

## Überwachung der Grundwasserqualität 2018 Grundwasserstrom des Reusstals und Grundwasservorkommen Maschwanden bis Knonau



Grundwasserchemie, Pestizide und Abwassertracer  
9. Juni 2020

## Impressum

---

Verantwortlicher  
Volker Lützenkirchen  
Projektleiter Grundwasser

---

## Abkürzungen

AFU	Amt für Umwelt
AVS	Amt für Verbraucherschutz
BAFU	Bundesamt für Umwelt
Eawag	Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz
FB	Filterbrunnen
MV	Mikroverunreinigungen
PFAS	Per- und polyfluorierte Alkyl-Verbindungen
PW	Pumpwerk
TP	Transformationsprodukt(e)

Titelbild: Grundwasserbeprobung an der Messstelle 3104 am Reussdamm in Drällikon

## Inhalt

<b>1.</b>	<b>Überwachung der Grundwasserqualität im Kanton Zug</b>	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>Hydrogeologie</b>	<b>6</b>
2.1.	Grundwasserstrom des Reusstals	6
2.1.1.	Geologie und Grundwasservorkommen	6
2.1.2.	Messstellen	7
2.1.3.	GW-Nutzungen	8
2.2.	Grundwasservorkommen von Maschwanden bis Knonau	9
2.2.1.	Geologie und Grundwasservorkommen	9
2.2.2.	Messstellen	9
2.2.3.	GW-Nutzungen	10
<b>3.</b>	<b>Grundwasserüberwachung NOV/DEZ 2018</b>	<b>10</b>
3.1.	Grundsätze	10
3.2.	Landnutzung und weitere Faktoren für die Grundwasserqualität	11
3.3.	Probenahme	11
3.4.	Analysenprogramm 2018	11
3.5.	NAQUA	13
3.6.	Target-Screening	13
<b>4.</b>	<b>Resultate</b>	<b>14</b>
4.1.	Grundwasserchemie	14
4.1.1.	Reusstal	14
4.1.2.	Maschwanden bis Knonau	15
4.2.	Nährstoffe	16
4.2.1.	Stickstoff	16
4.2.2.	Phosphor	17
4.3.	Pestizide	17
4.3.1.	Pestizide mit abgelaufener Zulassung	17
4.3.2.	Zugelassene Pestizide	17
4.4.	Industriechemikalien	18
4.5.	Pharmazeutika	18
4.6.	Per- und polyfluorierte Alkyl-Verbindungen (PFAS)	18
4.7.	Lebensmittelzusatzstoffe	19
4.8.	Target-Screening	19
<b>5.</b>	<b>Zeitliche Entwicklung</b>	<b>20</b>
5.1.	Nitrat	20
5.2.	Mikroverunreinigungen	21

<b>6.</b>	<b>Bewertung</b>	<b>23</b>
6.1.	Hydrochemie	23
6.2.	Nährstoffe	23
6.2.1.	Stickstoffverbindungen	23
6.2.2.	Phosphor	24
6.3.	Pestizide	24
6.4.	Industriechemikalien	24
6.5.	Pharmazeutika	25
6.6.	Ergebnisse des Traget-Screenings im schweizweiten Vergleich	25
6.7.	Zeitliche Entwicklung	26
6.8.	Einhaltung von gesetzlichen Anforderungen	26
6.9.	Fazit	28
<b>7.</b>	<b>Ausblick</b>	<b>28</b>
<b>8.</b>	<b>Referenzen</b>	<b>29</b>

## **Anhang**

### **Grundwasserstrom des Reusstals**

1. Messstellen mit Feldparametern
2. Hauptbestandteile
3. Nitrit, Ammonium, Phosphat, gelöster Kohlenstoff
4. Pestizide, Medikamente, Süssungsmittel, PFOS
5. Benzotriazol

### **Grundwasservorkommen Maschwanden bis Knonau**

6. Messstellen mit Feldparametern
7. Hauptbestandteile
8. Nitrit, Ammonium, Phosphat, gelöster Kohlenstoff (DOC)
9. Pestizide
10. Benzotriazol

### **Grundwasserkarte**

11. Legende

## **1. Überwachung der Grundwasserqualität im Kanton Zug**

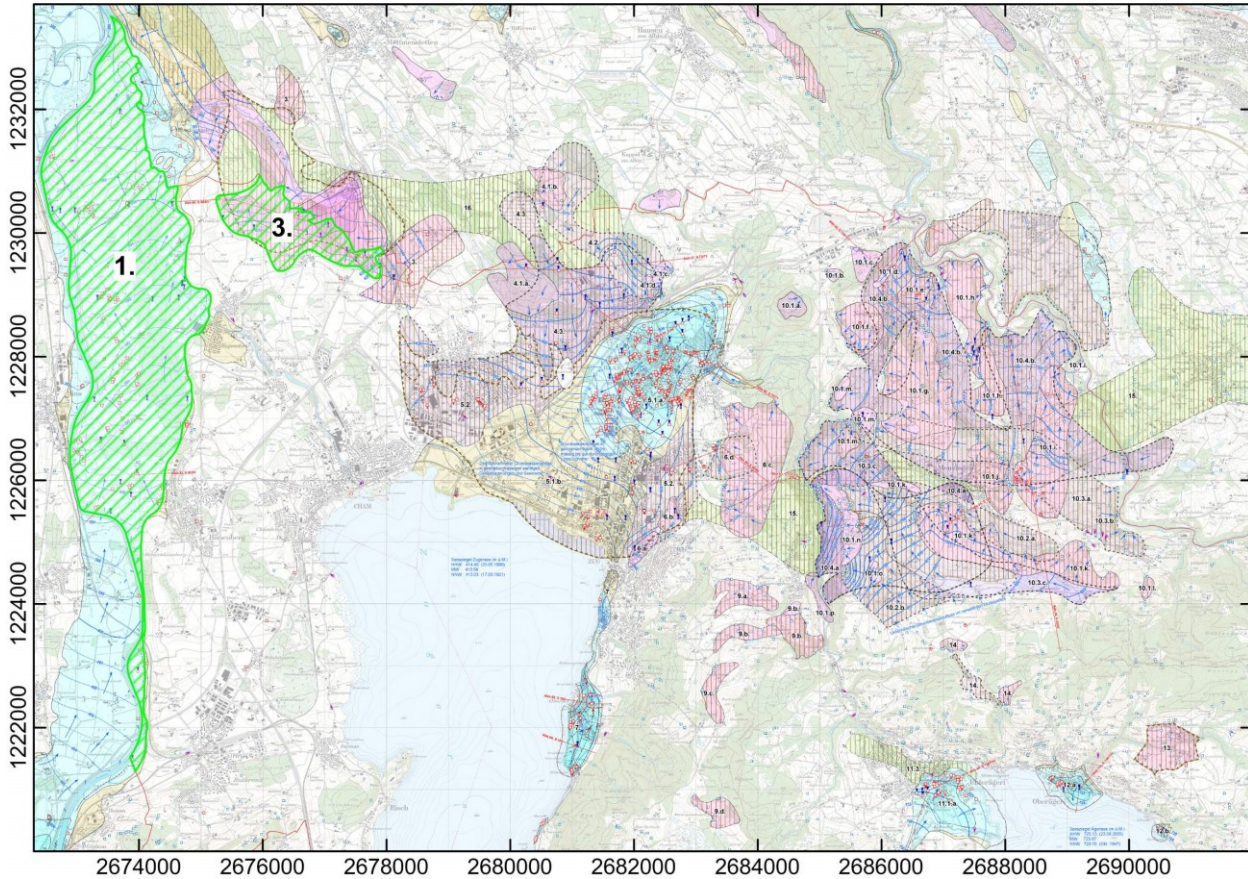
Im Kanton Zug sind vergleichsweise grosse Grundwasservorkommen vorhanden [1]. Diese befinden sich teilweise in den Talsohlen (z.B. Reusstal, Baarerbecken, Unterägeri), teilweise auch ausserhalb davon. In einigen Gebieten wie in den Gemeinden Menzingen und Neuheim, liegen mehrere Grundwasserstockwerke übereinander. Die grösseren Grundwasservorkommen werden alle intensiv für verschiedene Zwecke genutzt: Sie sind die Grundlage für den grössten Teil der Trinkwasserversorgung im Kanton Zug, für Brauchwasser- und thermische Nutzungen.

Die Grundwasserqualität wird im Kanton Zug seit 2002 durch das Bundesamt für Umwelt (BAFU) im Rahmen der Nationalen Grundwasserbeobachtung NAQUA im Modul SPEZ an insgesamt acht Messstellen überwacht. Bei der zwei- bis viermaligen Beprobungen pro Jahr stehen Mikroverunreinigungen (MV) im Fokus. Darunter sind z.B. Medikamentenrückstände, Biozide, Korrosionsschutzmittel und hormonaktive Substanzen in kleinsten Konzentrationen im Nanogrammbereich (Milliardstel Gramm) zu verstehen. Dies sind im Wasser unerwünschte synthetische organische (Schad-) Stoffe mit unterschiedlichen Wirkungen und unterschiedlicher Toxizität.

Das Amt für Umwelt des Kantons Zug (AFU) verstärkt seit 2016 seine Bemühungen zur Beobachtung der Grundwasserqualität. Ein entsprechendes Konzept zur Grundwasserüberwachung [2] sieht unter anderem vor, dass einzelne Grundwasservorkommen hinsichtlich derjenigen MV untersucht werden, welche aufgrund der Landnutzung oder anderen Hinweisen erwartet werden können. Unter MV, auch Spurenstoffe oder Mikroschadstoffe genannt, werden unerwünschte, im Wasser gelöste synthetische organische Substanzen verstanden. Diese haben sehr unterschiedliche Eigenschaften bezüglich Transporteigenschaften, Wirkung auf Umwelt und Menschen und Langlebigkeit.

In diesem Bericht werden Resultate von im November und Dezember 2018 durchgeführten Grundwasserbeprobungen in den Grundwasservorkommen 1. "Grundwasserstrom des Reusstals" und 3. "Maschwanden bis Knonau" (siehe Abbildung 1) dargestellt und bewertet.

Seit April 2019 liegen Hinweise auf erhöhte Konzentrationen von Abbauprodukten, sogenannten Metaboliten oder Transformationsprodukten (TP) des vorher nicht in Laboranalysen berücksichtigten Fungizids Chlorothalonil im Grundwasser vor. Das AFU führte in der zweiten Jahreshälfte 2019 entsprechende Untersuchungen im Grundwasservorkommen des Reusstals durch. Die Untersuchungsergebnisse sind in einem separaten Bericht dokumentiert [3].



**Abbildung 1: Ausschnitt aus der Grundwasserkarte des Kantons Zug [1]. Die in diesem Bericht behandelten Grundwasservorkommen "Reusstal" (1.) und "Maschwanden bis Knonau" (3.) sind grün schraffiert.**

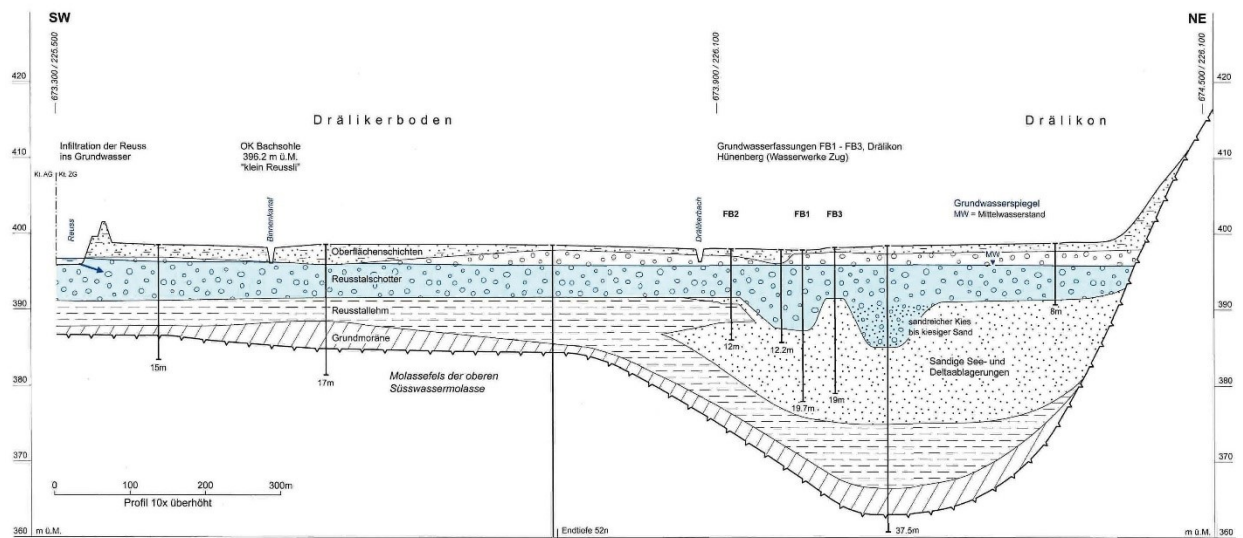
## 2. Hydrogeologie

Die beiden 2018 untersuchten Grundwasservorkommen 1. und 3. (Abbildung 1) unterscheiden sich hinsichtlich Entstehungsgeschichte und wichtigen Eigenschaften. Diese werden in den beiden folgenden Abschnitten zusammenfassend dargestellt. Ausführlichere Informationen finden sich in den Erläuterungen zur kantonalen Grundwasserkarte 1:25'000 von 2007 [4].

### 2.1. Grundwasserstrom des Reusstals

#### 2.1.1. Geologie und Grundwasservorkommen

Dieses Grundwasservorkommen umfasst auf Zuger Gebiet eine Fläche von 12.9 km<sup>2</sup>. Über dem Felsuntergrund aus Molassegesteinen folgen einige Meter Grundmoräne und Reusstallehm, der randlich sandige See- und Deltaablagerungen aufweisen kann. Die darüber anstehenden Reusstalschotter führen Grundwasser mit einigen Metern Mächtigkeit (Abbildung 2).



**Abbildung 2: Hydrogeologisches Profil durch den Grundwasserstrom des Reusstals bei Drälikon [4]. Das Grundwasser ist blau dargestellt.**

Die Grundwasserfliessrichtung ist generell mit geringem Gefälle gegen Norden gerichtet. Der grösstenteils parallel zum Reussdamm verlaufende Binnenkanal drainiert weite Teile der Reuss ebene; er verursacht dadurch über weite Strecken eine verstärkte Infiltration von Wasser aus der Reuss ins Grundwasser. Die Strömungsrichtung des Grundwassers wird beidseits des Binnenkanals entsprechend beeinflusst. Die Lorze, welche bei Hagendorn das Reusstal erreicht, infiltriert dort ins Grundwasser. Wenige hundert Meter flussabwärts exfiltriert Grundwasser in die Lorze; sie beeinflusst somit ebenfalls die lokalen Grundwasserfliessrichtungen. Im Bereich der Maschwander Allmend/Rüssspitz exfiltriert das Grundwasser in Binnenkanal und Lorze.

### 2.1.2. Messstellen

Für die Erforschung des Grundwasservorkommens des Reusstals wurden seit den 1950er Jahren fast 100 Erkundungsbohrungen erstellt, welche zum Teil als Grundwassermessstellen ausgebaut wurden. Der grösste Teil dieser Messstellen besteht heute noch und kann zusammen mit Messstellen neueren Datums für Messungen genutzt werden. In folgender Tabelle 1 sind die Grunddaten der für die im vorliegenden Bericht genutzten Grundwasser-Messstellen aufgeführt. Vierstellige Nummern beginnend mit 3xxx kennzeichnen dabei kantonale Messstellen.

**Tabelle 1: Beprobte Grundwasser-Messstellen im Zuger Reusstal.**

<b>Reusstal (Cham, Hünenberg)</b>						
Messstelle	Bemerkung	Bodennutzung	X	Y	Z OKR	GW-Spiegel [m ü.M.]
3104	Drälikon Reussdamm	Reussinfiltrat	2673538.7	1225474.9	398.8	394.85
3130	Drälikon	Reussinfiltrat, Beeren/Gemüse	2673866.9	1225742.9	399.4	395.74
Drälikon FB1	WWZ, NAQUA spez Öffentliche WV	Acker, Wiese, Infiltrat Drälikerbach	2673967.8	1226106.1	396.3	395.52
Drälikon FB4	WWZ, NAQUA spez Öffentliche WV	Wald, Acker, wenig Obst	2673379.8	1226631.9	396.20	
H1394	Gass, priv. Brunnen	Acker	2673565.8	1227588.9	ca. 395.5	
3425	Rainmatterwald	Acker, Wald	2674126.4	1227307.1	398.1	394.34
3426	Rainmatterwald	Wald, Wiese,	2674776.6	1227292.0	397.9	394.65
3420	Untere Chamau	Acker, Wiese, wenig Obst	2673324.3	1228926.9	393.9	391.30
3421	Schachenwald	Wiese, Wald	2674216.9	1228905.8	393.8	392.12
3422	Frauentaler Wald	Wald, Acker	2674638.5	1228925.1	394.6	392.15
B12/17	GS 2011, private Mess- stelle	Lorzeinfiltrat unterhalb ARA	2675094.3	1228604.3	394.7	392.51
3229	Vordere Stadelmatt	Ackerfläche, Wald	2673832.8	1230433.9	391.6	389.51
3228	Stadelmatt	Ackerfläche	2672961.2	1230342.6	391.9	389.16
3227	Stadelmatt Reusswei- den	Reussinfiltrat, Ackerfläche, Kunst- wiese	2672724.0	1230333.2	390.8	389.36
3215	Stadelmatt Reusspitz	Streueflächen, Dauerwiesen (Ackerfläche)	2673688.8	1231940.9	388.9	387.07
<b>Reusstal (Risch)</b>						
PW Reuss- schachen	Öffentliche WV	Reussinfiltrat	2673891.8	1221482.8	406.8	403.60
PW Schachenweid	Öffentliche WV	Reussinfiltrat	2673979.7	1222909.2	404.0	400.96

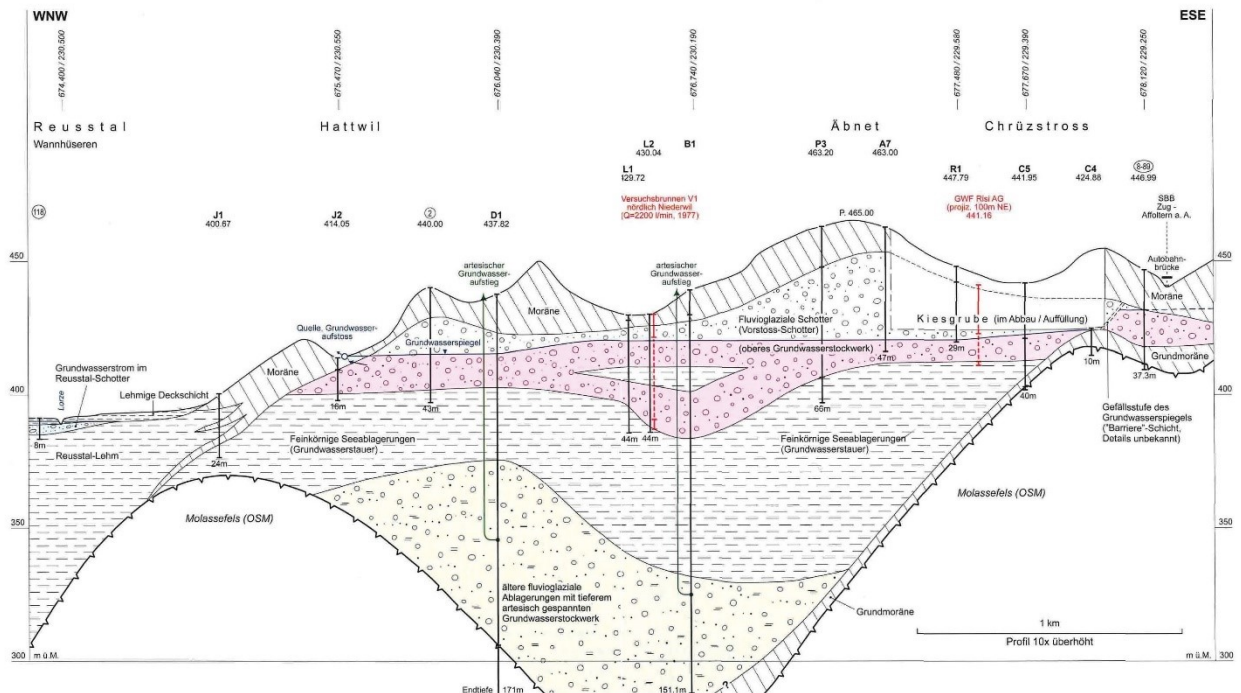
### 2.1.3. Grundwassernutzungen

Das Grundwasser des Reusstals wird in einigen Bereichen intensiv genutzt. Die nahe der Reuss gelegenen Pumpwerke Reusschachen und Berchtwil der Wassergenossenschaft Rotkreuz und Umgebung sowie diejenigen der WWZ in Drälikon dürfen gemäss Konzessionen 3000, 4500 resp. 7500 l/min entnehmen. Daneben bestehen weitere vier kleinere bewilligte private Trinkwassernutzungen sowie viele ältere Sodbrunnen, welche für verschiedene Zwecke genutzt werden. Bewilligte Brauchwassernutzungen bestehen in der Chamau und der Zollweid.

Mit insgesamt 17 Anlagen wird das Grundwasser für thermische Zwecke genutzt, nur eine davon dient der Kühlung.



## 2.2. Grundwasservorkommen von Maschwanden bis Knonau



**Abbildung 3: Hydrogeologisches Profil durch das Grundwassergebiet von Maschwanden bis Knonau [4]. Rötlich eingefärbt ist das obere Stockwerk, gelblich das untere.**

### 2.2.1. Geologie und Grundwasservorkommen

Zwischen Blickensdorf und Maschwanden besteht eine rinnenartige Vertiefung in der Felloberfläche, welche zwischen Hatwil und Knonau bis auf eine Kote unterhalb von 250 m ü.M. reicht. Diese Rinne ist teilweise mit älteren grundwasserführenden Schottern gefüllt ("Grundwasserrinne von Blickensdorf bis Knonau", teils artesisch gespannt) und wird von mächtigen gering durchlässigen Seeablagerungen überlagert. Nahe der Oberfläche liegen teils mehrere Zehnermeter mächtige Schotter vor, welche mit Grundwasser zwischen ca. 20 m Mächtigkeit im Osten und gegen 40 m im Westen gefüllt ist. Durch Moränenablagerungen an der Oberfläche ist dieses obere Grundwasser ("Grundwasservorkommen Maschwanden bis Knonau") einerseits gut gegen mögliche negative Einflüsse von der Oberfläche geschützt, andererseits fehlen temporär jegliche Schutzschichten beim offenen Kiesabbau im Äbnetwald.

Das Grundwasser fließt von Südosten aus den Gebieten Oberwil/Oberwiler Wald Richtung Nordwesten und gelangt im Bereich Hatwil über Quelfassungen und natürliche Austritte an die Oberfläche. Ein weiterer Teil fließt vermutlich Richtung Maschwanden.

### 2.2.2. Messstellen

In den 1970er Jahren wurde das Gebiet mit einer Vielzahl von Bohrungen erkundet, von denen nur zwei als Grundwassermessstellen noch erhalten sind. Ab Ende der 1980er Jahre sind weitere

Bohrungen erstellt und als Messstellen ausgebaut worden, so dass heute an insgesamt 15 Grundwasserstände gemessen und Grundwasserproben entnommen werden können (Tabelle 2).

**Tabelle 2: Beprobte Grundwasser-Messstellen im Grundwasservorkommen Maschwanden bis Knonau.**

Maschwanden bis Knonau						
6213	Oberwil; NAQUA spez	Kiesgrube, Deponie	2677506.5	1229548.5	446.3	421.806
6215	Ebnet-Wald	Kiesabbau, Wald	2677057.8	1230103.9	458.1	420.7
6217	Ebnet-Wald	Kiesabbau, Wald	2676936.8	1229935.9	453.0	421.37
6220	1-76	Ackerfläche, Wald, Kiesabbau	2676582.8	1230285.9		
6224	Hatwil 4/09	Ackerfläche, Wiese	2675352	1230219	443.1	425.22
6227	Hatwil 5/11	Wald	2676035	1230534	439.7	414.28
EL 1	Kloster Frauenthal EL 1	Ackerfläche, Wiese	2675380.8	1230610.7	408.0	-
EL 2	Kloster Frauenthal EL 2	Ackerfläche, Wiese	2675406.3	1230602.3	408.0	-
Quelle 527	Laufbrunnen Hof Hatwil	Ackerfläche, Wiese	2675538.9	1230558.9	412.5	-
Bach 7049	Obere Drainageleitung	Ackerfläche, Wiese	2675681	1230739	405.5	-

### 2.2.3. Grundwassernutzungen

Trotz grossen Potenzials [5] wird das (obere) Grundwasservorkommen "Maschwanden bis Knonau" bisher nur in geringem Umfang genutzt. Je eine Brauchwasserfassung besteht im Bereich des Betriebsgeländes des Kiesabbaus Äbnetwald resp. im Bereich zwischen Amliswil und Dürrenast, welche zurzeit für die Wasserversorgung der Fischzucht Niederwil genutzt wird. In Hatwil besteht eine Trinkwasserfassung mit Schutzzone des Klosters Frauenthal sowie eine Quelfassung für den Hof Hatwil.

## 3. Grundwasserüberwachung NOV/DEZ 2018

### 3.1. Grundsätze

Gemäss Konzept [2] liegt der Fokus der Grundwasserqualitätsüberwachung durch das AFU auf der Erfassung des Zustandes innerhalb von Grundwassergebieten bezüglich Schadstoffen oder Schadstoffgruppen, welche für bestimmte Bodennutzungen typisch sind, deren Anwesenheit aufgrund bestimmter Tätigkeiten vermutet werden kann oder für die es aus bisherigen Analysenergebnissen Hinweise gibt. Die im November und Dezember 2018 durchgeführten Grundwasseruntersuchungen stellen somit eine erste systematische und flächendeckende Erfassung der Grundwasserqualität im Hinblick auf MV dar.

Zusätzlich wurden die gelösten Hauptbestandteile (Ionen) erfasst, um daraus Rückschlüsse auf Grundwasserfliessrichtungen und Grundwassertypen ziehen zu können.

### 3.2. Landnutzung und weitere Faktoren für die Grundwasserqualität

Für die Festlegung der Laboranalysen müssen die zu erwartenden Beeinträchtigungen der Grundwasserqualität bekannt sein. Die beiden Grundwassergebiete Reusstal und Maschwanden bis Knonau sind landwirtschaftlich geprägt. Im Reusstal kommt der Einfluss von Oberflächengewässern hinzu: Im Infiltrat der Reuss sowie der Lorze dürften vor allem Stoffe aus Landwirtschaft und aus der Siedlungsentwässerung ins Grundwasser gelangen. Im Gebiet Maschwanden bis Knonau besteht kein Oberflächengewässer, hingegen könnte sich der Kiesabbau im Äbnetwald und die damit verbundenen Tätigkeiten auf die Grundwasserqualität auswirken.

### 3.3. Probenahme

Bei den Grundwassermessstellen resp. Piezometern wurden die Wasserproben mit einer Grundwasserpumpe durch die Walter Jucker Messtechnik in Rudolfstetten entnommen. Es wurde jeweils vorgepumpt, bis elektrische Leitfähigkeit, Temperatur und Sauerstoffgehalt stabil blieben. Das Vorpumpvolumen entsprach in der Regel einem Mehrfachen des Messstellenvolumens inkl. Ringraum. Die Proben wurden jeweils am Tag der Probenahme ins Labor transportiert.

Die den vier Pumpwerken entnommenen Rohwasserproben wurden morgens nach ca. 10 min Vorpumpen ( $>>10 \text{ m}^3$ ) abgefüllt.

Quellwasserproben wurden an der Fassung entnommen. Lediglich bei der Fassung 6220 wurde der ca. 600 m entfernt liegende ständige Zulauf bei der Fischzucht Niederwil beprobt, so dass eine gewisse Veränderung der Grundwasserchemie nicht ausgeschlossen werden kann.

Bei der Auswertung der Ergebnisse werden folgende Probenahmen zusätzlich berücksichtigt:

1. Probenahme Messstelle 6215 und 6217 (November resp. Mai 2017).
2. Analysenresultate der Messstellen ZGG03 (Hünenberg - Drälikon VFB1), ZGG04 (Hünenberg - PM 3421) und ZGG06 (Cham - PM 6213) aus der Nationalen Grundwasserbeobachtung NAQUA, Modul SPEZ des Bundesamts für Umwelt BAFU (siehe Abschnitt 3.5)
3. Target-Screening Mai 2017 (siehe Abschnitt 3.6).

### 3.4. Analysenprogramm 2018

Die Grundwasserproben wurden hinsichtlich folgender Parametergruppen untersucht (siehe auch Tabelle 3):

#### **1. Gelöste Ionen inkl. Nitrat und Phosphat (Nährstoffe), gelöster organischer Kohlenstoff**

Die gelösten Mineralien wie Calcium und Sulfat geben Hinweise auf die generelle Zusammensetzung des Grundwassers, teilweise lassen sich auch Schlüsse auf Grundwasserfliessrichtungen und weitere Zusammenhänge erkennen. Nitrat, Nitrit, Ammonium (Stickstoffverbindungen) sowie stammen vorwiegend aus der Landwirtschaft oder aus der Siedlungsentwässerung.

## **2. Pestizide und Transformationsprodukte**

Mit Pestiziden sollen Schäden an Saatgut, Pflanzen und Früchten verhindert und unerwünschte Pflanzen ferngehalten werden. Ihre TP (Abbauprodukte, Metaboliten) weisen dabei teilweise andere und mitunter ungünstigere Eigenschaften als der eigentliche Wirkstoff auf, z.B. können diese im Grundwasser mobiler sein.

## **3. Abwassertracer (Lebensmittelinhaltsstoffe, Industriechemikalien und Pharmazeutika)**

Die Reinigungswirkung von ARAs ist begrenzt. Diese wird durch den in der Gewässerschutzgesetzgebung des Bundes vorgegebenen Ausbau an ca. über 100 grösserer ARAs mit einer vierten Reinigungsstufe deutlich verbessert. Zurzeit gelangen aus den ARAs aber noch MV in die Oberflächengewässer und vor dort teilweise ins Grundwasser. Anhand von bestimmten MV kann daher festgestellt werden, ob im Grundwasser ein Anteil aus Oberflächengewässern infiltriertes Wasser vorhanden ist. Ein Teil dieser Stoffe ist zudem problematisch, wie z.B. Rückstände von Pharmazeutika, Biozide, Industriechemikalien oder unterschiedliche Stoffe mit hormonähnlicher Wirkung.

## **4. Polyfluorierte Alkyl-Verbindungen**

Diese Stoffgruppe umfasst sehr unterschiedliche Substanzen mit unterschiedlichen Eigenschaften und Anwendungsgebieten. Sie wurden und werden als Oberflächenbeschichtung mit wasser- oder ölabweisender Wirkung verwendet (z.B. Teflon® oder Gore-Tex®) und sind meist langlebig. Es bestehen Hinweise, dass einige diese Substanzen problematisch für Umwelt und Lebewesen sein könnten. Sie werden zwar schon seit ca. 50 Jahren produziert und verwendet, über die Verbreitung in der Umwelt ist jedoch noch wenig bekannt. Das BAFU führt zu dieser Stoffgruppe eine Pilotstudie durch. Mit Stichproben soll in der Reusebene der Frage der Verbreitung dieser Substanzen nachgegangen werden.

Die Laboruntersuchungen wurden im Labor des Amtes für Verbraucherschutz (AVS) in Steinhausen resp. bei der Bachema AG in Schlieren durchgeführt (Tabelle 3).

**Tabelle 3: Im AVS, bei der Bachema AG und der Eawag analysierte Parameter der Grundwasserproben aus dem Reusstal und aus dem Grundwasservorkommen Maschwanden bis Knonau.**

Labor, Parametergruppe	Analysemethode Bestimmungsgrenze	Prüfumfang
<b>AVS</b> Abwassertracer	LC-MS/MS 10 ng/l	<b>Pestizide und Transformationsprodukte</b> 2,6-Dichlorbenzamid, Atrazin, Desethylatrazin, Diuron, Mecoprop, Metolachlor, Terbutryn, Terbutylazin <b>Industriechemikalie</b> Benzotriazol <b>Lebensmittelinhaltsstoffe</b> Coffein, Acesulfam-K, Cyclamat, Sucralose <b>Medikamente</b> Carbamazepin, Diclofenac
<b>AVS</b> Gelöste Ionen	Ionenchromatographie 0.5 mg/l	<b>Kationen</b> Natrium, Kalium, Calcium, Magnesium <b>Anionen</b> Chlorid, Sulfat, Hydrogenkarbonat, Nitrat, Nitrit, Ammonium, Phosphat Organischer Kohlenstoff gelöst (DOC)
<b>Bachema AG</b> Pflanzenschutzmittel Pest gross, Glyphosat, Transformationsprodukte	LC-MS/MS 20 ng/l	Alachlor, Ametryn, Atrazin, Bromacil, Carbendazim, Chlortoluron, Cyanazin, DEET, Desethylatrazin, Desethylterbutylazin, Desisopropylatrazin, Desmetryn, Diazinon, 2,6-Dichlorbenzamid, Diflubenzuron, Diuron, Irgarol, Isoproturon, Metalaxyl, Metamitron, Metazachlor, Metolachlor, Metribuzin, Oxadixyl, Penco-nazol, Prometryn, Propazin, Propiconazol, Simazin, Terbutryn, Terbutylazin; Glyphosat, AMPA, Glufosinat
<b>Bachema AG</b> Polyfluorierte Verbindungen PFC gross	LC-MS/MS	PFOS, PFOA, Perfluorbutylsulfonat und -hexylsulfonat, Perfluorcarbonsäuren C5 bis C10
<b>Eawag</b>	LC-HRMS/MS 0.1 bis 500 ng/l, für 34% <1 ng/l	519 polare Spurenstoffe; Lebensmittelzusatzstoffe, Industriechemikalien, Be-täubungsmittel, Biozide, Pharmazeutika (ca. 210 oder 40 %), Pflanzenschutz-mittel (ca. 240 oder 46 %), Sonstige.
<b>Wasserversorgung der Stadt Zürich (NAQUA SPEZ, BAFU)</b>	LC-MS/MS, GC/MS 10 bis 50 ng/l	70 Pflanzenschutzmittel, 15 Abwassertracer (Pharmazeutika, Industriechemi-kalien, Lebensmittelinhaltsstoffe), 70 flüchtige organische Verbindungen VOC

### 3.5. NAQUA

Das BAFU beobachtet die Quantität des Grundwassers schweizweit an insgesamt 89 Messstellen mit dem Modul «QUANT». Die Qualität wird mit den Modulen TREND (50 Messstellen) resp. über 500 Messstellen (Modul SPEZ) überwacht. Die acht Messstellen auf Zuger Gebiet gehören zum Modul SPEZ. Zwei- bis viermal jährlich (Stand 2020) werden seit 2002 Grundwasserproben entnommen und auf Nährstoffe und verschiedene MV analysiert. Die Analysendaten der oben im Abschnitt 3.3 erwähnten Messstellen wurden für die Darstellung der Pestizide und Abwassertracer sowie für die zeitliche Entwicklung (Abschnitt 5) verwendet.

### 3.6. Target-Screening

Die Möglichkeiten zum Nachweis von MV im Wasser werden laufen verbessert. Dies betrifft sowohl die Verringerung der Bestimmungsgrenze wie auch die Anzahl nachweisbarer Substanzen. Mit der heute üblichen Analytik können ja nach Labor z.B. ca. 30 bis 60 Pestizide und einiger ihrer TP

identifiziert und mit einer Bestimmungsgrenze bei 10 bis 20 ng/l quantifiziert werden. Die Bestimmungsgrenze ist geringste Konzentration eines Analyten, die quantitativ mit einer festgelegten Genauigkeit bestimmt werden kann.

Die Eawag in Dübendorf hat eine Methode (mit-) entwickelt, mit der wesentlich mehr Substanzen analytisch abgedeckt werden [7]. Das BAFU hat in Zusammenarbeit mit der Eawag ab 2017 eine Pilotstudie durchgeführt, bei der verschiedene Grundwassermessstellen resp. Pumpwerke beprobt wurden. Es wurden solche Messstellen ausgewählt, die bereits bei früheren Untersuchungen hohe Konzentrationen eine grosse Anzahl von MV aufgewiesen haben. Messstellen im Kanton Zug fanden sich nicht in dieser Auswahl. Das AFU hat auf eigene Kosten zwei Proben im Rahmen der erwähnten BAFU-Pilotstudie analysieren lassen.

Eine dem Pumpwerk Drälikon (Filterbrunnen 1) im Mai 2017 entnommene Probe wurde mittels "Target-Screening" durch eine hochauflösende Tandem-Massenspektrometrie, welche an eine Flüssigkeitschromatographie gekoppelt ist, untersucht (LC-HEMS/MS). Dabei stehen für die 520 untersuchten Substanzen Referenzstandard zur Verfügung. Die entsprechenden Ergebnisse finden sich wie alle anderen Resultate im folgenden Abschnitt.

Die Ergebnisse des von der Eawag anschliessend durchgeführten Suspect-Screenings finden sich in [17] (April 2019).

## **4. Resultate**

### **4.1. Grundwasserchemie**

Die elektrische Leitfähigkeit als Mass für die Gesamtmineralisierung des Grundwassers ist meist ein robuster Indikator für Zusammenhänge zwischen Grundwasserfliessrichtung und Aufenthaltsdauer, d.h. Alter des Grundwassers. Je höher die Leitfähigkeit (reziprok zum elektrischen Widerstand), desto höher die Konzentration an gelösten Ionen, also vor allem Natrium, Kalium, Magnesium, Calcium, Nitrat, Sulfat, Chlorid und Hydrogenkarbonat.

#### **4.1.1. Reusstal**

Das Grundwasser im Reusstal entspricht vorwiegend dem Ca-HCO<sub>3</sub>-Typ, teilweise auch Ca-(Mg)-HCO<sub>3</sub>. Natrium und Chlorid ist nur in B12/17 eine Komponente mit >20 % Anteil (Äquivalentprozente), resultierend im Ca-Na-(Mg)-HCO<sub>3</sub>-Cl-Typ. Das Grundwasser ist in weiten Teilen des Reusstals (nördlich von Drälikon, östlich des Binnenkanals) sauerstoffarm bis fast sauerstofffrei. Im Gebiet Maschwanden bis Knonau beträgt die Sauerstoffsättigung meist >50 %.

Das Schoeller-Diagramm in Abbildung 4 zeigt recht grosse hydrochemische Ähnlichkeiten der Grundwasserproben aus dem Reusstal. Auffällig sind erhöhte Natrium und Chlorid-Werte bei 3426, 3229 und B12/17. Bei letzterer Messstelle dürfte das Lorzeinfiltrat mit dem Abwasseranteil aus der ARA Schönau ursächlich sein. Höhere Na-Cl-Konzentrationen sind ansonsten häufig auf die Strassensalzung zurückzuführen, dies könnte zumindest bei 3229 zutreffen.

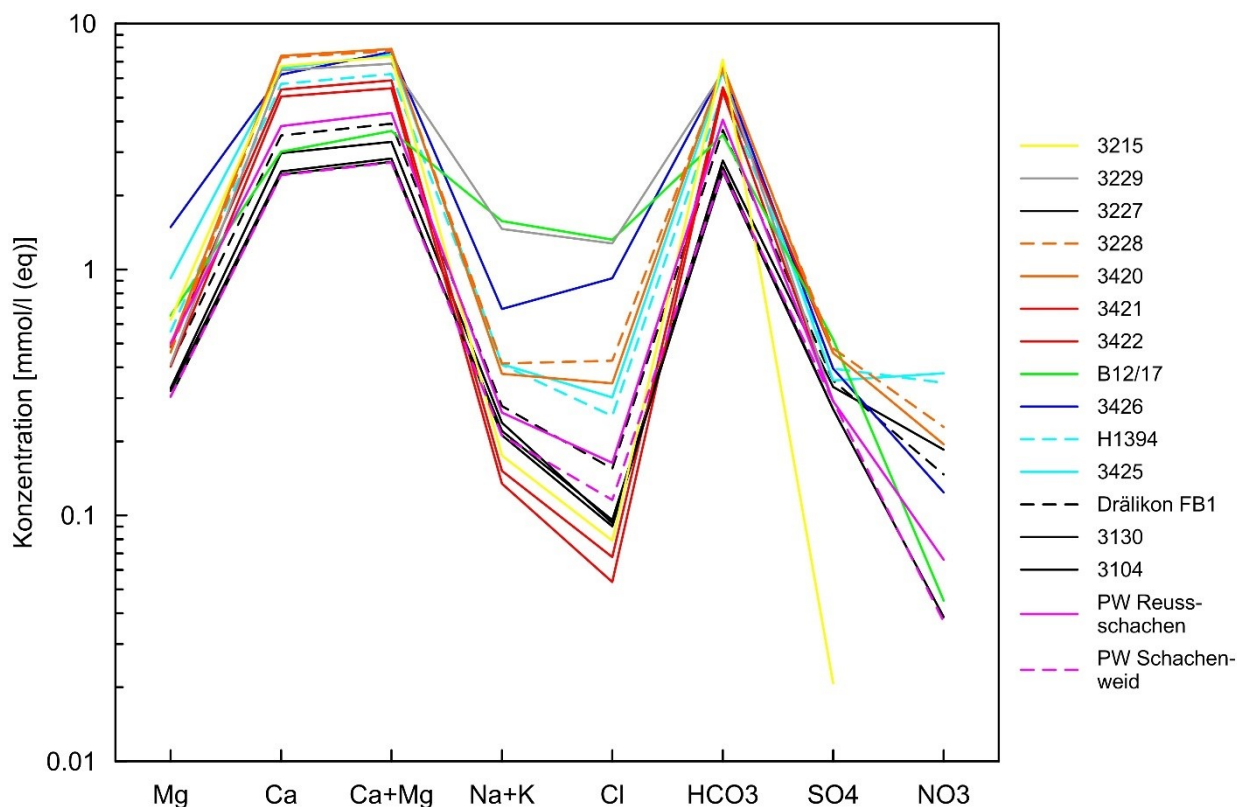
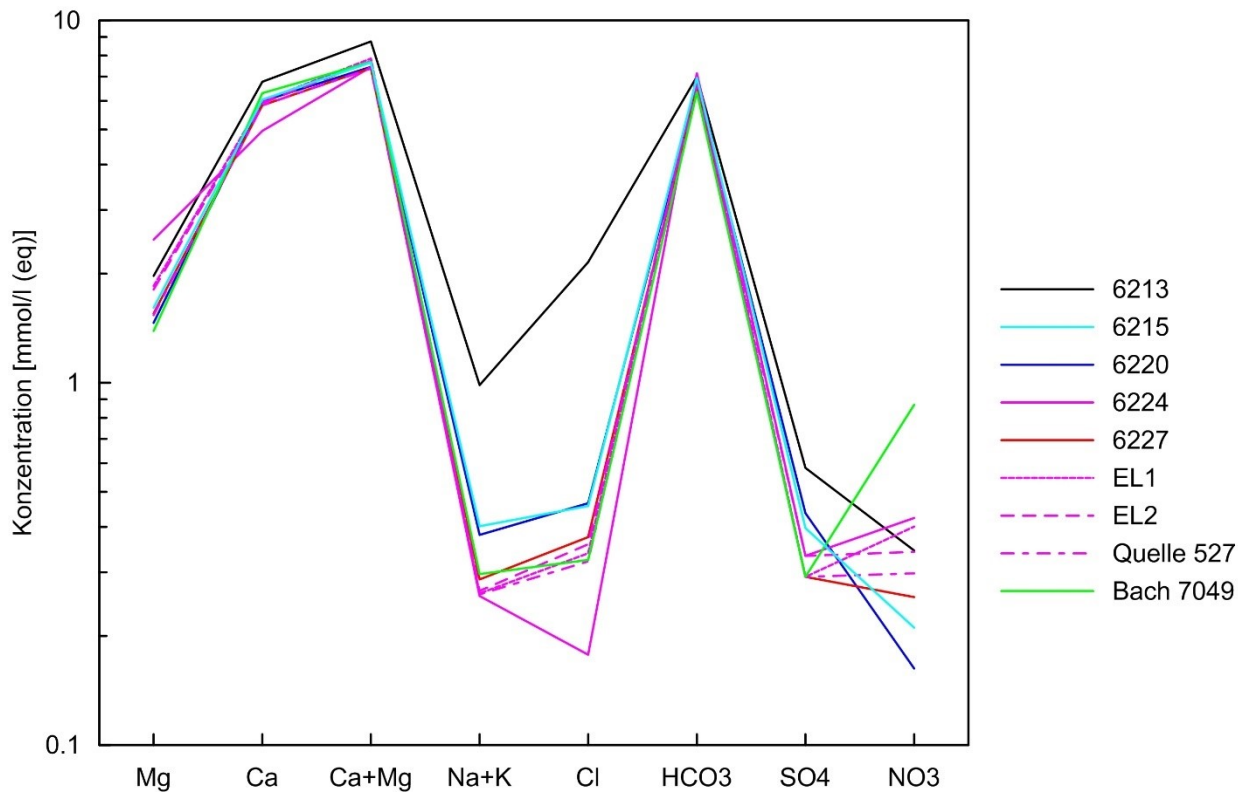


Abbildung 4: Schoeller-Diagramm der Grundwasserproben aus dem Reusstal.

#### 4.1.2. Maschwanden bis Knonau

Diese Grundwasserproben sind dem Typ  $\text{Ca-Mg-HCO}_3$  oder  $\text{Ca-(Mg)-HCO}_3$  zuzuordnen. Das Schoeller-Diagramm in Abbildung 5 zeigt eine recht einheitliche Hydrochemie; auffällig ist die insgesamt erhöhte Mineralisation bei der Messstelle 6213 und die im Vergleich deutlich höhere Na- und Cl-Konzentration. Diese steht vermutlich im Zusammenhang mit den Inertstoffablagerungen im Bereich der aufgefüllten Kiesgruben im Äbnetwald und/oder der Salzung der unmittelbar an der Messstelle vorbeiführenden Kantonsstrasse.



**Abbildung 5: Schoeller-Diagramm der Grundwasserproben aus dem Grundwasservorkommen Maschwanden bis Knonau.**

## 4.2. Nährstoffe

### 4.2.1. Stickstoff

#### **Reusstal**

Die Nitratkonzentrationen im Grundwasser des Reusstals liegen meist unter über 15 mg/l, an 9 von 14 Messstellen unter 10 mg/l (Anhang 2). An den Messstellen H1394 und 3425 wurden erhöhte Werte von 21.5 resp. 23.5 mg/l nachgewiesen. In den Messstellen 3104, 3421, 3422, 3229 und 3215 war bei einer Bestimmungsgrenze von 0.5 mg/l kein Nitrat nachweisbar.

Nitrit fand sich in 3421, B12/17 und 3228 mit Werten zwischen 0.03 und 0.13 mg/l, Ammonium in 3104, 3421, 3422 und B12/17 mit Werten zwischen 0.02 und 0.19 mg/l (Anhang 3).

#### **Maschwanden bis Knonau**

Die Nitratkonzentrationen lagen zwischen 10 und 26 mg/l, in der Bachquelle 7049 sogar bei 54 mg/l. In den Messstellen und Quellen fand sich kein Nitrit. Ammonium wurde in 6213, 6220 und im Bach 7049 mit 0.01 mg/l nachgewiesen.



#### 4.2.2. Phosphor

##### **Reusstal**

An allen Messstellen mit Nitrit-Nachweis wurde auch Phosphat nachgewiesen, zusätzlich noch in Drälikon FB4, 3426 sowie im PW Reussschachen mit Konzentrationen von  $\leq 0.11$  mg/l (Anhang 3).

##### **Maschwanden bis Knonau**

Phosphat fand sich nur in 6213 mit einer Konzentration von 0.01 mg/l.

#### 4.3. Pestizide

Bei den in den folgenden drei Abschnitten 4.3 bis 4.8 werden nur nachgewiesene MV dargestellt. Die Liste der jeweils analysierten Stoffe findet sich in Tabelle 3.

##### 4.3.1. Pestizide mit zurückgezogener Zulassung

Die Zulassungen folgender Pestizide sind per Anfang 2007 gemäss Pflanzenschutzmittelverordnung (PSMV, SR 916.161) vom 12. Mai 2010 aufgehoben worden, seit 2012 ist die Anwendung verboten.

##### **Atrazin**

Dieses vor allem beim Maisanbau eingesetzte Pestizid wurde nur in der Messstelle 3228 Stadelmatt mit 40 ng/l nachgewiesen, das TP Desethylatrazin mit 50 ng/l. Vermutlich sind weitere TP vorhanden, welche bei den Analysen nicht berücksichtigt wurden.

##### **Simazin**

Ähnliches gilt für Simazin, das mit 50 ng/l in der Messstelle 3228 nachgewiesen wurde.

##### **Dichlobenil, 2,6-Dichlorbenzamid**

Die Zulassung von Dichlobenil wurde auf den 1.2.2013 zurückgezogen. Es galt eine zweijährige Verwendungsfrist. Es wurde als Herbizid gegen Gräser vor allem im Beerenanbau und auf Wegen eingesetzt. Das TP 2,6-Dichlorbenzamid wurde mit 44 resp. 22 ng/l in den Messstellen 3421 und 3422 nachgewiesen. Die Herkunft dieses Pestizids ist unklar; im Einzugsgebiet der Messstellen bestehen Wälder, extensiv genutzte Wiesen sowie Kunstwiesen.

##### 4.3.2. Zugelassene Pestizide

##### **Glyphosat, AMPA**

Glyphosat ist nach Schwefel und Paraffinöl das meiste verkaufte Pestizid (2016: 204 t, [13]). Es ist nicht selektiv (Totalherbizid, Breitbandherbizid) und nur gentechnisch veränderte Pflanzen sind gegen den Wirkstoff unempfindlich. Beispiele sind Sojabohne, Raps und Mais.

Der Wirkstoff ist an keiner der 6 analysierten Grundwasserproben nachgewiesen worden. Nur beim Reusssdamm in Drälikon war in der Messstelle 3104 das TP AMPA (Aminomethylphosphonsäure) mit 20 ng/l (entspricht der Bestimmungsgrenze) vorhanden.

## **DEET**

DEET (Diethyltoluamid) ist ein Insektenabwehrmittel. Es wurde mit 53 ng/l in der Messstelle 3421 und mit 20 ng/l in der Messstelle 6213 nachgewiesen.

## **Propiconazol**

Dieser als Fungizid (pilzabtötend) eingesetzte Wirkstoff wird als Holzschutzmittel und beim Getreideanbau verwendet. Er wurde nur an der Messstelle 3229 mit 50 ng/l nachgewiesen.

### 4.4. Industriechemikalien

**Benzotriazol** wurde an 7 von 12 Messstellen nachgewiesen. Die mit Abstand höchste Konzentration von 424 ng/l fand sich in Hagendorn in der Grundwassermessstelle B12/17 und dürfte auf infiltriertes Wasser der Lorze zurückzuführen sein. Alle anderen Nachweise waren deutlich geringer. Es besteht ein klarer räumlicher Zusammenhang zwischen Auftreten von Benzotriazol und ins Grundwasser infiltriertem Wasser aus Oberflächengewässern (Anhang 5).

### 4.5. Pharmazeutika

#### **Carbamazepin**

Dieses weit verbreitete Medikament wird gegen Epilepsie und verschiedenen psychiatrischen Erkrankungen eingesetzt. Es wurde mit 39 ng/l in der Messstelle B12/17 nachgewiesen.

#### **Diclofenac**

Dieses Schmerzmittel wird im Körper nur zu ca. 30 % abgebaut. Es wird sowohl in der Human- wie auch in der Tiermedizin eingesetzt. Es wurde ebenfalls nur in der Messstelle B12/17 nachgewiesen, die Konzentration war mit 152 ng/l deutlich höher als die von Carbamazepin.

### 4.6. Per- und polyfluorierte Alkyl-Verbindungen (PFAS)

Die Gruppe der PFAS umfasst eine Vielzahl von synthetischen organischen Verbindungen, bei denen an mindestens einem Kohlenstoffatom die Wasserstoffatome durch Fluoratome ersetzt sind. Diese Substanzen weisen sehr unterschiedliche Eigenschaften auf, entsprechend divers ist ihre Verwendung: Wegen ihren wasser-, fett oder ölabweisenden Eigenschaften werden sie zur Herstellung vor allem von Outdoor-Kleidung oder zur Beschichtung von Papier eingesetzt, sie finden sich in Skiwachs, in Feuerlöschmitteln oder in Schmiermitteln. Der Rückhalt der in der Umwelt sehr stabilen PFAS in ARAs ist relativ schlecht. 9 verschiedene PFAS können bei der durchgeführten Analytik bei einer Bestimmungsgrenze von 20 ng/l nachgewiesen werden.

Bei den 5 analysierten Proben war nur in B12/17 Perfluoroktansulfonsäure (PFOS) mit 50 ng/l nachweisbar.

#### 4.7. Lebensmittelzusatzstoffe

Von den analysierten drei Süßungsmitteln und Coffein wurden nur Acesulfam-K (Messstellen 3104: 53 ng/l, B12/17: 235 ng/l) und Sucralose (3104: 65 ng/l) nachgewiesen.

#### 4.8. Target-Screening

Die Resultate des Target-Screenings an Rohwasser des Filterbrunnens1 in Drälikon finden sich in Tabelle 4. Von den 15 nachgewiesenen MV gehören 12 zu den Pestiziden (PSM) und ihren TP, je ein Lebensmittelzusatzstoff (Acesulfam, Süßungsmittel), eine Industriechemikalie (Benzotriazol, Korrosionsschutz) sowie Medikament (Sulfamethoxazol, Antibiotikum) war vorhanden. Die Summe der PSM beträgt 45 ng/l, davon sind 34 ng/l den Triazin-Herbiziden und ihren TP zuzurechnen. Das Süßungsmittel Acesulfam sowie das Antibiotikum Sulfamethoxazol wurden in Konzentrationen wenig über der Bestimmungsgrenze von 0.5 ng/l nachgewiesen. Die mit Abstand höchste Konzentration in der Rohwasserprobe vom Filterbrunnen 1 wies Benzotriazol mit 35 ng/l auf.

**Tabelle 4: Im Target-Screening der Eawag nachgewiesene MV des Rohwassers Filterbrunnen 1 des Pumpwerks Drälikon (Mai 2017) [9].**

Substanz Grau: Transformationsprodukte	Wirkstoffgruppe (Verwendung, Kulturen)	BG [ng/l]	Messunsicherheit [%]	ZGG03 (Drälikon FB1) [ng/l]
<b>Asulam</b>	PSM (Herbizid gegen Farne und Ampfer)	1	40	8.4
<b>Atrazin</b>	PSM (Herbizid, Mais, Kartoffeln; seit 2012 verboten)	0.5	20	1.7
Atrazin-2-hydroxy	PSM-Abbauprodukt	0.5	20	4.5
Atrazin-desethyl	PSM-Abbauprodukt	0.5	20	4.7
Atrazin-desethyl-2-hydroxy (Prometon-hydroxy-desisopropyl)	PSM-Abbauprodukt	0.5	40	1.1
Atrazin-desisopropyl	PSM-Abbauprodukt	0.5	20	0.9
Atrazin-desethyl-desisopropyl	PSM-Abbauprodukt	0.3	40	17
Chloridazon-methyl-desphenyl	PSM-Abbauprodukt	0.5	20	0.8
<b>Metamitron</b>	PSM (Herbizid; Fruchtausdünnung)	0.5	20	0.6
Metamitron-desamino	PSM-Abbauprodukt	0.5	40	1
<b>Simazin</b>	PSM (Herbizid; Mais, seit 2012 verboten)	0.1	20	1
Terbuthylazin-desethyl	PSM-Abbauprodukt (Terbutylazin: Herbizid; Mais, Apfel)	0.5	40	3.3
<b>Acesulfam</b>	Lebensmittelzusatzstoff	0.5	20	1.1
<b>Benzotriazol</b>	Korrosionsschutzmittel	5	20	35
<b>Sulfamethoxazol</b>	Pharmazeutika (Antibiotikum)	0.5	20	1.3

\* Bei der angegebenen Messunsicherheit handelt es sich um eine grobe Abschätzung aus der Abweichung der gemessenen Konzentration der aufgestockten Proben zur Sollkonzentration der aufgestockten Proben.

Bei den Analysen von November 2018 wurden keine der in Tabelle 4 aufgeführten Pestizide nachgewiesen. Die Bestimmungsgrenze lag bei 20 ng/l (Analysen der Bachema AG) resp. 10 ng/l (AVS). Die Konzentration des TP Atrazin-desethyl-desisopropyl (17 ng/l im Screening 2017) wäre möglicherweise hoch genug, um im Labor des AVS im November nachgewiesen zu werden (BG 10 ng/l), es war jedoch nicht auf der Liste der Analyten.

Beim Suspect-Screening der Eawag [17] der Grundwasserprobe vom FB 1 in Drälikon wurden zwei Chlorothalonil-TP mit 470 resp. 340 ng/l nachgewiesen. Diese Resultate werden in [3] dargestellt und diskutiert.

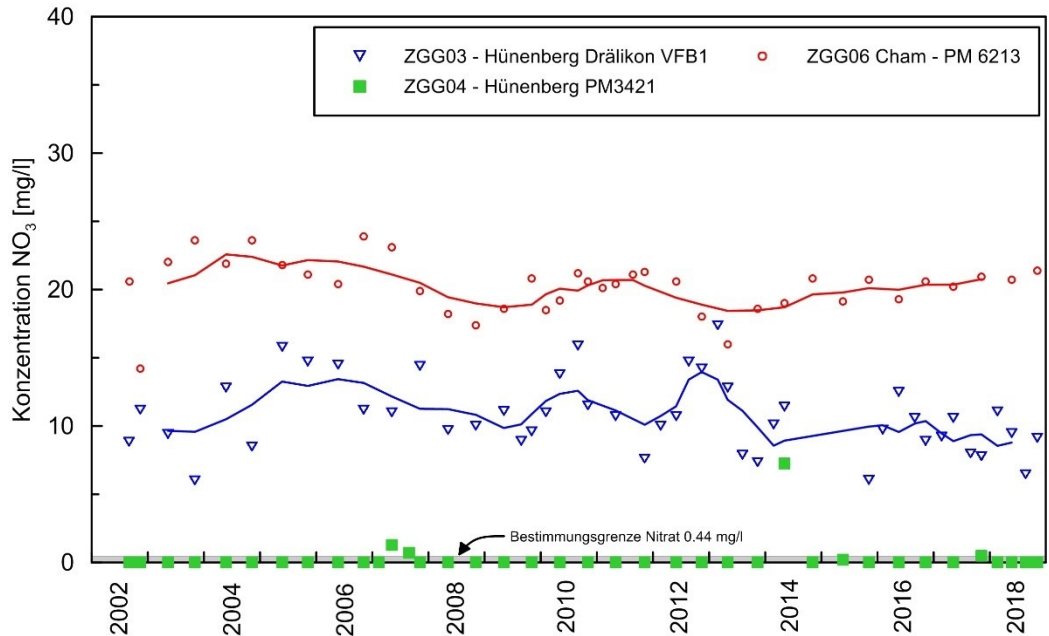
## **5. Zeitliche Entwicklung**

Regelmässige Grundwasseranalysen liegen aus dem Untersuchungsgebiet nur für die Grundwassermessstellen aus der Nationalen Grundwasserbeobachtung NAQUA (Modul SPEZ) des BAFU vor. Die Analysenresultate für Nitrat, Pestizide, Pharmazeutika und Industriechemikalien sind in den folgenden Abschnitten dargestellt. Im Modul SPEZ werden auch leichtflüchtige Kohlenwasserstoffe analysiert, es wurden nur vereinzelt dieser Stoffe nachgewiesen und dies nur höchstens einmal in jeweils tiefen Konzentrationen. Daher wird auf eine Darstellung der Analysenresultate verzichtet. Die folgenden Abbildungen zeigen die Bestimmungsgrenze für die verschiedenen Mikroverunreinigungen und Nitrat.

### **5.1. Nitrat**

Abbildung 6 zeigt die Nitratkonzentrationen an den drei NAQUA-Messstellen im Untersuchungsgebiet. An 3421 ist diese sehr gering, meist unterhalb der Bestimmungsgrenze. Das als Trinkwasser genutzte Grundwasser aus dem Filterbrunnen 1 in Drälikon weist Nitratkonzentrationen zwischen 6 und 17 mg/l auf. Vor 2014 liegt das dargestellte gleitende Mittel fast immer über 10 mg/l, danach knapp darunter. Insofern besteht ein schwacher Trend zu geringeren Nitratkonzentrationen. An der Messstelle 6213 sind deutlich höhere Nitrat-Konzentrationen zwischen 14 und 24 mg/l zu verzeichnen, seit 2013 steigen diese tendenziell an. Ein klarer Jahresverlauf ist nicht zu verzeichnen, bei 6213 deutet sich seit 2013 an, dass die Nitrat-Konzentrationen im Herbst konsistent höher liegen als im Frühjahr.

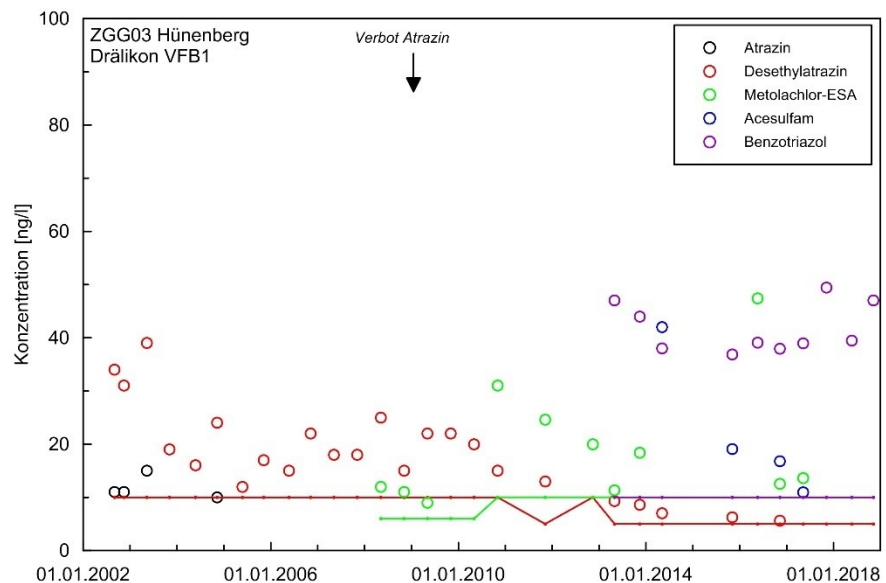
Die Anforderung der Gewässerschutzverordnung von 25 mg/l Nitrat wird eingehalten. Eine weitere Zunahme der Nitratkonzentration an Messstelle 6213 sollte vermieden werden.



**Abbildung 6: Nitratkonzentrationen 2002-2018 an den NAQUA Messstellen ZGG03, ZGG04 und ZGG06 aus dem Modul SPEZ.**

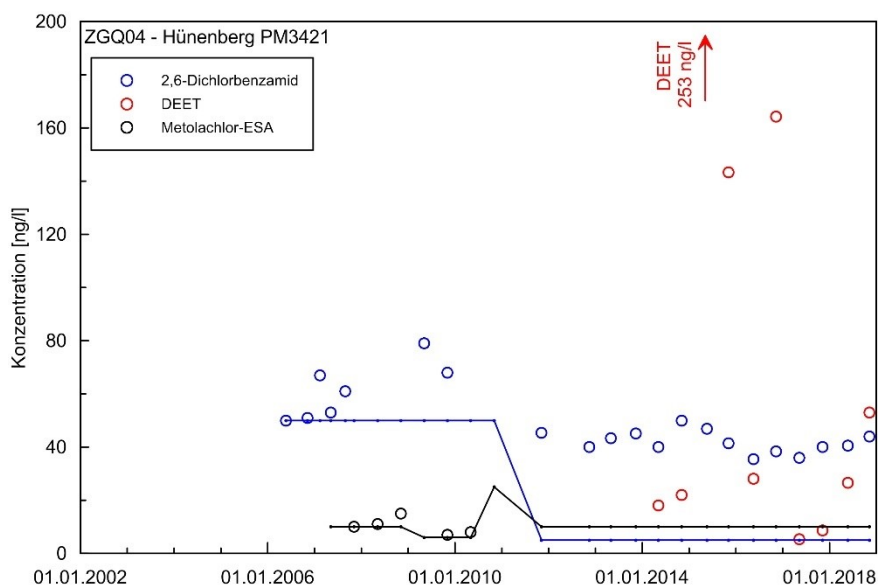
### 5.2. Mikroverunreinigungen (MV)

Alle MV, welche im Rahmen des Überwachungsprogramms NAQUA, Modul SPEZ des BAFU mehr als einmal nachgewiesen wurden, sind in den folgenden drei Abbildungen dargestellt.



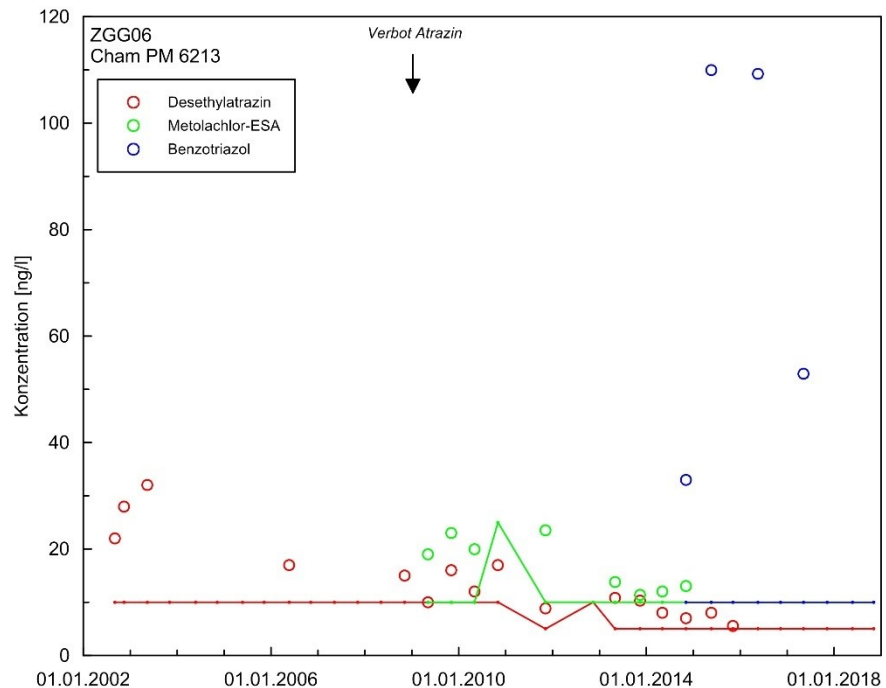
**Abbildung 7: Mehr als einmal nachgewiesene MV an der Messstelle ZGG03 (FB1 Drälikon) mit Bestimmungsgrenzen.**

Seit 2005 wurde Atrazin im FB 1 Drälikon nicht mehr nachgewiesen (Abbildung 7), das wichtigste TP jedoch noch bis 2016 bei einer Bestimmungsgrenze von 5 ng/l. Dessen Konzentration nahm recht eindeutig seit dem Verbot von Atrazin im Jahr 2009 ab. Die Konzentration von Metolachlor-ESA, einem TP von s-Metolachlor (Herbizid vorw. gegen Gräser und Hirseunkräuter bei Maiskulturen), schwankt im Bereich von 10 bis 50 ng/l. Acesulfam trat vereinzelt auf, Benzotriazol in allen 10 bisher analysierten Proben mit ca. 40 ng/l.



**Abbildung 8: Mehr als einmal nachgewiesene MV an der Messstelle ZGQ04 3421) mit Bestimmungsgrenzen. Achtung: Skala Konzentration doppelt so gross wie in Abbildung 7 und Abbildung 9.**

An der Messstelle 3421 sind drei MV häufig nachgewiesen worden (Abbildung 8). 2,6-Dichlorbenzamid, TP des nicht mehr zugelassenen Diclobenil (keine Verwendung mehr seit 1.2.2015), wurde seit 2006 in Konzentrationen deutlich über 50 ng/l, seit 2011 40 ng/l nachgewiesen. Eine Tendenz ist für die letzten Jahre nicht festzustellen. Die Konzentration von DEET schwankt stark zwischen 5 und 253 ng/l; Analysen 2011 und 2013 zeigten kein DEET bei einer Bestimmungsgrenze von 5 ng/l. Das TP Metolachlor-ESA wurde letztmalig 2010 nachgewiesen.



**Abbildung 9: Mehr als einmal nachgewiesene MV an der Messstelle ZGG06 (6213) mit Bestimmungsgrenzen.**

An Messstelle 6213 wurden ebenfalls drei MV mehr als einmal nachgewiesen (Abbildung 9): Für Desethylatrazin ist, ähnlich wie bei im Filterbrunnen 1 Drälikon, eine abnehmende Tendenz seit 2010 festzustellen, seit 2016 wurde es bei einer Bestimmungsgrenze von 5 ng/l nicht mehr nachgewiesen. Das TP Metolachlor-ESA wurde letztmalig 2010 bei einer Bestimmungsgrenze von 10 ng/l nachgewiesen. Benzotriazol fand sich bei 4 von 12 Analysen mit stark schwankender Konzentration zwischen 33 und 110 ng/l.

## 6. Bewertung

### 6.1. Hydrochemie

Die Feldparameter (elektrische Leitfähigkeit, Temperatur, Sauerstoffgehalt, pH) und die gelösten Ionen bestätigen das bisherige Bild vom Grundwasserstrom des Reusstals. Es besteht eine Tendenz zur Aufmineralisierung von der Reussinfiltration im Bereich Drälikon Richtung Norden. Der Einfluss des Binnenkanals als wichtiges hydraulisches Element zeigt sich auch in den Grundwasseranalysen.

### 6.2. Nährstoffe

#### 6.2.1. Stickstoffverbindungen

Im Reusstal zeigt sich an der räumlichen Verteilung der Nitratkonzentrationen die Bodennutzung: Im Bereich Drälikon nimmt sie in Fließrichtung zu liegt im landwirtschaftlich genutzten Streifen

zwischen Reuss und Wald (Rainmatter Wald bis Frauentaler Wald) bei mittleren bis leicht erhöhten Werten. In den Waldgebieten hingegen sowie im Feuchtgebiet Rüssspitz ist kein Nitrat nachweisbar. Der geringe Sauerstoffgehalt resp. die reduzierenden Bedingungen im Grundwasser in weiten Teilen des Reusstals führen dazu, dass teilweise Nitrit oder sogar Ammonium in geringen Konzentrationen nachweisbar sind. Nitrit und Ammonium in der lorzenahen Messstelle B12/17 dürften aber zumindest teilweise auf die ARA Schönau zurückzuführen sein.

Die gesetzlichen Anforderungen für Nitrat und Ammonium werden eingehalten; dabei wird teilweise. Lediglich an der Messstelle 6224 ist eine geringfügige Überschreitung der Anforderung von 25 mg/l zu verzeichnen. Eine Grundwasseranalyse aus einer Bohrung ca. 250 m nördlich der Messstelle 6224 sowie der Fassungsstrang 1 der Quelfassung Kloster Frauental zeigte einen fast gleichen Wert.

Beim Bach 7049 ist die Überschreitung der Anforderung für Nitrat hingegen mit einem Faktor 2.2 sehr deutlich. Es handelt sich dabei um eine oberflächennahe Drainage von im Hangbereich austretendem Grundwasser, in dessen Bereich Vieh weidet. Möglicherweise schwankt der Nitratgehalt daher deutlich.

#### 6.2.2. Phosphor

Der erhöhte Phosphatwert von 0.11 mg/l in der Messstelle 3426 ist wahrscheinlich auf Eintrag aus Hofdünger zurückzuführen, entsprechend hoch ist auch die Nitratkonzentration. Bei der benachbarten Messstelle H1394 ist trotz ähnlich erhöhtem Nitratwert kein Phosphat festzustellen. Der zweithöchste Phosphatwert in B12/17 dürfte zum Teil auf den erhöhten Phosphatgehalt der Zugersees und entsprechend der Lorze zurückzuführen sein [11]. Numerische Anforderungen zu Phosphat finden sich keine in der GSchV.

#### 6.3. Pestizide

In den 21 untersuchten Messstellen wurden sieben verschiedene Wirkstoffe von Pestiziden oder deren TP nachgewiesen. Drei von den Wirkstoffen (Atrazin, Simazin und Diclobenil, von letzterem nur TP nachgewiesen) sind nicht mehr zugelassen und dürfen seit mehreren Jahren nicht mehr verwendet werden. DEET (Diethyltoluamid) ist ein Insektenabwehrmittel und kein Pestizid im engeren Sinne. Die Konzentrationen aller Wirkstoffe und TP war meist deutlich kleiner als 100 ng/l.

Auch das Target-Screening der Eawag [9] mit Bestimmungsgrenzen zwischen 0.1 und 1 ng/l zeigt, dass Grundwasser im Bereich Drälikon nur gering mit Pestiziden belastet ist. Die gesetzlichen Anforderungen werden eingehalten Tabelle 5. Bei neueren Messungen der Eawag und Untersuchungen des AFU wurden jedoch im Reusstal deutlich erhöhte Konzentrationen von TP des Fungizids Chlorothalonil nachgewiesen [3]

#### 6.4. Industriechemikalien

Die einzige analysierte und auch nachgewiesene Industriechemikalie ist Benzotriazol. Es ist allgemein in Oberflächengewässern und auch im Grundwasser weit verbreitet [10]. Bei Untersuchungen



in den Jahren 2013 bis 2015 wurde Benzotriazol im Zugersee in unerwartet hohen Konzentrationen von ca. 400 ng/l nachgewiesen. Aufgrund der Einträge aus Regenwasserentlastungen des Abwassersystems würde nur 1/100 dieser Konzentration erwartet [8]. Die hohe Konzentration in der Messstelle 12/17 in Hagendorn kann klar auf das aus dem Ablauf des Zugersees stammende Benzotriazol zurückgeführt werden, zu dem unvollständig abgebautes resp. zurückgehaltenes Benzotriazol aus der ARA Schönau hinzukommen dürfte. Die übrigen Nachweise im Grundwasser in den Bereich Risch, Drälikon und Stadelmatt (3227) dürften auf Benzotriazol aus der Reuss zurückzuführen sein.

Für Benzotriazol hat das Ökotoxzentrum ein chronisches Qualitätskriterium von 19 µg/l festgelegt. Dieses ist um den Faktor 40 grösser als der im Rahmen dieser Studie gemessene Höchstwert von 0.424 µg/l. Der Eintrag von Benzotriazol aus der ARA Schönau in die Lorze und somit ins Grundwasser wird mit der 2019 in Betrieb genommenen 4. Reinigungsstufe deutlich verringert, dies dürfte auch für andere ARAs mit Auslauf in die Reuss oberhalb des Kantons Zug gelten. Die Nachweise von Benzotriazol im Grundwasser des Reusstals und des Grundwasservorkommens Maschwanden bis Knonau stellen daher keinen besorgniserregenden Zustand dar.

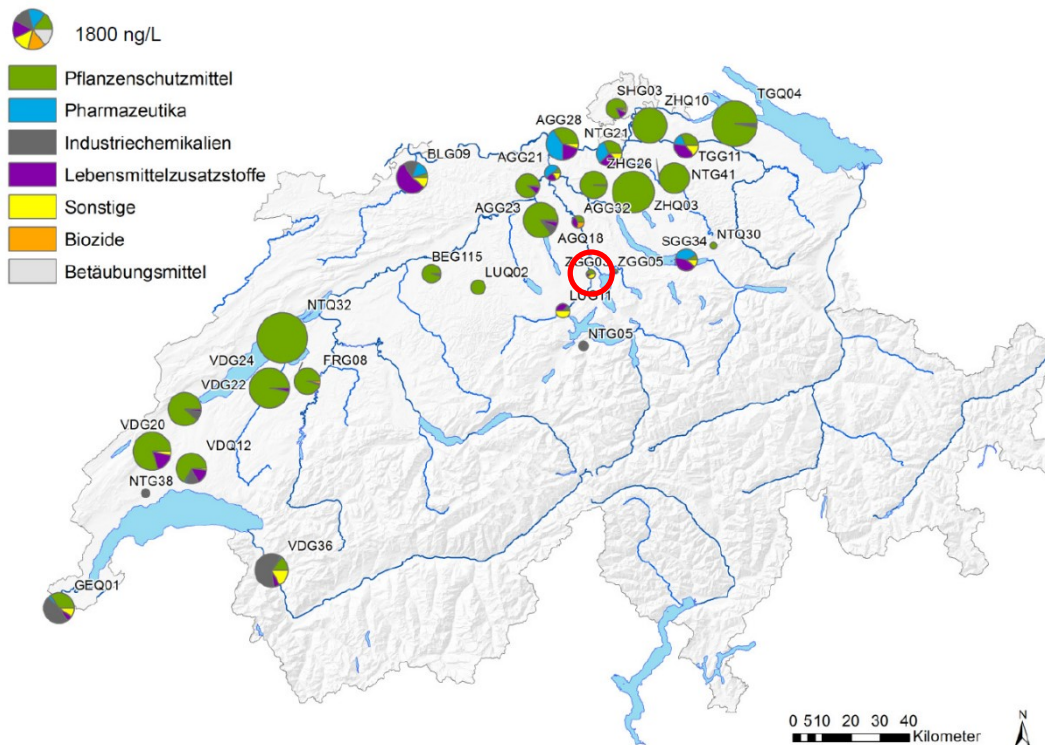
#### 6.5. Pharmazeutika

Rückstände von zwei analysierten Medikamenten sind nur in der Messstelle B12/17 bei einer Bestimmungsgrenze von 10 ng/l nachgewiesen worden, ausserdem noch im Pumpwerk Drälikon FB1 bei einer sehr tiefen Bestimmungsgrenze beim Target-Screening von 0.5 ng/l. Die Medikamente in B12/17 sind mit grosser Wahrscheinlichkeit auf dem ca. 500 m lorzeaufwärts gelegenen Auslauf der ARA Schönau zurückzuführen. Das Antibiotikum Sulfamethoxazol im FB 1 könnte sowohl aus infiltriertem Reusswasser wie auch aus der Viehhaltung resp. von ausserhalb der Grundwasserschutzzone Drälikon ausgebrachtem Hofdünger stammen.

Die Konzentration von Diclofenac in B12/17 überschreitet das Qualitätskriterium des Ökotoxentrums um das Dreifache. Dieses Qualitätskriterium wurde provisorisch sehr konservativ angesetzt. In jedem Fall sollte sich die Diclofenac-Konzentration im Grundwasser nach Inbetriebnahme der vierten Reinigungsstufe der ARA Schönau verringern.

#### 6.6. Ergebnisse des Target-Screenings im schweizweiten Vergleich

Folgende Abbildung 10 zeigt die Resultate des Target-Screenings der Rohwasserprobe aus dem Filterbrunnen 1 Drälikon vom Mai 2017 in einem schweizweiten Vergleich. Dieser ist nur bedingt zulässig, da für die Screening-Pilotstudie des BAFU Messstellen ausgewählt wurden, bei denen erhöhte Konzentrationen von MV erwartet wurden oder bereits bekannt waren (siehe Abschnitt 3.6). Dennoch bestätigt Abbildung 10 das insgesamt positive Bild des Grundwassers im Bereich Drälikon. Davon ausgenommen sind die Rückstände des Fungizids Chlorothalonil [3], [17]).



**Abbildung 10: Vergleich der Resultate des Target-Screenings der Eawag im Auftrag des BAFU resp. des AFU [9]. Rot markiert ist der Filterbrunnen 1 Drälikon.**

### 6.7. Zeitliche Entwicklung

Die Entwicklung der Nitratkonzentration an den drei Messstellen mit Datenreihen ist weitgehend konstant und gibt keinen Anlass zur Sorge. Die Konzentration der nicht mehr zugelassenen Pestizide ist rückläufig resp. zuletzt nicht mehr nachweisbar mit Ausnahme von 2,6-Diclobenzamid bei Messstelle 3421 und DEET, dessen Konzentration deutlich schwankt. Metolachlor-ESA trat im Filterbrunnen 1 Drälikon 2018 nicht mehr auf, im Target-Screening im Mai 2017 wurde es aus technischen Gründen nicht gemessen. Die wenig schwankende Benzotriazol-Konzentration im Filterbrunnen 1 Drälikon dürfte auf das Reussinfiltrat zurückzuführen sein und zeigt die weite Verbreitung und Stabilität dieser Industriechemikalie in der Umwelt.

### 6.8. Einhaltung von gesetzlichen Anforderungen

Die Bewertung der einzelnen im Grundwasser nachgewiesenen MV mit ihren jeweiligen Maximalkonzentrationen findet sich in Tabelle 5. Sie enthält keine Risikobewertung der Stoffe, nur eine Einschätzung hinsichtlich der Einhaltung von Anforderungen der Gewässerschutzverordnung oder, wenn darin keine numerischen Anforderungen enthalten sind, den Vergleich mit den vorgeschlagenen chronischen Qualitätskriterien des Oekotoxenzentrums.

Metolachlor-ESA und 2,6-Dichlorbenzamid stellen gemäss [14] keine relevanten TP (Metaboliten) dar und sind daher in Tabelle 5 nicht aufgeführt. Weder Glyphosat noch dessen Transformationsprodukt AMPA finden sich in [14], der Vollständigkeit halber ist es in Tabelle 5 aufgeführt.

**Tabelle 5: Nachgewiesene MV inkl. relevanter<sup>d</sup> TP (Metaboliten) von Pestiziden im Grundwasserstrom des Reusstals und im Grundwasservorkommen Maschwanden bis Knonau und ihre Bewertung. Zeitraum 2017-2018.**

<b>Parametergruppe</b> Analyt ( <i>Ausgangswirkstoff</i> ) blau: relevantes TP rot: nicht mehr zugelassen	Max. gemessene Konzentration [ng/l]	Gesetzl. Grundlage GSchV <sup>a</sup> / TBDV <sup>b</sup> [ng/l]	Chronisches Quali- täts-kriterium <sup>c</sup> [ng/l]	Bewertung Grundwasser, Oekotox, Trink- wasser
<b>Pestizide</b>				
Asulam	8.4	100	./.	Vorgaben eingehalten
Atrazin	40	100	./.	Vorgaben eingehalten, Konz. langsam abnehmend
Desethylatrazin	50	100	./.	Vorgaben eingehalten
Simazin	80	100	./.	Vorgaben eingehalten, Konz. langsam abnehmend
AMPA <sup>j</sup> ( <i>Glyphosat</i> )	20		1.5 x 10 <sup>6</sup> c	Vorgaben eingehalten <sup>j</sup>
DEET (Diethyltoluamid)	53		88'000 c	Vorgaben eingehalten
Metamitron	0.6	100	4000 c	Vorgaben eingehalten
Propiconazol	50	100	./.	Vorgaben eingehalten
Max. Summe PSM und re- levante Transformations- produkte	170 <sup>g</sup>	500 <sup>h</sup>	./.	Vorgaben eingehalten
<b>Industriechemikalie</b>				
Benzotriazol	424	10'000 <sup>e f</sup>	19'000	Vorgaben eingehalten
<b>Pharmazeutika</b>				
Carbamazepin	39	./.	2'000 <sup>a</sup>	Vorgaben eingehalten
Diclofenac	152	./.	50 <sup>i</sup>	Vorgaben überschritten <sup>c</sup>
Sulfamethoxazol	1.3	./.	600 <sup>a</sup>	Vorgaben eingehalten
<b>Per- und polyfluorierte Alkyl-Verbindungen (PFAS)</b>				
Perfluoroktansulfonsäure	50	300	300 <sup>d</sup>	Vorgaben eingehalten
<b>Lebensmittelzusatzstoffe</b>				
Acesulfam-K	235	-		Abwassertracer indikativ
Sucralose	65	-		Abwassertracer indikativ

<sup>a</sup> Gewässerschutzverordnung

<sup>b</sup> [11]Verordnung des EDI über Trinkwasser in öffentlich zugänglichen Bädern und Duschanlagen

<sup>c</sup> Qualitätskriterienvorschlag Oekotoxzentrum

<sup>d</sup> gemäss [14]

<sup>e</sup> gemäss TBDV

<sup>f</sup> keine Hinweise auf Genotoxizität gemäss European Chemicals Agency <https://echa.europa.eu/>

<sup>g</sup> Messstelle 3228, Atrazin +TP + Simazin

<sup>h</sup> nur relevante Transformationsprodukte gemäss [14]

<sup>i</sup> Für diese Substanz könnte zusätzlich ein sekundäres Intoxikationsrisiko bestehen, welches numerisch noch nicht berücksichtigt wurde, Qualitätskriterium Oekotox konservativ.

<sup>j</sup> nicht in Liste der relevanten Metaboliten [14] aufgeführt, Status unklar.

Die gesetzlichen Vorgaben der Gewässerschutzverordnung (GSchV; SR 814.201) resp. der Verordnung des EDI über Trinkwasser sowie Wasser in öffentlich zugänglichen Bädern und Duschanlagen (TBDV) werden eingehalten. Für Diclofenac in der Messstelle B12/17 ist das chronische ökotoxikologische Qualitätskriterium dreifach überschritten. Das nicht abschliessende, tief ange-setzte chronische Qualitätskriterium von 50 ng/l für Diclofenac ist als konservativ zu betrachten. Durch die 4. Reinigungsstufe der ARA Schönau sollte die Diclofenac-Konzentration im Grundwas-ser ab 2019 deutlich abnehmen.

Die im Suspect-Screening nachgewiesenen Chlorothalonil-TP [17] überschreiten die die gesetzli-chen Anforderungen deutlich. Dieser Befund wurde durch weitere Untersuchungen des AFU, des AVS und von WWZ seit dem Sommer 2019 bestätigt. Details dazu sind in [3] dargestellt.

#### 6.9. Fazit

Die Grundwasserüberwachung des AFU im Jahr 2018 zeigt insgesamt ein positives Bild: Die Grundwasserqualität ist insgesamt als gut bis sehr gut zu bezeichnen. Wie zu erwarten, wurden einige Pestizide im vorwiegend landwirtschaftlich genutzten Zuger Reusstal sowie im Bereich des Grundwasservorkommens Maschwanden bis Knonau nachgewiesen. Es besteht kein unmittelbarer Handlungsbedarf zur Minimierung von im Grundwasser unerwünschter Stoffe.

#### 7. Ausblick

Die MV in den Messstellen 3228 (Stadelmatt; ältere Pestizide) sowie in B12/17 (Pharmazeutika, Benzotriazol, PFAS) müssen beobachtet werden. Eine Wiederholungsmessung nach angemesse-ner Zeit ist angezeigt.

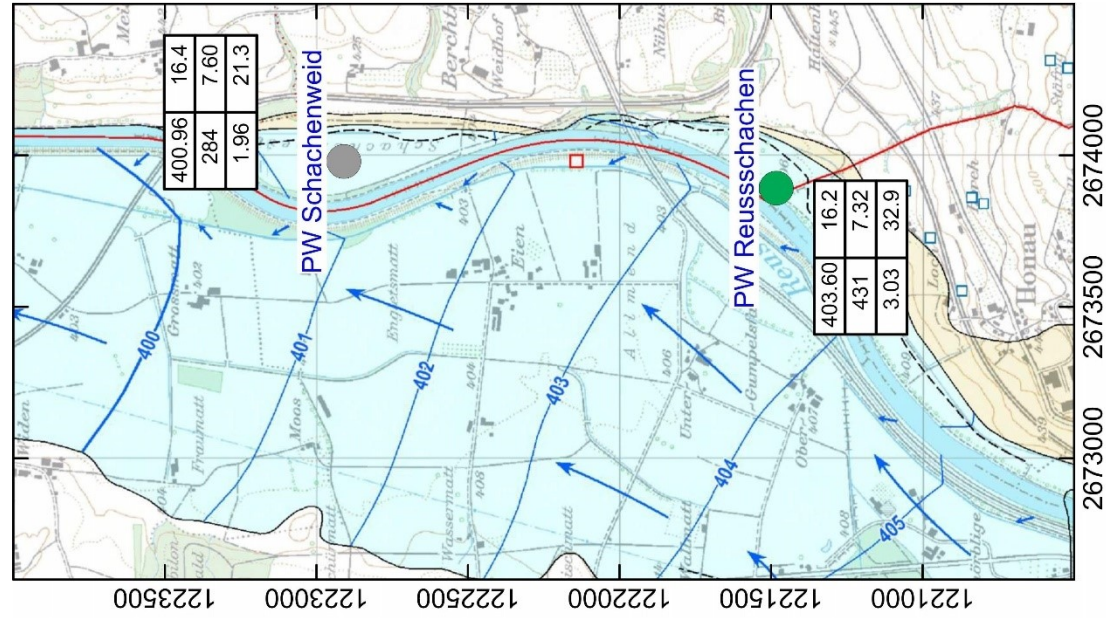
Das Screening der Eawag umfasste eine weitere Probenahme unter anderem bei Filterbrunnen 1 Drälikon im Mai 2018. Während bei der bisher durchgeführten Analyse an der Probe vom Mai 2017 Referenzstandards zur Verfügung standen, wurde bei der bis April 2019 durchgeführten Analyse auf ca. 1000 mögliche TP (Metaboliten) gescreent (Suspect Screening). Resultate dieser Untersu-chung sind in den Berichten [9], [17] sowie allgemein für die Schweiz in [18] dargestellt.

Gemäss Konzept zur Grundwasserüberwachung [2] wird das Grundwasser im Kanton Zug in Zu-kunft auf weitere MV untersucht. Dabei fliessen neue Erkenntnisse über relevante Stoffe ein - in Abhängigkeit von den analytischen Möglichkeiten (Stichwort «emerging contaminants», darunter eine Vielzahl von hormonwirksamen Stoffen).

## 8. Referenzen

- [1] Grundwasserkarte des Kantons Zug 1:25'000 <https://zugmap.ch/zugmap/BM3.asp>
- [2] Überwachung der Grundwasser-Qualität im Kanton Zug - Bestandaufnahme und Konzept für den Zeitraum 2017-2026, Amt für Umweltschutz des Kantons Zug, 21.12.2017.
- [3] Chlorothalonil im Grundwasser des Kantons Zug, Stand Juli 2020. – Bericht Amt für Umwelt, 16. Juli 2020.
- [4] Geologie und Grundwasservorkommen im Kanton Zug. Erläuterungen zur Grundwasserkarte 1:25000, Baudirektion des Kantons Zug, Amt für Umweltschutz, Bearbeitung: Dr. Lorenz Wyssling AG.
- [5] Kiesabbau im Gebiet Hubletzen, Cham ZG: Beurteilung der Auswirkungen auf das Grundwasservorkommen „Maschwanden bis Knonau“. - magma AG, Bericht 17 132.1 vom 15.3.2018 im Auftrag des Amtes für Umwelt.
- [6] Lindstrom, Andrew B. et al. (2011): Polyfluorinated Compounds: Past, Present, and Future, doi:10.1021/es2011622.
- [7] Hollender J. et al. (2014): Exploring the Behaviour of Emerging Contaminants in the Water Cycle Using the Capabilities of High Resolution Mass Spectrometry, doi:info:doi/10.2533/chimia.2014.793.
- [8] Mikroverunreinigungen im Zuger- und Ägerisee - Standortbestimmung, Bilanzierung der Stoffeinträge und Beurteilung des Handlungsbedarfs. - envilab, Zofingen, September 2015 im Auftrag des GVRZ.
- [9] Müller A., Kiefer K., Singer H. und Hollender J. (2017): Screening von organischen Spurenstoffen in ausgewählten Grundwasserproben des Kantons Zug - Schlussbericht an das Amt für Umweltschutz des Kantons Zug, Eawag, Juni 2018.
- [10] Janna H, Scrimshaw MD, Williams RJ, et al (2011) From Dishwasher to Tap? Xenobiotic Substances Benzotriazole and Tolyltriazole in the Environment. Environ Sci Technol 45:3858–3864. doi: 10.1021/es103267g
- [11] Phosphorinhalt im Zugersee - Entwicklung 1975-2018. <https://www.zg.ch/behoerden/audirektion/amt-fuer-umwelt/a-bis-z-publikationen/merkblaetter/wasser/Phosphorinhalt%20im%20Zugersee%20-%20Entwicklung%201975-2018.pdf>
- [12] Qualitätskriterienvorschläge Oekotoxzentrum Dübendorf/Zürich, Stand April 2019, <https://www.oekotoxzentrum.ch/expertenservice/qualitaetskriterien/qualitaetskriterienvorschlaege-oekotoxzentrum/>
- [13] Verkaufsstatistik von Pflanzenschutzmitteln in der Schweiz, Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), 24.07.2018. <https://www.admin.ch/gov/de/start/dokumentation/medienmitteilungen.msg-id-71672.html>
- [14] Relevanz von Pflanzenschutzmittel-Metaboliten im Grund- und Trinkwasser, März 2019, BLW, [https://www.blw.admin.ch/dam/blw/de/dokumente/Nachhaltige%20Produktion/Pflanzenschutz/Pflanzenschutzmittel/Nachhaltige%20Anwendung%20und%20Risikoreduktion/Schutz%20des%20Grundwassers/PSM\\_Metaboliten.pdf.download.pdf/Relevanz%20von%20Pflanzenschutz-Metaboliten%20im%20Grund-%20und%20Trinkwasser.pdf](https://www.blw.admin.ch/dam/blw/de/dokumente/Nachhaltige%20Produktion/Pflanzenschutz/Pflanzenschutzmittel/Nachhaltige%20Anwendung%20und%20Risikoreduktion/Schutz%20des%20Grundwassers/PSM_Metaboliten.pdf.download.pdf/Relevanz%20von%20Pflanzenschutz-Metaboliten%20im%20Grund-%20und%20Trinkwasser.pdf)
- [15] Gewässerschutzverordnung (GSchV), SR 814.201 vom 28.10.1998, Stand am 1.6.2018
- [16] Verordnung des EDI über Trinkwasser sowie Wasser in öffentlich zugänglichen Bädern und Duschanlagen (TBDV), SR 817.022.11 vom 16.12.2016, Stand 1.5.2018

- [17] Karin Kiefer, Heinz Singer und Juliane Hollender (2019): Suspect-Screening nach Pflanzenschutzmittel-Abbauprodukten in ausgewählten Grundwasserproben des Kantons Zug. - Schlussbericht an das Amt für Umweltschutz des Kantons Zug, April 2019.
- [18] Karin Kiefer; Adrian Müller; Heinz Singer; Juliane Hollender und Miriam Reinhardt (2019): Pflanzenschutzmittel-Metaboliten im Grundwasser. – Aqua & Gas Nr. 11.



### Grundwasserüberwachung Reusstal November/Dezember 2018

**Messstellenbezeichnung**

- 200 bis 300
- 300 bis 400
- 400 bis 500
- 500 bis 600
- 600 bis 700
- 700 bis 800
- 800 bis 900

**Elektrische Leitfähigkeit [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]**

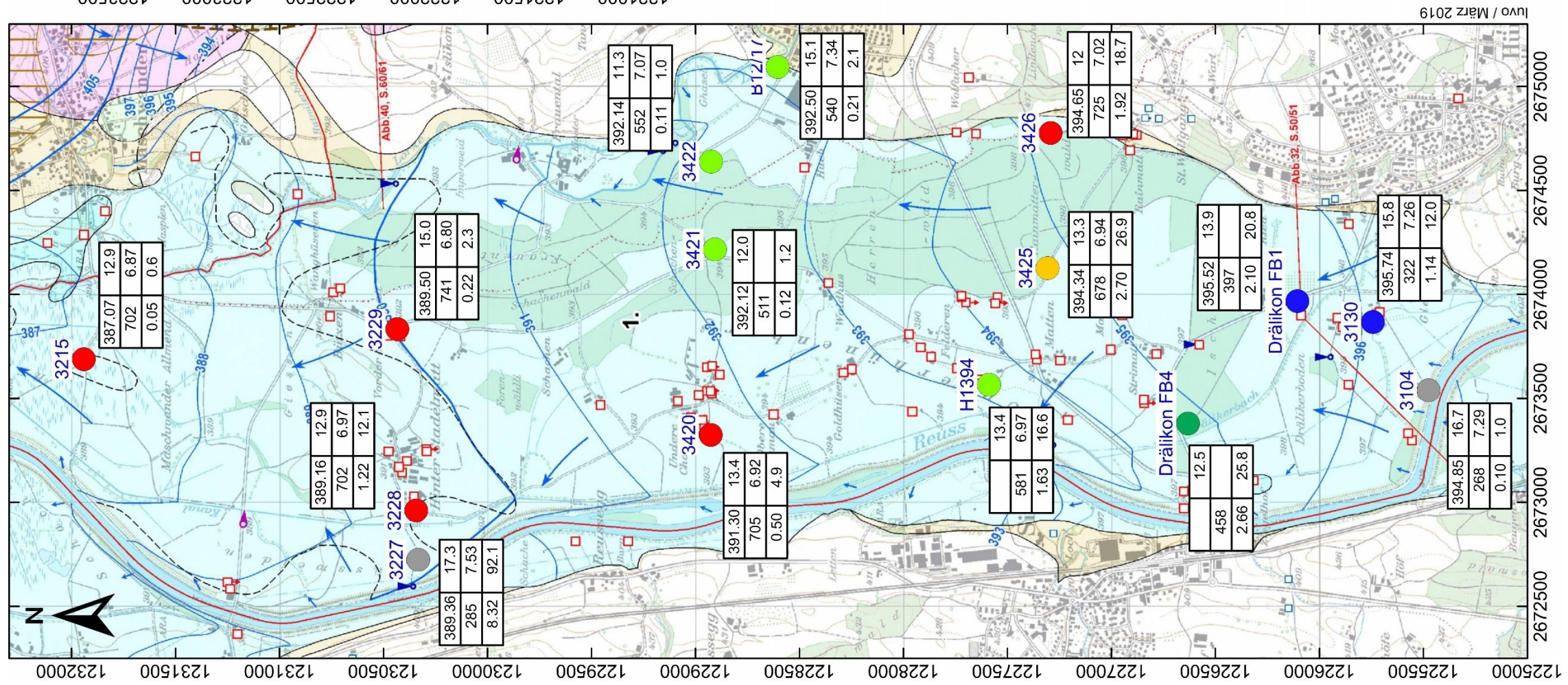
**Daten**

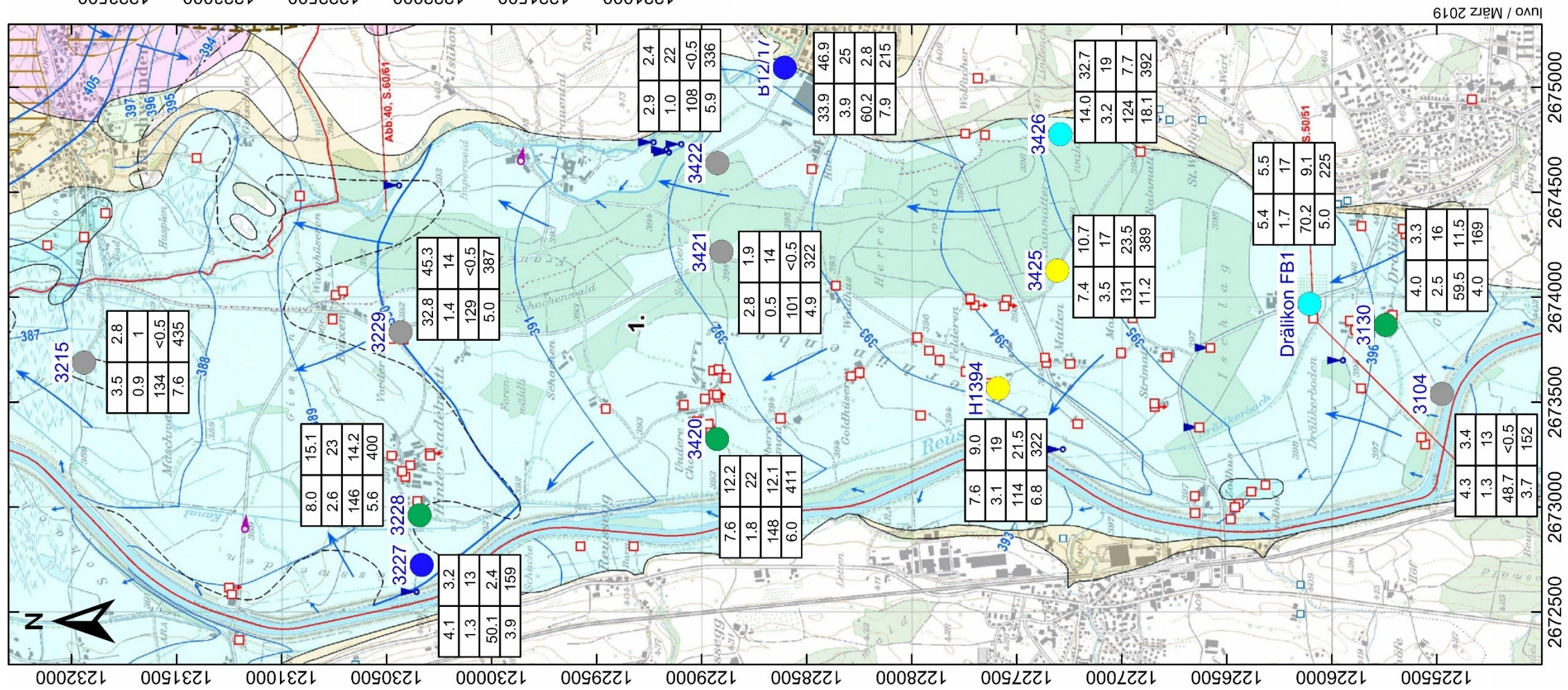
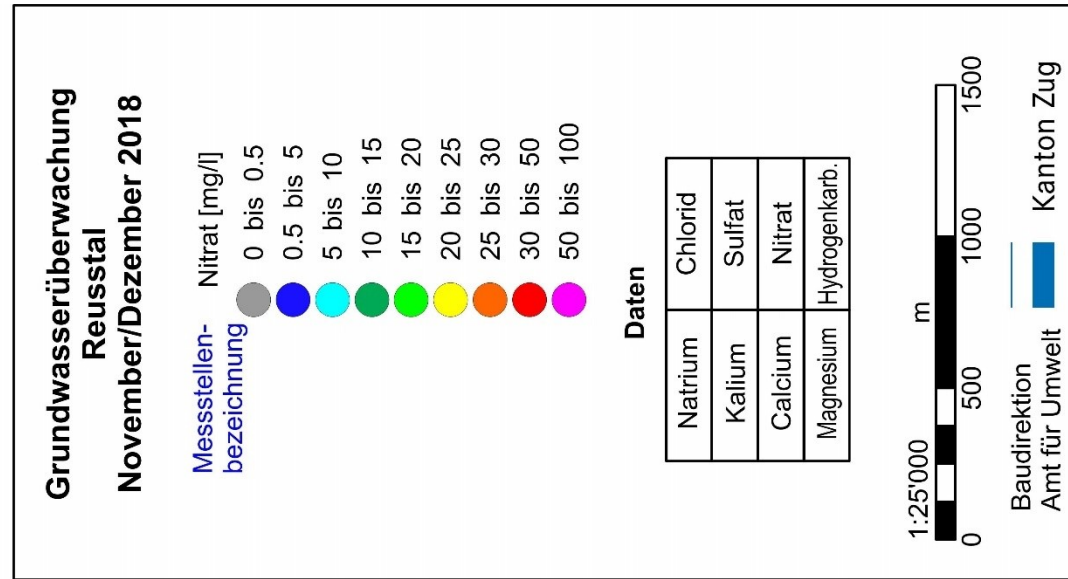
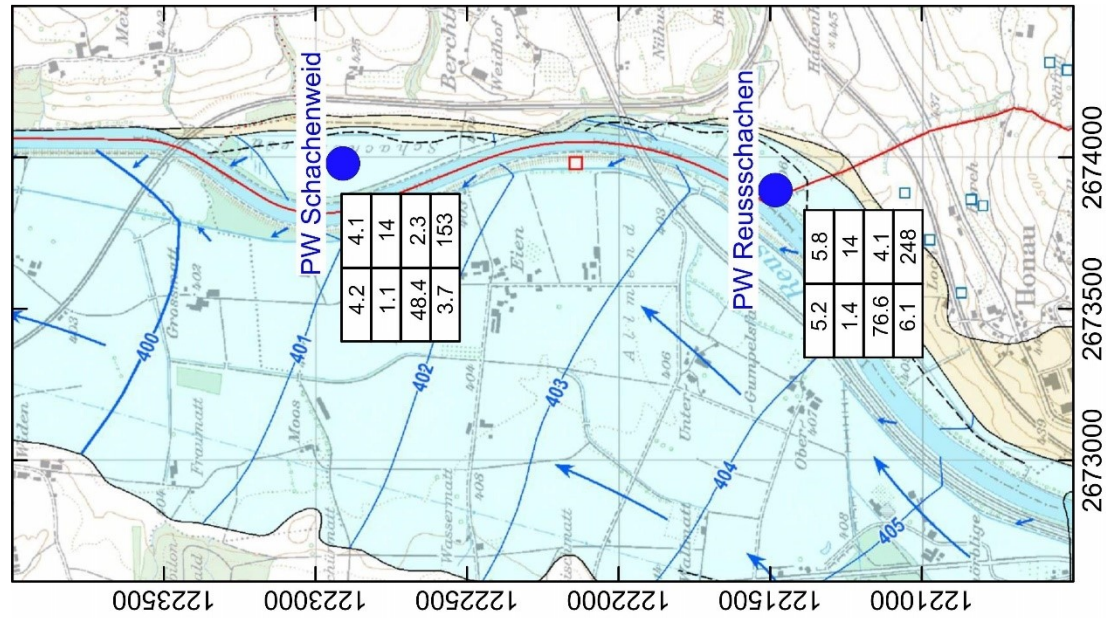
GW-Stand [m ü.M.]	Temperatur [ $^{\circ}\text{C}$ ]
Ei. Leitfähigkeit [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]	pH
Sauerstoff [mg/l]	Sauerstoff rel. [% Sättigung]

1:25'000

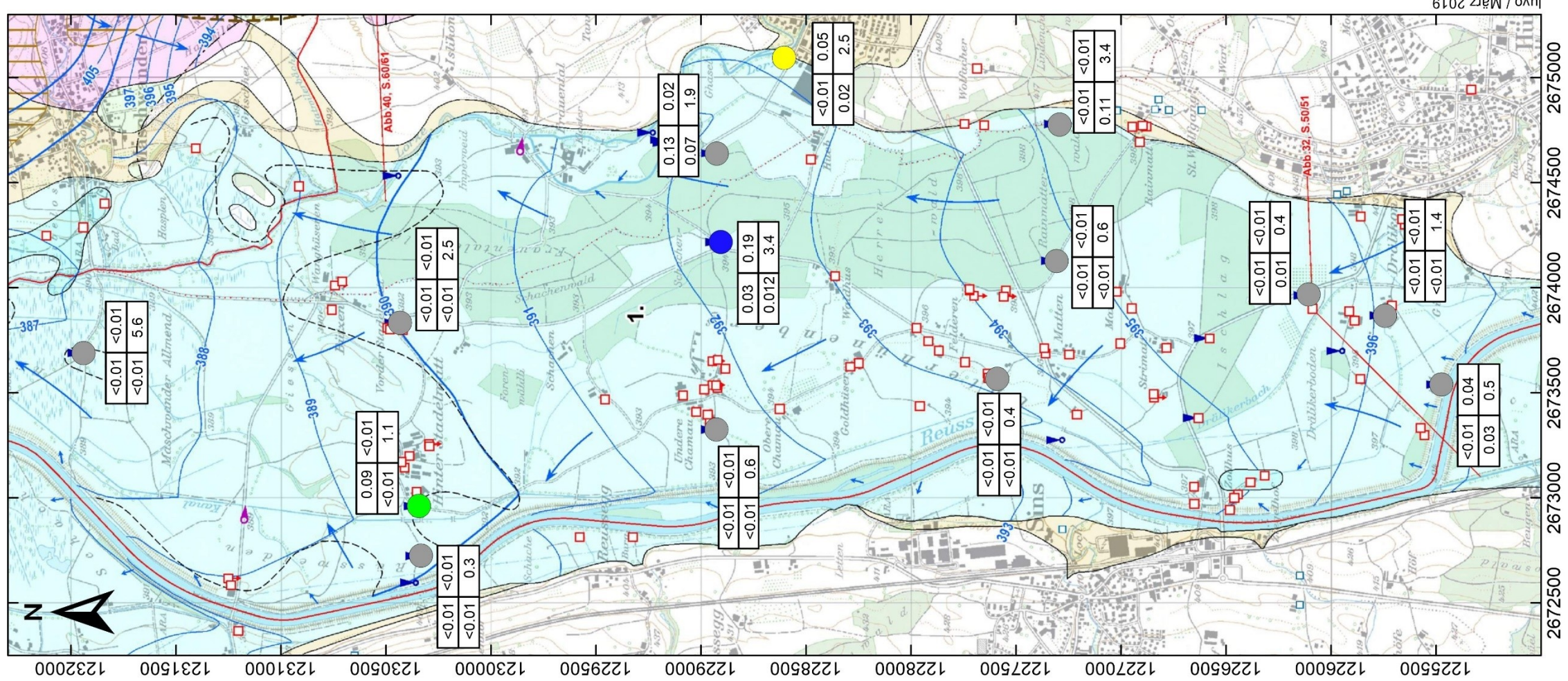
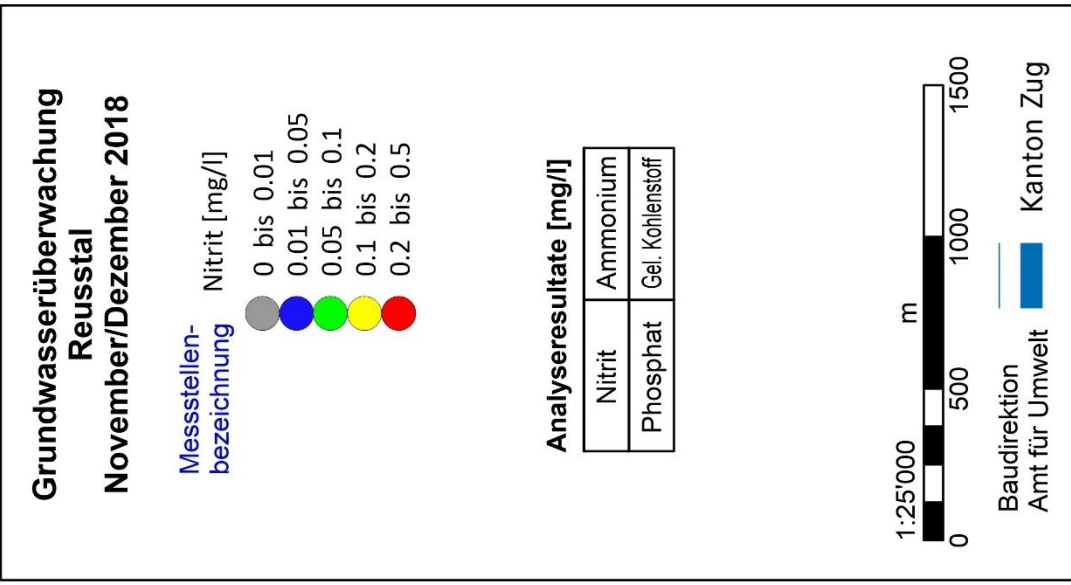
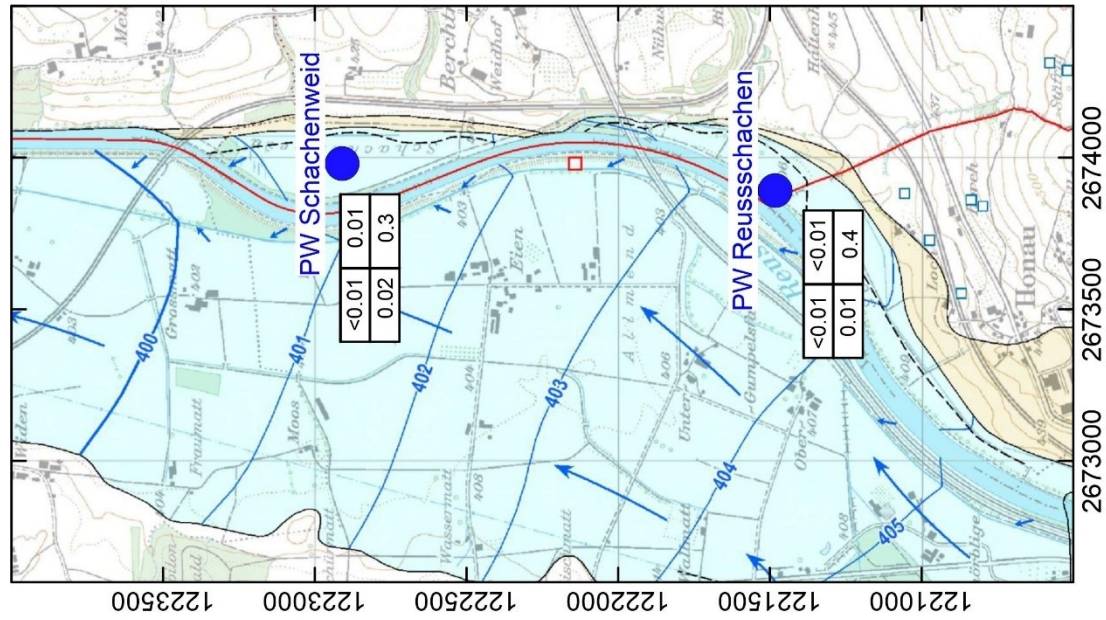
0 500 1000 1500 m

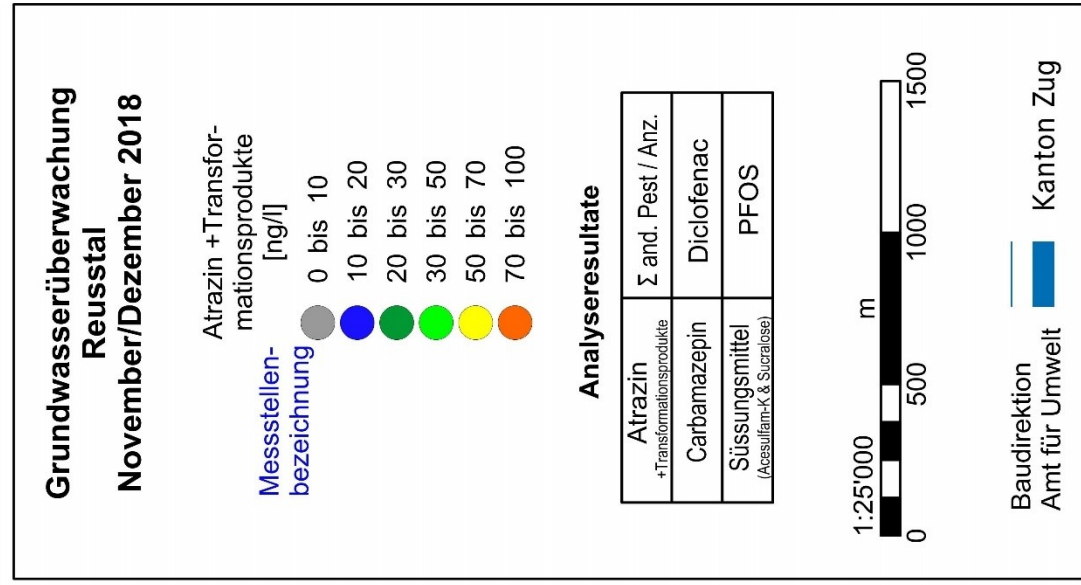
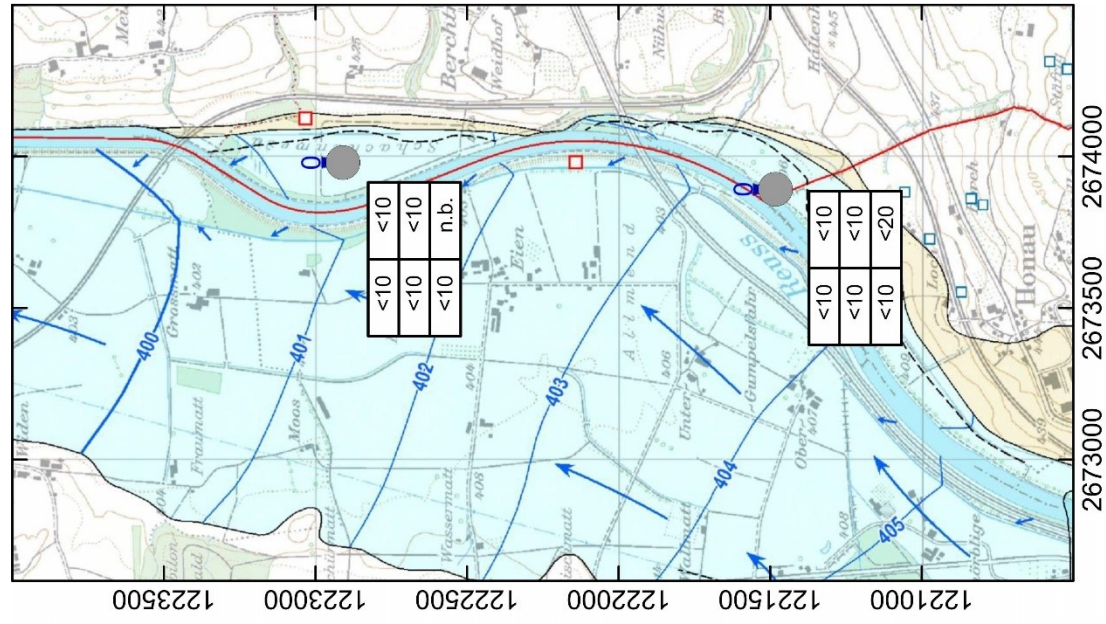
Baudirektion Amt für Umwelt Kanton Zug



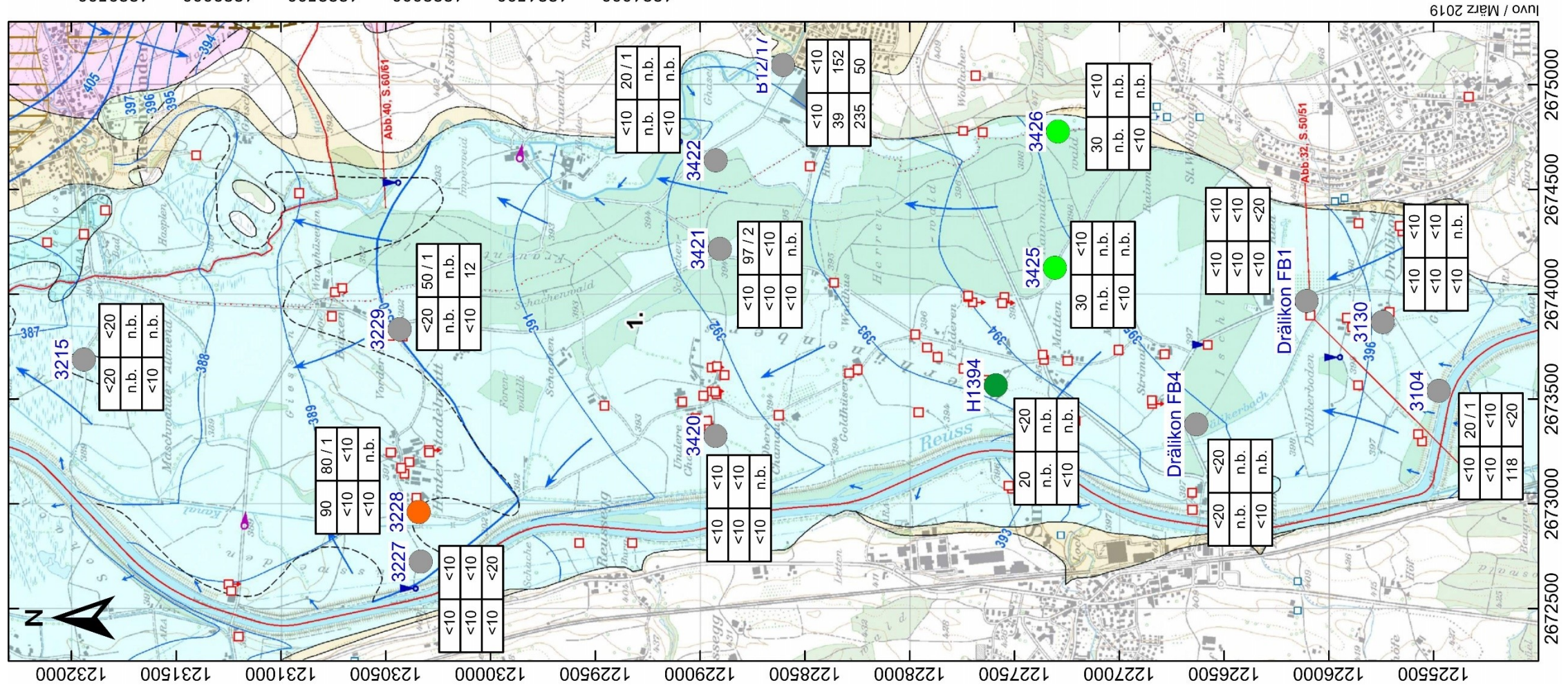


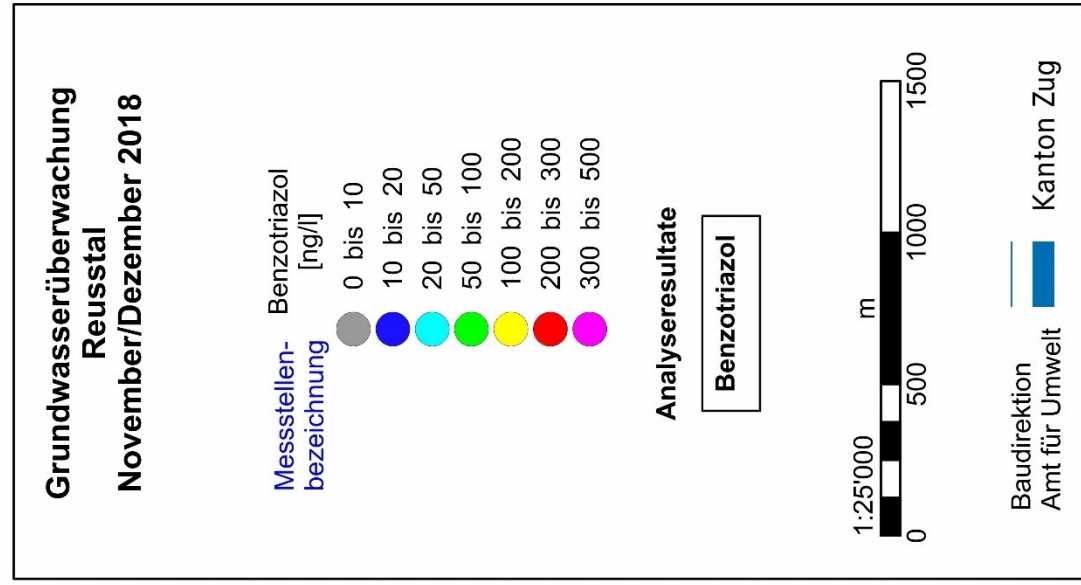
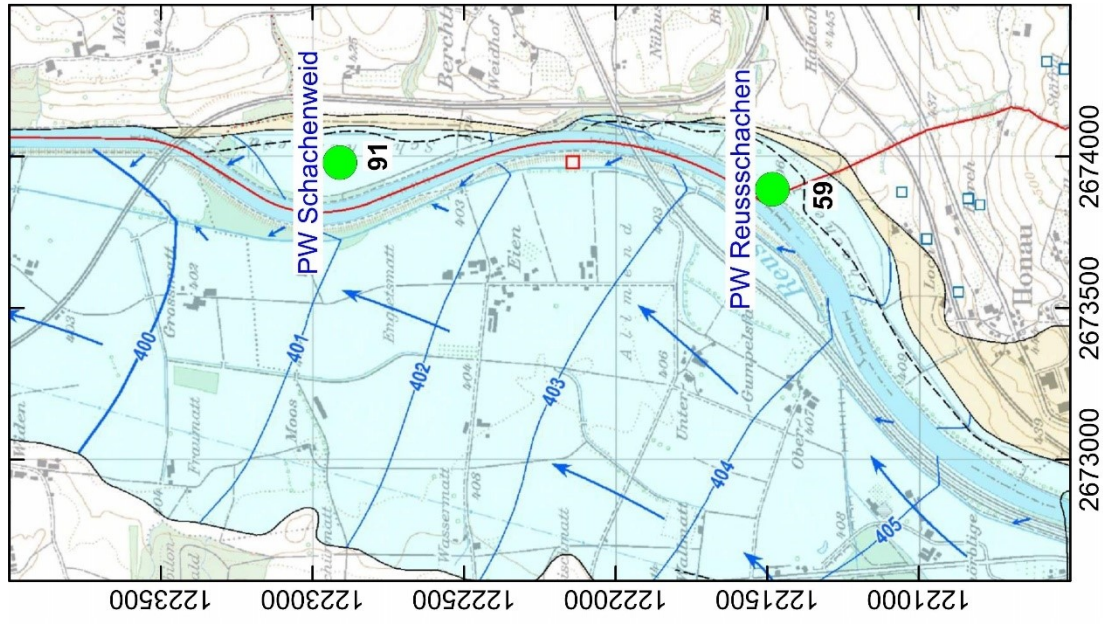




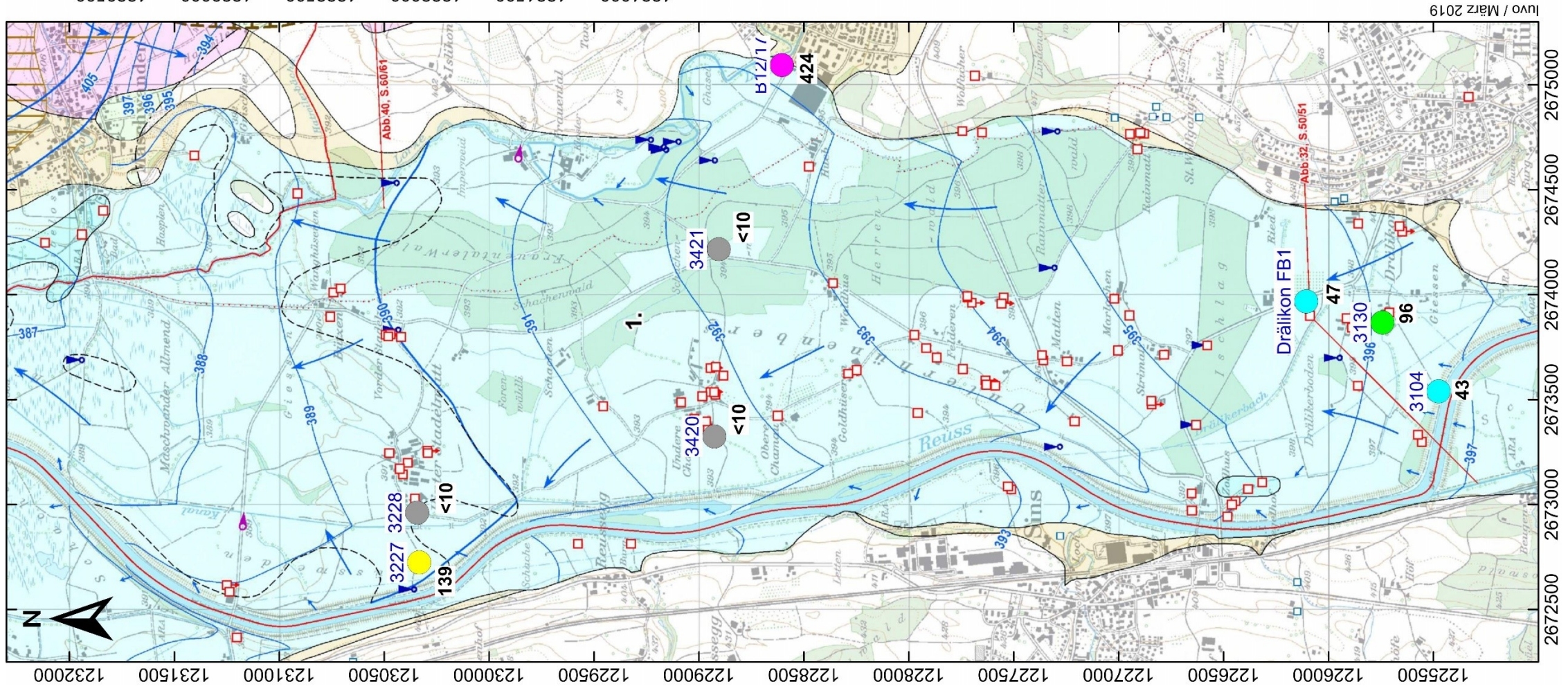


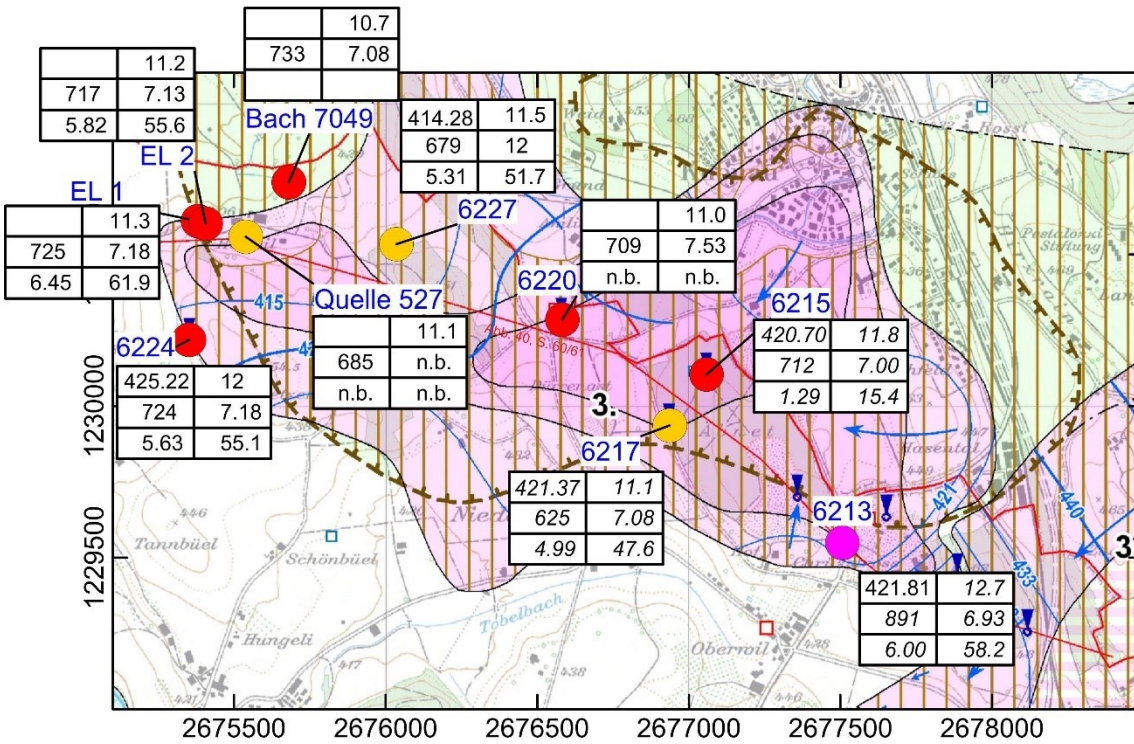
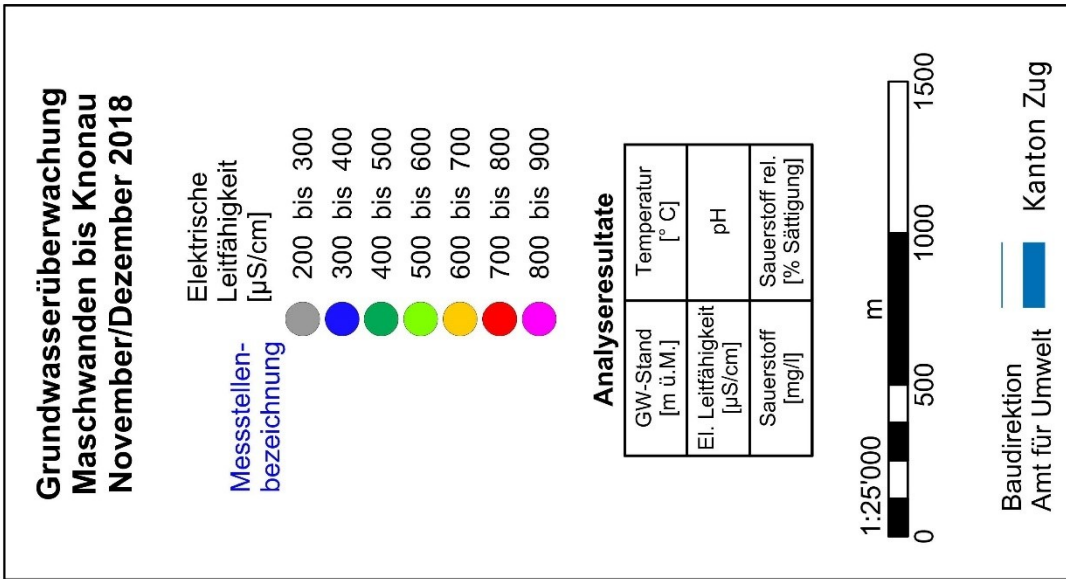
Anhang 4

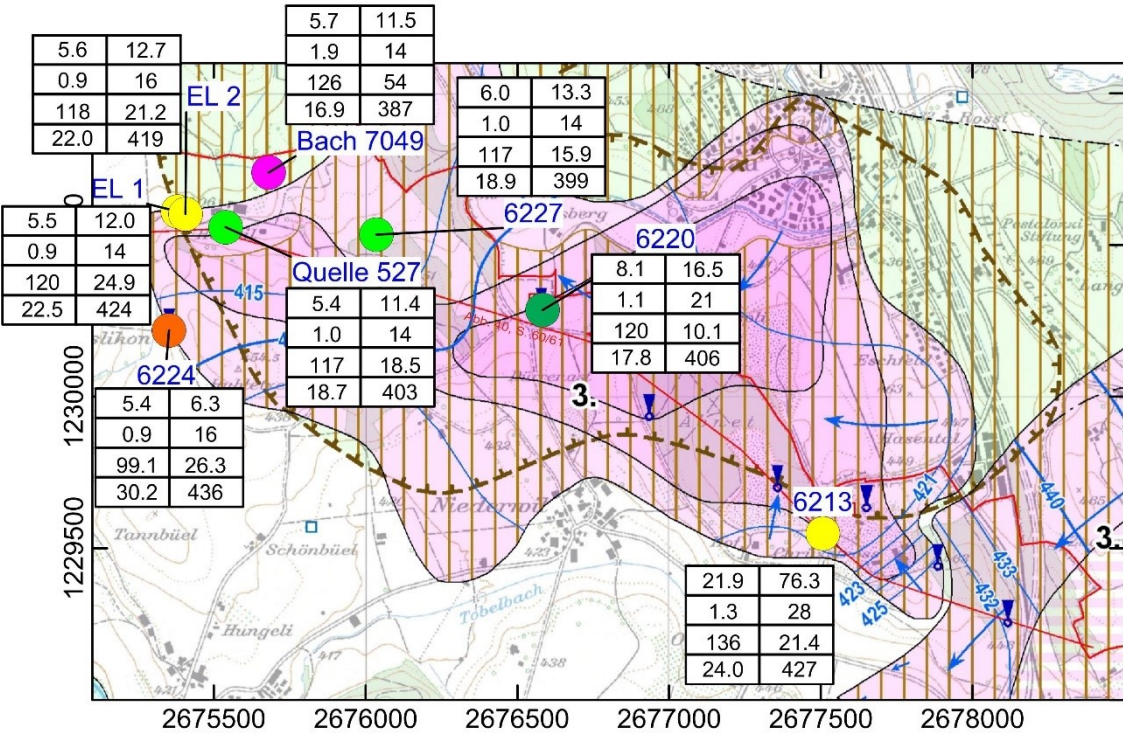
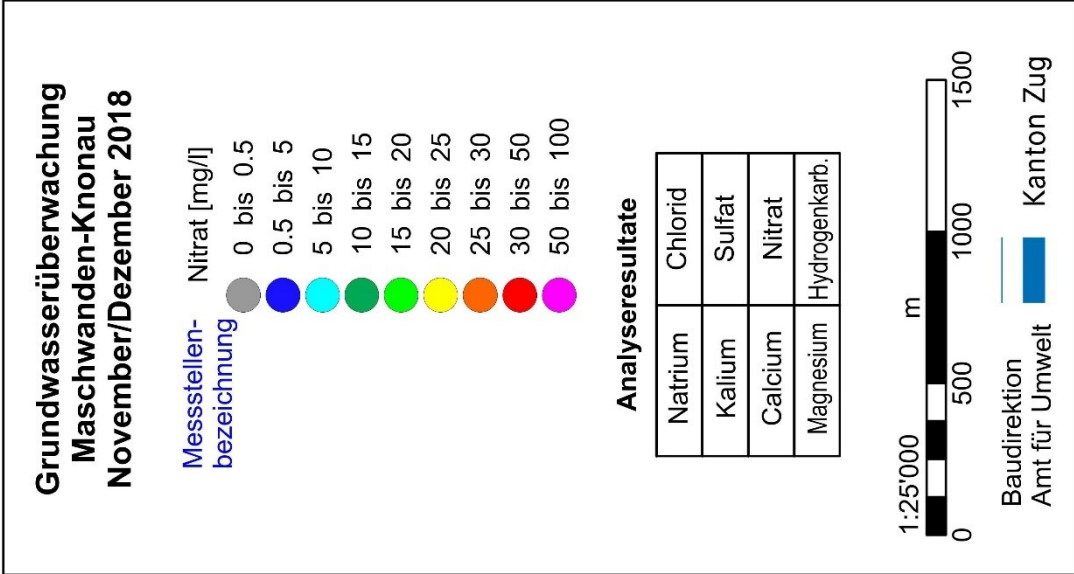


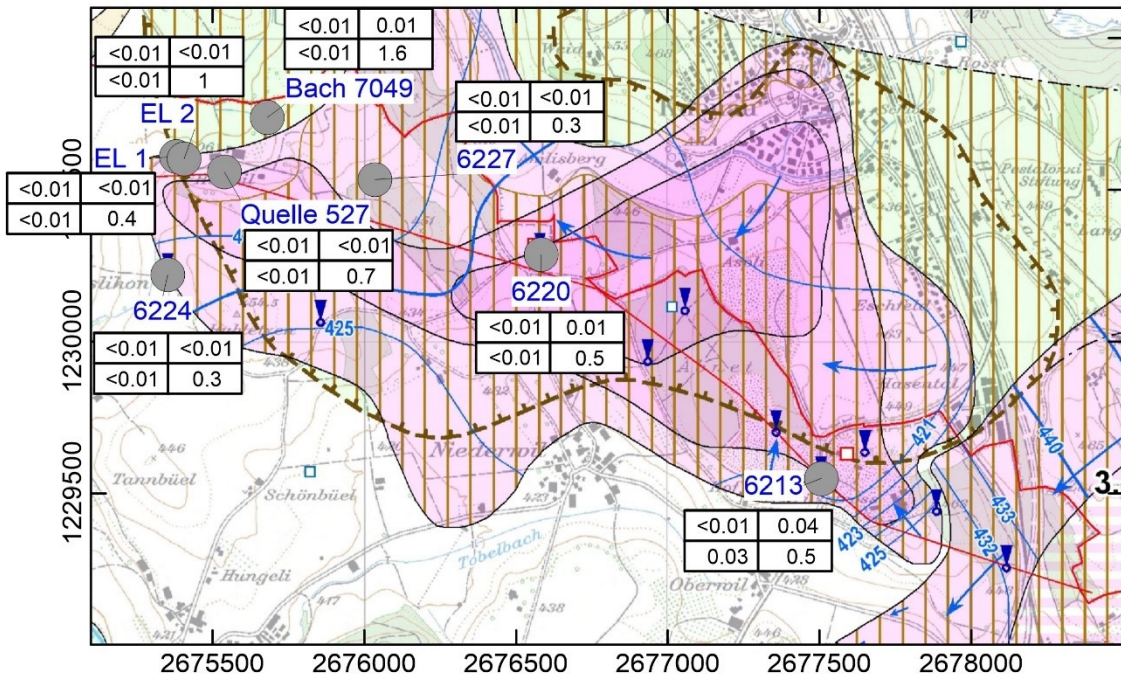
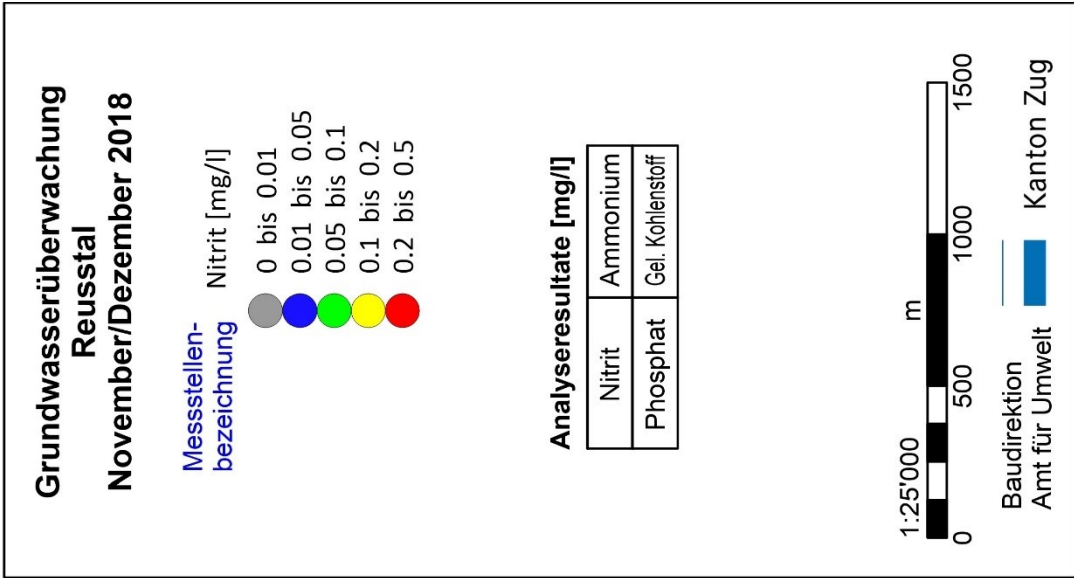


Anhang 5









### Grundwasserüberwachung Maschwanden bis Knonau November/Dezember 2018

Atrazin + Transformationsprodukte  
[ng/l]

Messstellen-  
bezeichnung

- 0 bis 10
- 10 bis 20
- 20 bis 30
- 30 bis 50
- 50 bis 70
- 70 bis 100

**Analyseresultate**

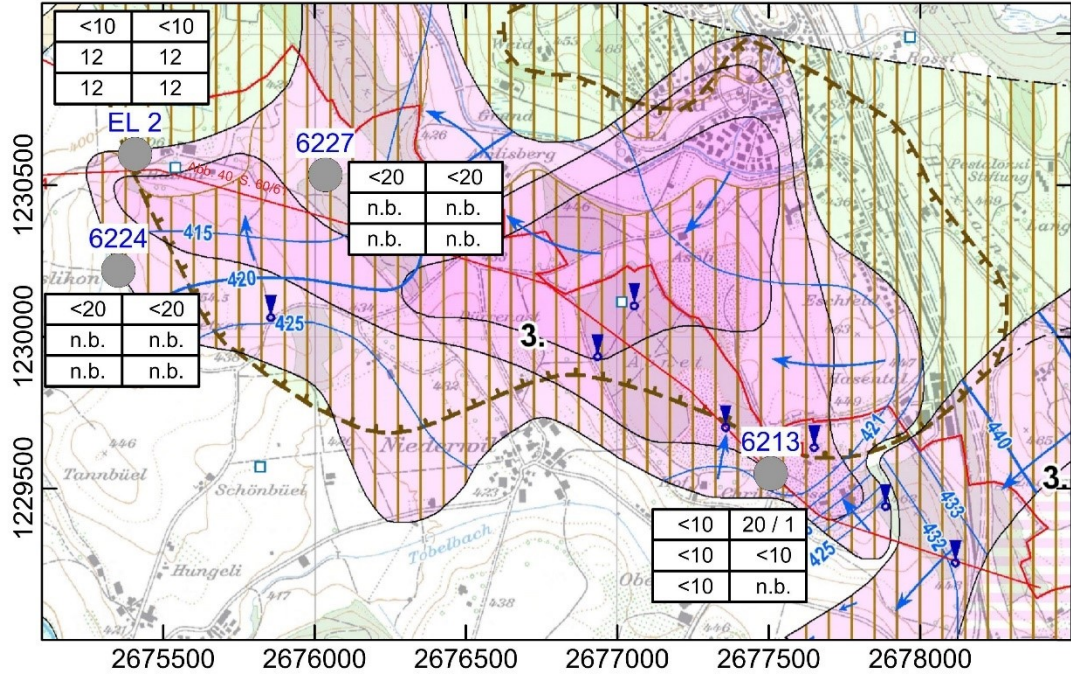
Atrazin + Transformationsprodukte	Σ and. Pest / Anz.
Carbamazepin	Diclofenac
Süßungsmittel (Acesulfam-K & Sucralose)	PFOS

1:25'000

m

— Baudirektion  
Amt für Umwelt

— Kanton Zug



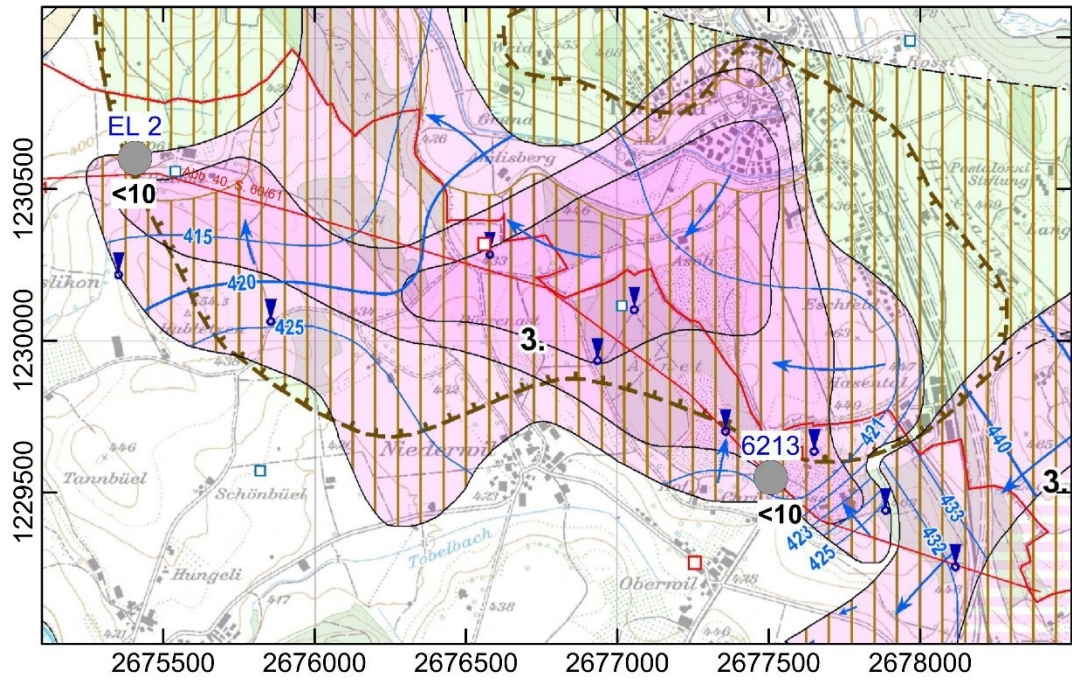
**Grundwasserüberwachung  
Maschwanden bis Knonau  
November/Dezember 2018**

Messstellen- bezeichnung	Benzotriazol [ng/l]
●	0 bis 10
●	10 bis 20
●	20 bis 50
●	50 bis 100
●	100 bis 200
●	200 bis 300
●	300 bis 500

**Analyseresultate**  
Benzotriazol

1:25'000  
0 500 1000 1500  
m

Baudirektion  
Amt für Umwelt      Kanton Zug








## Legende Grundwasserkarte




### Schotter-Grundwasserleiter ausserhalb der Talsohlen

#### Oberflächennahe Grundwasservorkommen


- nach- ver-  
gewiesen mutet
-  Gebiet geringer Grundwassermächtigkeit (0 bis 10m); Quellbildner an Talhängen oder auf Hochplateaux. Hochgelegene Quellgebiete: meist kleinere isolierte Vorkommen auf Geländekuppen und in oberflächennahen Moränenkomplexen.
  -  Gebiet grosser Grundwassermächtigkeit (10 bis 20m).
  -  Gebiet sehr grosser Grundwassermächtigkeit (mehr als 20m).

#### Tiefere Grundwasserstockwerke (teilweise in mehrfacher Überlagerung)





Bedeutende Quell- und Grundwasserströme in tiefliegenden, teilweise rinnenförmigen Schottervorkommen.

- nach- ver-  
gewiesen mutet
- Knonau - Blickensdorf
-  Höheres Grundwasservorkommen  
Uerzlikon - Blickensdorf - Inwil
  -  Tieferes Grundwasservorkommen  
Steinhausen - Blickensdorf
-  Sauerstoffarmes Tiefengrundwasser in der Felsrinne von  
Maschwanden - Knonau - Blickensdorf, Inwil - Menzingen - Richterswil, Unterägeri


#### Randliche Begrenzung der Grundwasservorkommen bei Stockwerkbau

-  Rand eines einmal überlagerten tieferen Grundwasserstockwerkes














### Schotter-Grundwasserleiter in Talsohlen

-  Gebiet geringer Grundwassermächtigkeit (meist weniger als 2m) oder geringer Durchlässigkeit. Randgebiet mit unterirdischer Entwässerung zum Grundwassernutzungsgebiet. Für vertikale Fassungen nur selten geeignet.
- nach- ver-  
gewiesen mutet
-  Gebiet mittlerer Grundwassermächtigkeit (2 bis 10m),  
für kleinere bis mittelgrosse vertikale Fassungen geeignet.
  -  Gebiet grosser Grundwassermächtigkeit (10 bis 20m),  
für grosse vertikale Fassungen geeignet.
  -  Gebiet sehr grosser Grundwassermächtigkeit (mehr als 20m).




#### Bedeckung von Grundwasserleitern

-  Schlecht durchlässige Deckschichten von meist mehr als 5m Mächtigkeit.  
(Moränen, Seebodenlehme, Schwemmlerme)

#### Hydrologische Angaben

-  Isohypsen des Grundwasserspiegels bei Mittelwasserstand
-  Fliessrichtung des Grundwassers nachgewiesen / vermutet
-  Linie gleicher nutzbarer Grundwassermächtigkeit (m)
-  Umrandung von artesischen Grundwasservorkommen unter mächtigen Deckschichten
-  Oberflächengewässer wirkt als Vorfluter für das Grundwasser
-  Oberflächengewässer wirkt als infiltrant für das Grundwasser
-  Gefasste Quelle
-  Ungefasster Grundwasseraustritt oder ungefasste Quelle von Bedeutung
-  Entnahmehrunnen
-  Rückgabehrunnen
-  Versickerungsanlage
-  Grundwassermessstelle
-  Oberflächengewässermessstelle

#### Orientierender Inhalt

-  Kantonsgrenze
-  Gemeindegrenze
-  Profilspur mit Angabe von Abbildungsnummer und Seitenzahl zu den Illustrationen im Grundwasserbuch Kt. Zug (2007)