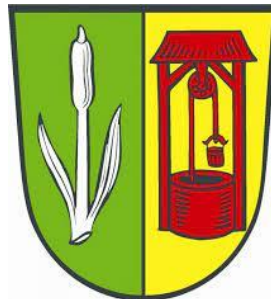


Gutachten

zu

Untersuchungen zum Grundwasseraufstau und zur Niederschlagsversickerung nach Än- derung B-Plan 90B – Anna Areal in Karlsfeld

Gemeinde Karlsfeld





Angaben zur Auftragsbearbeitung

Auftraggeber: Gemeinde Karlsfeld
Gartenstr. 7
85757 Karlsfeld

Ansprechpartner: Frau Hotzan
stellvertr. Leitung Bauamt
Telefon: 08131 99-160
E-Mail: bauamt@karlsfeld.de

Auftragsnummer: P212079MO

Auftragnehmer: BGD ECOSAX GmbH

Postanschrift: BGD ECOSAX GmbH
Niederlassung München
Trimbургstr. 2
81249 München

Projektleiter: Dr.-Ing. Patrick Keilholz
Telefon: 0151/15008612
E-Mail: p.keilholz@bgd-ecosax.de

Bearbeiter: Dipl.-Ing. Katja Eulitz
Telefon: 0351/ 47878-9844
E-Mail: K.Eulitz@bgd-ecosax.de

Fertigstellungsdatum: 25.05.2022

Verteiler: Gemeinde Karlsfeld



Inhaltsverzeichnis

1 Einführung..... 6

1.1 Veranlassung 6

1.2 Vorgehensweise 6

2 Datengrundlagen..... 7

3 Untersuchungen zum Grundwasseraufstau..... 8

3.1 Grundlagen 8

3.1.1 Abgrenzung des Modellgebiets 8

3.1.2 Grundwasserstände 8

3.1.3 Bemessungszustand 10

3.1.4 Tiefgaragen 11

3.2 Modellaufbau 13

3.2.1 Hydrogeologisches Modell 13

3.2.2 Überführung in das numerische Modell 14

3.2.3 Randbedingungen 17

3.3 Stationäre Kalibrierung 19

3.4 Modelleinsatz 22

3.4.1 Bemessungszustand 22

3.4.2 Bemessungszustand mit Endausbauzustand im Anna-Quartier 22

4 Niederschlagswasserbeseitigung 24

4.1 Niederschlagswasseranfall für die geplante Bebauung 24

4.2 Niederschlagswasserbeseitigung für die geplante Bebauung 29

5 Überflutungsnachweis nach DIN 1986-100 31

6 Starkregenprävention (Fließpfadanalyse)..... 35

7 Fazit und Empfehlungen 37

P:\PROJEKT\2021\IP212079MO_4960.DD\1\DO\K\OUT\Abschlussbericht\IP212079MO_Abschlussbericht.docx



Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1: Abgrenzung des Modellgebietes anhand des Grundwassergleichenplans der dHK100, Gegenüberstellung mit dem bisherigen Modellgebiet., Darstellung der vorhandenen Grundwasserstandsdaten am 16.03.2021, Angaben in [m NN]..... 9

Abbildung 3-2: Vorhandene Grundwasserganglinien mit Markierung des Stichtags für die stationäre Berechnung 16.03.2021 sowie des Zuschlags von +0,5 m für den Bemessungszustand..... 10

Abbildung 3-3: Übersichtskarte zu den Bestandstiefgaragen sowie den geplanten Untergrundverbauungen im Anna-Quartier, Angaben in [m NN]..... 12

Abbildung 3-4: Schnittdarstellung aus dem hydrogeologischen Strukturmodell..... 14

Abbildung 3-5: Gewählte horizontale Diskretisierung des Modellgebietes..... 15

Abbildung 3-6: Modellausschnitt mit der horizontalen Diskretisierung im Bereich des Baufeldes..... 16

Abbildung 3-7: Modellschnitt mit Markierung der geplanten Tiefgaragen des Anna-Quartiers (Lage der Schnittlinie s. Abbildung 3-9). 17

Abbildung 3-8: Übersichtskarte zur stationären Berechnung zum Stichtag 16.03.2021..... 20

Abbildung 3-9: Detailkarte zum Ergebnis der stationären Kalibrierung (grüne Isolinien) mit den Abweichungen an den Grundwassermessstellen (GWM) zum Stichtag 16.03.2021 (die grünen Balken zeigen die Differenz zwischen Modellwert und Messwert an). 21

Abbildung 3-10: Berechneter Grundwasseraufstau- und -absenk durch die geplanten Untergrundverbauungen des Anna-Quartiers (grüne Isolinien: Bemessungszustand mit den bestehenden Tiefgaragen, rote Isolinien zusätzlich mit dem Endausbauzustand im Anna-Quartier). 23

Abbildung 4-1: Geplante Flächennutzung und Baufelder (BF) anhand des Planungsstands vom 16.07.2021. 25

Abbildung 6-1: Maximale Wasserstände und Fließvektoren infolge eines 100-jährlichen Starkniederschlags für den derzeitigen Zustand (ohne Anna-Areal)..... 36

P:\PROJEKT\2021\IP212079MO_4960.DD\1\DO\K\O\U\T\Abschlussbericht\IP212079MO_Abschlussbericht.docx



Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Datengrundlagen. 7

Tabelle 3-1: Verwendete Planungshöhen der Tiefgaragen des Anna-Quartiers..... 11

Tabelle 3-2: Schichtenfolge und Zusammenfassung zu hydrostratigrafischen
Struktureinheiten..... 13

Tabelle 3-3: Spannweiten der hydraulischen Durchlässigkeiten. 14

Tabelle 3-4: Hydraulische Durchlässigkeiten der Hydrostratigrafischen Struktureinheiten
im Grundwassermodell. 17

Tabelle 3-5: Gewählte Randbedingungswerte für die stationären Berechnungen. 18

Tabelle 3-6: Vorhandene Grundwasserstandsdaten..... 19

Tabelle 4-1: Niederschlagsintensitäten und Regenspenden für unterschiedliche
Dauerstufen nach KOSTRA (Index: 91048). 24

Tabelle 4-2: Effektive Abflussflächen für das Baufeld BF1-SO-4. 26

Tabelle 4-3: Effektive Abflussflächen für das Baufeld BF2..... 26

Tabelle 4-4: Effektive Abflussflächen für das Baufeld BF3..... 27

Tabelle 4-5: Effektive Abflussflächen für das Baufeld BF5..... 27

Tabelle 4-6: Effektive Abflussflächen für die Nibelungenstraße und Gartenstraße..... 28

Tabelle 4-7: Zuflüsse zu den Versickerungsanlagen und Volumen für die
Bemessungsniederschläge. 29

Tabelle 4-8: Flächenermittlung für eine Flächenversickerung nach DWA-A 138..... 30

Tabelle 4-9: Flächenermittlung für eine Muldenversickerung nach DWA-A 138..... 30

Tabelle 5-1: Effektive Abflussflächen für das Baufeld BF1-SO-4 mit
Spitzenabflussbeiwerten. 31

Tabelle 5-2: Effektive Abflussflächen für das Baufeld BF2 mit Spitzenabflussbeiwerten..... 32

Tabelle 5-3: Effektive Abflussflächen für das Baufeld BF3 mit Spitzenabflussbeiwerten..... 32

Tabelle 5-4: Effektive Abflussflächen für das Baufeld BF5 mit Spitzenabflussbeiwerten..... 33

Tabelle 5-5: Effektive Abflussflächen für die Nibelungenstraße und Gartenstraße mit
Spitzenabflussbeiwerten. 33

Tabelle 5-6: Auf den Baufeldern nach DIN 1986-100 zurückzuhaltenden Regenmengen..... 34

P:\PROJEKT\2021\IP212079MO_4860.DD\1\DO\K\OUT\Abschlussbericht\IP212079MO_Abschlussbericht.docx



1 Einführung

1.1 Veranlassung

Der Bebauungsplan 90B der Gemeinde Karlsfeld soll die Bebauung des westlich der Münchener Straße gelegenen Flurstücks (Flur-Nr. 729) regeln. Ursprünglich wurde für das neue Quartier der Name LUDL-Gelände verwendet. Nachdem der Investor des Areals gewechselt hat, wird das geplante Baugebiet als Anna-Quartier bezeichnet. Im Zuge des Investorenwechsels (CG-Elementum) kam es zu einer Anpassung der Planung. Infolgedessen sind die Auswirkungen auf das Grundwasser, die Niederschlagswasserbeseitigung und Starkregenprävention zu überprüfen.

1.2 Vorgehensweise

Im Zuge der vorangegangenen Planung wurde 2019 ein **3-dimensionales Grundwassermodell** erstellt, mit dessen Hilfe die Auswirkungen auf das Grundwasser betrachtet wurden. Das Modell wurde im Laufe der Zeit mehrfach fortgeschrieben und somit an den jeweiligen Planungsstand angepasst. Auf Grund von neuen geologischen Erkenntnissen (Baugrunderkundungen), zusätzlichen Grundwasserstandsmessungen sowie neu hinzugekommenen Untergrundverbauungen (Tiefgaragen) im Umfeld des Bauareals ist eine Modellanpassung und Neukalibrierung notwendig. Unsere Erfahrungen der letzten Untersuchungen haben zudem gezeigt, dass der Einfluss der Oberflächengewässer (Würm, Eichinger Weiher, Karlsfelder See) im Modell berücksichtigt werden sollte, weil diese einen nennenswerten Einfluss Grundwasserströmungsverhältnisse haben. Dazu ist eine Modellerweiterung nötig. Die hier gewählte Vorgehensweise sieht folgende Schritte zur Erstellung eines 3-dimensionalen Grundwassermodells für die Untersuchungen der Auswirkungen der geplanten Bebauung vor:

- Abgrenzung des Modellumgriffs unter Berücksichtigung der Oberflächengewässer und der Einzugsgebiete von benachbarten Entnahme- und Schluckbrunnen (MAN/MTU),
- Erstellung eines geologischen Strukturmodells mit allen verfügbaren Bohrungen,
- Generierung des Modellnetzes mit den bestehenden und neu geplanten Untergrundverbauungen,
- stationäre Kalibrierung anhand der aktuellen Messdaten,
- Neuberechnung der Grundwasserbeeinflussung für den Endbauzustand bei Bemessungsgrundwasserstand (BemGW).

Durch die Veränderung der Planung kommt es zudem zu einer Umverteilung der versiegelten Flächen. Diese werden auf Grundlage der aktuellen Planung neu ermittelt. Anschließend wird der **Niederschlagswasseranfall** ermittelt und den verfügbaren Versickerungsflächen gegenübergestellt.

Auf Grundlage der aktuellen Planung wird der **Überflutungsnachweis** nach DIN 1986-100 und eine **Fließpfadanalyse** mit Hilfe eines **2-dimensionalen hydrodynamischen Modells** durchgeführt.



2 Datengrundlagen

Für die Untersuchungen wurden die folgenden Datensätze, Gutachten und Planungsunterlagen hinzugezogen bzw. verwendet:

Tabelle 2-1: Datengrundlagen.

Nr.	Beschreibung	Datum	Autor
1	Baufachliche Stellungnahme zu den Untergrund- und Grundwasserverhältnissen inkl. Stellungnahme zum Grundwasseraufstau	07.08.2018	KDGEO MbH
2	Gebäudeumrisse Karlsfeld als *.shp- Dateien	06.08.2019	Gemeinde Karlsfeld
3	Fachgutachten DHI WASY: Einfluss des geplanten LUDL Areals auf das Grundwasser unter Berücksichtigung der Niederschlagsversickerung	20.09.2019	DHI WASY GmbH
4	Baugrunderkundung/ Baugrundgutachten: Erschließung Baugebiet Nr. 90b, Ludl-Areal in Karlsfeld Neuerstellung Schmutzwasserkanal und Wasserleitung	18.05.2021	Crystal Geotechnik
5	Topografische Karte TK10	15.10.2021	LDBV
6	Planung und Gutachten CG-Elementum, Planungsstand 16.07.2021	29.10.2021	CG-Elementum AG
7	Fachgutachten DHI WASY: Grundwasseraufstau und Niederschlagsversickerung Anna-Quartier in Karlsfeld; Fortschreibung 3	29.10.2021	DHI WASY GmbH
8	Tiefgaragen Bestand	04.11.2021	Gemeinde Karlsfeld
9	DGM1	08.11.2021	LDBV
10	Bohrungen mit Schichtenverzeichnissen	19.11.2021	LfU Bayern
11	Grundwasserstände der Grundwassermessstelle Rothschwaige	19.11.2021	LfU Bayern
12	Grundwassermessnetz der Gemeinde Karlsfeld (www.gw-karlsfeld.de)	19.11.2021	Grundbaulabor München GmbH
13	digitale Hydrogeologische Karte 1:100.000,; Grundwassergleichen (mit Stützpunkten)	19.11.2021	LfU Bayern
14	HK500 Mittlere Grundwasserneubildung aus Niederschlag (1971-2000)	19.11.2021	LfU Bayern

Allen x- und y-Koordinaten des vorliegenden Gutachtens liegt das Koordinatensystem ETRS_1989_UTM_Zone_32N (EPSG 25832) in m und allen z-Koordinaten das Bezugssystem m ü. NN (bzw. m NHM) zugrunde. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wird im folgenden Gutachten die Höhenbezeichnung m NN verwendet.

P:\PROJEKT\2021\IP212079MO_4960.DD\1\DK\VO\UT\Abschlussbericht\IP212079MO_Abschlussbericht.docx



3 Untersuchungen zum Grundwasseraufstau

3.1 Grundlagen

3.1.1 Abgrenzung des Modellgebiets

Das aktualisierte Grundwassermodell wurde großräumiger als bisher um das Baufeld abgegrenzt. Grundlage hierfür bildete der Grundwassergleichenplan der digitalen Hydrogeologischen Karte 1:100.000 /13/. Dieser Grundwassergleichenplan zeigt deutlich den Einfluss des Karlsfelder Sees sowie der Würm und des Eichinger Weihers auf die Grundwasserströmungsverhältnisse im Planungsgebiet, so dass diese Gewässer im Modell berücksichtigt werden müssen. Der Grundwassergleichenplan der dHK100 lag für die Untersuchungen von 2019 noch nicht vor.

Mit dem erweiterten Modellumgriff werden:

- die Oberflächengewässer (v.a. Karlsfelder See, Würm, Eichinger Weiher) im Modell abgebildet,
- die Grundwasserzustromverhältnisse besser erfasst,
- die Auswirkungen der Modellränder auf die Untersuchungen im Planungsgebiet ausgeschlossen,
- die Einzugsgebiete von benachbarten Entnahme- und Schluckbrunnen (MAN/MTU) im Modellgebiet berücksichtigt.

Abbildung 3-1 zeigt den gewählten Modellumgriff. Das Modellgebiet hat eine Fläche von ca. 13,4 km². Die Grundwasserströmung ist im Allgemeinen von Süd nach Nord gerichtet. Die Südgrenze entspricht dem Verlauf der Grundwassergleiche von 494 m NN und die Nordgrenze dem Verlauf der Grundwassergleiche von 481 m NN der dHK100. Die seitlichen Begrenzungen des Modellgebietes wurden so gewählt, dass die Grundwassergleichen senkrecht zu den Modellrändern im Osten und Westen verlaufen, so dass sie mit no-flow-Randbedingungen, d.h. Zustrom = 0 belegt werden können (westliche Grenze entlang dem Rechtswert 681 900, östliche Grenze entlang dem Rechtswert 685 200).

3.1.2 Grundwasserstände

Im Modellgebiet liegen Datenloggeraufzeichnungen in 5 Messstellen des Grundwassermessnetzes der Gemeinde Karlsfeld (www.gw-karlsfeld.de) vor /12/. Zudem wird in der Grundwassermessstelle (GWM) Rothschaige durch das LfU Bayern der Grundwasserstand kontinuierlich gemessen /11/. In Abbildung 3-2 sind die Zeitreihen der Grundwasserstände ab 2011 dargestellt. Die Lage der Messpunkte ist in Abbildung 3-1 enthalten.

Zusätzlich wurden im Rahmen der Baugrunderkundungen durch Crystal Geotechnik /4/ am 16.03.2021 in 3 Bohrungen im Bereich des Baufeldes die Grundwasserspiegel gemessen. Dieser Stichtag wurde als Zustand mit mittleren Grundwasserständen eingeordnet /4/ und wurde im Folgenden zur Abbildung des stationären Berechnungszustands und zur Bewertung der Modellkalibrierung verwendet (s.a. Tabelle 3-6).

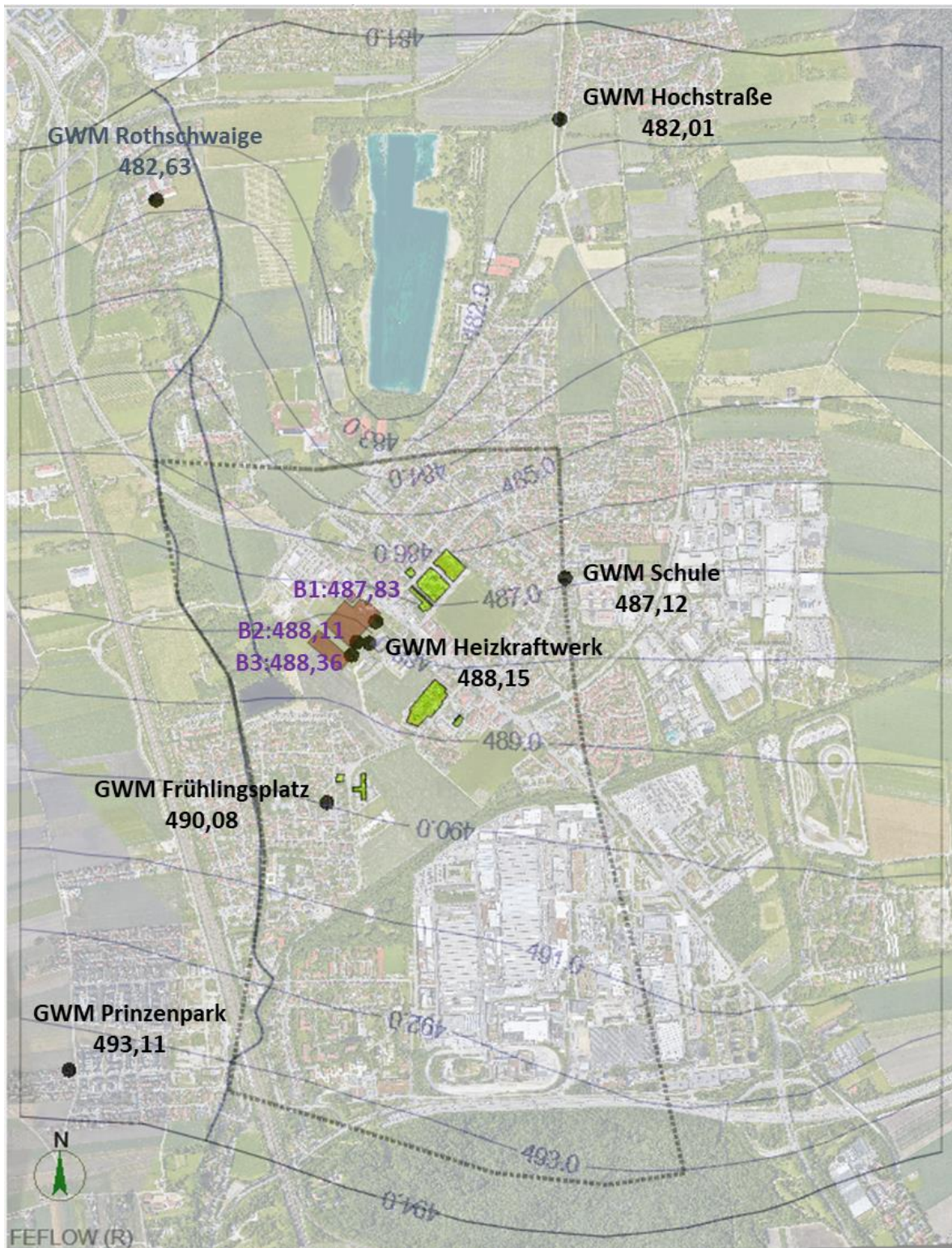


Abbildung 3-1: Abgrenzung des Modellgebietes anhand des Grundwassergleichenplans der dHK100, Gegenüberstellung mit dem bisherigen Modellgebiet., Darstellung der vorhandenen Grundwasserstandsdaten am 16.03.2021, Angaben in [m NN].

3.1.3 Bemessungszustand

Der höchste Grundwasserstand HGW_{1940} (100-jährig) kann aus der Grundwassergleichkarte von 1940 zur Rekonstruktion des 100-jährigen Hochwasserstands im Bereich der Grundwassermessstelle des Heizkraftwerks auf etwa Höhe 489,0 m ü. NN entnommen werden. Da dieser Wert während des Beobachtungszeitraums der Messstelle im Jahr 2013 bereits um 0,4 m überschritten wurde, wurde in den beiden vorliegenden Baugrundgutachten /1/ & /4/ ein Hochwasserstand (HHW) inklusive des ortsüblichen 0,3 m Sicherheitszuschlags von + 0,7 m ermittelt. Anhand der Referenzmessstelle Heizkraftwerk wurden (interpolierte) höchste Grundwasserstände im Süden und Norden des Planungsgebiets ausgewiesen. Aufgrund unterschiedlicher Ansätze zu den Ausgangszuständen wurden in beiden Gutachten differierende Höchstgrundwasserstände angegeben und die Gradienten weichen deutlich voneinander ab. Im aktuellen Braugrundachten /4/ wird für den Süden des Baufelds (Südostende der geplanten Fortsetzung Nibelungenstraße) ein HHW von 489,8 m NN und für den Norden (Anschluss zur Münchner Straße) von 489,4 m NN ausgewiesen. Aufgrund der Landnutzungsänderungen (Torfstiche, Bau des Karlsfelder See) liegen andere geohydraulische Verhältnisse vor, sodass der HGW von 1940 nicht mehr als Grundlage verwendet werden kann. Eine statistische Neubeurteilung der Bemessungsgrundwasserstände ist daher notwendig, liegt aber bislang nicht vor.

Auf Basis der Daten der Referenzmessstelle sowie unter Berücksichtigung eines gewissen Sicherheitszuschlages wird in /4/ empfohlen, den örtlichen Bemessungswasserspiegel während der Bauzeit mindestens 0,5 m über den erkundeten Wasserspiegelhöhen, d.h. zwischen 488,9 m ü. NN im Süden und 488,2 m ü. NN im Norden des Baufeldes anzunehmen.

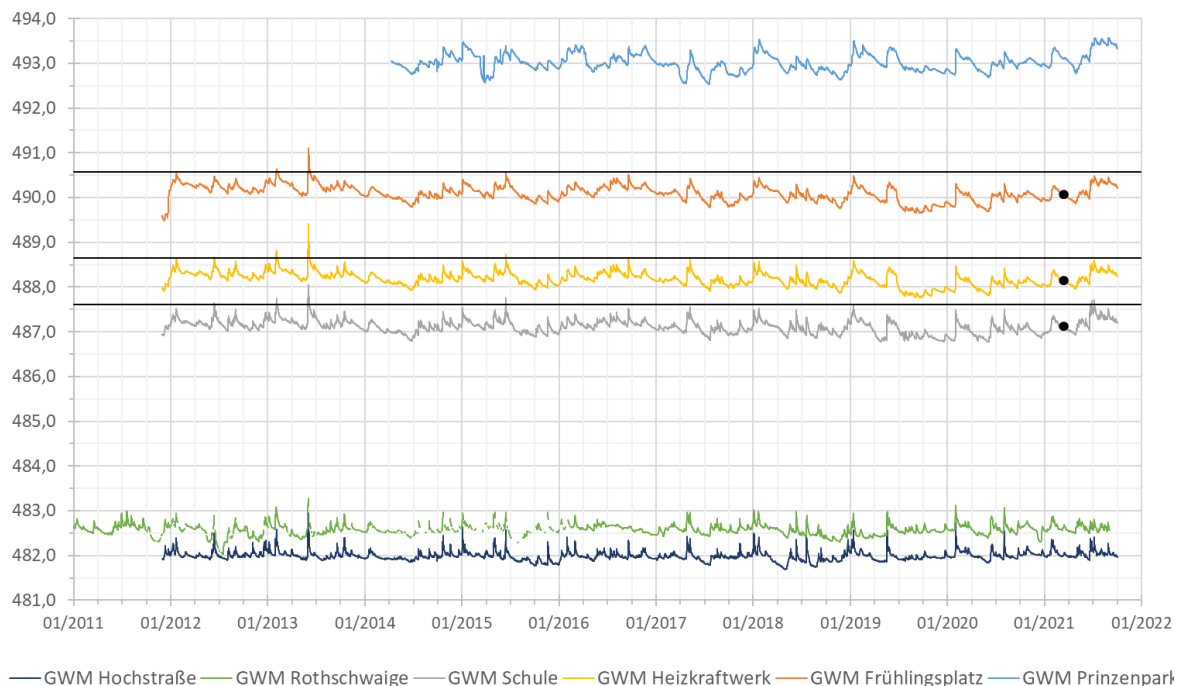


Abbildung 3-2: Vorhandene Grundwasserganglinien mit Markierung des Stichtags für die stationäre Berechnung 16.03.2021 sowie des Zuschlags von +0,5 m für den Bemessungszustand.



3.1.4 Tiefgaragen

Die berücksichtigten Höhen des aktuell vorliegenden Planungstands der Tiefgaragen des Anna-Quartiers /6/ sind in Tabelle 3-1 dargestellt.

Tabelle 3-1: Verwendete Planungshöhen der Tiefgaragen des Anna-Quartiers.

Baufeld	GOK [m NN]	Tiefe TG [m unter GOK]	Zuschlag [m]	Unterkante TG [m NN]
BF 5	490,47	3,67	0,50	486,30
BF1; 4; SO	491,00	5,95	0,50	484,55
BF1; 4; SO-W	491,00	8,21	0,50	482,29
BF 3	490,50	5,10	0,50	484,90

Es wurde ein einheitlicher Zuschlag von 0,5 m zur Berücksichtigung der Sauberkeitsschichten, Fahrstuhlschächte etc. angesetzt.

Es existieren bereits mehrere Untergrundverbauungen im Umfeld des Projektgebietes, die zumeist zwischen 3 und 5 m tief sind /8/. Die Verbauung Kirchweg Duplex reicht bis 7,1 m unter Geländeoberkante (GOK), die Bohrpfahlwand Korneliuskirche bindet in den Stauer ein (20,75 m u GOK).

Die in Abbildung 3-3 dargestellten Tiefgaragen bzw. Untergrundverbauungen wurden bei der Erstellung des Modellnetzes mitberücksichtigt, so dass die Gebäudekanten lagegetreu im Modell abgebildet werden. Neben dem aktuellen Planungsstand im Anna-Quartier wurden auch die Tiefgaragen am Frühlingsplatz und an der Kirche in der Adalbert-Stifter-Straße neu im Modell erfasst.

Die Verbauungen werden entsprechend ihrer Tiefe als inaktive Elemente im Grundwasserströmungsmodell abgebildet. Dazu wurden zusätzliche numerische Zwischenschichten im Modell eingefügt. Da für die Bestandstiefgaragen keine Grundwasserüberleitungssysteme geplant wurden, sind keine Düker im Modell zu berücksichtigen.

P:\PROJEKT\2021\IP21\2079\MO_4960.DD\1\DO\K\O\U\T\Abschlussbericht\IP21\2079\MO_Abschlussbericht.docx



Abbildung 3-3: Übersichtskarte zu den Bestandstiefgaragen sowie den geplanten Untergrundverbauungen im Anna-Quartier, Angaben in [m NN].

3.2 Modellaufbau

3.2.1 Hydrogeologisches Modell

Das Untersuchungsgebiet liegt in der Münchener Schotterebene, welche sich durch mächtige quartäre Kiesablagerungen auszeichnet. Diese können von Auen- und Bachablagerungen überlagert sein. Es ergibt sich folgende relevante Schichtenfolge im Modellgebiet (Tabelle 3-2) /3/:

Tabelle 3-2: Schichtenfolge und Zusammenfassung zu hydrostratigrafischen Struktureinheiten.

Schicht	Bezeichnung	Alter	Hydrostratigrafische Struktureinheit
1a	Oberboden	Quartär	Deckschicht (DS)
1b	Auffüllungen		
2a	Quartäre Kiese		quartärer Grundwasserleiter
2b	Quartäre Sande mit geringem bis hohem Verlehmungsgrad		geringer durchlässige Übergangsschicht
3	Tertiäre Schluffe Tertiär	Tertiär	tertiäre geringdurchlässige Trennschicht

Das Strukturmodell für die Grundwasseruntersuchungen in Karlsfeld umfasst somit drei hydrogeologische Schichten: die geringmächtige Deckschicht, den mächtigen, quartären Kies-Grundwasserleiter und eine geringer durchlässige, geringmächtige Übergangsschicht zu den tertiären Schluffen, die die Modellunterkante bilden.

Zum Aufbau des hydrogeologischen Strukturmodells wurden großräumig ca. 400 Bohrungen mit Schichtenverzeichnissen vom Umweltatlas Bayern /10/ heruntergeladen und für das geologische Modell aufbereitet. Zudem wurden die Bohrungen aus den Baugrundgutachten /1/, /4/ im Bohrdatenspeicher erfasst. Da viele flache Bohrungen dabei waren, wurden nach Auswertung der Daten ca. 140 Bohrungen für die Interpolation der Schichtgrenzen des hydrogeologischen Strukturmodells verwendet. Wesentlich war dabei die Erfassung der Tertiäroberkante als Unterkante des Grundwassermodells (in ca. 120 Bohrungen enthalten).

Abbildung 3-4 enthält eine Schnittdarstellung aus dem hydrogeologischen Strukturmodell einschließlich der zu Grunde liegenden Bohrungen. Im Bereich des Baufeldes sind die quartären Kiese ca. 18 - 20 m mächtig.

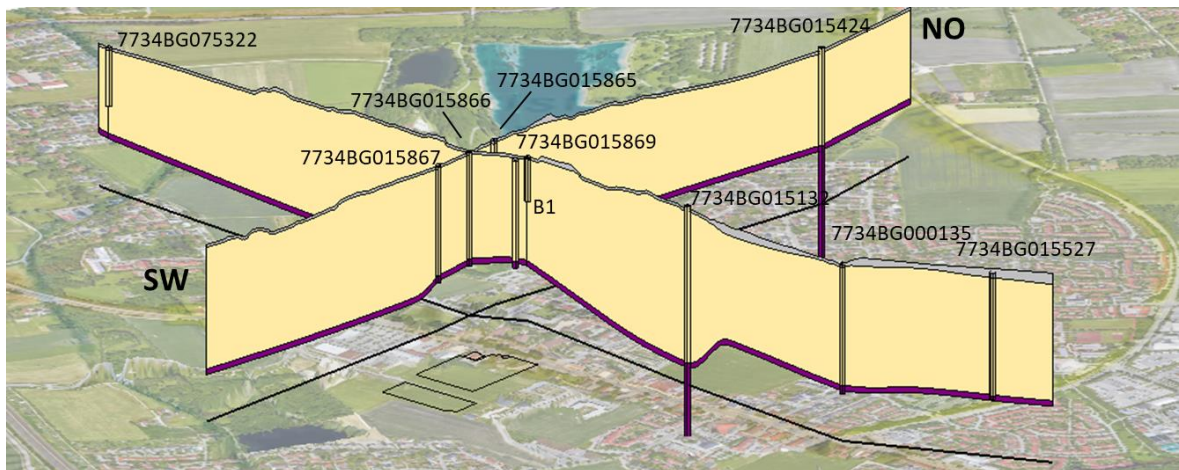


Abbildung 3-4: Schnittdarstellung aus dem hydrogeologischen Strukturmodell.

Die Spannweite der hydraulischen Durchlässigkeiten wurde aus den Baugrundachten /1/, /4/ zusammengestellt. Tabelle 3-3 fasst die Untergrounddurchlässigkeiten mit Zuordnung zu den hydrostratigrafischen Einheiten zusammen.

Tabelle 3-3: Spannweiten der hydraulischen Durchlässigkeiten.

Hydrostratigrafische Struktureinheit	k_f [m/s]
Deckschicht*	$1 \cdot 10^{-4} \dots 2 \cdot 10^{-6}$
Quartärer Grundwasserleiter (Kiese)	$5 \cdot 10^{-2} \dots 1 \cdot 10^{-3}$
geringer durchlässige Übergangsschicht (Sande)	$1 \cdot 10^{-3} \dots 1 \cdot 10^{-5}$
Tertiäre Schluffe	$k_f < 1 \cdot 10^{-6}$

Grundwasserneubildung

Das Landesamt für Umwelt (LfU Bayern) stellt in seinem Geofachdatenatlas die mittlere Grundwasserneubildung aus Niederschlag h_G [mm/a] in einem 200x200 m – Raster zur Verfügung [14].

Demnach liegt die mittlere jährliche Grundwasserneubildungshöhe h_G im Modellgebiet zwischen

$$h_{G,\min} = 150 \text{ mm/a} \leq h_G \leq 200 \text{ mm/a} = h_{G,\max}$$

3.2.2 Überführung in das numerische Modell

Horizontale Diskretisierung

Die Erstellung des Modells erfolgte mit der Software FEFLOW (DHI). FEFLOW ist ein professionelles Softwarepaket zur Berechnung von Wasserströmung und Massen- und Wärmetransport in porösen Medien. FEFLOW basiert auf der Finite-Elemente-Technik. Dadurch ist eine sehr flexible Modelldiskretisierung des Modellgebietes (z. B. Dreiecksele-

mente, aber auch eine Kombination aus Dreiecks- und Viereckselementen) möglich, die eine genaue, ortskonkrete Abbildung der Randbedingungen (insbesondere Gewässernetz) sowie der Untergrundverbauungen zulassen.

Das neu abgrenzte Grundwassermodellgebiet mit einer Fläche von ca. 13,4 km² wurde durch Triangulation in finite Dreieckselemente unterteilt (s. Abbildung 3-5).

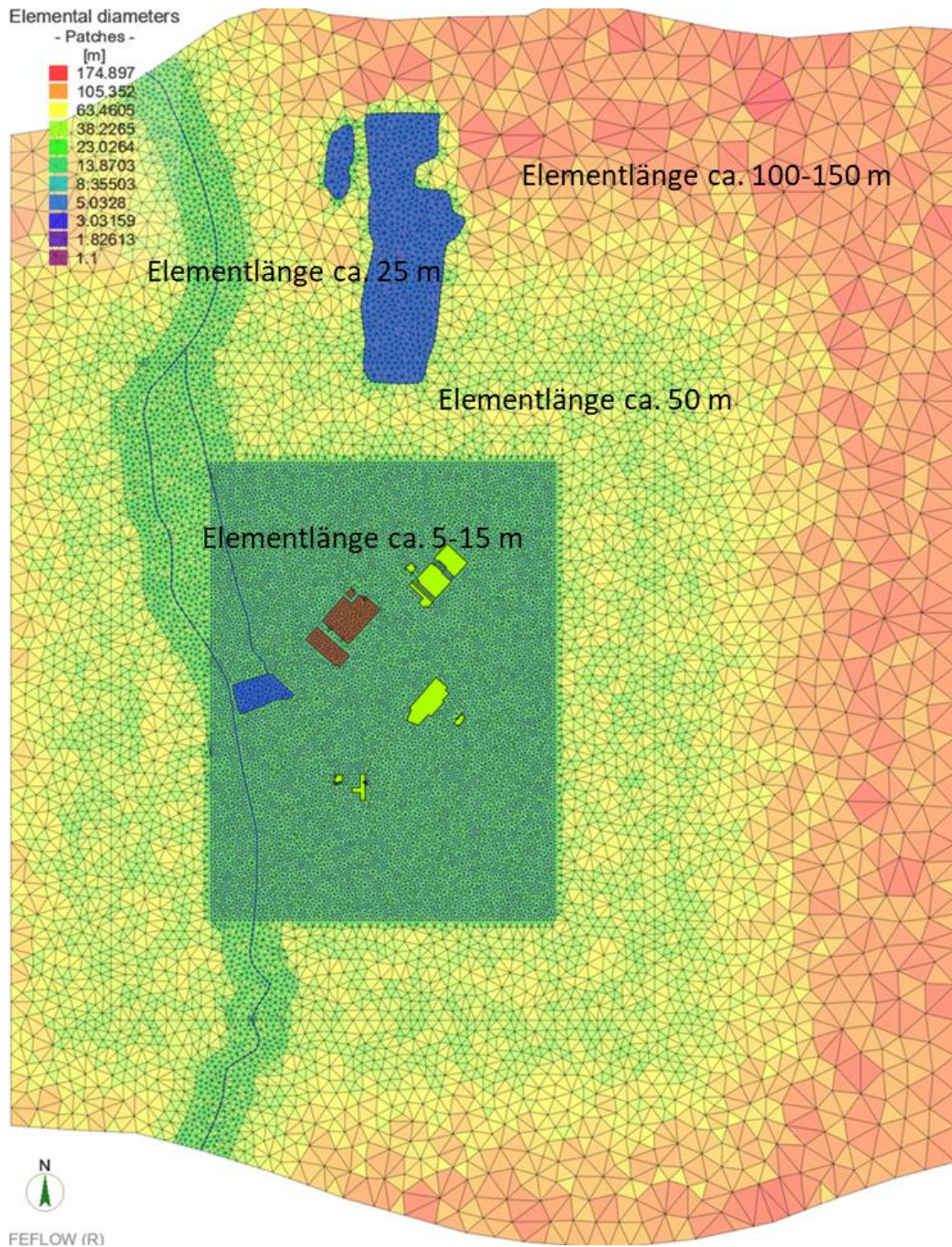


Abbildung 3-5: Gewählte horizontale Diskretisierung des Modellgebietes.

Für die horizontale Diskretisierung wurden:

- die Geometrien des Gewässernetzes (Karlsfelder See, Würm, Eichinger Weiher, Wehrstaudenbach),
- die Umringe der Bestandstiefgaragen sowie
- die Umringe der geplanten Untergrundverbauungen des Anna-Quartiers

berücksichtigt. Das 2D-Netz besteht aus 41.226 finiten Elementen und 20.718 Modellknoten.

Abbildung 3-6 zeigt einen Modellausschnitt im Bereich des Anna-Quartiers mit der horizontalen Diskretisierung von ca. 5-10 m. Mit dem neu erstellten Modellnetz wurden auch zwischen den Tiefgaragen Modellknoten berücksichtigt, so dass in diesen Bereichen der Grundwasserstand berechnet wird und somit Aufstau bzw. Absink hier korrekt ausgewiesen werden können.

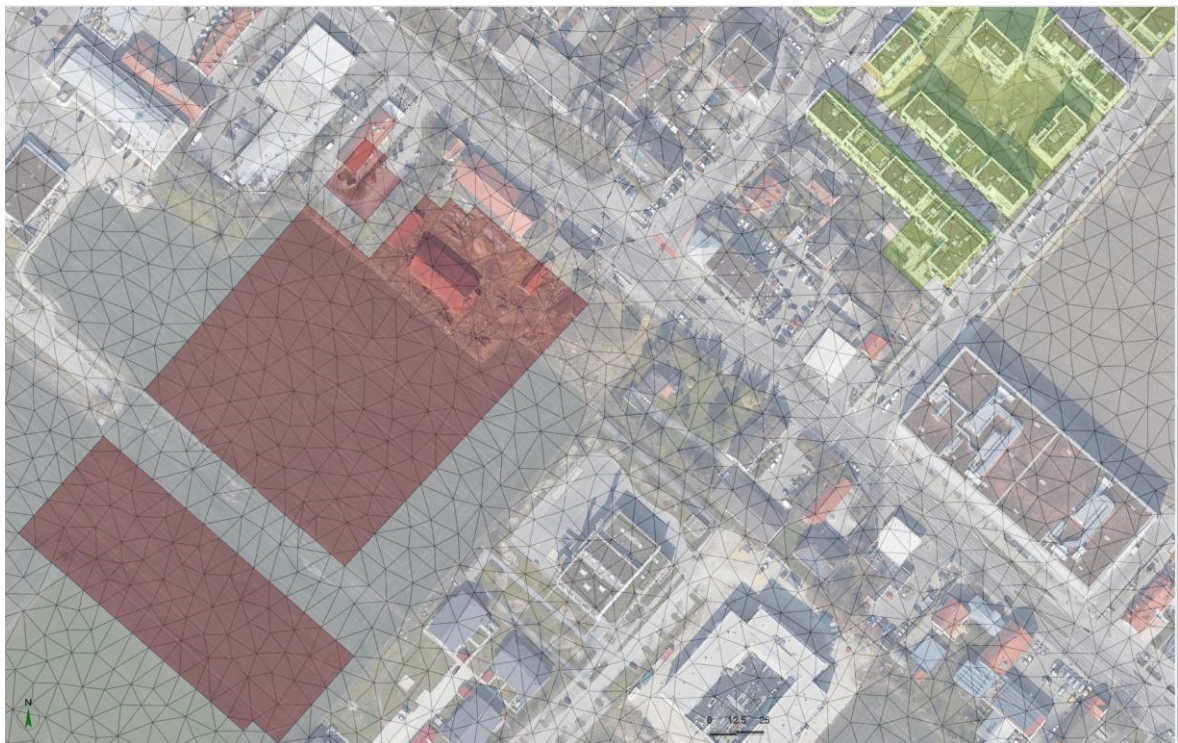


Abbildung 3-6: Modellausschnitt mit der horizontalen Diskretisierung im Bereich des Baufeldes.

Vertikale Diskretisierung

Die Schichten des hydrogeologischen Modells wurden auf das Finite-Elemente-Netz interpoliert. Für die Modelloberkante wurde das Digitale Geländemodell (DGM1) verwendet /9/. Die Tertiäroberkante bildet die Modellunterkante. Zusätzlich zu den drei hydrogeologischen Schichten wurden 15 numerische Zwischenschichten eingefügt, um die Unterkanten der bereits vorhandenen Tiefgaragen als auch die der geplanten Tiefgaragen des Anna-Quartiers im Modell abbilden zu können.

Abbildung 3-7 zeigt exemplarisch einen Modellschnitt im Bereich des Anna-Quartiers.

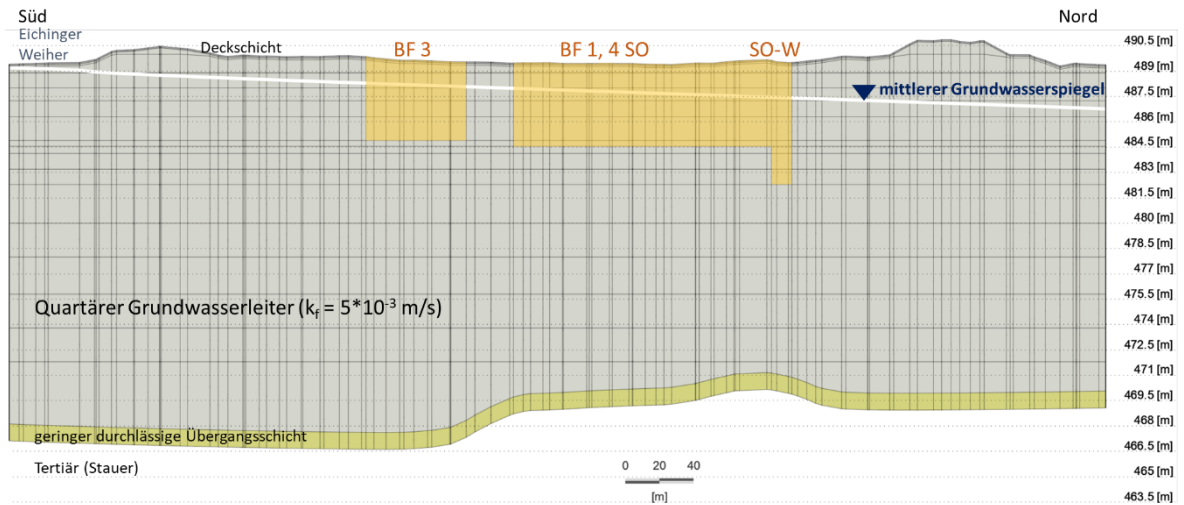


Abbildung 3-7: Modellschnitt mit Markierung der geplanten Tiefgaragen des Anna-Quartiers (Lage der Schnittlinie s. Abbildung 3-9).

Parametrisierung

Tabelle 3-4 enthält die im Grundwassermodell angesetzten hydraulischen Durchlässigkeiten in horizontaler und vertikaler Richtung (Ergebnis nach Kalibrierung).

Tabelle 3-4: Hydraulische Durchlässigkeiten der Hydrostratigrafischen Struktureinheiten im Grundwassermodell.

Hydrostratigrafische Struktureinheit	Horizontale Durchlässigkeit k_{xx}/k_{yy} [m/s]	Vertikale Durchlässigkeit k_{zz} [m/s]
Deckschicht*	$5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-6}$
Quartärer Grundwasserleiter (Kiese)	$5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-4}$
geringer durchlässige Übergangsschicht (Sande)	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-5}$

3.2.3 Randbedingungen

Es wurden zwei stationäre Berechnungszustände berechnet: Für den Ist-Zustand wurde für den Stichtag 16.03.2021 eine stationäre Kalibrierung durchgeführt. Für den Bemessungszustand mit + 0,5 m höheren Grundwasserspiegeln im Bereich des Baufeldes wurden die Randbedingungen teilweise angepasst (Erhöhung der Randwerte). Tabelle 3-5 fasst die im Ergebnis gewählten Randbedingungswerte (Ergebnis nach Kalibrierung) zusammen.

Tabelle 3-5: Gewählte Randbedingungswerte für die stationären Berechnungen.

Randbedingung	Stichtag 16.03.2021	Bemessungszustand
Grundwasserneubildung	175 mm/a	225 mm/a
Südrand als RB 1. Art	493,9 m NN	494,5 m NN
Nordrand als RB 1. Art	481,6 m NN	482,5 m NN
seitliche Modellränder im Osten und Westen als RB 2. Art	Q = 0	Q = 0
Karlsfelder See als RB 1. Art	481,8 m NN	483,0 m NN
Würm, Wehrstaudenbach als RB 3. Art	Wsp. abgeleitet aus DGM1	Wsp. abgeleitet aus DGM1 + 0,3 m
Eichinger Weiher als RB 3. Art	489,3 m NN	489,6 m NN

Für die Grundwasserneubildung wurden für mittlere Verhältnisse 175 mm/a und für den Bemessungszustand 225 mm/a angesetzt. Die südliche Modellgrenze als Grundwasserzuströmrand und die nördliche Modellgrenze als Grundwasserabstromrand wurden als Festpotentialrandbedingungen belegt (RB. 1. Art, Grundwasserspiegelhöhen). Die seitlichen Modellränder im Osten und Westen wurden als no-flow-Ränder umgesetzt (RB 2. Art mit $Q = 0$). Der Karlsfelder See wurde ebenfalls mit einem Festpotential abgebildet. Zum Wasserspiegel lagen keine Daten vor, so dass die Belegung während der Modellanpassung erfolgte. Die Seetiefe von ca. 10 m wurde durch die Belegung der entsprechenden See-Elemente mit einer sehr hohen Durchlässigkeit sowie einer Porosität von 1 abgebildet. Die Würm, der Wehrstaudenbach und der Eichinger Weiher wurden als Transfer-Randbedingungen im FEFLOW-Modell belegt (RB. 3. Art, Vorgabe Wasserspiegel und Transferraten). Die Wasserspiegel wurden aus dem DGM1 abgeleitet. Die Interaktion zwischen Gewässer und Grundwasser wird über den Parameter „Transferraten“ gesteuert. Dabei wird zwischen der „in-“ und „out-transfer rate“ unterschieden. Die Transferraten wurden wie folgt angesetzt:

- „out-transfer rate“ (Exfiltration von Grundwasser in das Gewässer): $5 \cdot 10^{-3}$ 1/s (Würm & Wehrstaudenbach) bzw. $5,79 \cdot 10^{-2}$ 1/s (Eichinger Weiher),
- „in-transfer rate“ (Infiltration Gewässer in das Grundwasser): $5 \cdot 10^{-4}$ 1/s (Würm & Wehrstaudenbach) bzw. $5,79 \cdot 10^{-3}$ 1/s (Eichinger Weiher).

Die Infiltration wurde modelltechnisch beschränkt (Beschränkung bei Wsp. minus 0,5 m). Grundwasserentnahmen wurden im Modell nicht berücksichtigt.

Die bestehenden Tiefgaragen wurden als inaktive Elemente mit den entsprechenden Tiefen der Verbauung abgebildet. Für die Berechnung des Planungszustands (Endbauzustand) wurden zudem die geplanten Tiefgaragen des Anna-Quartiers durch Inaktivierung der Modellelemente berücksichtigt.

3.3 Stationäre Kalibrierung

Die stationäre Kalibrierung erfolgte zunächst anhand des Grundwassergleichenplans der dHK00. Da dieser Gleichenplan mit gemittelten also auch Einzelmesswerten im Maßstab 1:100.000 erstellt wurde, diente dieser Plan vor allem zur Grobkalibrierung, d.h. zur Erfassung der Grundwasserströmungsrichtung und des Abstands der Grundwassergleichen (Fließgeschwindigkeit) mit dem Grundwasserströmungsmodell. Im Weiteren wurde anhand der vorliegenden Messwerte zum 16.03.2021 (s. Tabelle 3-6) die Feinkalibrierung für einen konkreten Strömungszustand durchgeführt. Dabei ist zu beachten, dass weder die Grundwasserneubildung noch die Wasserspiegel in den Gewässern für diesen Stichtag vorlagen. Der Stichtag repräsentiert mittlere Verhältnisse ebenso wie die angesetzten Randbedingungen. Es konnte vor allem im Betrachtungsgebiet um das Baufeld und die Tiefgaragen mit diesen Ansätzen eine sehr gute Modellanpassung mit einer Abweichung Modellwert zu Messwert $\leq \pm 10$ cm erreicht werden. In den Außenbereichen des Modellgebiets liegt die Modellabweichung $< \pm 20$ cm (Abbildung 3-8 und Abbildung 3-9).

Tabelle 3-6: Vorhandene Grundwasserstandsdaten.

Grundwassermessstelle (GWM)	Grundwasserspiegel 16.03.2021 [m NN]	Bemessungszustand [m NN]
GWM Rothschaige	482,63	
GWM Frühlingsplatz	490,08	
GWM Heizkraftwerk	488,15	488,65
GWM Hochstraße	482,01	
GWM Schule	487,12	
GWM Prinzenpark	493,11	
B1_2021	487,83	488,33
B2_2021	488,11	488,61
B3_2021	488,36	488,86

Die Modellkalibrierung erfolgte vor allem über die Anpassung der Potentialhöhen im Süden und Norden sowie der Gewässerspiegel an den Stichtagszustand. Ebenso wurden die Transferraten der Gewässerrandbedingungen angepasst und die Grundwasserneubildung und hydraulischen Durchlässigkeiten innerhalb der Spannweite variiert.

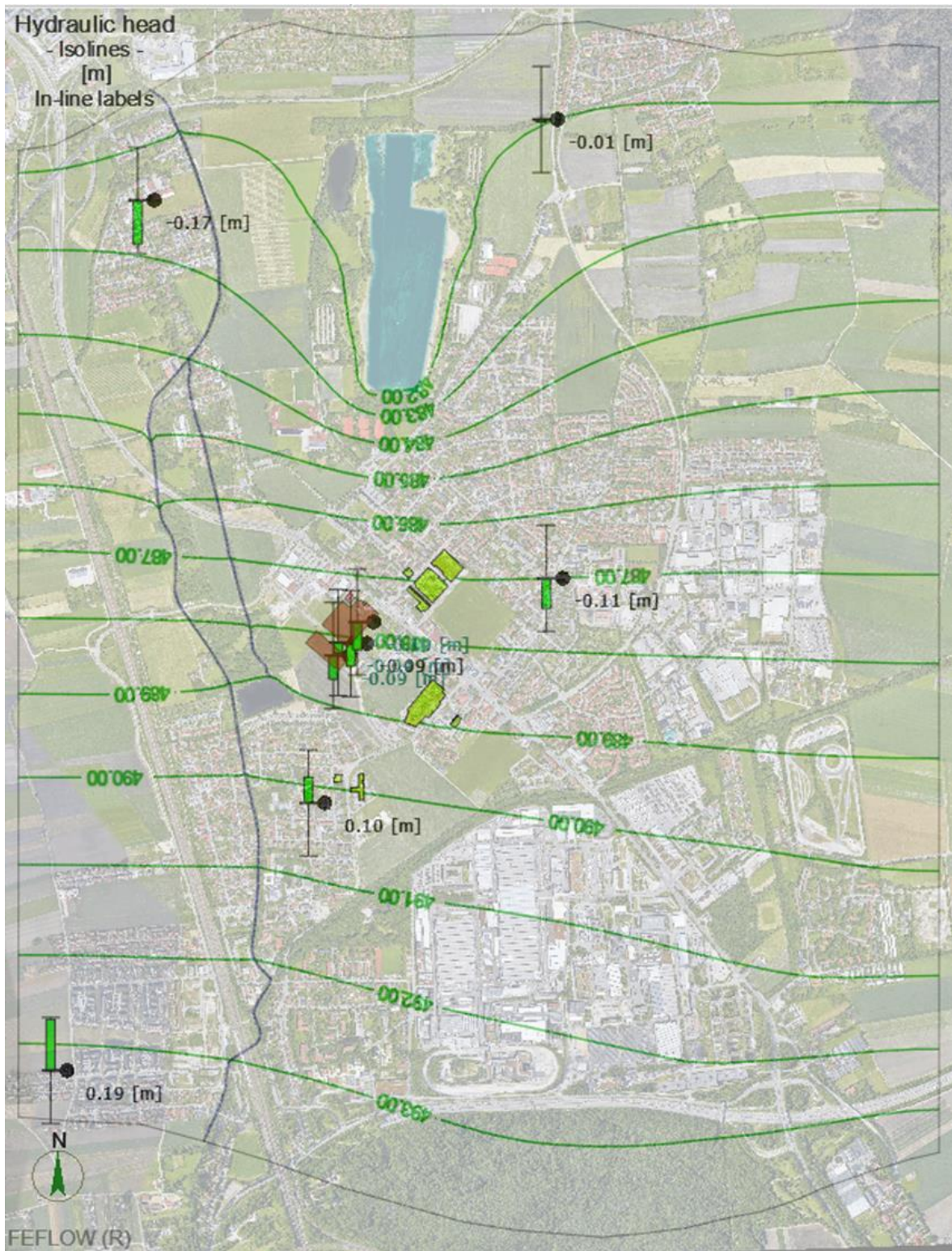


Abbildung 3-8: Übersichtskarte zur stationären Berechnung zum Stichtag 16.03.2021.

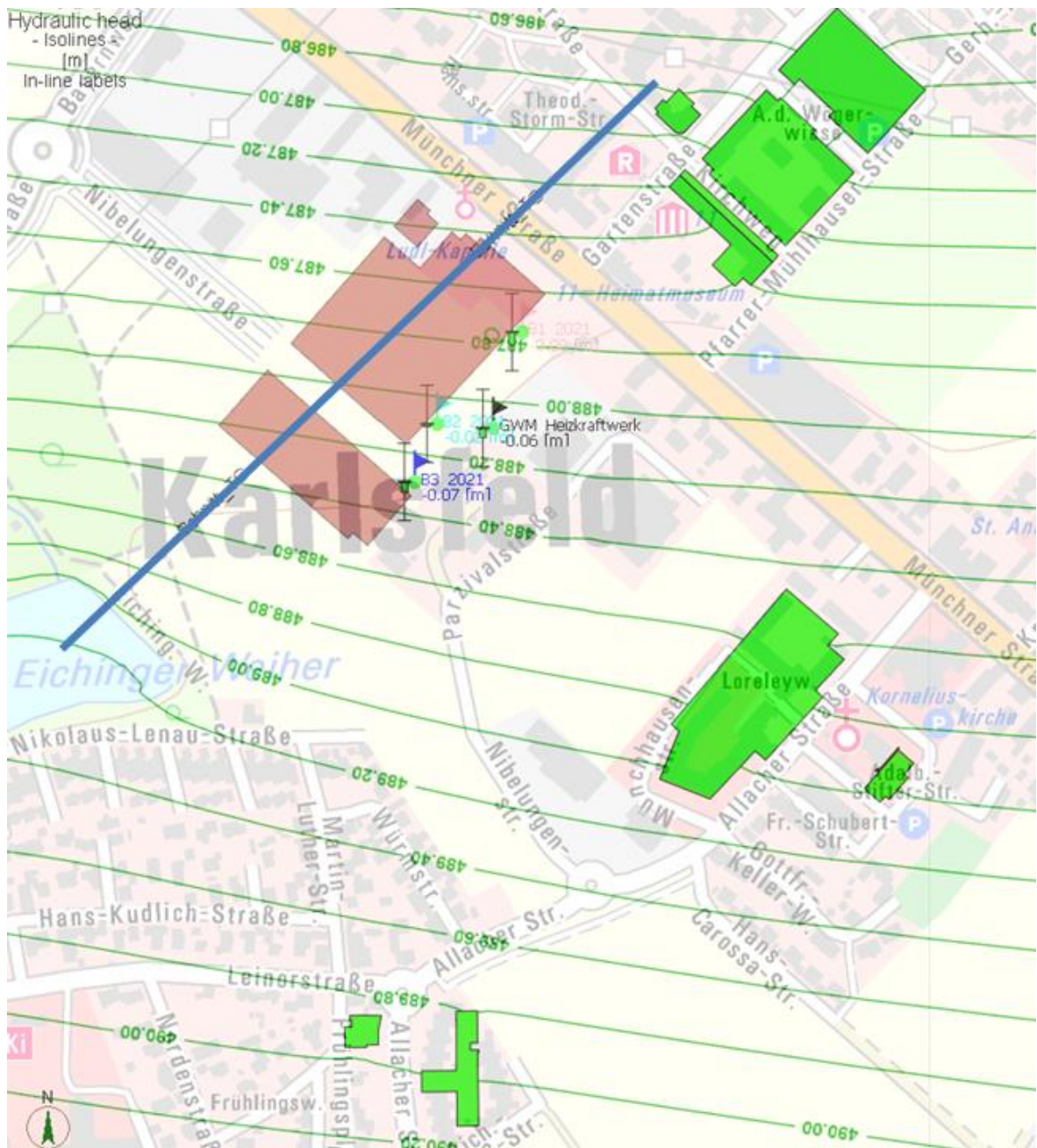


Abbildung 3-9 Detailkarte zum Ergebnis der stationären Kalibrierung (grüne Isolinien) mit den Abweichungen an den Grundwassermessstellen (GWM) zum Stichtag 16.03.2021 (die grünen Balken zeigen die Differenz zwischen Modellwert und Messwert an).



3.4 Modelleinsatz

3.4.1 Bemessungszustand

Mit den in Kapitel 3.2.3 dokumentierten Randbedingungen konnte im Umfeld des Baufeldes der Bemessungszustand von + 0,5 m bezogen auf den Stichtag von 16.03.2021 entsprechend der Empfehlungen aus dem aktuellen Baugrundgutachten /4/ im Grundwassermodell umgesetzt werden. Die berechneten Grundwassergleichen sind in Abbildung 3-10 dargestellt. Gut erkennbar ist der Einfluss der schon vorhandenen Tiefgaragen (grüne Isolinien) auf die Grundwasserstände.

3.4.2 Bemessungszustand mit Endausbauzustand im Anna-Quartier

Der Bemessungszustand (Ist-Zustand) bildet die Basis für die Berechnung des Endausbauzustandes. Derzeit stehen noch keine Informationen zur Baugrube zu Verfügung. Aus diesem Grund wird von einem vollständigen Rückbau der Baugrubenumschließung ausgegangen.

Abbildung 3-10 zeigt durch die Gegenüberstellung des Endausbauzustandes der Tiefgaragen im Anna-Quartier mit dem Ist-Zustand ohne Anna-Quartier anhand der Grundwassergleichen und einem Differenzenplan zwischen beiden Berechnungen die Auswirkung der zusätzlichen Untergrundverbauungen im Anna-Quartier auf die Grundwasserstände im unmittelbaren Bauumfeld.

Der berechnete Grundwasseraufstau beträgt maximal ca. 5 cm, der maximale Grundwasserabsenk wird mit ca. 6 cm ermittelt.

In der Nachbarbebauung wird ein Grundwasseranstieg von ca. 2 cm ausgewiesen.

Es sind somit keine grundwasserregulierenden Maßnahmen erforderlich.

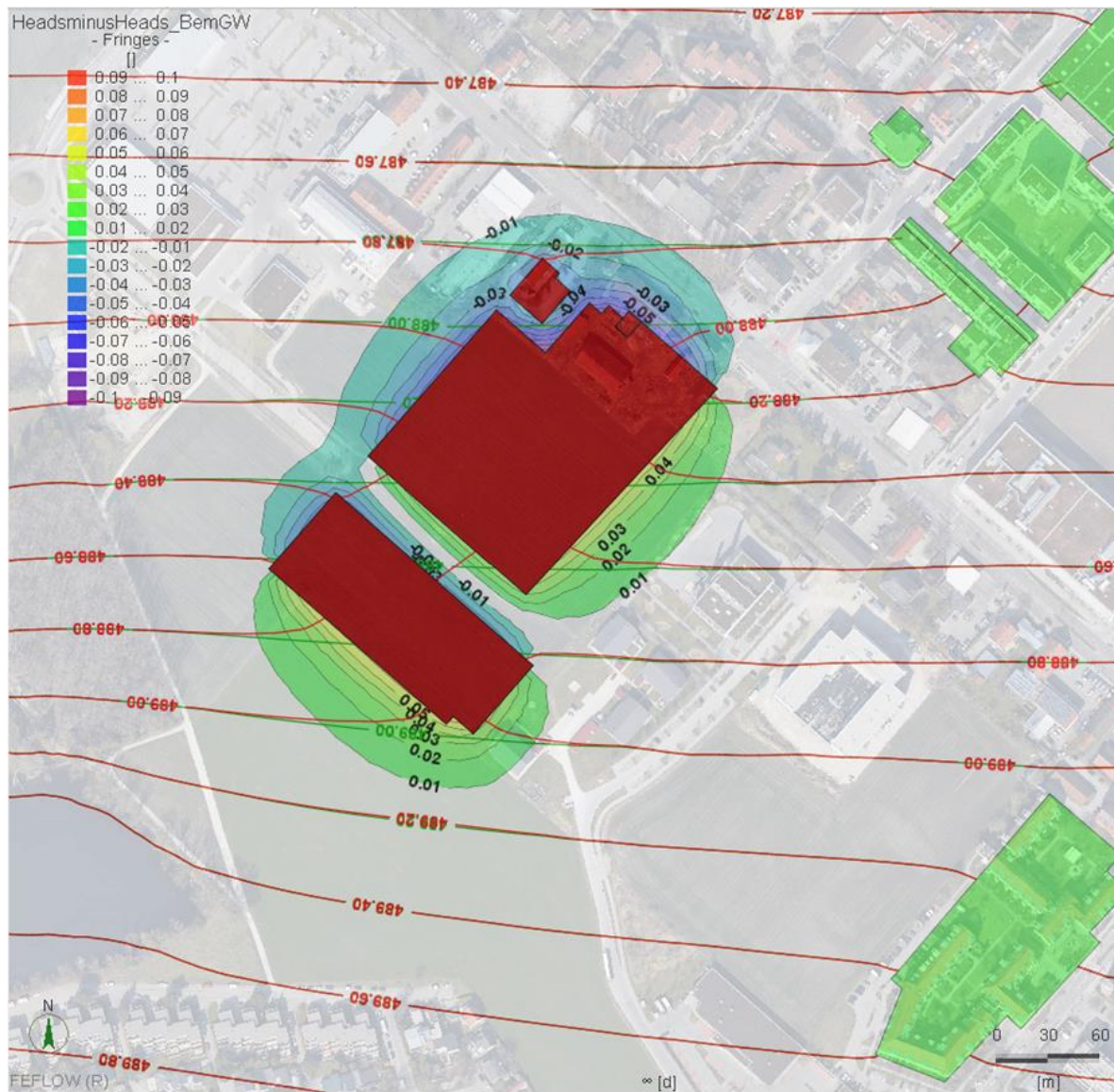


Abbildung 3-10: Berechneter Grundwasseraufstau- und -absenk durch die geplanten Untergrundverbauungen des Anna-Quartiers (grüne Isolinien: Bemessungszustand mit den bestehenden Tiefgaragen, rote Isolinien zusätzlich mit dem Endausbauzustand im Anna-Quartier).

4 Niederschlagswasserbeseitigung

Im Folgenden wird die Niederschlagswasserbeseitigung des geplanten Quartiers untersucht. Die Wahl des Bemessungsniederschlags ist abhängig von der zulässigen Überschreitungshäufigkeit. Unter Anwendung des vereinfachten Verfahrens nach DWA-A 117 und unter Beachtung der DIN EN 752 wird die Überschreitungshäufigkeit auf ein maximales Wiederkehrintervall von $T_n \leq 5 \text{ a}$ festgelegt (dezentrale Versickerungsanlagen). Nach DWA-A 138 richtet sich die maßgebende Regendauer für den gewählten Wiederkehrintervall nach der Art der Versickerung. Da voraussichtlich nicht ausschließlich Flächenversickerungen zum Einsatz kommen, ist die **maßgebliche Regendauer schrittweise zu bestimmen**.

Nach KOSTRA (Koordinierte Starkniederschlagsregionalisierung und -auswertung des DWD) ergeben sich für Karlsfeld folgende Niederschlagsintensitäten bzw. Regenspenden.

Tabelle 4-1: Niederschlagsintensitäten und Regenspenden für unterschiedliche Dauerstufen nach KOSTRA (Index: 91048).

Dauerstufe [min]	Wiederkehrintervall 5 a	
	Intensität [mm/ Δt]	Regenspende [l/(s*ha)]
5	10,9	363
10	16,0	267
15	19,4	216
20	21,9	183
30	25,5	142
45	29,1	108
60	31,7	88
90	34,6	64
120	42,0	58

4.1 Niederschlagswasseranfall für die geplante Bebauung

Das Entwässerungskonzept des Anna-Areals sieht die Niederschlagswasserbeseitigung auf dem Gelände vor, da nicht in den Regenkanal eingeleitet werden darf. Das Wasser soll vorrangig über die Vegetation transpiriert und die Bodenkörper evaporieren werden.

Die Flächenversiegelung und Dachflächen haben einen maßgebenden Einfluss auf das anfallende Niederschlagswasser. Die Abminderung des Niederschlags wird über die abflusswirksamen Flächen (Au) beschrieben. Diese ergeben sich aus den nutzungsabhängigen Oberflächen, für die nach DWA-A 117, ATV-DVWK-M 153 und DIN 1986 die mittleren Abflussbeiwerte gewählt werden.

Die im Gutachten von DHI WASY (Fortschreibung 3) ermittelten abflusswirksamen Flächen beziehen sich auf den Planungsstand vom 16.07.2021. Dies steht jedoch im Widerspruch mit den im Gutachten unter Abbildung 4.2 dargestellten Teilflächen, in denen ein alter Planungsstand dargestellt wird. Aus diesem Grund werden die Flächen anhand des Planungsstands vom 16.07.2021 neu ermittelt (Abbildung 4-1).

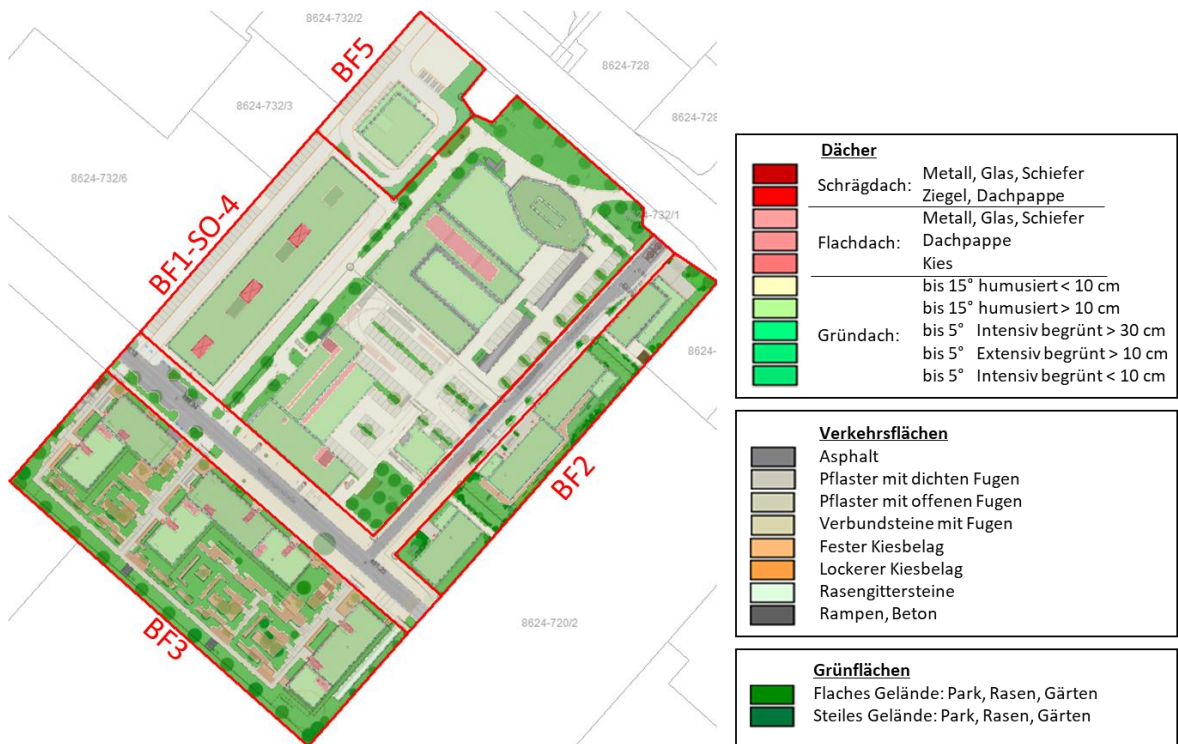


Abbildung 4-1: Geplante Flächennutzung und Baufelder (BF) anhand des Planungsstands vom 16.07.2021.

Die Auswertung der Flächen erfolgt für die Baufelder BF2, BF3, und BF5 in separaten Bilanzräumen. Die Baufelder BF1, BF-SO und BF4 werden aufgrund der zusammenhängenden Tiefgaragenplanung als Baufeld BF1-SO-4 zusammengefasst betrachtet. Der öffentliche Straßenraum der Nibelungenstraße und der Gartenstraße wird ebenfalls separat bilanziert. Die abflusswirksamen Flächen können für die einzelnen Bilanzräume den folgenden Tabellen entnommen werden.



Tabelle 4-2: Effektive Abflussflächen für das Baufeld BF1-SO-4.

Flächennutzung	Abflussbeiwert (Ψ) [-]	Fläche (A) [m ²]	Abflusswirksame Fläche (Au) [m ²]
<i>Dachflächen</i>			
Schrägdach: Metall, Glas, Schiefer	0,95	162	154
Schrägdach: Ziegel, Dachpappe	0,90	0	0
Flachdach: Metall, Glas, Schiefer	0,95	0	0
Flachdach: Ziegel, Dachpappe	0,90	0	0
Flachdach: Kies	0,70	619	433
Gründach: humusiert > 10 cm	0,30	7668	2300
<i>Verkehrsflächen</i>			
Rampen, Beton	1,00	1425	1425
Asphalt	0,90	0	0
Pflaster mit dichten Fugen	0,75	1282	961
Pflaster mit offenen Fugen	0,50	7725	3862
Verbundsteine mit Fugen	0,25	0	0
Fester Kiesbelag	0,60	0	0
Lockerer Kiesbelag, Terrassen	0,30	0	0
Rasengittersteine	0,15	0	0
<i>Grünflächen</i>			
Flaches Gelände: Park, Rasen, Gärten	0,05	3562	178
Summe/Mittel	0,42	22442	9314

Tabelle 4-3: Effektive Abflussflächen für das Baufeld BF2.

Flächennutzung	Abflussbeiwert (Ψ) [-]	Fläche (A) [m ²]	Abflusswirksame Fläche (Au) [m ²]
<i>Dachflächen</i>			
Schrägdach: Metall, Glas, Schiefer	0,95	0	0
Schrägdach: Ziegel, Dachpappe	0,90	0	0
Flachdach: Metall, Glas, Schiefer	0,95	0	0
Flachdach: Ziegel, Dachpappe	0,90	0	0
Flachdach: Kies	0,70	0	0
Gründach: humusiert > 10 cm	0,30	1965	590
<i>Verkehrsflächen</i>			
Rampen, Beton	1,00	317	317
Asphalt	0,90	0	0
Pflaster mit dichten Fugen	0,75	0	0
Pflaster mit offenen Fugen	0,50	585	292
Verbundsteine mit Fugen	0,25	0	0
Fester Kiesbelag	0,60	0	0
Lockerer Kiesbelag, Terrassen	0,30	167	50
Rasengittersteine	0,15	0	0
<i>Grünflächen</i>			
Flaches Gelände: Park, Rasen, Gärten	0,05	1505	75
Summe/Mittel	0,29	4539	1324



Tabelle 4-4: Effektive Abflussflächen für das Baufeld BF3.

Flächennutzung	Abflussbeiwert (Ψ) [-]	Fläche (A) [m²]	Abflusswirksame Fläche (Au) [m²]
<i>Dachflächen</i>			
Schrägdach: Metall, Glas, Schiefer	0,95	0	0
Schrägdach: Ziegel, Dachpappe	0,90	0	0
Flachdach: Metall, Glas, Schiefer	0,95	0	0
Flachdach: Ziegel, Dachpappe	0,90	0	0
Flachdach: Kies	0,70	562	393
Gründach: humusiert > 10 cm	0,30	2225	668
<i>Verkehrsflächen</i>			
Rampen, Beton	1,00	471	471
Asphalt	0,90	0	0
Pflaster mit dichten Fugen	0,75	0	0
Pflaster mit offenen Fugen	0,50	1452	726
Verbundsteine mit Fugen	0,25	0	0
Fester Kiesbelag	0,60	0	0
Lockerer Kiesbelag, Terrassen	0,30	1861	558
Rasengittersteine	0,15	161	24
<i>Grünflächen</i>			
Flaches Gelände: Park, Rasen, Gärten	0,05	4745	237
Summe/Mittel	0,27	11477	3077

Tabelle 4-5: Effektive Abflussflächen für das Baufeld BF5.

Flächennutzung	Abflussbeiwert (Ψ) [-]	Fläche (A) [m²]	Abflusswirksame Fläche (Aeff) [m²]
<i>Dachflächen</i>			
Schrägdach: Metall, Glas, Schiefer	0,95	0	0
Schrägdach: Ziegel, Dachpappe	0,90	0	0
Flachdach: Metall, Glas, Schiefer	0,95	0	0
Flachdach: Ziegel, Dachpappe	0,90	0	0
Flachdach: Kies	0,70	0	0
Gründach: humusiert > 10 cm	0,30	593	178
<i>Verkehrsflächen</i>			
Rampen, Beton	1,00	104	104
Asphalt	0,90	0	0
Pflaster mit dichten Fugen	0,75	975	731
Pflaster mit offenen Fugen	0,50	960	480
Verbundsteine mit Fugen	0,25	0	0
Fester Kiesbelag	0,60	0	0
Lockerer Kiesbelag, Terrassen	0,30	0	0
Rasengittersteine	0,15	0	0
<i>Grünflächen</i>			
Flaches Gelände: Park, Rasen, Gärten	0,05	432	22
Summe/Mittel	0,49	3064	1515

P:\PROJEKT\2021\IP21\2079MO_4860.DD\1\DO\K\O\UT\Abschlussbericht\IP21\2079MO_Abschlussbericht.docx



Tabelle 4-6: Effektive Abflussflächen für die Nibelungenstraße und Gartenstraße.

Flächennutzung	Abflussbeiwert (Ψ) [-]	Fläche (A) [m²]	Abflusswirksame Fläche (Au) [m²]
<i>Dachflächen</i>			
Schrägdach: Metall, Glas, Schiefer	0,95	0	0
Schrägdach: Ziegel, Dachpappe	0,90	0	0
Flachdach: Metall, Glas, Schiefer	0,95	0	0
Flachdach: Ziegel, Dachpappe	0,90	0	0
Flachdach: Kies	0,70	0	0
Gründach: humusiert > 10 cm	0,30	0	0
<i>Verkehrsflächen</i>			
Rampen, Beton	1,00	4	4
Asphalt	0,90	2637	2373
Pflaster mit dichten Fugen	0,75	3112	2334
Pflaster mit offenen Fugen	0,50	0	0
Verbundsteine mit Fugen	0,25	0	0
Fester Kiesbelag	0,60	0	0
Lockerer Kiesbelag, Terrassen	0,30	0	0
Rasengittersteine	0,15	0	0
<i>Grünflächen</i>			
Flaches Gelände: Park, Rasen, Gärten	0,05	373	19
Summe/Mittel	0,77	6125	4730

Insgesamt ergibt sich für das Areal mit einer Gesamtfläche von 47.637 m² eine abflusswirksame Fläche von 15.143 m². Der mittlere Abflussbeiwert für das Gebiet beträgt 0,32. Grundsätzlich ist anzumerken, dass verhältnismäßig wenig Technikflächen auf den Gründächern geplant wurden. Diese sollten im weiteren Planungsprozess präzisiert werden. Da zum Zeitpunkt der durchgeführten Untersuchung noch keine Details zum geplanten Dachaufbau und den verwendeten Materialien für die Verkehrsflächen zu Verfügung standen, wird empfohlen, die Flächenermittlung im weiteren Planungsprozess anzupassen.

Für die gewählten Bemessungsniederschläge ergeben sich bei der geplanten Nutzung die folgenden Einleitvolumen sowie Zuflüsse zu den Versickerungsanlagen, die auf dem Areal versickert werden müssten.

Tabelle 4-7: Zuflüsse zu den Versickerungsanlagen und Volumen für die Bemessungsniederschläge.

Dauerstufe [min]	BF1-SO-4		BF2		BF3		BF5		Straße		Summe	
	Q [m³/s]	Vol [m³]	Q [m³/s]	Vol [m³]	Q [m³/s]	Vol [m³]	Q [m³/s]	Vol [m³]	Q [m³/s]	Vol [m³]	Q [m³/s]	Vol [m³]
5	0,34	102	0,05	14	0,11	34	0,06	17	0,17	52	0,73	218
10	0,25	149	0,04	21	0,08	49	0,04	24	0,13	76	0,53	319
15	0,20	181	0,03	26	0,07	60	0,03	29	0,10	92	0,43	387
20	0,17	204	0,02	29	0,06	67	0,03	33	0,09	104	0,36	437
30	0,13	238	0,02	34	0,04	78	0,02	39	0,07	121	0,28	509
45	0,10	271	0,01	39	0,03	90	0,02	44	0,05	138	0,22	581
60	0,08	295	0,01	42	0,03	98	0,01	48	0,04	150	0,18	633
90	0,06	322	0,01	46	0,02	106	0,01	52	0,03	164	0,13	691
120	0,05	391	0,01	56	0,02	129	0,01	64	0,03	199	0,12	838

4.2 Niederschlagswasserbeseitigung für die geplante Bebauung

Für eine erlaubnisfreie Versickerung nach NWFreiV und TRENGW dürfen an eine Versickerungseinrichtung maximal 1.000 m² befestigte, also abflusswirksame, Flächen angesetzt werden. Aus diesem Grund wird von mehreren dezentralen Versickerungseinrichtungen ausgegangen. Aufgrund der hohen Grundwasserstände kann in dem gesamten Areal nur oberflächennah versickert werden.

Bisher liegt noch keine Planung der Versickerungsanlagen vor. Aus diesem Grund werden für die einzelnen Baufelder die Zuflüsse zu den Versickerungsanlagen und der benötigte Flächenbedarf für Flächenversickerungen oder Muldenversickerungen nach DWA-A 138 ermittelt.

Flächenversickerung

Kommen Flächenversickerungen zum Einsatz, kann als bemessungsrelevante Regendauer 10 min angesetzt werden. Die erforderliche Versickerungsfläche (As) wird nach folgender Gleichung ermittelt:

$$A_s = \frac{A_u}{\frac{k_f \cdot 10^7}{2 \cdot r_{D(n)}} - 1} \quad \text{wenn: } k_f \geq 2 \cdot r_{D(n)} \cdot 10^{-7}$$

Die hydraulische vertikale Durchlässigkeit (kf-Wert) dem Aufgefüllten Bereiche der gesättigten Zone beträgt $k_f = 5 \cdot 10^{-4}$ m/s. Daraus ergibt sich für die einzelnen Baufelder folgender Flächenbedarf:

Tabelle 4-8: Flächenermittlung für eine Flächenversickerung nach DWA-A 138.

Dauerstufe [min]	Flächenversickerung (Wiederkehrintervall 5 a) [m²]					
	BF1-SO-4	BF2	BF3	BF5	Straße	Summe
5	1352	192	447	220	686	2897
10	992	141	328	161	504	2125
15	801	114	265	130	407	1717
20	678	96	224	110	344	1453
30	526	75	174	86	267	1127
45	400	57	132	65	203	857
60	326	46	108	53	166	699
90	237	34	78	39	120	508
120	215	31	71	35	109	462

Der für das Gesamtgebiet benötigte Flächenbedarf von 2.125 m² wird sich in der praktischen Planung nicht umsetzen lassen. Aus diesem Grund werden auch Mulden und Rigo- len für die Versickerung benötigt.

Muldenversickerung

Mit Hilfe der Muldenversickerung kann der Oberflächenabfluss vor Versickerung zwischengespeichert werden, sodass ein deutlich reduzierter Flächenbedarf für die Versickerungsanlage benötigt wird. Das Speichervolumen (V) der Mulden wird nach der folgenden Gleichung ermittelt:

$$V = \left[(A_u + A_s) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} - A_s \cdot \frac{k_f}{2} \right] \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$$

Die Muldenfläche (As) wird in der Berechnung iterativ angepasst. Hierzu wird eine maximal mögliche Einstautiefe von 0,3 m angesetzt. Der Zuschlagsfaktor fz wird nach DWA-A 117 mit 1,2 angenommen.

Tabelle 4-9: Flächenermittlung für eine Muldenversickerung nach DWA-A 138.

Dauerstufe [min]	BF1-SO-4		BF2		BF3		BF5		Straße		Summe	
	V [m³]	As [m²]	V [m³]	As [m²]	V [m³]	As [m²]	V [m³]	As [m²]	V [m³]	As [m²]	V [m³]	As [m²]
5	97	323	14	46	32	107	16	53	49	164	208	693
10	116	388	17	55	38	128	19	63	59	197	250	832
15	119	397	17	56	39	131	19	64	60	201	255	850
20	116	386	16	55	38	128	19	63	59	196	248	828
30	106	352	15	50	35	116	17	57	54	179	226	755
45	91	303	13	43	30	100	15	49	46	154	194	648
60	79	264	11	38	26	87	13	43	40	134	170	566
90	62	206	9	29	20	68	10	33	31	105	132	441
120	58	195	8	28	19	64	10	32	30	99	125	417

Die maßgebende Dauerstufe ergibt sich mit 15 Minuten Regendauer (Tabelle 4-9). Über die Mulden ist bei Vollerfüllung ein Volumen von 255 m³ zurückzuhalten. Die Entleerungszeit der Mulden darf nicht länger als 24 Stunden dauern. Dies wird mit folgender Gleichung erfolgreich nachgewiesen:

$$t_E = 2 \cdot \frac{z_M}{k_f} = 2 \cdot \frac{0,3 \text{ m}}{5 \cdot \frac{10^{-4} \text{ m}}{\text{s}}} = 1200 \text{ s} = 0,33 \text{ Std} < 24 \text{ Std}$$

Die für die Muldenversickerung vorzusehenden Flächen betragen 850 m². Die Lage und Größe der Mulden ist im Rahmen der Freiraumgestaltung zu berücksichtigen.

5 Überflutungsnachweis nach DIN 1986-100

Bei Grundstücken über 800 m² abflusswirksamer Gesamtfläche, wie für das Areal zutreffend, ist gemäß DIN 1986-100 ein Überflutungsnachweis zu führen und damit das Rückhaltevermögen des entsprechenden Grundstückes bezogen auf das 30-jährliche Regenereignis nachzuweisen. Damit wird sichergestellt, dass beim Versagen der vorhandenen Regenrückhaltungen auf den Grundstücken Beeinträchtigungen angrenzender Grundstücke aus Starkniederschlägen ausgeschlossen werden können.

Die maßgebende kürzeste Regendauer wird nach DWA-A 118 ermittelt. Für das Bauareal wird eine mittlere Geländeneigung von $I < 1 \%$ angenommen und ein Befestigungsgrad $> 50 \%$ (konservativer Ansatz). Daraus ergibt sich eine maßgebende kürzeste Regendauer von 10 Minuten.

Nach den KOSTRA-Daten entspräche dies für das Planungsgebiet für ein 10-minütiges, 30-jährliches Regenereignis einer Niederschlagshöhe von 16 mm bzw. einer Regenspende von 267 l/(s*ha).

Die abflusswirksamen Flächen wurden anhand der aktuellen Planung (Abbildung 4-1) ermittelt und gemäß DIN 1986-100 den jeweiligen Spitzenabflussbeiwerten (Cs) zugeordnet. Die Ergebnisse sind in den folgenden Tabellen zusammengefasst.

Tabelle 5-1: Effektive Abflussflächen für das Baufeld BF1-SO-4 mit Spitzenabflussbeiwerten.

Flächennutzung	Spitzenabflussbeiwert (Cs) [-]	Fläche (A) [m ²]	Abflusswirksame Fläche (Au) [m ²]
<i>Dachflächen</i>			
Schrägdach: Metall, Glas, Schiefer	1,00	162	162
Schrägdach: Ziegel, Dachpappe	1,00	0	0
Flachdach: Metall, Glas, Schiefer	1,00	0	0
Flachdach: Ziegel, Dachpappe	1,00	0	0
Flachdach: Kies	0,80	619	495
Gründach: humusiert > 10 cm	0,40	7668	3067
<i>Verkehrsflächen</i>			
Rampen, Beton	1,00	1425	1425
Asphalt	1,00	0	0
Pflaster mit dichten Fugen	0,90	1282	1153
Pflaster mit offenen Fugen	0,70	7725	5407
Verbundsteine mit Fugen	0,40	0	0



Fester Kiesbelag	0,70	0	0
Lockerer Kiesbelag, Terrassen	0,30	0	0
Rasengittersteine	0,30	0	0
<i>Grünflächen</i>			
Flaches Gelände: Park, Rasen, Gärten	0,20	3562	712
Summe (Ages) /Mittel (Cs,M)	0,55	22442	12422
Summe Dächer (ADach)	0,44	8450	3725
Summe Freiflächen (AFaG)	0,62	13992	8698

Tabelle 5-2: Effektive Abflussflächen für das Baufeld BF2 mit Spitzenabflussbeiwerten.

Flächennutzung	Spitzenabflussbeiwert (Cs) [-]	Fläche (A) [m²]	Abflusswirksame Fläche (Au) [m²]
<i>Dachflächen</i>			
Schrägdach: Metall, Glas, Schiefer	1,00	0	0
Schrägdach: Ziegel, Dachpappe	1,00	0	0
Flachdach: Metall, Glas, Schiefer	1,00	0	0
Flachdach: Ziegel, Dachpappe	1,00	0	0
Flachdach: Kies	0,80	0	0
Gründach: humusiert > 10 cm	0,40	1965	786
<i>Verkehrsflächen</i>			
Rampen, Beton	1,00	317	317
Asphalt	1,00	0	0
Pflaster mit dichten Fugen	0,90	0	0
Pflaster mit offenen Fugen	0,70	585	409
Verbundsteine mit Fugen	0,40	0	0
Fester Kiesbelag	0,70	0	0
Lockerer Kiesbelag, Terrassen	0,30	167	50
Rasengittersteine	0,30	0	0
<i>Grünflächen</i>			
Flaches Gelände: Park, Rasen, Gärten	0,20	1505	301
Summe (Ages) /Mittel (Cs,M)	0,41	4539	1864
Summe Dächer (ADach)	0,40	1965	786
Summe Freiflächen (AFaG)	0,42	2574	1078

Tabelle 5-3: Effektive Abflussflächen für das Baufeld BF3 mit Spitzenabflussbeiwerten.

Flächennutzung	Spitzenabflussbeiwert (Cs) [-]	Fläche (A) [m²]	Abflusswirksame Fläche (Au) [m²]
<i>Dachflächen</i>			
Schrägdach: Metall, Glas, Schiefer	1,00	0	0
Schrägdach: Ziegel, Dachpappe	1,00	0	0
Flachdach: Metall, Glas, Schiefer	1,00	0	0
Flachdach: Ziegel, Dachpappe	1,00	0	0
Flachdach: Kies	0,80	562	449
Gründach: humusiert > 10 cm	0,40	2225	890
<i>Verkehrsflächen</i>			
Rampen, Beton	1,00	471	471
Asphalt	1,00	0	0
Pflaster mit dichten Fugen	0,90	0	0
Pflaster mit offenen Fugen	0,70	1452	1016
Verbundsteine mit Fugen	0,40	0	0



Fester Kiesbelag	0,70	0	0
Lockerer Kiesbelag, Terrassen	0,30	1861	558
Rasengittersteine	0,30	161	48
<i>Grünflächen</i>			
Flaches Gelände: Park, Rasen, Gärten	0,20	4745	949
Summe (Ages) /Mittel (Cs,M)	0,38	11477	4382
Summe Dächer (ADach)	0,48	2787	1339
Summe Freiflächen (AFaG)	0,35	8691	3043

Tabelle 5-4: Effektive Abflussflächen für das Baufeld BF5 mit Spitzenabflussbeiwerten.

Flächennutzung	Spitzenabflussbeiwert (Cs) [-]	Fläche (A) [m ²]	Abflusswirksame Fläche (Au) [m ²]
<i>Dachflächen</i>			
Schrägdach: Metall, Glas, Schiefer	1,00	0	0
Schrägdach: Ziegel, Dachpappe	1,00	0	0
Flachdach: Metall, Glas, Schiefer	1,00	0	0
Flachdach: Ziegel, Dachpappe	1,00	0	0
Flachdach: Kies	0,80	0	0
Gründach: humusiert > 10 cm	0,40	593	237
<i>Verkehrsflächen</i>			
Rampen, Beton	1,00	104	104
Asphalt	1,00	0	0
Pflaster mit dichten Fugen	0,90	975	878
Pflaster mit offenen Fugen	0,70	960	672
Verbundsteine mit Fugen	0,40	0	0
Fester Kiesbelag	0,70	0	0
Lockerer Kiesbelag, Terrassen	0,30	0	0
Rasengittersteine	0,30	0	0
<i>Grünflächen</i>			
Flaches Gelände: Park, Rasen, Gärten	0,20	432	86
Summe (Ages) /Mittel (Cs,M)	0,65	3064	1977
Summe Dächer (ADach)	0,40	593	237
Summe Freiflächen (AFaG)	0,70	2471	1740

Tabelle 5-5: Effektive Abflussflächen für die Nibelungenstraße und Gartenstraße mit Spitzenabflussbeiwerten.

Flächennutzung	Spitzenabflussbeiwert (Cs) [-]	Fläche (A) [m ²]	Abflusswirksame Fläche (Au) [m ²]
<i>Dachflächen</i>			
Schrägdach: Metall, Glas, Schiefer	1,00	0	0
Schrägdach: Ziegel, Dachpappe	1,00	0	0
Flachdach: Metall, Glas, Schiefer	1,00	0	0
Flachdach: Ziegel, Dachpappe	1,00	0	0
Flachdach: Kies	0,80	0	0
Gründach: humusiert > 10 cm	0,40	0	0
<i>Verkehrsflächen</i>			
Rampen, Beton	1,00	4	4
Asphalt	1,00	2637	2637
Pflaster mit dichten Fugen	0,90	3112	2800
Pflaster mit offenen Fugen	0,70	0	0
Verbundsteine mit Fugen	0,40	0	0



Fester Kiesbelag	0,70	0	0
Lockerer Kiesbelag, Terrassen	0,30	0	0
Rasengittersteine	0,30	0	0
Grünflächen			
Flaches Gelände: Park, Rasen, Gärten	0,20	373	75
Summe (Ages) /Mittel (Cs,M)	0,90	6125	5516
Summe Dächer (ADach)	-	0	0
Summe Freiflächen (AFaG)	0,90	6125	5516

Für den Überflutungsnachweis wird die folgende Formel der DIN 1986-100 verwendet:

$$V_{Rück} = \left(r_{(D,30)} \cdot A_{ges} - \left(r_{(D,2)} \cdot A_{Dach} \cdot C_{s,Dach} + r_{(D,2)} \cdot A_{FaG} \cdot C_{s,FaG} \right) \right) \cdot \frac{D \cdot 60}{10000 \cdot 1000} \geq 0$$

mit:

$V_{Rück}$: zurückzuhaltende Regenwassermenge in m³

$r_{(D,30)}$: Regenspende T 30 Jahre; D 10 min: 23,3mm entspricht 388 l/(s*ha)

$r_{(D,2)}$: Regenspende T 2 Jahre; D 10 min: 12,2 mm entspricht 203 l/(s*ha)

A_{ges} : gesamte befestigte Fläche des Grundstücks in m² ($A_{ges} = A_{Dach} + A_{FaG}$);

A_{Dach} : gesamte Dachflächen in m²

A_{FaG} : gesamte Fläche außerhalb der Gebäude in m²

C_s : Spitzenabflussbeiwert gem. DIN 1986-100 Tabelle 9

D : Dauerstufe: 10-minütig nach DWA-A 118 Tabelle 4. (Die kürzeste maßgebende Regendauer in Minuten, für die Bemessung der Entwässerung außerhalb der Gebäude nach DWA A 118:2006, Tabelle 4, sonst D=5 min für einen Berechnungsregen, dessen Jährlichkeit einmal in zwei Jahren nicht unterschritten werden darf.)

Aus der Berechnung mit den oben genannten Eingangswerten ergibt sich eine zurückzuhaltende Regenwassermenge von:

Tabelle 5-6: Auf den Baufeldern nach DIN 1986-100 zurückzuhaltenden Regenmengen.

Baufeld	A_{ges} [m ²]	A_{Dach} [m ²]	$C_{s,Dach}$ [-]	A_{fag} [m ²]	$C_{s,fag}$ [-]	$V_{Rück}$ [m ³]
BF1-SO-4	12422	3725	0.44	8698	0.62	335
BF2	1864	786	0.40	1078	0.42	45
BF3	4382	1339	0.48	3043	0.35	107
BF5	1977	237	0.40	1740	0.70	60
Straße	5516	0	0.00	5516	0.90	189
Summe	26161	6087		20074		736

Wegen der geplanten Geländeerhöhung wird es zu einem Oberflächenabfluss in Richtung Münchener Straße kommen. Die Rückhalteräume sollten daher so angelegt werden, dass



ein Wassertransfer von der Gartenstraße auf die Münchener Straße vermieden wird. Als Rückhalteraum stehen die Grünanlagen entlang der Münchener Straße zur Verfügung, die einen großen Anteil des Niederschlagsvolumens zurückhalten. Für Bereiche, die aufgrund ihrer Lagen nicht in die Grünanlage entwässern können, sollte durch weitere Maßnahmen, wie beispielsweise das leichte Absenken der Grünflächen oder Plätze und/oder das Verwenden von Hochborden, das Wasser schadlos auf dem Grundstück zurückgehalten werden.

Aufgrund der geplanten Höherlegung des Areals kann es in den Zugangsbereichen des Areals zu Gefällesituationen kommen, wodurch Wasser vom Grundstück in ins umliegende Gebiet abgegeben wird. Es sollten daher an den Zugangsbereichen Entwässerungseinrichtungen (Schlitzrinnen) an der Grundstücksgrenze geplant werden, so dass abfließendes Wasser aufgenommen und auf dem Grundstück zurückhalten wird.

Grundsätzlich sind Tiefgarageneinfahrten, Kellerschächte oder ähnliches gegen das Eindringen von Wasser zu schützen.

6 Starkregenprävention (Fließpfadanalyse)

Die sogenannten Fließpfade sind die maßgebenden Fließwege, über die Niederschlagswasser bei extremen Starkregen abfließt. Unter extremen Starkregen wird ein katastrophales Ereignis mit einem 100-jährlichen Wiederkehrintervall verstanden. Bei solchen Ereignissen geht es nicht darum, die Siedlungsentwässerung sicherzustellen. Vielmehr soll ein kontrolliertes Ableiten der Sturzfluten unter Minimierung der Schäden ermöglicht werden. Es gilt sicherzustellen, dass das geplante Quartier die urbanen Sturzfluten nicht blockiert oder umlenkt, so dass keine Verschlechterung für andere zu erwarten ist.

Es wurde eine 2-dimensionale Starkregensimulation für einen 100-jährlichen Niederschlag mit einer Regendauer von einer Stunde durchgeführt. Gemäß KOSTRA wird für die Region und ein solches Ereignis eine Niederschlagsmenge von 57,1 mm angegeben. Unter Anwendung der Euler-II-Niederschlagsverteilung wird für das oberirdische Einzugsgebiet die Simulation durchgeführt, um festzustellen, ob durch das geplante Quartier wild abfließendes Wasser negativ beeinflusst wird. Grundlage ist das vorhandene digitale Geländemodell (DGM1).

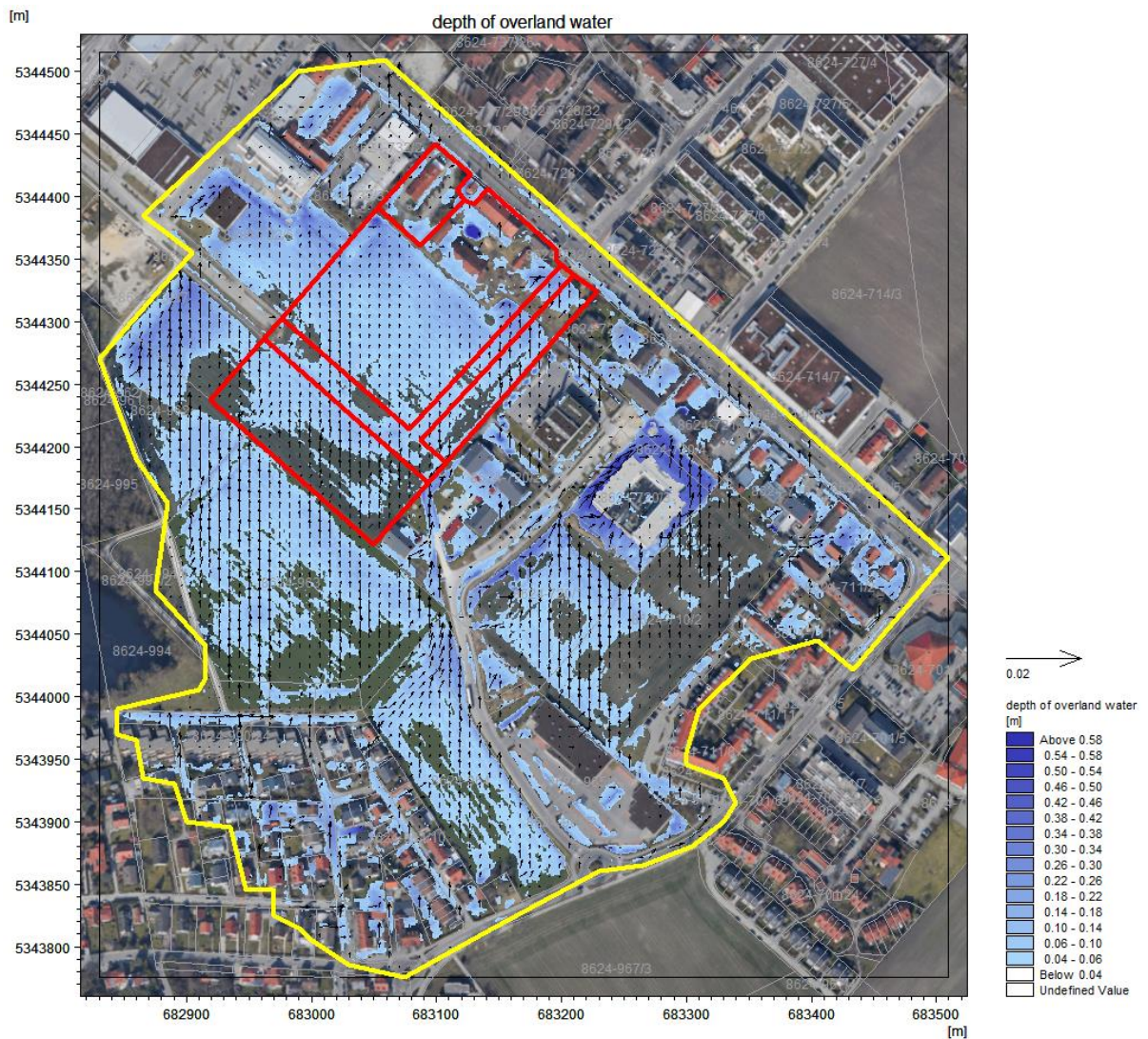


Abbildung 6-1: Maximale Wasserstände und Fließvektoren infolge eines 100-jährlichen Starkniederschlags für den derzeitigen Zustand (ohne Anna-Areal).

Das Ergebnis der 2-dimensionalen Starkregensimulation in Abbildung 6-1 zeigt, dass das Anna-Areal im derzeitigen Zustand Teil einer Senke ist, die bei Starkregen gefüllt wird. Das Areal stellt somit für den gegenwärtigen Zustand einen Retentionsraum für Starkniederschläge dar. Anhand der Fließvektoren sind Fließpfade zu erkennen. Entlang der Nibelungenstraße fließt Wasser dem Areal zu.

Durch die geplante Höherlegung des Areals wird es zu einer Veränderung der Überflutungen kommen. Zum einen geht der Retentionsraum verloren, was zu einer Umverlagerung des Wasserrückhalts in andere Flächen führen wird. Hierdurch wird die Münchener Straße über den neu geplanten Abschnitt der Gartenstraße zusätzlich mit Wasser belastet. Zum anderen wird der Fließpfad an der Nibelungenstraße unterbrochen, so dass es im Bereich vor dem Anna-Areal zu einer Verschlechterung der Hochwassersituation kommen wird.



Es wird empfohlen, eine zusätzliche Starkregensimulation für den Planzustand durchzuführen, um die entstehende Verschlechterung besser quantifizieren zu können. Hierzu ist eine Oberflächenplanung mit den Retentionsräumen im Areal notwendig.

7 Fazit und Empfehlungen

Mit den hier durchgeführten Untersuchungen wurde der Einfluss des geplanten Anna-Areals auf das Grundwasser, die Niederschlagswasserbeseitigung und die Starkregenprävention untersucht.

Grundwasser

Die im Planungstand vom 16.07.2021 geänderten Untergrundverbauungen (Tiefgaragen) haben keinen großen Einfluss auf den Grundwasserstand im finalen Endbauzustand. Derzeit stehen noch keine Informationen zur Baugrube zu Verfügung. Aus diesem Grund wird von einem vollständigen Rückbau der Baugrubenumschließung ausgegangen. Bei Bemessungsgrundwasser kommt es im Endausbauzustand zu einem **Aufstau von 5 cm** und einem **Sunk von 6 cm**. Der **Einfluss aus dem Eichinger Weiher** ist deutlich zu erkennen, weshalb der Anstau besonders auf die westliche Längsseite des Baufeld 3 wirkt.

Nach unseren Erfahrungen kommen bei Bauprojekten dieser Größe überschnittene Bohrpfahlwände oder MIP-Wände zum Einsatz. Diese verbleiben oftmals vollständig oder partiell im Untergrund, so dass sie einen zusätzlichen Einfluss auf den Grundwasserstrom haben können.

Es wird empfohlen, möglichst **zeitnah die Planung der Baugrube einzufordern** und diese bei der Grundwasseraufstaubetrachtung mit einfließen zu lassen. Dies gilt sowohl für den Bau- als auch für den Endausbauzustand.

Die bisher ermittelten Bemessungsgrundwasserstände beziehen sich auf den höchsten jemals gemessenen Grundwasserstand der Region. Dies war 1940. Da sich die Region seit dieser Zeit stark verändert hat, ist die hydrogeologische Situation von 1940 nicht mehr mit der heutigen vergleichbar. Beispielsweise entstand durch Kiesabbau der Karlsfelder See und das Dachauer Moos wurde durch großflächige Torstiche entwässert. Hinzu kommt die Zunahme der Flächenversiegelung. Es wird daher empfohlen, mit extremwertstatistischen Methoden die **Bemessungsgrundwasserstände für Karlsfeld neu herzu-leiten** und diese mit dem zuständigen Wasserwirtschaftsamt abzustimmen. Der Einfluss der Gewässer sollte bei der Berechnung des Bemessungswasserstandes mitberücksichtigt werden. Da hohe Grundwasserstände durch langanhaltende Niederschläge auftreten, empfehlen wir, für die Berechnung des Bemessungswasserstandes ein Hochwasser in der Würm und dem Eichinger Weiher anzusetzen.

Niederschlagswasserbeseitigung

Anhand der geplanten Versiegelung wurden die abflusswirksamen Flächen (15.143 m²) neu ermittelt. Für das Gebiet beträgt der **mittlere Abflussbeiwert 0,32**. Grundsätzlich ist anzumerken, dass verhältnismäßig **wenig Technikflächen auf den Gründächern geplant** wurden.



Für die Bemessungsniederschläge mit einem **Wiederkehrintervall ≤ 5 Jahre** wurden die **Einleitvolumen (D = 10 min: 319 m³)** und **Zuflüsse (D = 10 min: 0,53 m³/s)** zu den Versickerungsanlagen für die einzelnen Baufelder ermittelt. **Aufgrund der Zusammenlegung der Tiefgaragen in Baufeld 1 und Baufeld 4 geht der für die Versickerung wichtige Grünstreifen verloren.** Die im gültigen Bebauungsplan vorgesehenen Versickerungsflächen können nicht mehr genutzt werden, da ein ungestörter Wassertransfer zur Grundwasseroberfläche nicht mehr möglich ist. Bisher liegt noch keine geänderte Planung der Versickerungsanlagen vor. Aus diesem Grund wird der benötigte **Flächenbedarf für Flächenversickerungen (2.125 m²) oder Muldenversickerungen (850 m²)** für die einzelnen Baufelder nach DWA-A 138 ermittelt.

Es wird empfohlen, im weiteren Planungsprozess die Lage der Technikflächen auf den Gründächern zu präzisieren. Die Lage und Art der Versickerung muss aufgrund der geänderten Tiefgaragenplanung neu geplant werden. Hierbei ist auf ausreichende vertikale Abstände zum Grundwasserspiegel (min. 1 m zum MHGW) zu achten und die allgemeinen Planungsgrundsätze nach DWA-A 138 sind zu berücksichtigen.

Starkregenprävention

Für einen 30-jährlichen Niederschlag wurde ein Überflutungsnachweis nach DIN 1986-100 durchgeführt. Auf dem Anna-Areal ist ein **Rückhaltevolumen von 736 m³** vorzuhalten, um Starkregen auf dem Areal zu halten.

Es wird empfohlen, die Rückhalteflächen zusammen mit den Niederschlagswasserbeseitigungsanlagen zu planen und die Topografie der Freiraumplanung so zu gestalten, dass sich entsprechende Rückhalteräume ergeben.

Für einen katastrophalen **100-jährlichen Starkniederschlag wurde eine 2-dimensionale hydraulische Berechnung des gegenwärtigen Zustandes** durchgeführt. Das derzeitige Areal stellt einen Retentionsraum dar, der durch die geplante Geländeerhöhung verloren geht. Es sind **Auswirkungen im Bereich der Nibelungenstraße und der Münchener Straße** zu erwarten. Es wird empfohlen, eine 2-dimensionale hydraulische Berechnung für die geänderte Freiraumplanung (inkl. Retentionsflächen nach DIN 1986-100 und Versickerungsanlagen) des Areals durchzuführen, um die Auswirkungen auf die Überflutungen besser quantifizieren zu können.

München, 25.05.2022

BGD ECOSAX GmbH

i. V. Dr.-Ing. Patrick Keilholz
Niederlassungsleiter München

i. V. Katja Eulitz
Stellv. Fachbereichsleiterin