

Anlage B.4: Dokumentation der Grundwassermodellberechnungen zur Dimensionierung des Flächenfilters (BGI, 24.04.2013)

Bauherr:

Hessen Mobil
Straßen- und Verkehrsmanagement

HESSEN



Projekt:

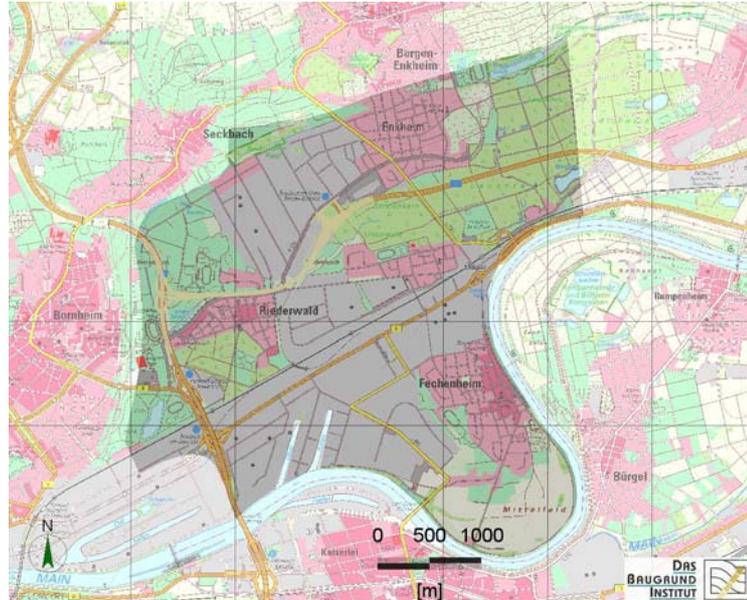
Antrag auf temporäre Grundwasserentnahme zur Trockenhaltung von Baugruben

im Rahmen der Baumaßnahme

Teilabschnitt Tunnel Riederwald in Frankfurt am Main

-Allgemeiner Teil -

BV Neubau der BAB A 66, Frankfurt am Main-Hanau Teilabschnitt Tunnel Riederwald einschließlich AD Erlenbruch und AS Borsigallee



Dokumentation der Grundwassermodellberechnungen zur Dimensionierung des Flächenfilters

Auftraggeber:

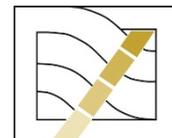
Hessen Mobil
Straßen- und Verkehrsmanagement
-Dezernat BA 11 Bau Riederwaldtunnel-
Gutleutstraße 114
60327 Frankfurt

HESSEN



Auftragnehmer:

DAS BAUGRUND INSTITUT
Dipl.-Ing. Knierim GmbH
Wolfhager Straße 427
34128 Kassel



Bearbeiter:

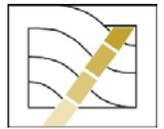
Dipl.-Geol. Deichmann
Dipl.-Geol. Kropp

Projekt Nr.:

011/12-4

Datum:

24.04.2013



Inhaltsverzeichnis

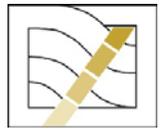
	Seite
1. Vorbemerkungen	3
1.1 Anlass, Vorgang	3
1.2 Auftrag	3
1.3 Vorhandene Unterlagen	4
2. Beschreibung der Modellberechnungen	5
2.1 Grundwassergleichenplan 17.10.2012, GW-Gleichen Basismodell (05.04.2013).....	5
2.2 Durchlässigkeit Flächenfilter 1×10^{-6} m/s	9
2.3 Durchlässigkeit Flächenfilter 1×10^{-5} m/s	10
2.4 Durchlässigkeit Flächenfilter 1×10^{-4} m/s	11
2.5 Durchlässigkeit Flächenfilter 5×10^{-4} m/s	12
2.6 Durchlässigkeit Flächenfilter 1×10^{-3} m/s	13
2.7 Durchlässigkeit Flächenfilter 5×10^{-3} m/s	14
3. Empfehlungen.....	15

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Grundwassergleichenplan 17.10.2012.....	5
Abbildung 2: Berechnete Grundwassergleichen Kalibrierung (Schicht 3).....	7
Abbildung 3: Querschnitt Tunnelbereich / Flächenfilter Modell.....	8
Abbildung 4: GW-Gleichen Berechnung / Differenzenkarte mit 1×10^{-6} m/s (Schicht 3)	9
Abbildung 5: GW-Gleichen Berechnung / Differenzenkarte mit 1×10^{-5} m/s (Schicht 3)	10
Abbildung 6: GW-Gleichen Berechnung / Differenzenkarte mit 1×10^{-4} m/s (Schicht 3)	11
Abbildung 7: GW-Gleichen Berechnung / Differenzenkarte mit 5×10^{-4} m/s (Schicht 3)	12
Abbildung 8: GW-Gleichen Berechnung / Differenzenkarte mit 1×10^{-3} m/s (Schicht 3)	13
Abbildung 9: GW-Gleichen Berechnung / Differenzenkarte mit 5×10^{-3} m/s (Schicht 3)	14

Anlagenverzeichnis

Anlage 1: Grundwassergleichenplan 17.10.20125
Anlage 2: Berechnete Grundwassergleichen Kalibrierung (Schicht 3)
Anlage 3: Querschnitt Tunnelbereich / Flächenfilter Modell
Anlage 4: GW-Gleichen Berechnung / Differenzenkarte mit 1×10^{-6} m/s (Schicht 3)
Anlage 5: GW-Gleichen Berechnung / Differenzenkarte mit 1×10^{-5} m/s (Schicht 3)
Anlage 6: GW-Gleichen Berechnung / Differenzenkarte mit 1×10^{-4} m/s (Schicht 3)
Anlage 7: GW-Gleichen Berechnung / Differenzenkarte mit 5×10^{-4} m/s (Schicht 3)
Anlage 8: GW-Gleichen Berechnung / Differenzenkarte mit 1×10^{-3} m/s (Schicht 3)
Anlage 9: GW-Gleichen Berechnung / Differenzenkarte mit 5×10^{-3} m/s (Schicht 3)



1. Vorbemerkungen

1.1 Anlass, Vorgang

Hessen Mobil plant den Ausbau der Bundesautobahn A66, Frankfurt am Main-Hanau, Abschnitt Riederwald zwischen Autobahndreieck Erlenbruch und Anschlussstelle Borsigallee. Das geplante Tunnelbauwerk darf laut Planfeststellungsbeschluss keine wesentlichen Veränderungen der Grundwassersituation bewirken. Um die natürliche Grundwassersituation im geplanten Tunnelbereich vor der Baumaßnahme zu erfassen, wurde von der Firma Arcadis im Jahr 2010 ein stationäres Basis-Grundwassermodell erstellt, wobei verschiedene Vereinfachungen des geologischen Aufbaus vorgenommen wurden. Laut hessischem Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG, Bericht vom 1.6.2011) sollten verschiedene Modellparameter und Annahmen überprüft werden.

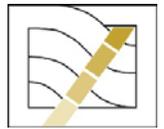
Das Baugrundinstitut Dipl.-Ing. Knierim GmbH (BGI), Kassel, wurde 2012 von Hessen Mobil beauftragt, das von Arcadis erstellte Basis-Grundwassermodell zu prüfen und zu modifizieren.

Die seit Auftragsvergabe von BGI erhobenen Daten sind u.a. in zwei Berichten [35,36] zusammengefasst worden. Auf Basis dieser Berichte wurde das Grundwassermodell überarbeitet. Im Bericht vom 15.04.2013 [36] wurden die am Modell vorgenommenen Änderungen und die Modellkalibrierung dokumentiert.

1.2 Auftrag

Das Baugrundinstitut Kassel wurde 2012 von Hessen Mobil beauftragt mit Vertrag Nr. 120580126, das von Arcadis erstellte Basis-Grundwassermodell zu modifizieren, um mittels des Modells hinsichtlich der folgenden Themenbereiche Aussagen treffen zu können:

- **Untersuchung von Bauzuständen und deren Optimierung in geohydraulischer und wirtschaftlicher Sicht,**
- **Planung von geohydraulischen Maßnahmen für den Endzustand,**
- **Bemessung von Bauwerken.**



Auf Basis des kalibrierten Grundwassermodells sind verschiedene Modellberechnungen durchgeführt worden, die die Auswirkungen des geplanten Flächenfilters auf die Grundwasserhydraulik im endgültigen Zustand aufzeigen. Der vorliegende Bericht beschreibt die vorgenommenen Änderungen an dem Modell und dokumentiert die entsprechenden Modellergebnisse.

1.3 Vorhandene Unterlagen

Für die Bearbeitung sind zahlreiche Planunterlagen, Untersuchungsberichte und Gutachten verwandt worden. Aufgrund der großen Anzahl, sind hier nur jene Unterlagen aufgelistet worden, die aktuell hinzugekommen sind, oder auf die direkt im Text Bezug genommen wird. Eine umfassendere Aufstellung ist im BGI-Bericht vom 20.02.2013 [U36] aufgeführt. Sofern im Text darauf Bezug genommen wird, ist dies durch die lfd. Nummer [U..] entsprechend gekennzeichnet.

[U02] Hessisches Landesamt für Bodenforschung (1978): Gutachten –Baugrunderkundung und Gründungsberatung für den Neubau der BAB A66 Wiesbaden-Fulda; Bauwerk K304 – Trog Erlenbruch in Frankfurt/Main-Riederwald, Am Erlenbruch; Bericht 1.; Wiesbaden, 18.10.1972.

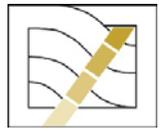
[U35] DAS BAUGRUND INSTITUT GmbH (2013): BAB A 66, Frankfurt/M.-Hanau Teilabschnitt Tunnel Riederwald - Erweitertes Grundwasser-Monitoring, bauchemische Eigenschaften des Grundwassers (Rev. 02); Kassel, 15.01.2013

[U36] DAS BAUGRUND INSTITUT GmbH (2013): BAB A 66, Frankfurt/M.-Hanau Teilabschnitt Tunnel Riederwald - Geohydraulische Stellungnahme zum Grundwassermodell Riederwaldtunnel; 20.02.2013

[U37] DAS BAUGRUND INSTITUT GmbH (2013): BAB A 66, Frankfurt/M.-Hanau Teilabschnitt Tunnel Riederwald – Datenbank Riederwaldtunnel Version 1.64; 11.03.2013

[U38] Hessisches Landesamt für Bodenforschung (1993), geologische Karte von Hessen 1:25000, Blatt 5818 Frankfurt a. M. Ost

[U39] DAS BAUGRUND INSTITUT GmbH (2013): BAB A 66, Frankfurt/M.-Hanau Teilabschnitt Tunnel Riederwald – Modelldokumentation / Kalibrierung Strömungsmodell Riederwaldtunnel; 05.04.2013



Darüber hinaus wurden diverse Stellungnahmen, Kartenmaterialien und Lose-Blatt-Sammlungen durch den AG übergeben.

2. Beschreibung der Modellberechnungen

2.1 Grundwassergleichenplan 17.10.2012, GW-Gleichen Basismodell (05.04.2013)

Die durch BGI gemessenen Grundwasserstände vom Oktober 2012 wurden interpoliert und in Form eines Grundwassergleichenplans in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

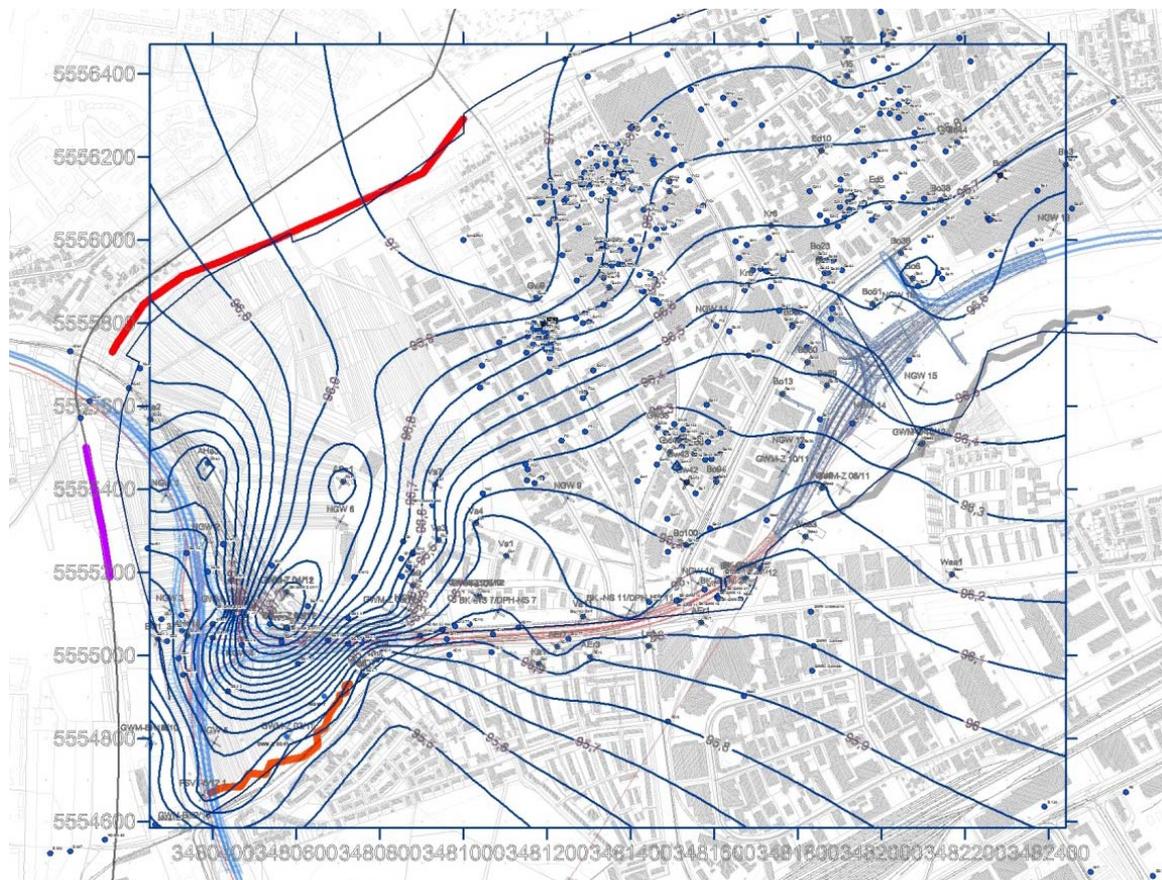
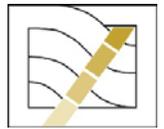


Abbildung 1: Grundwassergleichenplan 17.10.2012

Im mittleren und östlichen Bereich ist eine großräumige Grundwasserströmung von Nordosten in Richtung Süden und Südwesten (Richtung Main => Hauptvorfluter) ermittelt worden. Im Bereich des geplanten Tunnelbauwerkes liegen die GW-Stände zumeist im Bereich von 95,9 - 96,1 m NN.

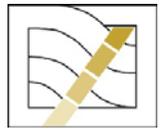


Das Grundwasserhoch im Bereich AD Erlenbruch weist einen maximalen Wasserstand von 97,2 m NN auf.

Auf Grundlage des oben aufgeführten GW-Gleichenplanes wurde das Arcadis-Modell erweitert, modifiziert und kalibriert [39]. Das 2-Schicht Modell von Arcadis wurde auf jetzt 5 Schichten erweitert. Die nachfolgende Tabelle zeigt die Schichten des aktuellen Modells.

Tabelle 1: Schichtaufbau Grundwassermodell

Bezeichnung	Lithologie	Hydrogeologie / Kf-Werte	Schicht im Modell BGI
Deckschichten / Auffüllungen	Schluff, Sand, Kies, Schotter	einheitlich Kf 1×10^{-4} m/s	Schicht 1
Quartäre Hochflutlehme	Schluff	GW-Geringleiter einheitlich Kf 1×10^{-6} m/s	Schicht 2
Quartäre Terrassen	Sand, Kies	GW-Leiter lokal angepasste kf-Werte Kf 1×10^{-6} – 5×10^{-3} m/s	Schicht 3
Tertiär	Schleichsand	GW- Geringleiter Kf $3,2 \times 10^{-6}$ m/s	Schicht 4
Tertiär	Rupelton, Cyrenmergel	GW-Nichtleiter Kf 5×10^{-11} m/s	Schicht 5



Die Kalibrierung des Modells erfolgte noch auf Basis der hydraulisch wirksamen Schichten 1-4. Da das Bauwerk, bzw. die Aushubsohle größtenteils deutlich bis in den Rupelton / Cyrenenmergel reicht, ist das Modell um diese Schicht erweitert worden. Da diese Schicht nahezu undurchlässig (angenommener k_f -Wert 5×10^{-11} m/s) ist, resultieren hieraus keine relevanten Änderungen des hydraulischen Systems.

Die nachfolgende Grafik zeigt die berechneten Modellgleichen im Hauptaquifer (Schicht 3, Terrassenkiese/-sande). Die generelle Grundwasserfließrichtung ist nach Süden gerichtet. Im Bereich der südöstlichen Mainschleife fließt das Grundwasser teilweise nach Südosten ab. Der Bereich nördlich des AD Erlenbruchs wird vorwiegend durch die Grundwasserneubildung gespeist. Entwässert wird dieser Bereich über den nördlich und westlich verlaufenden Riedgraben und südlich durch die Teiche im Erlenbruch.

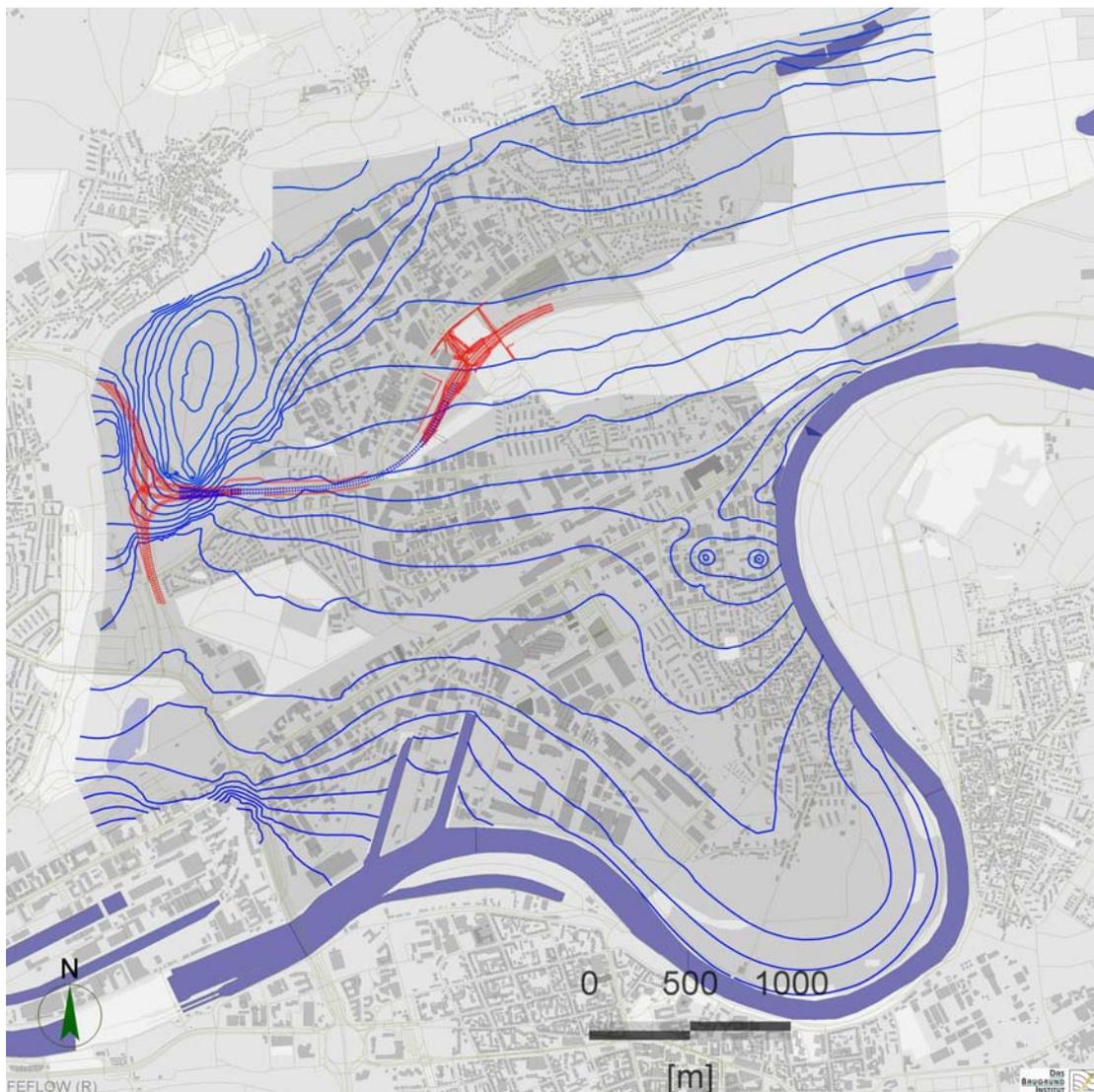
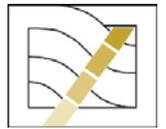


Abbildung 2: Berechnete Grundwassergleichen Kalibrierung (Schicht 3)



Das Tunnelbauwerk und die Trogelemente des AD Erlenbruch und der AS Borsigallee wurden mit einer Durchlässigkeit von 1×10^{-9} m/s angesetzt. Der Flächenfilter wurde in insgesamt 6 Varianten mit Gesteinsdurchlässigkeitswerten von 1×10^{-6} bis 5×10^{-3} m/s gerechnet. Die Dicke des Flächenfilters wurde mit 1,0 m angesetzt.

Die nachfolgende Grafik zeigt den prinzipiellen Aufbau des Modells im Querschnitt (braune Farbe = $K_f < 1 \times 10^{-9}$ m/s, violette Farbe = $K_f < 1 \times 10^{-6}$ m/s, dunkelblaue Farbe = $K_f < 1 \times 10^{-5}$ m/s, hellblaue Farbe = $K_f < 1 \times 10^{-4}$ m/s). Die Schichtmächtigkeiten und die Durchlässigkeiten in Schicht 3 variieren natürlich je nach Lage des Schnittes. In der Grafik stellt die in dunkelblau nach unten auf eine Tiefe von ca. 88 m geführte Schicht den Flächenfilter dar.

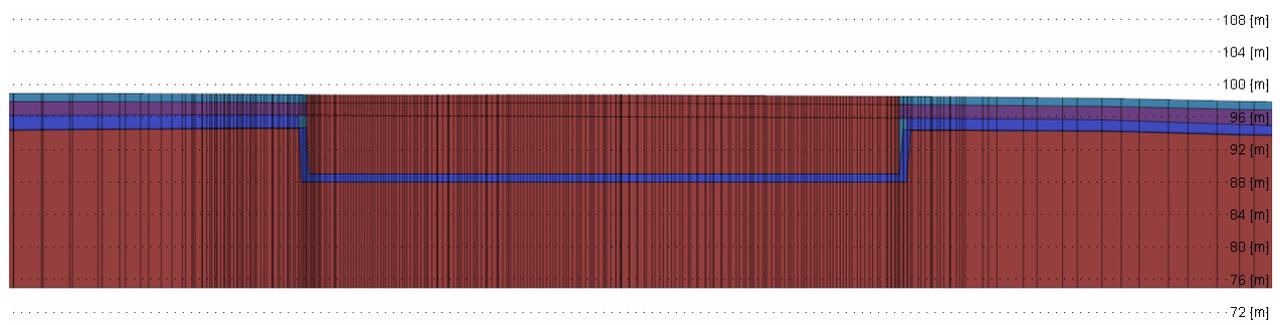
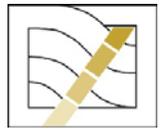


Abbildung 3: Querschnitt Tunnelbereich / Flächenfilter Modell

Nachfolgend wird jeweils die Strömungssituation für unterschiedliche Durchlässigkeitswerte im Flächenfilter dargestellt und erörtert.



2.2 Durchlässigkeit Flächenfilter 1×10^{-6} m/s

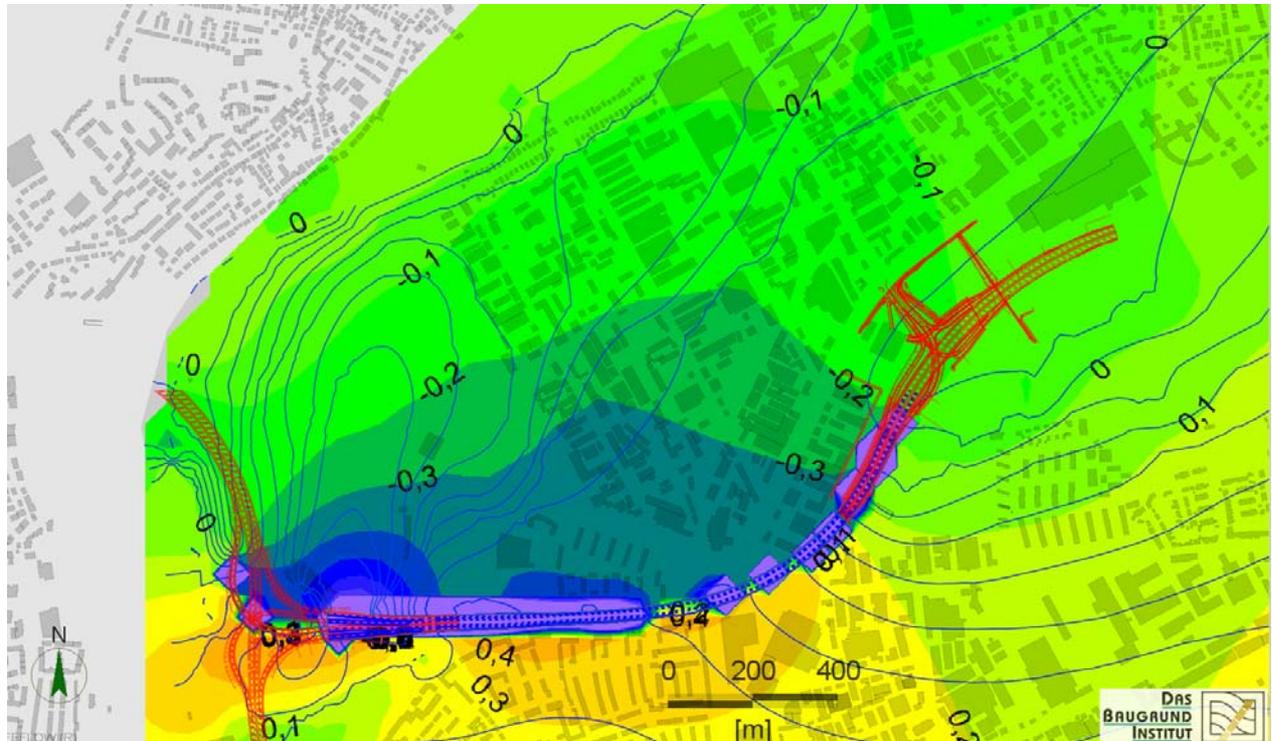
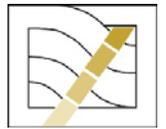


Abbildung 4: GW-Gleichen Berechnung / Differenzenkarte mit 1×10^{-6} m/s (Schicht 3)

Die Grafik der Abbildung 4 zeigt die Strömungssituation bei einer angenommenen **Gesteinsdurchlässigkeit von $k_f=1 \times 10^{-6}$ m/s** für den **Flächenfilter**. Neben den Grundwasserstands-Isolinien (blaue Linien) sind die Bereiche mit einem Grundwasseraufstau (negative Werte) und die Grundwasserabsenkungen (positive Bereiche) farblich gekennzeichnet. Bei dieser Berechnung kommt es im Bereich des Tunnels durch verschiedene Einflussfaktoren (z.B. GW-Neubildung) zu numerischen Interferenzen, die in Form der violetten Bereiche in Erscheinung treten. Im realen Grundwasserregime existieren diese Bereiche jedoch nicht.

Die Grafik zeigt in den anstromigen Bereichen des geplanten Tunnelbauwerks einen deutlichen Aufstau des Grundwassers bis $>0,7$ m. Im Abstrom existieren Grundwasserabsenkungen bis $0,4$ m.



2.3 Durchlässigkeit Flächenfilter 1×10^{-5} m/s

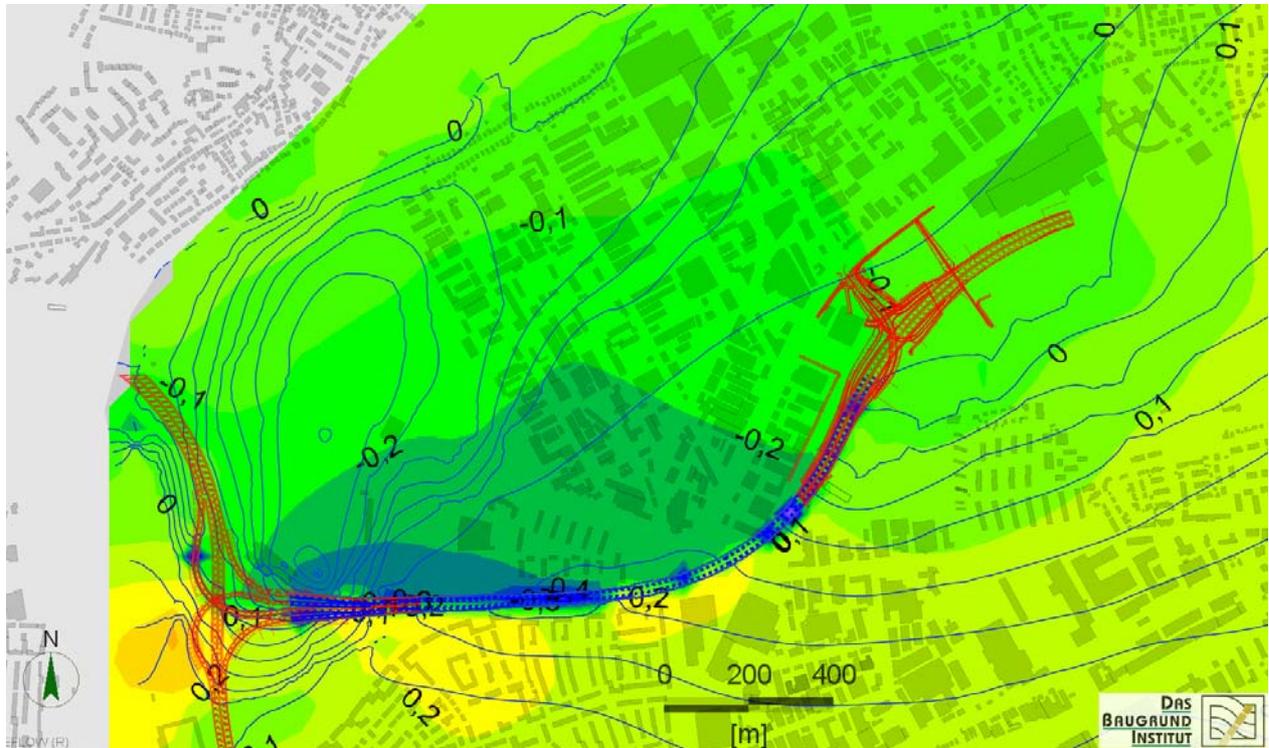
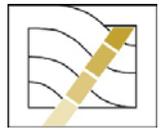


Abbildung 5: GW-Gleichen Berechnung / Differenzkarte mit 1×10^{-5} m/s (Schicht 3)

Die Grafik der Abbildung 5 zeigt die Strömungssituation bei einer angenommenen **Gesteinsdurchlässigkeit von $k_f=1 \times 10^{-5}$ m/s** für den **Flächenfilter**. Im Gegensatz zur vorhergehenden Grafik ist hier der oberstromige Aufstau deutlich reduziert und beträgt maximal 0,4 m. Auch die Absenkung im abstromigen Areal beträgt nur noch maximal 0,2 m.



2.4 Durchlässigkeit Flächenfilter 1×10^{-4} m/s

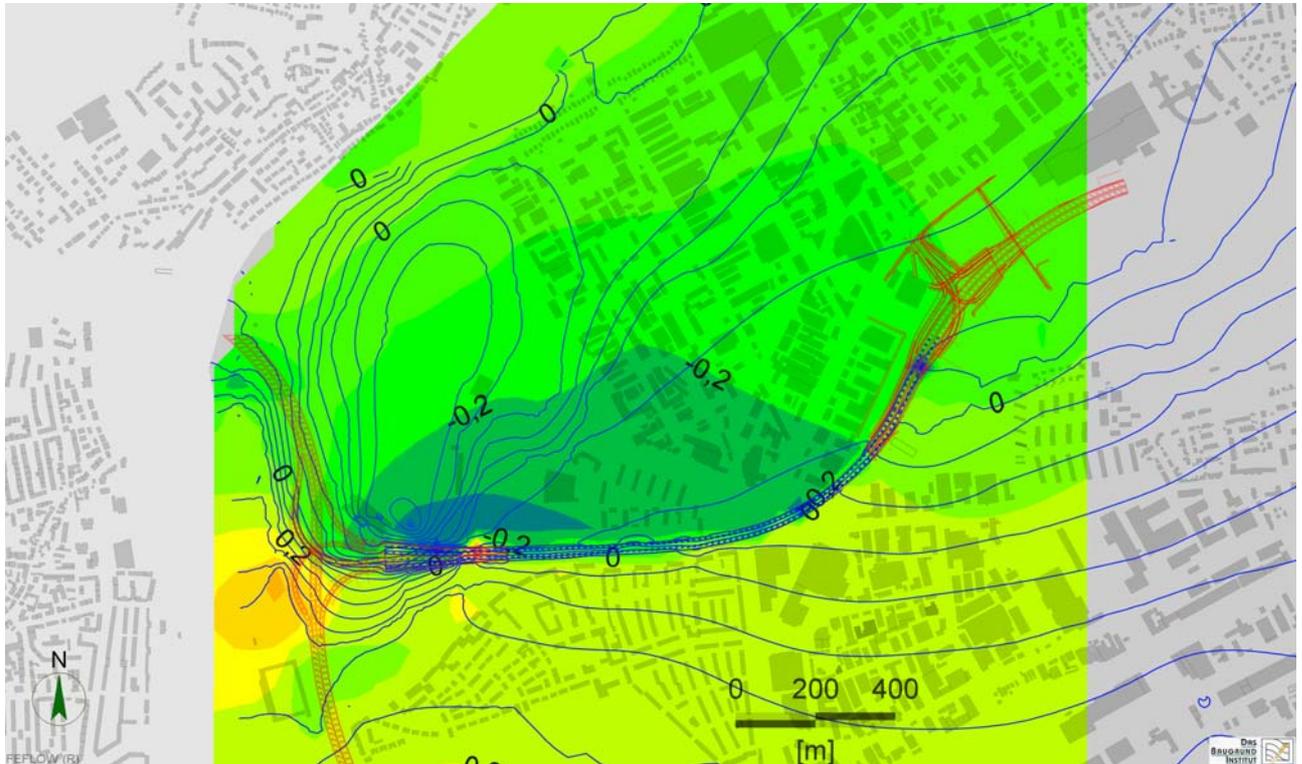
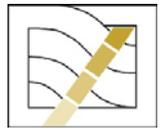


Abbildung 6: GW-Gleichen Berechnung / Differenzkarte mit 1×10^{-4} m/s (Schicht 3)

Die Grafik der Abbildung 6 zeigt die Strömungssituation bei einer angenommenen **Gesteinsdurchlässigkeit von $k_f=1 \times 10^{-4}$ m/s** für den **Flächenfilter**.

Im Vergleich mit der Abbildung 5 ist der oberstromige Bereich mit 0,1 m, bzw. 0,2 m Aufstau recht gleich. Das Areal mit einem Aufstau von 0,3 m ist jedoch deutlich kleiner. Die Absenkungen auf der Südseite des Tunnelbauwerks sind nur südwestlich des AD Erlenbruch noch größer 0,3 m.



2.5 Durchlässigkeit Flächenfilter 5×10^{-4} m/s

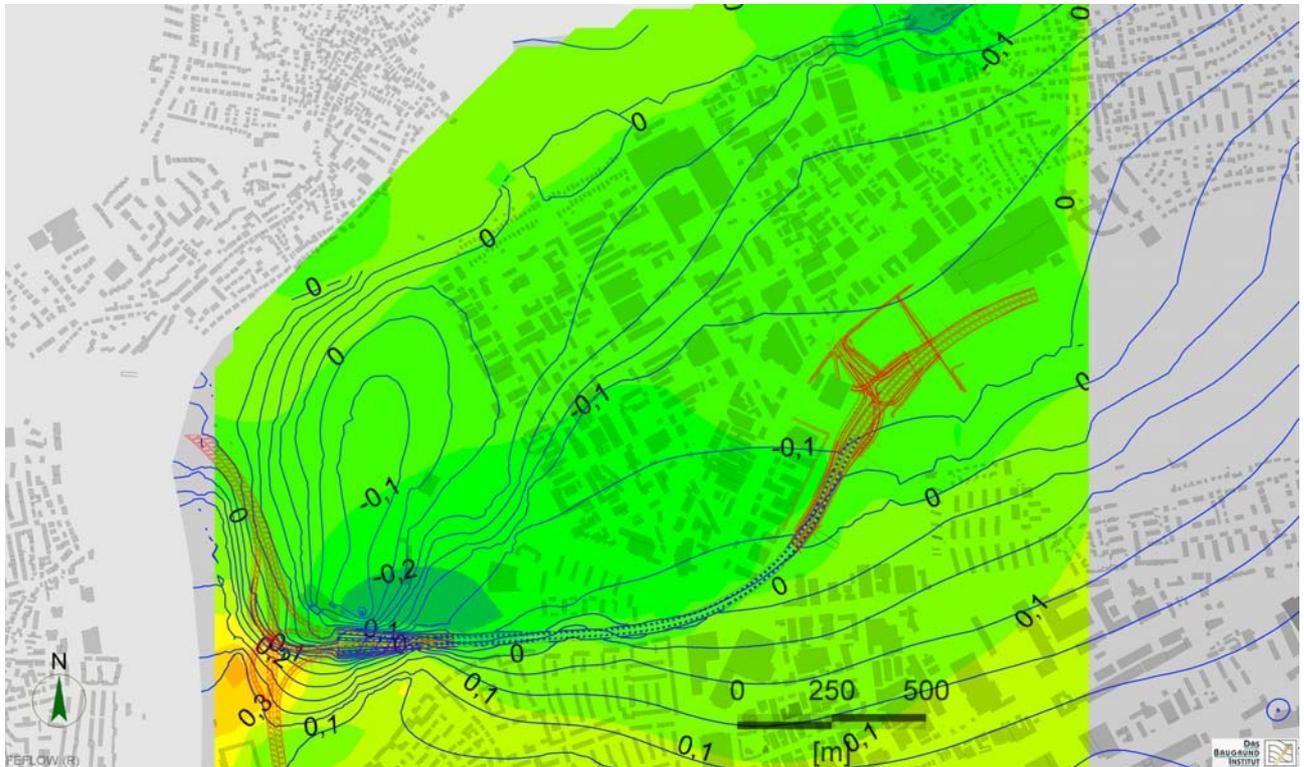
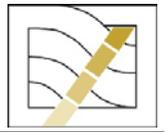


Abbildung 7: GW-Gleichen Berechnung / Differenzenkarte mit 5×10^{-4} m/s (Schicht 3)

Die Grafik der Abbildung 7 zeigt die Strömungssituation bei einer angenommenen **Gesteinsdurchlässigkeit von 5×10^{-4} m/s** für den **Flächenfilter**. Im Vergleich mit der Berechnung mit Durchlässigkeitsbeiwert von 1×10^{-4} m/s zeigt sich, dass im Zustrom des Riederwaldtunnels nur noch ein Aufstau von max. 0,2 m existiert. Im Abstrom liegt die berechnete Absenkung bei ca. 0,1 m, im Bereich westlich der Teiche Erlenbruch bei ca. 0,3 m.



2.6 Durchlässigkeit Flächenfilter 1×10^{-3} m/s

Die Grafik der Abbildung 8 zeigt die Strömungssituation bei einer angenommenen **Gesteinsdurchlässigkeit von $k_f=1 \times 10^{-3}$ m/s** für den **Flächenfilter**.

Die mittels eines Flächenfilters mit dem Durchlässigkeitsbeiwert von 1×10^{-3} berechnete Grundwassersituation zeigt nahezu keinen GW-Aufstau auf der nördlichen Seite des Tunnels mehr. Im Bereich des Grundwasserhochs werden nur noch ca. 0,1 m Aufstau errechnet. Auf der abstromigen Seite bleibt die Situation im Vergleich mit der vorhergehenden Berechnung nahezu unverändert. Die berechnete Absenkung liegt bei ca. 0,1 m; im Bereich westlich der Teiche Erlenbruch beträgt die Absenkung ca. 0,3 m.

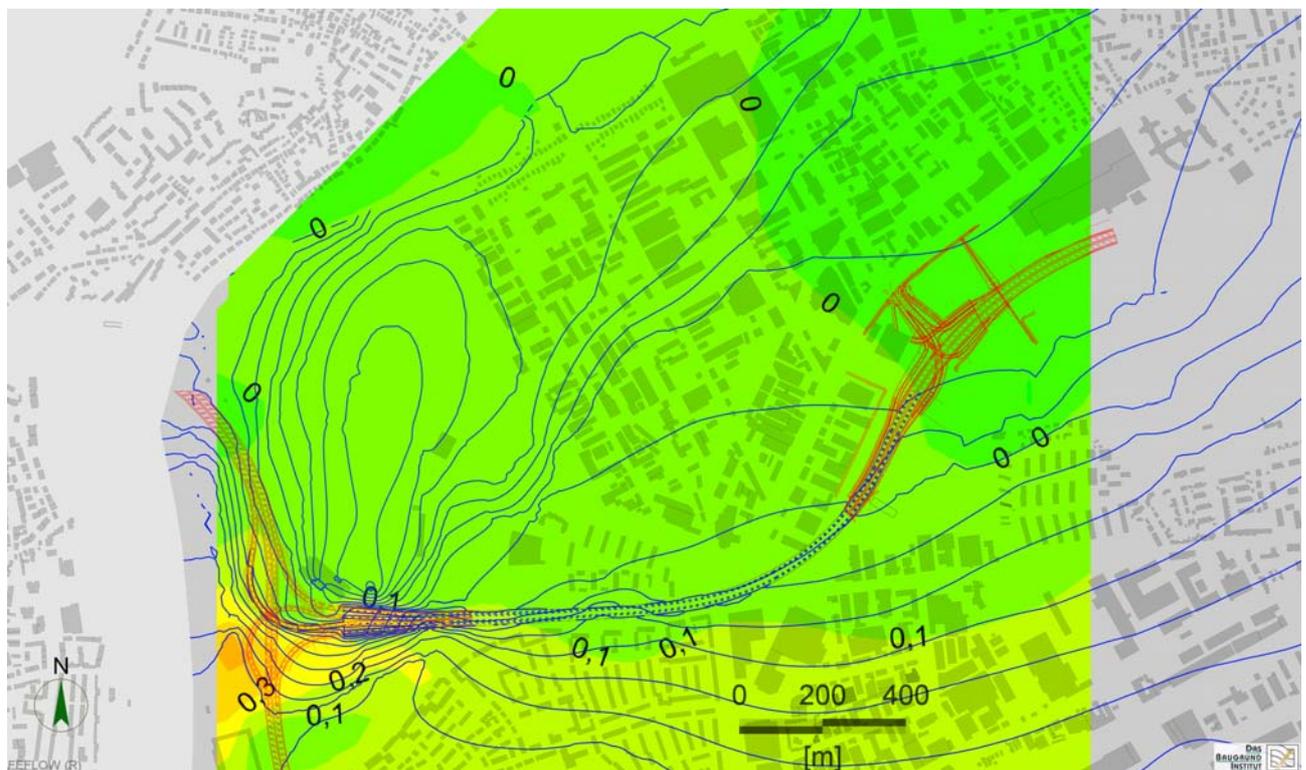
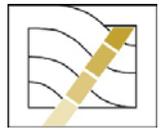


Abbildung 8: GW-Gleichen Berechnung / Differenzkarte mit 1×10^{-3} m/s (Schicht 3)



2.7 Durchlässigkeit Flächenfilter 5×10^{-3} m/s

Die Grafik der Abbildung 9 zeigt die Strömungssituation bei einer angenommenen **Gesteinsdurchlässigkeit von $k_f = 5 \times 10^{-3}$ m/s**. Mit dieser Durchlässigkeit im Flächenfilter werden erwartungsgemäß die geringsten Beeinflussungen im Zu- und Abstrom des geplanten Bauwerks berechnet. Im Vergleich mit der Abbildung 8 zeigen sich jedoch kaum noch Änderungen.

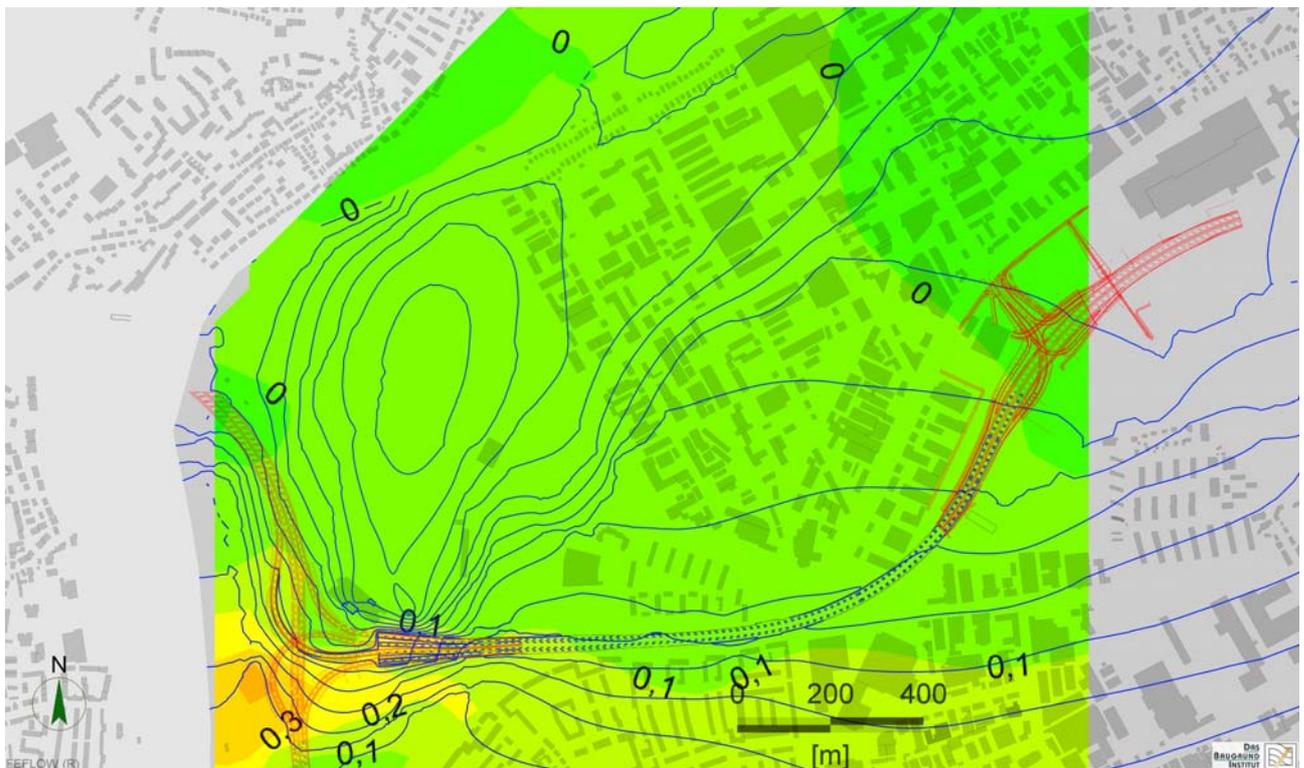
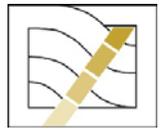


Abbildung 9: GW-Gleichen Berechnung / Differenzkarte mit 5×10^{-3} m/s (Schicht 3)



3. Empfehlungen

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass ab einem Durchlässigkeitsbeiwert des Flächenfilters von ca. 1×10^{-3} m/s die geohydraulischen Auswirkungen des geplanten Tunnelbauwerks als sehr gering einzustufen sind.

Die berechnete Grundwassersituation zeigt im Anstrom nahezu keinen Grundwasseraufstau. Im Abstrom ergaben die Berechnungen eine geringe Grundwasserabsenkung in der Größenordnung von ca. 0,1 m. Nur westlich der Teiche Erlenbruch beträgt die berechnete Grundwasserabsenkung ca. 0,3 m.

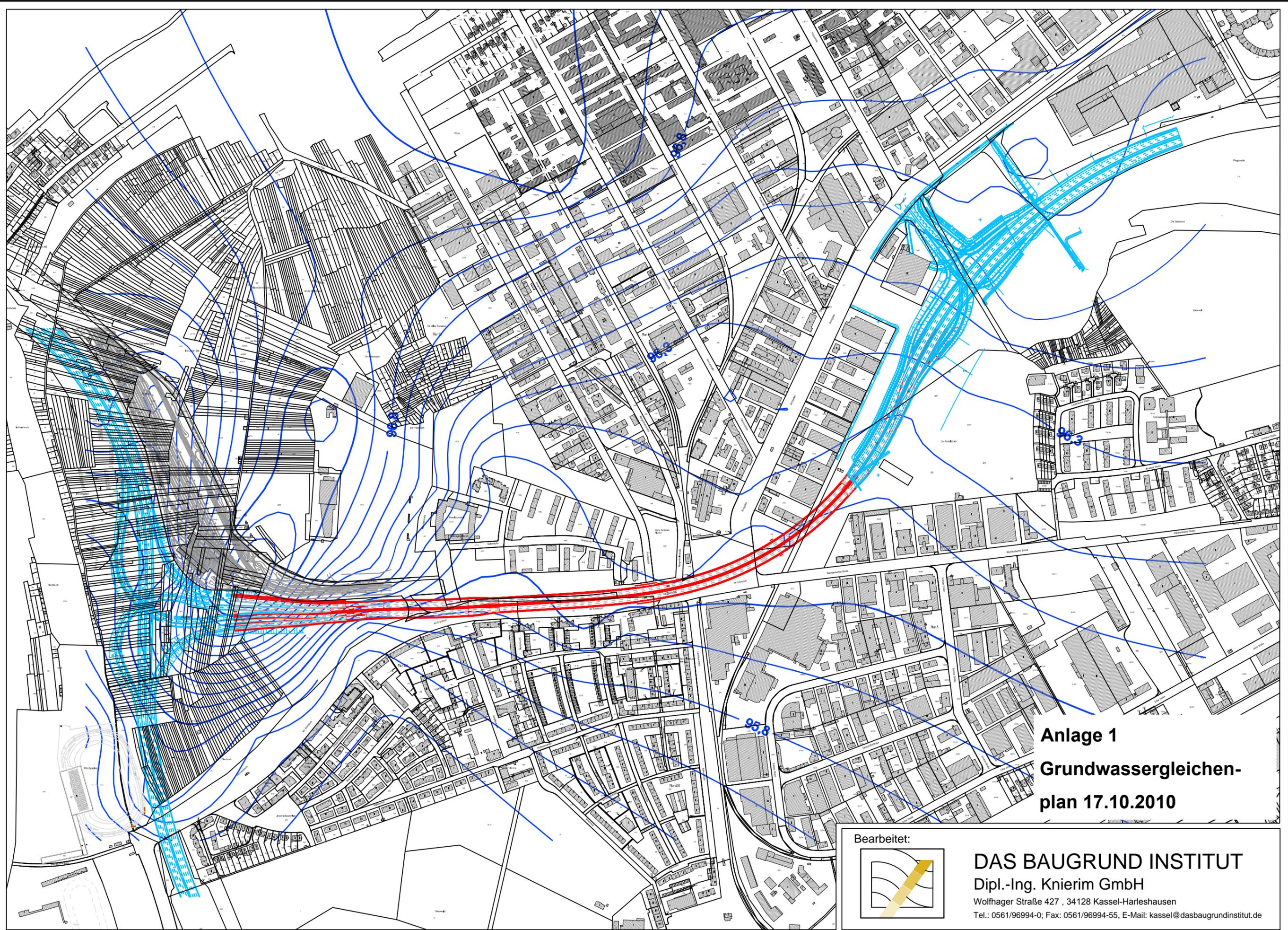
Die im Kapitel 2 dokumentierten Berechnungen zur Auswirkung des geplanten Flächenfilters belegen deutlich, dass die eingebauten Liefermaterialien für den Flächenfilter eine hydraulische Durchlässigkeit von ca. 1×10^{-3} m/s (kf-Wert) besitzen müssen, um strömungstechnische Auswirkungen der Baumaßnahme zu minimieren. Um dies zu gewährleisten, werden folgende Maßnahmen empfohlen:

- Hydraulische Eignungsnachweise der einzubauenden Mineralstoffe über Versuchsfelder
- Qualitätskontrollen der einzubauenden Mineralstoffe (Materialart, Korngröße, etc.)
- Ermittlung der kf-Werte des eingebauten Flächenfilters über Versickerungsversuche vor Ort.

Kassel, 24. April 2013

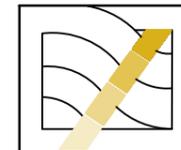

Dipl.-Geol. Deichmann


Dipl.-Geol. Kropp



Anlage 1
Grundwassergleichen-
plan 17.10.2010

Bearbeitet:

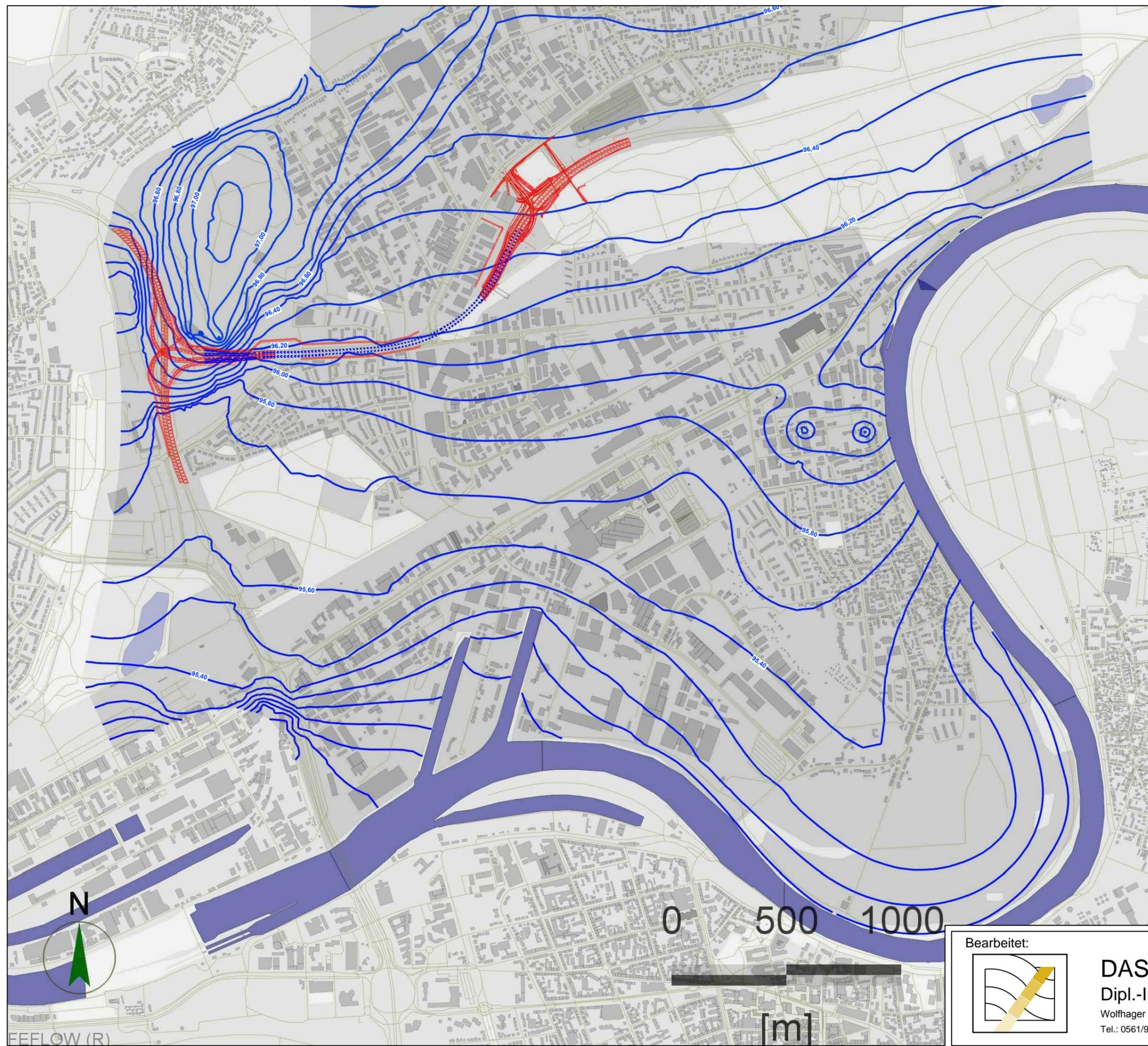


DAS BAUGRUND INSTITUT

Dipl.-Ing. Knierim GmbH

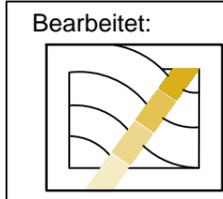
Wolfhager Straße 427 , 34128 Kassel-Harleshausen

Tel.: 0561/96994-0; Fax: 0561/96994-55, E-Mail: kassel@dasbaugrundinstitut.de

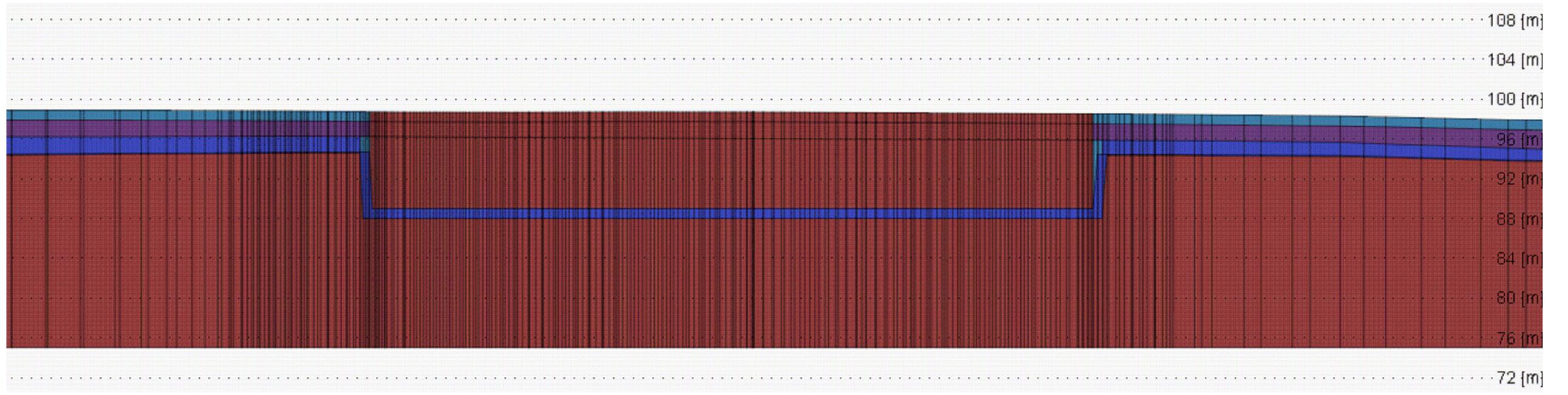


Anlage 2
Berechnete Grundwasser-
gleichen
Kalibrierung (Schicht 3)

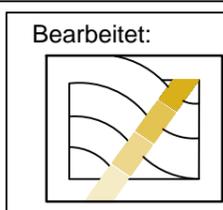
FEFLOW (R)



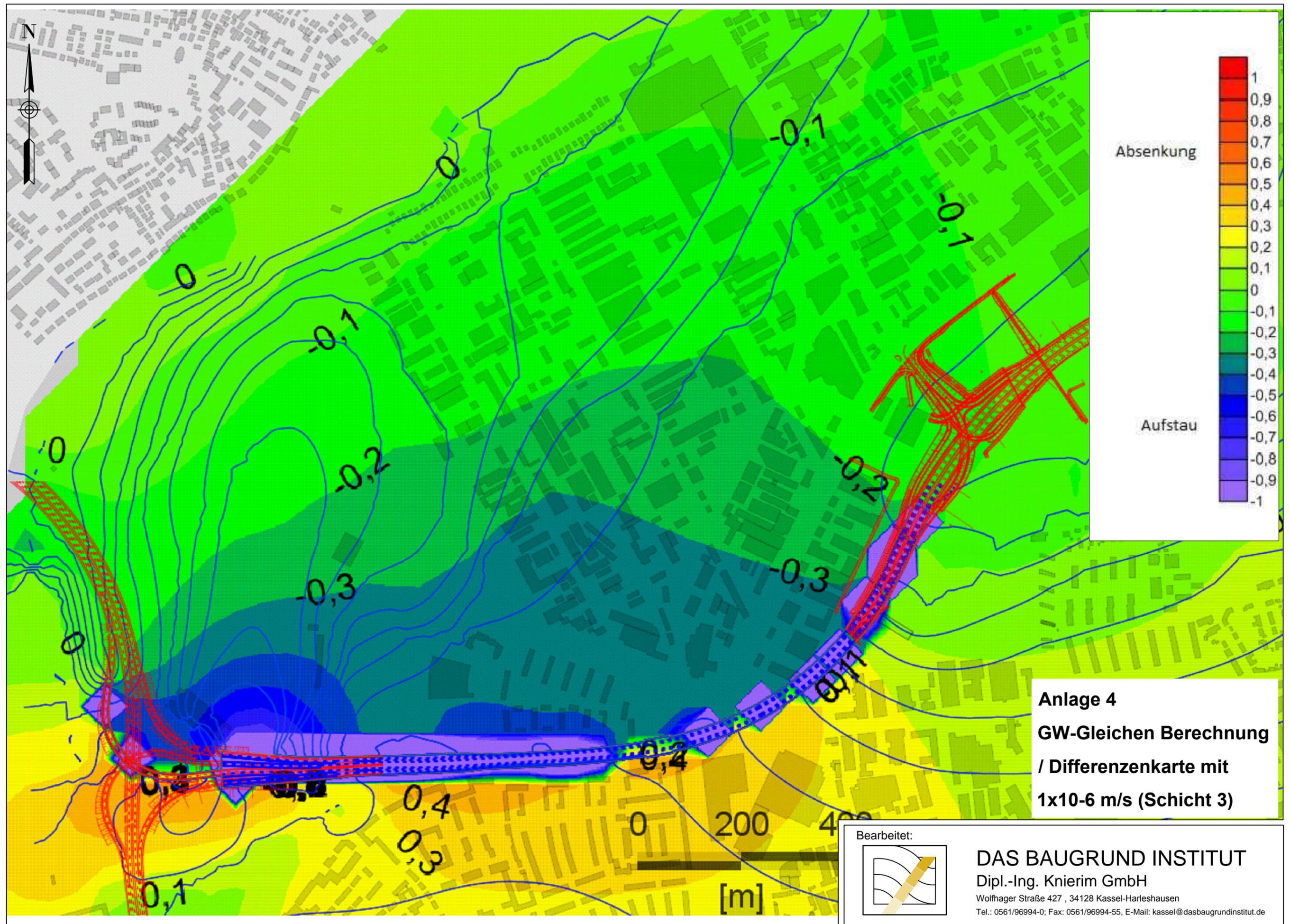
DAS BAUGRUND INSTITUT
Dipl.-Ing. Knierim GmbH
Wolfhager Straße 427 , 34128 Kassel-Harleshausen
Tel.: 0561/96994-0; Fax: 0561/96994-55, E-Mail: kassel@dasbaugrundinstitut.de



Anlage 3
Querschnitt Tunnelbereich
/ Flächenfilter Modell

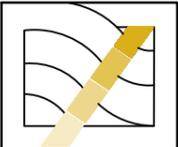


DAS BAUGRUND INSTITUT
Dipl.-Ing. Knierim GmbH
Wolfhager Straße 427 , 34128 Kassel-Harleshausen
Tel.: 0561/96994-0; Fax: 0561/96994-55, E-Mail: kassel@dasbaugrundinstitut.de

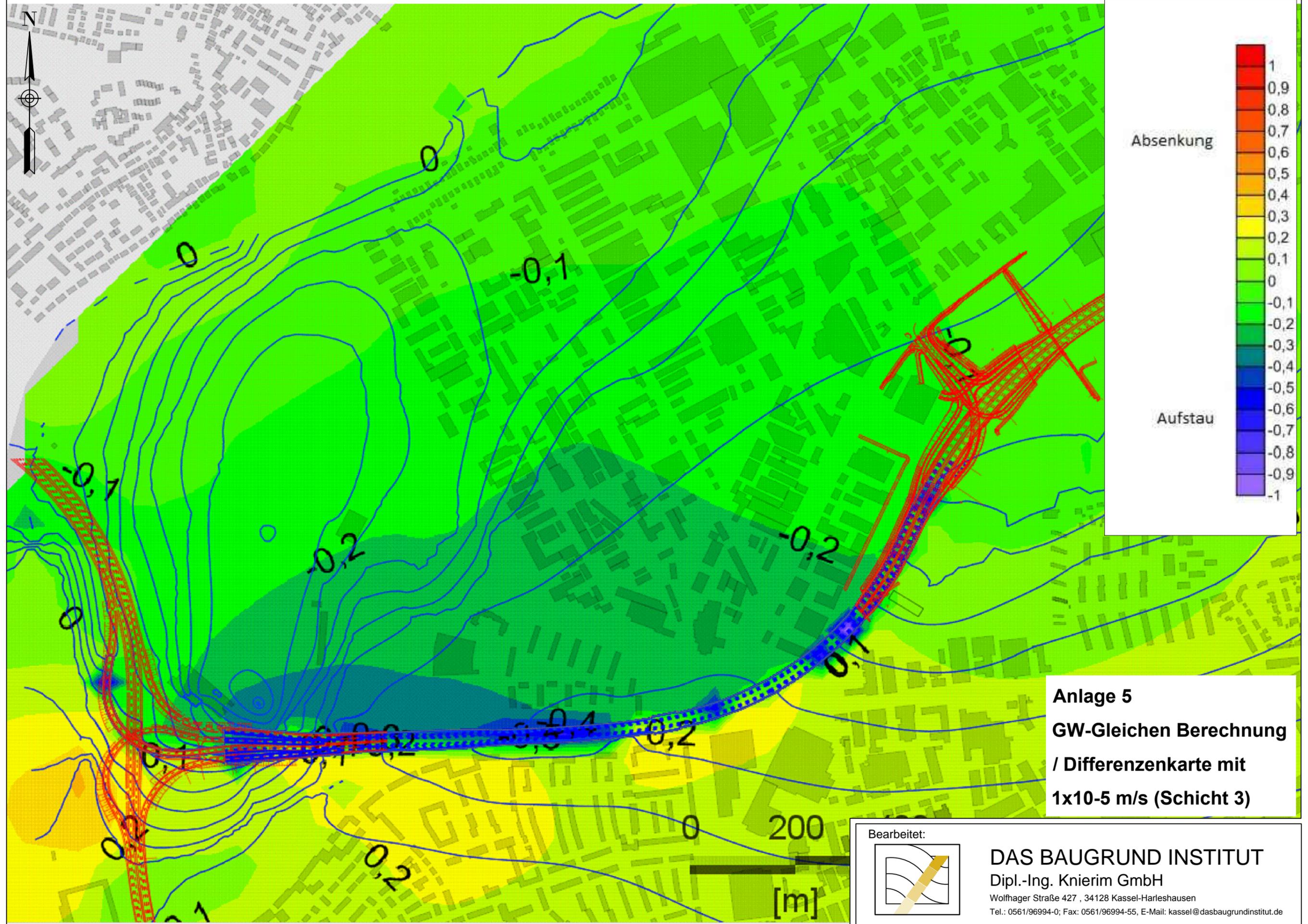


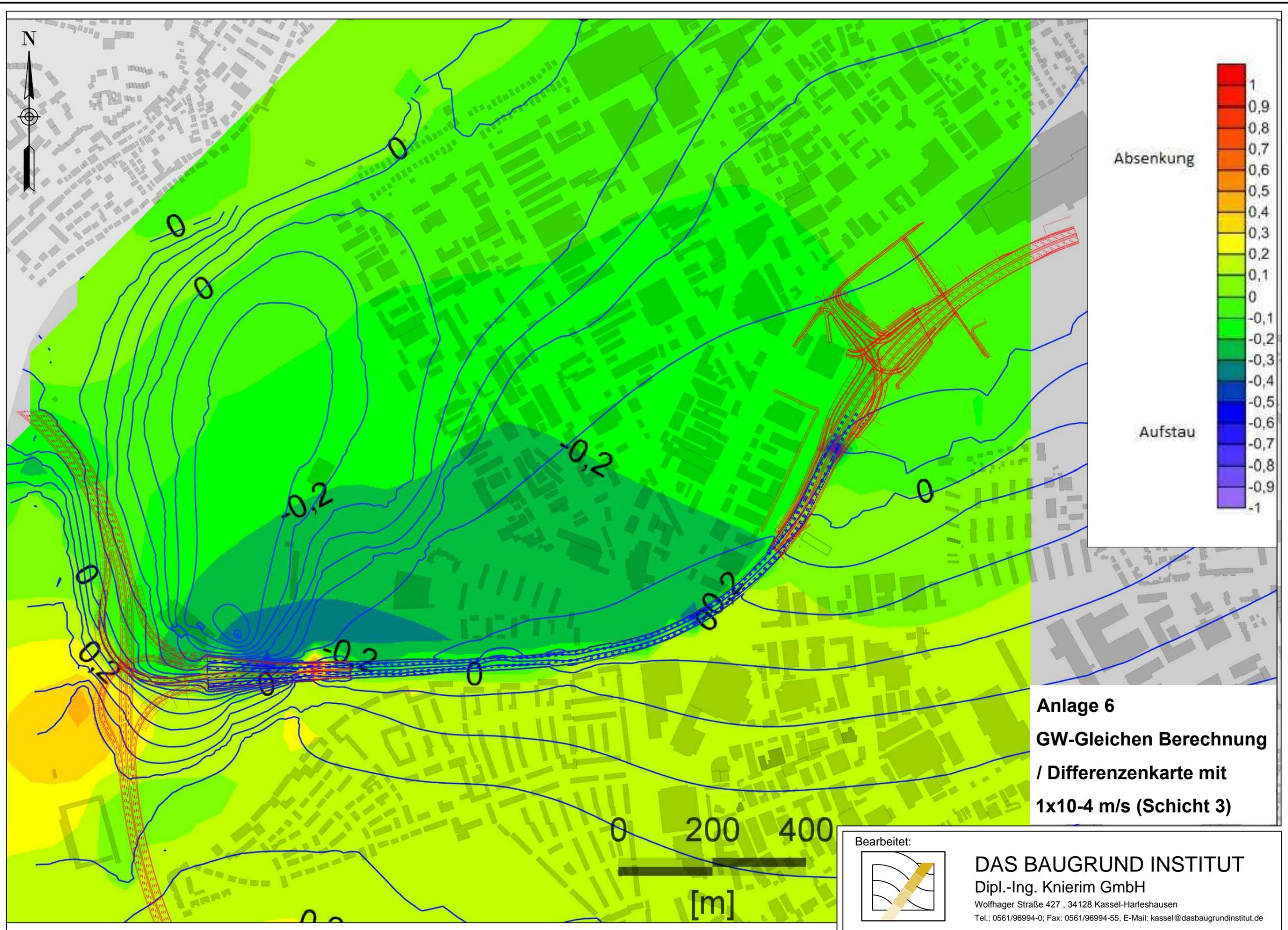
Anlage 4
GW-Gleichen Berechnung
/ Differenzenkarte mit
1x10⁻⁶ m/s (Schicht 3)

Bearbeitet:



DAS BAUGRUND INSTITUT
Dipl.-Ing. Knierim GmbH
Wolfhager Straße 427, 34128 Kassel-Harleshausen
Tel.: 0561/96994-0; Fax: 0561/96994-55, E-Mail: kassel@dasbaugrundinstitut.de



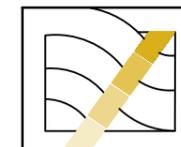


Absenkung

Aufstau

Anlage 6
GW-Gleichen Berechnung
/ Differenzenkarte mit
1x10⁻⁴ m/s (Schicht 3)

Bearbeitet:



DAS BAUGRUND INSTITUT

Dipl.-Ing. Knierim GmbH

Wolfhager Straße 427 , 34128 Kassel-Harleshausen

Tel.: 0561/96994-0; Fax: 0561/96994-55, E-Mail: kassel@dasbaugrundinstitut.de

