



# **Bauvorhaben Kaistraße 1 in Düsseldorf**

## **Grundwassermodell**

### **Bericht**

#### **Prognoseberechnungen zu den Auswirkungen des zusätzlichen Sperrbauwerks bei verschiedenen Grundwasserständen**

Codierung: K1-X-4-GWM-XX-GU-T000-F--

## Grundwassermodell Düsseldorf

### **Bauvorhaben Kaistraße 1 - Prognoseberechnungen zu den Auswirkungen des zusätzlichen Sperrbauwerks bei verschiedenen Grundwasserständen**

Im Auftrag von:

Bearbeitung: delta h Ingenieurgesellschaft mbH

Parkweg 67  
58453 Witten

Tel.-Durchwahl: 02302 / 91 406 - 21

Fax: 02302 / 91 406 - 20

E-Mail:

Witten, den 17. Februar 2021

*delta h Ingenieurgesellschaft mbH*

## Inhaltsverzeichnis

---

1	Veranlassung .....	5
2	Vorgehen .....	6
3	Grundwasserentnahmen .....	6
4	Tertiäroberfläche .....	7
5	Modellverfeinerung und 3D-Aufbau .....	9
6	Wasserstand des Rheins bei instationären Prognoseberechnungen .....	11
7	Einfluss des vollsperrenden Bauwerks bei verschiedenen Grundwasserverhältnissen .....	13
	7.1 Einfluss des Sperrbauwerks bei mittleren Grundwasserverhältnissen .....	14
	7.2 Einfluss des Sperrbauwerks bei hohen Grundwasserverhältnissen .....	15
	7.3 Einfluss des Sperrbauwerks bei niedrigen Grundwasserverhältnissen .....	17
8	Einfluss des geplanten Bauwerks mit hydraulischen Fenstern .....	18
9	Einfluss des geplanten Sperrbauwerks während der Bauwasserhaltung .....	20
	9.1 Einfluss der Bauwasserhaltung bei einem mittleren Wasserstand .....	21
	9.2 Einfluss der Bauwasserhaltung bei hohem Wasserstand .....	22
	9.3 Einfluss der Bauwasserhaltung bei niedrigem Wasserstand .....	23
	9.4 Einzugsgebiet der Bauwasserhaltung bei einem mittleren Wasserstand .....	24
10	Ermittlung der grundwasserbürtigen Fördermengen während der Bauwasserhaltung .....	27
11	Zusammenfassung .....	29
12	Literatur- und Quellenangaben .....	30

## Abbildungsverzeichnis

---

Abb. 1:	Lage des geplanten Bauwerks .....	5
Abb. 2:	Tertiäroberfläche im Untersuchungsbereich .....	7
Abb. 3:	Tertiäroberfläche im Nahbereich des Bauvorhabens .....	8
Abb. 4:	FE-Netz im Bereich des geplanten Bauwerks .....	9
Abb. 5:	Vertikalschnitt in Südwest-Nordost-Richtung .....	10

Abb. 6: Ganglinie des Rhein-Pegels von August 2017 bis Dezember 2018 .....	12
Abb. 7: Mittlere Grundwasserverhältnisse .....	14
Abb. 8: Hohe Grundwasserverhältnisse .....	15
Abb. 9: GW-Differenzen bei hohen Grundwasserverhältnissen, Vollsperrbauwerk ....	16
Abb. 10: Niedrige Grundwasserverhältnisse .....	17
Abb. 11: GW- Differenzen bei hohen Grundwasserständen, Teilsperrbauwerk .....	18
Abb. 12: Lage der ausgewerteten Ganglinienknoten.....	19
Abb. 13: Grundwasserströmung im Vertikalschnitt während der Bauwasserhaltung ..	20
Abb. 14: Reichweite der Bauwasserhaltung bei Mittelwasser .....	21
Abb. 15: Reichweite der Bauwasserhaltung bei Hochwasser.....	22
Abb. 16: Reichweite der Bauwasserhaltung bei Niedrigwasser.....	23
Abb. 17: Einzugsgebiete der umliegenden Entnahmebrunnen im Ausgangszustand.	25
Abb. 18: Einzugsgebiet der Bauwasserhaltung.....	26
Abb. 19: Grundwasserbürtige Fördermengen .....	28

## **Tabellenverzeichnis**

---

Tab. 1: Zusammenfassung der relevanten Zeitpunkte der hohen, mittleren und niedrigen Grundwasserstände .....	12
--	----

## 1 Veranlassung

Die [REDACTED] plant in Düsseldorf an der Kaistraße 1 den Neubau eines Büro- und Dienstleistungsgebäudes mit Tiefgarage. Die Gesamtfläche der Baugrube umfasst eine Grundfläche von ca. 3.300 m<sup>2</sup> (Abb. 1). Der tiefste Teil des geplanten Bauwerks (3. UG der Tiefgarage) bindet ca. 14,20 m in den Untergrund und bei heutigen mittleren Grundwasserständen bis zu 4,8 m in den quartären Grundwasserleiter ein.

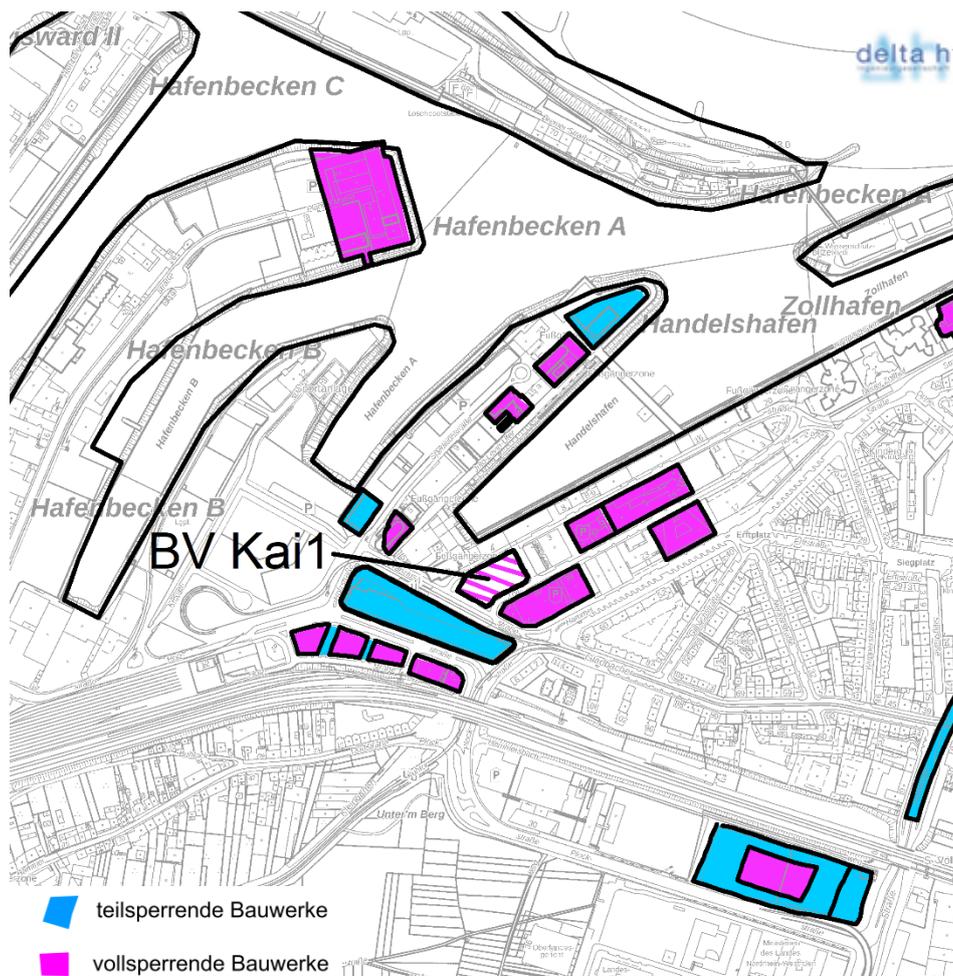


Abb. 1: Lage des geplanten Bauwerks

Da eine entsprechend tiefe bauzeitliche Grundwasserabsenkung sowohl unter technisch/wirtschaftlichen aber auch unter wasserrechtlichen Aspekten ausscheidet, muss das Bauwerk im Schutz einer wasserdichten Baugrubenumschließung errichtet werden. Diese bindet ca. 3,0 m in das anstehende Tertiär ein.

Durch Prognoseberechnungen mit dem im Auftrag der Stadt Düsseldorf entwickelten Grundwassermodell „Düsseldorf“ [1] sollte überprüft werden, ob durch den geplanten Neubau eine signifikante Beeinflussung des Grundwasserregimes aufgrund der Sperrwirkung des Bauwerks erfolgt. Die Berechnungen erfolgten für den Endzustand und die

Bauwasserhaltung unter Berücksichtigung eines hohen, mittleren und niedrigen Grundwasserstands.

## **2 Vorgehen**

Der Ausgangszustand des vorhandenen Modells bildet das Düsseldorfer Stadtgebiet mit sämtlichen vorhandenen, im Bau befindlichen oder bereits genehmigten geplanten teil- und vollsperrenden Bauwerken ab. Dieses Grundwassermodell ist instationär kalibriert, wird jährlich aktualisiert und ist prognosefähig. Mit Genehmigung der Stadt Düsseldorf wurde der zusätzliche Baukörper des geplanten Bauvorhabens entsprechend den Randbedingungen des Auftraggebers (Geometrie, Lage, Einbindetiefe) für die Prognoseberechnungen in das vorhandene Modell integriert und instationäre Berechnungen durchgeführt.

Um die Auswirkungen darstellen zu können, müssen zwei Zustände betrachtet werden. Ein Zustand stellt die Ausgangssituation (Ist-Zustand ohne neues Bauwerk), ein weiterer den Prognosezustand mit sperrender Wirkung des neuen Bauwerks dar. Im Ausgangszustand wurden die bei der Kalibrierung des Modells ermittelten Durchlässigkeiten (Baukörper, Untergrund) angesetzt. Der Prognosezustand berücksichtigt dabei zusätzlich das geplante Bauvorhaben.

Anhand von Differenzenplänen werden Grundwasseraufstau und Grundwasserabsenkung, hervorgerufen durch die Baumaßnahme, dargestellt. Hierbei werden die Differenzen ab 0,1 m berücksichtigt. Es wird die Reichweite der Grundwasserstandsveränderungen dargestellt. Die Berechnungen wurden mit dem Programmsystem SPRING [2] durchgeführt, mit dem auch das Grundwassermodell der Stadt Düsseldorf erstellt wurde.

## **3 Grundwasserentnahmen**

Für die Ermittlung der Auswirkungen des Sperrbauwerkes auf das Grundwasser wurden sowohl für den Ausgangszustand als auch die Prognoseberechnungen die jährlichen Fördermengen der umliegenden Sanierungsbrunnen und privaten Wasserrechte aus 2018 eingepflegt. Im benachbarten Gebäude „FLOAT“ sind seit 2019 drei Entnahmehbrunnen für die geothermische Nutzung in Betrieb. Die Gesamt-Jahresentnahme von ca. 521.000m<sup>3</sup> (aus 2019) wurde gleichmäßig auf die drei Brunnen verteilt.

#### 4 Tertiäroberfläche

Die Tertiäroberfläche im Grundwassermodell Düsseldorf wird anhand aktueller Aufschlüsse des Umweltamtes Düsseldorf jährlich überprüft. Die letzte Datenlieferung von November 2019 ergibt folgende Tertiärhöhen im Untersuchungsbereich (Abb. 2).

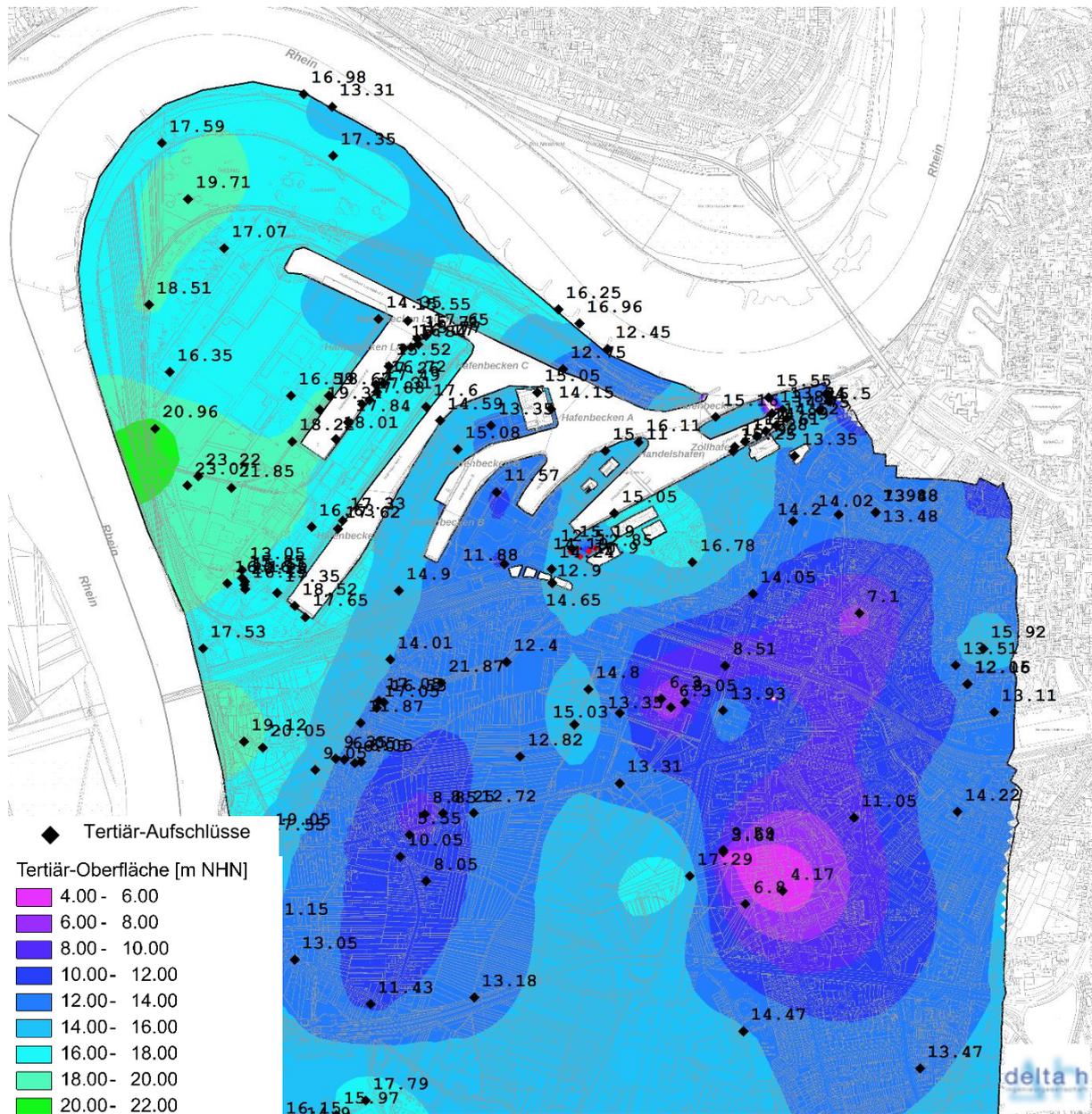


Abb. 2: Tertiäroberfläche im Untersuchungsbereich

Im Bereich des Bauvorhabens lagen zusätzliche Aufschlüsse vor, die in das Modell eingearbeitet wurden (rot) (Abb. 3).

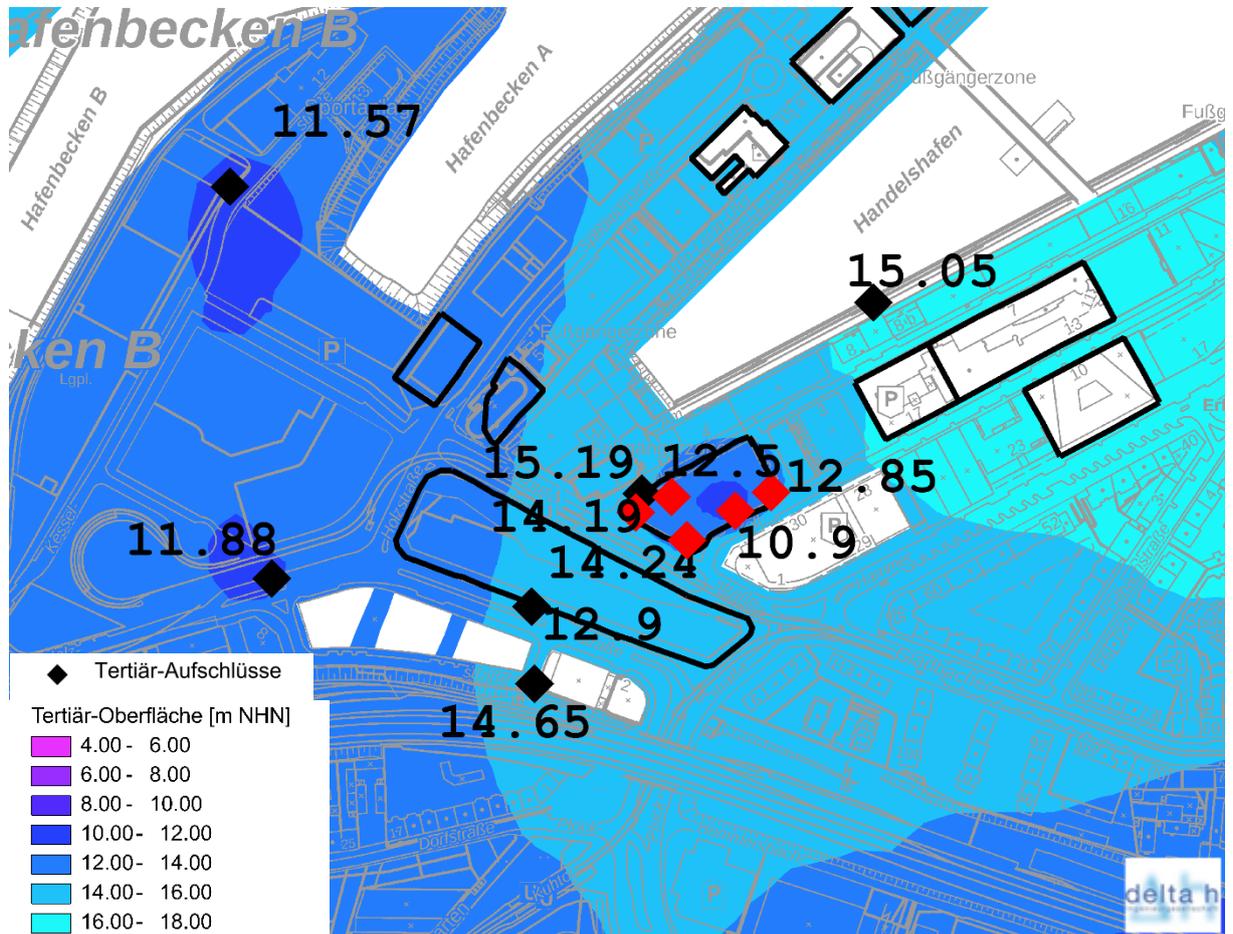


Abb. 3: Tertiäroberfläche im Nahbereich des Bauvorhabens

## 5 Modellverfeinerung und 3D-Aufbau

Das neue Bauwerk wurde gemäß den zur Verfügung gestellten Plänen in das Modellnetz eingearbeitet. Hierzu wurde im Bereich des geplanten Bauwerks das Finite-Elemente-Netz neu generiert, um die Konturen der Baugrubenabdichtung in der Netzgeometrie abzubilden (Abb. 4).

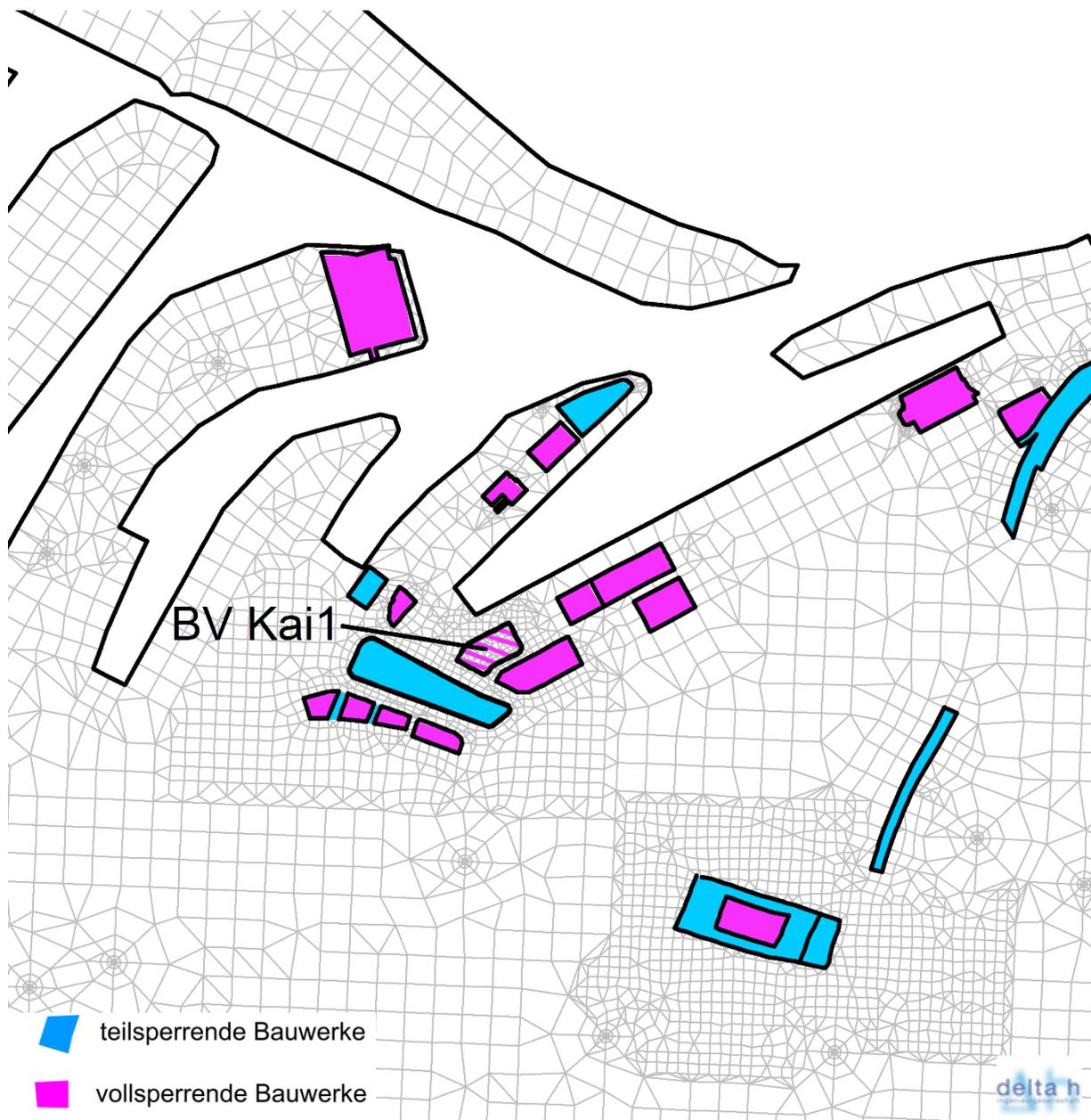


Abb. 4: FE-Netz im Bereich des geplanten Bauwerks

Anschließend wurde die vertikale Diskretisierung des Modells an die Geometrie des Bauvorhabens einschließlich Tiefgarage und Baugrubenumschließung angepasst und die Netz-Attribute wieder zugewiesen.

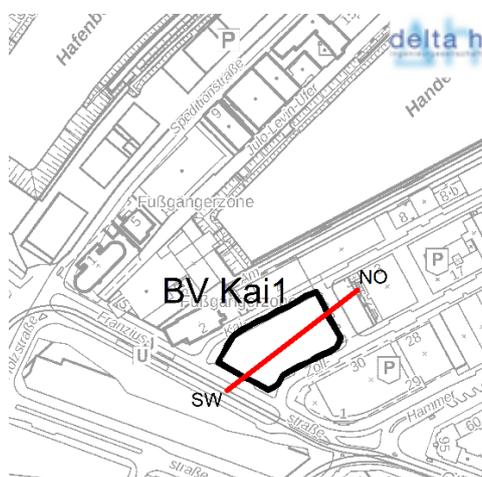
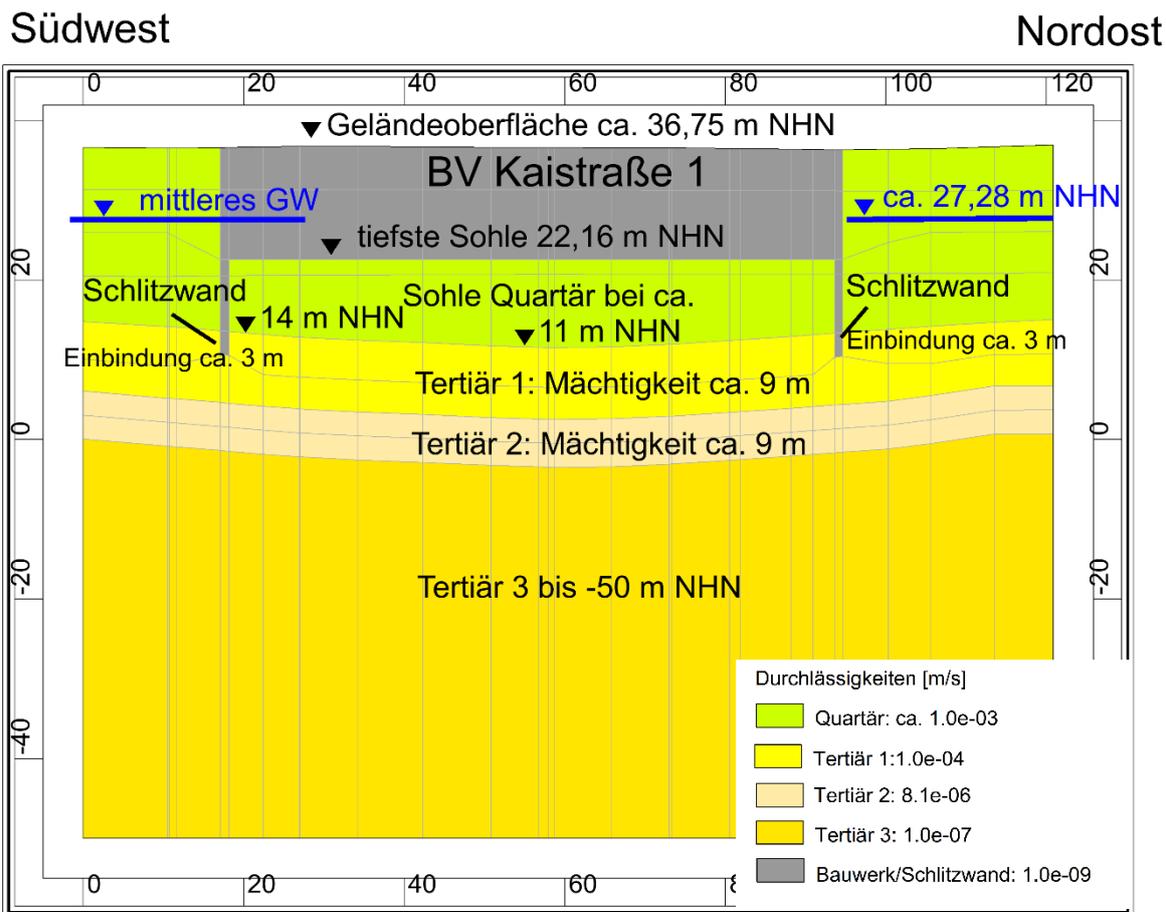


Abb. 5: Vertikalschnitt in Südwest-Nordost-Richtung

Wie der prinzipiellen Darstellung in Abb. 5 entnommen werden kann, wurde bei der Generierung des Modellnetzes entsprechend dem derzeitigen Planungsstand von einer Höhenlage der tiefsten Gründungssohle bei 22,16 m NHN ausgegangen. Die Gründungssohlen der übrigen Gebäudekomplexe liegen ca. 3 m höher. In der Modellierung wurde jedoch die gesamte Baugrubensohle auf die Höhe von 22,16 m NHN gesetzt, wodurch die Ergebnisse der Differenzberechnungen auf der sicheren Seite liegen.

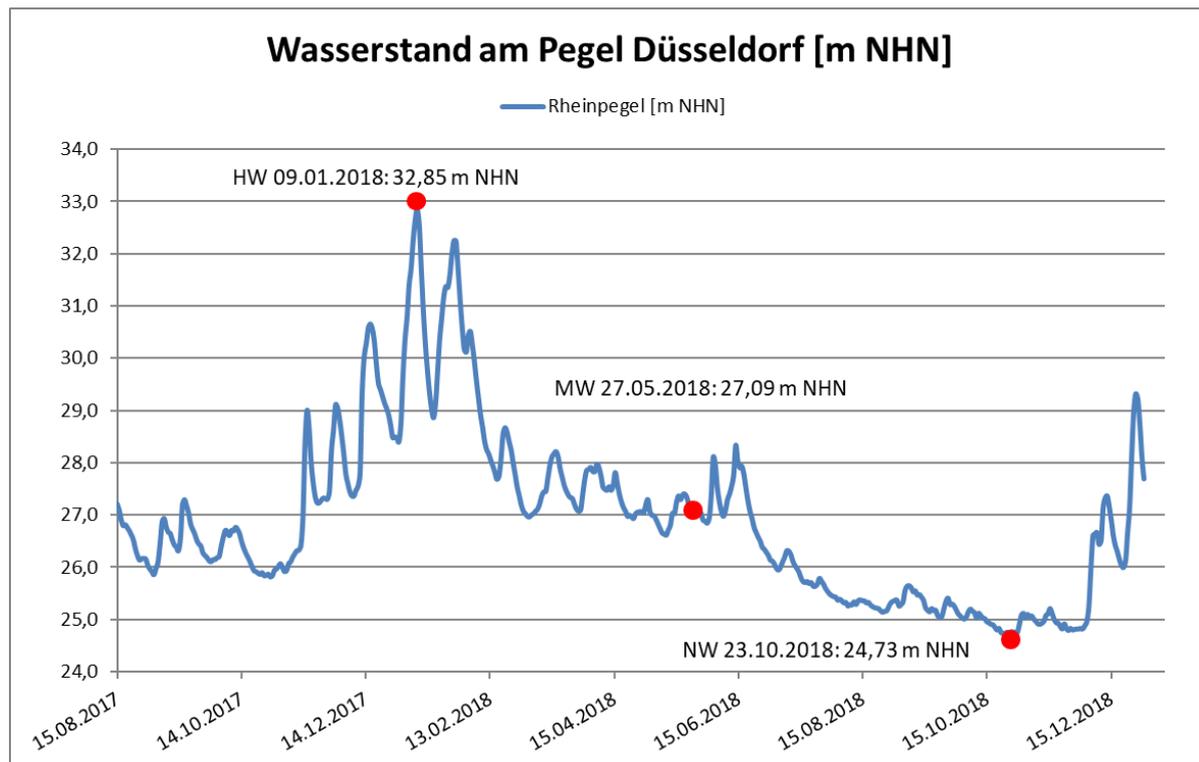
Der mittlere Wasserstand am Rheinpegel Düsseldorf (Rhein-km 744,5) beträgt 27,09 m NHN. Dies entspricht einem mittleren Wasserstand im rheinaufwärts liegenden Düsseldorfer Hafen von 27,28 m NHN.

Die Prognoseberechnungen bilden den Zustand nach Fertigstellung des Bauwerks ab. Hierzu wurden im Modell die Elemente des Baukörpers als dicht angesetzt, die oberhalb der Bodenplatte liegen ( $k$ -Wert  $1 \times 10^{-9} \text{ m/s}$ ). Ebenso wurde die Baugrubenumschließung durchgängig mit einem Durchlässigkeitsbeiwert von  $1 \times 10^{-9} \text{ m/s}$  versehen.

## **6 Wasserstand des Rheins bei instationären Prognoseberechnungen**

Für die instationären Prognoseberechnungen wurde der Zeitraum 2017 bis 2018 angesetzt. Der Rhein bildet den westlichen Modellrand ab und geht mit seinem Jahresgang als Potentialrandbedingung (RB 1. Art) in die Berechnung ein. Durch die Nähe des Bauvorhabens zum Rheinhafen (Abstand ca. 30 m) sind die Rheinwasserstände maßgeblich für die Bestimmung der Hoch-, Mittel- und Niedrigwasserzeitpunkte der Differenzenbildung.

Für die instationären Prognoseberechnungen wurde das Jahr 2018 gewählt, da hier sowohl zu Beginn des Jahres hohe Rheinwasserstände als auch gegen Ende des Jahres niedrige Rheinwasserstände beobachtet wurden. Die Rhein-Ganglinie des Pegels Düsseldorf ist für den Berechnungszeitraum von August 2017 bis Dezember 2018 in Abb. 6 dargestellt.



*Abb. 6: Ganglinie des Rhein-Pegels von August 2017 bis Dezember 2018*

Zum Hochwasser-Zeitpunkt am 9. Januar 2018 lag der Wasserstand am Pegel Düsseldorf (Rhein-km 744,5) bei 32,85 m NHN (Zeitschritt 148). Mittlere Wasserstände am Pegel Düsseldorf (27,09 m NHN) liegen an mehreren Zeitpunkten vor, für die Auswertung wurde der Zeitpunkt 27. Mai 2018 (Zeitschritt 286) gewählt. Zum Niedrigwasser-Zeitpunkt am 23. Oktober 2018 (Zeitschritt 435) lag der Wasserstand am Pegel Düsseldorf bei 24,73 m NHN.

Die Berechnung startet Mitte August 2017, da zu diesem Zeitpunkt ein mittlerer Grundwasserstand am Rhein-Pegel vorlag. Zudem ist durch diesen Startzeitpunkt sichergestellt, dass mögliche Speichereffekte bis zur Auswertung des Hochwasserzeitpunktes im Januar hinreichend genau berücksichtigt werden.

*Tab. 1: Zusammenfassung der relevanten Zeitpunkte der hohen, mittleren und niedrigen Grundwasserstände*

	<b>Zeitpunkt HW</b>	<b>Zeitpunkt MW</b>	<b>Zeitpunkt NW</b>
Rhein-Pegel	9. Januar 2018	27. Mai 2018	23. Oktober 2018

Die relevanten Zeitpunkte (Tab. 1) werden für die Ermittlung der Grundwasserstandsdifferenzen jeweils für den Ausgangszustand und den Prognosezustand ausgewertet.

## **7 Einfluss des vollsperrenden Bauwerks bei verschiedenen Grundwasserverhältnissen**

In der ersten Stufe der vorliegenden Untersuchung wurde das geplante Bauwerk Kaistraße 1 zunächst als vollsperrendes Bauwerk angesetzt. Die Umschließung der Baugrube durch die ca. 3 m ins Tertiär einbindende Schlitzwand verhindert weitgehend eine Unterströmung des Bauwerks, wodurch sich ein Grundwasseraufstau im Anstrom bzw. eine Grundwasserabsenkung im Abstrom ausbilden kann.

Die Auswirkungen des geplanten Sperrbauwerks auf den Grundwasserstand ergeben sich aus der Differenz der Wasserstände, welche sowohl für den Ausgangszustand als auch für den Prognosezustand ermittelt wurden.

Das geplante Bauvorhaben liegt sehr nah am Hafen und ist umgeben von mehreren Vollsperrbauwerken im Nordosten und Osten sowie einem Teilsperrbauwerk mit hydraulischen Fenstern im Süden.

## 7.1 Einfluss des Sperrbauwerks bei mittleren Grundwasserverhältnissen

Die großräumige Strömungsrichtung bei Mittelwasser ist auf den Rhein ausgerichtet.

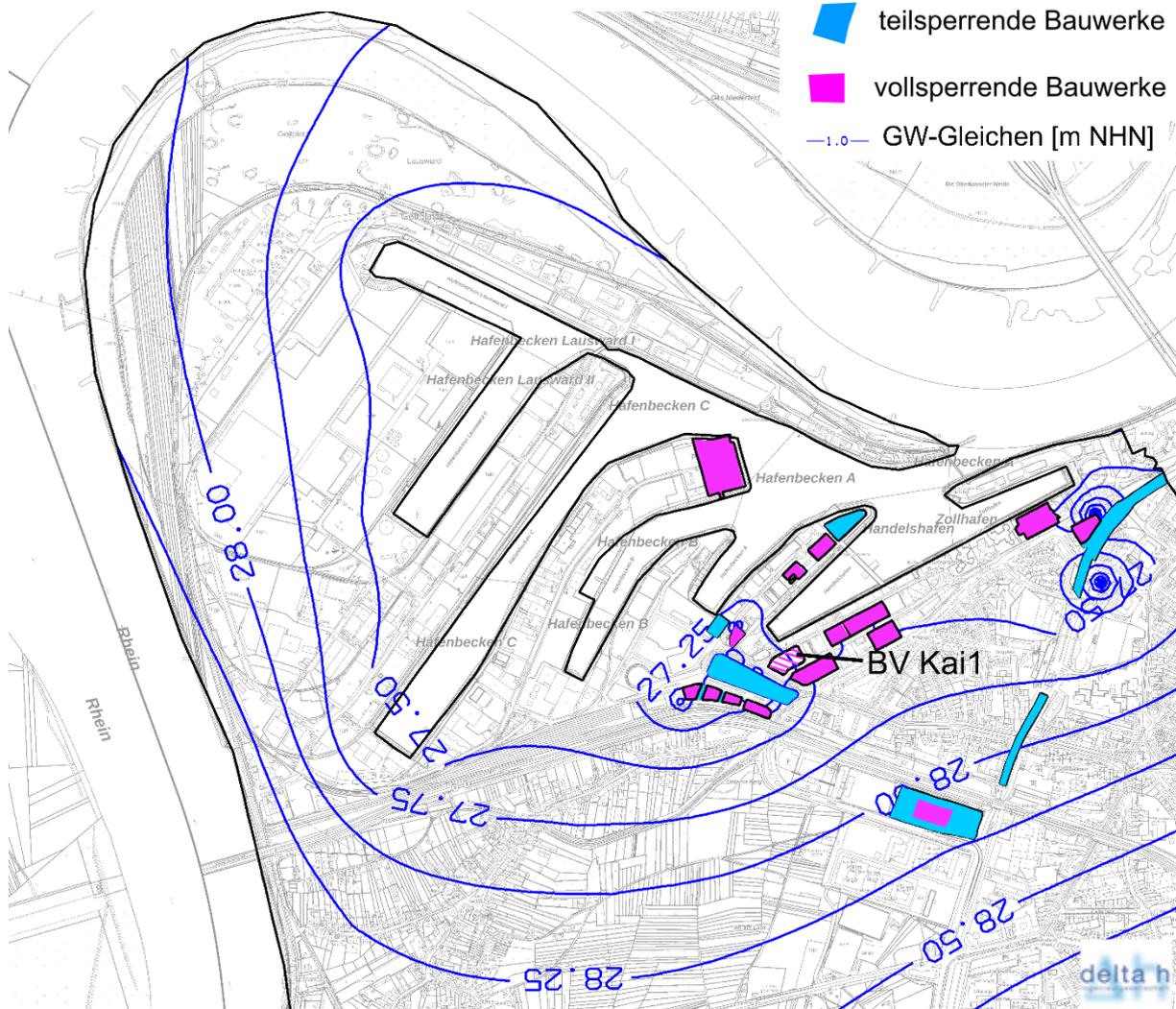


Abb. 7: Mittlere Grundwasserverhältnisse

Die rechnerisch ermittelten Änderungen der Grundwasserstände sind – verglichen mit dem Ausgangszustand – bei Mittelwasser gering. Die Änderungen im Anstrombereich (Aufstau) und Abstrombereich (Absenkung) liegen in einer Größenordnung von  $< 0,10$  m und werden nicht mehr dargestellt.

## 7.2 Einfluss des Sperrbauwerks bei hohen Grundwasserverhältnissen

Bei einem hohen Wasserstand des Rheins strömt das Grundwasser vom Rhein in Richtung Untersuchungsgebiet (Abb. 8).

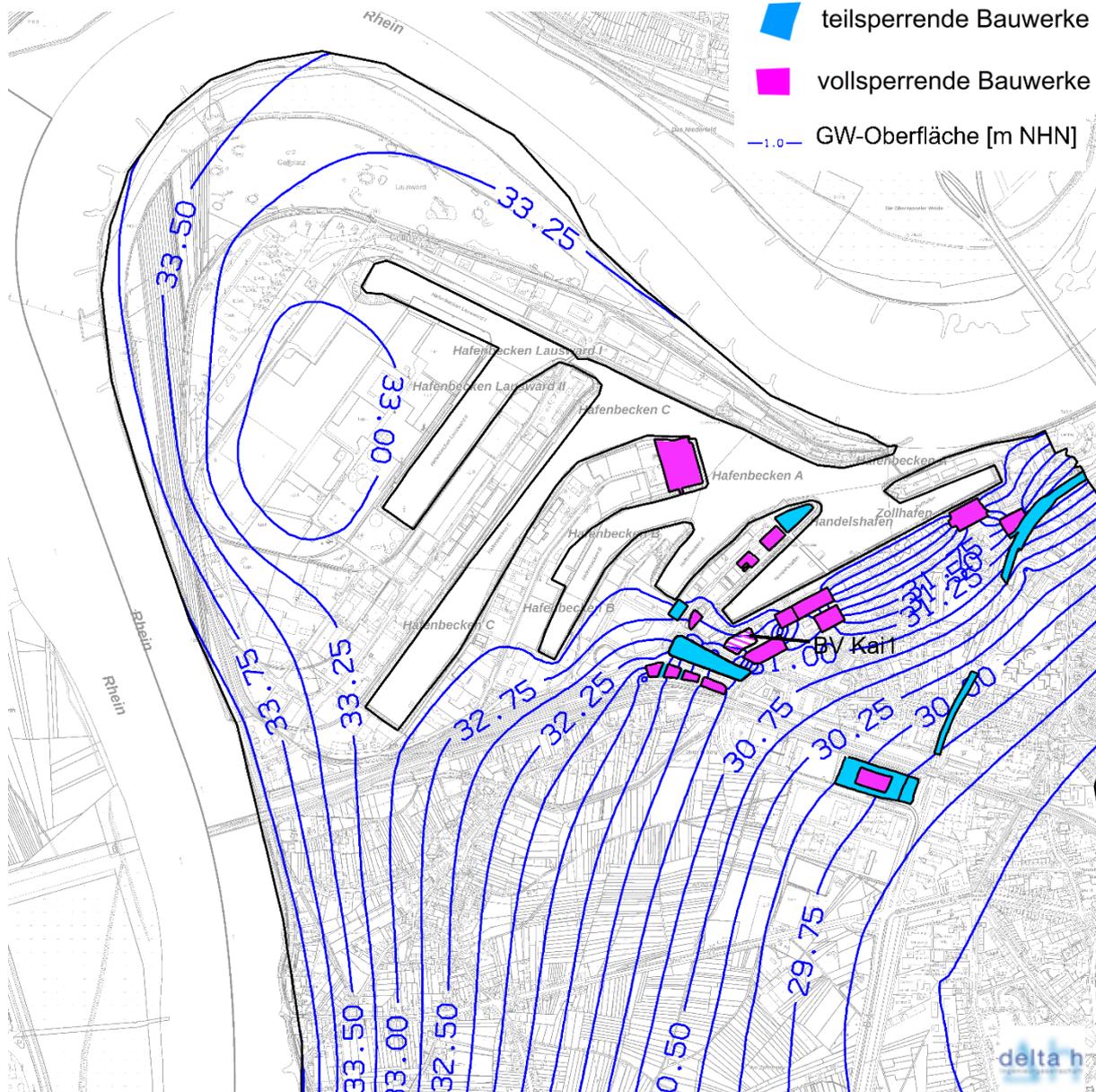


Abb. 8: Hohe Grundwasserverhältnisse

Die rechnerisch ermittelten Änderungen der Grundwasserstände, die sich durch den Einbau des neuen Sperrbauwerks ergeben, liegen im Anstrombereich (Aufstau) zwischen 0,1 und 0,25 m und im Abstrombereich (Absenkung) in einer Größenordnung von 0,1 m bis < 0,75 m (Abb. 9). Absenkungen zwischen 0,50 und 0,75 m liegen im Nahbereich an der Südostecke des Bauvorhabens vor.

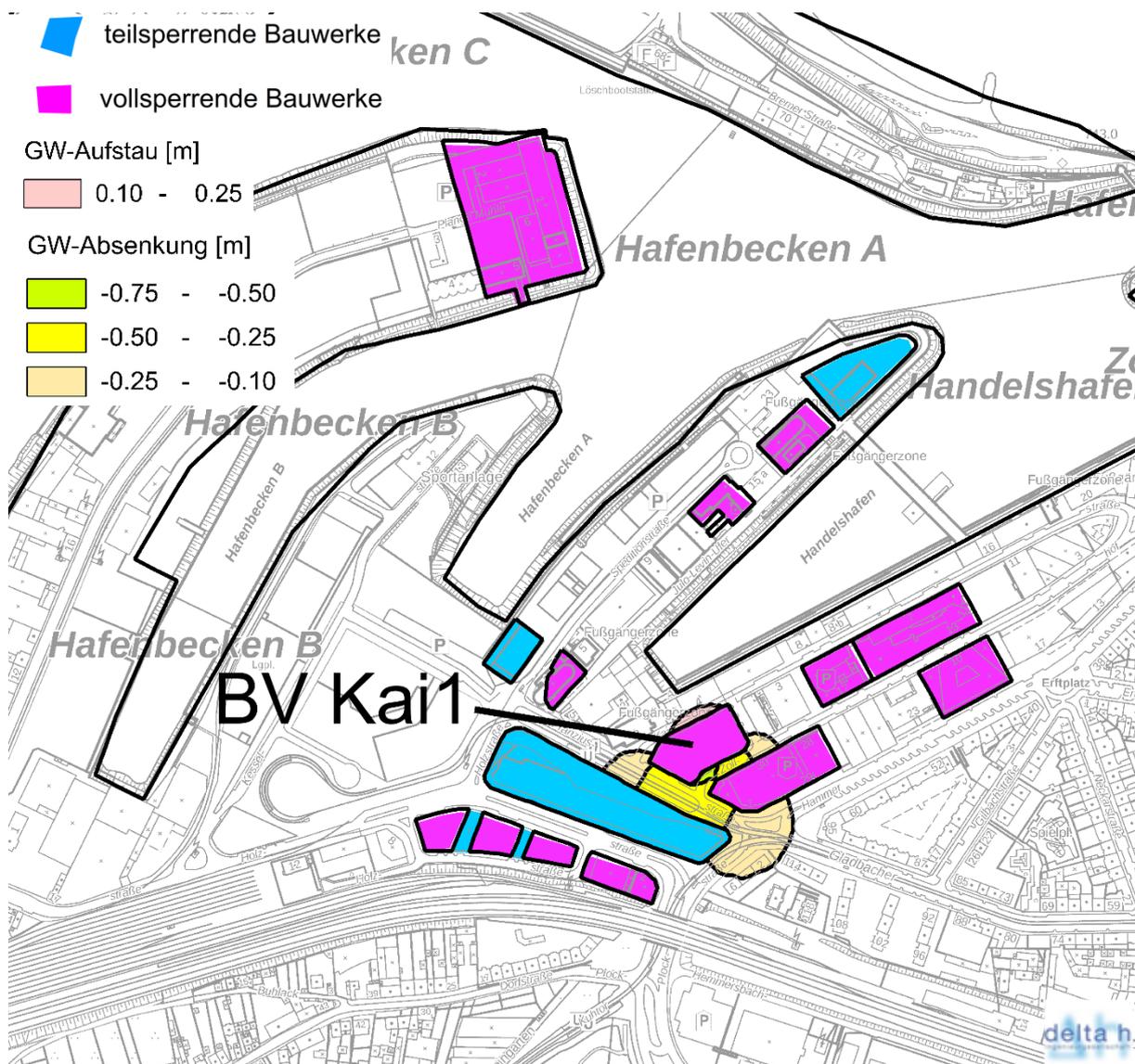


Abb. 9: GW-Differenzen bei hohen Grundwasserverhältnissen, Vollsperrbauwerk

Die Absenkung bis 0,10 m hat nach Südosten eine Reichweite von ca. 100 m, gemessen von der südöstlichen Bauwerksecke. Der Aufstau an der Nordwestseite des Bauwerks hat eine Reichweite von weniger als 10 m.

Durch die Umkehr der Strömungsrichtung bei hohen Rhein-Wasserständen ist das Bauvorhaben Kaistraße 1 den bereits vorhandenen (Teil-)Sperrbauwerken im Anstrom vorgelegt und verursacht dadurch einen geringen zusätzlichen Aufstau. Durch seine sperrende Wirkung verhindert es jedoch auf der Abstromseite einen Austausch des einströmenden Rheinwassers mit dem Grundwasser in Richtung Stadtmitte.

### 7.3 Einfluss des Sperrbauwerks bei niedrigen Grundwasserverhältnissen

Bei niedrigen Grundwasserverhältnissen ist die großräumige Strömungsrichtung auf den Rhein ausgerichtet (Abb. 10).

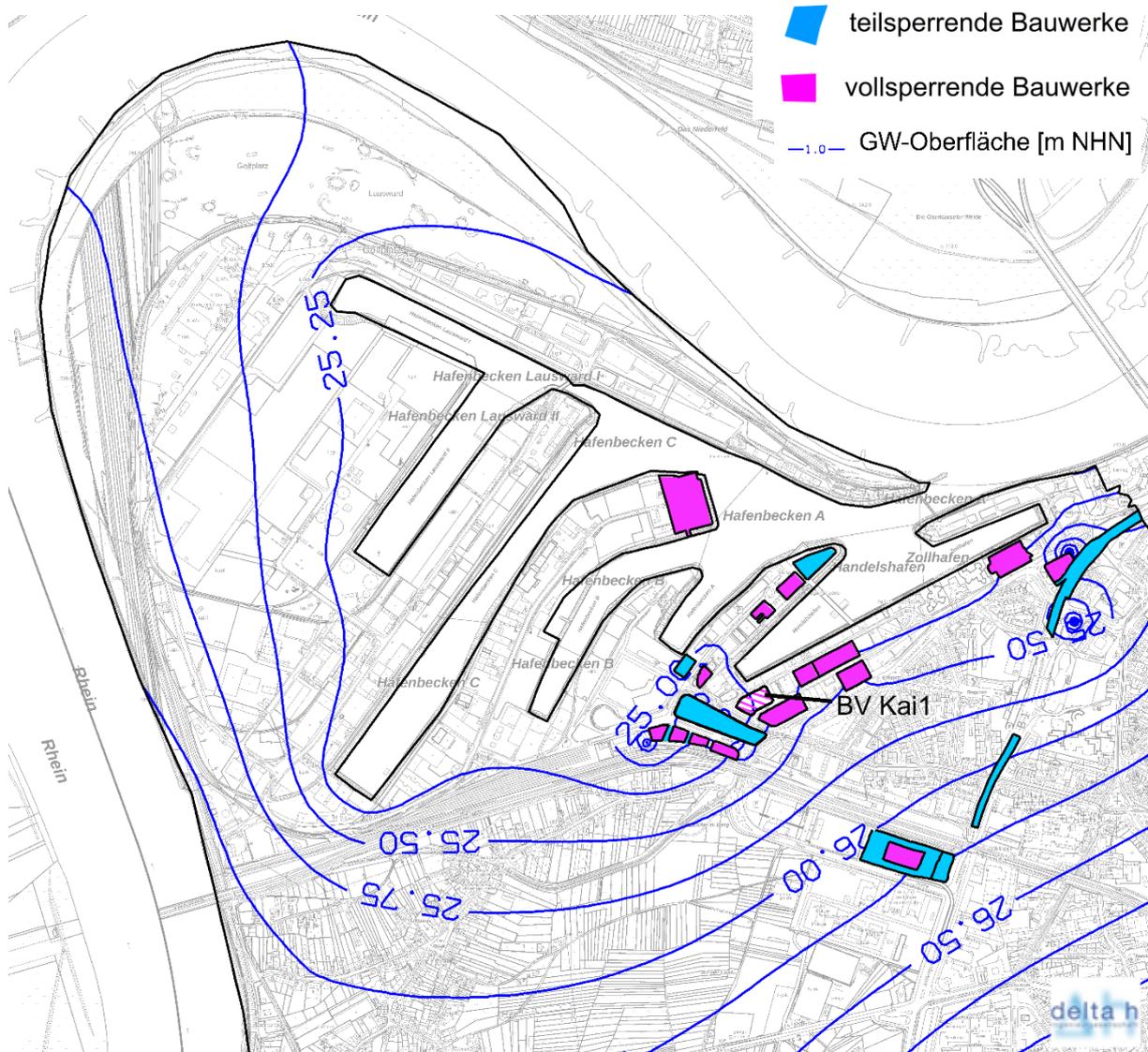


Abb. 10: Niedrige Grundwasserverhältnisse

Die rechnerisch ermittelten Änderungen der Grundwasserstände sind – verglichen mit dem Ausgangszustand – bei Niedrigwasser ebenfalls gering. Die Änderungen im Anstrombereich (Aufstau) und Abstrombereich (Absenkung) liegen in einer Größenordnung von  $< 0,10$  m und werden nicht mehr dargestellt.

Da das geplante Bauvorhaben Kaistraße 1 bei mittleren und niedrigen Grundwasserverhältnissen auf der Abstromseite der bereits vorhandenen Sperrbauwerke liegt, verursacht es in diesen Strömungssituationen keine relevanten Grundwasserstandsveränderungen.

## 8 Einfluss des geplanten Bauwerks mit hydraulischen Fenstern

Die Tertiärschlitzwand erhält auf der An- und Abstromseite jeweils ein hydraulisches Fenster mit Abmessungen von Breite x Höhe von ca. 3 x 4,5 m, wodurch eine Unterströmung gewährleistet ist und das Bauwerk nur noch eine teilsperrende Wirkung hat.

Aufgrund der geringfügigen Auswirkungen des vollsperrenden Bauwerks bei mittleren und niedrigen Grundwasserständen wird der Einfluss des Bauwerks mit hydraulischen Fenstern nur bei hohen Grundwasserständen untersucht.

Bei der Differenzenbildung zum Ausgangszustand verringert sich die Reichweite der Absenkung nach Osten um ca. 15 m. Der Bereich mit einer Absenkung zwischen 0,25 und 0,5 m verringert sich im Osten ebenfalls um ca. 10 m. Durch die Unterströmung des Bauwerks entfällt der Bereich mit Absenkungen > 0,50 m. Der Aufstau auf der Anstromseite wird durch den Einbau der hydraulischen Fenster aufgehoben (vgl. Abb. 11).

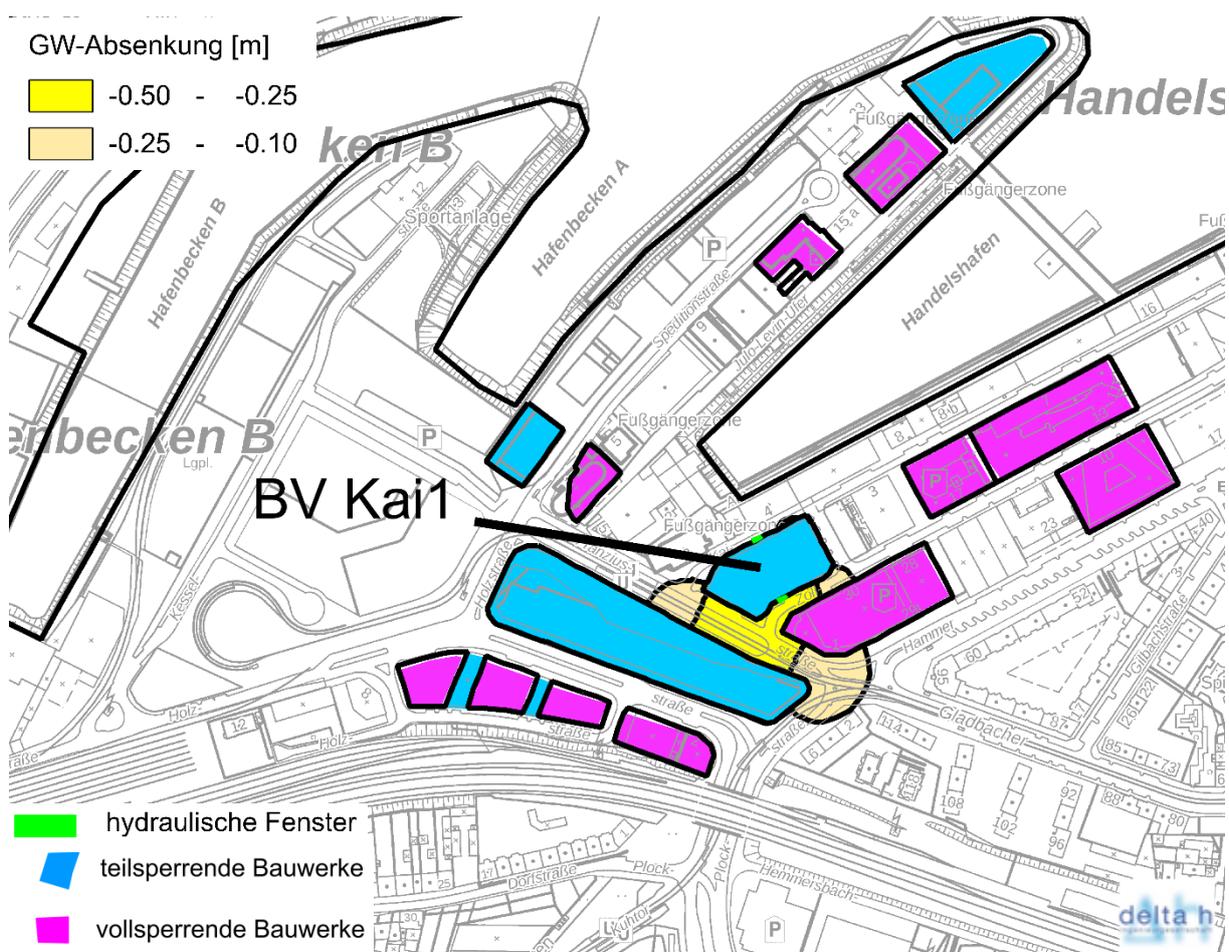


Abb. 11: GW- Differenzen bei hohen Grundwasserständen, Teilsperrbauwerk

Die Lage der eingezeichneten Fenster kann variieren, sie sollten jedoch im Bereich des Aufstaus auf der Anstromseite und im Bereich der größten Absenkung auf der Abstromseite liegen (vgl. Abb. 9).

Um abschätzen zu können, in welchem prozentualen Zeitanteil der Rhein ins Landesinnere strömt, sodass dieses Aufstau-/Absenkungsszenario überhaupt eintreten kann, wurde anhand der (Grund)-Wasserstandsganglinien an zwei Modellknoten ausgewertet (Abb. 12), wie oft der Rhein-Wasserstand im Hafen höher ist als der Grundwasserstand im Hinterland. Die Auswertung erfolgte für den unbeeinflussten Zustand ohne Sperrbauwerk Kaistraße 1.

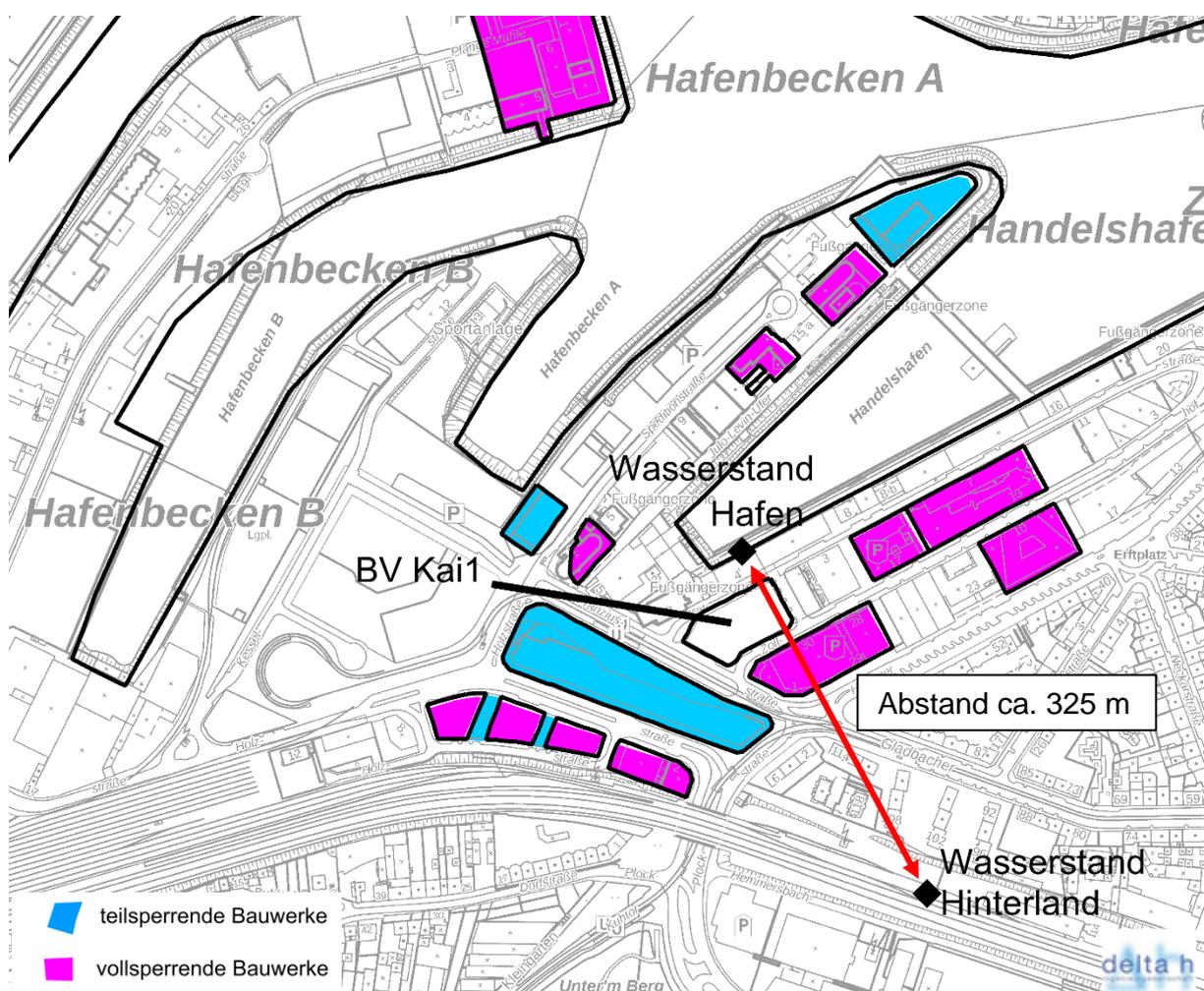


Abb. 12: Lage der ausgewerteten Ganglinienknoten

Bei der langjährigen Berechnung des Grundwassermodells Düsseldorf vom 01.11.2000 bis 31.12.2018 (6635 Tage) trat dieser Zustand an 1476 Tagen auf, das entspricht 22%. Demgegenüber stehen ca. 78% der Tage, an denen das Grundwasser zum Rhein strömt und somit der Aufstau und die Absenkung unter 0,10 m liegen. Der Anteil an Tagen, an

denen der Rhein in diesem Zeitraum einen Wasserstand über 31,0 m NHN (Definition mittleres Rheinhochwasser MHW bei ca.31,35 m NHN) erreichte, liegt bei etwa 2%.

## 9 Einfluss des geplanten Sperrbauwerks während der Bauwasserhaltung

Für den Bauzustand des Gebäudekomplexes sollten die Auswirkungen der Bauwasserhaltung bei verschiedenen Rheinwasserständen ermittelt sowie die maximale grundwasserbürtige Fördermenge bestimmt werden (Kap. 10).

Für die Untersuchung der tertiären Bauwasserhaltung wurde der Wasserstand innerhalb der Baugrube durch den Ansatz des Absenkziels in Höhe von 21,66 m NHN festgehalten. Dies entspricht einer Absenkung von 0,50 m unter die tiefste Stelle der Gründungssohle (22,16 m NHN). Abb. 13 zeigt die Grundwasserströmung im Vertikalschnitt, wie sie sich bei mittleren Grundwasserverhältnissen während der Bauwasserhaltung im Nahbereich der Baugrube einstellen würde.

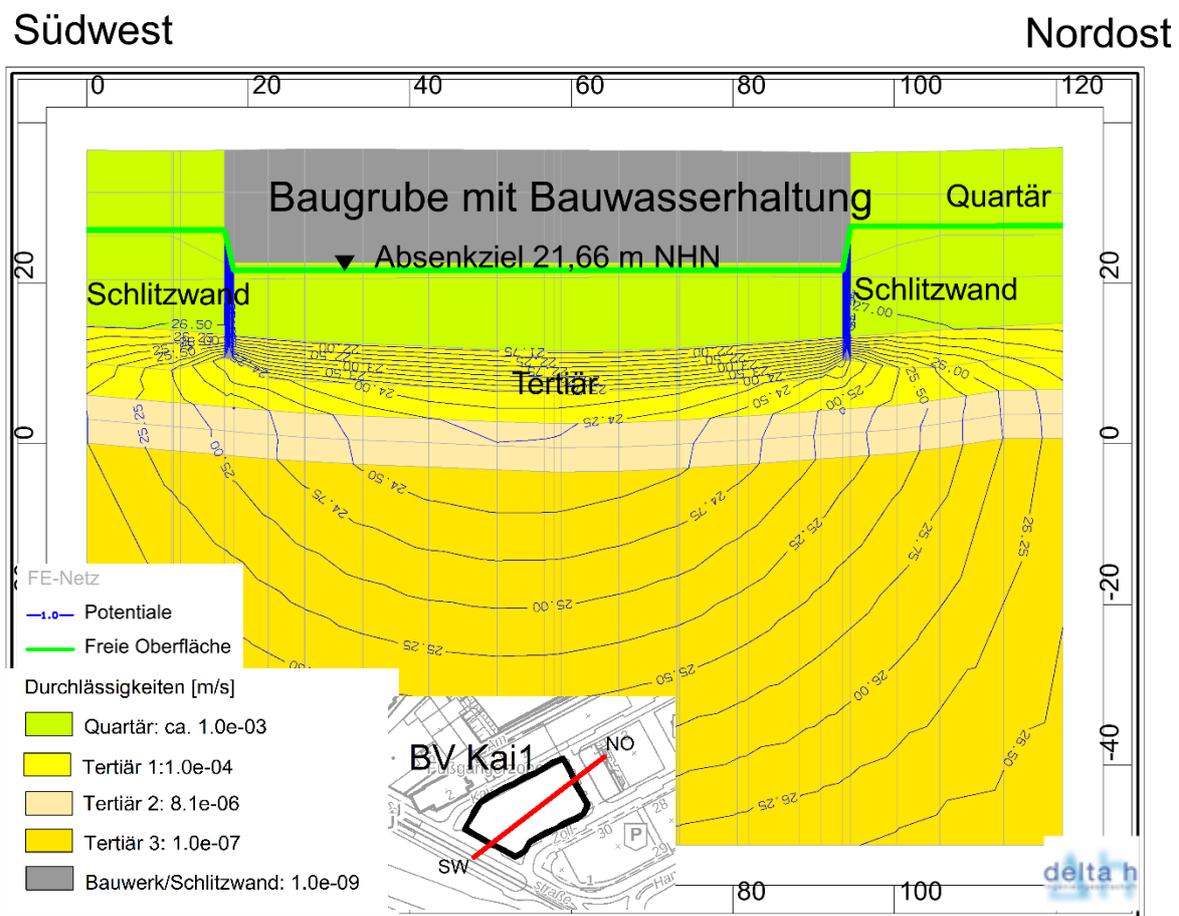


Abb. 13: Grundwasserströmung im Vertikalschnitt während der Bauwasserhaltung

Die Auswertung der Grundwasserstandsunterschiede erfolgte für einen mittleren, hohen und niedrigen Grundwasserstand.

Die Darstellung des Einzugsbereichs der Bauwasserhaltung geschieht mit Hilfe einer Schlierendarstellung (Fließweg-Bild) zum Zeitpunkt eines mittleren Wasserstands.

### 9.1 Einfluss der Bauwasserhaltung bei einem mittleren Wasserstand

Um die Reichweite der Bauwasserhaltung aufzuzeigen, wurde ein Differenzenplot zwischen dem Grundwasserstand des Ausgangszustands und des Prognosezustands für den Mittelwasserzeitpunkt erstellt (Abb. 14).

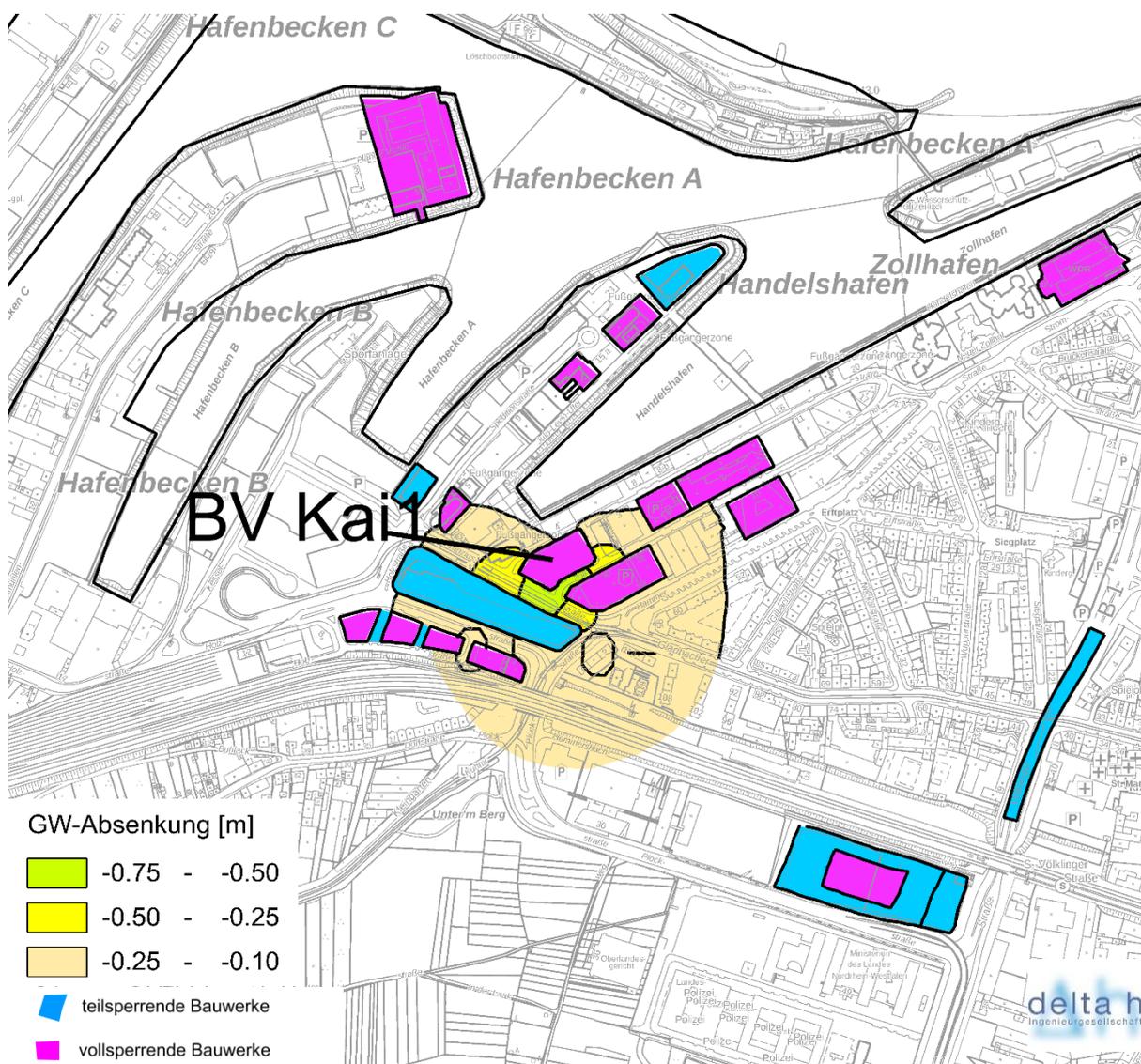


Abb. 14: Reichweite der Bauwasserhaltung bei Mittelwasser

Durch die Bauwasserhaltung stellt sich bei dem zugrunde gelegten Mittelwasser eine maximale Absenkung von bis zu 0,75 m im Nahbereich der Baugrube ein.

Die Reichweite der rechnerisch ermittelten Absenkung bis 0,10 m beträgt ca. 225 m nach Süden bzw. Südosten hin.

## 9.2 Einfluss der Bauwasserhaltung bei hohem Wasserstand

Bei einem hohen Wasserstand des Rheins strömt das Grundwasser vom Rhein in Richtung Untersuchungsgebiet.

Um die Reichweite der Bauwasserhaltung aufzuzeigen, wurde ein Differenzenplot zwischen dem Grundwasserstand des Ausgangszustands und des Prognosezustands für den Hochwasserwasserzeitpunkt erstellt (Abb. 15).

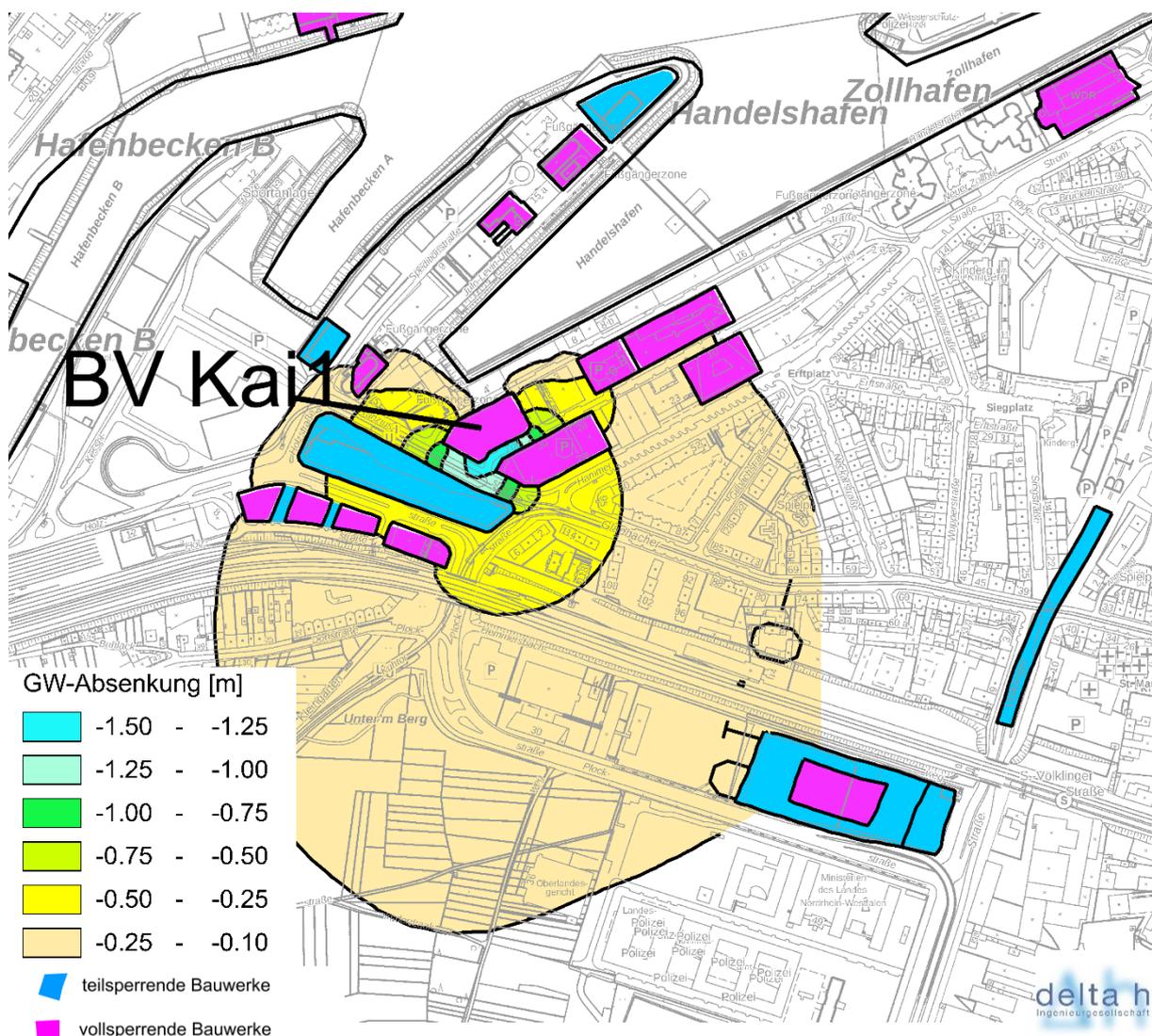


Abb. 15: Reichweite der Bauwasserhaltung bei Hochwasser



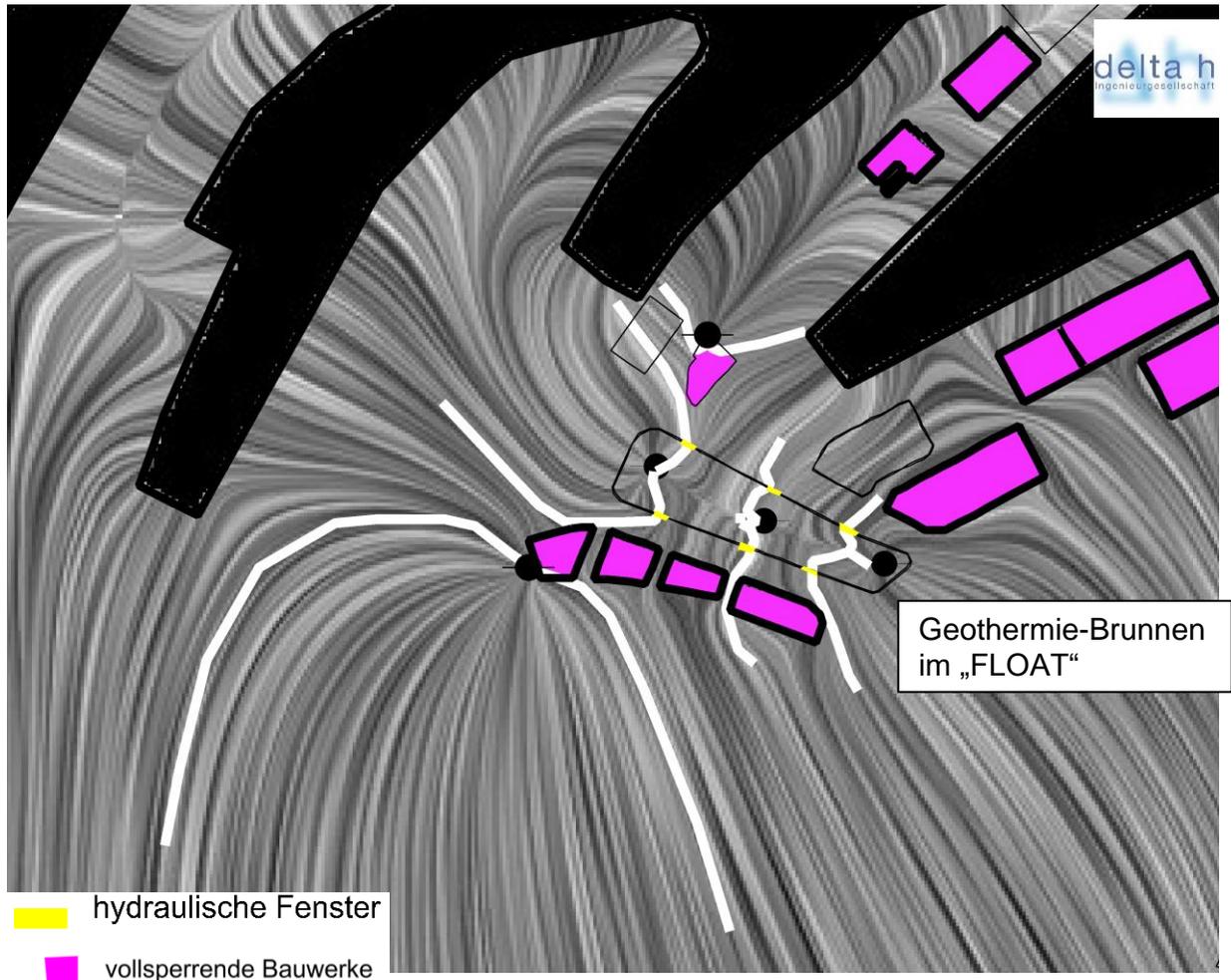
Die äußerste Reichweite der rechnerisch ermittelten Absenkung bis 0,10 m beträgt ca. 135 m nach Südosten und Südwesten hin.

#### **9.4 Einzugsgebiet der Bauwasserhaltung bei einem mittleren Wasserstand**

Die Bauwasserhaltung ist ein temporärer Zustand, der im hier betrachteten Bauvorhaben etwa 11 bis 12 Monate in Anspruch nehmen wird. Aufgrund der sich ändernden Fließrichtung bei Hochwasser ist der Hochwasserfall für die Betrachtung des Einzugsgebiets nicht maßgebend.

Nach einer Strömungsberechnung kann auf Basis der berechneten Geschwindigkeiten ein Schlieren-Bild (Fließweg-Bild) zur Darstellung der Grundwasserströmung erstellt werden. Insbesondere die Einzugsbereiche von Entnahmestellen lassen sich so visualisieren.

Durch einen Vergleich der Einzugsbereiche der umliegenden Entnahmebrunnen ohne und mit Bauwasserhaltung lässt sich ableiten, inwieweit benachbarte Grundwasserentnahmen während der Bauwasserhaltung des Bauvorhabens Kaistraße 1 beeinflusst werden. Abb. 17 zeigt zunächst die Einzugsbereiche der naheliegenden Wasserrechtsbrunnen im Ausgangszustand. Die teilsperrenden Bauwerke wurden ausgeblendet, um die Durch- bzw. Unterströmung darzustellen.



*Abb. 17: Einzugsgebiete der umliegenden Entnahmebrunnen im Ausgangszustand*

Die weißen Linien kennzeichnen die Einzugsbereiche der Entnahmebrunnen. Eine Besonderheit sind die Geothermie-Brunnen im FLOAT-Gebäude. Sie fördern unterhalb des Gebäudes und ziehen daher vor allem durch die hydraulischen Fenster das Grundwasser aus den quartären Schichten an. Aufgrund der generellen Grundwasseranstromrichtung von Süden her ist zu vermuten, dass der anteilig größte Wasserzustrom zu den Geothermie-Brunnen durch die südlichen Fenster erfolgt.

Der Einzugsbereich der Bauwasserhaltung in Kombination mit den umliegenden Entnahmebrunnen zum Zeitpunkt eines mittleren Wasserstandes ist in Abb. 18 dargestellt.

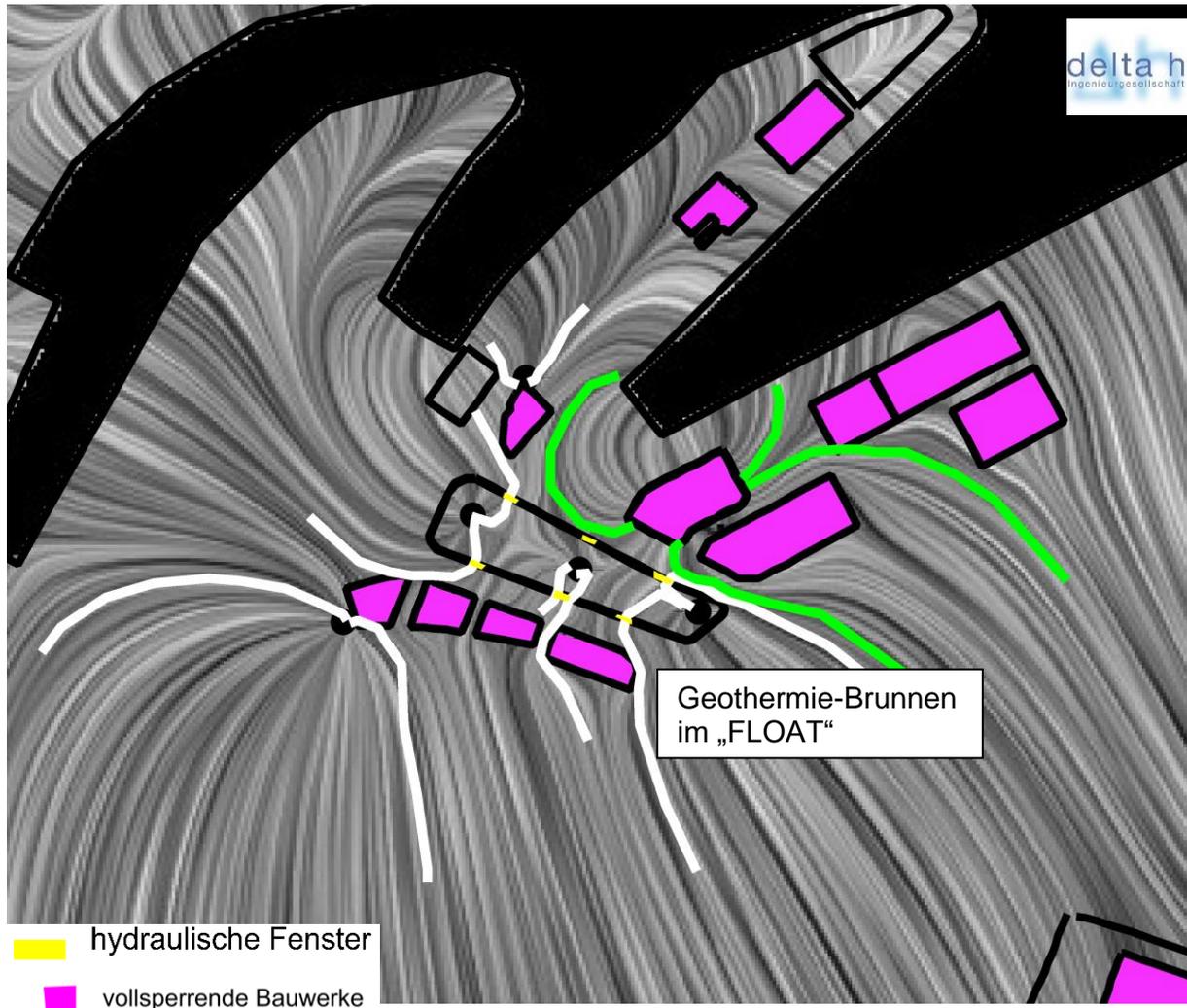


Abb. 18: Einzugsgebiet der Bauwasserhaltung

Die grüne Linie kennzeichnet den Einzugsbereich der Bauwasserhaltung.

Beim Vergleich der Einzugsgebiete der Geothermie-Brunnen im Ausgangszustand und während der Bauwasserhaltung ist eine deutliche Verschiebung sichtbar. Insbesondere der mittlere und der östliche Geothermie-Brunnen verlagern ihre Einzugsbereiche während der Bauwasserhaltung verstärkt nach Süden.

## 10 Ermittlung der grundwasserbürtigen Fördermengen während der Bauwasserhaltung

Mit den oben angegebenen Randbedingungen für ein Rhein-Hochwasser wurde bei der Berechnung eine maximale grundwasserbürtige Fördermenge von ca. 136 m<sup>3</sup>/h nach Erreichen des Absenkziels ermittelt. Im Fall einer Niedrigwassersituation liegt die minimal notwendige Förderrate bei ca. 41 m<sup>3</sup>/h. Abb. 19 stellt die berechneten grundwasserbürtigen Restwasserfördermengen aus dem Tertiär dar. Für das Tertiär im Bereich 0 m bis 9 m unter Quartärbasis wurde dabei eine horizontale Durchlässigkeit von  $1,0 \times 10^{-4}$  m/s angenommen. Das im Modell angesetzte Verhältnis zwischen horizontaler und vertikaler Durchlässigkeit beträgt 1/16, es resultiert aus Erfahrungswerten vergangener Baumaßnahmen.

Bei einer Berechnung der Mengen über eine angenommene Dauer der Bauwasserhaltung von ca. 12 Monaten kommt es zu einer mittleren Fördermenge von ca. 67 m<sup>3</sup>/h. Daraus ergibt sich eine zu fördernde Gesamtmenge von ca. 587.000 m<sup>3</sup> während einer zwölfmonatigen Bauwasserhaltung.

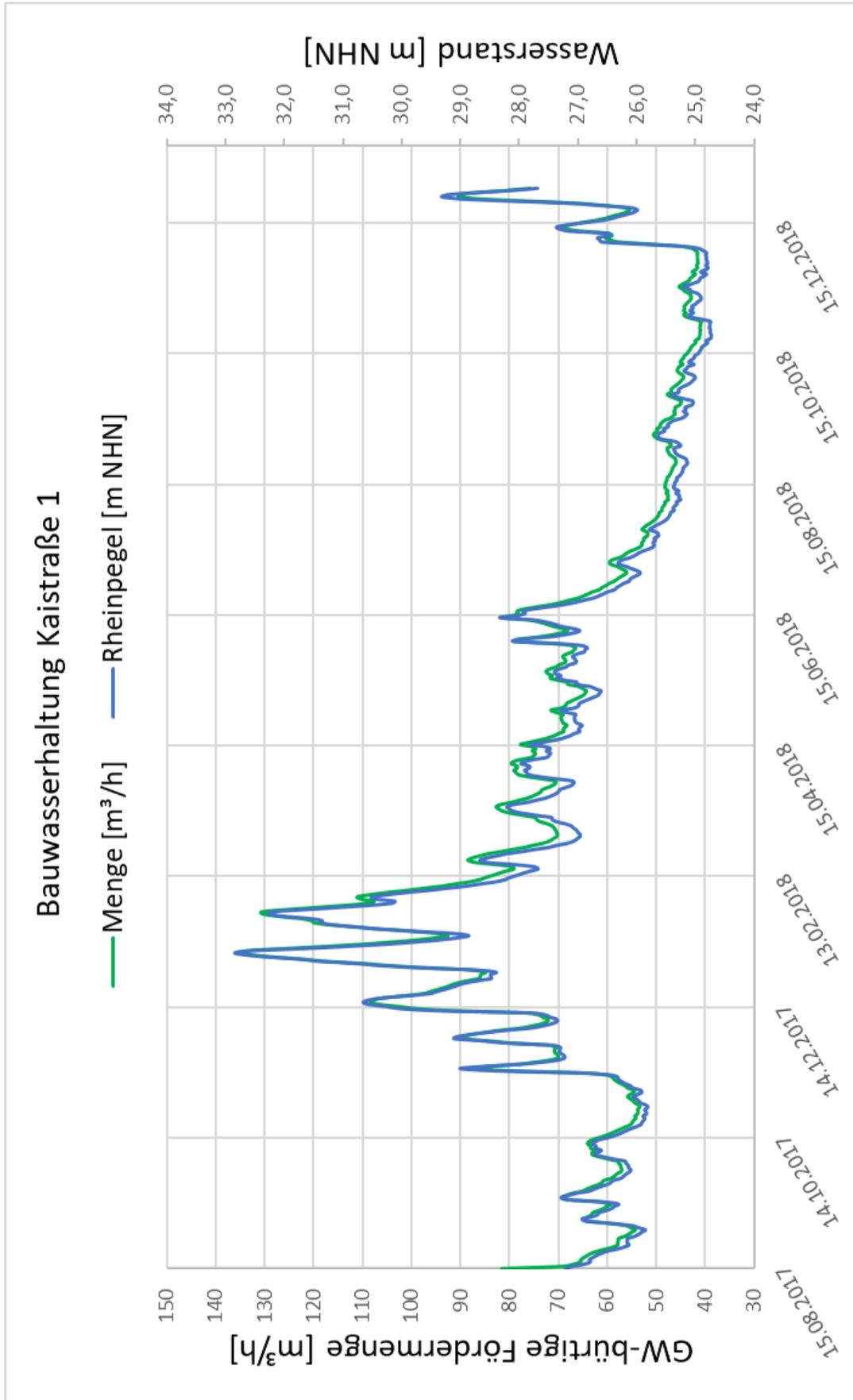


Abb. 19: Grundwasserbürtige Fördermengen

## 11 Zusammenfassung

Für das Bauvorhaben Kaistraße 1 im Nahbereich des Düsseldorfer Hafens waren Prognoseberechnungen hinsichtlich der Sperrwirkung des Bauwerks auf das Grundwasser durchzuführen. Dafür wurden instationäre Strömungsberechnungen durchgeführt und für mittlere, hohe und niedrige Grundwasserstände ausgewertet.

Um die Auswirkungen auf den Grundwasserstand ermitteln zu können, mussten zwei Zustände betrachtet werden. Ein Zustand stellte die Ausgangssituation (Ist-Zustand ohne neues Bauwerk), ein weiterer den Prognosezustand mit neuem Bauwerk dar. Die Auswirkungen wurden für den Prognosezustand durch Differenzenbildung mit dem Ausgangszustand ermittelt.

Bei mittleren und niedrigen Wasserständen hat das neue Bauwerk nahezu keinen Einfluss auf die Grundwassersituation. Es ergibt sich eine rechnerisch ermittelte Grundwasserstandsveränderung von weniger als 0,10 m. Bei einer Differenz in dieser Größenordnung ist von einem Einfluss des fertiggestellten Bauwerks bei einer mittleren und niedrigen Grundwassersituation nicht auszugehen. Bei hohen Wasserständen hat das neue Bauvorhaben eine Sperrwirkung, die sich in einer Grundwasser-Absenkung bis ca. 0,75 m auf der Abstromseite zeigt. Durch den Einbau von hydraulischen Fenstern kann diese Absenkung auf unter 0,50 m verringert werden. Eine Strömungssituation, in welcher der Rhein ins Landesinnere strömte, trat in den letzten 18 Jahren jedoch im Vergleich zu mittleren und niedrigen Wasserständen lediglich an ca. 22% der Tage auf. Ein Wasserstand oberhalb des mittleren Rhein-Hochwassers von 31,00 m NHN trat nur an ca. 2% der Tage auf.

Für die Betrachtung der Bauwasserhaltung des Bauvorhabens Kaistraße 1 wurde die grundwasserbürtige Fördermenge während der angenommenen zwölf Monate dauernden Bauwasserhaltung und die Reichweite der Auswirkungen bei hohen, mittleren und niedrigen Grundwasserständen ermittelt. Die maximale Fördermenge bei einem Absenkziel von 21,66 m NHN liegt im Hochwasserfall bei ca. 136 m<sup>3</sup>/h, im Durchschnitt bei ca. 67 m<sup>3</sup>/h. Die sich im Hochwasserfall ergebenden Grundwasserstands-Differenzen während der Bauwasserhaltung betragen maximal 1,50 m im Nahbereich der Baugrube.

Des Weiteren wurde für einen mittleren Rheinwasserstand der Einzugsbereich der Bauwasserhaltung ermittelt und mit den Einzugsbereichen der umgebenden Wasserrechtsbrunnen mit und ohne aktive Bauwasserhaltung verglichen. Dabei zeigt sich eine deutliche Verschiebung der Einzugsgebiete der Geothermie-Brunnen des FLOAT-Gebäudes durch die Bauwasserhaltung. Aufgrund der nördlich liegenden Bauwasserhaltung wird der

Zustrom zu den Geothermie-Brunnen verstärkt durch die südlichen hydraulischen Fenster erfolgen.

## 12 Literatur- und Quellenangaben

- [1] DELTA H INGENIEURGESELLSCHAFT MBH in Zusammenarbeit mit dem Umweltamt Düsseldorf: "Modelldokumentation zur Qualitätssicherung nach DVGW-Richtlinie W 107", unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag der Stadt Düsseldorf, Januar 2019
  
- [2] [REDACTED] SPRING Benutzerhandbuch, ISBN 978-3-00-040369-9 ; delta h Ingenieurgesellschaft mbH; Witten, 2020