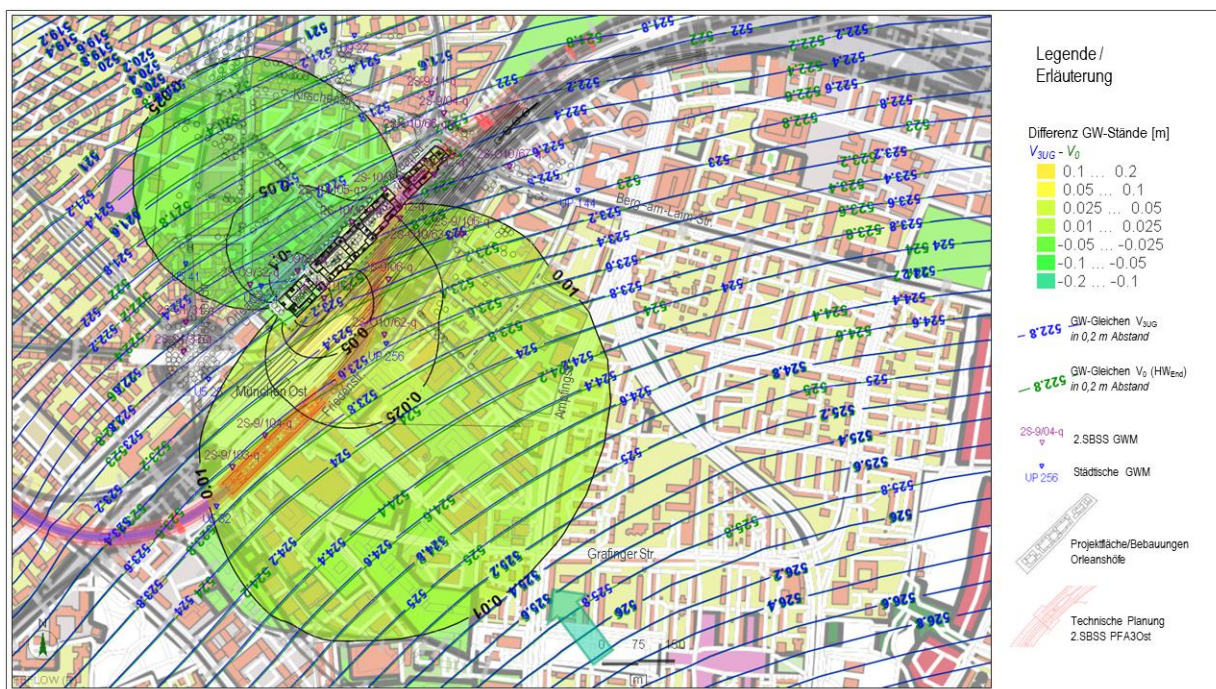


Abbildung 3-14: Simulierte GWGL  $V_{3UG}$  (blau), Differenz GW-Stände  $V_{3UG}$  minus  $V_0$  und GWGL  $V_0$  (grün), Hintergrund: © OpenStreetMap

#### Ergebnisse Variante $V_{3UG+2.SBSS}$ -TunnelOst-RS9-BaL-Rampe

Mit Variante  $V_{3UG+2.SBSS}$ -TunnelOst-RS9-BaL-Rampe ( $V_{3UG+2.SBSS}$ -Ost\*) wird der Fall mit den UG-Bebauungen des Szenarios mit 3 UG und dem Teil der 2.SBSS mit TunnelOst-RS9-BaL-Rampe inkl. den dazugehörigen

zwei Düker-Anlagen simuliert (vgl. Abbildung 3-15).

Abbildung 3-15 stellt die simulierten GWGL für  $V_{3UG+2.SBSS-Ost^*}$  (blau), die Differenz der GW-Stände  $V_{3UG+2.SBSS-Ost^*}$  minus  $V_0$  und GWGL für  $V_0$  (grün) dar.

Demnach sind zu erkennen

- Bereich der 3-geschossigen Unterbauung:
  - oberstromiger Aufstau bis 17 cm
  - unterstromige Absenkung bis 18 cm
 Die Lage bzw. die Form von Aufstau und Absenkung sind der Variante  $V_{3UG}$  sehr ähnlich bzw. nahezu identisch. Dies bedeutet, dass die zusätzliche Berücksichtigung der 2. SBSS im Bereich der 3 Untergeschosse zu keinen relevanten zusätzlichen GW-Änderungen führt.
- Bereich der Bebauungen 2.SBSS mit TunnelOst-RS9-BaL-Rampe:
  - oberstromiger Aufstau bis 21 cm (Tunnel-RS9) bzw. 22 cm (BaL-Rampe)
  - unterstromige Absenkung bis 24 cm (Tunnel-RS9) bzw. 28 cm (BaL-Rampe).

Der Vergleich der GWGL der Varianten  $V_{3UG+2.SBSS-Ost^*}$  und  $V_0$  macht deutlich, dass die geplanten UG-Bebauungen mit 3 UG zu keiner relevanten Änderung des GW-Strömungsverhältnisses im Umfeld der Orleanshöfe führt. Hier bleibt die GW-Fließrichtung nahezu unverändert.

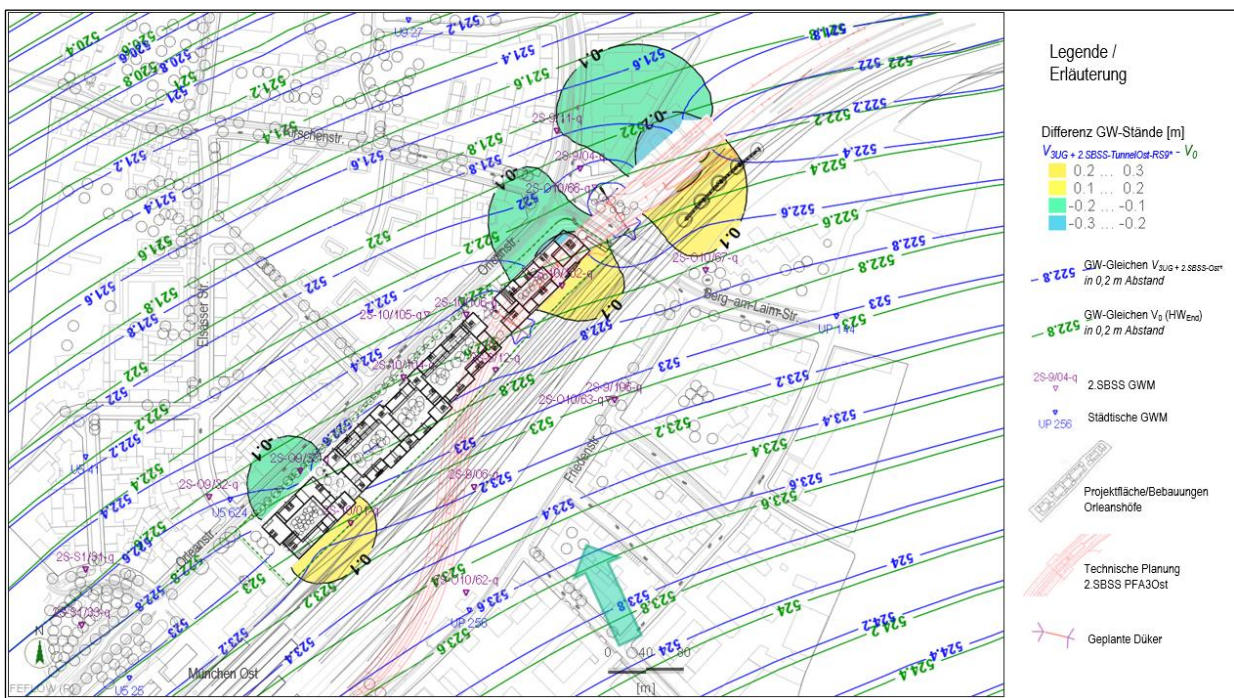


Abbildung 3-15: Simulierte GWGL  $V_{3UG+2.SBSS-Ost^*}$  (blau), Differenz GW-Stände  $V_{3UG+2.SBSS-Ost^*}$  minus  $V_0$  und GWGL  $V_0$  (grün), Hintergrund: [U 8] & [U 14]

### 3.2.2. Einfluss auf die 2. S-Bahn-Stammstrecke

Um mögliche Einflüsse der UG Orleanshöfe auf die 2. S-Bahn-Stammstrecke im Sinne einer kumulativen Aufstauwirkung zu identifizieren, wurde die Variante  $V_{2.SBSS-TunnelOst-RS9-BaL-Rampe}$  ( $V_{2.SBSS-Ost^*}$ ) ohne die UG Orleanshöfe und ausschließlich mit der 2. SBSS berechnet und anschließend mit der Variante  $V_{3UG+2.SBSS-TunnelOst-RS9-BaL-Rampe}$  ( $V_{3UG+2.SBSS-Ost^*}$ ) einschließlich der 3-geschossigen Tiefgarage Orleanshöfe verglichen. Im Ergebnis sind in Abbildung 3-16 die simulierten GWGL für  $V_{3UG+2.SBSS-Ost^*}$  (blau) und  $V_{2.SBSS-Ost^*}$

(schwarz) sowie die Differenz der GW-Stände  $V_{3UG+2.SBSS-Ost^*}$  minus  $V_{2.SBSS-Ost^*}$  dargestellt. Der Vergleich der Abbildung 3-16 mit Abbildung 3-14 ( $V_{3UG}$ ) zeigt, dass sich der simulierte oberstromige Aufstau und die simulierte unterstromige Absenkung durch die geplanten UG Orleanshöfe jeweils im gleichen Bereich des 3. UG Orleanshöfe befindet und einen vergleichbaren Umfang aufweist. Im Überlagerungsbereich der 2. SBSS mit den Tiefgaragen der Orleanshöfe ergibt sich hingegen kein Aufstau bzw. keine Absenkung  $\geq 10$  cm. Der zusätzliche Aufstau beträgt hier rund 1 cm. Es kann daher geschlussfolgert werden, dass durch die UG Orleanshöfe in Zusammenhang mit der geplanten 2. SBSS weder eine signifikante Kumulation des GW-Aufstaus, noch eine messbare Beeinträchtigung der Dükeranlagen 5 und 6 der 2. SBSS im Bereich TunnelOst-RS9-BaL zu erwarten ist.

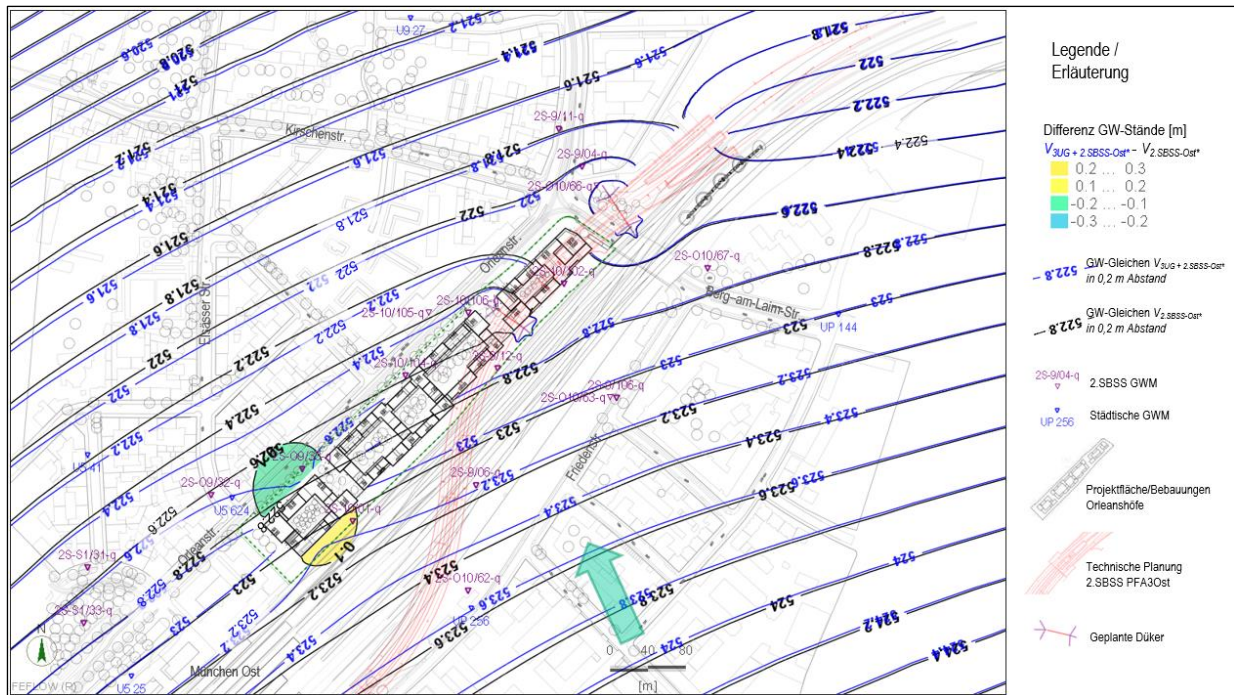


Abbildung 3-16: Simulierte GWGL  $V_{3UG+2.SBSS-Ost^*}$  (blau), Differenz GW-Stände  $V_{3UG+2.SBSS-Ost^*}$  minus  $V_{2.SBSS-Ost^*}$  und GWGL  $V_{2.SBSS-Ost^*}$  (schwarz), Hintergrund: [U 8] & [U 14]

### 3.3. Bewertung

Die in Kap. 3.2 beschriebenen Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Durch die geplanten UG Orleanshöfe nach dem städtebaulichen Entwurf mit unterschiedlichen Eingriffstiefen von zwei Geschossen im Süden und einem Geschoss im Norden sind aufgrund der vollflächig möglichen Unterströmung im Quartär keine relevanten GW-Standsänderungen und damit auch keine relevanten Änderungen in den GW-Strömungsverhältnissen zu erwarten.
- Im Falle des Szenarios mit einer teilweise 3-geschossigen Unterbauung im Süden des 1. Entwicklungsabschnitts ist im Bereich dieser Unterbauung von einem oberstromigem GW-Aufstau bis zu 16 cm bzw. einer unterstromigen GW-Absenkung bis zu 18 cm auszugehen. Die laterale Ausdehnung des oberstromigen GW-Aufstaus  $\geq 10$  cm hat eine Länge von rd. 95 m entlang der Bebauung bzw. eine Breite von ca. 40 m und befindet sich ausschließlich unter der DB-Gleisanlage. Die sich in südöstlicher Richtung erstreckende Fläche mit einem GW-Aufstau  $> 1$  cm hat eine maximale Länge von rund 910 m und eine maximale Breite von rund 710 m. Inwieweit sich in diesem Bereich Kellergeschosse befinden, die von diesem sehr geringen GW-Aufstau ggf. betroffen sein könnten, ist im Rahmen der hier dokumentierten Untersuchung nicht zu klären.

- Der dokumentierte GW-Aufstau wird nahezu ausschließlich durch die 3 Untergeschosse im **1. Entwicklungsabschnitt** verursacht, da es hier zu einer maßgeblichen Verringerung der durchflusswirksamen Mächtigkeit des Quartärs kommt. Die 2-geschossige Unterbauung liegt mit ihrer Sohle hingegen nur geringfügig unter dem zugrunde gelegten  $HW_{\text{End}}$  (vgl. Abbildung 3-6), so dass es hier weiterhin zu einer vollflächigen Unterströmung mit nahezu keinem GW-Aufstau kommen wird.
- Durch die geplanten UG Orleanshöfe mit bis zu 3 Untergeschossen ist von keinem beeinträchtigenden Einfluss auf die nördliche Dükeranlage sowie die Bauwerke der 2. SBSS (TunnelOst, RS9 und Querung Berg am Laim) im Überschneidungsbereich mit den Orleanshöfen Nord auszugehen.

#### 4. Zusammenfassung und Fazit

AQUASOIL wurde durch die GVG mit der Erstellung eines hydrogeologischen Gutachtens zum Bauvorhaben Orleanshöfe beauftragt. Gegenstand der Untersuchung ist der Einfluss der geplanten Tiefgaragen mit bis zu drei Untergeschossen auf die quartäre Grundwasserströmung.

Hierfür wurde zunächst die hydrogeologische Situation untersucht und Kenngrößen ermittelt. In einem weiteren Schritt erfolgte die Überprüfung des städtebaulichen Entwurfs hinsichtlich der Auswirkung auf die Grundwasserströmung mithilfe des für Arbeiten zur geplanten 2. SBSS entwickelten und für das Gutachten modifizierten 3D-Grundwasserströmungsmodells. Hierbei wurde der Grundwasserstau einerseits für Szenarien mit bis zu 3-geschossiger Tiefgaragenbebauung sowie andererseits die kumulative Aufstauwirkung unter Berücksichtigung der geplanten Bebauung der 2. SBSS berechnet.

Es lässt sich zunächst feststellen, dass durch die geplante Bebauung ein Eingriff ausschließlich in das Quartär als oberen Grundwasserleiter erfolgt, welcher durch einen Grundwassergeringleiter von dem Tertiärgrundwasserleiter im Liegenden hydraulisch entkoppelt wird. Eine mögliche Wechselwirkung mit der geplanten 2. SBSS ist somit nur im nordöstlichen zweiten Entwicklungsabschnitt zu erwarten, da in Richtung Südwesten die geplanten Tunnelröhren – unabhängig von der Planungsvariante PFA 3 Ost bzw. PFA 3neu – unter das Quartär abtauchen. Die hydrogeologischen Randbedingungen im Quartär fasst Tabelle 4-1 zusammen.

Tabelle 4-1: Charakteristika der Grundwasserströmung im Quartär für verschiedene Bemessungswasserstände

Parameter	MW	MHW	HHW + 30 cm (HW <sub>End</sub> )
mittlere GOK		ca. 531 mNN	
mittlere UK Quartär		ca. 518 mNN	
mittlere Mächtigkeit GWL		ca. 13 m	
Strömungsrichtung		SE nach NW	
Anstromwinkel auf ORL		ca. 16°	
Durchlässigkeitsbeiwert $k_f$		5*10 <sup>-3</sup> m/s (isotrop)	
mittlerer hydraulischer Gradient	ca. 0,0021	ca. 0,0025	ca. 0,0033
mittlerer GW-Stand	ca. 521,0 mNN	ca. 521,7 mNN*	ca. 522,6 mNN
mittlerer GW-Flurabstand	ca. 10,0 m	ca. 9,3 m	ca. 8,4 m

\* HW<sub>Bau</sub> = MHW + 30 cm

Der potentielle oberstromige GW-Aufstau bzw. die unterstromige GW-Absenkung wurde unter Zugrundelegung von HW<sub>End</sub> mit geringfügig erhöhtem Grundwassergradienten (Worst-Case) berechnet. Die in den Szenarien errechnete maximale GW-Beeinflussung durch die Tiefgaragenanlage Orleanshöfe liegt bei 16 cm Aufstau und 18 cm Absenkung. Sie ergibt sich im Bereich der drei Untergeschosse im **1. Entwicklungsabschnitt** mit Einbindetiefen von bis zu ca. 12 m. Für den nur zweigeschossigen Ausbau der Tiefgaragen kann von nahezu keiner Auswirkung auf die GW-Strömung ausgegangen werden. Der durch die 2. SBSS bedingte GW-Aufstau im Bereich des RS9 (einschließlich Tunnel und BaL) erfährt durch die kumulative Aufstauwirkung in Verbindung mit den Orleanshöfen einen marginalen Anstieg um rund 1 cm.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die geplante Tiefgaragenbebauung der Orleanshöfe den sehr gut durchlässigen quartären Grundwasserleiter an keiner Stelle vollständig durchteuft. Anströmendes Grundwasser kann die bauliche Anlage somit weitgehend um- bzw. unterströmen, sodass auch ohne Kompensationsmaßnahmen keine weitreichende Beeinflussung der GW-Strömung zu erwarten ist.

Ebenso kann von keiner signifikanten Beeinflussung des GW-Aufstaus der 2. SBSS und somit auch deren Dükeranlagen (Düker 5 und 6) ausgegangen werden. Die berechnete GW-Aufstauwirkung im Nahbereich der Baumaßnahme Orleanshöfe in Höhe von lokal maximal rund 20 cm ist auf das südöstlich benachbarte Areal der Gleisanlagen der DB, d.h. auf eine Fläche ohne unterirdische Bebauung, begrenzt. Eine Beeinträchtigung der DB, durch einen GW-Aufstau im Zuge der Bebauung Orleanshöfe, ist daher neben den moderaten Aufstaueträgen sowohl aufgrund der Lage an den DB-Gleisanlagen sowie darüber hinaus wegen der relativ hohen Grundwasserflurabstände von etwa 8 m (bei  $HW_{\text{End}}$ ) auszuschließen.

Die sich in südöstlicher Richtung erstreckende Fläche mit einem GW-Aufstau  $> 1$  cm hat eine maximale Länge von rund 910 m und eine maximale Breite von rund 710 m. Inwieweit sich in diesem Bereich Kellergeschosse befinden, die von diesem sehr geringen GW-Aufstau ggf. betroffen sein könnten, ist im Rahmen der hier dokumentierten Untersuchung nicht zu klären, wobei aus gutachterlicher Sicht angemerkt sei, dass ein auszuweisender GW-Aufstau von 1 cm im Bereich der Messgenauigkeit von Datenloggern und Handmessungen liegt und sich daher die Frage stellt, ob ein so geringer Wert Grundlage für eine Betroffenheitsbewertung sein sollte.

Berlin, den 08.07.2022

Die Bearbeiter:

