



Untersuchung der Oberflächengewässer im Kanton Zug

Konzept für den Zeitraum 2017 bis 2026

Die Bäche, Flüsse und Seen werden durch Abwasser aus der Siedlungsentwässerung und von Verkehrswegen sowie durch Abschwemmungen von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln aus der Landwirtschaft belastet. In den vergangenen Jahrzehnten haben grosse Anstrengungen beim Ausbau der Abwasserreinigung und bei der Lagerung und zielgerichteten Verwendung von Düngemitteln in der Landwirtschaft zu einer Verminderung der Nährstoffeinträge in die Gewässer geführt. Das Monitoring der Wasserqualität im Kanton Zug und schweizweit zeigt jedoch, dass immer noch Handlungsbedarf für die Verminderung der Nährstoffbelastung der Gewässer besteht. Im Kanton Zug betrifft dies insbesondere das Einzugsgebiet des Zugersees, der einen zu hohen Nährstoffgehalt aufweist. Die Gewässer im Siedlungs- und Landwirtschaftsraum werden auch durch eine Vielzahl diffuser Einträge belastet, die zwar als sogenannte Mikroverunreinigungen in tiefen Konzentrationen vorliegen, aber trotzdem Auswirkungen auf die Gewässerlebewesen ausüben können. Hier besteht ebenfalls Bedarf für eine Verminderung der Stoffeinträge in die Gewässer. Das chemische und biologische Monitoring der Gewässer dient der Dokumentation des Zustands und als Grundlage für Gewässerschutzmassnahmen. Das vorliegende Konzept beschreibt das Untersuchungsprogramm für den Zeitraum 2017 bis 2026 im Kanton Zug.

1. Rahmenbedingungen für die Gewässeruntersuchung

a. Rechtliche Anforderungen

Das Bundesgesetz vom 24. Januar 1991 über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz; GSchG SR814.20) beauftragt in Art. 57 den Bund und in Art. 58 die Kantone, unter anderem die Wasserqualität der oberirdischen Gewässer zu untersuchen. Die Untersuchungsergebnisse dienen der gesetzlich festgelegten Dokumentationspflicht sowie als Grundlage für die Massnahmenplanung im Gewässerschutzvollzug gemäss den Anforderungen der Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998 (GSchV, SR 814.201).

Die Anforderungen an die Wasserqualität für oberirdische Gewässer sind in Anhang 1 und 2 der Gewässerschutzverordnung definiert (**Beilage 1**). Die gewässerökologischen Ziele betreffen Aspekte des Lebensraums (Morphologie), der Lebensbedingungen (Temperatur, Hydrodynamik, Wasserinhaltsstoffe) und der Lebensgemeinschaften (Standortgerechtigkeit, Reproduktion, Produktion). Die Wasserqualität muss nicht nur bestimmte chemische und physikalische Grenzwerte einhalten, sondern sie muss auch Anforderungen bezüglich dem Vorkommen von Mikroorganismen, Wasserpflanzen und Tieren erfüllen. Die Einhaltung der in der Gewässerschutzverordnung definierten Ziele kann deshalb nicht allein mit chemischen oder physikalischen Messungen überprüft werden. Dazu sind auch biologische Untersuchungen erforderlich.

b. Methoden für die Untersuchung der Fließgewässer (Modul-Stufen-Konzept)

Für die Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer hat das Bundesamt für Umwelt BAFU in Zusammenarbeit mit der EAWAG und den kantonalen Fachstellen in den vergangenen Jahren Untersuchungsmethoden erarbeitet, die als 'Modul-Stufen-Konzept (MSK)' bezeichnet werden. Diese erfassen chemisch-physikalische, hydromorphologische, biologische sowie ökotoxikologische Aspekte der Gewässerqualität. Die Untersuchungen (Module) sind in verschiedene Stufen gegliedert, die sich in ihrer Bearbeitungsintensität und ihrem räumlichen Bezug unterscheiden:

- Flächendeckende Untersuchung (Stufe F): Grossteil der Fließgewässer in einem Gebiet, geringe Untersuchungstiefe, geringer Aufwand pro Einzeluntersuchung.
- Systembezogene Untersuchung (Stufe S): Detaillierte Untersuchung ausgewählter Gewässersysteme, grössere Anzahl von Parametern, mittlerer Aufwand pro Einzeluntersuchung.
- Abschnittsbezogene Untersuchung (Stufe A): Bearbeitung spezifischer Probleme in einzelnen Gewässerabschnitten.

Das BAFU hat gemäss dem Modul-Stufen-Konzept für die in Tabelle 1 aufgeführten Gewässer Aspekte (Module) Untersuchungsmethoden vorgesehen und zum grossen Teil auf Stufe F bereits publiziert. Die Module wurden in Zusammenarbeit mit den Kantonen getestet und stellen Untersuchungsmethoden für die Zustandserfassung und Bewertung der Fließgewässer gemäss dem jeweiligen Aspekt dar. Zu einigen Modulen (Temperaturregime, Makrophyten, Ökotoxikologie) liegen erst Entwürfe oder Konzepte vor.

Module	Konzeption	Erarbeitung	Pub. Entwurf	Überarbeitung	Publikation
Ökomorphologie F	■	■	■	■	1998
Ökomorphologie S	■	■	2006	▶	
Hydrologie F	■	■	2007	■	2011
Äusserer Aspekt F	■	■	■	■	2007
Temperaturregime	■	■	Expertenber.		
Makrozoobenthos F	■	■	2005	■	2010
Fische F	■	■	■	■	2004
Fische S	■	■	Expertenber.		
Kieselalgen F	■	■	■	■	2007
Makrophyten F	■	■	2009	▶	
Chemie F	■	■	2006	■	2010
Ökotoxikologie F	▶				
Synthese	■	■	2010	▶	

Tab. 1 Bearbeitungs- und Publikationsstand der Module des Modul-Stufen-Konzepts (BAFU, Stand 26. September 2013)

Publizierte Module

Ökomorphologie Stufe F

Ziel ist eine orientierende Beurteilung der Naturnähe der Fliessgewässer. Bei einer Begehung werden die eigentliche Gewässermorphologie, Bauten im und am Gewässer sowie Gegebenheiten im unmittelbar angrenzenden Umland anhand von wenigen ausgewählten Merkmalen untersucht. Es werden Daten zur Gewässerbreite und Breitenvariabilität des Wasserspiegels, zur Verbauung der Sohle und des Böschungsfusses, zur Beschaffenheit und Breite des Uferbereiches sowie zu den Durchgängigkeitsstörungen (Abstürze, Wehre, etc.) erhoben. Die Merkmale können anhand eines Punktesystems bewertet und in vier Klassen von natürlich/naturnah bis naturfremd/künstlich eingeteilt werden. Die Darstellung erfolgt in Übersichtskarten.

Hydrologie F

Das Modul Hydrologie/Abflussregime (HYDMOD-F) beschreibt die hydrologischen Verhältnisse einer Region bezüglich wasserwirtschaftlicher Eingriffe. Beurteilt und klassiert wird der Natürlichkeitsgrad des Abflussregimes anhand von neun Bewertungsindikatoren, welche verschiedene Charakteristika aus den Bereichen Niedrigwasser-, Mittelwasser- und Hochwasserregime umfassen.

Äusserer Aspekt F

Das Ziel dieses Moduls ist eine orientierende Beurteilung der Fliessgewässer mit einfachen Kriterien. Untersucht werden bei einer Bachbegehung die Parameter 'Schlamm', 'Trübung', 'Verfärbung', 'Schaum', 'Geruch', 'Eisensulfid', 'Kolmation', 'Feststoffe/Abfälle', 'heterotropher Bewuchs' und 'Pflanzenbewuchs'. Die Befunde werden in drei Klassen eingeteilt. Zudem erfolgt eine Abschätzung der möglichen Ursachen. Die Parameter werden einzeln bewertet, es erfolgt keine Zusammenfassung zu einer Gesamtbewertung. Die Untersuchung des Äusseren Aspekts ist prinzipiell zu jeder Jahreszeit möglich, wobei jahreszeitliche Unterschiede bei den Befunden vorliegen können (besonders pflanzlicher Bewuchs).

Makrozoobenthos F

Die Untersuchungsmethode geht davon aus, dass eine Beeinträchtigung der Fliessgewässer in der Regel zu einer Verringerung der biologischen Vielfalt führt, von der bestimmte empfindliche wirbellose Tiere auf der Gewässersohle besonders betroffen sind. Gesammelt und untersucht werden die von Auge sichtbaren wirbellosen Tiere (Makroinvertebraten), deren Lebenszyklus sich zu einem wesentlichen Teil im Gewässer abspielt (zum Beispiel Insektenlarven). Es gelangen dabei einfache Sammelmethoden wie 'Kick-Sampling' und Absammeln festsitzender Organismen von grobem Substrat zur Anwendung. Die Probenauswertung basiert auf der standardisierten Berechnung eines Qualitätsindex (IBCH). Die Zuteilung des biologischen Gewässerzustandes erfolgt aufgrund der Indexpunkte in eine von fünf Qualitätsklassen. Das Modul Makrozoobenthos F sieht eine einzige Probenahme pro Jahr vor zu einem Zeitpunkt in Abhängigkeit der Höhenlage des Fliessgewässers. Für die Höhenlagen im Kanton Zug liegen die Probenahmezeitpunkte in den Monaten März bis Mai.

Fische F

In geeigneten Teststrecken werden aussagekräftige Kenngrössen der Fischpopulation (Artenpektrum, Altersklassen, Fischdichte, Anomalien) erhoben. Die verschiedenen Merkmalausprägungen werden anhand eines Punktesystems bewertet und schliesslich in einer fünfstufigen Klassierung dargestellt. Das Resultat zeigt auf, wo aus Sicht der Fischfauna Defizite bestehen.

Kieselalgen F

Das Auftreten und die Häufigkeit von Kieselalgenarten stehen im Zusammenhang zu chemischen Parametern, die anthropogene Stoffbelastungen anzeigen. Untersucht werden die Häufigkeit und die Verteilung von Kieselalgenarten im Fliessgewässer. Anhand des Kieselalgenindex DI-CH (Diatomeen Index Schweiz) kann der biologische Zustand des Fliessgewässers charakterisiert werden. Für Routineuntersuchungen werden in der Regel zwei Probenahmen pro Jahr (Spätwinter/Frühling und Sommer/Herbst) durchgeführt.

Chemie F

Das Modul schreibt eine Mindestanzahl von 12 Probenahmen vor. Die Beurteilung der chemischen Wasserqualität der Fliessgewässer bezüglich der klassischen Nährstoffe und weiterer Parameter erfolgt nach den Anforderungen an die Wasserqualität, wie sie im Anhang 2 der Gewässerschutzverordnung publiziert sind sowie nach den vom BAFU im Modul Chemie publizierten Zielvorgaben. Aus den Messresultaten wird zuerst das 90. Perzentil als statistischer Schätzwert berechnet. Damit fallen die höchsten Werte aus der Beurteilung und es wird den tolerierten seltenen Belastungsspitzen Rechnung getragen. Gemäss einer Berechnungsvorschrift werden der Schätzwert mit der Zielvorgabe verglichen und daraus fünf Beurteilungsklassen von 'sehr gut' bis 'schlecht' abgeleitet.

Weiterentwicklung des Modul-Stufen-Konzepts

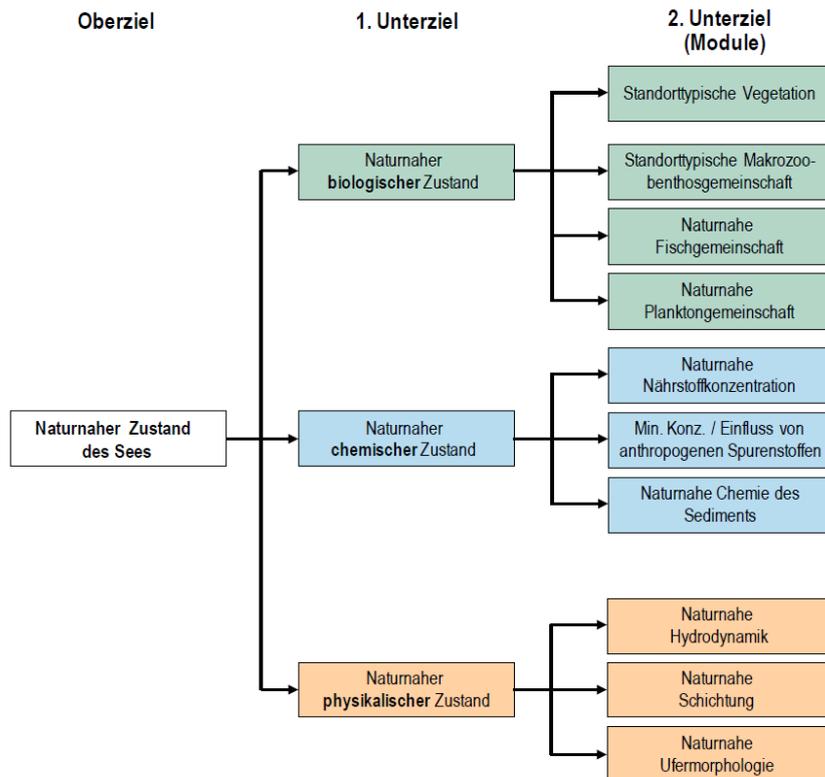
Das BAFU hat auf der Grundlage der Methode der Gewässerschutzfachstelle des Kantons Zürich ein **Modul Makrophyten** erarbeitet, das für die ganze Schweiz anwendbar ist. Dieses steht in Kürze für die Testanwendung zur Verfügung. Das bestehende **Modul Makrozoobenthos** wird überarbeitet, da es die speziellen Verhältnisse alpiner oder kleiner Gewässer zu wenig berücksichtigt. Die Bewertung im **Modul Fische** ist auf watbare Gewässer und auf das Vorkommen von Bachforellen ausgelegt. In einer Überarbeitung sollen diese Einschränkungen behoben werden. Um die Belastungen der Gewässer mit Mikroverunreinigungen systematisch und einheitlich erheben und beurteilen zu können, wurde im Jahr 2016 mit der Erarbeitung eines **Moduls Chemie - Spurenstoffe** begonnen. Anfang 2015 wurde in Zusammenarbeit mit dem Oekotoxizentrum die Entwicklung einer Methode zur **ökotoxikologischen Bewertung von Sedimenten** gestartet. Für die Beurteilung der **Ökotoxizität von Abwassereinleitungen** in die Fliessgewässer liegt ein Konzept vor. Es wird nun geprüft, welche der toxikologischen Methoden sich in Monitoring-Programmen einsetzen lassen.

c. Methoden für die Untersuchung der Seen

Die Kantone mit Seen auf ihrem Gebiet untersuchen diese seit vielen Jahren gemäss den Untersuchungsmethoden, die von der EAWAG und anderen Hochschulen entwickelt wurden. Die Messungen dienen in erster Linie der Dokumentation der Nährstoffbelastung der Seen aus der Siedlungsentwässerung und der Landwirtschaft.

Im Hinblick auf eine zukünftige einheitliche Datenerhebung und Bewertung der Untersuchungsergebnisse hat das BAFU im Jahr 2013 ein Konzept für die Untersuchung und Beurteilung der Seen publiziert. Dieses ist auf bisher verwendete Untersuchungsmethoden ausgerichtet, soweit diese vorhanden sind. Das Konzept enthält zudem Untersuchungsaspekte, für die noch keine etablierten Methoden oder Zielvorstellungen existieren (insbesondere bei den Aspekten 'naturnaher biologischer Zustand' und 'naturnaher physikalischer Zustand' gemäss Tab. 2).

Die Methoden, die für die ökologische Zustandsbeurteilung der Seen entwickelt werden, orientieren sich am naturnahen Referenzzustand. Es sollen Zielzustände und Bewertungsmassstäbe für verschiedene Module definiert werden. Gemäss Konzept ist vorgesehen, zuerst die Module Ufermorphologie und Nährstoffe und danach die weiteren Module zu entwickeln.



Tab. 2 Mögliche Struktur der Zielhierarchie für die Zustandserhebung von Seen (Konzept für die Untersuchung und Beurteilung der Seen in der Schweiz, BAFU 2013)

d. Untersuchungsprogramme des Bundes

Seit Mitte der 1970er-Jahre erhebt der Bund chemisch-physikalische Daten der Wasserqualität an einigen grossen Fliessgewässern im Rahmen der Nationalen Daueruntersuchung (NADUF). Mit der seit 2011 stattfindenden nationalen Beobachtung der Oberflächengewässerqualität (NAWA) verfügen Bund und Kantone über ein gemeinsames, über die ganze Schweiz verteiltes Messnetz für die Dokumentation des Zustands und die Entwicklung der Schweizer Fliessgewässer. Das Messnetz von NAWA besteht aus 111 Messstellen, an denen zumeist bereits vor 2011 kantonale Erhebungen stattfanden. Zwei NAWA-Messstellen (Lorze Zug-Letzi, Lorze Cham-Frauenthal) liegen im Kanton Zug. Einige NAWA-Messstellen an grösseren Fliessgewässern sind auch Teil von NADUF. Im Rahmen von NAWA gelangen die Methoden des Modul-Stufen-Konzepts (Stufe F) zur Anwendung. Nährstoffe werden an allen 111 Messstellen, Äusserer Aspekt an 88, Wasserpflanzen an 82, Kieselalgen an 89 Messstellen, Makrozoobenthos an 88 Messstellen, Fische an 52 Messstellen und organische Mikroverunreinigungen an 5 Messstellen untersucht. Die koordinierte Anwendung der Methoden erlaubt die gesamtschweizerische Vergleichbarkeit der Ergebnisse.

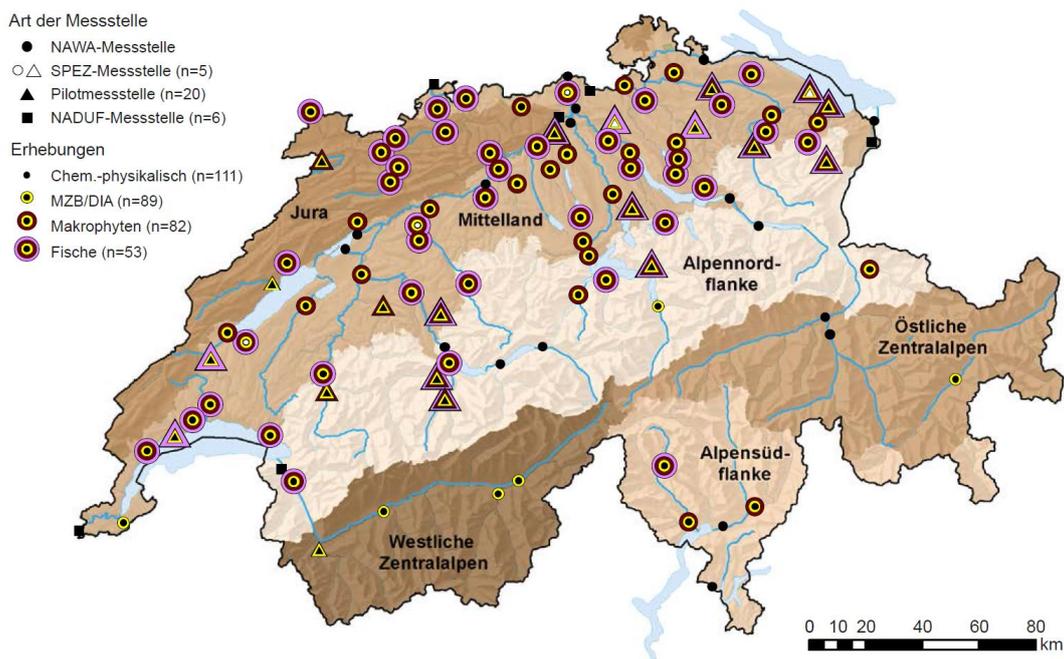


Abb. 1 Lage der 111 NAWA-Messstellen (Zustand der Schweizer Fliessgewässer, Ergebnisse der Nationalen Beobachtung der Oberflächengewässerqualität NAWA 2001-2014, BAFU 2016)

Für die kommende Beobachtungsperiode in den Jahren 2018 bis 2021 plant der Bund zusätzliche Messstellen an kleinen Fliessgewässern und Untersuchungen bezüglich der Belastung mit Mikroverunreinigungen und bezüglich des biologischen Zustands. Damit sollen weitere Erkenntnisse über den Eintrag von Pestiziden aus der Landwirtschaft in die kleinen Fliessgewässer gewonnen werden.

e. Zuständigkeiten für Gewässeruntersuchungen im Kanton Zug

Die Untersuchung der Gewässer des Kantons Zug liegt im Zuständigkeitsbereich verschiedener Fachstellen. Das **Amt für Umweltschutz** (AfU) untersucht und dokumentiert die chemisch-physikalische Wasserqualität der Gewässer. Als Gewässerschutzfachstelle ist das AfU auch für die Umsetzung von Massnahmen zur Reduktion der stofflichen Belastung der Gewässer zuständig. Weiter führt das AfU auch hydrometrische und Temperatur-Messungen für Fragestellungen in seinem Zuständigkeitsbereich durch (Stofffrachten, Restwasser, Gewässernutzungen). Das **Amt für Wald und Wild** (AFW) ist als Fischereifachstelle für die Durchführung und Dokumentation der fischbiologischen Untersuchungen an den Fliessgewässern und Seen zuständig. Das **Tiefbauamt Abt. Wasserbau und baulicher Gewässerschutz** (TBA) ist zuständig für die ökomorphologische Untersuchung der Gewässer und die Erhebungen zum Geschiebetrieb an den Fliessgewässern. Das **Amt für Raumplanung** (ARP) ist für die Zustandserfassung und Dokumentation der Seeufervegetation zuständig.

f. Finanzielle Rahmenbedingungen im Kanton Zug

Der Finanzplan des Kantons Zug für die Jahre 2018-2020 weist heute trotz der bisherigen Sparmassnahmen Aufwandüberschüsse von jährlich rund 100 Millionen Franken aus. In der Finanzstrategie ist festgelegt, dass dieses strukturelle Defizit bis Ende 2019 abzubauen und eine ausgeglichene Rechnung zu erreichen ist. Die kantonale Verwaltung ist deshalb angehalten, alle ihre Tätigkeiten auf Kostenrelevanz zu überprüfen. Im Rahmen der Sparbemühungen können in den nächsten Jahren Monitoring-Programme nur im Rahmen des die für den gesetzlichen Vollzugs absolut Notwendigen getätigt werden. Dies gilt auch für die Untersuchungen des Gewässerschutzes. Aus diesem Grund sollen Gewässeruntersuchungen mit hohen Kosten wie z.B. Analysen ausserhalb des kantonseigenen Laboratoriums zurückhaltend durchgeführt werden. Standarduntersuchungen wie die Analyse der Nährstoffparameter, wie sie seit vielen Jahren für die Fliessgewässer und Seen erfolgen, und Spurenstoffuntersuchungen, für welche im Kantonslaboratorium etablierte Methoden vorliegen, können dort kostengünstig in Auftrag gegeben werden.

2. Gewässeruntersuchungen des Amtes für Umweltschutz in der Beobachtungsperiode 2007 bis 2016

Fliessgewässer

In der Beobachtungsperiode 2007 bis 2016 untersuchte das Amt für Umweltschutz 35 Fliessgewässer bezüglich der Nährstoffbelastung (**Beilage 2**). Dabei wurden vier Kategorien von Fliessgewässern unterschieden:

- Unbelastete und schwach belastete Fliessgewässer (19 Messstellen), die jeweils einmal im Zeitraum von 10 Jahren mit Probenahmen alle 2 Wochen untersucht wurden.

- Mittelstark und stark belastete Fliessgewässer (10 Messstellen), die jeweils einmal im Zeitraum von 10 Jahren mit einem Untersuchungsprogramm im ganzen Bacheinzugsgebiet untersucht wurden. Bei den Messkampagnen dieser Fliessgewässer erfolgten in einigen Fällen auch Untersuchungen der Pestizidbelastung.
- Wichtige Fliessgewässer für die Nährstofffrachten des Zugersees (3 Messstellen) und des Wilersees (2 Messstellen).
- Die Untere Lorze (2 Messstellen), welche als Vorfluter der ARA Schönau dient und in Koordination mit dem Untersuchungsprogramm 'Reussbericht' zusammen mit den Nachbarkantonen Luzern und Zug untersucht wird.

Im Rahmen von Spezialuntersuchungen zur Herkunftsabklärung von Spurenstoffen (Sprengstoffrückstände, Benzotriazol) erfolgten entsprechende Messungen in verschiedenen Fliessgewässern im Einzugsgebiet des Zugersees.

Biologische Untersuchungen (pflanzlicher Bewuchs, Kieselalgen, Makrozoobenthos, äusserer Aspekt) erfolgten an der Unteren Lorze im Jahr 2011 in Koordination mit dem Untersuchungsprogramm 'Reussbericht' zusammen mit den Nachbarkantonen Luzern und Aargau.

Die beiden kantonalen Messstationen an der Oberen Lorze in Zug und an der Unteren Lorze in Frauental, die mit automatischen Wasserprobenehmern ausgerüstet sind und von der dort vorhandenen Hydrometrie gesteuert werden, sind ins nationale Beobachtungsnetz NAWA integriert.

Seen

In der Beobachtungsperiode 2007 bis 2016 untersuchte das Amt für Umweltschutz den Zugersee, Ägerisee und Wilersee in unterschiedlicher Intensität:

- Der **Zugersee** mit einem aktuellen mittleren Phosphor-Gehalt von rund 80 mg Phosphor (P) pro Kubikmeter ist nährstoffreich (eutroph) und deshalb sanierungsbedürftig. Die Veränderung des Nährstoffinhalts im See wurde jährlich mit monatlichen Messungen der chemischen Tiefenprofile erfasst. Die jährlichen P-Frachten in den Zugersee wurden an den drei grössten Zuflüssen ermittelt und auf das gesamte Einzugsgebiet extrapoliert.
- Der **Ägerisee** mit einem aktuellen mittleren Phosphor-Gehalt von rund 5 mg Phosphor (P) pro Kubikmeter ist nährstoffarm (oligotroph). Da sich der See seit Jahren in einem stabilen Nährstoffgleichgewicht befindet und keine Massnahmen zur Verringerung der Nährstoffzufuhr notwendig sind, erfolgten jährlich nur vier Messungen mit chemischen Tiefenprofilen.
- Der **Wilersee** wies lange Zeit eine zu hohe Nährstoffbelastung auf. Aufgrund verschiedener seeinterner und seeexterner Massnahmen konnte der See in den vergangenen Jahren wieder in ein mittelnährstoffreiches Gewässer (< 30 mg P pro Kubikmeter) zurückgeführt werden. Der Nährstoffinhalt im See wurde in den vergangenen Jahren mit monatlichen Messungen kontrolliert.

Die vom Amt für Umweltschutz in den Fliessgewässern und Seen erhobenen Daten werden ausgewertet und in Berichten und Factsheets publiziert (**Beilagen 4 und 5**).

3. Gewässeruntersuchungen im Kanton Zug für die Jahre 2017 bis 2026

a. Zusätzlicher Untersuchungsbedarf

Aus der Gewässerschutzverordnung (GSchV) ergibt sich, dass der Zustand der Fliessgewässer heute auch mit biologischen Methoden dokumentiert werden muss. Seit dem Jahr 2016 enthält die GSchV in Anhang 2 Ziffer 11 Abs. 1 Bst. f. eine Bestimmung, wonach die Fortpflanzung, Entwicklung und Gesundheit empfindlicher Pflanzen, Tiere und Mikroorganismen nicht durch Stoffe beeinträchtigt werden darf, die durch menschliche Tätigkeit ins Gewässer gelangen. Daraus ergibt sich für die Oberflächengewässer eine Untersuchungspflicht bezüglich des biologischen Zustands und - wenn Auswirkungen auf empfindliche Wasserlebewesen vorliegen - ein Abklärungsbedarf zu den Ursachen.

Die Beschaffenheit des Wassers hat einen wesentlichen Einfluss auf das Artenspektrum und die Häufigkeit der wirbellosen Kleinlebewesen der Fliessgewässersohle. Deshalb eignen sich die empfindlichen wirbellosen Kleinlebewesen (Makroinvertebraten, Makrozoobenthos) sehr gut als biologische Indikatoren, da sie über ihre gesamte Lebensdauer oder über einen Entwicklungszeitraum den chemischen und physikalischen Lebensbedingungen des Wassers ausgesetzt sind. Die Untersuchung der Artenzusammensetzung und der Häufigkeit von Kieselalgen stellt ein weiteres biologisches Verfahren dar, um stoffliche Auswirkungen auf einzelne Organismen und Lebensgemeinschaften über die Zeit integriert beurteilen zu können. Die Methoden für die Untersuchung und Bewertung des Makrozoobenthos und der Kieselalgen wurden im Rahmen des Modul-Stufen-Konzepts entwickelt und sind in den vergangenen Jahren schweizweit vielfach erprobt worden.

Wesentlich aufwändiger gestalten sich die Probenahme und die chemische Analyse von Mikroverunreinigungen mit schädlichen Auswirkungen auf die Gewässerbiologie. Im Gegensatz zu den kontinuierlichen Einträgen von Mikroverunreinigungen im Auslauf der Kläranlagen, schwanken die diffusen Einträge von Mikroverunreinigungen zeitlich meist stark. Spitzenkonzentrationen treten in Fliessgewässern in der Regel während bzw. nach Regenereignissen auf. Die Belastungen können je nach Quelle ganzjährig (z.B. Verkehr) oder nur saisonal (z.B. Landwirtschaft) vorkommen. Besonders kleine Fliessgewässer sind von grossen Konzentrationsschwankungen und hohen Spitzenkonzentrationen betroffen. Die Gewässeruntersuchung bezüglich schädigender Spurenstoffe ist dann angezeigt, wenn der biologische Zustand des Gewässers und die Flächennutzung im Einzugsgebiet auf eine Belastung mit Spurenstoffen hinweisen.

In den Zugersee und Ägerisee gelangt über die Entlastung bei Regenfällen ungereinigtes kommunales Abwasser. Über die Untersuchung persistenter Spurenstoffe als Indikatoren des Abwasseranteils kann dieser im Zugersee auf ca. 0.1% beziffert werden. Eine Auffälligkeit ist die hohe Konzentration von Benzotriazol im Zugersee. Diese liegt rund 100fach über der Konzentration, die sich rechnerisch aus der kommunalen Abwasserbelastung ableitet. Es ist nicht bekannt, ob für die hohe Konzentration von Benzotriazol im Zugersee noch eine aktive Quelle vorliegt oder ob es sich hier um eine 'Altlast' aus früheren Zeiten handelt.

b. Schwerpunkte der Gewässerschutzmassnahmen im Kanton Zug

- Reduktion der Nährstoffbelastung
Der Zugersee weist einen zu hohen Gehalt an Phosphor und demzufolge eine zu hohe biologische Produktion auf. Mit der Untersuchung von archivierten Kieselalgenschalen im Sediment konnte gezeigt werden, dass sich der Zugersee bis zu Beginn des 20. Jahrhunderts in einem stabilen mittelnährstoffreichen (mesotrophen) Zustand befand. Der Nährstoffrückgang verläuft im Zugersee wegen der langen hydraulischen Wasseraufenthaltszeit von rund 14 Jahren und der permanenten Dichteschichtung im Tiefenwasser langsam. Damit der mesotrophe Zustand in einigen Jahrzehnten erreicht werden kann, muss die heutige Nährstoffbelastung aus der Landwirtschaft und Siedlungsentwässerung weiter reduziert werden. Für die Erfolgskontrolle der Gewässerschutzmassnahmen und zur Ermittlung übermässiger Nährstoffeinträge in die Gewässer sind die chemischen Messungen in den Fließgewässern fortzuführen.
- Reduktion der Spurenstoffbelastung
Die Verminderung des Gehalts an Mikroverunreinigungen in den Gewässern ist schweizweit eine prioritäre Aufgabe des Gewässerschutzes. Mikroverunreinigungen gelangen kontinuierlich mit dem gereinigten Abwasser aus der ARA oder diffus über Einträge aus dem Siedlungs- und Landwirtschaftsraum in die Gewässer. Demzufolge setzen die Massnahmen zur Verminderung der Gewässerbelastung in der Siedlungsentwässerung, Abwasserreinigung, Landwirtschaft und bei den Verkehrswegen an. Die Massnahmen betreffen die Verminderung der Anwendung von mobilen Stoffen und die Verbesserung des Rückhalts bzw. die Elimination von Mikroverunreinigungen aus dem Abwasser.



Abb.2 Abwasserproduktion bei der menschlichen Tätigkeit und Eintrittswegen in die Gewässer (BAFU, 2015)

c. Untersuchungsprogramme des Amtes für Umweltschutz in den Jahren 2016 bis 2026

Monitoring der Seen

Im Modul-Stufen-Konzept des Bundes stehen noch keine Methoden für die Untersuchung der Seen zur Verfügung. Das Monitoring der Seen wird im bisherigen Rahmen weiter geführt. Die Probenahmen erfolgen jeweils an der tiefsten Stelle der Seen durch Mitarbeiter des Amtes für Verbraucherschutz (AVS).

Folgende Seen werden mit chemisch-physikalischen Tiefenprofilen beprobt:

- Zugersee 1 Profil monatlich (Grund: Sanierungsprojekt)
- Ägerisee 1 Profil vierteljährlich
- Wilersee 1 Profil monatlich (Grund: seeinterne Massnahmen in Betrieb)

Chemisch-physikalische Messparameter in Seen:

- Trübung (Multisonde im Feld)
- Temperatur (Multisonde im Feld)
- Leitfähigkeit (Multisonde im Feld und im Labor)
- pH-Wert (Multisonde im Feld und im Labor)
- Chlorophyll a (Multisonde im Feld)
- Sauerstoff (Multisonde im Feld und Winkler im Labor)
- Phosphor (Ortho-P, P filtriert, Gesamt-P, im Labor)
- Stickstoff (Ammonium, Nitrit, Nitrat, im Labor)
- Eisen (gelöst und gesamt, im Labor)
- Mangan (im Labor)
- Methan (im Labor)
- Sulfid (im Labor)

Biologische Untersuchungen in Seen:

- keine regelmässigen Planktonuntersuchungen,
- Bestimmung der dominierenden Phytoplankton-Arten beim Auftreten von Algenblüten,
- Bestimmung von Toxinen bei starken Aufkommen von toxinbildenden Cyanobakterien (Blaualgen) zum Schutz der Bevölkerung.

Im Rahmen der Sparmassnahmen und Aufgabenreduktion wird in der Beobachtungsperiode 2017 bis 2026 folgendes nicht mehr gemessen:

- SiO₂ (Kieselsäure), da diese Grösse einzig für das Wachstum der planktischen Kieselalgen von Bedeutung ist und im Zugersee keine Planktonuntersuchungen erfolgen.
- Alkalinität (Säurebindungsvermögen), da genügend Daten vorhanden sind und die Alkalinität für das Monitoring des Nährstoffgehalts der Seen nicht erforderlich ist.

Monitoring der Fliessgewässer

Das bisherige chemische Monitoring der Fliessgewässer wird durch die Untersuchung des Äusseren Aspekts und durch biologische Untersuchungen (Makrozoobenthos, Kieselalgen) gemäss dem Modul-Stufen-Konzept des Bundes ergänzt. Die Übersichtskarte mit den Messstellen und Einzugsgebieten des Monitorings Fliessgewässer ist in Abb. 3 zu finden.

Unbelastete und gering belastete Fliessgewässer (Tab. 3)

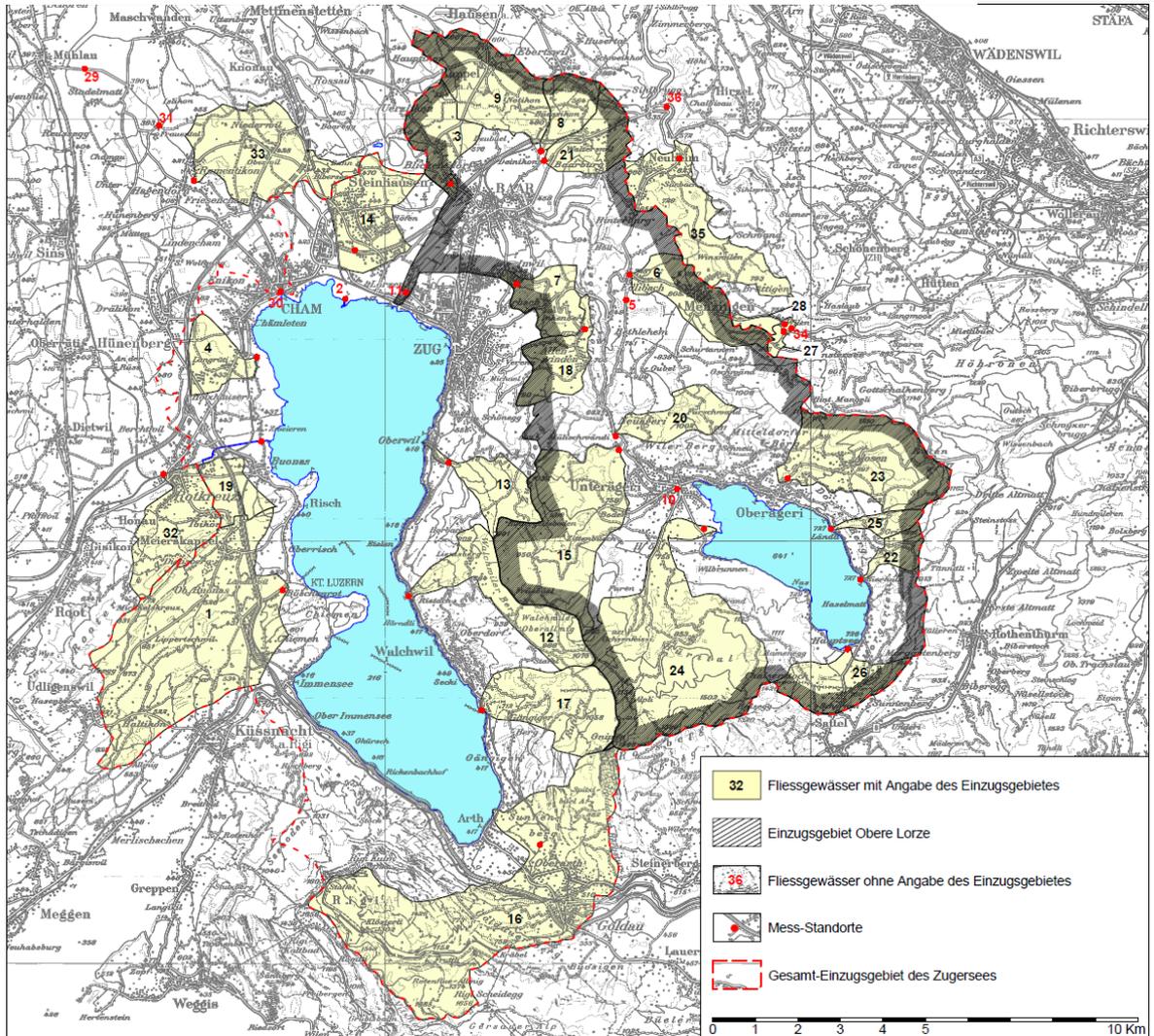
Das Einzugsgebiet der unbelasteten und gering belasteten Fliessgewässer besteht vorwiegend aus Wald und extensiv genutztem Landwirtschaftsland. Die unbelasteten und gering belasteten Fliessgewässer werden alle 10 Jahre während eines Jahres bezüglich der Methoden Chemie F, Äusserer Aspekt, Kieselalgen F und Makrozoobenthos F des Modul-Stufen-Konzepts untersucht.

Tab. 3 Monitoring der unbelasteten und gering belasteten Fliessgewässer

Jahr	Fliessgewässer mit einer Messstelle (Nr. gemäss Abb. 3 auf Seite 13) [Jahr vorangehende Untersuchung]	Häufigkeit der Probenahme (Stichproben)			
		Chemische Nährstoffe	Äusserer Aspekt	Kieselalgen	Makrozoobenthos
2017	Dürrbach (5) [2007] Edlibach (6) [2007]	alle 2 Wochen	2x pro Jahr	2x pro Jahr	1x pro Jahr
2018	Lissibach (8) [2008] Littibach (9) [2008] Walterswilerbach (21) [2010]	alle 2 Wochen	2x pro Jahr	2x pro Jahr	1x pro Jahr
2019	Mühlebach Oberwil (13) [2009] Rufibach (17) [2009] Lotenbach (12) [2009]	alle 2 Wochen	2x pro Jahr	2x pro Jahr	1x pro Jahr
2020	Schwarzenbach (18) [2010] Bachtalenbach (3) [2010]	alle 2 Wochen	2x pro Jahr	2x pro Jahr	1x pro Jahr
2021	Rämselbach (15) [2011] Teuftännlibach (20) [2011]	alle 2 Wochen	2x pro Jahr	2x pro Jahr	1x pro Jahr
2022	Lorze Unterägeri (10) [2012] Hüribach (24) [2012]	alle 2 Wochen	2x pro Jahr	2x pro Jahr	1x pro Jahr
2023	Bietenbergrusenbach (22) [2013] Dorfbach Oberägeri (23) [2013]	alle 2 Wochen	2x pro Jahr	2x pro Jahr	1x pro Jahr
2024	Sulzmattbach (25) [2014] Trombach (26) [2014]	alle 2 Wochen	2x pro Jahr	2x pro Jahr	1x pro Jahr
2025	Grienbach (7) [2015] Winzenbach (35) [2014] Sihl (36) [2015]	alle 2 Wochen	2x pro Jahr	2x pro Jahr	1x pro Jahr
2026	Binnenkanal (29) [2016] Steintobelbach /Küntwilerbach (32) [2016]	alle 2 Wochen	2x pro Jahr	2x pro Jahr	1x pro Jahr

Die chemischen Probenahmen erfolgen durch Mitarbeiter des Amtes für Umweltschutz; mit den biologischen Untersuchungen werden spezialisierte Fachbüros beauftragt.

Abb.3 Messstellen und Einzugsgebiete des Monitorings Fließgewässer



Hauptzuflüsse des Zuger- und Wilersees (Tab. 4)

Die Zuflüsse des Zugersees 'Rigiau' und 'Aabach' werden im Rahmen der laufenden Seesamierungen wie bisher mit Stichproben alle 2 Wochen und jedes Jahr untersucht. Bei diesen Fließgewässern sind kantonale hydrometrische Messstationen für die Frachtberechnung installiert, welche gleichzeitig mit den Probenahmen kontrolliert werden. Die Beprobung der Oberen Lörze in Zug erfolgt kontinuierlich mit einem automatischen Wasserprobennehmer, der in die hydrometrische Messstation des Bundes integriert ist. Dieser Wasserprobennehmer wird durch Mitarbeiter des Amtes für Verbraucherschutz (AVS) betreut. Die Messstation Obere Lörze in Zug ist ebenfalls eine NAWA-Messstelle des Bundes.

Beim Wilersee sind die Ziele für den Nährstoffinhalt (=mesotropher Zustand) heute erreicht. Der See reagiert wegen seines geringen Wasservolumens sehr rasch auf Nährstoffbelastungen aus dem Einzugsgebiet, sodass hier Probenahmen alle 2 Wochen nach wie vor angezeigt sind. Gleichzeitig mit den Probenahmen beim in den Wilersee mündenden 'Erlenmoosbach' und 'Sennhüttenbach' können die weiterhin im Sommerhalbjahr in Betrieb stehende Tiefenwasserableitung und die im Winterhalbjahr betriebene Zirkulationsunterstützung kontrolliert werden.

Untere Lorze (Tab. 4)

Die Untere Lorze ist das aus dem Zugersee abfliessende Gewässer; sie mündet in die Reuss. Das chemisch-physikalische Monitoring und die Temperaturmessungen an diesem Fließgewässer sind aus mehreren Gründen wichtig. Zum einen dient die Kenntnis der Stoffkonzentrationen beim Zugerseeabfluss in Cham der Bestimmung der Stoffbilanz dieses Sees. Zum anderen gelangt in Hagendorn der Ablauf der ARA Schönau in die Lorze (chemische und hydraulische Beeinflussung). Die Kenntnis der Temperatur (**Beilage 3**) ist wichtig für die Kontrolle der Wärmeenergienutzungen. Die Messungen an der Unteren Lorze und die Auswertung der Daten erfolgen koordiniert mit den Untersuchungen an der Reuss und der Kleinen Emme in Zusammenarbeit mit den Gewässerschutzfachstellen der Kantone Luzern und Aargau.

Tab. 4 Monitoring der wichtigen Zuflüsse des Zugersees und Wilersees sowie der Unteren Lorze

Programm	Messstellen	Häufigkeit der Probenahme	Betreuung durch
Sanierung Zugersee / NAWA	Obere Lorze Zug (11)	wöchentliche Sammelprobe Stichprobe 1x pro Monat (NAWA)	Mitarbeiter AVS
	Aabach (1) Rigüa (16)	Stichprobe alle 2 Wochen	Mitarbeiter AfU
Wilersee	Erlenmoosbach (27) Sennhüttenbach (28)	Stichprobe alle 2 Wochen	Mitarbeiter AfU
Reussbericht / NAWA	Unt. Lorze Frauental (31) Untere Lorze Cham (30)	wöchentliche Sammelprobe Stichprobe 1x pro Monat (NAWA) Stichprobe 1x pro Monat	Mitarbeiter AVS
Temperatur-Monitoring	4 Messstellen entlang der Unteren Lorze (30) (31) 3 Messstellen entlang des Tobelbachs (33)	Datenbezug 3x jährlich	Mitarbeiter AfU

Belastete Fließgewässer (Tab. 5)

Die belasteten Fließgewässer befinden sich mehrheitlich im Talgebiet in den Gemeinden Cham, Hünenberg, Risch, Steinhausen und Zug. Die Bäche wurden bereits früher chemisch untersucht. Sie weisen eine hohe Nährstoffbelastung und soweit bekannt auch eine Spurenstoffbelastung auf. Mit einer Messkampagne in den Monaten Februar bis November wird alle zwei Jahre das gesamte Einzugsgebiet eines belasteten Fließgewässers bezüglich der Nährstoff- und Spurenstoffbelastung sowie der biologischen Parameter untersucht.

Tab. 5 Untersuchung der Einzugsgebiete belasteter Fliessgewässer

Jahr	Fließgewässereinzugsgebiet mit mehreren Messstellen (Nr. gemäss Abb. 3 auf Seite 13) [Jahr vorangehende Untersuchung]	Häufigkeit der Probenahme (Stichproben)			
		Chemie	Äusserer Aspekt	Kieselalgen	Makrozoobenthos
2018	Dorfbach Steinhausen (14) [2005]	alle 2 Wochen	2x pro Jahr	2x pro Jahr	2x pro Jahr
2020	Aabach (1) [2008]	alle 2 Wochen	2x pro Jahr	2x pro Jahr	2x pro Jahr
2022	Sijentalbach (19) [2012]	alle 2 Wochen	2x pro Jahr	2x pro Jahr	2x pro Jahr
2024	Tobelbach (33) [2013]	alle 2 Wochen	2x pro Jahr	2x pro Jahr	2x pro Jahr
2026	Dersbach (4) [2015]	alle 2 Wochen	2x pro Jahr	2x pro Jahr	2x pro Jahr

Die Probenahme erfolgt durch Mitarbeiter des Amts für Umweltschutz (AfU).

Chemische und physikalische Messparameter in Fliessgewässern:

- Temperatur
- Leitfähigkeit
- pH-Wert
- GUS (nur für Untere Lorze)
- Sauerstoff (nur für Untere Lorze)
- BSB₅ (nur für Untere Lorze)
- TOC (nur für Untere Lorze)
- DOC
- Phosphor (Ortho-P, P filtriert, Gesamt-P)
- Stickstoff (Ammonium, Nitrit, Nitrat)
- Gesamt-Stickstoff (nur für Lorze)
- Bor
- Mikrovereinigungen (je nach Belastungssituation zumindest die Stoffgruppen, welche zukünftig in die Gewässerschutzverordnung übernommen werden)

Beilagenverzeichnis

- (1) Anhang 2 der Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998 (GSchV, SR 814.201), Stand 2. Februar 2016
- (2) Konzept für die Überwachung der Oberflächengewässer im Kanton Zug für den Zeitraum 2007 bis 2016, Amt für Umweltschutz des Kantons Zug
- (3) Konzept kontinuierliches Temperatur-Monitoring in Zuger Fliessgewässern, Stand 18. September 2013, Amt für Umweltschutz des Kantons Zug
- (4) Factsheet Chemisch-physikalische Wasserqualität der Zuger Fliessgewässer, Vergleich der Beobachtungsperioden der Jahre 1997-2000 und 2004-2013, Amt für Umweltschutz des Kantons Zug
- (5) Factsheet Chemisch-physikalische Wasserqualität des Zugersees, Ägerisees und Wilersees seit Beginn der regelmässigen Messung von Tiefenprofilen bis Ende 2013, Amt für Umweltschutz des Kantons Zug

Literatur

- Binderheim E., Göggel W. 2007: Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Äusserer Aspekt. Umwelt-Vollzug Nr. 0701. Bundesamt für Umwelt, Bern. 43 S
- Hürlimann J., Niederhauser P. 2007: Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Kieselalgen Stufe F (flächendeckend). Umwelt-Vollzug Nr. 0740. Bundesamt für Umwelt, Bern. 130 S.
- Stucki P. 2010: Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Makrozoobenthos Stufe F. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1026: 61 S.
- Liechti Paul 2010: Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Chemisch-physikalische Erhebungen, Nährstoffe. Umwelt-Vollzug Nr. 1005. Bundesamt für Umwelt, Bern. 44 S.
- Braun Ch., Gälli R., Leu Ch., Munz N., Schindler Wildhaber Y., Strahm I. Wittmer I. 2015: Mikroverunreinigungen in Fliessgewässern aus diffusen Einträgen. Situationsanalyse. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Zustand Nr. 1514: 78 S.

Amt für Umweltschutz des Kantons Zug
Aabachstrasse 5, 6300 Zug
T 041 728 53 70, F 041 728 53 79
www.zug.ch/afu

Verfasser: Peter Keller
30. November 2016
