

## Ortsumgehung Celle im Zuge der B3, Mittelteil

### Hydrogeologisches Gutachten für die Einschnittstrecke der OU Celle von Bau-km 27+800 bis 29+970 (Niedersachsen)

Auftraggeber:



Nds. Landesbehörde für Straßenbau  
und Verkehr Geschäftsbereich Verden  
Bgm.-Münchmeyer-Str. 10  
D-27283 Verden (Aller)



Berichtsdatum: 08.11.2005  
Bearbeiter: K. Görlich (Dipl.-Geol.)  
R. Ronschke (Dipl.-Geol.)  
A. Voss (Dipl.-Bauing.)  
Berichtsnummer: 0208051  
Untersuchungszeitraum: Mai – Nov. 2005  
Seitenzahl: 26 (einschl. Titelblatt)  
Anlagen: 6 (20 Blätter)  
Ausfertigung: PDF-Ausfertigung

---

## Inhalt

<b>1.</b>	<b>EINLEITUNG, AUFGABENSTELLUNG .....</b>	<b>5</b>
1.1	Datengrundlage, verwendete Projektunterlagen .....	5
1.2	Weiterführende Geländearbeiten.....	6
<b>2.</b>	<b>ABGRENZUNG DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES/AUSSAGEGEBIETES.....</b>	<b>7</b>
<b>3.</b>	<b>GEOLOGISCHE UND HYDROGEOLOGISCHE GEGEBENHEITEN .....</b>	<b>7</b>
3.1	Geologie .....	7
3.2	Hydraulische Durchlässigkeiten.....	8
3.2.1	Allgemeines .....	8
3.2.1	Rammkernsondierungen .....	9
3.2.2	Pumpversuch.....	10
3.2.3	Slug- und Bail-Tests .....	11
3.2.4	Bewertung der Ergebnisse .....	12
3.3	Grundwasserverhältnisse .....	13
<b>4.</b>	<b>ERMITTLUNG ANFALLENDER GRUNDWASSERBÜRTIGER WASSERMENGEN.....</b>	<b>14</b>
4.1	Methodischer Ansatz .....	14
4.2	Mengenermittlung nach Darcy, Grabenströmung.....	15
4.3	Mengenermittlung nach Darcy, regionaler Zustrom.....	17
4.4	Mengenermittlung auf Basis wasserbilanzieller Betrachtung .....	18
4.5	Grundwassermodell.....	20
<b>5.</b>	<b>AUSWIRKUNGEN BEI WASSERHALTUNG .....</b>	<b>21</b>
<b>6.</b>	<b>MÖGLICHKEITEN DER WASSERABLEITUNG .....</b>	<b>22</b>
<b>7.</b>	<b>AUSWIRKUNGEN BEI TROGBAU-VARIANTE .....</b>	<b>23</b>
<b>8.</b>	<b>BAUABSCHNITT BAU-KM 27+800 BIS KM 28+560 .....</b>	<b>23</b>
<b>9.</b>	<b>ZUSAMMENFASSENDE BEWERTUNG, FAZIT .....</b>	<b>24</b>

---

<b>Anhang</b>		<b>Anzahl Blatt</b>
<b>A 0</b>	Stammdatentabelle	1
<b>A 1.1</b>	Schichtenverzeichnisse und Ausbau der GWM 01, GWM 02_1 u. _2	2
<b>A 1.2</b>	Schichtenverzeichnisse der Bohrungen NLStbV (P01 – P11)	10
<b>A 1.3.1</b>	Rammkernsondierbohrungen (RKS 01-12) Schichtenverzeichnisse	2
<b>A 1.3.2</b>	Rammkernsondierbohrungen (RKS 01-12) Körnungslinien	3
<b>A 1.4</b>	Schichtenverzeichnisse der Baugrundsondierungen (BS 16 – 25)	10
<b>A 1.5</b>	Schichtenverzeichnisse verwend. Bhrg. aus Archivanfrage beim NLfB	7
<b>A 2</b>	Pumpversuchsauswertung	2
<b>A 3</b>	Slug & Bail Versuche	2
<b>A 4</b>	Prüfbericht Grundwasseranalysen	2

---

<b>Verzeichnis der Anlagen</b>		<b>Anzahl Blatt</b>
	Format	
<b>1.1</b>	Übersichtskarte, Maßstab 1 : 25.000	DIN A3 1
<b>1.2</b>	Lageplan, Maßstab 1 : 7.500	DIN A3 1
<b>2.1</b>	Geologische Übersichtskarte, Maßstab 1 : 100.000	DIN A3 1
<b>2.2</b>	Geologische Karte, Maßstab 1 : 5.000	DIN A2 1
<b>2.3</b>	Hydrogeologischer Schnitt 1-'1, Maßstab 1 : 5.000 / 1 : 100	DIN A2 1
<b>2.4</b>	Hydrogeologischer Schnitt 2-'2, Maßstab 1 : 1.000 / 1 : 100	DIN A3 1
<b>2.5</b>	Hydrogeologischer Schnitt 3-'3, Maßstab 1 : 1.500 / 1 : 100	DIN A3 1
<b>2.6</b>	Hydrogeologischer Schnitt 4-'4, Maßstab 1 : 1.500 / 1 : 100	DIN A3 1
<b>2.7</b>	Hydrogeologischer Schnitt 5-'5, Maßstab 1 : 1.000 / 1 : 250	DIN A3 1
<b>2.8</b>	Hydrogeologischer Schnitt 6-'6, Maßstab 1 : 5.000 / 1 : 250	DIN A2 1
<b>2.9</b>	Hydrogeologischer Schnitt 7-'7, Maßstab 1 : 2.500 / 1 : 250	DIN A2 1
<b>3.1</b>	GW-Gleichenplan niedriger Grundwasserstände, Maßstab 1 : 7.500	DIN A3 1
<b>3.2</b>	GW-Gleichenplan mittlerer Grundwasserstände, Maßstab 1 : 7.500	DIN A3 1
<b>3.3</b>	GW-Gleichenplan hoher Grundwasserstände, Maßstab 1 : 7.500	DIN A3 1
<b>4.1</b>	Prognostizierte Reichweite, Maßstab 1 : 7.500	DIN A3 1
<b>4.2</b>	GW-Neubildung, Maßstab 1 : 7.500	DIN A3 1
<b>5.1</b>	GW-Gleichenplan MW nach Baumaßnahme, Maßstab 1 : 7.500	DIN A3 1
<b>5.2</b>	Geohydraulischer Schnitt 3a – 3b, Maßstab, 1 : 1.500 / 1 : 100	DIN A3 1
<b>5.3</b>	Geohydraulischer Schnitt 4a – 4b, Maßstab 1 : 1.500 / 1 : 100	DIN A3 1
<b>6</b>	GW-Gleichenplan MW Trogbauwerk, Maßstab 1 : 7.500	DIN A3 1

---

<b>Abbildungen</b>	<b>Seite</b>
<b>Abb. 1</b> Schematischer Versuchsaufbau eines Slug- und Bail-Tests	11
<b>Abb. 2</b> Grundwasserganglinien GWM P01 – P12	14
<b>Abb. 3</b> Horizontale und vertikale Diskretisierung des Modellgebiets	20

---

<b>Tabellen</b>	<b>Seite</b>
<b>Tab. 1</b> Bestimmung der Konstante C nach Beyer (1964)	9
<b>Tab. 2</b> Zusammenstellung der $k_f$ -Werte und Transmissivitäten	12
<b>Tab. 3</b> Zusammenstellung der berechneten Wassermengen	19

## 1. Einleitung, Aufgabenstellung

Im Rahmen der geplanten Ortsumgehung Celle im Zuge der B 3 soll im Bereich der B 191 die prospektierte Trassenführung im Einschnitt verlaufen. In diesem Abschnitt, von Bau-km 27+800 bis 29+970, schneidet die geplante Straße in das Grundwasser ein.

Das vorliegende hydrogeologische Gutachten soll die bauwerksbedingt anfallende Grundwassermenge sowie die Auswirkungen der Grundwasserabsenkung auf den oben geschil-derten 2.170 m langen Straßenabschnitt beurteilen (Anlagen 1.1, 1.2, 2.1, 2.2). Darüber hinaus wird eine gesonderte Beurteilung des Bauabschnittes von Bau-km 27+800 bis 28+560 vorgenommen.

Im Kern werden Aussagen zu folgenden Aspekten getroffen:

- Anfallende Wassermengen bei niedrigen, mittleren und hohen Grundwasserständen
- Auswirkungen einer Grundwasserentnahme auf die Grundwasserstände und beste-hende Gebäude oder Betriebe in der Umgebung
- Möglichkeiten der Wasserableitung
- Alternativ zum offenen Einschnitt die Beeinflussung der Grundwasserverhältnisse durch ein wasserdichtes Trogbauwerk.

### 1.1 Datengrundlage, verwendete Projektunterlagen

Die bautechnische Grundlage, wie u.a. Trassenführung, Lage- und geodätische Höhenanga-ben, Strecken-Kilometrierung etc., bilden im Wesentlichen die im Zuge der Bauplanung er-stellten und zur Bearbeitung überlassenen Unterlagen (Projektgruppe OU Celle: u.a. Ingeni-eurgesellschaft Odermann-Krause, Buchholz i. d. N., IB Marienwerder GmbH).

Darüber hinaus sind im Vorfeld der Bearbeitung Recherchen bei folgenden Gesellschaf-ten/Institutionen zu nachstehend genannten Sachthemen durchgeführt worden:

- Ingenieurbüro Marienwerder GmbH; 10 Baugrundsondierbohrungen im Bereich des pros-pektierten Straßenabschnitts
- Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr; 12 Grundwassermessstel-len mit Ausbaudaten, Schichtenverzeichnisse und Standrohrspiegelhöhenmessungen aus dem Zeitraum Mai 1997 bis Mai 2002
- NLFB Bohrarchiv: Recherche weiterer Aufschlussbohrungen (ArchFach HY, IG, SE)

Verwendete Kartengrundlagen:

- Topographische Karten:  
TK 25, Blatt 3326 Celle  
DGK 5, Blätter 3326'18, '19, '20, '23, '24, '25

- Geologische Karten:  
GK 25, Blatt 3326 Celle (digitaler Auszug NLFb)  
GÜK 500, Blätter Gc 3522 Hannover-Nord, Gc 3526 Celle
- Hydrogeologische Räume 500:  
Blätter 3918 Hannover und 3926 Braunschweig
- Hydrogeologische Karten:  
Digitale Karte der Grundwasserneubildung nach GROWA05 (NLFb)

## **1.2 Weiterführende Geländearbeiten**

Zu den Auswertungen der unter Kap. 1.1 genannten Daten wurden folgende weiterführende Geländearbeiten durchgeführt.

### **Rammkernsondierungen (RKS)**

Zur Erhöhung der Kenntnislage des geologischen Untergrundes, wurde im August 2005 das Niederbringen von zwölf weiteren Rammkernsondierbohrungen (RKS 01 – 12, Anhang A 1.3.1) veranlasst (Bohrfirma Schnack & Partner, Hannover). An zehn ausgewählten RKS wurden Körnungslinien zum Zwecke der Durchlässigkeitsermittlung aufgenommen (Verfahren nach Beyer, Anhang A 1.3.2)

### **Grundwassermessstellenbau (GWM)**

Im August 2005 wurden im unmittelbaren Trassenbereich drei Grundwassermessstellen (GWM01, GWM02\_1, GWM02\_2, Bau-km etwa 28+445) errichtet und nivelliert, um A) die Messstellendichte zu erhöhen und B) einen Pumpversuch in unmittelbarer Trassennähe durchführen zu können. Die Dokumentation dieser als Dauereinrichtung vorgesehenen GWM erfolgt im Anhang A 1.1.

### **Pumpversuch an GWM02\_2**

Am 10.08.2005 wurde an der GWM02\_2 ein Pumpversuch durchgeführt, die Wiederanstiegsphase wurde bis zum 11.08.2005 überwacht. Hierbei wurde die Standrohrspiegeländerung mit der Zeit mittels Datenlogger aufgezeichnet. Ebenfalls mittels Datenlogger wurden die Wasserstände an GWM02\_1 und an GWM01 beobachtet. Die Auswertung ist im Anhang A 2 dokumentiert.

### **Slug- und Bail-Tests**

Zur Erhöhung der Kenntnislage weiterer Durchlässigkeiten im betreffenden Trassenabschnitt sind Slug- und Bail-Tests am 08.08.2005 an folgenden Messstellen durchgeführt worden: P01, P2\_1, P2\_2, P3\_3, P07, GWM01, GWM02\_1 und GWM02\_2. Darstellungen zur Auswertung sind dem Anhang A 3 zu entnehmen.

## **2. Abgrenzung des Untersuchungsgebietes/Aussagegebietes**

Das engere Untersuchungsgebiet/Aussagegebiet kann der Anlage 1.1 und 1.2 entnommen werden. Dieses Gebiet befindet sich auf der amtl. Topographischen Karte 1 : 25.000 Blatt 3326 Celle. Das Kartenwerk der Deutschen Grundkarte im Maßstab 1 : 5.000 deckt mit den Blättern 3326-18, -19, -23 und -24 das engere Untersuchungsgebiet ab. Der betreffende Trasseneinschnitt verläuft von Bau-km 27+800 bis 29+970 in Nordwest-Südost-Richtung, im Bereich zwischen der nordöstlichen Stadtrandlage von Celle und der Ortslage Altenhagen.

Der Einschnitt erfolgt im Bereich der Geesthochlage, die zu der südlich gelegenen Allerniederung, südlich des Einschnittes, hin markant abfällt. Morphologisch gegliedert wird die Geesthochlage durch den unmittelbar nördlich des Aussageabschnittes verlaufenden Vorwerker Baches sowie die bereits innerhalb der Niederung verlaufende, südlich gelegene Lachte bzw. den sog. Freitagsgraben (Anlage 1.1). Hydrologisch fällt der Trasseneinschnitt in den Bereich der Gewässerkennzahl 483 (4 = Weser, 48 = Aller, 483 = Abschnitt von Oker bis Fuhse).

Mit Blick auf den hydrogeologischen Schnitt 1-1' der Anlage 2.3 wird deutlich, dass entlang des Trasseneinschnittes das Gelände von einer geodätischen Höhe von knapp 56 mNN im Mittelteil (etwa bei RKS 08, Bau-km 28+940) nach Nordwesten hin auf Geländehöhen um 48 mNN und nach Süden hin auf Geländehöhen um 40 mNN abfällt.

## **3. Geologische und hydrogeologische Gegebenheiten**

### **3.1 Geologie**

Die geologischen Gegebenheiten können den Anlagen 2.1 und 2.2 entnommen werden. Mit Blick auf die geologische Übersichtskarte der Anlage 2.1 wird die randliche Geestlage des Trassenabschnittes erkenntlich. Innerhalb der Geest dominieren drenthezeitliche Grundmoränenablagerungen (Geschiebelehm, -mergel) sowie Schmelzwasserablagerungen (Sand, Kies). Südlich angrenzend sind holozäne Flussablagerungen (Auelehm, -sand) verbreitet.

Nach der Einteilung in hydrogeologische Teilräume fällt der Geestbereich in den Teilraum Nr.: 01523 „Lüneburger Heide Ost“, der an den Teilraum 01304 „Mittelweser-Aller-Leine Niederung“ grenzt.

Zur Spezifizierung der Untergrundverhältnisse innerhalb des engeren Untersuchungsraums sind auf Basis der amtl. geol. Karte 1 : 25:000 (GK25, Anlage 2.2) weitere Detailinformationen aus bestehenden Grundwassermessstellen, Aufschlussbohrungen und Sondierbohrungen ausgewertet worden. In Bereichen, in denen die lokalgeologischen Informationen von der flächenhaften Darstellung der GK 25 abwichen, wurde die Plandarstellung angepasst. Dies betrifft etwa die Bereiche zwischen RKS 08 und P 3 (etwa Bau-km 28+560 bis 29+030), den Bereich bei BS 20 (bei Bau-km 28+260), RKS 03 und bei der Bohrung HY 339.

Ferner wurden entlang sowie quer zur Trasse hydrogeologische Schnitte konstruiert, um eine geometrische Vorstellung der Sedimentverteilung zu erhalten. Die Schnitte finden sich in den Anlagen 2.3 bis 2.9 (vgl. Anlage 5.2 und 5.3).

Für den Einschnittbereich der Trasse können grundsätzlich zwei dominierende Ablagungen mit ihren unterschiedlichen hydraulischen Durchlässigkeiten voneinander abgegrenzt werden. Im Wesentlichen sind dies gering bis sehr gering durchlässige Geschiebemergelablagerungen, die in Oberflächennähe entkalkt als Geschiebelehm vorliegen (etwa Bau-km 28+030 bis 28+310 sowie 29+030 bis 29+970) sowie die mäßig bis teilweise gut durchlässigen, wechselnd schluffigen Sand- und Kiesablagerungen (etwa Bau-km 28+440 bis 29+030 sowie südlich etwa Bau-km 28+030). Letztere Ablagerungen stellen einen potentiellen Porengrundwasserleiter, erstere eher einen Grundwasserhemmer dar.

Der Schnitt 1-1' der Anlage 2.3 zeigt die geologischen Gegebenheiten entlang der Trasse bis in Teufen von etwa 10 m. Die Grundwassersohlfäche des weitgehend aus Sand bestehenden oberflächennahen Porengrundwasserleiters wird von Geschiebelehm, -mergel gebildet, der mit Mächtigkeiten von mehreren Zehnermetern das im liegenden ausgebildete Hauptgrundwasservorkommen vom oberflächennahen Grundwasserkörper trennt. Zur Aller- bzw. Lachteniederung hin keilt die Grundmoräne aus.

Die wasserwegsamem Schmelzwasserablagerungen auf Höhe des relevanten Trassenabschnitts haben eine mittlere Mächtigkeit von etwa 7 m. In zahlreichen Bohrprofilen zeigen sich zwischengeschaltete bindige Ablagerungen (beispielsweise BS 21, vgl. z.B. Schnitt 3-3' u. 4-4', Anlagen 2.5 und 2.6), die lokal hydraulisch trennend wirken können oder aber als Basisfläche schwebender Grundwasservorkommen fungieren.

Der überwiegend sandig ausgebildete Grundwasserleiter wird östlich der geplanten Trasse tendenziell mächtiger (an RKS 05 > 10 m, an HY 375 rd. 24 m). Nach Norden und Westen hin verzahnen sich die sandigen Sedimente mit den Moränenablagerungen und keilen in diesen Richtungen aus.

## **3.2 Hydraulische Durchlässigkeiten**

### **3.2.1 Allgemeines**

Hinsichtlich der Sedimentverbreitung muss der betreffende Straßenabschnitt in einen nördlichen Teil, Abschnitt Bau-km 29+030 – 29+970, und einen südlichen Teil, Abschnitt Bau-km 27+800 – 29+030, unterschieden werden. Im nördlichen Teil herrschen gering bis sehr gering durchlässige Ablagerungen vor, die gem. Datenlage nur geringmächtige sandige Einschaltungen aufweisen (vgl. Schichtenverzeichnis RKS 10, Anlage 2.3 und 1.3.1). Im zentral-südlichen Trassenverlauf (südlich Bau-km 29+030) sind abgesehen von einer zungenförmigen über die Trasse hinausreichenden Geschiebelehmverbreitung etwa von BS 20 bis BS 19 (Bau-km 28+030 – 28+310) mäßig bis teilweise gut durchlässige Sedimente verbreitet.

Zur Bestimmung der hydraulischen Durchlässigkeiten der Sedimente im Trassenabschnitt wurden zum einen Körnungslinien der Rammkernsondierungen ausgewertet. Des Weiteren wurde an der GWM02\_2 ein Pumpversuch durchgeführt und die dabei aufgezeichneten Daten der Grundwasserstandsveränderungen ausgewertet (Anhang A2). Schließlich wurden an bestehenden Messstellen sogenannte Slug- und Bail-Tests durchgeführt und ausgewertet (Anhang A3).

### 3.2.1 Rammkernsondierungen

Im August 2005 wurden entlang des Trassenabschnitts die Rammkernsondierungen RKS 01 bis RKS 12 abgeteuft, deren Schichtansprachen im Anhang A1.3.1 dokumentiert sind. Die Lage der RKS kann der Anlage 2.2 entnommen werden. Aus den Proben von neun RKS (RKS 01 bis RKS 07, RKS 09 und RKS 11) wurden insgesamt zehn Körnungslinien erstellt (Anhang A 1.3.2). Aus RKS 06 wurden zwei Proben aus unterschiedlichen Teufenabschnitten entnommen.

Die Ermittlung des Durchlässigkeitsbeiwerts  $k_f$  erfolgte dabei nach Beyer (1964)<sup>1</sup> zu

$$k_f = C * d_{10}^2,$$

wobei  $d_{10}$  der Korndurchmesser [mm] bei 10% Siebdurchgang bedeutet. Die Konstante **C** ist abhängig vom Ungleichförmigkeitsgrad **U** (Tabelle 1), der das Verhältnis von  $d_{10}$  zu  $d_{60}$  ausdrückt. Voraussetzung für die Anwendung der Formel nach Beyer ist, dass  $U < 5$  ist und keine bindigen Sedimente vorliegen. Insgesamt konnten acht Kornverteilungskurven für eine Auswertung nach Beyer herangezogen werden. Die Bandbreite der ermittelten  $k_f$ -Werte liegt zwischen  $1,7e-04$  m/s und  $6,4e-04$  m/s, der arithmetische Mittelwert beträgt  $3,3e-04$  m/s. Die Ergebnisse der Auswertungen der Kornverteilungskurven sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

**Tab. 1: Bestimmung der Konstante C nach Beyer (1964)**

<b>U</b>	<b>C</b>	<b>C Mittelwert</b>
1 - 1.9	0.012 - 0.0105	0.0110
2 - 2.9	0.0105 - 0.0095	0.0100
3 - 4.9	0.0095 - 0.0085	0.0090
5 - 9.9	0.0085 - 0.0075	0.0080
10 - 19.9	0.0075 - 0.0065	0.0070
> 20	0.0065	0.0065

<sup>1</sup> Beyer, W.: Zur Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit von Kiesen und Sanden aus der Kornverteilung. - Wasserwirtschaft - Wassertechnik (WWT): S. 165-169; Berlin-Ost, 1964.

### 3.2.2 Pumpversuch

Die hydraulische Leitfähigkeit eines Grundwasserleiters lässt sich mit Hilfe des Wertes für die Transmissivität beschreiben. Die Transmissivität  $T$  ist das Produkt aus der Aquifermächtigkeit  $m$  und dem Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f$  ( $T = k_f \cdot m$ ) und wird in der Regel durch Pumpversuche ermittelt. Zur Bestimmung der Transmissivität wurde am 10.08.2005 an der Messstelle GWM 02\_2 ein Pumpversuch durchgeführt. Die mittlere Entnahmerate betrug 1,8 m<sup>3</sup>/h bzw. 0,5 l/s über einen Zeitraum von 3 Stunden. Während der Entnahme wurden die Grundwasserspiegeländerungen sowohl im Brunnen als auch in den Messstellen GWM 01 und GWM 02\_1 gemessen (Anhang A 2.1). Die Messung erfolgte mit Hilfe digitaler Druckaufnehmer (Datalogger). Das Messintervall der Druckaufnehmer betrug konstant 5 Sekunden. Nach Abschalten der Förderpumpe wurde bis zum 11.08.2005 der Wiederanstieg des Grundwasserspiegels über einen Zeitraum von ca. 21 Stunden gemessen.

Die Pumpversuchsdaten der Wiederanstiege des Grundwasserspiegels wurden nach dem Wiederanstiegsverfahren von THEIS (1935)<sup>2</sup> ausgewertet. Dabei wird die verbleibende Restabsenkung gegenüber dem Logarithmus des Quotienten aus der Zeit seit Pumpbeginn  $t$  und der Zeit seit Pumpende  $t'$  aufgetragen. Die Transmissivität ergibt sich dann aus dem Steigungsverhältnis der Geraden innerhalb einer logarithmischen Dekade. Das Verfahren hat bei geringmächtigen Aquiferen den Vorteil, dass keine Veränderungen der Transmissivität durch Abnahme der Aquifermächtigkeit das Ergebnis beeinflussen. Weiterhin kann über die gesamte Pumpdauer eine gemittelte Entnahmerate zugrunde gelegt werden. Eventuell auftretende Schwankungen in der Förderleistung haben somit keinen negativen Einfluss auf die Zuverlässigkeit der ermittelten hydraulischen Parameter.

Die Absenkungen des Grundwasserspiegels wurden mit dem Gradlinienverfahren nach COOPER-JACOB (1946)<sup>3</sup> ausgewertet. Dabei wird die in einer GWM mit dem Abstand  $r$  zum Förderbrunnen gemessene Absenkung linear als Funktion des Logarithmus der Zeit  $t$  aufgetragen. Die Transmissivität lässt sich dann ähnlich wie beim Wiederanstiegsverfahren aus dem Steigungsverhältnis der Geraden innerhalb einer logarithmischen Dekade berechnen.

Die Auswertungen der Pumpversuchsdaten sind in Anhang A 2.2 grafisch dargestellt. Die Bandbreite der ermittelten Transmissivitäten liegt zwischen 1,7e-03 m<sup>2</sup>/s und 7,0e-03 m<sup>2</sup>/s, wobei der größte Wert aus der Auswertung der Absenkung in GWM01 resultiert. Da die Absenkung in GWM01 insgesamt mit ca. 2 cm sehr gering ist, sind die anderen Werte als verlässlicher zu betrachten. Der arithmetische Mittelwert der Transmissivität für GWM02\_1 und GWM02\_2 beträgt 2,2e-03 m<sup>2</sup>/s. Legt man eine durchschnittliche Aquifermächtigkeit von 7 m zugrunde, so ergibt sich ein mittlerer  $k_f$ -Wert von 3,1e-04 m/s, der sich sehr gut mit dem mittleren Wert aus den Kornverteilungskurven deckt. Die Ergebnisse der Auswertungen sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

---

<sup>2</sup> Theis, C.V.: The relation between the lowering of the piezometric surface and the rate and duration of discharge of a well using groundwater storage.- Trans. Amer. Geophys. Union, 16, 519-524, 1935.

<sup>3</sup> Cooper, H.H. und Jacob, C.E.: A generalized graphical method for evaluation formation constants and summarizing well field history.- Trans. Amer. Geophys. Union, 27, 526-534, 1946.

Zur Realisierung des Pumpversuchs wurde auf Anforderung der Stadt Celle eine Analyse der Grundwasserbeschaffenheit gefordert. Vor Beginn des Pumpversuchs wurden daher am 22.07.2005 zwei Grundwasserproben aus den Messstellen P02\_1 und P07 entnommen und analysiert. Die Analysen wurden vom Labor der GEO-data Dienstleistungsgesellschaft für Geologie, Hydrogeologie und Umweltanalytik mbH in Garbsen durchgeführt. Die Ergebnisse sind im Prüfbericht (Anhang A 4) aufgelistet. Eine Belastung durch leichtflüchtige Kohlenwasserstoffe (LHKW) und BTEX (Benzol, Toluol, Ethylbenzol, Xylol) konnte in beiden Proben nicht festgestellt werden. Die Summe der LHKW und BTEX lag unterhalb der Bestimmungsgrenze. Der Kohlenwasserstoffindex in der Probe P07 lag bei  $<0,1$  mg/l, während in der Probe P02\_1  $0,2$  mg/l festgestellt wurden. Ein Grenzwert für den Kohlenwasserstoffindex im Grundwasser existiert nicht, der Grenzwert für Abwassereinleitungen nach §7a WHG beträgt  $20$  mg/l.

### 3.2.3 Slug- und Bail-Tests

Zur weiteren Bestimmung der Sedimentdurchlässigkeiten im Bereich des Trassenabschnitts wurden im August 2005 an geeigneten Messstellen (GWM01, GWM02\_1, GWM02\_2, P01, P02\_2, P03\_3 und P07) Slug- und Bail-Tests durchgeführt. Beim Slug- und Bail-Test wird durch das schnelle Eintauchen eines Verdrängungskörpers unter den Wasserspiegel im Testbrunnen eine kurzzeitige (instantane) Erhöhung der Standrohrspiegelhöhe hervorgerufen. Die hierdurch erzeugte Potentialdifferenz zwischen dem erhöhten Wasserstand im Brunnen und dem Wasserstand im umgebenden Gestein bewirkt ein Abfließen aus dem Brunnen in die benachbarte Umgebung so lange, bis der ursprüngliche Wasserstand wieder erreicht ist. Gemessen wird das Abfallen oder Absinken des Wasserspiegels über die Zeit. Abb. 1 zeigt den schematischen Aufbau eines Slug- und Bail-Tests. Der umgekehrte Vorgang, d.h. ein Zufluss aus dem umgebenden Gestein, wird durch das Entfernen des Verdrängungskörpers aus dem Brunnen erzeugt (Bail-Phase). In Anhang A 3.1 sind die Grundwasserspiegeländerungen in den ausgewählten Messstellen dargestellt. Aus dem zeitlichen Verlauf der jeweiligen Wasserspiegeländerung lässt sich bei bekannter Brunnengeometrie die Durchlässigkeit berechnen. Die Auswertungen der Versuche sind in Anhang A 3.2 dokumentiert.

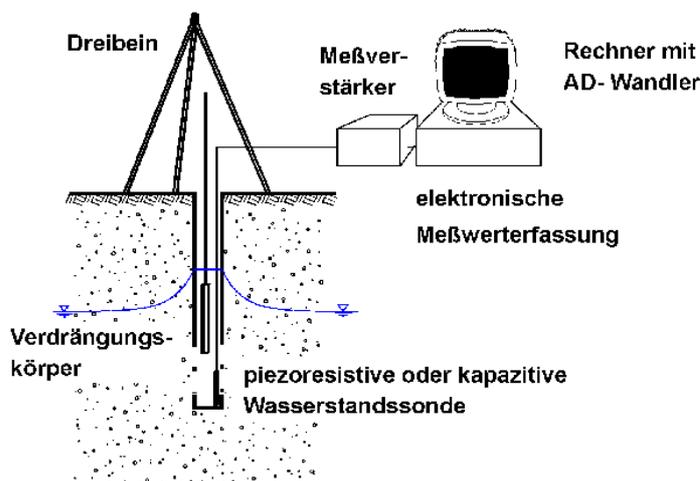


Abb. 1: Schematischer Versuchsaufbau eines Slug- und Bail-Tests

Für die durchgeführten Slug- und Bail-Tests wurden die Slug-Phasen mit Hilfe des Programms AQTESOLV for Windows (Duffield, 1998)<sup>4</sup> ausgewertet. Die ermittelten  $k_f$ -Werte liegen abgesehen von den Ergebnissen der Messstellen GWM01 und P07 zwischen  $1,3e-05$  m/s und  $7,7e-05$  m/s (Tabelle 2). Das Ergebnis an der Messstelle GWM01 liegt zwei Größenordnungen niedriger als die genannte Bandbreite, während das Ergebnis an der Messstelle P07 um zwei Größenordnungen höher liegt.

**Tab. 2: Zusammenstellung der  $k_f$ -Werte und Transmissivitäten**

Verfahren	Bohrung/GWM	$k_f$ -Wert	Transmissivität
Kornverteilungskurven	RKS 01	3,9e-04	
	RKS 02	-	
	RKS 03	2,1e-04	
	RKS 04	5,8e-04	
	RKS 05	1,4e-04	
	RKS 06	6,4e-04	
	RKS 06	2,3e-04	
	RKS 07	2,9e-04	
	RKS 09	1,7e-04	
	RKS 11	-	
Pumpversuch	GWM02_2		0.00165
	GWM02_1		0.00182
	GWM02_1		0.00299
	GWM01		0.00701
Slug & Bail	GWM01	5,6e-07	
	GWM02_1	1,3e-05	
	GWM02_2	7,7e-05	
	P01	1,6e-05	
	P02_2	1,3e-05	
	P03_3	3,0e-05	
	P07	1,9e-03	

### 3.2.4 Bewertung der Ergebnisse

Auf Basis der geologischen Gegebenheiten lassen sich im Bereich des Trassenabschnitts hinsichtlich der Durchlässigkeit zwei unterschiedliche Sedimente, Geschiebelehm/-mergel und Schmelzwassersand, unterscheiden. Für beide Sedimente gilt, dass mit eingeschalteten Zwischenablagerungen sowohl geringerer als auch höherer Durchlässigkeit gerechnet werden muss. In Zusammenschau aller ermittelten Ergebnisse werden folgende mittlere Durchlässigkeitsbeiwerte für die weiteren Berechnungen und Beurteilungen als realistisch angesehen:

<sup>4</sup> Duffield, G.M.: AQTESOLV for Windows User's Guide.- HydroSOLV, Inc. Reston Va., USA, 1998.

Schmelzwassersand:  $k_f = 3,0e-04$  m/s (Bau-km 27+800 – 28+030 u. 28+310 – 29+030)  
Geschiebelehm:  $k_f = 5,0e-06$  m/s (Bau-km 28+030 – 28+310 u. 29+030 – 29+970).

Legt man eine mittlere Aquifermächtigkeit von rund 7 m zugrunde, so ergeben sich folgende mittlere Transmissivitäten:

Schmelzwassersand:  $T = 2,0e-03$  m<sup>2</sup>/s (Bau-km 27+800 – 28+030 u. 28+310 – 29+030)  
Geschiebelehm:  $T = 3,5e-05$  m<sup>2</sup>/s (Bau-km 28+030 – 28+310 u. 29+030 – 29+970).

### 3.3 Grundwasserverhältnisse

Zur Darstellung der Grundwasserfließrichtung wurden die längerfristigen Standrohrspiegel-messungen an den Messstellen der Straßenbauverwaltung (P01 bis P11) ausgewertet. Wei-tere langjährige Messungen existieren lediglich für die GWM GD50 des Gewässerkundlichen Dienstes. Diese Messstelle befindet sich jedoch in einer Entfernung von ca. 2 km vom südli-chen Ende des geplanten Trassenabschnitts in der Allerniederung und ist hydraulisch an die Aller angebunden (Anlage 1.1).

Die Ganglinien der ausgewerteten Messstellen zeigen für den Messzeitraum von Mai 1997 bis August 2002 eine Amplitude von ca. 2 m (Abb. 2). Aus den Messwerten wurde eine Stichtagsmessung für Mittelwasser analysiert, die als Grundlage für die Darstellung des Grundwassergleichenplans verwendet wurde (Anlage 3.2). Um Grundwassergleichenpläne für Hoch- bzw. Niedrigwasser erstellen zu können, wurden zunächst auf Basis der lokalen Schwankungen in den einzelnen Messstellen Standrohrspiegelhöhen für Hoch- bzw. Nied-rigwasserereignisse generiert. Die anschließende Auswertung und Interpretation führte zu den in Anlage 3.1 und 3.3 dargestellten Grundwassergleichenplänen. Die verwendeten Standrohrspiegelhöhen sind jeweils auf den Anlagen verzeichnet.

Prinzipiell ist die Hauptgrundwasserfließrichtung auf die Aller bzw. Lachte hin eingestellt. Somit folgt der Hauptabfluss östlich der geplanten Trasse einer vorherrschenden Richtung von Nordost nach Südwest. Wie im Grundwassergleichenplan (Anlage 3.2) mittels Fließpfeile angedeutet, zweigt ein Teilstrom des östlichen Grundwasserhauptstromes in die buchtartige Schmelzwassersandverbreitung im zentralen Teil der Trasse ab. Dieser Zustrom wird durch das Verbreitungsgebiet des Geschiebelehms, -mergels, durch deren aufstauende Wirkung, in Richtung Westen begrenzt. Je nach Grundwasserpotentialverteilung bzw. Grundwasser-füllzustand biegt der Grundwasserstrom um die zungenförmig ausstreichende Grundmoräne herum.

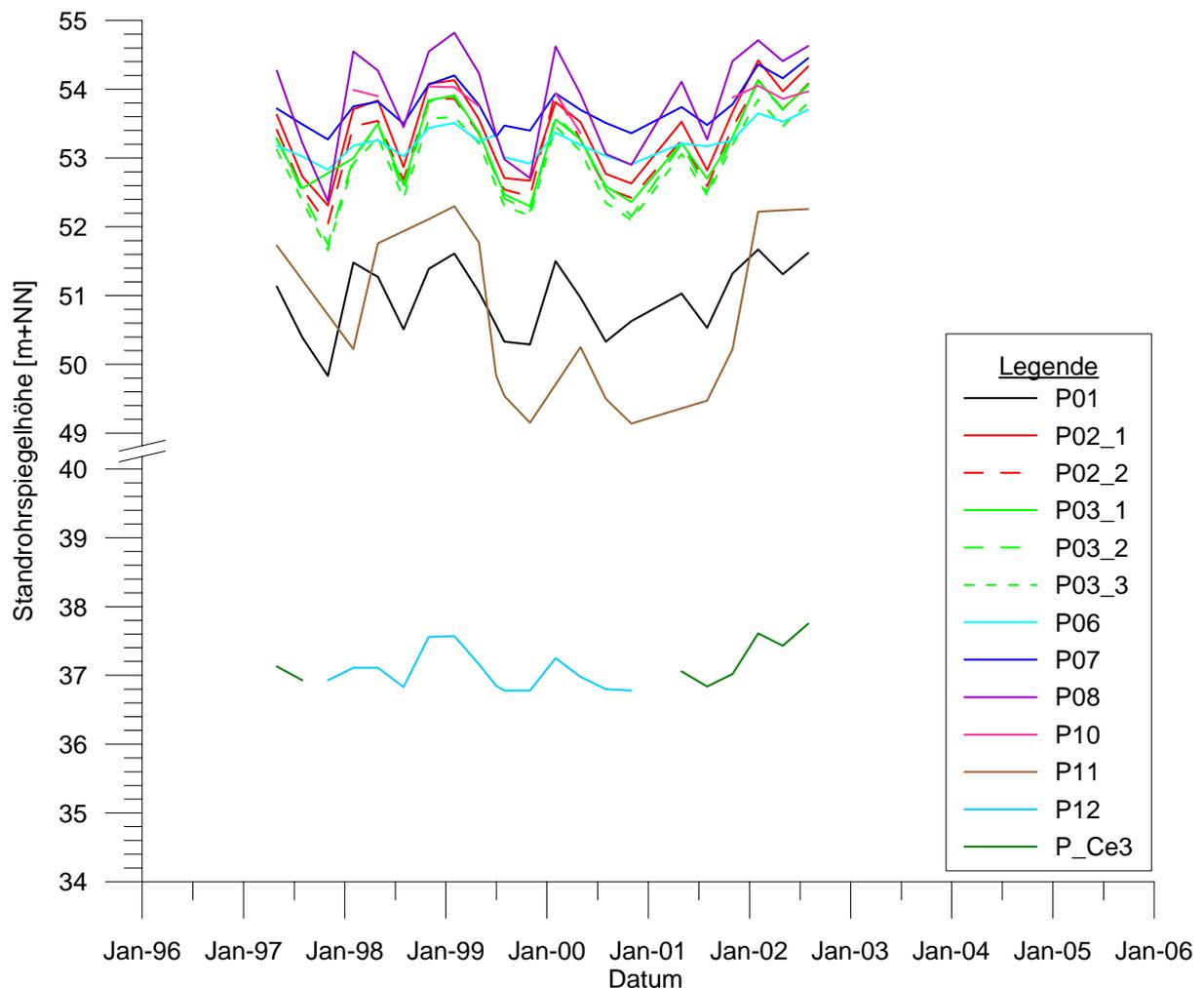


Abb. 2: Grundwasserganglinien GWM P01 – P12

## 4. Ermittlung anfallender grundwasserbürtiger Wassermengen

### 4.1 Methodischer Ansatz

Insgesamt lässt sich festhalten, dass aufgrund der heterogenen geologischen / hydrogeologischen Standortgegebenheiten und damit einhergehender eingeschränkter Datengrundlage nur bedingt Aussagen zu anfallenden Wassermengen und hydraulischen Auswirkungen zu machen sind. Aufgrund dieser Tatsache sind bei der Ermittlung anfallender grundwasserbürtiger Wassermengen unterschiedliche Methodenansätze verwendet worden, die in Zusammenschau eine Abschätzung zulassen.

Zur Ermittlung der grundwasserbürtigen Wassermengen, die im Trassenabschnitt einerseits während der Baumaßnahme und andererseits dauerhaft nach Beendigung der Baumaßnahme anfallen können, sind zwei Berechnungsansätze nach Darcy sowie Wasserbilanzrechnungen auf Basis der Grundwasserneubildung infolge Niederschlag durchgeführt worden.

Die Darcy-Berechnungen beruhen hierbei auf unterschiedlichen Ansätzen. Zum einen wurde der Zustrom entsprechend einer Grabenströmung unter Berücksichtigung der prognostizierten Reichweite ermittelt. Dieser eindimensionale Ansatz erlaubt die Berechnung der Zuströmung unter vereinfachten Randbedingungen für eine Einheitslänge des Trassenabschnitts. Damit ist es möglich, den Zufluss im Geschiebelehm und im Sand getrennt zu berechnen.

Zum anderen wurde zum Vergleich dazu der regionale Zustrom nach Darcy berechnet. Dieser Ansatz wird häufig in der Grundwasserbewirtschaftung verwendet, um überschlägig das Grundwasserdargebot z.B. für eine Trinkwassergewinnungsanlage zu ermitteln. Mit diesem Ansatz wird jedoch nur der regionale Zustrom in die buchtartige Schmelzwassersandverbreitung im zentralen Teil der Trasse berechnet (Bau-km 28+310 – 29+030), da hier die wesentlichen Mengen an Grundwasser anfallen und davon ausgegangen werden muss, dass dieser Zustrom infolge der Baumaßnahme dräniert wird. Ein regionaler Zustrom im Geschiebelehm dürfte dagegen kaum stattfinden bzw. kann mengenmäßig eher vernachlässigt werden.

Es wird davon ausgegangen, dass die Ergebnisse der analytischen Berechnungen nach Darcy kurzzeitig anfallende Wassermengen darstellen, die in der Anfangsphase der Baumaßnahme zu fassen sind. Dieser als maximal anzusehende Wasserandrang reduziert sich in einem Zeitraum von abgeschätzten zwei bis vier Wochen auf die grundwasserneubildungsgesteuerten und dauerhaft zu fassenden Mengen (vgl. Kap. 4.4).

Aufgrund der heterogenen Struktur des geologischen Untergrunds im Bereich des Trassenabschnitts wird davon ausgegangen, dass die langfristige Zuströmung im Wesentlichen niederschlagsgesteuert über die Grundwasserneubildungsrate erfolgt. Es wurden daher Wasserbilanzrechnungen auf Basis der vom NLFB herausgegebenen Karte zur Grundwasserneubildung in Niedersachsen durchgeführt.

#### 4.2 Mengenermittlung nach Darcy, Grabenströmung

Nach Darcy lässt sich überschlägig der Grundwasseranstrom berechnen zu

$$Q = v \cdot A = k_f \cdot i \cdot h \cdot b = T \cdot i \cdot b,$$

wobei **Q** Zustrom, **k<sub>f</sub>** Durchlässigkeitsbeiwert, **i** hydraulischer Gradient, **h** Aquifermächtigkeit, **b** Breite des Fließquerschnitts und **T** Transmissivität bedeutet. Der hydraulische Gradient ist abhängig vom Absenkziel und der anzusetzenden Reichweite. Das Absenkziel ist mit einem Grundwasserspiegel 2 m unter der Gradiente der geplanten Ortsumgehung gegeben. Zur Bestimmung der Reichweite für die sandigen Sedimente werden die Ergebnisse des im August durchgeführten Pumpversuch an der GWM02\_2 verwendet. Dabei wurde infolge einer Grundwasserförderung von 0,5 l/s in der ca. 87 m entfernten GWM01 eine quasistationäre Absenkung von ca. 2 cm erzielt, wobei der Absenkungstrichter als relativ kleinräumig angesehen werden kann. Für die Reichweite wird daher eine Entfernung von 150 m abgeleitet. Die anzusetzende Standrohrspiegelhöhe in dieser Entfernung wird aus dem Grundwassergleichenplan entnommen, wobei zusätzlich nach Niedrigwasser (NW), Mittelwasser (MW) und Hochwasser (HW) unterschieden wird.

In den Bereichen mit sandigen Sedimenten lassen sich unter Zugrundelegung einer mittleren Transmissivität von  $0,002 \text{ m}^2/\text{s}$  die anfallenden Wassermengen pro Meter Trasse berechnen zu:

<b>Schnitt 3-3'</b> (Anlage 2.5)	Absenkziel	unbeeinflusstes GW	Reichweite	Q
	47,0 müNN	51,0 müNN (HW)	150 m	0,053 l/(s·m)
	47,0 müNN	50,3 müNN (MW)	150 m	0,044 l/(s·m)
	47,0 müNN	49,6 müNN (NW)	150 m	0,035 l/(s·m)

<b>Schnitt 4-4'</b> (Anlage 2.6)	Absenkziel	unbeeinflusstes GW	Reichweite	Q
	47,3 müNN	56,1 müNN (HW)	150 m	0,117 l/(s·m)
	47,3 müNN	55,4 müNN (MW)	150 m	0,108 l/(s·m)
	47,3 müNN	54,7 müNN (NW)	150 m	0,099 l/(s·m)

Südlich Bau-km 28+030, im Bereich der BS 17 und BS18, ist mit deutlich größeren Aquifermächtigkeiten zu rechnen. Im Übergangsbereich zur Allerniederung ist der mächtige Geschiebelehm größtenteils ausgeräumt, so dass hier ein durchgängiger Aquifer vorhanden ist, der teilweise Mächtigkeiten von bis zu 60 m erreichen kann. In diesem Bereich kann daher eine geringere Reichweite von 75 m angesetzt werden.

<b>Schnitt 1-1'</b> (Anlage 2.3)	Absenkziel	unbeeinflusstes GW	Reichweite	Q
	42,0 müNN	44,5 müNN (HW)	75 m	0,067 l/(s·m)
	42,0 müNN	43,9 müNN (MW)	75 m	0,051 l/(s·m)
	42,0 müNN	43,2 müNN (NW)	75 m	0,032 l/(s·m)

Für die Bereiche der Geschiebemergelverbreitung (Bau-km 28+030 – 28+310 und 29+030 – 29+970) lassen sich unter Verwendung einer mittleren Transmissivität von  $3,5e-05 \text{ m}^2/\text{s}$  die folgenden Wassermengen berechnen. Analytische Berechnungen eines Absenkungstrichters ergeben bei Verwendung einer mittleren Aquifermächtigkeit von 7 m in einer Entfernung von 15 m Grundwasserabsenkungsbeträge nach 100 Tagen von weniger als 1 cm. In Hinblick auf die Ergebnisse des Pumpversuchs kann auch für die Geschiebelehmverbreitung von einer quasistationären Anströmung innerhalb von 100 Tagen gerechnet werden. Somit wird die Reichweite im Geschiebemergel mit 15 m angesetzt.

<b>Schnitt 6-6'</b> (Anlage 2.8)	Absenkziel	unbeeinflusstes GW	Reichweite	Q
	45,5 müNN	47,1 müNN (HW)	15 m	0,004 l/(s·m)
	45,5 müNN	46,4 müNN (MW)	15 m	0,002 l/(s·m)
	45,5 müNN	45,7 müNN (NW)	15 m	0,001 l/(s·m)

<b>Schnitt 2-2'</b> (Anlage 2.4)	Absenkziel	unbeeinflusstes GW	Reichweite	Q
	43,3 müNN	45,7 müNN (HW)	15 m	0,006 l/(s·m)
	43,3 müNN	45,0 müNN (MW)	15 m	0,004 l/(s·m)
	43,3 müNN	44,4 müNN (NW)	15 m	0,003 l/(s·m)

Die oberflächennah anstehenden **Schmelzwassersande** stehen im Verlauf der Trasse etwa zwischen BS 20 und BS 24 (Bau-km ca. 28+310 – 29+030) an. Bei Berücksichtigung einer Länge von ca. 740 m für diesen Trassenabschnitt fallen hier insgesamt zwischen **ca. 26 l/s (NW) und ca. 87 l/s (HW)** an.

Im südlichen Trassenabschnitt, im Bereich der BS 18 (südlich Bau-km 28+030), ist aufgrund des niedrigeren Absenkziels die anfallende Wassermenge geringer. Hier würden auf dem ca. 200 m langen Abschnitt je nach Grundwassersituation zwischen **ca. 6 l/s (NW) und 14 l/s (HW)** anfallen.

Im Bereich des oberflächennah anstehenden **Geschiebelehms/-mergels** im Trassenabschnitt BS 24 bis RKS 12 (Bau-km 29+030 – 29+970, Länge ca. 940 m) fallen dagegen zwischen **ca. 1 l/s (NW) und ca. 6 l/s (HW)** an. Auf dem kleineren, ca. 280 m langen Abschnitt zwischen BS 19 und BS 20 (Bau-km 28+030 – 28+310) fallen zwischen **ca. 0,3 l/s (NW) und ca. 2 l/s (HW)** an.

Die gemittelten Werte der anfallenden Wassermengen sind in Tabelle 3 zusammengestellt. Es ist bei den analytischen Berechnungen nach Darcy zu bedenken, dass hierbei von einem konstanten linearen hydraulischen Gefälle zwischen dem Absenkziel und der in der angegebenen Reichweite unbeeinflussten Messstelle ausgegangen wird. Des Weiteren wird u.a. ein gespannter Aquifer unendlicher Ausdehnung zugrundegelegt. Da hier davon ausgegangen werden muss, dass diese Annahmen nicht dauerhaft Bestand haben, können diese Mengen lediglich als kurzfristig anfallende Mengen zu Beginn der Baumaßnahme angenommen werden.

#### 4.3 Mengenermittlung nach Darcy, regionaler Zustrom

Entsprechend der regionalen Grundwassersituation erfolgt die Hauptgrundwasserströmung in Richtung der Aller und dies weitgehend innerhalb der sandigen Sedimente. Ein geringer Teilstrom davon fließt in westlicher Richtung auf den Trassenabschnitt zu, wird jedoch aufgrund des nahezu allseits anstehenden, relativ gering durchlässigen Geschiebemergels wieder in Richtung Osten abgeführt und fließt dann wieder in südliche Richtung mit dem Hauptgrundwasserstrom der Aller zu.

Eine Wasserhaltung entlang des Trassenabschnitts würde diesen Teilstrom dauerhaft dränieren. Der Zufluss in Richtung des mittleren Trassenabschnitts (Bau-km 28+310 – 29+030) kann ebenfalls nach Darcy abgeschätzt werden. Die Querschnitts- bzw. Anströmbreite beträgt ca. 600 m (Anlage 2.2, etwa zw. HY 339 und RKS 05). Entsprechend des Grundwassergleichenplans für Mittelwasser (Anlage 3.2) kann im Anstrom das hydraulische Gefälle mit ca. 1,5 % abgeschätzt werden. Geht man dazu von einer Transmissivität in Höhe von 0,002 m<sup>2</sup>/s aus, so beträgt der Grundwasseranstrom auf die Trasse ca.

$$Q = T \cdot i \cdot b = 0,018 \text{ m}^3/\text{s} = 18,0 \text{ l/s.}$$

Diese Menge müsste über die Wasserhaltungsmaßnahme entnommen werden. Ist das hydraulische Gefälle niedriger, fällt entsprechend weniger Grundwasser an. So lässt sich z.B. aus der vom NLFb (2003) herausgegebenen Karte "Lage der Grundwasseroberfläche in Niedersachsen" ein hydraulisches Gefälle im Anstrom von ca. 3 ‰ entnehmen, so dass in diesem Fall der Grundwasserzustrom lediglich ca. 4 l/s beträgt. In Zusammenhang mit den übrigen Berechnungsverfahren erscheint dieser Wert als zu gering.

Im Vergleich beider Berechnungsansätze ist somit mit einem kurzfristigen Wasserandrang bei Mittelwasserverhältnissen zwischen 18,0 l/s und 56,2 l/s auszugehen.

Geht man von ähnlichen Verhältnissen in der Geschiebelehmverbreitung aus, so würde sich die Höhe des regionalen Zustroms bei einer Transmissivität von  $3,5e-05 \text{ m}^2/\text{s}$  und einer Länge des nördlichen Trassenabschnitts (Bau-km 29+030 – 29+970) von ca. 940 m berechnen zu

$$Q = T \cdot i \cdot b = 0,0005 \text{ m}^3/\text{s} = 0,5 \text{ l/s.}$$

Im Vergleich zu dem höher durchlässigen Bereich der Schmelzwassersandverbreitung beträgt der Zustrom hier weniger als 3 %.

#### **4.4 Mengenermittlung auf Basis wasserbilanzieller Betrachtung**

Alternativ wurden die anfallenden Mengen aus der Grundwasserneubildung infolge Niederschlag berechnet. Dabei wurde überschlägig eine Bilanzbetrachtung der Grundwasserneubildung für den Bereich des oberirdischen Einzugsgebiets des Trassenabschnitts durchgeführt. Für die Angabe der Höhe der Grundwasserneubildungsrate wurde auf die vom NLFb herausgegebene digitale Karte zurückgegriffen. Für den betrachteten gesamten Trassenabschnitt wird eine Grundwasserneubildungsrate zwischen 100 mm/a und 300 mm/a angegeben (Anlage 4.2). Die dort angegebenen Werte wurden mit Hilfe des Wasserhaushaltsmodells GROWA05 ermittelt. Das flächendifferenzierte Wasserbilanzmodell berücksichtigt neben den klimatischen Faktoren auch die Landnutzung, Topographie, Geologie, Boden und Oberflächengewässer. Hierbei verstehen sich die „GROWA05-Neubildungsdaten“ als langjährige Mittelwerte.

Die Berechnungen erfolgten GIS-gestützt mit ArcView®. Für die Ermittlung der Mengen für Niedrigwasser- und Hochwasserverhältnisse wurden die Daten nach GROWA05 flächenspezifisch um +/- 50 mm/a variiert. Die Variation wurde aus den Niederschlagsdaten der Station Celle – Wietzenbruch für die Zeitreihe 1980 bis 2003 abgeleitet. Der mittlere Jahresniederschlag beträgt danach 683 mm/a, wobei der mittlere Jahresniederschlag in Trockenjahren bei etwa 543 mm/a und der mittlere Jahresniederschlag in Nassjahren bei etwa 864 mm/a liegt. Unter der Annahme, dass die Grundwasserneubildung etwa ein Drittel des Niederschlags beträgt, ergibt sich eine Schwankung der Grundwasserneubildungsrate um den Mittelwert für Trocken- bzw. Nassjahre um rund 50 mm/a.

Die Trasse wurde für die Betrachtung in einen nördlichen Abschnitt (Anlage 4.2, Teilfläche

Nord, Bau-km 29+030 – 29+970), der im Geschiebelehm verläuft, und in einen südlichen Abschnitt (Anlage 4.2, Teilfläche Süd, Bau-km 27+800 – 29+030), der im Wesentlichen im Sand verläuft, unterteilt. Die versiegelte Fläche der Trasse wurde keine Grundwasserneubildung zugeordnet.

Für die Teilfläche Nord ergibt sich ein rechnerischer mittlerer Zustrom von rd. 13.000 m<sup>3</sup>/a, für die Teilfläche Süd ein mittlerer Zustrom von rd. 82.120 m<sup>3</sup>/a. Da die Grundwasserneubildung über den klimagesteuerten Jahrgang starken Schwankungen unterworfen ist, ist insbesondere bei den Kurzzeitmengen u.E. der doppelte bis dreifache Wert des grundwasserbürtigen Zutritts zur Dimensionierung anzusetzen.

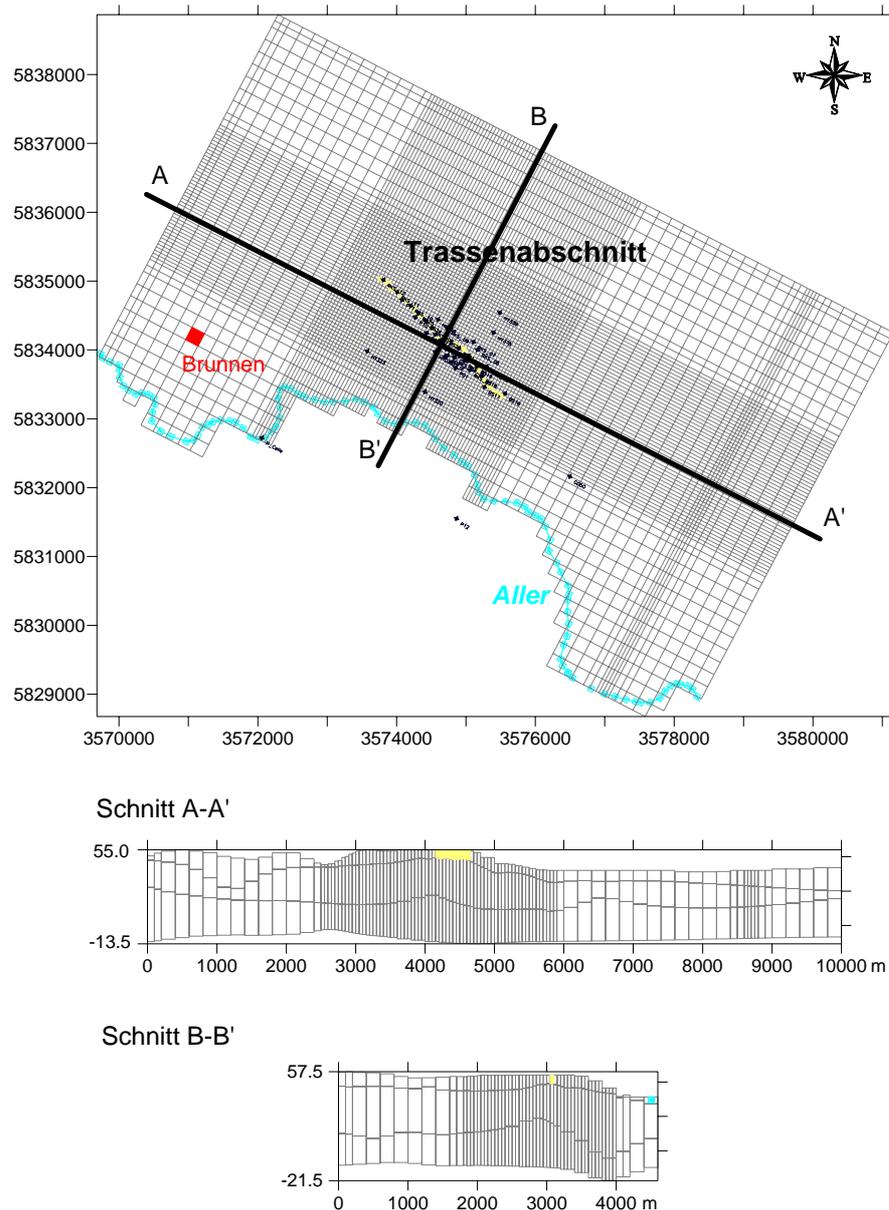
Die Ergebnisse der GIS-Berechnungen sind in Tabelle 3 zusammengestellt.

**Tab. 3: Zusammenstellung der berechneten mittleren Wassermengen**

Wassermengen			NW		MW		HW		
			l/s	m <sup>3</sup> /a	l/s	m <sup>3</sup> /a	l/s	m <sup>3</sup> /a	
<b>Ansätze nach Darcy</b>									
<b>- <u>Grabenströmung</u></b>									
	Bau-km	Länge [m]							<b>Kurzfristige Mengen</b>
<b>Abschnitt Nord</b>									
<b>(Gesch.lehm)</b>	29+030 bis 29+970	940	1,4	44.181	2,9	91.517	4,4	138.853	
<b>Abschnitt Mitte</b>									
<b>(Sand)</b>	28+310 bis 29+030	740	49,6	1.565.257	56,2	1.773.537	62,9	1.984.973	
<b>Abschnitt Süd</b>									
<b>(Gesch.lehm)</b>	28+030 bis 28+310	280	0,5	15.779	0,8	25.246	1,4	44.181	
<b>Abschnitt Süd</b>									
<b>(Sand)</b>	27+800 bis 28+030	200	6,4	201.969	10,2	321.888	13,4	422.872	
<b>- <u>Regionaler Zustrom</u></b>									
<b>Abschnitt Mitte</b>									
<b>(Sand)</b>	28+310 bis 29+030	740			18,0	568.037			
<b>Ansatz nach Grundwasserneubildung</b>									
	Bau-km	Flächenanteil [m <sup>2</sup> ]							<b>Dauerhafte Mengen</b>
<b>Abschnitt Nord</b>									
<b>(Gesch.lehm)</b>	nördlich 29+030	69.426	0,3	9.535	0,4	13.006	0,5	16.478	
<b>Abschnitt Süd</b>									
<b>(Sand/Gesch.lehm)</b>	südlich 29+030	343.188	2,1	64.958	2,6	82.117	3,1	99.277	

#### 4.5 Grundwassermodell

In der Konzeptphase der Projektbearbeitung wurde zur Ermittlung der anfallenden Wassermengen und Berechnung der Grundwasserströmung ein Grundwasserströmungsmodell erstellt (Abb. 3). Der vertikale Modellaufbau basiert dabei auf der Interpretation lokaler und regionaler Bohrinformationen, so dass der geologische Untergrund modellhaft gut nachgebildet werden konnte.



**Abb. 3: Horizontale und vertikale Diskretisierung des Modellgebiets**

Bei der Wahl der Anfangs- und Randbedingungen, die für die Lösung des numerischen Gleichungssystems zwingend erforderlich sind, zeigte sich jedoch, dass aufgrund der heterogenen hydrogeologischen Verhältnisse keine geeigneten Anfangs- und Randbedingungen realisierbar waren, die die tatsächlichen Grundwasserströmungsverhältnisse nachstellen konnten.

ten. Auch pauschale Annahmen hinsichtlich anzusetzender Grundwasserstände konnten die Grundwasserströmung im Trassenabschnitt nicht hinreichend genau reproduzieren.

In Bezug auf die Prognose der Grundwasserströmung während und nach der Baumaßnahme sowie die Ermittlung der anfallenden Wassermengen konnten ebenfalls keine schlüssigen realistischen Ergebnisse berechnet werden. Insgesamt kann daher das Grundwassermodell nicht dazu herangezogen werden, um hinsichtlich der Beantwortung der hier relevanten Fragestellungen zu zielführenden und belastbaren Aussagen zu gelangen.

## 5. Auswirkungen bei Wasserhaltung

Die prognostizierte Reichweite der Absenkung kann der Anlage 4.1 entnommen werden. Sie wurde auf Basis der Pumpversuchsergebnisse abgeleitet. Während des Pumpversuchs an der GWM02\_2 wurde bei einer Förderrate von 0,5 l/s eine quasistationäre Absenkung in der ca. 87 m entfernten GWM01 von ca. 2 cm registriert. Auf Basis dieser Ergebnisse ermittelt sich die Reichweite der Absenkung für die sandigen Sedimente zu etwa 150 m.

Im zentralen Abschnitt der Trasse reicht der Absenkungsbereich in östlicher Richtung somit nicht bis an die bestehende Bebauung heran. Der theoretische Absenkungsverlauf ist zusätzlich in zwei geohydraulischen Schnitten (3a-3b und 4a-4b) in den Anlagen 5.2 und 5.3 dargestellt. Lediglich im Bereich der RKS 05 stößt der Rand der Absenkung an die Bestandsbebauung heran, wobei die prognostizierte Absenkung hier gegen Null tendieren sollte. Eine weitere Ausnahme stellt die Gärtnerei dar, die zum Teil im Bereich des zu erwartenden Absenkungstrichters liegt. Die Reichweite von 150 m erreicht hier voraussichtlich das Gebäude, das sich zentral auf dem Grundstück befindet. Nach der theoretischen Berechnung des Absenkungsverlauf (Anlage 5.3) kann im westlichen Bereich des bestehenden Gärtnereigebäudes (auf Höhe der RKS 09) von einer Grundwasserabsenkung in Höhe von weniger als einem Dezimeter ausgegangen werden. Die prognostizierte Absenkung liegt damit jedoch deutlich unterhalb der natürlichen Grundwasserschwankungen, wie sie sich an den verwendeten Messstellen des Straßenbauamts zeigen (vgl. Abb. 2).

Auf der Westseite des zentralen Abschnitts der Trasse (westlich Bau-km 28+310 – 29+030) wird die Reichweite der Grundwasserabsenkung bis an den Geschiebelehm-/mergel heranreichen. Insofern ist gem. Anlage 4.1 die innerhalb dieses Teilbereichs liegende Bebauung von einer potentiellen Absenkung betroffen. Der Aquifer ist in diesem Bereich nach Bauwerksauffahrung ein nahezu geschlossener Grundwasserkörper, der lediglich durch Grundwasserneubildung infolge Niederschlag und gegebenenfalls geringfügig durch Zusickerung aus der angrenzenden Geschiebelehm-/Geschiebemergelverbreitung gespeist wird. Auf einer Fläche von 97.700 m<sup>2</sup> fallen in diesem Teilbereich im langjährigen Jahresmittel rd. 22.000 m<sup>3</sup>/a an. Diese Menge steht im Gleichgewicht mit der über den Bauwerksabschnitt abzuführenden Wassermenge. Im Grundsatz ergibt sich eine theoretische Ausbildung der Grundwasserabsenkung wie auf der östlichen Seite des Trassenabschnitts. Da die Absenkung jedoch gegen einen gering durchlässigen Rand stößt, ist nach Strömungstheorie bei gleichen Voraussetzungen für die betreffende Westseite in gleichen Entfernungen mit einer

doppelten Grundwasserabsenkung zu rechnen. Zudem muss zwingend berücksichtigt werden, dass die Grundwasserneubildung erheblichen saisonalen Schwankungen unterlegen ist. Bedingt durch diese kurzzeitigen Schwankungen können daher die Absenkbeträge in diesem Teilbereich auch mehrere Meter erreichen. Insbesondere ist davon die Bestandsbebauung betroffen, die sich im Übergangsbereich Sand/Geschiebelehm befindet.

Für den südlichen Trassenabschnitt südlich Bau-km 28+030 (südlich der BS19) ergeben sich Reichweiten von max. 75 m, die sich gem. Anlage 4.1 zum Süden des Einschnittes deutlich reduzieren. Südlich der BS18 liegen die Grundwasserstände bereits unter dem Absenkziel (vgl. Anlage 2.3).

In der Geschiebelehm-/Geschiebemergelverbreitung (Trassenabschnitte Bau-km 28+030 – 28+310 und 29+030 – 29+970) ist mit deutlich geringeren Reichweiten zu rechnen. Aufgrund der geringen Durchlässigkeitsbeiwerte bzw. Transmissivitäten kann hier von einer Reichweite von 15 m ausgegangen werden. Innerhalb dieser prognostizierten Reichweite ist gem. Kartengrundlage keine Bestandsbebauung vorhanden.

Die Auswirkungen der Wasserhaltung auf das GW-Strömungsregime ist in der Anlage 5.1 in Form eines Grundwassergleichensplans dargestellt. Die Darstellung der prognostizierten Potentialverteilung beruht hierbei lediglich auf mittleren Grundwasserständen, da für diese Strömungsverhältnisse die höchste Datenbelastbarkeit vorliegt.

Im Bereich des zentralen Trassenabschnitts wird sich aufgrund der Wasserhaltung eine auf die Trasse gerichtete Grundwasserströmung einstellen. Es wird davon ausgegangen, dass außerhalb der Reichweite das prinzipielle Gefälle der Standrohrspiegelhöhen nach Südosten und die Hauptströmung in Richtung Aller bestehen bleiben.

## **6. Möglichkeiten der Wasserableitung**

Grundsätzlich besteht im Bereich des geplanten Trassenabschnitts die Möglichkeit, das anfallende Wasser über Kanalisation oder eine Vorflut abzuführen. Im Norden existiert der etwa 85 m nördlich des Aussageabschnitts gelegene Vorwerker Bach, der in südwestliche Richtung fließend der Aller tributär ist. Eine weitere Möglichkeit stellt der rd. 400 m südlich gelegene, in die Lachte mündende sog. Freitagsgaben dar. Beide Vorfluter dürften auf Basis überschlägiger Berechnungen hinsichtlich ihrer Abflusskapazitäten in der Lage sein, die in Kap. 4 dargestellten anfallenden Wassermengen abzuführen.

Insbesondere für die Abführung der Spitzenabflüsse sind zur Überprüfung der Aussagen gesonderte Berechnungen zur Abflussleistung und zum Aufstau erforderlich. Hierfür ist eine Aufnahme der aktuellen Vorflutcharakteristik (Geometrie und Mengen) erforderlich.

Die Aussagen gelten ungeachtet der Beschaffenheit des abzuführenden Wassers.

## 7. Auswirkungen bei Trogbau-Variante

Bei der Realisierung des Einschnitts mittels wasserdichtem Trogbauwerk sind im Wesentlichen drei Betrachtungsräume innerhalb der Schmelzwassersandverbreitung von besonderer Bedeutung (Anlage 6, Teilgebiete A, B und C). Mit Blick auf die Anlage 2.3 ist zu erkennen, dass das wasserdichte Trogbauwerk zwischen BS 24 und BS 19 (Bau-km 28+075 – 29+030) in den Geschiebemergel einbindet. Dies hat zur Folge, dass die hydraulische Kopplung zwischen den in Anlage 6 dargestellten Teilgebieten A und B dauerhaft unterbrochen wird. Für das Teilgebiet A kann ein potentieller Abstrom nur äußerst unterdrückt über die Wasserwegsamkeiten innerhalb der Geschiebelehm-/Geschiebemergelverbreitung erfolgen. Aufgrund dieser Gegebenheiten muss klimabedingt auch mit einer flächenhaften Grundwasserspiegelanhebung bei ausgeprägten Nassphasen gerechnet werden.

Im Falle von länger anhaltenden Trockenperioden gelten für die Absenkung des Grundwassers sinngemäß die unter Kap. 5 beschriebenen Aussagen.

Eine Aufspiegelung des Grundwassers im Teilgebiet B infolge des Grundwasseranstroms aus östlicher Richtung kann vernachlässigt werden, da die prinzipielle Strömungssituation grundsätzlich erhalten bleibt.

Die Auswirkungen der Trogbauvariante auf den Grundwasserspiegel im Teilgebiet C kann ebenfalls als vernachlässigbar angesehen werden, da das Bauwerk hier nur eine geringfügige Reduzierung des durchflusswirksamen Grundwasserleiterquerschnitts zur Folge hat.

## 8. Bauabschnitt Bau-km 27+800 bis km 28+560

Es ist geplant, die Trasse in einem ersten Bauabschnitt von km 27+800 bis km 28+560 zu errichten. Dieser Trassenabschnitt verläuft von Süden her kommend im Niederungsbereich der Aller und wechselt dann in den Geestbereich, wobei die Schmelzwassersandablagerungen mit durchlässigeren Sanden und Kiesen dominieren. Auf einer Strecke von ca. 280 m stehen zwischen ca. km 28+030 und ca. km 28+310 drenthezeitliche Grundmoränenablagerungen mit geringer durchlässigem Geschiebelehm/-mergel an.

Aus den Berechnungen nach Darcy der anfallenden Grundwassermengen (vgl. Kap. 4) ergibt sich für mittlere Grundwasserstände ein Zufluss in der Schmelzwassersandverbreitung des nördlichen Teilabschnitts (km 28+310 – km 28+560) von 0,044 l/(s·m), daraus ergibt sich ein Zufluss für diesen Abschnitt von ca. 11 l/s. Für den südlichen Abschnitt (km 27+800 – km 28+030) ergibt sich ein mittlerer Zufluss von 0,051 l/(s·m), bzw. ca. 12 l/s.

Der Zufluss im Geschiebelehm ist deutlich geringer. Unter den angegebenen Voraussetzungen beträgt der mittlere Zufluss für diesen Abschnitt (km 28+030 – km 28+310) ca. 0,003 l/(s·m), bzw. ein Gesamtzufluss von ca. 0,8 l/s.

Aus der wasserbilanziellen Betrachtung über die Grundwasserneubildung ergibt sich bei ei-

ner mittleren Grundwasserneubildungsrate von 240 mm/a (Anlage 4.2) und einer grundwasserneubildungsrelevanten Fläche von ca. 190.000 m<sup>2</sup> insgesamt ein Zufluss von ca. 45.600 m<sup>3</sup>/a. Hiervon entfällt auf den Flächenanteil der Geschiebelehm-/ Geschiebemergelverbreitung (ca. 21.000 m<sup>2</sup>) eine Jahresrate in Höhe von ca. 5.000 m<sup>3</sup>/a. Somit teilt sich der Gesamtzufluss in der Schmelzwassersandverbreitung und in der Geschiebelehm-/ Geschiebemergelverbreitung in Anteilen zu ca. 90% und ca. 10% auf.

Von einer Grundwasserabsenkung infolge einer Wasserhaltungsmaßnahme ist in diesem Teilabschnitt der Trasse nur wenig Bestandsbebauung betroffen. Östlich der Trasse, im Bereich der RKS 05 stößt der Rand der Absenkung an die Bebauungsgrenze, wobei die prognostizierte Absenkung hier gegen Null tendieren sollte. Westlich der Trasse befindet sich zum einen die südliche Bebauung der Nöldekestraße nahe der Grundwassermessstelle P03 im Bereich der prognostizierten Grundwasserabsenkung, die wie in Kap. 5 beschrieben im ungünstigen Fall mehrere Meter erreichen können.

Zum zweiten ist die Bebauung im Fasanenweg nahe der Bohrung RKS 01 von einer potentiellen Grundwasserabsenkung betroffen. Die Absenkbeträge werden hier auf wenige Dezimeter abgeschätzt.

## 9. Zusammenfassende Bewertung, Fazit

Unter den in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen Einschränkungen können folgende Aussagen gemacht werden:

Der geplante Trassenabschnitt für die Ortsumgehung Celle im Zuge der B3 (Mittelteil) verläuft im südlichen Bereich in einer Schmelzwassersandverbreitung (Bau-km 27+800 – 29+030), die von einem Ausbiss drenthezeitlichen Geschiebelehm-/mergels durchbrochen wird (Bau-km 28+030 – 28+310). Im weiteren nördlichen Verlauf, ab Bau-km 29+030, steht ebenfalls flächenhaft eine Geschiebelehm-/Geschiebemergelverbreitung an. Aufgrund der höheren hydraulischen Durchlässigkeit ist im Sand mit deutlich größeren Zuflussmengen während und nach der Baumaßnahme zu rechnen.

Aufgrund der heterogenen geologischen Struktur wird davon ausgegangen, dass der Zufluss im Wesentlichen über die Grundwasserneubildung infolge Niederschlag gesteuert wird. Für die dauerhaft anfallenden Grundwassermengen kann der mittlere Gesamtzufluss in der Schmelzwassersandverbreitung (km 27+800 – 29+030) in Höhe von ca. 82.000 m<sup>3</sup>/a abgeschätzt werden.

Im Geschiebelehm des nördlichen Trassenabschnitts, nördlich Bau-km 29+030, errechnet sich der Zufluss zu 13.000 m<sup>3</sup>/a.

Im gesondert betrachteten Bauabschnitt von km 27+800 bis km 28+560 beträgt der Gesamtzufluss ca. 45.600 m<sup>3</sup>/a.

Die Auswirkungen einer Wasserhaltung auf benachbarte Grundwasserstände kann innerhalb der Geschiebelehm-/Geschiebemergelverbreitung als eher gering angesehen werden. Innerhalb dieser bindigen Sedimente ist nur sehr untergeordnet von zusammenhängenden Grundwasserkörpern auszugehen. Die Reichweite der Absenkung wird in diesem Bereich auf etwa 15 m beidseitig der Trasse abgeschätzt.

Im mittleren Aussageabschnitt, im Bereich der Schmelzwassersandverbreitung (km 28+310 – 29+030, etwa zw. BS24 und BS20), ergibt sich auf der Ostseite eine prognostizierte Reichweite von etwa 150 m. Auf der Westseite wird die Reichweite der Grundwasserabsenkung bis an die Geschiebelehm-/ Geschiebemergelverbreitung heranreichen. Für den südlichen Trassenabschnitt (südlich km 28+030 bzw. südlich der BS19) ergeben sich Reichweiten von max. 75 m, die sich zum Süden des Einschnittes deutlich reduzieren, da hier die Grundwasserstände teilweise unter dem Absenkziel liegen.

Auf der östlichen Seite des Trassenabschnitts liegt lediglich ein Teil der Gärtnerei im Bereich der prognostizierten Grundwasserabsenkung. Die Höhe der Absenkung kann theoretisch für das zentral auf dem Grundstück befindliche Gärtnereigebäude mit weniger als einem Dezimeter abgeschätzt werden. Im Bereich der RKS 05 stößt der Rand der Absenkung an die dortige Bestandsbebauung heran, wobei die prognostizierte Absenkung hier gegen Null tendieren sollte.

Westlich der Trasse wird die Absenkung im Schmelzwassersandbereich an den Ausbiss bzw. Verzahnungsbereich der Geschiebelehm-/mergelverbreitung heranreichen. Insofern ist die Bestandsbebauung im Übergangsbereich Sand/Geschiebelehm westlich der Trasse von einer potentiellen Absenkung betroffen. Unter Berücksichtigung saisonaler und somit kurzzeitiger Schwankungen in der Bilanzgröße Grundwasserneubildung können Grundwasserabsenkungen von mehreren Metern nicht ausgeschlossen werden. Die Fortsetzung dieser Absenkung reicht analog wie für den nördlichen Trassenabschnitt beschrieben 15 m in den Geschiebelehmausstrich hinein.

Die Ableitung des anfallenden Wassers kann im Bereich des geplanten Trassenabschnitts grundsätzlich über die Kanalisation und/oder die Vorfluter Vorwerker Bach bzw. Freitagsgaben erfolgen. Nach überschlägigen Berechnungen reichen die Abflusskapazitäten der genannten Vorfluter aus. Insbesondere für die Abführung der Spitzenabflüsse sind zur exakten Überprüfung jedoch gesonderte Berechnungen zur Abflussleistung und zum Aufstau erforderlich. Hierfür ist eine Aufnahme der aktuellen Vorflutcharakteristik (Geometrie und Mengen) erforderlich. Die Aussagen gelten ungeachtet der Beschaffenheit des abzuführenden Wassers.

Bei der Realisierung des Einschnitts mittels wasserdichtem Trogbauwerk bindet das Bauwerk zwischen BS 24 und RKS 19 (Bau-km 28+075 – 29+030) in den Geschiebemergel ein. Hierdurch wird zwischen Trogbauwerk und dem westlichen Geschiebelehm-/mergelausstrich ein abgetrennter Grundwasserkörper erzeugt. Die Verteilung der Grundwasserstände wird daher im Wesentlichen über die Grundwasserneubildung infolge Niederschlag gesteuert. Der

Abstrom erfolgt äußerst unterdrückt über die Wasserwegsamkeiten innerhalb der Geschiebelehm-/ Geschiebemergelverbreitung. Klimabedingt muss daher mit einer flächenhaften Grundwasserspiegelanhebung bei ausgeprägten Nassphasen gerechnet werden. Bei längerfristigen Trockenperioden sind auch flächenhafte Grundwasserstandsabsenkungen gleichermaßen wahrscheinlich.

Eine Aufspiegelung des Grundwassers östlich der Trasse infolge eines weiterhin existierenden Grundwasseranstroms aus dieser Richtung kann bei Realisierung des Trogbauwerks vernachlässigt werden, da die prinzipielle Strömungssituation grundsätzlich erhalten bleibt.

ROGGE & Co. GmbH  
- Hydrogeologie -

Garbsen, den 08.11.2005

Dr. Axel Rogge  
(Geschäftsführer)

ROGGE & Co. GmbH  
- Hydrogeologie -  
Bearbeiter  
Garbsen, den 08.11.2005

Ralf Ronschke  
(Dipl.-Geol.)

Axel Voss  
(Dipl.-Bauing.)