

+



# Baden-Württemberg

REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG  
LANDESAMT FÜR GEOLOGIE, ROHSTOFFE UND BERGBAU

Regierungspräsidium Freiburg, Abteilung 9 · 79095 Freiburg i. Br.

Landratsamt Lörrach  
Fachbereich Umwelt  
Palmstraße 3  
79539 Lörrach

Freiburg i. Br. 07.03.2017  
Name Dr. Volker Armbruster  
Durchwahl 0761 208-3071  
Aktenzeichen 94-4763.3//17\_1425  
Ar  
(Bitte bei Antwort angeben)

 Hydrogeologische Stellungnahme zum „Erläuterungsbericht zur Grundwassermodellierung hinsichtlich der Überprüfung der Schutzgebietsgrenzen der Zone II des WSG 037 unter Berücksichtigung des neuen Betriebsbrunnens Herzenau I“, Stadt Schopfheim, Lkr. Lörrach (TK25: Blatt 8312 Schopfheim)

Email-Schreiben des Landratsamtes Lörrach vom 08. Februar 2017

Mit Email-Schreiben vom 08. Februar 2017 bittet das Landratsamt Lörrach das Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB) im Regierungspräsidium Freiburg um eine Stellungnahme zu oben aufgeführtem Erläuterungsbericht.

## Hintergrund:

Der Zweckverband Wasserversorgung Dinkelberg betreibt die drei Trinkwasserbrunnen TB Müschelen, TB Herzenau I und TB Herzenau II im Gewann Müschelen/Herzenau. Der alte Tiefbrunnen I war aufgrund seines Alters verockert und sollte durch einen neuen Tiefbrunnen in unmittelbarer Nachbarschaft ersetzt werden. Im Vorfeld wurde das Büro für Geoinformatik und Umwelttechnik Armin Böhler und Patrick Blau GbR (BGU) mit Voruntersuchungen beauftragt, deren Ergebnisse im Bericht „Hydrogeologische Vorerkundung im Rahmen der geplanten Bohrung eines neuen Trinkwasserbrunnens im Bereich Herzenau“ zusammengefasst sind. Die Ergebnisse

legen einen hohen, jedoch zu dem Zeitpunkt nicht quantifizierten Uferfiltratanteil am Brunnenwasser nahe. Zu dessen Quantifizierung wurden im Bericht weitergehende hydrochemische und isopenhydrologische Untersuchungen empfohlen. Darüber hinaus wurde zur Abbildung der komplexen Wechselwirkung zwischen Fließgewässer und Grundwasser sowie der Überlagerung der Grundwasserabsenkungen durch die Entnahme aus den verschiedenen Brunnen eine Grundwassermodellierung empfohlen. Am 04.05.2012 wurde das BGU beauftragt, entsprechende Untersuchungen durchzuführen und die Grundlagen für die Neuabgrenzung der Schutzgebietszone II des Wasserschutzgebietes „Zweckverband Wasserversorgung Dinkelberg: TB Herzenau I + II, TB Müschelen (LfU-WSG-Nr. 336037)“ mit Hilfe einer Grundwassermodellierung zu schaffen.

Die wasserrechtliche Erlaubnis für die Entnahme von Grundwasser aus den drei Brunnen vom 18.03.1986 war befristet bis zum 31.12.2015. Das Wasserrecht wurde neu beantragt, die hydrogeologische Beurteilung seitens des LGRB konnte jedoch aufgrund der fehlenden Ergebnisse der hydrogeologischen Untersuchungen noch nicht erfolgen.

Im Zeitraum Juni bis September 2016 wurde der neue Brunnen Herzenau I errichtet. Mit den Ergebnissen eines Brunnentests im neuen Brunnen konnte das Grundwassermodell fertig gestellt werden. Die Ergebnisse der Untersuchungen und der Grundwassermodellierung wurden mit dem „Erläuterungsbericht zur Grundwassermodellierung hinsichtlich der Überprüfung der Schutzgebietsgrenzen der Zone II des WSG 037 unter Berücksichtigung des neuen Betriebsbrunnens Herzenau I“ des BGU zur Verfügung gestellt. Darüber hinaus wurden vom Gutachter des BGU mit elektronischer Post vom 19.02.2017, 25.02.2017 und 02.03.2017 weitere ergänzende Unterlagen übersandt.

## **Bestehendes Wasserschutzgebiet**

Die Abgrenzung des bestehenden rechtskräftigen Wasserschutzgebietes basiert auf dem „Hydrogeologischen Gutachten zur Ausweisung der Trinkwasserschutzgebiete für die Tiefbrunnen des Dinkelberg-Verbandes bei Maulburg, Lkr. Lörrach (TK 25, 8312 Schopfheim)“ des LGRB aus dem Jahre 1987. Die 50-Tagelinie nach Wyssling ist Grundlage für die Abgrenzung der Schutzzone II. Sie wurde separat zum einen für den Tiefbrunnen Müschelen unter der Annahme einer Entnahme von 55 l/s und zum anderen gemeinsam für die beiden Tiefbrunnen Herzenau I und II unter der Annahme einer Wasserentnahme von 45 l/s ermittelt. Für den Tiefbrunnen Müschelen ergibt sich unter der Annahme einer Grundwassermächtigkeit von 15,2 m, eines  $k_f$ -Wertes von  $2,2 \cdot 10^{-3}$  m/s und eines Gefälles von 0,008 eine Entnahmeparabel mit einer Entfernung oberstromig von 564 m, unterstromig von 59 m und einer Entnahmebreite von 206 m. Die gemeinsame Entnahmeparabel für die Tiefbrunnen Herzenau I und II hat unter der Annahme einer Grundwassermächtigkeit von 16,2 m, eines  $k_f$ -Wertes von  $1,9 \cdot 10^{-3}$  m/s und eines Gefälles von 0,008 eine Entfernung oberstromig von 492 m, unterstromig von 52 m und eine Entnahmebreite von 183 m. Die angenommene Anströmrichtung auf die Brunnen und damit die Lage der Entnahmeparabeln wurde aus dem Grundwassergleichenplan für den 14.07.1980 (Hochwasserstand), der im LGRB-Bericht „Grundwasseruntersuchung im Wiesental“ von 1984 veröffentlicht ist, abgeleitet. Danach werden die drei Brunnen im Nahbereich aus östlicher Richtung angeströmt (90 Grad), in etwas größerer Entfernung erfolgt der Anstrom aus südöstlicher Richtung (125 Grad). Da die Grundwassermessstellendichte im Anströmbereich der Tiefbrunnen zu diesem Zeitpunkt gering war, weist der Grundwassergleichenplan Unsicherheiten auf. Um den wechselnden Anströmrichtungen Rechnung zu tragen, wurden diese um  $\pm 10$  Grad variiert. Der Mündungsbereich der kleinen Wiese wurde wegen des hohen Uferfiltratanteils im Grundwasser in die Zone II mit einbezogen. Der Uferfiltratanteil am geförderten Brunnenwasser wird im Abschlussgutachten insgesamt auf 70 % geschätzt. Die komplexe Wechselwirkung zwischen Oberflächengewässern und Grundwasser und die Überlagerung der Absenkrichter der einzelnen Brunnen konnte nicht adäquat berücksichtigt werden.

## **Stellungnahme zum vorliegenden Erläuterungsbericht**

### *Uferfiltratanteil am Brunnenwasser*

Zur Klärung der Wechselwirkung zwischen den Oberflächengewässern und dem Grundwasser und zur Bestimmung des Uferfiltratanteils am geförderten Brunnenwasser wurden umfangreiche hydrochemische und isotopenhydrologische Untersuchungen durchgeführt. Über das gesamte Jahr 2013 wurden in 14-tägigem Turnus Wasserproben der beiden Tiefbrunnen Herzenau II und Müschelen, der Oberflächengewässer Wiese und Kleine Wiese und einer Referenz-Grundwassermessstelle genommen. Die Gehalte des Sauerstoffisotops  $O^{18}$  sowie die physikalischen Parameter elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert, Temperatur und Sauerstoffgehalt wurden bestimmt. An einem Stichtag wurde die elektrische Leitfähigkeit flächenhaft gemessen, zu zwei Zeitpunkten (NQ, HQ) wurden Süßstoffgehalte gemessen. Die gewählte Grundwassermessstelle, die bei der Mischungsrechnung die von Uferfiltrat unbeeinflusste Grundwasserkomponente repräsentieren sollte, stellte sich im Nachhinein als problematisch dar. Sie ist durch ihre südliche Lage beeinflusst vom Randzustrom aus dem Festgestein des Dinkelbergs (Buntsandstein mit überlagerndem Muschelkalk) und wahrscheinlich zusätzlich durch die Lage im Abstrombereich der Bauschuttdeponie Wiechs. Dies zeigt sich beispielsweise in der elektrischen Leitfähigkeit von  $534 \mu\text{S}/\text{cm}$ , die deutlich über dem zu erwartenden Wert von etwa  $200 \mu\text{S}/\text{cm}$  liegt. Somit ist sie nicht repräsentativ für die Grundwasserkomponente im zentralen Bereich des Lockergesteinsaquifers. Die flächenhafte Verteilung der elektrischen Leitfähigkeit zu einem Stichtag (Anlage 6.4 des BGU-Berichts) zeigt, dass es schwierig ist, eine geeignete Grundwassermessstelle zu finden. Im Süden nimmt der Einfluss des Randzustroms zu, im Norden der Einfluss des infiltrierenden Oberflächenwassers. Für die Mischungsrechnungen mussten daher teilweise Annahmen für die Grundwasserkomponente getroffen werden, die plausibel erscheinen (die elektrische Leitfähigkeit wurde auf Werte um  $200 \mu\text{S}/\text{cm}$  herabgesetzt und die Sauerstoffgehalte wurden von Werten unter  $1 \text{ mg/l}$  auf Werte unter  $5 \text{ mg/l}$  hochgesetzt). Entsprechend lassen die Mischungsrechnungen grobe Aussagen zu, beinhalten aber größere Unsicherheiten.

Die Mischungsrechnungen sind in Tabelle 8 (S. 32) des BGU-Berichts zusammengefasst und zeigen, dass sich das geförderte Brunnenwasser etwa zu gleichen Teilen aus Uferfiltrat und aus Grundwasser zusammensetzt. Der Uferfiltratanteil scheint im Tiefbrunnen Müschelen etwas höher zu sein als im Tiefbrunnen Herzenau II. Zudem scheint der Uferfiltratanteil nicht ganzjährig konstant, allerdings ergibt sich je nach betrachtetem Parameter kein eindeutiges Bild. Die Jahresgänge der Sauerstoffgehalte lassen auf einen geringeren Uferfiltratanteil im Sommer schließen, die Jahresgänge der  $O^{18}$ -Gehalte auf einen höheren Uferfiltratanteil im Sommer.

Bei den verwendeten Parametern handelt es sich außer bei dem Sauerstoffisotop  $O^{18}$  um nicht konservative Tracer. Dies bedeutet, dass die Parameter des infiltrierten Oberflächenwassers sich auf dem Fließweg zu den Entnahmebrunnen zum Teil verändern und die Anteile des Oberflächenwassers unterschätzt werden.

Die Mischungsrechnungen für das Sauerstoffisotop  $O^{18}$  als konservativer Tracer zeigen hohe Anteile an Uferfiltrat im Brunnenwasser. Im ersten Halbjahr beträgt der Uferfiltratanteil im TB Müschelen zwischen 64 und 81 %, im TB Herzenau II zwischen 32 und 66 %. Im zweiten Halbjahr beträgt der Uferfiltratanteil in beiden Brunnen 100 %.

Insgesamt zeigen die Mischungsrechnungen klar, dass die Beschaffenheit des geförderten Brunnenwassers nur aus einer Mischung von Uferfiltrat und Grundwasser plausibel erklärt werden kann, wobei keine Einzelkomponente dominierend ist.

### *Grundwassermodellierung*

Die Erstellung des hydrogeologischen Systemmodells und des Grundwassermodells erfolgte in enger Abstimmung mit dem LGRB. Der untersuchte quartäre Kiesgrundwasserleiter wird im Nordwesten und Nordosten (Weitenauer Vorberge) durch Arkosen und Schlufftonsteine der Weitenau-Formation des Rotliegend begrenzt (Anlage

2.1 des BGU-Berichts). Hier verläuft auch die Modellgrenze, die im Bereich des einmündenden Tals der Kleinen Wiese nach Norden bis Langenau reicht. Mögliche Randzuflüsse aus dem Festgestein werden von der direkt am Talrand fließenden Wiese aufgenommen. Im Süden (Dinkelberg) wird der Kiesgrundwasserleiter durch Sandsteine des Buntsandstein begrenzt, welche in höheren Hanglagen von Gesteinen des Muschelkalk überlagert werden. Im südlichen Bereich des Kiesgrundwasserleiters nehmen die zeitlichen Schwankungen der Grundwasserstände stark zu und deren Nachbildung im Grundwassermodell bereitet Schwierigkeiten. Um sie nachbilden zu können wird an der südlichen Modellgrenze ein zeitlich variabler Randzustrom angenommen (NQ: 0 l/s, MQ: 50 l/s, HQ: 90 l/s). Die Basis des Grundwasserleiters wird durch Gesteine der Weitenau-Formation, des Buntsandstein, bereichsweise auch durch überlagernde, ältere, schluffreiche mürbe Kiese gebildet. Die Kiese der Niederterrasse weisen im Modellraum Mächtigkeiten von 5 bis 18 m auf und sind von lehmigen Deckschichten geringer Mächtigkeit überdeckt. Die Quartärbasis wird von einer Rinne gebildet, deren Rinnentiefstes bis Schopfheim in der Talmitte, im Bereich der Brunnenstandorte am nördlichen Talrand verläuft (Anlage 2.3 des BGU-Berichts). Ost- und Westrand des Modellgebietes (Talquerschnitte des Wiesentals) werden mit Festpotenzialrändern beschrieben, der nördliche Modellrand im Kleinen Wiesental bei Langenau ebenfalls.

Die Interaktion der Oberflächengewässer mit dem Grundwasser hat im Bereich der Entnahmebrunnen eine hohe Bedeutung. Die Gewässerinfiltration wird neben den hydraulischen Verhältnissen durch den Leakage-Faktor bestimmt. Als Maß für die Infiltrationsrate stellt er neben dem  $k_f$ -Wert des Grundwasserleiters eine Kalibriergröße des Modells dar.

Im Jahr 2013 wurden insgesamt 9 Stichtagsmessungen durchgeführt und die Wasserstände der Oberflächengewässer und der Grundwassermessstellen gemessen. Das Modell sollte an den Wasserständen zu Mittelwasserzeiten kalibriert und an den Wasserständen zu Hoch- und Niedrigwasserzeiten verifiziert werden. Anlage 4 des BGU-Berichts zeigt anhand der Grundwassermessstelle 100/073-2, die nördlich der Wiese im Mündungsbereich der Kleinen Wiese gelegen ist, wie sich die Stichtags-

messungen in den langjährigen Verlauf der Grundwasserstände einreihen. 2013 war insgesamt ein eher feuchtes Jahr. Die ausgewählten Stichtage stellen für den Nahbereich der Brunnenfassungen einen relativen Mittel-, Hoch- und Niedrigwasserstand dar. Dies ist auch an den konstruierten Grundwassergleichenplänen Anlagen 5.1 bis 5.3 des BGU-Berichts zu erkennen. Im zentralen Bereich des Wiesentals unterscheiden sich die Grundwasserstände zu Mittel- und Hochwasserzeiten weniger deutlich, die Grundwasserstände zu Niedrigwasserzeiten sind auch hier deutlich geringer (vgl. Anlagen 13.1, 14.1 und 15.1 des BGU-Berichts).

Die Wasserstände in den Brunnen wurden an den Stichtagen nicht gemessen. Im Nachhinein wurden die Entnahmemengen aus den Entnahmebrunnen zu dem Zeitpunkt der Stichtagsmessungen rekonstruiert und bei der Modellierung berücksichtigt.

Die Zahl der Grundwassermessstellen ist im Norden, insbesondere im Zustrombereich der Brunnen hoch und wird nach Süden geringer (vgl. Anlage 13.1 des BGU-Berichts). Der südliche Rand des Modellgebietes, insbesondere der Südwesten ist relativ schlecht mit Grundwassermessstellen abgedeckt. Auch direkt südlich und südwestlich der Brunnen Herzenau I und II sind die Grundwasserstände nicht direkt durch Messungen belegt.

Die Verteilung der kalibrierten  $k_f$ -Werte ist Anlage 12 des BGU-Berichts zu entnehmen. Die Werte bewegen sich in einem realistischen Bereich und zeigen höhere Werte im zentralen Bereich der quartären Rinne ( $k_f = 2,7$  bis  $4,8 \cdot 10^{-3}$  m/s) und niedrigere Werte an den Talrändern. Der über einen Brunnentest abgeschätzte  $k_f$ -Wert im neuen Tiefbrunnen Herzenau I beträgt  $3 \cdot 10^{-3}$  m/s. Die kalibrierten Werte im direkten Umfeld der Brunnen ( $k_f = 2,7$  und  $3,9 \cdot 10^{-3}$ ) entsprechen diesem Wert. Sie erlauben einen raschen Transport von infiltriertem Flusswasser Richtung Brunnen. Die aus Kurzpumpversuchen im Zusammenhang mit der Errichtung des Parallelsammlers Kleines Wiesental gewonnenen  $k_f$ -Werte spiegeln sich in den kalibrierten Werten nur teilweise wieder, sind aber auch nur bedingt aussagekräftig.

Für den Schlierbach und den Floßkanal wurden aufgrund geringer Wasserführung und der Annahme einer stark kolmatierten Gewässersohle ein geringer Leakage-Faktor von  $5 \cdot 10^{-7}$  1/s angenommen. Noch geringere Werte von  $1 \cdot 10^{-7}$  1/s wurden für die künstlichen Gerinne des Schopfheimer und Maulburger Gewerbekanal ange-  
setzt. Aus der Kalibrierung ergaben sich deutlich höhere Werte für die Wiese und die Kleine Wiese. Die Kleine Wiese hat einen Leakage-Faktor von  $5 \cdot 10^{-6}$  1/s. Für die Wiese ergab sich im Bereich am Aquiferrand zum Rotliegenden, nur bereichsweise unterlagert von Kiesen, ein Leakage-Faktor von  $5 \cdot 10^{-6}$  1/s, im Bereich der Talmündung der Kleinen Wiese von  $9 \cdot 10^{-6}$  1/s. Untersuchungen der Uni Basel zur Oberflächenwasser-Grundwasser-Interaktion im Unterlauf der Wiese kurz vor der Mündung in den Rhein ergaben Werte von  $1,4 \cdot 10^{-5}$  1/s. Die Werte der Wiese im Mündungsbe-  
reich der Kleinen Wiese sind damit sehr gut vergleichbar und liegen geringfügig da-  
runter.

Zum Zeitpunkt der Stichtagsmessung bei mittlerem Grundwasserstand sind die Brun-  
nen Müschelen und Herzenau II in Betrieb (Entnahmerate: 68 l/s). Die Grundwasser-  
stände werden für diesen Stichtag, an dem das Grundwassermodell kalibriert wurde,  
mit einer hohen Güte nachgebildet (Anlage 13.1 des BGU-Berichts). Die Wasserbi-  
lanz (Tabelle 13, S. 52 des BGU-Berichts) zeigt, dass die Infiltration von Oberflä-  
chengewässern ins Grundwasser, insbesondere der Kleinen Wiese und der Wiese,  
eine große Bedeutung hat. Die Verhältnisse zeigen sich allerdings in den von Hand  
konstruierten Grundwassergleichen im Nahbereich der Brunnen, insbesondere ent-  
lang der Kleinen Wiese, nicht deutlich (Anlagen 5.1-5.3 des BGU-Berichts). Die Ge-  
wässerinfiltration macht mit 150 l/s einen großen Anteil der positiven Bilanzglieder im  
Modellgebiet von 385 l/s aus (Tabelle 13, S. 52 des BGU-Berichts). Im Nahbereich  
der Entnahmehbrunnen, in dem die Infiltration aufgrund des höheren Leakage-Faktors  
besonders hoch ist, beeinflusst der Infiltrationsprozess die Grundwasserströmungs-  
verhältnisse stark. Daraus ergibt sich im Bereich der Brunnen eine Grundwas-  
serströmung aus Ost-Nordost. Dies ist im modellierten Grundwassergleichenplan (An-  
lage 13.1 des BGU-Berichts) wie auch in dem von Hand konstruierten Grundwasser-  
gleichenplan (elektronische Post des BGU) zu erkennen. Dabei sind die Grundwas-  
serstände im östlichen Zustrombereich der Brunnen und im Nahbereich der Gewäs-

ser sehr gut belegt, südlich und südwestlich der Brunnen, wie bereits erwähnt, hingegen nicht. Am Südrand des Modellgebietes zeigt sich der Einfluss des südlichen Randzustroms und der geringen  $k_f$ -Werte. Dort ist der Grundwasserfluss von Süd nach Nord gerichtet, schwenkt jedoch schnell in den Ost-West gerichteten Grundwasserfluss im zentralen Bereich des Kiesaquifers um. Die Fließverhältnisse am Südrand des Grundwasserleiters haben keinen Einfluss auf die Fließverhältnisse im Bereich der Brunnen.

Zum Zeitpunkt der Stichtagsmessung bei hohem Grundwasserstand, der zur Validierung verwendet wurde, sind die Brunnen Müschelen und Herzenau II ebenfalls in Betrieb (Entnahmerate: 68 l/s). Die modellierten Grundwasserstände zeigen nach wie vor eine gute Übereinstimmung mit den gemessenen (Anlage 14.1 des BGU-Berichts). Im östlichen Zustrombereich zu den Brunnen werden die Grundwasserstände systematisch um 15-40 cm leicht unterschätzt. Die Bedeutung der Gewässerinfiltration nimmt im Vergleich zur Mittelwassersituation ab und beläuft sich in der Wasserbilanz auf 107 l/s (Summe positiver Bilanzgrößen: 426 l/s). Die Grundwasserströmung auf die Brunnen erfolgt auch im Hochwasserfall aus Ost-Nordost, wie im modellierten Grundwassergleichenplan (Anlage 14.1 des BGU-Berichts) und in dem von Hand konstruierten (elektronische Post des BGU) zu sehen ist.

Der Stichtag zu Zeiten niedriger Grundwasserstände wurde ebenfalls zur Validierung des Modells herangezogen (Anlage 15.1 des BGU-Berichts). Zu diesem Zeitpunkt fand keine Förderung aus den Brunnen statt. Auch hier zeigen die modellierten Grundwasserstände eine gute Übereinstimmung mit den gemessenen und die Wasserstände werden im östlichen Zustrombereich zu den Brunnen systematisch leicht unterschätzt. Die Gewässerinfiltration ist bei Niedrigwassersituation mit 108 l/s im Vergleich zur Mittelwassersituation geringer (Summe positiver Bilanzglieder 332 l/s). Die Grundwasserströmung auf die Brunnen erfolgt auch hier aus Ost-Nordost, wie im modellierten Grundwassergleichenplan (Anlage 15.1 des BGU-Berichts) und in dem von Hand konstruierten (elektronische Post des BGU) zu sehen ist.

Die Wasserbilanz zeigt, dass zu Niedrigwasserzeiten der Wasserumsatz im System am geringsten und zu Hochwasserzeiten am höchsten ist. Das Modell zeigt die höchste Gewässerinfiltration zu Mittelwasserzeiten, zu Hochwasserzeiten ist sie geringer, vermutlich durch einen geringeren Gradienten zwischen den Gewässern und dem Grundwasser. Zu Niedrigwasserzeiten ist die Infiltration ebenfalls geringer, was nicht leicht erklärbar ist. Unter Umständen hat der fehlende Brunnenbetrieb hier einen Einfluss.

Die Sensitivität der Kalibrierparameter  $k_f$ -Wert und Leakage-Faktor wird in Kapitel 4.12 des BGU-Berichts beschrieben, sie wird jedoch nicht quantifiziert. Es wird nicht gezeigt, wie die systematische Variation der Kalibrierparameter sich auf eine Zielgröße quantitativ auswirkt.

Die Berechnung der Anteile an Uferfiltrat im Wasser der Förderbrunnen erfolgte im Grundwassermodell mit einer Transportmodellierung. Die Ergebnisse zeigen für die modellierte Mittel- und Hochwassersituation hohe Anteile an Uferfiltrat von 96 % für den Brunnen Müschelen und 90 bzw. 92 % für den Brunnen Herzenau II. Der alte Brunnen Herzenau I war zu diesen Zeitpunkten nicht in Betrieb. Die Ergebnisse der Modellierung decken sich nicht mit den Ergebnissen der hydrochemischen und isoto-penhydrologischen Untersuchungen, die einen geringeren Uferfiltratanteil nahelegen.

Mit dem kalibrierten Grundwassermodell wurde die Berechnung der 50-Tage-Isochronen vorgenommen, die als Grundlage für die Grenze der Schutzgebietszone II dienen können. Dabei wurde als Entnahmerate aus allen drei Brunnen insgesamt 84 l/s angesetzt (maximale Entnahmerate), die in verschiedenen Varianten entsprechend des beantragten Wasserrechts auf die drei Brunnen verteilt wurde. Die Verwendung der maximalen Entnahmerate von 84 l/s statt der maximalen Tagesentnahmerate von 64 l/s ergibt eine größere, modellierte 50-Tage-Zustromfläche. Jedes Szenario wurde für den Niedrig- und Hochwasserfall simuliert. Die Einhüllenden der Varianten sind separat für die Niedrig- und Hochwassersituation dargestellt (Anlagen 16 und 17 des BGU-Berichts).

Sowohl für die Niedrig- als auch die Hochwassersituation werden die drei Brunnen aus Ost-Nordost angeströmt und die 50-Tage-Zustromfläche erstreckt sich in diese Richtung. Für die Niedrigwassersituation dehnt sich die Zustromfläche weiter nach Norden aus und reicht nicht so weit in den Süden und Osten. Für die Hochwassersituation reicht die Zustromfläche weiter in den Süden und den Osten, hingegen weniger weit in den Norden. Die 50-Tage-Zustromfläche ist mit etwa 26 ha im Vergleich zur aktuellen Schutzzone II (50 ha) deutlich kleiner.

Entgegen der im hydrogeologischen Gutachten des LGRB von 1987 angenommenen Anströmrichtung aus Südost, werden die Brunnen nach den Ergebnissen der Stichtagsmessungen und der Grundwassermodellierung nicht aus südöstlicher Richtung angeströmt. Im BGU-Bericht wird plausibel dargelegt, dass der damals verwendete Grundwassergleichenplan im Anströmbereich der Brunnen deutlich schlechter belegt ist und die Fließrichtung nicht realistisch wiedergibt (Anlage 19 des BGU-Berichts).

Es ist nachvollziehbar, dass die relativ hohe Infiltration der Wiese die Grundwasserfließrichtung, die im zentralen Bereich des Wiesentals von Ost nach West gerichtet ist, im nördlichen Bereich nach Süden ablenkt.

Im Stadtgebiet von Schopfheim gibt es nachweislich Grundwasserbelastungen in Form von LHKW und anderen organischen Schadstoffen, die sich mit dem Grundwasserstrom von Ost nach West verlagern. Trotz intensivem Monitoring wurden bislang zu keinem Zeitpunkt Schadstoffe im Wasser der Tiefbrunnen und in den beiden unten genannten vorgelagerten Grundwassermessstellen nachgewiesen. Dies deutet darauf hin, dass es keine südöstliche Anströmrichtung auf die Entnahmebrunnen gibt.

Analyseergebnisse auf Schadstoffe (LHKW, AOX, PAK und BTXE) der Brunnenwässer von Herzenau II und Müschelen und des Grundwassers von zahlreichen Messstellen im Vorfeld der Wasserfassungen über den Zeitraum 2007 bis 2017 wurden per elektronischer Post vom Gutachter zur Verfügung gestellt. Die Lage der Grundwassermessstellen ist Anlage 1 des BGU-Berichts zu entnehmen. Im Bereich des Wiesentalaquifers zwischen der L139 und der B317 zeigen zwei Grundwassermessstel-

len (0723/073-4 und 0724/073-0) dauerhaft erhöhte Konzentrationen an LHKW und AOX. Die nördlich der L139 gelegene Grundwassermessstelle 0728/073-1 zeigt vereinzelt Spuren von AOX und BTXE im Bereich der Nachweisgrenze. Die direkte Nähe zum Gewerbekanal und der sehr hohe Jahrestemperaturgang legen jedoch nahe, dass diese Messstelle direkten Kontakt zum Oberflächengewässer hat. Die beiden nördlich an die L139 grenzenden Grundwassermessstellen 0721/073-3 und 0720/073-8 zeigen über den gesamten Zeitraum keine nachweisbaren Schadstoffgehalte. Auch in den Brunnen Herzenau II und Müschelen sind über den gesamten Zeitraum keine nachweisbaren Schadstoffgehalte aufgetreten.

Die räumliche Verteilung der zu einem Stichtag gemessenen Leitfähigkeiten (Anlage 6.4 des BGU-Berichts) deutet darauf hin, dass das Grundwasser in der Nähe der Wiese stark von Flusswasserinfiltration beeinflusst ist. Im Bericht „Gefährdungsabschätzung und Rohwasserbeurteilung für das PW Herzenau/Maulburg“ des TZW aus dem Jahre 2010 ist die räumliche Verteilung der Cl-Gehalte, basierend auf zahlreichen Messwerten aller vorhandenen Grundwassermessstellen dargestellt. Auch dieser Parameter zeigt einen durchgängigen starken Einfluss von Flusswasserinfiltration entlang der Wiese.

## **Schlussfolgerungen**

Die Infiltration der Wiese und der Kleinen Wiese in das Grundwasser hat einen großen Einfluss auf die Fließverhältnisse im Nahbereich der Förderbrunnen und auf den Anteil an Uferfiltrat am Brunnenwasser. Nach den Ergebnissen der Grundwassermodellierung ist der Anteil von infiltrierendem Oberflächenwasser in das Grundwasser sehr hoch. Daraus resultiert eine Anströmrichtung auf die Brunnen aus Ost-Nordost und ein sehr hoher Uferfiltratanteil von 92-96 % am geförderten Brunnenwasser.

Dem steht die Interpretation der hydrochemischen und isotopehydrologischen Untersuchungen entgegen. Nach den Mischungsrechnungen beläuft sich der Anteil an nicht infiltriertem Grundwasser auf etwa 50 %. Die Ergebnisse sind zwar nicht eindeu-

tig interpretierbar, legen aber nahe, dass es einen nicht infiltrierten Grundwasseranteil gibt, der deutlich höher als 4-8 % ist.

Falls der Anteil von Uferfiltrat geringer ist als mit dem Grundwassermodell berechnet, ist nach dem aktuellen Wissensstand nicht auszuschließen, dass es bei hydrologischen Extremsituationen, insbesondere wenn sie die untersuchten Hoch- und Niedrigwasserverhältnisse noch übertreffen, zu Fließverhältnissen kommt, bei denen die Brunnen aus Richtung Ost-Südost und damit von dem Areal südlich der L139 angeströmt werden.

Während der Stichtagsmessungen, die für die Kalibrierung und Validierung des Modells verwendet wurden, wurde aus den Brunnen Müschelen und dem Brunnen Herzenau II Grundwasser gefördert. Die Wasserstände in den Brunnen wurden während der Stichtagsmessung nicht gemessen und die Messstellendichte südlich der Brunnen war gering. Es gibt Simulationsergebnisse unter Einbezug des neuen Brunnens Herzenau I, jedoch bislang keine Stichtagsmessung bei Förderbetrieb des neuen Brunnens Herzenau I.

Es wird zur besseren Absicherung der Ergebnisse empfohlen, insbesondere bezüglich einer möglichen Anströmrichtung der Brunnen von Ost-Südost aus dem Bereich südlich der L139, eine weitere Stichtagsmessung durchzuführen. Dabei sollte der neue Brunnen Herzenau I mit maximaler Förderrate von 54 l/s und ein zweiter Brunnen mit der Förderrate von 30 l/s betrieben werden. Als zweiter Brunnen ist der zu wählen, der den Zustrombereich bei den Simulationsvarianten am weitesten nach Süden verlagert hat.

Nach zwischenzeitlich erfolgten weiteren Recherchen konnten zwei zusätzliche Grundwasseraufschlüsse südlich der Entnahmekunnen gefunden werden, die die bisher geringe Messstellendichte in diesem Bereich erhöhen. Die Ergebnisse der Stichtagsmessung sollten in einem Grundwassergleichenplan dargestellt werden. Mit dem bestehenden Grundwassermodell sind die Ergebnisse dieser Stichtagsmessung zu simulieren.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Ergebnisse der Berechnungen mit dem Grundwassermodell, vorbehaltlich der ausstehenden Bestätigung durch die ergänzenden Feldmessungen und durch einen weiteren Rechenlauf, die natürlichen Verhältnisse gut abbilden und als Grundlage für eine Neuabgrenzung der Engeren Schutzzone genutzt werden können.

Dr. Volker Armbruster