



## Grundwasserqualität im Baarerbecken

Grundwassermessstellen und Grundwasserprobenahme mittels Unterwasserpumpe (rechts)

### Grundwasservorkommen Baarerbecken

Für das Trinkwasser ist das Baarerbecken – in der Talsohle von Baar bis Zug – eines der wichtigsten Grundwasservorkommen im Kanton Zug. Aus Sicht des Grundwasserschutzes ist es deshalb besonders schützenswert – und vor möglichen Beeinträchtigungen menschlicher Nutzungen zu bewahren. Geologisch geprägt ist es durch den flachen Lorze-Schwemmkegel, welcher von Baar bis nach Zug hinabreicht. Gut durchlässige, grundwasserführende Schotter sind hier wenige Meter unter dem Boden bis in teilweise über 25 m Tiefe vorhanden. Im Bereich der südlichen Sennweid nordöstlich des Ortszentrums von Baar beträgt die Grundwassermächtigkeit mehr als 20 m (vgl. Abbildung S. 5). In Richtung der Ränder der Ebene und Richtung Zug nimmt sie ab, da die Schotter dort in zunehmend feinkörnigere, bis in den See geschüttete Deltaablagerungen übergehen. Ungefähr zwischen der Südgrenze der Gemeinde Baar und dem Zugersee ist die Grundwassermächtigkeit kleiner als 2 m. Das Grundwasser ist durch vorwiegend siltig-sandige Deckschichten von mehreren Metern Mächtigkeit gut gegen Einflüsse von der Oberfläche geschützt. Der Abstand zwischen Terrainoberfläche und Grundwasseroberfläche ist mit 12 bis 15 m im Bereich Lättich/Langgass am grössten; gegen Westen und Südwesten wird er kleiner.

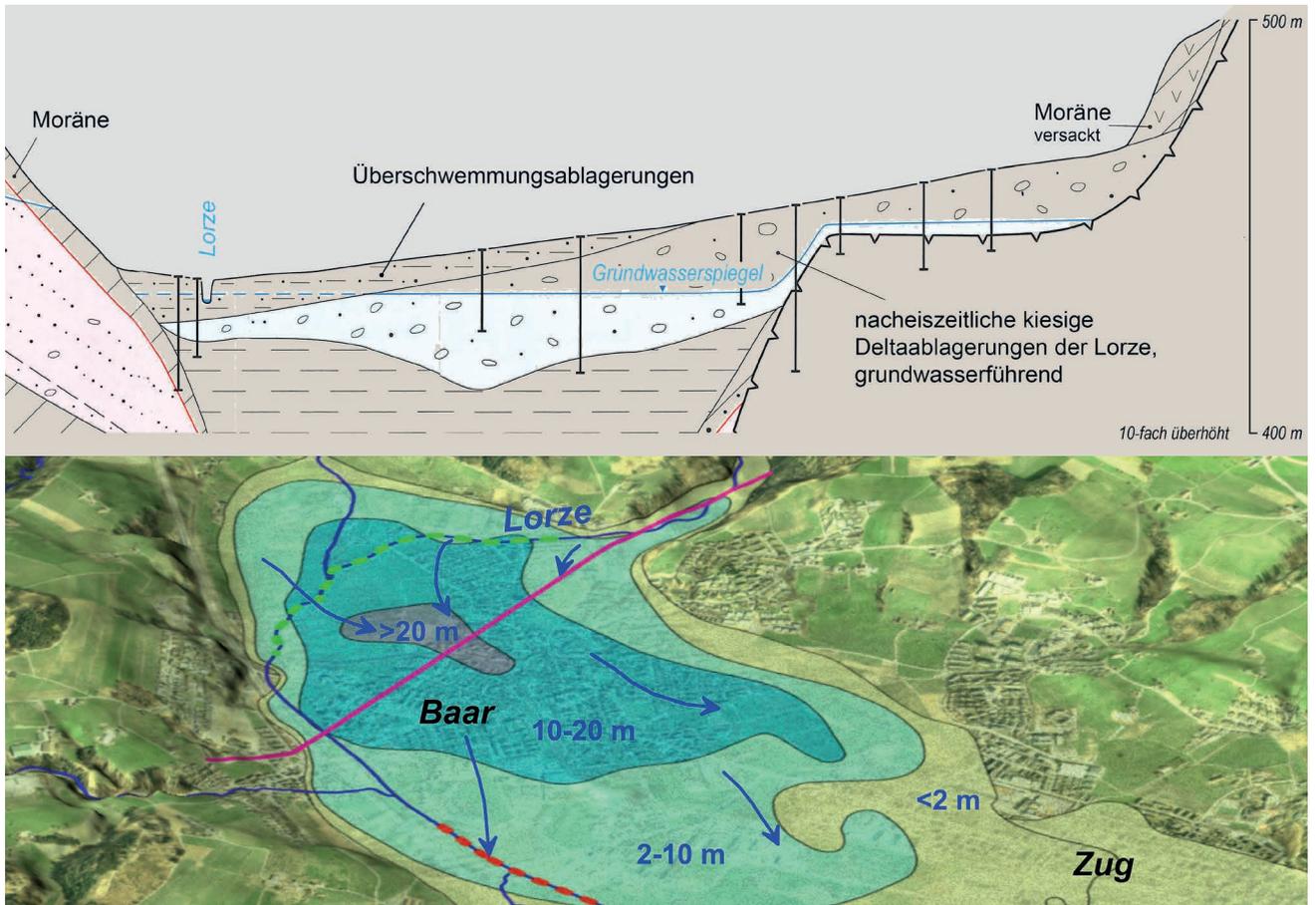
Das Grundwasser fliesst beim Ausgang des Lorzetobels nach Westen, sonst richtet sich der Grundwasserfluss im Baarerbecken gegen Südwesten. Die Speisung des Grundwassers er-

folgt durch Niederschlagsversickerung im Baarerbecken, durch unterirdische seitliche Hangwasserzuflüsse sowie durch Oberflächengewässer. Zwischen dem Lorzetobel südöstlich der ehemaligen Spinnerei und dem Jöchler bei der SBB-Brücke verlieren die Lorze und auch kleinere Bäche Wasser an den Untergrund, d.h. Wasser «infiltriert» hier ins Grundwasser. Im weiteren Verlauf der Lorze bis ungefähr zur Stadtgrenze Zug kehrt sich die Fließrichtung um: Grundwasser gelangt in die Lorze, d.h. es «exfiltriert». Ein weiterer Teil des Grundwassers fliesst unterirdisch direkt in den Zugersee.

Die Verweildauer des Grundwassers im oberflächennahen Grundwasservorkommen von Baar/Zug beträgt rund zwei bis drei Jahre. Das Gebiet mit nutzbarem Grundwasser mit einer Mächtigkeit von mindestens 2 m ist mit einem zusätzlichen Randbereich durch den Gewässerschutzbereich «A<sub>u</sub>» geschützt; hier sind bestimmte Bauten und Tätigkeiten nicht erlaubt oder bewilligungspflichtig.

### Grundwassernutzungen im Baarerbecken

Das Grundwasser des Baarerbeckens wird in den beiden Gebieten «Sennweid» nordöstlich von Baar und «Sternen» zwischen Baar, Inwil und Zug für Trinkwasserzwecke genutzt. Die jeweils drei Pumpwerke der Trinkwasserversorgungen Korporation Baar-Dorf resp. der WWZ AG sind von öffentlichem Interesse. Zum Schutz des Trinkwassers bestehen entsprechende Grundwasserschutzzonen. In diesen beiden Trinkwassergebiete-



Grundwasservorkommen Baar/Zug im Schnitt (oben) mit Angabe der Grundwassermächtigkeiten (unten)

--- Infiltrationsstrecke der Lorze    - - - Exfiltrationsstrecke der Lorze    → Grundwasserfliessrichtung    — Verlauf Profil oben

ten wurden 2017 ca. 750'000 resp. 425'000 m<sup>3</sup> Grundwasser gefördert.

Im Rahmen seiner gesetzlichen Aufgabe kontrolliert das Amt für Verbraucherschutz (AVS) regelmässig die Qualität des mit den Pumpwerken geförderten Grundwassers, das sogenannte Rohwasser. Zudem bestehen im Baarerbecken fünf kleinere Grundwasserfassungen, d.h. Brunnen, in denen Brauchwasser z.B. zur Bewässerung entnommen wird. Die bewilligte maximale Gesamtförderrate beträgt knapp 300 l/min; effektiv genutzt wird deutlich weniger als die Hälfte.

Das Grundwasser wird vor allem in Baar mit über 80 Anlagen für Heiz- und Kühlzwecke genutzt. Gefasst wird jeweils über Entnahme-Brunnen; gleichzeitig wird über eine Wärmepumpe Energie entnommen oder zugeführt. Das Wasser muss dann über ein Rückgebauwerk, meist ebenfalls ein Brunnen, dem Grundwasser zwingend wieder zugeführt werden.

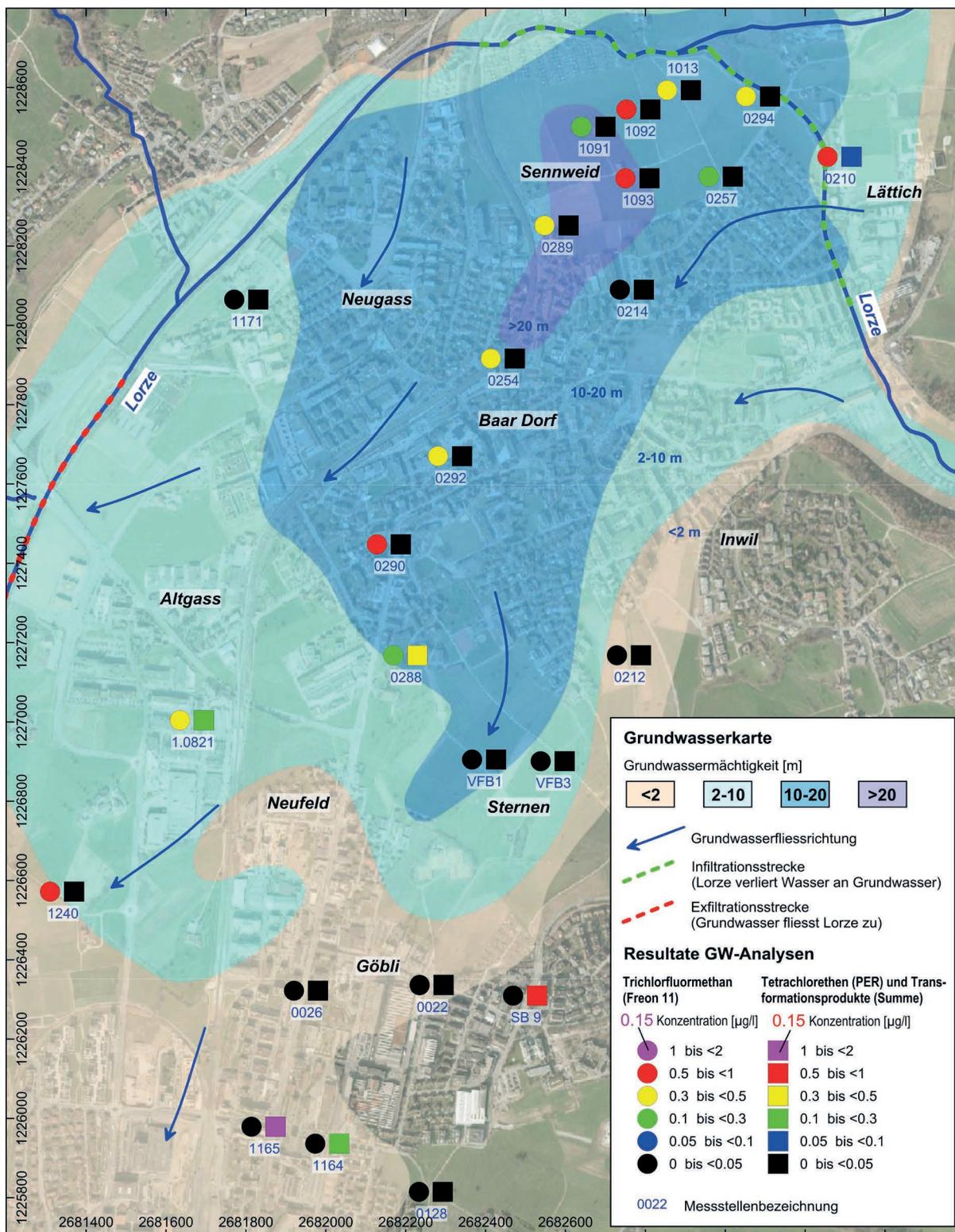
Unverschmutztes Regenwasser, das auf Dachflächen und Plätzen anfällt, muss heute nach Möglichkeit wieder dem Grundwasser zugeführt werden. In der Regel werden bei Neu- und Umbauten Versickerungsbecken erstellt, in denen das Regenwasser gesammelt wird. Es versickert über eine oberirdische Bodenschicht und wird so gereinigt dem Grundwasser wieder zugeführt. Falls dazu der Platz auf einem Grundstück nicht ausreicht, kann ausnahmsweise eine unterirdische Versickerungs-

anlage zugelassen werden, über die das Regenwasser direkt in den sickerfähigen Untergrund gelangt. Im Baarerbecken bestehen heute ca. 50 unterirdische Versickerungsanlagen.

### Überwachung der Grundwasserqualität im Kanton Zug

Gemäss eidgenössischem Gewässerschutzgesetz ist es eine Aufgabe des Amtes für Umweltschutz (AfU), den mengenmässigen und qualitativen Zustand des Grundwassers zu überwachen. Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) betreibt im Rahmen der «Nationalen Grundwasserbeobachtung NAQUA» seit 2002 ein landesweites Netz mit Grundwassermessstellen (vgl. Abbildung S. 4). Hier werden jährlich zwei bis vier Grundwasserproben vor allem auf sogenannte Mikroverunreinigungen (MV) analysiert. MV sind organische Spurenstoffe, die in sehr tiefen Konzentrationen in den Gewässern vorkommen (Milliardstel [ng/l] bis Millionstel-Gramm pro Liter [µg/l]). Einige von ihnen können bereits in diesen geringen Konzentrationen auf Wasserlebewesen schädlich wirken. Im Trinkwasser sind sie ohnehin nicht erwünscht. In der Schweiz sind über 30'000 solcher Stoffe in unzähligen Produkten im täglichen Gebrauch. Viele davon gelangen ins Wasser. Zu den MV gehören Rückstände von Medikamenten, Inhaltsstoffe in Reinigungs- und Desinfektionsmitteln, Körperpflegeprodukte oder Industriechemikalien, Materialschutz- und Behandlungsmittel gegen unerwünschte Pflanzen, Insekten oder Pilze. Viele MV gelangen mit dem Abwasser aus privaten Haushalten und aus der Industrie zur ARA und werden dort schlecht oder gar nicht abgebaut oder zurück-

Ergebnisse der Grundwasseruntersuchungen November 2017 für Freon 11 sowie Summe von Tetrachlorethen (PER) und von Transformationsprodukten mit Angabe der Probenahme-Messstellen



gehalten. Daher sind vor allem Flüsse und Bäche mit einem hohen Anteil an gereinigtem Abwasser mit MV belastet. Wirkstoffe in Medikamenten werden mit dem Urin wieder ausgeschieden und gelangen zum überwiegenden Teil nicht etwa in den Spitätern, sondern in den privaten Haushalten ins Abwasser.

Anhand der bisherigen Ergebnisse der Grundwasserüberwachung des BAFU (NAQUA, Modul SPEZ) an acht Grundwassermessstellen im Kanton Zug zeigt sich, dass die Situation bezüglich dieser MV im schweizweiten Vergleich grundsätzlich positiv ausfällt. Das AfU wird diese Daten in den nächsten Monaten detailliert auswerten, darstellen und veröffentlichen. Seit 2017 hat das AfU die Überwachung der Grundwasserqualität anhand eines risikobasierten Konzepts mit Schwerpunkt MV verstärkt. In den nächsten Jahren wird die Belastungssituation für wichtige und stark genutzte Grundwassergebiete systematisch erfasst. Die vorliegende Beprobung und Analyse von Grundwasser aus 24 Messstellen im Baarerbecken vom November 2017 sind ein erster Schritt. Die Auswahl der zu analysierenden MV richtet sich nach der Bodennutzung und den vorhandenen Belastungshinweisen.

Das Gebiet des Baarerbeckens zwischen Baar und Zug ist dicht besiedelt. Es finden sich dort verschiedene Gewerbebetriebe. Im grössten Teil der unbebauten Gebiete mit Grundwassermächtigkeiten von >10 m wurden für die Trinkwassergewinnung Grundwasserschutzzonen ausgeschieden, so dass dort Einschränkungen für Landwirtschaft und andere Nutzungen bestehen. Im kantonalen Kataster der belasteten Standorte finden sich für das Baarerbecken verschiedene Einträge zu Betriebs- und Ablagerungsstandorten, bei denen nur in Einzelfällen ein nachteiliger Einfluss auf die Grundwasserqualität nachgewiesen wurde.

Bei den bisherigen Grundwasseranalysen des Pumpwerks Sternen (Filterbrunnen 3) zwischen 2002 und 2017 hat das BAFU folgende MV festgestellt: Acesulfam mit Konzentrationen um 30 ng/l (Maximalwert 40 ng/l) sowie zwischen 2003 und 2009 dreimalig MTBE (Methyl-tert-butylether), Maximalwert 410 ng/l). Acesulfam ist ein bekannter und gegen Abbau recht stabiler Lebensmittel-Süssstoff, welcher nach Genuss zu wesentlichen Anteilen ins Abwasser gelangt und als typischer Indikator für häusliches Abwasser gilt. MTBE wird seit den 1980er-Jahren als Antiklopfmittel Kraftstoffen zugesetzt. Seit 2002 wurde lediglich einmal ein Pflanzenschutzmittel nachgewiesen, und zwar Heptachlorepoxyd mit einer Konzentration von 90 ng/l. Analysiert wurden jeweils Pflanzenschutzmittel, im Abwasser verbreitet vorhandene MV (Industriechemikalien, Arzneimittelrückstände) sowie leichtflüchtige Kohlenwasserstoffe. In den letzten Jahren umfasste die Liste der nachweisbaren MV insgesamt 158 chemische Stoffe.

Im November 2017 wurde das Grundwasser an 24 Messstellen durch das AfU beprobt. Die Auswahl der Messstellen erfolgte aufgrund der genannten Befunde, der Altlastenbearbeitung sowie der Nähe zu unterirdischen Regenwasserversickerungen. Diese können Belastungen des Grundwassers mit bestimmten Schwermetallen und Pestiziden aus Baumaterialien verursachen. Alle Proben wurden auf leichtflüchtige Kohlenwasserstoffe analysiert, ein Teil davon auch auf Abwassertracer sowie auf Kupfer und Zink.

## Ergebnisse

In über 80% der Grundwasserproben wurden bei einer Bestimmungsgrenze von 0.05 µg/l (= bei der angewendeten Analysemethode minimal nachweisbare Konzentration) leichtflüchtige Kohlenwasserstoffe nachgewiesen. Auffällig ist, dass in knapp 60% aller Proben Trichlorfluormethan (Freon 11) – ein ozonschichtabbauender Fluorchlorkohlenwasserstoff (FCKW), der als Kältemittel verwendet wurde – vorhanden war, dies mit Konzentrationen von bis 0.82 µg/l (vgl. Abbildung S. 6). Als weiterer leichtflüchtiger chlorierter Kohlenwasserstoff (CKW) wurde im Bereich Sennweid an vier Messstellen 1,1,1-Trichloräthan mit 0.07 bis 0.1 µg/l gemessen.

Toluol und Xylole als typische Vertreter der Gruppe der Kohlenwasserstoffe (KW) als Lösungsmittel wurden in neun resp. sechs Mal geringeren Konzentrationen <0.2 µg/l nachgewiesen, allerdings nur ausserhalb der Trinkwasserpumpwerke. Ansonsten sind Tetrachlorethen, bekannt als «PER» (Perchlorethylen) – ebenfalls ein persistentes Lösungsmittel, das früher in Textilreinigungen und in der Metallindustrie weit verbreitet war – und dessen Transformationsprodukte Tri- und Dichlorethen von Bedeutung: Sie finden sich in einem Viertel aller Messstellen und mit einer Ausnahme nur im Bereich südlich von Baar, dies jeweils in Konzentrationen von <0.5 µg/l. Lediglich in der Messstelle 1165 wurde Tetrachlorethen mit einem grösseren Gehalt von 1.34 µg/l gemessen; auch die Gesamtkonzentration der leichtflüchtigen Kohlenwasserstoffe war dort mit 2 µg/l am grössten. Das problematische Chlorethen («Vinylchlorid») war einzig in der Messstelle SB 9 mit 0.45 µg/l vorhanden.

Von den als «Abwassertracer» zusammengefassten MV wurden je zwei Industriechemikalien (Benzotriazol und Tolyltriazol) an zwei sowie Süssstoffe (Acesulfam und Sucralose) an vier von acht Messstellen nachgewiesen, dies in Konzentrationen von maximal 40 ng/l resp. 305 ng/l (vgl. Abbildung S. 6). Die an fünf Proben gemessene Kupferkonzentration betrug maximal 0.002 mg/l, jene von Zink lag an drei Messstellen (0292, 1164 und 1165) mit 0.007 resp. 0.008 mg/l geringfügig über dem BAFU-Indikatorwert für unbeeinflusstes Grundwasser.

## Beurteilung der Ergebnisse

Freon 11 ist ein ozonschichtabbauendes Kältemittel, welches in neuen Anlagen mit Kältemitteln nicht mehr erlaubt ist. Gemäss eidgenössischer Gewässerschutzverordnung (GSchV) gilt die Anforderung von 1 µg/l bei Grundwasser, das als Trinkwasser genutzt werden kann. Für Trinkwasser selbst gilt gemäss Verordnung des Eidgenössischen Departement des Innern (EDI) über Trinkwasser sowie Wasser in öffentlich zugänglichen Bädern und Duschanlagen (TBDV) die Anforderung von 10 µg/l.

Aufgrund der räumlichen Verbreitung von Freon 11 ist zu vermuten, dass ein Eintrag der Stoffe im Bereich der Lorzinfiltration und/oder im Bereich Lättich stattfand, beziehungsweise heute immer noch stattfindet. Seit einigen Jahren ist bekannt, dass Freon 11 im Grundwasser des Gebiets Sennweid in tiefen Konzentrationen vorhanden ist. Doch in den Pumpwerken Sennweid blieb das Treibgas immer klar unter 1 µg/l. Ob in Fliessrichtung des Grundwassers unter Baar-Dorf hindurch ein weiterer Freon 11-Eintrag stattfindet, ist zurzeit nicht bekannt.



Probenahmeflaschen der Grundwasserüberwachungskampagne von 2017 im Baarerbecken

Das Lösungsmittel Tetrachlorethen wurde in der Vergangenheit häufig bei der Metallverarbeitung und -behandlung sowie in chemischen Reinigungen eingesetzt. Die Eintragsorte in das Grundwasser sind vereinzelt bekannt. Es ist jedoch nicht ausgeschlossen, dass es noch weitere gibt. Gemäss GSchV gilt die Anforderung von  $1 \mu\text{g/l}$  je Einzelstoff, bei Trinkwasser wiederum  $10 \mu\text{g/l}$  für die Summe der flüchtigen Halogenkohlenwasserstoffe. Beim Transformationsprodukt Chlorethen gilt aufgrund der hohen Toxizität allerdings ein Grenzwert von  $0.5 \mu\text{g/l}$ .

Die Schwermetallbelastung im Grundwasser kann durchwegs als gering eingestuft werden: Grundwasser enthält natürlicherweise Spuren von Schwermetallen. Bei den genannten drei leicht erhöhten Werten ist eine geringe Beeinflussung durch Überbauungen, Gewerbe und Industrie möglich. Erfreulich ist, dass im Grundwasser keine negative Beeinflussung durch unterirdische Regenwasserversickerungen erkennbar ist, da auch keine für Baustoffe typischen Pflanzenschutzmittel nachgewiesen wurden.

Die vereinzelt Nachweise von Süsstoffen im Grundwasser sind vermutlich ein Hinweis auf stellenweise undichte Abwasserleitungen im Bereich Baar-Dorf. Zahlreiche Rohwasseranalysen des Pumpwerkes Sternen ohne Nachweis von anderen Mikroverunreinigungen (MV) zeigen jedoch, dass austretendes Abwasser keine Gefahr für die Grund- resp. Trinkwasserqualität darstellt.

Die Industriechemikalie Benzotriazol, die häufig als Korrosionsschutz oder Enteisungsmittel verwendet wird, ist in Oberflächenwässern und im Grundwasser weit verbreitet. Sie wird in der Umwelt nur langsam abgebaut. Die im Grundwasser des Baarerbeckens gemessenen Konzentrationen liegen aber sehr deutlich (Faktor 475) unter dem Qualitätskriterium von  $19 \mu\text{g/l}$  des Oekotoxizitätszentrums, des schweizerischen Kompetenzzentrums für angewandte, praxisorientierte Ökotoxikologie.

#### Fazit und Ausblick

Zusammenfassend kann die Qualität des Grundwassers im Baarerbecken als gut bis sehr gut bezeichnet werden. Die vorliegenden Untersuchungen zeigen keine Überschreitungen von gesetzlichen Anforderungen. Zur Überwachung der geringen Belastung mit Freon 11 und zur Ursachenermittlung der festgestellten Konzentration im Grundwasser im Bereich Baar Zentrum und südlich davon sind weitere Untersuchungen und Beobachtungen notwendig.

Die festgestellte Belastung des nicht nutzbaren Grundwassers im Süden von Baar und in Zug mit Tetrachlorethen und seinen Transformationsprodukten ist Gegenstand laufender Altlasten-Untersuchungen. Positiv zu werten ist, dass Chlorethen nur an einer Messstelle und nur ausserhalb des Bereiches mit nutzbarem Grundwasser vorhanden war.

Im Mai 2017 hat das AfU bei der Eidgenössischen Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (Eawag) in Dübendorf eine umfangreiche Untersuchung von MV am Rohwasser des Pumpwerkes Sternen 1 in Auftrag gegeben. Dabei können gegen 600 Substanzen in sehr tiefen Konzentrationen nachgewiesen werden (teilweise  $<1 \text{ ng/l}$ ). Sobald die Ergebnisse vorliegen, entscheidet das AfU über den Handlungsbedarf für weitere Untersuchungen zur Grundwasserqualität im Baarerbecken. Um eine ausreichende Überwachung der Grundwasservorkommen sicherzustellen, sind weitere Untersuchungen anderer Grundwasservorkommen wie jene in der Reussebene und von Oberwil b. Zug oder Maschwanden bis Knonau geplant. Damit können wir auch künftig ohne zusätzliche, aufwendige und nicht zuletzt kostspielige Trinkwasseraufbereitung qualitativ einwandfreies Trinkwasser aus den ergiebigen Grundwasservorkommen im Kanton Zug geniessen. Trinkwasser ist das Lebensmittel Nr. 1: Es sorglos trinken zu können, ist ein Privileg und keine Selbstverständlichkeit. Damit dies so bleibt, sind weiterhin regelmässige und professionelle Kontrollen notwendig.

Bruno Mathis / Volker Lützenkirchen