



**Anlage 10: Bericht Nr. 15 – 23974, Wasserwerk Panzenberg – Ergänzende Simulation mit dem Grundwasserstömungsmodell**

Trinkwasserverband Verden  
Herrn Dipl.-Ing. Stefan Hamann  
Weserstraße 9a

27283 Verden

## **Bericht Nr. 15 – 23974**

### **Wasserwerk Panzenberg - Ergänzende Simulationen mit dem Grundwasserströmungsmodell**

**vom  
11. Februar 2015**

## I Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Veranlassung und Aufgabenstellung	3
2 Projektunterlagen	4
3 Wasserwerk Panzenberg	5
4 Hydrogeologische Verhältnisse	6
5 Umweltverträglichkeitsstudie	9
6 Numerisches Grundwasserströmungsmodell	10
6.1 Vorbemerkungen	10
6.2 Simulation der verringerten Grundwasserentnahme	11
7 Schlussfolgerungen	14
8 Literaturverzeichnis	15

## II Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1: Lage der Brunnen des Wasserwerks Panzenberg	5
Tabelle 6.2-1: Fördermengenverteilung bei den verschiedenen Szenarien	11

## III Anlagenverzeichnis

1 Berechnete Grundwasserabsenkungen im Bereich des Wasserwerks Panzenberg gegenüber dem Ist-Zustand ( $Q = 8,91 \text{ Mio. m}^3/\text{a}$ ) (M 1 : 25.000)
---

## 1 **Veranlassung und Aufgabenstellung**

Der Trinkwasserverband Verden ist Betreiber der Wasserwerke (WW) Wittkoppenberg, Panzenberg und Langenberg. Das vom Trinkwasserverband Verden geförderte und aufbereitete Grundwasser sichert die öffentliche Trinkwasserversorgung von ca. 38.400 Haushalten im Versorgungsgebiet. Zur Trinkwasserversorgung wird Grundwasser genutzt; die Förderung erfolgt über Bohrbrunnen.

Der Trinkwasserverband Verden beabsichtigt, eine jährliche Grundwasserfördermenge von maximal 9,5 Mio. m<sup>3</sup>/a für das Wasserwerk Panzenberg zu beantragen. Die Fördermenge stützt sich auf den Wasserbedarfsnachweis für das Versorgungsgebiet des Trinkwasserverbandes Verden. Für die Trinkwasserversorgung werden die bestehenden Brunnen und Leitungen benutzt.

Das Büro Arbeitsgruppe Land & Wasser, Beedenbostel, wurde vom Trinkwasserverband Verden mit der Anfertigung einer Umweltverträglichkeitsstudie zur Bewertung möglicher Auswirkungen des geplanten Vorhabens auf die Schutzgüter unter Berücksichtigung der Wechselwirkungen zwischen den Schutzgütern beauftragt. Bei der Bewertung der Umweltauswirkungen des Vorhabens wurden im Holtumer Moor Areale identifiziert, die in die Stufen „Zulässigkeitsgrenzbereich“ und „Belastungsbereich“ fallen /2/.

Vor dem Hintergrund der Ergebnisse des am 03.12.2014 durchgeführten Termins zur frühen Öffentlichkeitsbeteiligung erhielt die Ingenieurgesellschaft Dr. Schmidt mbH vom Trinkwasserverband Verden den Auftrag zu Durchführung von ergänzenden Modellrechnungen mit dem numerischen Grundwassermodell für das Wasserwerk Panzenberg. Es soll eine Fördermenge identifiziert werden, bei der gegenüber dem Ist-Zustand das Holtumer Moor (bzw. der dortige ökologisch wertvolle Flächenbereich) außerhalb des Grundwasserabsenkungsbereichs (0,2 m - Isolinie) liegt. Der entsprechende Bericht wird hiermit vorgelegt.

## 2 Projektunterlagen

- /1/ Email der Arbeitsgruppe Land & Wasser mit Shape-Dateien für die Areale der Stufen Belastungsbereich und Zulässigkeitsgrenzbereich im Holtumer Moor. 28.01.2015.
- /2/ Umweltverträglichkeitsstudie (UVS) für das Wasserwerk Panzenberg des Trinkwasserverbandes Verden, Arbeitsgruppe Land & Wasser, Beedenbostel, Oktober 2014.
- /3/ Hydrogeologisches Gutachten zur Grundwasserentnahme sowie zur Bemessung und Gliederung des Trinkwasserschutzgebietes für das Wasserwerk Panzenberg.- Ingenieurgesellschaft Dr. Schmidt GmbH, Stade, 18.10.2013.
- /4/ Grundwasserströmungsmodell für die Wasserwerke Panzenberg und Langenberg.- Ingenieurgesellschaft Dr. Schmidt mbH, Stade, 16.05.2012.

### 3 Wasserwerk Panzenberg

Die Trinkwasserversorgung im Versorgungsbereich des Trinkwasserverbandes Verden erfolgt ausschließlich mit Grundwasser. Der zukünftig über das WW Panzenberg zu deckende Bedarf wird in der Wasserbedarfsberechnung mit 9,5 Mio. m<sup>3</sup>/a angegeben.

Die aktuelle Grundwasserförderung erfolgt über die Brunnen PAN I bis PAN VII. Die Brunnen des Wasserwerks Panzenberg befinden sich nordöstlich der Ortslage Verden und sind in einer von Südsüdwest nach Nordnordost verlaufenden elsterzeitlichen Schmelzwasserrinne verfiltert. Diese Schmelzwasserrinne wird als „Panzenberger Rinne“ bezeichnet und setzt sich nach Nordosten als „Rotenburger Rinne“ fort. Die Tiefenlage der Basis der quartären Schichten liegt im Rinnenbereich verbreitet bei ca. -200 mNN und reicht bis maximal ca. -275 mNN. Die tief verfilterten Brunnen des Wasserwerks sind in dieser Rinne angeordnet; die Lage der Brunnengalerie entlang der Rinnenstruktur ergibt sich aus den geologischen Gegebenheiten. Lediglich innerhalb der Rinnenstruktur befinden sich die gut durchlässigen Sande mit einer großen Mächtigkeit und das tiefe Grundwasser wird durch überlagernde gering-durchlässige Sedimente zu einem gewissen Grad durch Beeinflussungen von der Oberfläche geschützt.

Die Lage der Brunnen des Wasserwerks Panzenberg ist in der **Anlage 1** dargestellt.

Bezeichnung	Gemarkung	Flur	Flurstück	Rechtswert	Hochwert	Baujahr
PAN I	Scharnhorst	1	108/5	<sup>35</sup> 19133	<sup>58</sup> 70570	2003
PAN II	Scharnhorst	1	222/114	<sup>35</sup> 19405	<sup>58</sup> 71085	1978
PAN III	Walle	3	133/5	<sup>35</sup> 19669	<sup>58</sup> 71455	2001
PAN IV	Scharnhorst	1	160/3	<sup>35</sup> 18724	<sup>58</sup> 70182	1981
PAN V	Scharnhorst	1	33/1	<sup>35</sup> 18353	<sup>58</sup> 69384	1980
PAN VI	Scharnhorst	2	13/3	<sup>35</sup> 17928	<sup>58</sup> 69010	1980
PAN VII	Holtum-Geest	5	43/4	<sup>35</sup> 20118	<sup>58</sup> 71946	1984

Tabelle 3-1: Lage der Brunnen des Wasserwerks Panzenberg

## 4 Hydrogeologische Verhältnisse

Durch die Ingenieurgesellschaft Dr. Schmidt mbH, Stade, wurde ein hydrogeologisches Gutachten erstellt, um die geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse zu beschreiben und die Auswirkungen der geplanten Grundwasserentnahme zu ermitteln /3/. Die hydrogeologischen Verhältnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

In den pleistozänen Schmelzwassersedimenten sowie in den feinsandigen Ablagerungen der Hemmoor-Schichten ist regional gesehen ein zusammenhängendes hydraulisches System entwickelt, das nachfolgend als Hauptgrundwasserleiter bezeichnet wird. Im Bereich des Wasserwerks Panzenberg beträgt die Mächtigkeit des Hauptgrundwasserleiters ca. 290 m; die maximale Mächtigkeit im Betrachtungsgebiet erreicht ca. 340 m. Eingeschaltete Geschiebemergelkomplexe bzw. Beckensedimente bewirken örtlich eine Untergliederung dieses ausgedehnten Grundwasserleiters. Der Hauptgrundwasserleiter lässt sich in der Regel in drei Abschnitte unterteilen.

Der obere Abschnitt des Hauptgrundwasserleiters befindet sich in den saalezeitlichen glazifluviatilen Sanden, die im Hangenden der oberen elsterkaltzeitlichen Grundmoräne bzw. des Lauenburger Komplexes abgelagert wurden. Dieser Abschnitt des Hauptgrundwasserleiters ist im Betrachtungsgebiet ausweislich der vorliegenden Daten nahezu durchgehend vertreten und weist eine maximale Mächtigkeit von ca. 50 m auf.

Der mittlere Abschnitt des Hauptgrundwasserleiters ist in den Sanden im Liegenden der oberen Elster-Grundmoräne, der jüngeren Beckenablagerungen des Lauenburger Komplexes bzw. in den sandigen Ablagerungen der Hemmoor-Schichten entwickelt. Dieser Abschnitt ist im Bereich des Wasserwerks Panzenberg ca. 100 m mächtig. Im Bereich der sandigen Ausbildung der Hemmoor-Schichten kann der mittlere Teil des Hauptgrundwasserleiters eine Mächtigkeit von bis zu 100 m erreichen.

Der untere Abschnitt des Hauptgrundwasserleiters ist in den im Liegenden des Lauenburger Komplexes befindlichen Schmelzwassersedimenten ausgebildet und kann ca. 160 m mächtig werden. Die tonigen und schluffigen Ablagerungen des Miozän bilden verbreitet die Basis des Hauptgrundwasserleiters.

Die Grundwasserentnahme des Trinkwasserverbandes Verden durch die Brunnen des Wasserwerks Panzenberg erfolgt hauptsächlich aus dem unteren Abschnitt des Hauptgrundwasserleiters. Die Filterpositionen der Brunnen des Wasserwerks Langenberg sind dem mittleren Abschnitt des Hauptgrundwasserleiters zuzuordnen.

Lokal ist ein oberflächennaher Grundwasserkörper im Hangenden der ersten Grundmoräne in geringmächtigen Sanden entwickelt. Dieser oberflächennahe Grundwasserleiter weist keine flächenhafte Verbreitung auf. Es handelt sich nicht um einen zusammenhängenden Grundwasserkörper, sondern vielmehr um einzelne, lokal ausgebildete und hydraulisch isolierte, linsenartige Grundwasservorkommen, die z. T. auch nur temporär entwickelt sind (Stauwasserkörper). Gebiete mit Stauwasser finden sich u. a. im Bereich der Ortslage Walle (z. B. P-Pb 7b, P-Pb 8a, P-Pb 86, P-Pb 87).

Die Grundwasserströmung im oberen Abschnitt des Hauptgrundwasserleiters ist im Wesentlichen von der Geländemorphologie sowie der Lage der Vorfluter bestimmt und wird stellenweise durch die Grundwasserförderung überprägt. Im Raum Holtum-Rahnhorst-Odeweg-Jeddingen-Visselhövede ist nördlich der Wasserwerke Panzenberg und Langenberg eine Grundwasserscheide im oberen Abschnitt des Hauptgrundwasserleiters mit Grundwasserständen bis über +55 mNN ausgebildet. Von hier erfolgt der natürliche Grundwasserabstrom einerseits in nördliche Richtung zum Vorfluter Wümme, andererseits in südliche bis südwestliche Richtung zur Aller hin. Im Bereich des Weißen Moores liegen die Grundwasserober- bzw. -druckfläche bei ca. +56 mNN. Südwestlich und südlich der Grundwasserkuppe verringert sich die Höhenlage der Grundwasserober- bzw. -druckfläche auf ca. +10 mNN bis ca. +20 mNN in der Allerniederung. Der Anstrom auf die Brunnen des WW Panzenberg erfolgt aus nördlicher bzw. nordöstlicher Richtung. Im direkten Umfeld der



Brunnen liegt die Grundwasserober- bzw. -druckfläche bei ca. +26 mNN bis ca. +43 mNN.

Innerhalb des oberen Abschnitts des Hauptgrundwasserleiters ist das Grundwasser an der Unterseite der überlagernden saalezeitlichen Grundmoräne gespannt. In Bereichen, wo der überlagernde Geschiebemergel fehlt, liegt eine freie Grundwasseroberfläche vor.

## 5 Umweltverträglichkeitsstudie

Das Büro Arbeitsgruppe Land & Wasser, Beedenbostel, wurde vom Trinkwasserverband Verden mit der Anfertigung einer Umweltverträglichkeitsstudie zur Bewertung möglicher Auswirkungen des geplanten Vorhabens auf die Schutzgüter Menschen, Tiere, Pflanzen, biologische Vielfalt, Boden, Wasser, Luft, Klima, Landschaft, Kulturgüter und sonstige Sachgüter unter Berücksichtigung der Wechselwirkungen zwischen den vorgenannten Schutzgütern beauftragt.

Die Abgrenzung des Untersuchungsgebietes basiert u. a. auf dem prognostizierten Absenkungsbereich durch das Vorhaben mit einer Grundwasserabsenkung  $\geq 0,2$  m.

Bei der Bewertung der nachteiligen Umweltauswirkungen einer Grundwasserabsenkung auf die Schutzgüter wurden die einzelnen Beeinträchtigungen einer Rahmenskala zugeordnet, die die vier Stufen Unzulässigkeitsbereich, Zulässigkeitsgrenzbereich, Belastungsbereich und Vorsorgebereich umfasst.

Bei der Bewertung der Umweltauswirkungen des Vorhabens wurden im Holtumer Moor Areale identifiziert, die in die Stufe Zulässigkeitsgrenzbereich (Schutzgut Pflanzen) sowie die Stufe Belastungsbereich (Schutzgüter Tiere, Pflanzen, Boden) fallen /1/ /2/. In der **Anlage 1** ist die Lage dieser Areale dargestellt.

## **6 Numerisches Grundwasserströmungsmodell**

### **6.1 Vorbemerkungen**

Im Rahmen der Erstellung des Hydrogeologischen Gutachtens für die Beantragung der wasserrechtlichen Bewilligung für das Wasserwerk Panzenberg wurde von der Ingenieurgesellschaft Dr. Schmidt mbH, Stade ein dreidimensionales Grundwassermodell erstellt. Es wurde verwendet, um die Grundwasserströmung bei der geplanten Fördermenge zu simulieren und die Auswirkungen der Grundwasserentnahme zu prognostizieren /4/.

Bei dem entwickelten Grundwassermodell handelt es sich um ein stationäres (zeit-unabhängiges) Modell, das auch stationär kalibriert wurde. Für den Aufbau des Grundwasserströmungsmodells für die Wasserwerke Panzenberg und Langenberg wurde die Finite-Differenzen Grundwasser-Modellierungssoftware PROCESSING MODFLOW 8 benutzt. Es basiert auf dem Strömungsmodell MODFLOW des U.S. Geological Survey, das seit einigen Jahren erfolgreich verwendet wird [7]. PROCESSING MODFLOW 8 verknüpft das Strömungsmodell MODFLOW, das 'Particle-tracking'-Modell PMPATH zur Bahnlinienberechnung, PEST zur automatisierten Modellkalibrierung und das Stofftransportmodell MT3D mit verschiedenen Prä- und Postprozessoren. Die einzelnen Programmteile sind unter einer einheitlichen Benutzeroberfläche verbunden. Nähere Einzelheiten zum Modell sind /3/ zu entnehmen.

Analog zu den Simulationsrechnungen in /3/ wurden die Grundwasserabsenkungen bei unterschiedlichen Fördermengen des Wasserwerks Panzenberg gegenüber dem Ist-Zustand, einer Grundwasserentnahme in Höhe von 8,91 Mio. m<sup>3</sup>/a, berechnet.

## 6.2 Simulation der verringerten Grundwasserentnahme

In den vorliegenden Untersuchungen wurde untersucht, inwieweit sich die Grundwasserabsenkungen im Bereich des Holtumer Moores ändern, wenn die Fördermenge des Wasserwerks Panzenberg variiert. Es soll eine Fördermenge identifiziert werden, bei der gegenüber dem Ist-Zustand das Holtumer Moor (bzw. der dortige ökologisch wertvolle Flächenbereich) außerhalb des Grundwasserabsenkungsbereichs 0,2 m - Isolinie) liegt. Die Fördermengen in den simulierten Szenarien ist in der folgenden Tabelle 6.2-1 dargestellt. Nachrichtlich ist zusätzlich die Fördermengenverteilung aus dem Hydrogeologischen Gutachten (Bericht 11-23556.1 vom 18.10.2013) /3/ für den Prognose-Zustand, eine Entnahme von 9,5 Mio. m<sup>3</sup>/a, dargestellt.

Bezeichnung	Prognose-Zustand 9,5 Mio. m <sup>3</sup> /a	Szenario A 9,4 Mio. m <sup>3</sup> /a	Szenario B 9,37 Mio. m <sup>3</sup> /a	Szenario C 9,35 Mio. m <sup>3</sup> /a
PAN I	154,82 m <sup>3</sup> /h	153,19 m <sup>3</sup> /h	152,70 m <sup>3</sup> /h	152,37 m <sup>3</sup> /h
PAN II	154,82 m <sup>3</sup> /h	153,19 m <sup>3</sup> /h	152,70 m <sup>3</sup> /h	152,37 m <sup>3</sup> /h
PAN III	154,82 m <sup>3</sup> /h	153,19 m <sup>3</sup> /h	152,70 m <sup>3</sup> /h	152,37 m <sup>3</sup> /h
PAN IV	154,82 m <sup>3</sup> /h	153,19 m <sup>3</sup> /h	152,70 m <sup>3</sup> /h	152,37 m <sup>3</sup> /h
PAN V	154,82 m <sup>3</sup> /h	153,19 m <sup>3</sup> /h	152,70 m <sup>3</sup> /h	152,37 m <sup>3</sup> /h
PAN VI	154,82 m <sup>3</sup> /h	153,19 m <sup>3</sup> /h	152,70 m <sup>3</sup> /h	152,37 m <sup>3</sup> /h
PAN VII	154,82 m <sup>3</sup> /h	153,19 m <sup>3</sup> /h	152,70 m <sup>3</sup> /h	152,37 m <sup>3</sup> /h

Tabelle 6.2-1: Fördermengenverteilung bei den verschiedenen Szenarien

Die **Anlage 1** zeigt die Grundwasserabsenkungen der simulierten Förderszenarien gegenüber dem Ist-Zustand. Grundlage hierfür sind die berechneten Grundwasserstände der Szenarien (Modellschicht 1) gegenüber den berechneten Wasserständen des Ist-Zustandes (ebenfalls Modellschicht 1). Zur besseren Vergleichbarkeit sind die berechneten Grundwasserabsenkungen der Simulationen zusammen in einer Abbildung dargestellt und mit unterschiedlichen Farben kenntlich gemacht. Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist nur die 0,2 m - Isolinie abgebildet.

Die 0,2 m - Isolinie der Grundwasserabsenkung bei einer angestrebten Fördermenge des Wasserwerks Panzenberg (9,5 Mio. m<sup>3</sup>/a) gegenüber dem Ist-Zustand (8,91 Mio. m<sup>3</sup>/a) visualisiert einen Absenkungsbereich mit einer Ausdehnung von ca. 8,5 km in nordsüdlicher Richtung und von ca. 6,5 km in westöstlicher Richtung. Die prognostizierte Grundwasserabsenkung für diesen Zustand ist in der **Anlage 1** in roter Farbe dargestellt.

Bei dem Szenario A (blaue Isolinie) wurden die Entnahme an den Brunnen PAN I bis PAN VII auf 9,4 Mio. m<sup>3</sup>/a verringert. Nach der Modellsimulation ergibt sich ein zusammenhängender Absenkungsbereich für das Wasserwerk Panzenberg mit einer Ausdehnung von ca. 7,7 km in nordsüdlicher Richtung und von ca. 6,0 km in westöstlicher Richtung. Die Ausdehnung des Grundwasserabsenkungsbereichs ist kleiner als beim Prognose-Zustand, aber weitläufige Bereiche im westlichen Holtumer Moor verbleiben im Absenkungsbereich. Die Areale des Zulässigkeitsgrenzbereichs sowie des Belastungsbereichs /2/ werden noch von der prognostizierten Grundwasserabsenkung erfasst.

In der **Anlage 1** ist ebenfalls die Grundwasserabsenkung beim Förderszenario B (grüne Isolinie) dargestellt. Bei diesem Szenario wurden die Brunnen mit einer Fördermenge von insgesamt 9,37 Mio. m<sup>3</sup>/a simuliert und es zeigen sich zwei Absenkungsbereiche. Ein größerer Absenkungsbereich liegt im südlichen Betrachtungsgebiet und hat eine Ausdehnung von ca. 5,5 km in nordsüdlicher Richtung und ca. 5,7 km in westöstlicher Richtung. Der zweite Absenkungsbereich befindet sich im westlichen Teil des Holtumer Moores und hat eine Fläche von ca. 32 ha. Die Ortslage Holtum (Geest) sowie der Bereich südlich der Ortslage liegen außerhalb der 0,2 m-Absenkungs-Isolinie. Die Areale des Zulässigkeitsgrenzbereichs (Schutzgut Pflanzen) /2/ liegen ebenfalls außerhalb der prognostizierten Grundwasserabsenkung. Teile des Belastungsbereichs (Schutzgüter Tiere, Pflanzen, Boden) werden noch von der Grundwasserabsenkung erfasst.

Das Simulationsergebnis des Förderszenarios C ist mit einer hellblauen Isolinie dargestellt. Die Fördermenge der Brunnen PAN I bis PAN VII (9,35 Mio. m<sup>3</sup>/a) ist kleiner als bei den Szenarien A und B und bewirkt eine weitere Verkleinerung des Absenkungsgebietes. Die 0,2 m - Isolinie zeigt einen Absenkungsbereich mit einer Ausdehnung von ca. 5,1 km in nordsüdlicher Richtung und ca. 5,5 km in westöstlicher Richtung. Der Absenkungsbereich reicht im Norden nicht bis in das Holtumer Moor. Die Areale des Zulässigkeitsgrenzbereichs (Schutzgut Pflanzen) sowie des Belastungsbereichs (Schutzgüter Tiere, Pflanzen, Boden) /2/ liegen außerhalb des prognostizierten Grundwasserabsenkungsbereichs.

## 7 Schlussfolgerungen

Mit dem Grundwasserströmungsmodell wurden die Auswirkungen einer verringerten Grundwasserentnahme im Wasserwerk Panzenberg untersucht. Hierbei wurde insbesondere die Absenkung der Grundwasserpotentiale im Bereich des Holtumer Moores betrachtet.

Bei einer Verringerung der Förderrate des Wasserwerks Panzenberg gegenüber dem Prognose-Zustand (9,5 Mio. m<sup>3</sup>/a) auf 9,37 Mio. m<sup>3</sup>/a verkleinert sich das Absenkungsgebiet im Holtumer Moor soweit, dass die Areale mit einer Einstufung als Zulässigkeitsgrenzbereich (Schutzgut Pflanzen) außerhalb des prognostizierten Absenkungsgebietes (0,2 m - Isolinie) liegen. Bei einer weiteren Reduzierung der Grundwasserentnahme des Wasserwerks Panzenberg auf 9,35 Mio. m<sup>3</sup>/a liegen auch die Areale des Belastungsbereiches (Schutzgüter Tiere, Pflanzen, Boden) außerhalb des Absenkungsgebietes.

Ingenieurgesellschaft Dr. Schmidt mbH

Dr. Udo Schmidt

Dipl.-Geol. Olaf Scholze

## 8 Literaturverzeichnis

- [1] Anderson, M. P. & Woessner, W. W.: Applied Groundwater Modeling – Simulation of Flow and Advective Transport.- Academic Press, San Diego, 1992, 381 S.
- [2] Chiang, W.-H. & Kinzelbach, W.: 3D Groundwater Modeling with PMWIN, 2001, Springer, 335 S.
- [3] Chiang, W.-H.: Processing Modflow, An Integrated Modeling Environment for the Simulation of Groundwater Flow, Transport and reactive Processes, Simcore Software, Oktober 2011, 413 S.
- [4] Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e. V. (DVGW): Aufbau und Anwendung numerischer Grundwassermodelle in Wassergewinnungsgebieten, Arbeitsblatt W 107, Bonn, Juni 2004, 24 S.
- [5] Hölting, B. & Coldewey, W. G.: Hydrogeologie. Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie.- Springer, Heidelberg, 8. Aufl., 2013, 438 S.
- [6] Kinzelbach, W. & Rausch, R.: Grundwassermodellierung: Eine Einführung mit Übungen.- Gebrüder Borntraeger, Berlin - Stuttgart, 1995.
- [7] McDonald, M. G. & Harbaugh, A. W.: MODFLOW, A modular three-dimensional finite difference ground-water flow model.- U. S. Geological Survey, Open-file report 83-875, 1988.
- [8] Neuß, M & Dörhöfer, G.: GeoFakten 8 - Hinweise zur Anwendung numerischer Modelle bei der Beurteilung hydrogeologischer Sachverhalte und Prognosen in Niedersachsen.- NLfB, Hannover, 3. Auflage, 2009, 9 S.
- [9] Spitz, K. & Moreno, J.: A practical Guide to Groundwater and Solute Transport Modeling.- J. Wiley & Sons, Inc., New York, 1996, 461 S.



