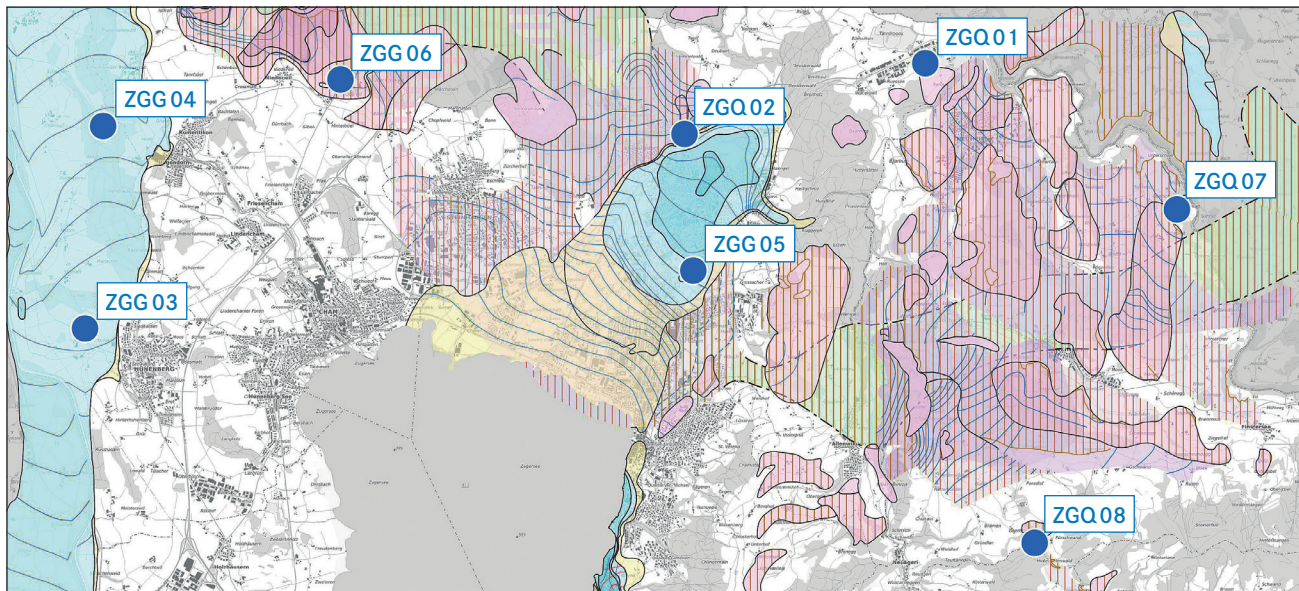


Ausschnitt aus der Grundwasserkarte¹
mit Lage der NAQUA-Messstellen aus dem Modul SPEZ



Die Grundwasserqualität will sorgfältig beobachtet sein

20 Jahre NAQUA SPEZ

Über 80% des Schweizer Trinkwassers stammen aus dem Grundwasser.² Im Kanton Zug dürfte dieser Anteil über 90% liegen; nur in Oberägeri wird der See für die lokale Trinkwasserversorgung genutzt. Die Neubildung, also die Anreicherung des Grundwassers, erfolgt über versickernde Niederschläge und entlang von Gewässerabschnitten, die Wasser an Grundwasservorkommen verlieren.

Das Grundwasser und damit auch das Trinkwasser sollten frei sein von unerwünschten Fremdstoffen; sie stammen aus menschlichen Tätigkeiten wie aus Industrie- und Gewerbestandorten, aus der Landwirtschaft, von Verkehrs- und Siedlungsflächen und aus der Siedlungsentwässerung. Dabei handelt es sich meist um synthetische organische Substanzen. Man bezeichnet sie auch als Spurenstoffe oder Mikroverunreinigungen (MV). Beobachtung und Kenntnis solcher Fremdstoffe sind für die Gewährleistung einer einwandfreien Grund- und Trinkwasserqualität essentiell. Seit den 1990er-Jahren erhebt vor allem der Bund systematisch Daten zur Umweltbelastung, zur Wasserqualität und zu den hydrologischen Verhältnissen. So kann er die Schweizer Öffentlichkeit gezielt über die entsprechenden Ergebnisse informieren.³

1997 wurden die ersten Messstellen der Nationalen Grundwasserbeobachtung (NAQUA) in Betrieb genommen. Seit 2002 arbeitet das Bundesamt für Umwelt BAFU im Rahmen von NAQUA

eng mit den kantonalen Fachstellen zusammen und erfasst die Grundwasser-Qualität landesweit an über 500 Messstellen. Seit 2002 werden darum im Kanton Zug an acht Messstellen zwei bis viermal jährlich Grundwasserproben entnommen und auf verschiedene Stoffgruppen analysiert. Im Folgenden wird diese 20-jährige wertvolle Datenreihe dargestellt und bewertet.

Nationale Grundwasserbeobachtung NAQUA

Die Nationale Grundwasserbeobachtung NAQUA besteht aus verschiedenen Modulen.⁴ Im Rahmen des Moduls SPEZ werden schweizweit an mehr als 500 repräsentativ ausgewählten Messstellen Daten zu Fremdstoffen und Nitrat im Grundwasser erhoben. Der Fokus liegt auf Substanzen, die aus der Landwirtschaft, aus Industrie, Gewerbe und Haushalten sowie aus dem Verkehr stammen. An den acht Messstellen im Kanton Zug werden Nitrat, Pestizide (PSM) und deren Abbauprodukte resp. Metaboliten, Arzneimittel, Industriechemikalien, Lebensmittelzusatzstoffe und weitere organische Spurenstoffe analysiert. Die entsprechende (Labor-)Stoffliste wurde in den letzten 20 Jahren fortlaufend dem aktuellen Kenntnisstand angepasst, insbesondere bei den Pestiziden.

Neben den kontinuierlichen Analysen führt das BAFU auch Pilotstudien durch. Dabei wird beispielsweise nach unbekanntem oder bisher nicht berücksichtigten Stoffen gesucht (Screening). Stichprobenartig werden auch zusätzliche Parameter gemessen (z.B. PFAS, TFA, Schwermetalle).

Messstelle	Bezeichnung	Mittelwert [mg/l] 2002–2016	Tendenz (Vergleich 2002–2016 mit 2017–2021) [%]		Überschreitungen Anf. 25 mg/l [% der Analysen]	Bemerkungen
ZGQ 01	Utigerhof	27.9	+17.0	↗	84	
ZGQ 02	Jöchler	18.5	+2.2	→	0	
ZGG 03	VFB1 Drälikon	11.1	-10.5	↘	0	
ZGG 04	PM 3421	0.29	-66.7	↘	0	viele Werte <BG*
ZGG 05	VFB1 Sternen	9.5	-10.8	↘	0	
ZGG 06	PM6213 Cham	20.2	+4.4	→	0	
ZGQ 07	Schwand 1	18.3	+3.8	→	0	
ZGQ 08	Stollenquelle	6.4	-12.9	↘	0	

Zusammenstellung Nitratgehalte und Tendenz

* Bestimmungsgrenze

Messstellen ZG

Unter den acht NAQUA-Messstellen aus dem Modul SPEZ im Kanton Zug (vgl. Abbildung S. 3) finden sich vier Quellfassungen, zwei Pumpwerke von Wasserversorgungen sowie zwei Piezometer (Grundwasserbeobachtungsrohre). Ziel ist es, verschiedene typische und schweizweit repräsentative Gebiete und Landnutzungen zu berücksichtigen. Sechs der acht Messstellen werden als Trinkwasserfassungen genutzt, sodass ein zusätzlicher Nutzen für die qualitative Beobachtung der Trinkwasserqualität entsteht. Das kantonalzugerische Labor des Amtes für Verbraucherschutz, die Wasserversorgung der Stadt Zürich und das Amt für Umwelt Zug führen die Probenahmen sowie die Laboranalysen durch. Das BAFU leistet neben der fachlichen Leitung wichtige finanzielle Beiträge.

Resultate

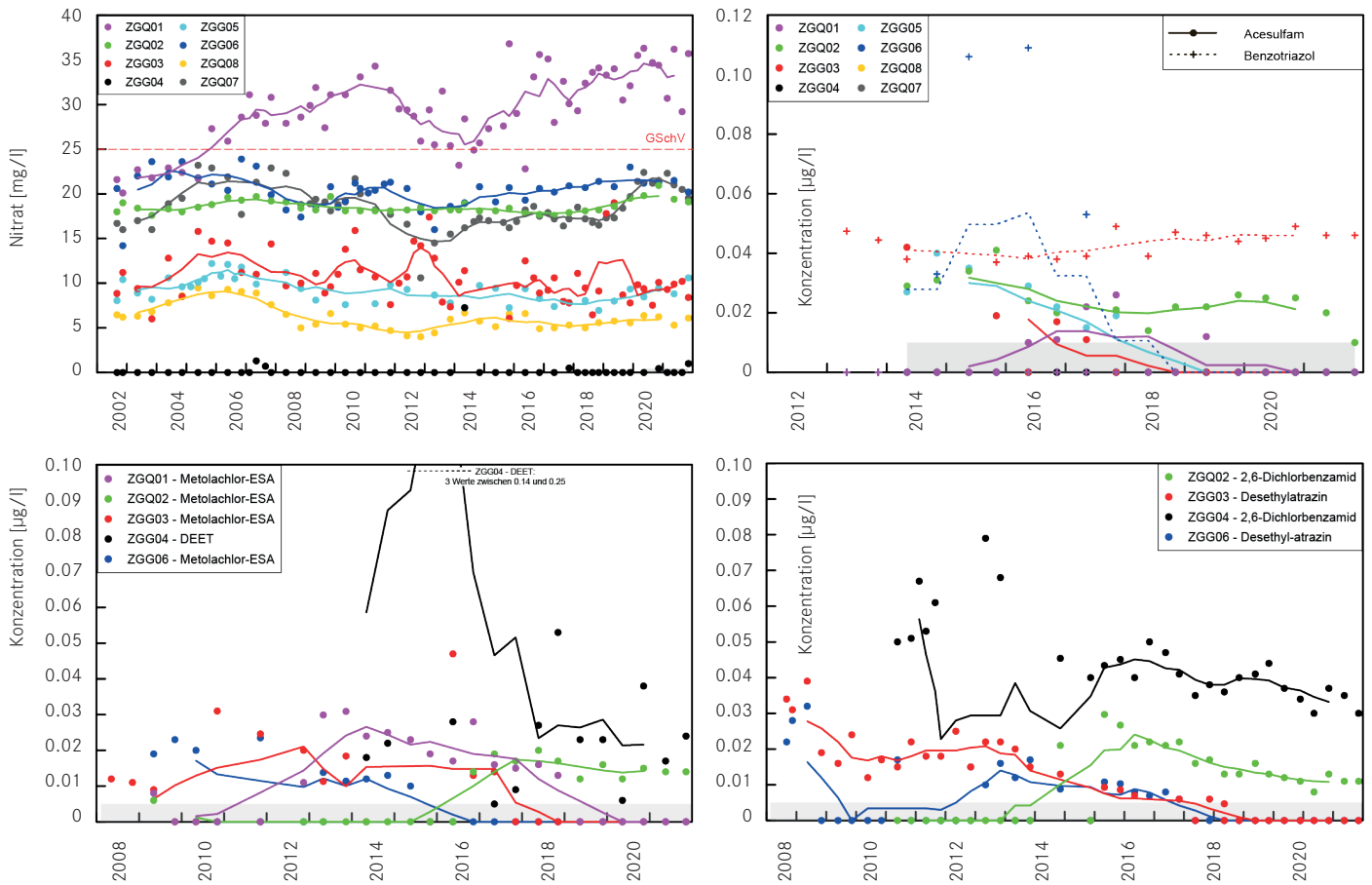
a) Nitrat

Nitrat ist ein Nährstoff und gelangt über Hofdünger oder künstliche Düngemittel ins Grundwasser. In der Gewässerschutzverordnung (GSchV) ist festgelegt, dass die Nitratkonzentration 25 mg/l nicht überschreiten soll; Trinkwasser darf höchstens 40 mg/l enthalten. Negative Gesundheitseffekte wurden schon bei Nitratgehalten von unter 10 mg/l festgestellt.^{5/6} Darum ist ein möglichst geringer Nitratgehalt im Grund- und Trinkwasser erwünscht. Der Wert von 25 mg/l Nitrat wurde an sieben von acht NAQUA-Messstellen seit 2002 nie überschritten (vgl. Tabelle oben). Lediglich an der Mess-

stelle ZGQ 01 wies das Grundwasser deutlich höhere Konzentrationen auf (vgl. Grafik S. 5 links oben). An vier Messstellen zeigte sich in den letzten Jahren eine Abnahme der Nitratkonzentration. Die vier übrigen Messstellen wiesen die höchsten Nitratkonzentrationen mit knapp unter 20 bis deutlich über 30 mg/l auf; an diesen ist zudem eine leichte resp. eine deutliche Zunahme festzustellen.

b) Mikroverunreinigungen

In der Tabelle S. 6 sind die wesentlichen Mikroverunreinigungen im Grundwasser aufgeführt. 6 der 8 Messstellen liegen in eher landwirtschaftlich geprägtem Gebiet; erwartungsgemäss stammen die nachgewiesenen Mikroverunreinigungen vor allem aus der Landwirtschaft. Darunter sind zwei Pestizid-Wirkstoffe: Da ist zum einen das seit 2012 in der Schweiz verbotene Herbizid Atrazin, dann zum andern das Insektenrepellent (Abwehrmittel) DEET. An zwei Messstellen ist auch das Pestizid-Abbauprodukt (oder Metabolit) Desethyl-atrazin vorhanden. Weitere Metaboliten sind in mehreren Messstellen nachzuweisen: Metolachlor-ESA, Nicosulfuron UCSN, zwei Metaboliten von Chlorothalonil sowie 2,6-Dichlorbenzamid, ein Metabolit des seit 2014 in der Schweiz verbotenen PSM-Wirkstoffes Dichlobenil. Für Pestizide und die Trinkwasser-relevanten Metaboliten gilt in der Gewässerschutzverordnung ein Grenzwert von 0,1 µg/l (vgl. Tabelle S. 6). Seit Beginn der Analysen 2019 überschritten Metaboliten von Chlorothalonil in den Messstellen ZGQ 02 und ZGG 03 mehrfach einen Wert von 0,1 µg/l. Das Gleiche gilt



Zeitliche Verläufe der Konzentrationen von Nitrat (l.o.), Acesulfam, Benzotriazol (r.o.), Metolachlor-ESA, DEET (l.u.), 2,6-Dichlorbenzamid und Desethyl-atrazin (r.u.)

auch für die Messstelle ZGG04; hier wurde seit Beginn der Analysen 2011 der Grenzwert für DEET dreimal (=17%) überschritten (vgl. Tabelle S. 6).

Zu verzeichnen sind zwei weitere Mikroverunreinigungen: das Süßungsmittel Acesulfam und die Industriechemikalie Benzotriazol (vgl. Abbildung oben). Acesulfam ist ein guter Anzeiger für Abwasseranteile im (Grund-)Wasser. Es kann über undichte Abwasserleitungen und Oberflächengewässer, die Abwasser aus ARAs enthalten, ins Grundwasser gelangen. Benzotriazol wird als Korrosionsschutzmittel und Enteisungsmittel verwendet und ist in Oberflächengewässern oft zu registrieren.

Allgemeine Trends können bei diesen weitverbreiteten Mikroverunreinigungen (MV) in der Tabelle S. 6 kaum identifiziert werden. Die Konzentrationen der beiden nicht mehr zugelassenen Pestizide sind zwar klar rückläufig. Bei den anderen beiden verbreiteten Pestiziden und den MV hängt es vermutlich von einzelnen Kulturen auf dem Ackerland ab, ob die Konzentrationen zeitweise erhöht sind.

c) Weitere Parameter und Pilotstudien

Im Rahmen einer Forschungsarbeit hat das BAFU 2017 und 2018 zusammen mit dem Wasserforschungsinstitut der ETH, der Eawag, Untersuchungen zu bisher analytisch nicht erfassten MV durchgeführt (Screening⁷). Auf Initiative des AFU hat die Studie zwei Proben aus den Messstellen ZGG03 und

ZGG05 berücksichtigt. Es wurden wenige, bisher nicht erkannte Pestizide und Medikamentenrückstände nachgewiesen, was am umfangreichen Spektrum der analysierten Substanzen und an den tieferen Bestimmungsgrenzen beim Screening liegt. Bedeutend war jedoch der neue Nachweis von Abbauprodukten des Fungizids Chlorothalonil. Da diese schweizweit an sehr vielen Messstellen und auch im Trinkwasser in relativ hohen Konzentrationen ($\gg 0,1 \mu\text{g/l}$) nachgewiesen wurden, war Chlorothalonil über Monate ein Thema in den Medien. Das AFU hat die bisherigen Erkenntnisse zu Chlorothalonil im Grundwasser im Kanton Zug zusammengefasst und dargestellt.⁸ Die Konzentrationen der Chlorothalonil-Metaboliten haben unterdessen deutlich abgenommen.

2001 führte das BAFU nach 2007/2008 eine weitere Pilotstudie auf poly- und perfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) durch. Dies ist eine umfangreiche Stoffgruppe mit sehr verschiedenen Anwendungen in Industrie, Bauwirtschaft, Haushalten und Medizin (Textilien, Kosmetika, Oberflächenbeschichtungen etc.). Diese teils sehr toxischen Chemikalien sind praktisch nicht abbaubar und können sich in der Umwelt anreichern. An fünf von acht Zuger Messstellen fanden sich verschiedene PFAS in sehr tiefen Konzentrationen von einigen ng/l. Bisher sind lediglich einzelne PFAS streng reguliert. Aufgrund einer laufenden toxikologischen (Neu-)Bewertung zeichnet sich aber ab, dass auch Konzentrationen im Nanogramm-bereich problematisch sein könnten.⁹

Messstelle	Bezeichnung	Nachweise	Nachgewiesene Stoffe	Beschrieb ^{b)}	Max. Konzentration [µg/l]	Häufigkeit Nachweise [%] ^{d)}
ZGQ 01	Utigerhof	15	Metolachlor-ESA (CGA 354743)	PSM-Metabolit	0.031	60.0
		5	Acesulfam	Süssungsmittel	0.026	31.3
ZGQ 02	Jöchler	5	Chlorothalonil R471811	PSM-Metabolit	0.162	100
		4	DEET	Insektenabwehr	0.019	23.5
		3	Nicosulfuron UCSN	PSM	0.027	60.0
		19	2,6-Dichlorbenzamid (BAM)	PSM-Metabolit	0.030	63.3
		12	Metolachlor-ESA (CGA 354743)	PSM-Metabolit	0.020	48.0
		16	Acesulfam	Süssungsmittel	0.041	100
ZGG 03	VFB1 Drällikon	5	Atrazin	PSM	0.017	13.5
		5	Chlorothalonil R471811	PSM-Metabolit ^{d)}	0.025	40.0
		2	Chlorothalonil R417888	PSM-Metabolit ^{d)}	0.395	83.3
		25	Desethyl-atrazin	PSM-Metabolit	0.039	67.6
		12	Metolachlor-ESA (CGA 354743)	PSM-Metabolit	0.047	48.0
		4	Nicosulfuron UCSN	PSM-Metabolit	0.056	83.3
		5	Acesulfam	Süssungsmittel	0.042	33.3
		17	Benzotriazol	Industriechemikalie	0.049	100
ZGG 04	PM 3421	16	DEET	Insektenabwehr	0.253	88.9
		27	2,6-Dichlorbenzamid (BAM)	PSM-Metabolit	0.079	84.4
		5	Metolachlor-ESA (CGA 354743)	PSM-Metabolit	0.015	17.2
ZGG 05	VFB1 Sternen	10	Acesulfam	Süssungsmittel	0.040	55.6
		5	MTBE	Kraftstoffzusatz	0.410	12.8
ZGG 06	PM6213 Cham	5	Chlorothalonil R471811	PSM-Metabolit	0.061	100
		16	Desethyl-atrazin	PSM-Metabolit	0.032	42.1
		10	Metolachlor-ESA (CGA 354743)	PSM-Metabolit	0.030	40.0
		3	DEET	Insektenabwehr	0.020	16.7
		4	Benzotriazol	Industriechemikalie	0.109	22.2
ZGQ 07	Schwand 1	–	–	–	–	–
ZGQ 08	Stollenquelle	3	DEET	Insektenabwehr	0.050	16.7

^{a)} Mehr als 2 Nachweise oder >1 Nachweis und in >20% der Analysen oder >50 ng/l; ohne Screening 2017/2018

^{b)} PSM-Metaboliten: blau: Trinkwasser-relevant, grau: nicht Trinkwasser-relevant

^{c)} Unterschiedliche Analysenanzahl, i.d.R. ≥4 bis 58

^{d)} Einstufung der Trinkwasser-Relevanz hängt

Übersicht der nachgewiesenen Mikroverunreinigungen (2002–2021)^{a)}

Fazit

Für die schweizweite und regionale Übersicht zu qualitativen Belastungen des Grundwassers ist die vom Bund initiierte und gemeinsam mit den Kantonen getragene Nationale Grundwasserbeobachtung NAQUA wichtig. Sie ist am Zuger Beispiel des Moduls SPEZ dargestellt. Der Kanton Zug kann Qualitätsprobleme so frühzeitig und besser erkennen und langfristige Trends beobachten. Das Amt für Umwelt führt eine zusätzliche Grundwasserüberwachung nach einem risikobasierten Ansatz durch.¹⁰

Die Ergebnisse der Grundwasserüberwachung NAQUA zeigen, dass auch im Kanton Zug die Grundwasserqualität vor allem von Ackerbauflächen her beeinträchtigt wird. Im schweizweiten Vergleich schneidet Zug relativ gut ab. Die eher von Siedlungsflächen stammenden Mikroverunreinigungen (MV) gelten nach heutiger Kenntnis als wenig besorgniserregend. Die gesetzlichen Anforderungen bezüglich der MV wurden bis auf vereinzelte Ausnahmen eingehalten. Bei punktuell erhöhten Nitratgehalten im Grundwasser müssen gegebenenfalls Massnahmen zur Reduktion eingeleitet werden.

Pilotstudien werden auch in Zukunft wichtige Elemente der Nationalen Grundwasserbeobachtung sein. Die dabei auch im Kanton Zug nachgewiesenen poly- und perfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) dürften in Zukunft an Bedeutung gewinnen.

Volker Lützenkirchen

¹ Grundwasserkarte des Kantons Zug, www.zugmap.ch/grundwasserkarte

² Sinreich, M., Kozel, R., Lützenkirchen, V., Matousek, F., Jeannin, P.-Y., Löw, S., & Stauffer, F. (2012). Grundwasserressourcen der Schweiz: Abschätzung von Kennwerten. *Aqua & Gas*, 92(9), 16–28.

³ www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wasser/publikationen-studien/publikationen-wasser/ergebnisse-grundwasserbeobachtung-schweiz-naqua.html

⁴ www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wasser/fachinformationen/zustand-der-gewaesser/zustand-des-grundwassers/nationale-grundwasserbeobachtung-naqua.html

⁵ Schullehner, J., Hansen, B., Thygesen, M., Pedersen, C. B., & Sigsgaard, T. (2018). Nitrate in drinking water and colorectal cancer risk: A nationwide population-based cohort study. *International Journal of Cancer*, 143(1), 73–79. <https://doi.org/10.1002/ijc.31306>

⁶ Hat der Nitratgehalt im Trinkwasser einen Einfluss auf das Dickdarmkrebsrisiko? Schweizer Ernährungsbulletin 2021. www.blv.admin.ch/dam/blv/de/dokumente/lebensmittel-und-ernaehrung/ernaehrung/nitratgehalt.pdf.download.pdf/5.%20NitratgehaltimWasser%20DE.pdf

⁷ Kiefer, K., Müller, A., Singer, H., & Hollender, J. (2019). New relevant pesticide transformation products in groundwater detected using target and suspect screening for agricultural and urban micropollutants with LC-HRMS. *Water Research*, 165, 114972. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.114972>

⁸ Chlorothalonil im Grundwasser des Kantons Zug, Stand Juli 2020.

⁹ PFAS in Lebensmitteln: Risikobewertung und Festlegung einer tolerierbaren Aufnahmemenge durch die EFSA. – 17.9.2020, www.efsa.europa.eu/de/news/pfas-food-efsa-assesses-risks-and-sets-tolerable-intake

¹⁰ Grundwasserüberwachung im Kanton Zug. www.zg.ch/behoerden/baudirektion/amt-fuer-umwelt/wasser-gewaesser/grundwasser/grundwasserueberwachung