

**Landeshauptstadt Düsseldorf
Amt für Verkehrsmanagement
Auf'm Hennekamp 45
40225 Düsseldorf**

Branschachtstraße 2
44149 Dortmund
T: 0231.967889-0
F: 0231.967889-29
info@geo-team.info
www.geo-team.info

Bearbeiter:
Dr.-Ing. Stephan Gutjahr
Durchwahl: -16
Mobil: 0175.2255485
s.gutjahr@geo-team.info

Projekt: 00.153_B07a

Datum: 26.08.2015

Seite: 1 / 35

Flughafenanbindung Stadtbahnlinie U81, 1. BA Freiligrathplatz bis Terminal

Erläuterungsbericht zum Antrag auf Erteilung des wasser- rechtlichen Erlaubnisbescheides für die Errichtung eines Grundwassersperrbauwerkes und die bauzeitliche Entnahme von Grundwasser

Dortmund, 26.08.2015

Geschäftsführung

Dr.-Ing. Klaus Haubrichs
Prof. Dr.-Ing. Frank Könemann
Dr.-Ing. Lothar Maßmeier

Handelsregister

Amtsgericht Iserlohn
HRB 6661

Bankverbindung

IBAN: DE54 4455 1210 0000 0091 42
BIC: WELADED1HEM

Niederlassungen

Duisburg
Dortmund
Iserlohn

Steuernummer

328/5829/0619
Ust-IDNr.:
DE263126346

Inhaltsverzeichnis

1	Vorgang	4
1.1	Beschreibung der Baumaßnahme	4
1.2	Inhalt der Antragstellung	6
1.3	Aufgabenstellung	6
2	Beschreibung der Baumaßnahme	7
2.1	Konzeption der Bauwerke	7
2.2	Herstellung der Bauwerke und Baugruben	7
3	Baugrund- und Grundwasserverhältnisse	10
3.1	Baugrundverhältnisse	10
3.2	Grundwasserverhältnisse	13
3.3	Grundwasserbeschaffenheit	15
3.4	Grundwasserschutz	16
4	Wassermengen und Förderraten	17
4.1	Grundlagen der Mengenermittlung	17
4.2	Angaben zu Wassermengen und Förderraten	18
4.3	Wassermengen mit möglicher Grundwasserunreinigung	20
5	Beeinflussung des Grundwasserhaushaltes	20
5.1	Mögliche Beeinflussungen	20
5.2	Beeinflussung der Grundwasserstände	21
5.3	Beeinflussung der Grundwasserbeschaffenheit	22
5.4	Beurteilung	23
6	Maßnahmen zur Vermeidung von Verlagerungen	25
6.1	Vermeidung der Verlagerung CKW	25
6.2	Vermeidung der Verlagerung PFT	25
6.3	Weitere Maßnahmen	26
7	Ableitungsmöglichkeit	28
8	Grundwassermonitoring	30
8.1	Überwachung der Grundwasserstände	30
8.2	Überwachung der Grundwassergüte	31

8.3	Vorschlag von Parametern der chemischen Analysen _____	32
8.4	Vorschlag für ein Grundwassermonitoring _____	33
9	Abschließende Hinweise _____	35

Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Übersichtslageplan mit Grundwassermessstellen, M 1 : 4000
Anlage 2	Übersichtsplan der PFT- und CKW-Verunreinigungen im Umfeld zum Flughafen Düsseldorf, Umweltamt LHD, Stand: Herbst 2014
Anlage 3	Düsseldorf – Verlängerung der U 81 in Richtung Flughafen, Grundwassermodell, Einfluss des Sperrbauwerks und der Bauwasserhaltung, delta h Ingenieurgesellschaft mbH, Witten
3.1	Bericht vom 26.03.2015
3.2	Bericht vom 23.06.2015 – Variante „Tiefere Schlitzwand“

Verwendete Unterlagen

Die hier verwendeten Unterlagen können auf Anfrage bereitgestellt werden.

- [U 1] Stadtbahnlinie U81 Freiligrathplatz bis Flughafen Terminal 1. Bauabschnitt, Baugrunduntersuchung, Gründungsberatung, Bericht 00.153_B01 vom 05.03.2013, geoteam Ingenieurgesellschaft mbH, Dortmund

- [U 2] Stadtbahnlinie U81 Freiligrathplatz bis Flughafen Terminal, 1. Bauabschnitt, Grundlagen der Wassermengenermittlung im Bereich der Rampen und den Tunneln in offener Bauweise, Bericht 00.153_B05a, geoteam Ingenieurgesellschaft mbH, Dortmund

- [U 3] Wassermengenermittlung, U 81 / 1. Bauabschnitt, Freiligrathplatz – Flughafen Terminal, Entwurfsplanung, Baugrube Rampe, Tunnelstrecke und U-Bahnhof, Ermittlung Wasser- und Fördermengen vom 06.08.2015, IGV, Düsseldorf, Anlage zum Wasserrechtsantrag

- [U 4] Ordnungsbehördliche Verordnung zur Festsetzung des Wasserschutzgebietes für das Einzugsgebiet der Wassergewinnungslage „Am Staad“ der Stadtwerke Düsseldorf AG (SWD) – Wasserschutzgebietsverordnung „Am Staad“, datiert 29.01.2010

1 Vorgang

1.1 Beschreibung der Baumaßnahme

Die Landeshauptstadt Düsseldorf plant die Anbindung des Düsseldorfer Flughafens an das Stadtbahnnetz durch die Linie U81. Nach aktuellem Stand ist eine Variante mit einem Brückenbauwerk über den Nordstern (Kreuzungsbereich A 44) mit zunächst anschließender oberflächigen Trassenführung in Damm- und Niveaulage und dann einem unterirdischen Auslauf (Tunnelführung) im Bereich des Flughafen-Terminals in offener Bauweise vorgesehen. Im Bereich des geplanten Brückenbauwerkes schwenkt die Trasse vom Nordstern aus in Richtung Süden und die Gleise werden mit einer Rampe / Überwerfungsbauwerk wieder auf Niveaulage bis zur bereits bestehenden Haltestelle Freiligrathplatz geführt. Hier erfolgt der Anschluss an das Stadtbahnnetz.

Seitens der Ingenieurgemeinschaft Grassl Vössing (IGV), Düsseldorf wurde geoteam zudem ein Vorabzug eines Übersichtsplanes, datiert 16.05.2014, der aktuellen Entwurfsplanung mit einer kilometrierten Trasseneinteilung in 11 Abschnitten überstellt (s. Abbildung 1). Diese Einteilung wird für den vorliegenden Bericht zu Grunde gelegt.

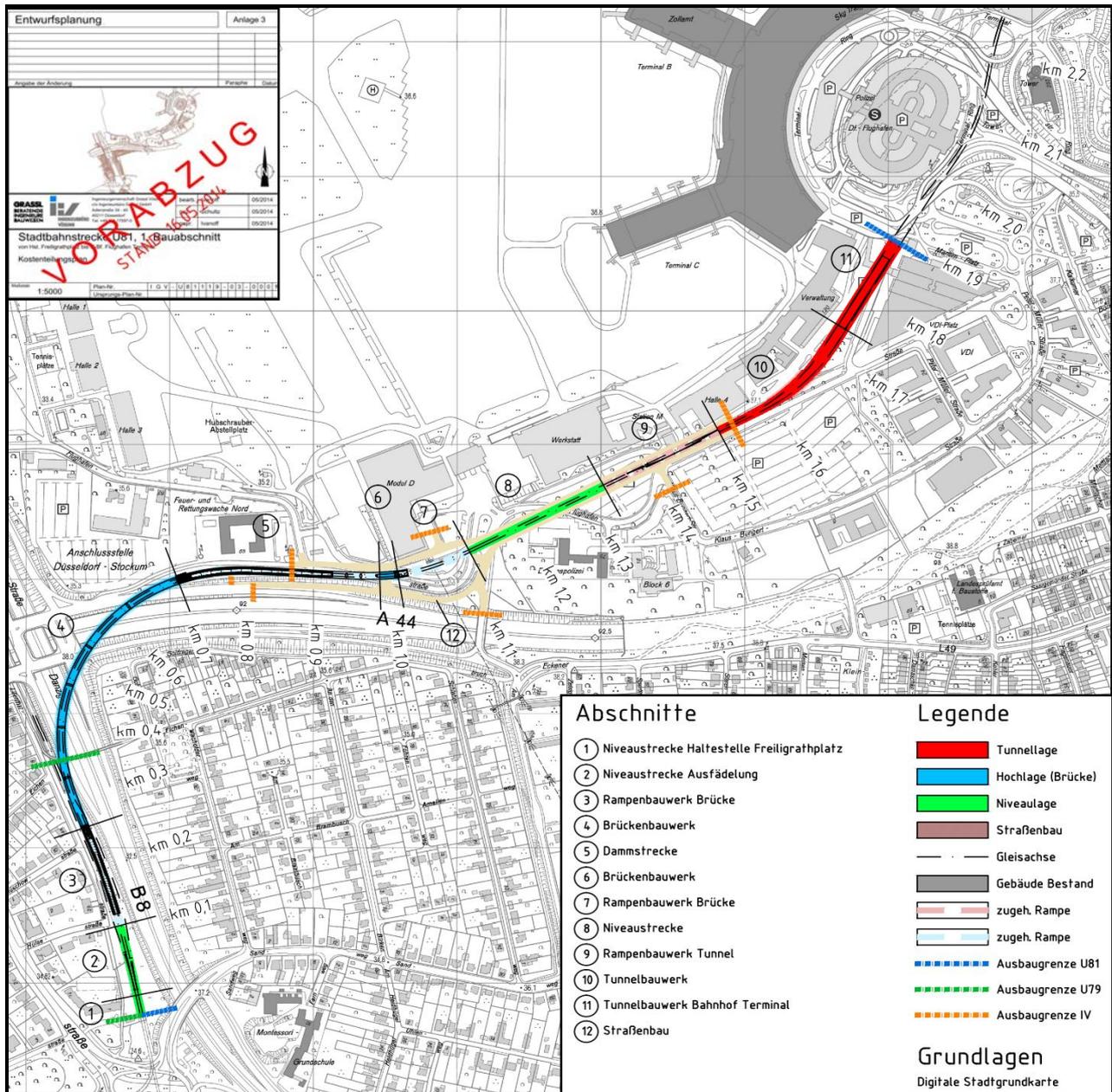


Abbildung 1: Übersichtplan mit Einteilung in 11 Abschnitten, Ingenieurbüro Grassl Vössing (Vorabzug)

1.2 Inhalt der Antragstellung

Für die Herstellung der Umschließung der Baugrube des Tunnelbauwerkes mit Schlitzwänden, die in das weniger durchlässige Tertiär einbinden, wird der Antrag auf Erteilung einer Wasserrechtlichen Erlaubnis zur

- Errichtung eines Grundwassersperrbauwerkes und
- Bauzeitlichen Entnahme und Ableitung von Grundwasser

durch die Landeshauptstadt Düsseldorf, Amt für Verkehrsmanagement gestellt. Eine Antragstellung der Einleitung in ein Oberflächengewässer oder in die Kanalisation wird erst im Zuge der Bauausführungsplanung durchgeführt.

Das Projekt ist zum Zeitpunkt der Berichtserstellung nicht planfestgestellt. Im Zusammenhang mit der Planfeststellung soll zunächst die Genehmigungsfähigkeit aus wasserrechtlichen Belangen geprüft werden. Die eigentlichen Anträge erfolgen erst zu einem späteren Zeitpunkt.

1.3 Aufgabenstellung

Im Zusammenhang mit der Antragstellung und der Feststellung der Genehmigungsfähigkeit wurde die geoteam Ingenieurgesellschaft mbH, Dortmund beauftragt, dazu den vorliegenden Erläuterungsbericht zu verfassen. Hier werden nach einer Beschreibung der Baumaßnahme

- die Baugrund- und Grundwasserverhältnisse dargestellt,
- die voraussichtlichen Auswirkungen infolge der bauzeitlichen Entnahme und der Sperrwirkung auf den Grundwasserhaushalt bewertet,
- ein Vorschlag für die Überwachungen der Grundwasserstände und -güte (Grundwassermonitoring) vorgestellt,
- Ableitungsmöglichkeiten erläutert.

2 Beschreibung der Baumaßnahme

2.1 Konzeption der Bauwerke

Der Abbildung 1 ist zu entnehmen, dass sich der erste Bauabschnitt der U81 zur Flughafenanbindung in 11 Abschnitte aufteilt. Im Süden beginnend fädelt die Stadtbahnlinie U81 nach der bestehenden Haltestelle Freiligrath Platz aus der bestehenden Trasse der U79 aus (Abschnitte 1 bis 3) und schwenkt anschließend über ein Brückenbauwerk in Richtung Osten (Abschnitt 4). Dort verbleibt die Trasse in Dammlage auf einem Trogbauwerk bis hinter die Brücke am Tor 1 (Abschnitte 5 und 6). Über eine Brückenrampe wird die Stadtbahnlinie über eine Niveaulage (Abschnitt 7 und 8) bis zur Tunnelrampe (Abschnitt 9) geführt. Es folgt eine unterirdische Tunnelstrecke und der Bahnhof Terminal (Abschnitte 10 und 11).

In den Abschnitten 1 bis 8 sind keine oder nur punktuelle Eingriffe in die grundwassergesättigte Zone durch Tiefgründungselemente vorgesehen. Dazu sind insbesondere zu nennen: Gründung der Brückenwiderlager auf Großbohrpfählen, Gründung zweier Pfeiler auf Großbohrpfählen, teilweise Gründung des Trogbauwerks auf Großbohrpfählen und Gründung der Brücke Tor1 auf Großbohrpfählen. Die Oberkanten der Pfähle liegen stets oberhalb des Bauwasserstandes. Die Pfahlunterkante liegt zumeist im Quartär. Zur Erhöhung der Tragfähigkeit und Optimierung der Bohrpfahllängen werden bereichsweise Mantelverpressungen mit Zementmörtel vorgesehen.

Tunnelstrecke und Bahnhof liegen in der wassergesättigten Zone. Die Tunnelrampe liegt etwa ab der Station km 1+428 unterhalb des angesetzten Bauwasserstandes (siehe Tabelle 1). Die Bauwerke von Tunnelrampe, Tunnelstrecke und Bahnhof werden in Stahlbetonbauweise errichtet. Die Bauwerke werden in WU Beton ausgeführt. Die Unterkanten der Tunnelbauwerke liegen bei + 22,26 mNN an tiefster Stelle. Dies ist etwa 9 m unter dem Bauwasserstand. Nach der Herstellung in offener Bauweise erfolgt eine Einschüttung mit Boden. Eine konstruktive Sicherung gegen Aufschwimmen ist dauerhaft nicht erforderlich.

2.2 Herstellung der Bauwerke und Baugruben

Zur Herstellung der Gründungen der Ingenieurbauwerke Brücke Nordstern, Trogbauwerk und Brücke Tor 1 sind stellenweise Baugruben notwendig. Die Gründungsebenen und damit die Baugrubensohlen liegen stets oberhalb des Bauwasserstands. Es werden geböschte Baugruben und verbaute Baugruben vorgesehen. In der

Regel werden Trägerbohlwände oder Spundwände geplant, die teilweise auch mit Verpressankern gesichert werden. Die Verbauwände können dabei temporär in die wassergesättigte Zone einbinden. Die Verbauwände werden nach den Gründungsarbeiten rückgewonnen bzw. oberflächennah zurückgebaut.

Tabelle 1: Übersicht der Höhenkoten der einzelnen Abschnitte

Abschnitt	Höhenkoten [mNN]
U-Bahnhof	
Geländeoberkante	+37,0
Baugrubensohle	+22,6
Bauwasserstand BW	+31,0
Mittelwasserstand	+29,1
UK Schlitzwand	+8,8
OK Tertiär	+11,8
Dicke UWBS	-
Tunnelstrecke	
Geländeoberkante	+37,0 bis +37,4
Baugrubensohle	+23,0 bis +24,8
Bauwasserstand BW	+30,5
Mittelwasserstand	+29,1
UK Schlitzwand	+8,8
OK Tertiär	+11,8
Dicke UWBS	-
Tunnelstrecke + Rampe	
Geländeoberkante	+37,4 bis +37,7
Baugrubensohle	+25,0 bis +30,6
Bauwasserstand BW	+30,5
Mittelwasserstand	+29,1
UK Schlitzwand	+18,0 bis +23,6
OK Tertiär	+11,8
Dicke UWBS	1,00 m

Tunnelrampe, Tunnelstrecke und Bahnhof werden in offener Bauweise hergestellt. Es wird eine grundwasserschonende Bauweise vorgesehen, die die Errichtung der Bauwerksteile in nahezu wasserdichten Baugruben vorsieht. Die Abschnitte werden in Baufelder eingeteilt, die durch Querschotts getrennt sind. Es ist dabei weiter vorgesehen, dass Teile der Tunnelstrecke und der Bahnhof in sogenannten Tertiärbaugruben

sowie die Rampe und die höher liegende Tunnelstrecke in einer Baugrube mit Unterwasserbetonsohle (UWBS) als Sohlabdichtung erstellt werden. Die vorstehende Tabelle fasst die Höhenkoten der Baugruben zusammen.

Der Bereich der Tunnelrampe wird, soweit er unterhalb des Grundwasserspiegels liegt, in einer nahezu dichten Baugrube erstellt, die als Sohlabdichtung eine rückverankerte UWBS erhält. Aufgrund der fallenden Gradienten sind Sohlspünge in Abständen von ca. 60 m geplant. Die Verbauwände enden entsprechend gestaffelt in Tiefen zwischen +23,60 mNN und +18,00 mNN.

Nach derzeitigem Planungsstand sind wasserdichte Verbauwände als Schlitzwände vorgesehen. Die Schlitzwände werden in einzelnen Stichen hergestellt und diese Stiche werden zu Schlitzwandlamellen zusammengefasst. Beim Schlitzvorgang wird Boden mit einem Greifer entnommen und temporär durch eine stützende Flüssigkeit (Suspension) ersetzt. Der Suspensionsdruck im Schlitz ist größer als der Erd- und Wasserdruck, sodass sicher bis zur Unterkante im Schlitz ausgehoben werden kann. Nach Erreichen der Endtiefe wird der Bewehrungskorb der Verbauwände eingestellt und es erfolgt die Betonage. Dabei wird von unten nach oben die vorhandene Suspension durch Beton ersetzt, die abgepumpt und regeneriert wird. Nach dem Aushärten des Betons kann das benachbarte Schlitzwandelement hergestellt werden. Die Übergänge zu den Querschotts werden mit orthogonal angeordneten Stichen als L- oder T-Lamellen ausgeführt.

Im Bereich der Rampe sowie in Bereichen der Tunnelstrecke mit UWBS erfolgt im nächsten Arbeitsschritt nach der Wandherstellung, der Aushub des Bodens ohne vorlaufende Absenkung des Wasserspiegels. Nach dem Unterwasseraushub wird eine UWBS zur unteren Abdichtung eingebracht. Falls diese durch ihr Eigengewicht nicht sicher gegen Aufschwimmen ist, wird eine zusätzlich Rückverankerung vorgesehen. Diese kann aus senkrechten Sicherungselementen beispielsweise Verpressankern, Mikropfählen (GEWI-Verbundpfähle) oder Rüttelinjektionspfählen (RI-Pfähle) bestehen. Nach dem Aushärten der UWBS kann die Baugrube gelenzt werden und das Bauwerk im Trockenen errichtet werden.

Im Bereich der Tertiärbaugruben von Tunnelstrecke und Bahnhof werden ebenfalls Schlitzwände als Verbau vorgesehen. Dabei binden die nahezu wasserdichten Verbauwände bis in das weniger durchlässige Tertiär, das bei etwa +11,8 mNN liegt, ein. Die Einbindung ins Tertiär beträgt im Hinblick auf die Minderung des Zustroms mindestens 3 m und richtet sich darüber hinaus nach den statischen und geohydraulischen Erfordernissen.

Bei Baugruben mit nahezu wasserdichten Verbauwänden werden gelegentlich in Übergangsbereichen bspw. bei T-Lamellen oder Übergang von Bohrpfahlwand zu Schlitzwand, Injektionen mit Verpressgut auf Zementba-

sis verwendet um die Erosionssicherheit zu erhöhen. Diese Injektionen sind zwar in der wassergesättigten Zone, aber lokal stark begrenzt. Auch im Übergang zwischen Verbauwand und UWBS werden Injektionen vorgesehen, um den dichten Anschluss sicherzustellen.

Es folgt eine Entwässerung des Baugrunds vorlaufend zum Aushub. Zur Absenkung des innerhalb der Baugrube liegenden Wasserspiegels wird der Betrieb einer innenliegenden Restwasserhaltung zur Fassung des Zustroms über das Tertiär notwendig. Im Schutz der Restwasserhaltung wird der Aushub vollzogen und die Bauwerke erstellt.

3 Baugrund- und Grundwasserverhältnisse

3.1 Baugrundverhältnisse

Die angetroffenen Baugrundverhältnisse sind bereits in dem Bericht der Unterlage [U 1] beschrieben worden. Auf Grundlage der bereits durchgeführten Baugrunderkundungen sowie der geologischen Karte verläuft die Trasse im Bereich von vier Schichten mit unterschiedlichen bodenmechanischen Eigenschaften, die im Folgenden von der Geländeoberkante zur Tiefe hin beschrieben werden:

Schicht A: Auffüllung

Schicht B: Alluviale Hochflutbildungen

Schicht C: Niederterrasse des Rheins

Schicht D: Tertiär

Schicht A

Entlang der Trasse sind besonders im östlichen Ast (zwischen Nordstern und Terminal) weitreichende Auffüllungen aufgeschlossen worden. Im Bereich der geplanten Brücke Nordstern sind keine Auffüllungen erkundet worden. Am südlichen Ende der Trasse wurde lediglich eine gering mächtige Schicht bis 60 cm Tiefe aus gemischtkörnigen Auffüllungen mit anthropogenen Beimengungen (Asphalt, Beton- und Ziegelbruch, Metallreste) erkundet.

Zwischen Nordstern und Terminal betragen die Dicken der Auffüllungen zwischen 0 m und 5,4 m. Nach den Ergebnissen der Erkundungen handelt es sich dabei überwiegend um grobkörnige und gemischtkörnige Böden. Bei den Gemischen sind überwiegend Sande mit unterschiedlichen Beimengungen von Kiesen und

Schluffen festzustellen. Stellenweise sind auch vorwiegend bindige Auffüllungen mit einem Hauptanteil aus Schluff erkundet worden. Als anthropogene Beimengungen sind Asphalt- und Steinzeugrohrreste sowie Beton- und Ziegelbruch als auch gebrochenes Natursteinmaterial (Schotter) aufgeschlossen worden.

Schicht B

Unterhalb der Auffüllungen folgen bereichsweise alluviale Hochflutbildungen (Auenlehme, Hochflutlehme aus Schluffen und Tonen mit Nebenanteilen und bis metermächtigen Linsen aus Sand und Kies), sofern diese nicht im Zuge der zu früheren Zeiten durchgeführten Geländeregulierungen abgetragen und/oder durch Auffüllungen ersetzt wurden.

Die Hochflutablagerungen wurden lediglich im südlichen Bereich (Freiligrathplatz bis Nordstern) aufgeschlossen. Die Schichtdicken betragen 0,9 m bis 1,4 m. Es ist aber nicht auszuschließen, dass bereichsweise weitere Hochflutablagerungen angetroffen werden. An der Schluffbasis können in Rheinnähe auch Tonschichten auftreten, die hier aber nicht aufgeschlossen wurden.

Bei dem Hochflutlehm handelt es sich meist um Schluff mit sandigen und untergeordnet kiesigen Beimengungen. Stellenweise können auch tonige Beimengungen vorhanden sein. Aufgrund der Plastizität und Konsistenz ist diese Schicht als bewegungsempfindlich einzustufen. Unter Grundwasser bzw. bei Zutritt von Schichtenwasser kann der Schluff außerdem fließempfindlich sein.

Überwiegend ist für den Hochflutlehm (Schluff, Ton) von einer steifen, örtlich auch weichen bzw. halbfesten Zustandsform auszugehen. Im Vergleich zu den unterlagernden nichtbindigen Böden der Niederterrasse ist die Zusammendrückbarkeit des Hochflutlehms als groß zu bezeichnen.

Schicht C

Unter den alluvialen Hochflutbildungen bzw. den Auffüllungsschichten folgen die pleistozänen Flussaufschüttungen der Niederterrasse des Rheins. Es handelt sich um Sande und Kiese des Quartärs, die z. T. schluffige und selten tonige Nebengemengeteile aufweisen. Zur Tiefe treten zunehmend grobkörnige Anteile hervor. Bereichsweise können geringmächtige Lagen von bindigen Böden in die meist grobkörnigen Sedimente der Niederterrasse des Rheins zwischengelagert sein, die lateral nicht durchhalten.

Die quartären sandig-kiesigen Ablagerungen der Niederterrasse des Rheins können insbesondere an der Schichtoberfläche z.T. schluffige Beimengungen aufweisen. An der Schichtoberfläche stehen überwiegend

kiesige Mittel- bis Grobsande an, erst zur Tiefe treten zunehmend kiesige Anteile hervor. Generell sind in den Terrassenablagerungen immer wieder Schichten von geringer Mächtigkeit oder geringer Ausdehnung vorhanden, die eine enge Kornabstufung besitzen.

Insgesamt ist von einer überwiegend mitteldichten Lagerung auszugehen, die mit zunehmender Tiefe in eine dichte Lagerung übergeht und damit typisch für die quartären Terrassensedimente ist. Die Schichtunterkante der Terrassenablagerungen des Rheins bzw. die Grenze Unterkante Quartär / Oberkante Tertiär wurde mit den ergänzenden Erkundungen in Tiefen von ca. 23,3 m bis 26,5 m unter GOK festgestellt. In lokal angetroffenen Vertiefungen sind vermehrt Groblagen angetroffen worden. Dies sind erkundete Grobkiese und stark steinige Beimengungen.

Im Bereich des Terminals wurde der Tertiärübergang bei relativ einheitlichen Höhen von +11,25 bis +11,77 mNN festgestellt. Zum Terminal West steigt die Unterfläche des Quartärs leicht auf +12,04 mNN an. Auch hier sind Basisgerölle möglich, wobei diese mit den durchgeführten Bohrungen nicht angetroffen worden sind. Am Nordstern und südlich fortsetzend ist eine Senke bzw. Rinnen der Unterfläche festzustellen. Hier wurde eine Tiefenlage von +5,3 mNN erkundet.

Schicht D

Unterhalb der quartären (pleistozänen) Sande und Kiese der Niederterrasse des Rheins folgen die Schichten des Tertiärs mit meist schwach schluffigen und schwach mittelsandigen bis schluffigen Feinsanden. Es handelt sich stratigraphisch gesehen, um die marinen Grafenberger-Sande, die dem Oberoligozän zuzuordnen sind. Das Tertiär weist eine Mächtigkeit von über 50 m auf.

Die Oberfläche der tertiären Schichten wurde im hier relevanten Projektgebiet mit den vorhandenen und ergänzenden Aufschlüssen in Tiefenlagen von ca. +5,3 bis +12,2 mNN erkundet. Es zeigt sich, dass in die Tertiäroberfläche Rinnen von mehreren Metern Tiefe eingeschnitten sein können und die Tiefenlage der Oberfläche besonders im Bereich der Brücke Nordstern erheblichen Schwankungen unterliegt. Typisch für die Rinnen ist es, dass dort vermehrt Basisgerölle (Grobkies, Steine und auch Blöcke) des Quartärs anzutreffen sind.

Meist im Grenzbereich zum überlagernden Quartär sind örtlich im Tertiär feste Eisenhydroxidschwarten und -knollen sowie Brauneisensteinbildungen, z. T. in Stein- und Blockgröße anzutreffen. Weiter können bereichsweise zu Sandstein verfestigte Lagen des tertiären Feinsands auftreten.

3.2 Grundwasserverhältnisse

Eine detaillierte Beschreibung der Grundwasserverhältnisse ist im Bodengutachten [U 1] wiedergegeben. In den folgenden Grundlagen werden nur erforderliche Angaben zitiert und zusammenfasst.

Die Wasserdurchlässigkeiten des Quartärs und des Tertiärs werden nach dem Baugrundgutachten bei isotropen Eigenschaften der Schichten angegeben mit:

Quartär: $k_f \approx 4 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$
 Tertiär: $k_f = 5 \cdot 10^{-5} \text{ bis } 5 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$

Nach den Ergebnissen der Baugrunduntersuchungen sind je nach Trassenabschnitt folgende Grundwasserstände zu berücksichtigen, wobei bei den folgenden Betrachtungen die Bauwasserstände (BW) als höchste bauzeitlich zu erwartende Grundwasserstände zu Grunde gelegt werden (Tabelle 2).

Tabelle 2: Vorgeschlagene charakteristische Wasserstände

	Niedrigwasser	Mittelwasser	Bemessung Hochwasser Bauzeit	Höchster bekannter Grundwasserstand
Bezeichnung	NGW	MGW	BW	HHGW
Bahnhof Terminal	+27,7 mNN	+29,1 mNN	+31,0 mNN	+32,0 mNN
Tunnelstrecke und Rampe			+30,5 mNN	
Brücke und Rampe Bereich Nordstern	+26,5 mNN	+28,0 mNN	+30,0 mNN	+31,0 mNN
Überwerfungsbauwerk, südliche Ni-veaulage und Freiligrathplatz	+25,2 mNN	+27,5 mNN	+29,0 mNN	+29,5 mNN

Die Grundwasserstände liegen z.T. im Einflussbereich des Rheins. Der Rhein hat einen Abstand von ca. 2,7 km zur geplanten Baugruben Bf. Terminal. Saisonale Schwankungen des Rheinwasserstandes wirken sich zeitversetzt im Hinterland aus. Auch jahreszeitlich veränderliche Grundwasserneubildung erzeugt eine Schwankung des Grundwasserstandes. Insgesamt ist damit nicht von einem im Jahresverlauf konstanten Grundwasserstand auszugehen.

Die Auswertung der vorliegenden langjährigen Grundwasserganglinien einiger im Umfeld der Baumaßnahme liegenden Grundwassermessstellen zeigt, dass nur mit geringen jahreszeitlichen Grundwasserschwankungen im Bereich der geplanten Baumaßnahme zurechnen ist. Abbildung 2 zeigt den jahreszeitlichen Schwankungs-

bereich von fünf Messstellen bezogen auf den jeweiligen Jahresmittelwert. Dargestellt sind hier die Differenzen der monatlichen Mittelwasserstände zum Mittelwasserstand auf Jahresbasis. Hieraus lässt sich schließen, dass lediglich Differenzen zwischen $< +0,5$ m und $< -0,5$ m im Jahresverlauf auftreten können.

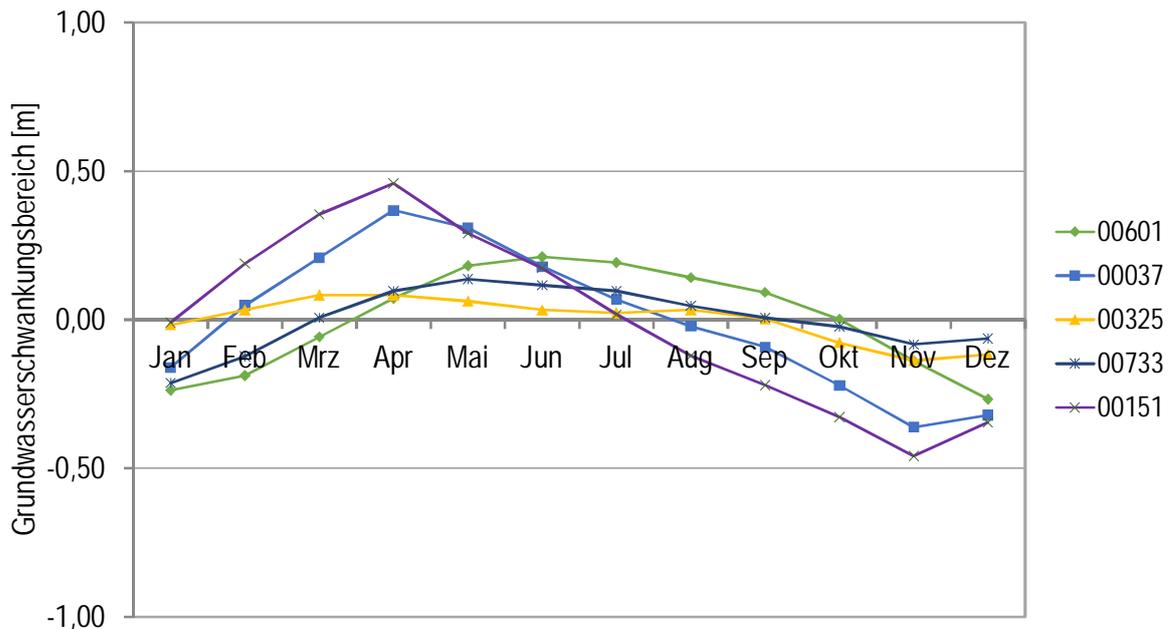


Abbildung 2: Jahreszeitlicher Grundwasserschwankungsbereich im Umfeld der geplanten Baumaßnahme

Die Grundwasserstellen GWM 00037 und GWM 00151 liegen in einer Entfernung von 1,3 km bzw. 1,4 km zum Rhein. Hier sind die üblichen Hochwasserphasen des Rheins im späten Frühling (März/April/Mai) noch feststellbar. Mit größerem Abstand vom Rhein nimmt der Einfluss der Hochwasserphasen auf die mittleren monatlichen Grundwasserstände ab. Beispielsweise befindet sich die Messstellen GWM 00601 südlich des Bf. Terminal. Hier sind die Hochwasserphasen nur noch zeitversetzt (Juni) und in der Amplitude abgemindert feststellbar. Die Überlagerung mit jahreszeitlichen Schwankungen der Grundwasserneubildung durch Niederschläge ist deutlich. In Abbildung 3 sind die monatlichen Niederschläge im langjährigen Mittel an der Station Düsseldorf Flughafen nach der Auswertung des Deutschen Wetterdienstes dargestellt. In den Sommermonaten Juni/Juli sind die Niederschläge mit 75 mm deutlich höher als im April mit 53 mm. Dies kompensiert die Auswirkungen von Hochwasserphasen des Rheins.

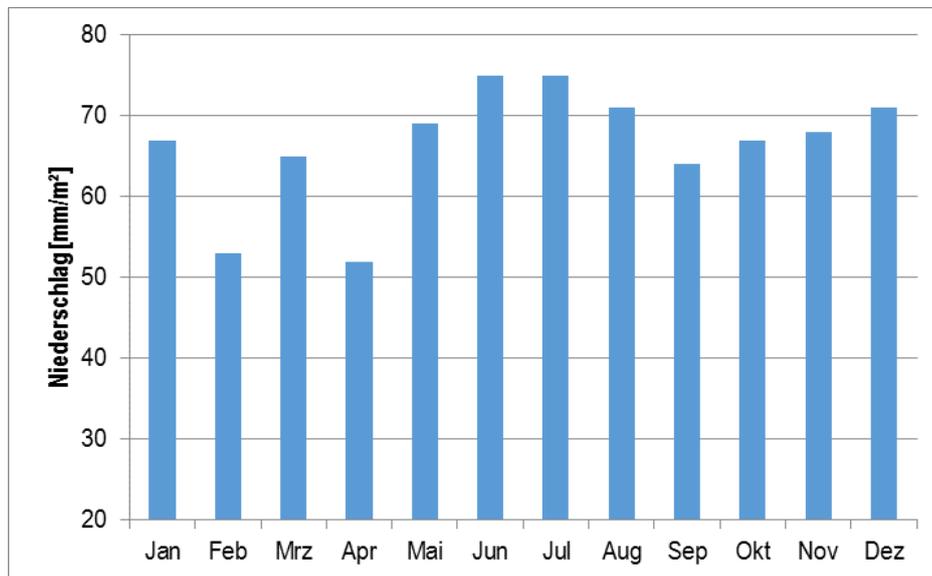


Abbildung 3: Langjährige mittlere Niederschläge 1981 bis 2010, Station Düsseldorf Flughafen, DWD

3.3 Grundwasserbeschaffenheit

Nach Angabe des Umweltamtes liegt die Trasse im Randbereich von Grundwasserverunreinigungen durch Perfluorierte Tenside (PFT) und durch Chlorierte Kohlenwasserstoffe (CKW) im quartären Aquifer. Die Verunreinigung durch PFT ist noch nicht abschließend kartiert. Ein Lageplan der Grundwasserverunreinigungen ist in Anlage 2 hinterlegt. Dieser stellt die Verunreinigungen im Herbst 2014 dar. Im Projektumfeld befinden sich drei Grundwassermessstellen, die für das Vorhaben neu eingerichtet wurden (Nummern 01863, 01864 und 01865). In diesen Messstellen wurden Gehalte zwischen der Bestimmungsgrenze < 10 ng/l bis 56 ng/l PFT analysiert. Diese liegen unterhalb des allgemein vorgeschlagenen Vorsorgewerts von 100 ng/l.

Südlich angrenzend zur Baumaßnahme gelegen, ist das quartäre Grundwasser durch CKW (Chlorierte Kohlenwasserstoffe) verunreinigt. Nach hiesigem Kenntnisstand ist der direkte Bereich der Baumaßnahme nicht betroffen. Vorsorglich wurden auch hier im Zuge der Untersuchungen von [U 1] Grundwasserproben aus Messstellen entsprechend untersucht. Dabei wurde in genannten GWM festgestellt, dass nur geringe Gehalte (CKW < 10 µg/l) gemessen wurden.

Grenzwerte von chemischen Inhaltsstoffen werden bezüglich der Entnahme und Einleitung durch die Untere Wasserbehörde (Umweltamt) festgelegt. Dabei werden auch die Regelungen für Wasserschutzzone

berücksichtigt. Weitere Angaben zur Beeinflussung der Grundwasserbeschaffenheit werden in Kapitel 5.3 aufgeführt.

Weitere Verunreinigungen des Grundwassers im Quartär oder im Tertiär sind im Trassenverlauf nicht bekannt.

3.4 Grundwasserschutz

Es sind alle zur Verhinderung einer Verunreinigung des Grundwassers erforderlichen Vorkehrungen zu treffen. Im Hinblick auf die Wasserschutzzonen sind besondere Auflagen der Gebietsverordnung [U 4] zu beachten. So sind in der Zone III A und B beispielsweise Abfallzwischenlager genehmigungspflichtig. Weitere Tätigkeiten sind ebenfalls in der Gebietsverordnung aufgeführt und zu beachten. Eine Übersichtskarte der Wasserschutzzonen im Einzugsbereich der Wassergewinnungsanlage ist in Abbildung 4 dargestellt.

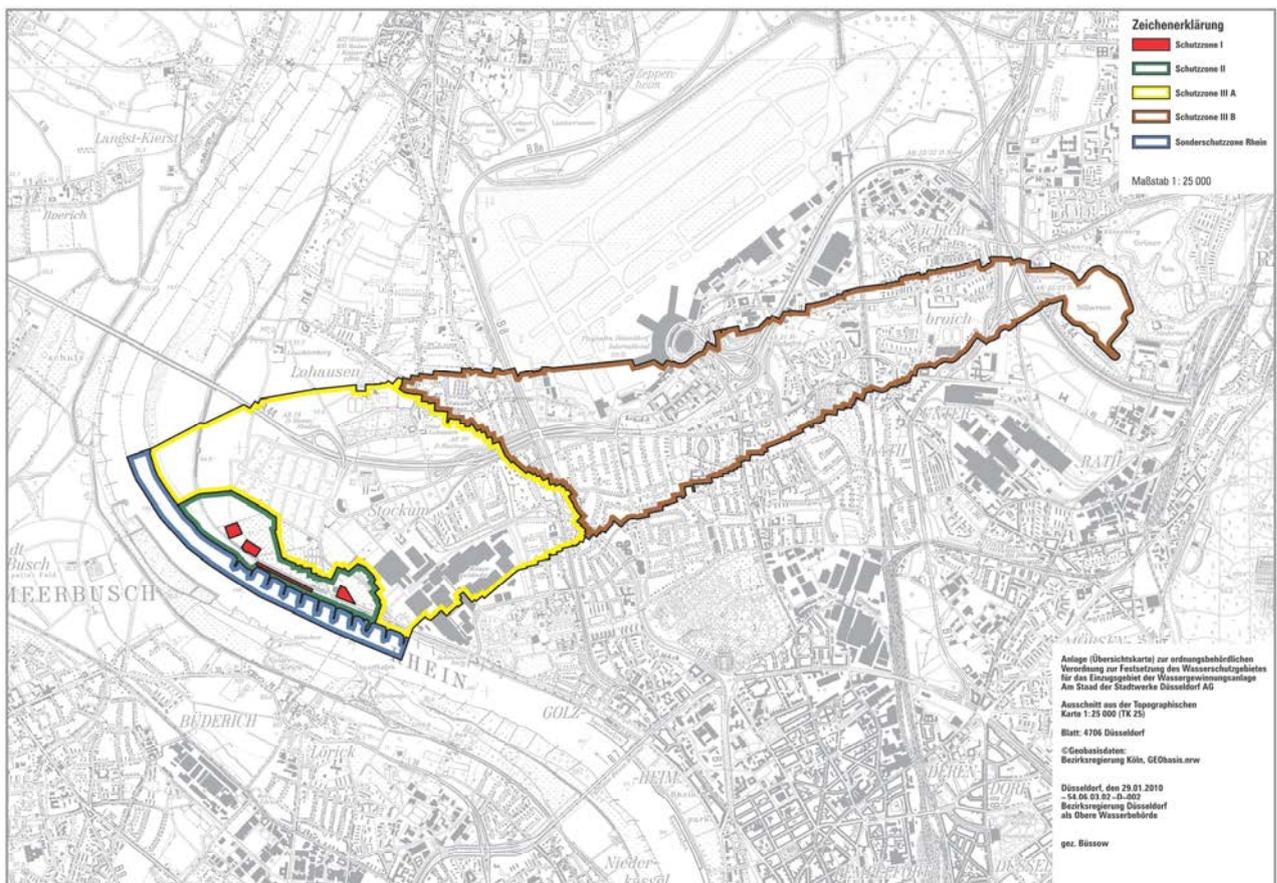


Abbildung 4: Übersichtskarte der Wasserschutzzonen im Bereich des Einzugsgebietes der Wassergewinnungsanlage Am Stad der Stadtwerke Düsseldorf

Genehmigungen für Tätigkeiten werden bei der Unteren Wasserschutzbehörde (Umweltamt der LHD, Amt 19, Brinkmannstraße 5, 40225 Düsseldorf) beantragt. Bei der Bauausführung sind generell nur solche Geräte und Materialien zu verwenden, die eine Gefährdung des Grundwassers ausschließen. Der Einfluss von Bauteilen oder Baustoffen, die ins Grundwasser einbinden, ist im Einzelfall gesondert zu untersuchen.

Zur Überwachung der Grundwasserqualität können bauzeitlich Beprobungen und Analysen in vorhandenen oder ggf. neuen Grundwassermessstellen dienen.

4 Wassermengen und Förderraten

4.1 Grundlagen der Mengenermittlung

Die Baugrubenumschließungen zur Herstellung der Baugruben werden als baupraktisch wasserdichte Ortbetonwände, die entweder einige Meter (etwa 3 bis 5 m) in das wenig durchlässige, abdichtende Tertiär einbinden oder mit dichtenden Unterwasserbetonsohlen (UWBS) geplant. Die höher liegende UWBS liegt dann, wie die zugehörige Unterkante der Verbauwände, in den quartären Schichten.

Durch die UWBS bzw. die Einbindung der Verbauwände in das wenig durchlässige Tertiär wird die Grundwassermenge, die in eine Baugrube strömt, erheblich reduziert, sodass nur Restwassermengen zu behandeln sind, welche unvermeidbar von unten in die Baugrube bzw. durch die nahezu dichten Umschließungswände eintreten. Insgesamt sind folgende Wasserzutritte zu betrachten:

Planmäßig

1. Tagwasser (Oberflächenwasser und Niederschläge)
2. Grundwasser aus dem Zustrom von unten durch das Tertiär
3. Grundwasser aus dem Zustrom durch die nahezu dichten Umschließungswände
4. Grundwasser aus dem Zustrom durch die nahezu dichten UWBS

Unplanmäßig

5. Grundwasser aus dem Zustrom durch Undichtigkeiten (Leckagen) in den Umschließungen

Die planmäßigen Wasserzutritte werden von der Geometrie der Baugrube, besonders Umfang, Grundfläche und Einbindetiefen der Umschließungswände und der Durchlässigkeit des Untergrundes, besonders des Tertiärs bestimmt. Weiter ist die Dichtigkeit der Umschließung (Wände und UWBS) entscheidend.

Die Grundlagen der Wassermengenermittlung wurden mit dem Bericht 00.153_B05a vom [U 2] zusammengestellt und der Planungsgemeinschaft IGV übermittelt. IGV hat die Wassermengen und Förderraten, die für die Beantragung von Wasserrechten gegenständlich sind ermittelt. Die Ermittlung von Fördermengen und Wassermengen [U 3] ist dem Wasserrechtsantrag beigefügt und wird im Folgenden zitiert.

4.2 Angaben zu Wassermengen und Förderraten

Als Dauer der Restwasserhaltung in den einzelnen Baugruben wurden für die Baugrube U-Bahnhof 88 Wochen, für die Tunnelstrecke 47 Wochen und für die Tunnelstrecke und Rampe 32 Wochen angesetzt.

Die nachfolgende Tabelle 3 fasst die ermittelten Förderraten inkl. Zuschlag von 35 % für den maximalen Bauwasserstand und den mittleren Grundwasserstand zusammenfassend für die einzelnen Baufelder dar.

Tabelle 3: Zusammenfassung der Förderraten für Bauwasserstand und Mittelwasserstand nach [U 3]

Baufeld/Abschnitt	Förderrate Bauwasserstand [m³/h]	Förderrate Mittelwasserstand [m³/h]
1 - U-Bahnhof	301	248
2 - Tunnelstrecke	92	78
3 - Tunnelstrecke + Rampe	26	21

Die nachfolgende Tabelle 4 fasst die Fördermengen für die einzelnen Baufelder während der gesamten Laufzeit zusammen.

Tabelle 4: Zusammenfassung der Wassermengen für Bauwasserstand und Mittelwasserstand nach [U 3]

Baufeld/Abschnitt	Bauzeit	Summe Fördermenge Bauwasserstand [m³]	Summe Fördermenge Mittelwasserstand [m³]
1 - U-Bahnhof	88 Wochen	4.468.500	3.675.200
2 - Tunnelstrecke	47 Wochen	732.800	617.000
3 - Tunnelstrecke + Rampe	32 Wochen	150.600	118.200

Die zu entnehmende Wassermenge beträgt für die Restwasserhaltung in den Abschnitten U-Bahnhof, Tunnelstrecke und Tunnelstrecke + Rampe unter Annahme des Bauwasserstandes insgesamt 5,4 Mio m³ (Förderrate 420 m³/h) und unter Annahme eines mittleren Grundwasserstandes 4,4 Mio m³ (Förderrate 345 m³/h).

Dabei ist zu berücksichtigen, dass während der gesamten Bauzeit nur etwa zwei Monate lang alle drei Baufelder gleichzeitig betrieben werden. Einen Großteil der Bauzeit werden lediglich zwei Baufelder betrieben. Die Wasserhaltungszeiten der einzelnen Baufelder ist in Abbildung 5 wiedergegeben.

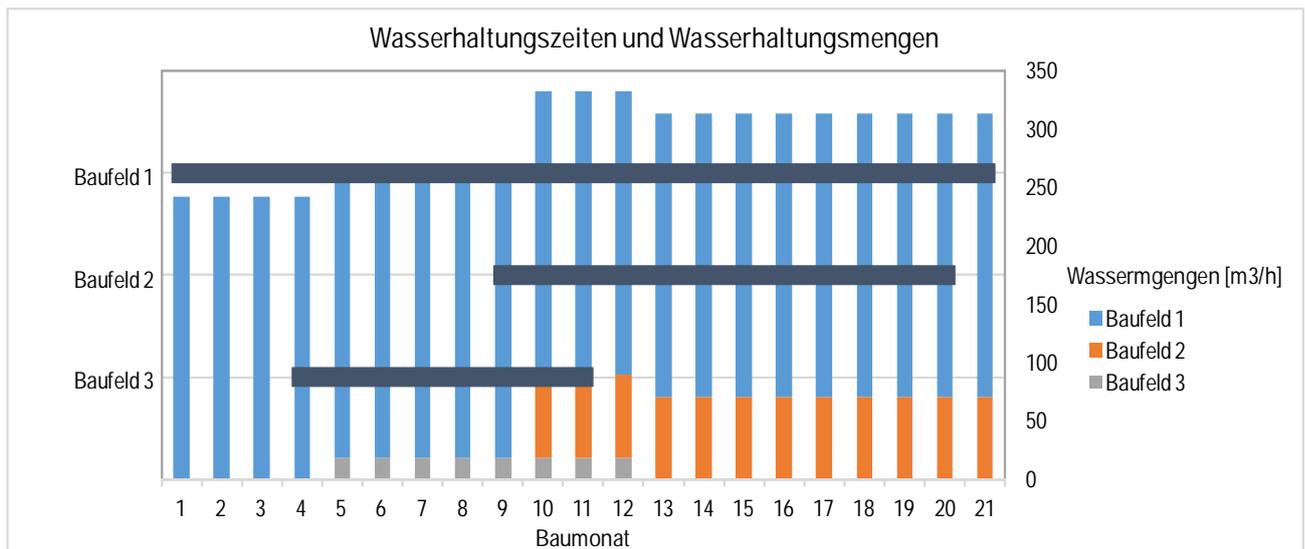


Abbildung 5: Wasserhaltungszeiten der Baufelder 1, 2 und 3

Die Auswertung der mittleren Grundwasserschwankungen zeigt, dass aus hiesiger Sicht mit einer Beantragung von Förderraten auf Grundlage eines Bemessungswasserstandes und von Entnahmemengen auf Grundlage eines mittleren Wasserstands eine ausreichende Berücksichtigung von Grundwasserschwankungen erfolgt.

Unsicherheiten in den Bezugsgrundlagen der Wasserstände, wie sie auch jahreszeitliche Schwankungen darstellen können, die sich in Unsicherheiten in der Ermittlung von Förderraten und Entnahmemenge niederschlagen, sind darüber hinaus nach Auffassung von geoteam mit dem Ansatz eines Gesamtzuschlages von 35 % hinreichend erfasst [U 2]. Der Gesamtzuschlag ergibt sich aus der Summation von Einzelzuschlägen der abgeschätzten Einzelunsicherheiten zur Berücksichtigung von lokalen Schwankungen der Tertiäroberfläche, von unplanmäßigem tieferen Absenken und der Modellbildung.

Eine Betrachtung der Einzelunsicherheit des tieferen Absenkens um 0,5 m ergibt eine etwa gleiche Druckdifferenz zwischen äußerem Wasserstand und abgesenkten Wasserstand in der Baugrube (vgl. [U 2]) wie die jahreszeitlichen Grundwasserschwankungen. Das bedeutet, dass Grundwasserschwankungen damit bereits berücksichtigt sind.

4.3 Wassermengen mit möglicher Grundwasserverunreinigung

Nach Angabe des Umweltamtes liegt die Trasse im Randbereich einer Grundwasserverunreinigung mit Perfluorierten Tensiden (PFT). Die Verunreinigung durch PFT ist noch nicht abschließend kartiert. Südlich der Baumaßnahme ist das Grundwasser durch Chlorierte Kohlenwasserstoffe (CKW) verunreinigt. Weitere Verunreinigungen des Grundwassers sind im Trassenverlauf nicht bekannt.

Die möglichen Auswirkungen der bauzeitlichen Entnahme können, wie im nächsten Abschnitt erläutert wird, bis zu den Verunreinigungen reichen. Verlagerungen sind ohne weitere Maßnahmen nicht ausgeschlossen. Es werden im Folgenden noch mögliche Gegenmaßnahmen zur Verhinderung der Verlagerungen beschrieben, die auch eine Entnahme von verunreinigtem Grundwasser aus den Baugruben ausschließen.

5 Beeinflussung des Grundwasserhaushaltes

5.1 Mögliche Beeinflussungen

Mögliche Beeinflussungen des Grundwasserhaushaltes können durch die Sperrwirkung der Baugruben in der wassergesättigten Zone sowie durch die bauzeitliche Entnahmen von Grundwasser auftreten. Daraus folgend können sowohl Auswirkungen auf die Grundwasserstände als auch auf die Grundwasserbeschaffenheit auftreten.

Eine Abschätzung des Einflusses auf die Grundwasserströmung ist im vorliegenden Fall nach Ansicht von geoteam nur mit den Ergebnissen einer großräumigen Simulation, bzw. einer Prognoseberechnung möglich. Entsprechende Simulationen wurden, im Auftrag von geoteam und in Abstimmung mit der LHD (Amt 66/4 und Amt 19), durch die Ingenieurgesellschaft delta h aus Witten durchgeführt. Nachfolgende Bewertungen der möglichen Beeinflussungen auf den Grundwasserhaushalt erfolgen auf Grundlage der Prognoseergebnisse, die mit den Berichten der Ingenieurgesellschaft delta h (Anlage 3) dokumentiert sind.

Durch delta h sind zwei Prognoseberechnungen zur Untersuchung der bauzeitlichen Entnahme und der Sperrwirkung durchgeführt worden, die sich im Ansatz der Einbindetiefe der Schlitzwand ins Tertiär unterscheiden. Der erste Ansatz berücksichtigt eine planmäßige Einbindetiefe von 3 m und die Variante eine Einbindetiefe von 10 m.

5.2 Beeinflussung der Grundwasserstände

Eine Beeinflussung der Grundwasserstände wurde durch die Ingenieurgesellschaft delta h an durchgeführten Prognosen ersichtlich gemacht. Die Variation der Einbindetiefe hat hier keinen nachweisbaren Einfluss.

Mit der Herstellung von Umschließungswänden, die in das Tertiär einbinden, wird die natürliche Grundwasserströmung, die im Wesentlichen in den quartären Schichten stattfindet, beeinflusst. In diesem Zusammenhang sind in nachfolgender Abbildung 6 die Strömungsverhältnisse bei einem Mittelwasser im Ausgangszustand und im Prognosezustand dargestellt.

Der vollsperrende Teil des Bauwerks kann danach im Vergleich zum Ausgangszustand einen Grundwasseranstau von 0,1 bis 0,2 m verursachen. Im Abstrom kann die durch die sperrende Wirkung des Tunnels hervorgerufene Absenkung des Grundwassers bis zu 0,2 m betragen. Großflächig beträgt die Grundwasserabsenkung jedoch weniger als 0,15 m.

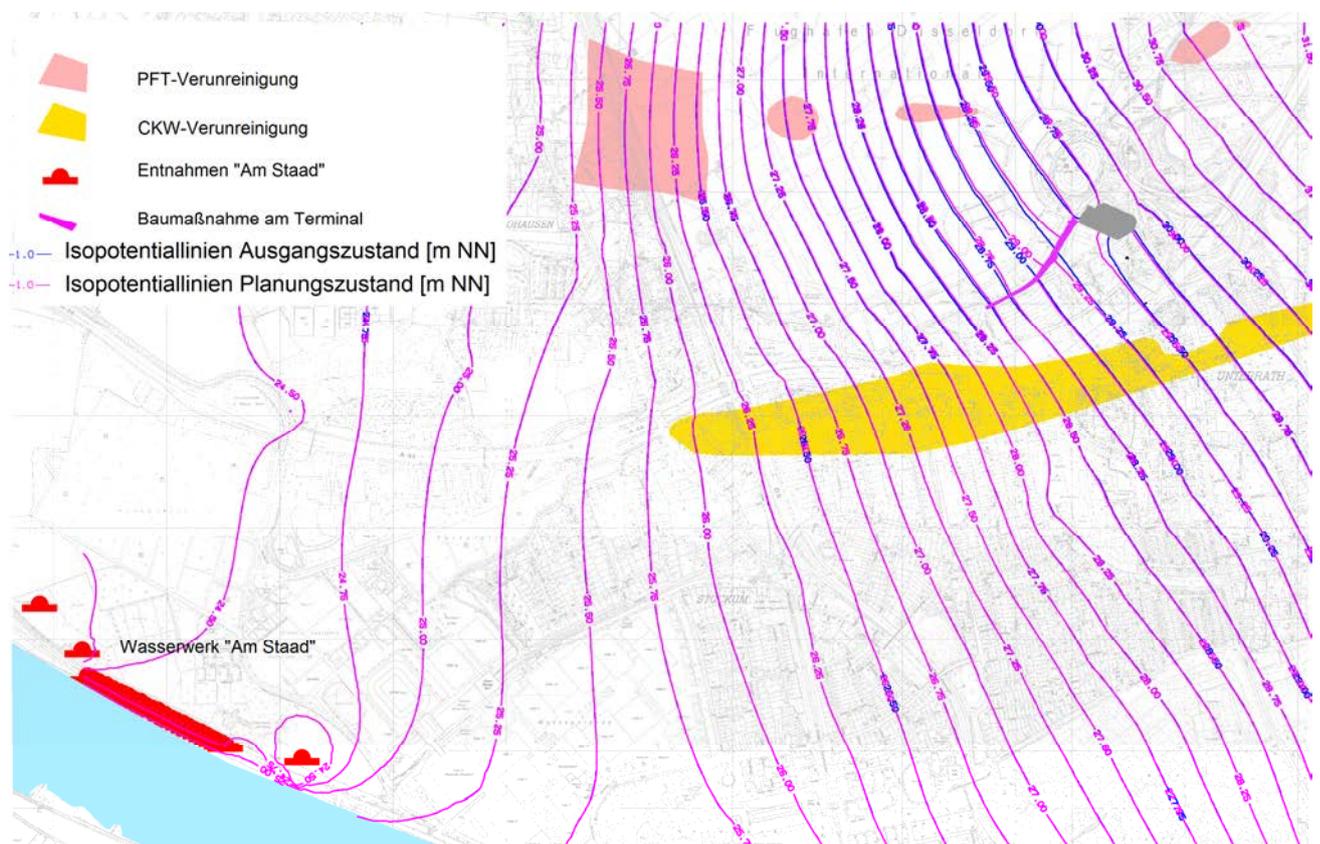


Abbildung 6: Ergebnisse der Grundwassermodellierung des Ingenieurbüros delta h

Im Bereich der Baumaßnahme kommt es zu geringen Änderungen der Strömungsverhältnisse. Die Simulation zeigt jedoch, dass die Isopotentiallinien der beiden Zustände außerhalb der Baumaßnahme wieder tangieren und es zu keiner großräumigen Änderungen der Strömungsverhältnisse kommt. Die Reichweite einer Grundwasserstandsänderung kann nach Süden mit ca. 375 m und nach Norden mit ca. 345 m abgeleitet werden. In östlicher und westlicher Richtung, in Richtung der Grundwasserströmung, treten keine Änderungen in den Strömungsverhältnissen auf.

Mit der vorgesehenen grundwasserschonenden Bauweise werden nur Restwassermengen aus den Baugruben gefördert, die über das Tertiär zu sickern. Hieraus resultieren nur geringe Grundwasserabsenkungen im Quartär außerhalb der Baugruben. Bei vergleichbaren Bauweisen in Düsseldorf (Bahnhöfe Wehrhahnlinie, Tunnel Kö-Bogen) konnten bisher keine messbaren Wasserstandsänderungen aufgrund der bauzeitlichen Entnahme aus dem Tertiär nachgewiesen werden. Daher werden auch hier bei gleicher Konstruktionsweise voraussichtlich keine messbaren Wasserstandsänderungen infolge der bauzeitlichen Entnahme eintreten.

5.3 Beeinflussung der Grundwasserbeschaffenheit

Da die Beeinflussung der Grundwasserströmung durch die Sperrwirkung der Baugruben nur gering ist, ist daraus keine Verschleppung oder Verlagerung von vorhandenen Verunreinigungen zu erwarten.

Die geänderten Grundwassersströmungsverhältnisse infolge der bauzeitlichen Grundwasserentnahmen reichen nach der durchgeführten Prognoseberechnung bei hohen Grundwasserständen bis in die Verunreinigungen hinein. Eine Verschleppung von Schadstoffkonzentrationen in Richtung der Baugrube ist infolge dieser Ursache somit ohne adäquate Gegenmaßnahmen nicht vollständig auszuschließen.

Die folgende Abbildung zeigt die Stromfäden bei einem hohen Grundwasserstand als Ergebnis der Prognoseberechnung. Darin ist das Einzugsgebiet rot umrandet, in dem Wasser durch die bauzeitliche Entnahme zur Baugrube hin abgeleitet wird.

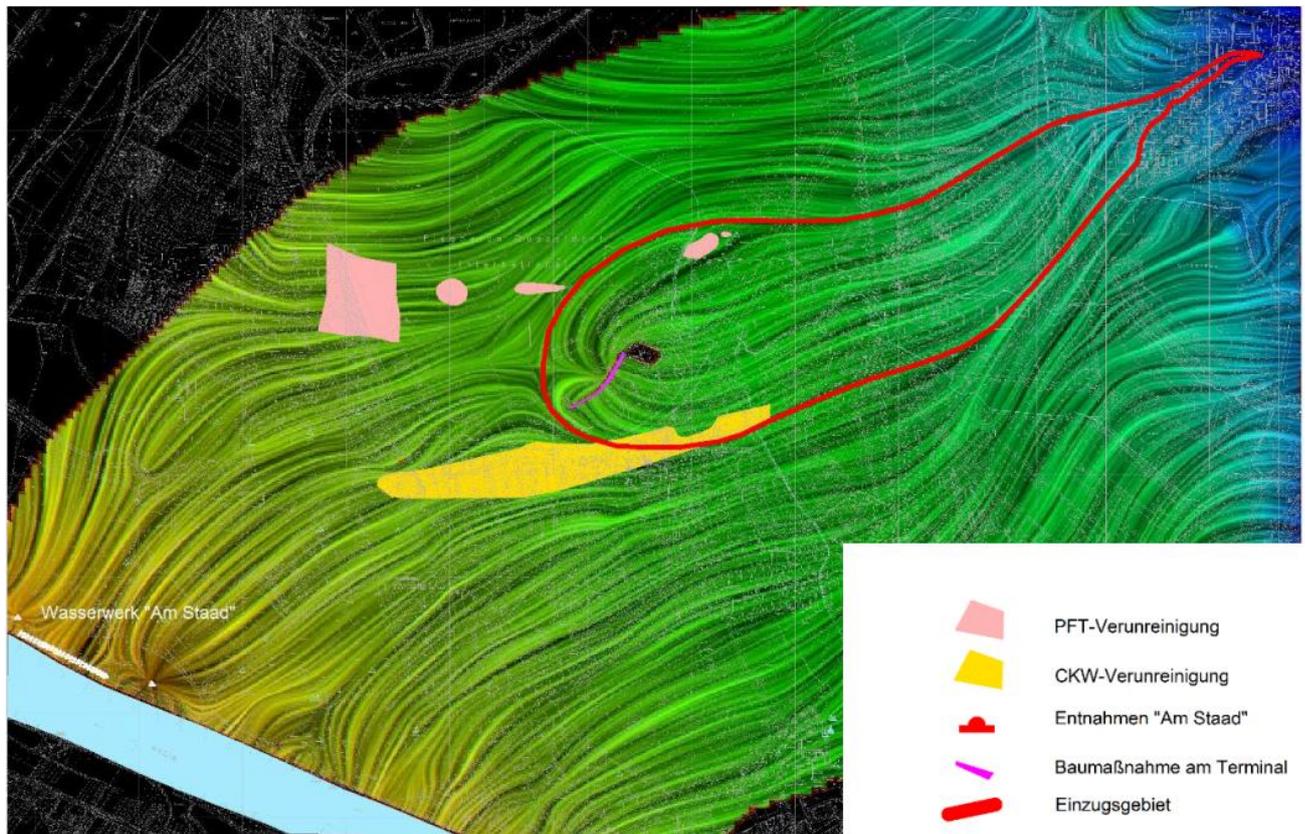


Abbildung 7: Einzugsgebiet der Bauwasserhaltung bei hohen GW-Ständen (aus Anlage 3.1)

Dieser Darstellung kann entnommen werden, dass sowohl die Verunreinigungen von PFT im Osten (Bereich bestehendes Tanklager) als auch von CKW im Süden berührt werden. Dies bedeutet, dass Verlagerungen ohne Gegenmaßnahmen nicht auszuschließen sind. Eine Änderung der Fließgeschwindigkeit (Gradient) durch die bauzeitlichen Entnahme in den Bereichen der Verunreinigungen kann daraus nicht abgeleitet werden. Daher kann auch die mögliche Verlagerung durch diese Prognoseberechnung nicht quantifiziert werden. Ebenso kann den Berechnungsergebnissen nicht entnommen werden, ob verunreinigtes Grundwasser bei der bauzeitlichen Entnahme gefasst werden würde.

5.4 Beurteilung

Aus hiesiger Sicht können lokale Beeinflussungen der Grundwasserstände aus der Sperrwirkung im Endzustand geotechnisch vernachlässigt werden, da die natürlichen jahreszeitlichen Grundwasserschwankungen und die lokalen Beeinflussungen in ähnlicher Größenordnung liegen können. Eine Verschleppung der vorhandenen Grundwasserverunreinigungen ist aus der Sperrwirkung nicht zu erwarten. Die möglichen Beeinflussun-

gen der Grundwasserstände durch die Sperrwirkung werden im Vorschlag des entsprechenden Monitorings berücksichtigt.

Infolge der Grundwasserentnahme sind Verlagerungen der Schadstoffkonzentrationen ohne Gegenmaßnahmen nicht völlig auszuschließen. Daher werden im nächsten Abschnitt mögliche Maßnahmen gegen eine Verlagerung vorgestellt und diskutiert. Inwieweit eine Veränderung von Konzentrationen bzw. deren Verlagerung eintritt, kann aus den vorliegenden Prognosen noch nicht entnommen werden. Das heißt, dass eine Quantifizierung der Konzentrationsänderung oder bspw. die Wegstrecke der Verlagerung nicht angegeben werden kann.

Die Grundwasserneubildung ist während der Restwasserhaltung bei Weitem ausreichend, sodass eine dauerhafte Änderung der Grundwasserstände, die nennenswert über die Dauer der Wasserentnahme hinausgeht, nicht zu befürchten ist.

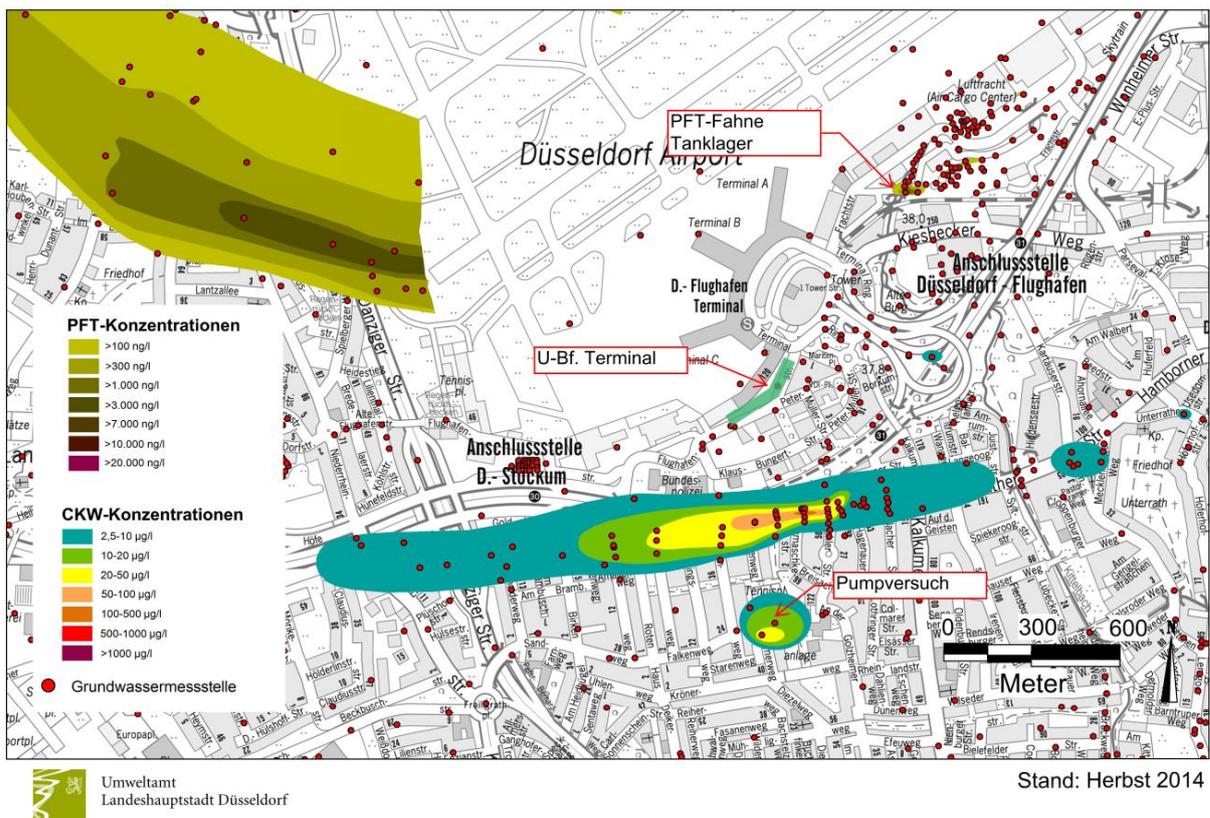


Abbildung 8: Fahnendarstellung Stand 2014 zur Erläuterung der Gegenmaßnahmen

6 Maßnahmen zur Vermeidung von Verlagerungen

Im Folgenden werden mögliche Maßnahmen zur Vermeidung der Verlagerungen bekannter Verunreinigungen vorgestellt. Dabei werden die beiden verunreinigten Fahnen durch PFT und CKW getrennt betrachtet. Zur Erläuterung ist in vorangestellter Abbildung 8 nochmal die Fahndarstellung nach Stand 2014 angegeben.

6.1 Vermeidung der Verlagerung CKW

Südlich der geplanten Baugrube Bf. Terminal befindet sich im Abstand von rund 400 m eine CKW-Verunreinigung. Im Zentrum wurden Konzentrationen bis 500 µg/l festgestellt. Eine Sanierung wird derzeit nicht durchgeführt.

Um die Verlagerung der CKW-Fahne zu verhindern, kann eine Gegenwasserhaltung eingerichtet werden. Diese könnte beispielsweise im Zentrum der Verunreinigung eingerichtet werden. Dort ist eine städtische Fläche, die als Bezirkssportanlage (Tennisplätze) genutzt wird, gegeben (vgl. Abbildung 8).

Hier ist es angedacht, zunächst in einem Pumpversuch festzustellen, wie wirksam eine mögliche Gegenwasserhaltung ist. Die Erfahrungen mit vergleichbaren Maßnahmen, die im Zusammenhang mit dem Projekt Wehrhahn-Linie durchgeführt wurden, zeigen prinzipiell die gute Wirksamkeit von solchen Gegenwasserhaltungen zur Vermeidung von Verlagerungen. Zum Zeitpunkt dieser Berichtserstellung, ist es weiter angedacht, einen Pumpversuch im Herbst 2015 durchzuführen. Die Planung und Betreuung des Pumpversuchs wird derzeit durch das Umweltamt LHD durchgeführt.

Aus dem Ergebnis kann voraussichtlich eine konkrete Dimensionierung der Gegenwasserhaltung erfolgen. Mit dem Einsatz einer solchen zusätzlichen Entnahme wird neben der Vermeidung der Verlagerung, auch ausgeschlossen, dass verunreinigtes Wasser in der Baugrube gefördert wird.

Diese Gegenwasserhaltung könnte direkt dazu genutzt werden, das dabei geförderte verunreinigte Grundwasser zu reinigen und wieder einzuleiten. Die Gegenwasserhaltung ist mit der Unteren Wasserbehörde abzustimmen.

6.2 Vermeidung der Verlagerung PFT

Wie die Darstellung des Einzugsgebietes in Abbildung 7 zeigt ist eine lokale PFT Konzentration östlich des Terminals berührt. Dort befindet sich das Tanklager des Flughafens (vgl. Abbildung 8). Nach Auskunft des UA

LHD wird am nördlichen Rand des Flugfeldes, am ehemaligen Feuerlöschübungsbecken, ein PFT-Pumpversuch zur hydraulischen Abschirmung der Eintragsstelle durch die Flughafengesellschaft Düsseldorf mit gutem Erfolg durchgeführt.

Im Rahmen der geplanten Bodensanierung im Bereich des Tanklagers ist die Durchführung einer Grundwassersicherung erforderlich. Es ist angedacht, hierfür die Sanierungsanlage vom Pumpversuch am ehemaligen Feuerlöschübungsbecken umzusetzen und zur Abreinigung zu nutzen. Ein detaillierter Zeitplan ist derzeit nicht bekannt. Allerdings scheint es wahrscheinlich, dass die Umsetzung der Sanierungsanlage im Jahr 2016 erfolgt. Parallel zum Ablauf des Planfeststellungsverfahrens soll der Zeitplan festgelegt werden.

Nach hiesiger Einschätzung kann eine Sanierung am Tanklager auch eine Gegenwasserhaltung zur bauzeitlichen Entnahme am Bf. Terminal darstellen. Dies bedeutet, dass in der zeitlichen Folge zwar die Sanierung begonnen, aber noch nicht abgeschlossen sein muss. Der Beginn der Entnahme am Tanklager muss spätestens mit Beginn der bauzeitlichen Entnahme stattfinden, um als Gegenwasserhaltung zu wirken. Hierzu ist eine Abstimmung mit dem Flughafen Düsseldorf erforderlich. Dann kann aus hiesiger Sicht eine Verlagerung der PFT-Verunreinigung gesichert vermieden werden. Eine Entnahme von PFT-verunreinigtem Wasser aus dieser Fahne ist dann auch auszuschließen.

6.3 Weitere Maßnahmen

Der Erfolg der oben beschriebenen Maßnahmen zur Vermeidung der Verlagerung ist an Voraussetzungen geknüpft. So muss beispielsweise der Pumpversuch zeigen, dass eine Gegenwasserhaltung südlich der Verunreinigung zielführend ist, wobei aus hiesiger Sicht daran kein Zweifel besteht. Auch muss der zeitliche Ablauf der PFT-Sanierung im Einklang mit dem Bauprojekt U81 stehen.

Neben den Gegenwasserhaltungsmaßnahmen gibt es auch weitere Möglichkeiten die Beeinflussungen durch die bauzeitliche Wasserhaltung zu reduzieren. Hier sind vor allem Maßnahmen zur Verringerung der Entnahme und damit der Verkleinerung des Einzugsgebietes in den Baugruben am Bf. Terminal zielführend. Technisch-konstruktiv sind drei Vermeidungsansätze denkbar:

- Einsatz von Dichtsohlen oder Verringerung der Durchlässigkeit des Tertiärs im Bereich der Schlitzwandeinbindung, bspw. durch Injektionen. Da sich das Projekt in einer Wasserschutzzone befindet, wird dieser Lösungsansatz derzeit nicht weiter verfolgt.

- Einsatz von Unterwasserbetonsohlen (UWBS). Diese Variante wurde wirtschaftlich geprüft und wird daher derzeit nicht weiter verfolgt.
- Vergrößerung der Einbindetiefe der Schlitzwände ins Tertiär.

Zum Vermeidungsansatz „Größe Schlitzwandeinbindung“ wurde eine zusätzliche Prognoseberechnung durch Δh durchgeführt, die in Anlage 3.1 beigefügt ist. Nach den Ergebnissen wird mit einer Vergrößerung der Einbindetiefe von 3 auf 10 m das Einzugsgebiet erheblich verkleinert. Dies zeigt Abbildung 9. Hiernach liegt weder die CKW- noch die PFT-Verunreinigung im Einzugsgebiet der Bauwasserhaltung. Eine Beeinflussung wird aller Voraussicht nicht gegeben sein, sodass dieser Ansatz als zielführend bewertet wird.

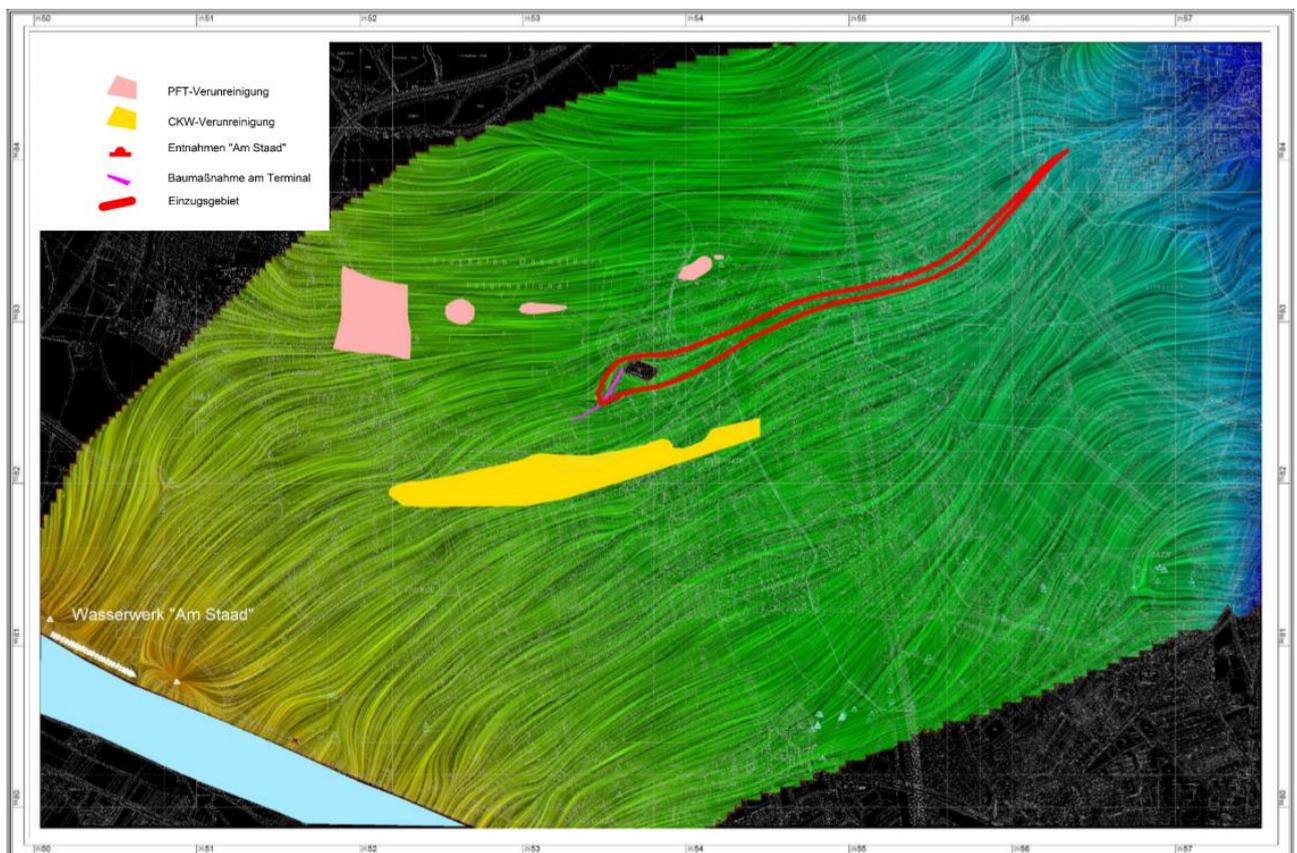


Abbildung 9: Einzugsgebiet der Bauwasserhaltung bei hohen Grundwasserständen und 10 m Schlitzwandeinbindung (aus Anlage 3.1)

Der Vergleich zwischen der 3 m (Abbildung 7) und 10-m Einbindung (Abbildung 9) lässt noch ein Optimierungspotential hinsichtlich einer ausreichenden Einbindung erkennen. Diese Optimierung wird bei der weiteren Verfolgung notwendig, denn eine wirtschaftliche Betrachtung der 10 m-Einbindung ergibt erhebliche zusätzliche Baukosten für diese Variante. Eine größere Einbindung ins Tertiär als 3 m wird derzeit nur weiter verfolgt,

wenn die notwendigen Voraussetzungen der Gegenwasserhaltungsmaßnahmen nicht erfüllt sind. Die Variante stellt eine Rückfallebene dar, deren Wirksamkeit vom Grundsatz her nachgewiesen ist.

7 Ableitungsmöglichkeit

Anfallende Restwassermengen aus den Tertiärbaugruben können bei entsprechender Wassergüte in den nahegelegenen Kittelbach eingeleitet werden. Durch die Einleitung darf der ökologische und chemische Zustand des Gewässers nicht nachteilig verändert werden. Hierzu zählen zusätzliche Belastungen des Wassers und der Gewässersedimente als auch optische Veränderungen. Die Einleitung ist mittels eines Monitoringprogramms (Förderwasser und Ober-/Unterstrom Einleitstelle Kittelbach) zu überwachen. Überwachungsrythmus und Parameterumfang sind in Abhängigkeit der Grundwasserbeschaffenheit vorzunehmen. In Abhängigkeit der Grundwasserqualität kann die Aufbereitung des Förderwassers vor der Einleitung notwendig werden.

Eine Darstellung der möglichen Führung der Wasserleitungen von den Entnahmestellen zu den Einleitstellen (Kanal und Kittelbach) ist in den Planfeststellungsanlagen 12.2 und 12.3 dargestellt. Die Fördermengen werden so aufgeteilt, dass die Entnahmen aus den Baufeldern 1 und 2 in den Kittelbach und die Entnahme aus dem Baufeld 3 in den Kanal eingeleitet werden. Mengen und Förderraten sind in den Tabelle 3 und Tabelle 4 aufgeführt.

Hinsichtlich der hydraulischen Leistungsfähigkeit des Einleitgewässers, der Lage der Einleitung sowie der Ausführung des Einleitbauwerkes wird der Gewässerunterhaltungspflichtige (Stadtentwässerungsbetrieb Düsseldorf) und die Untere Landschaftsbehörde im nachfolgenden Wasserrechtsverfahren beteiligt.

Eine Verunreinigung der Entnahme ist, wie oben erläutert, nicht zu erwarten. Bei dem Kittelbach handelt es sich um einen Nebenarm der Düssel. Er mündet in den Rhein. Folgende, in Tabelle 5 aufgelistete Abflussmengen zu dem Bach sind bekannt.

Tabelle 5: Abflussmengen des Kittelbachs

Abflussart	Abflussmenge [m ³ /s]	Abflussmenge [m ³ /h]
HQ 100	20,46	73.650
HQ 10	8,20	29.500
HQ 1	2,90	10.440

MQ	0,82	2.950
NQ	0,50	1.800

Die maximalen Einleitraten von bis zu 420 m³/h sind klein gegenüber den Abflussmengen des HQ 10 und des HQ 100. Die Abflusskapazität des Kittelbachs ist damit ausreichend. Auch ist auch hier Sicht der Abfluss NQ noch ausreichend groß, sodass eine Einleitung des Entnahmewassers nicht zu schädlichen Veränderungen führt. Verglichen mit der Förderrate bei MW ist der Abfluss NQ immer noch 1800/345 ≈ 6-fach größer.

Möglicherweise stellen hohe Rheinwasserstände eine Grenze der Ableitung durch den Kittelbach dar. Hier ist noch zu klären, wie dann vorgegangen wird, wenn bei hohen Rheinpegelständen der Abfluss in den Kittelbach unterbrochen werden muss, weil eine Ableitung des Kittelbachs in den Rhein nicht mehr möglich ist. Für diesen Fall ist noch zu prüfen, ob eine temporäre Ableitung über das Kanalnetz, eine Unterbrechung der Wasserentnahme oder andere Hilfsmaßnahmen wie Überpumpen des Kittelbachs notwendig werden. Die Kapazität des Kanalnetzes sollte hinsichtlich der Leistungsfähigkeit als Notfalleinleitung für die Gesamtwassermenge geprüft werden. Grundsätzlich kann es auch aufgrund von notwendigen Gewässerausbau- oder Gewässerunterhaltungsmaßnahmen zu zeitlich befristeten Einleitungsbeschränkungen kommen.

Anfallendes Lenzwasser in den Baugruben mit einer UWBS ist, unter Berücksichtigung von spezifischen Einleitgrenzwerten und hier besonders des pH-Wertes, in das öffentliche Kanalnetz einzuleiten. Hierfür ist eine gesonderte Einleiterlaubnis des Stadtentwässerungsbetriebes SEBD erforderlich. Die Planung und Ausführung der Lenzvorgänge werden im Verantwortungsbereich der späteren Bauausführung liegen, sodass frühestens mit der Ausführungsplanung Pumpraten beim Lenzen bekannt sein werden. Die Gesamtwassermengen sind dahingegen oben angeführt (vgl. Kap. 4.2).

8 Grundwassermonitoring

Ein Grundwassermonitoring sollte sich aus hiesiger Sicht zusammensetzen aus:

- Überwachung der Grundwasserstände
- Überwachung der Grundwassergüte

Die Absenkvorgänge sollten aus geotechnischer Sicht mit Grundwasserstandsmessungen und chemischen Analysen der Grundwasserzusammensetzung begleitet werden. Das vorgeschlagene Messprogramm sollte vor Umsetzung mit dem Umweltamt angestimmt werden.

8.1 Überwachung der Grundwasserstände

Wie oben erläutert, sind geringe Grundwasserstandsbeeinflussungen durch die Sperrwirkung der Baugruben möglich. Diese sind vor allem für den quartären Aquifer prognostiziert. Es wird vorgeschlagen, jeweils nördlich und südlich eine neue Grundwasserstelle einzurichten und diese mit Datenloggern auszurüsten. Die Aufzeichnungsrate sollte mindestens 4-mal täglich erfolgen. Aufgrund der sonst anfallenden Datenmengen sollte keinesfalls eine Aufzeichnungsrate von mehr als stündlich gewählt werden. Im Vorfeld sind in den Messstellen 01864, 01865 und 00253 Datenlogger zu installieren.

Mit diesen beiden quartären Grundwassermessstellen kann auch eine mögliche Beeinflussung der Wasserstände durch die bauzeitliche Entnahme geprüft werden. Allerdings wird die planmäßige Entnahme über das Tertiär erfolgen, das wesentlich weniger durchlässig ist als der quartäre Aquifer. Daher werden im Quartär kaum Auswirkungen messbar sein, die aber falls sie auftreten, mit den neuen quartären Grundwassermessstellen erfasst werden können. Messbare Veränderungen werden sich mit der bauzeitlichen Grundwasserhaltung im Druckniveau des Tertiärs einstellen. Daher wird vorgeschlagen, die neuen Grundwassermessstellen als Multi-Level-Messstellen auszubauen. Diese können getrennte Messbereiche (Filterstrecken) im Quartär und im Tertiär erhalten. Alternativ sind hierzu eigenständige Tertiärmessstellen.

Die Grundwassermessstellen sind nach hiesiger Auffassung zeitgleich mit der Baufeldfreimachung (Leitungsverlegung) mit einem Durchmesser von 5 bis 7 Zoll in HDPE als Unterflurpegel einzurichten. Es wird eine Ausrüstung mit Datenloggern mit Fernübertragung empfohlen.

Mit den Grundwasserstandsmessungen sind sinnvollerweise auch die „Sofortparameter“ Temperatur, pH-Wert und Sauerstoffgehalt zu bestimmen. Zur Nullmessung wird vorgeschlagen, jeweils eine Wasserstandsmessung

zwei Wochen vor und unmittelbar vor Beginn der Wasserentnahme durchzuführen. Die Folgemessungen sollten nach dem Bauablauf in größer werdenden Abständen, beispielsweise 2 Messungen jeweils wöchentlich, 2 Messungen jeweils monatlich und dann 1 Messung alle 3 Monate. In jedem Fall ist sicherzustellen, dass eine Zuordnung der Messergebnisse zu den Bautätigkeiten und zum Rheinwasserstand möglich ist.

Alternativ besteht die Möglichkeit, kontinuierliche Wasserstandsmessungen mit Datenloggern durchzuführen. Die „Sofortparameter“ werden dann mit den Auslesungen der Daten bestimmt.

8.2 Überwachung der Grundwassergüte

Die Güteüberwachung sollte zwei Aspekte Rechnung tragen. Zum einen soll festgestellt werden, dass im Umfeld der Baumaßnahme keine Veränderung im Grundwasser auftreten. Zum anderen ist die Güte der Einleitung zu kontrollieren.

Der Umfang und die Anzahl der chemischen Analysen sind wesentlich von den Ergebnissen der ersten Analyse abhängig, sodass hier nur grundsätzliche Untersuchungen vorgeschlagen werden können. Vor Beginn der Baumaßnahme, spätestens aber vor Beginn der Wasserentnahme sollte hier als erstes eine umfassende Untersuchung beispielsweise nach den unten angegebenen Parametern im Sinne einer Nullmessung erfolgen. Danach kann entschieden werden, ob ggfs. eine lokale (bisher unbekante) Grundwasserverunreinigung vorliegt und geeignete Ableitungsmöglichkeiten zu entwickeln sind.

Um zu überprüfen, ob eine Verlagerung der Grundwasserverunreinigungen im Rahmen der Wasserhaltung erfolgt, sind das Förderwasser und ausgewählte Grundwassermessstellen (Lage zwischen Entnahmestelle und Zentren der Verunreinigungen monatlich auf PFT und CKW zu untersuchen. Dabei werden auch weitere chemische Parameter, die im Einzelnen noch festzulegen sind, untersucht. Zusätzlich werden Sandgehaltmessungen bei der Ableitung mindestens wöchentlich durchgeführt. An der Einleitstelle sind arbeitstäglige Kontrollen notwendig um mögliche Ausfällungen frühzeitig zu erkennen.

Dazu sollen im Umfeld der Baumaßnahme, vorzugsweise in vorhandenen Grundwassermessstellen, die im Einzugsgebiet der Wasserhaltung und der Lage nach zwischen der Entnahmestelle und den Zentren der Verunreinigungen liegen, monatliche bis vierteljährliche Kontrollen durchgeführt werden, um nachzuweisen, dass die Maßnahmen gegen die Verlagerung der Verunreinigungen wirken. Am Flughafen bestehen einige Tertiärmessstellen, diese sind im Vorfeld zu beproben, wobei insbesondere die PFT/H4PFOS Gehalte in den

Grundwasserproben zu bestimmen sind. Vertikale und horizontale Ausdehnung der PFT-Verunreinigungen sind zu untersuchen. Geeignete GWM sind hierfür noch zu identifizieren. Dies erfolgt mit der Planung etwaiger Gegenwasserhaltungsmaßnahmen.

8.3 Vorschlag von Parametern der chemischen Analysen

In Abhängigkeit von der Wasserqualität wird eine Aufbereitung des Grundwassers vor Einleitung in die Oberflächengewässer erforderlich. Zur Einstufung der Wasserqualität können aus hiesiger Sicht die chemischen Parameter der AGA bzw. der Oberflächengewässerverordnung herangezogen werden. Die Tabelle 6 fasst die Parameterliste zusammen, die aus hiesiger Sicht maßgeblich sein können. Hier wurden die Untersuchungsumfänge der bisher geltenden Allgemeinen Güteanforderung für Fließgewässer (AGA) und der neuen Oberflächengewässerverordnung (OGewV, Juli 2011) verschnitten.

Zur Orientierung listet die nachfolgende Tabelle die Grenzwerte der OGewV, die aus den Anforderungen an den sehr guten ökologischen Zustand und das höchste ökologische Potenzial entnommen worden sind. Die vorgeschlagenen Untersuchungsparameter und deren Einleitgrenzwerte sollten mit dem Bergisch-Rheinischem Wasserverband (Träger des Kittelbachs) und der Unteren Wasserbehörde abgestimmt werden.

Tabelle 6: Vorschlag für den Untersuchungsumfang nach AGA i.V.m. der Oberflächengewässerverordnung

Parameter	Einheit	Orientierungswerte
CKW-gesamt	≤ µg/l	25
Summe 1.1.1-Trichlorethan, Trichlorethen, Tetrachlorethen, Trichlormethan, Tetrachlormethan	≤ µg/l	
Dichlormethan	≤ µg/l	
Cis-1.2-Dichlorethen	≤ µg/l	
Trans-1.2-Dichlorethen	≤ µg/l	
1.1-Dichlorethan	≤ µg/l	
Monochlorethen	≤ µg/l	
Summe PFT	≤ 0,01 µg/l	0,1
Perfluorooctansäure (PFOA)	≤ 0,01 µg/l	
Perfluoroktansulfonsäure(PFOS)	≤ 0,01 µg/l	
Perfluorbutansäure (PFBA)	≤ 0,01 µg/l	
Perfluorpentansäure (PFPA)	≤ 0,01 µg/l	
Perfluorhexansäure (PFHxA)	≤ 0,01 µg/l	

Parameter	Einheit	Orientierungswerte
Perfluorheptansäure (PFHpA)	≤ 0,01 µg/l	
Perfluorononansäure (PFNA)	≤ 0,01 µg/l	
Perfluordekansäure (PFDA)	≤ 0,01 µg/l	
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)	≤ 0,01 µg/l	
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)	≤ 0,01 µg/l	
1H,1H,2H,2H-Perfluorooctansulfonat (H4PFOS)	≤ 0,01 µg/l	
Eisen gesamt		2
PAK nach EPA		2
Sauerstoff		> 9
BSB ₅ mit ATH		2
TOC		5
Ammonium (NH ₄ -N)		0,04
Nitrat (NO ₃ -N)		8
Gesamtphosphor		0,05
Orthophosphat -Phosphor		0,02
Quecksilber		0,0005
pH- Wert		6,6 – 8,5
CSB	≤ mg/l	20
Kupfer	≤ mg/l	0,04
Cadmium	≤ mg/l	0,001
Nickel	≤ mg/l	0,03
Blei	≤ mg/l	0,02
AOX	≤ mg/l	0,04
Zink	≤ mg/l	0,3
Chlorid	≤ mg/l	50

8.4 Vorschlag für ein Grundwassermonitoring

Die folgende Tabelle 7 fasst das vorgeschlagene Untersuchungsprogramm zusammen. Maßgebliche Grundwasserstellen sind in Abstimmung mit der Unteren Wasserbehörde noch zu benennen. Vom Grundsatz sind die chemischen Analysen vorgesehen, die Verhinderung der Verlagerungen bekannter Verunreinigungen nachzuweisen, sodass hier Entnahmestellen zwischen dem jeweiligen Verunreinigungszentrum und der Bau-

maßnahme auszuwählen sind. Die Grundwasserstandsmessungen sind vor allem im unmittelbaren Umfeld der Baumaßnahme interessant zu beobachten.

Tabelle 7: Vorschlag für ein begleitendes Untersuchungsprogramm

Untersuchung	Untersuchungshäufigkeit
Chemische Analysen:	
Parameter nach Tabelle 6	einmalig, vor Beginn der Wasserentnahme/Baumaßnahme
Eisen, Mangan, CKW, PFT	einmal monatlich
Wasserstandsmessungen: innerhalb und außerhalb der Baugrube	Einrichtung von neuen Grundwassern mit kontinuierlichen Datenaufzeichnung des Druckniveaus im Tertiär vorzugsweise mit Fernübertragung
Nullmessung	einmalig, 2 Wochen vor Beginn der Wasserentnahme einmalig, unmittelbar vor Beginn der Wasserentnahme
Folgemessungen	einmal wöchentlich für 2 Wochen einmal monatlich für 2 Monate einmal in 3 Monaten für restliche Laufzeit
Alternativ zur Null- und Folgemessungen	kontinuierlich mit Datenloggern
Sofortparameter: Temperatur, pH-Wert, Sauerstoffgehalt	zusammen mit Wasserstandsmessungen alternativ zusammen mit Auslesung von Datenloggern

Zur Überwachung des Aufstaus / Absunks an den Sperrbauwerken wird ein gesondertes Monitoring vorgeschlagen. Dies beinhaltet die kontinuierliche Aufzeichnung von Grundwasserständen einiger ausgewählter Messstellen sowie die Durchführung chemischer Analysen nach Tabelle 8. Das vorgeschlagene Messprogramm sollte auch hier vor Umsetzung mit dem Umweltamt angestimmt werden.

Tabelle 8: Vorschlag für die Überwachung von Sperrbauwerken

Untersuchung	Untersuchungshäufigkeit
Chemische Analysen: DOC, Sulfat, Chrom, Gesamthärte, Calcium, Magnesium, Eisen	einmalig, vor Beginn der Wasserentnahme/Baumaßnahme
Wasserstandsmessungen:	Einrichtung von zwei neuen Grundwassermessstellen, kontinuierlich mit Datenloggern vorzugsweise mit Fernübertragung
Sofortparameter: Temperatur, pH-Wert, Sauerstoffgehalt	zusammen mit Auslesung von Datenloggern

9 Abschließende Hinweise

Der vorliegende Bericht gibt den aktuellen Kenntnisstand wieder. Der Bericht erläutert die möglichen Auswirkungen, die mit der Herstellung der Baugrube aus der bauzeitlichen Entnahme von Grundwasser verursacht werden könnten. Aus gutachterlicher Sicht sind die Auswirkungen der temporären Maßnahmen (Entnahme) vollständig reversibel. Die Sperrwirkung der verbleibenden Verbauwände bleibt dauerhaft erhalten.

Aus Sicht von geoteam ist die Maßnahme erlaubnisfähig.

geoteam Ingenieurgesellschaft mbH



M.Sc.-Geow. Caterina Hollenhorst



Dr.-Ing. Stephan Gutjahr



Dr.-Ing. Klaus Haubrichs

Anlagen: Nach Anlagenverzeichnis