

Überwachung Grundwasser-Quantität und -Temperatur im Kanton Zug

Bestandaufnahme und Konzept für den Zeitraum 2017-2026

**Volker Lützenkirchen
Projektleiter Grundwasser
Amt für Umweltschutz des Kantons Zug**

Zug, 21.12.2017

Inhalt

1.	Ausgangslage und Rahmenbedingungen Grundwasserüberwachung	4
2.	Grundwasserüberwachung im Kanton Zug (exkl. Grundwasser-Qualität)	5
2.1.	Bisherige Grundwasserüberwachung	5
2.2.	Grundwassermessstellen	5
2.3.	Grundwasser-Quantität	7
2.3.1.	Pegel	7
2.3.2.	Quellen	7
2.3.3.	Grundwasserentnahmen	7
2.4.	Grundwasser-Temperatur	7
2.5.	Ergebnisse der Grundwasserüberwachung	10
2.6.	Vergleich mit Nachbarkantonen	10
2.7.	Fazit derzeitige Grundwasserüberwachung Kanton Zug	11
3.	Ziele der zukünftigen Quantitäts- und Temperatur-Überwachung des Grundwassers im Kanton Zug	11
3.1.	Quantität	11
3.2.	Temperatur	12
4.	Bestandaufnahme der Grundwasser-Messstellen	12
5.	Ressourcen im AfU / Kanton ZG für zukünftige Grundwasser-Überwachung	14
5.1.	Personal	14
5.2.	Finanzen	14
6.	Konzept für die zukünftige Grundwasser-Überwachung im Kanton Zug	14
6.1.	Grundwasserquantität	14
6.2.	Grundwassertemperatur	15
7.	Datenauswertung und -veröffentlichung	16
7.1.	Jahrbuch Grundwasserstände	16
7.2.	Bericht Grundwassertemperaturen	16
8.	Nächste Schritte & Zeitplan ab 2017	16

Abbildungen

Abbildung 1:	Übersicht der Grundwassermessstellen im Kanton Zug, Stand November 2017.	6
Abbildung 2:	Ergebnisplot des kantonalen 3D-Grundwassermodells mit bestehenden Grundwasser-Temperaturmessstellen im Baarerbecken.	9

Tabellen

Tabelle 1:	Entnahmebrunnen mit HOBO-Loggern im Baarerbecken	8
Tabelle 2:	Temperaturmessstellen im Baarerbecken	8
Tabelle 3:	GW-Messstellen im Kanton Zug und in Nachbarkantonen.	10

Anhang

1. Provisorische Liste aktiver Messstellen

1. Ausgangslage und Rahmenbedingungen Grundwasserüberwachung

Verschiedene Bundesgesetze und kantonale Gesetze regeln den Schutz des Grundwassers (z.B. Gewässerschutzgesetz GSchG Art. 43, Gewässerschutzverordnung GSchV Art. 29 ff.). Auf Bundesebene verpflichtet die Bundesverfassung den Bund resp. das Bundesamt für Umwelt BAFU, «die notwendigen statistischen Daten über den Zustand und die Entwicklung der Umwelt in der Schweiz zu erheben» (Art. 65 Abs. 1 BV) sowie «im Rahmen seiner Zuständigkeiten für die haus- hälterische Nutzung und den Schutz der Wasservorkommen sowie für die Abwehr schädigender Einwirkungen des Wassers» zu sorgen und Grundsätze über «die Erhaltung und Erschliessung der Wasservorkommen» aufzustellen (Art. 76 Abs. 1 und 2 BV). Des Weiteren ist der Bund beauftragt, «Erhebungen von gesamtschweizerischem Interesse» durchzuführen «über die Wasserqualität der ober- und unterirdischen Gewässer» (Art. 57 Abs. 1, GSchG) und die «Ergebnisse und die Auswertung der Erhebungen Interessierten zur Verfügung» (Art. 57 Abs. 3 GSchG) zu stellen.

Die Kantone sind durch das GSchG angehalten, weitere Erhebungen durchzuführen, die für den Vollzug notwendig sind. Sie informieren gemäss der Aarhus-Konvention (u.a. möglichst freien Zugang zu Umweltinformationen, Öffentlichkeitsbeteiligung an Entscheidungsverfahren) über den Gewässerzustand, Gewässerschutz und allfällige Massnahmen.

Gesetzliche Grundlagen

Bund

GSchG, Art. 50 Information und Beratung, Abs. 1

¹ *Bund und Kantone prüfen die Auswirkungen der Massnahmen dieses Gesetzes und informieren die Öffentlichkeit über den Gewässerschutz und den Zustand der Gewässer; insbesondere:*

a. veröffentlichen sie die Erhebungen über den Erfolg der Massnahmen dieses Gesetzes

GSchG, Art. 58 Aufgaben der Kantone

¹ *Die Kantone führen die weiteren Erhebungen durch, die für den Vollzug dieses Gesetzes erforderlich sind. Sie teilen die Ergebnisse den Bundesstellen mit.*

GSchV Art 49 Abs. 2:

² *Die Kantone informieren über den Zustand der Gewässer und den Gewässerschutz in ihrem Kanton; dabei informieren sie auch über die getroffenen Massnahmen und deren Wirksamkeit sowie über Badeplätze, bei [...].*

Kanton

Gesetz über die Gewässer, GewG

§ 67, Art, 1: Grundwassererforschung

¹ *Der Kanton erforscht die Grundwasservorkommen*

Der Schutz des Grundwassers als eine wichtige Ressource stellt eine essentielle Daseinsvorsorge dar. Die Kenntnis des Zustandes dieser Ressource ist eine Voraussetzung für ihre Nutzung: Dies betrifft sowohl die Quantität (Ist genügend Grundwasser vorhanden? Wieviel kann genutzt werden? Steht diese Ressource in bestimmten Situationen unter Druck?) wie auch die Qualität (Welche nachteiligen Stoffe sind vorhanden und in welcher Konzentration?).

Neben der Quantität und der Qualität des Grundwassers stellt auch die Grundwassertemperatur einen zu überwachenden Parameter dar: Insbesondere in thermisch stark genutzten Gebieten wie dem Baarerbecken im Zentrum von Baar ist die Kenntnis der Grundwassertemperatur und des Temperaturverlaufes wichtig, um sicherzustellen, dass die gesetzlichen Vorgaben der GSchV (Anhang 2, Ziff. 21, Abs. 3; Vollzugshilfe "Wärmenutzung aus Boden und Untergrund", BAFU 2009) eingehalten werden können und die Ressource thermisch optimal genutzt werden kann.

Im folgenden Kapitel 2 wird die derzeitige Überwachung der Grundwasser-Quantität und der -Temperatur im Kanton Zug vorgestellt. Das Konzept zur Überwachung der Grundwasser-Qualität findet sich in einem separaten Dokument (Überwachung der Grundwasser-Qualität im Kanton Zug, 21.12.2017). Anschliessend werden in Kapitel 3 grundsätzliche Ziele der Grundwasserüberwachung dargestellt. Eine Bestandsaufnahme der Grundwassermessstellen im Kanton Zug (Kapitel 4) und ein Vergleich mit der Situation resp. der Praxis in anderen (Nachbar-) Kantonen soll einen allfälligen Anpassungsbedarf zeigen und begründen. Auf der Basis der finanziellen und personellen Ressourcen im AfU Zug wird ein Konzept der Grundwasserüberwachung (Kapitel 5 und 6) dargestellt und die möglichen Produkte (Kapitel 7) vorgestellt. Ein Ausblick mit Zeitplan ergänzt das für den Zeitraum 2017-2026 gültige Konzept Grundwasserüberwachung Zug (Kapitel 8).

2. Grundwasserüberwachung im Kanton Zug (exkl. Grundwasser-Qualität)

2.1. Bisherige Grundwasserüberwachung

Das Messprogramm der Grundwasserüberwachung durch das AfU umfasste bis 1996 112 Pegelstationen [A]; die Grundwasserstände wurden manuell erfasst. Die Messstellenanzahl wurden in den Folgejahren deutlich reduziert, sodass bis zum Jahr 2006 im Kanton Zug noch an 65 Grundwassermessstellen regelmässig Pegelstände mit Messgeräten erhoben wurden [B]. Ab 2007 wurde die Anzahl der Pegelmessstellen vor allem aus Kostengründen auf zunächst 29 weiter verringert. Zurzeit (Mitte 2017) sind 40 Messstellen (Pegel und Temperatur) sowie 9 Temperaturmessstellen in Betrieb. Zu den meisten nicht mehr aktiven Messstellen liegen handschriftliche oder digitale Datenreihen vor.

2.2. Grundwassermessstellen

Die Grundwasservorkommen im Kanton Zug wurden ab Anfang der 1970er Jahre bis Anfang der 1990er Jahre intensiv mittels Bohrungen erkundet. Auch anschliessend wurden die Grundwasservorkommen weiter erkundet oder Grundwassermessstellen im Rahmen verschiedener Untersuchungen im Auftrag des AfU oder Dritter erstellt. Ein Teil dieser Bohrungen wurde zu Grundwassermessstellen ausgebaut, davon besteht ein wesentlicher Anteil heute noch und sie sind weiterhin

als Messstellen nutzbar. Die Grundwassermessstellen wurden vermessen und mit einer kantonalen Nummer versehen; das entsprechende Verzeichnis umfasst über 750 Messstellen mit Lageskizzen, jedoch keine Bohrprofile oder sonstige Angaben zum Messstellenaufbau. Diese finden sich für einen wesentlichen Anteil der Messstellen im Geologischen Aufschlussarchiv, welches Ende 2017 gut 1100 Einträge zu Kernbohrungen enthält.

Abbildung 1 zeigt auf der Grundwasserkarte einen Überblick der aktiven Messstellen (d.h. solche mit kontinuierlicher Aufzeichnung von Pegeldaten, blaue Symbole), der in den letzten 10 bis 15 Jahren ausser Betrieb gegangenen Messstellen (schwarze Symbole) sowie der Pumpwerke der öffentlichen Trinkwasserversorgungen. Die Messstellen der NAQUA-Programme SPEZ und QUANT sind ebenfalls dargestellt.

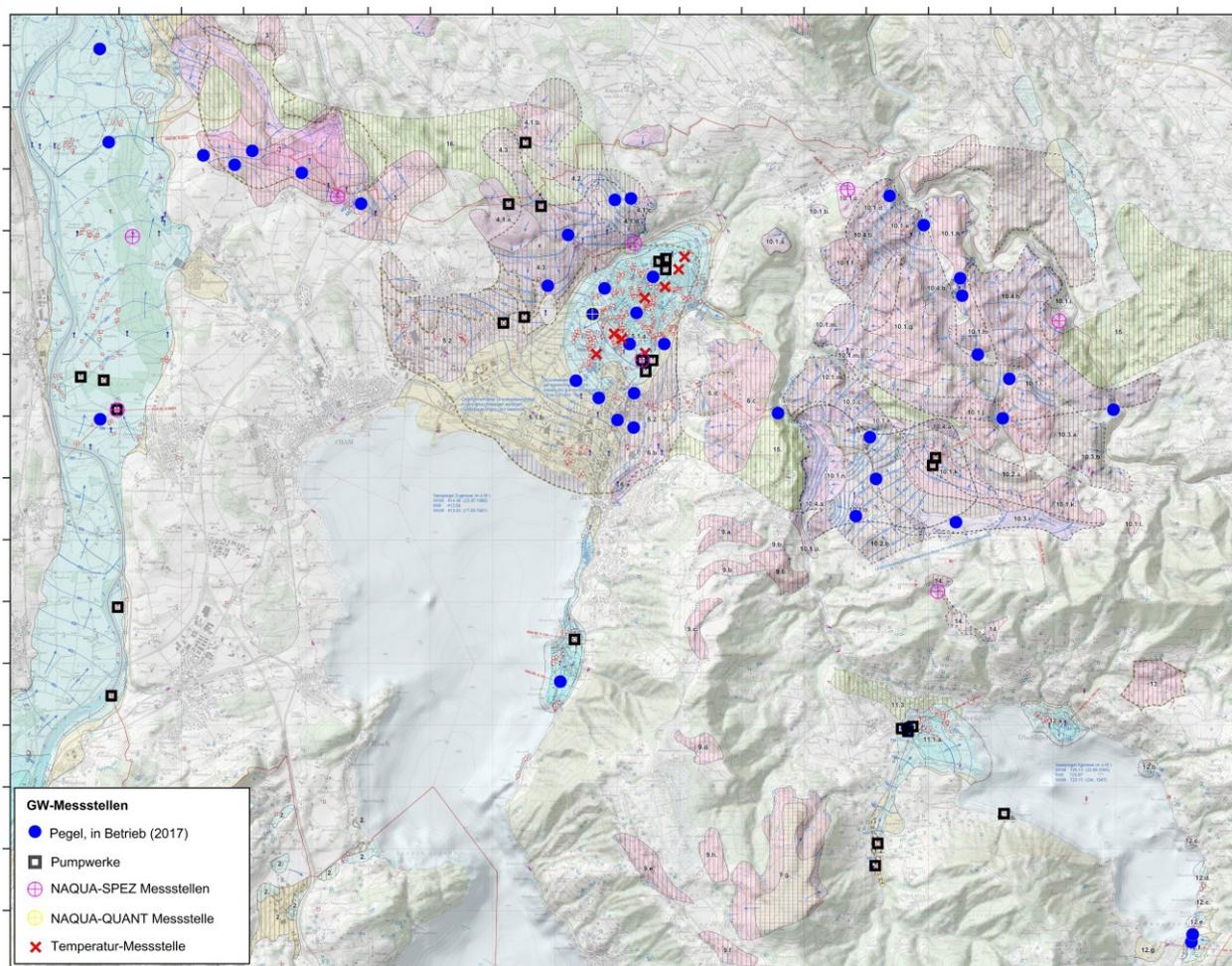


Abbildung 1: Übersicht der Grundwassermessstellen (Pegel und Temperatur) im Kanton Zug, Stand November 2017 (ohne Tiefengrundwasser 5.2 Barerbecken).

Die Zahl der heute noch bestehenden, zugänglichen und nutzbaren Grundwassermessstellen ist deutlich grösser, leider aber nicht genau bekannt. Das Gesamtverzeichnis der aktiven, der nach-

weislich bestehenden und nutzbaren sowie der eventuell vorhandenen Messstellen unbekanntem Zustands wird kontinuierlich aktualisiert und ergänzt. Definitiv aufgehobene, zerstörte oder nicht mehr auffindbare Messstellen werden darin gekennzeichnet.

2.3. Grundwasser-Quantität

2.3.1. Pegel

Zurzeit werden durch das AfU 40 Grundwassermessstellen (jeweils mit vierstelliger Bezeichnung) betrieben und die Grundwasserstände sowie die Temperatur kontinuierlich aufgezeichnet (siehe Abbildung 1). Die Messstelle 0206 im Baarerbecken ist Teil der Grundwasserüberwachung des BAFU im Überwachungsprogramm NAQUA, Modul QUANT (Messstelle NAQUA NQG21).

2.3.2. Quellen

Es werden durch das AfU keine Quellabflussraten gemessen. Solche Daten liegen für einige grössere Quellen oder Quellgruppen der Wasserversorgung Zürich und möglicherweise auch von anderen Wasserversorgungen vor, werden aber nicht systematisch durch das AfU angefordert und ausgewertet. Quellen sind bisher nicht Teil der quantitativen Grundwasserüberwachung durch das AfU.

2.3.3. Grundwasserentnahmen

Eine wichtige Grösse im Grundwasserhaushalt ist die Entnahme über Pumpwerke (siehe Abbildung 1). Diese von den Wasserversorgungen erfassten Zahlen werden bisher nicht systematisch an das AfU geleitet.

2.4. Grundwasser-Temperatur

Die Grundwassertemperatur wird zusammen mit den Grundwasserständen durch die Datenlogger Orpheus oder Orpheus mini gemessen. Die Standardversion dieser Logger misst die Temperatur auf ± 0.5 °C absolut bei einer Skaleneinteilung von 0.1 °C.

Für das thermisch stark genutzte Baarerbecken (oberes Grundwasserstockwerk 5.1) wurde ab 2012 ein spezielles Grundwassertemperatur-Monitoring aufgebaut. In bestehenden Entnahmehäusern (Tabelle 1) resp. Piezometern (Tabelle 2) wurden bisher neun HOBO-Temperaturlogger installiert. Die ab 2012 neu erstellten Grundwassermessstellen 0288, 0289 und 0291 sowie ein defektes Gerät in Messstelle 0206 wurden mit thermisch kalibrierten Orpheus mini Loggern ausgestattet (Tabelle 2). Die Temperaturmessstellen sind in Abbildung 2 zusammen mit dem Ergebnisplot des kantonalen 3D-Grundwassermodells inklusive den thermischen GW-Nutzungen dargestellt.

Tabelle 1: Entnahmebrunnen mit HOBO-Loggern im Baarerbecken

Bewilligungs-Nr.	WW-EWN-DB	X	Y	Lokalität	In Betrieb seit
821	1918	681665	227004	Weststrasse 1	bis 12/2016
795	1873	681951	227330	Altgasse 15	10/2015
772	1902	682074	227251	Zugermatte 1	03/2015
810	1932	682125	227432	Altgasse 5	10/2015

Tabelle 2: Temperaturmessstellen (Orpheus mini / HOBO / Aquatos mini) im Baarerbecken

Messstellen-Nr.	X	Y	Lokalität	Messgerät	In Betrieb seit
0214	682766	228090	Schule Sennweid	HOBO	11/2017
0254	682443	227916	Hodel	HOBO	11/2017
0257	682989	228375	Sennweid Kreuz	HOBO	11/2017
0288	682199	227167	Feldmatt	OTT Orpheus mini ¹⁾	2012
0289	682577	228252	Sennweid	OTT Orpheus mini ¹⁾	2012
0291 (TMS1 Baar)	682125	227432	Zugerstr./Altgasse	Aquatos mini ²⁾	1/2017
0292	682311	227670	Zugerstr./Altgasse	OTT Orpheus mini ¹⁾	1/2017
0293 (TMS2 Baar)	682074	227251	Poststrasse	Aquatos mini ²⁾	1/2017
0294	683082	228577	Sennweid (KB6-07)	HOBO	11/2017
1013	682884	228592	Sennweid	HOBO	4/2017
1232	682450	227020	Sternen	HOBO	11/2017
2501 Lorzentobel	684586	226048	Lorzentobel, WWZ	OTT CTD ¹⁾	8/2017

¹⁾ temperaturkalibriert ²⁾ Temperaturmesskette

Im Dezember 2016 wurden im Zentrum von Baar zwei weitere spezielle Temperaturmessstellen eingerichtet, an denen die Grundwassertemperatur in unterschiedlicher Tiefe gemessen und aufgezeichnet wird. Eine weitere Messstelle wurde im August 2017 in einem bestehenden Brunnen im Lorzentobel im Tiefengrundwasser der Rinne Richterswil-Zug (Grundwasservorkommen 15) erstellt (Tabelle 2 und Abbildung 2). Schliesslich wurden im November 2017 fünf bestehende Grundwassermessstellen mit HOBO-Temperaturloggern ausgerüstet.

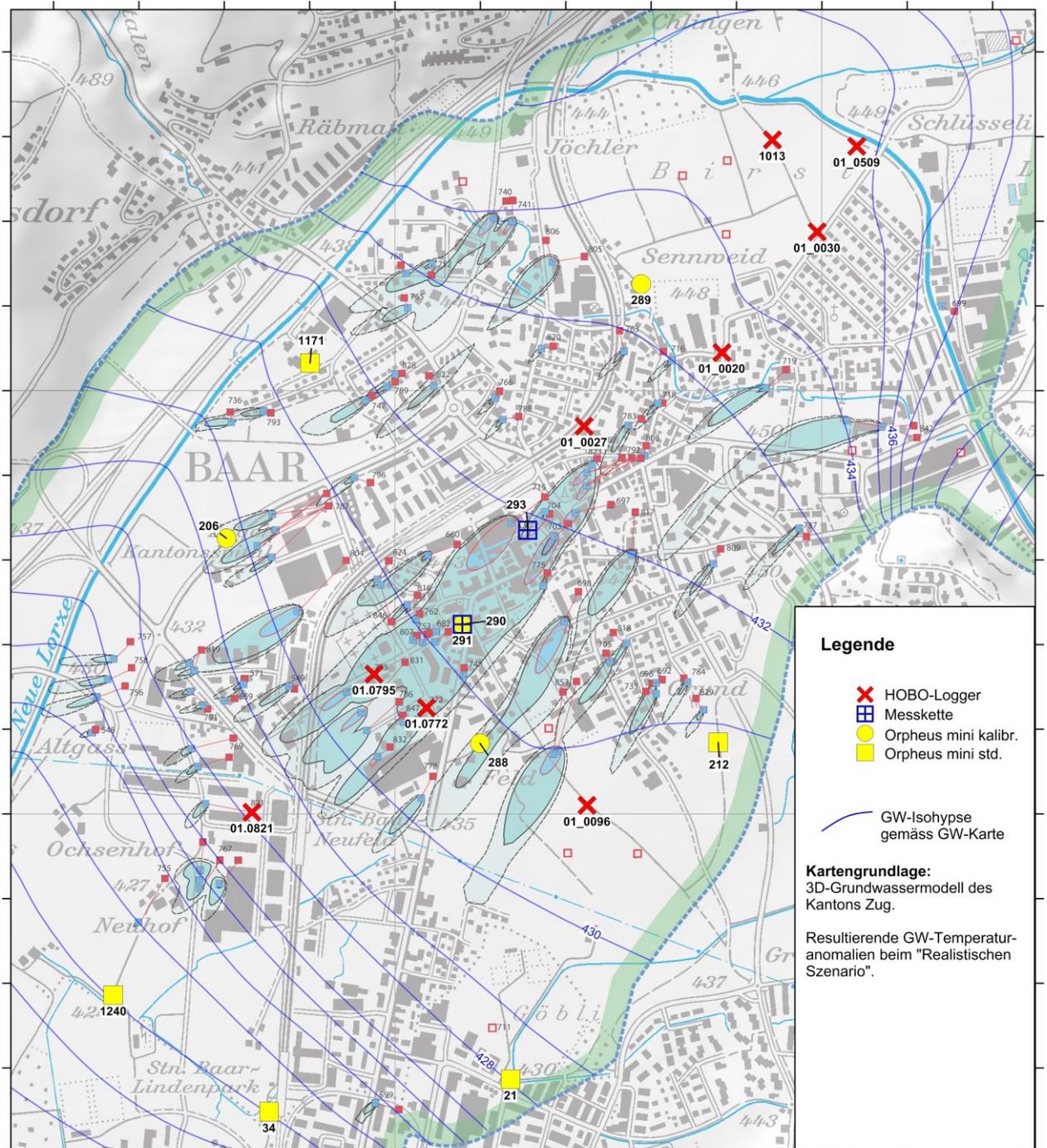


Abbildung 2: Ergebnisplot des kantonalen 3D-Grundwassermodells mit bestehenden Grundwasser-Temperaturmessstellen im Baarer Becken. Isolinien der Temperaturfahnen im "realistischen" Szenario ohne Kühlnutzungen, Isolinien -0.5, -1, -3 °C (rot).

2.5. Ergebnisse der Grundwasserüberwachung

Zurzeit werden Jahrbücher der Grundwasserstände mit jeweils einer Seite pro Messstelle erstellt. Die Daten der Grundwassertemperaturmessungen werden seit 2012 für die Messstellen 0288 und 0289 dargestellt. Eine kurze Beschreibung und Wertung der Messungen findet sich erstmalig im Jahrbuch 2016. Abflussdaten von Quellen oder Quellgruppen werden im Jahrbuch nicht dargestellt.

2.6. Vergleich mit Nachbarkantonen

In Tabelle 3 sind die wichtigsten Daten zur Grundwasserüberwachung in den Nachbarkantonen zusammengestellt. Bemerkenswert ist dabei, dass im Kanton SZ keine Grundwasserdaten öffentlich zugänglich sind.

Tabelle 3: GW-Messstellen (Pegel) im Kanton Zug und in Nachbarkantonen: Anzahl, Messstellendichte, gemessene Parameter, öffentliche Datenzugänglichkeit.

Kanton	Ansprechpartner/in	#GW-Messstellen in Betrieb ¹⁾	Fläche Kanton (GW-Vorkommen) ²⁾ [km ²]	#GW-Messstellen/100 km ² Fläche	#GW-Messstellen / 100 km ² GW-Gebiet ²⁾	Öffentlich zugängliche Daten
ZG	Iuvo/bith	40	238.7 (64.0)	16.8	62.5	Jahrbuch (GW-Stände), Temperaturen (2 Messstellen)
AG	Ronni Hilfiker Andreas Märki	54 sowie eine Quelle	1403 (413.2)	3.9	13.1	GW-Spiegel, T, Trübung, Pumpmenge, mit geologischem Profil Meist PW, zum kleinen Teil online; teilweise auch Qualitätsdaten (Grundparameter), Schüttung (Quelle)
LU	Samuel Riedener	34	1493 (174.5)	2.3	19.5	mit schematischem Profil, ca. die Hälfte mit Wasserqualitätsdaten
SZ	Andri Moll Eliane Tschannen	12	908 (112.6)	1.3	10.7	bisher keine
ZH	Annette Jenny	104	1729 (440.6)	6.0	23.6	Qualitätsdaten, Bohrprofil; meist PW, vereinzelt auch Quellfassungen

¹⁾ kontinuierliche Aufzeichnung GW-Pegel ²⁾ im Lockergestein

Es kann festgestellt werden, dass die Dichte der Grundwassermessstellen im Kanton Zug gemäss dem relevanten Parameter "GW-Messstellen pro Fläche der Grundwasservorkommen" vergleichs-

weise hoch ist - mehr als doppelt so hoch als beim Kanton Zürich mit der zweithöchsten Messstellendichte in diesem Vergleich.

2.7. Fazit derzeitige Grundwasserüberwachung Kanton Zug

Folgende Defizite der derzeitigen Grundwasserüberwachung können identifiziert werden:

- Der Abfluss von Quellen, an denen der mengenmässige Zustand von Grundwasservorkommen direkt abgelesen werden kann, wurde bisher zu wenig bei der GW-Überwachung berücksichtigt.
- Die Messstellendichte (kontinuierlich gemessene Grundwasserpegel) ist vergleichsweise hoch. Der damit verbundene Aufwand könnte nach einer Überprüfung wahrscheinlich punktuell optimiert werden.
- Die für den Grundwasserhaushalt wesentliche Entnahme über Pumpwerke wird vom AfU bisher nicht systematisch überwacht und bewertet.
- Existenz, Zustand und Nutzbarkeit vieler in den letzten 30, 40 Jahren erstellten Grundwassermessstellen ist nicht bekannt. Die Erfahrung zeigt, dass Messstellen aus den 1970er Jahren noch in einwandfreiem Zustand sein können, obwohl sie seitdem höchstens vereinzelt für Messungen genutzt wurden.
- Die Messdaten (GW-Pegel) sind zwar öffentlich im Jahrbuch zugänglich, es fehlte bis 2017 aber eine Kommentierung und die Möglichkeit für interessierten Laien, diese Messdaten einzuordnen.
- Grundwassertemperaturen wurden seit 2012 nur in geringem Umfang im Jahrbuch berücksichtigt. Es fehlt eine breitere Übersucht und Wertung der Daten.

3. Ziele der zukünftigen Quantitäts- und Temperatur-Überwachung des Grundwassers im Kanton Zug

Bei der folgenden Festlegung der Ziele der zukünftigen Grundwasserüberwachung durch das AfU fliessen der gesetzliche Auftrag, die Grundwasserverhältnisse im Kanton Zug (Hydrogeologie), die Situation bezüglich der Grundwassernutzung sowie bisherige Messreihen und vorhandene Grundwassermessstellen ein.

3.1. Quantität

1. Die Grundwasserüberwachung soll gewährleisten, dass der Zustand und die Entwicklung der Ressource Grundwasser in den verschiedenen Grundwassergebieten beurteilt werden kann. Sie dient dem Erkennen von möglicherweise bestehenden Beeinträchtigungen und damit der langfristigen Erhaltung der Grundwasservorkommen. Dabei muss nicht zwingend jedes GW-Vorkommen erfasst werden, aber typische/charakteristische oder solche, die spezielle Eigenschaften besitzen (z.B. empfindlich auf Trockenheit oder starke Nutzung reagieren und/oder bedeutende genutzte Ressourcen darstellen).
2. Ermöglichung von projektspezifischen Grundwasserpegelüberwachungen in dicht bebauten Gebieten (z.B. Bauen im GW temporär/permanent, Erstellung von Pfahlfundati-

onen) oder im Bereich von Oberflächengewässern (Eingriffe im Gewässerraum, Renaturierungen).

3. Räumlich gleichmässig verteilte Grundwassermessstellen für die zukünftige Überprüfung von GW-Isohypsenkarten und neuen Karten von Hoch- und Niedrigwasserständen sowie GW-Schwankungsbereichen.
4. Erfassung von Schüttungsraten wichtiger Quellen (v.a. Gebiete Lorzentobel, Menzingen, Neuheim, Zugerbergland etc.) und Entnahmemengen über Pumpwerke. Diese Daten erlauben das Erstellen von Wasserhaushaltsbilanzierungen, die wiederum eine wichtige Grundlage für weitere Abschätzungen darstellen.

Die quantitative GW-Überwachung im Bereich von Kiesgruben gehört nicht zu den Aufgaben einer kantonalen GW-Überwachung. In den meisten Fällen wird diese in anderen Kantonen durch den Kiesgrubenbetreiber selbst resp. durch ein beauftragtes (Geologie-) Büro geleistet. Auch vor dem Hintergrund der finanziellen Ressourcen des Kantons soll geprüft werden, ob diese Aufgabe an die jeweiligen Kiesgrubenbetreiber abgegeben werden soll.

3.2. Temperatur

Bei der Überwachung der Grundwassertemperatur steht vor allem das thermisch stark genutzte Baarerbecken im Fokus. Die übrigen GW-Vorkommen werden thermisch nicht in gleichem Mass genutzt, weshalb die Überwachung mittels bestehender GW-Messstellen und Pegel-/Temperaturloggern zurzeit ausreicht. Die Ziele der Temperaturüberwachung umfassen:

1. Generelle Überwachung der Grundwassertemperatur im Oberen Grundwasservorkommen im Baarerbecken (5.1.a).
2. Erkennen von Temperaturtrends im Zusammenhang mit thermischen GW-Nutzungen (Baarerbecken).
3. Abschätzung der natürlichen Grundwassertemperatur.
4. Überprüfung und Verbesserung des kantonalen 3D-GW-Modells Baarerbecken.
5. Optimierung der thermischen GW-Nutzung im Baarerbecken (wo sind neue thermische Nutzungen möglich).

Mit geeigneten Messstellen wird ausserdem angestrebt, langfristige Trends der Grundwassertemperatur als Folge der Klimaänderungen und anderer Einflussfaktoren erkennen zu können.

4. Bestandaufnahme der Grundwasser-Messstellen

Wie in Abschnitt 2.2 erwähnt, pflegt das AfU eine Liste der GW-Messstellen im Kanton Zug. Die Beschaffung einiger essentieller Basisdaten (Tiefe, Filterstrecke, Bohrprofil) ist teilweise schwierig, zeitaufwändig und in einigen Fällen auch nicht mehr möglich. Daher wurde vorerst darauf verzichtet, diese Datengrundlage systematisch zu vervollständigen. Es ist daher nicht bekannt, wie viele der seit längerem nicht mehr genutzten Messstellen noch existieren und ob diese noch genutzt werden könnten. Die Datengrundlagen zu den 40 aktuell vom AfU genutzten Messstationen sind

vereinzelt ebenfalls unvollständig, es fehlen z.B. Bohrprofile oder Angaben zur Filterstrecke von Piezometern.

Im Laufe der weiteren Bearbeitung resp. bei der konkreten Planung von Beprobungskampagnen für die GW-Qualitätsüberwachung oder für andere Zwecke werden die in der oben genannten Liste vorhandenen GW-Messstellen geprüft. Je nach Lage und prinzipieller Eignung für bestimmte Fragestellungen wird dann der bauliche Zustand kontrolliert oder weitere Massnahmen eingeleitet, wie Sanierung der Messstelle, Anfrage bei den baubegleitenden (Geologie-) Büros nach Daten, Lotung der Messstellentiefe, Prüfung der Lage der Filterstrecke. Eine Auswahl der wichtigsten Quellen oder Quelfassungen der öffentlichen Wasserversorgungen wird ebenfalls in die Liste der Messstellen integriert.

Auf diesem Weg soll die Datenbasis über GW-Messstellen in den nächsten Jahren sukzessive wesentlich verbessert werden. Somit kann erreicht werden, dass bestehende Grundwassermessstellen für verschiedene Zwecke (interne/externe Anfragen) genutzt werden können und die Aussagekraft der an den Messstellen erhobenen Daten (GW-Spiegel, Temperatur & Qualitätsdaten) verbessert werden kann.

Bei der Überprüfung der Messstellen wird neben den technischen Daten auch sukzessive die jeweils massgebliche Hydrogeologie erfasst. Bei der zukünftigen Auswahl von Messstellen mit kontinuierlicher Pegelaufzeichnung soll die Repräsentativität in Bezug auf das jeweilige Grundwassergebiet ein wichtiges Kriterium sein: Anhand des Einzugsgebietes sowie der grundlegenden hydrogeologischen Prozesse (Art der Neubildung, Anbindung an Oberflächengewässer, etc.) kann jede Messstelle charakterisiert werden, so dass Messergebnisse für einen grösseren Bereich als repräsentativ angesehen werden können. Es werden zukünftig in der Liste der Messstellen in Zukunft folgende Charakteristika erfasst (siehe auch [1]):

- 1) Naturräumliche Gliederung (Mittelland/Alpenvorland)
- 2) Lockergesteinshydrogeologie (in Talsohlen mit/ohne direkte Flussanbindung, ausserhalb von Talsohlen -> Neubildung im Wesentlichen durch Niederschlag, tiefes GW-Stockwerk, mittlere Verweilzeiten, Deckschichten)
- 3) Erschliessungsart des Grundwassers (Pumpwerk, Piezometer, Quelle)
- 4) Charakteristische Bodennutzung (Wald, Ackerbau, Weide, Spezialkulturen, Siedlungen/Verkehrswege, Industrie, unproduktive Gebiete, Rohstoffabbau etc.)

Diese Messstellencharakteristika werden insbesondere bei der zukünftigen Überwachung der GW-Quantität berücksichtigt. In der Regel wird es das Ziel sein, möglichst grössere Grundwasserbereiche oder aber klar definierte Bereiche mit einer repräsentativen Messstelle zu erfassen.

Für jede Messstelle soll nach Abschluss der Erfassung der oben genannten Eigenschaften klar werden, warum die Quantitätsmessungen weiter geführt werden. Durch Erhöhung der Aussagekraft der einzelnen Messstellen kann die Messstellenanzahl reduziert werden, ohne wesentliche In-

formationen über den mengenmässigen Zustand des Grundwassers im Kanton Zug verloren gehen.

5. Ressourcen im AfU / Kanton ZG für zukünftige Grundwasserüberwachung

5.1. Personal

Es stehen grössenordnungsmässig folgende Stellenprozentage für die Überwachung des Grundwassers im Kanton Zug zur Verfügung:

Volker Lützenkirchen ca. 10 %
Thomas Binzegger ca. 5-10 %
Nathanael Lottenbach ca. 5-10 %

Insgesamt werden voraussichtlich 20 bis 30 Stellenprozentage für die gesamte Grundwasserüberwachung (Qualität, Quantität, Temperatur) benötigt, dies entspricht bei einer Soll-Jahresarbeitszeit von ca. 2'100 h 420 bis 630 h. Darunter fallen Unterhalt von Messstellen und Messgeräten, Datenerhebung und -verarbeitung sowie das Erstellen des Jahrbuches. Hinzu kommen spezielle Projekte wie zum Beispiel Auswertung von Temperaturdaten im Baarerbecken und folgende Verbesserung des 3D-Modells. Diese sind in den Aufwandschätzungen oben nicht berücksichtigt.

5.2. Finanzen

Im Budget 2017 des AfU waren für GW-Erforschung und Überwachung Fr. 40'000.- eingestellt, im Budget 2018 sind es noch Fr. 25'000.-. Hinzu kommen Budgetposten für den Kauf und Ersatz von Geräten, für den Unterhalt der Messstellen und Geräte. Der Aufwand für Messgeräte soll mittelfristig leicht sinken, dafür ist zu erwarten, dass der Unterhalt und die Sanierung von Messstellen in Zukunft aufwändiger werden. Es wird erwartet, dass in den nächsten 10 Jahren nur vereinzelt neue Grundwassermessstellen im Auftrag des AfU gebohrt werden. Insgesamt dürfte sich am Gesamtaufwand für die quantitative und thermische Grundwasserüberwachung nur wenig im Vergleich zu den letzten Jahren ändern.

6. Konzept für die zukünftige Grundwasserüberwachung im Kanton Zug

Aus den bisherigen Betrachtungen resultieren folgende Vorschläge zur zukünftigen Grundwasserüberwachung im Kanton Zug:

6.1. Grundwasserquantität

- Insgesamt tendenziell leichte Reduktion der kantonalen Messstellen mit kontinuierlicher Pegelmessung; Zielgrösse: ca. 30 bis 35. Ein Plan mit Prioritäten (sicher weiter zu betreibende ↔ verzichtbare Messstellen) ist in Erarbeitung. Bei Ausfällen von GW-Loggern wird zukünftig auf dieser Grundlage entschieden, ob die Messstelle weiter betrieben wird. Entscheidungskriterien sind vor allem Repräsentativität und die Länge von Datenreihen; zu berücksichtigen sind allfällige besondere Messbegründungen wie

z.B. Überwachung des GW-Standes für bestehende oder geplante Kiesabbaugebiete oder geplante grössere Bauprojekte.

- Festlegen von repräsentativen Messstellen, anhand derer sich die aktuelle Grundwassersituation ablesen lässt. Die entsprechenden 2 bis 4 Datenlogger sollen zumindest in regenarmen oder -reichen Zeiten häufiger oder gezielt ausgelesen werden (können), sodass über den aktuellen Zustand der Grundwasserressourcen Auskunft gegeben werden kann.
- Es wird in diesem Zusammenhang geprüft, ob sich für die Grundwasserstände dieser Messstationen auch Aussagen über den "Füllstand" der entsprechenden Grundwasservorkommen ableiten lassen (analog zu BAFU-Projekt "Repräsentativität von GW-Messstellen"). Dazu muss u.a. die Geometrie des Grundwasservorkommens anhand vorhandener Grundlagen - im Wesentlichen der Grundwasserkarte - abgeschätzt werden.
- Bereits heute von Wasserversorgern erfasste Quellschüttungsdaten sollen für ausgewählte Quellen oder Quellgruppen ausgewertet und im Jahrbuch dargestellt werden.
- Bestehende, aber nicht genutzte Messstellen resp. solche mit unbekanntem Zustand sollen in den nächsten Jahren sukzessive überprüft werden (baulicher Zustand, vorhandene Daten) und wenn möglich, erhalten bleiben/werden und für Stichtagsmessungen, GW-Probenahmen oder andere Projekte zur Verfügung stehen.
- Bei Erstellung neuer Piezometer z.B. im Rahmen von Bauprojekten wird jeweils geprüft, ob diese dauerhaft als Grundwassermessstelle (ohne Datenlogger) erhalten werden sollen und können.

6.2. Grundwassertemperatur

- Zu ersetzende Grundwasserlogger Orpheus mini sollen künftig immer als vom Hersteller temperaturkalibrierte Geräte angeschafft werden.
- Auf Ende 2017 wurde das Messnetz mit fünf HOBO-Loggern in bestehenden Messstellen ergänzt. Nach Auswertung der Daten eines Jahres wird entschieden, ob die Messstellendichte ausreicht. Zur Beurteilung stehen weitere Datengrundlagen zur Verfügung wie die mehrmalige Erhebung von vertikalen Temperaturprofilen in den GW-Messstellen sowie die Auswertung des kantonalen 3D-Grundwassermodells Baarerbecken hinsichtlich GW-Fliessgeschwindigkeiten und anderer Grössen.
- Zukünftige thermische GW-Nutzungen im Baarerbecken müssen messtechnisch besser ausgerüstet werden, sodass der Jahresgang der GW-Temperatur aufgezeichnet werden kann (Auflage in Bewilligungen). Mittelfristig erlaubt dies eine verbesserte Überwachung der GW-Temperatur in- und ausserhalb des Baarerbeckens.
- Eine neue Messstelle in der tiefen Rinne von Richterswil-Zug im Lorzentobel ermöglicht die Beobachtung der langfristigen Temperaturentwicklung.

7. Datenauswertung und -veröffentlichung

7.1. Jahrbuch Grundwasserstände

Das bisherige Jahrbuch Grundwasserstände wird im Grundsatz in der bisherigen Form weitergeführt. Je nach Verfügbarkeit sollen auch Quellschüttungen als wichtige Indikatoren für den mengenmässigen Zustand des Grundwassers ausgewertet und dargestellt werden. In einem erläuternden Text werden das hydrologische Jahr und die Auswirkungen auf die Grundwasserstände und Quellschüttungen beschrieben, Besonderheiten sollen diskutiert werden. Anhand der Entwicklung des "Füllstandes" der wichtigsten Grundwasservorkommen wird der Zustand der Ressource dargestellt.

7.2. Bericht Grundwassertemperaturen

Die Temperaturdaten sollen nicht ins Jahrbuch integriert werden. Sie können jedoch auf Anfrage abgegeben werden. Im Vordergrund steht dabei eine periodische Gesamtauswertung der Temperaturdaten restmalig nach ca. 2 Jahren (2019), welche in einem separaten Bericht des AfU veröffentlicht werden soll. Es wird dabei geprüft, ob sich langjährige Datenreihen aus dem Kanton Zug eignen, um Auswirkungen der globalen Erwärmung auch im Grundwasser nachzuweisen (NFP 61, [2]).

8. Nächste Schritte & Zeitplan ab 2017

- A. Laufend: Charakterisierung von Messstellen, Erfassen des baulichen Zustands, Sichtung bestehender Daten.
- B. Erstellung Prioritätenliste für die Fortführung von GW-Pegelmessungen (bis Juni 2018).
- C. Jahrbuch Grundwasser 2017 mit Erläuterungstext (Juni 2018).
- D. Regelung der Datenflusses zwischen Wasserversorgungen und AfU [Quellschüttungen, GW-Pumpwerke] (Ende 2018).
- E. Auswertung der Temperaturdaten aus dem Baarerbecken mit Bericht (Frühjahr 2019).
- F. Einscannen von Bohrprofilen, Pflege der Datenbasis zu Messstellen (laufend).

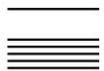
Zug, 21. Dezember 2017

Literatur

- [1] SCHÜRCH, MARC ; KOZEL, RONALD: *Nationale Beobachtung von Grundwasserstand und Quellschüttung - Revidiertes Gesamtkonzept* (interner Bericht) : Bundesamt für Wasser und Geologie, Sektion Hydrogeologie, 2005
- [2] FIGURA, SIMON: *The impact of climate change on groundwater temperature and oxygen concentration in Swiss aquifers*, ETH Zurich, Doctoral Thesis, 2013. — DOI: 10.3929/ethz-a-010085885

Berichte des Amtes für Umweltschutz, des Amtes für Verbraucherschutz und weitere Grundlegendendokumente

- [A] Neuorganisation der Grundwasserüberwachung im Kanton Zug. - Amt für Umweltschutz, vermutl. 1996, ohne genaue Datumsangabe
- [B] Konzept für die Grundwasserüberwachung 2007-2011. - Amt für Umweltschutz, 27.3.2007.
- [C] Grundwasservorkommen von Baar-Zug, Thermische 3D-Grundwassermodellierung. - Bericht Dr. H. Jäckli AG, 15.7.2013.
- [D] Grundwasservorkommen von Baar-Zug, Thermische 3D-Grundwassermodellierung, Modell-Update 2016, Stand November 2016, Dr. H. Jäckli AG, 8.12.2016.



Anhang 1

Liste aktiver Messstellen (kontinuierliche Aufzeichnung GW-Pegel, 2017)

Nummer	Name Messstation	X	Y
21	Zug - Grienbachstrasse	682271	226373
34	Baar - Baarer Fussweg	681705	226296
128	Zug - Göblistrasse	682263	225815
170	Baar - Bachtalen	681213	228931
203	Baar - Zimbel	680885	228109
206	Baar - Weidhof / Weststrasse	681605	227651
212	Baar - Grund	682757	227169
0288	Baar - Feldmatt KB1-2012 P/T	682199	227167
0289	Baar - Sennweid KB2-2012 P/T	682577	228252
0290	Baar - Dorf	682158	227448
1164	Zug - Industriestrasse / Göblistr.	682004	225936
1171	Baar - Wiesental	681801	228065
1240	Zug - Neuhaus	681340	226572
1301	Baar - Schönbühlwald	682224	229521
1303	Baar - Schönbühlwald	681964	229498
2010	Menzingen - Winzwilen - Süd	688297	226605
2031	Menzingen - KIBAG 4 - Bergli	685833	224383
2036	Neuheim - Neutal	686923	229090
2058	Menzingen - Hintercher - Sihlwald	689970	226105
2063	Menzingen - Brätigen - West	688191	225964
2085	Menzingen - KIBAG Bethlehem	686158	224984
2086	Neuheim - Neuhaus / Chrützhügel (Risi Nr. 21)	686376	229564
2089	Neuheim - Hof (SPB 1/99, Sand AG)	687509	228231
2091	Neuheim - Hoflinde (SPB 2/00, Sand AG)	687541	227947
2178	Menzingen - Schurtannen	687442	224282
2207	Menzingen - Winzwilen	687792	226997
2501	Lorzentobel WWZ	684586	226048
2338	Menzingen - KIBAG 6 / Wösch	686057	225657
3161	Hünenberg - Drälikon	673698	225948
3215	Hünenberg - Reusspitz	673688	231941
3229	Hünenberg - Vordere Stadelmatt	673832	230434
4162	Oberägeri - Morgarten / Balmi	691223	217491
4169	Oberägeri - Morgarten / Teufi - Seeblick	691245	217610
4222	Unterägeri - Buechholz	686659	220954
5013	Zug - Oberwil - Trubikon	681087	221704
6205	Cham - Oberwilerwald	677885	229440
6217	Cham - Ebnetwald	676936	229936
6223	Cham - Hatwil 2/09	675854	230065
6224	Cham - Hubletzen 4/09	675352	230219
6226	Cham Hatwil	676139	230290