

Baugebiet Osteraccum „Insenhausener Straße“

Gemeinde Stedesdorf



Abschätzung der Barrierewirkung einer Spundwand auf die Grundwasser-Fließverhältnisse

Hesel, 22. Juni 2016

Auftraggeber : Gemeinde Stedesdorf
Kaiserstraße 1 • 26427 Stedesdorf

Auftragnehmer : H & M Ingenieurbüro GmbH & Co. KG
An der Fabrik 3 • D-26835 Hesel
Tel.: +49 4950 9392-0 • Fax: +49 4950 1359
info@hm-germany.de • www.hm-germany.de/
Eingetragen im Handelsregister des Amtsgerichts Aurich unter HRA 111325

Projektleiter : Dipl.-Geogr. Thorsten Ihnen

Unter Mitarbeit von : Dipl.-Geol. Julia Zimmermann

Projekt-Nr. : 3675

Berichtsdatum : 22. Juni 2016

Anlagen : 5



Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	1
2	Veranlassung	3
3	Beschreibung Grundwassermodell	4
4	Generelle Untersuchungen zur Auswirkung einer Spundwand auf die Fließverhältnisse	7
4.1	Allgemeine Angaben	7
4.2	Spundwand ohne Schlossdichtung	8
4.3	Spundwand mit einfacher Schlossdichtung	9
4.4	Spundwand mit wasserquellender Schlossdichtung	9
4.5	Auswirkungen bei Grundwasserhaltungen	12
4.6	Auswirkungen bei Grundwasserförderungen zur Gartenbewässerung	14
4.7	Auswirkungen bei Verringerung der Grundwasserneubildung	17
4.8	Fazit	19
5	Auswirkungen einer an die örtlichen Gegebenheiten angepassten Spundwand	20
5.1	Ergänzende Untersuchungen zur Ausdehnung der Altablagerung	20
5.2	Anpassung der Spundwand in Lage und Tiefe	21
5.3	Fazit	25
5.4	Empfehlung	26
6	Literatur und Schrifttum	28
7	Kartenverzeichnis	28



Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Großräumiger Grundwassergleichenplan	4
Abb. 2: Modellierter Grundwassergleichenplan (Detailauszug)	6
Abb. 3: Strömungspfade nach 10 Jahren in einer Draufsicht und 2 Querschnitten	7
Abb. 4: Strömungspfade nach 10 Jahren bei einer 12 m tiefen Spundwand ohne Schlossdichtung in einer Draufsicht und 2 Querschnitten	8
Abb. 5: Strömungspfade nach 10 Jahren bei einer 12 m tiefen Spundwand mit einfacher Schlossdichtung in einer Draufsicht und 2 Querschnitten	9
Abb. 6: Strömungspfade nach 10 Jahren bei einer 12 m tiefen Spundwand mit wasserquellender Schlossdichtung in einer Draufsicht und 2 Querschnitten	10
Abb. 7: Strömungspfade nach 10 Jahren bei einer 15 m tiefen Spundwand mit wasserquellender Schlossdichtung in einer Draufsicht und 2 Querschnitten	11
Abb. 8: Strömungspfade nach 30 Jahren bei einer 15 m tiefen Spundwand mit wasserquellender Schlossdichtung in einer Draufsicht und 2 Querschnitten	12
Abb. 9: Strömungspfade nach 6 Wochen bei einer Absenkung des Grundwasserspiegels auf 3,5 m u. GOK an 5 östlichen Standorten in einer Draufsicht und 2 Querschnitten	13
Abb. 10: Strömungspfade nach 6 Wochen bei einer Absenkung des Grundwasserspiegels auf 3,5 m u. GOK an 5 westlichen Standorten in einer Draufsicht und 2 Querschnitten	14
Abb. 11: Strömungspfade nach 50 Jahren bei einer 15 m tiefen Spundwand mit wasserquellender Schlossdichtung sowie Grundwasserförderung von 34,5 m³/a an den roten Standorten (Variante 1) in einer Draufsicht und 2 Querschnitten	15
Abb. 12: Strömungspfade nach 50 Jahren bei einer 15 m tiefen Spundwand mit wasserquellender Schlossdichtung sowie Grundwasserförderung von 34,5 m³/a an den roten Standorten (Variante 2) in einer Draufsicht und 2 Querschnitten	16
Abb. 13: Strömungspfade nach 50 Jahren bei einer nach Süden verlängerten 15 m tiefen Spundwand mit wasserquellender Schlossdichtung sowie Grundwasserförderung von 34,5 m³/a an den roten Standorten (Variante 2) in einer Draufsicht und 2 Querschnitten	17
Abb. 14: Strömungspfade nach 50 Jahren bei einer nach Süden verlängerten 15 m tiefen Spundwand mit wasserquellender Schlossdichtung, Grundwasserförderung von 34,5 m³/a an den roten Standorten (Variante 1) sowie 30 % weniger Grundwasserneubildung in einer Draufsicht und 2 Querschnitten	18



Abb. 15: Strömungspfade nach 50 Jahren bei einer nach Süden verlängerten 15 m tiefen Spundwand mit wasserquellender Schlossdichtung, Grundwasserförderung von 34,5 m³/a an den roten Standorten (Variante 1) ohne Reduzierung der Grundwasserneubildung in einer Draufsicht und 2 Querschnitten.....	19
Abb. 16: Mutmaßliche Ausgestaltung der Altablagerung auf Grundlage des Luftbildes von 1966 (LGLN 1966) und eigener Bohrungen	21
Abb. 17: Strömungspfade nach 6 Wochen bei einer Absenkung des Grundwasserspiegels auf 3,5 m u. GOK an 4 Standorten direkt nördlich der Spundwand in einer Draufsicht und 2 Querschnitten	22
Abb. 18: Strömungspfade nach 3 Wochen bei einer Absenkung des Grundwasserspiegels auf 3,5 m u. GOK an 4 Standorten direkt nördlich der Spundwand sowie Standorten westlich und östlich der Altablagerung in einer Draufsicht und 2 Querschnitten	23
Abb. 19: Strömungspfade nach 50 Jahren bei einer 8 m tiefen Spundwand mit wasserquellender Schlossdichtung, Grundwasserförderung von 34,5 m³/a an den roten Standorten sowie keiner Grundwasserneubildung in den Bebauungsgebieten in einer Draufsicht und 2 Querschnitten	24
Abb. 20: Änderung der Grundwasserstände durch den Bau einer 8 m tiefen Spundwand	25

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Gemessene und berechnete Grundwasserstände der Messstelle an der Altablagerung.....	5
Tab. 2: Wasserdurchlässigkeit von Spundwänden (HLUG 2010)	8
Tab. 3: Statusuntersuchung zur Festlegung eines Untersuchungsprogramms	27

Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Modellgitter	M 1 : 16.000
Anlage 2	Grundwassergleichenplan - Modell -	M 1 : 13.000
Anlage 3	Bohrprofile Zusatzbohrungen	
Anlage 4	beispielhafte Strömungspfade (Zeitraum 50 Jahre)	M 1 : 1.500
Anlage 5	Lageplan Grundwassermonitoring	M 1 : 1.500



1 Zusammenfassung

Die Gemeinde Stedesdorf beabsichtigt, nordwestlich des Kreuzungsbereiches der Insenhausener und Cabanser Straße in Osteraccum ein Baugebiet auszuweisen, das unmittelbar an eine bekannte Altablagerung angrenzt. Es handelt sich dabei um eine ehemalige Sandabbaustätte, die ab den 1950er Jahren mit unterschiedlichen Abfallarten verfüllt wurde. Nach ersten Untersuchungen zur schadstoffrelevanten Beschaffenheit der Altablagerung („Risikoabschätzung Altablagerung Insenhausener Straße“, H & M Januar 2016) konnte nicht ausgeschlossen werden, dass die geplanten Baumaßnahmen und die dauerhafte Besiedelung der bisherigen Grünflächen zu einer Beeinträchtigung des örtlichen (Grund-) Wasserhaushalts führen, aus der eine Ablenkung des bislang westlich gerichteten Grundwasserstromes aus der Altablagerung in das Baugebiet resultieren kann.

Unter Berücksichtigung der Erkenntnisse aus dem Bau und Betrieb von 3 Grundwassermessstellen sowie freiverfügbare Daten und Informationen von weiter entfernt liegenden Bohrungen und Grundwassermessstellen wurde ein vereinfachtes dreidimensionales Grundwasserströmungsmodell erstellt. Mit diesem Modell sollten Erkenntnisse darüber gewonnen werden, ob sich das bestehende Gefährdungspotenzial durch den Bau einer Dicht- bzw. Spundwand zwischen dem Baugebiet und der Altablagerung reduzieren bzw. ausschließen lässt.

Im ersten Schritt der Modellierung wurden Strömungspfade aus dem Grundstück der Altablagerung sowie einer aus den Angaben aus der Gezielten Nachermittlung abgeleiteten maximalen Tiefe berechnet. Variiert wurden dabei die Art der Spundwand in Kombination mit Grundwasserförderungen zur Wasserhaltung und zur Gartenbewässerung sowie Verringerung der Grundwasserneubildung.

Die Faktoren Wasserhaltung und Grundwasserneubildung üben auf Grundlage der Berechnungen keine Auswirkungen auf die Grundwasserfließrichtung aus. Die Grundwasserentnahme für eine Gartenbewässerung ist lediglich im Bereich direkt nördlich der in Ost-West-Richtung verlaufenden Spundwand ungünstig, da dort die Strömungspfade durch Unterströmen oder seitliches Umströmen in die Brunnen führen. Bei weiter nördlich gelegenen (Haus-)Brunnen war dies nicht der Fall.

Bei allen betrachteten Spundwandtiefen tritt nach mehr als 10 Jahren und nur aus nordöstlichen Positionen, die sich jedoch vermutlich außerhalb der Altablagerung befinden, ein seitliches Umströmen und teilweise auch ein Unterströmen der Spundwand ein.

Eine wichtige Erkenntnis dieser ersten Berechnungen ist, dass eine Spundwand ohne bzw. mit einfacher Schlossdichtung für die vorliegende Situation ungeeignet ist, da sie schon innerhalb kurzer Zeit durchströmt würde. Es bedarf daher einer Spundwand, die mit einem wasserquellenden Dichtmaterial in den Schlössern eine Wasserdurchlässigkeit von $\leq 1 \cdot 10^{-10}$ m/s aufweist, um das Zuströmen von Grundwasser aus der Altablagerung in das nördlich angrenzende Baugebiet effektiv zu unterbinden.

Im zweiten Schritt standen nun die Planung des Verlaufs und die notwendige Tiefe der Spundwand im Fokus. Neben genaueren Kenntnissen über die Ausdehnung der Altablagerung waren auch Informationen über deren tatsächliche Tiefe wichtig.



Über ein Luftbild aus dem Jahr 1966 sowie zusätzliche Bohrungen wurde das Ausmaß der Altablagerung abgeschätzt. Die Berechnungen wurden anschließend mit einer an die neuen Erkenntnisse angepassten Spundwand und neuen Ausgangspunkten für die Strömungspfade wiederholt. Angesetzt wurden dabei nur die aus den ersten Berechnungen bekannten ungünstigen Positionen für Grundwasserförderungen.

Mit der im Kapitel 4 angesetzten 8 m tiefen und ca. 120 m langen Spundwand mit einer Wasserdurchlässigkeit von $\leq 1 \cdot 10^{-10}$ m/s treten in den berechneten Situationen aus dem angenommenen Altablagerungsbereich weder eine seitlich Umströmung noch Unterströmung auf. Etwaige Wasserhaltungen und Grundwasserentnahmen für eine Gartenbewässerung bewirken keine Ablenkung der Strömungspfade aus der Altablagerung in das nördlich der Spundwand gelegene Gebiet.

Die nun auch westlich und östlich der Altablagerung geplanten Standorte sind bei länger als 3 Wochen andauernden Wasserhaltungen jedoch potentiell gefährdet.

Um die Effektivität der Spundwand und zudem einen möglichen Austritt von Schadstoffen aus der Ablagerung überprüfen zu können, sollte ein Grundwassermonitoring durchgeführt werden.



2 Veranlassung

Die Gemeinde Stedesdorf beabsichtigt, nordwestlich des Kreuzungsbereiches der Insenhausener und Cabanser Straße in Osteraccum ein Baugebiet auszuweisen, das unmittelbar an eine bekannte Altablagerung angrenzt. Es handelt sich dabei um eine ehemalige Sandabbaustätte, die ab den 1950er Jahren mit unterschiedlichen Abfallarten verfüllt wurde.

In der Gezielten Nachermittlung wird die Flächengröße mit 40 x 40 m angegeben sowie eine Tiefe von ca. 20 m. In einer Befragung von Zeitzeugen im Rahmen des Altlastenprogramms des Landes Niedersachsen wird die Tiefe des Abbaus mit 8 bis 10 m angegeben.

In PRINZ (1997) werden Erfahrungswerte von Unterwasserböschungen für Kies von 1:1,5 bis 1:2, für Grobsand von 1:3 bis 1:4 und für Mittel- und Feinsand von 1:5 bis 1:8 zitiert. Unter Ansetzung einer Böschungsneigung von 1:1,5 wäre auf der genannten Flächengröße maximal eine Tiefe von 12 m möglich. Vermutlich wird die Böschung flacher gewesen sein. Realistisch sind Werte zwischen 1:2 und 1:3. Bei einer Böschungsneigung von 1:2 wären 8 m Tiefe im Zentrum möglich. Die flachere Neigung von 1:3 ermöglicht auf der genannten Flächengröße nicht mehr als 7 m Tiefe im Zentrum.

Bereits im März 2014 wurden von der H&M Ingenieurbüro GmbH & Co. KG (nachfolgend H & M) Rammkernsondierungen zur Erkundung der Bodenverhältnisse abgeteuft, über die weitere Informationen zum Ausmaß und der schadstoffrelevanten Beschaffenheit der Altablagerung gewonnen wurden. Darüber hinaus sind drei Grundwassermessstellen installiert und beprobt worden, um feststellen zu können, ob etwaige Schadstoffausträge aus der Altablagerung ins Grundwasser eingetreten sind. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind von H & M in der „Risikoabschätzung Altablagerung Insenhausener Straße“ (Januar 2016) zusammengetragen und bewertet worden.

Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass die geplanten Baumaßnahmen und die dauerhafte Besiedelung der bisherigen Grünflächen zu einer Beeinträchtigung des örtlichen (Grund-) Wasserhaushalts führen, aus der eine Ablenkung des bislang westlich gerichteten Grundwasserstromes aus der Altablagerung in das Baugebiet resultieren kann. Unter Annahme des „worst case“ würden somit u. U. auch Schadstoffe transportiert werden, die bei der Grundwasserentnahme über Hausbrunnen eine Gefahr für die künftigen Bewohner darstellen können.

Über die Modellierung der hydrogeologischen Verhältnisse soll herausgefunden werden, ob sich das bestehende Gefährdungspotenzial durch den Bau einer Dicht- bzw. Spundwand zwischen dem Baugebiet und der Altablagerung reduzieren bzw. ausschließen lässt.

3 Beschreibung Grundwassermodell

Mit der Finite-Differenzen Grundwassermodellierungssoftware Processing Modflow 5.3 wurde ein vereinfachtes dreidimensionales Grundwasserströmungsmodell erstellt. Die Randbedingungen des Modells sind:

- Modellnetz: 84 Reihen und 72 Spalten (244 inaktive Zellen)
- Zellgröße: 50 x 50 m (Randbereich) abnehmend auf 10 x 10 m (Altablagerung und Baugebiet)
- Modellrand SW: Festpotentialrand + 1,30 mNN
- Modellrand NE: Festpotentialrand + 0,55 mNN
- Modellschichten: 4

Das Modellnetz ist in Anlage 1 dargestellt. Die Festpotentiale wurden anhand eines mit mittleren Grundwasserständen generierten, großräumigen Grundwassergleichenplanes festgelegt (Abb. 1). Für diesen Grundwassergleichenplan wurden verfügbare Grundwassermessstellen (Mittelwert Zeitreihe 1982-2012) vom Kartenserver des Niedersächsischen Ministeriums für Umwelt, Energie und Klimaschutz (https://www.umweltkarten-niedersachsen.de/GlobalNetFX_Umweltkarten/, aufgerufen 15. April 2016) sowie Messstelle GWM 1 (Mittelwert Zeitreihe April 2014 bis April 2016) und 2 Messstellen vom nordöstlich gelegenen Sandabbau (Zeitreihe 1997-2015) verwendet.

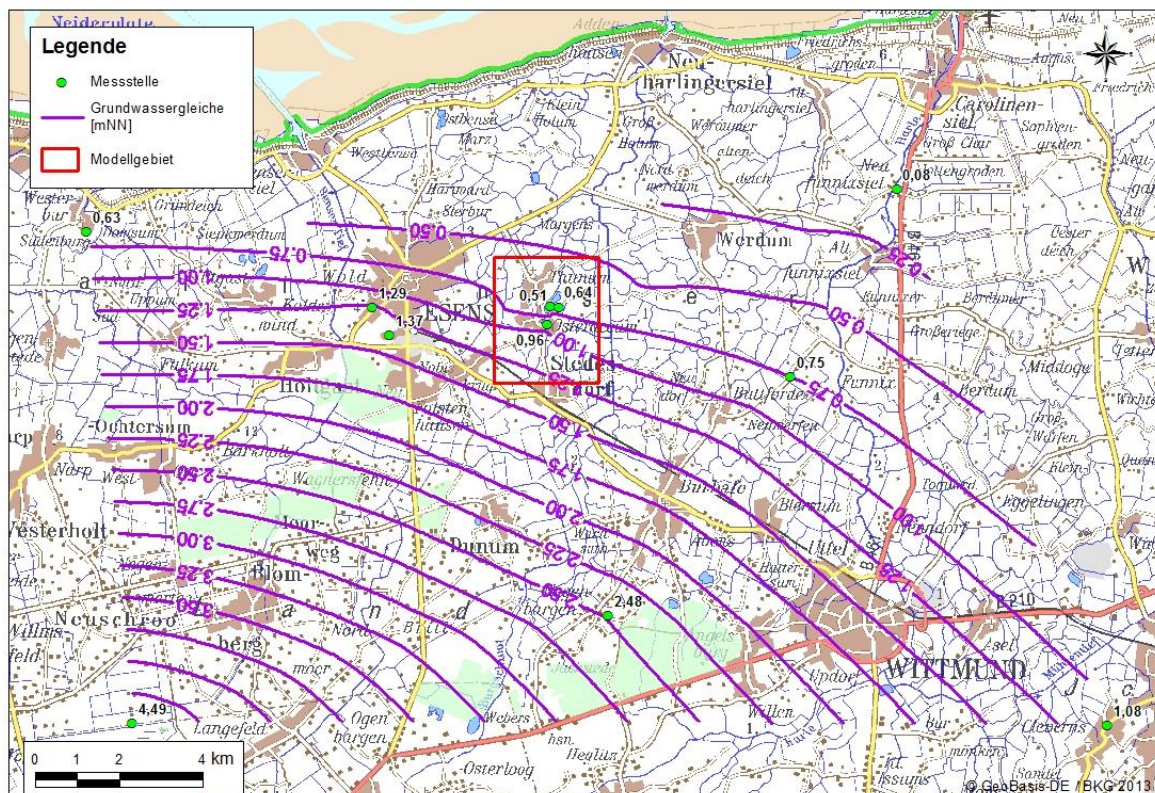


Abb. 1: Großräumiger Grundwassergleichenplan

Das Modell ist im Weiteren als Rastermodell aufgebaut. Alle Zellen einer Modellschicht weisen die gleichen Werte für die Ober- und Unterkanten auf. Für die ersten 3 Schichten wurde ein k_f -Wert (Durchlässigkeitsbeiwert) von $1 \cdot 10^{-4}$ m/s und eine nutzbare Porosität von 0,25 angesetzt. Dabei handelt es sich um typische Werte für Fein- bis Mittelsande.



Die 4. Schicht in einer Tiefe von 25 bis 50 m unter Gelände wurde aufgrund umliegender Bohrungen, die mit zunehmender Tiefe grobkörnigere Sedimente aufweisen, mit einem k_f -Wert von $5 \cdot 10^{-4}$ m/s und einer nutzbaren Porosität von 0,20 belegt.

Die vertikale Durchlässigkeit wurde in jeder Schicht mit einem Anisotropiefaktor von 10 berücksichtigt. Die im NIBIS-Kartenserver ausgewiesene Grundwasserneubildung von rd. 301-350 mm/a im Südwesten des Modellgebiets und 101-150 mm/a im restlichen Teil wurden mit 10 % berücksichtigt, da die ausgewiesenen Werte zu zu hohen Grundwasserständen führten. Der benachbarte See ging mit einer Tiefe von 10 m und einer 0,3 m mächtigen Kolmationsschicht mit einem k_f -Wert von $1 \cdot 10^{-6}$ m/s in die Berechnung ein. Weitere oberirdische Gewässer wurden nicht berücksichtigt.

Mit diesen Eingangsdaten wurden für die Grundwassermessstellen im Bereich der Altablagerung die in Tab. 1 aufgeführten Grundwasserstände berechnet. Der Seewasserstand im Modell ist 4 cm geringer als in Messstelle GWM 2. Bei einer Stichtagsmessung wurde ein 1 cm geringerer Wasserstand gemessen.

Tab. 1: Gemessene und berechnete Grundwasserstände der Messstelle an der Altablagerung

Messstelle	Grundwasserstandsmittelwert (Zeitreihe Apr. 14 bis Apr. 16) [mNN]	Berechneter Grund- wasserstand Modell [mNN]
GWM 1	0,96	0,95
GWM 2	0,89	0,89
GWM 3	0,95	0,91

Der modellierte Grundwassergleichenplan ist in Anlage 2 dargestellt. Ein Auszug ist in Abb. 2 dargestellt.

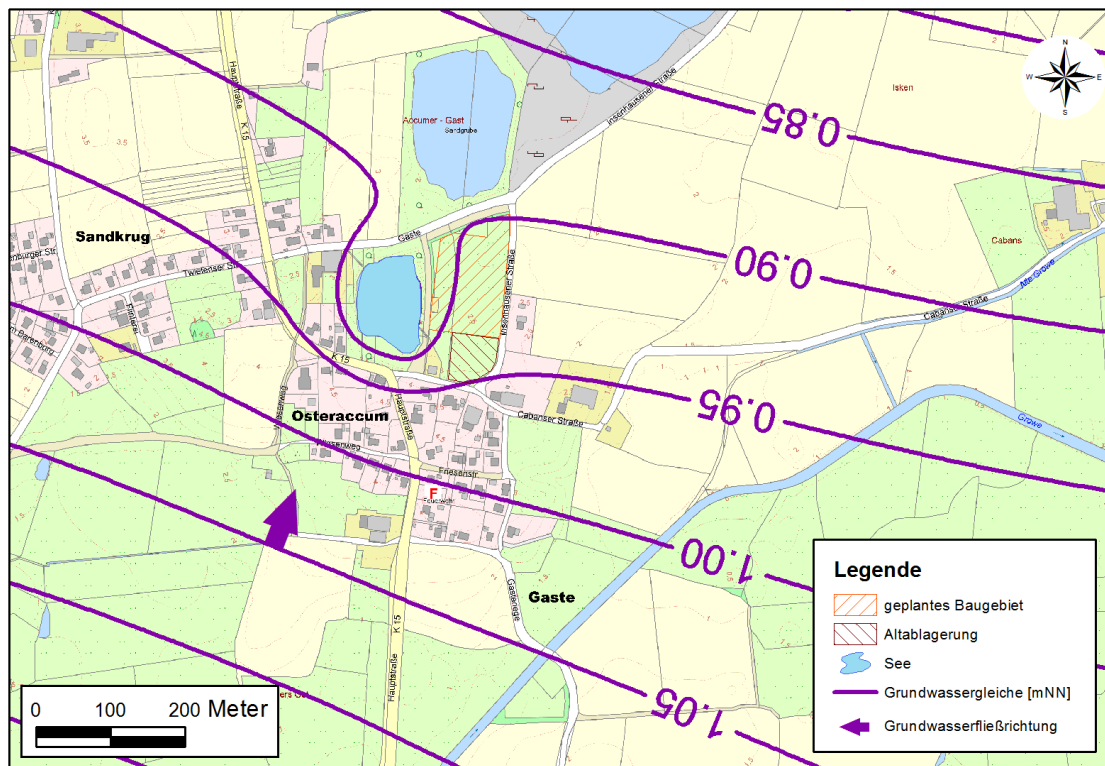


Abb. 2: Modellierter Grundwassergleichenplan (Detailauszug)

Im Bereich der Altablagerung ist die Strömung auf den benachbarten See gerichtet (Abb. 2 und Abb. 3). In Abb. 3 sind die Strömungspfade von Partikeln dargestellt, auf denen sich die Partikel ausgehend von der jeweiligen Startposition innerhalb von 10 Jahren entlang bewegen. Partikel aus einer Startposition in 5 m u. GOK sind in lila und Partikel aus einer Startposition in 12 m u. GOK in rot dargestellt.

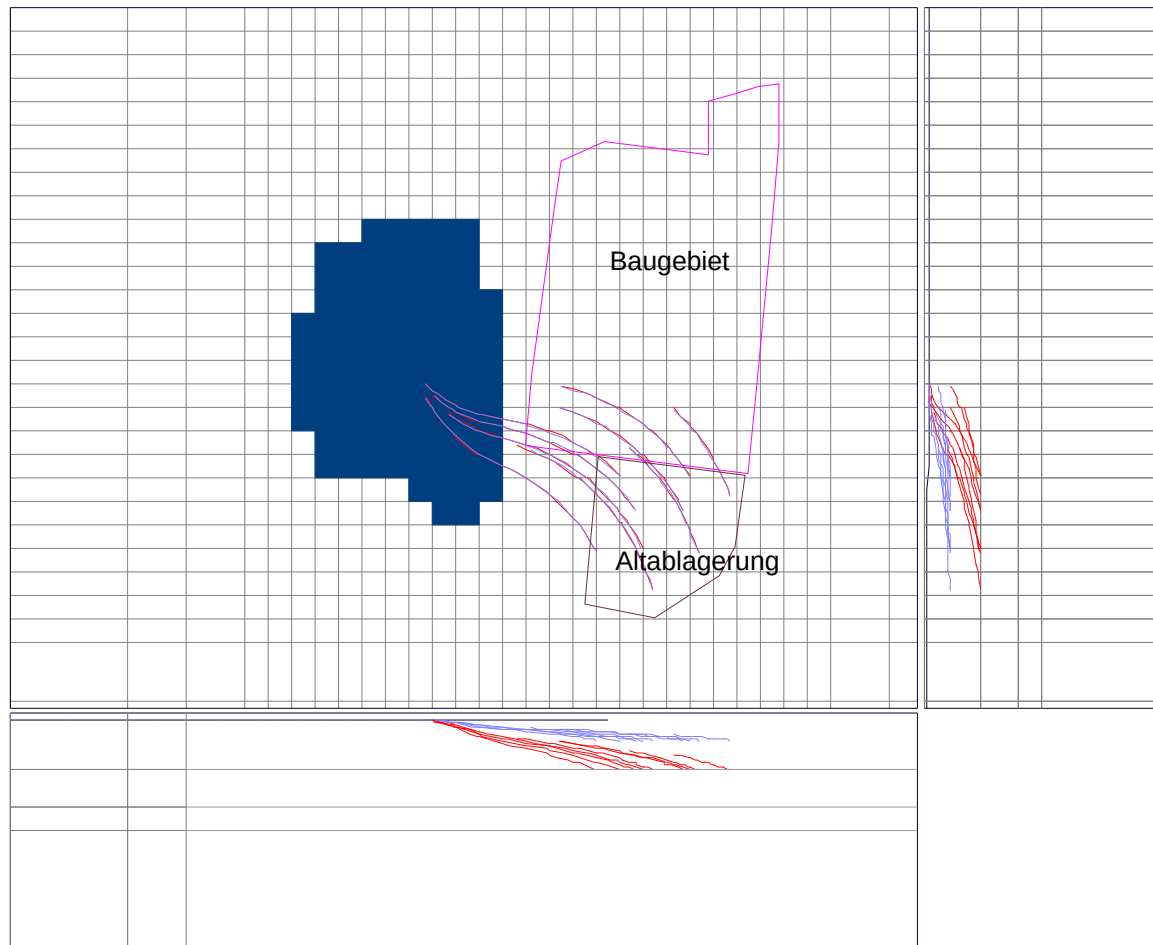


Abb. 3: Strömungspfade nach 10 Jahren in einer Draufsicht und 2 Querschnitten

4 Generelle Untersuchungen zur Auswirkung einer Spundwand auf die Fließverhältnisse

4.1 Allgemeine Angaben

Zur seitlichen Sicherung einer Altablagerung können Dichtwände eingesetzt werden. Als Dichtwände kommen verschiedenen Ausführungen in Frage, wie z. B. Schlitz- und Bohrpfahlwände, Spundwände, Schmalwände, Injektionswände oder Dichtwände, die im Düsenstrahlverfahren hergestellt werden (HLUG 2010). Spundwände werden aus einzelnen Spundwandelementen, die durch Spundwandschlösser miteinander verbunden sind, aufgebaut. Infolge dieser Schlossverbindungen sind Spundwände wasserdurchlässig. Diese Wasserdurchlässigkeit kann durch Abdichtung der Schlossverbindungen verringert werden (Tab. 2). Die Wandstärke von Spundwänden beträgt meist 10 bis 15 mm.

Tab. 2: Wasserdurchlässigkeit von Spundwänden (HLUG 2010)

Spundwandart	Wasserdurchlässigkeit [m/s]
ohne Schlossdichtung	$\leq 1 \cdot 10^{-6}$
einfache Schlossdichtung (Bitumenfüllmittel)	$\leq 1 \cdot 10^{-8}$
wasserquellendes Dichtmaterial in Schlössern	$\leq 1 \cdot 10^{-10}$

4.2 Spundwand ohne Schlossdichtung

Für die Betrachtung der Auswirkung einer einfachen Spundwand ohne Schlossdichtung wurde im Modell eine 12 m tiefe Spundwand zwischen dem geplanten Baugebiet und der Altablagerung von 0,01 m Wandstärke und einer Wasserdurchlässigkeit von $1 \cdot 10^{-6}$ m/s angenommen und die Strömungspfade innerhalb von 10 Jahren berechnet. Die Spundwand wird innerhalb dieses Zeitraums nahezu ungehindert durchströmt (Abb. 4).

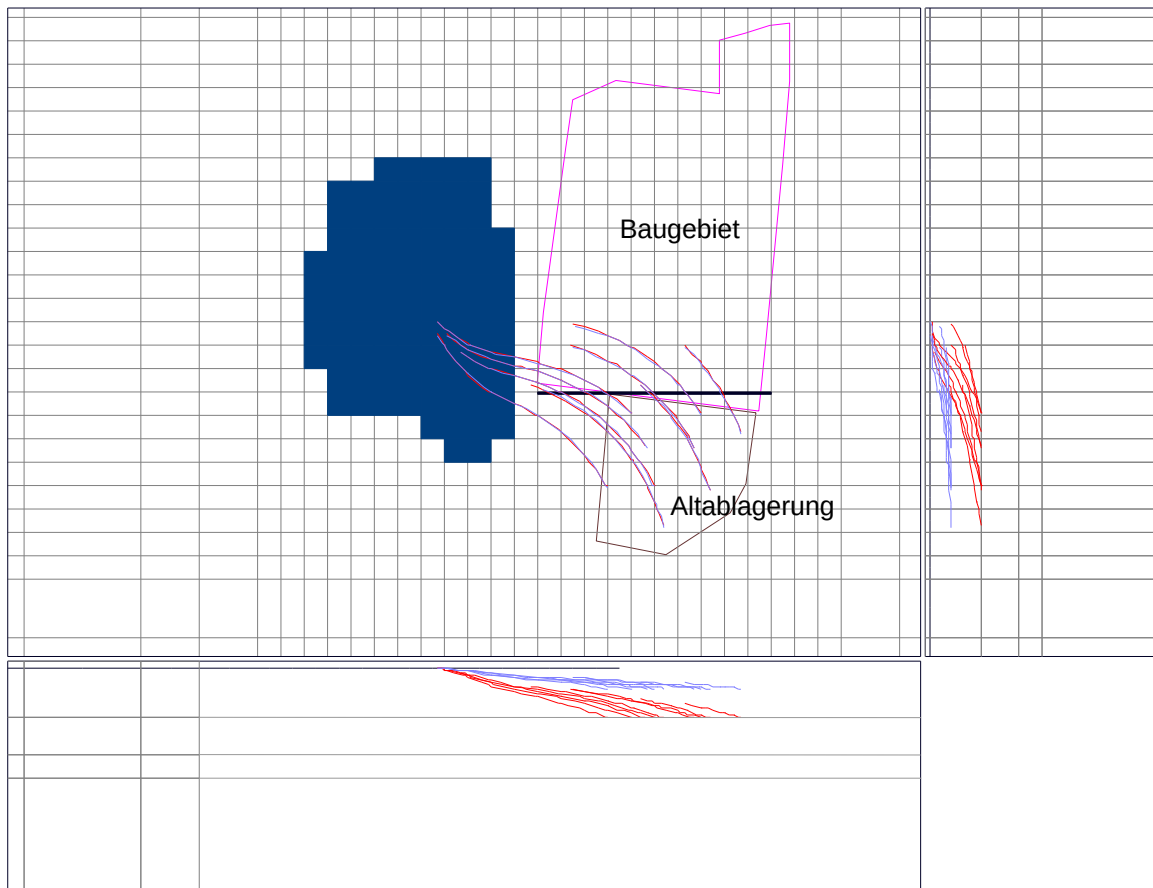


Abb. 4: Strömungspfade nach 10 Jahren bei einer 12 m tiefen Spundwand ohne Schlossdichtung in einer Draufsicht und 2 Querschnitten

4.3 Spundwand mit einfacher Schlossdichtung

Eine Spundwand mit einer Wandstärke von 0,01 m und einer Wasserdurchlässigkeit von $1 \cdot 10^{-8}$ m/s zeigt bei den östlichen Strömungspfaden eine gewisse Barrierewirkung (Abb. 5). Aber auch bei dieser Variante ist eine Durchströmung gegeben.

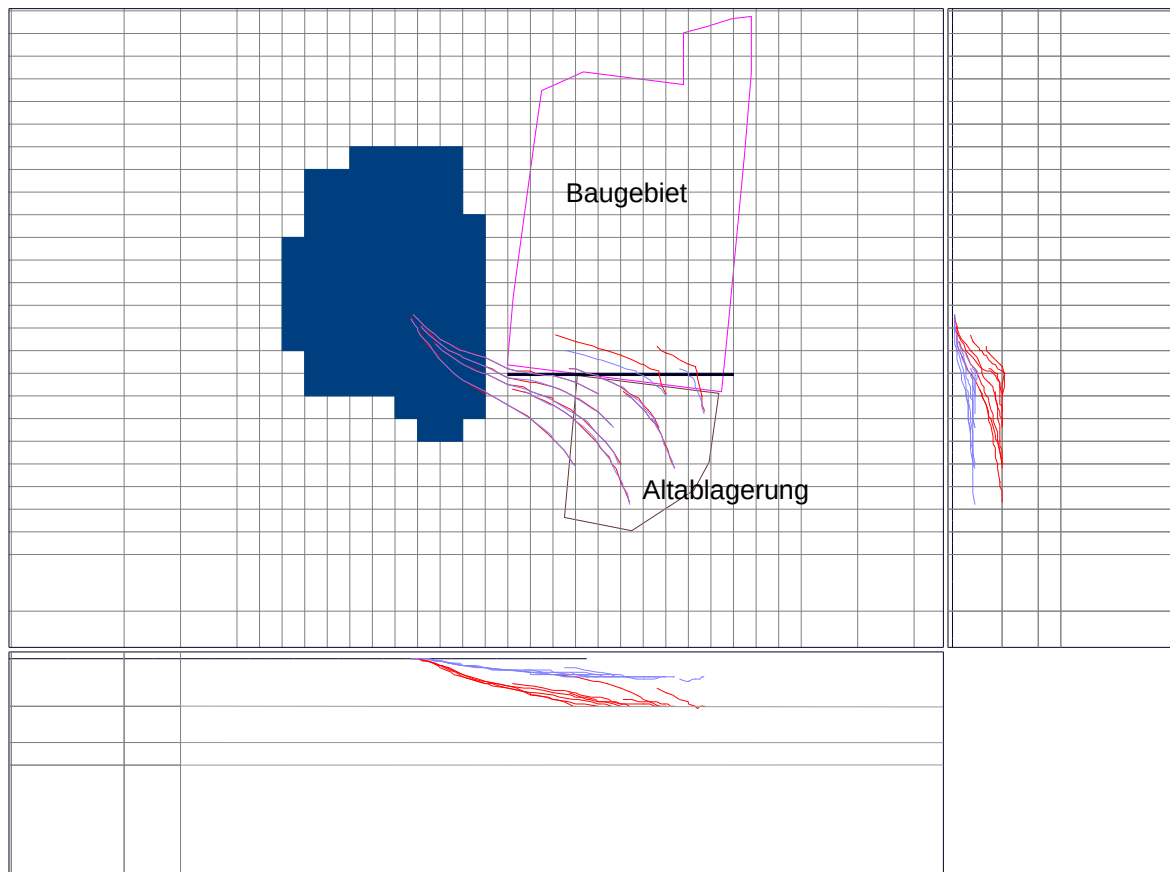


Abb. 5: Strömungspfade nach 10 Jahren bei einer 12 m tiefen Spundwand mit einfacher Schlossdichtung in einer Draufsicht und 2 Querschnitten

4.4 Spundwand mit wasserquellender Schlossdichtung

Eine Spundwand mit einer Wandstärke von 0,01 m und einer Wasserdurchlässigkeit von $1 \cdot 10^{-10}$ m/s sowie einer Tiefe von 12 m u. GOK bewirkt eine Abdichtung gegenüber den gewählten Partikeln aus einer Tiefe von 5 m u. GOK (Abb. 6). Aus einer Tiefe von 12 m u. GOK können jedoch noch Partikel innerhalb von 10 Jahren durch Unterströmen der Spundwand in das geplante Baugebiet gelangen. Auch Partikel aus einer Tiefe von 10 m u. GOK unterströmen die Spundwand innerhalb von 10 Jahren.

Daher wurde im nächsten Schritt eine 15 m tiefe Spundwand angenommen. Das Unterströmen der Spundwand von Partikeln aus 12 m Tiefe tritt innerhalb von 10 Jahren nicht mehr auf (Abb. 7). Am nordöstlichsten Standort deutet sich allerdings eine seitliche Umströmung der Spundwand in beiden Tiefen an. Daher ist in Abb. 8 die Situation nach 30 Jahren dargestellt. Um besser abgrenzen zu können, ab wo das seitliche Umströmen

einsetzt, sind zusätzliche Startpunkte in einer Tiefe von 5 m u. GOK berücksichtigt worden. Es zeigt sich, dass von den östlichsten, weniger als 10 m von der Flurstücksgrenze entfernten, Punkten die Spundwand aus seitlich umströmt wird, die Strömungspfade jedoch nicht weit in das geplante Baugebiet hineinführen.

Bei einer 20 m tiefen Spundwand tritt die seitliche Umströmung innerhalb von 10 Jahren sowohl bei Partikeln aus 5 als auch aus 12 m Tiefe auf.

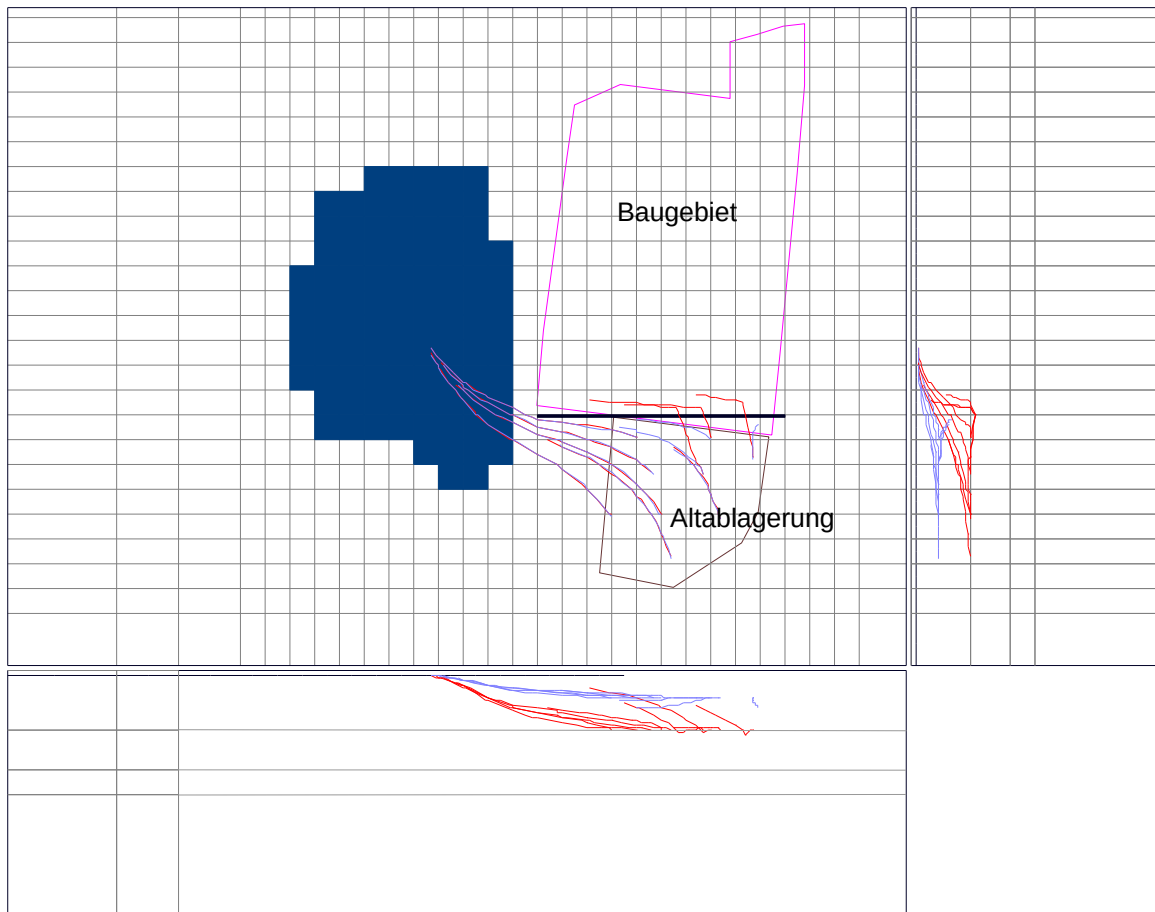


Abb. 6: Strömungspfade nach 10 Jahren bei einer 12 m tiefen Spundwand mit wasserquellender Schlossdichtung in einer Draufsicht und 2 Querschnitten

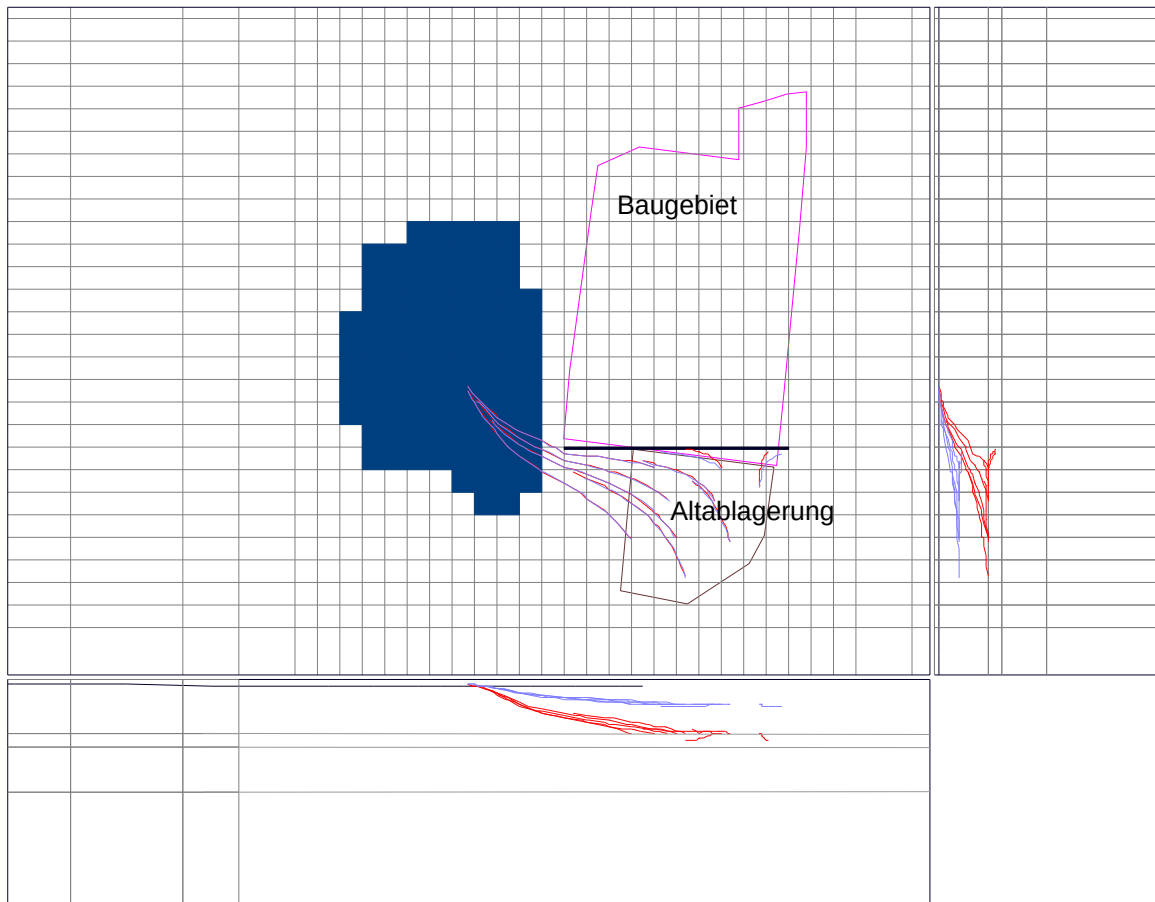


Abb. 7: Strömungspfade nach 10 Jahren bei einer 15 m tiefen Spundwand mit wasserquellender Schlossdichtung in einer Draufsicht und 2 Querschnitten

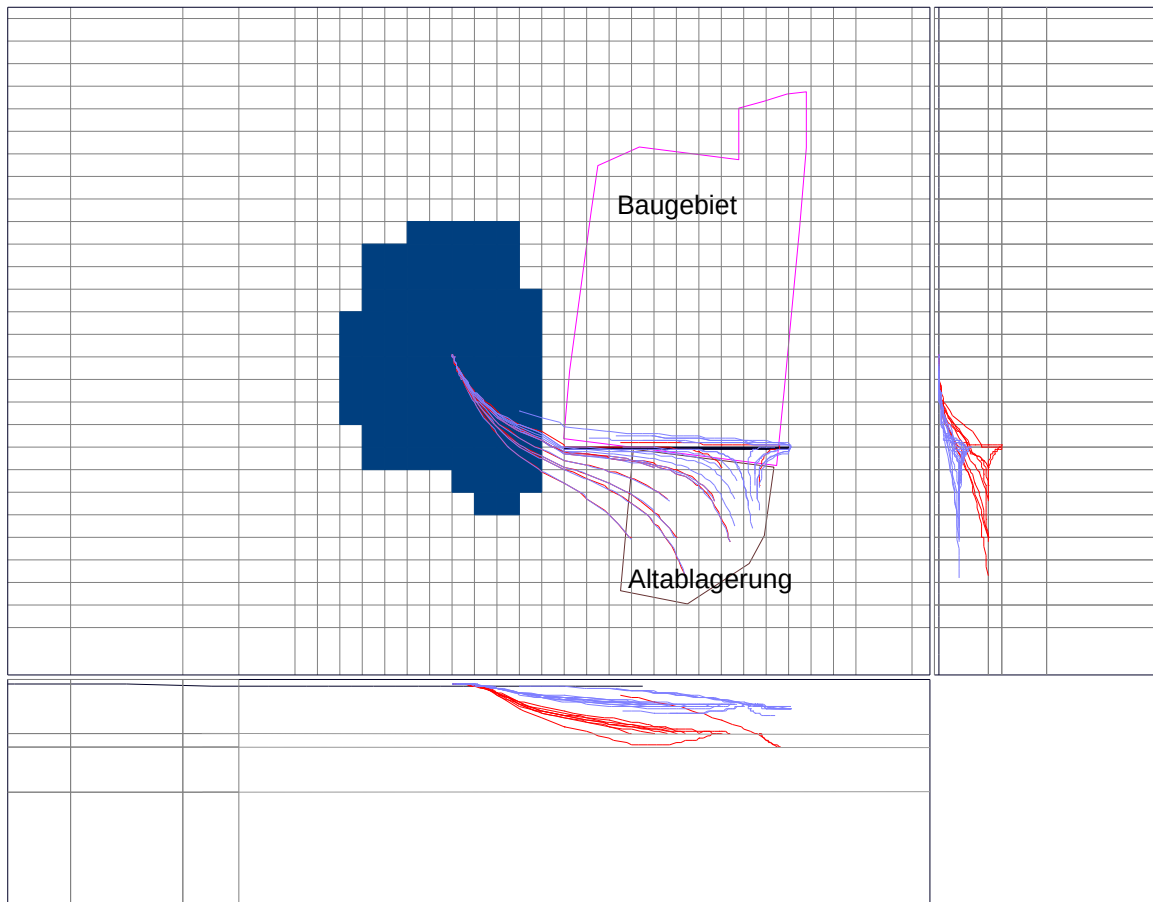


Abb. 8: Strömungspfade nach 30 Jahren bei einer 15 m tiefen Spundwand mit wasserquellender Schlossdichtung in einer Draufsicht und 2 Querschnitten

4.5 Auswirkungen bei Grundwasserhaltungen

Falls im geplanten Baugebiet Häuser mit Unterkellerung gebaut werden sollten, sind entsprechend tiefe Baugruben zu erwarten. Da der mittlere Flurabstand an den beiden Grundwassermessstellen GWM 2 und GWM 3 in der bisherigen Zeitreihe zwischen 1,5 und 1,7 m beträgt, werden die Baugrubensohlen unterhalb des Grundwasserspiegels liegen. Für den Fundamentbau (mit Keller) ist daher eine Grundwasserhaltung notwendig.

Im Folgenden wird für die Berechnungen eine 3,5 m tiefe Baugrube auf einer 10 x 10 m großen Fläche angesetzt. Um kumulative Auswirkungen zu berücksichtigen, wurden 2 Szenarien gerechnet, in denen jeweils an 5 Standorten Wasserhaltung betrieben wird. Die Wasserhaltung wurde insofern berücksichtigt, als für die entsprechenden Zellen ein Festpotential von -1,5 mNN definiert wurde. Die Geländehöhe im Modell beträgt 2,0 mNN. Da hier eine stationäre Berechnung erfolgt, werden die Auswirkungen der Grundwasserhaltung eher überschätzt. Die Ausbreitung eines Absenkrichters erfolgt allmählich, und nicht immer werden stationäre Strömungsverhältnisse erreicht.

Die Strömungspfade werden in Abb. 9 und Abb. 10 nach einer Zeitdauer von 6 Wochen dargestellt, wobei davon auszugehen ist, dass die Wasserhaltungen nur etwa 2 bis 3

Wochen benötigt werden. Bei der Grundwasserabsenkung an den östlichen Standorten ist eine Ablenkung der Strömungspfade in östliche Richtung erkennbar (Abb. 9). Ein seitliches Umfließen der Spundwand ist jedoch noch nicht eingetreten. Bei einer Grundwasserabsenkung an den westlichen Standorten deutet sich eine Ablenkung der Strömung nach 6 Wochen nur an (Abb. 10), die Auswirkungen sind deutlich geringer.

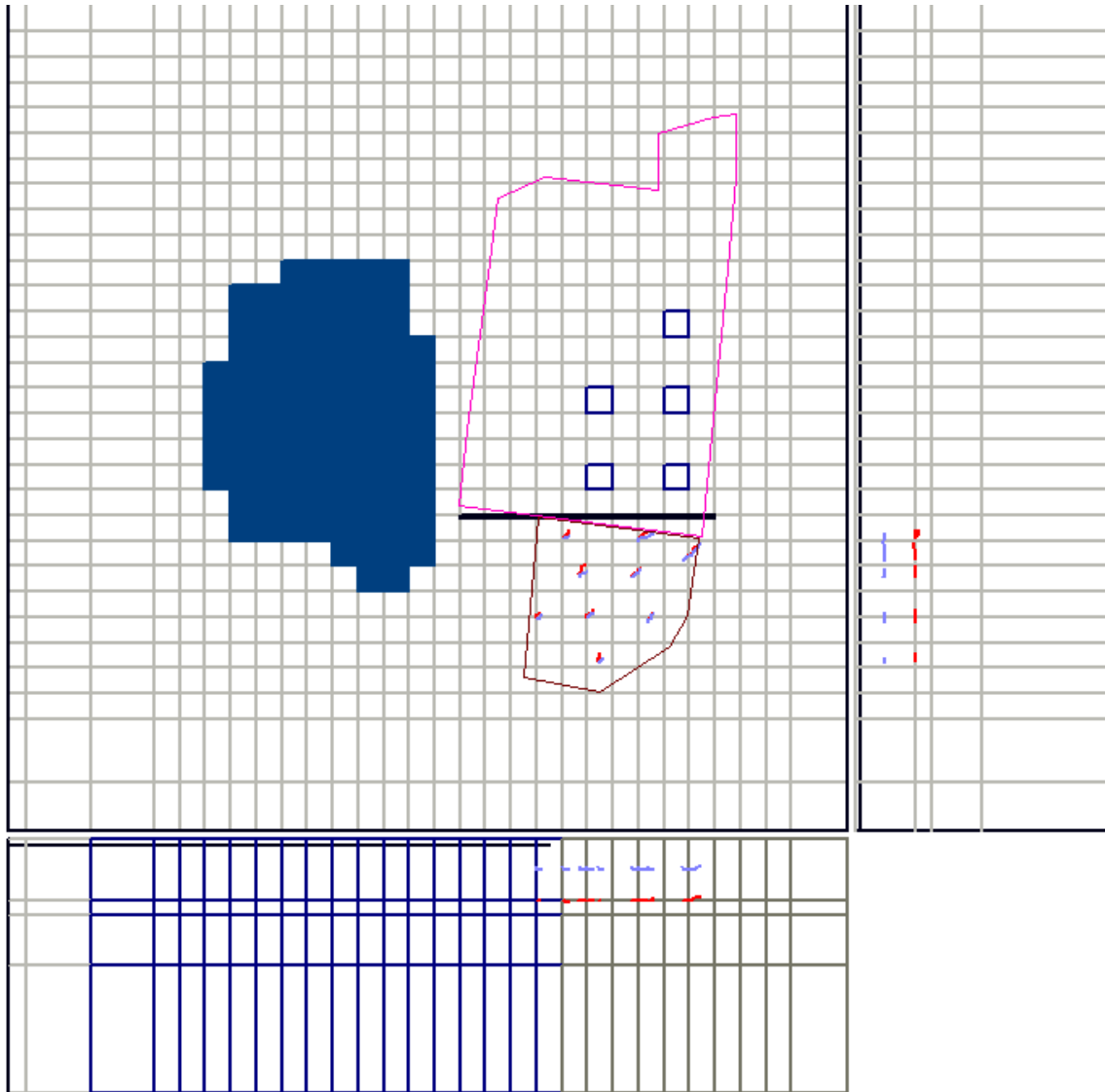


Abb. 9: Strömungspfade nach 6 Wochen bei einer Absenkung des Grundwasserspiegels auf 3,5 m u. GOK an 5 östlichen Standorten in einer Draufsicht und 2 Querschnitten

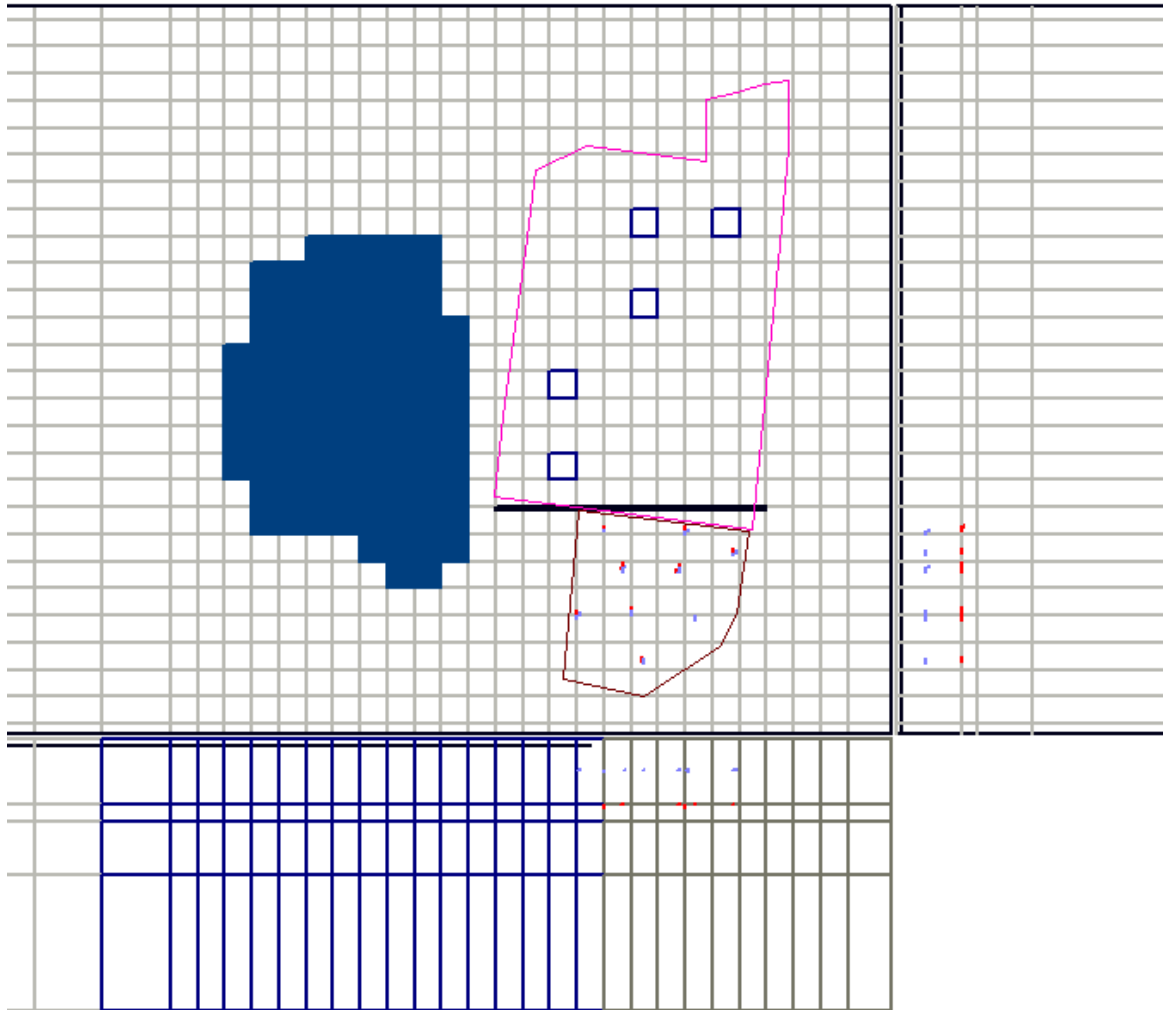


Abb. 10: Strömungspfade nach 6 Wochen bei einer Absenkung des Grundwasserspiegels auf 3,5 m u. GOK an 5 westlichen Standorten in einer Draufsicht und 2 Querschnitten

4.6 Auswirkungen bei Grundwasserförderungen zur Gartenbewässerung

Gemäß Wasserhaushaltsgesetz (WHG 2010) bedürfen Grundwasserentnahmen für den Haushalt keiner behördlichen Erlaubnis soweit keine signifikanten nachteiligen Auswirkungen auf den Wasserhaushalt zu besorgen sind. Da i. d. R. ein Anschluss an die öffentliche Wasserversorgung besteht, sind solche Grundwasserentnahmen meist für die Gartenbewässerung. In BALKE et al. (2000) wird eine durchschnittliche Bewässerungsmenge von Hausgärten von $1,5 \text{ m}^3/(\text{ha} \cdot \text{d})$ angegeben. Bei Ansetzung einer durchschnittlichen Grundstückgröße von 900 m^2 und einer Grundflächenzahl von maximal 0,3 ergeben sich mindestens 630 m^2 für eine Gartennutzung. Die jährliche Bewässerungsmenge für 630 m^2 beträgt gemäß o. g. Angabe rd. $34,5 \text{ m}^3/\text{a}$. Im Modell wurde diese Menge an 13 Standorten in der ersten Modellschicht (Unterkante 12 m u. GOK) angesetzt.

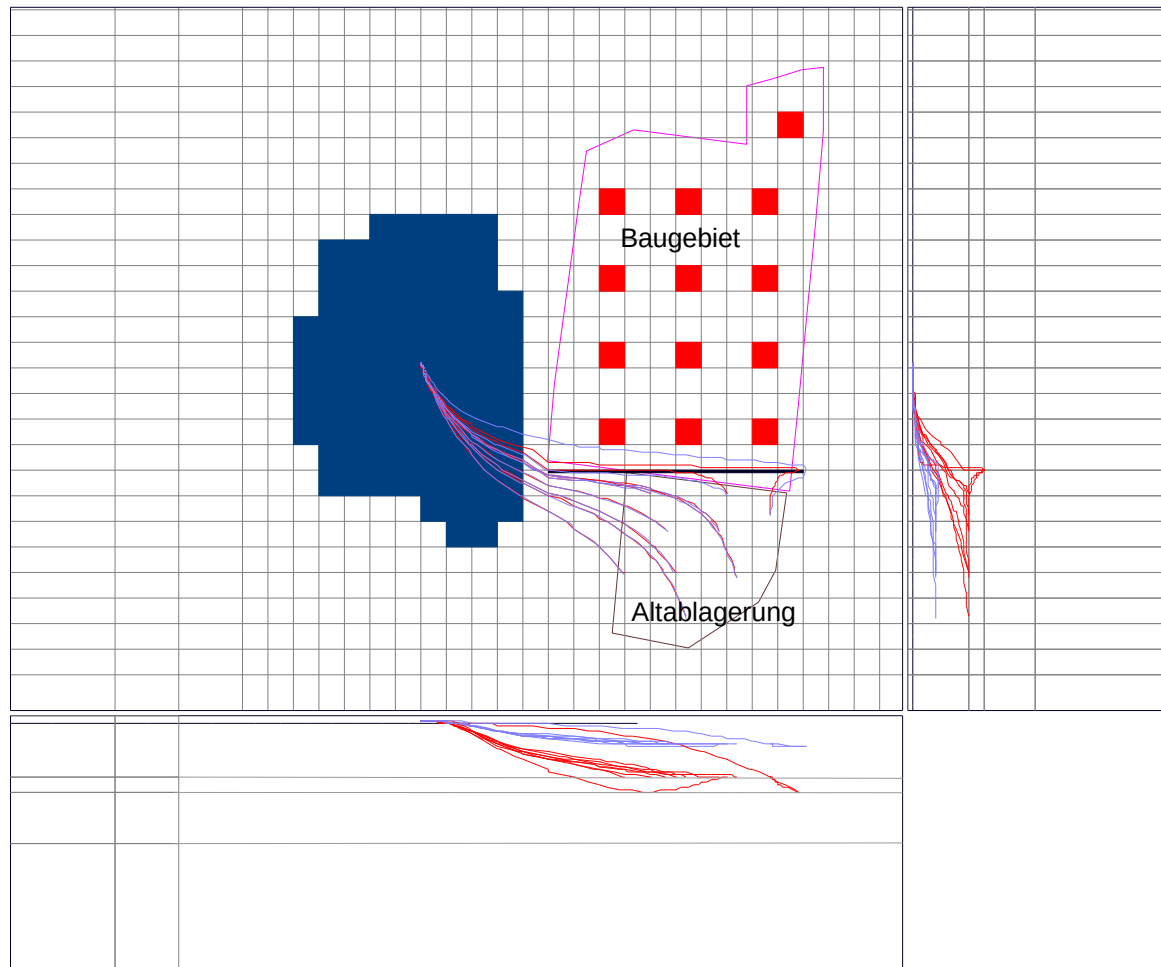


Abb. 11: Strömungspfade nach 50 Jahren bei einer 15 m tiefen Spundwand mit wasserquellender Schlossdichtung sowie Grundwasserförderung von 34,5 m³/a an den roten Standorten (Variante 1) in einer Draufsicht und 2 Querschnitten

Aus Abb. 11 ist ersichtlich, dass die Grundwasserförderung in dieser Brunnen-Konstellation keine Ablenkung der Strömung in die Brunnenzellen bewirkt. Wenn Brunnen allerdings in die direkt nördlich der Spundwand liegenden Zellen platziert werden, dann führt der Strömungspfad in diese Zelle (Abb. 12).

Um das seitliche Umströmen der Spundwand zu unterbinden, wurde ein Szenarium berechnet, in dem die Spundwand um eine Zelle nach Süden verlängert wurde. Das hat zur Folge, dass Partikel aus 5 m Tiefe (lila) nicht mehr ins geplante Baugebiet und den Brunnen gelangen (Abb. 13). Jedoch unterströmen Partikel aus 10 (grün) bzw. 12 m Tiefe (rot) die Spundwand und können damit wieder in das geplante Baugebiet gelangen.

Auch mit einer 20 m tiefen Spundwand lässt sich das Fließen in einen direkt nördlich der Spundwand gelegenen Brunnen nicht unterbinden.

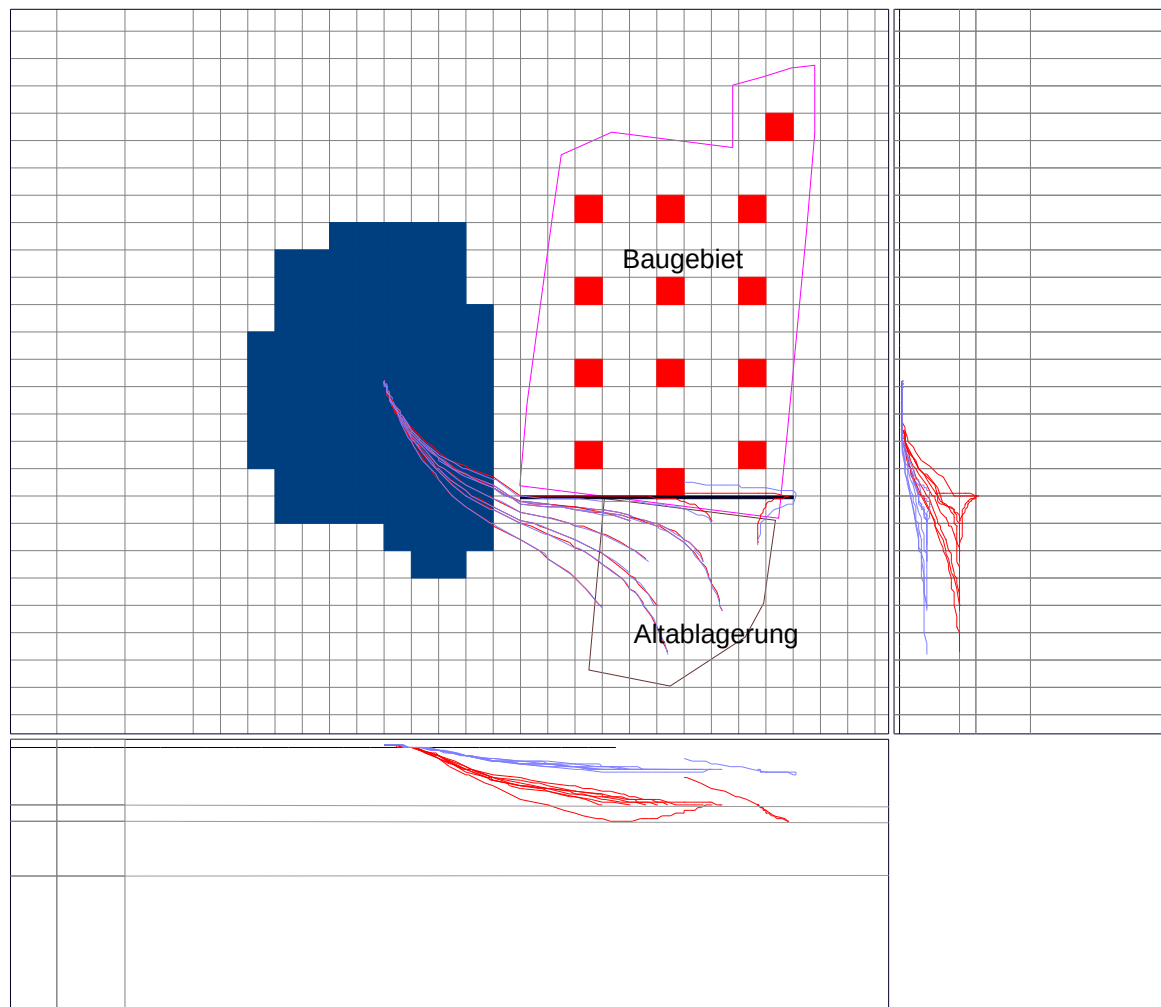


Abb. 12: Strömungspfade nach 50 Jahren bei einer 15 m tiefen Spundwand mit wasserquellender Schlossdichtung sowie Grundwasserförderung von 34,5 m³/a an den roten Standorten (Variante 2) in einer Draufsicht und 2 Querschnitten

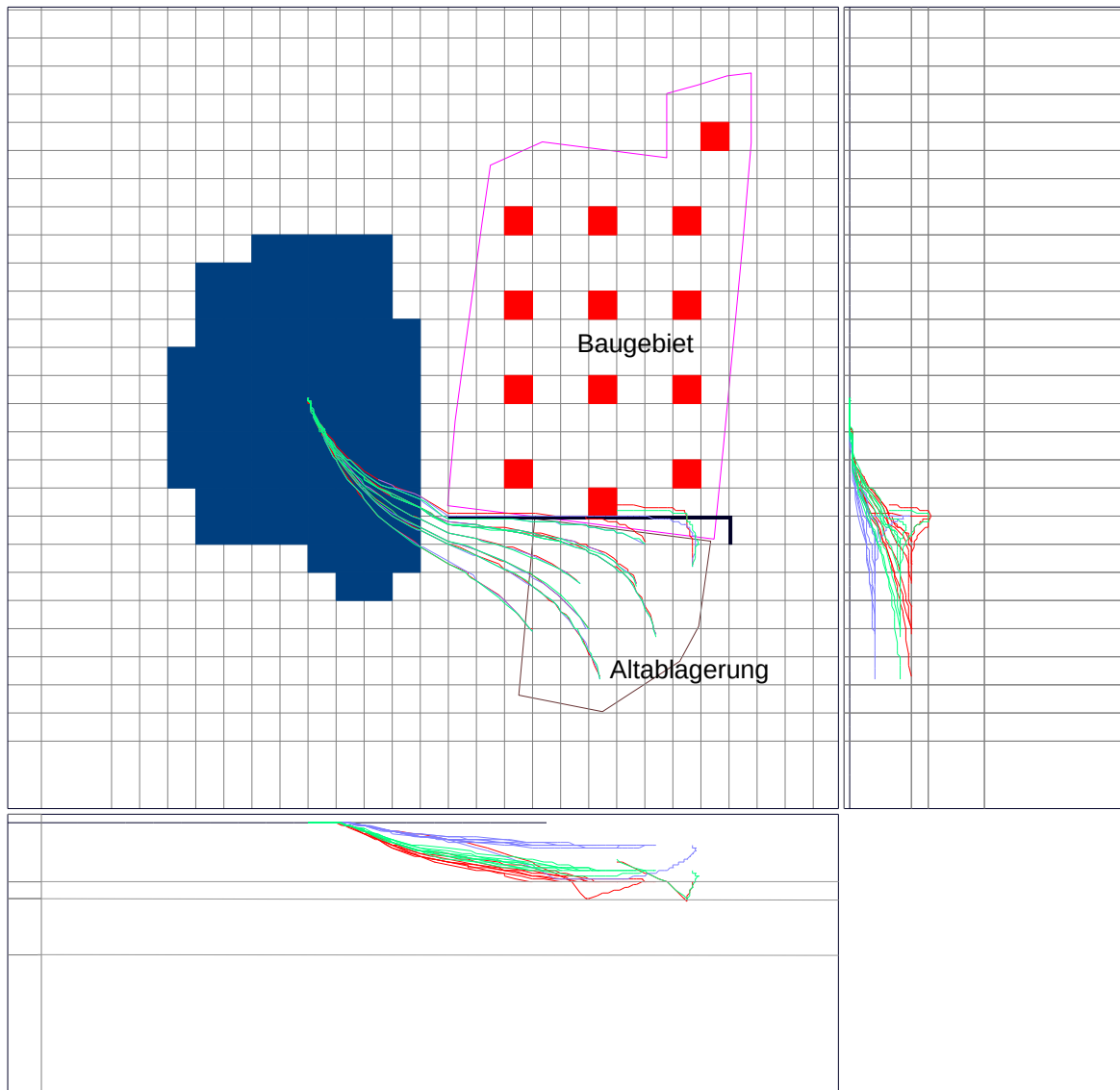


Abb. 13: Strömungspfade nach 50 Jahren bei einer nach Süden verlängerten 15 m tiefen Spundwand mit wasserquellender Schlossdichtung sowie Grundwasserförderung von 34,5 m³/a an den roten Standorten (Variante 2) in einer Draufsicht und 2 Querschnitten

4.7 Auswirkungen bei Verringerung der Grundwasserneubildung

Durch die Bebauung wird es zu einer teilweisen Versiegelung der Fläche kommen. Dies bewirkt normalerweise eine Verringerung der Grundwasserneubildung. Unter Ansetzung einer Grundflächenzahl von 0,3 entfällt bis 30 % der Gesamtfläche für die Grundwasserneubildung. Zur Abbildung der Auswirkungen wurde für das Szenarium einer 15 m tiefen Spundwand mit Verlängerung nach Süden, Grundwasserentnahme an 13 Standorten und eine um 30 % reduzierte Grundwasserneubildung betrachtet (Abb. 14).

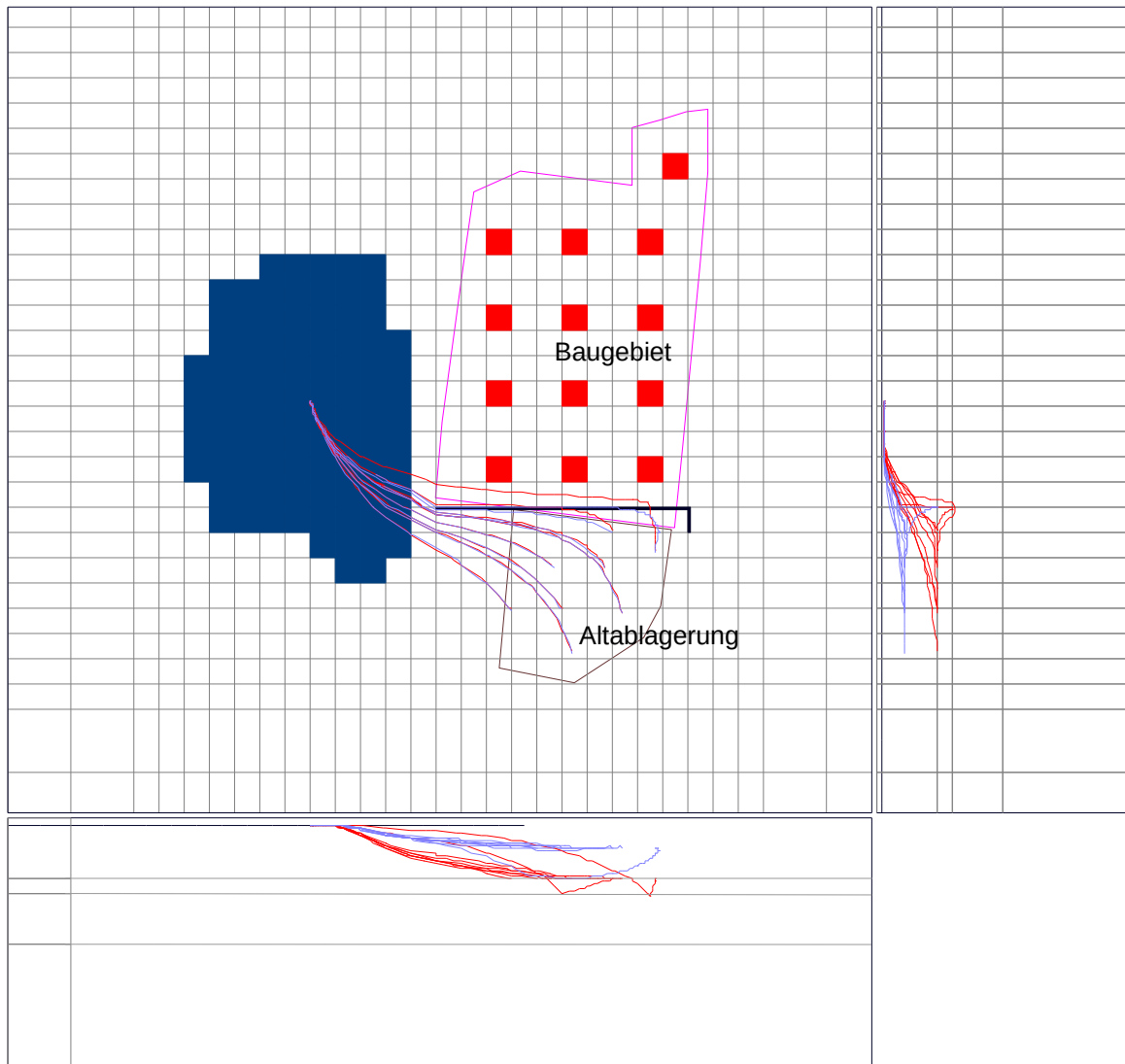


Abb. 14: Strömungspfade nach 50 Jahren bei einer nach Süden verlängerten 15 m tiefen Spundwand mit wasserquellender Schlossdichtung, Grundwasserförderung von 34,5 m³/a an den roten Standorten (Variante 1) sowie 30 % weniger Grundwasserneubildung in einer Draufsicht und 2 Querschnitten

Zum Vergleich ist in Abb. 15 der Strömungspfad ohne Reduzierung der Grundwasserneubildung dargestellt. Es sind keine signifikanten Unterschiede erkennbar.

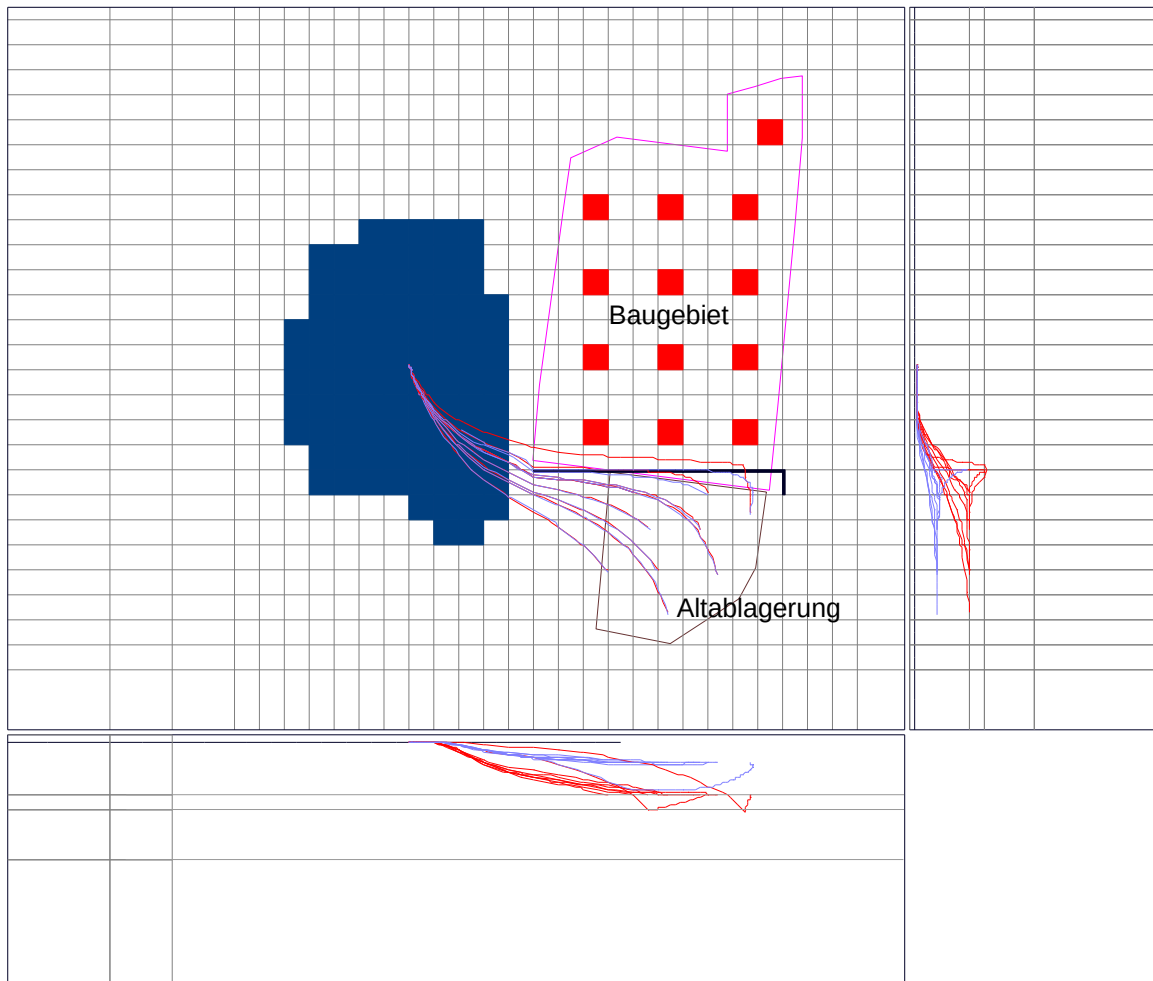


Abb. 15: Strömungspfade nach 50 Jahren bei einer nach Süden verlängerten 15 m tiefen Spundwand mit wasserquellender Schlossdichtung, Grundwasserförderung von 34,5 m³/a an den roten Standorten (Variante 1) ohne Reduzierung der Grundwasserneubildung in einer Draufsicht und 2 Querschnitten

4.8 Fazit

Auf Basis der oben angenommenen Eckdaten lassen sich die Ergebnisse wie folgt zusammenfassen:

Eine **Spundwand ohne bzw. mit einfacher** Schlossdichtung wird schon innerhalb kurzer Zeit durchströmt und ist für die vorliegende Situation nicht geeignet. Zur Begrenzung des Fließweges Richtung des geplanten Baugebietes bedarf es daher einer Spundwand **mit einem wasserquellenden Dichtmaterial** in den Schlössern, das eine Wasserdurchlässigkeit von $\leq 1 \cdot 10^{-10}$ m/s bewirkt. Alternativ käme auch eine andere Form einer Dichtwand in Frage, die z. B. bei einer Mächtigkeit von 1 m eine Wasserdurchlässigkeit $\leq 1 \cdot 10^{-8}$ m/s gewährleisten müsste.



Eine 12 m tiefe, entsprechend abgedichtete Spundwand kann von Partikeln aus 10 und 12 m Tiefe unterströmt werden. Bei 15 bzw. 20 m tiefen Spundwänden ist ein Unterströmen von Partikeln aus den vorher genannten Tiefen nur in bestimmten Fällen möglich.

Bei allen Spundwandtiefen tritt nach mehr als 10 Jahren von nordöstlichen Positionen aus ein seitliches Umströmen ein. Nach derzeitigem Stand befinden sich diese Standorte jedoch außerhalb der Ablagerung. Für Partikel aus 5 m Tiefe kann eine Verlängerung der Spundwand nach Süden diese Umströmung verhindern. Bei Partikeln aus 10 und 12 m Tiefe kommt es dann jedoch zu einer Unterströmung. Die Strömungspfade von Partikeln aus dem vermutlich zentralen Bereich der Altablagerung sind von dieser Problematik nicht betroffen, sie weisen in Richtung des benachbarten Sees.

Wasserhaltungen im geplanten Baugebiet scheinen aufgrund ihrer nur kurzen Dauer keine Ablenkung der Strömungspfade in Richtung des geplanten Baugebietes zu verursachen.

Die **Grundwasserentnahme** für eine Gartenbewässerung ist im Bereich direkt nördlich der Spundwand ungünstig, da dort die Strömungspfade durch Unterströmen oder seitliches Umströmen in die Brunnen führen. Bei weiter nördlich gelegenen (Haus-)Brunnen war dies nicht der Fall.

Eine Reduzierung der **Grundwasserneubildung** wirkt sich im untersuchten Rahmen nicht erkennbar aus.

Ein vollständiges Unterbinden der Fließwege Richtung des geplanten Baugebietes scheint auf Grundlage der vorliegenden Berechnungen mit einer Dichtwand nicht möglich zu sein. Das Problem des Unterströmens bzw. seitlichen Umströmens beschränkt sich jedoch auf Bereiche im Nordosten. In diesem Bereich wurde vermutlich gar nicht und wenn doch nur im oberflächennahen Bereich verfüllt.

Zu beachten ist weiterhin, dass gemäß HLUG (2010) die wirtschaftlich ausführbare Spundwandtiefe bei maximal ca. 10 bis 15 m liegt. Problematisch kann der Einbau bei dicht gelagerten Kiesen und Sanden sein. Hier müssten Einbringhilfen, wie z. B. Abteufung von Großbohrungen oder Anwendung von Spülungen, genutzt werden.

5 Auswirkungen einer an die örtlichen Gegebenheiten angepassten Spundwand

5.1 Ergänzende Untersuchungen zur Ausdehnung der Altablagerung

Im Verlauf der Projektbearbeitung hatte sich herausgestellt, dass eine Spundwand mit wasserquellendem Dichtmaterial das Zuströmen von Grundwasser aus der Altablagerung unterbinden kann. Für die Planung des Verlaufs und die notwendige Tiefe der Spundwand sind jedoch, neben Kenntnissen über die Ausdehnung der Altablagerung, auch Informationen über deren Tiefe wichtig.

Daher wurde ein Luftbild aus dem Jahr 1966 angeschafft, anhand dessen 3 zusätzliche Kleinbohrungen zur Ermittlung der maximalen Mächtigkeit der Auffüllung positioniert und durchgeführt wurden. Die Zusatzbohrungen ZB1 und ZB2, die das vermeintliche Grubenzentrum und damit die höchsten anzunehmenden Abbautiefen repräsentieren, ergaben

Verfüllmächtigkeiten von 7,2 bis 7,9 m. Die Bohrung ZB3 ergab eine etwas geringere Mächtigkeit von 6,0 m, was für die anzunehmende Abflachung Richtung Ufer spricht. Von der ersten Untersuchung war an einem Standort (B3) eine Mächtigkeit von 4,5 m schon bekannt.

Anhand der ermittelten Tiefen und des Luftbildes wurde anschließend unter Berücksichtigung einer Böschungsneigung von 1:2,5 das Ausmaß der Altablagerung abgeschätzt (Abb. 16).

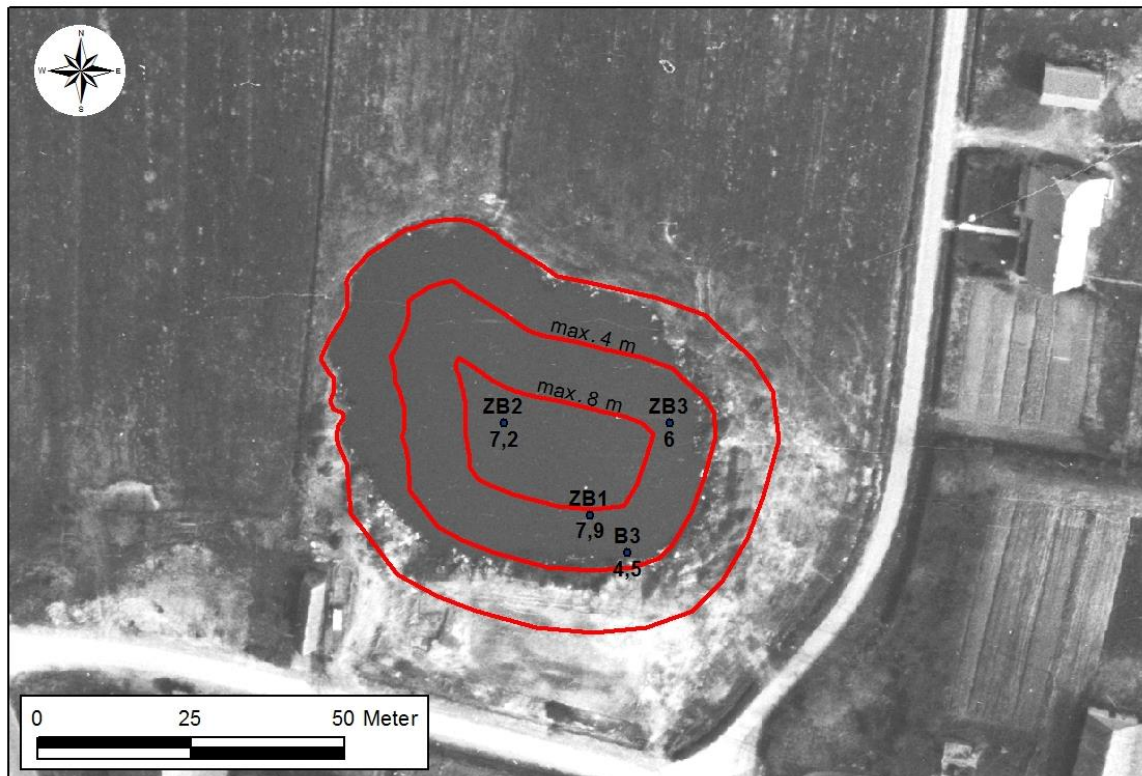


Abb. 16: Mutmaßliche Ausgestaltung der Altablagerung auf Grundlage des Luftbildes von 1966 (LGLN 1966) und eigener Bohrungen

Durch die Gemeinde Stedesdorf wurde zudem ein aktualisierter Bebauungsplan geliefert. Dieser überschneidet sich im Südwesten mit dem im Jahr 1966 noch vorhandenen See und kommt daher in der Form für die Ausführung nicht in Frage. Für die weitere Planung wurde deshalb ein neuer Spundwandverlauf angesetzt.

5.2 Anpassung der Spundwand in Lage und Tiefe

Der Verlauf der Spundwand wurde an die in Abb. 16 dargestellte Situation angepasst und erstreckt sich nun von NW nach SE. Aufgrund der erbohrten Verfüllmächtigkeit von max. 7,9 m wurde als Spundwandtiefe 8 m angesetzt. Um die Barrierewirkung dieser Spundwand zu belegen, wurden die Strömungspfade bei Wasserhaltungen und Wasserförderungen an ungünstigen Standorten berechnet. Die Betrachtungen werden im Folgenden für Partikel aus 8 m (rot), 4 m (lila) und 2 m (grün) Tiefe durchgeführt.

Als erstes wurden die Auswirkungen einer **Wasserhaltung** mit Standorten direkt nördlich der Spundwand berechnet. Es wurde, wie bereits in Kap. 4.5 beschrieben, ein Absenken

auf 3,5 m u. GOK angenommen. Die Strömungspfade führen auch innerhalb von 6 Wochen (ungünstige Bedingungen) nicht in den Bereich nördlich der angesetzten Spundwand (Abb. 17).

In Abb. 18 sind zusätzliche Wasserhaltungen an weiteren geplanten Bauplätzen westlich und östlich der Altablagerung berücksichtigt worden. Nach 3 Wochen gelangen die Strömungspfade noch nicht in die relevanten Bereiche. Innerhalb von 6 Wochen erreichen die Strömungspfade jedoch die westlichen und östlichen angenommenen Baustandorte.

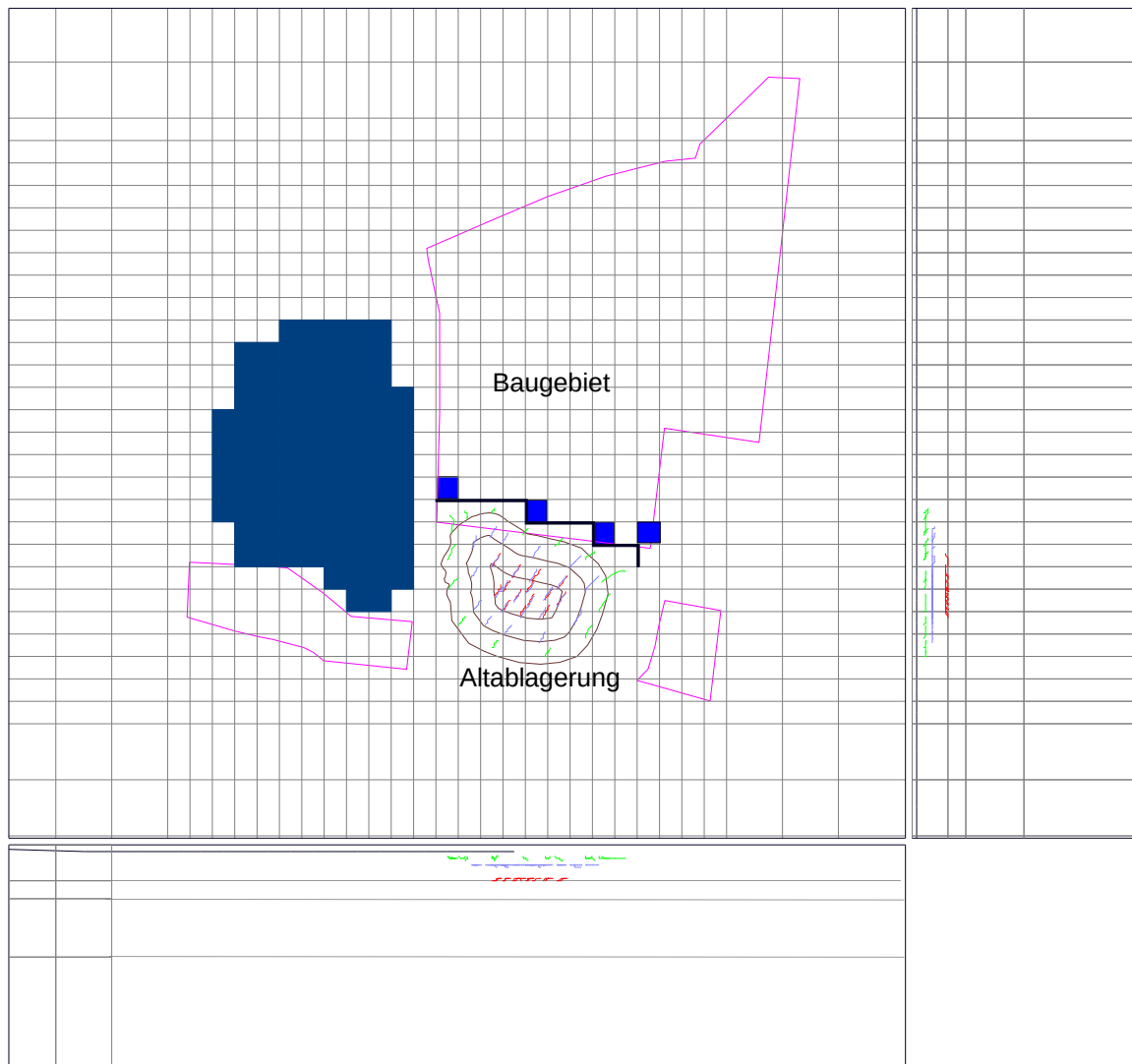


Abb. 17: Strömungspfade nach 6 Wochen bei einer Absenkung des Grundwasserspiegels auf 3,5 m u. GOK an 4 Standorten direkt nördlich der Spundwand in einer Draufsicht und 2 Querschnitten

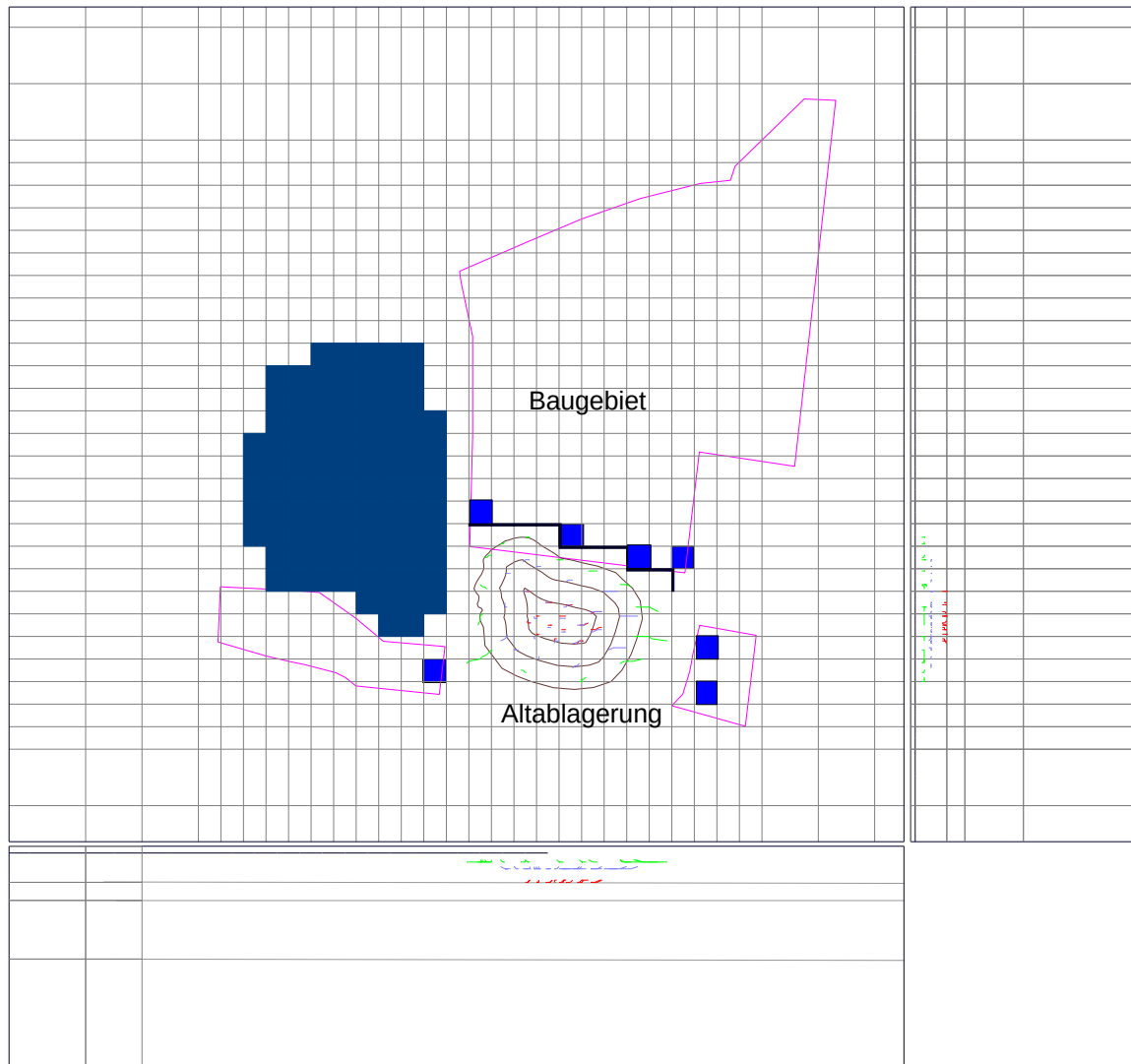


Abb. 18: Strömungspfade nach 3 Wochen bei einer Absenkung des Grundwasserspiegels auf 3,5 m u. GOK an 4 Standorten direkt nördlich der Spundwand sowie Standorten westlich und östlich der Altablagerung in einer Draufsicht und 2 Querschnitten

Im Weiteren wurde eine **Grundwasserförderung** von 34,5 m³/a an Standorten nördlich der Spundwand und westlich und östlich der Altablagerung betrachtet (Abb. 19). Die Grundwasserförderung findet dabei in den Modellschichten bis 12 m Tiefe statt. Die Grundwasserneubildung wurde in den Bebauungsgebieten auf Null gesetzt. Die Berechnungen haben ergeben, dass die Strömungspfade nach 50 Jahren nicht in die Brunnenzellen führen.

Tiefere Brunnen wurden nicht betrachtet, da bei mittleren Flurabständen zwischen 1,5 und 1,7 m die Notwendigkeit von tieferen Brunnen nicht gegeben ist.

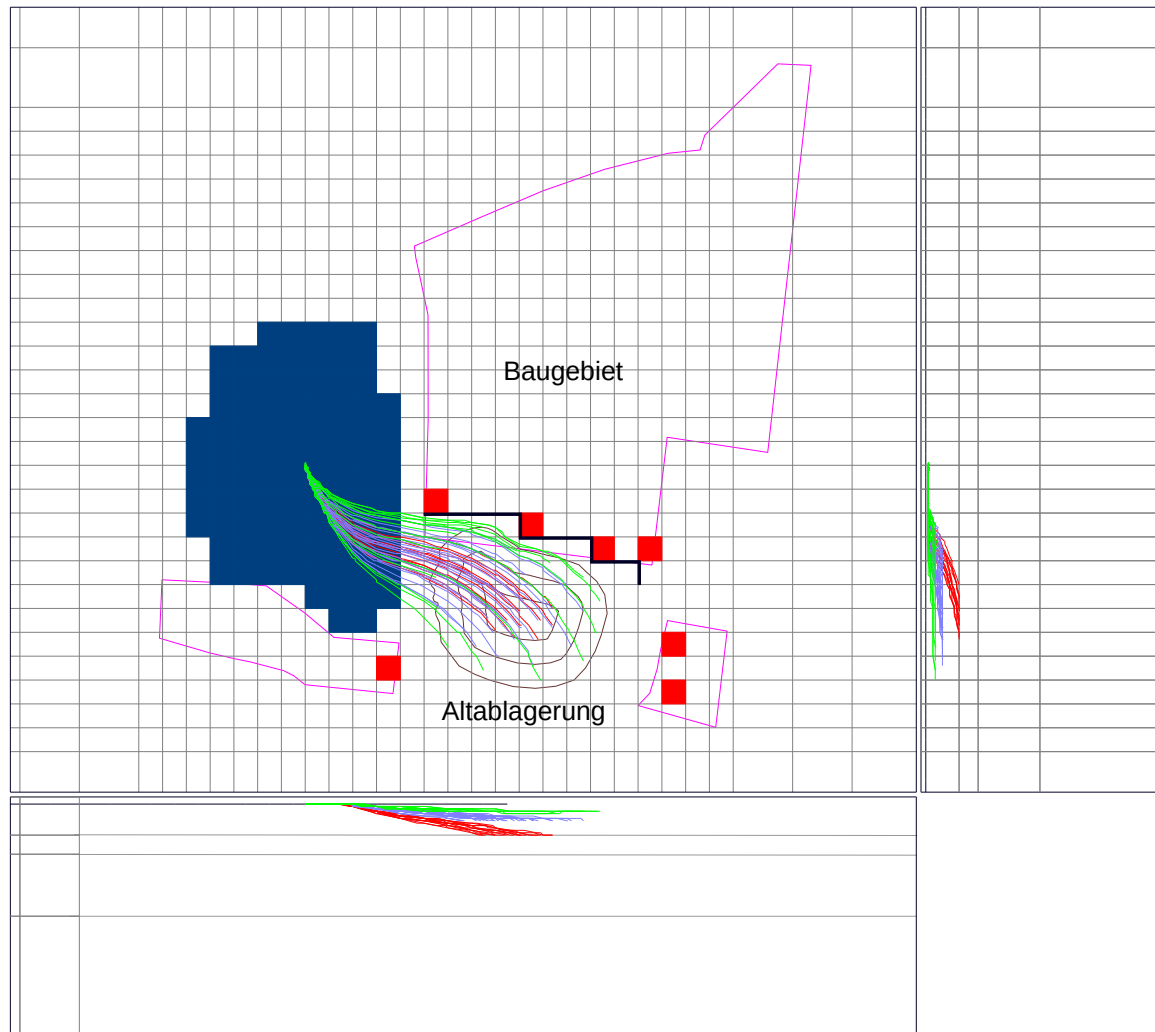


Abb. 19: Strömungspfade nach 50 Jahren bei einer 8 m tiefen Spundwand mit wasserquellender Schlossdichtung, Grundwasserförderung von 34,5 m³/a an den roten Standorten sowie keiner Grundwasserneubildung in den Bebauungsgebieten in einer Draufsicht und 2 Querschnitten

Unabhängig von Grundwasserentnahmen wird die Errichtung einer Spundwand aufgrund ihrer Barrierewirkung jedoch zu einem Grundwasseraufstau führen. In Abb. 20 sind die errechneten Grundwasserstandsänderungen zwischen dem modellierten Ausgangszustand und der Situation nach Berücksichtigung der abgebildeten 8 m tiefen Spundwand dargestellt. Die berechneten Grundwasserstandserhöhungen sind kleiner als 1 cm und damit vernachlässigbar gering.

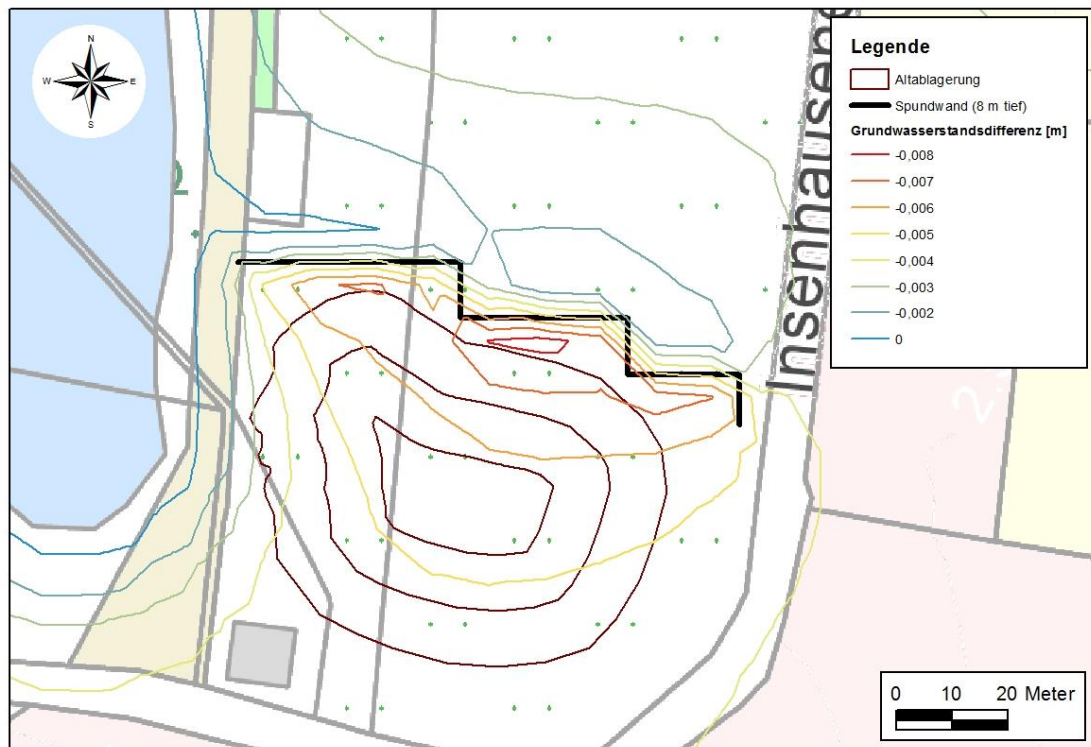


Abb. 20: Änderung der Grundwasserstände durch den Bau einer 8 m tiefen Spundwand

5.3 Fazit

Die an die neuen Erkenntnisse bezüglich der Altablagerung angepasste, schräg verlaufende Spundwand mit einer Wasserdurchlässigkeit von $\leq 1 \cdot 10^{-10}$ m/s und einer Tiefe von 8 m wird in den berechneten Situationen aus dem angenommenen Altablagerungsbereich weder seitlich umströmt noch unterströmt. Auf Basis der angenommenen Eckdaten kann mit dem dargestellten Verlauf und der Tiefe der Spundwand ein Zuströmen in das nördlich gelegene Gebiet vermieden werden. Die westlich und östlich der Altablagerung geplanten Standorte sind bei länger als 3 Wochen andauernden Wasserhaltungen potentiell gefährdet, wobei zu beachten ist, dass in den Simulationen ein stationärer Fall angesetzt wurde. Es ist darauf hinzuweisen, dass eine baubedingte Absenkung nur in einem sehr engen Zeitrahmen erfolgen wird und nach Fertigstellung des Baugebietes ausgeschlossen werden kann.

Eine in der Realität anzunehmende, sporadische und kurzzeitige Bewässerung in den Sommermonaten wird nach derzeitigen Einschätzungen keine nennenswerten Auswirkungen auf das Grundwasserfließverhalten haben.



5.4 Empfehlung

Anhand des durch die aktualisierten Informationen gewonnenen Kenntnisstandes und der daraus resultierenden Berechnungen lässt sich ableiten, dass eine Gefährdung des geplanten Baugebietes unter Ansetzung von bestimmten Voraussetzungen unwahrscheinlich ist. In der Ausführung ist der Bau einer NW-SE verlaufenden mind. 8 m tiefen Spundwand mit einer Wasserdurchlässigkeit von $\leq 1 \cdot 10^{-10}$ m/s an der in Anlage 4 dargestellten Position zu beachten. Alternativ käme auch eine andere Form einer Dichtwand in Frage, die z. B. bei einer Mächtigkeit von 1 m eine Wasserdurchlässigkeit $\leq 1 \cdot 10^{-8}$ m/s gewährleisten müsste.

Um die Effektivität der Spundwand und zudem einen möglichen Austritt von Schadstoffen aus der Ablagerung überprüfen zu können, sollte ein Grundwassermonitoring durchgeführt werden. Über ein Grundwassermessstellennetz, das der Vor-Ort-Situation angepasst wird, werden in regelmäßigen Abständen Grundwasserproben entnommen. Gleichzeitig sind Grundwasserstandsmessungen zur Verifizierung der Fließverhältnisse empfehlenswert.

Die Positionen der Grundwassermessstellen sind sowohl im Zustrom, als auch im Abstrom bzw. im Bereich zwischen der Altablagerung und der Spundwand zu wählen. Auch der in den Voruntersuchungen potenziell umströmte Bereich im Osten bzw. im Norden der Spundwand sollen überwacht und dementsprechend mit einer Grundwassermessstelle versehen werden. Der Bau weiterer Messstellen ist daher zur Gewährleistung einer lückenlosen Überwachung unumgänglich. Ein Vorschlag hinsichtlich der Standorte für Grundwassermessstellen ist vorbehaltlich der weiteren Baugebietsplanung in Anlage 5 enthalten.

Die Untersuchung des Grundwassers an den Grundwassermessstellen sollte zu Beginn mit einem umfanglicheren Untersuchungsprogramm durchgeführt werden (Tab. 3). Je nach Befund – gerade in der direkten Abstrommessstelle – können Untersuchungsparameter und Untersuchungshäufigkeit anschließend in Abstimmung mit der Fachbehörde näher festgelegt werden. Im Sinne einer Aufwandsoptimierung sollte in Abhängigkeit der jeweiligen Untersuchungsergebnisse zudem eine regelmäßige Anpassung des Beweissicherungsprogramms erfolgen.

Die Messung der Grundwasserstände sollte zunächst monatlich erfolgen.



Tab. 3: Statusuntersuchung zur Festlegung eines Untersuchungsprogramms

Färbung	Cyanid, gesamt
Trübung	Eisen, gesamt
Geruch	Mangan, gesamt
Wassertemperatur	Bor
pH-Wert	Chrom VI
elektrische Leitfähigkeit (25°C)	Kohlenwasserstoff-Index
Sauerstoff, gelöst	AOX
Natrium	PAK (EPA)
Kalium	Phenol-Index
Magnesium	Arsen
Calcium	Blei
Ammonium	Cadmium
Nitrat	Chrom, gesamt
Sulfat	Kupfer
Chlorid	Nickel
Säurekapazität bis pH 4,3	Quecksilber
DOC	Zink
Fluorid	

Aufgestellt: Hesel, 22. Juni 2016

H & M Ingenieurbüro GmbH & Co. KG

Dipl.-Ing. Harald Holtz
- Geschäftsführer -



Dipl.-Geogr. Thorsten Ihnen
- Projektleiter -



6 Literatur und Schrifttum

- BALKE, K.-D., BEIMS, U., HEERS, F. W., HÖLTING, B, HOMRIGHAUSEN, R. & MATHESS, G. (2000): Grundwassererschließung: Grundlagen, Brunnenbau, Grundwasserschutz, Wasserrecht. – Lehrbuch der Hydrogeologie Band 4: 740 S., 398 Abb., 81 Tab.; Berlin (Bornträger).
- PRINZ, H. (1997): Abriß der Ingenieurgeologie. – 546 S., 415 Abb., 84 Tab.; Stuttgart (Enke).
- HLUG (2010): Sanierungstechniken und –verfahren. – Handbuch Altlasten Band 6 Teil 3: 115 S.; Wiesbaden (HLUG).
- H & M INGENIEURBÜRO GMBH & CO. KG (2016): Risikoabschätzung Altablagerung Insenshausener Straße, Hesel
- WHG (2010): Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz) vom 31. Juli 2009 (BGBl. I: 2585), zuletzt geändert durch Verordnung vom 31.08.2015 (BGBl. I S. 1474).

7 Kartenverzeichnis

- NIBIS KARTENSERVEN (2015): Hydrogeologische Übersichtskarte von Niedersachsen 1 : 200 000 - Grundwasserneubildung, Methode mGROWA. - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Hannover.



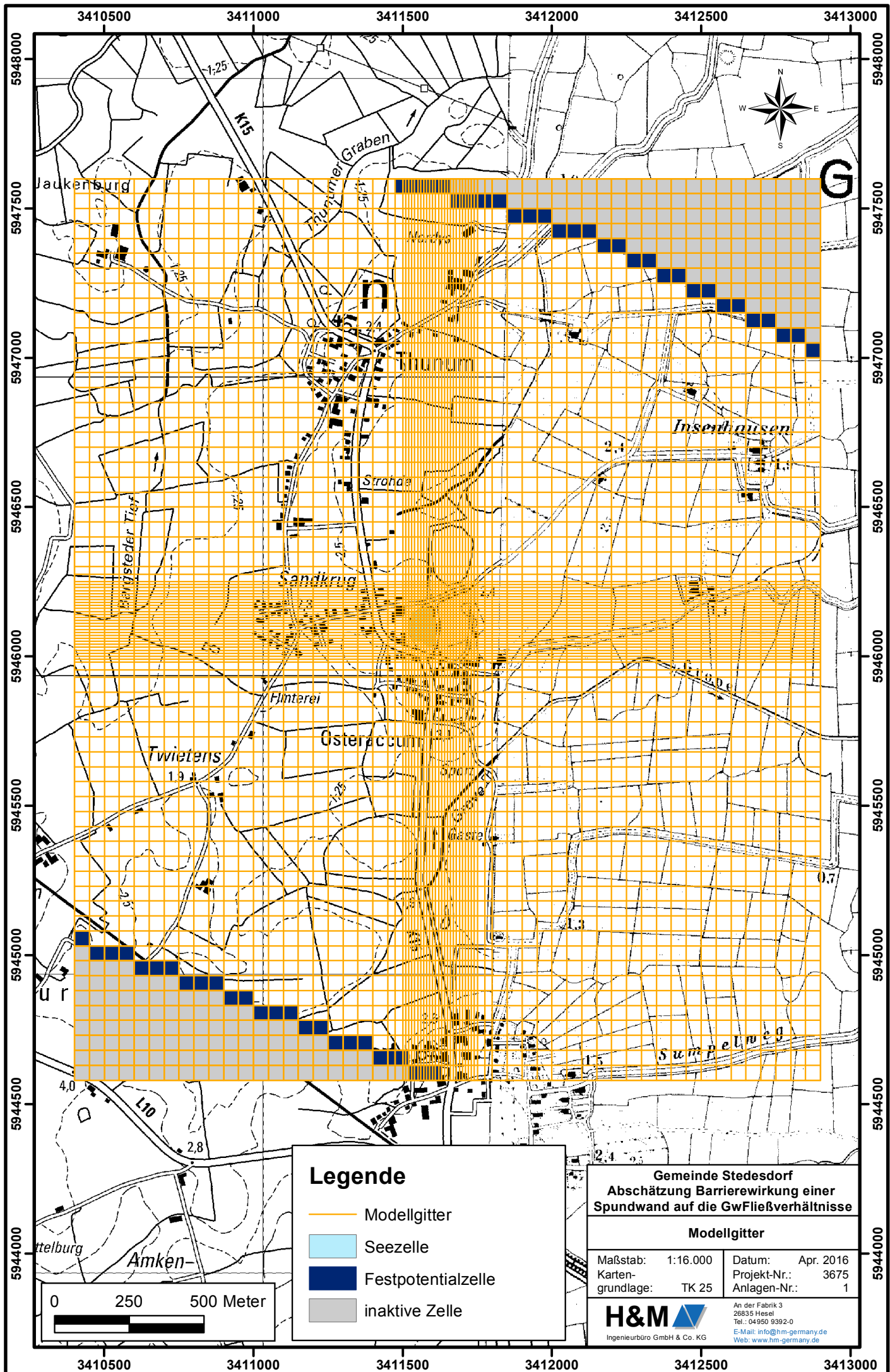
Anlagen



Anlage 1

Modellgitter

M 1 : 16.000



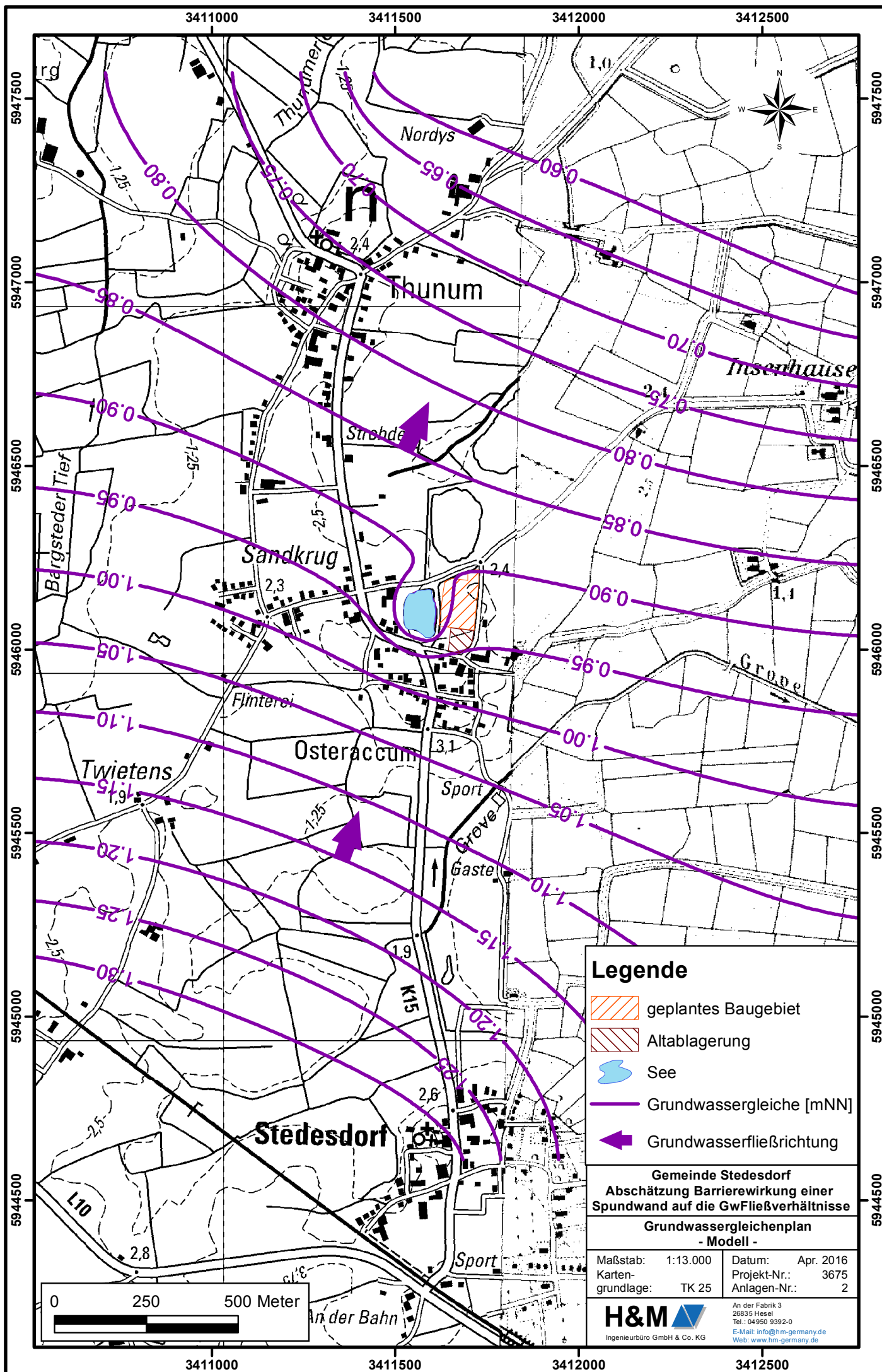


Anlage 2

Grundwassergleichenplan

- Modell –

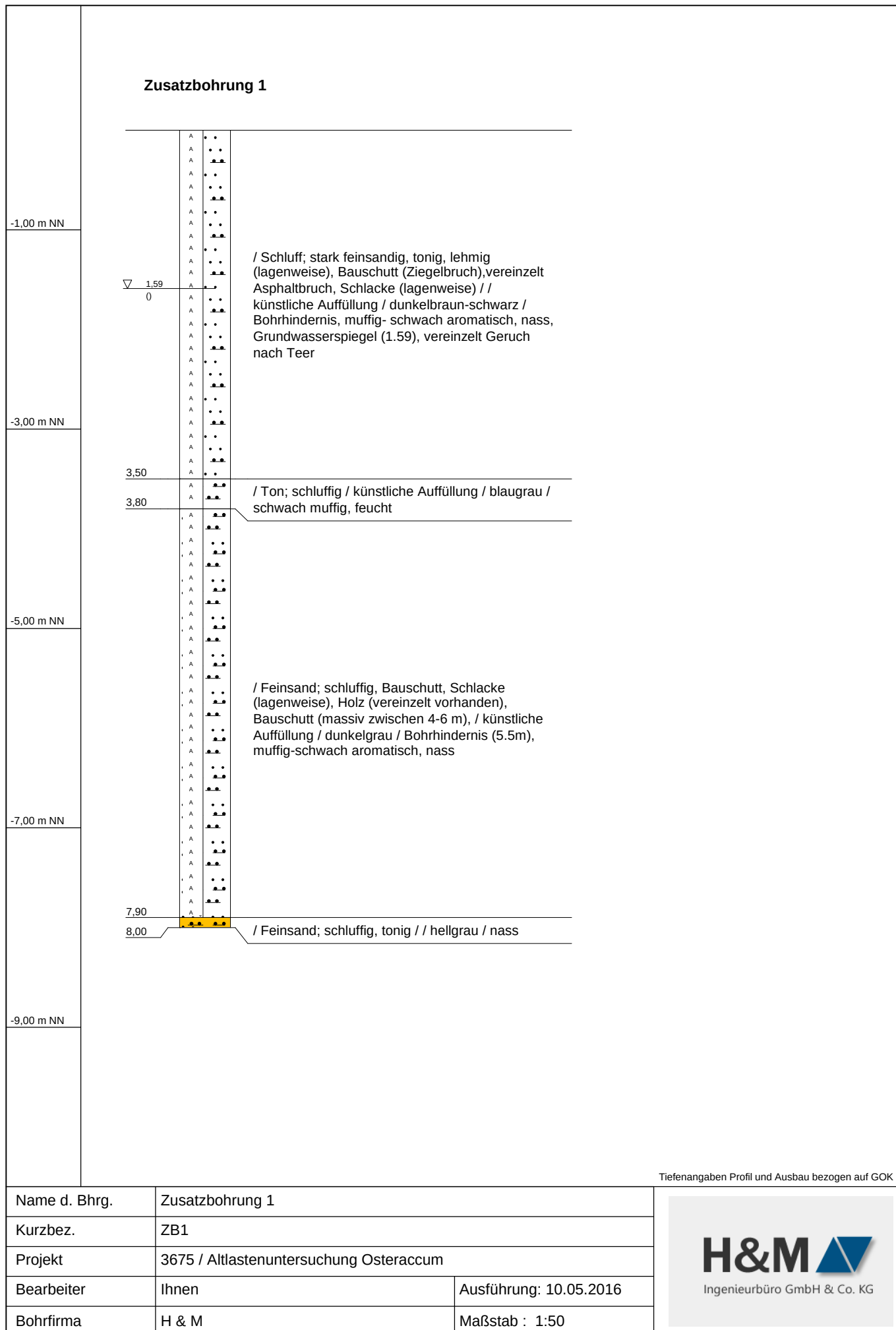
M 1 : 13.000



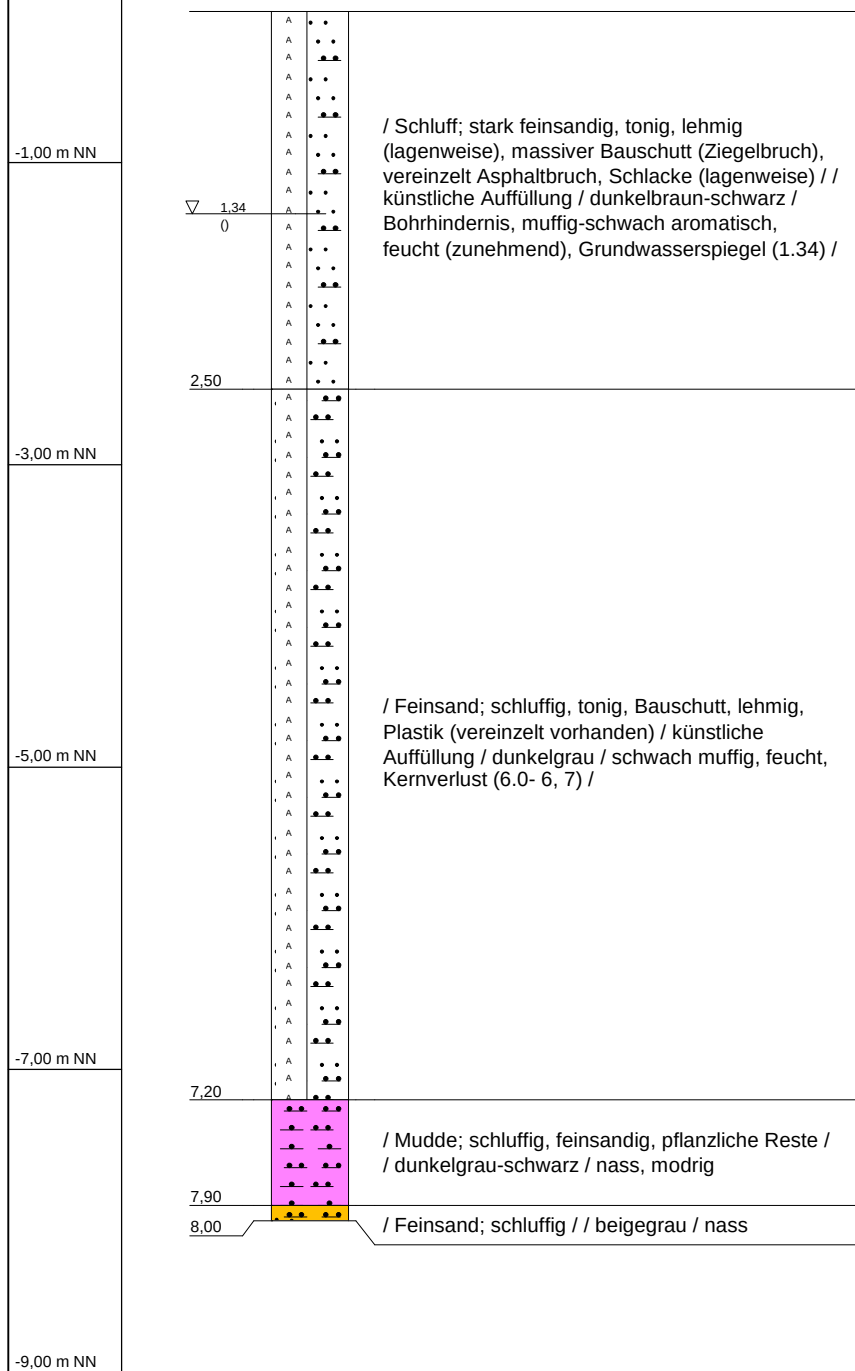


Anlage 3

Bohrprofile
Zusatzbohrungen



Zusatzbohrung 2



Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

Name d. Bhrg.	Zusatzbohrung 2	
Kurzbez.	ZB2	
Projekt	3675 / Altlastenuntersuchung Osteraccum	
Bearbeiter	Ihnen	Ausführung: 10.05.2016
Bohrfirma	H & M	Maßstab : 1:50

[illegible]

Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

Name d. Bhrg.	Zusatzbohrung 3	
Kurzbez.	ZB3	
Projekt	3675 / Altlastenuntersuchung Osteraccum	
Bearbeiter	Ihnen	Ausführung: 10.05.2016
Bohrfirma	H & M	Maßstab : 1:50





Anlage 4

beispielhafte Strömungspfade
(Zeitraum 50 Jahre)

M 1 : 1.500

3411550 3411600 3411650 3411700 3411750 3411800

Legende

- geplantes Baugebiet
- Altablagerung
- Brunnenzelle (Entnahme 34,5 m³/a)

— Spundwand (8 m tief)

Strömungspfad (50 Jahre)

- 8 m u. GOK
- 4 m u. GOK
- 2 m u. GOK



5946300

5946250

5946200

5946150

5946100

5946050

5946000

5945950

3411550

3411600

3411650

3411700

3411750

3411800

5946300

5946250

5946200

5946150

5946100

5946050

5946000

5945950

3411800

Gaste

Irsenhausener Straße

Hauptstr.

0 50 100 Meter

Gemeinde Stedesdorf
Abschätzung Barrierewirkung einer
Spundwand auf die GwFließverhältnisse
beispielhafte Strömungspfade
(Zeitraum 50 Jahre)

Maßstab: 1:1.500
 Kartengrundlage: AK 5

Datum: Mai 2016
 Projekt-Nr.: 3675
 Anlagen-Nr.: 4

H&M
 Ingenieurbüro GmbH & Co. KG

An der Fabrik 3
 26835 Hesel
 Tel.: 04950 9392-0
 E-Mail: info@hm-germany.de
 Web: www.hm-germany.de



Anlage 5

Lageplan Grundwassermonitoring

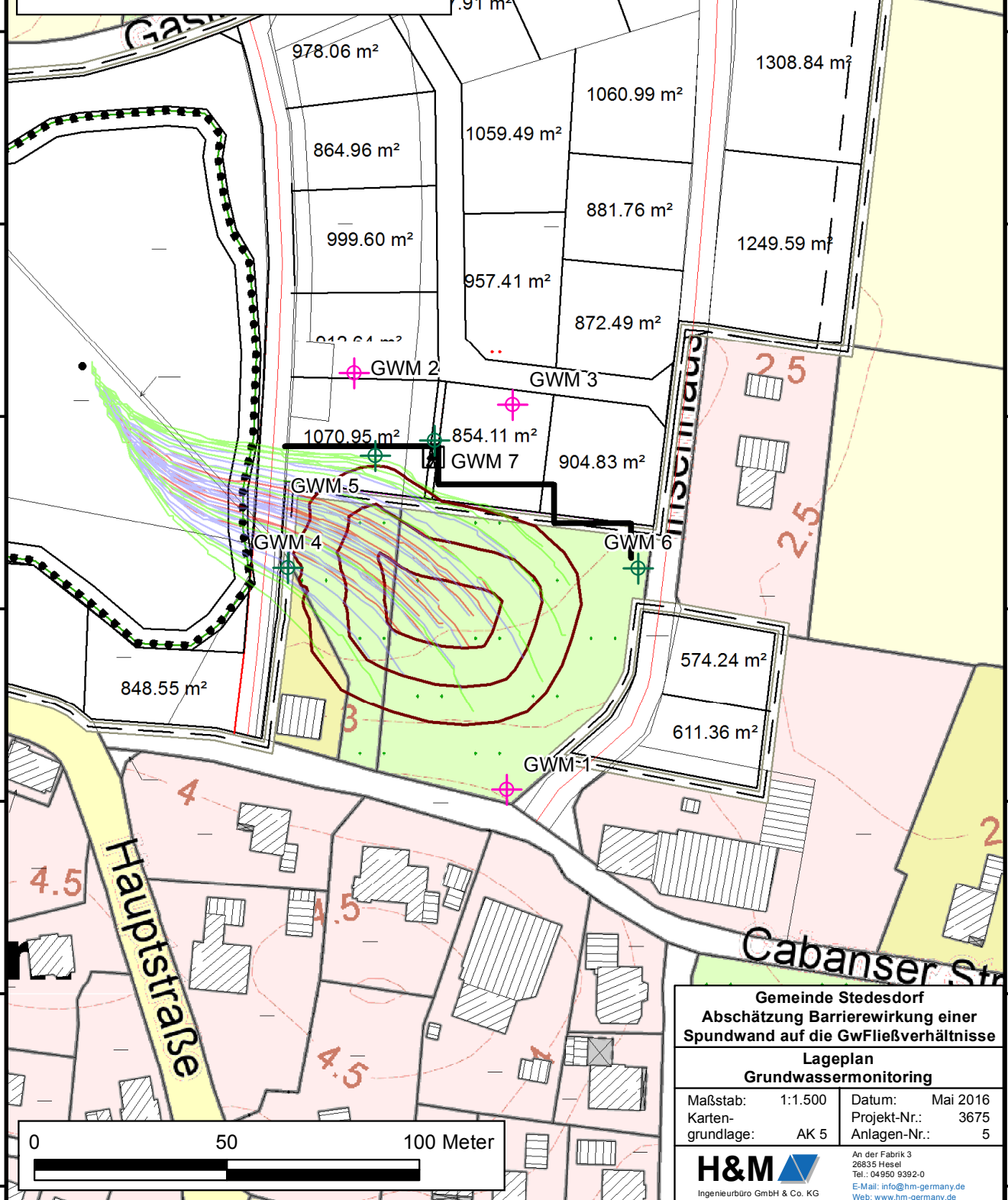
M 1 : 1.500

Legende

-  Grundwassermessstelle (Vorschlag)
-  Grundwassermessstelle (Bestand)

Strömungspfad (50 Jahre)

-  8 m u. GOK
-  4 m u. GOK
-  2 m u. GOK
-  Spundwand (8 m tief)
-  Ablagerung



Gemeinde Stedesdorf Abschätzung Barrierewirkung einer Spundwand auf die GwFließverhältnisse Lageplan Grundwassermonitoring	
Maßstab: 1:1.500 Karten- grundlage: AK 5	Datum: Mai 2016 Projekt-Nr.: 3675 Anlagen-Nr.: 5
H&M Ingenieurbüro GmbH & Co. KG An der Fabrik 3 26835 Hesel Tel.: 04950 9392-0 E-Mail: info@hm-germany.de Web: www.hm-germany.de	