

Landeshauptstadt Düsseldorf

U81 / 1. BA, Freiligrathplatz - Flughafen Terminal

Bericht 00.153_B07a

Anlagenverzeichnis

- Anlage 1** **Lageplan**
Maßstab 1 : 4000
- Anlage 2** **Übersichtslageplan der PFT- und CKW-
Verunreinigungen im Umfeld zum
Flughafen Düsseldorf, Umweltamt LHD,
Stand Herbst 2014**
- Anlage 3** **delta h Ingenieurgesellschaft mbH, Witten
Düsseldorf - Verlängerung der U81 in
Richtung Flughafen, Grundwassermodell,
Bericht, Einfluss des Sperrbauwerks und
der Bauwasserhaltung**
- Anlage 3.1** **Bericht vom 26.03.2015**
- Anlage 3.2** **Bericht vom 23.06.2015 – Variante „Tiefere
Schlitzwände“**



44149 Dortmund – Brandschachtstraße 2 – T.: 02 31.967 889-0 – F.: 0231.967 889-29 – www.geo-team.info – info@geo-team.info

Ingenieurgesellschaft mbH
Geotechnik, Tunnelbau und
Umwelttechnik

Projekt - Nr. : 00.153_B07a

Datum : 26.08.2015

Bearbeiter : Maurus

Landeshauptstadt Düsseldorf
U81 / 1. BA, Freiligrathplatz - Flughafen Terminal

Maßstab :

Anlage : Deckblatt

Anlagenverzeichnis

Seite : -

Anlage 1

Lageplan Maßstab 1 : 4000



44149 Dortmund – Branschachtstraße 2 – T.: 02 31.967 889-0 – F.: 0231.967 889-29 – www.geo-team.info – info@geo-team.info

Ingenieurgesellschaft mbH
Geotechnik, Tunnelbau und
Umweltechnik

Projekt - Nr. : 00.153_B07a

Datum : 26.08.2015

Bearbeiter : Maurus

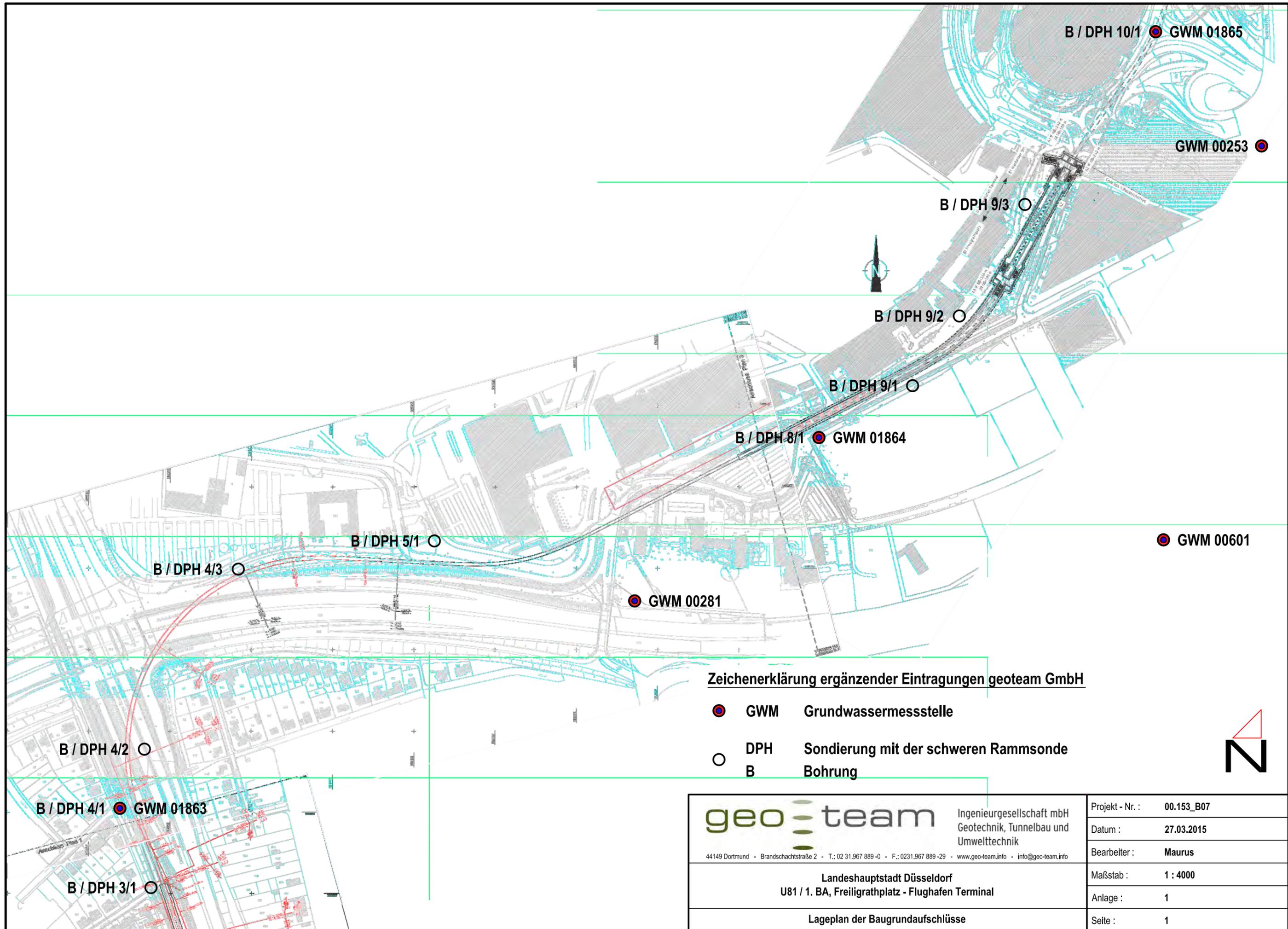
Landeshauptstadt Düsseldorf
U81 / 1. BA, Freiligrathplatz - Flughafen Terminal

Maßstab :

Anlage : 1

Lageplan

Seite : Deckblatt



B / DPH 10/1 ● GWM 01865

GWM 00253 ●

B / DPH 9/3 ○



B / DPH 9/2 ○

B / DPH 9/1 ○

B / DPH 8/1 ● GWM 01864

● GWM 00601

B / DPH 5/1 ○

● GWM 00281

B / DPH 4/3 ○

Zeichenerklärung ergänzender Eintragungen geoteam GmbH

- GWM Grundwassermessstelle
- DPH Sondierung mit der schweren Rammsonde
- B Bohrung



B / DPH 4/2 ○

B / DPH 4/1 ● GWM 01863

B / DPH 3/1 ○

geo team Ingenieurgesellschaft mbH
 Geotechnik, Tunnelbau und
 Umwelttechnik
 44149 Dortmund - Brandschachtstraße 2 - T.: 02 31 967 889-0 - F.: 0231.967 889-29 - www.geo-team.info - info@geo-team.info

Landeshauptstadt Düsseldorf
 U81 / 1. BA, Freiligrathplatz - Flughafen Terminal

Lageplan der Baugrundaufschlüsse

Projekt - Nr. :	00.153_B07
Datum :	27.03.2015
Bearbeiter :	Maurus
Maßstab :	1 : 4000
Anlage :	1
Seite :	1

Anlage 2

Übersichtslageplan der PFT- und CKW- Verunreinigungen im Umfeld zum Flughafen Düsseldorf, Umweltamt LHD, Stand Herbst 2014



44149 Dortmund – Branschachtstraße 2 – T.: 02 31.967 889-0 – F.: 0231.967 889-29 – www.geo-team.info – info@geo-team.info

Ingenieurgesellschaft mbH
Geotechnik, Tunnelbau und
Umweltechnik

Projekt - Nr. : 00.153_B07a

Datum : 26.08.2015

Bearbeiter : Maurus

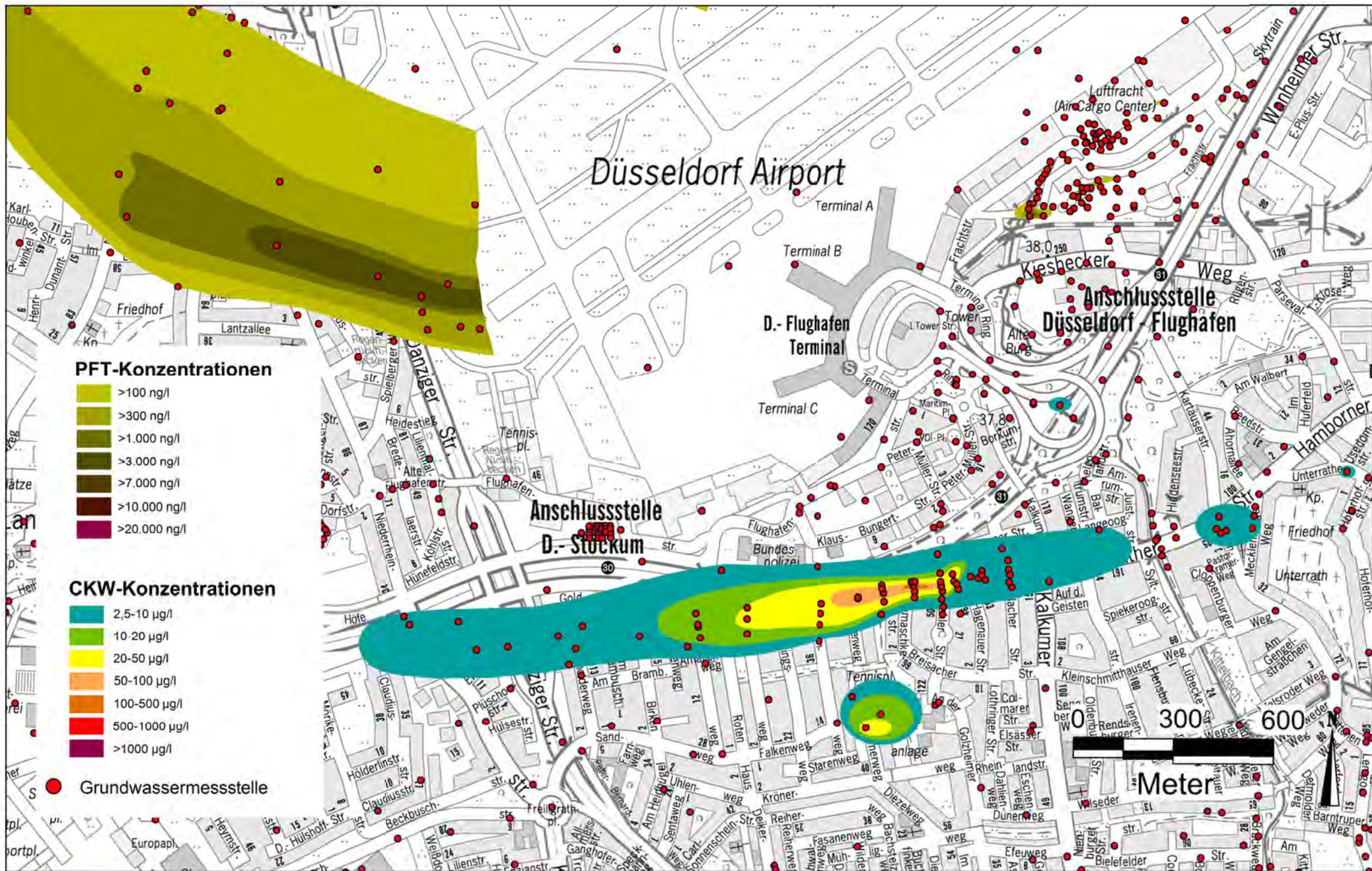
Landeshauptstadt Düsseldorf
U81 / 1. BA, Freiligrathplatz - Flughafen Terminal

Maßstab :

Anlage : 2

Übersichtslageplan

Seite : Deckblatt



Anlage 3

delta h Ingenieurgesellschaft mbH, Witten Düsseldorf - Verlängerung der U81 in Richtung Flughafen, Grundwassermodell, Bericht, Einfluss des Sperrbauwerks und der Bauwasserhaltung

Anlage 3.1 Bericht vom 26.03.2015

Anlage 3.2 Bericht vom 23.06.2015 – Variante
„Tiefere Schlitzwände“



44149 Dortmund – Branschachtstraße 2 – T.: 02 31.967 889-0 – F.: 0231.967 889-29 – www.geo-team.info – info@geo-team.info

Ingenieurgesellschaft mbH
Geotechnik, Tunnelbau und
Umwelttechnik

Projekt - Nr. : 00.153_B07a

Datum : 26.08.2015

Bearbeiter : Maurus

Landeshauptstadt Düsseldorf
U81 / 1. BA, Freiligrathplatz - Flughafen Terminal

Maßstab :

Anlage : 3

delta h Ingenieurgesellschaft mbH, Witten

Seite : Deckblatt



Düsseldorf – Verlängerung der U81 in Richtung Flughafen

Grundwassermodell

Bericht

Einfluss des Sperrbauwerks und der Bauwasserhaltung

Grundwassermodell Düsseldorf

Düsseldorf - Verlängerung der U81 in Richtung Flughafen – Einfluss des Sperrbauwerks und der Bauwasserhaltung

Im Auftrag von: geoteam Ingenieurgesellschaft mbH
Dr. Stephan Gutjahr
Brandschachtstraße 2
44149 Dortmund

Bearbeitung: delta h Ingenieurgesellschaft mbH
Dipl.-Ing. Christian Zimmermann
Parkweg 67
58453 Witten

Tel.-Durchwahl: 02302 / 91 406 - 23

Fax: 02302 / 91 406 - 20

E-Mail: cz@delta-h.de

Witten, den 26. März 2015

delta h Ingenieurgesellschaft mbH



i. V. Dipl.-Ing. Christian Zimmermann

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung	1
2	Vorgehen	1
3	Modellgebiet.....	1
4	Eingangsdaten	3
5	Berechnungszeitraum	4
6	Prognoserechnungen.....	5
6.1	Einfluss des Sperrbauwerks auf die Grundwassersituation.....	6
6.2	Einfluss der Bauwasserhaltung auf bekannte Entnahmen und Grundwasserverunreinigungen	8
7	Zusammenfassung	11
8	Literatur- und Quellenangaben	12

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Modellgüte im Untersuchungsbereich (blau: berechnet, rot: gemessen) .	2
Abbildung 2:	Untersuchungsgebiet mit den CKW- und PFT-Verunreinigungen (2013) sowie den Entnahmen der Stadtwerke „Am Staad“	3
Abbildung 3:	Ganglinie des Rhein-Pegels von Oktober 2002 bis Januar 2004	4
Abbildung 4:	Angepasstes Modellnetz und Lage der voll- bzw. teilsperrenden Bauwerke	6
Abbildung 5:	Grundwasserstandsdifferenzen bei mittleren Grundwasserständen.....	7
Abbildung 6:	Grundwasserstandsdifferenzen bei hohen Grundwasserständen	8
Abbildung 7:	Einzugsgebiet der Bauwasserhaltung bei mittleren GW-Ständen	9
Abbildung 8:	Einzugsgebiet der Bauwasserhaltung bei hohen GW-Ständen	10

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Zusammenfassung der relevanten Zeitpunkte der hohen und mittleren Grundwasserstände im Bereich des geplanten U-Bahnhofs am Flughafenterminal	5
---------	--	---

Anlagenverzeichnis

Anlage 1: Isopotentiallinien bei mittleren Grundwasserständen

Anlage 2: Isopotentiallinien bei hohen Grundwasserständen

1 Veranlassung

Die Landeshauptstadt Düsseldorf plant die Anbindung des Düsseldorfer Flughafens an das Stadtbahnnetz durch die Linie U81. Im Bereich des Flughafenterminals wird dafür ein Tunnel für den U-Bahnhof vorgesehen. Dieser, bzw. ein Teilstück des geplanten Tunnels, soll als vollsperrendes Bauwerk entstehen.

Im Rahmen der Planfeststellung sind nun Modellrechnungen mit dem Grundwassermodell der Stadt Düsseldorf durchzuführen, welche den Einfluss des Bauwerks bzw. der Bau- maßnahme auf die Grundwassersituation im Untersuchungsgebiet quantifizieren sollen.

2 Vorgehen

Für die Untersuchung des Einflusses der Sperrbauwerks und der Bauwasserhaltung auf die Grundwassersituation und auf bekannte Grundwasserverunreinigungen und die Wassergewinnung Am Staad der Stadtwerke, wird eine instationäre Strömungsberechnung mit den Rheinwasserständen des Jahres 2003 durchgeführt. In diesem Jahr wurden sowohl hohe Rheinwasserstände zu Beginn des Jahres (5. Januar 2003) als auch mittlere Rheinwasserstände gegen Ende des Jahres (30. September 2003) beobachtet. Innerhalb der Berechnung werden die relevanten instationären Randbedingungen (Rhein, Ruhr, Neubildung) berücksichtigt. Außerdem werden bei dieser Berechnung die aktuellen Entnahmemengen von 2013 angesetzt.

Das Berechnungsergebnis wird zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten (hohe und mittlere Grundwasserstände im Bereich des Flughafens) ausgewertet. Zu den unterschiedlichen Zeitpunkten werden jeweils Grundwasserstandsdifferenzen zwischen Ausgangs- und Planungszustand berechnet. Des Weiteren wird das Einzugsgebiet der Bauwasserhaltung ermittelt. Dieses wird der aktuellen Fahnenkartierung von 2013 sowie den Einzugsgebieten der Entnahmen der Stadtwerke überlagert. So kann eine Beurteilung der Wirkung der geplanten temporären Entnahme auf die Grundwassersituation vorgenommen werden.

3 Modellgebiet

Für die vorliegende Fragestellung wurde das vorhandene Grundwassermodell Düsseldorf verwendet, welches in [1] mit sämtlichen Modellparametern detailliert beschrieben ist. Das Grundwassermodell Düsseldorf wird fortlaufend aktualisiert und kalibriert. Im Untersu-

chungsgebiet liegen innerhalb des Kalibrierzeitraums 2004 bis 2013 Grundwasserstandsmesswerte vor, welche einen Vergleich der gemessenen (rot) mit den berechneten ermöglichen (siehe Abbildung 1). Aufgrund der geringen Abweichungen der berechneten zu den gemessenen Grundwasserständen ist die Modellgüte im Untersuchungsbereich als gut zu bezeichnen. Das Modell ist hier somit als prognosefähig einzustufen.

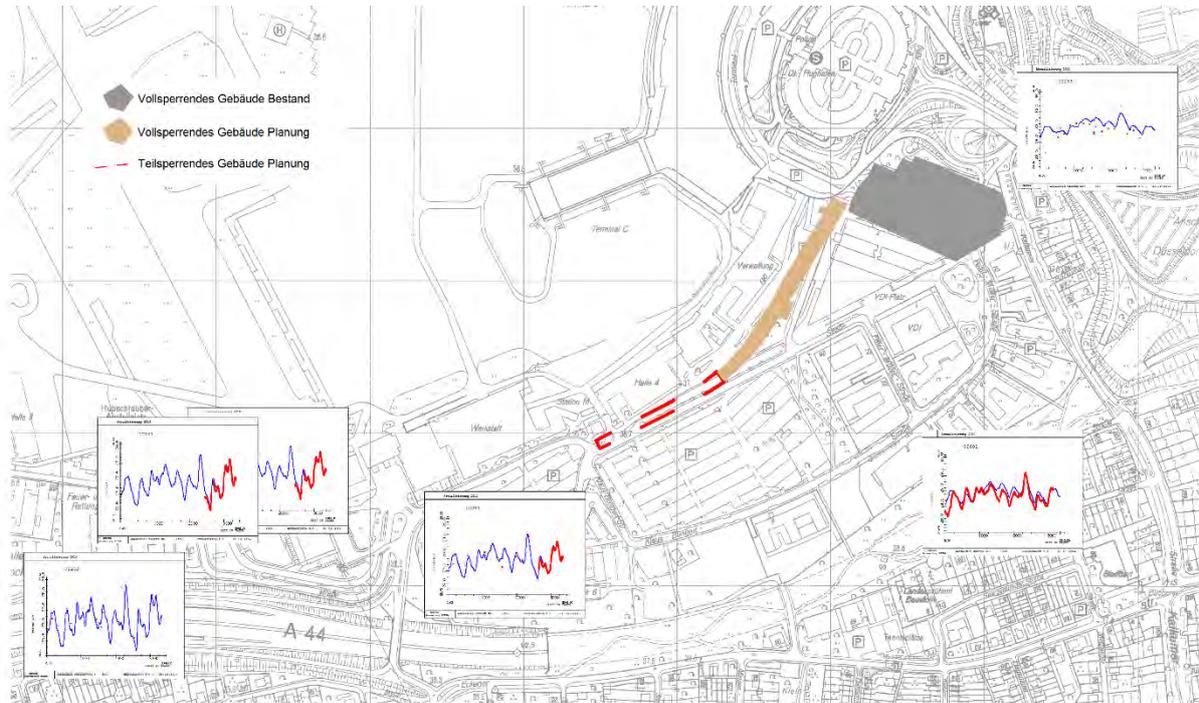


Abbildung 1: Modellgüte im Untersuchungsbereich (blau: berechnet, rot: gemessen)

Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über das betrachtete Untersuchungsgebiet mit den bekannten Verunreinigungen Stand 2013 sowie den Entnahmen der Stadtwerke „Am Staad“.

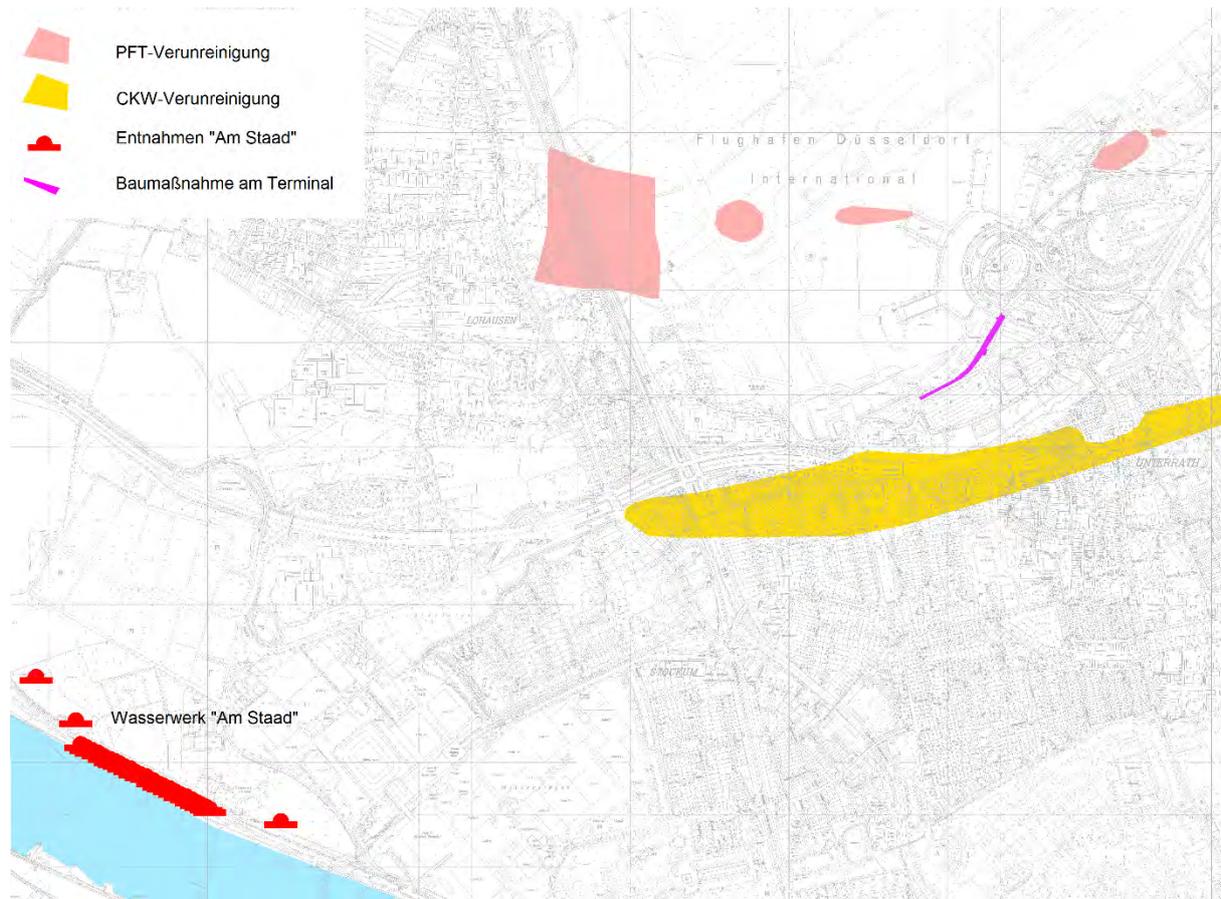


Abbildung 2: Untersuchungsgebiet mit den CKW- und PFT-Verunreinigungen (2013) sowie den Entnahmen der Stadtwerke „Am Staad“

4 Eingangsdaten

Für die Überprüfung des Sollförderkonzepts wurden folgende Daten berücksichtigt:

- Tageswerte des Rhein- und Ruhrwasserstands von 2003,
- Gang der Grundwasserneubildungsraten von 2003 (10-Tages-Mittelwerte),
- Aktuelle Sollfördermengen von 2013 des Sanierungsbereichs Rath-Derendorf,
- Fördermengen weiterer Sanierungsmaßnahmen (2013),
- Weitere Grundwasserentnahmen (Mengen von 2013),
- Informationen zur Tertiärhöhe im Modellanpassungsbereich [2],
- Angaben zu Geometrie und Lage des Bauwerks (Planunterlagen von Ingenieurbüro Dipl.-Ing. H. Vössing GmbH, Düsseldorf),
- Angaben zur Bauwasserhaltung [3].

5 Berechnungszeitraum

Als Berechnungszeitraum wurde das Jahr 2003 gewählt, weil hier sowohl zu Beginn des Jahres hohe Rheinwasserstände als auch gegen Ende des Jahres niedrige Rheinwasserstände beobachtet wurden.

Der Rhein als westlicher Modellrand geht mit seinem Jahresgang 2003 als Potentialrandbedingung (RB 1. Art) in die Berechnung ein. Die Rhein-Ganglinie des Pegels Düsseldorf ist für den Berechnungszeitraum von Oktober 2002 bis Januar 2004 in Abbildung 3 dargestellt.

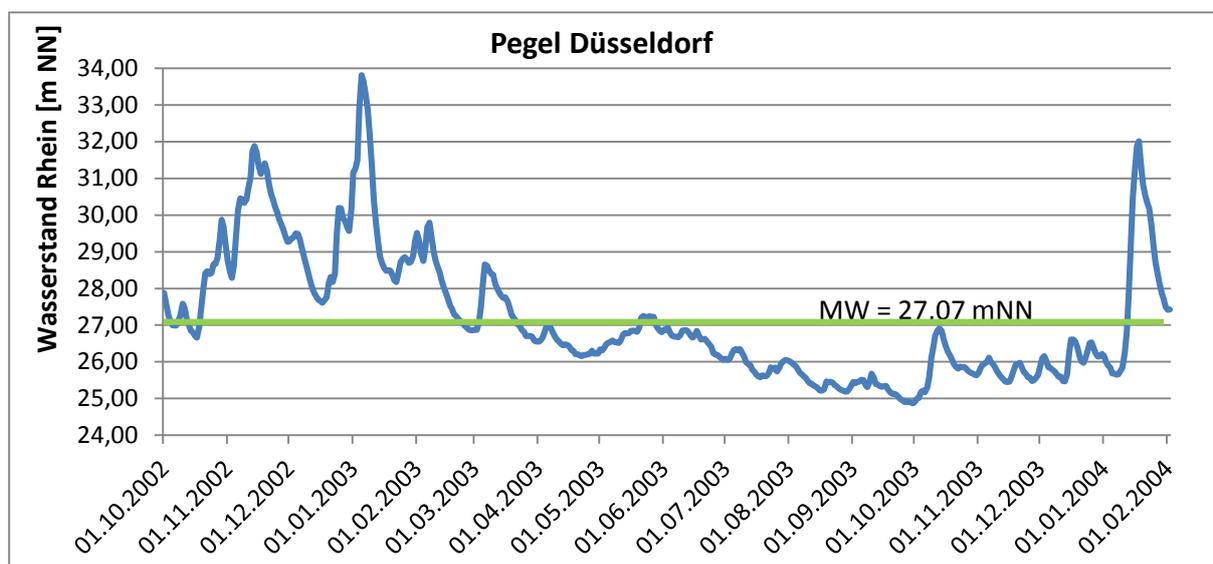


Abbildung 3: Ganglinie des Rhein-Pegels von Oktober 2002 bis Januar 2004

Zum Hochwasser-Zeitpunkt am 5. Januar 2003 liegt der Wasserstand am Pegel Düsseldorf (Rhein-km 744,5) bei 33,81 m NN. Mittlere Wasserstände am Pegel Düsseldorf (27,07 m NN) liegen an mehreren Zeitpunkten vor.

Die Berechnung startet Anfang Oktober 2002, da zu diesem Zeitpunkt ein mittlerer Grundwasserstand am Rhein-Pegel vorliegt. Zudem ist durch diesen Startzeitpunkt sichergestellt, dass mögliche Speichereffekte durch das Novemberhochwasser hinreichend genau berücksichtigt werden.

Da sich die saisonalen Schwankungen des Rheinwasserstands im Hinterland mit zeitlicher Verzögerung auswirken, wurden zunächst anhand von zwei Ganglinien (Ausgangs- und Planungszustand) die relevanten Zeitpunkte für hohe und mittlere Grundwasserstände im Untersuchungsbereich des geplanten U-Bahnhofs ermittelt.

Ein hoher Grundwasserstand im Bereich des Terminals tritt ca. 40 Tage nach dem Hochwasserereignis des Rheins auf (148. Tag der Berechnung). Ein mittlerer Grundwasserstand tritt z.B. Anfang nach 400 Tagen Berechnungsdauer ein.

Für diese Zeitpunkte wurden die Grundwasserstandsdifferenzen sowie das Einzugsgebiet der Bauwasserhaltung anhand von Schlierenbildern bestimmt (Tab. 1):

Tab. 1: Zusammenfassung der relevanten Zeitpunkte der hohen und mittleren Grundwasserstände im Bereich des geplanten U-Bahnhofs am Flughafenterminal

	Zeitpunkt HW	Zeitpunkt MW
Rhein-Pegel	5. Januar 2003 (Zeitschritt 94)	Verschiedene Zeitpunkte
Bereich Terminal	148. Tag der Berechnung	400. Tag der Berechnung

Es ergeben sich somit 2 relevante Zeitpunkte, die in den folgenden Kapiteln ausgewertet werden.

6 Prognoserechnungen

Die Auswertung der Berechnungen erfolgt durch Berechnung der Grundwasserstandsdifferenzen, welche durch den Bau des voll- bzw. teilsperrenden Gebäudes im Vergleich zum Ausgangszustand hervorgerufen werden. Die Differenzen werden bei mittleren sowie hohen Grundwasserständen aufgezeigt.

Nachdem die Geometrie des geplanten Bauwerks in das Modellnetz eingearbeitet wurde (Abbildung 4), wurde in den teilsperrenden Bereichen für den Planungszustand die Mächtigkeit des Grundwasserleiters um den entsprechenden Betrag begrenzt. Der vollsperrende Gebäudeteil des Tunnels wurde durch Herabsetzen der Durchlässigkeit in diesem Bereich abgebildet.

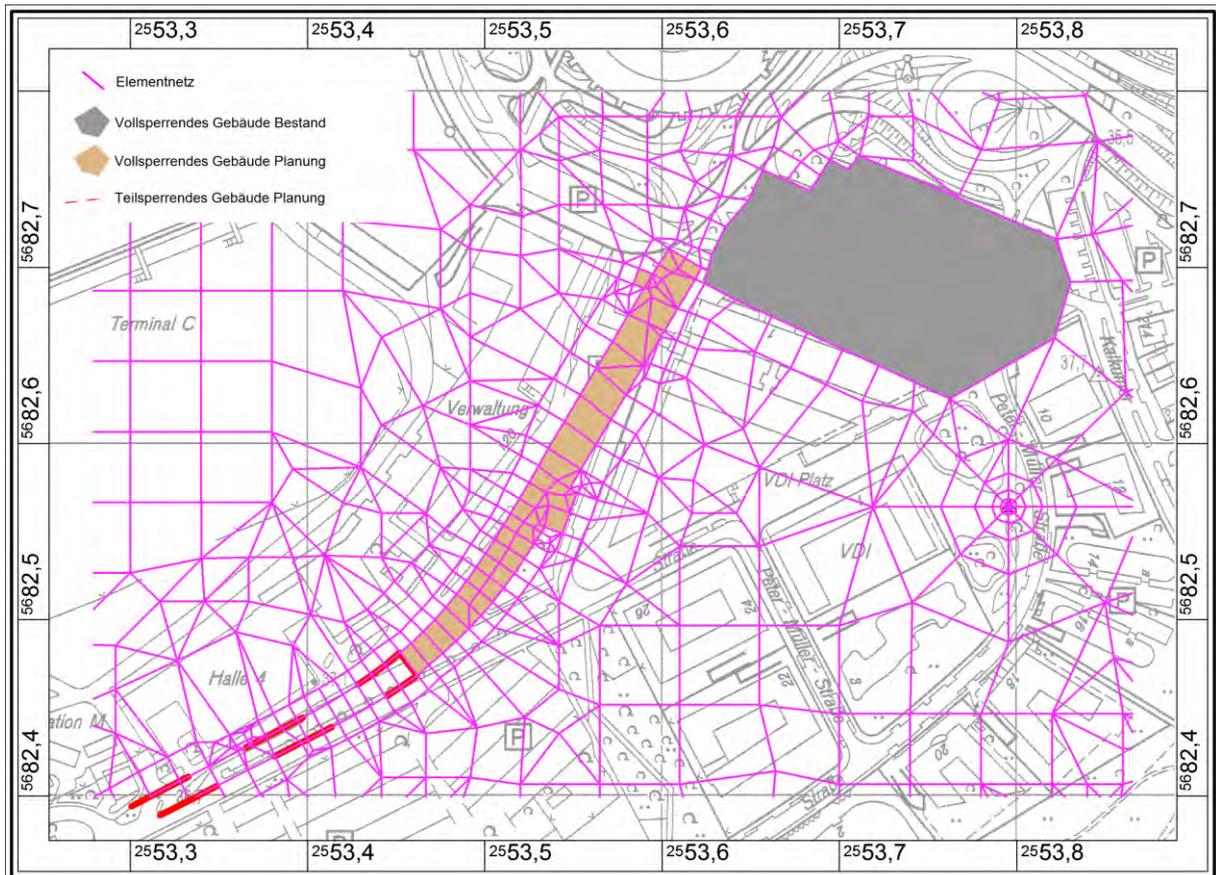


Abbildung 4: Angepasstes Modellnetz und Lage der voll- bzw. teilsperrenden Bauwerke

6.1 Einfluss des Sperrbauwerks auf die Grundwassersituation

Ein voll- bzw. teilsperrendes Bauwerk verursacht im Anstrombereich einen Aufstau des Grundwassers und im Abstrom eine Absenkung des Grundwassers. In der folgenden Abbildung 5 sind die Auswirkungen auf den Grundwasserstand infolge des voll- bzw. teilsperrenden Tunnelbauwerks bei mittleren Grundwasserverhältnissen dargestellt. Eine großräumige Darstellung der Potentiallinien ist Anlage 1 zu entnehmen.

Der vollsperrende Teil des Bauwerks verursacht im Vergleich zum Ausgangszustand ohne Tunnel einen Grundwasserstandsanstieg von weniger als 0,1 m. Auch im Abstrom beträgt die durch die sperrende Wirkung des Tunnels hervorgerufene Absenkung des Grundwassers weniger als 0,1 m. Der Einfluss des Bauwerks auf die Grundwassersituation ist jedoch in den Isopotentiallinien für den Ausgangszustand (blau) den Planungszustand (magenta) zu erkennen.

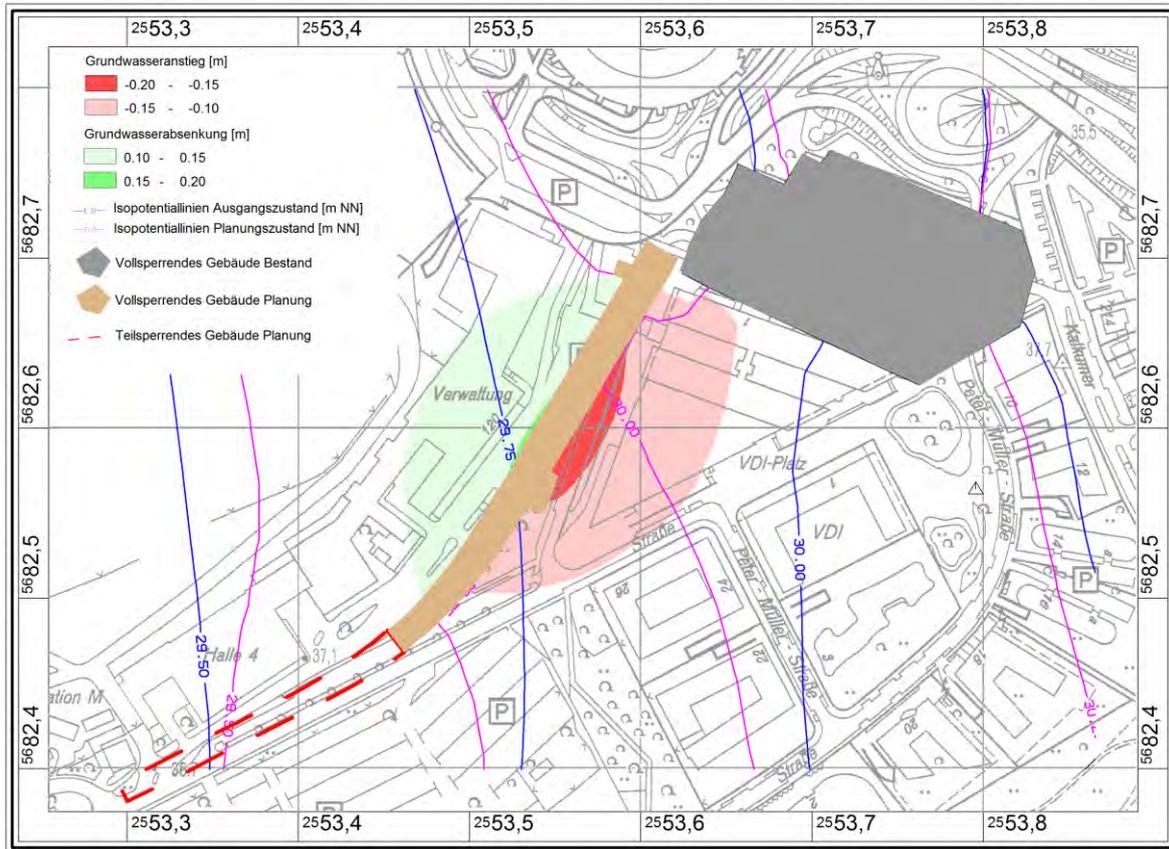


Abbildung 6: Grundwasserstandsdiagramm bei hohen Grundwasserständen

6.2 Einfluss der Bauwasserhaltung auf bekannte Entnahmen und Grundwasserunreinigungen

Welche Grundwasserverhältnisse während des Zeitraums der Bauwasserhaltung angetroffen werden, ist nicht bekannt. Um mittlere und hohe Zustände abzubilden wurden zwei unterschiedliche Zeitpunkte innerhalb des Berechnungszeitraumes betrachtet. Es erfolgt eine Erstellung der Einzugsgebiete der Grundwasserentnahme durch die Bauwasserhaltung zu einem Zeitpunkt mittlerer sowie hoher Grundwasserstände. Diese wurden den kartierten Verunreinigungsbereichen überlagert, um die Möglichkeit der Verlagerung einer Kontaminationsfahne beurteilen zu können. Die Absenktiefe und die Absenkdauer wurden ebenso wie die Geometrien des Verbaus aus [3] entnommen.

In Abbildung 7 ist das Einzugsgebiet der Bauwasserhaltung zum Zeitpunkt des mittleren Grundwasserstandes dargestellt. Bei hohen Grundwasserständen ergibt sich das in Abbildung 8 gezeigte Einzugsgebiet.

Zwei verunreinigte Bereiche werden vom Einzugsgebiet der Entnahme der Bauwasserhaltung berührt.

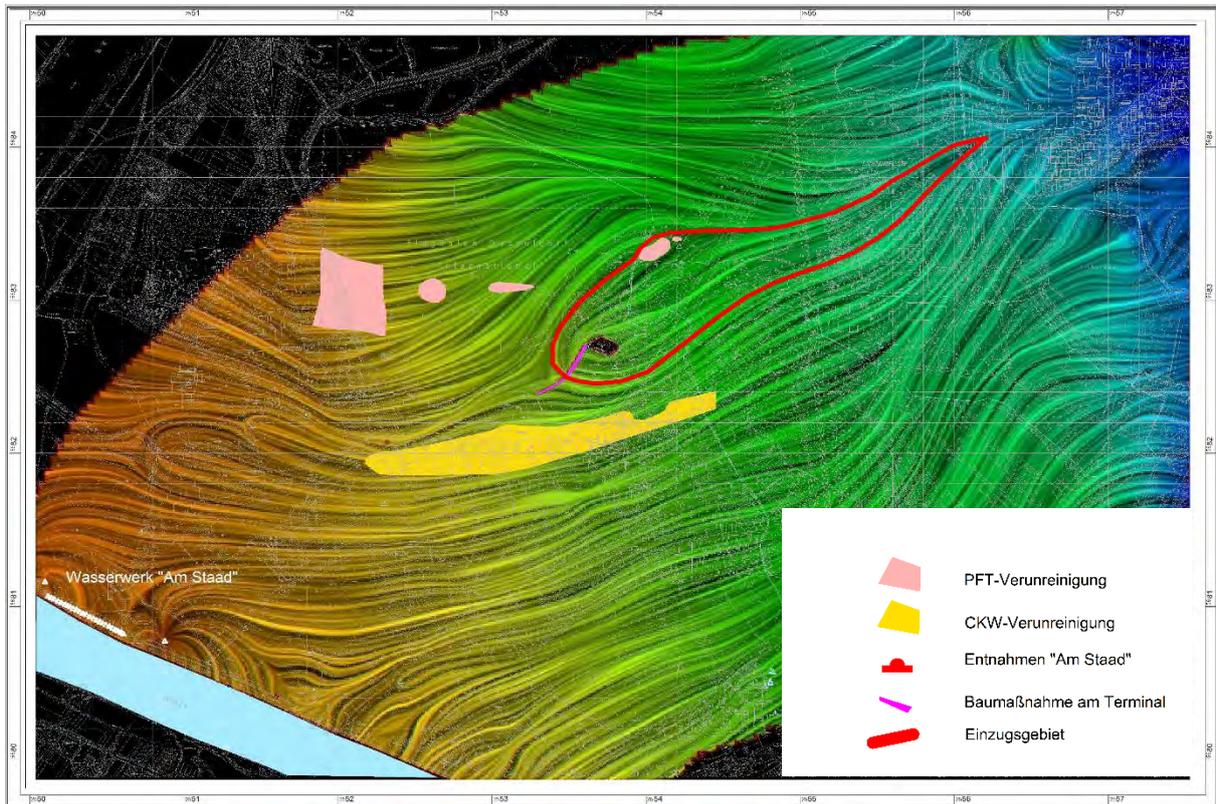


Abbildung 7: Einzugsgebiet der Bauwasserhaltung bei mittleren GW-Ständen

Bei mittleren Grundwasserständen liegt eine PFT-Verunreinigung auf dem östlichen Bereich des Flughafens innerhalb des Einzugsgebietes der Bauwasserhaltung. Dies bedeutet, dass während eines Zeitraums mittlerer Grundwasserhältnisse Grundwasser aus dem kartierten PFT-Ausbreitungsbereich der Bauwasserhaltung zuströmt.

Bei hohen Grundwasserständen liegt diese PFT-Verunreinigung ebenfalls im Einzugsgebiet der Entnahme der Bauwasserhaltung. Aufgrund der größeren Grundwasserabsenkung bei hohen Grundwasserhältnissen vergrößert sich das Einzugsgebiet jedoch und die CKW-Verunreinigung im Bereich der südlich gelegenen A 44 wird ebenfalls in ihren Randbereichen vom Einzugsgebiet berührt (siehe Abbildung 8).

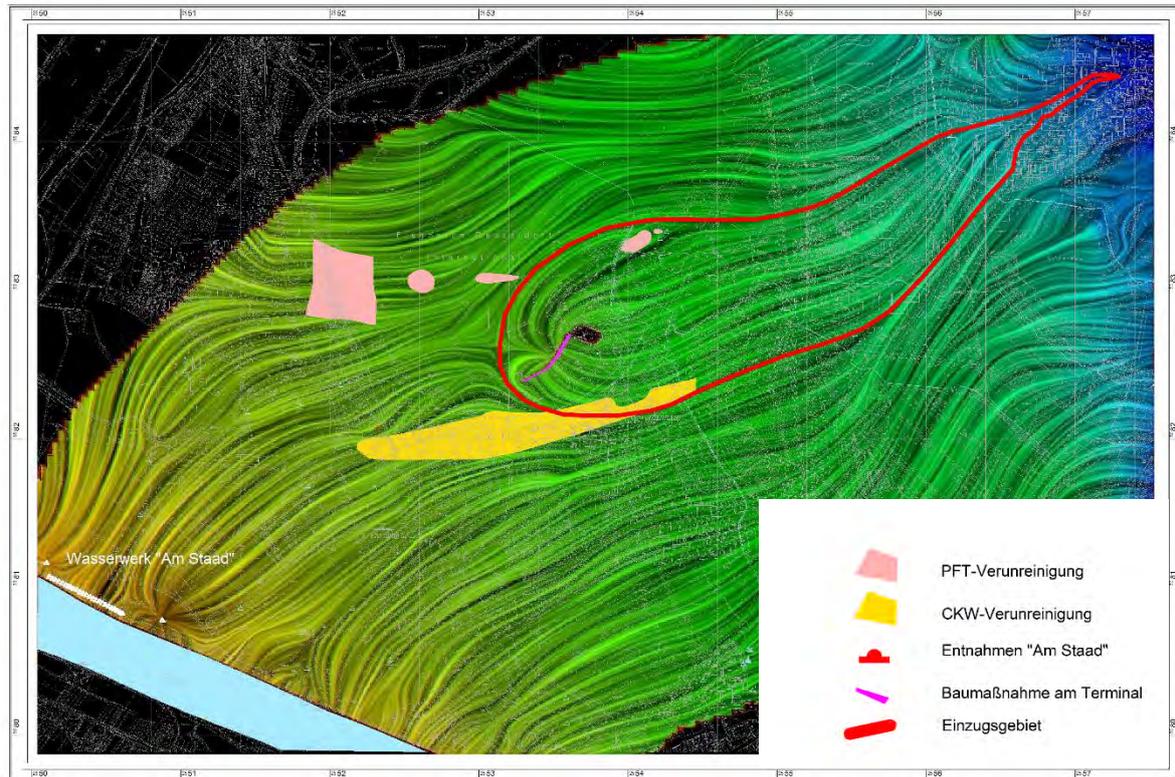


Abbildung 8: Einzugsgebiet der Bauwasserhaltung bei hohen GW-Ständen

Die Entnahmemengen der Bauwasserhaltung belaufen sich auf rd. 360.000 m³/a bei mittleren und 440.000 m³/a bei hohen Grundwasserständen. Zu Beginn der Bauwasserhaltung sind jedoch deutlich höhere Fördermengen zu erwarten.

Dem gegenüber stehen die Entnahmemengen des Wasserwerks „Am Staad“ von mehreren Millionen m³/a. Die Entnahmen des Wasserwerks „Am Staad“ sind in dieser Situation als dominant zu bewerten. Das Einzugsgebiet der Bauwasserhaltung liegt innerhalb der Einzugsgebiete der Wassergewinnung.

7 Zusammenfassung

Die Landeshauptstadt Düsseldorf plant die Anbindung des Düsseldorfer Flughafens an das Stadtbahnnetz durch die Linie U81. Im Bereich des Flughafenterminals wird dafür ein Tunnelbauwerk vorgesehen, welches teil- bzw. vollsperrend auf die Grundwasserströmung wirken wird. Anhand von Modellrechnungen mit dem Grundwassermodell der Stadt Düsseldorf sollte der Einfluss des Bauwerks bzw. der Baumaßnahme auf die Grundwassersituation im Untersuchungsgebiet quantifiziert werden.

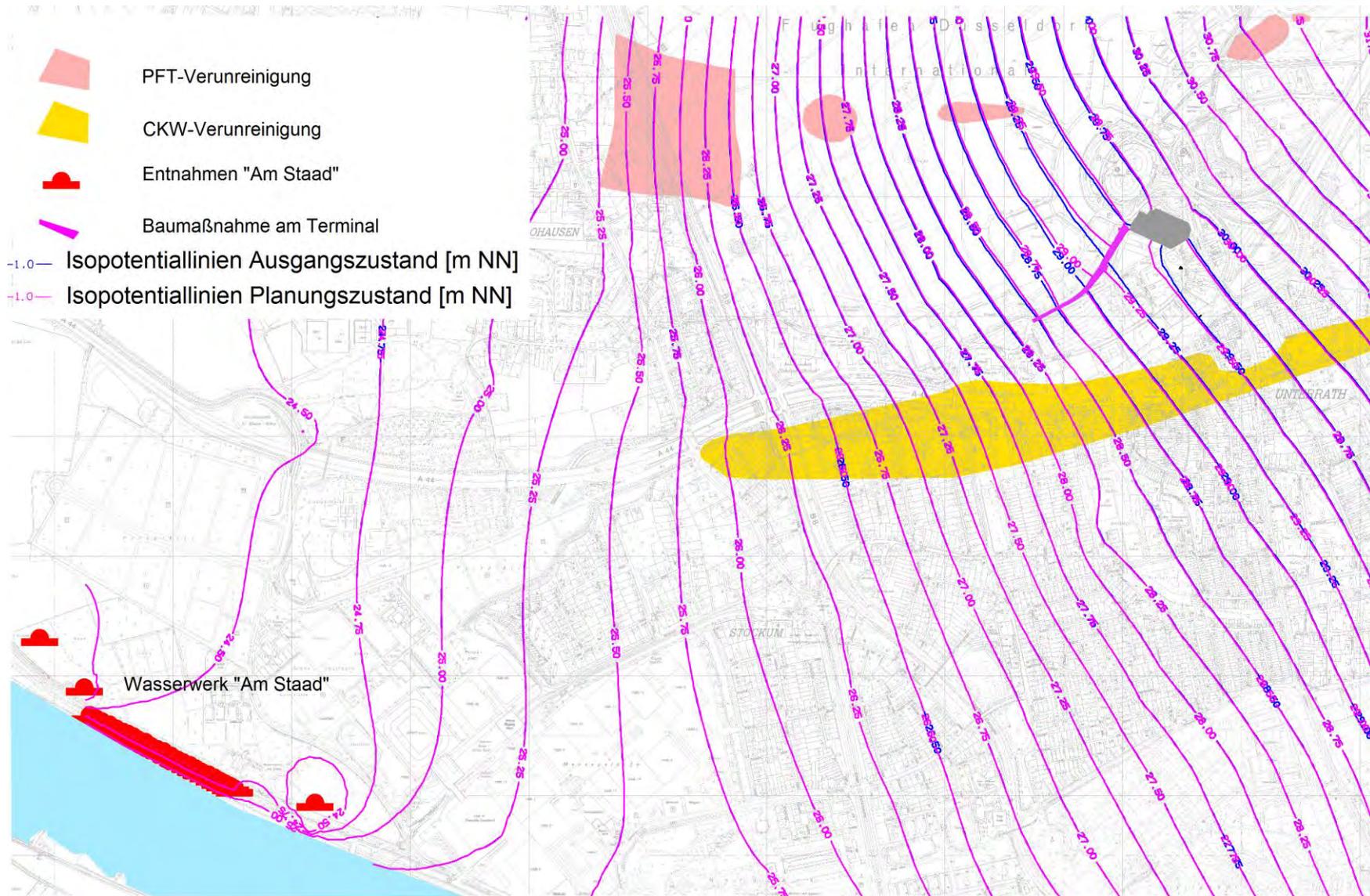
Die Auswertung der Berechnungen erfolgte durch Berechnung der Grundwasserstands-differenzen, welche durch den Bau des voll- bzw. teilsperrenden Gebäudes im Vergleich zum Ausgangszustand hervorgerufen werden. Die Differenzen wurden bei mittleren sowie hohen Grundwasserständen aufgezeigt.

Als Ergebnis bleibt festzuhalten, dass das voll- bzw. teilsperrende Bauwerk im Anstrombereich einen Aufstau des Grundwassers und im Abstrom eine Absenkung des Grundwassers verursacht. Die Grundwasserstandsänderungen sind bei generell hohen Grundwasserständen deutlicher, als bei mittleren Verhältnissen. So beträgt der maximale Aufstau im Anstrombereich, im Vergleich zum Ausgangszustand ohne Tunnelbauwerk, bei mittleren Grundwasserverhältnissen weniger als 0,1 m. Bei hohen Grundwasserständen wird durch den Tunnel ein um maximal 0,2 m höherer Grundwasserstand im Vergleich zum Ausgangszustand am Gebäude erreicht.

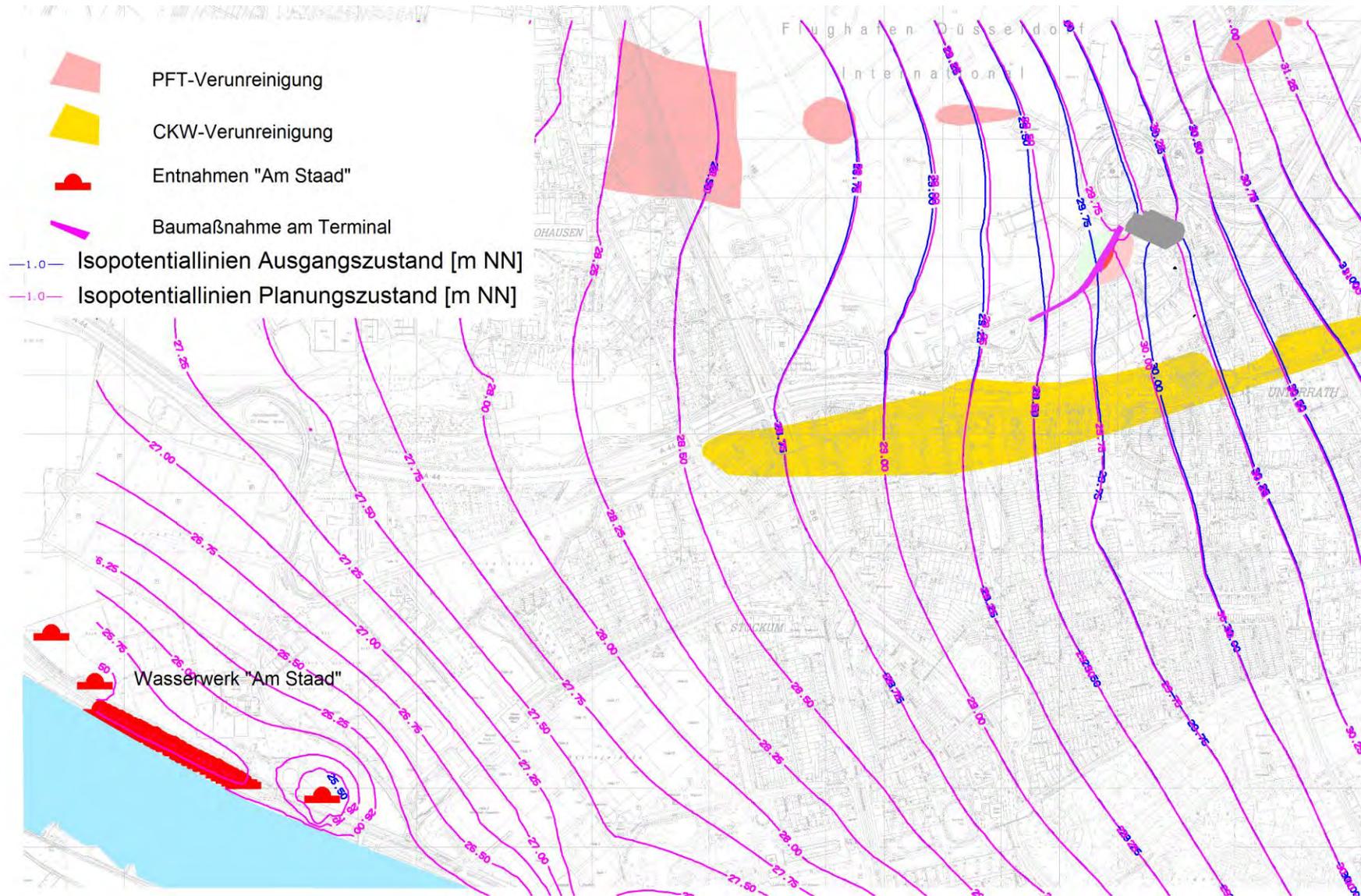
Des Weiteren wurde in einer instationären Prognoserechnung ein möglicher Einfluss der durchzuführenden Bauwasserhaltung auf bekannte Entnahmen (Wasserwerk „Am Staad“) und Grundwasserverunreinigungen (PFT und CKW) aufgezeigt. Hierfür wurde bei mittleren sowie bei hohen Grundwasserständen das Einzugsgebiet der Grundwasserentnahme durch die Bauwasserhaltung ermittelt und dieses den kartierten Kontaminationsfahnen gegenübergestellt. Es bleibt festzuhalten, dass zwei verunreinigte Bereiche vom Einzugsgebiet der Entnahme der Bauwasserhaltung berührt werden. Bei mittleren Grundwasserständen liegt eine PFT-Verunreinigung auf dem östlichen Bereich des Flughafens innerhalb des Einzugsgebietes der Bauwasserhaltung. Bei hohen Grundwasserständen vergrößert sich das Einzugsgebiet und die CKW-Verunreinigung im Süden, auf Höhe der A 44, wird ebenfalls vom Einzugsgebiet der Bauwasserhaltung tangiert. In welchem Maße eine Mobilisierung der Verlagerung stattfindet hängt dabei von der Dauer der jeweiligen Zustände ab.

8 Literatur- und Quellenangaben

- [1] DELTA H INGENIEURGESELLSCHAFT MBH in Zusammenarbeit mit dem Geographischen Institut der Ruhr-Universität Bochum: "Grundwasserstandsentwicklung infolge des Klimawandels am Beispiel der Stadt Düsseldorf", Studie im Auftrag der Stadt Düsseldorf, 2013/2014
- [2] GEOTEAM INGENIEURGESELLSCHAFT MBH: Stadtbahnlinie U81, Freiligrathplatz bis Flughafen Terminal, 1. Bauabschnitt, Baugrunduntersuchung/Gründungsberatung, Gutachten im Auftrag der Stadt Düsseldorf, Dortmund, 5.3.2013
- [3] Ingenieurbüro Vössing GmbH: Wassermengenermittlung, U 81/1. Bauabschnitt, Baugrube Rampe, Tunnelstrecke und U-Bahnhof, Gutachten im Auftrag der Stadt Düsseldorf, Düsseldorf, 13.2.2015



Anlage 1: Isopotentiallinien bei mittleren Grundwasserständen



Anlage 2: Isopotentiallinien bei hohen Grundwasserständen



Düsseldorf – Verlängerung der U81 in Richtung Flughafen

Grundwassermodell

Bericht

Einfluss des Sperrbauwerks und der Bauwasserhaltung

Grundwassermodell Düsseldorf

Düsseldorf - Verlängerung der U81 in Richtung Flughafen – Einfluss des Sperrbauwerks und der Bauwasserhaltung

Im Auftrag von: geoteam Ingenieurgesellschaft mbH
Dr. Stephan Gutjahr
Brandschachtstraße 2
44149 Dortmund

Bearbeitung: delta h Ingenieurgesellschaft mbH
Dipl.-Ing. Christian Zimmermann
Parkweg 67
58453 Witten

Tel.-Durchwahl: 02302 / 91 406 - 23

Fax: 02302 / 91 406 - 20

E-Mail: cz@delta-h.de

Witten, den 23. Juni 2015

delta h Ingenieurgesellschaft mbH



i. V. Dipl.-Ing. Christian Zimmermann

Inhaltsverzeichnis

Anlagenverzeichnis	4
1 Veranlassung	1
2 Vorgehen	1
3 Modellgebiet.....	1
4 Eingangsdaten	3
5 Berechnungszeitraum	4
6 Prognoserechnungen.....	5
6.1 Einfluss des Sperrbauwerks auf die Grundwassersituation.....	6
6.2 Einfluss der Bauwasserhaltung auf bekannte Entnahmen und Grundwasserverunreinigungen	8
7 Zusammenfassung	12
8 Literatur- und Quellenangaben	13

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Modellgüte im Untersuchungsbereich (blau: berechnet, rot: gemessen) .	2
Abbildung 2: Untersuchungsgebiet mit den CKW- und PFT-Verunreinigungen (2013) sowie den Entnahmen der Stadtwerke „Am Staad“	3
Abbildung 3: Ganglinie des Rhein-Pegels von Oktober 2002 bis Januar 2004	4
Abbildung 4: Angepasstes Modellnetz und Lage der voll- bzw. teilsperrenden Bauwerke	6
Abbildung 5: Grundwasserstandsdifferenzen bei mittleren Grundwasserständen.....	7
Abbildung 6: Grundwasserstandsdifferenzen bei hohen Grundwasserständen	8
Abbildung 7: Vertikalschnitt im Bereich des Terminals.....	9
Abbildung 8: Einzugsgebiet der Bauwasserhaltung bei mittleren GW-Ständen	10
Abbildung 9: Einzugsgebiet der Bauwasserhaltung bei hohen GW-Ständen	11

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Zusammenfassung der relevanten Zeitpunkte der hohen und mittleren Grundwasserstände im Bereich des geplanten U-Bahnhofs am Flughafenterminal	5
--	---

Anlagenverzeichnis

Anlage 1: Isopotentiallinien bei mittleren Grundwasserständen

Anlage 2: Isopotentiallinien bei hohen Grundwasserständen

1 Veranlassung

Die Landeshauptstadt Düsseldorf plant die Anbindung des Düsseldorfer Flughafens an das Stadtbahnnetz durch die Linie U81. Im Bereich des Flughafenterminals wird dafür ein Tunnel für den U-Bahnhof vorgesehen. Dieser, bzw. ein Teilstück des geplanten Tunnels, soll als vollsperrendes Bauwerk entstehen.

Im Rahmen der Planfeststellung sind nun Modellrechnungen mit dem Grundwassermodell der Stadt Düsseldorf durchzuführen, welche den Einfluss des Bauwerks bzw. der Bau- maßnahme auf die Grundwassersituation im Untersuchungsgebiet quantifizieren sollen.

2 Vorgehen

Für die Untersuchung des Einflusses der Sperrbauwerks und der Bauwasserhaltung auf die Grundwassersituation und auf bekannte Grundwasserverunreinigungen und die Wassergewinnung Am Staad der Stadtwerke, wird eine instationäre Strömungsberechnung mit den Rheinwasserständen des Jahres 2003 durchgeführt. In diesem Jahr wurden sowohl hohe Rheinwasserstände zu Beginn des Jahres (5. Januar 2003) als auch mittlere Rheinwasserstände gegen Ende des Jahres (30. September 2003) beobachtet. Innerhalb der Berechnung werden die relevanten instationären Randbedingungen (Rhein, Ruhr, Neubildung) berücksichtigt. Außerdem werden bei dieser Berechnung die aktuellen Entnahmemengen von 2013 angesetzt.

Das Berechnungsergebnis wird zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten (hohe und mittlere Grundwasserstände im Bereich des Flughafens) ausgewertet. Zu den unterschiedlichen Zeitpunkten werden jeweils Grundwasserstandsdifferenzen zwischen Ausgangs- und Planungszustand berechnet. Des Weiteren wird das Einzugsgebiet der Bauwasserhaltung ermittelt. Dieses wird der aktuellen Fahnenkartierung von 2013 sowie den Einzugsgebieten der Entnahmen der Stadtwerke überlagert. So kann eine Beurteilung der Wirkung der geplanten temporären Entnahme auf die Grundwassersituation vorgenommen werden.

3 Modellgebiet

Für die vorliegende Fragestellung wurde das vorhandene Grundwassermodell Düsseldorf verwendet, welches in [1] mit sämtlichen Modellparametern detailliert beschrieben ist. Das Grundwassermodell Düsseldorf wird fortlaufend aktualisiert und kalibriert. Im Untersu-

chungsgebiet liegen innerhalb des Kalibrierzeitraums 2004 bis 2013 Grundwasserstandsmesswerte vor, welche einen Vergleich der gemessenen (rot) mit den berechneten ermöglichen (siehe Abbildung 1). Aufgrund der geringen Abweichungen der berechneten zu den gemessenen Grundwasserständen ist die Modellgüte im Untersuchungsbereich als gut zu bezeichnen. Das Modell ist hier somit als prognosefähig einzustufen.

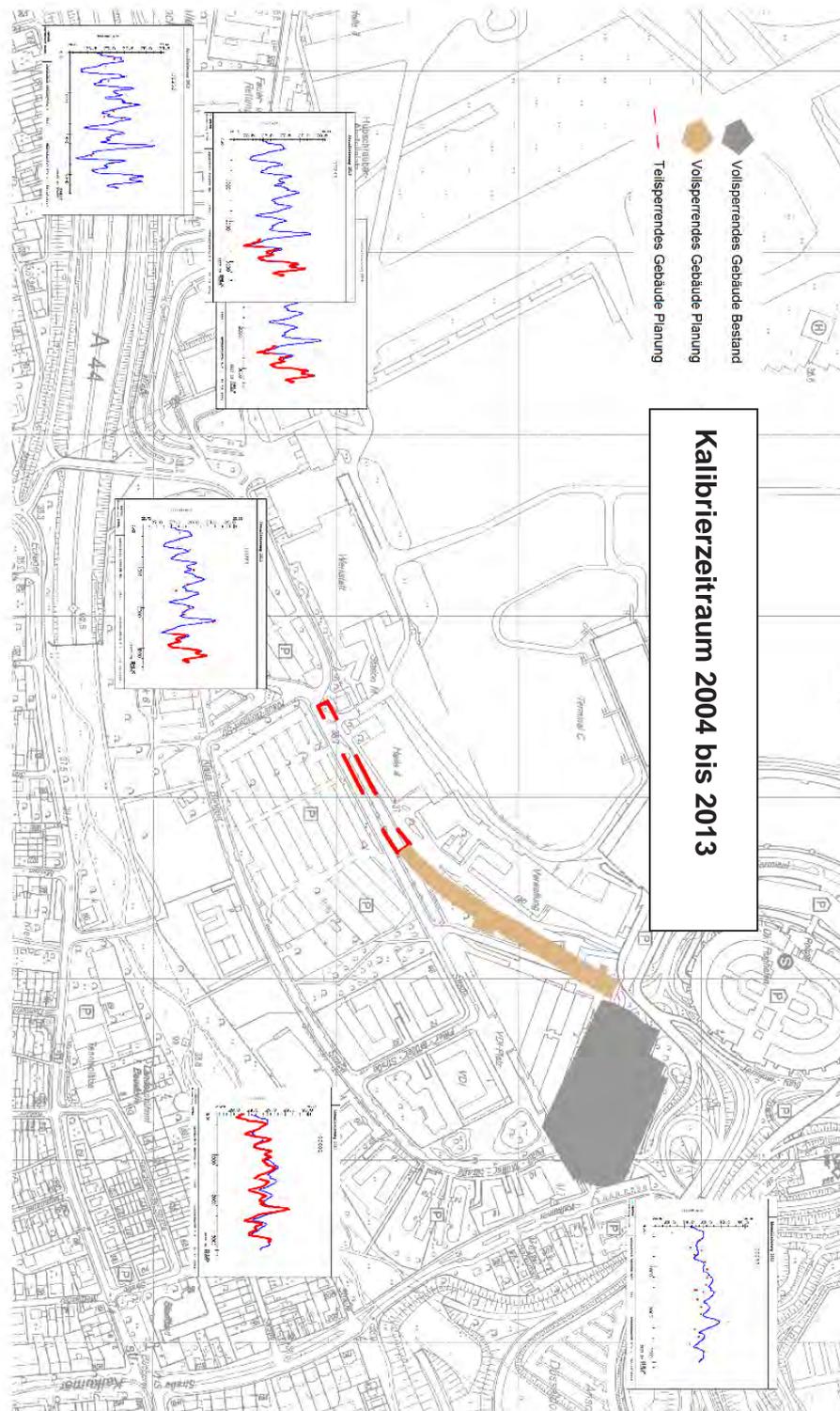


Abbildung 1: Modellgüte im Untersuchungsbereich (blau: berechnet, rot: gemessen)

Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über das betrachtete Untersuchungsgebiet mit den bekannten Verunreinigung Stand 2013 sowie den Entnahmen der Stadtwerke „Am Staad“.

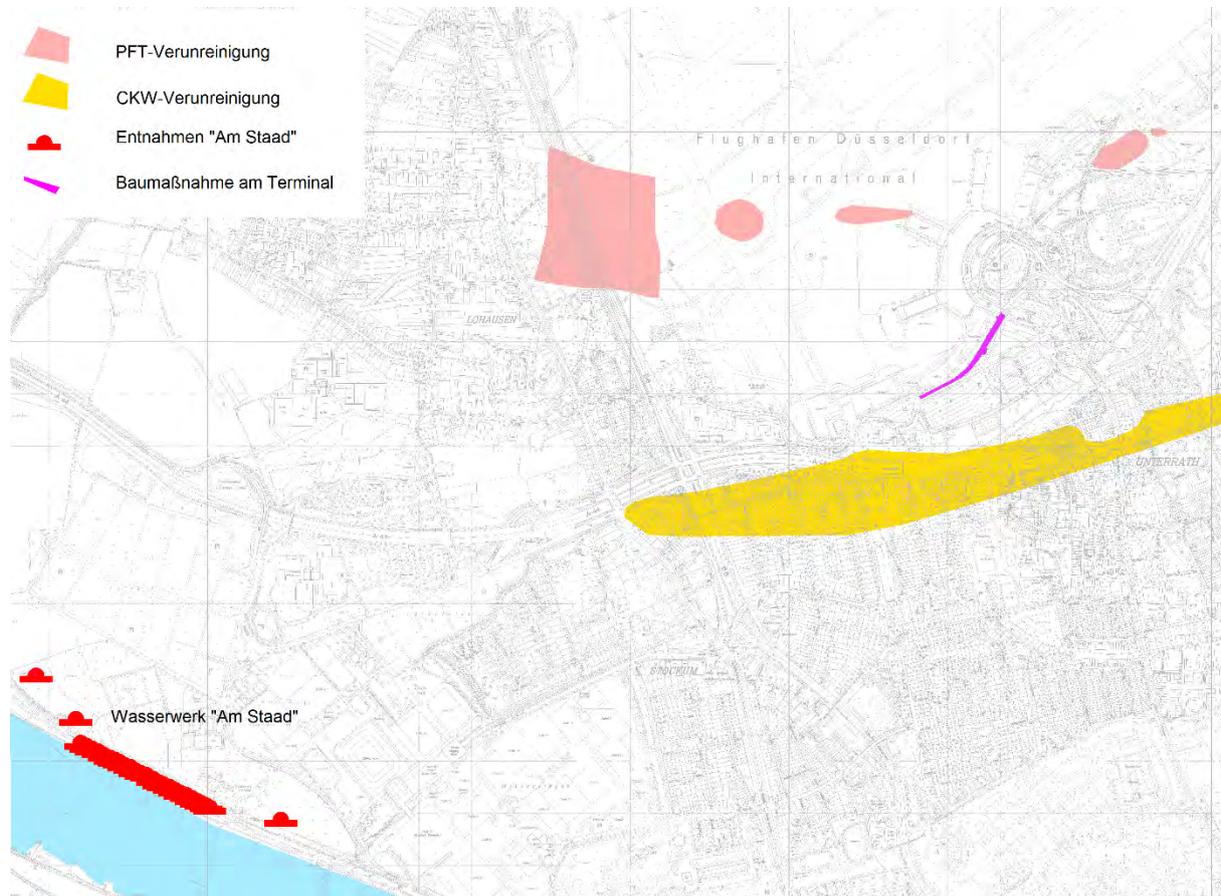


Abbildung 2: Untersuchungsgebiet mit den CKW- und PFT-Verunreinigungen (2013) sowie den Entnahmen der Stadtwerke „Am Staad“

4 Eingangsdaten

Für die Überprüfung des Sollförderkonzepts wurden folgende Daten berücksichtigt:

- Tageswerte des Rhein- und Ruhrwasserstands von 2003,
- Gang der Grundwasserneubildungsraten von 2003 (10-Tages-Mittelwerte),
- Aktuelle Sollfördermengen von 2013 des Sanierungsbereichs Rath-Derendorf,
- Fördermengen weiterer Sanierungsmaßnahmen (2013),
- Weitere Grundwasserentnahmen (Mengen von 2013),
- Informationen zur Tertiärhöhe im Modellanpassungsbereich [2],

- Angaben zu Geometrie und Lage des Bauwerks (Planunterlagen von Ingenieurbüro Dipl.-Ing. H. Vössing GmbH, Düsseldorf),
- Angaben zur Bauwasserhaltung [3].

5 Berechnungszeitraum

Als Berechnungszeitraum wurde das Jahr 2003 gewählt, weil hier sowohl zu Beginn des Jahres hohe Rheinwasserstände als auch gegen Ende des Jahres niedrige Rheinwasserstände beobachtet wurden.

Der Rhein als westlicher Modellrand geht mit seinem Jahresgang 2003 als Potentialrandbedingung (RB 1. Art) in die Berechnung ein. Die Rhein-Ganglinie des Pegels Düsseldorf ist für den Berechnungszeitraum von Oktober 2002 bis Januar 2004 in Abbildung 3 dargestellt.

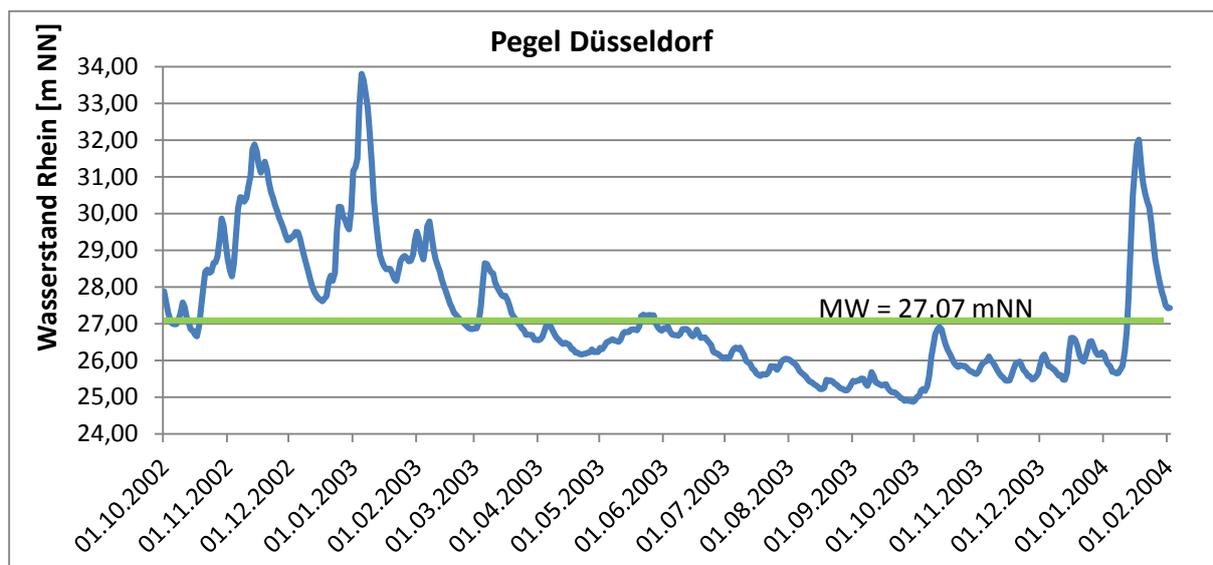


Abbildung 3: Ganglinie des Rhein-Pegels von Oktober 2002 bis Januar 2004

Zum Hochwasser-Zeitpunkt am 5. Januar 2003 liegt der Wasserstand am Pegel Düsseldorf (Rhein-km 744,5) bei 33,81 m NN. Mittlere Wasserstände am Pegel Düsseldorf (27,07 m NN) liegen an mehreren Zeitpunkten vor.

Die Berechnung startet Anfang Oktober 2002, da zu diesem Zeitpunkt ein mittlerer Grundwasserstand am Rhein-Pegel vorliegt. Zudem ist durch diesen Startzeitpunkt sichergestellt, dass mögliche Speichereffekte durch das Novemberhochwasser hinreichend genau berücksichtigt werden.

Da sich die saisonalen Schwankungen des Rheinwasserstands im Hinterland mit zeitlicher Verzögerung auswirken, wurden zunächst anhand von zwei Ganglinien (Ausgangs- und Planungszustand) die relevanten Zeitpunkte für hohe und mittlere Grundwasserstände im Untersuchungsbereich des geplanten U-Bahnhofs ermittelt.

Ein hoher Grundwasserstand im Bereich des Terminals tritt ca. 40 Tage nach dem Hochwasserereignis des Rheins auf (148. Tag der Berechnung). Ein mittlerer Grundwasserstand tritt z.B. Anfang nach 400 Tagen Berechnungsdauer ein.

Für diese Zeitpunkte wurden die Grundwasserstandsdifferenzen sowie das Einzugsgebiet der Bauwasserhaltung anhand von Schlierenbildern bestimmt (Tab. 1):

Tab. 1: Zusammenfassung der relevanten Zeitpunkte der hohen und mittleren Grundwasserstände im Bereich des geplanten U-Bahnhofs am Flughafenterminal

	Zeitpunkt HW	Zeitpunkt MW
Rhein-Pegel	5. Januar 2003 (Zeitschritt 94)	Verschiedene Zeitpunkte
Bereich Terminal	148. Tag der Berechnung	400. Tag der Be- rechnung

Es ergeben sich somit 2 relevante Zeitpunkte, die in den folgenden Kapiteln ausgewertet werden.

6 Prognoserechnungen

Die Auswertung der Berechnungen erfolgt durch Berechnung der Grundwasserstandsdifferenzen, welche durch den Bau des voll- bzw. teilsperrenden Gebäudes im Vergleich zum Ausgangszustand hervorgerufen werden. Die Differenzen werden bei mittleren sowie hohen Grundwasserständen aufgezeigt.

Nachdem die Geometrie des geplanten Bauwerks in das Modellnetz eingearbeitet wurde (Abbildung 4), wurde in den teilsperrenden Bereichen für den Planungszustand die Mächtigkeit des Grundwasserleiters um den entsprechenden Betrag begrenzt. Der vollsperrende Gebäudeteil des Tunnels wurde durch Herabsetzen der Durchlässigkeit in diesem Bereich abgebildet.

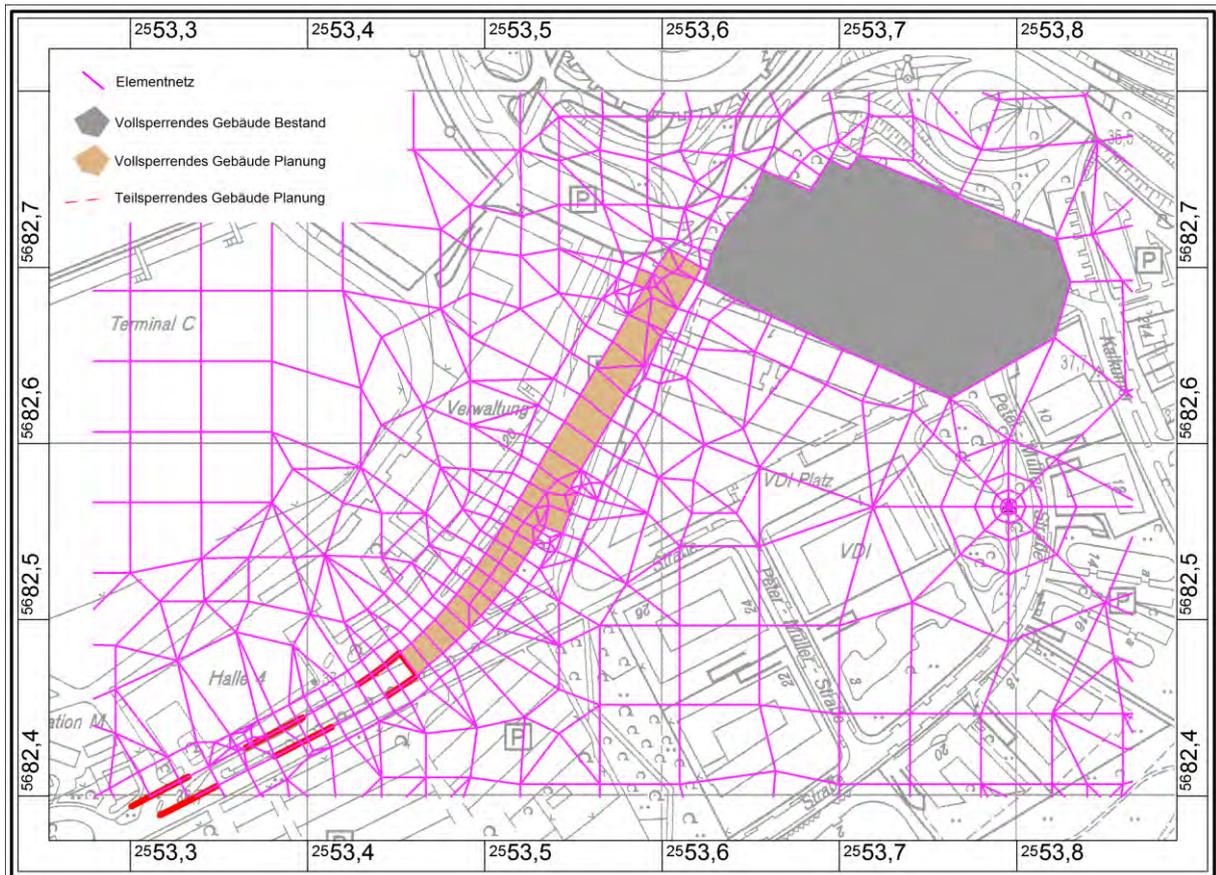


Abbildung 4: Angepasstes Modellnetz und Lage der voll- bzw. teilsperrenden Bauwerke

6.1 Einfluss des Sperrbauwerks auf die Grundwassersituation

Ein voll- bzw. teilsperrendes Bauwerk verursacht im Anstrombereich einen Aufstau des Grundwassers und im Abstrom eine Absenkung des Grundwassers. In der folgenden Abbildung 5 sind die Auswirkungen auf den Grundwasserstand infolge des voll- bzw. teilsperrenden Tunnelbauwerks bei mittleren Grundwasserverhältnissen dargestellt. Eine großräumige Darstellung der Potentiallinien ist Anlage 1 zu entnehmen.

Der vollsperrende Teil des Bauwerks verursacht im Vergleich zum Ausgangszustand ohne Tunnel einen Grundwasserstandsanstieg von weniger als 0,1 m. Auch im Abstrom beträgt die durch die sperrende Wirkung des Tunnels hervorgerufene Absenkung des Grundwassers weniger als 0,1 m. Der Einfluss des Bauwerks auf die Grundwassersituation ist jedoch in den Isopotentiallinien für den Ausgangszustand (blau) den Planungszustand (magenta) zu erkennen.

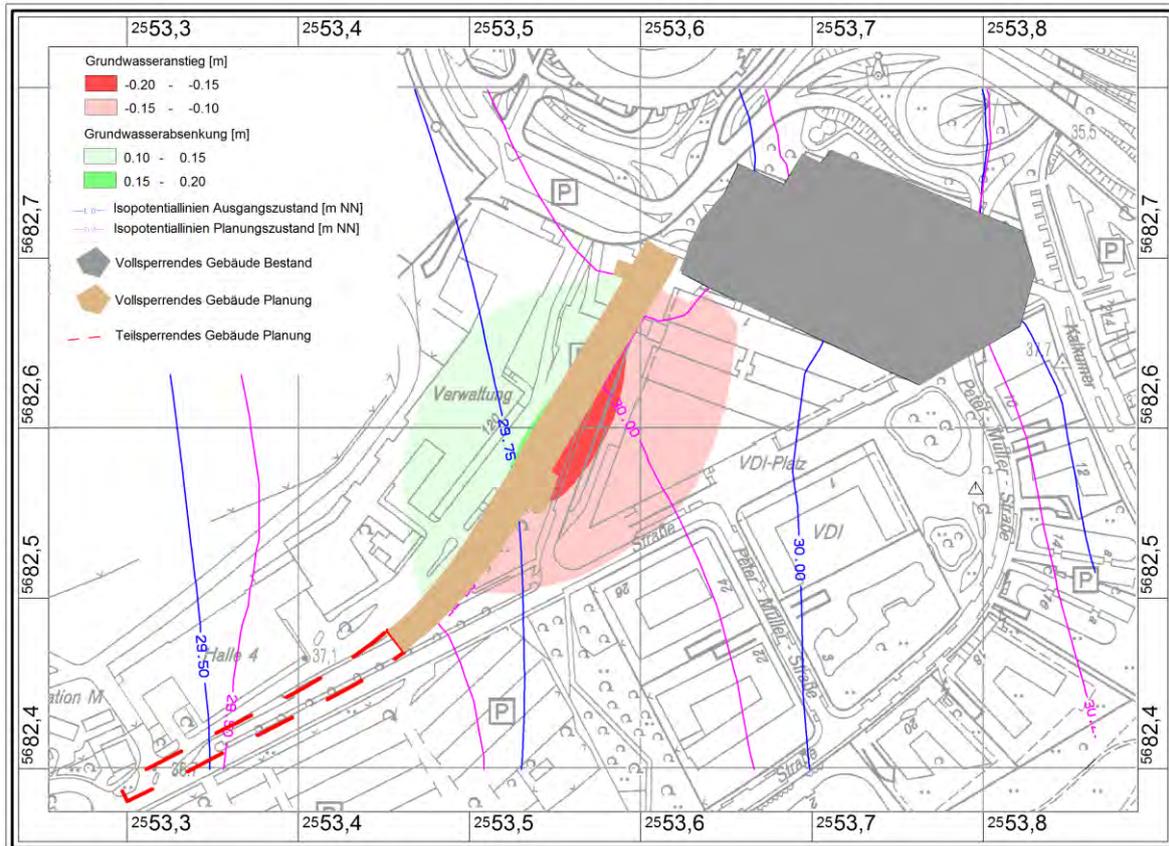


Abbildung 6: Grundwasserstandsunterschiede bei hohen Grundwasserständen

6.2 Einfluss der Bauwasserhaltung auf bekannte Entnahmen und Grundwasserunreinigungen

Welche Grundwasserverhältnisse während des Zeitraums der Bauwasserhaltung angetroffen werden, ist nicht bekannt. Um mittlere und hohe Zustände abzubilden wurden zwei unterschiedliche Zeitpunkte innerhalb des Berechnungszeitraumes betrachtet. Es erfolgt eine Erstellung der Einzugsgebiete der Grundwasserentnahme durch die Bauwasserhaltung zu einem Zeitpunkt mittlerer sowie hoher Grundwasserstände. Diese wurden den kartierten Verunreinigungsbereichen überlagert, um die Möglichkeit der Verlagerung einer Kontaminationsfahne beurteilen zu können. Informationen zum Absenkziel und die Absenkdauer wurden aus [3] entnommen. Im Bereich Tunnel-Bahnhof-Terminal reichen die Schlitzwände 10 m tief in das Tertiär. Der geometrische Aufbau sowie die in dem Modell angesetzten Durchlässigkeiten können nachfolgendem Vertikalschnitt entnommen werden. Der Vertikalschnitt verläuft dabei von Nord nach Süd durch den geplanten U-Bahnhof. Dabei basieren die Durchlässigkeiten in größeren Tertiärtiefen auf Erfahrungswerten aus anderen Bereichen im Düsseldorfer Stadtgebiet.

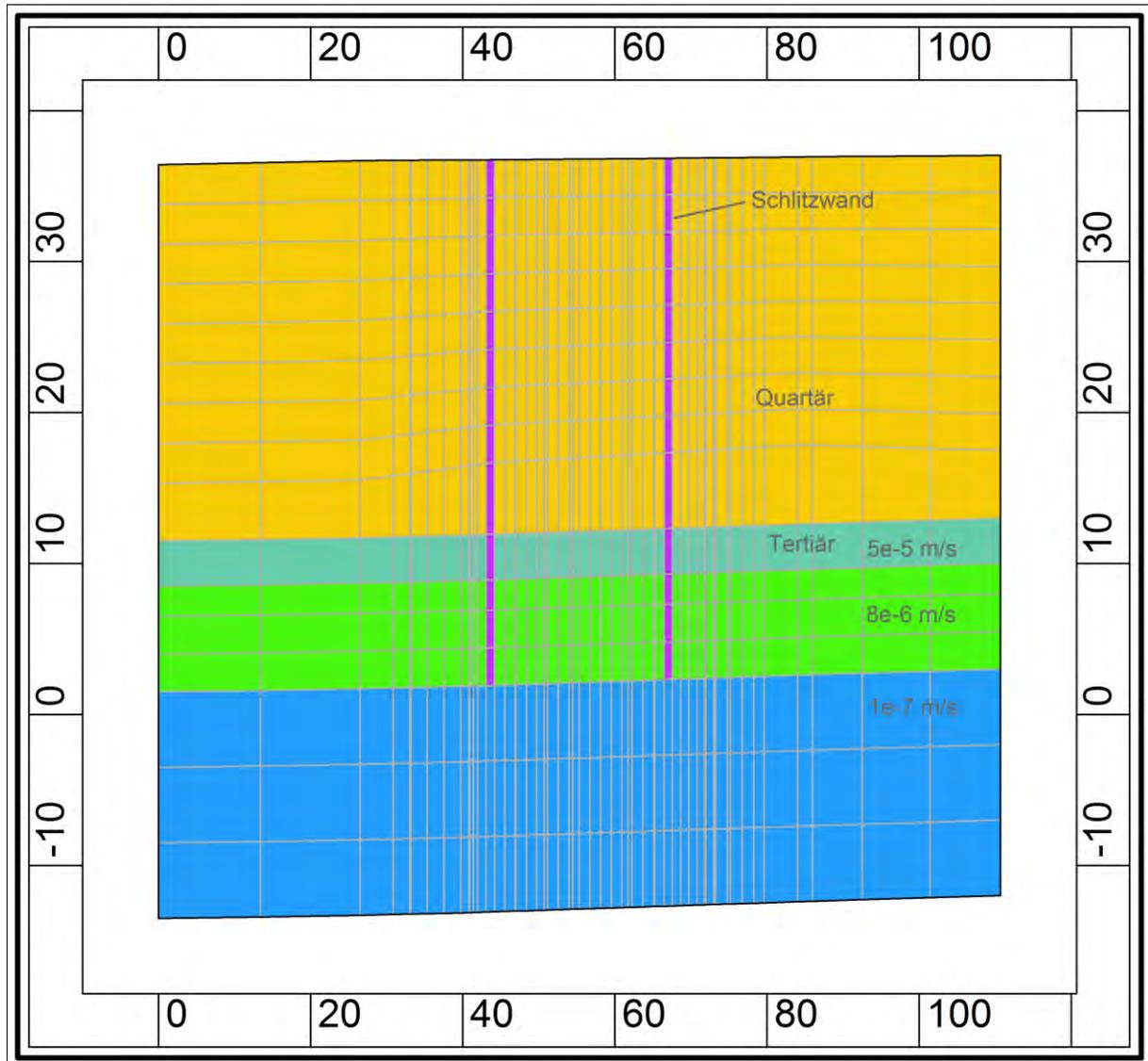


Abbildung 7: Vertikalschnitt im Bereich des Terminals

In Abbildung 8 ist das Einzugsgebiet der Bauwasserhaltung zum Zeitpunkt eines mittleren Grundwasserstandes dargestellt. Bei hohen Grundwasserständen ergibt sich das in Abbildung 9 gezeigte Einzugsgebiet.

Zu beiden Zuständen ist das jeweilige Einzugsgebiet eher kleinflächig. Bereiche mit bekannten Grundwasserkontaminationen werden nicht überdeckt. Die Einbindetiefe der Schlitzwand in einen Bereich des Tertiärs mit relativ geringer Durchlässigkeit ($1e-7$ m/s), führt zu einer deutlichen Reduzierung der Bauwasserhaltungsmengen.

Unter den innerhalb der Modellrechnungen angesetzten Voraussetzungen besteht somit keine Gefahr, dass Grundwasser aus den bekannten, verunreinigten Bereichen der Bauwasserhaltung zuströmt oder mobilisiert wird.

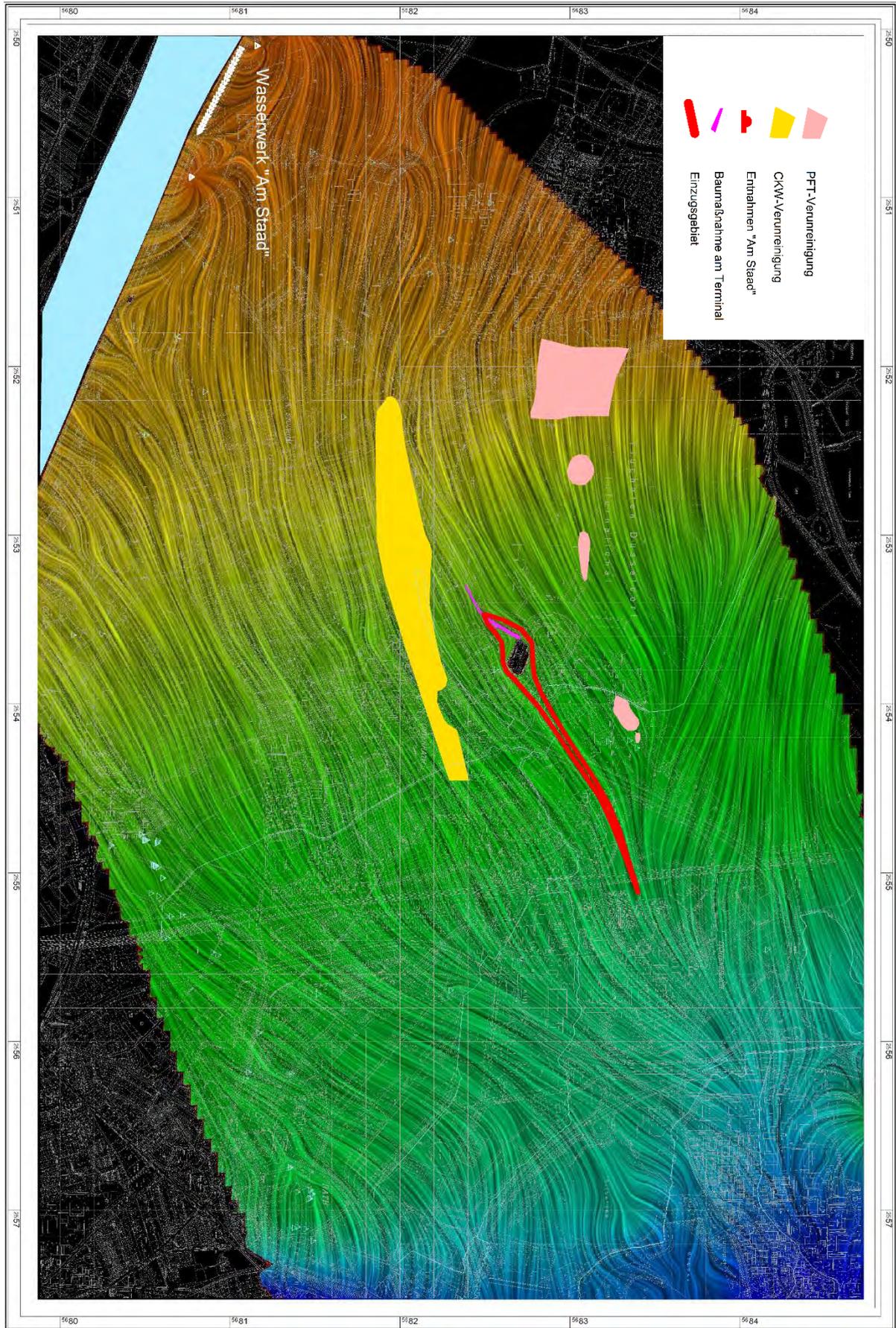


Abbildung 8: Einzugsgebiet der Bauwasserhaltung bei mittleren GW-Ständen

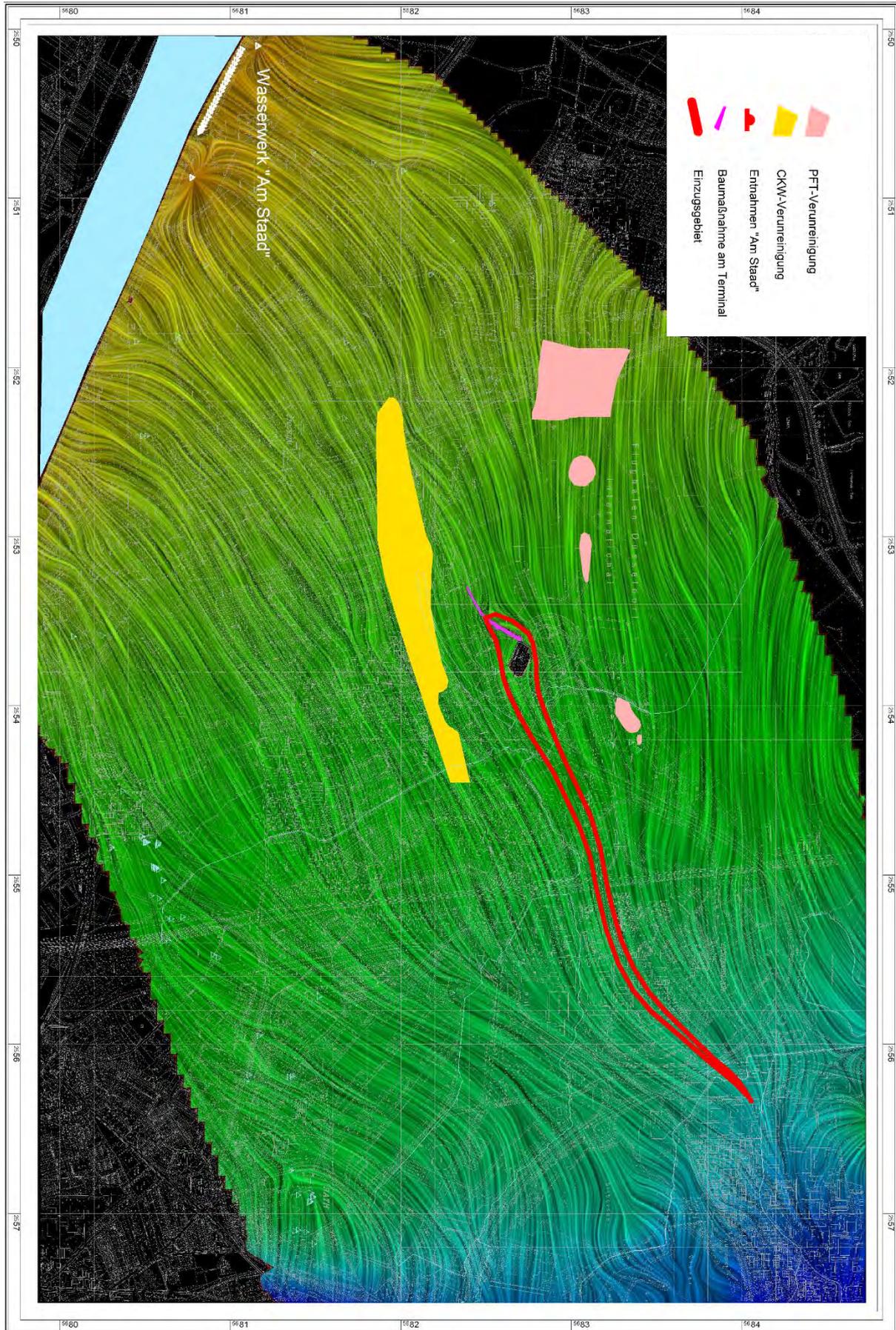


Abbildung 9: Einzugsgebiet der Bauwasserhaltung bei hohen GW-Ständen

Die Entnahmen des Wasserwerks „Am Staad“ sind in dieser Situation als dominant zu bewerten. Das Einzugsgebiet der Bauwasserhaltung liegt innerhalb der Einzugsgebiete der Wassergewinnung.

7 Zusammenfassung

Die Landeshauptstadt Düsseldorf plant die Anbindung des Düsseldorfer Flughafens an das Stadtbahnnetz durch die Linie U81. Im Bereich des Flughafenterminals wird dafür ein Tunnelbauwerk vorgesehen, welches teil- bzw. vollsperrend auf die Grundwasserströmung wirken wird. Anhand von Modellrechnungen mit dem Grundwassermodell der Stadt Düsseldorf sollte der Einfluss des Bauwerks bzw. der Baumaßnahme auf die Grundwassersituation im Untersuchungsgebiet quantifiziert werden.

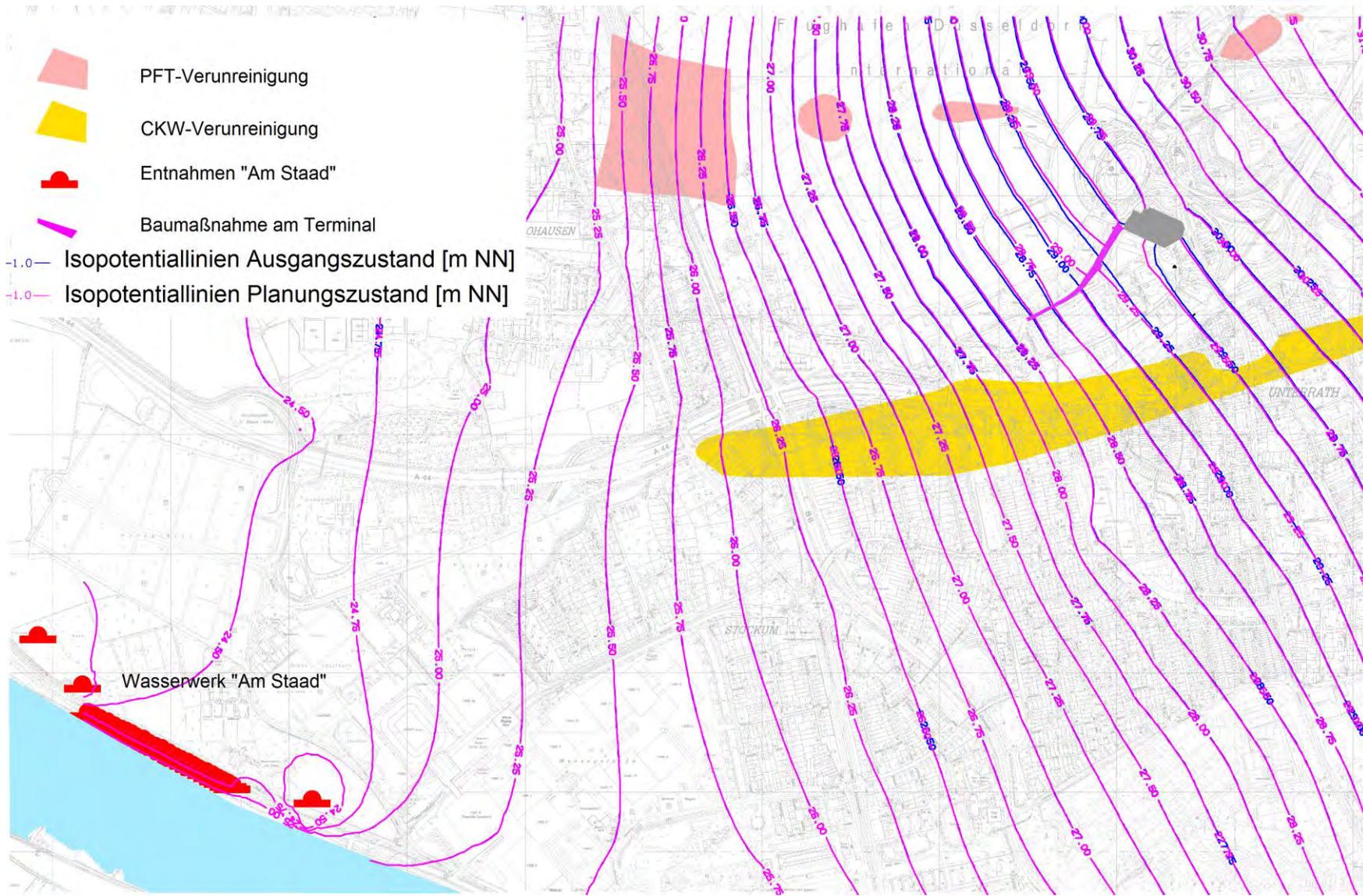
Die Auswertung der Berechnungen erfolgte durch Berechnung der Grundwasserstands-differenzen, welche durch den Bau des voll- bzw. teilsperrenden Gebäudes im Vergleich zum Ausgangszustand hervorgerufen werden. Die Differenzen wurden bei mittleren sowie hohen Grundwasserständen aufgezeigt.

Als Ergebnis bleibt festzuhalten, dass das voll- bzw. teilsperrende Bauwerk im Anstrombereich einen Aufstau des Grundwassers und im Abstrom eine Absenkung des Grundwassers verursacht. Die Grundwasserstandsänderungen sind bei generell hohen Grundwasserständen deutlicher, als bei mittleren Verhältnissen. So beträgt der maximale Aufstau im Anstrombereich, im Vergleich zum Ausgangszustand ohne Tunnelbauwerk, bei mittleren Grundwasserverhältnissen weniger als 0,1 m. Bei hohen Grundwasserständen wird durch den Tunnel ein um maximal 0,2 m höherer Grundwasserstand im Vergleich zum Ausgangszustand am Gebäude erreicht.

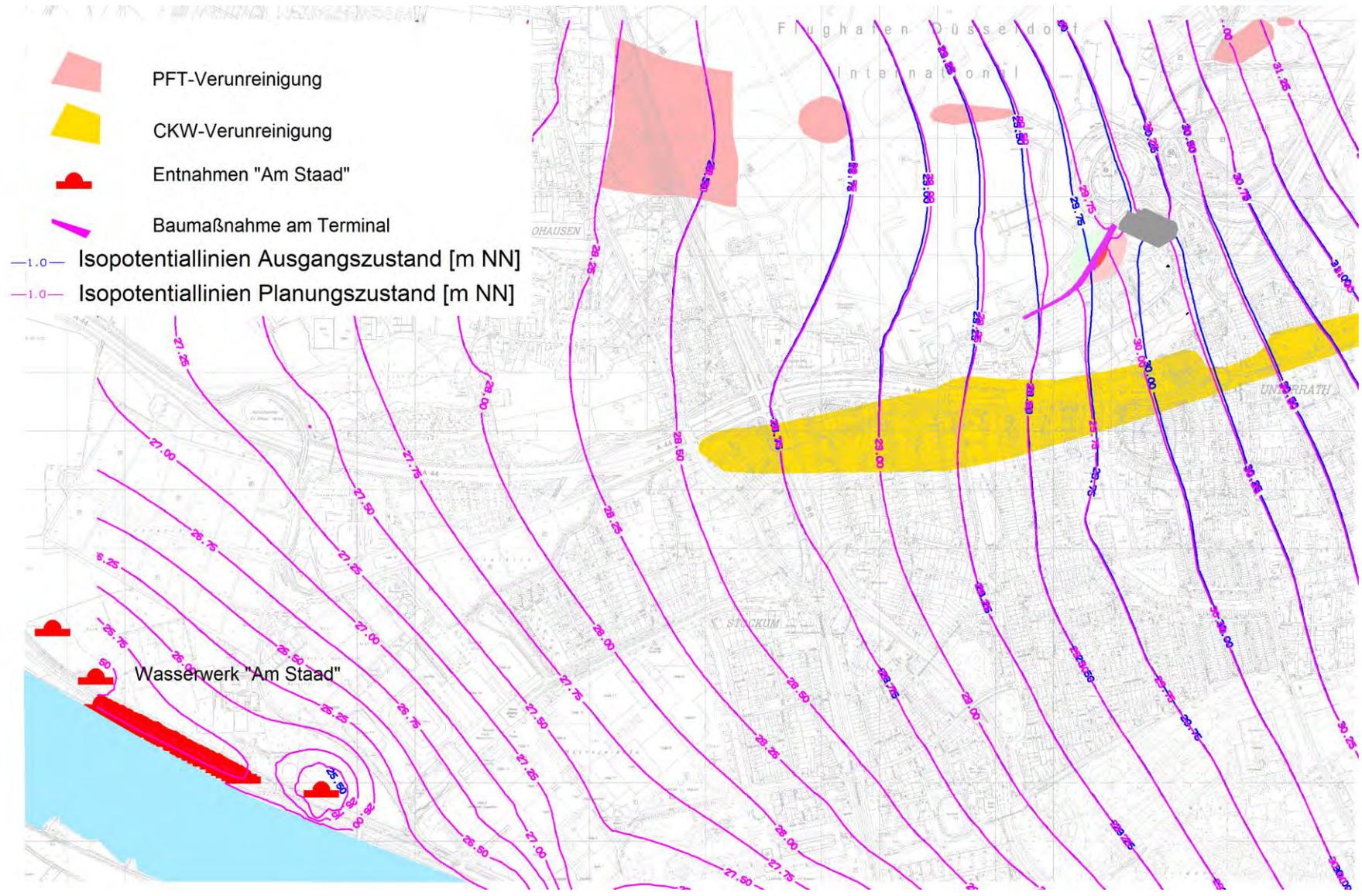
Des Weiteren wurde in einer instationären Prognoserechnung ein möglicher Einfluss der durchzuführenden Bauwasserhaltung auf bekannte Entnahmen (Wasserwerk „Am Staad“) und Grundwasserverunreinigungen (PFT und CKW) aufgezeigt. Hierfür wurde bei mittleren sowie bei hohen Grundwasserständen das Einzugsgebiet der Grundwasserentnahme durch die Bauwasserhaltung ermittelt und dieses den kartierten Kontaminationsfahnen gegenübergestellt. Es bleibt festzuhalten, dass bei einer Einbindetiefe der Schlitzwand des geplanten Bauwerks von 10 m in das Tertiär und damit in einen undurchlässigen Bereich, keine der bekannten, verunreinigten Bereiche vom Einzugsgebiet der Entnahme der Bauwasserhaltung überlagert werden.

8 Literatur- und Quellenangaben

- [1] DELTA H INGENIEURGESELLSCHAFT MBH in Zusammenarbeit mit dem Geographischen Institut der Ruhr-Universität Bochum: "Grundwasserstandsentwicklung infolge des Klimawandels am Beispiel der Stadt Düsseldorf", Studie im Auftrag der Stadt Düsseldorf, 2013/2014
- [2] GEOTEAM INGENIEURGESELLSCHAFT MBH: Stadtbahnlinie U81, Freiligrathplatz bis Flughafen Terminal, 1. Bauabschnitt, Baugrunduntersuchung/Gründungsberatung, Gutachten im Auftrag der Stadt Düsseldorf, Dortmund, 5.3.2013
- [3] Ingenieurbüro Vössing GmbH: Wassermengenermittlung, U 81/1. Bauabschnitt, Baugrube Rampe, Tunnelstrecke und U-Bahnhof, Gutachten im Auftrag der Stadt Düsseldorf, Düsseldorf, 13.2.2015



Anlage 1: Isopotentiallinien bei mittleren Grundwasserständen



Anlage 2: Isopotentiallinien bei hohen Grundwasserständen