

# die **STEG**

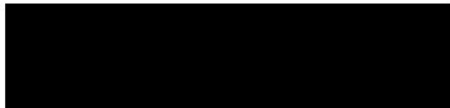
## **Städtebauliche Entwicklungsmaßnahme Nürnberg – Marienberg**

### **Hydrologisches Vorgutachten**

Projekt-Nr.: **121892**

Bericht-Nr.: **02b**

Erstellt im Auftrag von:  
**Die STEG Stadtentwicklung GmbH**  
**Olgastraße 54**  
**70182 Stuttgart**



2022-03-28

## ÄNDERUNGSVERZEICHNIS

Index	Datum	Beschreibung der Änderung	Autor
a	23.11.2021	gemäß Anmerkungen Stadt Nürnberg UWA /SÖR vom 23.09.2021	dor
b	28.03.2022	gemäß Anmerkungen Stadtplanungsamt / 1N - STEM 17.03.2021	dor

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1.</b>	<b>VORBEMERKUNG .....</b>	<b>8</b>
<b>2.</b>	<b>PROJEKTGEBIET .....</b>	<b>9</b>
2.1	Allgemeine Angaben zur Fläche und geplante Maßnahme.....	9
2.2	Geologische Übersicht .....	10
2.3	Hydrologische Übersicht.....	12
<b>3.</b>	<b>UNTERSUCHUNGSUMFANG .....</b>	<b>15</b>
3.1	Errichtung Grundwassermessstellen .....	15
3.2	Geotechnische Probennahme von Boden und Fels.....	16
3.3	Bodenmechanische Laboruntersuchungen.....	17
3.4	Instandsetzung der Grundwassermessstelle GWM_B1881 .....	17
3.5	Kamerabefahrung.....	17
3.6	Grundwasseruntersuchung .....	17
3.7	Datenlogger.....	18
<b>4.</b>	<b>ERGEBNISSE.....</b>	<b>19</b>
4.1	Schichtenaufbau.....	19
4.2	Ergebnisse der boden- und felsmechanischen Laborversuche.....	21
4.3	Dokumentation der Aufschlussergebnisse nach DIN 18300 und DIN 18196.....	22
4.4	Grundwasserstände .....	25
4.5	Grundwasserfließrichtung.....	26
4.6	Auswertung der Pumpversuche.....	30
4.7	Ergebnisse der Grundwasseruntersuchung.....	30
4.8	Betonaggressivität.....	31
4.9	Langfristige Grundwasserbeobachtung .....	31
<b>5.</b>	<b>BEWERTUNG UND EMPFEHLUNGEN ZUM WEITEREN VORGEHEN .....</b>	<b>33</b>
5.1	Beurteilung der Auswirkungen der geplanten Bebauung auf den Grundwasserleiter.....	33
5.2	Vorschläge zur Minimierung der Auswirkungen der Bebauung.....	35
5.3	Prüfung des Bedarfs einer wasserrechtlichen Erlaubnis .....	40
<b>7.</b>	<b>SCHLUSSBEMERKUNGEN .....</b>	<b>41</b>

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

	Seite
Abbildung 2.1	Lage des Untersuchungsgebietes im Stadtgebiet Nürnberg (Quelle Stadtplanungsamt [U4]) ..... 9
Abbildung 2.2	Ausschnitt aus der topographischen Karte [U2] mit Lage des Untersuchungsgebietes ..... 10
Abbildung 2.3	Ausschnitt aus der geologischen Karte [U1] mit Lage des Untersuchungsgebietes ..... 11
Abbildung 2.4	Ausschnitt aus dem Grundwasserbericht [U3] mit Angaben zum Grundwasserflurabstand und Lage des Untersuchungsgebietes..... 13
Abbildung 2.5	Ausschnitt aus dem Grundwasserbericht [U3] mit Darstellung der Grundwassergleichen und Lage des Untersuchungsgebietes ..... 14
Abbildung 4.1	Bandbreite der Kornverteilung Homogenbereich B2 (© CDM Smith)..... 23
Abbildung 4.2	Bandbreite der Kornverteilung Homogenbereich B3 (© CDM Smith)..... 24
Abbildung 4.3	Grundwasserfließrichtung Stichtagsmessung (STM) 21.07.2020 (© CDM Smith) ..... 27
Abbildung 4.4	Grundwasserfließrichtung Minimumwasserstände Stichtagsmessung (STM) August 2020 (© CDM Smith) ..... 28
Abbildung 4.5	Grundwasserfließrichtung Maximumwasserstände Stichtagsmessung (STM) Februar 2021 (© CDM Smith)..... 29
Abbildung 4.6	Grundwasserganglinien (© CDM Smith) ..... 32
Abbildung 5.1	Aufstau und Absenkung des Grundwassers (© CDM Smith)..... 33

## TABELLENVERZEICHNIS

	Seite
Tabelle 3.1:	Koordinaten und Ansatzhöhen der Aufschlüsse und der Grundwassermessstellen (GWM)..... 16
Tabelle 3.2:	Datenlogger ..... 19
Tabelle 4.1:	Schichtenaufbau ..... 19
Tabelle 4.2:	Lage der Oberkanten sowie Mächtigkeiten der angetroffenen Baugrundsichten (Kernbohrungen GWM_N0691 bis GWM_N0693)..... 20
Tabelle 4.3:	Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche ..... 21
Tabelle 4.4	Dokumentation der Aufschlussergebnisse nach DIN 18300 und DIN 18196 (Boden) ..... 22
Tabelle 4.5	Dokumentation der Aufschlussergebnisse nach DIN 18300 (Festgestein) .... 25

Tabelle 4.6:	Dokumentation der Wasserstände (Bohrungen / neue Grundwassermessstellen).....	25
Tabelle 4.7:	Dokumentation der Wasserstände (vorhandene Grundwassermessstellen).....	26
Tabelle 4.8:	Durchlässigkeitsbeiwerte $K_f$ .....	30
Tabelle 4.9:	Grundwasserstände Minimum Maximum Werte .....	31

## ANLAGENVERZEICHNIS

<b>Anlage 1</b>	<b>Lageplan der Grundwassermessstellen</b>
<b>Anlage 2</b>	<b>Dokumentation der Feldarbeiten</b>
Anlage 2.1	Kopfblätter der Kernbohrungen und Schichtenverzeichnisse
Anlage 2.2	Bohrprofile und Ausbaupläne der Grundwassermessstellen
Anlage 2.3	Kampfmittelfreigabe
Anlage 2.4	Kamerabefahrung (nur digital)
Anlage 2.5	Protokolle der Grundwasserprobenahmen
Anlage 2.6	Dokumentation Pumpversuche
Anlage 2.7	Dokumentation Instandsetzung GWM_B1881
<b>Anlage 3</b>	<b>Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche</b>
<b>Anlage 4</b>	<b>Ergebnisse der Grundwasseruntersuchung</b>
Anlage 4.1	Tabellarische Zusammenstellung Untersuchungsergebnisse Grundwasser
Anlage 4.2	Zusammenfassung und Bewertung nach DIN 4030
Anlage 4.3	Prüfbericht AR-20-FR-023771-01
<b>Anlage 5</b>	<b>Grundwasserganglinien</b>

## UNTERLAGEN

- [U1] Bayerisches Geologisches Landesamt, München, 1977: Geologische Karte Nürnberg – Fürth – Erlangen Maßstab 1:50.000
- [U2] Bayerisches Staatsministerium der Finanzen und Heimat, München, 2021: Geoportal Bayern, Bayern Atlas
- [U3] Stadt Nürnberg, Umweltamt, 2017: Grundwasserbericht
- [U4] Stadt Nürnberg, Stadtplanungsamt, 28.08.2018: Leistungsbeschreibung – Hauptgutachten zur Städtebaulichen Entwicklungsmaßnahme Marienberg
- [U5] Stadt Nürnberg, Stadtplanungsamt, 08.10.2018: STEM Marienberg Lageplan mit Eigentümerstruktur
- [U6] Stadt Nürnberg, Service öffentlicher Raum, 04.07.2019 / 2606.2020: Lageplan, Bohrprofile und Ausbaupläne zu GWM\_B1881, GWM\_B1840, GWM\_0465, GWM\_B0663
- [U7] CDM Smith, Nürnberg, 08.10.2019: Städtebauliche Entwicklungsmaßnahme Nürnberg, Protokoll Nr. 02, Ortstermin zur Begutachtung archäologischer Schurf 15 Flughafenstraße 56
- [U8] CDM Smith, Nürnberg, 14.10.2019: Städtebauliche Entwicklungsmaßnahme Nürnberg, Ergebnisse der abfalltechnischen Deklaration HW 1 und erste Untersuchungsergebnisse der Beweissicherungen
- [U9] CDM Smith, Nürnberg, 05.11.2019: Städtebauliche Entwicklungsmaßnahme Nürnberg, bodenschutzrechtliche Bewertung der Bodenproben aus Schurf 15
- [U10] CDM Smith, Nürnberg, 11.08.2020: Städtebauliche Entwicklungsmaßnahme Nürnberg – Marienberg Bericht zur Versickerungsfähigkeit des Untergrunds, Projekt Nr. 121892, Bericht 01a

## ABKÜRZUNGEN

AMPA:	Aminomethylphosphonsäure
BauGB:	Baugesetzbuch
BayWG:	Bayerisches Wassergesetz
BGS:	Baugrundschrift
BTXE:	Benzol, Toluol, Ethylbenzol, Xylole
DHDN:	Deutsches Hauptdreiecksnetz
DIN:	Deutsches Institut für Normung
DN:	Nennweite
E (UTM 32N):	Ostwert (Universal Transverse Mercator)
EN:	Europäische Norm
EPA:	Environmental Protection Agency
GK:	Gauß-Krüger-Koordinatensystem
GW:	Grundwasser
GWM:	Grundwassermessstelle
H (DHDN 90):	Hochwert (Deutsches Hauptdreiecksnetz)
ISO:	International Organization for Standardization
k.A.:	Keine Angabe
LfU:	Landesamt für Umwelt
LfW:	Landesamt für Wasserwirtschaft
LHKW:	eichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe
Max:	Maximum
Min:	Minimum
Mittel:	Mittelwert
MKW:	Mineralölkohlenwasserstoffe
mNHN:	Meter über Normal Höhen Null
muGOK:	Meter unter Geländeoberkante
muPOK:	Meter unter Pegeloberkante (geöffnete Sebakappe Grundwassermessstelle)
N (UTM 32N):	Nordwert (Universal Transverse Mercator)
PAK:	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
PFC.:	Perfluorcarbone, Fluor-Kohlenstoff-Verbindungen
PFOS:	Perfluorooctansulfonsäure
R (DHDN 90):	Rechtswert (Deutsches Hauptdreiecksnetz)
SprengG:	Sprengstoffgesetz
STM:	Stichtagsmessung
TOP:	Total Oxidizable Precursor
UTM:	Universal Transverse Mercator
WHG:	Wasserhaushaltgesetz

## 1. VORBEMERKUNG

Die STEG Stadtentwicklung wurde von der Stadt Nürnberg mit der Durchführung der vorbereitenden Untersuchung nach BauGB §§165 ff beauftragt. Im Rahmen der Bestandsaufnahme und Bewertung ist gemäß [U4] eine Erkundung des Untergrundes zur Ermittlung der hydrologisch relevanten Kennwerte sowie eine umwelttechnische Untersuchung des Grundwassers auszuführen und die Ergebnisse sind in einem hydrologischen Gutachten darzustellen und zu bewerten.

Die CDM Smith Consult GmbH wurde am 05.09.2019 und 14.05.2020 von der STEG auf Basis des CDM-Angebotes A121892 vom 19.12.2018 und des angepassten Angebotes A121892\_04 vom 09.12.2019 mit der Erkundung des Untergrundes und der Erstellung des hydrologischen Gutachtens beauftragt.

Ziel des Gutachtens ist, die hydrogeologischen Kennwerte (Durchlässigkeitsbeiwerte, Grundwasserstände, Beurteilung der Sickerfähigkeit des Untergrundes) zu ermitteln und mögliche Konfliktslagen aufzuzeigen sowie zu untersuchen, wie sich eine geplante Bebauung auf die derzeit herrschenden Grundwasserverhältnisse auswirkt. Weiterhin sind Maßnahmen zur Minimierung der Auswirkungen von ins Grundwasser eingreifenden Bauwerken sowie der Bedarf einer wasserrechtlichen Erlaubnis zu prüfen.

Hierzu wurde ein Grundwassermessnetz aus vier vorhandenen und drei neu errichteten Grundwassermessstellen erstellt und ein Grundwassermonitoring mittels Datenlogger über ein Jahr vorgenommen. Die Ergebnisse der für die Errichtung der neuen Grundwassermessstellen erforderlichen Aufschlussbohrungen werden nach DIN 18300 und DIN 18196 dokumentiert.

Die Darstellung und Bewertung der weiterhin beauftragten Versickerungsversuche sind in einem separaten Bericht (siehe [U10]) dargestellt und bewertet. Ebenso sind die im Zuge der Herstellung der Schurfgruben lokal auf dem Grundstück der Flughafenstraße 56 angetroffenen Bodenverunreinigungen (Schurf 15) in separaten Protokollen und Stellungnahmen (siehe [U7] bis [U9]) dargestellt und bewertet.

Die in dem Bericht dargestellten, aus den entsprechend zitierten Unterlagen verwendeten Abbildungen werden zur Veranschaulichung von Sachverhalten genutzt. In diesen Abbildungen werden zum einen Grundwassermessstellen und Informationen dargestellt, die im vorliegenden Bericht nicht ausgewertet werden und zum anderen sind nicht alle im Bericht genannten vorhandenen bzw. neu errichteten Grundwassermessstellen in diesen Abbildungen vorhanden.



## 2. PROJEKTGEBIET

### 2.1 Allgemeine Angaben zur Fläche und geplante Maßnahme

Das etwa 61 Hektar große Gebiet des Untersuchungsgebietes befindet sich im Norden des Nürnberger Stadtgebietes in unmittelbarer Nachbarschaft des Albrecht-Dürer-Flughafens (siehe Abbildung 2.1 und Abbildung 2.2 )

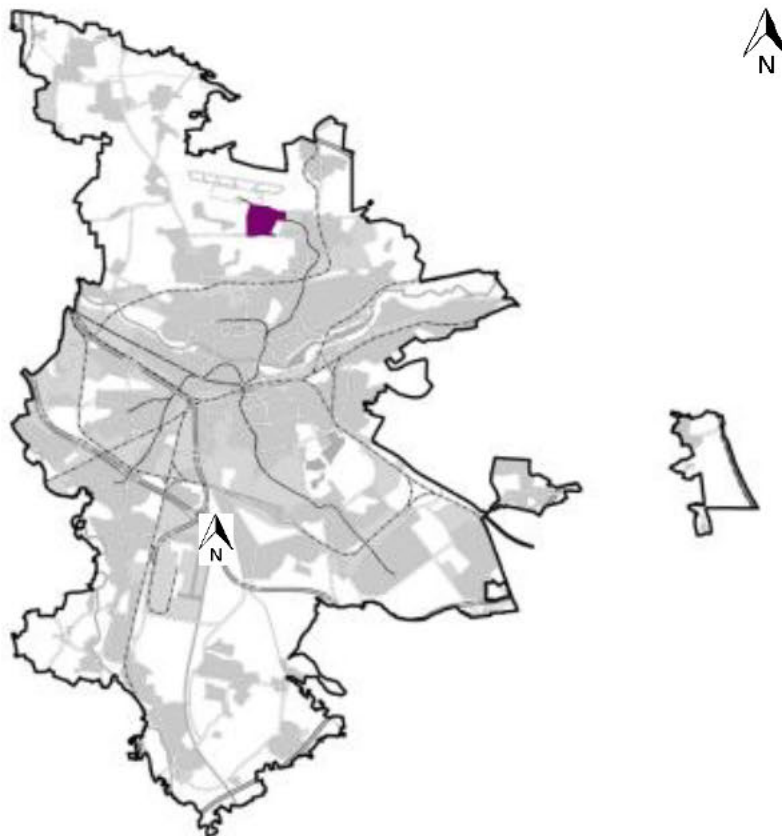


Abbildung 2.1 Lage des Untersuchungsgebietes im Stadtgebiet Nürnberg  
(Quelle Stadtplanungsamt [U4])



Abbildung 2.2 Ausschnitt aus der topographischen Karte [U2] mit Lage des Untersuchungsgebietes

Das Gelände wird im Süden durch die Marienbergstraße, im Westen durch die Flughafenstraße, im Norden durch den Flughafen sowie im Osten durch das Wohn- und Gewerbegebiet von Ziegelstein begrenzt.

Konkrete Pläne zur zukünftigen Bebauung des Areals liegen nicht vor. Neben hochwertigen Gewerbebetrieben und gegebenenfalls unterkellerten Wohngebäuden oder Wohngebäuden mit Tiefgaragen und den dazugehörigen Verkehrswegen sind auch öffentliche Bauten wie Kindergärten oder Begegnungsstätten sowie öffentliche Grünflächen und Sport- und Freizeitanlagen vorgesehen.

## 2.2 Geologische Übersicht

Das Untersuchungsgebiet liegt gemäß der Geologischen Karte von Bayern Blatt Nürnberg – Fürth – Erlangen (siehe [U1]) nahezu vollständig im Bereich pleistozäner Flugsande. Nur im äußersten Nordwesten und Nordosten stehen polygenetische oder fluviatile pleistozäne bis holozäne Talfüllungen an (siehe Abbildung 2.3).

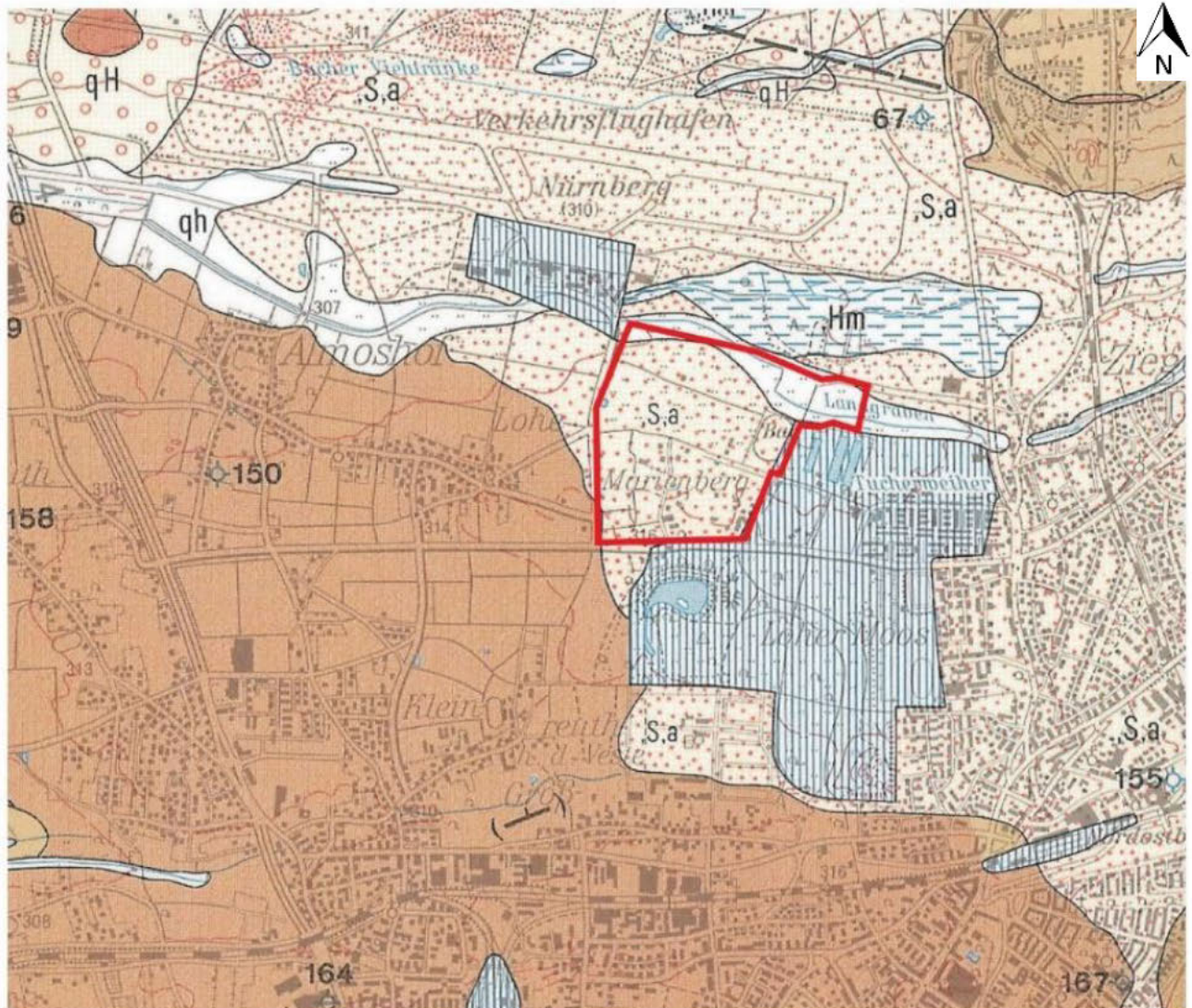


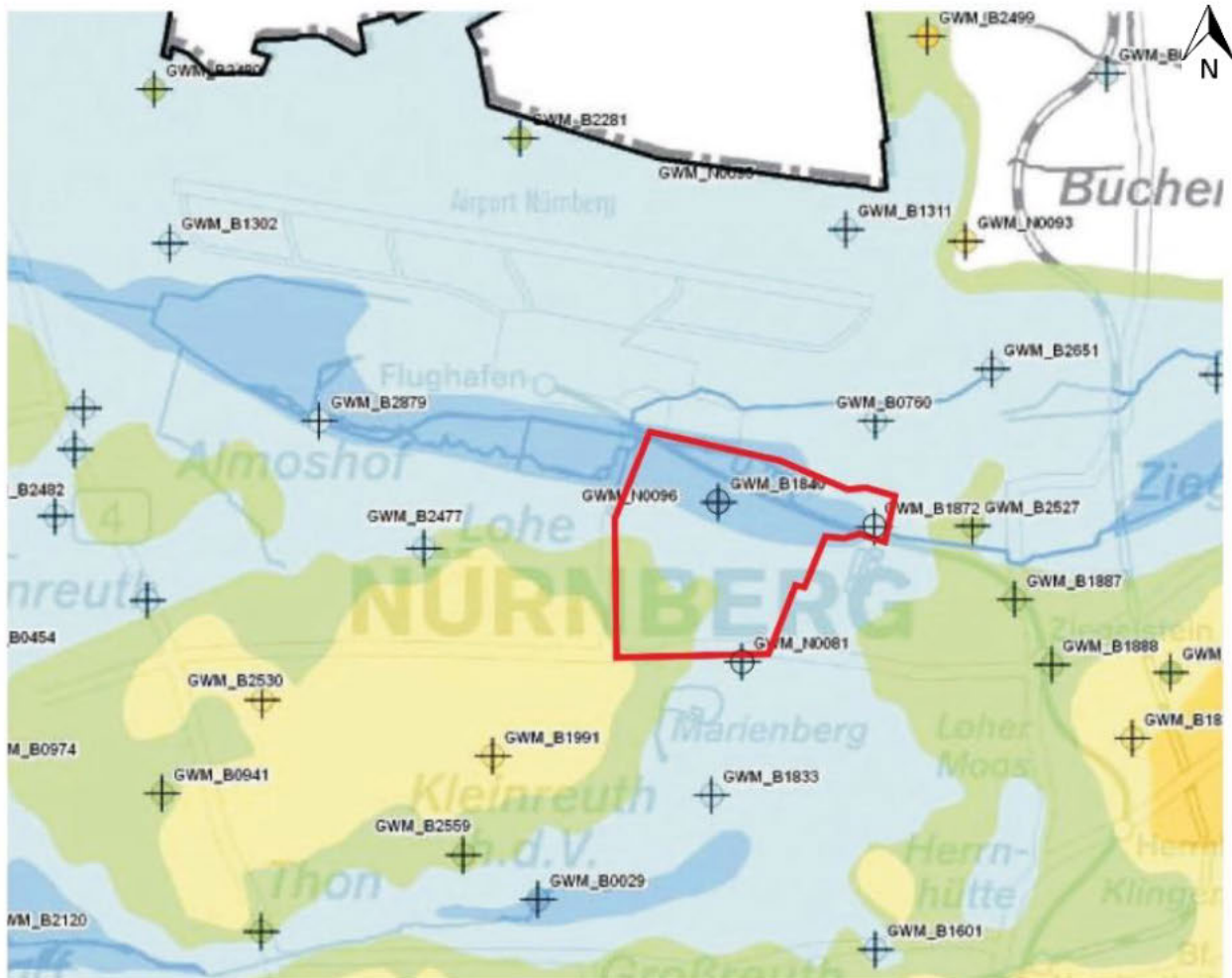
Abbildung 2.3 Ausschnitt aus der geologischen Karte [U1] mit Lage des Untersuchungsgebietes

Im Liegenden dieser quartären Schichten, die gemäß den vorliegenden Bohrprofilen [U6] sowie den im Zuge der beauftragten Erkundung ausgeführten Bohrungen GWM\_N0691 bis GWM\_N0693 inkl. überlagernder Auffüllungen Mächtigkeiten von 1 m bis 3,75 m erreichen, steht der Coburger Sandstein an. Dieser liegt in Mächtigkeiten von 0,25 m bis 2,7 m als entfestigter Verwitterungshorizont (Sande) vor, so dass die Lockergesteine insgesamt eine Mächtigkeit zwischen 1,8 m und 4,7 m erreichen.

Der Coburger Sandstein besteht überwiegend aus fein- bis mittelkörnigen Sandsteinen, in die vereinzelt und zumeist in Tiefen > 15 m geringmächtige Steinmergel- und Tonsteinlagen zwischengeschaltet sind.

### **2.3 Hydrologische Übersicht**

In den vorliegenden Unterlagen der vorhandenen Grundwassermessstellen [U6] sind Grundwasserstände zwischen 0,85 m und 2,0 m unter den jeweiligen Ansatzpunkten enthalten. Entsprechend des Grundwasserberichtes der Stadt Nürnberg [U3] ist auf dem Untersuchungs-gelände mit einem Grundwasserflurabstand von 0-1 m im Norden und bis zu 5 m im Südwesten (siehe Abbildung 2.4) zu rechnen.

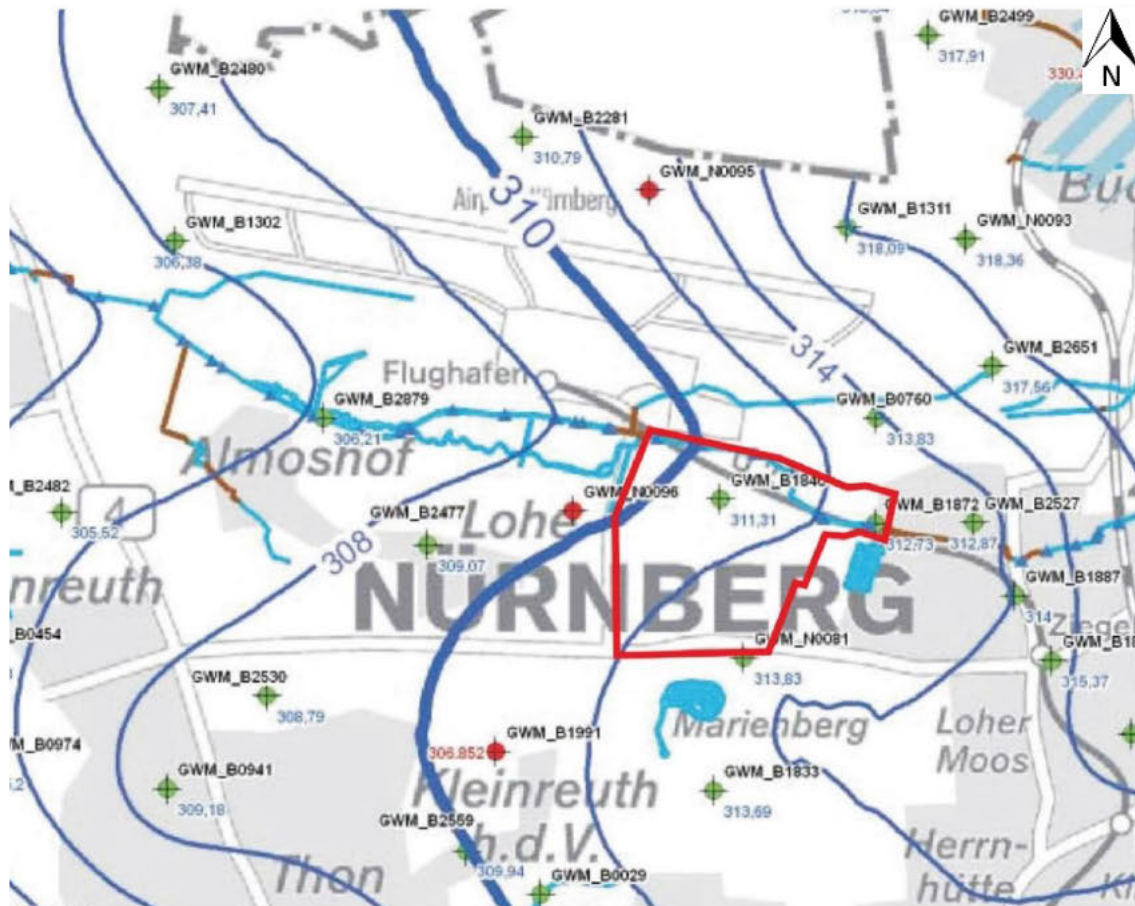


### Flurabstand

Flurabstand	Grundwassermessstellen (GWM)
0-1 m	+ < 1,0 m
1-3 m	+ > 1,0 - 3,0 m
3-5 m	+ > 3,0 - 5,0 m
5-7 m	+ > 5,0 - 7,0 m
7-10 m	+ > 7,0 - 10,0 m
>10 m	+ > 10,0 m

Abbildung 2.4 Ausschnitt aus dem Grundwasserbericht [U3] mit Angaben zum Grundwasserflurabstand und Lage des Untersuchungsgebietes

Die Grundwasserfließrichtung ist gemäß [U3] nach Nord-West in Richtung des Vorfluters Bucher Landgraben gerichtet (siehe Abbildung 2.5).



## Grundwassergleichen

### Messstellen

- Gewässerhöhen Pegnitz
- Grundwassermessstellen, berücksichtigt (GWM)
- Grundwassermessstellen, nicht berücksichtigt (GWM)
- Gewässerhöhen
- Kanalhöhen

### Grundwassergleichen

- ..... Vermutet
- 2
- 10
- /// schwebendes Grundwasserstockwerk

### Oberflächengewässer

- Gewässer
- Verrohrte Gewässer
- Gedichtete Kanalstrecke

Abbildung 2.5 Ausschnitt aus dem Grundwasserbericht [U3] mit Darstellung der Grundwassergleichen und Lage des Untersuchungsgebietes

### 3. UNTERSUCHUNGSUMFANG

#### 3.1 Errichtung Grundwassermessstellen

Zur Durchführung von Pumpversuchen mit der Entnahme von Grundwasserproben und zur Erkundung der Untergrundverhältnisse wurden vom 15.06.2020 bis 23.06.2020 drei Grundwassermessstellen mit einem Ausbaudurchmesser DN 125 mit der Bezeichnung GWM\_N0691, GWM\_N0692, GWM\_N0693<sup>1</sup> errichtet. Hierzu wurden zur geologischen Aufnahme der Schichtenabfolge des Untergrundes Kernbohrungen mit einem Bohrdurchmesser von 179 mm im Lockergestein und 131 mm im Festgestein als Rotationskernbohrung, trocken mit Spülung abgeteuft und anschließend mit einem Durchmesser von 324 mm bzw. 300 mm aufgebohrt, um den für den genannten Ausbaudurchmesser von DN 125 mit einem Außendurchmesser von 140 mm erforderlichen Ringraumdurchmesser<sup>2</sup> zu erhalten. Die Endteufe der Bohrungen bzw. die Ausbautiefe der Grundwassermessstellen liegt bei 8,0 m unter dem jeweiligen Ansatzpunkt. Die Grundwassermessstellen wurden mit einem Oberflurabschluss (Stahlstandrohr mit Sebkappe und Betonsockel) errichtet.

Die Lage der Grundwassermessstellen wurde in Abstimmung mit der Stadt Nürnberg jeweils auf im Eigentum der Stadt Nürnberg befindlichen Grundstücken und unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten und Zugänglichkeit der Ansatzpunkte sowie der Lage von vorhandenen Ver- und Entsorgungsleitungen festgelegt.

Alle Ansatzpunkte wurden mittels geophysikalischer Verfahren (ferromagnetische Oberflächen-sondierung) durch einen Mitarbeiter der Süddeutschen Kampfmittelsondierung GmbH, (Befähigungsscheininhaber nach § 7, 20 SprengG) auf Kampfmittel untersucht. An den Ansatzpunkten ergaben sich keine Hinweise auf Kampfmittel und die Bohrungen wurden freigegeben (siehe Anlage 2.3).

In der nachfolgenden Tabelle 3.1 sind die mittels GPS eingemessenen Koordinaten und die Lage der vorhandenen (GWM\_B1881, GWM\_B1840, GWM\_0465, GWM\_B0663 siehe [U6]) und neu errichteten (GWM\_N0691, GWM\_N0692, GWM\_N0693) Grundwassermessstellen dargestellt. Die Lage kann auch der Anlage 1 entnommen werden.

---

<sup>1</sup> Die Bezeichnung der Grundwassermessstellen erfolgt nach den Vorgaben der Stadt Nürnberg

<sup>2</sup> Mindestbohrdurchmesser = Ausbauaußendurchmesser + 160 mm

Tabelle 3.1: Koordinaten und Ansatzhöhen der Aufschlüsse und der Grundwassermessstellen (GWM)

GWM	Flurstück (Gemarkung Lohe)	Lage	R (DHDN 90 GK4) / E (UTM 32N)	H (DHDN 90GK4) / N (UTM 32N)	Höhe Ansatzpunkt [mNHN] (DHHN92)	Höhe GWM <sup>3</sup> [mNHN] (DHHN92)
GWM_B1881	143/100	Nordwest Nähe Hundeclub	4433952,95 --	5484114,97 --	312,17	312,04
GWM_B1840	143/63		4434038,00 --	5484088,00 --	312,44	312,24
GWM_0465	148	Nordost nahe Bucher Landgraben	4434479,40 --	5484097,91 --	312,98	312,8
GWM_B0663	k.A.	Marienbergstraße	4434180,00 --	5483483,36 --	315,91	315,79
GWM_N0691	200	Flughafenstraße 56	4433720,57 650920,11	5483634,18 5483566,82	315,45	316,45
GWM_N0692	143/16	Straße südlich Garten / Pferdekoppel	4433995,30 651184,18	5483893,16 5483836,59	313,44	314,44
GWM_N0693	293	Straße südlich Sportplatz	4434299,28 651492,71	5483774,53 5483730,04	314,99	315,99

--: keine Angaben in [U6] enthalten

Der erkundete Untergrund wurde in Schichtenverzeichnissen nach DIN EN ISO 14688-1:2018<sup>4</sup> und DIN EN ISO 14689:2018<sup>5</sup> dokumentiert, wobei die Benennung der Böden nach der DIN 4022:1987<sup>6</sup> erfolgt. Die Schichtenverzeichnissen sind zusammen mit den Kopfblättern der Kernbohrungen in der Anlage 2.1 enthalten. Die dazugehörigen Bohrprofile nach DIN 4023:2006<sup>7</sup> mit den Ausbauplänen der Grundwassermessstellen in der sind in der Anlage 2.1 dargestellt.

### 3.2 Geotechnische Probennahme von Boden und Fels

Zur geotechnischen Untersuchung des Bodens wurden aus den Kernbohrungen insgesamt 14 Bodenproben in Bechern (1,0 l) der Güteklasse 3 (gestörte Proben) entnommen. Die Entnahmetiefen der Bodenproben und Felskerne sind in den Bohrprofilen der Anlage 2.2 vermerkt.

<sup>3</sup> (geöffnete Sebakappe)

<sup>4</sup> *Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Böden – Teil 1*

<sup>5</sup> *Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels*

<sup>6</sup> *Baugrund und Grundwasser; Benennen und Beschreiben von Boden und Fels*

<sup>7</sup> *Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse von Bohrungen und sonstigen direkten Aufschlüssen*



### 3.3 Bodenmechanische Laboruntersuchungen

An exemplarisch ausgewählten Bodenproben der angetroffenen Lockergesteinsschichten wurden im geotechnischen Labor der FeboLab GmbH, 91747 Westheim, folgende bodenmechanische Laborversuche durchgeführt:

- 4 Stück Bestimmung des Wassergehaltes nach DIN EN ISO 17892-1: 2015<sup>8</sup>
- 4 Stück Bestimmung der Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17892-4: 2017:<sup>9</sup> als Siebung bzw. Sedimentation

Die Ergebnisse der durchgeführten bodenmechanischen Laborversuche sind in Anlage 3 dargestellt.

### 3.4 Instandsetzung der Grundwassermessstelle GWM\_B1881

Aufgrund eines erkennbaren Wurzeleinwuchses an der bestehenden Grundwassermessstelle GWM\_B1881 wurden am 24.06. und 25.06.2020 mittels Fräsarbeiten die im Brunnenausbau befindlichen Wurzeln entfernt, die Messstelle anschließend durch abschnittsweises Kolben-Bürsten mechanisch gereinigt und die gelösten Stoffe entfernt.

### 3.5 Kamerabefahrung

Zu Dokumentation der Instandsetzung sowie der neu errichteten Grundwassermessstellen wurden am 10.07.2020 und 13.07.2020 Kamerabefahrungen durchgeführt. Diese sind digital dokumentiert (Anlage 2.4).

### 3.6 Grundwasseruntersuchung

Zur Ermittlung der Durchlässigkeit und Entnahme von Grundwasserproben wurden am 08.07.2020 und 09.07.2020 an den neu errichteten Grundwassermessstellen GWM\_N0691, GWM\_N0692 und GWM\_N0693 jeweils 4-stündige Pumpversuche mit einer Messung des Wiederanstieges durchgeführt. Die Grundwasserproben wurden jeweils am Ende der Pumpversuche entnommen. An den vorhandenen Grundwassermessstellen wurden am 09.07.2020 jeweils nach einer halbstündigen Pumpdauer Grundwasserproben entnommen. Weiterhin erfolgte im Vorfeld der Probenahmen eine Messung einer möglichen Ölphase. An der Grundwassermessstelle GWM\_N0691 wurden aufgrund des Befundes der Bodenuntersuchung (siehe [U7] und [U8]) weitere 3 Stück Messungen einer möglichen Ölphase im Oktober 2020 sowie Januar und Mai 2021 ausgeführt.

---

<sup>8</sup> Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Laborversuche an Bodenproben - Teil 1: Bestimmung des Wassergehalts

<sup>9</sup> Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Laborversuche an Bodenproben - Teil 4: Bestimmung der Korngrößenverteilung

Die Dokumentation der Pumpversuche der Grundwasserprobenahme und Ölphasenmessung ist in den Protokollen der Anlage 2.5 enthalten.

Die entnommenen Wasserproben wurden entsprechend den Vorgaben des Auftraggebers bzw. der Stadt Nürnberg auf nachfolgende Parameter untersucht:

- Aromatische Kohlenwasserstoffe (BTEX inkl. Cumol, Styrol, 7 Einzelsubstanzen)
- Mineralöl-Kohlenwasserstoffe (MKW, Kettenlängen C10 bis C40, gaschromatographisch)
- Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK, EPA-Standard, 16 Einzelsubstanzen)
- Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe (LHKW, 22 Einzelsubstanzen)
- 8 Schwermetalle
- 13 PFC Einzelparameter gemäß LfU-Leitlinien (Stand: 04/2017)
- TOP-Analytik
- Glyphosat, AMPA sowie weitere Herbizide und Pestizide nach Vorgabe

Weiterhin wurden die Parameter zur Bestimmung der Betonaggressivität des Grundwassers gemäß DIN 4030-1:2018<sup>10</sup> untersucht.

### 3.7 Datenlogger

Zur längerfristigen Beobachtung der Grundwasserstände wurden am 21.07.2020 an den vorhandenen Grundwassermessstellen sowie den neu errichteten Grundwassermessstellen die in der Tabelle 3.2 aufgelisteten Datenlogger der Firma Aquitronic eingebaut. Diese sind vertragsgemäß in den Besitz der Stadt Nürnberg übergegangen.

Am 07.07.2021 wurden die Daten der Grundwasserstandsmessungen vom 21.07.2020 bis 02.07.2021 an CDM Smith übermittelt.

---

<sup>10</sup> Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase - Teil 1: Grundlagen und Grenzwert

Tabelle 3.2: Datenlogger

GWM	Einhängetiefe [m u POK]	Datenlogger Serien- nummer	Typ
GWM_B1881	3,58	9893	ATP 10 (1 bar)
GWM_B1840	12,35	9899	ATP 10 (2 bar)
GWM_0465	20,23	9897	ATP 10 (2 bar)
GWM_B0663	20,27	9898	ATP 10 (2 bar)
GWM_N0691	6,18	9895	ATP 10 (1 bar)
GWM_N0692	6,12	9896	ATP 10 (1 bar)
GWM_N0693	6,12	9894	ATP 10 (1 bar)

## 4. ERGEBNISSE

### 4.1 Schichtenaufbau

In den Bohrungen zur Errichtung der Grundwassermessstellen wurden von der Geländeoberfläche aus nach unten die folgenden Baugrundschichten (BGS) angetroffen:

Tabelle 4.1: Schichtenaufbau

Baugrund- schicht	Geol. Bezeichnung	Mächtigkeit [m]	Schichtenbeschreibung
BGS 1	Auffüllung	1,2 bis 2,4	Sand, zumeist schluffig, teils tonig, teils kiesig bis stark kiesig, lokal steinig, lokal Kies, sandig (Kalkschotter), z.T. Mauer- / Ziegelstein, Glas
BGS 2	Quartär	0,6 bis 2,3	Sand, schwach schluffig
BGS 3	Verwitterungszone des Coburger Sandsteins	0,25 bis 2,6	Sand, schwach schluffig, schwach tonig
BGS 4	Coburger Sandstein	> 3,6	Sandstein, feinkörnig bis mittelkörnig, sehr mürbe bis mäßig hart lokal Tonstein entfestigt

Die nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht über die Lage der Oberkanten und Mächtigkeiten der mit den aktuellen Bohrungen aufgeschlossenen Baugrundschichten.

Tabelle 4.2: Lage der Oberkanten sowie Mächtigkeiten der angetroffenen Baugrundsichten (Kernbohrungen GWM\_N0691 bis GWM\_N0693)

Bohrung		GWM_N0691	GWM_N0692	GWM_N0693
Ansatzhöhe	mNHN	316,45	314,44	315,99
BGS 1 Auffüllung	[muGOK]	0,00	0,00	0,00
	[mNHN]	316,45	314,44	315,99
	[m]	1,20	2,40	1,45
BGS 2 Quartär	[muGOK]	1,20	0,65	1,45
	[mNHN]	315,25	313,79	314,54
	[m]	0,60	1,75	2,30
BGS 3 Verwitterungszone des Coburger Sandsteins kmC	[muGOK]	1,80	2,40	3,75
	[mNHN]	314,65	312,04	312,24
	[m]	2,60	1,60	0,25
BGS 4 Coburger Sandstein kmC	[muGOK]	4,40	4,00	4,00
	[mNHN]	312,05	310,44	311,99
	[m]	>3,60	>4,00	>4,00
Endteufe	[muGOK]	8,00	8,00	8,00
	[mNHN]	308,45	306,44	307,99

[muGOK]: Meter unter Geländeoberkante (Ansatzpunkt)  
[mNHN]: Schichtoberkante in Meter über Normalhöhen-Null  
[m]: Mächtigkeit der Baugrundsicht in Meter  
--: Baugrundsicht nicht angetroffen

## 4.2 Ergebnisse der boden- und felsmechanischen Laborversuche

Als Grundlage zur Dokumentation der anstehenden Bodenschichten nach DIN 18300:2019<sup>11</sup> und DIN 18196:2011<sup>12</sup> wurden an ausgewählten Proben bodenmechanische Laborversuche durchgeführt. Die Ergebnisse werden in den nachfolgenden Tabellen und Abbildungen zusammengefasst. Die Protokolle der Versuche sind in der Anlage 3 dokumentiert.

Tabelle 4.3: Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche

Bohrung / Probe / Entnahmetiefe [muGOK]	Baugrund- schicht	Wasser- gehalt [%]	Feinkornanteil Ø < 0,063 mm [%]	Bodenart DIN 4022 <sup>13</sup>	Boden- gruppe DIN 18196
GWM_N0691 BP5 1,80	BGS2	10,7	7	S,u´	SU/ST
GWM_N0693 BP4 3,75	Quartär	14,3	10	S,u´	SU/ST
GWM_N0691 BP6 2,30	BGS3	16,8	21	S,u´,t´	SU*/ST*
GWM_N0692 BP4 4,00	Verwitterungs- zone des Cobur- ger Sandsteins kmC	15,3	10	S,u´	SU/ST

<sup>11</sup> DIN 18300:2019: VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Erdarbeiten

<sup>12</sup> DIN 18196:2011: Erd- und Grundbau - Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke

<sup>13</sup> DIN 4022:1987: Baugrund und Grundwasser; Benennen und Beschreiben von Boden und Fels; Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben im Boden und im Fels

### 4.3 Dokumentation der Aufschlussergebnisse nach DIN 18300 und DIN 18196

In der nachfolgenden Tabelle 4.4 sind die Aufschlussergebnisse nach DIN 18300 und DIN 18196 dokumentiert:

Tabelle 4.4 Dokumentation der Aufschlussergebnisse nach DIN 18300 und DIN 18196 (Boden)

	Homogenbereiche			
	B1	B2	B3	B4
Baugrundschiicht BGS [-]	1	2	3	3
Ortsübliche Bezeichnung [-]	Auffüllung	Quartär	Verwitterungszone des Coburger Sandsteins	
Bodengruppe nach DIN 18196 [-]	[SW] [SU*/ST*] [SU/SU] [GW]	SU/ST	SU/ST SU*/ST*	TM, TL
Bodenklasse DIN 18300:2012 (informativ)	3,4	3	3,4	4
Stein- und Blockanteile	0-30%	<1	<1	<1
Korngrößenverteilung [-]	--	siehe Abbildung 4.1	siehe Abbildung 4.2	-
Dichte [t/m <sup>3</sup> ]	1,5-2,2	1,7-2,1	1,7-2,1	1,7-1,9
undrainierte Scherfestigkeit [kN/m <sup>2</sup> ] <sup>1)</sup>	--	--	--	5-60
Wassergehalt [%]	5-25	10-15	15-20	15-25
Konsistenzzahl [-] <sup>1)</sup>	--			0,5-0,75
Plastizitätszahl [%] <sup>1)</sup>	--			5-25
Organischer Anteil [%]	0-3	<1	<1	<1
Konsistenz <sup>1)</sup> / Lagerungsdichte <sup>2)</sup>	sehr locker bis dicht	sehr locker bis dicht	locker bis sehr dicht	weich
Umweltrelevante Inhaltsstoffe	lokal (Flughafenstraße 56) Kohlenwasserstoffe und Arsen	keine (**)	--	--

<sup>1)</sup> gilt nur für bindige Böden

<sup>2)</sup> gilt nur für nicht bindige Böden

--: nicht zutreffend

--: nicht untersucht

(\*): Erfahrungswerte da keine Sondierungen nach DIN EN ISO 22476-2:2012<sup>14</sup> ausgeführt wurden

(\*\*): nur lokal (Flughafenstraße 56) untersucht

<sup>14</sup> Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Felduntersuchungen - Teil 2: Rammsondierungen

### Bandbreite der Korngrößenverteilungen

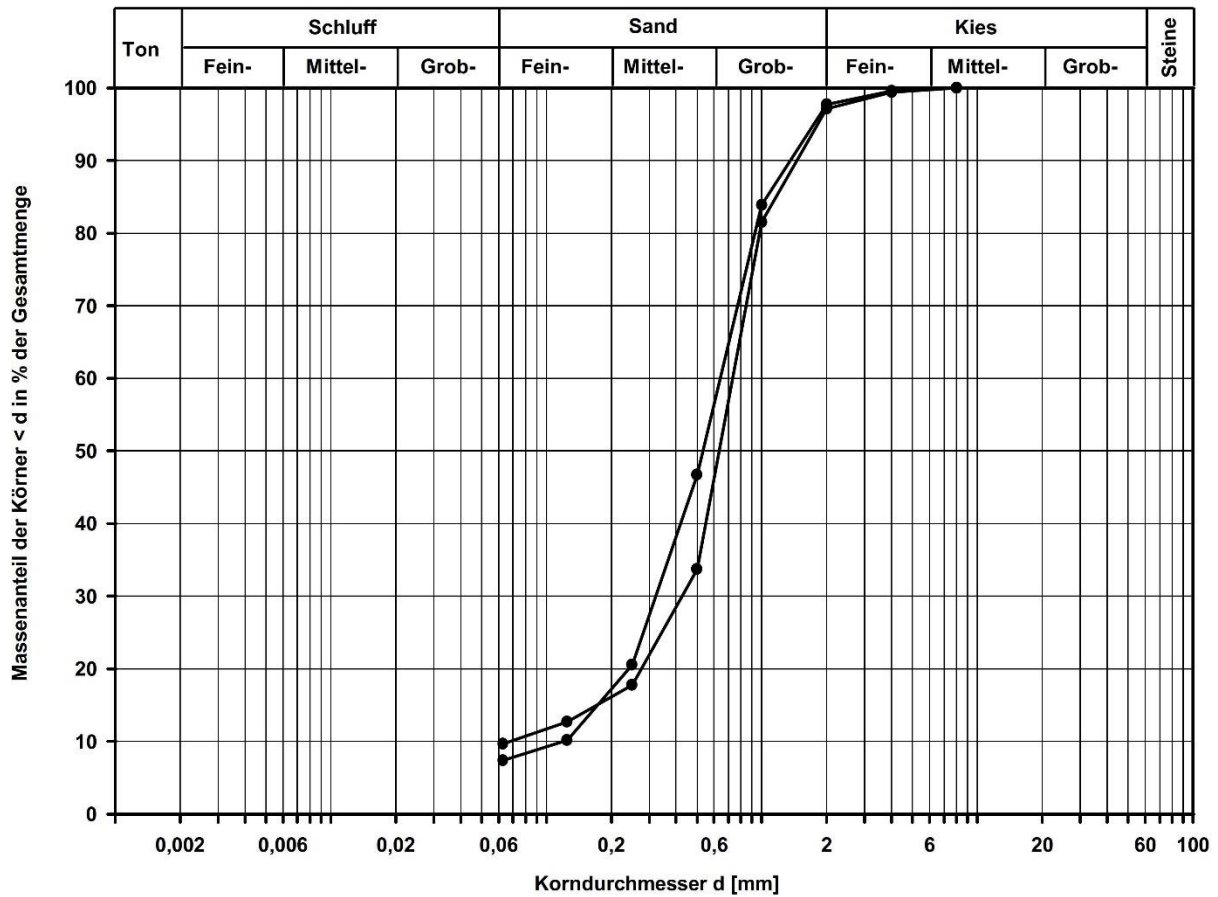


Abbildung 4.1 Bandbreite der Kornverteilung Homogenbereich B2 (© CDM Smith)

### Bandbreite der Korngrößenverteilungen

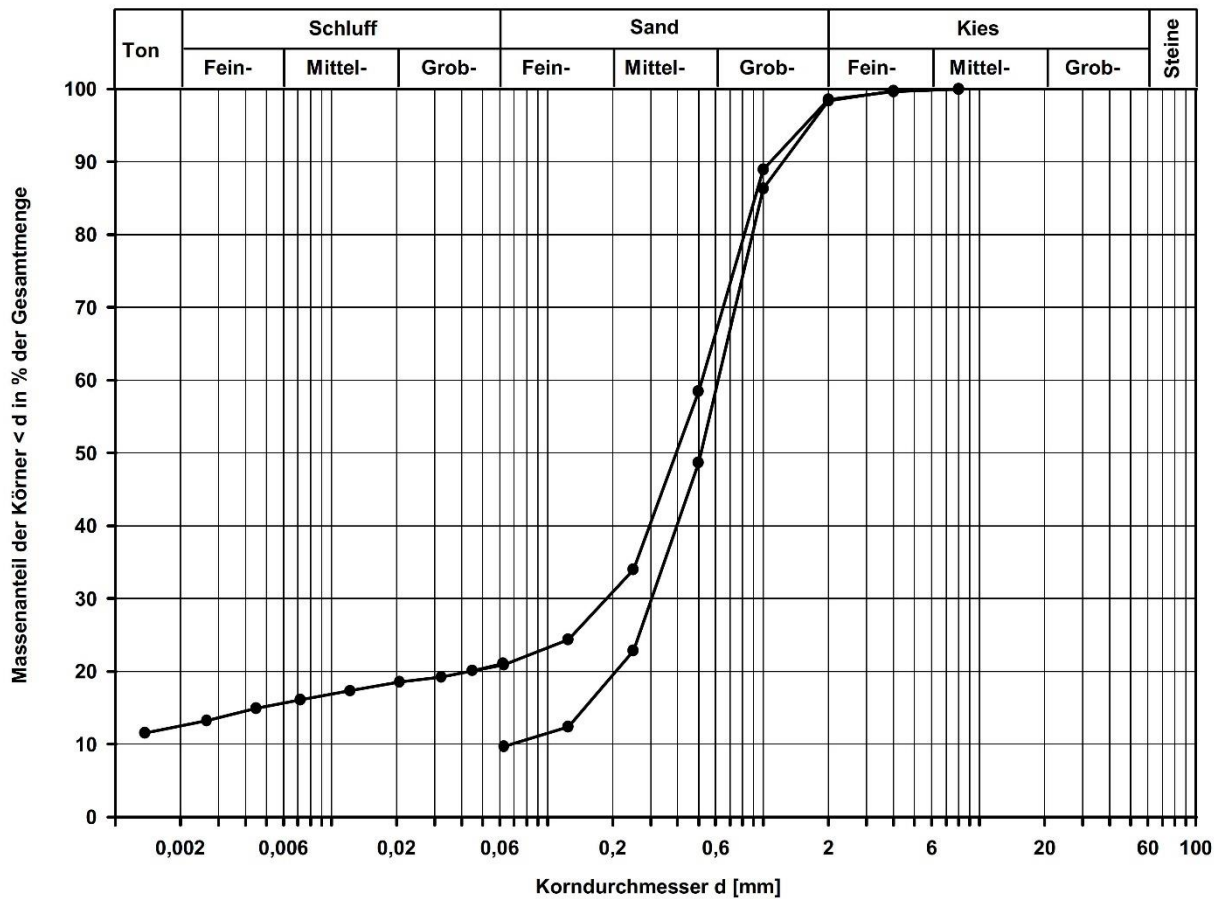


Abbildung 4.2 Bandbreite der Kornverteilung Homogenbereich B3 (© CDM Smith)



Tabelle 4.5 Dokumentation der Aufschlussergebnisse nach DIN 18300 (Festgestein)

	Homogenbereich
	X1
Baugrundschrift [-]	BGS 4
Ortsübliche Bezeichnung [-]	Coburger Sandstein
Benennung [-]	Sandstein, lokal Tonstein
Bodenklasse DIN 18300 (2012) <i>informativ</i>	6,7
Verwitterung und Veränderlichkeit [-]	schwach bis vollständig verwittert
Druckfestigkeit $\sigma_u$ [MN/m <sup>2</sup> ]	< 0,5-50
Trennflächenrichtung [-]	--
Trennflächenabstand [-]	engständig bis weitständig
Gesteinskörperform [-]	tafelförmig-rhombisch
Umweltrelevante Inhaltsstoffe	--

--: nicht untersucht

#### 4.4 Grundwasserstände

Im Zuge der aktuellen Erkundungsmaßnahme wurde bei allen Bohrungen Wasser innerhalb des Lockergesteinshorizonts angetroffen.

In der nachfolgenden Tabelle 4.6 sind die angetroffenen Wasserstände dokumentiert.

Tabelle 4.6: Dokumentation der Wasserstände  
(Bohrungen / neue Grundwassermessstellen)

Bohrung / Grundwassermessstelle		GWM_N0691	GWM_N0692	GWM_N0693
GOK	[mNHN]	315,45	313,44	314,99
POK	[mNHN]	316,45	314,44	315,99
Wasser bei Bohrung angetroffen	Datum	15.06.2020	17.06.2020	22.06.2020
	[muGOK]	3,00	1,6	2,5
Wasserspiegel nach Beendigung der Bohrung	Datum	15.06.2020	17.06.2020	22.06.2020
	[muGOK]	1,9	1,5	1,9
Ruhewasserspiegel	Datum	12.07.2020	10.07.2020	10.07.2020
	[muGOK]	1,69	1,41	1,88
Stichtagsmessung	Datum	21.07.2020	21.07.2020	21.07.2020
	[muPOK]	2,78	2,59	3,02
	[muGOK]	1,78	1,59	2,02
	[m NHN]	313,67	311,85	312,97

Die im Rahmen der Stichtagsmessung am 21.07.2020 eingemessenen Grundwasserstände an den vorhandenen Messstellen sind in der nachfolgenden Tabelle 4.7 enthalten.

Tabelle 4.7: Dokumentation der Wasserstände  
(vorhandene Grundwassermessstellen)

Bohrung / Grundwassermessstelle		GWM_B1881	GWM_B1840	GWM_0465	GWM_663
GOK	[mNHN]	312,17	312,44	312,98	315,91
POK	[mNHN]	312,04	312,24	312,8	315,79
	Datum	21.07.2020	21.07.2020	21.07.2020	21.07.2020
Stichtagsmessung	[muPOK]	1,18	1,07	0,72	1,74
	[muGOK]	1,31	1,27	0,9	1,86
	[mNHN]	310,86	311,17	312,08	314,05

#### 4.5 Grundwasserfließrichtung

Eine Auswertung der Stichtagsmessung vom 21.07.2020 hinsichtlich der Grundwasserfließrichtung bestätigt im Wesentlichen die großräumige Fließrichtung gemäß Kapitel 2.3, jedoch liegt im südlichen und westlichen Untersuchungs Gelände eine nach Norden gerichtete Fließrichtung vor (siehe Abbildung 4.3). Das Grundwassergefälle lag am 21.07.2020 bei 0,5 %.

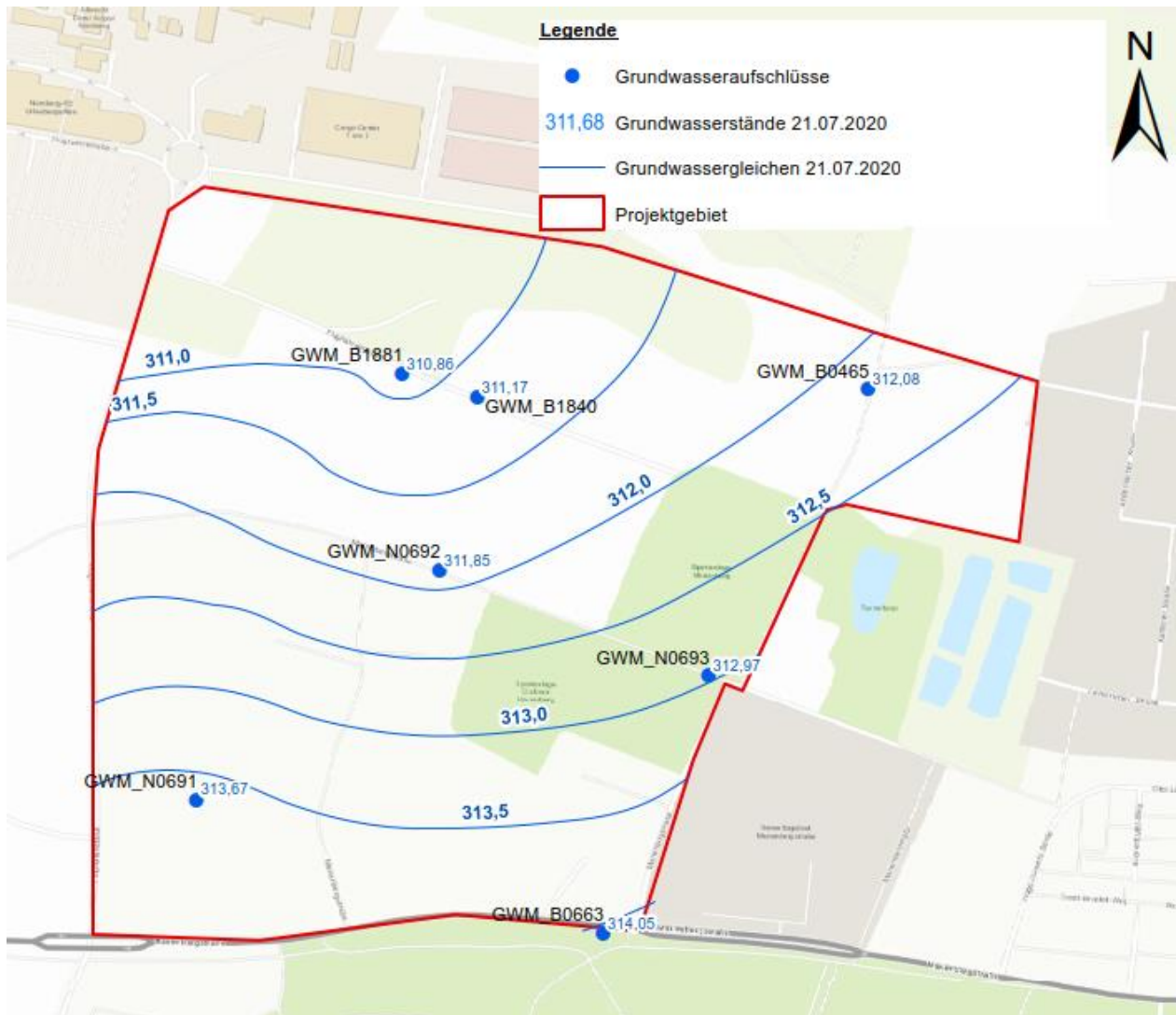


Abbildung 4.3 Grundwasserstände in mNHN und Grundwasserfließrichtung Stichtagsmessung 21.07.2020 (© CDM Smith)

Die nachfolgende Abbildung 4.4 und die Abbildung 4.5 zeigen, dass sich keine grundwasserstandsabhängige und damit jahreszeitliche Änderung der Grundwasserfließrichtung ergibt.

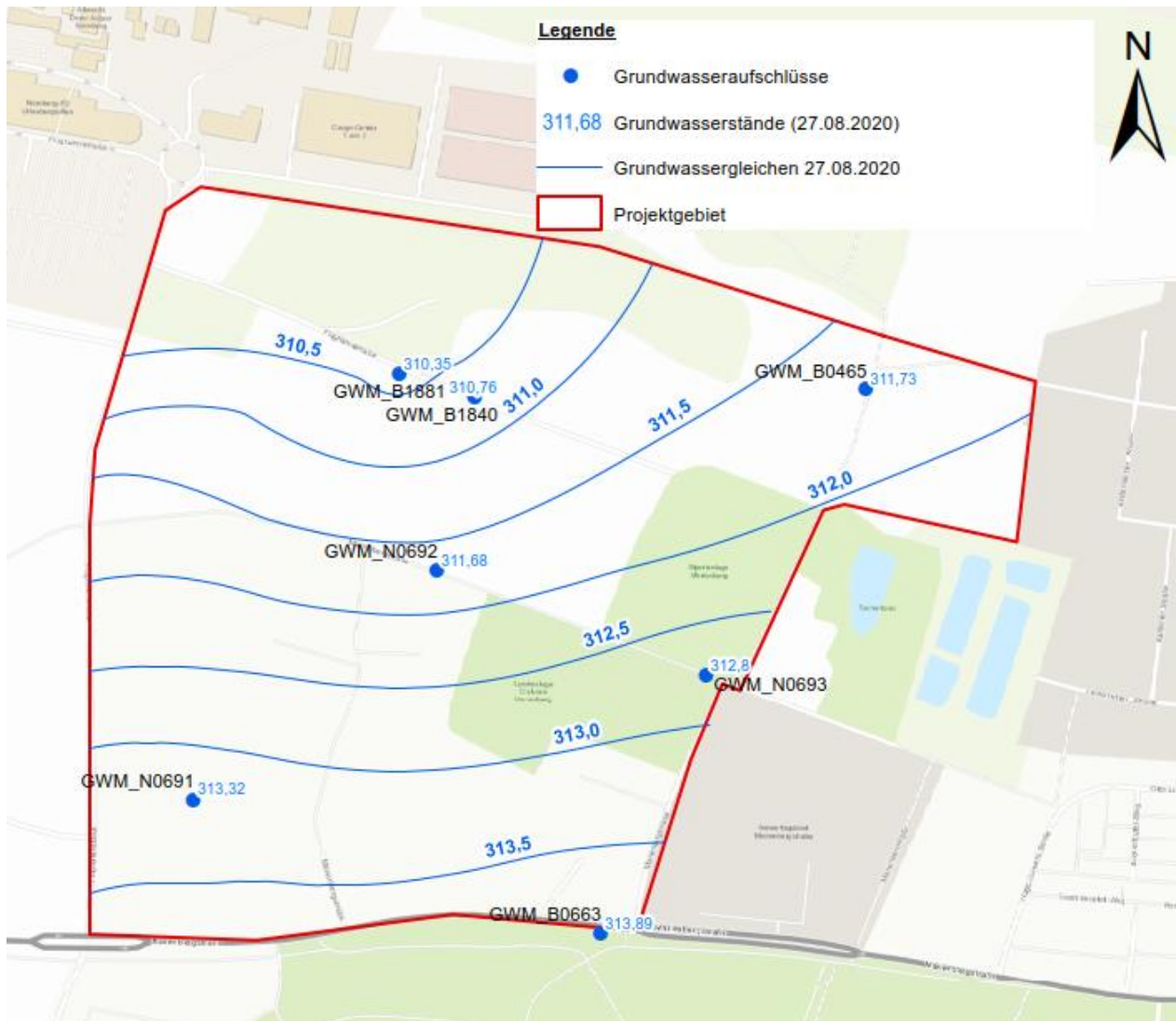


Abbildung 4.4 Grundwasserstände in mNHN und Grundwasserfließrichtung Minimumwasserstände Stichtagsmessung (STM) August 2020 (© CDM Smith)

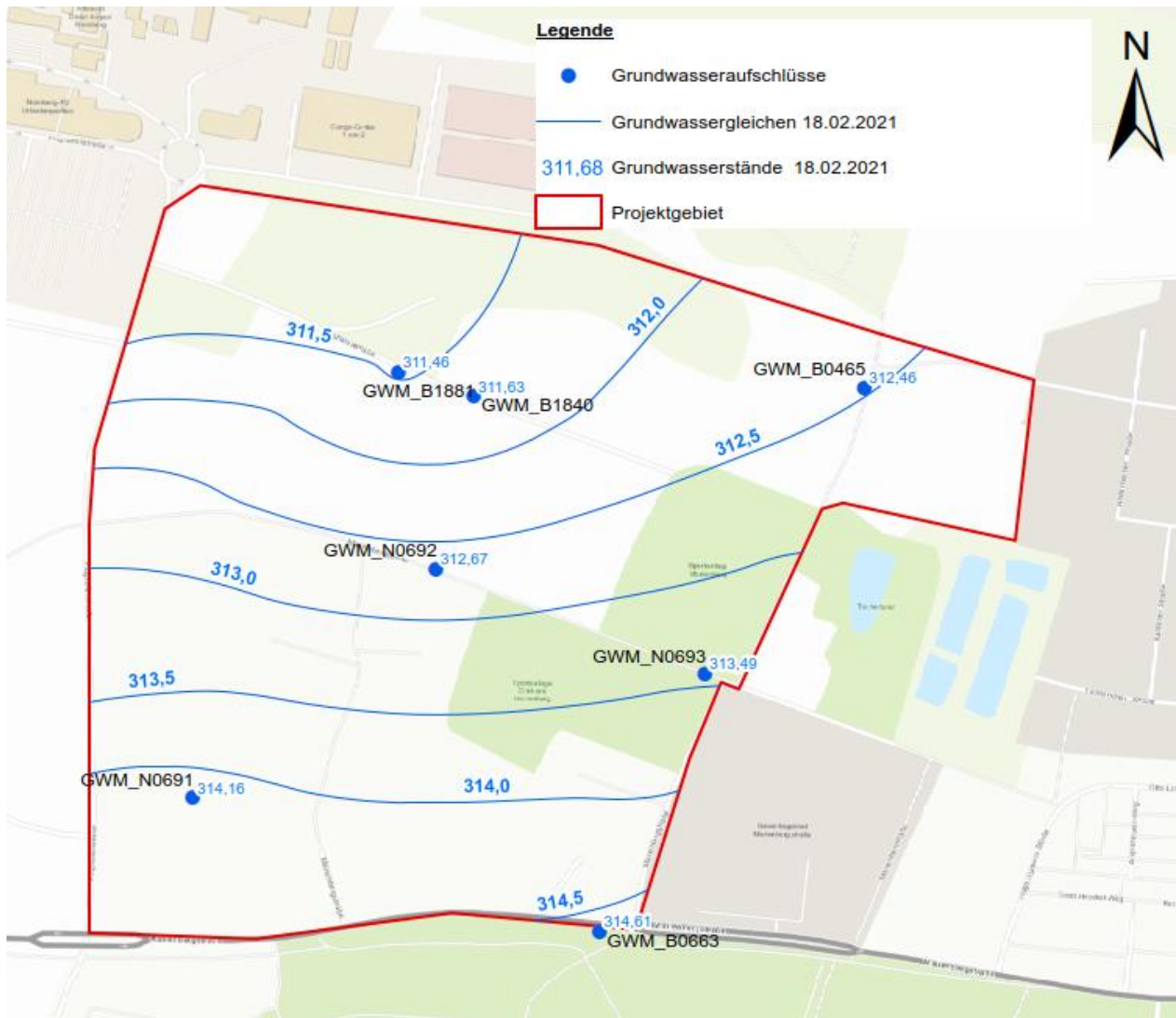


Abbildung 4.5 Grundwasserstände in mNHN und Grundwasserfließrichtung Maximumwasserstände Stichtagsmessung (STM) Februar 2021 (© CDM Smith)

#### 4.6 Auswertung der Pumpversuche

Die anhand der Auswertungen der Pumpversuche ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerte  $k_f$  sind in der nachfolgenden Tabelle 4.8 dargestellt.

Tabelle 4.8: Durchlässigkeitsbeiwerte  $K_f$

Grundwasser- messstelle	GWM_N0691	GWM_N0692	GWM_N0693
Auswertemethode	$K_f$ [m/s]	$K_f$ [m/s]	$K_f$ [m/s]
<i>Theis</i>	$6,47^{-05}$	$4,48^{-05}$	$5,97^{-05}$
<i>Theis und Jacob</i>	$4,84^{-05}$	$2,35^{-05}$	$4,20^{-05}$
Wiederanstieg	$5,85^{-05}$	$4,35^{-05}$	$4,66^{-05}$
Mittelwert	$5,72^{-05}$	$3,73^{-05}$	$4,94^{-05}$

#### 4.7 Ergebnisse der Grundwasseruntersuchung

Die Ergebnisse der gemäß Kapitel 3.6 untersuchten Grundwasserproben sind mit den entsprechenden Bewertungskriterien in der Anlage 4.1 dargestellt. Der Prüfbericht ist in der Anlage 4.3 enthalten.

Die untersuchten Parameter liegen, gemessen an den Bewertungskriterien, zumeist nicht in erhöhten Konzentrationen vor.

An den Grundwassermessstellen GWM\_B1881, GWM\_B1840 und GWM\_B0063 sind über dem Stufe-1- Wert des LfW Merkblattes 3.8/1<sup>15</sup> liegende Zink, Nickel bzw. Kupfer Konzentrationen vorhanden.

Weiterhin ist an der Grundwassermessstelle GWM\_N0692 eine über dem Stufe-1-Wert liegende Konzentration an Diuron vorhanden.

In der Grundwassermessstelle GWM\_B1881 wurde eine PFOS Konzentration von 0,096 µg/l ermittelt.

Eine Ölphase wurde an keiner der untersuchten Messstellen und im weiteren zeitlichen Verlauf auch keine Ölphase an der untersuchten Messstelle GWM\_N0691 festgestellt.

<sup>15</sup> *Untersuchung und Bewertung von Altlasten, schädlichen Bodenveränderungen und Gewässerverunreinigungen– Wirkungspfad Boden-Gewässer*

#### 4.8 Betonaggressivität

Die Ergebnisse der nach DIN 4030 untersuchten Grundwasserproben (siehe Kapitel 3.6) sind mit den entsprechenden Bewertungskriterien nach DIN 4030-1 in der Anlage 4.2 dargestellt. Der Prüfbericht ist in der Anlage 4.3 enthalten.

Aufgrund des Gehaltes an kalklösender Kohlensäure ist das Grundwasser als nicht angreifend, schwach angreifend (Expositionsklasse XA1) und stark angreifend (Expositionsklasse XA2) einzustufen.

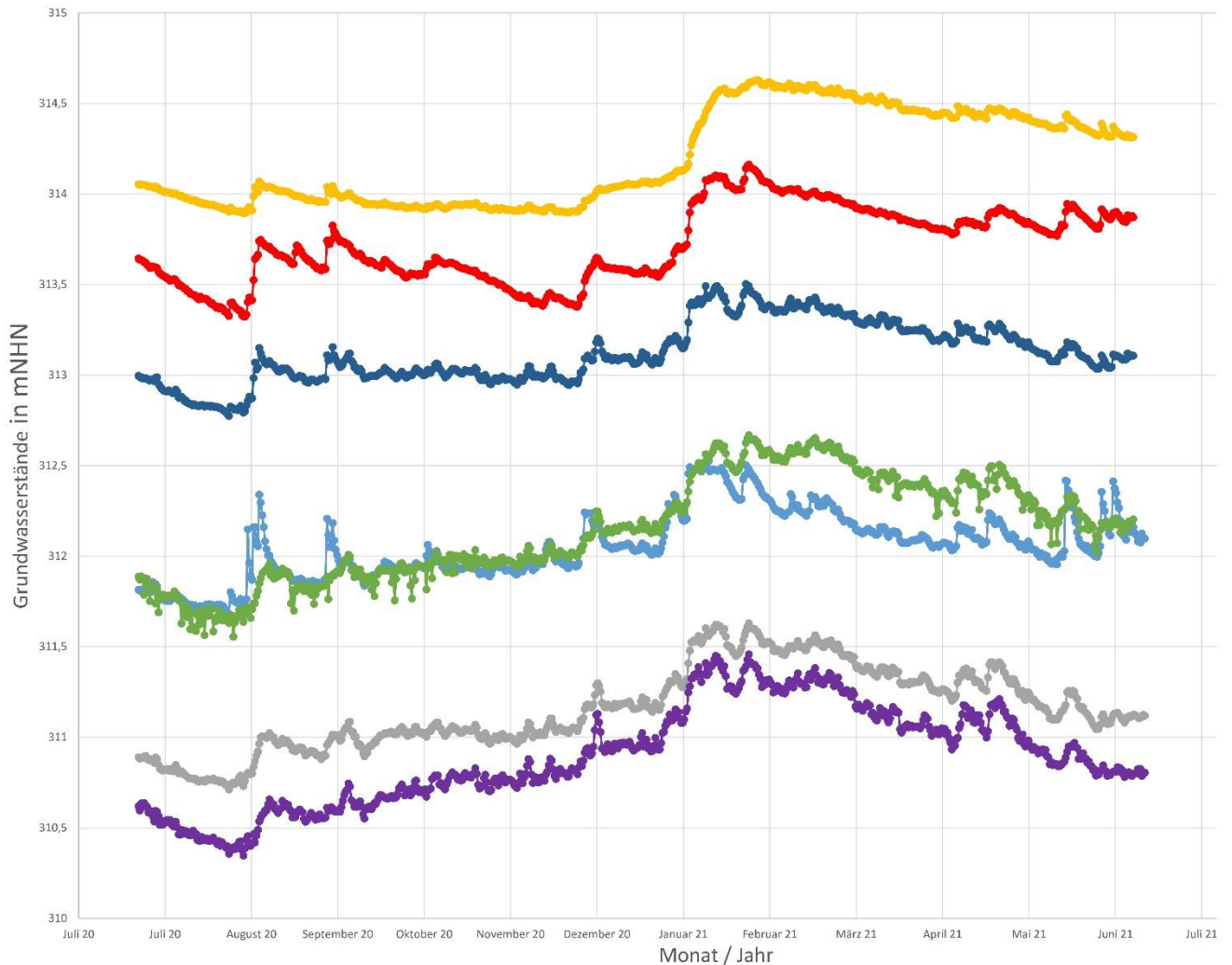
#### 4.9 Langfristige Grundwasserbeobachtung

Die mittels der in Kapitel 3.7 genannten Datenlogger aufgezeichneten Grundwasserstände sind in den Gangliniendiagrammen der Anlage 5 enthalten. Die jeweiligen Minimum- und Maximum-Werte sind in der Tabelle 4.9 enthalten.

Tabelle 4.9: Grundwasserstände Minimum Maximum Werte

Messstelle	Grundwasserstand muGOK			Grundwasserstand mNHN			Delta Min / Max m	Datum der minimalen / maximalen Grundwasserstände	
	Min	Max	Mittel	Min	Max	Mittel		Min	Max
GWM_B1881	0,58	1,69	1,15	310,35	311,46	310,89	1,11	18.02.2021	27.08.2020
GWM_B1840	0,61	1,53	1,08	310,71	311,63	311,16	0,92	18.02.2021	22.08.2020
GWM_0465	0,27	1,12	0,74	311,68	312,53	312,06	0,84	04.02.2021	22.08.2020
GWM_N0692	0,81	1,93	1,33	311,56	312,67	312,15	1,11	18.02.2021	23.08.2020
GWM_N0693	1,53	2,26	1,91	312,77	313,50	313,12	0,73	17.02.2021	22.08.2020
GWM_N0691	1,27	2,11	1,72	313,32	314,16	313,72	0,84	18.02.2021	27.08.2021
GWM_B0663	1,46	2,20	1,89	313,89	314,63	314,20	0,74	21.02.2021	27.08.2021

Der Unterschied zwischen den jeweiligen Maximum- und Minimumwerten beträgt zwischen 0,73 m und 1,11 m. Der Verlauf der Grundwasserganglinien aller beobachteten Messstellen korrespondiert mit Ausnahme weniger Peaks nach unten zueinander (siehe Abbildung 4.6). Der maximale Grundwasserstand lag im Februar 2021 und der minimale Grundwasserstand im August 2020 vor. Insgesamt zeigen die Grundwasserstände den typischen jahreszeitlichen Verlauf an.



- GWM\_B0465 GW mNN
- GWM\_B0663 GW mNN
- GWM\_B1840 GW mNN
- GWM\_1881 GW mNN
- GWM\_N0691 GW mNN
- GWM\_N0692 GW mNN
- GWM\_N0693 GW mNN

Abbildung 4.6 Grundwasserganglinien (© CDM Smith)  
(siehe auch Anlage 5)



## 5. BEWERTUNG UND EMPFEHLUNGEN ZUM WEITEREN VORGEHEN

### 5.1 Beurteilung der Auswirkungen der geplanten Bebauung auf den Grundwasserleiter

Bei der Errichtung von unterkellerten Gebäuden oder Tiefgaragen mit einer Einbindetiefe von wenigstens 3 m unter den jeweiligen aktuellen Geländeoberkanten werden die Gebäude und deren Gründungselemente auch bei den jeweiligen gemessenen Grundwasserminimumständen (siehe Tabelle 4.9) unterhalb des Grundwasserspiegels liegen. Auch bei nicht unterkellerten Gebäuden mit angenommenen Gründungssohlen von bis zu 1 m liegen die Fundamente zumindest teilweise, im nördlichen Untersuchungsgelände unterhalb des Grundwasserspiegels.

Während der Bauzeit sind daher lokale Absenkungen des Grundwasserspiegels erforderlich, soweit Baugruben nicht mit wasserdichten Verbauten wie Bohrpfehlwänden gesichert werden. Die Reichweiten bei Bauwasserhaltung sind abhängig von der Eingriffstiefe und der Größe der Baugruben.

Im Endzustand stellen insbesondere etwaige langgestreckte Bauwerke quer zu Grundwasserfließrichtung ein Hindernis für die natürliche Grundwasserströmung dar. In der Regel kommt es anstromseitig zu einem Aufstau und abstromseitig zu einem Absenken des natürlichen Grundwasserspiegels (siehe Abbildung 5.1). Bei einer übermäßigen Beeinflussung der Grundwasserstände sind verschiedenartige, negative Beeinflussungen der Bausubstanz, der Ökologie und der Wasserwirtschaft zu erwarten.

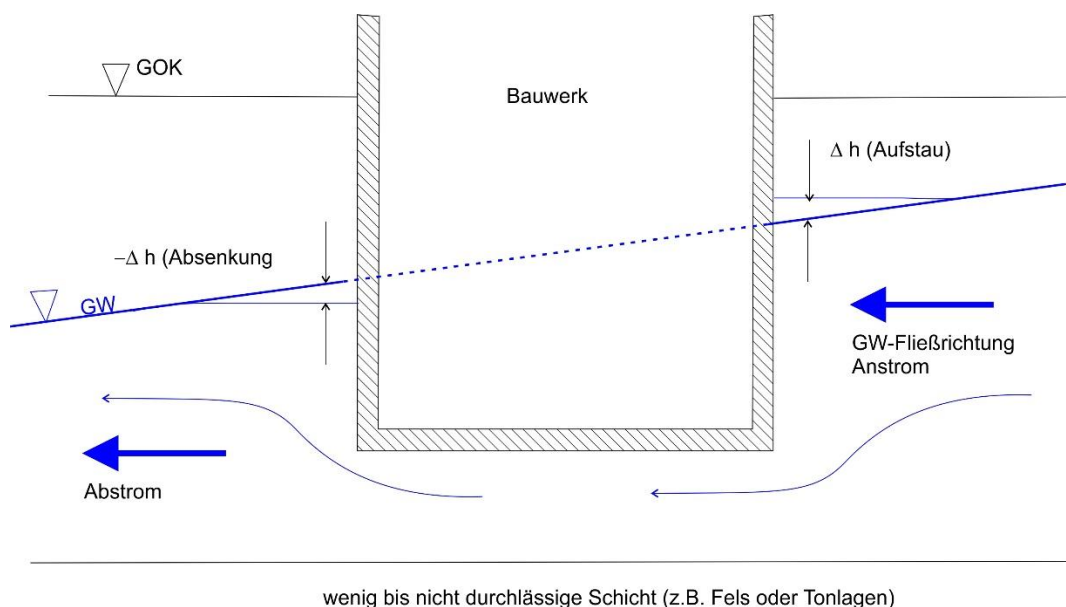


Abbildung 5.1 Aufstau und Absenkung des Grundwassers (© CDM Smith)

Durch einen Aufstau kann über eine potenzielle Vernässung von Bauwerken im Umfeld der Baumaßnahme eine Gefährdung der bestehenden Bausubstanz gegeben sein. Auf der Abstromseite kann die übermäßige Absenkung des Grundwasserspiegels unter ungünstigen Bedingungen Setzungen verursachen. Das Tiefbaupotenzial der benachbarten Flächen wird eingeschränkt. Für zukünftige Bauwerke in Nachbarschaft des aktuellen Bauvorhabens werden Einschränkungen in der Bauweise die Folge sein.

Durch Aufstau oder Absenkung kann es zu unerwünschten Veränderungen von Biotopen und der Pflanzengesellschaften kommen, Gehölze können trockenfallen (insbesondere Flachwurzler bei größerer Absenkung) oder Gehölze können abfaulen, wenn diese keine Staunässe vertragen. Weiterhin kann es zum Trockenfallen von Laichgewässern oder zur Ein- oder Abwanderung von geschützten Tieren kommen. Wenn die durch Bauwerke verursachte Änderung kleiner als die jahreszeitlich bedingte Schwankung ist, ist dies weniger kritisch zu sehen.

Eine Störung des Grundwasserregimes kann auch mit einer unerwünschten Verminderung des nutzbaren Grundwasserdargebotes zur Wassergewinnung einhergehen.

Als Maß des Aufstaus stellte *SCHNEIDER*<sup>16</sup>, vereinfacht für eine senkrechte Anströmung die Abschätzungsformel

$$h = b \cdot i / 2$$

mit

h = Aufstauhöhe

b = Bauwerksbreite quer zu Anströmung

i = Grundwassergefälle

auf.

Eine Aufstauberechnung kann entweder mit analytischen Ansätzen oder mit numerischen Berechnungsverfahren ausgeführt werden.

Als Voraussetzung für die Anwendbarkeit von analytischen Lösungsverfahren ist unter anderem ein einheitliches Gefälle bei konstanter Durchlässigkeit über das betrachtete Gebiet erforderlich, weitere Vereinfachungen sind hauptsächlich geometrischer Natur.

Bei komplexeren Verhältnissen sind detailliertere Aussagen nur über numerische Grundwassermodelle mittels Finite Differenzen und Finite Elemente Verfahren zu erhalten. Solche komplexen Verhältnisse sind im Sandsteinkeuper und dessen Verwitterungsschichten aufgrund der typischen vertikalen Gliederung (Sandsteine mit eingeschalteten Tonstein-Zwischenlagen bzw. Sande mit Tonlagen) naturgemäß zu erwarten.

---

<sup>16</sup> Schneider, G.: Berechnung der Beeinflussung des Grundwasseranstromes durch Baumaßnahmen, Bautechnik 2/1981

Beim Finite Differenzen Verfahren wird das Gebiet, für das die Gleichung gelten soll, zunächst in eine endliche (finite) Zahl von Gitterpunkten zerlegt. Dies geschieht meist durch ein Gitter von senkrecht aufeinander stehenden Linien; den Gitterpunkten entsprechen dann die Kreuzungspunkte. Die Ableitungen an den Gitterpunkten werden dann durch Differenzen approximiert. Die partiellen Differentialgleichungen werden so in ein System von Differenzengleichungen umformuliert.

Beim Finite Elemente Verfahren wird das Berechnungsgebiet in eine beliebig große Anzahl Elemente unterteilt, innerhalb derer Ansatzfunktionen definiert sind. Das Integral wird durch eine Summe über die einzelnen Integrale der Finiten Elemente ersetzt. Da die Ansatzfunktionen nur auf wenigen Elementen ungleich Null sind, ergibt sich ein dünnbesetztes, lineares Gleichungssystem, dessen Lösung die numerische Lösung der betrachteten Differentialgleichung stellt.

Diese Verfahren sind ist allerdings nur mit erheblich höherem Aufwand für weitere Erkundungen und Modellierung möglich. Gerechtfertigt ist dieser Aufwand nur, wenn die Projektgegebenheiten (in Gesamtheit zu betrachteten Randbedingungen einer Neubebauung) entsprechend hochwertige Berechnungsergebnisse erfordern und bei einer Datenlage, die es erlaubt, ein aussagekräftiges Grundwassermodell zu erstellen und zu kalibrieren.

Einen festen Wert für einen maximal zulässigen Aufstau gibt es nicht. Dieser ist in Abhängigkeit der lokalen Gegebenheiten in Abstimmung mit den zuständigen Behörden festzulegen. Erfahrungsgemäß kann ein Aufstau von bis zu 30 cm toleriert werden, ohne dass Maßnahmen erforderlich werden.

## **5.2 Vorschläge zur Minimierung der Auswirkungen der Bebauung**

Werden durch in das Grundwasser einbindende Bauwerk unzulässig hohe Beeinträchtigungen des Grundwassers prognostiziert, muss zur Vermeidung eines Anstieges bzw. der Absenkung des Grundwasserspiegels im Rahmen der technischen Möglichkeiten die natürliche Grundwasserströmung durch eine künstlich geschaffene Grundwasserkommunikationsanlage ersetzt werden. Zusätzlich sind im Fall eines zu erwartenden, schädlichen Aufstaus alle baulichen Maßnahmen zu prüfen, die eine übermäßige Verbauung des Fließquerschnitts von vorneherein vermeiden (Reduzierung Querschnitt, Optimierung Tiefenlage, etc.). Ziel einer Grundwasserkommunikation ist die annähernde Beibehaltung der natürlichen Strömungsverhältnisse im Vergleich zu den ungestörten Verhältnissen.

Vor Planung und Bemessung einer Grundwasserkommunikationsanlage ist der Einfluss des Bauwerks auf das Grundwassergeschehen detailliert zu untersuchen. Hierzu kann bei komplexen Verhältnissen neben den verschiedenen analytischen Berechnungsverfahren zur Aufstauermittlung auch ein numerisches Grundwassermodell zum Einsatz kommen. Mit Hilfe dieser Berechnungen und Untersuchungen werden Aussagen über die Notwendigkeit und den Umfang von Ausgleichsmaßnahmen getroffen.

Je nach technischer Ausgestaltung der Anlage erfordert die Dimensionierung der eigentlichen Grundwasserkommunikationsanlage den Einsatz verschiedener Berechnungsverfahren der Grundwasser- und technischen Hydraulik sowie chemische Untersuchungen des Grundwassers.

Grundsätzlich ist nach rechnerischer Prüfung eines möglichen Grundwasseraufstaus die Entscheidung zwischen aktiver und passiver Aufstauvermeidung zu treffen bzw. ist zu prüfen, ob der Aufstau mit einer passiven Maßnahme mit einer Anpassung des Bauwerks ausreichend verringert werden kann. Eine passive Maßnahme ist aus wirtschaftlichen Gründen in der Regel einer aktiven Maßnahme vorzuziehen.

Um einen Grundwasseraufstau vollständig auszuschließen, dürften nur Gebäude errichtet werden, die nicht oder nur maximal 50 cm in das Grundwasser einbinden. Jedoch werden selbst bei einer mindestens frostfreien Gründung von 90 cm unter der derzeitigen Geländeoberkante einzelne Gründungselemente zumindest im nördlichen Untersuchungsgebiet mit mehr als 50 cm in das Grundwasser einbinden.

Ein Aufstau kann hier durch eine Gründung mittels Einzelfundamenten auf ein zu vernachlässigendes Maß vermindert werden. Bei einer Gründung mittels Streifenfundamenten kann ein Aufstau minimiert werden, wenn diese nur senkrecht oder mit maximal 45 Grad zur Grundwasserfließrichtung errichtet werden.

Bei unterkellerten Gebäuden ist das Maß eines Aufstaus stark abhängig von der Einbindetiefe des jeweiligen Gebäudes, der Durchlässigkeit der darunter folgenden Bodenschichten und dem Abstand zu weniger durchlässigen Schichten (siehe Abbildung 5.1).

Eine Minimierung des Aufstaus kann durch eine entsprechende Ausrichtung der Bauwerke mit der kürzeren Seite in Richtung der Grundwasserfließrichtung als passive Maßnahme erreicht werden. Sollte dies nicht möglich sein und die längere Seite eines Gebäudes senkrecht zur Grundwasserfließrichtung ausgerichtet sein, so kann ein Aufstau vor dem Bauwerk bzw. Absenkung hinter dem Bauwerk nur durch aktive Maßnahmen verhindert werden.

Die aktiven Maßnahmen zur Aufstauvermeidung beruhen alle auf dem gleichen Prinzip eines künstlich geschaffenen Ersatzströmungsweges für das anströmende Grundwasser und werden daher als Grundwasserkommunikationsanlagen bezeichnet.

Für die Auswahl einer Variante bzw. einer Kombination mehrerer Varianten sind u.a. die hydrogeologischen, hydrochemischen Verhältnisse, die Art des Bauwerkes sowie das Verhältnis zwischen Investitions- und Betriebskosten zu betrachten. Zur Auswahl einer Variante von Grundwasserkommunikationsanlagen und zur Dimensionierung ist die Ermittlung des tatsächlichen Aufstaus ebenfalls von entscheidender Bedeutung.

Zur Auswahl stehen derzeit grundsätzlich folgende Varianten:

- Entnahme- und Wiederversickerungsbrunnen als Vertikalbrunnen
- Schächte mit Horizontalbrunnen und Rohrleitungsdüker außerhalb des Bauwerkes oder in das Bauwerk integriert
- Flächenfilter, mit oder ohne Sammler- und Dükerleitungen

Bei der Variante mit Entnahme- und Wiederversickerungsbrunnen ist zu beachten, dass für den Betrieb Tauchpumpen erforderlich und somit entsprechende Betrieb- und Wartungskosten entstehen. Die weiteren Varianten verursachen keine Betriebskosten.

Nachfolgend sind die Vor- und Nachteile der Varianten dargestellt:

System	Vorteile	Nachteile
Entnahme- und Wiederversickerungsbrunnen als Vertikalbrunnen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Grundwasserkommunikationsanlage kann unabhängig vom Bauwerk errichtet werden</li> <li>• Vertikalbrunnen sind von der Tagesoberfläche einfach zu warten</li> <li>• Geforderte maximale Aufstauhöhen können genau eingehalten werden</li> <li>• Die Herstellung der Vertikalbrunnen ist auch im Hinblick auf abgestufte Filterkieschüttungen vergleichsweise einfach</li> <li>• Bei Ausfall eines Brunnens kann mit relativ wenig Aufwand ein Ersatzbrunnen hergestellt werden</li> <li>• Funktionsstörungen in Folge von Verockerungen, Versandung und Verschleimung durch Bakterien können durch regelmäßige Wartung der Brunnen vermieden werden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Für den Betrieb der Grundwasserkommunikationsanlagen sind Tauchpumpen erforderlich; es entstehen hohe permanente Betriebskosten</li> <li>• Die Brunnen müssen durch Rohrleitungen verbunden werden, hierfür sind Leitungsverlegungen, u.a. in öffentlichen Verkehrsflächen vorzusehen;</li> <li>• Das offene System hat einen negativen Einfluss auf den GW-Chemismus (Verockerung etc.)</li> <li>• Bei Neigung zu Verockerung ist mit sehr geringer Lebensdauer der Versickerungsanlage (1-5 Jahre) zu rechnen</li> </ul>

## System

Schächte mit Horizontalbrunnen und Rohrleitungsdüker außerhalb des Bauwerkes oder in das Bauwerk integriert

## Vorteile

- Es ist eine gezielte Grundwasserentnahme aus den relevanten Grundwasserleitern möglich
- Bei den technisch möglichen Bohrlängen können die Filter außerhalb des Einflussbereiches von Verpresskörpern angeordnet werden
- Das System ist in sich geschlossen und kommt ohne Sauerstoffzutritt aus (GW-Chemismus, Verockerung etc. deutlich weniger problematisch)
- Keine direkten Betriebskosten und keine mechanisch beanspruchten Bauteile
- Es sind nur zusätzliche Flächen direkt im Anschluss an das Bauwerk sowie Grunddienstbarkeiten für die Horizontalbrunnen erforderlich

## Nachteile

- Wegen der erforderlichen Schächte ist das System teuer in der Herstellung
- Aufgrund der geringen Potentialdifferenz sind große Filterlängen erforderlich
- Die Bauausführung ist aufwendig und technisch anspruchsvoll
- Die Wartung ist aufwendiger als bei Vertikalbrunnenanlagen

## System

Flächenfilter, mit oder ohne Sammler- und Dükerleitungen

## Vorteile

- Die Herstellung von Flächenfiltern ist technisch relativ einfach und kontrollierbar
- Bei Flächenfilteranlagen ohne zusätzliche Rohrleitungen entstehen keine Betriebs- und Wartungskosten
- Bei zusätzlichen Sammler- und Dükerleitungen sind Spül- und Reinigungsintervalle der Leitungen möglich
- Keine punktuelle Entnahme und Versickerung des Grundwassers. Ein lokales Versagen des Filterkörpers kann oft durch die Gesamtanlage ausgeglichen werden

## Nachteile

- Der Baugrubenaushub muss tiefer ausgeführt werden, daraus ergibt sich ein zusätzlicher Auftrieb
- Der Baugrubenverbau muss entsprechend den maßgebenden Grundwasserleitern geöffnet werden, zwischen dem anstehenden Baugrund und dem Flächenfilter ist ein filterfester Anschluss herzustellen
- Hohe Herstellungskosten
- Ein Ersatz eines abgestuften Filterkörpers ist, falls erforderlich, sehr aufwendig
- Bei einem Flächenfilter ohne Rohrleitungssystem ist keine Wartung möglich, Funktionseinschränkungen infolge von Verockerungen, Verschleimungen etc. sind nicht reversibel
- Eine Wartung ist auch bei eingebauten Dükern und Sammlerleitungen nur für diese möglich
- Die Ortung von Schadstellen ist so aber zumindest möglich

### 5.3 Prüfung des Bedarfs einer wasserrechtlichen Erlaubnis

Für die Benutzung des Grundwassers ist eine Erlaubnis nach § 8 und § 10 WHG <sup>17</sup> in Verbindung mit Artikel 15 BayWG<sup>18</sup> zu beantragen.

Nach § 9 WHG stellen nachfolgende Tatbestände Benutzungen dar:

- das Entnehmen, Zutagefördern, Zutageleiten und Ableiten von Grundwasser im Zuge einer temporären Bauwasserhaltung
- das Aufstauen, Absenken und Umleiten von Grundwasser durch Anlagen, die hierfür bestimmt oder geeignet sind, durch das Einbringen Bauwerken oder Verbauten in das Grundwasser

Weiterhin gilt für einen Aushub im Grundwassereinflussbereich der wasserrechtliche Tatbestand nach § 49 WHG („Erdaufschlüsse“) in Verbindung mit Artikel 30 Bay WG („Erdaufschlüsse“). Demnach sind Arbeiten, die so tief in den Boden eindringen, dass sie sich unmittelbar oder mittelbar auf die Bewegung, die Höhe oder die Beschaffenheit des Grundwassers auswirken können, der zuständigen Behörde einen Monat vor Beginn der Arbeiten anzuzeigen.

---

<sup>17</sup> Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz - WHG), Bundesministerium für Justiz, 19.06.2020

<sup>18</sup> Bayerisches Wassergesetz (BayWG), Landtag des Freistaates Bayern, 25. Februar 2010



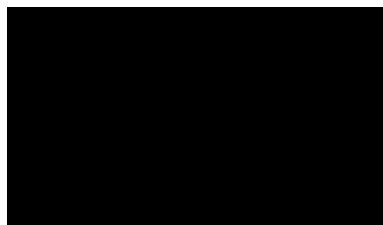
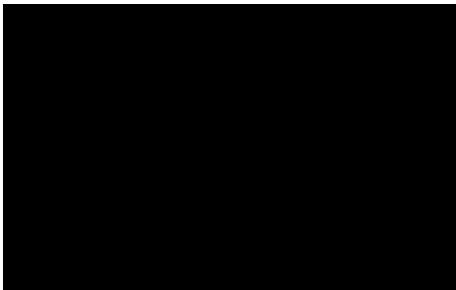
## 7. SCHLUSSBEMERKUNGEN

Sämtliche Schlussfolgerungen und Empfehlungen dieses Berichtes basieren auf den lokalen Aufschlüssen der aktuell durchgeführten Erkundung. Abweichungen von den festgestellten und analysierten Befunden sind nicht auszuschließen.

Es wird daher empfohlen, für jedes Bauvorhaben in dem Untersuchungsgebiet weitere Erkundungen und Betrachtungen durchzuführen.

CDM Smith Consult GmbH  
2022-03-28

erstellt:



### **Verteiler**

die STEG Stadtentwicklung GmbH,  
[REDACTED]  
[REDACTED]