
Projekt-Nr.: 0140161

Bearbeiter : Dr. Enrico Hamann, Dipl.-Geol.
Durchwahl : (+49) 5031. 70 488-14
Sekretariat : (+49) 5031. 70 488-10
Telefax : (+49) 5031. 70 488-29
E-Mail : e.hamann@geodienste.com
Internet : www.geodienste.com

GeoDienste GmbH • Nienburger Straße 2 • 31515 Wunstorf

Niedersächsische Landesbehörde für Straßen-
bau und Verkehr (NLStBV)

Göttinger Chaussee 76 A

30453 Hannover

Unser Schreiben / Gespräch vom Ihre Zeichen

Unsere Zeichen

Datum

Datei

eh

05.Juni 2019

stn_B3_SSW_GWAbsenkungen_Baugrubend
ocks_Reichweite_stand20190506.docx

B3 Südschnellweg - Berechnung der Reichweite einer Grundwasserabsenkung durch Restwasserhaltung während der Tunnel-Baumaßnahme

Sehr geehrter Herr Tacke,

im Rahmen der Planungen zum Bau eines Tunnelbauwerkes im Bereich B3 Südschnellweg wurde die GeoDienste GmbH beauftragt, Aussagen zu Auswirkungen von Restwasserhaltungen innerhalb geplanter Baugruben auf die Grundwasserstände außerhalb der Baugruben zu machen.

Die Planungen sehen vor, einen seitlichen Verbau (Schlitzwand) zu errichten, der die Bereiche innerhalb und außerhalb der Baugruben hydraulisch entkoppelt. Die Schlitzwand wird dazu entweder bis in den grundwassernichtleitenden Unterkreide-Tonstein geführt oder, im Bereich der Portale, nach unten durch eine Unterwasserbetonsohle abgedichtet. Innerhalb der Baugruben erfolgt dann eine Restwasserhaltung.

Im Folgenden werden Auswirkungen der Restwasserhaltung auf das umliegende Grundwasser im Falle einer gleichmäßigen sowie einer punktuellen Durchsickerung des seitlichen Verbaus berechnet. Da die Baugrubensohle als grundwassernichtleitend eingeschätzt wird, wird eine Durchsickerung dieser im vorliegenden Bericht nicht betrachtet.

Verwendete Unterlagen und Daten

- [1] GeoDienste GmbH (2018): Bericht zur Erstellung eines numerischen Grundwasserströmungsmodells im Rahmen des Projektes „Ausbau B3 – Südschnellweg“ der Niedersächsischen Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr (NLStBV). Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr (NLStBV), Stand 25.07.2018.
- [2] INGE B3 (2018): Vorentwurf B3/Südschnellweg Hannover Bau-km 0+037 - 3+855, Baugrubenplan km 2+000 bis km 2+416. Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr (NLStBV), Vorabzug Stand 24.07.2018.
- [3] INGE B3 (2018): Vorentwurf B3/Südschnellweg Hannover Bau-km 0+037 - 3+855, Baugrubenplan km 2+416 bis km 2+832. Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr (NLStBV), Vorabzug Stand 24.07.2018.
- [4] INGE B3 (2018): Vorentwurf B3/Südschnellweg Hannover Bau-km 0+037 - 3+855, Baugrubenplan km 2+832 bis km 3+234. Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr (NLStBV), Vorabzug Stand 24.07.2018.
- [5] INGE B3 (2018): Vorentwurf B3/Südschnellweg Hannover Bau-km 0+037 - 3+855, Baugrubenplan km 3+234 bis km 3+646. Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr (NLStBV), Vorabzug Stand 24.07.2018.
- [6] Hsieh, P.A. & Freckleton, J.R. (1993): Documentation of a computer program to simulate horizontal-flow barriers using the U.S. Geological Survey's modular three-dimensional finite-difference ground-water flow model. U.S. Geological Survey, Open-File Report 92-477.
- [7] Email von Herr Biber (BUNG AG) vom 19.02.2019: Absenkziele in den einzelnen Bau-docks.
- [8] Email von Herr Biber (BUNG AG) vom 27.03.2019: B3 SSW Grundwasserabsenkung Bauzustand.
- [9] Besprechungsprotokoll B3-20181126 - Abstimmung zum Grundwasser. NLStBV Hannover, 26.11.2018.

1. Homogene Durchsickerung

1.1. Vorgehensweise

Zur Berechnung einer homogenen Durchsickerung wurde das bestehende numerische Grundwasserströmungsmodell [1] herangezogen. Da es sich um ein stationäres Modell handelt, kann damit ausschließlich der stationäre Zustand nach Einstellung eines Gleichgewichtes zwischen abgesenktem Wasserstand in der Baugrube durch die Restwasserhaltung und darauf \pm reagierendem Grundwasserstand außerhalb der Baugrube berechnet werden. Die geplanten Baudocks laut Baugrubenplänen [2][3][4][5] wurden als Festpotential-Randbedingung (Randbedingung 1. Art) im Modell implementiert. Das Festpotential, das dem im Baudock im Rahmen der Restwasserhaltung abgesenktem Wasserstand entspricht (Absenkziel), wurde für jedes einzelne Baudock vorgegeben [7]:

- Baudock 1 mit UWBS km 2+308,5 bis 2+424,5; Absenkziel bei km 2+424,5 = 45,03 mNHN
- Baudock 2 mit UWBS km 2+425,5 bis 2+540,8; Absenkziel bei km 2+540,8 = 43,05 mNHN
- Baudock 3 mit UWBS km 2+540,8 bis 2+654,5; Absenkziel bei km 2+654,5 = 41,9 m NHN
- Baudock 4 ohne UWBS km 2+654,5 bis 2+766,0; Absenkziel bei km 2+654,5 = 41,4 m NHN
- Baudock 5 ohne UWBS km 2+766,0 bis 2+884,5; Absenkziel bei km 2+766,0 = 42,03 mNHN
- Baudock 6 ohne UWBS km 2+884,5 bis 3+004,5 ; Absenkziel bei km 2+884,5 = 42,87 m NHN
- Baudock 7 ohne UWBS km 3+004,5 bis 3+127,15; Absenkziel bei km 3+004,5 = 43,72 m NHN
- Baudock 8 mit UWBS km 3+127,15 bis 3+162,85; Absenkziel bei km 3+127,15 = 45,23 mNHN
- Baudock 9 mit UWBS km 3+162,85 bis 3+295,5; Absenkziel bei km 3+162,85 = 45,51 mNHN
- Baudock 10 mit UWBS km 3+295,5 bis 3+417,0; Absenkziel bei km 3+295,5 = 46,0 m NHN

Der Verbau als Baugrubenumschließung wurde als horizontale Barriere im Modell über die gesamte Grundwasserleitmächtigkeit implementiert [6]. Dabei wird zur Berechnung der hydraulischen Durchlässigkeit der Barriere (k) die hydraulische Durchlässigkeit des Verbaumaterials (k_f) und seine Mächtigkeit (M) berücksichtigt zu:

$$k = \frac{k_f}{M}$$

Nach Bauplänen [2][3][4][5] ist im Modell eine Dicke des Verbaus von 0,8 m im Norden und 1,0 m im Süden vorgegeben. In der Literatur wird für eine Schlitzwand im 2-Phasen-System ein k_f -Wert von $1 \cdot 10^{-9}$ m/s ausgewiesen [8]. Im Modell wurde die hydraulische Durchlässigkeit des Verbaumaterials in drei Varianten homogen mit einem k_f von $1 \cdot 10^{-9}$, $1 \cdot 10^{-8}$ sowie $1 \cdot 10^{-7}$ m/s angesetzt, wobei die letzteren beiden der Ermittlung der Sensitivität der hydraulischen Durchlässigkeit des Verbaumaterials hinsichtlich der Beeinflussung des Grundwasserstandes dienen.

1.2. Ergebnisse

Die numerischen Simulationen ergeben, dass bei Verwendung von k_f -Werten von $1 \cdot 10^{-8}$ und $1 \cdot 10^{-9}$ m/s keine signifikante Grundwasserabsenkung außerhalb der Baugruben stattfindet (Abb. 1 und 2). Die prognostizierte Grundwasserabsenkung auf der Nordseite ist primär auf die Abriegelung des Grundwasserleiters durch den Verbau zurückzuführen (siehe auch Prognosen zur Auswirkung des Tunnelbauwerkes auf den Grundwasserspiegel in [1]), wird jedoch durch die Wasserabsenkung innerhalb der Baudocks verstärkt. Auch der prognostizierte Grundwasseraufstau auf der südlichen Anstromseite bei einem k_f des Verbaus von $1 \cdot 10^{-9}$ m/s ist primär auf die Abriegelung des Grundwasserleiters durch den Verbau zurückzuführen. Erst ab einem $k_f > 1 \cdot 10^{-8}$ m/s (im Modelllauf $1 \cdot 10^{-7}$ m/s) kommt es zu einer signifikanten Grundwasserabsenkung durch die Wasserabsenkung in den Baudocks auf der südlichen Grundwasseranstromseite (Abb. 3).



Abb. 1 Prognostizierte Grundwasserabsenkung (in Meter) in der Umgebung des Tunnelbauwerkes bei Absenkung des Wasserspiegels innerhalb der Baudocks und unter Berücksichtigung einer hydraulischen Durchlässigkeit des Verbaus von $1 \cdot 10^{-9}$ m/s (schwarze Isolinien). Negative Werte bedeuten einen Grundwasseranstieg.

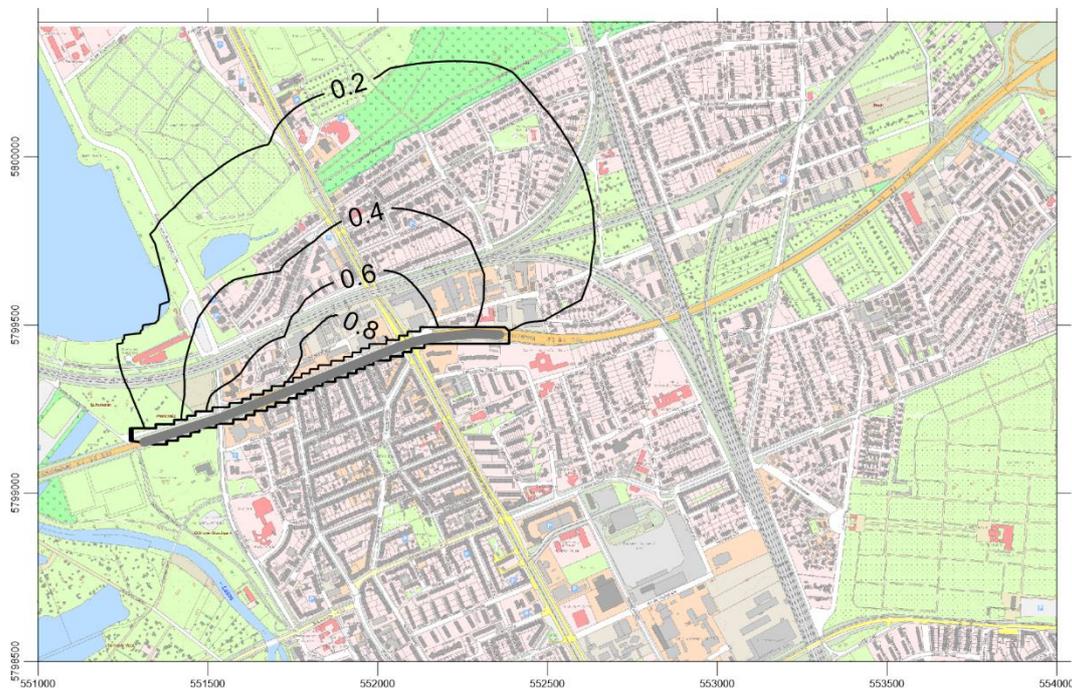


Abb. 2 Prognostizierte Grundwasserabsenkung (in Meter) in der Umgebung des Tunnelbauwerkes bei Absenkung des Wasserspiegels innerhalb der Baudocks und unter Berücksichtigung einer hydraulischen Durchlässigkeit des Verbaus von $1 \cdot 10^{-8}$ m/s (schwarze Isolinien).



Abb. 3 Prognostizierte Grundwasserabsenkung (in Meter) in der Umgebung des Tunnelbauwerkes bei Absenkung des Wasserspiegels innerhalb der Baudocks und unter Berücksichtigung einer hydraulischen Durchlässigkeit des Verbaus von $1 \cdot 10^{-7}$ m/s

2. Punktuelle Durchsickerung/Leckage

2.1. Vorgehensweise

Zur Berechnung punktueller Leckagen wurde das numerische Grundwasserströmungsmodell zur Simulation gleichmäßiger Durchsickerung bei einem kf-Wert des Verbaus von $1 \cdot 10^{-9}$ m/s herangezogen (siehe Kap. 1.1). Exemplarisch wurde eine Leckage über die gesamte Höhe des Verbaus im mittleren Streckenabschnitt zwischen Pagenstraße und Cäcilienstraße (km 2+880, Baudock 5) auf der Südseite der Strecke simuliert. Die Breite der Leckageschlitze wird mit 1 bis 2 cm angegeben [8]. Im Modell wurde die Eine Realisation eines 1 bis 2 cm breiten Schlitzes im Modell war aus numerischen Gesichtspunkten nicht möglich. Um trotzdem auf Reichweiten und Durchströmungsmengen schließen zu können, wurden Leckagebreiten mit 10, 20, 40 und 80 cm angesetzt. Mit Hilfe der Veränderung der Reichweite und Durchströmungsmenge innerhalb dieser Reihe wurden dann Reichweite und Durchströmungsmenge bei einer Leckagebreite von 1 bis 2 cm abgeschätzt. Um die Leckagebreite numerisch umsetzen sowie die zu erwartenden hohen Gra-

dienten im Nahbereich der Leckage numerisch auflösen zu können, erfolgte eine Verfeinerung des Modellnetzes im Bereich der Leckage in Nord-Süd- bzw. Ost-West-Richtung von ursprünglich 12,5x12,5 m bis auf 0,8x0,1 m.

Da es sich um ein stationäres Modell handelt, kann damit nur der stationäre Zustand nach Einstellung eines Gleichgewichtes zwischen abgesenktem Grundwasserstand in der Baugrube und darauf \pm reagierendem Grundwasserstand außerhalb der Baugrube berechnet werden.

2.2. Ergebnisse

Unter Berücksichtigung der 0,25er-Isolinie der Grundwasserabsenkung als Reichweite der Auswirkung auf das umliegende Grundwasser ergibt sich bei einer Breite der Leckage von 10, 20, 40 und 80 cm eine prognostizierte Reichweite von maximal ca. 270 m, 680, 1000 und 1350 m (siehe Abb. 4, 5, 6 und 7).

Die Reichweite der prognostizierten Absenkung > 1 m beträgt bei einer Leckagebreite von 10, 20, 40 und 80 cm ca. 10, 30, 50 und 70 m.

Die prognostizierte Sickermenge durch eine Leckage beträgt bei einer Leckagebreite von 10 cm ca. 11 m³/h. Je größer die Leckage ist, umso größer ist auch die Sickermenge (siehe Tab. 1).

Aus diesen Ergebnissen lässt sich im Hinblick auf einen nur 1 bis 2 cm breiten Leckageschlitz überschlüssig folgendes abschätzen (siehe auch Abb. 8):

- Wenn die Reichweite der Grundwasserabsenkung $> 0,25$ m zwischen einem Leckageschlitz von 80 cm zu 10 cm um das Fünffache abnimmt (siehe Tab. 1), sollte dieser Faktor auch für eine Verringerung von 10 cm auf 1 bis 2 cm gelten. Daraus ergäbe sich eine Reichweite von max. 50 m für einen 1 bis 2 cm breiten Leckageschlitz.
- Wenn die Reichweite der Grundwasserabsenkung $> 0,5$ m zwischen einem Leckageschlitz von 80 cm zu 10 cm um das Neunfache abnimmt (siehe Tab. 1), sollte dieser Faktor auch für eine Verringerung von 10 cm auf 1 bis 2 cm gelten. Daraus ergäbe sich eine Reichweite von < 6 m für einen 1 bis 2 cm breiten Leckageschlitz.
- Wenn die Reichweite der Grundwasserabsenkung > 1 m zwischen einem Leckageschlitz von 80 cm zu 10 cm um das Siebenfache abnimmt (siehe Tab. 1), sollte dieser Faktor auch für eine Verringerung von 10 cm auf 1 bis 2 cm gelten. Daraus

ergäbe sich eine Reichweite von < 2 m für einen 1 bis 2 cm breiten Leckageschlitz.

- Wenn die Leckagemenge zwischen einem Leckageschlitz von 80 cm zu 10 cm um ca. das 2,5fache abnimmt (siehe Tab. 1), sollte dieser Faktor auch für eine Verringerung von 10 cm auf 1 bis 2 cm gelten. Daraus ergäbe sich eine Leckagemenge von < 1,5 l/s für einen 1 bis 2 cm breiten Leckageschlitz.

Tab. 1 Numerisch prognostizierte Reichweite der Grundwasserabsenkung und Leckagemenge in Abhängigkeit von der Breite der Leckage

Leckagebreite [cm]	Einheit	10	20	40	80
Reichweite Grundwasserabsenkung > 0,25 m	m	270	680	1000	1350
Reichweite Grundwasserabsenkung > 0,5 m	m	50	100	250	450
Reichweite Grundwasserabsenkung > 1 m	m	10	30	50	70
Leckagemenge	l/s	3,2	4,7	6,2	7,5

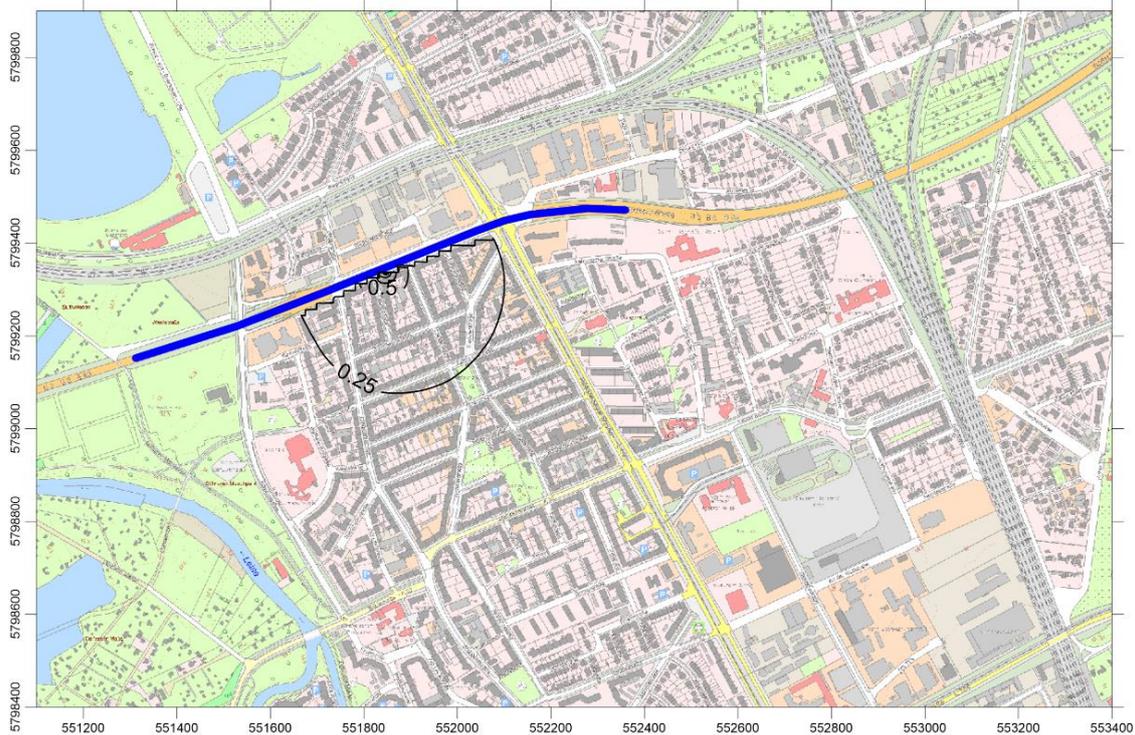


Abb. 4 Grundwasserabsenkung in der Umgebung der Tunneltrasse (in m) infolge einer Wasserhaltung innerhalb der Baustrecke bei einer Leckage im Verbau zwischen Pagenstraße und Cäcilienstraße mit einer Breite von 0,1 m

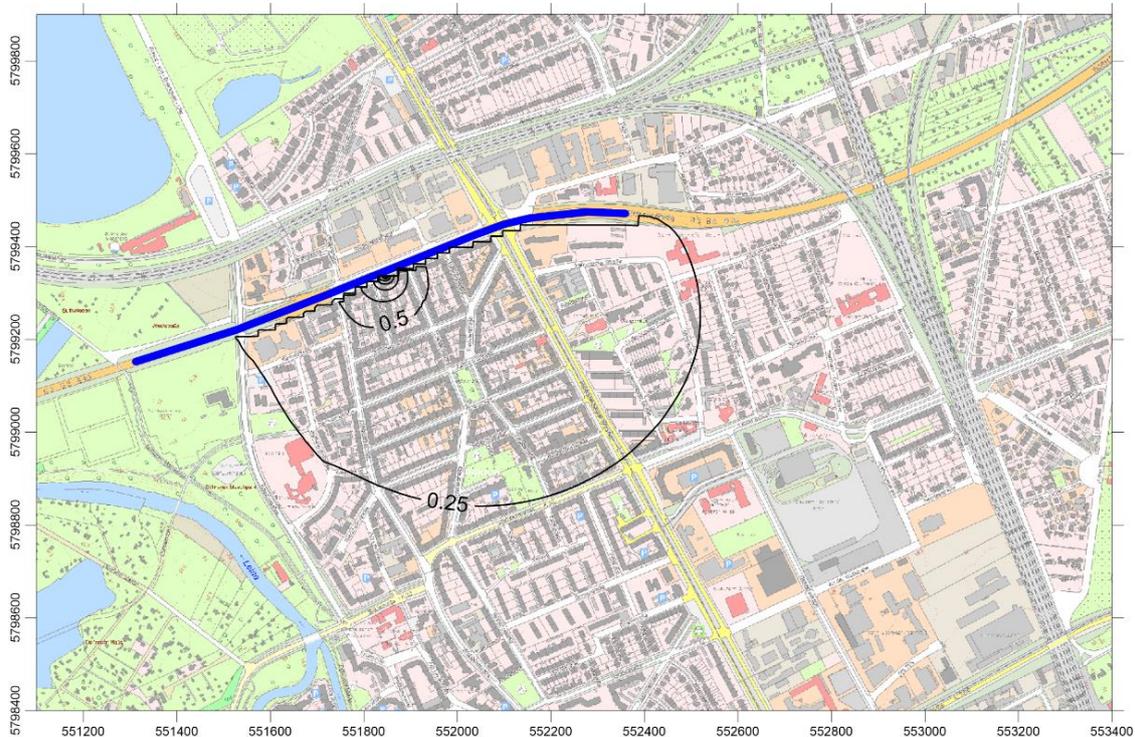


Abb. 5 Grundwasserabsenkung in der Umgebung der Tunneltrasse (in m) infolge einer Wasserhaltung innerhalb der Baustrecke bei einer Leckage im Verbau zwischen Pagenstraße und Cäcilienstraße mit einer Breite von 0,2 m

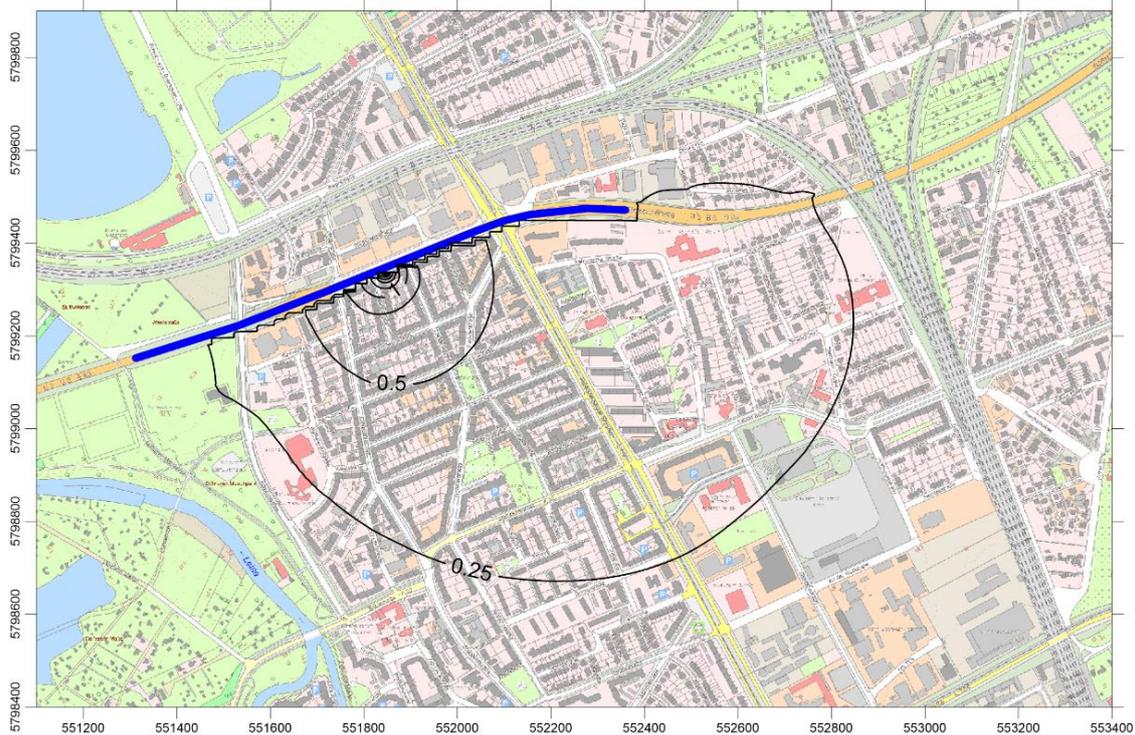


Abb. 6 Grundwasserabsenkung in der Umgebung der Tunneltrasse (in m) infolge einer Wasserhaltung innerhalb der Baustrecke bei einer Leckage im Verbau zwischen Pagenstraße und Cäcilienstraße mit einer Breite von 0,4 m

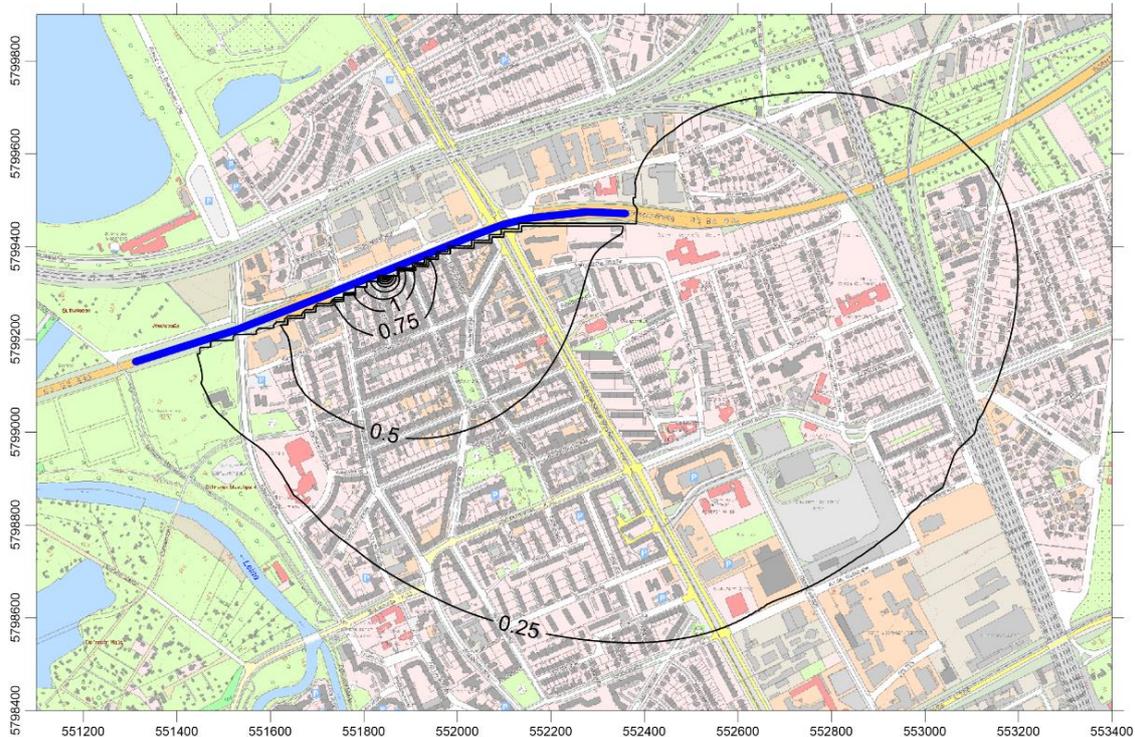


Abb. 7 Grundwasserabsenkung in der Umgebung der Tunneltrasse (in m) infolge einer Wasserhaltung innerhalb der Baustrecke bei einer Leckage im Verbau zwischen Pagenstraße und Cäcilienstraße mit einer Breite von 0,8 m

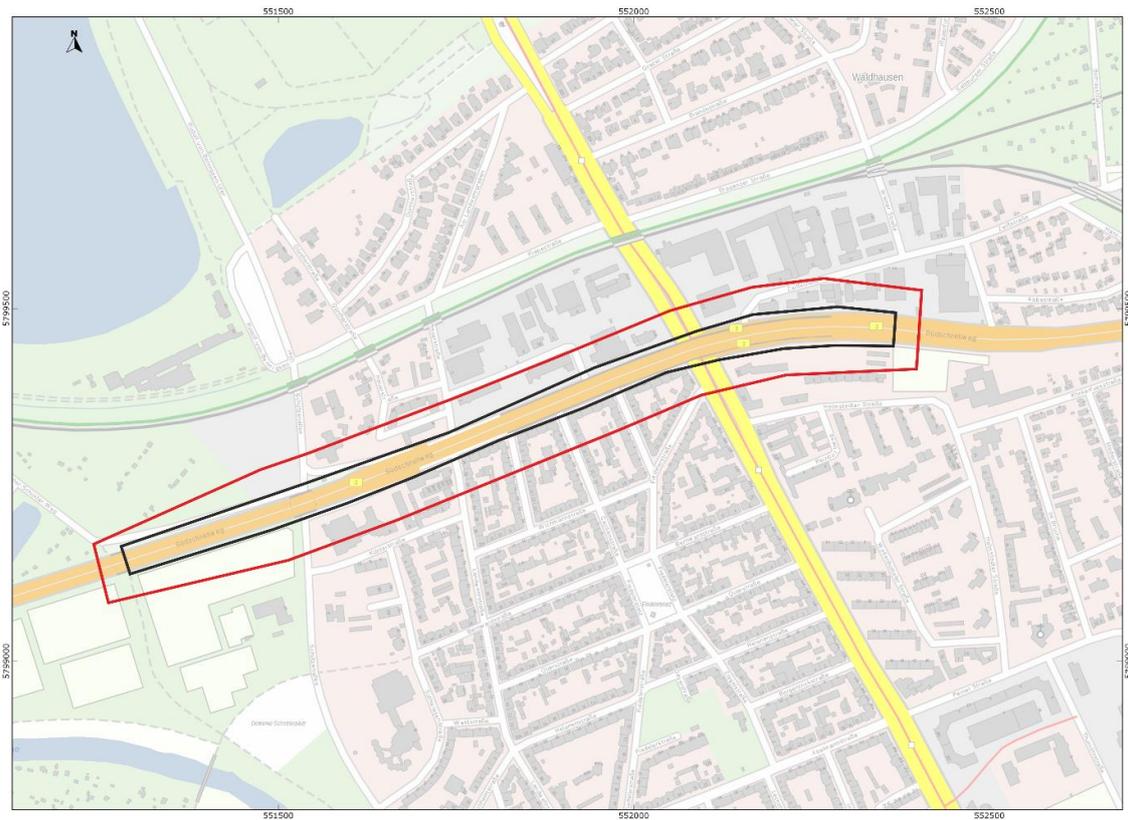


Abb. 8 Prognostizierte Reichweite der Grundwasserabsenkung in der Umgebung der Tunneltrasse infolge einer Wasserhaltung innerhalb der Baustrecke bei einer Leckage im Verbau mit einer Breite von 1 bis 2 cm. Die rot umrandeten Fläche kennzeichnet die prognostizierte Reichweite einer Absenkung $> 0,25$ m, die schwarze Fläche die prognostizierte Reichweite einer Absenkung $> 0,5$ m.

Die vorliegenden Berechnungen bzw. Abschätzungen mit unterschiedlichen Leckagebreiten wurden exemplarisch für eine Leckage im Bereich zwischen Pagen- und Cäcilienstraße durchgeführt. Die resultierenden Reichweiten der Absenkung entlang der gesamten Trasse sind aufgrund der ähnlich hohen Absenkung des Wasserspiegels im Rahmen der Baugruben-Wasserhaltung in den einzelnen Baudocks und somit ähnlichen hydraulischen Randbedingungen exemplarisch für die gesamte Strecke.

Die berechneten Leckagemengen wurden für den stationären Zustand nach Einstellung eines Gleichgewichtes zwischen zuströmendem Grundwasser und Grundwasserspiegel berechnet. Bis zur Einstellung des stationären Zustandes sind für die berücksichtigten Leckagebreiten höhere Mengen zu erwarten. Allerdings beträgt die übliche Restwasserhaltungsmenge nur 1 bis 1,5 l/s, ist also geringer als die berechneten Mengen. Daher ist eher von geringeren realen Leckagebreiten (im Vergleich zu den in den Berechnungen angesetzten), als von höheren Leckagemengen im instationären Zustand auszugehen.

3. Fazit

Während der Tunnel-Baumaßnahme ist eine Wasserhaltung innerhalb der Baugruben geplant. Diese Baugruben sind durch einen Verbau hydraulisch \pm vom umliegenden Grundwasser entkoppelt. Es sind jedoch Leckagen möglich, die eine Restwasserhaltung erfordern. Die Auswirkungen dieser Restwasserhaltung auf das umliegende Grundwasser galt es zu ermitteln.

Die prognostizierten Reichweiten und Leckagemengen stellen stationäre Werte dar, die nach Erreichen einer Beharrung der Grundwasserabsenkung im Umfeld der Baugrube zu erwarten sind. Es ist nicht auszuschließen, dass die Sickerungen in der Phase der Grundwasserabsenkung bis zum Erreichen der Beharrung größer sein können. Andererseits liegen die in den vorliegenden Berechnungen ermittelten Mengen unterhalb der üblichen Restwasserhaltungsmenge. Somit sind auch für die initiale instationäre Phase keine signifikant höheren Mengen zu erwarten.

Bei einer angegebenen hydraulischen Durchlässigkeit der Schlitzwand von 10^{-9} m/s wird keine signifikante Grundwasserabsenkung durch eine homogene Durchsickerung des Verbaus im Umfeld der Baudocks prognostiziert.

Statt einer homogenen Durchsickerung der Schlitzwand sind vielmehr punktuelle Leckagen zu erwarten. Ist die übliche Restwasserhaltungsmenge von 1 bis 1,5 l/sec pro 1000 m² benetzte Fläche ausschließlich auf Punktleckagen zurückzuführen, ist basierend auf den Modellprognosen mit Reichweiten einer Grundwasserabsenkung > 1 m um die Baugruben von max. 2 m zu rechnen. Die Reichweiten einer Grundwasserabsenkung $> 0,5$ m um die Baugruben liegen bei max. 6 m und die Reichweiten einer Grundwasserabsenkung $> 0,25$ m um die Baugruben bei max. 50 m. Bei diesen Angaben sei darauf verwiesen, dass die natürliche Schwankungsbreite des Grundwasserspiegels im Bereich der Trasse bei ca. 1 m liegt.

Die Beobachtung an bereits durchgeführten Baumaßnahmen mit Grundwasserhaltung und Dichtwandbau zeigen, dass die tatsächlich auftretenden Grundwasserabsenkungen im Umfeld gering sind. Unter Mitberücksichtigung von natürlichen Grundwasserschwankungen im Bereich von 1 m empfehlen wir, die hier ermittelte Reichweite einer Grundwasserabsenkung (0,5m-Absenklinie) von weniger als 10 m bei Leckageschlitzten von 1 bis 2 cm Breite als Suchräume für eine mögliche Beweissicherung und baugrundtechnische Einschätzung anzusetzen.

Für Rückfragen stehen wir Ihnen jederzeit gern zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen



Dr. Axel Rogge (GF)
(Dipl.-Geol.)



Dr. Enrico Hamann
(Dipl.-Geol.)