

Geohydraulische Untersuchungen und modellgestützte Auswertung einer Kernbohrung in Wallhalben

Bohrlochgeophysikalische Messungen ■ Im Frühjahr 2005 wurde in Wallhalben eine 250 Meter tiefe Erkundungsbohrung für eine Trinkwasserfassung niedergebracht. In Tiefen von 90 Metern, 180 Metern und bei Endteufe wurden zur Charakterisierung des Kluftgesteinswasserleiters und zur Festlegung des späteren Brunnenausbaues geohydraulische Packerpumpversuche in Verbindung mit geophysikalischen Messungen durchgeführt und ausgewertet.

Zur Sicherung der Trinkwasserversorgung der Gemeinde Wallhalben (Buntsandsteinlandschaft; Rheinland Pfalz) wurde die Bohrfirma BHG Brechtel GmbH mit der Ausführung einer gekernten Versuchsbohrung beauftragt. In unmittelbarer Nähe besteht bereits der Brunnen „Erlenmühle“ (Tiefe ca. 180 m), der durch einen benachbarten Versorgungsträger genutzt

wird. Im Vorfeld der Bohrarbeiten wurden umfangreiche Erkundungen durchgeführt. Diese Arbeiten sowie die spätere fachliche Begleitung der Versuchsbohrung erfolgten durch das Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz und das Ingenieurbüro Dilger GmbH. Der Dilger GmbH unterlag die Planung und technische Bauüberwachung der Maßnahme.

Eine wesentliche Voraussetzung für die Erkundungs- und spätere Erschließungsmaßnahme stellte die minimale Beeinträchtigung des Gewinnungsbetriebs des bestehenden Brunnens dar. Der neue Brunnen sollte bei minimaler Beeinflussung des umgebenden hydraulischen Systems bzw. des ca. 200 Meter entfernten bestehenden Tiefbrunnens maximale Ergiebigkeit aufzeigen. Um diese Voraussetzung zu erfüllen, wurde die Versuchsbohrung daher im Vorfeld mit hydraulischen und geophysikalischen Methoden erkundet.

Die Ausführung der hydraulischen Untersuchungen der Versuchsbohrung, die bohrlochgeophysikalischen Messungen und die modellgestützte Abschätzung der Anströmverhältnisse im Bereich der Brunnen erfolgten durch das Büro für Grundwasserhydraulik.

Hydrogeologische Verhältnisse

Das Einzugsgebiet für den vorgesehenen Brunnenstandort befindet sich im Tal des Arnbach, der in diesem Bereich den größten Vorfluter darstellt. Auf den umliegenden Anhöhen des geplanten Brunnenstandorts sind gering mächtige Erosionsreste des Unteren Muschelkalks erhalten. Sie werden von den Schichten des höheren Buntsandstein unterlagert. Nur in den tief eingeschnittenen Tälern stehen die Schichten des Mittleren Buntsandsteins an. Im Bereich des Arnbachtals verlaufen mehrere Störungen, die oberflächennah ein komplex reagierendes

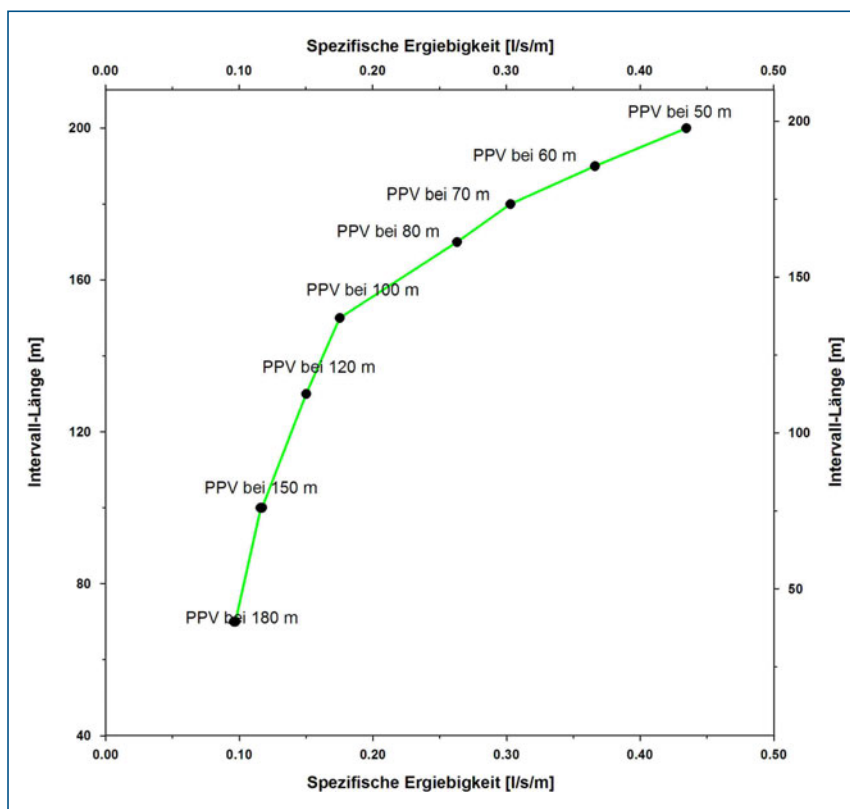


Abb. 1 Bis zur Endteufe von 253 Meter verhält sich der Aquifer ähnlich einem Porengrundwasserleiter. Die Ergebnisse der geophysikalischen Bohrlochvermessung zeigen die leicht abnehmenden Ergiebigkeiten mit der Tiefe.

hydraulisches System verursachen. Die Versuchsbohrung erschloss folgende Gesteine (vom Liegenden zum Hangenden):

- Rehberg-Schichten (Unterer Buntsandstein); meist grobkörnige, schwach geröllführende Sandsteine (mäßig verfestigt),
- Schlossberg-Schichten (Mittlerer Buntsandstein); mittel- bis grobkörnige, meist nur locker gebundene, feinschichtige rote Sandsteine,
- Karlstal-Felszone (Mittlerer Buntsandstein); geröllführende Sandsteine (kieselig gebunden),
- Obere Karlstal-Schichten (Mittlerer Buntsandstein); mittel- bis grobkörnige, meist nur locker gebundene, feinschichtige rote Sandsteine,
- Sande und Schluffe (Quartär); Füllung der Talniederung.

Der Buntsandstein bildet im Allgemeinen ein schichtig aufgebautes Grundwasserleitersystem. Wasserwegsamkeiten sind durch poren- und trennflächengebundene Hohlraumvolumina gegeben. Die Gebirgsdurchlässigkeiten können durch Störungssysteme und im Bereich der oberflächennahen Auflockerungszone erheblich erhöht sein.

Die großräumigen Grundwasserströmungsverhältnisse werden durch den Verlauf der Vorfluter (Arnbach) sowie die großräumige Morphologie bestimmt. Im Vorfeld durchgeführte bohrlochgeophysikalische Messungen am benachbarten, nicht ausgebauten Brunnen ergaben Hinweise auf ein vergleichsweise wenig klüftiges Gebirge.

Unterhalb einer Tiefe von ca. 60 Metern wurden keine wasserwegsam erscheinenden Klüfte und Schichtfugen mehr festgestellt. Die Wasserzutritte in den Brunnen sind unterhalb dieses Niveaus offenbar näherungsweise homogen über die Tiefe bis zur Endteufe verteilt und orientieren sich im Wesentlichen an porengelundene Wegsamkeiten. Diese Einschätzung stand in Übereinstimmung mit den späteren Bohrergebnissen, die ein bis zur Endteufe weit gehend entfestigtes bzw. diagenetisch kaum überprägtes Gebirge zeigen. Der Befund ist wesentliche Grundlage und Begründung für den späteren Einsatz eines vereinfachten Grundwasserströmungsmodells zur Optimierung des Brunnenausbaukonzeptes.

In Verbindung mit hydrochemischen Analysen von Proben, die während der Pumpversuche genommen wurden, wurde aufgezeigt, dass der Versuchsbohrung oberflächennah, d. h. bis ca. 20 Meter Tiefe, ein mit ca. 180 µs/cm für den Bereich der Pfälzer Mulde vergleichsweise hoch mineralisiertes Grundwasser zuströmt. Dieses Wasser besitzt die Signatur des auf den umgebenden Anhöhen verbreiteten Muschelkalks. Unterhalb dieser Zone liegt die Leitfähigkeit bei ca. 100 µs/cm. Das Einzugsgebiet für diese Wässer liegt im Wesentlichen außerhalb der Muschelkalk-Verbreitung. Erst unterhalb ca. 200 Meter steigt die Gesamtmineralisation wieder etwas an.

Beide Brunnen werden ein gemeinsames Einzugsgebiet in abschnittsweise

unterschiedlichen Tiefenniveaus erschließen. Die Lage des Einzugsgebietes ist nur im Rahmen einer großräumigen Betrachtung abschätzbar. Der Hauptanstrom erstreckt sich in nordwestliche bis östliche Richtung etwa über zehn Kilometer. Für das nähere Einzugsgebiet der Brunnen ergibt sich für diesen Teilraum eine anzunehmende Anströmung aus etwa nordwestlicher und südöstlicher Richtung. Unter Ansatz einer Mindest-Grundwasserneubildung von ca. 180 mm/a (tendenziell unterschätzt) wird das Grundwasserdargebot des tieferen Grundwasserleitersystems in diesem Teileinzugsgebiet der Brunnen auf mindestens 700.000 cbm/a geschätzt.

Bohrtechnik

Die Erkundungsbohrung wurde zwischen Januar und März 2005 bis zu einer Endteufe von 253 Meter im Seilkernbohrverfahren niedergebracht. Zur besseren Auswertung der bohrbegleitenden Kurzpumpversuche wurde vor den Kernbohrarbeiten eine elf Meter tiefe Grundwassermessstelle errichtet. Beim Übergang vom Quartär zum aufgelockerten Festgestein in etwa zehn Metern Tiefe wurde gespanntes Grundwasser angetroffen. Der Ruhewasserspiegel lag bei 0,35 Meter über Geländeoberkante (GOK). Bereits in den ersten Kernbohrmetern wurde eine schlechte Kornbindung festgestellt, die zum Zerbohren des Kerns führte. Der Arteserzutritt konnte in 13 Meter Tiefe festgestellt werden und erreichte bei 22 Meter die Höhe des Auslaufkopfes mit 0,3 Meter. Der Arteser begleitete die Bohrung bis zum Er- ►



- **Brunnenbau**
- **Horizontalbrunnenbau**
- **Pumpstationen**
- **Deponiesanierung**
- **Spezialtieftiefbau**
- **Grundwasserabsenkungen**

BHG BRECHTEL GmbH

Industriestraße 11 a
67063 Ludwigshafen

Telefon 0621 690040
Telefax 0621 6900424



Zertifiziert nach DVGW-
Arbeitsblatt W120

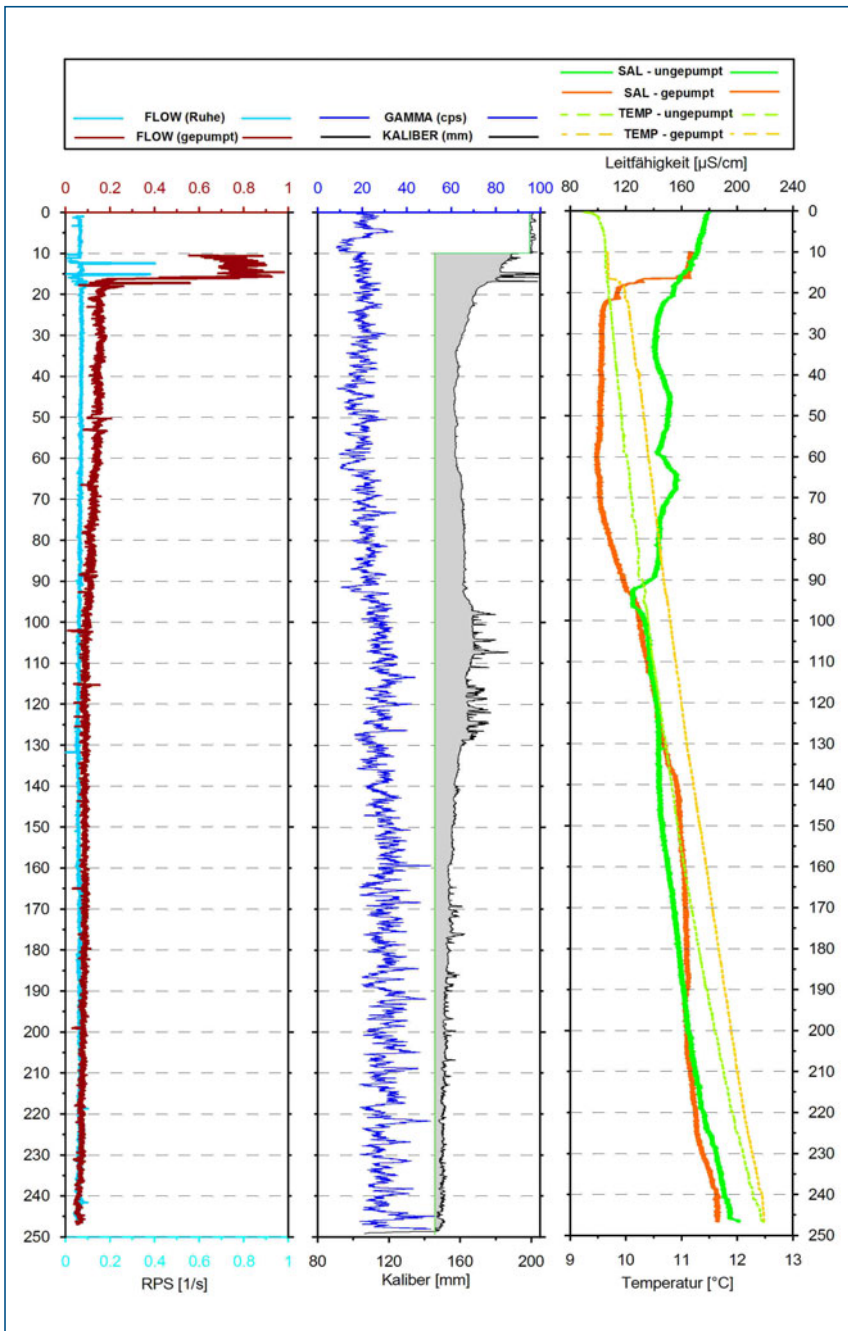


Abb. 2 Grafische Darstellung der Zunahme der spezifischen Ergiebigkeit mit zunehmender Länge des Testintervalls.

reichen der Endteufe mit einer Leistung zwischen 0,1 und 0,66 l/s. Durch die geringe Festigkeit des Gebirges und um einen größtmöglichen Kerngewinn zu erzielen, mussten die Bohr- und Spülungsparameter angepasst werden. Die durchschnittliche Kernbohrleistung lag bei ca. 17 Meter pro Tag. Die Kernbohrung konnte ohne Beeinflussung der benachbarten Trinkwasserfassung niedergebracht werden. Die Bohrarbeiten wurden durch Zwischenpumpversuche und Packertests begleitet, um ausreichende Informationen zur Erstellung des eingesetzten Grundwas-

sermodells zu erhalten. Ziel dieser Versuche war es, durch Pumpversuche im Bohrloch und unterstützt durch bohrlochgeophysikalische Messungen, ein vertikales Profil der hydraulischen Durchlässigkeiten des Gebirges zu erhalten. Die Beobachtung der Druckreaktionen in zwei Beobachtungsmessstellen und vor allem im bestehenden Brunnen sollte einer Optimierung des Brunnenausbaues dienen.

Zwischenpumpversuche wurden in Bohrtiefen von 89 Metern und 190 Metern durchgeführt. Diese Versuche soll-

ten einen ersten Eindruck der zu erwartenden Ergiebigkeit des Gebirges geben. Nach Erreichen der Endteufe von 253 Meter wurde die gesamte Bohrung mit einem Einfachpackersystem (6“) abschnittsweise getestet. Die Versuchskontrolle erfolgte mit einem Messsystem, in welchem mit Hilfe eines Computers alle relevanten Systemzustände, die zu messenden Wasserdrücke sowie die physikalisch-chemischen Parameter des Grundwassers gemessen, aufgezeichnet und visualisiert werden können.

Pumpversuche

Der erste Pumpversuch wurde mit einer Förderrate von 11 l/s durchgeführt und über vier Stunden betrieben. Bei diesem Versuch über die gesamte Bohrung wurde eine maximale Absenkung von 2,42 Meter erreicht – der anschließende Wiederanstieg vollzog sich innerhalb von 30 Minuten. Danach begann die Versuchsreihe mit dem Einfachpackersystem. Innerhalb der folgenden sieben Tage wurden insgesamt acht Packerpumpversuche mit Pumpzeiten zwischen drei und 20 Stunden durchgeführt. Die Packerpositionen wurden im Tiefenintervall von 50 bis 180 Meter variiert. **Tabelle 1** fasst den Versuchsablauf, die Druckreaktionen in der Kernbohrung und im benachbarten Brunnen sowie die daraus berechneten Transmissivitäten zusammen.

Die Pumpversuchsergebnisse bestätigten die bisherigen Einschätzungen einer annähernd homogenen vertikalen Verteilung der Durchlässigkeiten. Mit Ausnahme des oberflächennahen Auflockerungsbereiches verhält sich der Aquifer bis zur Endteufe von 253 Meter vereinfacht betrachtet einem Porengrundwasserleiter gleich. **Abbildung 1** zeigt sehr anschaulich eine leichte Abnahme der Ergiebigkeiten mit der Tiefe. Sie verläuft im tieferen Bereich zwischen 100 und 250 Meter mit einer deutlich geringeren Steigung als im Abschnitt von 50 bis 100 Meter.

Maßgeblich für die weitere Vorgehensweise waren die Beobachtungen während der Pumpversuche, bei denen festgestellt wurde, dass ihre Auswirkungen bei einem Packersitz unterhalb

etwa 40 bis 50 Meter oberflächennah nicht mehr beobachtet werden konnten. D. h. die flachen Grundwassermessstellen und benachbarte Quellen zeigten keine hydraulische Reaktion auf die Pumpversuche.

Bohrlochgeophysikalische Messungen

Nach Erreichen der Endteufe wurden in der Bohrung die folgenden geophysikalischen Messungen durchgeführt:

- Impeller-Flowmeter in Ruhe und bei Produktion,
- Salinität und Temperatur in Ruhe und bei Produktion,
- Kaliber und
- natürliche Gammastrahlung.

Die Messungen bei Produktion wurden mit einer Förderrate von 10 l/s durchgeführt. Diese Entnahmerate führte in der offenen Bohrung zu einer Absenkung des Grundwasserspiegels von 2,5 Metern.

Nach der Flowmeterkurve ist anzunehmen, dass ca. 85 Prozent des geförderten Grundwassers der Zone 15 bis 16 Meter unter GOK entstammen. Im Bereich 16 bis 50 Meter sind nach der Flowmeterkurve keine wesentlichen Wasserzutritte zu erkennen. Im Bereich 50 bis 103 Meter treten ca. zehn Prozent des geförderten Grundwassers zu. Unterhalb von 103 Metern werden die restlichen fünf Prozent des zutretenden Grundwassers angesetzt, wobei ab 230 Metern die beiden Flowme-

terkurven (Ruhe und Produktion) annähernd deckungsgleich verlaufen (**Abb. 2**). Die Temperatur- und Salinitätslogs bestätigen die vergleichsweise homogene Verteilung der Wasserzutritte unterhalb eines Tiefenniveaus von 50 bis 60 Meter.

Das vertikale Leitfähigkeitsprofil bei Produktion bestätigt diese Messungen. Das vertikale Profil der natürlichen Gamma-Strahlung zeigt keine Auffälligkeiten, die auf hydraulisch wirksame Horizonte und Schichtfolgen hinweisen.

Auch die Ergebnisse der bohrlochgeophysikalischen Messungen lassen einen vergleichsweise homogenen und im Wesentlichen nicht an diskrete Klüfte gebundenen Zutritt von Grundwasser in die Bohrung annehmen. **Tabelle 2** zeigt die vertikale Verteilung der hydraulischen Durchlässigkeiten gegen die Tiefe auf Basis der Ergebnisse der Packerpumpversuche. Die Ergiebigkeitsmessungen durch die Packerpumpversuche (verglichen mit 15 % bei den Flowmetermessungen) führen zu einem höheren Zustromanteil in den tieferen Bohrabschnitten von ca. 26 Prozent. Dies liegt daran, dass diese tiefen Bereiche durch die während der Flowmetermessungen erzeugte geringe Absenkung von ca. 2,5 Metern noch nicht ausreichend hydraulisch angesprochen wurden.

Eine wesentliche Fragestellung war die Festlegung der Einbautiefe des Sperr-

rohres im künftigen Hauptbrunnen. Es sollte so bemessen werden, dass der neue Brunnen bei minimaler Beeinflussung des alten Brunnens eine maximale Ergiebigkeit erreicht. Mit den Ergebnissen der durchgeführten Packerpumpversuche konnten wesentliche Daten für die Bearbeitung dieser Fragestellung zur Verfügung gestellt werden. **Tabelle 3** zeigt die prognostizierte Absenkung des Grundwasserspiegels im neuen Versorgungsbrunnen bei einer Entnahme von 10 l/s bei gegebener Sperrrohrtiefe und einer Pumpzeit von 120 Stunden.

Modellunterstütztes Brunnenausbaukonzept

Ergänzend zu den vorgenommenen Untersuchungen an der Versuchsbohrung wurde zur Optimierung des Brunnenausbaukonzeptes, zur Abschätzung möglicher Auswirkungen des langfristigen Pumpbetriebs sowie der gegenseitigen Wechselwirkungen der Brunnen bei unterschiedlichen Entnahmeszenarios ein Grundwasserströmungsmodell eingesetzt.

Basierend auf den hydrogeologischen Modellvorstellungen, den Bohrergebnissen sowie den Erkenntnissen aus den Pumpversuchen und der Bohrlochgeophysik wurde ein Modell zur vertikalen Verteilung der hydraulischen Durchlässigkeiten erstellt und in der Transmissivitätsmatrix in dem Grundwasserströmungsmodells umgesetzt. Als Modellgrundlage wurde das Programm „MODFLOW“ verwendet.

Versuchstyp	Förderraten	Testintervall	Pumpzeit	Transmissivität	max. Absenkung		
					Kernbohrung	alter Brunnen	Brunnenpegel
Pumpversuch ohne Packer	11 l/s	0-250 m	3,3 h	0,0023	2,42		
PV mit Packer bei 180 m	0,5-1,0 l/s	180-250 m	3,8 h	0,000118	10,29	keine	keine
PV mit Packer bei 150 m	1,0-2,0-3,0 l/s	150-250 m	14,6 h	0,000157	25,62	0,03	keine
PV mit Packer bei 120 m	2,0-3,5 l/s	120-250 m	19 h	0,000186	24,22	0,065	keine
PV mit Packer bei 100 m	4,0 l/s	100-250m	5,3 h	0,000234	20,57	keine	keine
PV mit Packer bei 80 m	4,2 l/s	80-250 m	13,2 h	0,00035	15,55	0,07	keine
PV mit Packer bei 70 m	4,2 l/s	70-250 m	5,6 h	0,000393	13,86	< 0,07	keine
PV mit Packer bei 60 m	4,4 l/s	60-250 m	12,5	0,00046	12,01	0,14	< 0,01
PV mit Packer bei 50 m	4,6 l/s	50-250 m	2,9	0,000495	10,58	< 0,11	< 0,01

Tabelle 1 Zusammenstellung der Versuchdurchführung und der Druckreaktionen in den Beobachtungsmessstellen

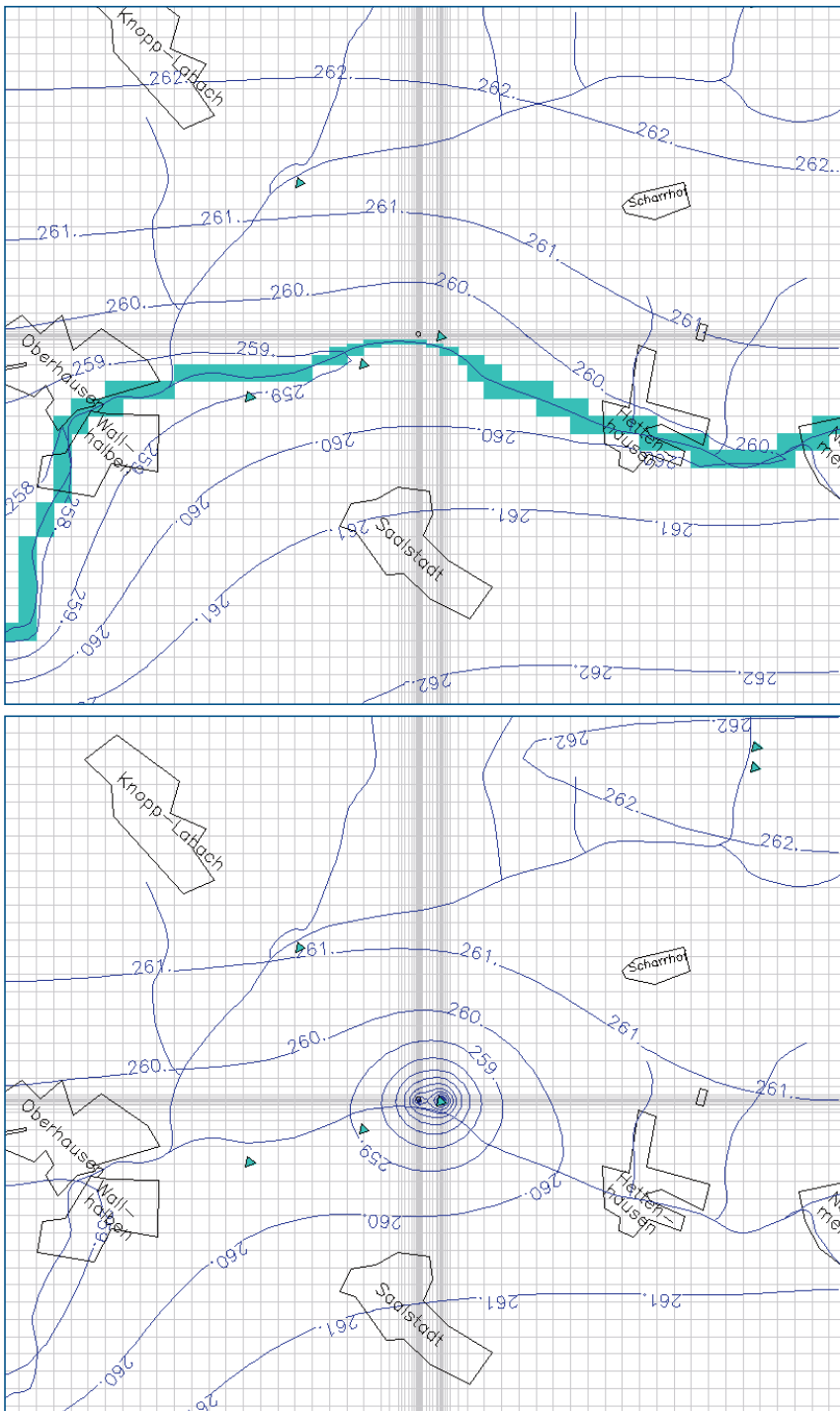


Abb. 3 Auswirkungen der Grundwasserentnahme auf den quartären Grundwasserleiter (linke Teilabbildung) und die Schicht zwischen 100 und 150 Meter Tiefe

Tiefenstufe	Transmissivität	K _f -Wert	%-Anteil
0-20 m	1,7 · 10 ⁻³ m ³ /s	8,5 · 10 ⁻⁵ m ³ /s	73,9
20-50 m	1,1 · 10 ⁻⁴ m ³ /s	3,6 · 10 ⁻⁶ m ³ /s	4,8
50-100 m	3,0 · 10 ⁻⁴ m ³ /s	6,0 · 10 ⁻⁶ m ³ /s	13,0
100-150 m	9,5 · 10 ⁻⁵ m ³ /s	1,9 · 10 ⁻⁶ m ³ /s	4,1
150-200 m	8,5 · 10 ⁻⁵ m ³ /s	1,7 · 10 ⁻⁶ m ³ /s	3,7
200-250 m	7,0 · 10 ⁻⁵ m ³ /s	1,4 · 10 ⁻⁶ m ³ /s	3,0

Tabelle 2 Vertikale Verteilung der hydraulischen Durchlässigkeit

Der Einsatz des Strömungsmodells für die vorliegende Fragestellung war insofern gerechtfertigt, als in der Versuchsbohrung eine für den Buntsandstein sehr homogene Verteilung des Grundwasserzutritts nachgewiesen wurde und nach den vorliegenden Ergebnissen hinsichtlich Grundwasserumsatz und räumlicher Verteilung der Druckhöhen keine relevanten wasserwegsamem Trennflächen zu erwarten waren.

Die Dimensionierung des Modellraums wurde in Abstimmung mit dem Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz vorgenommen. Dabei ist zu beachten, dass der Modellansatz ausschließlich zur Abschätzung der möglichen Anstromsituation im Bereich der beiden Brunnen sowie der Reaktion des hydraulischen Systems im brunnennahen Umfeld bei verschiedenen Lastfall-Szenarien diente. Das Modell wurde vertikal in acht Schichten gegliedert. Das horizontale Modellnetz wurde auf ein Areal von 5 x 5 km gelegt, in dessen Zentrum sich die beiden Brunnen befinden. **Abbildung 3** zeigt die Aufteilung des Modellnetzes (die Modellränder liegen außerhalb des Darstellungsbereiches).

Die zwei Kreuzungspunkte mit der deutlichen Verdichtung der Zellen stellen die Positionen der zwei Wasserfassungen dar. Zur besseren Orientierung sind einige Ortschaften hinterlegt. Die blau hinterlegten Zellen des Modellnetzes zeigen den Verlauf des modellierten Arnbach. Diese „Flusszellen“ stellen den Vorfluter des Modellgebietes dar und ent- oder bewässern je nach Grundwasserstand den umgebenden quartären Grundwasserleiter.

Die Wasserfassungen wurden mit der softwarespezifischen „well-package“ modelliert. Bei dieser Methode muss an der Position der Grundwasserentnahme die Fördermenge auf die anteiligen hydraulischen Durchlässigkeiten in den beteiligten Schichten verteilt werden. Für die zwei modellierten Wasserfassungen ergab sich die in **Tabelle 4** gezeigte Aufteilung. Mit den dargestellten Prozentsätzen wurden die in den verschiedenen Modellszenarien angenommenen Förderraten auf die verschiedenen Schichten verteilt. Für den

neuen Tiefbrunnen wurden zwei verschiedene Ausbaustufen modelliert.

Modellszenarien

Eine Bedarfsbetrachtung erbrachte für den bestehenden Tiefbrunnen „Erlenmühle“ künftig eine Jahresmenge von 256.000 m³. Umgerechnet in eine dauerhafte Entnahme entspricht dies einer Förderrate von 8,3 l/s. Für den neuen Brunnen wurde ein mittlerer Jahresbedarf von 150.000 m³ angesetzt, was einer kontinuierlichen Förderrate von 4,8 l/s entspricht. Für die Berechnung des Nominalbetriebes wurden diese Werte mit 8,5 l/s und 5 l/s etwas aufgerundet. Insgesamt wurden fünf Szenarien untersucht:

Szenario 1: Ruhebetrieb

Diese Berechnung visualisiert den Grundzustand und zeigt, wie der Arnbach als Vorfluter wirksam ist.

Szenario 2: Nominalbetrieb

Der neue Brunnen wird mit einer Förderleistung von 5 l/s, der alte Brunnen mit einer Förderleistung von 8,5 l/s betrieben.

Szenario 3: Ausfallbetrieb

Jeder Brunnen wird einzeln mit einer Förderrate von 15 l/s betrieben. Der jeweils andere Brunnen ruht.

Szenario 4: Maximalbedarf

Beide Brunnen werden parallel mit einer Entnahme von 11 l/s betrieben.

Szenario 5: Nominalbetrieb bei verlängerter Absperrung

Wie Szenario 1, jedoch mit einer Absperrung von 0 bis 70 Meter im neuen Brunnen

Die Berechnungen wurden für die Annahme kontinuierlicher Grundwasserentnahme durchgeführt (stationäre Verhältnisse). Exemplarisch werden die Berechnungsergebnisse für den Nominalbetrieb vorgestellt. Für die Abschätzung des zeitlichen Verlaufes der Grundwasserabsenkung wurde neben einer stationären Berechnung auch eine instationäre Berechnung über ein Jahr Laufzeit simuliert. **Abbildung 3 + 4** zeigen die Auswirkungen des Förderbetriebes auf den obersten quaritären Grundwasserleiter sowie auf die

Schicht zwischen 100 Meter und 150 Meter.

In der obersten Schicht werden analog zu den Beobachtungen während der Pumpversuche sowie aus den Simulationsberechnungen keine relevanten Absenkungen erfolgen. Um die Fließverhältnisse im Untersuchungsgebiet besser abbilden zu können, wurden die Bahnlinien berechnet (**Abb. 3**). Bei dieser Berechnung zeichnet sich

im dargestellten Tiefenintervall ein asymmetrisches Fließfeld ab, das in nördlicher Richtung eine Zustrombreite von ca. drei Kilometern erreicht, in südlicher Richtung aber nur ca. 1,5 Kilometer breit ist (**Abb. 4**).

Die Modellergebnisse zeigen, dass beide Brunnen die Anforderungen an die Brunnenenergiebigkeit im Parallelbetrieb gut bewältigen können. Modelltechnisch kann darüber hinaus jeder der

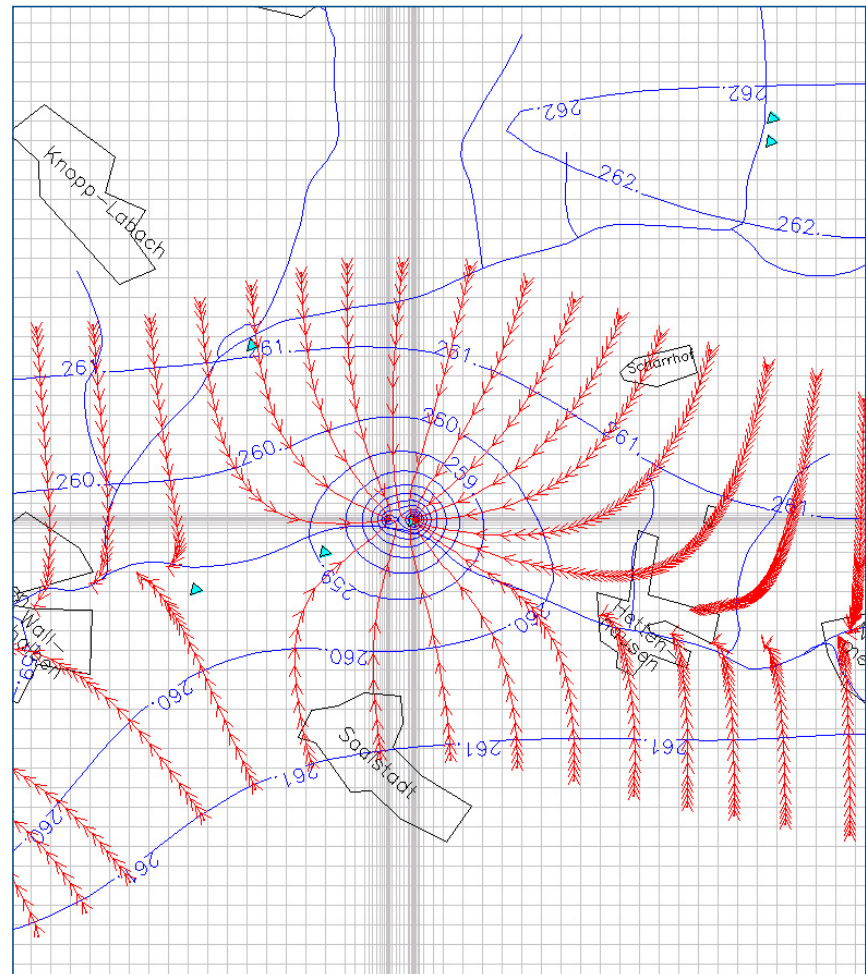


Abb. 4 Einflussbereich der Grundwasserentnahme, sichtbar gemacht durch Fließlinien.

Sperrrohrposition	verbleibende Transmissivität	Förderrate (l/s)	Absenkung
kein Sperrrohr	$2,3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$	10	2,4 m
0-20 m	$6,2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$	10	26 m
0-50 m	$4,6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$	10	32 m
0-100 m	$2,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$	10	66 m
0-120 m	$1,8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$	10	81 m
0-150 m	$5,5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$	10	95 m

Tabelle 3 Berechnung der Absenkung (nach THEIS) bei gegebener Förderrate und veränderlicher Sperrrohrtiefe

beiden Brunnen neben dem Nominalbetrieb auch den Ausfall der Brunnenpumpe des jeweils anderen Brunnen mit übernehmen. In Trockenzeiten können aus beiden Brunnen täglich 1.860 m³ Wasser entnommen werden, was einer Förderleistung von jeweils 11 l/s entspricht.

Die Druckabsenkung ist nach den Modellergebnissen im obersten quartären und ökologisch bedeutsamen Grundwasserstockwerk mit nur wenigen Zentimetern kaum nachweisbar. In den tief liegenden Grundwasserleitersystemen erreichen die Druckabsenkungen einige Meter und erstrecken sich bis in den Bereich Wallhalben und Hettenheim.

Wasserbilanz

Auf Grund der hydrogeologischen Position der beiden Wasserfassungen und der Höhe der langfristig angestrebten Entnahmen ist davon auszugehen, dass bei Dauerbetrieb beider Brunnen der Grundwasserabstrom aus den tieferen, hydraulisch angesprochenen Grundwasserleitern weit gehend abgefangen wird und nicht mehr dem Arnbach zuströmt (Abflussminderung). Diese zu erwartende Auswirkung der Grundwasserentnahmen wurde ebenfalls in der Simulation untersucht und über die Wasserbilanz rechnerisch abgeschätzt.

Zusammenfassung und Diskussion

Zur Sicherung der Trinkwasserversorgung der Gemeinde Wallhalben ist der Bau eines Tiefbrunnens in unmittelbarer Nachbarschaft bereits bestehen-

der Wasserfassungen vorgesehen. Im Rahmen der Planung galt es insbesondere die Auswirkung der geplanten Grundwasserentnahme auf den benachbarten Tiefbrunnen des angrenzenden Versorgers zu minimieren und gleichzeitig die Ergiebigkeit des geplanten Brunnen zu maximieren.

Nachdem sich hinsichtlich des Erschließungsziels der vorgesehene Brunnenstandort nach hydrogeologischer Ersteinschätzung als günstig darstellte, wurden durch die bohrlochgeophysikalischen Messungen am benachbarten Brunnen die Gebirgsverhältnisse am Standort untersucht und eingeschätzt. Es ergaben sich Hinweise auf ein bemerkenswert gering klüftiges Gebirge mit im Wesentlichen an Gesteinsporen gebundenen Wasserwegsamkeiten. Die Ergebnisse der Versuchsbohrung bestätigten diese Einschätzung und förderten bis zur Endteufe weit gehend entfestigte bzw. diagenetisch kaum überprägte Sandsteine. Trotz der schlechten Kornbindung erwies sich die Bohrung bis zur Endteufe von 253 Metern als standfest.

Nachfolgende Packerpumpversuche belegten eine annähernd homogene vertikale Durchlässigkeitsverteilung. Die Werte variierten innerhalb einer Größenordnung und zeigten eine leichte Abnahme im Tiefenintervall unterhalb 100 Metern. Anhand der an oberflächennahen Messpunkten (Grundwassermessstellen und Quellen) durchgeführten Beobachtungen wurde die notwendige Abdichtungsstrecke mittels Sperrrohr für die spätere Hauptbohrung auf 50 Meter festgelegt.

Bohrlochgeophysikalische Messungen zur Klärung der hydraulischen Verhältnisse in der Versuchsbohrung ließen eine stärkere vertikale Zonierung der Zuflüsse erwarten. Eine detaillierte Betrachtung der Ergebnisse im Zusammenhang mit den Pumpversuchsergebnissen zeigte jedoch, dass mit Flowmeter-Messungen in dieser tiefen Bohrung mit sehr großer Eintrittsfläche die verwendeten Anregungsenergien zu gering waren, um ein ausreichend differenziertes Bild der Zustromverteilung zu erhalten. Im Vergleich erwiesen sich das Temperaturlog und die Packerpumpversuche als feiner auflösend.

Die ermittelten geohydraulischen Kennwerte wurden für die Erstellung eines vereinfachten Grundwasserströmungsmodells genutzt. Dessen Anwendung diente der Optimierung des Brunnen-Ausbaukonzeptes unter Berücksichtigung verschiedener möglicher Betriebsszenarien der beiden Brunnen. Die Berechnungsergebnisse bestätigten eine Abdichtungsstrecke von 50 Metern für die spätere Hauptbohrung als ausreichend, um die gegenseitige hydraulische Beeinflussung der beiden Brunnen hinreichend gering zu halten. Nach den Pumptests und den Modellergebnissen wird das Erschließungsziel erreicht werden.

Die Hauptbohrung mit einem Bohrenddurchmesser von 700 Millimeter wurde im Sommer 2005 abgeteuft. Der Brunnen wurde mit einer Abdichtungsstrecke bis 50 Meter ausgebaut. Nach Erreichen der Endteufe bei 254 Metern wurde ein Pumpversuch mit bei einer Entnahme von ca. 22 l/s

Schicht Nr.	Tiefenlage	TB neu Ausbau 50-250 m	TB neu Ausbau 70-250 m	TB alt Ausbau 50-200 m
Schicht 1	0-20 m	nicht beteiligt	nicht beteiligt	nicht beteiligt
Schicht 2	20-50 m	nicht beteiligt	nicht beteiligt	nicht beteiligt
Schicht 3	50-100 m	0,55	0,424	0,65
Schicht 4	100-150 m	0,165	0,212	0,2
Schicht 5	150-200 m	0,156	0,2	0,15
Schicht 6	200-250m	0,128	0,165	nicht beteiligt
Schicht 7	250-300 m	nicht beteiligt	nicht beteiligt	nicht beteiligt
Schicht 8	300-350 m	nicht beteiligt	nicht beteiligt	nicht beteiligt

Tabelle 4 Anteilige Schüttungsmengen bei unterschiedlichen Ausbauszenarien

durchgeführt und dabei Absenkung auf 22,52 Meter realisiert. Die Beeinflussung im benachbarten Brunnen betrug dabei nur 21 Zentimeter.

Die Zwischenergebnisse lassen einen erfolgreichen Abschluss der Hauptbohrung und der Ausbauarbeiten erwarten. Der nachhaltige Erfolg der Erschließungsmaßnahme wird jedoch

erst im langfristigen Förderbetrieb überprüfbar sein.

Das vorgestellte Projekt wurde in enger und erfolgreicher Abstimmung von Vorhabensträger, ausführenden Unternehmen, Planungsbüro und Fachbehörde durchgeführt. Der Einsatz unterschiedlicher Erkundungsmethoden ermöglichte eine vorausschauende Pla-

nung und Optimierung des Vorhabens. Die Verfahrensweise kann für zukünftige Erschließungsvorhaben im genannten Erschließungsraum, aber unter Umständen auch in anderen hydrogeologischen Teilräumen eingesetzt werden, um das Erschließungsrisiko weit gehend zu minimieren.

Alle Abbildungen: A. Voutta

Autoren:

Dr. Frank Bitzer
Landesamt für Geologie und Bergbau
Rheinland Pfalz
Abt. 3 Boden/Grundwasser
Emy-Röder-Str. 5
55129 Mainz
Tel.: 06131 9254-304
Fax:

E-Mail: frank.bitzer@lgb-rlp.de
Internet: www.lgb-rlp.de

Dipl. Ing. (FH) Peter Schwarz
BHG Brechtel GmbH
Industriestr. 11 A
67063 Ludwigshafen
Tel.: 0621 69004-22
Fax:

E-Mail: schwarz.peter@bhg-brechtel.de
Internet:

Dipl. Geol. Andre Voutta
Institut für Grundwasserhydraulik
Sudetenstr. 5
71083 Herrenberg
Tel.: 07032 975-144
Fax:

E-Mail: avoutta@avoutta.de
Internet:



INTERNET UND FAX AUF EINE LINIE! (erst wenn vollständig!)

**1/4 Seite
Stüwa**

**1/4 Seite
E+M Bohr**