

Projekt:

## **Sicherung der Trinkwasserversorgung des ZV WV Stadtprozeltenener Gruppe**

### **Erkundungsmaßnahmen bei Breitenbrunn 2006 / 2007 Hydrogeologisches Gutachten**

Auftraggeber:

**ZV WV Stadtprozeltenener Gruppe  
Hauptstraße 132  
97909 Stadtprozelten**

# I. Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>1. Veranlassung, Aufgabenstellung</b>	<b>1</b>
<b>2. Erkundungsmaßnahmen bei Breitenbrunn 2006 / 2007</b>	<b>3</b>
2.1 Ursprünglicher Untersuchungsansatz	3
2.2 Durchgeführte Erkundungsmaßnahmen	4
2.3 Einmessdaten	5
<b>3. Hydrogeologische Erkundungsergebnisse</b>	<b>6</b>
3.1 Bohrergebnisse, Bohrprofile, GwLeiter	6
3.1.1 Versuchsbohrung VB 2c	6
3.1.2 Versuchsbohrung VB 2b	7
3.1.3 GwMessstelle GWM 1	8
3.1.4 GwMessstellen GWM 2 und 2a	8
3.1.5 GwLeiter	9
3.1.6 Verbreitung und Schutzfunktion von Deckschichten	9
3.2 Pumpversuchsergebnisse	10
3.2.1 Geohydraulische Kennwerte, GwFließgeschwindigkeiten	10
3.2.2 Voraussichtliche Brunnenergiebigkeiten	12
3.3 GwStände, GwFließrichtung	12
3.4 GwQualität	14
3.5 Abschnittsweise Abflussmessungen Faulbach	17
<b>4. Aktualisierung des numerischen Grundwassermodells und verbesserte Modellprognosen</b>	<b>18</b>
4.1 Ansätze für die Modellfortschreibung	18
4.2 Anpassung und Nachkalibrierung des GwModells	19
4.2.1 Anpassung des GwModells	19
4.2.2 Nachkalibrierung des GwModells	19
4.2.3 Ergebnisse der Modellkalibrierung	20
4.2.3.1 Anpassungsgüte	20
4.2.3.2 Berechnete Verteilung der geohydraulischen Parameter	21
4.2.3.3 Großräumiges GwStrömungsbild	21
4.2.3.4 Berechnete GwBilanz	22
4.2.3.5 Instationäre Berechnung der Pumpversuche	23
4.2.4 Zusammenfassende Bewertung der Modellanpassung	24
4.3 Ergänzende Modellrechnungen - Erschließungsszenarien	25
4.3.1 Berechnungsansätze, Entnahmeszenarien	25
4.3.2 Szenario E1 – GwEntnahme von je 8 l/s aus dem Buntsandstein (VB 2b) und aus dem Quartär (VB 2c)	27
4.3.3 Szenario E2a – GwEntnahme von 16 l/s aus dem Buntsandstein (VB 2b)	27
4.3.4 Szenario E2b – GwEntnahme von 12 l/s aus dem Quartär (VB 2c) und 4 l/s aus dem Buntsandstein (VB 2b)	28

4.3.5	Szenario E3 – Spitzenentnahme: 16 l/s aus dem Buntsandstein (VB 2b) und 12 l/s aus dem Quartär (VB 2c)	28
4.4	Bewertung der Prognoserechnungen im Hinblick auf den zukünftigen Brunnenbetrieb	29
<b>5.</b>	<b>Aktualisierung des WSG-Konzeptes</b>	<b>30</b>
<b>6.</b>	<b>Schlussfolgerungen für die zukünftige Trinkwassergewinnung und Empfehlungen zum weiteren Vorgehen</b>	<b>33</b>
<b>7.</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>35</b>

• **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 2-1:	Lage und Ansatzhöhen der Bohrungen und GwMessstellen	5
Tabelle 3-1:	Geohydraulische Kennwerte ermittelt aus Pumpversuchsdaten	10
Tabelle 3-2:	Einschätzung der voraussichtlichen Brunnenergiebigkeiten	12
Tabelle 3-3:	GwStände SE' von Breitenbrunn – Stichtagsmessung 06.02.2007	12
Tabelle 3-4:	Wesentliche Ergebnisse der chemisch-technischen GwAnalysen von den Versuchsbohrungen VB 2b und 2c	15
Tabelle 3-5:	Zusammenstellung wesentlicher hydrochemischer Parameter von den Versuchsbohrungen VB 2b und 2c sowie GWM 2	16
Tabelle 4-1:	Untersuchte Erschließungsszenarien (Modellszenarien)	26
Tabelle 5-1:	Bemessungsansätze für die WSG-Abgrenzung	32

---

## II. Anlagenverzeichnis

---

- Anlage 1**      **Luftbild mit Darstellung der Bohrpunkte, GwMessstellen und GwGleichen, Stand 06.02.2007, M 1:10.000**
- 
- Anlage 2**      **Bohrprofile, Ausbau- und Verfüllpläne**
- Anlage 2.1      Versuchsbohrung (VB) 2c
- Anlage 2.2      Versuchsbohrung (VB) 2b
- Anlage 2.3      GwMessstelle (GWM) 1
- Anlage 2.4      GwMessstelle (GWM) 2 / 2a
- 
- Anlage 3**      **Versuchsbohrungen und Grundwassermessstellen südöstlich von Breitenbrunn - Hydrogeologische Auswertung der Bohrprofile, Pumpversuche und geophysikalischen Bohrlochmessungen**
- 
- Anlage 4**      **Dokumentation und Auswertung von Pumpversuchsdaten**
- Anlage 4.1      Versuchsbohrung (VB) 2b – Pumpversuch im offenen Bohrloch (Buntsandstein)
- Anlage 4.2      Versuchsbohrung (VB) 2c – Pumpversuch im ausgebauten Bohrloch (Quartär)
- Anlage 4.3      GWM 1 – Pumpversuch im ausgebauten Bohrloch (Buntsandstein)
- Anlage 4.4      GWM 2 – Pumpversuch im ausgebauten Bohrloch (Quartär)
- 
- Anlage 5**      **Hydrochemische Grundwasseruntersuchungen**
- Anlage 5.1      Versuchsbohrung (VB) 2b – Analyse vom 06.12.2006 (Pumpversuch im offenen Bohrloch; Buntsandstein-Grundwasser)
- Anlage 5.2      Versuchsbohrung (VB) 2c – Analyse vom 23.10.2006 (Pumpversuch im ausgebauten Bohrloch; Quartär-Grundwasser)
- Anlage 5.3      Mischbarkeitsberechnung anhand der Analysenergebnisse vom 06.12.2006 (VB 2b; Buntsandstein) und 23.10.2006 (VB 2c; Quartär)
- Anlage 5.4      GWM 2 – Analyse vom 01.02.2007 (Pumpversuch im ausgebauten Bohrloch; Quartär-Grundwasser)

- Anlage 6 Darstellungen zur Aktualisierung des numerischen Grundwassermodells**
- Anlage 6.1 Darstellung des GwModellnetzes im Bereich Grohberg und geohydraulische Wirksamkeit des Faulbachs, M 1:10.000
- Anlage 6.2 Darstellungen der Buntsandstein-Oberfläche im Bereich Grohberg, M 1:100.000 und MdL 1 : 30.000
- Anlage 6.3 Vergleich der berechneten und gemessenen Schüttungen bzw. Abflüsse sowie berechnete und gemessene GwStände
- Anlage 6.4 Eichzustand – Berechnete GwStrömungsverhältnisse, Stand 06.02.2007 – Berechnete GwGleichenpläne, M 1:75.000
- Anlage 6.5 Instationäre Berechnung der Pumpversuche an den Versuchsbohrungen 2b und 2c
- Anlage 6.6 Horizontale und vertikale Kf-Wert-Verteilung der Modellschicht 2, Mittlerer Buntsandstein und Quartär im Bereich des Grohbergs, M 1:75.000
- Anlage 6.7 Horizontale Kf-Wert-Verteilung Modellschicht 3, Unterer Buntsandstein, M 1:75.000
- Anlage 7 Aktualisierte Prognoserechnungen (GwModellrechnungen)**
- Anlage 7.1 Szenario E1: Entnahme von 16 l/s gleichmäßig verteilt aus dem Buntsandstein (VB 2b; 8 l/s) und aus dem Quartär (VB 2c; 8 l/s)**
- Anlage 7.1.1 Übersichtlageplan mit GwGleichen und Bahnlinien, M 1:50.000
- Anlage 7.1.2 Detaillageplan mit GwGleichen und Bahnlinien, M 1:10.000
- Anlage 7.1.3 Luftbild mit 50-Tage-Zone, M 1 : 10.000
- Anlage 7.2 Szenario E2a: Entnahme von 16 l/s nur aus dem Buntsandstein (VB 2b)**
- Anlage 7.2.1 Übersichtlageplan mit GwGleichen und Bahnlinien, M 1:50.000
- Anlage 7.2.2 Detaillageplan mit GwGleichen und Bahnlinien, M 1:10.000
- Anlage 7.2.3 Luftbild mit 50-Tage-Zone, M 1 : 10.000
- Anlage 7.3 Szenario E2b: Entnahme von 4 l/s aus dem Buntsandstein (VB 2b) und 12 l/s aus dem Quartär (VB 2c)**
- Anlage 7.3.1 Übersichtlageplan mit GwGleichen und Bahnlinien, M 1:50.000
- Anlage 7.3.2 Detaillageplan mit GwGleichen und Bahnlinien, M 1:10.000
- Anlage 7.3.3 Luftbild mit 50-Tage-Zone, M 1 : 10.000
- Anlage 7.4 Szenario E3: Spitzenentnahme von 28 l/s wie folgt verteilt: 16 l/s aus dem Buntsandstein (VB 2b) und 12 l/s aus dem Quartär (VB 2c) – instationäre Berechnung; Darstellung der Ergebnisse für den 50. Zeitschritt (bzw. nach 50 Tagen)**
- Anlage 7.4.1 Übersichtlageplan mit GwGleichen und Bahnlinien, M 1:50.000
- Anlage 7.4.2 Detaillageplan mit GwGleichen und Bahnlinien, M 1:10.000

- Anlage 8**            **Berechnung der Gesamtschutzfunktion der Deckschichten nach HÖLTING et al.**
- Anlage 9**            **Aktualisiertes WSG-Konzept für die Brunnenstandorte VB 2b und VB 2c**
- Anlage 9.1            Übersichtslageplan mit GwGleichen und Bahnlinien für das Szenario E1 und mit vorgeschlagenen WSG-Grenzen, M 1:25.000
- Anlage 9.2            Lageplan mit GwGleichen und Bahnlinien für das Szenario E1 und vorgeschlagenen WSG-Grenzen, M 1:10.000
- Anlage 9.3            Luftbild mit 50-Tage-Zonen für das Szenario E3 und vorgeschlagenen WSG-Grenzen, M 1:10.000
- Anlage 9.4            Schutzfunktion der GwÜberdeckung nach Rehse für die Standorte VB 2b und VB 2c
- Anlage 10**           **Kostenschätzung für die weiteren TwErschließungsmaßnahmen**

---

### III. Verzeichnis der verwendeten Unterlagen

---

- /1/ Sicherung der Trinkwasserversorgung des ZV WV Stadtprozelener Gruppe – Klärung der Neuerschließungsmöglichkeiten und modellgestützte Ermittlung möglicher Brunnenstandorte, Hydrogeologisches Gutachten (PNr. 05084/1)  
HG Büro für Hydrogeologie und Umwelt GmbH, Gießen, April 2006
  
- /2/ Versuchsbohrungen (VB) 2b und 2c südöstlich von Breitenbrunn – Dokumentation, Hydrogeologischer Bericht  
HG Büro für Hydrogeologie und Umwelt GmbH, Gießen, Dezember 2006
  
- /3/ Geologische Karte M 1:25.000, Blatt Nr. 6122 Bischbrunn  
Bayerisches Geologisches Landesamt, München, 1984
  
- /4/ Konzept zur Ermittlung der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung  
B. Hölting et al., Geol. Jb. C. Heft 63, Hannover, 1995
  
- /5/ Leitlinien Wasserschutzgebiet für die öffentliche Wasserversorgung - Materialien Nr. 55 (Entwurf)  
Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft, München, Juli 2005
  
- /6/ DVGW-Regelwerk W 101, technische Regel Arbeitsblatt W 101 – Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete; I. Teil: Schutzgebiete für Grundwasser  
DVGW, Bonn, Juni 2006

---

## 1. Veranlassung, Aufgabenstellung

---

Der **ZV WV Stadtprozeltenener Gruppe** benötigt baldmöglichst eine **Ersatzversorgung für die Quelfassungen oberhalb von Breitenbrunn**, wobei grundsätzlich eine Brunnenbasierte GwFörderung anzustreben ist. Vor diesem Hintergrund wurden im Frühjahr 2006 hydrogeologische Untersuchungen zur Ermittlung geeigneter Brunnenstandorte durchgeführt. Das entsprechende **Gutachten /1/** kommt zu dem Schluss, dass etwa 1 km südöstlich des Maschinenhauses in Breitenbrunn hydrogeologisch günstige Brunnenstandorte anzunehmen sind, für die auch ein wirksames Wasserschutzgebiet ausgewiesen werden könnte. Empfohlen wird in /1/ eine **Brunnendoublette an den Standorten 2b und 2c** östlich des Grohbergs; auch die Fachbehörden begrüßen eine solche Grundkonfiguration für die zukünftige TwVersorgung.

Der in /1/ ausgewählte resp. empfohlene Bohrbereich östlich des Grohbergs liegt in einer alten Mainschleife, in der aus hydrogeologischen Gründen eine tief reichende Auflockerung des Gebirges anzunehmen ist bzw. war, was bei dem gegebenen großen GwEinzugsgebiet ergiebige Brunnen erwarten lässt. 1980 wurden westlich des Grohbergs durch das BLfW unter vergleichbaren hydrogeologischen Gegebenheiten sehr ergiebige Versuchsbohrungen (Erkundungsbohrungen A und B) niedergebracht. Dennoch ist es in Festgesteinsgebieten – ursprünglich war eine GwErschließung in den Buntsandstein-Schichten geplant – auch unter (theoretisch) günstigen hydrogeologischen Bedingungen zur Begrenzung des Erschließungsrisikos erforderlich, im Vorfeld von Brunnenbohrungen zunächst **Versuchsbohrungen** durchzuführen. Dies erfolgte im Spätsommer/Herbst 2006 an den (potentiellen) Brunnenstandorten 2b und 2c gemäß /1/.

Die Versuchsbohrungen an den Standorten 2b und 2c erbrachten teilweise etwas andere Ergebnisse als dies im Frühjahr 2006 resp. gemäß dem Gutachten /1/ erwartet worden war. In Folge dessen war im **Spätherbst 2006** eine **Modifizierung des Erkundungsprogramm** erforderlich; diese erfolgte in Abstimmung mit den Fachbehörden.

Aufgrund der im Spätherbst 2006 vorliegenden Ergebnisse zeigte sich, dass neben dem Buntsandstein auch die dem Buntsandstein unmittelbar auflagernden quartären Lockergesteine (Sande, Kiese) für eine TwErschließung östlich des Grohbergs in Frage kommen. Um dies im Hinblick auf die weitere Planung abgesichert zu klären, waren – ausgehend von den Ergebnissen der Versuchsbohrungen VB 2b und VB 2c – folgende **zusätzliche Maßnahmen** erforderlich:

- **Erkundung der GwVerhältnisse im Quartär** im (potentiellen) GwEinzugsgebiet möglicher Brunnen an den Standorten VB 2b und VB 2c durch zusätzliche GwMessstellen und Kurzpumpversuche.
- **Aktualisierung des GwModells** in /1/ anhand dieser Erkundungsdaten und **Überprüfung** des ursprünglichen WSG-Konzeptes unter Berücksichtigung einer möglichen

TwErschließung im Quartär – das **WSG-Konzept** in /1/ geht von einer reinen Bunt-sandstein-Erschließung aus.

- **Abschließende Empfehlung für die zukünftige TwErschließung südöstlich von Breitenbrunn** und den zukünftigen Brunnenbetrieb auf der Grundlage dieser Erkundungsergebnisse.

Die Ergebnisse der Erkundungsmaßnahmen 2006 / 2007, die auf dieser Basis erfolgte Verbesserung des numerisches GwModells, einschließlich der verbesserten Modellprognose für den zukünftigen Brunnenbetrieb, und die abschließenden diesbezüglichen gutachterlichen Empfehlungen werden hiermit vorgelegt.

Die Kenntnis des Gutachtens /1/ und der Dokumentation zu den Versuchsbohrungen VB 2b und VB 2c /2/ wird im Folgenden vorausgesetzt.

---

## 2. Erkundungsmaßnahmen bei Breitenbrunn 2006 / 2007

---

### 2.1 Ursprünglicher Untersuchungsansatz

---

Aufgrund der hydrogeologischen **Modellvorstellung in /1/** wurde für die alte Mainschleife, die den Grohberg zwischen Breitenbrunn und Faulbach umsäumt, angenommen, dass aufgrund der tektonischen Vorprägung die Festgesteine des Buntsandsteins im Untergrund stark aufgelockert bzw. geklüftet sein müssten. Diese Einschätzung begründete sich vor allem auf folgenden hydrogeologischen Überlegungen und Fakten:

- Die Anlage eines derart breiten Tales, wie es die alte Mainschleife um den Grohberg darstellt, setzt ein entsprechend erosionsanfälliges resp. stark geklüftetes (Buntsandstein-) Gebirge voraus, als geologische Vorbedingung für die Entstehung der alten Mainschleife.
- Die etwa 1980 unter Fachleitung des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft niedergebrachten Erkundungsbohrungen A und B, die westlich des Grohbergs ebenfalls in der alte Mainschleife liegen, belegen dort eine hohe Gebirgsdurchlässigkeit des Buntsandsteins und eine entsprechend hohe Ergiebigkeit.

In Verbindung mit dem großen potentiellen GwEinzugsgebiet, das bis weit in den Spessart hinein reicht, wurde daher für den Bereich südöstlich von Breitenbrunn angenommen, dass hier stark grundwasserführender Buntsandstein anzutreffen sein müsste, der eine TwErschließung in der erforderlichen Höhe ( $\leq 500.000 \text{ m}^3/\text{a}$ ) ermöglicht. Dementsprechend wurden die empfohlenen und 2006 durchgeführten **Versuchsbohrungen auf den Buntsandstein angesetzt**.

Die **quartären Lockergesteine** innerhalb der alten Mainschleife, deren Existenz aufgrund älterer und in den Erläuterungen zur GK 25, Blatt Bischbrunn /3/ dokumentierter Bohrungen bereits bekannt war, wurde zum damaligen Zeitpunkt noch nicht als Erschließungsoption gesehen. Zum einen lag vor Beginn der Erkundungsmaßnahmen noch kein Nachweis über wasserwirtschaftlich interessante Lockergesteine im Erkundungsbereich vor – die älteren Bohrungen B2 bis B6 liegen zu nahe am Ortsbereich Breitenbrunn, so das hier wegen des absehbaren Zielkonfliktes bei der Ausweisung eines Wasserschutzgebiets keine TwErschließung in Betracht kommt. Zum anderen wurden diese Lockergesteine aufgrund ihrer Nähe zur Geländeoberfläche zum damaligen Zeitpunkt hinsichtlich der Schützbarkeit als kritisch eingestuft.

## 2.2 Durchgeführte Erkundungsmaßnahmen

Ausgehend von diesem Untersuchungsansatz wurden (zunächst) die Versuchsbohrungen VB 2b und VB 2c geplant und durchgeführt; deren angestrebte Lagen innerhalb der alten Mainschleife wurde vorab mittels geophysikalischer Vermessungen ausgehend von der Geländeoberfläche überprüft.

Die **Versuchsbohrungen VB 2b und VB 2c** wurden im Spätsommer / Herbst 2006 wie folgt durchgeführt:

- Begonnen wurde mit der **Bohrung VB 2c**, die hinsichtlich des Erkundungsrisikos vorab als kritischer eingestuft wurde als VB 2b. Zunächst überraschend wurde an diesem Standort nahezu ungeklüfteter und gering durchlässiger Buntsandstein angetroffen, jedoch ein **ca. 8,50 m mächtiger quartärer Lockergesteins-GwLeiter** (Sande und Kiese) unmittelbar über dem Buntsandstein (= Festgestein). Daher wurde diese Bohrung zu einer GwMessstelle (GWM) DN 175 in den Sanden und Kiesen ausgebaut, um die Durchführung eines Pumpversuchs in diesem vorab als ergiebig vermuteten GwLeiter zu ermöglichen. Mit dem anschließenden Pumpversuch wurde nachgewiesen, dass die **Sande und Kiese** am Standort VB 2c eine **Ergiebigkeit** von  $\geq 17$  l/s aufweisen.
- An der ca. 200 m unterhalb von VB 2c gelegenen **Bohrung VB 2b** wurden nahezu grundwasserfreie Sande und Kiese und eine – im Vergleich zur VB 2c – um ca. 5 m höher liegende Buntsandstein-Oberfläche angetroffen. Allerdings ist der **Buntsandstein** an dieser Stelle in seinem obersten Abschnitt stark geklüftet und somit gut durchlässig. Mittels Pumpversuch im offenen Bohrloch wurde eine **Ergiebigkeit** (des Buntsandsteins) von  $\geq 17,5$  l/s nachgewiesen.
- An beiden Bohrungen wurden im Zuge der Pumpversuche GwProben gezogen und gemäß der **TrinkwV** untersucht; die entsprechenden **Qualitätskriterien** werden demnach von den Grundwässern aus beiden GwLeitern **erfüllt**; die Nitrat-Werte liegt jeweils unter 25 mg/l (= EG-Richtwert). Auch die **Mischbarkeit** der beiden Wässer ist **in jedem beliebigen Verhältnis gegeben** (siehe Anlage 5.3).

Aufgrund dieser Ergebnisse und der zwischenzeitlich durchgeführten Berechnung der Schutzfunktion der Deckschichten nach HÖLTING et al. (siehe Anlage 8) war zu schlussfolgern, dass entgegen dem ursprünglichen Untersuchungen zusätzlich zum Buntsandstein (am Standort VB 2b) auch die **quartären Sande und Kiese** (am Standort VB 2c) **als Erschließungsoption** in Betracht kommen. Um diesbezüglich zu einer abschließenden gutachterlichen Aussage im Hinblick auf die zukünftige Erschließungsplanung zu kommen, waren folgende **zusätzliche Erkundungsmaßnahmen** erforderlich, die Ende 2006 / Anfang 2007 durchgeführt wurden:

- Einrichtung von **Vorfeld-GwMessstellen** im (potentiellen) GwAnstrombereich der o. g. Brunnenstandorte (**GWM 1 und 2/2a**). Entsprechende Vorfeldmessstellen waren nach

/1/ im Falle einer TwErschließung mittels Brunnen ohnehin vorgesehen und sind also lediglich vorgezogen worden. An der zwischen Breitenbrunn und den VB-Standorten (= potentielle Brunnenstandorte) gelegenen **GWM 2** wurde während des Kurzpumpversuch am **01.02.2007** eine **GwProbe** gezogen und analog den Proben von den VB 2b und 2c analysiert.

- **Abschnittsweise Abflussmessungen entlang des Faulbachs unterhalb von Breitenbrunn am 10.11.2006** (siehe Anlage 3). Nach den Ergebnissen in /1/ konnte eine Oberflächenwasserversickerung entlang des Faulbachs nicht ausgeschlossen werden. Im Hinblick auf die voraussichtliche TwErschließung (auch) im Quartär war dieser Aspekt nochmals zu **prüfen**. Es war zu klären, ob ein **signifikanter Versickerungsabschnitt entlang des Faulbachs** im möglichen GwEinzugsgebiet der zukünftigen Brunnen verläuft.
- Durch **weiterführende GwModellrechnungen** waren die optimalen Brunnenbetriebsbedingungen zu klären, und zwar unter Berücksichtigung einer getrennten Erschließung des Quartärs (Sand/Kies) und des Buntsandsteins. Auf dieser Grundlage und einer ergänzenden **Bewertung der Gesamtschutzfunktion der Deckschichten** anhand der aktuellen Bohrerergebnisse ist das **WSG-Konzept** nach /1/ zu überprüfen und ggf. zu aktualisieren.

Die hydrogeologisch-wasserwirtschaftlich relevanten Ergebnisse dieser Erkundungsmaßnahmen werden im Folgenden dokumentiert und im Hinblick auf die geplante TwErschließung bewertet. Im Übrigen wird auf die Dokumentation /2/ verwiesen.

## 2.3 Einmessdaten

Die **Lage** der Versuchsbohrungen und der GwMessstellen wurde von unserem Büro mittels **GPS** am 21.12.2006 bestimmt.

Die Ansatz- bzw. **Geländehöhen** sowie die **Messpunkthöhen** der GwMessstellen und der Versuchsbohrungen VB 2b und VB 2c wurden am 05.02.2007 nach Fertigstellung der letzten GwMessstelle von einem **Vermessungsbüro** im Auftrag der ausführenden Bohrfirma **eingemessen**. Die Messwerte sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 2-1: Lage und Ansatzhöhen der Bohrungen und GwMessstellen

Bohrung Nr.	Ansatzhöhe (GOK) (m ü. NN)	Messpunkthöhe (MPH) (m ü. NN)	Rechts <sup>#)</sup>	Hoch <sup>#)</sup>
<b>VB 2b</b>	163,15	---	35 32 942	55 18 008
<b>VB 2c</b>	177,09	178,18	35 33 114	55 18 138
<b>GWM 1</b>	157,07	158,24	35 32 833	55 17 929
<b>GWM 2</b>	166,24	167,41	35 32 460	55 18 472
<b>GWM 2a</b>	166,24	167,41	35 32 460	55 18 472

<sup>#)</sup> GPS-Vermessung am 21.12.2006; Genauigkeit ± 4 bis 6 m

---

### 3. Hydrogeologische Erkundungsergebnisse

---

#### 3.1 Bohrergebnisse, Bohrprofile, GwLeiter

---

##### 3.1.1 Versuchsbohrung VB 2c

**Ziel der Versuchsbohrungen** war es, die „**Alte Mainschleife**“, also die um den Grohberg verlaufende quartäre Rinne zu treffen, da entlang dieser Struktur eine erhöhte Gebirgsauflöckerung im Buntsandstein vermutet wurde. Dieses Ziel wurde eindeutig **erreicht**, wie die nachgewiesenen Lockergesteinssedimente, die der Buntsandstein-Oberfläche aufliegen, belegen. Ausgehend von dem **Bohrprofil von der Bohrung VB 2c** wird im Folgenden die erbohrte Schichtenfolge beschrieben.

- Unter einer 12 m mächtigen Überdeckung von Lößlehm wurden **limnisch-fluviatile Lockergesteine** bis in eine Tiefe von etwa 42 m u.GOK erbohrt.
- Diese **Lockergesteinsabfolge korreliert sehr gut mit den Ergebnissen der Bohrungen B2 bis B6 südöstlich von Breitenbrunn**, die in den Erläuterungen zur Geologischen Karte, Blatt Nr. 6122 Bischbrunn beschrieben sind (siehe Anlage 3):
  - An der VB 2c folgt unter Lößlehm zunächst eine kiesige und dann eine überwiegend sandige Lage, die – gemäß den Bohrungen B2 bis B6 – der Niederterasse Faulbach zuzuordnen sein dürfte.
  - Darunter folgt ein **8 m mächtiger Ton- und Schluffhorizont**, der in seinem obersten (tonigen) Bereich durch **organische Bestandteile** dunkel gefärbt ist; dieser organische, dunkle Ton ist etwa 3 m mächtig. Diese Lage dürfte dem „Torfhorizont“ gemäß den Bohrungen B2 bis B6 entsprechen.
  - Unterhalb der Ton-/Schlufflage folgt bis zur Oberfläche des Buntsandsteins **Sand und Kies**, der ausgehend von den Profilen B2 bis B6 dem Cromer-Komplex Main entsprechen dürfte. Die untersten **8,50 m** dieser Abfolge sind **grundwassererfüllt**.
- Bei einer Ansatzhöhe der VB 2c von ca. 177 m ü.NN ergibt sich ein Niveau der **Quartär-Basis** resp. der Buntsandstein-Oberfläche von **etwa 135 m ü.NN**. Ein ähnliches Niveau wurde an den Bohrungen B3, B4 und B5 südöstlich von Breitenbrunn nachgewiesen; an den BLfW-Bohrungen A und B wurde die Quartär-Basis auf einem Niveau von etwa 132 m ü.NN angetroffen. Hieraus ergibt sich ein insgesamt **schlüssiges Niveau für das ehemalige Flussbett des Mains** im Bereich des Grohbergs:
  - Das ehemalige Flussbettniveau liegt höher als das des heutigen Mains.
  - Es ergibt sich ein Gefälle entgegen dem Uhrzeigersinn um den Grohberg, also entsprechend der auch früher gegebenen Fließrichtung des Mains.

- Stratigraphisch werden die angetroffenen Buntsandsteinschichten dem **Unteren Buntsandstein** zugeordnet; eine **weitere Untergliederung** ist nach Mitt. des BlfU<sup>1</sup> **nicht möglich**; evtl. wurde die Grenze Dickbanksandstein / Eckscher Geröllsandstein an der VB 2c bei 135 m und an der VB 2b bei 136 m erbohrt. Aufgrund dieser Einstufung ist die stratigraphische Zuordnung in /2/ überholt.

### 3.1.2 Versuchsbohrung VB 2b

Das **Bohrprofil** von der **Versuchsbohrung (VB) 2b** bestätigt ebenfalls, dass hier die „Alte Mainschleife“ angetroffen wurde:

- Unter einer 4 m mächtigen Überdeckung von Lößlehm wurden ebenfalls **limnisch-fluviatile Lockergesteine (Sand, Kies)** erbohrt, allerdings lediglich bis in eine Tiefe von etwa 23 m u.GOK; deren **Basis** liegt somit etwa **5 m höher als an der VB 2c**. Dies wird dadurch erklärt, dass die Bohrung VB 2c vermutlich näher an dem ehemaligen Prallhang des Alten Mains ansetzt, wo eine stärkere Eintiefung des Buntsandstein-Untergrundes und somit auch eine größere Mächtigkeit der quartären Lockergesteine zu erwarten ist.
- Abgesehen von der Mächtigkeit **stimmt** allerdings das Bohrprofil von der VB 2b **mit der Gesteinsabfolge in den o. g. Bohrungen gut überein**:
  - An der VB 2b folgt unter Lößlehm zunächst eine kiesige und dann eine schluffig-sandige Lage, die – gemäß den Bohrungen B2 bis B6 – der Niederterasse Faulbach zuzuordnen sein dürfte.
  - Darunter folgt ein **3 m mächtiger Tonhorizont**, der durch **organische Bestandteile** dunkel gefärbt ist; dieser organische, dunkle Tonhorizont wurde - ebenfalls 3 m mächtig – auch an der VB 2c nachgewiesen und dürfte dem „Torfhorizont“ gemäß den Bohrungen B2 bis B6 entsprechen.
  - Unterhalb des dunklen Tonhorizonts folgt bis zur Oberfläche des Unteren Buntsandsteins **Sand und Kies**, der ausgehend von den Profilen B2 bis B6 dem Cromer-Komplex Main entsprechen dürfte. Allerdings sind – aufgrund der relativen Hochlage der Buntsandstein-Oberfläche (s. u.) – **nur die untersten ca. 1,50 m** dieser Abfolge **grundwassererfüllt**.
- Bei einer Ansatzhöhe der VB 2b von ca. 163 m ü.NN ergibt sich ein Niveau der **Quartär-Basis** resp. der Buntsandstein-Oberfläche von **etwa 140 m ü.NN**. Das Niveau der Festgesteins-Oberfläche liegt somit **ca. 5 m höher als an der VB 2c** und auch einige Meter höher als an den Bohrungen B3, B4 und B5 südöstlich von Breitenbrunn. Unter Berücksichtigung der Geländemorphologie wird dies – ergänzend zu den Überlegungen / Interpretationen zum Verlauf der Alten Mainschleife unter VB 2c – dahingehend interpretiert, dass die **Bohrungen VB 2c, B3, B4 und B5** im Gegensatz zur VB 2b eher

<sup>1</sup> Email von Herrn Dr. Freudenberger, BlfU, 12.02.2007

im Bereich des ehemaligen Prallhanges oder im **Zentralbereich der quartären Rinne** („Alte Mainschleife“) ansetzen.

### 3.1.3 GwMessstelle GWM 1

An diesem Bohrprofil sind folgende Ergebnisse bemerkenswert:

- Die GWM 1 ist die einzige Bohrung an der der **organische Tonhorizont nicht nachgewiesen** wurde. In entsprechendem Niveau wurde hier lediglich ein **2 m** mächtiger **Schluffhorizont** nachgewiesen.
- Die **Oberfläche des Buntsandsteins liegt ca. 3 m höher als an der VB 2b** und ca. 8 m höher als an der VB 2c. Dies stützt die o. g. Aussage wonach die Bohrungen VB 2c, B3, B4 und B5 – im Gegensatz zu VB 2b und GWM 1 – (tendenziell) den Zentralbereich der quartären Rinne erfassen.
- In Folge der Hochlage der Buntsandstein-Oberfläche wurde in den quartären Sanden und Kiesen an der GWM 1 kein Grundwasser angetroffen; **grundwasserführend** ist hier **nur der Buntsandstein**.

### 3.1.4 GwMessstellen GWM 2 und 2a

Die 30 m tiefe Bohrung GWM 2/2a endet (noch) in den quartären Lockergesteinen; aufgrund bohrtechnischer Schwierigkeiten wurde das ursprüngliche Bohrziel (Erreichen der Buntsandstein-Oberfläche) aufgegeben. Gleichwohl liefert diese Doppel-GWM wichtige Erkenntnisse über die GwVerhältnisse südöstlich von Breitenbrunn:

- Über dem auch hier nachgewiesenen organischen Tonhorizont ist in dem angetroffenen Hangschutt ein **schwebendes GwVorkommen** nachgewiesen, dessen GwSpiegelniveau fast 20 m höher liegt als der GwSpiegel in dem erschließungsrelevanten GwLeiter. Die **GWM 2a** erfasst dieses schwebende GwVorkommen.
- Die **tiefen liegenden Sande und Kiese** sind **grundwasserführend**; das an der GWM 2 erfasste GwNiveau stimmt plausibel mit den GwStänden an der GWM 1 und der GWM VB 2c überein (Stichtagsmessung 02.06.2007; s. u.).
- Die (nicht angetroffene) **Buntsandstein-Oberfläche** liegt hier auf einem Niveau **unter ca. 136 m ü.NN**, also deutlich tiefer als an der GWM 1 und an der VB 2b. Aufgrund der bisherigen Aussagen ist daher davon auszugehen, dass auch diese Bohrung eher den zentralen Bereich der quartären Rinne („Alte Mainschleife“) erfasst.

### 3.1.5 GwLeiter

Nach diesen Bohrergebnissen sind südöstlich von Breitenbrunn folgende GwLeiter ausgebildet:

- **Großräumig** ausgebildeter **Kluft- GwLeiter** in den Sandsteinen des **Unteren Buntsandsteins**.
- **Sand-Kies-GwLeiter (Quartär)** im **Bereich der alten Mainschleife** umlaufend um den Grohberg.
- **Lokales schwebendes GwVorkommen** über dem organischen Tonhorizont südöstlich von Breitenbrunn, nachgewiesen an der **GWM 2/2a**.

Für die TwErschließung kommen nur der **Untere Buntsandstein** (an der VB 2b) und der **Sand-Kies-GwLeiter** (an der VB 2c) in Betracht; diese Schichten werden im Folgenden als **erschließungsrelevanter GwLeiter** bezeichnet.

### 3.1.6 Verbreitung und Schutzfunktion von Deckschichten

Wichtig für den GwSchutz bzw. für die Schützbarkeit zukünftiger Brunnen ist der an den Standorten VB 2b und VB 2c, mit den Bohrungen B3 bis B6 und GWM 2/2a nachgewiesene **organische Tonhorizont**. Dieser bildet gemeinsam mit darüber oder darunter liegendem Schluff eine als (GwSchutz-) wirksame Deckschicht über den oben genannten wasserwirtschaftlich relevanten GwLeitern (siehe Anlage 3). Im Folgenden wird diese Schicht als **Ton-Schluff-Horizont** bezeichnet. Im Hinblick auf die Einbeziehung dieses Horizontes bei der **Bemessung des Wasserschutzgebietes** (WSG) für Brunnen an den Standorten VB 2c und VB 2b sind folgende **Erkundungsergebnisse** zu berücksichtigen:

- Wie das Bohrprofil und die GwStände von der **Doppel-GWM 2/2a** belegen, wirkt der **organische Tonhorizont** eindeutig als GwHemmer, über dessen Oberfläche lokal – so im Bereich der GWM 2/2a – ein **schwebendes GwVorkommen** in den darüber liegenden grobklastischen Lockergesteinen ausgebildet ist. Unter diesen hydrogeologischen Gegebenheiten ist davon auszugehen, dass der Ton-Schluff-Horizont als Deckschicht eine nach der Klassifikation in /4/ **hohe bis sehr hohe Schutzfunktion** über den wasserwirtschaftlich relevanten GwLeitern ausübt (siehe **Anlage 8**).
- An der **VB 2c** wurde allerdings (im Sommer 2006) **über dem organischen Tonhorizont kein Grundwasser** angetroffen; vielmehr wahr das Gebirge bis zu dem erst bei 33 m angetroffenen GwSpiegel völlig trocken. Vor dem Hintergrund des o. g. Ergebnisses von der GWM 2/2a ist dies **wie folgt zu bewerten**:
  - Entweder erfasst die Bohrung VB 2c eine (relative) Hochlage der Tonoberfläche, über der im Sommer 2006 - in Folge des natürlichen „Leerlaufens“ des schweben-

den GwVorkommens aufgrund der fehlenden GwNeubildung (Trockenheit) - das Grundwasser bereits in Richtung Faulbach abgeströmt war, oder

- es bestehen im Bereich der VB 2c (und VB 2b) **hydraulische Fenster in dem Ton-Schluff-Horizont** die dazu führen, dass das neugebildete Grundwasser in die tiefer liegenden Sande und Kiese resp. in den darunter liegenden Buntsandstein absickert.

Beide Interpretationen würden auch den fehlenden Nachweis von Grundwasser über dem Ton-Schluff-Horizont an der VB 2b erklären.

- Ein Hinweis für die Existenz von hydraulischen Fenstern in dem Ton-Schluff-Horizont könnte das **Fehlen des organischen Tons an der GWM 1** und die dort geringe Schluff-Mächtigkeit (Tiefenbereich 3 bis 5 m) sein. Als Deckschicht ist diesem Horizont nach der Klassifikation in /4/ lediglich **mittlere Schutzfunktion** zuzuweisen.
- Weiterhin bedeutsam ist, dass der **Ton-Schluff-Horizont** in allen Bohrungen **in einem Niveau über 150 m ü. NN nachgewiesen** wurde. Es wird daher bei den weiteren Überlegungen davon ausgegangen, dass dieser Horizont bei einem unter 150 m ü. NN liegenden Geländeniveau (erosionsbedingt) nicht (mehr) existent ist. Dies ist etwa entlang des Unterlaufs des Faulbachs der Fall (s. u.).

## 3.2 Pumpversuchsergebnisse

### 3.2.1 Geohydraulische Kennwerte, GwFließgeschwindigkeiten

An den GwMessstellen und an der offenen Versuchsbohrung VB 2b wurden **Pumpversuche** durchgeführt und der anschließende **Wiederanstieg nach dem Verfahren von THEIS** ausgewertet; folgende **geohydraulische Kennwerte** wurden ermittelt (siehe Anlage 4):

Tabelle 3-1: Geohydraulische Kennwerte ermittelt aus Pumpversuchsdaten

GWM/Bohrung	GwLeiter	Transmissivität (m <sup>2</sup> /s)	Durchlässigkeitsbeiwert $k_f$ (m/s)
<b>VB 2b</b>	Buntsandstein	<b>4,4 x 10<sup>-3</sup></b>	4,4 x 10 <sup>-5</sup>
<b>GWM 1</b>	(Fels)	8,0 x 10 <sup>-4</sup>	<b>5,4 x 10<sup>-5</sup></b>
<b>VB 2c</b>	Quartär	<b>1,5 x 10<sup>-2</sup></b>	<b>1,7 x 10<sup>-3</sup></b>
GWM 2	(Sand/Kies)	1,3 x 10 <sup>-3</sup>	1,6 x 10 <sup>-4</sup>

Anmerkung: Die Maximalwerte für den jeweiligen GwLeiter sind fett hervorgehoben

Die Ermittlung der GwAbstandsgeschwindigkeit erfordert einen Ansatz für die Nutzporosität bzw. für den **durchflusswirksamen Hohlraumanteil  $n_o$** , der für die relevanten GwLeiter wie folgt **geschätzt** wird:

- Quartär (Sand/Kies):  $n_o = 0,1$  bzw. 10 %
- Buntsandstein (Fels):  $n_o = 0,01$  bzw. 1 %

Ausgehend von den in Kap. 3.3 genannten GwStänden können anhand dieser geohydraulischen Kennwerte folgende **Überlegungen zur GwFließgeschwindigkeit** (GwAbstandsgeschwindigkeit) angestellt werden:

- Ein ideales hydrologisches Dreieck ist mit dem bestehenden GWM-Inventar nicht gegeben; die GWM 1 erfasst (i. W.) den Buntsandstein, die GWM 2 und VB 2c das erschließungsrelevante Quartär (Sand/Kies) und die GWM 2a das schwebende GwStockwerk über dem organischen Tonhorizont.
- Es hat sich bei den Bohrarbeiten aber gezeigt, dass der GwSpiegel im Buntsandstein etwa im Niveau oder höchstens geringfügig tiefer liegt als im (erschließungsrelevanten) Quartär (unveränderte oder höchstens tendenziell leicht fallende Bohrwasserstände mit dem Fortschritt). Zudem lässt sich aufgrund der lithologischen Ausbildung der erbohrten Gesteine kein eindeutiger Trennhorizont zwischen Quartär und Buntsandstein definieren. Unter diesen Gegebenheiten kann der **Buntsandstein-GwSpiegel** an der **GWM 1 näherungsweise** mit dem **Niveau des lokalen Quartär-GwSpiegels** gleichgesetzt werden; möglicherweise liegt er höchstens geringfügig darunter.
- Geht man von dieser Einschätzung der **GWM 1** aus und betrachtet den dortigen GwStand **gemeinsam mit den „echten“ GwStänden an der GWM 2 und der GWM VB 2c**, so ergibt sich für den quartären Sand-Kies-GwLeiter ein **realistisches bis leicht überschätztes GwGefälle  $i$**  in Richtung GWM 1 für den Stichtag 06.02.2007 wie folgt:
  - $i_{GWM\ 2 \Rightarrow GWM\ 1} = 2,73\text{ m} / 650\text{ m} = 0,0042$
  - $i_{VB\ 2c \Rightarrow GWM\ 1} = 1,61\text{ m} / 350\text{ m} = 0,0046$
 Nach diesen – nahezu gleichen Beträgen für das GwGefälle  $i$  – wird für die folgenden Berechnungen ein (leicht überschätztes) GwGefälle von  $i \leq 0,005$  angesetzt.
- Ausgehend von diesem Zwischenergebnis errechnen sich unter Ansatz der in Kap. 3.2.1 genannten maximalen  $k_f$ -Werte von  $1,7 \times 10^{-3}$  m/s für das Quartär (VB 2c) bzw.  $5,4 \times 10^{-5}$  m/s für den Buntsandstein (GWM 1) und der jeweils geschätzten durchflusswirksamen Hohlraumvolumina  $n_o$  von 0,1 bzw. 0,01 folgende **ungefähren Abstandsgeschwindigkeiten**<sup>1</sup>:
  - **Quartär:**  $v_a \leq 7,34\text{ m/Tag} \approx 7,5\text{ m/Tag}$
  - **Buntsandstein:**  $v_a \leq 2,33\text{ m/Tag} \approx 2,5\text{ m/Tag}$
 Ausgehend von dem höheren (Quartär-) Wert müsste demnach die 50-Tage-Linie **bei ungestörten GwStrömungsbedingungen** etwa 375 m grundwasseroberstromig der Bohrung VB 2c verlaufen und bei Förderung – infolge des dann verstellten GwGefälles (Absenkungstrichter) – in etwas größerer Entfernung.

<sup>1</sup> Berechnungsformel für die Abstandsgeschwindigkeit:  $v_a = (k_f \times i) : n_o$  (m/s, m/Tag)

### 3.2.2 Voraussichtliche Brunnenergiebigkeiten

Die potentiellen **Brunnenergiebigkeiten** an den Standorten VB 2b und VB 2c leiten sich unmittelbar **aus den entsprechenden Pumpversuchsergebnissen** ab und sind dementsprechend wie folgt einzustufen (siehe Anlagen 3 und 4):

Tabelle 3-2: *Einschätzung der voraussichtlichen Brunnenergiebigkeiten*

GwLeiter	Standort	Voraussichtliche Brunnenergiebigkeit
Buntsandstein (Fels)	<b>VB 2b</b>	$\geq 17,5 \text{ l/s}$ $\geq 550.000 \text{ m}^3/\text{a}$
Quartär (Sand/Kies)	<b>VB 2c</b>	$\geq 17 \text{ l/s}$ $\geq 500.000 \text{ m}^3/\text{a}$

Aufgrund dieser voraussichtlichen Brunnenergiebigkeiten ist davon auszugehen, dass das angestrebte **Erschließungsziel von  $\leq 500.000 \text{ m}^3/\text{a}$**  an den Standorten der Versuchsbohrungen VB 2b und VB 2c **erreicht** wird. Geht man von einem Tagesspitzenfaktor von höchstens 2,0 aus, so wird auch die Spitzenbedarfsdeckung mit zwei Brunnen an diesen Standorten problemlos möglich sein.

Beim Pumpversuch an der Bohrung VB 2b (Buntsandstein) wurde die GWM VB 2c (Quartär) als Beobachtungsmessstelle genutzt. Auch bei einer Förderrate von maximal 25 l/s an der VB 2b wurde keine GwAbsenkung im Quartär bzw. an der GWM VB 2c gemessen. Es ist daher davon auszugehen, dass sich zwei entsprechend ausgebaute Brunnen an den beiden VB-Standorten wechselseitig kaum beeinflussen werden. Die **Summe der o. g. Einzelergiebigkeiten** gibt also die **voraussichtliche Gesamtergiebigkeit einer Brunnendoublette VB 2b / VB 2c** wieder.

### 3.3 GwStände, GwFließrichtung

Im Rahmen der Bauabnahme am **06.02.2007** wurde auch eine **GwStichtagsmessung** durchgeführt, mit folgenden Ergebnissen:

Tabelle 3-3: *GwStände SE' von Breitenbrunn – Stichtagsmessung 06.02.2007*

GWM/Bohrung	GwLeiter	GwStand (m ü.NN)
<b>GWM 1</b>	Buntsandstein (Fels)	<b>141,86</b>
<b>VB 2c</b>	Erschließungsrelevantes Quartär (Sand/Kies)	<b>143,47</b>
<b>GWM 2</b>		<b>144,59</b>
GWM 2a	Quartär (schwebendes GwStockwerk)	163,53

Bei Interpretation der GwStände bzw. der entsprechenden GWM gemäß den Überlegungen in Kapitel 3.2.1 ergibt sich hieraus eine **GwAnströmung der (Brunnen-) Standorte VB 2b und VB 2c aus nördlicher bis nordöstlicher Richtung** (siehe Anlage 1).

Der Vergleich der GwGleichen mit den Geländehöhenlinien macht deutlich, dass der **GwSpiegel in den erschließungsrelevanten Gesteinsschichten** – Buntsandstein und unmittelbar darüber liegende quartäre Sande und Kiese – südöstlich von Breitenbrunn deutlich unter dem Niveau des Faulbachs liegt. Hieraus sind folgende Schlüsse zu ziehen:

- **Vorfluter für die wasserwirtschaftlich relevanten GwLeiter ist der Main**; der Faulbach „schwebt“ in diesen Schichten etwa bis zum Messpunkt 7 (s. u. bzw. Anlage 1) über dem GwSpiegel und hat keine Vorflutfunktion.
- Unter Berücksichtigung der Mittelgebirgsmorphologie östlich und nördlich der Versuchsbohrungen VB 2b und 2c und des Vorflutniveaus Main ist eine derartige **Tieflage des GwSpiegels** resp. ein entsprechend großer GwFlurabstand nur **durch hohe Transmissivitäten bzw. hohe Gebirgsdurchlässigkeiten zu erklären**. Hierdurch wirken der geklüftete Buntsandstein und die unmittelbar darüber liegenden quartären Sande und Kiese wie eine Flächendränage, die das Gebirge in Richtung Main entwässert. Die in Folge der hohen Transmissivität (bzw. Gebirgsdurchlässigkeit) hohe hydraulische Effektivität dieser Flächendränage bewirkt ein flächenhaft (relativ) niedriges GwNiveau und demzufolge auch den relativ großen GwFlurabstand.
- Aus dieser Modellvorstellung ergibt sich weiterhin, dass die **Flächendränage**, die hydrogeologisch der **um dem Grohberg verlaufenden alten Mainschleife entspricht**, das aus dem Buntsandstein-Spessart nach Süden hin abströmende Grundwasser aufnimmt und zum Main hin abführt. Hierdurch erklärt sich das entlang dieser hydrogeologischen Struktur **sehr ergiebige GwVorkommen**, das mit den Versuchsbohrungen VB 2b und VB 2c und den Erkundungsbohrungen des BLfW westlich des Grohbergs nachgewiesen ist.

Anders als an GWM 1, 2 und VB 2c liegt an der **GWM 2a** mit 163,53 m ü.NN (06.02.2007) der GwSpiegel höher als der örtliche Faulbach-Wasserspiegel. Hieraus ist zu schließen, dass das **schwebende GwStockwerk** in den sandig-steinigen Ablagerungen über dem organischen Ton resp. über dem Ton-Schluff-Horizont **in den (süd-) westlich verlaufenden Faulbach** unterhalb von Breitenbrunn **entwässert**. Diese Interpretation wird auch durch die abschnittswise Abflussmessungen vom 10.11.2006 gestützt (s. u.).

### 3.4 GwQualität

---

An den **Versuchsbohrungen VB 2b und VB 2c sowie** an der **GWM 2** wurden jeweils gegen Ende der durchgeführten Pumpversuche GwProben entnommen und – auch unter Berücksichtigung der Anforderungen der TrinkwV – chemisch-technisch analysiert; die entsprechenden Analysenprotokolle sind in Anlage 5 dokumentiert. An der GWM 1 wurde hierauf verzichtet, da die nahe gelegene VB 2b eine vergleichbare GwSituation erfasst.

Von der **VB 2c** ist für die weiteren Überlegungen nur die **Analyse vom 23.10.2006** relevant, da diese reines **Quartär- bzw. Sand-Kies-Grundwasser** repräsentiert. Die Analyse vom 04.10.2006 kann als „Buntsandstein-Analyse“ nicht gewertet werden, da – wie die entsprechenden Ergebnisse der TV-Befahrung und der Bohrloch-Geophysik belegen – diese zu stark von zulaufendem Quartär-Grundwasser geprägt ist.

Reines **Quartär- bzw. Sand-Kies-Grundwasser** wurde auch an der **GWM 2** gewonnen, die in diesem GwLeiter verfiltrert ist; die GwEntnahme erfolgte hier gegen Ende des Kurzpumpversuchs am **01.02.2007**.

Die Analyse von der **VB 2b** vom **06.12.2006** kann als **repräsentativ für den Buntsandstein** betrachtet werden, da bei dem Pumpversuch, der zur GwProbenahme genutzt wurde, schätzungsweise höchstens 10% der Förderrate aus zulaufendem Quartär-Grundwasser stammen.

Die im Hinblick auf die zukünftige Trinkwassergewinnung maßgeblichen Parameter sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Sieht man von der signifikanten Beeinflussung der GwQualität durch die landwirtschaftlichen Nutzungen im Umfeld resp. im GwEinzugsgebiet der Bohrungen ab, der sich in dem deutlichen Nitrat-Gehalt dokumentiert, so zeigt sich ein insgesamt wenig beeinflusstes Grundwasser. Abgesehen von der Erfordernis der Entsäuerung (s. u.) ist **an beiden Versuchsbohrungen Grundwasser in TwQualität nachgewiesen**. An der **GWM 2** entspricht das Grundwasser abgesehen vom erhöhten Mangan-Gehalt der TrinkwV.

Die **Notwendigkeit der Entsäuerung** für die geplante Trinkwassernutzung war erwartet worden. Dies entspricht der allgemeinen Erfahrung im Buntsandstein und ist auch bei der derzeit noch bestehenden Quellanutzung erforderlich. **Ansonsten** sind – nach den bisher vorliegenden Analysen von den Brunnenstandorten – **keine weiteren Aufbereitungsmaßnahmen erforderlich**.

Tabelle 3-4: Wesentliche Ergebnisse der chemisch-technischen GwAnalysen von den Versuchsbohrungen VB 2b und 2c

Bohrung Nr., Probenahmedatum	Hydrogeochemische Einstufung	Zusammenstellung wesentlicher Parameter
<b>VB 2b, 06.12.2006</b>	nahezu reines <b>Buntsandstein-Grundwasser</b> , geringfügige Beeinflussung durch Quartär-Grundwasser (Anteil $\leq 10\%$ )	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Nitrat: 17,0 mg/l; keine PSM nachgewiesen</li> <li>➤ geringe Gehalte an Eisen, Mangan und Aluminium</li> <li>➤ (Sauerstoffgehalt wurde nicht gemessen)</li> <li>➤ keine Schadstoffbelastung erkennbar, keine Verschmutzungsindikatoren</li> <li>➤ für die Trinkwassernutzung muss das Grundwasser entsäuert werden</li> </ul>
<b>VB 2c, 23.10.2006</b>	reines <b>Quartär-Grundwasser</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Nitrat: 22,3 mg/l; keine PSM nachgewiesen</li> <li>➤ geringe Gehalte an Eisen, Mangan und Aluminium</li> <li>➤ Sauerstoffgehalt ist mit 7,5 mg/l ausreichend hoch</li> <li>➤ keine Schadstoffbelastung erkennbar, keine Verschmutzungsindikatoren</li> <li>➤ für die Trinkwassernutzung muss das Grundwasser entsäuert werden</li> </ul>
<b>GWM 2, 01.02.2007</b>	reines <b>Quartär-Grundwasser</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Nitrat: 11,3 mg/l; keine PSM nachgewiesen</li> <li>➤ signifikante Gehalte an Eisen und Aluminium, erhöhter Gehalt an Mangan</li> <li>➤ Sauerstoffgehalt ist mit 11,5 mg/l ausreichend hoch</li> <li>➤ keine Schadstoffbelastung erkennbar, keine Verschmutzungsindikatoren</li> <li>➤ keine TwNutzung vorgesehen</li> </ul>

Da davon auszugehen ist, dass für die zukünftige TwVersorgung (mindestens) eine Brun-  
 nendoublette erforderlich ist, wurde mit dem Programm WinWasi die **Mischbarkeit der  
 Grundwässer aus der VB 2b (Buntsandstein, Analyse vom 06.12.2006) und aus der VB 2c  
 (Quartär, Analyse vom 23.10.2006)** untersucht (siehe **Anlage 5.3**). **Nach dieser vorläufigen  
 Berechnung können die beiden Grundwässer in jedem beliebigen Verhältnis miteinander  
 gemischt werden.**

Dieses Ergebnis ist hydrogeologisch plausibel, da, wie vor allem die (Grob-) Kiese zeigen,  
 die quartären Lockergesteine (Sande, Kiese) vor allem aus dem Buntsandstein-Gebirge der  
 Umgebung entstanden sind. Somit bilden die quartären Sande und Kiese (nahezu) den  
 gleichen geochemischen Hintergrund wie der Buntsandstein.

Sollten zukünftig zwei Brunnen aus dem gleichen GwLeiter fördern, sind ohnehin keine Mischungsprobleme zu erwarten.

In der folgenden Tabelle sind einige wesentliche hydrochemische Parameter von den beiden Versuchsbohrungen gegenüber gestellt (siehe Anlage 5).

*Tabelle 3-5: Zusammenstellung wesentlicher hydrochemischer Parameter von den Versuchsbohrungen VB 2b und 2c sowie GWM 2*

Parameter	Grundwasser VB 2b (Buntsandstein, 06.12.2006)	Grundwasser VB 2c (Quartär, 23.10.2006)	Grundwasser GWM 2 (Quartär, 01.02.2007)
Elektr. Leitfähigkeit (20°C) (µS/cm)	331	347	224
pH-Wert	6,72	6,85	6,58
Calcium (mg/l)	48,8	56,9	27,0
Magnesium (mg/l)	9,5	8,5	4,5
Natrium (mg/l)	5,4	9,9	6,1
Kalium (mg/l)	1,2	5,4	1,1
<b>Nitrat (mg/l)</b>	<b>17,0</b>	<b>22,3</b>	<b>11,3</b>
Sulfat (mg/l)	30,7	20,2	17,4
Chlorid (mg/l)	9,3	14,0	19,2
Eisen (mg/l)	0,024	0,033	0,114
Mangan (mg/l)	0,005	0,002	<b>0,06</b>
Aluminium (mg/l)	0,02	0,01	0,05
Arsen (mg/l)	0,002	0,003	0,001
Pflanzenschutzmit- tel	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar

**Grenzwertüberschreitung nach TrinkwV**

Bei dem **Nitrat-Wert** fällt auf, dass dieser **zwischen GWM 2 und den Bohrungen VB 2b und VB 2c zuzunehmen scheint**, wobei einschränkend anzumerken ist, dass bisher erst eine Beprobung durchgeführt wurde. In Verbindung mit dem GwGleichenplan in Anlage 1 könnte dies jedoch ein Hinweis darauf sein, dass die Brunnenstandorte stärker von den nördlich gelegenen landwirtschaftlichen Nutzflächen beeinflusst sind als die relativ ortsnahe GWM 2.

Die **Mikrobiologie** im Sinne der TrinkwV wurde bisher nicht untersucht; aufgrund einschlägiger Erfahrungen sind diesbezüglich jedoch **keine Probleme** mit den Brunnenwässern **zu erwarten**.

### 3.5 Abschnittsweise Abflussmessungen Faulbach

Aufgrund der Höhenverhältnisse entlang des Faulbachtals ist davon auszugehen, dass entlang des Unterlaufs des Faulbachs der oben beschriebene Ton-/Schluffhorizont, der mit den Bohrungen südöstlich von Breitenbrunn jeweils oberhalb von 150 m ü.NN nachgewiesen wurde, nicht (mehr) existent ist. Das Gelände fällt hier auf unter 150 m ü.NN ab und es muss daher angenommen werden, dass dieser **Ton-/Schluffhorizont** – sofern er in diesem Bereich jemals abgelagert wurde – **entlang des Faulbach-Unterlaufs erodiert** wurde. Dies bedeutet nach den vorliegenden Bohrergebnissen, dass der Unterlauf des Faulbachs (unterhalb von MP 7, s. u.) innerhalb der im Bereich der VB 2c grundwasserführenden Sande und Kiese verlaufen könnte, was wiederum die **Versickerung von Oberflächenwasser** entlang dieses Gewässerabschnittes begünstigen würde.

Ausgehend von dieser Überlegung wurde die Möglichkeit der Infiltration von Oberflächenwasser entlang des Faulbachs unterhalb von Breitenbrunn mittels **abschnittsweiser Trockenwetterabflussmessungen** (hydrometrischer Messflügel) **am 10.11.2006** untersucht, mit folgendem Ergebnis (siehe Anlage 3):

- **Bis zum Messpunkt MP 7**, der **etwa 650 m südwestlich des Standorts VB 2b** liegt, wurde – unter Berücksichtigung der möglichen Messgenauigkeit von etwa 10 % – tendenziell nur Abflusszuwachs gemessen, **also keine signifikante Gewässerinfiltration**. Dies ist insofern **plausibel**, als dieser **Gewässerabschnitt höher als 150 m ü.NN** liegt und somit bis zum Messpunkt 7 noch keine (vollständige) Erosion des Ton-Schluff-Horizontes anzunehmen ist. Der ermittelte Abflusszuwachs resultiert vermutlich aus dem GwAbstrom aus Sand- und Kieslagen oberhalb des Ton-Schluff-Horizontes, wie sie mit den Bohrungen B2 bis B6, VB 2b/2c und der GWM 2/2a nachgewiesen sind. Durch die **GWM 2a** ist die Ausbildung eines schwebenden GwStockwerks oberhalb des Ton-Schluff-Horizontes nachgewiesen.
- **Unterhalb des Messpunktes MP 7** wurde eine **Abflussminderung** resp. eine Infiltrationsrate entlang des Faulbach-Unterlaufs von **knapp 18 l/s** festgestellt. Dies entspricht einer Abflussminderung von mehr als 25 % bezogen auf den Abfluss am Messpunkt MP 7 (ca. 66 l/s), die bei der o. g. Messgenauigkeit als **signifikant** einzustufen ist. Dieser Abflussverlust bzw. diese **Infiltration von Oberflächenwasser** ist plausibel, da das Geländeniveau entlang des Faulbachs ab MP 7 unter 150 m ü.NN fällt, also unter das (theoretische) Niveau des o. g. Ton-Schluff-Horizontes, der hier wahrscheinlich nicht (mehr) existent ist. Somit stützt dieses Messergebnis die o. g. hydrogeologische Modellvorstellung.

Aufgrund dieser Messergebnisse ist im Folgenden davon auszugehen, dass **entlang des Faulbachs etwa ab Messpunkt MP 7** die **Infiltration** von Oberflächenwasser erfolgt. Zur TwQualitätssicherung sollte beim zukünftigen Brunnenbetrieb vermieden werden, dass dieser Gewässerabschnitt in das GwEinzugsgebiet der Brunnen fällt. Dies ist eine **Zielvorgabe** für die GwModell-gestützte **Optimierung des Brunnenbetriebs**.

## 4. Aktualisierung des numerischen Grundwassermodells und verbesserte Modellprognosen

### 4.1 Ansätze für die Modellfortschreibung

Ergänzend zu den Überlegungen in /1/ kommt nach den Erkundungsergebnissen südöstlich von Breitenbrunn neben dem Unteren Buntsandstein auch der quartäre **Sand-Kies-GwLeiter** für die zukünftige TwErschließung in Betracht. Nachdem bei den Berechnungsfällen in /1/ ausschließlich eine Buntsandstein-Erschließung angesetzt wurde, ist anhand der Erkundungsergebnisse eine **Aktualisierung des numerischen GwModells** erforderlich, insbesondere die Neuberechnung der Brunneneinzugsgebiete und der „50-Tage-Zonen“ zur **Überprüfung des WSG-Konzeptes für die Brunnenstandorte VB 2b und VB 2c** in /1/.

Das Quartär im Umfeld des Grohbergs war in dem GwModell, Stand 04/2006 bereits angelegt; das **GwModell /1/** wurde nunmehr **wie folgt überarbeitet**:

- **Umsetzung des erschließungsrelevanten Quartärs**, also der Sande und Kiese über der Buntsandstein-Oberfläche südöstlich von Breitenbrunn entsprechend den Bohrerergebnissen. Das **lokale schwebende GwVorkommen** im Bereich der GWM 2a bleibt **unberücksichtigt**.
- **Umsetzung der ermittelten geohydraulischen Kennwerte** für die Sande und Kiese und für den Kluft-GwLeiter Buntsandstein.
- **Nachkalibrierung des GwModells** unter Berücksichtigung folgender Mess- bzw. Erkundungsergebnisse:
  - **Pumpversuchsergebnisse** (VB 2c hat auf die Förderung an VB 2b nicht reagiert)
  - **GwStichtagsmessung 06.02.2007**
  - Abschnittsweise **Abflussmessungen am Faulbach** am 10.11.2006:
    - ⇒ Berücksichtigung der abschnittsweise unterschiedlichen geohydraulischen Wirkung des Faulbachs oberhalb und unterhalb von Messpunkt (MP) 7.
    - ⇒ Berücksichtigung der Infiltrationsrate von ca. 18 l/s unterhalb von MP 7 bei der Modellanpassung (GwBilanzkontrolle)

Mit dem entsprechend nachkalibrierten GwModell werden Entnahmeszenarien untersucht, die von einem **Brunnenbetrieb an den Standorten VB 2b** (Entnahme aus dem Unteren Buntsandstein) **und VB 2c** (Entnahme aus dem Quartär [Sand/Kies]) ausgehen. Hierbei werden folgende Entnahmeraten zugrunde gelegt:

- **Gesamtentnahme** = Durchschnittsentnahme:  $\leq 500.000 \text{ m}^3/\text{a}$  bzw. **max. 16 l/s**

- Bei **Spitzenbedarf** können **kurzzeitig bis zu 28 l/s** erforderlich werden<sup>1</sup>; dies würde bei der o. g. Durchschnittsentnahme einem Tagesspitzenfaktor von 1,75 entsprechen.

## 4.2 Anpassung und Nachkalibrierung des GwModells

---

### 4.2.1 Anpassung des GwModells

Anlage 6.2 zeigt die anhand der neuen Erkundungsergebnisse angepasste Basis der Modellschicht 2. Gegenüber /1/ hat sich gezeigt, dass die Quartärbasis insbesondere östlich und südöstlich des Grohbergs deutlich über der im Modell (ursprünglich) angesetzten Grenze suST / suSB (Basis Modellschicht 2 / Top Modellschicht 3) liegt. Modelltechnisch wurde daher die Basis der Modellschicht 2 in diesem Bereich angehoben und westlich sowie südwestlich des Grohbergs abgesenkt (analog /1/) und somit die quartäre Rinne (insbesondere die Mächtigkeit der quartären Sedimente) realisiert.

Im Bereich südlich des Grohbergs wurde entsprechend den Abflussmessungen vom 10.11.2006 (siehe Anlage 3 und Kapitel 3.5) die **Leakage-Randbedingung entlang des Faulbachs** (bisher RB-Typ DRAIN) in den **RB-Typ RIVER geändert**, um die unterhalb von MP 7 gemessene Infiltration des Faulbachs von ca. 18 l/s in den Untergrund umzusetzen (siehe Anlage 6.1).

Eine weitere Änderung der hydraulischen Randbedingungen (restliche Leakage-RB, GwNeubildung und GwEntnahmen) gegenüber dem Bearbeitungsstand /1/ war nicht erforderlich.

### 4.2.2 Nachkalibrierung des GwModells

Auf Grundlage des angepassten Modells sowie unter Berücksichtigung der neu gewonnenen GwStanddaten, Stichtag 06.02.2007 (GWM 1, GWM 2, VB 2b, VB 2c), wurde eine Nachkalibrierung des GwModells durchgeführt.

Ziel war dabei die **realitätsnahe Berechnung des GwStrömungsbildes und die quantitativ korrekte Erfassung des GwUmsatzes** sowie der gemessenen (Gw-)Abflüsse an den Trockenwetterabflussmesspunkten gemäß /1/ sowie der Infiltration entlang des Faulbachs unterhalb von Messpunkt 7.

Die Nachkalibrierung des GwModells basiert daher zum einen auf mittleren GwStänden (Kalibrierung des GwModells in /1/) sowie auf der Stichtagsmessung 06.02.2007. Auch die zu Grunde gelegten Trockenwetterabflussmessungen (TWA-Messungen) beziehen sich

---

<sup>1</sup> Nach tel. Mitt. von Herrn Wassermeister Dümig könnten bei einer Mitversorgung von Altenbuch derzeit bei Spitzenbedarf bis zu 1.500 m<sup>3</sup>/d über einen Zeitraum von 4 Wochen benötigt werden. Dies entspräche einer Förderrate von ca. 17,5 l/s.

somit auf verschiedene Stichtage; ein gemeinsamer Stichtag liegt nicht vor. Diese Unschärfe ist bei der Interpretation des Modellierungsergebnisses zu berücksichtigen.

## 4.2.3 Ergebnisse der Modellkalibrierung

### 4.2.3.1 Anpassungsgüte

Das Ergebnis der Nachkalibrierung ist in den Anlagen 6.3 bis 6.7 dokumentiert. Dabei wurden folgende Darstellungsformen gewählt:

- Vergleich der gemessenen und berechneten GwStände sowie der gemessenen und berechneten Schüttungen bzw. Abflüsse (Anlage 6.3)
- GwGleichenpläne (Anlage 6.4)
- Instationäre Berechnung der Pumpversuche an den Versuchsbohrungen 2b und 2c (Anlage 6.5)
- Horizontale und vertikale  $k_f$ -Wert-Verteilung der Modellschicht 2 (Anlage 6.6)
- Horizontale  $k$ -Wert-Verteilung der Modellschicht 3 (Anlage 6.7).

Aus den in /1/, Kapitel 5.5.1 genannten Gründen wurde auch hier auf eine Beschreibung der 1. Modellschicht (Oberer Buntsandstein) verzichtet.

Neben der Kalibrierung hinsichtlich der GwBilanz waren bei der Nachkalibrierung insbesondere die im Bereich östlich des Grohbergs gemessenen Druckhöhen (Stichtag 06.02.2007) ausschlaggebend.

Die in /1/ gefundenen, großräumigen  $k$ -Wert-Zonen für den Buntsandstein wurden bezüglich ihrer Ausdehnung und Form kaum verändert, lediglich der angesetzte horizontale und /oder vertikale  $k$ -Wert musste bereichsweise geringfügig angepasst werden.

Im Bereich des Umlauftals von Breitenbrunn musste – entsprechend dem Erkundungsergebnis – das Quartär deutlich feiner untergliedert werden, um die hier gemessenen Druckhöhen zu reproduzieren.

Die Abweichungen der durch das nachkalibrierte GwModell berechneten Druckhöhen liegen deutlich unter 10 cm; die meisten Messstellen zeigen Abweichungen von  $\leq 5$  cm (siehe Anlage 6.3). Der mittlere Fehler liegt bei 0,02 m, der mittlere absolute Fehler bei 0,03 m und die berechnete Standardabweichung bei 0,03 m. Der normalisierte, mittlere quadratische Fehler (RMS) wird vom Modell mit 0,03 % angegeben. Der Fehler in der Wasserbilanz beträgt  $\ll 1$  %.

#### 4.2.3.2 Berechnete Verteilung der geohydraulischen Parameter

Die horizontale und vertikale Durchlässigkeitsverteilung ist in Anlage 6.6 und Anlage 6.7 für die Modellschichten 2 und 3 in Kartenform dokumentiert. Bezüglich der gefundenen **Durchlässigkeitsverteilung** sind folgende Punkte **hervorzuheben**:

- Im Rahmen der Modell-(nach-)kalibrierung wurden diverse **k<sub>f</sub>-Wert-Regionen** gefunden, deren räumliche Erstreckung sich anhand der geologischen Situation nachvollziehen lässt (siehe /1/).
- Außerhalb der Quartärrinne im Bereich des Grohbergs haben sich gegenüber /1/ keine wesentlichen Veränderungen ergeben.
- Es fand eine signifikante Verfeinerung der k<sub>f</sub>-Wert-Zonen im Bereich um den Grohberg (quartäre Sedimente, Modellschicht 2) statt. Die hier gefundenen k<sub>f</sub>-Werte entsprechen denen durch die **Pumpversuche** ermittelten k<sub>f</sub>-Werten und liegen für den **horizontalen k<sub>f</sub>-Wert** im Bereich zwischen  $1,7 \cdot 10^{-3}$  und  $7,4 \cdot 10^{-5}$  m/s. Die vertikalen k<sub>f</sub>-Werte für den Übergangsbereich liegen zwischen  $6,5 \cdot 10^{-9}$  und  $1,0 \cdot 10^{-10}$  m/s.
- Die horizontalen k<sub>f</sub>-Werte für den Unteren Buntsandstein liegen in diesem Bereich zwischen  $2,5 \cdot 10^{-4}$  und  $7 \cdot 10^{-5}$  m/s.

Die in /1/ gefundenen sowie durch Nachkalibrierung zusätzlich eingeführten Durchlässigkeiten spiegeln die wechselnden Verhältnisse wider, die aufgrund der verfügbaren Pumpversuchsauswertungen an den GwMessstellen bzw. Bohrungen zu erwarten waren. Die gefundenen geohydraulischen Parameter repräsentieren jeweils mittlere Wertebereiche für größere Gebiete, daher sind lokal Abweichungen von den Modellwerten möglich bzw. anzunehmen. Insgesamt sind die ermittelten (Modell-) Werte jedoch mit den in den verwendeten Datenquellen angegebenen Werten für die vorhandenen Gesteine / Sedimente innerhalb der natürlichen Schwankungsbreite **plausibel** in Einklang zu bringen.

#### 4.2.3.3 Großräumiges GwStrömungsbild

Das Ergebnis der **stationären Modellkalibrierung** wird in Form von **GwGleichenplänen** für die Modellschichten 2 und 3 in Anlage 6.4 dokumentiert.

Für die Bereiche des Mittleren Buntsandsteins ohne ausgewiesene GwGleichen berechnet das Modell kein ausgebildetes GwStockwerk, was hydrogeologisch durchaus plausibel ist. Für diese lokal trocken gefallenen Modellbereiche / -zellen kann das Modell keinen GwStand berechnen. Diese Bereiche/Zellen werden in den Anlagen durch unterbrochene GwGleichen dargestellt.

Dies schließt jedoch nicht aus, dass sich in diesen Bereichen in der Realität zeitweise, z.B. nach Niederschlägen, lokal schwebende GwStockwerke ausbilden. Diese zeitweise bzw. entsprechend der Jahreszeit auftretenden GwStockwerke (bzw. Spiegelschwankungen) können in einem stationären GwModell nur sehr begrenzt bzw. nicht nachgebildet werden. Für eine realitätsnahe Simulation auch solcher, sich jahreszeitlich ändernder Bedin-

gungen ist eine instationäre GwModellierung Voraussetzung, was jedoch bei der gegebenen Aufgabenstellung nicht erforderlich ist.

Für die Modellschicht 2 ist zu beachten, dass hier keine GwMessstellen vorliegen und somit eine Kontrolle der berechneten GwGleichen lediglich über die (globale) GwBilanz und die Plausibilitätsprüfung stattfinden konnte. Für die Modellschicht 1 wurden aufgrund der in /1/, Kapitel 5.5.1 aufgeführten Gründe keine Berechnung durchgeführt.

Für die wasserwirtschaftlichen Fragestellungen ist das GwStrömungsbild im **Unteren Buntsandstein** maßgebend; dieses ist in Anlage 6.4 Blatt 2 dargestellt und zeigt eine vollständige GwErfüllung dieser Modellschicht im gesamten Modellgebiet.

Hervorzuheben ist, dass der Verlauf der GwHöhengleichen in den Modellschichten maßgeblich durch die Lage der GwScheiden sowie des geohydraulischen Anschlusses an die Vorfluter geprägt ist. Im Wesentlichen entspricht das Strömungsbild den in /1/, Anlage 2.3 dargestellten GwGleichen. Zu beachten ist jedoch, dass sich im Modell zwei getrennte GwStockwerke für den Unteren und Mittleren Buntsandstein ausgebildet haben. Diese Trennung der GwStockwerke ist aufgrund folgender Überlegungen plausibel:

Zum einen zeigen die Bäche Faulbach, Kropfbach und Haslochbach in den Bereichen, wo sie an den Mittleren Buntsandstein angeschlossen sind, deutliche Abflusszuwächse, die nur aus dem Mittleren Buntsandstein selbst stammen können. Zum anderen zeigt die im Unteren Buntsandstein verfilterte LGWM-3 mittlere GwStände, die unterhalb der Basis des Mittleren Buntsandsteins liegen. In diesem Bereich muss sich jedoch auch im Mittleren Buntsandstein ein GwStockwerk ausgebildet haben, da ansonsten die oben erwähnten Abflüsse der Bäche nicht erklärbar sind.

#### 4.2.3.4 Berechnete GwBilanz

Die berechnete GwBilanz stellt sich für das **gesamte Modellgebiet** wie folgt dar (Angaben gerundet):

➤ <b>Summe Zuflüsse:</b>	<b>1.118 l/s</b>
River-Randbedingung:	410 l/s
Grundwasserneubildung:	708 l/s
➤ <b>Summe Abflüsse:</b>	<b>1.118 l/s</b>
River-Randbedingung:	486 l/s
Drain-Randbedingung:	627 l/s
Brunnen:	5 l/s

Weiterhin erfolgte analog /1/ eine **Bilanzkontrolle** sowohl über die hydrogeologischen Felduntersuchungen (TWA-Messungen) von Februar 2006 und vom 10.11.2006 (Abflussmessungen am Faulbach) als auch über die langjährigen, mittleren Schüttungen der Quellfassungen; Anlage 6.3 zeigt den Vergleich der berechneten mit den gemessenen Schüttungen bzw. Abflüssen des Modellgebiets.

Dieser Vergleich zeigt (analog /1/), dass die gemessenen **Abflüsse des Faulbachs, Kropfbachs, Haslochbachs und Fechenbachs sehr gut vom Modell nachvollzogen** werden. Die berechneten Differenzen des Gesamtabflusses des jeweiligen Baches sind  $< 10\%$  des gemessenen Gesamtabflusses und liegen somit innerhalb der Messungenauigkeit der TWA-Messungen. Die im November 2006 gemessene **Absickerung (Infiltration) von ca. 18 l/s am Faulbach** unterhalb von MP 7 wurde in dem nachkalibrierten Modell ebenfalls realitätsnah **umgesetzt**.

Die im Modell **berechneten Quellschüttungen** liegen auch bei der Nachkalibrierung deutlich unter den gemessenen Schüttungen. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass der überwiegende Teil der Schüttung nicht zur TwGewinnung genutzt wird, sondern in den Faulbach abläuft (Quellüberlauf). Dieser, dem Faulbach zufließende Anteil der Quellschüttung wurde bzw. wird über die Abflussmessung erfasst und ist somit in der GwBilanz des Modells mit berücksichtigt. Der zur TwGewinnung genutzte Anteil liegt beim Gewinnungsgebiet Breitenbrunn im Mittel bei ca. 12 l/s und bei der Buchbrunnen-Quelle bei ca. 3 l/s. Dieser tatsächlich dem GwModell resp. dem GwSystem entzogene Anteil der Quellschüttung wird jedoch vom Modell über die berechneten Quell-Schüttungen (18 l/s bzw. 3 l/s) mit guter Näherung reproduziert.

Ähnliches gilt für die Bachspring-Quelle (N' von Fechenbach); der hier für die TwGewinnung genutzte Anteil der Quell-Schüttung lag nach Auskunft der Gde. Collenberg<sup>1</sup> bei ca. 2,5 l/s für die Jahre 2000 – 2005. Der restliche Anteil der Quell-Schüttung fließt in den Fechenbach (Quellüberlauf), bei dem das Modell ebenfalls einen plausiblen Abfluss berechnet.

Das **nachkalibrierte GwModell** berechnet also insgesamt eine plausible GwBilanz und ist somit als **bilanzkontrolliert** einzustufen. Dies ist im Sinne der Aufgabenstellung – Ermittlung des gewinnbaren GwDargebotes an geeigneten Brunnenstandorten – ein wesentliches Qualitätsmerkmal.

#### 4.2.3.5 Instationäre Berechnung der Pumpversuche

Anlage 6.5 zeigt das Ergebnis der instationären Simulation der an den Versuchsbohrungen 2b und 2c im November und Oktober 2006 durchgeführten Pumpversuche. Dazu wurden insgesamt 163 bzw. 179 Zeitschritte eingeführt, mit einem Zeitintervall von jeweils 1 Stunde.

Folgende Punkte sind bei der Beurteilung der Ergebnisse zu berücksichtigen:

- Beide Versuchsbohrungen zeigen mehr oder weniger starke Brunnenverluste während den Pumpversuchen. Diese Brunnenverluste (insbesondere VB 2b) können durch das numerische GwModell nicht berücksichtigt werden. Insbesondere bei den höchsten

<sup>1</sup> Telefonische Auskunft Herr Schäfer, Gde. Collenberg, 21.03.2006

Förderstufen wirkt sich dieser Brunnenverlust sehr deutlich aus, was dazu führt, dass das Modell eine deutlich „zu geringe“ GwAbsenkung im Bohrloch berechnet.

- Die Werte für die Speicherkoeffizienten konnten nur abgeschätzt werden (Literaturwerte); Messstellen im Umfeld der Versuchsbohrungen existierten zu diesem Zeitpunkt noch nicht, so dass eine entsprechende Auswertung nicht durchgeführt werden konnte.
- Aufgrund der gegenüber dem Durchmesser des Bohrlochs deutlich größeren Brunnenzelle musste für diese Zelle eine Ersatzdurchlässigkeit berechnet werden.

Auffällig ist, dass das Modell bei der VB 2c keine stationären Verhältnisse zum Ende der Pumpzeit berechnet. Dies könnte unter anderem darauf zurückzuführen sein, dass das Modell für einen insgesamt mittleren Zustand (GwNeubildung, GwStände) kalibriert wurde und im Zeitraum der Versuchsdurchführung aufgrund von höheren Niederschlägen im Umland ein erhöhter Wasserandrang im Quartär stattfand. Zu klären wäre dies nur über eine instationäre Kalibrierung des Modells, das mindestens einen hydrologischen Zyklus beinhaltet und entsprechenden GwGanglinien sowie eine instationär umgesetzte GwNeubildung (über Niederschlag) im Modellgebiet berücksichtigt.

Da der diesbezüglich gewählte Modellansatz tendenziell zu einer (modelltechnischen) Unterschätzung der Brunnenergiebigkeit am Standort VB 2c führt, liegt dieser im Sinne der Fragestellung auf der sicheren Seite und wurde somit beibehalten.

#### 4.2.4 Zusammenfassende Bewertung der Modellanpassung

Zusammenfassend lässt sich die Nachkalibrierung des GwModells im Hinblick auf die weitere Untersuchung der TwGewinnungsmöglichkeiten des ZV WV Stadtprozeltenener Gruppe wie folgt bewerten:

- Sowohl die bereits in /1/ zugrunde liegenden Daten (i. W. GwStände, Feldparameter und GwGleichenkarte) als auch die durch die Erkundung 2006/2007 neu gewonnenen Daten (GwStände, Abflussdaten, Daten zur Geologie) konnten gut reproduziert werden; ein **plausibles GwStrömungsbild** wird für die wasserwirtschaftlich maßgeblichen Gesteine des Unteren Buntsandsteins und des Quartärs (Umlaufstal Breitenbrunn) berechnet.
- Die durch Pumpversuche ermittelten **Gebirgsdurchlässigkeiten** stimmen gut mit denen durch die Modellkalibrierung ermittelten Werten überein, wobei im Bereich des Grohbergs die Modelldurchlässigkeiten für den Unteren Buntsandstein leicht unterschätzt sind. Dies liegt im Sinne der Fragestellung tendenziell auf der sicheren Seite.
- Das numerische Rechenmodell liefert für die stationäre Kalibrierung eine **schlüssige Druckhöhenverteilung bei einer insgesamt plausiblen k-Wert-Verteilung**. Es ist somit **stationär kalibriert**, auf der Grundlage der vorliegenden Messwerte und der ermittelten Feldparameter.

- Die realisierte **GwBilanzkontrolle** des Modells stellt sicher, dass ein realitätsnaher GwUmsatz kalkuliert wird; im Sinne der GwBilanz ist somit eine **Überschätzung des gewinnbaren GwDargebotes** an den betreffenden Standorten **ausgeschlossen**.
- In Verbindung mit der o. g. Berechnung eines schlüssigen GwStrömungsbildes kann das GwModell auch zur Klärung der Frage herangezogen werden, ob und ggf. in welchem Maße **konkurrierende Nutzungen** und/oder kritische Flächen tendenziell im GwEinzugsgebiet möglicher Brunnenstandorte zu liegen kommen und bei welchen (Einzel-) Förderraten dies der Fall sein könnte. Dies ist sowohl für die Gefährdungsabschätzung für potentielle Brunnenstandorte als auch für die WSG-Bemessung von Bedeutung.
- Das GwModell ist somit in dieser Form als **Prognoseinstrument** für die Untersuchung der Sicherung der TwVersorgung und als Instrument **für die weitere Erschließungsplanung** des ZV WV Stadtprozeltenener Gruppe **geeignet**. Es wird daher zur Durchführung entsprechender Simulationsrechnungen eingesetzt, deren Ergebnisse im Folgenden dargestellt werden. Darüber hinaus bleibt das GwModell als Prognoseinstrument auch für die Zukunft erhalten und steht für evtl. langfristige (weitergehende) Erschließungsplanung zur Verfügung.

### **4.3 Ergänzende Modellrechnungen - Erschließungsszenarien**

#### **4.3.1 Berechnungsansätze, Entnahmeszenarien**

Mit dem nachkalibrierten Modell wurden Prognoseszenarien zur Ermittlung der optimalen (Einzel-) Förderraten an den **Brunnenstandorten VB 2b** (GwEntnahme im Unteren Buntsandstein) **und VB 2c** (GwEntnahme im Quartär [Sand/Kies]) durchgeführt. Untersucht werden **3 (Erschließungs-) Szenarien** unter Ansatz der in Kapitel 4.1 genannten Gesamtförderraten. Bei den Einzelförderraten werden höchstens die bei den jeweiligen Pumpversuchen realisierten Maximal-Pumpraten (bei Beharrung) angesetzt, da nur diese sicher über die Pumpversuche an den Erkundungsbohrungen nachgewiesen sind

Als **Referenzzustand** diene das auf den Stichtag 06.02.2007 (nach-) kalibrierte GwModell.

Ziel war es, eine möglichst günstige Entnahmekonfiguration im Hinblick auf den GwSchutz und somit letztendlich (auch) eine Optimierung der WSG-Abgrenzung zu erreichen. Dazu wurde bei den jeweiligen Ansatzpunkten eine entsprechende **GwEntnahme** (Randbedingung Typ WELL) **im Unteren Buntsandstein bzw. im Quartär (Sand/Kies)** angesetzt. Folgende Erschließungsszenarien werden untersucht:

Tabelle 4-1: *Untersuchte Erschließungsszenarien (Modellszenarien)*

Prognoserechnung	Untersuchungsziel
<b>Szenario E1</b> (stationäre Berechnung)	<b>Durchschnittsentnahme</b> von 500.000 m <sup>3</sup> /a bzw. <b>16 l/s gleichmäßig</b> wie folgt auf den Buntsandstein und das Quartär <b>verteilt</b> : ⇒ Brunnen VB 2b (Buntsandstein): 8 l/s ⇒ Brunnen VB 2c (Quartär): 8 l/s
<b>Szenarien E2a und E2b</b> (stationäre Berechnung)	<b>Durchschnittsentnahme</b> von 500.000 m <sup>3</sup> /a bzw. <b>16 l/s nur aus dem Buntsandstein bzw. aus dem Buntsandstein und dem Quartär</b> : ⇒ Brunnen VB 2b (Buntsandstein): 16 l/s ( <b>Szenario E2a</b> ) bzw. ⇒ Brunnen VB 2c (Quartär): 12 l/s und VB 2b (Buntsandstein): 4 l/s ( <b>Szenario E2b</b> )
<b>Szenario E3</b> (instationäre Berechnung über 50 Tage)	Ausgehend von Szenario E1 <b>Spitzenentnahme</b> von <b>28 l/s über 50 Tage</b> wie folgt auf den Buntsandstein und das Quartär <b>verteilt</b> : ⇒ Brunnen VB 2b (Buntsandstein): 16 l/s ⇒ Brunnen VB 2c (Quartär): 12 l/s

Die **Beschreibung der einzelnen Berechnungsszenarien** sowie die Ergebnisse der Modellrechnungen sind in den folgenden Kapiteln erläutert. Die grafische Darstellung der ermittelten Ergebnisse erfolgt in Form von Übersichts- und Detaillageplänen mit **berechneten GwGleichen sowie Bahnlinien** mit Zeitmarken. Aus diesen Darstellungen resultiert das **GwEinzugsgebiet** der untersuchten Brunnenstandorte. Darüber hinaus wird für jedes Szenario die „50-Tage-Zone“ ermittelt, also der Bereich, innerhalb dessen das Grundwasser in maximal 50 Tagen unter den angesetzten Entnahmebedingungen den betreffenden Brunnen erreicht.

Die **Startpunkte der Bahnlinien** liegen an den jeweiligen **Brunnenstandorten**: die Berechnung der Bahnlinien selbst erfolgte **rückwärts** (entgegen der GwFließrichtung); das Intervall der Zeitmarken beträgt 10 Jahre bzw. 1 Jahr (Detailplan) oder 50 Tage (bei der Berechnung der „50-Tage-Zonen“). Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Bahnlinien jeweils in der Mitte der Brunnenzelle bzw. in der Mitte der (zukünftig) verfilterten Schicht wie folgt starten:

- ⇒ Brunnen VB 2b: Bahnlinien starten in der Mitte der 3. Modellschicht (Unterer Buntsandstein)
- ⇒ Brunnen VB 2c: Bahnlinien starten in der Mitte der 2. Modellschicht (Quartär)

Da unter den gegebenen Randbedingungen lediglich über die GwNeubildung durch versickernden Niederschlag ein (flächenhafter) GwZufluss in das Modellgebiet erfolgt, laufen die Bahnlinien jeweils rückwärts nach oben und erreichen letztendlich die GwOberfläche, also den ursprünglichen „Startpunkt“, wobei die Bahnlinien aus dem Unteren Buntsandstein zunächst noch die 2. Modellschicht durchlaufen müssen.

### 4.3.2 Szenario E1 – GwEntnahme von je 8 l/s aus dem Buntsandstein (VB 2b) und aus dem Quartär (VB 2c)

In diesem Szenario wird die geschätzte Obergrenze der **Dauerentnahme bei Mitversorgung der Gemeinde Altenbuch** angesetzt (500.000 m<sup>3</sup>/a bzw. ca. 16 l/s), wobei von einem gleichmäßigen Betrieb beider Brunnen ausgegangen wird, also die o. g. Gesamtförderrate jeweils zur Hälfte aus beiden Brunnen gewonnen wird. Das Ergebnis dieses stationären Szenarios ist in Anlage 7.1 dokumentiert und zeigt im Hinblick auf den zukünftig zu empfehlenden Brunnenbetrieb und die WSG-Bemessung zwei bemerkenswerte Aspekte:

- Das **Einzugsgebiet des Quartär-Brunnens VB 2c erstreckt sich** bereits bei der im Vergleich zur nachgewiesenen Ergiebigkeit (17 l/s) geringen Förderrate von 8 l/s **recht weit nach Süden und Südosten**. Dies ist auf die entsprechende Rinnenstruktur zurückzuführen, in die der Sand-Kies-GwLeiter eingebettet ist und die den Grohberg umläuft.
- Das **Einzugsgebiet des Buntsandstein-Brunnens VB 2b verbleibt** bei einer Förderrate von 8 l/s **östlich der Ortsbebauung von Breitenbrunn**. Nördlich von Breitenbrunn errechnet sich ein Einzugsgebiet, das etwa dem Ergebnis in /1/ entspricht.
- Die „50-Tage-Zone“ des Brunnen VB 2c ist – trotz gleicher Förderraten – größer als die des Brunnen VB 2b. Dies ergibt sich vor allem aus dem größeren  $k_f : n_0$  – Quotienten für das Quartär, aus dem für den Quartär-GwLeiter eine größere GwFließgeschwindigkeit (Abstandsgeschwindigkeit) resultiert als für den Buntsandstein. Demzufolge liegt die Grenze der 50-Tage-Zone, also die 50-Tage-Linie, am Brunnen VB 2c in größerer Entfernung als am Brunnen VB 2b.

### 4.3.3 Szenario E2a – GwEntnahme von 16 l/s aus dem Buntsandstein (VB 2b)

Bei diesem stationären Szenario wird unterstellt, dass die o. g. **Dauerentnahme von 16 l/s** allein aus dem **Buntsandstein-Brunnen VB 2b** gewonnen wird. Aus dieser Berechnung ergibt sich folgendes:

- Auch in diesem Fall bleibt das **Einzugsgebiet des Brunnen VB 2b östlich der Ortsbebauung von Breitenbrunn**. Nördlich von Breitenbrunn entspricht das Gesamteinzugsgebiet weiterhin i. W. dem für beide Brunnen berechneten Ergebnis in /1/.
- Die errechnete 50-Tage-Zone für den Brunnen VB 2b ist aufgrund der größeren Entnahme in diesem Szenario deutlich größer als im Szenario E1.

#### 4.3.4 Szenario E2b – GwEntnahme von 12 l/s aus dem Quartär (VB 2c) und 4 l/s aus dem Buntsandstein (VB 2b)

Ursprünglich war geplant, dieses Szenario quasi als Gegenstück zu Szenario E2a zu rechnen, also 16 l/s allein aus dem Quartär-Brunnen zu entnehmen. Da sich aber bereits in dem Ergebnis des Szenarios 1 andeutet, dass eine (dauerhafte) Entnahme von 16 l/s ein sehr weit nach Süden reichendes Brunneneinzugsgebiet erzeugen würde, wurde die o. g. **Gesamtentnahme zu 25 % aus dem Buntsandstein-Brunnen VB 2b (4 l/s) und zu 75 % aus dem Quartär-Brunnen VB 2c (12 l/s)** angesetzt. Dies führte zu folgendem **bemerkenswerten Ergebnis**:

- Das **GwEinzugsgebiet des Quartär-Brunnens VB 2c reicht sehr weit nach Süden** und führt zu folgenden, den **GwSchutz einschränkenden GwStrömungsbedingungen**:
  - Der Infiltrationsbereich entlang des Faulbachs unterhalb von Messpunkt (MP 7) fällt in das GwEinzugsgebiet des Quartär-Brunnens VB 2c.
  - Es kann zudem nicht ausgeschlossen werden, dass die etwa 1200 m südlich des Brunnenstandorts gelegene Deponie (Dep-5 Al-16) zumindest bei einer (noch) etwas höheren Förderrate ebenfalls in das Brunneneinzugsgebiet fällt.
- Das Brunneneinzugsgebiet verbleibt weiterhin östlich der Ortsbebauung von Breitenbrunn.

Da dieses Brunnenbetriebsszenario als Dauerentnahmeszenario nicht in Betracht kommt bzw. kam, wurde auf den ursprünglich geplanten Ansatz einer **Dauerentnahme von 16 l/s** aus dem Quartär-Brunnen VB 2c verzichtet, da dies die **oben beschriebene problematische Situation für den GwSchutz noch weiter verschärfen** würde. Dies ist also keine realistische Dauerentnahmesituation.

Eine **zeitlich begrenzte Förderung** von 12 l/s aus dem **Brunnen VB 2c** ist allerdings **möglich**, wie die Darstellung der berechneten 50-Tage-Zonen für dieses Szenario in Verbindung mit Szenario E3 (s. u.) zeigt (siehe Anlage 7.3.3). **12 l/s sind über 50 Tage sicher möglich; auch eine tageweise Erhöhung** bis auf die nachgewiesene Mindestergiebigkeit von **17 l/s** ist denkbar, wenn anschließend über längere Zeit wieder eine durchschnittliche Förderung erfolgt und so eine nachhaltige Entwicklung des GwEinzugsgebietes nach Süden unterbunden wird.

#### 4.3.5 Szenario E3 – Spitzenentnahme: 16 l/s aus dem Buntsandstein (VB 2b) und 12 l/s aus dem Quartär (VB 2c)

Unter Berücksichtigung des Ergebnisses von Szenario E2b wurde nun untersucht, wie sich die 50-Tage-Zonen beider Brunnen bei einer **Spitzenentnahme von insgesamt 28 l/s über 50 Tage** verändert. Hierzu wurde – **ausgehend von der Durchschnittsförderung im Szenario E1** (insgesamt 16 l/s; Brunnen VB 2b und VB 2c jeweils 8 l/s) – die Gesamtentnahme

über den Zeitraum von 50 Tagen auf 28 l/s erhöht (**instationäre Berechnung** über 50 Tage). Die Darstellungen in Anlage 7.4 zeigen die resultierenden 50-Tage-Zonen, die aufgrund der höheren Entnahme gegenüber Szenario E1 vergrößert sind.

#### 4.4 Bewertung der Prognoserechnungen im Hinblick auf den zukünftigen Brunnenbetrieb

---

Aus den Ergebnissen der Prognoserechnungen für die Brunnenstandorte VB 2b und VB 2c sind für den Betrieb zukünftiger Brunnen an den Standorten VB 2b und VB 2c folgende Schlüsse zu ziehen:

- Aus dem **Szenario E1** ergibt sich, dass bei **durchschnittlichem Wasserbedarf** ein **gleichmäßiger Betrieb beider Brunnen** aus folgenden Gründen **zweckmäßig** ist:
  - Das Einzugsgebiet beider Brunnen erstreckt sich nicht sehr weit nach Süden, was die Ausdehnung des Wasserschutzgebietes (WSG) in diese Richtung auf ein Maß begrenzt, das keine (gravierenden) Nutzungskonflikte nach sich zieht (s. u.).
  - Das Einzugsgebiet beider Brunnen verbleibt östlich der Ortsbebauung von Breitenbrunn, was hinsichtlich der Ausweisung und Umsetzung des WSG ebenfalls vorteilhaft ist.
  
- Ein **überdurchschnittlicher Wasserbedarf** sollte in erster Linie über eine **Erhöhung der Förderrate am Buntsandstein-Brunnen VB 2b** gedeckt werden. Bei einer Förderrate von **bis zu 16 l/s** an diesem Brunnen (und weiterhin durchschnittliche Entnahme am Brunnen VB 2c) führt dies nur zu einer geringen Ausdehnung des GwEinzugsgebietes nach Süden und die Ortsbebauung von **Breitenbrunn** verbleibt **weiterhin außerhalb des Einzugsgebietes**.
  
- Bei **weit überdurchschnittlichem Wasserbedarf (von bis zu 28 l/s)** ist **temporär** auch eine **Steigerung der Entnahme am Quartär-Brunnen auf ca. 12 l/s möglich**, kurzzeitig auch mehr, ohne dass dies GwStrömungsbedingungen zur Folge hat, die hinsichtlich des GwSchutzes kritisch zu bewerten wären.
  
- Sollte **langfristig ein weiterer Brunnen** zur Absicherung oder Erweiterung der TwGewinnung erforderlich werden, so sind nach den Ergebnissen der Versuchsbohrungen auch hierfür die quartären Sande und Kiese eine interessante Erschließungsoption. In jedem Fall sollte ein weiterer Brunnen **zwischen den untersuchten Standorten VB 2b / VB 2c und Breitenbrunn** liegen; dies gilt auch für einen Buntsandstein-Brunnen. Südlich der Standorte VB 2b / VB 2c gelegene Brunnen geraten zunehmend in Konflikt mit der dortigen Vorbehaltsfläche für den Rohstoffabbau, der dortigen Altlast Dep-5 Al-16 und der Infiltrationsstrecke entlang des Faulbachs und sind daher nicht zu empfehlen.

## 5. Aktualisierung des WSG-Konzeptes

In /1/ ist ein **WSG-Konzept** für die **Brunnenstandorte VB 2b und VB 2c** dargestellt. Die diesem Konzept zugrunde liegenden Ansätze berücksichtigen – entsprechend dem damaligen Kenntnisstand – nicht die Existenz **des Ton-Schluff-Horizontes**, insbesondere des organischen Tons über den maßgeblichen GwLeitern bzw. über dem erschließungsrelevanten GwSpiegel. Im Folgenden ist daher zunächst zu beurteilen, inwieweit der Nachweis dieses Ton-Schluff-Horizontes zu einer Veränderung der **Bemessungsansätze** bzw. zu einer Neufassung des WSG-Konzeptes führen muss.

Des Weiteren ist die **Erschließungsoption** in dem **Sand-Kies-GwLeiter am Standort VB 2c** zu berücksichtigen – den Überlegungen in /1/ liegt eine reine Buntsandstein-Erschließung zugrunde.

Der oben genannte relevante Ton-Schluff-Horizont wurde praktisch in allen Bohrungen südöstlich von Breitenbrunn nachgewiesen; lediglich an der GWM 1 fehlt der organische Ton und es wurde hier nur ein 2 m mächtiger Schluffhorizont nachgewiesen.

**Bei Existenz des organischen Tons** wirkt der Ton-Schluff-Horizont als **Deckschicht** über dem erschließungsrelevanten GwSpiegel **mit einer hohen bis sehr hohen Gesamtschutzfunktion** (Klassifikation nach /4/); lediglich an der GWM 1, wo der organische Tone fehlt, ist nur eine mittlere Deckschichtenqualität gegeben.

Nach den vorliegenden Erkundungsergebnissen ist davon auszugehen, dass an den bekannten Bohrpunkten südöstlich von Breitenbrunn und **an den Brunnenstandorten VB 2b und VB 2c** eine **hohe bis sehr hohe Gesamtschutzfunktion der Deckschichten** gegeben ist. Aufgrund des über dem GwSpiegel nachgewiesenen Tonhorizontes leitet sich nach dem **Ansatz von REHSE** (siehe Anlage 9.4) hieraus ab, dass für die Brunnenstandorte VB 2b und VB 2c theoretisch sogar auf die Ausweisung einer Engeren Schutzzone verzichtet werden könnte.

Diese **Deckschichtensituation** ist im Sinne des GwSchutzes zweifellos ein positiver Sachverhalt, **kann aber aufgrund der folgenden hydrogeologischen Überlegungen nicht zu einem „minimalen Wasserschutzgebiet“ führen:**

- Die signifikanten **Nitrat-Gehalte** (auch) im Quartär-Grundwasser belegen, dass insgesamt **erhebliche Jungwasseranteile** in den erschließungsrelevanten GwLeitern vorhanden sein müssen. Dies könnte auf hydraulische Fenster in dem Ton-Schluff-Horizont abseits der Bohrpunkte zurück zu führen sein (siehe 3.1.6).
- In diesem Fall ist der **Nachweis eines hohen GwAlters** mittels isotonenphysikalischer Messungen **auszuschließen**; somit wäre der Ansatz „minimales Schutzgebiet“ nach /5/ bezüglich der Schutzzone III nicht zu begründen.

- Der **Ansatz „minimales Schutzgebiet“** ist für die Bemessung der Weiteren Schutzzone (**Zone III**) zudem aus folgenden hydrogeologischen Gründen **nicht angebracht**:
  - Der quartäre Sand-Kies-GwLeiter in der „Alten Mainschleife“ um den Grohberg wirkt als „Flächendrainage“ im Buntsandstein, die das Grundwasser aus dem (**Buntsandstein-) Spessart** aufnimmt und nach Süden zum Main hin abführt.
  - Aus diesem Grund muss im weiteren **GwEinzugsgebiet** der Brunnen die **Deckschichtenqualität im Buntsandstein** oberhalb von Breitenbrunn bzw. nördlich bis nordöstlich der „Alten Mainschleife“ berücksichtigt werden; hier ist die **Schutzfunktion nur mittel bis gering /1/**.
  
- Auch für die **Behandlung der Engeren Schutzzone (Zone II)** sollte – als Ansatz „auf der sicheren Seite“ – von einer zumindest bereichsweise nur **mittleren Gesamtschutzfunktion der Deckschichten** im (weiteren) Umfeld der Brunnenstandorte VB 2b und VB 2c ausgegangen werden, aus folgenden Gründen:
  - An der GWM 1 ist eine mittlere Gesamtschutzfunktion der Deckschichten nachgewiesen und dieser Bereich kann bei stärkerer Förderung am Standort VB 2b in das Brunneneinzugsgebiet fallen (siehe Anlage 7.2.2).
  - Aus den in Kapitel 3.1.6 genannten Gründen ist die Existenz von hydraulischen Fenstern in dem Ton-Schluff-Horizont nicht auszuschließen, auch nicht in der näheren Umgebung der Brunnenstandorte.
  
- Der **Ansatz von REHSE** sollte aus folgenden Gründen bei der Bemessung der **Engeren Schutzzone (Zone II) nicht berücksichtigt** werden:
  - Die entsprechende Auswertung in Anlage 9.4 basiert auf punktuellen Bohrerergebnissen und kann im Falle der Existenz von hydraulischen Fenstern in dem Ton-Schluff-Horizont nicht maßgebend sein.
  - Ebenso werden der von Osten auf die Brunnenstandorte hin abfallende Hang und das Einzugsgebiet der nahe den Brunnenstandorten verlaufenden Rinne (Geländeeintiefung) bei dieser Berechnung nicht betrachtet. Diesbezüglich sind vor allem die Vorgaben nach /6/ zu berücksichtigen.
  - In der neuen Fassung des DVGW-Arbeitsblattes W 101 ist der Ansatz von REHSE nicht mehr explizit vorgesehen.

Aus diesen Gründen werden in Anlehnung an die Aussagen in /1/, die Vorgaben in /6/ und die Empfehlungen in /5/ und basierend auf den Ergebnissen der GwModellrechnungen folgende **Bemessungsansätze für die WSG-Abgrenzung für die Standorte VB 2b und VB 2c** gewählt:

Tabelle 5-1: Bemessungsansätze für die WSG-Abgrenzung

Schutzzone	Bemessungsansatz
<b>Schutzzone I</b> (Fassungsbereiche)	DVGW-Vorgabe: <b>mindestens 10 m allseitig um den jeweiligen Brunnen</b> ; aufgrund der guten Deckschichtensituation wäre auch ein <b>kleinerer Fassungsbereich akzeptabel</b> . <sup>1</sup>
<b>Schutzzone II</b> (Engere Schutzzone)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Bemessung anhand der GwModell-gestützt ermittelten <b>50-Tage-Linie und Berücksichtigung der Geländemorphologie</b>: zu den Brunnenstandorten hin abfallender Hang und Einbeziehung des Einzugsgebietes der von NE nach SW verlaufenden Rinnenstruktur in Nahbereich der Brunnen.</li> <li>➤ Ansatz der <b>50-Tage-Linie gemäß Szenario E3</b>, das – ausgehend von der Durchschnittsentnahme (Szenario E1) auch die temporäre Spitzenentnahme (als <b>mögliche maximale Tagesentnahme</b>) berücksichtigt.</li> </ul>
<b>Schutzzone III</b> (Weitere Schutzzone)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Ansatz der <b>GwEinzugsgebiets- und Bahnlinienberechnung gemäß Szenario E1</b>, das die Durchschnittsentnahme von 500.000 m<sup>3</sup>/a bzw. 16 l/s (als <b>mögliche maximale Jahresentnahme</b>) vorsieht .</li> <li>➤ Ausgehend von der o. g. Modellrechnung fließen (analog /1/) <b>auch folgende Kriterien</b> in die WSG-Abgrenzung ein:                     <ul style="list-style-type: none"> <li>• Berücksichtigung der zur Abdeckung der Gesamtentnahme erforderlichen <b>GwNeubildungsfläche</b></li> <li>• 1 bis 2 km-Kriterium nach /6/</li> <li>• 1,5 – 3 Jahre-Fließzeiten-Kriterium nach /5/</li> </ul>                     Die ergänzende Berücksichtigung dieser Kriterien begrenzt die erforderliche Ausdehnung der Zone II in nördlicher Richtung.                 </li> </ul>

Der nach diesen Ansätzen bemessene WSG-Vorschlag ist in **Anlage 9** dargestellt (WSG-Zonen II und III). Die Grundstücks- und Wegegrenzen sind hierin insoweit berücksichtigt, wie sie aus der topographischen Karte und dem Luftbild (BayernViewer) erkennbar sind. Die Überprüfung der WSG-Grenze im Gelände (Begehung) steht noch aus; im Vorfeld des Festsetzungsverfahrens muss noch eine flurstücksscharfe Abgrenzung der einzelnen Schutz-zonen erfolgen.

Das vorgeschlagene WSG hat eine **Gesamtfläche von 9,56 km<sup>2</sup>**, die sich wie folgt aufteilt:

⇒ **Zone II: 0,29 km<sup>2</sup>**

⇒ **Zone III: 9,27 km<sup>2</sup>**

Die zur Abdeckung einer zukünftig möglichen Jahresentnahme von 500.000 m<sup>3</sup> erforderliche GwNeubildungsfläche von ca. 5 km<sup>2</sup> /1/ wird mit der vorgeschlagenen WSG-Fläche eingeschlossen; auch die übrigen in Tabelle 5-1 genannten Bemessungskriterien werden erfüllt.

<sup>1</sup> Diese Frage könnte hinsichtlich der Grundstücksverfügbarkeit praktische Bedeutung erlangen.

## 6. Schlussfolgerungen für die zukünftige Trinkwassergewinnung und Empfehlungen zum weiteren Vorgehen

Aufgrund der Erkundungsergebnisse der Jahre 2006 und 2007 ist dem **ZV WV Stadtprozeltenener Gruppe zu empfehlen**, an den Standorten der Versuchsbrunnen VB 2b und VB 2c zwei **TwBrunnen im Buntsandstein (VB 2b) bzw. im Quartär (VB 2c)** zu errichten und diese zukünftig zur Wasserversorgung zu nutzen. Die wesentlichen Gründe für diese Empfehlung sind:

- **Nachweis einer mehr als ausreichenden Gesamtergiebigkeit** an beiden Brunnenstandorten, auch für den Fall des Anschlusses der Gemeinde Altenbuch.
- Die **TwQualität des Grundwassers** ist an den Brunnenstandorten nachgewiesen und beide Brunnenwässer sind nach den vorliegenden Untersuchungen in jedem beliebigen Verhältnis miteinander mischbar. Außer einer Entsäuerung ist sehr wahrscheinlich keine weitere Aufbereitungsmaßnahme erforderlich.
- Ein **wirksames Wasserschutzgebiet kann ausgewiesen werden**. Diesbezüglich besteht lediglich ein Nutzungskonflikt mit der Landwirtschaft, dem mit einer Kooperationslösung begegnet werden kann; die Ortsbebauung von Breitenbrunn verbleibt außerhalb des WSG.
- Sollte dies zukünftig erforderlich sein, so **verbleibt** auch nach Einrichtung der Brunnen an den Standorten VB 2b und VB 2c südöstlich von Breitenbrunn und nördlich dieser Brunnenstandorte ein **zusätzliches Erschließungspotential**, sowohl im Quartär als auch im Buntsandstein.

Auf der Grundlage der vorliegenden Ergebnisse kann – vorbehaltlich der **Abstimmung mit den Fachbehörden** – die erforderliche **Erschließungsplanung** kurzfristig begonnen werden. Im Falle einer zügigen Fortsetzung der (Planungs-) Arbeiten ist ein Abschluss der Neuerschließungsmaßnahmen bis Mitte 2008 möglich.

Die bestehende **Quellfassung** sollte **bis auf weiteres zur Notversorgung** beibehalten werden. Sollte die zukünftige Betriebserfahrung zeigen, dass sich die Brunnen an den Standorten VB 2b und VB 2c wechselseitig ausreichend absichern, kann die Auflassung der Quellfassung erwogen werden. Dies wäre zu gegebener Zeit mit den Fachbehörden zu klären.

Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse bilden eine ausreichende Grundlage zur Einleitung des Verfahrens zur WSG-Festsetzung. **Parallel zur Erschließungsplanung** sollten daher zügig die **Unterlagen für das Verfahren zur Festsetzung des Wasserschutzgebietes** (WSG) in Abstimmung mit den Behörden erstellt und beim Landratsamt Miltenberg eingereicht werden. Eine zeitnahe Festsetzung des WSG ist im Sinne der Sicherung der

TwQualität anzustreben. Erfahrungsgemäß ist eine **öffentliche Information der Betroffenen** vor der Einleitung des Festsetzungsverfahrens zweckmäßig.

Die Überlegungen zur langfristigen Sicherung der TwVersorgung des ZV WV Stadtprozeltenener Gruppe sehen auch die Entwicklung und Umsetzung einer **Kooperationslösung mit den Landwirten** vor, die die Flächen südöstlich von Breitenbrunn bewirtschaften. Aufgrund des an der Bohrung VB 2c nachgewiesenen Nitrat-Gehaltes von über 22 mg/l, also nur wenig unter dem EG-Richtwert (25 mg/l), ist davon auszugehen, dass das erschließungsrelevante Grundwasser bereits signifikant durch die landwirtschaftliche Nutzung im Brunnumfeld beeinflusst ist. Es ist daher zu empfehlen, **parallel zum Verfahren zur WSG-Festsetzung** diese Kooperationslösung vorzubereiten, um diese spätestens mit Beginn der GwFörderung an den Standorten VB 2b und VB 2c umsetzen zu können.

Aufgrund der Tatsache, dass die GWM 1 ausschließlich den Buntsandstein und die GWM 2 einen Teil des quartären Sand-Kies-GwLeiters mit offensichtlich unterdurchschnittlicher Durchlässigkeit erfasst, sollte das GWM-Inventar für die zukünftige GwÜberwachung (Vorfeldmessstellen) erweitert werden. Es ist aufgrund folgender Überlegungen zu empfehlen, etwa in der Mitte **zwischen VB 2c und** den alten Bohrungen **B4 und B5** eine **weitere Quartär-GwMessstelle** einzurichten:

- ⇒ Nach den vorliegenden Ergebnissen ist damit zu rechnen, dass hier der zentrale Bereich der quartären Rinne und somit der Hauptanstrombereich des (zukünftigen) Quartär-Brunnens VB 2c erfasst wird. Diese GWM wäre dann als Vorfeldmessstelle besser geeignet als die GWM 2, die weniger durchlässige Sande und Kiese erfasst und zudem nicht im unmittelbaren Anstrombereich des Brunnens VB 2c liegt (siehe Anlage 7.1.2).
- ⇒ Eine solche GWM-Bohrung wäre gleichzeitig auch als eine weitere Erkundungsbohrung für einen evtl. langfristig zweckmäßigen 3. (Quartär-) Brunnen zu sehen. Somit würde – quasi als Nebeneffekt – auch die Überprüfung einer evtl. langfristigen Erschließungsoption erfolgen.

Des Weiteren ist vor dem Hintergrund des Modell-Szenarios E2b und der südlich gelegenen Deponie eine **weitere Quartär-GWM** zu empfehlen, die den Bereich **zwischen den Brunnenstandorten und Faulbach** erfasst. Zudem sollte die nahe der Deponie bestehende GwMessstelle in die GwÜberwachung (auch) für die Brunnen einbezogen werden.

Die Einrichtung dieser GWM sollte **im Rahmen der Brunnenbohrkampagne** eingerichtet werden.

Zur **GwÜberwachung** sollten mindestens 1 x monatlich die GwStände an den sämtlichen **Vorfeld-GWM** gemessen und 1 x jährlich GwAnalysen durchgeführt werden (Parameterspektrum in Anlehnung an Anlage 5.4); zukünftig könnte dies parallel zu den Beprobungen der TwBrunnen im Rahmen der EÜV erfolgen.

Diese Daten sollten gemeinsam mit den Förder- und Qualitätsdaten aufbereitet und – ausgehend von den vorliegenden Gutachten – bewertet werden. Die Erstellung entsprechender hydrogeologisch-wasserwirtschaftlicher **Jahresberichte** ist zweckmäßig.

---

## 7. Zusammenfassung

---

Der ZV WV Stadtprozeltenener Gruppe benötigt baldmöglichst eine Ersatzversorgung für die Quelfassungen oberhalb von Breitenbrunn. Hierzu wurden südöstlich von Breitenbrunn auf der Basis eines hydrogeologischen Gutachtens vom April 2006 Versuchsbohrungen durchgeführt und GwMessstellen eingerichtet. Diese Erkundungsergebnisse bilden die Grundlage für die weitere Erschließungsplanung.

Mit den Erkundungsmaßnahmen wurden südöstlich von Breitenbrunn zwei wasserwirtschaftlich relevante GwLeiter nachgewiesen. Sowohl die sandig-kiesigen Quartär-Ablagerungen entlang der alten Mainschleife um den Grohberg als auch die darunter liegenden, geklüfteten Sandsteine des Unteren Buntsandsteins kommen für die zukünftige TwErschließung in Betracht.

Mit den beiden Versuchsbohrungen VB 2b (Unterer Buntsandstein) und VB 2c (quartäre Sande und Kiese) wurde für beide GwLeiter eine mehr als ausreichende Ergiebigkeit nachgewiesen, auch unter Berücksichtigung des zukünftig möglichen Anschlusses der Gemeinde Altenbuch.

Die Grundwässer aus beiden GwLeitern weisen – abgesehen von der erwarteten Kalkaggressivität – TwQualität auf, und sind in jedem beliebigen Verhältnis miteinander mischbar. Lediglich eine Entsäuerung der Wässer ist vor der Einspeisung in das Versorgungsnetz erforderlich. Die Mikrobiologie im Sinne der TrinkwV wurde bisher nicht untersucht; aufgrund einschlägiger Erfahrungen sind diesbezüglich jedoch keine Probleme mit den Brunnenwässern zu erwarten.

Aufgrund der durchgeführten Erkundungsmaßnahmen können die GwStrömungsverhältnisse südöstlich von Breitenbrunn quantifiziert werden. Unter Einsatz eines numerischen GwModells werden auf dieser Basis verschiedene GwStrömungszustände unter Annahme unterschiedlicher Brunnenbetriebsbedingungen an den Standorten VB 2b und VB 2c prognostiziert. Hierbei wird davon ausgegangen, dass die zukünftige Dauerentnahme bis zu 500.000 m<sup>3</sup>/a (entsprechend 16 l/s) betragen kann, wenn man von einem zukünftigen Anschluss der Gemeinde Altenbuch an den ZV WV Stadtprozeltenener Gruppe ausgeht, und dementsprechend bei Spitzenbedarf zeitweise bis zu 28 l/s benötigt werden.

Beide wasserwirtschaftlich relevanten GwLeiter sind sehr gut schützbar, da eine überwiegend hohe bis sehr hohe Schutzfunktion der Deckschichten über dem GwSpiegel gegeben ist, und abgesehen von der Landwirtschaft in der Umgebung der Brunnenstandorte keine wesentlichen konkurrierenden Nutzungen bestehen.

Ausgehend von den zukünftig möglichen Entnahmeraten wird für die Brunnenstandorte VB 2b und VB 2c ein fachlich begründetes Konzept für ein Wasserschutzgebiet (WSG) erarbeitet. Dieses WSG-Konzept stützt sich wesentlich auf die Ergebnisse der GwModell-

rechnungen und berücksichtigt die einschlägigen Bemessungskriterien. Das vorgeschlagene WSG schließt i. W. landwirtschaftliche Nutzflächen und Waldgebiete ein; Ortsbebauungen oder wesentliche Verkehrswege sind durch das WSG praktisch nicht betroffen.

Aufgrund der Erkundungsergebnisse ist dem ZV WV Stadtprozeltenener Gruppe zu empfehlen, südöstlich von Breitenbrunn an den Standorten VB 2b und VB 2c die Neuerschließung von Trinkwasser durchzuführen. Anhand der bisher erarbeiteten Grundlage kann – vorbehaltlich der Abstimmung mit den Fachbehörden – die Erschließungsplanung jederzeit durchgeführt werden; weitere Erkundungsmaßnahmen sind hierzu nicht erforderlich.

Die bestehenden Quelfassungen sollten bis auf Weiteres zur Notversorgung vorgehalten werden. Bei entsprechender Betriebserfahrung mit den TwBrunnen kann zukünftig eventuell deren Auflassung erwogen werden.

Des Weiteren ist zu empfehlen, parallel zur Erschließungsplanung und anhand der vorliegenden Erkundungsergebnisse das Verfahren zur Festsetzung des WSG vorzubereiten resp. die entsprechend notwendigen Unterlagen zu erstellen. Die frühzeitige WSG-Festsetzung ist im Sinne der TwSchutzes anzustreben. Begleitend zum Verfahren zur WSG-Festsetzung ist die Erarbeitung und Umsetzung einer Kooperationslösung mit den Landwirten innerhalb des zukünftigen WSG zweckmäßig.

Der Bereich südöstlich von Breitenbrunn bietet eine hohes Erschließungspotential für die TwGewinnung, das an den Standorten VB 2b und VB 2c vom ZV WV Stadtprozeltenener Gruppe genutzt werden sollte. Darüber hinaus verbleibt noch eine zusätzliche Erschließungsperspektive für die Zukunft. Um die TwGewinnung und das verbleibende Erschließungspotential langfristig abzusichern, ist ein mit den Anforderung der EÜV abgestimmtes GwMonitoring zu empfehlen. Hierzu werden Empfehlungen zur Einrichtung und zum Betrieb von Vorfeld-GwMessstellen formuliert.

**Büro HG GmbH**

Gießen, März 2007



Dipl.-Geol. Dr. Bernd Hanauer




Dipl.-Geol. Thomas Mühlbauer