

Modellgestützte Ermittlung des Grundwasser-
aufstaus durch eine Baugrubenumschließung

im Rahmen des

BV Biomasse-Heizkraftwerk Hannover-Stöcken

der

PME Projektmanagement und Engineering GmbH

Impressum

Auftraggeber: GEO-data, Dienstleistungsgesellschaft für Geologie, Hydrogeologie
und Umweltanalytik mbH

Carl-Zeiss-Straße 2

30827 Garbsen

Auftragnehmer: GeoDienste GmbH,

Nienburger Str. 2, 31515 Wunstorf

Berichtsname: 0132221_Bericht.docx

Seitenzahl: 22

Abbildungen: 6

Tabellen:

Anhänge:

CD-ROM:

Datum: 09.02.2022

Ausfertigung:

GeoDienste GmbH

Geschäftsleitung

Projektbearbeitung

gez.

gez.

Dr. Axel Rogge

Norman Venohr

-Dipl.-Geol.-

-Dipl.-Ing.-

Inhaltsverzeichnis

1.	Veranlassung und Vorgehensweise	5
2.	Verwendete Projektunterlagen und Datengrundlagen	6
3.	Geologische und hydrogeologische Verhältnisse	7
4.	Grundwassermodellrechnungen	12
4.1.	Verwendete Software	12
4.2.	Methodisches Vorgehen	13
4.3.	Modellgrenzen und angesetzte Randbedingungen	13
4.4.	Diskretisierung	15
4.5.	Angesetzte Durchlässigkeitsbeiwerte	16
4.6.	Szenarienrechnungen	17
5.	Zusammenfassung	21
6.	Literaturverzeichnis	22

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Lage des BV Biomasse-Heizkraftwerk Hannover-Stöcken mit umliegenden Bohrungen. Kartengrundlage: AK5 (Stand 2016)	8
Abb. 2: Grundwasserstandsganglinie der GWM 40061 im Zeitraum 1977 - 2021.....	9
Abb. 3: Grundwasserstände im September 2021 und konstruierter Grundwassergleichenplan	10
Abb. 4: Konstruierter Grundwassergleichenplan September 2021, Lage ausgewählter GWM, Verlauf der Modellränder	14
Abb. 5: FD-Gitter und Randbedingungen	16
Abb. 6: Differenz der Grundwasserhöhen vor und nach Errichtung der Baugrubenumschließung mit Aufstau im Anstrom nördlich und Absenkung im Abstrom südlich des BV bei MGW	19

1. Veranlassung und Vorgehensweise

Im Zuge des BV Biomasse-Heizkraftwerk Hannover-Stöcken ist eine im Untergrund verbleibende Baugrubenumschließung geplant. Im Rahmen des wasserrechtlichen Genehmigungsverfahrens sind nach Aufforderung der Region Hannover Angaben zu den Auswirkungen des Verbleibs der Dichtwand zu liefern.

Zur Berechnung von Auswirkungen hydraulischer Barrieren auf die lokalen hydrogeologischen Verhältnisse und somit auf Bestandsgebäude im Auswirkungsbereich ist ein numerisches Grundwasserströmungsmodell ein geeignetes und den Regeln der Technik entsprechendes Werkzeug. Nachfolgend einer Datenrecherche und Erstellung eines konzeptionellen hydrogeologischen Modells wurde mittels MODFLOW unter Verwendung der Benutzeroberfläche Groundwater Vistas ein numerisches Grundwasserströmungsmodell erstellt und verschiedene Prognoseszenarien berechnet.

2. Verwendete Projektunterlagen und Datengrundlagen

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

- [1] Schnack Ingenieurgesellschaft mbH & Co. KG (2021): Neubau Biomasse-Heizkraftwerk, Gemeinschaftskraftwerk Hannover Stelinger Straße, Hannover-Stöcken; Geotechnischer Untersuchungsbericht, Bericht Nr. 1.
- [2] Continental Reifen GmbH: Grundwasserstände ausgewählter Grundwassermessstellen, Brunnenförderraten.
- [3] NIBIS® Kartenserver (2017): Geologie, Hydrogeologie, Bohrungen und Profilbohrungen. - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Hannover.
- [4] NLfB (1997): Geologische Stadtkarte Hannover 1:25.000. Karte A Festgestein. Hannover.
- [5] NLfB (1996): Geologische Stadtkarte Hannover 1:25.000. Karte B Grundwasser. Hannover.
- [6] NLfB (1997): Geologische Stadtkarte Hannover 1:25.000. Karte C Geotechnik. Hannover.
- [7] Landeshauptstadt Hannover (2013): Grundwasserkarte für die Landeshauptstadt Hannover. 5. Auflage
- [8] LBEG (2020): Hydrogeologische Karte von Niedersachsen 1 : 50 000 - Grundwasserneubildung, Methode mGROWA18.
- [9] NIBIS® Kartenserver (2023): Hydrogeologische Übersichtskarte von Niedersachsen 1 : 50 000 - Lage der Grundwasseroberfläche. - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Hannover.
- [10] Stadt Hannover (2020): Grundwasserstände ausgewählter Grundwassermessstellen des Grundwassermessnetzes Hannover.

3. Geologische und hydrogeologische Verhältnisse

Das Untersuchungsgebiet liegt innerhalb des Grundwasserkörpers „Leine Lockergestein rechts“ (Abb. 1). Geologisch und hydrogeologisch relevant für die Fragestellung ist der weichsel- bis saalekaltzeitliche Lockergesteinsgrundwasserleiter (Schmelzwassersande, -kiese) über dem Festgestein der Kreide.

Basierend auf Schichtenprofilen zu Bohrungen im Bereich des BV und im weiteren Umfeld (siehe Abb. 1) beträgt die Mächtigkeit des Grundwasserleiters ca. 5 bis 12 m, die Basis liegt bei ca. 39 – 45 mNN.

Die Schichtenprofile lassen darüber hinaus häufig eine Dreiteilung des Grundwasserleiters erkennen: eine Deckschicht, einen Sand- sowie einen darunter liegenden Kies-Horizont. In vertikale Richtung nimmt die Durchlässigkeit des Untergrundes somit zu. Im Bereich des BV beträgt die Mächtigkeit der Deckschicht überwiegend ca. 2 – 3 m, im Umfeld der geplanten Baugrube bzw. im weiteren Untersuchungsgebiet weist die Deckschicht häufig Fehlstellen auf. Die Mächtigkeit der untersten Grobsand-/ Kiesschicht liegt im Umfeld des BV zwischen ca. 2 und 5 m. Im Bereich der geplanten Baugrube ist diese Schicht hingegen nur schwach kiesig, geringmächtig oder stellenweise gar nicht ausgebildet.

Für den Bereich der geplanten Baugrube wurden Durchlässigkeitsbeiwerte in unterschiedlichen Tiefenhorizonten auf Grundlage der Korngrößenverteilung abgeschätzt [1]. Der bestimmte k_f -Werte der Deckschicht/z.T. Auffüllungen beträgt $1 \cdot 10^{-5}$ m/s bis $1 \cdot 10^{-6}$ m/s und der k_f -Wert der Sandschicht ca. $1 - 3 \cdot 10^{-4}$ m/s. Für das Kies-/Sandgemisch im Bereich der Bohrung BS 120 wird ein k_f -Wert von $3,2 \cdot 10^{-4}$ m/s angegeben.

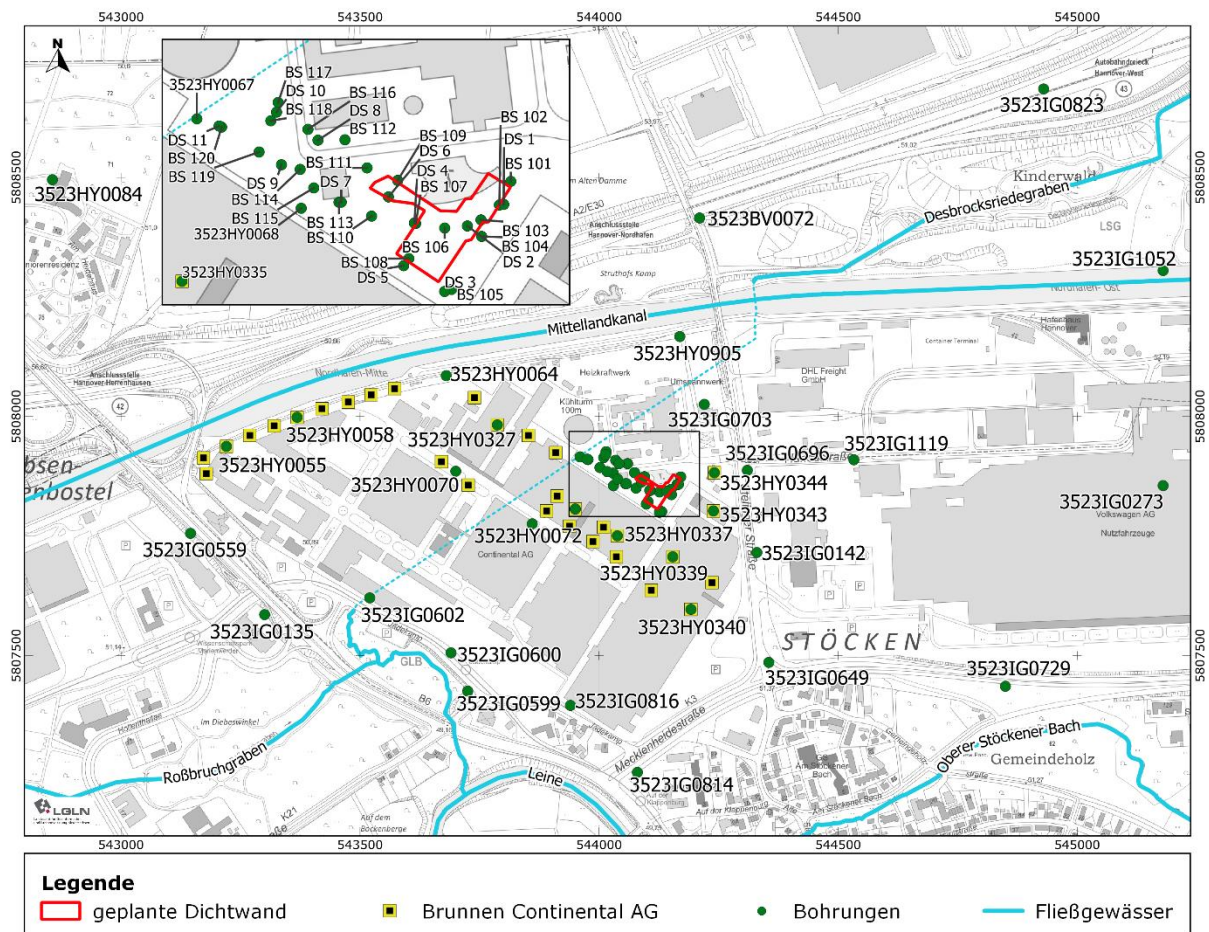


Abb. 1: Lage des BV Biomasse-Heizkraftwerk Hannover-Stöcken mit umliegenden Bohrungen. Kartengrundlage: AK5 (Stand 2016)

Die Grundwasserstandsganglinie der ca. 170 m östlich des BV gelegenen GWM 40061 (Abb. 2) gibt Aufschluss über die langjährige Entwicklung der Grundwasserstände im näheren Untersuchungsgebiet. Grundsätzlich weisen Grundwasserstandsganglinienverläufe im Stadtgebiet von Hannover aufgrund der starken Flächenversiegelung i.d.R. eine vergleichsweise geringe bzw. gedämpfte rein witterungsbedingte Dynamik auf und sind häufig anthropogen beeinflusst. An der GWM 40061 ist dies, vor allem bedingt durch die langjährige Förderung der Continental Reifen GmbH (Lage der Brunnen s. Abb. 1), besonders ausgeprägt zu erkennen. Während die Grundwasserstände im Allgemeinen rein witterungsbedingt seit ca. 2011 mit kurzzeitigen Ausnahmen (z.B. 2017) tendenziell fallen und vielerorts 2018/2019 die niedrigsten Grundwasserstände seit Jahrzehnten bzw. Beginn der Aufzeichnungen gemessen wurden, zeigt sich hingegen an der GWM 40061 im betrachteten Zeitraum ein kontinuierlicher Grundwasserstandsanstieg. Auch die GWM weiter nördlich am MLK zeigen einen ähnlichen Trend. Zurückzuführen ist der beobachtete Grundwasserstandsanstieg auf die Förderreduzierung der Continental Reifen GmbH. Im Zeitraum

1977 - 2003 betrug die Fördermenge durchschnittlich 0,53 Mio. m³/a, von 2004 bis 2008 wurden im Mittel 0,29 Mio. m³/a und zwischen 2009 und 2020 0,18 Mio. m³/a gefördert. Nicht zu erklären ist hingegen, dass die Grundwasserstände an der GWM 40061 Anfang der sehr trockenen 1990er Jahre über denjenigen der vergangenen Trockenjahre lagen, obwohl Continental im Vergleich Anfang der 1990er Jahre ca. 0,5 Mio m³/a mehr Grundwasser entnommen hat. Sofern Messfehler an der GWM 40061 ausgeschlossen werden können, kommen als Gründe deutliche Förderverlagerungen innerhalb der Continental-Brunnengalerie oder weitere, bisher nicht bekannte Entnahmen/Einleitungen infrage.

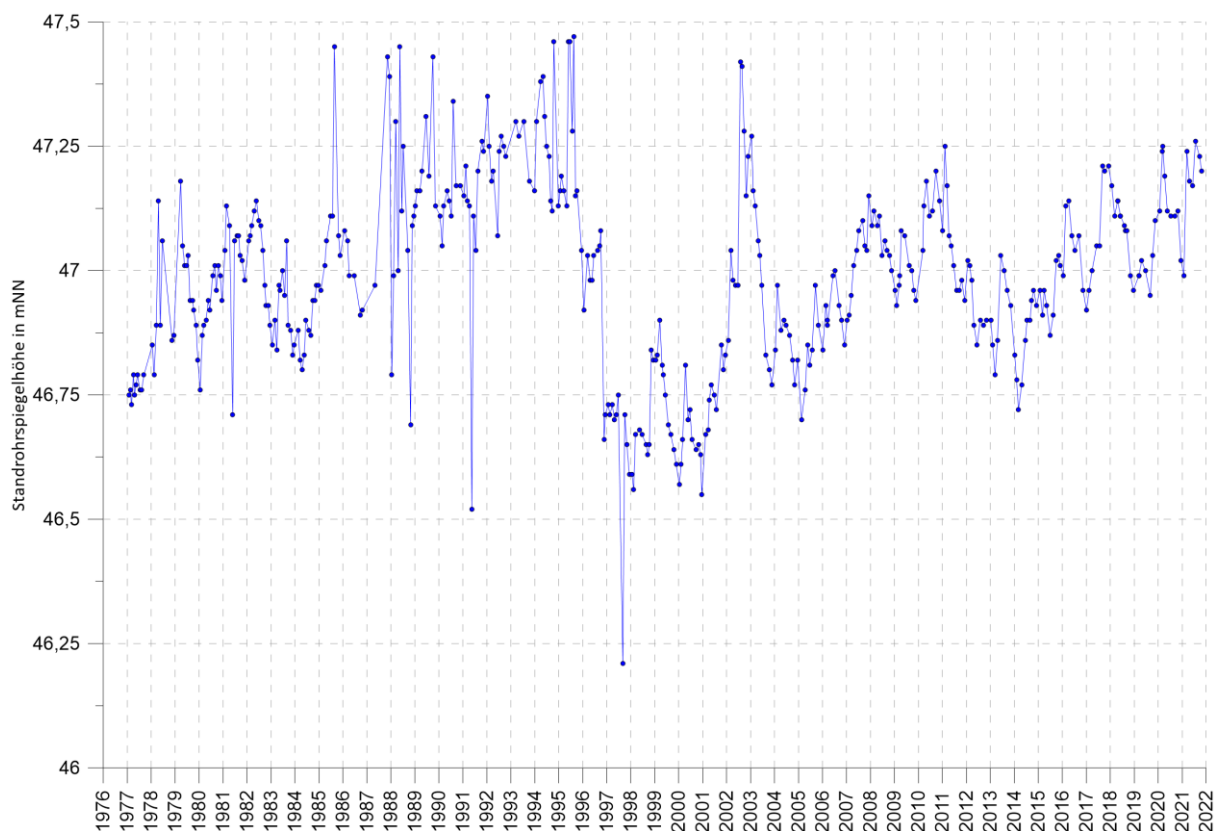


Abb. 2: Grundwasserstandsganglinie der GWM 40061 im Zeitraum 1977 - 2021

Die Grundwasserfließverhältnisse im Untersuchungsgebiet gehen aus dem in Abb. 3 dargestellten, konstruierten Grundwassergleichenplan für September 2021 hervor. Der Zeitraum September 2021 wurde gewählt, da hier an drei neu errichteten GWM im unmittelbaren Nahbereich der geplanten Baugrube eine Stichtagsmessung erfolgte [1]. Darüber hinaus wurden zur Konstruktion des Gleichenplanes Messstellen der Stadt Hannover sowie zwei GWM der Continental Reifen GmbH verwendet. Weiterhin wurden vereinzelt in Bereichen bereits stillgelegter GWM geschätzte mittlere Grundwasserstände als Stützpunkte

(oranges Symbol in Abb. 3) sowie Wasserstandsmessungen an Oberflächengewässern (rotes Symbol) berücksichtigt. Die Grundwasserstände lagen im September 2021 in etwa auf einem mittleren Niveau, im Bereich einiger GWM auch geringfügig höher.

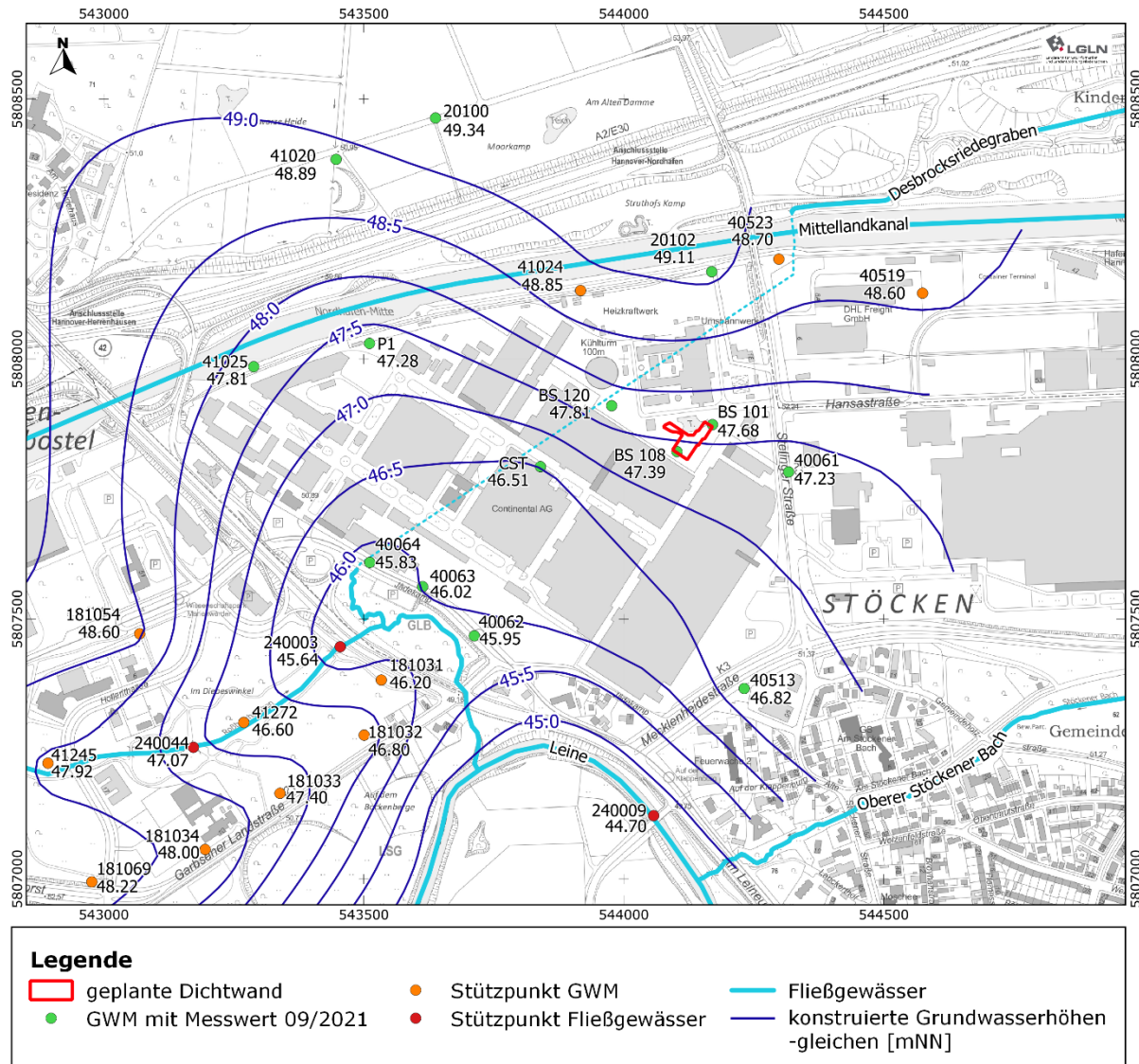


Abb. 3: Grundwasserstände im September 2021 und konstruierter Grundwassergleichenplan

Großräumig betrachtet strömt das Grundwasser von Norden nach Süden der Leine als nächste Vorflut zu. Lokal bestimmen die zahlreichen weiteren Gewässer im Untersuchungsgebiet die Fließrichtung maßgeblich. Anhand der Messwerte an GWM in unmittelbarer Nähe zum MLK kann abgeleitet werden, dass dieser auf einem ca. 2 km langen Abschnitt (grob B6/Stelinger Straße und etwas darüber hinaus) deutlich abgedichtet wurde. Außerhalb dieses Streckenabschnitts sind die Grundwasserstände an GWM in der Nähe des Kanals mit

dem Kanalwasserstand identisch (50,3 mNN). Die westlich des näheren Untersuchungsgebietes lokal von West nach Ost gerichtete Strömung ist somit weniger auf die Förderung der Continental-Brunnen, sondern vielmehr auf den Verlauf und den Einfluss des Roßbruchgrabens sowie die sehr deutliche Infiltration des MLK westlich der B6 zurückzuführen. Östlich des BV bzw. östlich der GWM 40061 befinden sich keine weiteren Messtellen mit aktuellen Messwerten. Der Verlauf der Grundwassergleichen wurde in diesen Bereichen auf Grundlage der spärlich vorhandenen Informationen (Verlauf Oberer Stöckener Bach sowie sehr wenige Messwerte an stillgelegten GWM) festgelegt.

Westlich der Stelinger Straße zeigen die GWM 20102 und 41024 ein Grundwasserstandsniveau von ca. 49 mNN entlang des MLK. Die Messwerte werden von der Stadt Hannover als zuverlässig/belastbar angesehen, die MPH wurden bereits überprüft. Unmittelbar östlich der Stelinger Straße zeigen mehrere GWM (wovon nicht alle in Abb. 3 dargestellt sind) einen ca. 0,5 m geringeren Grundwasserstand. In diesem Bereich ist die Desbrocksriede nördlich des MLK nicht verrohrt und begrenzt den Grundwasseranstieg (auf ca. 48,6 mNN), während westlich der Stelinger Straße möglicherweise versickerndes Kanalwasser den Grundwasserstand auf einem Niveau von ca. 49 mNN hält bzw. die Grundwasserstände aufhört.

Ein eindeutiger Fördereinfluss der Brunnen der Continental Reifen GmbH ist zum Stichtag September 2021 nicht zu erkennen. Dennoch ist aus dem Ganglinienverlauf der GWM 40061 ersichtlich (Abb. 2), dass die Grundwasserverhältnisse förderbedingt hochgradig instationär im Bereich des geplanten BV sind. Die ca. 250 m südwestlich des BV gelegene GWM CST (Continental) zeigt aufgrund ihrer Nähe zu den Brunnen ebenfalls zum Teil sehr deutliche förderbedingte Grundwasserstandsschwankungen. So lagen die Grundwasserstände im Sommer 2021 auf einem Niveau von ca. 46 mNN, in den entsprechenden konstruierten Gleichenplänen (z.B. Juli 2021, hier nicht dargestellt) zeichnet sich die förderbedingte Absenkung am Verlauf der Isolinien eindeutig ab. Im Bereich des geplanten BV strömt das Grundwasser somit in Abhängigkeit der Förderraten der Continental Reifen GmbH überwiegend in südliche und gelegentlich in südwestliche Richtung.

4. Grundwassermodellrechnungen

4.1. Verwendete Software

Für die Strömungsberechnungen wurde das Programm MODFLOW des United States Geological Survey (HARBAUGH & McDONALD, 1996) in der Programmversion MODFLOW-2005 (HARBAUGH, 2005) eingesetzt.

MODFLOW dient der Erstellung zwei- oder dreidimensionaler numerischer Grundwassermodelle zur Berechnung der gesättigten Grundwasserströmung und basiert auf der Finiten Differenzen Methode (block-zentriertes 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 unter Verwendung bestimmter numerischer Gleichungslöser. Die Berechnungsergebnisse werden in Form von Grundwasserhöhengleichungen, Grundwasserhöhendifferenzen und Wasserbilanzen dargestellt. Die Datenein- und Datenausgabe erfolgte mit Hilfe der graphischen Benutzeroberfläche „Groundwater Vistas“.

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

$$v = -k_f \cdot i$$

mit k_f = Durchlässigkeitsbeiwert und i = Grundwassergefälle.

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:

$$T = k_f \cdot M$$

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. Methodisches Vorgehen

Üblicher Weise wird ein Grundwassermodell bei vergleichbaren Fragestellungen i.d.R. stationär kalibriert und ggf. validiert, bevor es für Szenarienrechnungen eingesetzt werden kann. Dabei werden die nur innerhalb grober Grenzen bekannten Parameter, hier im Wesentlichen der Durchlässigkeitsbeiwert, schrittweise so lange variiert, bis eine zufriedenstellende Übereinstimmung zwischen berechneten und gemessenen Grundwasserständen erreicht ist.

Im vorliegenden Fall ist diese Vorgehensweise u.a. aufgrund einer unzureichenden Datengrundlage nicht möglich. Zum einen liegen die Fördermengen der Continental Reifen GmbH nur als Summenwerte, nicht jedoch brunnenbezogen vor. Da sich die Brunnengalerie über ca. 1.200 m erstreckt, ist die Kenntnis der einzelbrunnenbezogenen Förderraten unabdingbar für die Modellkalibrierung. Zum anderen ist fraglich, inwieweit sich überhaupt ein stationärer Zustand/Stichtag finden ließe, der für eine sinnvolle stationäre Kalibrierung geeignet ist. Darüber hinaus müsste das Modellgebiet mit Blick auf die Fragestellung unangemessen groß festgelegt werden, um den vollständigen Einflussbereich der Förderung der Continental Reifen GmbH abzubilden, da im Rahmen der Szenarienrechnungen auch der Zustand nach vollständiger Fördereinstellung betrachtet werden soll.

Aus den genannten Gründen wurde auf eine Kalibrierung des Modells verzichtet. Stattdessen sind sämtliche den Modellrechnungen zugrunde gelegten Parameter und Randbedingungen auf Basis der durchgeführten Untersuchungen konservativ geschätzt worden. Dies betrifft insbesondere die angesetzten Durchlässigkeitsbeiwerte sowie die Strömungsrichtung. Dabei wird ausschließlich der Zustand nach Fördereinstellung betrachtet. Die Strömung ist dann von Nord nach Süd gerichtet und stellt im Hinblick auf Lage und Geometrie der geplanten Dichtwand den ungünstigsten Zustand dar.

4.3. Modellgrenzen und angesetzte Randbedingungen

Die folgende Abb. 4 zeigt den für September 2021 konstruierten Gleichenplan, die Lage ausgewählter GWM im Untersuchungsgebiet sowie den Verlauf der Modellränder.

Der Verlauf der Modellränder richtet sich im vorliegenden Fall ausschließlich nach der Grundwasserfließrichtung. Der Gleichenplan für September 2021 dient dabei der Orientierung, schlussendlich wurde der Verlauf der Modellländer an die mittlere Strömungssituation nach Fördereinstellung der Continental Reifen GmbH angepasst. Die Fläche des BV liegt

relativ zentral innerhalb des Modellgebietes. Mit der gewählten Gesamtgröße des Modellgebietes von ca. 800 x 800 m soll ein Einfluss der angesetzten Randbedingungen auf die Berechnungsergebnisse ausgeschlossen werden.

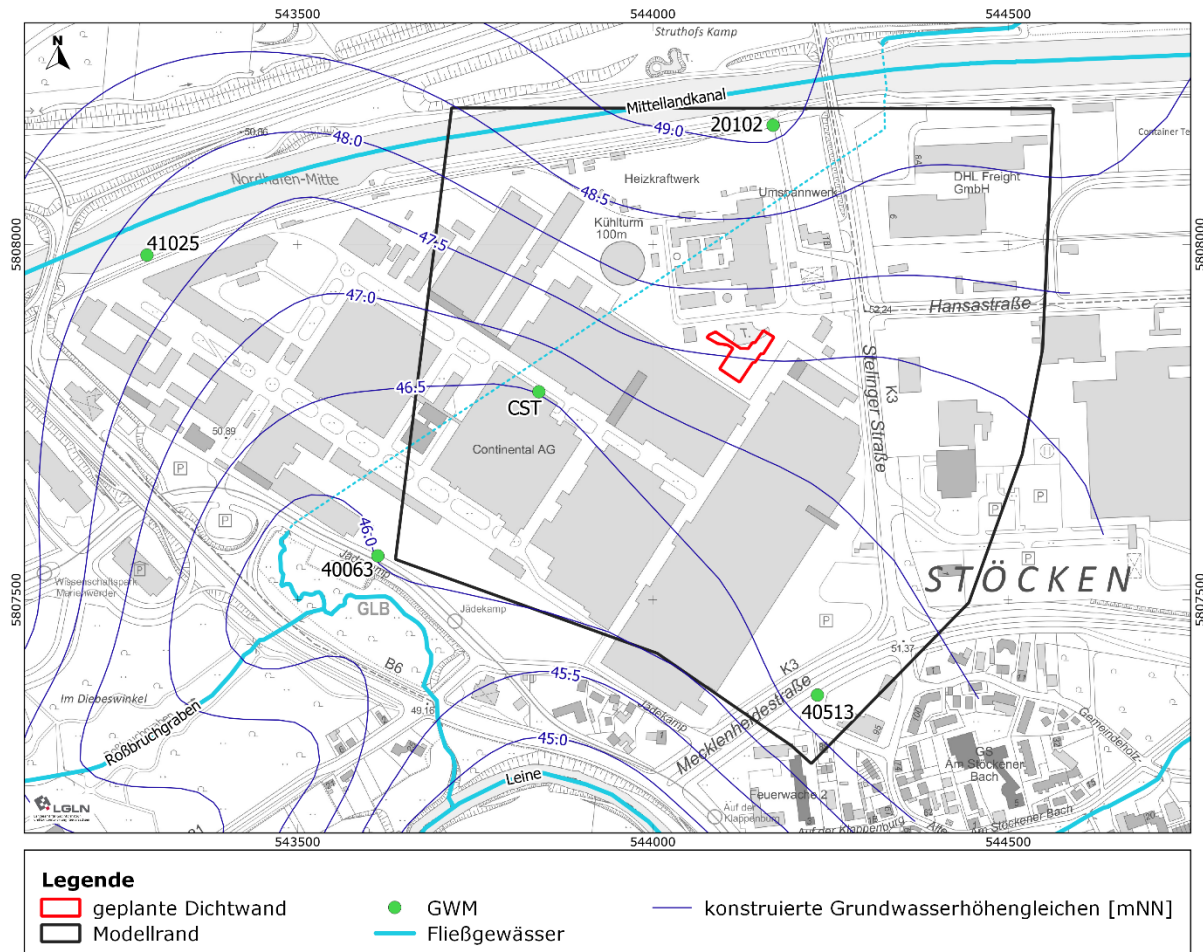


Abb. 4: Konstruierter Grundwassergleichplan September 2021, Lage ausgewählter GWM, Verlauf der Modellränder

Modellrandbedingungen definieren Wasserstände oder Wasserströme in das oder aus dem Modell. In Abb. 5 ist die Belegung der Randbedingungen dargestellt. Der östliche und der westliche Modellrand wurden als Randbedingungen 2. Art festgelegt, an denen Wasser weder zu- noch abfließt, da der Modellrand parallel zum Grundwassergradienten verläuft (siehe Abb. 4). Auch nach vollständiger Einstellung der Förderung Continental ist im Bereich dieser Ränder gegenüber dem mittleren Ist-Zustand zwar mit höheren Grundwasserständen, nicht jedoch mit einer grundlegend veränderten Strömungsrichtung zu rechnen. Entlang der nördlichen und südlichen Modellgrenze wurde ein Festpotential

(Randbedingung 1. Art) angesetzt, da diese Grenzen entlang Linien gleicher Grundwasserstände verlaufen.

Um die anzusetzenden Grundwasserstände im Bereich des nördlichen und südlichen Modellrandes nach Fördereinstellung abzuschätzen, wurden die Ganglinienverläufe der in Abb. 4 dargestellten GWM der Förderratenentwicklung im Zeitraum 1977 bis 2020 gegenübergestellt. Die GWM CST und 41025 zeigen einen deutlichen Grundwasseranstieg infolge der Förderratenreduzierung um 0,35 Mio. m³/a von mehreren Dezimetern. An der GWM 20102, die repräsentativ für die Grundwasserstände des nördlichen Modellrandes ist, beträgt der kontinuierliche Grundwasseranstieg bisher hingegen lediglich ca. 1 – 1,5 dm. Im Bereich der Messstellen entlang des südlichen Modellrandes ist anhand der Ganglinienverläufe ein geringer Fördereinfluss zu vermuten, jedoch nicht ganz eindeutig erkennbar, hier werden die Grundwasserstände von den nahegelegenen Fließgewässern bestimmt.

Am nördlichen Modellrand wurde ein Festpotential von 49,14 mNN westlich der Stelinger Straße und von 48,74 mNN östlich der Stelinger Straße angesetzt. Dieser Wert ergibt sich aus den mittleren Grundwasserständen der vergangenen Jahre im Bereich der GWM 20102 zuzüglich einer geschätzten zusätzlichen Aufhöhung der Grundwasserstände von 1 dm bei vollständiger Fördereinstellung. Entlang des südlichen Modellrandes wurde ein Festpotential von 46,2 mNN angesetzt, entsprechend den mittleren Grundwasserständen der vergangenen Jahre zuzüglich 1 dm.

Die Flächen innerhalb des Modellgebietes sind nahezu vollständig versiegelt, eine nennenswerte Grundwasserneubildung ist somit nicht zu erwarten. Bei sehr kleinräumigen Modellen, wie im vorliegenden Fall, hat die Grundwasserneubildung ohnehin nur einen geringen Einfluss auf die Grundwasserstände (im Unterschied zu großräumigen Modellen), da die Zu-/Abstrommenge über die Modellränder die über die Grundwasserneubildung gespeiste Menge i.d.R. bei weitem übersteigt.

4.4. Diskretisierung

In horizontaler Richtung besteht das Finite-Differenzen Netz im numerisch aktiven Modellgebiet aus ca. 66.000 Zellen. Die Auflösung (räumliche Diskretisierung) des Strömungsmodells wurde so gewählt, dass resultierende Modell-Grundwasserstände in einer ausreichenden räumlichen Detailschärfe berechnet und die Bauwerksgeometrien in einer hinsichtlich der hydrogeologischen Fragestellung ausreichenden Detailtreue im Modell spezifiziert werden können. Die resultierende Gitterweite (horizontale Diskretisierung) beträgt

im näheren Untersuchungsgebiet 1 x 1 m und in den übrigen Bereichen 25 x 25 m (Abb. 5).

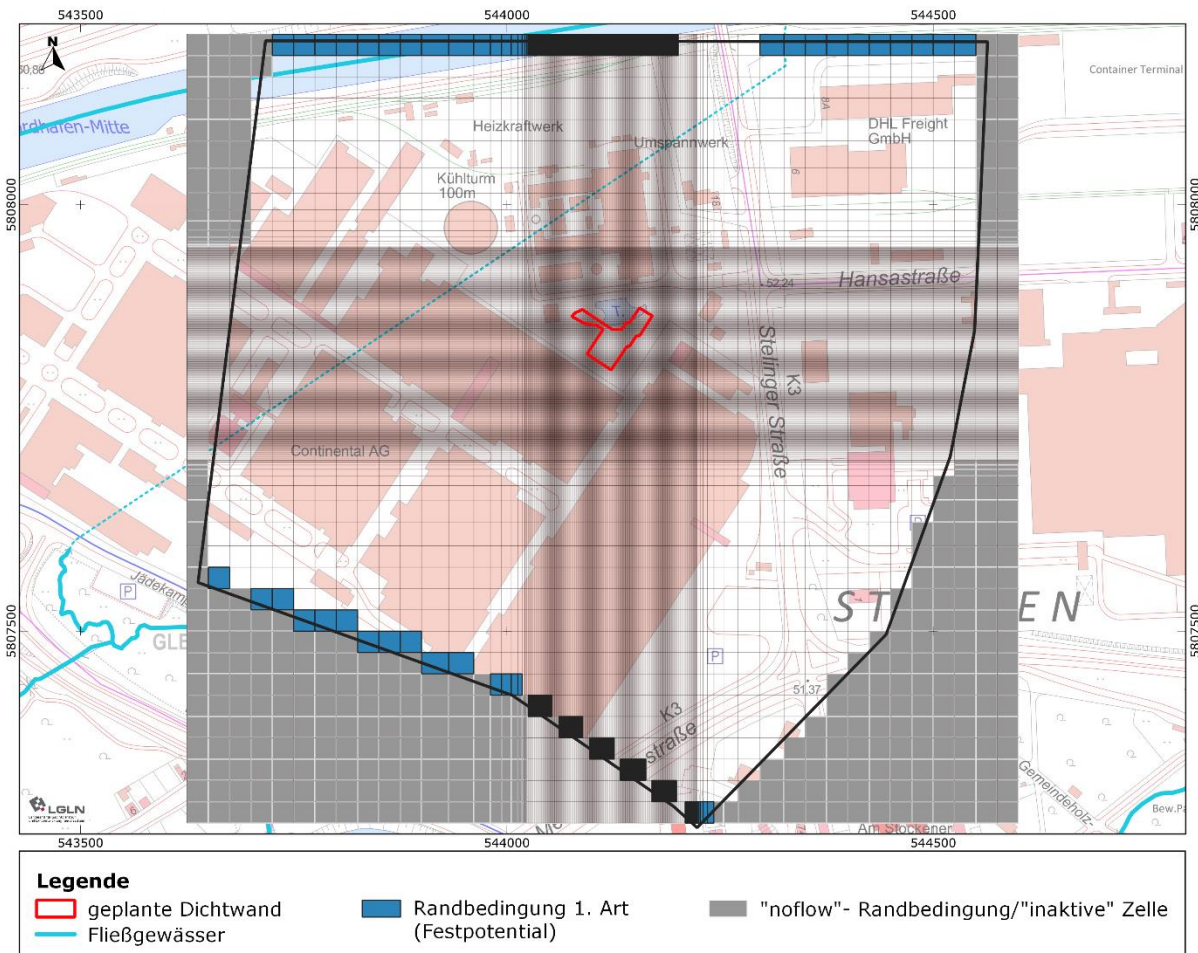


Abb. 5: FD-Gitter und Randbedingungen

In vertikaler Richtung besteht das Modell aus 3 Schichten. Die erste Schicht repräsentiert die Deckschicht und die zweite Schicht die Sandschicht. Die dritte Schicht bildet den Grobsand-/Kieshorizont. Als Modellbasis wurde die Oberkante des Kreide-Festgesteins festgelegt. Die Interpolation der Schichtgrenzen basiert auf insgesamt 64 ausgewerteten Bohrprofilen.

4.5. Angesetzte Durchlässigkeitsbeiwerte

Die Beträge von Aufstau/Absenkung steigen mit kleiner werdendem Durchlässigkeitsbeiwert. Das Ziel bei der Festlegung der k_f -Werte war, auf Basis der vorhandenen Informationen realistische Werte anzusetzen, die jedoch am unteren Ende der möglichen

Durchlässigkeitsspannbreite liegen. Dabei wurden zum einen die in [1] angegebenen Durchlässigkeitsbeiwerte berücksichtigt. Diese punktuell und im Labor bestimmten Werte haben eine geringere Aussagekraft als beispielsweise aus Pumpversuchen abgeleitete Durchlässigkeiten, wenngleich die in [1] angegebenen Werte in einer plausiblen Größenordnung liegen. Zum anderen wurde bei der Wahl der angesetzten Durchlässigkeitsbeiwerte auch auf Erfahrungswerte aus vergleichbaren von GeoDienste bearbeiteten Projekten in Hannover (mit ähnlichem Untergrundaufbau) zurückgegriffen.

Für die Auffüllung und die vorwiegend schluffig-sandig, gelegentlich tonige Deckschicht werden in [1] Durchlässigkeitsbeiwerte von $1 \cdot 10^{-5}$ m/s bzw. $1 \cdot 10^{-6}$ m/s angegeben, in den Modellrechnungen wurde ein k_f -Wert von $1 \cdot 10^{-6}$ m/s angesetzt.

Insbesondere die Durchlässigkeit der Sandschicht bestimmt aufgrund ihrer Mächtigkeit im Bereich des BV den Aufstau/die Absenkung maßgeblich. Diese Schicht wird in [1] als eine Mischung aus Grob-, Mittel- und Feinsand beschrieben, wobei der Anteil an Feinsand mit zunehmender Tiefe abnimmt. Gelegentlich sind Schlufflagen eingeschaltet. Die bestimmten k_f -Werte liegen im Wesentlichen zwischen $1,2 \cdot 10^{-4}$ m/s und $2,9 \cdot 10^{-4}$ m/s. Der angesetzte tiefengemittelte Durchlässigkeitsbeiwert beträgt $1,0 \cdot 10^{-4}$ m/s.

Für die im Bereich des BV geringmächtige Kies-/Sandschicht wurde der k_f -Wert ausschließlich im Bereich der Bohrung BS 120 zu $3,2 \cdot 10^{-4}$ m/s bestimmt. Der angesetzte Durchlässigkeitsbeiwert beträgt $3,0 \cdot 10^{-4}$ m/s.

Die o.g. Durchlässigkeitsbeiwerte wurden für jede Modellschicht mit Ausnahme der unteren Kies-/Sandschicht einheitlich vorgegeben. Außerhalb des BV zeigen die Bohrprofile im unteren Bereich gut durchlässige Grobsande und Kiese, häufig auch ausschließlich Kies. Der angesetzte Durchlässigkeitsbeiwert beträgt hier $5,0 \cdot 10^{-4}$ m/s.

Heterogenitäten im Lockergestein verursachen eine vertikale Anisotropie der hydraulischen Durchlässigkeit, welche standort- und skalenabhängig ist. Für quartär- und tertiärzeitliche Lockersedimente beträgt das Anisotropie-Verhältnis (horizontaler k_f -Wert/vertikaler k_f -Wert) i.d.R. 1/10. Die vertikale Durchlässigkeit wurde aus diesem Grund durch ein konstantes Verhältnis (1/10 der horizontalen Durchlässigkeit der einzelnen Zelle) festgelegt.

4.6. Szenarienrechnungen

Um den Einfluss der verbleibenden Dichtwände auf das Grundwassersystem bei MGW zu ermitteln, wurde der Zustand vor Baubeginn simuliert und dieser dann mit dem Zustand nach Errichtung der Baugrubenumschließung verglichen. Dazu wurde die verbleibende

Baugrubenumschließung des Bauwerks durch Inaktivierung der entsprechenden Modellzellen bis zur Modellbasis, die der Grenze zum Festgestein entspricht, implementiert.

Im Zustand vor Baubeginn stellt sich unter den vorgegebenen Randbedingungen und angesetzten Modellparametern (s. Kap. 4.3) im Bereich des geplanten BV ein berechneter Grundwasserstand von ca. 48 mNN ein. Dieser Wert liegt ca. 0,5 m über den gemessenen durchschnittlichen Grundwasserständen der vergangenen Jahre. Wird die beobachtete Grundwasserstandsentwicklung der vergangenen Jahrzehnte den Förderraten der Continental Reifen GmbH gegenübergestellt, erscheint der berechnete Grundwasserstandsanstieg um 0,5 m im Bereich des BV bei vollständiger Aufgabe der Continental-Förderung in einer stimmigen Größenordnung zu liegen.

Die Baugrubenumschließung als hydraulische Barriere bis zum Festgestein verursacht, wie zu erwarten, einen Aufstau des Grundwassers im nördlichen Anstrom und eine Absenkung im südlichen Abstrom. Der Betrag des Aufstaus liegt bei maximal ca. 26 cm im unmittelbaren Nahbereich der Dichtwand (Abb. 6). Die Reichweite des Aufstaus von rechnerisch mehr als 2 cm beträgt ca. 150 m und erstreckt sich bis in den Bereich des Gemeinschaftskraftwerkes Hannover. Der maximale Aufstau im Nahbereich der Dichtwand ist im Verhältnis zur Bauwerkslänge und unter Berücksichtigung der hydrogeologischen Verhältnisse vergleichsweise groß. Der wesentliche Grund dafür liegt in der Kombination aus (bezüglich der Aufstauwirkung) ungünstiger Geometrie/Verlauf der Dichtwand und der Strömungsrichtung: Das Grundwasser läuft in eine Art Trichter bzw. kann zunächst seitlich nicht ungehindert entweichen/umströmen (Abb.6).

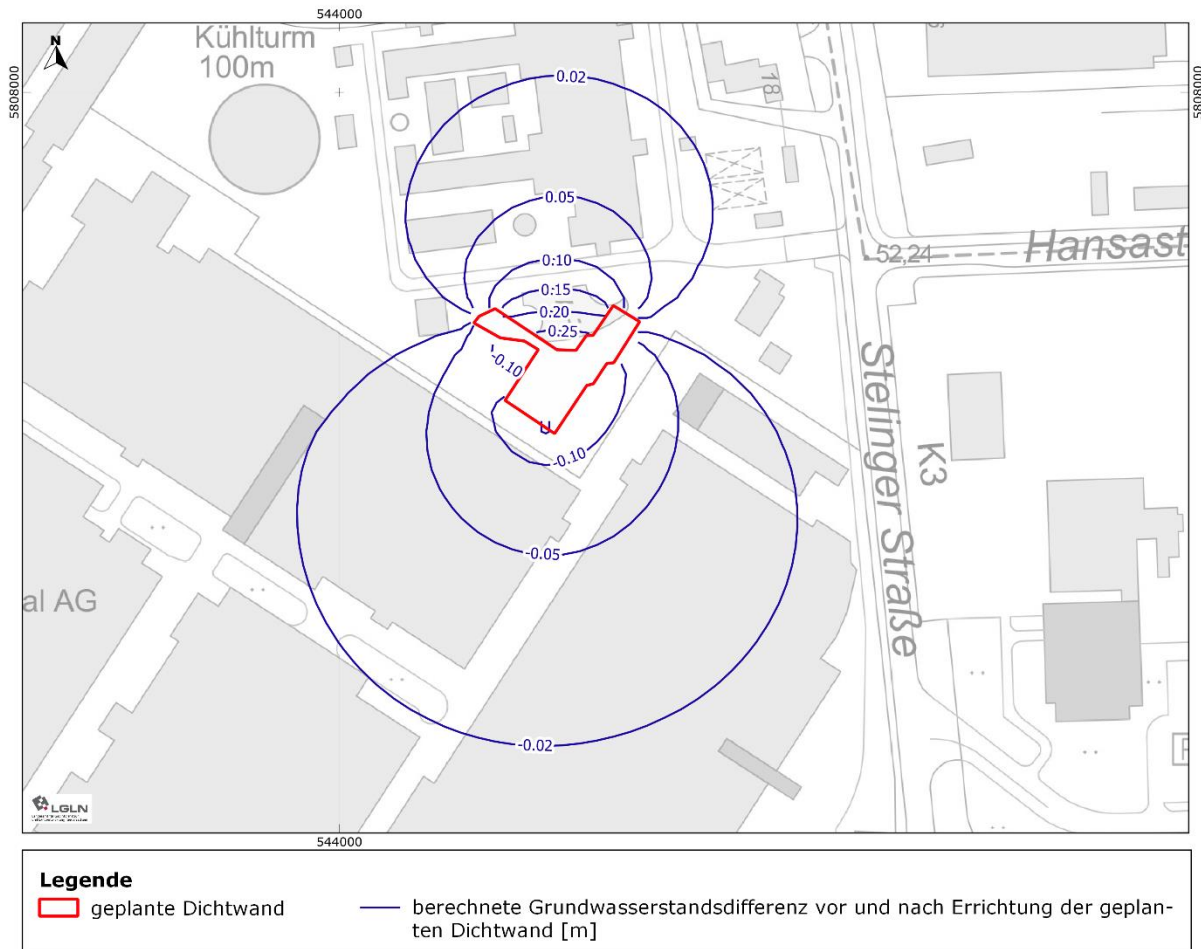


Abb. 6: Differenz der Grundwasserhöhen vor und nach Errichtung der Baugrubenumschließung mit Aufstau im Anstrom nördlich und Absenkung im Abstrom südlich des BV bei MGW

Die maximale Absenkung beträgt ca. 15 cm mit einer Reichweite von ca. 180 m. In Abhängigkeit der Förderung der Brunnen der Continental Reifen GmbH kann sich der Bereich mit Grundwasseraufhöhung kurzzeitig und geringfügig Richtung Osten und der Absenkbereich entsprechend Richtung Westen verschieben.

In weiteren Modellrechnungen wurde der Einfluss der im Erdreich verbleibenden Dichtwand auf die Grundwasserstände bei HGW näher untersucht. Dabei ist zu berücksichtigen, dass hohe Grundwasserstände einen instationären Zustand darstellen. Die (hier stationär) berechneten Auswirkungen werden demnach deutlich überschätzt. Allein ein höherer Grundwasserstand führt allerdings nicht zwangsläufig zu einem größeren Aufstau, die Aufstauwirkung hängt in diesem Fall vielmehr von den Untergrundverhältnissen bzw. im Speziellen von der vertikalen Verteilung der k_f -Werte ab. Weiterhin haben die Gradienten/Strömungsgeschwindigkeiten einen Einfluss auf die Aufstauwirkung. Im vorliegenden Fall stiegen in den markanten Nassperioden i.d.R. auch immer die Leinewasserstände, so

dass das Grundwassergefälle bzw. die Strömungsgeschwindigkeit gegenüber MGW geringer wird. Aus diesem Grund sind die bei HGW berechneten Auswirkungen der Dichtwand gegenüber MGW geringer. In seltenen Fällen, z.B. im November 2019, sind die Grundwasserstände im nördlichen Bereich des Untersuchungsgebietes (am MLK) hoch und im südlichen Bereich, geprägt vom niedrigen Leinewasserstand zu diesem Zeitpunkt, vergleichsweise niedrig. In diesem Fall ergibt sich rechnerisch gegenüber MGW eine zusätzliche Grundwasserstandsänderung um maximal 2 cm. Bei der Interpretation der Berechnungsergebnisse ist zu beachten, dass die ohnehin sehr geringen Auswirkungen einer erhöhten Strömungsgeschwindigkeit durch den gewählten Berechnungsansatz auch noch deutlich überschätzt werden.

Durch die Vorgabe fester Wasserstände entlang des nördlichen und südlichen Modellrandes wird von vornherein festgelegt, dass in diesen Bereichen keine Grundwasserstandsbeeinflussungen durch die geplante Dichtwand auftreten. Für den südlichen Modellrand ist dies so auch weitestgehend zutreffend, hier werden die Grundwasserstände von den nahegelegenen Gewässern geprägt, selbst eine förderbedingte Beeinflussung durch die Continental Reifen GmbH ist anhand der Grundwasserstandsganglinien an GWM im Bereich des südlichen Modellrandes im Vergleich zum nördlichen Modellbereich (GWM 20102) weniger eindeutig erkennbar. Der MLK ist entlang des nördlichen Modellrandes abgedichtet, d.h. die in das Grundwasser infiltrierenden Mengen werden deutlich begrenzt. Aus diesem Grund wurde der Einfluss des nördlichen Modellrandes auf die Berechnungsergebnisse näher untersucht, indem in einer weiteren Modellvariante die aus den vorgegebenen Wasserständen (Festpotentiale) berechneten Reaktionsmengen als Zuflüsse entlang des nördlichen Modellrandes vorgegeben wurden. Wird der Fließquerschnitt durch die geplante Dichtwand versperrt, kann der Grundwasserstand in dieser Modellvariante auch im Bereich des nördlichen Modellrandes ansteigen. Der Einfluss der entlang des nördlichen Modellrandes angesetzten Festpotentials liegt im Umfeld/Nahbereich der geplanten Dichtwand bei rechnerisch ca. 2 cm und ist damit nicht signifikant. Insbesondere wenn berücksichtigt wird, dass die realen Verhältnisse am nördlichen Modellrand im Prinzip zwischen den beiden beschriebenen Modellvarianten liegen, da der MLK sehr wahrscheinlich zumindest etwas Wasser infiltriert und ein Einfluss über die nördlich des MLK verlaufenden Gewässer (Gräben bei A2 und Desbrocksriede) hinaus sicher ausgeschlossen werden kann.

5. Zusammenfassung

Um die Auswirkung der verbleibenden Baugrubenumschließung beim BV Biomasse-Heizkraftwerk Hannover-Stöcken auf den Grundwasserstand zu ermitteln, wurde ein numerisches Grundwasserströmungsmodell erstellt. Durch Vergleich der Zustände vor und nach Bau der Baugrubenumschließung erfolgte eine Prognose der Beträge des Grundwasseraufstaus im Anstrom und der Grundwasserabsenkung im Abstrom sowie der Reichweiten der Auswirkungen.

Die Strömungsverhältnisse im Umfeld des geplanten BV werden deutlich von der Förderung der Continental Reifen GmbH beeinflusst. Bedingt durch schwankende Förderraten bzw. langfristig kontinuierlich reduzierte Förderraten sind die Grundwasserverhältnisse im Untersuchungsgebiet hochgradig instationär. Darüber hinaus liegen die Förderraten nur in Summe, nicht jedoch brunnenbezogen vor, was im vorliegenden Fall jedoch eine wesentliche Voraussetzung für eine sinnvolle stationäre Kalibrierung des Modells wäre. Aus diesem Grund wurde auf eine Kalibrierung des Modells verzichtet und den Berechnungen hinsichtlich Parameterwahl und angesetzter Randbedingungen konservative Annahmen zugrunde gelegt.

Das BV mit der Baugrubenumschließung, die bis in das Festgestein reicht und somit den gesamten Grundwasserleiter versperrt, führt den Modellrechnungen zufolge zu einem Grundwasseraufstau von maximal ca. 26 cm im unmittelbaren Nahbereich der Dichtwand. Die Reichweite des Aufstaus von rechnerisch mehr als 2 cm beträgt ca. 150 m und erstreckt sich bis in den Bereich des unmittelbar nördlich des BV gelegenen Gemeinschaftskraftwerkes Hannover. Die maximale Absenkung beträgt ca. 15 cm mit einer Reichweite von ca. 180 m. Die berechneten und grafisch dargestellten Bereiche mit Grundwasserstandsaufhöhung/-absenkung haben sowohl für den Zustand nach Fördereinstellung als auch überwiegend unter den derzeitigen Verhältnissen ihre Gültigkeit. In Abhängigkeit der Förderung der Brunnen der Continental Reifen GmbH kann sich der Bereich mit Grundwasserstandsaufhöhung jedoch kurzzeitig und geringfügig Richtung Osten und der Absenkbereich entsprechend Richtung Westen verschieben.

6. Literaturverzeichnis

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

HARBAUGH, A.W. (2005): MODFLOW-2005, THE U.S. GEOLOGICAL SURVEY MODULAR GROUND-WATER MODEL—THE GROUND-WATER FLOW PROCESS. U.S. GEOLOGICAL SURVEY TECHNIQUES AND METHODS 6-A16.

HARBAUGH, A.W., BANTA E.R., HILL M.C. & McDONALD, M.G. (1996): MODFLOW-2000, The U.S. Geological Survey modular ground-water model User guide to modularization concepts and the ground-water flow process, U. S. Geological Survey, Open-file report 00-92.