Niedersächsische Landesbehörde
für Straßenbau und Verkehr

GeoDienste GmbH
Geologie - Hydrogeologie - Geothermie

Kurzbericht II

„Prognose der Auswirkung von Verbauten im Grundwasser im Bereich des Anschlusses an den östlichen Bestandstrog“

im Rahmen des Projektes

„Ausbau B3 – Südschnellweg, Hannover“

der Niedersächsischen Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr (NLStBV), Hannover

Eingetragen beim Amtsgericht Hannover HRB 110620 • Geschäftsführer: Dr. Dieter Michalzik, Dr. Axel Rogge • Telefon (+49) 5031. 70 488-10 • Telefax (+49) 5031. 70 488-29
Bankverbindung: Konto-Nr. 134906700 Commerzbank Hannover (25040066) • IBAN: DE 24250400660134906 700 • SWIFT-BIC: COBA DE FFXXX
Steuerdaten: Steuer-Nr.: 3420030101 FA Nienburg/Weser • USt-Id.Nr.: DE181267774

Impressum

Auftraggeber: Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr (NLStBV)

Göttinger Chaussee 76 A

30453 Hannover

Auftragnehmer: GeoDienste GmbH,

Nienburger Str. 2, 31515 Wunstorf

Berichtsname:

0140161_kurzbericht_nr2_ostanschluss_aufstauberechnung_stand_20201015.docx

Seitenzahl: 19

Abbildungen: 6

Tabellen: 0

Anhänge: 0

Anlagen: 0

Datum: 15.10.2020

Ausfertigung:

GeoDienste GmbH

Bearbeiter:

Dr. Axel Rogge, Dipl.-Geol. (GF) Dr. Enrico Hamann, Dipl.-Geol.

Inhaltsverzeichnis

Impressum **2**

1. Veranlassung und Vorgehensweise **5**

2. Verwendete Projektunterlagen und Datengrundlagen **5**

3. Hydrogeologische Konzeptvorstellung **6**

4. Grundwasserströmungsmodell **9**

4.1. Verwendete Software 9

4.2. Modellparameter 10

4.2.1. Modellgrenzen, -randbedingungen und -diskretisierung 10

4.2.2. Materialparameter 12

4.3. Prognose 13

4.3.1. Szenario 1 - Grundwasseranströmung in Bauwerk-Längsrichtung 13

4.3.2. Szenario 2 - schräge Grundwasseranströmung, bereichsweise Unterströmung 14

4.3.3. (Fiktives) Szenario 3 - schräger Anstrom, keine Unterströmung 16

5. Fazit **18**

6. Literaturverzeichnis **19**

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Repräsentatives geologisches Profil [1] mit Lageplan der Bohrung 7
Abb. 2 Ausschnitt des geologischen Profilschnitts [2] im Bereich des Bauwerks (Nordseite) 8
Abb. 3 Darstellung des Modells in der Draufsicht und im Schnitt (Bauwerksgeometrie wie in Szenario 1 und 2, Grundwasserstände wie in Szenario 1). Die das Bauwerk repräsentierenden inaktiven Modellzellen sind schwarz dargestellt. Die blauen Linien stellen numerisch berechnete Grundwassergleichen dar (in mNN).....12
Abb. 4 Modellgestützt prognostizierter Grundwasseraufstau und -absunk durch die hydraulische Barrierewirkung des Bauwerks bei paralleler Grundwasseranströmung mit einem Gefälle von 1,5 ‰ 14
Abb. 5 Modellgestützt prognostizierter Grundwasseraufstau und -absunk (in Meter) durch die hydraulische Barrierewirkung des Bauwerks bei Grundwasseranströmung aus Ostsüdost (30°) mit einem Gefälle von 1,5 ‰ 15
Abb. 6 Modellgestützt prognostizierter Grundwasseraufstau und -absunk (in Meter) durch die hydraulische Barrierewirkung des Bauwerks bei Grundwasseranströmung aus Ostsüdost (30°) sowie keiner Unterströmung mit einem Gefälle von 1,5 ‰ 17

1. Veranlassung und Vorgehensweise

Die Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr Hannover (NLStBV) plant im Rahmen des Projektes „Ausbau B3 – Südschnellweg" in Hannover im Bereich des Anschlusses an den östlichen Bestandstrog (Trogbauwerk unter DB-Brücken), nachfolgend einfach Bauwerk genannt, das Einbringen von Verbauten in den grundwassererfüllten Untergrund. Zur Prognose der Größenordnung der Auswirkungen auf die Grundwasserspiegelhöhen durch die Barrierewirkung der Verbauten wurden im Juni 2020 numerische Berechnungen unter Ansatz vereinfachter hydrogeologischer Verhältnisse und Randbedingungen durchgeführt. Konzeptionell wurde von der Möglichkeit einer Unter- und seitlichen Umströmung ausgegangen. Im Verlaufe der Planungen ergab sich die Notwendigkeit eines tieferen Verbaus, so dass zumindest in Teilbereichen des Bauwerks keine Unter- sondern nur noch eine seitliche Umströmung möglich ist.

Um die zum Juni 2020 veränderte Barrierewirkung des Bauwerks zu ermitteln, erfolgten erneut numerische Modellrechnungen. Dazu wurde das Modell von Juni 2020 verwendet und entsprechend der aktuellen Rahmenbedingungen (neue Länge und Einbindetiefe des Bauwerks) modifiziert.

Es wurden drei Szenarien berechnet. In einem Szenario erfolgt die Grundwasserströmung parallel zum Bauwerk, in einem weiteren Szenario in einem Winkel von 30° zum Bauwerk. In einem dritten, fiktiven Szenario wurde neben der schrägen Anströmung davon ausgegangen, dass keinerlei Unterströmung des Bauwerks möglich ist. Letzteres Szenario dient der Ermittlung der Sensitivität des Grundwasseranstaus in Abhängigkeit von der Möglichkeit der Bauwerksunterströmung.

Ergebnis der Untersuchungen sind Aufstaubeträge im Grundwasser durch die Barrierewirkung der Verbauten. Um diese Beträge zu berechnen, wurde pro Szenario jeweils eine Simulation mit und eine ohne geplantes Bauwerk gerechnet und die Differenz aus den resultierenden Grundwasserspiegelhöhen ermittelt.

2. Verwendete Projektunterlagen und Datengrundlagen

Für die Ausarbeitung dieses Berichtes standen uns folgende Unterlagen zur Verfügung:

[1] Schnack Geotechnik Ingenieurgesellschaft (2017): B3 SSW Ausbau des Südschnellweges in Hannover von Betr.-km 0,000 (Landwehrkreisel) bis Betr.-km 3,900 (Überführung DB) Ingenieurgeologisches Streckengutachten. NLStBV, Hannover, 22.08.2017.

[2] Schnack Geotechnik Ingenieurgesellschaft: NLStBV, ZGB 3, PG SO, Ausbau B3 SSW Hannover, Lärm- und Irritationswände Ost, Baugrundprofil Nordseite, Anlage 7.1. Datei "Hannover_SSW LSW West_Anl7-1.pdf".

[3] Schnack Geotechnik Ingenieurgesellschaft: NLStBV, ZGB 3, PG SO, Ausbau B3 SSW Hannover, Lärm- und Irritationswände Ost, Baugrundprofil Südseite, Anlage 7.2. Datei "Hannover_SSW LSW West_Anl7-2.pdf".

[4] INGE B3 (2020): Trogbauwerk unter DB-Brücken, km 3+777.45 - 4+324.35, Entwurfsplanung. Bohrpfahlwand Umbaubereich km 3+777.45 - 3+859.95. Bauwerksplan. Vorabzug 05.10.2020.

[5] GeoDienste GmbH (2017): Bericht zur Erstellung eines numerischen Grundwasserströmungsmodells im Rahmen des Projektes „Ausbau B3 – Südschnellweg". NLStBV, Stand 30.09.2019

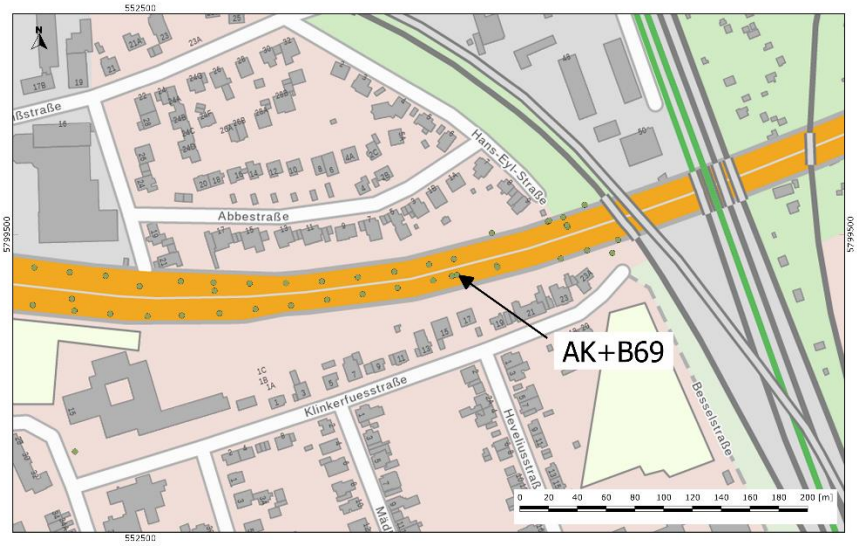
[6] GeoDienste GmbH (2020): Kurzbericht „Prognose der Auswirkung von Verbauten im Grundwasser im Bereich des Anschlusses an den östlichen Bestandstrog" im Rahmen des Projektes „Ausbau B3 – Südschnellweg". NLStBV, Stand 12.06.2020

[7] NIBIS® Kartenserver (2020): Lage der Grundwasseroberfläche 1 : 200.000 (HÜK200). - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Hannover.

[8] Schnack Geotechnik (2020): Stellungnahme - B3 SSW Ausbau des Südschnellweges in Hannover, Trogbauwerk unter den DB-Brücken, Umbau Westteil, Bemessungswasserstand. 28.05.2020

3. Hydrogeologische Konzeptvorstellung

Entsprechend des vorliegenden Baugrundgutachtens [1] ist im Bereich des Anschlusses an den östlich gelegenen Bestandstrog näherungsweise von einer Zweiteilung des Grundwasserleiters auszugehen (siehe Abb. 2). Der obere Teil ist durch Sande geprägt, deren hydraulischer Durchlässigkeitsbeiwert kf bei ca. 1e-4 m/s liegt. Der untere Teil ist durch einen kiesigen Horizont geprägt, der einen ungefähren kf von 5e-4 m/s aufweist. An der Basis des Grundwasserleiters wurden entweder Kreideton oder Geschiebemergel erbohrt, die gering wasserleitend sind.



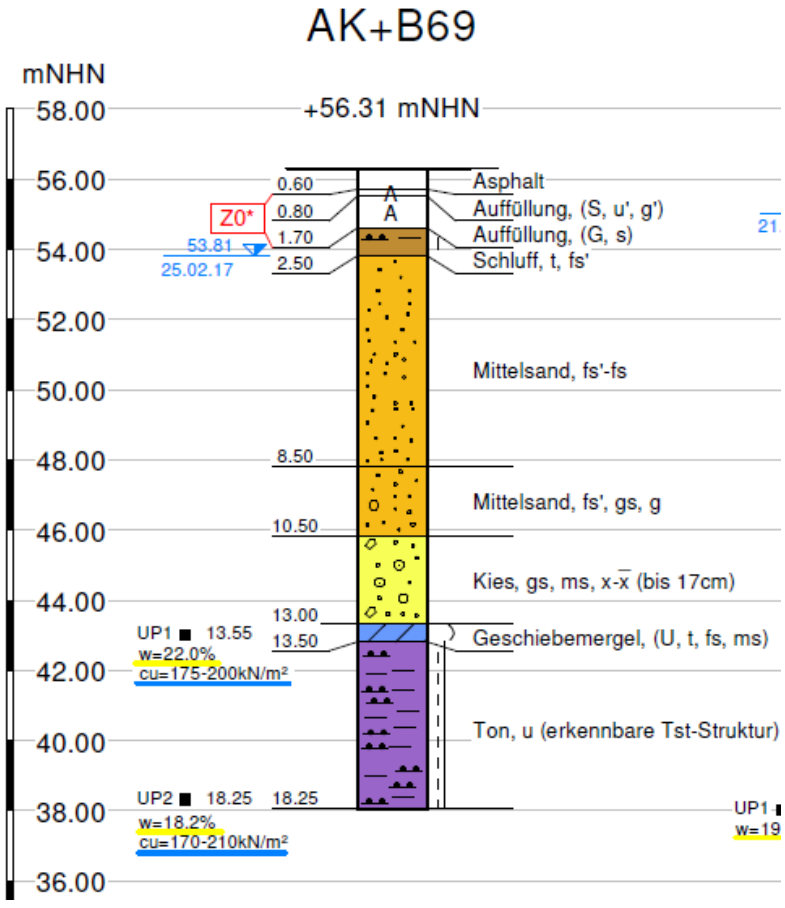


Abb. 1 Repräsentatives geologisches Profil [1] mit Lageplan der Bohrung

Die Oberkanten von Kreideton und Geschiebemergel sind im Trassenverlauf der B3 starken Schwankungen unterworfen [2]. Im nördlichen Bereich des Bauwerks zwischen den Erkundungsbohrungen KB106 und KB107 reicht der Geschiebemergel bis ca. 9 m unter Gelände (Abb. 2).

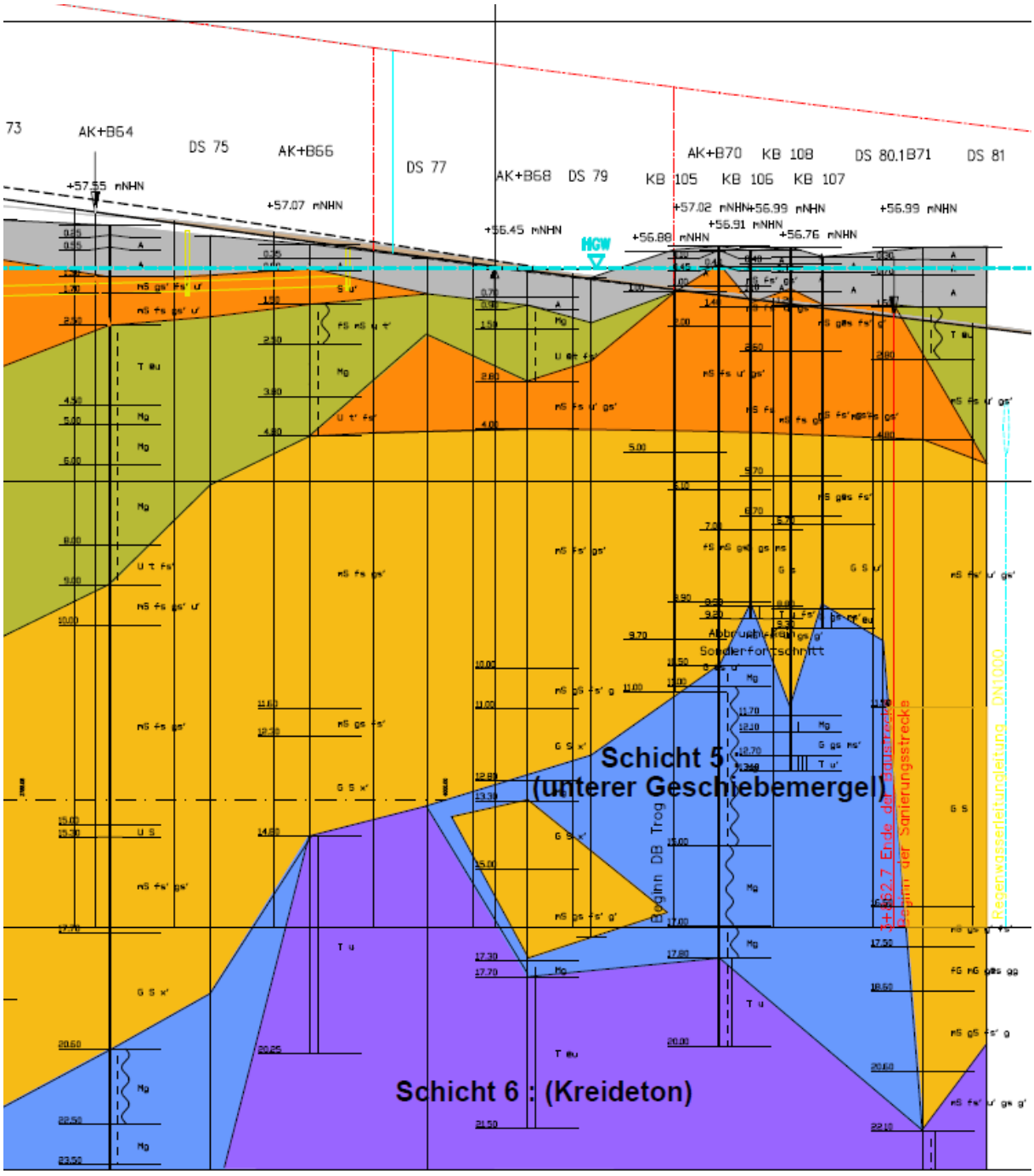


Abb. 2 Ausschnitt des geologischen Profilschnitts [2] im Bereich des Bauwerks (Nordseite)

Der Grundwasseranstrom an das Bauwerk erfolgt ungefähr von Ost nach West [7], also ungefähr parallel zum Bestandstrog und zur neuen Trasse. Geplante Verbauten im Untergrund liegen einerseits längs zur Fahrt- bzw. Grundwasserströmungsrichtung (Bohrpfahlwände vertikal außen, DSV-Dichtwand vertikal mittig und DSV-Sohle horizontal) sowie als Bauwerksabschlüsse westlich und östlich quer zur Fahrt- bzw. Grundwasserströmungsrichtung (DSV-Dichtwände vertikal). Konzeptionell lässt sich diese Geometrie vereinfacht als geschlossener Kasten beschreiben, der durch die äußeren Bohrpfahlwände, die DSV-Sohle und die DSV-Querverbauten begrenzt wird. Die Länge des Kastens beträgt ca. 100 m [4] und ist damit 60 m kürzer als im vorigen Gutachten im Juni 2020 [6], die Breite 23 m am östlichen bis 25 m am westlichen Ende. Die Tiefe beträgt im Gegensatz zum vorigen Gutachten nicht 10 bis 11 m unter Gelände sondern abgestuft von Westen nach Osten mit 9,5 m (ca. 41 m Länge), 10,5 m (20 m Länge), 11,5 m (20 m Länge), 12,5 m (10 m Länge) bis 14 m unter Gelände (10 m Länge). Aufgrund der jetzt größeren Einbindetiefe im Ostteil ist zumindest bereichsweise mit einer Komplettabdichtung des Grundwasserleiters zu rechnen (KB106 und KB107, siehe Abb. 2). Somit riegelt der Kasten den Sandhorizont komplett und den Kieshorizont bereichsweise ab.

In den nachfolgenden numerischen Untersuchungen wird davon ausgegangen, dass alle Verbauten im Untergrund verbleiben.

4. Grundwasserströmungsmodell

4.1. Verwendete Software

Für die Strömungsberechnungen wurde das Programm MODFLOW des United States Geological Survey (HARBAUGH & MCDONALD, 1996) in der Programmversion MODFLOW-2005 eingesetzt. MODFLOW ist ein dreidimensionales numerisches Grundwassermodell zur Berechnung der gesättigten Grundwasserströmung auf der Basis der Methode der Finiten Differenzen (blockzentriertes Rechteckgitter). Es teilt den Untergrund in quaderförmige Zellen ein, für die jeweils eine Wasserbilanzgleichung aufgestellt wird. Die Standrohrspiegelhöhen in der Mitte einer Zelle sind dabei unbekannt. Unter Verwendung von Randbedingungen ergibt sich für N Zellen ein lineares Gleichungssystem für N unbekannte Standrohrspiegelhöhen. Die Lösung dieses Gleichungssystems erfolgt mit Hilfe des iterativen Gleichungslösers PCGN (NAFF & BANTA, 2008). Die Berechnungsergebnisse werden in

Form von Grundwasserhöhengleichen, Grundwasserhöhendifferenzen und Wasserbilanzen dargestellt.

Die numerische Lösung der Strömungsgleichung in MODFLOW erfolgt unter Berücksichtigung des Gesetzes von Darcy:

$$Q = A \cdot k_f \cdot \mathrm{i} \qquad \text{Gl. 1}$$

wobei *A* der durchströmte Querschnitt, k_f der Durchlässigkeitsbeiwert und *i* das Grundwassergefälle ist. In MODFLOW wird die hydraulische Leitfähigkeit bzw. die Durchlässigkeit des durchströmten Mediums als Transmissivität *T* berücksichtigt. Diese ist über die Aquifermächtigkeit bzw. Mächtigkeit der Modellschicht *M* mit k_f verknüpft:

$$T = k_f \cdot M \qquad \text{Gl. 2}$$

Die Durchlässigkeit kann entsprechend der typischerweise anisotropen Eigenschaften von Lockersedimenten (z.B. DOMENICO & SCHWARTZ, 1990) sowohl in horizontaler als auch vertikaler Richtung angegeben werden.

4.2. Modellparameter

4.2.1. Modellgrenzen, -randbedingungen und -diskretisierung

Das Modellgebiet hat eine Größe von 500 x 500 m.

Bei HGW beträgt das Grundwassergefälle ca. 1,5 ‰ von Osten nach Westen [8]. Um dieses Grundwassergefälle zu implementieren, wurden der westliche und der östliche Modellrand mit einer Festpotential-Randbedingung mit Wasserständen von 56.125 bzw. 56,875 mNN belegt. Daraus ergibt sich im Modell am östlichen Anschluss des zu umbauenden Troges ein Wasserstand von 56,5 mNN. Dieser Wasserstand entspricht dem festgelegten HGW an dieser Stelle. Im vorigen Gutachten wurde ein Gefälle von 2 ‰ angesetzt, welches jedoch für mittlere Grundwasserverhältnisse gilt, nicht für HGW.

Das Modell besteht aus zwei Schichten. Die obere Schicht repräsentiert den Sandhorizont und hat eine einheitliche Mächtigkeit von 10,5 m. Die untere Schicht repräsentiert den Kieshorizont und hat eine einheitliche Mächtigkeit von 2,5 m. Damit wurden die geologischen Verhältnisse an Bohrung AK+B69 (siehe Abb. 2) auf das gesamte Modell projiziert.

Die horizontale Diskretisierung des Modells beträgt einheitlich 1 m.

Der beschriebene Kasten (Abmessungen in Längs- und Querrichtung 100 und 24 m), der das durch die Verbauten begrenzte Bauwerk darstellt, wird im Modell durch Festlegung inaktiver (undurchlässiger) Modellzellen in Modellschicht 1 (Sandhorizont) und, im Unterschied zum ersten Gutachten[6], in den Szenarien 1 und 2 bereichsweise (östliche 40 m) und im Szenario 3 komplett auch in Modellschicht 2 (Kieshorizont) definiert. Damit ist in Szenario 1 und 2 im östlichen Teil des Bauwerks und in Szenario 3 über die gesamte Länge des Bauwerks keine Unterströmung möglich, sondern lediglich eine seitliche Umströmung. In Abb. 3 ist die Modellumsetzung dargestellt.

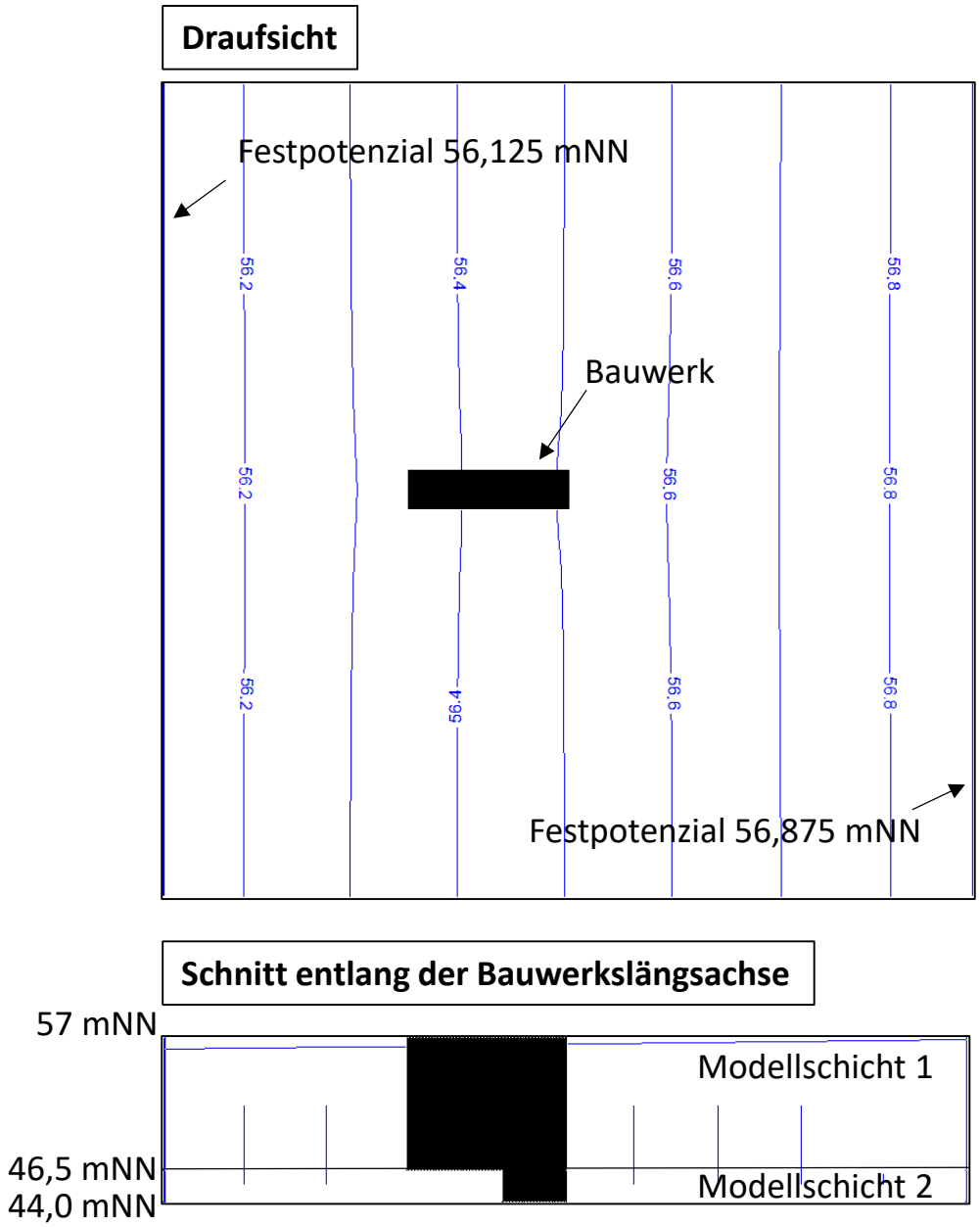


Abb. 3 Darstellung des Modells in der Draufsicht und im Schnitt (Bauwerksgeometrie wie in Szenario 1 und 2, Grundwasserstände wie in Szenario 1). Die das Bauwerk repräsentierenden inaktiven Modellzellen sind schwarz dargestellt. Die blauen Linien stellen numerisch berechnete Grundwassergleichen dar (in mNN).

4.2.2. Materialparameter

Der im Modell umgesetzte Schichtenaufbau des Grundwasserkörpers und die hydraulische Durchlässigkeit des Lockergesteins orientieren sich an den geologischen Verhältnissen in Bohrung AK+B69 (Abb. 2). Modellschicht 1 repräsentiert den Sandhorizont und wurde mit

einem Kf-Wert von 1e-4 m/s belegt, Modellschicht 2 (Kieshorizont) mit einem kf-Wert von 5e-4 m/s.

Heterogenitäten im Lockergestein verursachen eine vertikale Anisotropie der hydraulischen Durchlässigkeit, welche standort- und skalenabhängig ist. Grundsätzlich ist das Anisotropie-Verhältnis (horizontaler k_f-Wert/vertikaler k_f-Wert) ≥ 1 (DOMENICO & SCHWARTZ, 1990). In Grundwassermodellen ist ein Verhältnis von 10 für quartäre Lockersedimente üblich und wurde deshalb auch im vorliegenden Fall verwendet.

4.3. Prognose

4.3.1. Szenario 1 - Grundwasseranströmung in Bauwerk-Längsrichtung

Das Modellsetup entspricht der Beschreibung in Kap.4.2.

An der östlichen Stirnseite des Bauwerks beträgt die berechnete Grundwasserspiegelhöhe ca. 56,5 mNN (Abb. 3) und entspricht damit dem HGW. Wie in Abb. 4 zu erkennen, beträgt der prognostizierte, durch das Bauwerk induzierte Grundwasseraufstau < 3 cm. Die Reichweite des Aufstaus > 1 cm beträgt ca. 30 m. Der Aufstau konzentriert sich auf die östliche Stirnseite.

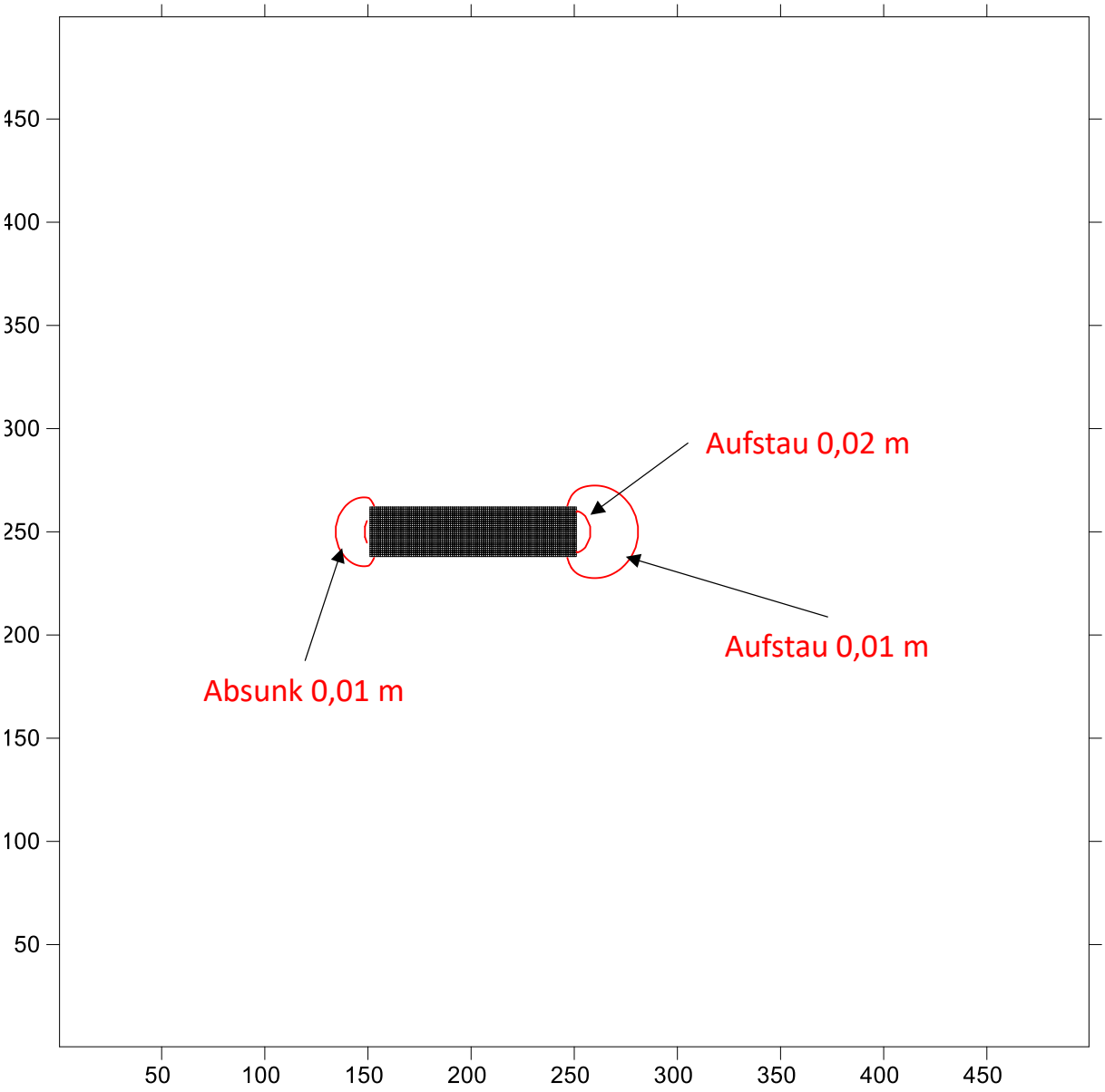


Abb. 4 Modellgestützt prognostizierter Grundwasseraufstau und -absunk durch die hydraulische Barrierewirkung des Bauwerks bei paralleler Grundwasseranströmung mit einem Gefälle von 1,5 ‰

4.3.2. Szenario 2 - schräge Grundwasseranströmung, bereichsweise Unterströmung

Da nicht ausgeschlossen werden kann, dass die Grundwasserströmung schräg statt parallel zur Längsachse des Bauwerks ausgerichtet ist, wurde in diesem Szenario eine Anströmung in einem Winkel von 30° aus Ostsüdost simuliert. Eine Unterströmung ist im westlichen Teil des Bauwerks möglich (siehe Abb. 3 unten).

Wie in Abb. 5 zu erkennen, beträgt der prognostizierte, durch das Bauwerk induzierte Grundwasseraufstau < 3 cm. Die Reichweite des Aufstaus > 1 cm beträgt ca. 60 m. Der Aufstau konzentriert sich auf die südöstliche Anstromseite.

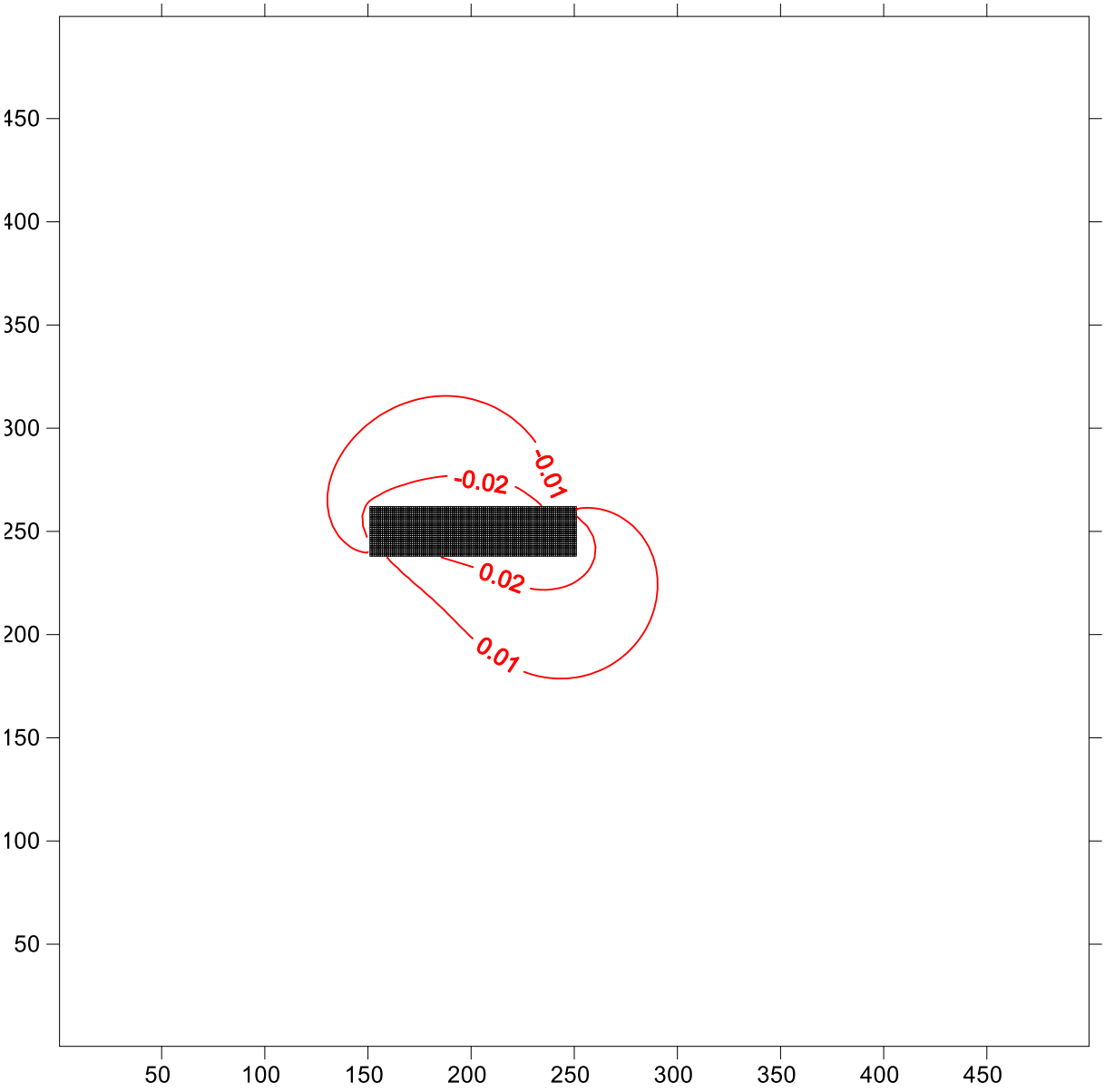


Abb. 5 Modellgestützt prognostizierter Grundwasseraufstau und -absunk (in Meter) durch die hydraulische Barrierewirkung des Bauwerks bei Grundwasseranströmung aus Ostsüdost (30°) mit einem Gefälle von 1,5 ‰

4.3.3. (Fiktives) Szenario 3 - schräger Anstrom, keine Unterströmung

Um zu ermitteln, wie stark der Aufstau wäre, wenn keinerlei Unterströmung des Bauwerkes möglich ist, wurde in diesem fiktiven Szenario zusätzlich zur Anströmung in einem Winkel von 30° aus Ostsüdost ein Kasten simuliert, der komplett bis in die geringleitenden Schichten hineinreicht.

Wie in Abb. 6 zu erkennen, beträgt der prognostizierte, durch das Bauwerk induzierte Grundwasseraufstau < 5 cm. Die Reichweite des Aufstaus > 1 cm beträgt ca. 160 m. Der Aufstau konzentriert sich auf die südliche Anstromseite.

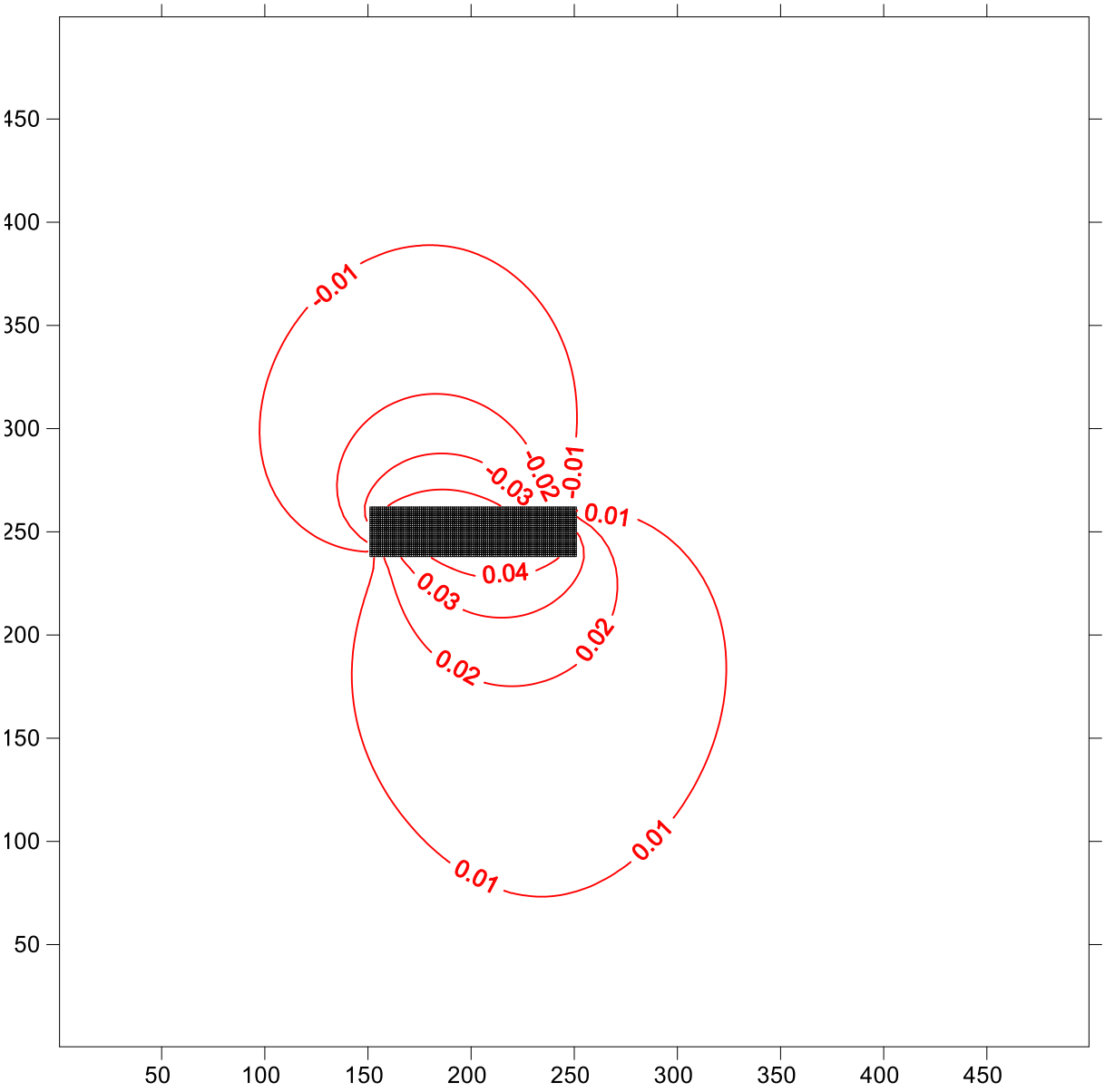


Abb. 6 Modellgestützt prognostizierter Grundwasseraufstau und -absunk (in Meter) durch die hydraulische Barrierewirkung des Bauwerks bei Grundwasseranströmung aus Ostsüdost (30°) sowie keiner Unterströmung mit einem Gefälle von 1,5 ‰

5. Fazit

Um die Auswirkungen der Abriegelung des Grundwasserleiters im Bereich des Anschlusses des Neubaus Südschnellweg, Hannover, an den östlichen Bestandstrog prognostizieren zu können, wurde bereits im Juni 2020 ein vereinfachtes numerisches Grundwasserströmungsmodell erstellt und damit Prognosen gerechnet [6]. Danach erfolgte eine Umplanung der Verbautiefe, so dass jetzt von einer lokalen Gesamtabriegelung des Grundwasserleiters durch den Verbau auszugehen ist. Dadurch ist zumindest bereichsweise keine Unterströmung mehr möglich.

Um den zu erwartenden Aufstau im Anstrom und Absunk im Abstrom zu ermitteln, wurde das bestehende Grundwasserströmungsmodell verwendet und hinsichtlich der neuen Bauwerkslänge und Verbautiefe modifiziert. Durch die neue Verbautiefe erfolgt zumindest im Ostteil des Bauwerks eine Abriegelung des Grundwasserleiters. Zwei Szenarien berücksichtigen diese Verbausituation sowie das natürliche Grundwassergefälle bei HGW und mögliche variable Grundwasserfließrichtungen. Bei parallel zur Bauwerks-Längsachse stattfindender Grundwasserströmung wird ein Grundwasseraufstau von max. 3 cm prognostiziert, der sich mit einer Reichweite der Absenkung > 1 cm von ca. 30 m auf die Stirnseite des Bauwerks im östlichen Anstrom konzentriert. Bei einer Anströmung des Grundwassers in einem Winkel von 30° zur Bauwerks-Längsachse beträgt der prognostizierte Grundwasseraufstau max. 3 cm und konzentriert sich auf die südliche Anstromseite des Bauwerks. Die Reichweite der Absenkung > 1 cm beträgt hier ca. 60 m und konzentriert sich auf die südöstliche Anstromseite des Bauwerks. Im Sinne einer Abschätzung der Sensitivität der Unterströmung erfolgte in einem weiteren, fiktiven Szenario eine Abriegelung des Grundwasserleiters über die gesamte Länge des Verbaus, so dass keinerlei Unterströmung des Bauwerks möglich ist. In diesem Fall beträgt der prognostizierte Grundwasseraufstau < 4 cm und konzentriert sich auf die südliche Anstromseite des Bauwerks. Die Reichweite der Absenkung > 1 cm beträgt hier ca. 160 m.

Die im Modell angesetzten Parameter (kf-Werte, Grundwasserleitermächtigkeit, Grundwasserspiegelhöhe, -gefälle und -fließrichtung) beruhen auf Messwerten und stellen ungefähr mittlere Werte im Bereich des Bauwerks dar. Selbst bei Berücksichtigung natürlicher Parameterschwankungen ist aufgrund der linearen Zusammenhänge (Darcy-Gesetz) davon auszugehen, dass der prognostizierte Aufstau innerhalb der ermittelten Größenordnung von Zentimetern liegt.

6. Literaturverzeichnis

DOMENICO & SCHWARTZ, 1990: Physical and chemical hydrogeology. Wiley. 824 S.

HARBAUGH, A.W. & MCDONALD, M.G. (1996): User's documentation for MODFLOW-96, an update to the U.S. Geological Survey modular finite-difference ground-water flow model.- U.S. Geological Survey open-file report 96-485, 63 S.; Reston VA.

NAFF, R.L. & BANTA, E.R. (2008): The U.S. Geological Survey Modular Ground-Water Model -- PCGN: A Preconditioned Conjugate Gradient Solver with Improved Nonlinear Control. Open-File Report 2008-1331. U.S. Geological Survey.