
Dorfbach Steinhausen

Chemisch-physikalische und biologische
Wasserqualität



Ergebnisse der Messkampagne 2018

Dokument Nr. 2024-B-01
Datum Entwurf: 1.7.2020
Datum Endfassung: 16.9.2020

Impressum

Auftraggeber: Kanton Zug · Amt für Umwelt
Aabachstrasse 5 · Postfach · CH-6301 Zug

Auftragnehmer: AquaPlus AG
Gotthardstrasse 30 · CH-6300 Zug

Projektleitung: Barbara Imhof

Mitarbeiter: Fredy Elber · Caroline Baumgartner

Foto Titelseite: Peter Keller

Zitiervorschlag: AQUAPLUS 2020: Dorfbach Steinhausen. Chemisch-physikalische und biologische Wasserqualität. Im Auftrag des Amtes für Umwelt Kanton Zug. 30 S.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
.	1
Zusammenfassung	1
1	4
Ausgangslage	4
2	5
Messstellen der Untersuchung im Jahr 2018	5
3	7
Niederschlagsverhältnisse und Probenahmedaten im Jahr 2018	7
4	9
Messgrößen und ihre Bedeutung	9
4.1	9
Chemische Parameter	
4.2	11
Biologische Parameter inkl. Äusserer Aspekt	
5	13
Auswertungsmethode	13
5.1	13
Chemische Parameter	
5.1.1	13
Anforderungen GSchV	
5.1.2	13
Modul-Stufen-Konzept (MSK) Chemie (Liechti 2010)	
5.1.3	14
Im Kanton Zug erhobene Messparameter	
5.2	16
Biologische Parameter inkl. Äusserer Aspekt	
6	17
Resultate	17
6.1	17
Chemische Parameter	
6.1.1	17
pH-Wert	
6.1.2	18
Leitfähigkeit	
6.1.3	19
Chlorid	
6.1.4	20
Bor	
6.1.5	21
Gelöster organischer Kohlenstoff (DOC)	
6.1.6	22
Ammonium	
6.1.7	23
Nitrit	
6.1.8	24
Nitrat	
6.1.9	25
Phosphor (Orthophosphat, Gesamtphosphor filtriert, Gesamtphosphor	
6.1.10	28
Zusammenfassung chemische Parameter	
6.2	30
Biologische Parameter inkl. Äusserer Aspekt	
7	32
Literatur	32

Zusammenfassung

Das Amt für Umwelt des Kantons Zug untersucht basierend auf dem Monitoringkonzept «Untersuchung der Oberflächengewässer im Kanton Zug - Konzept für den Zeitraum 2017 bis 2026» (Amt für Umwelt des Kantons Zug 2016) die mittelstark und stark belasteten Fließgewässer im Kanton. Diese Messprogramme umfassen jeweils das gesamte Gewässereinzugsgebiet.

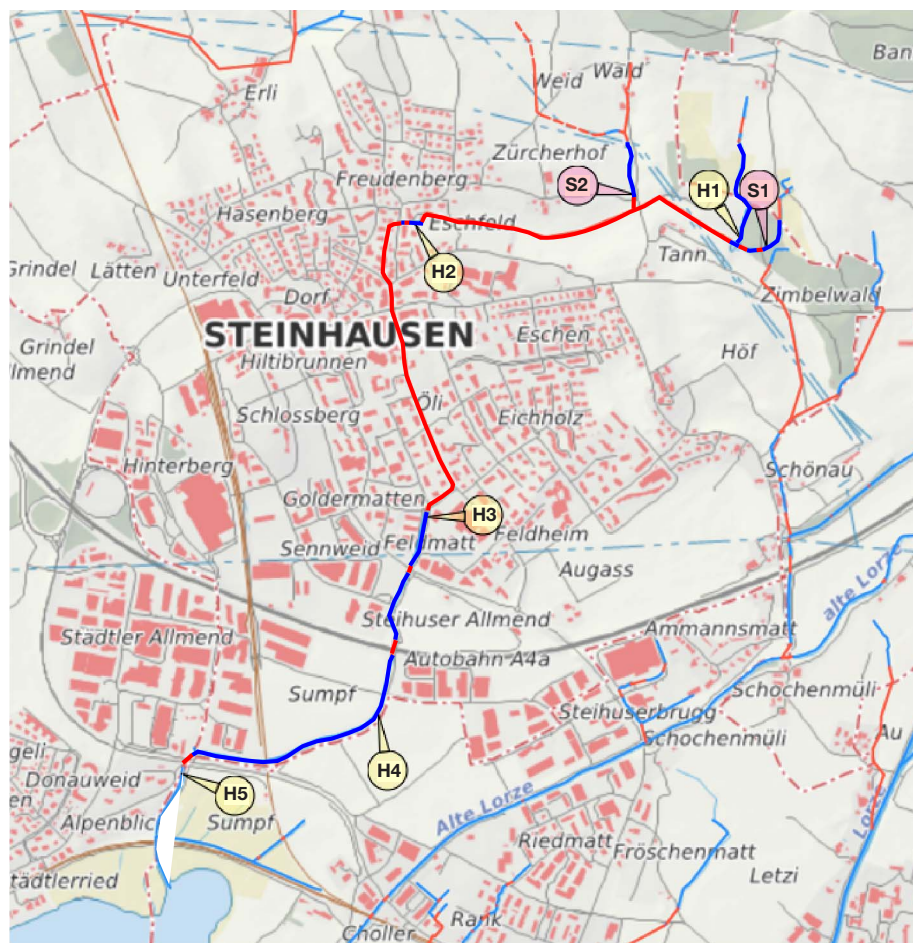
Im Jahr 2018 wurde das Messprogramm für den Dorfbach Steinhausen und seine Seitengewässer durchgeführt. Zwischen März und November 2018 wurden der Dorfbach Steinhausen an fünf Messstellen, der Waldbach vor der Einmündung in den Dorfbach sowie ein namenloses Seitengewässer insgesamt 13-mal beprobt und die Wasserproben bezüglich der physikalischen und chemischen Wasserqualität (Nährstoffparameter) untersucht.

Im gleichen Jahr fanden im Frühling und im Herbst Aufnahmen der biologischen Parameter, insbesondere des Äusseren Aspektes, des pflanzlichen Bewuchses und der Kieselalgen statt.

In Abbildung 0.1 sind die Probenahmestellen dargestellt und in Tabelle 0.1 die Ergebnisse der chemischen und biologischen Untersuchungen (inkl. Äusserer Aspekt) zusammengefasst.

Abb. 0.1: Probenahmestellen

entlang des Dorfbaches und der beiden Seitengewässer.
 Blaue Linie: Gewässer offen.
 Rote Linie: Gewässer eingedolt.
 H: Hauptlauf
 S: Seiteneinlauf



Tab. 0.1: Zusammenfassende Beurteilung

der untersuchten chemischen und biologischen Parameter (inkl. Äusserer Aspekt) im Einzugsgebiet des Dorfbaches Steinhausen. Die biologischen Aufnahmen wurden im Frühling und Herbst durchgeführt und werden daher pro Stelle zweimal aufgeführt.

(H1 – H5: Messstellen am Hauptlauf Dorfbach Steinhausen; S1 und S2: Messstellen an Seitengewässern)

Gewässer	Stelle	Chemie						Äusser Aspekt								Bewuchs			Kieselalgen Di_CH				
		DOC	Ammonium	Nitrit	Nitrat	Ortho-Phosphat	Gesamt P filtriert	Gesamt P unfiltriert	Trübung	Verfärbung	Geruch	Schaum	Verschlämmung	Het. Bewuchs	Eisensulfid	Feststoffe Siedlungs-	Abfälle	Kolimation		Algen	Moose	Wasserpflanzen	
Dorfbach, Zimbelwald	H1	4	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	3.7
Namenloser Bach	S1	4	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	3.9
Waldbach vor Eindolung	S2	4	2	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Dorfbach, Bachsteg	H2	4	2	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	0	0	4.0
Dorfbach, Crypto	H3	4	2	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	3.8
Dorfbach, Crypto	H3	4	2	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	0	0	0	4.3
Dorfbach, Crypto	H3	4	2	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	4.2
Dorfbach, Sumpf	H4	4	2	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	4.0
Dorfbach, Sumpf	H4	4	2	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	5.36
Dorfbach Alpenblick	H5	4	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

Legende (vereinfacht, komplette Legenden in Tabellen 6.1 und 6.2.)

- Klasse 1, Zustandsklasse sehr gut, Anforderungen erfüllt
- Klasse 2, Zustandsklasse gut, Anforderungen erfüllt
- Klasse 3, Zustandsklasse mässig, Anforderungen nicht erfüllt
- Klasse 4, Zustandsklasse unbefriedigend, Anforderungen nicht erfüllt
- Klasse 5, Zustandsklasse schlecht, Anforderungen nicht erfüllt

Es zeigt sich, dass die **Stellen H1, Dorfbach Zimbelwald, und S1, Namenloser Bach**, welche sich beide im Oberlauf des Einzugsgebietes befinden, einen guten bis sehr guten chemischen und biologischen (inkl. Äusserer Aspekt) Zustand aufweisen. Einzige Ausnahme ist der gelöste Kohlenstoff DOC, bei welchem das Qualitätsziel der Gewässerschutzverordnung nicht erfüllt wurde. Als natürliche Ursachen tragen die torfhaltigen Böden und das Waldgebiet im Oberlauf des Einzugsgebietes zum zeitweise sehr hohen DOC-Gehalt des Bachwassers bei.

Der **Waldbach** an der Messstelle **S2** weist bei fast allen chemischen Parametern eine um eine Beurteilungsklasse schlechtere Bewertung auf als die beiden Stellen H1 und S1 im Oberlauf. Dabei erfüllen die beiden Stickstoffparameter Nitrit und Nitrat die Anforderungen gemäss GSchV bzw. Modul Chemie (Liechti 2010) nicht mehr. Als mögliche Quellen der Stickstoffbelastung kommen prinzipiell sowohl Einträge aus den landwirtschaftlich genutzten Flächen als auch punktuelle Einleitungen aus der Siedlungsentswässerung im Oberlauf des Waldbaches in Frage.

Die Stellen **H2, Dorfbach Bachsteg** und **H3, Dorfbach Crypto**, welche sich beide im Siedlungsgebiet von Steinhausen befinden, weisen einen auffallend schlechten Zustand bezüglich aller drei Phosphorfraktionen auf. Die Anforderungen gemäss Modul Chemie (Liechti 2010) werden bei fast keinem der untersuchten Parameter erfüllt, auch die Stickstoffparameter Ammonium und Nitrit sind stark erhöht. Beide Stellen erfüllen auch die ökologischen Ziele (GSchV Anhang 1) und die Anforderungen an die Wasserqualität (GSchV Anhang 2) hinsichtlich des Äusseren Aspektes deutlich (H2) bzw. knapp (H3) nicht. Die Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 hinsichtlich des pflanzlichen Bewuchses gelten an der Stelle H2 als teilweise erfüllt, an der Stelle H3 waren diese immer erfüllt. Die Lebensgemeinschaften der Kieselalgen erfüllten an beiden Probenahmestellen die ökologischen Ziele.

Die starke Zunahme der Nährstoffbelastung im Dorfbach Steinhausen an den Stellen H2 und H3 ist wahrscheinlich eine Folge der landwirtschaftlichen Nutzung entlang des Dorfbaches, bevor dieser wiederum im Siedlungsgebiet fliesst.

Die Messungen der Nährstoffparameter zeigten an den Untersuchungsstellen **H4, Dorfbach Sumpf** und **H5, Dorfbach Alpenblick** grundsätzlich eine leichte Verbesserung des Zustandes an. Offenbar finden eine Selbstreinigung des Gewässers und eine Verdünnung der Nährstoffbelastung aus dem Landwirtschaftsgebiet statt (Einleitung von nährstoffarmem Meteorwasser). Die Anforderungen gemäss GSchV bzw. Modul Chemie (Liechti 2010) werden aber an der Stelle H4 nur bei einem, an der Stelle H5 nur bei zwei von sieben chemischen Parametern erfüllt. Die Stelle H4 erfüllte auch die ökologischen Ziele (GSchV Anhang 1) und die Anforderungen an die Wasserqualität (GSchV Anhang 2) hinsichtlich des Äusseren Aspektes knapp nicht. Der pflanzliche Bewuchs erreichte hingegen die ökologischen Ziele an beiden Probenahmedaten. Die Lebensgemeinschaften der Kieselalgen erfüllten die ökologischen Ziele im Frühling, im Herbst jedoch nicht.

1 Ausgangslage

Der Dorfbach Steinhausen entspringt im Gebiet Hinterzimbel in der Gemeinde Baar und entwässert das Gebiet Vogelrain im Grenzgebiet zur Gemeinde Baar (Oberlauf), das Siedlungsgebiet von Steinhausen sowie die Weiler Baregg, Birch, Stumpen und Moos in der Gemeinde Cham in den Zugersee. Der Dorfbach Steinhausen ist vom Auslauf des Weihers im Areal der Baumschule Hofstetter bis beinahe zum Ende des Dorfkerns von Steinhausen auf einer Länge von ca. 1.75 km eingedolt.

Die Wasserqualität des Dorfbaches wird heute durch die landwirtschaftliche Nutzung im Einzugsgebiet, Einleitungen aus der Siedlungsentwässerung (Mischwasser- und Trennkanalisation) und insbesondere durch die Einleitung von Abwasser der Nationalstrasse A4 zeitweise stark belastet. (H2OCEVAR 2017).

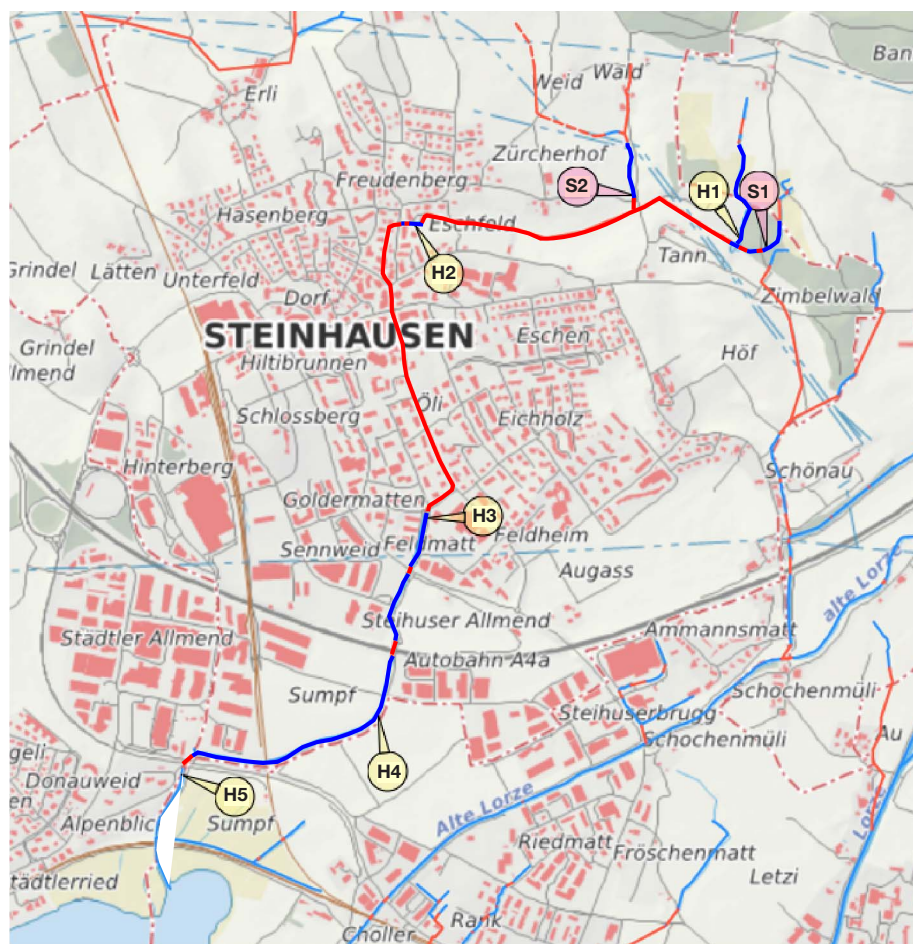
Im Rahmen des GEP Steinhausen wurden Massnahmen erarbeitet, um die Belastung des Dorfbaches Steinhausen durch die Siedlungsentwässerung und die Autobahnenentwässerung zu reduzieren. Die heutige Belastung mit GUS von jährlich 13.5 t (8.0 t von Autobahn und 5.5 t aus Siedlungsentwässerung) soll dabei auf 7 bis 8 t pro Jahr gesenkt werden. Insbesondere durch die vom Bundesamt für Strassen (ASTRA) zu planende Behandlung des stark belasteten Strassenabwassers der Autobahn kann langfristig eine nachhaltige Verbesserung der GUS-Belastung erzielt werden. Weitere Massnahmen sollen die Belastung durch andere Quellen (Baustellenabwässer, diffuse Quellen aus der Landwirtschaft) senken und den gewässerökologischen Zustand des Dorfbaches verbessern. Vorgesehen sind die Ausbaggerung der belasteten Sohle unterhalb der Einleitstellen der Autobahnenentwässerung, die Renaturierung des Unterlaufs sowie die Offenlegung des Oberlaufs des Dorfbaches Steinhausen.

2 Messstellen der Untersuchung im Jahr 2018

Die insgesamt 7 Probenahmestellen für die Erfassung der Wasserchemie gliedern sich in 5 Messstellen am Dorfbach Steinhausen (H1 bis H5 im Fließverlauf; H = «Hauptlauf») sowie in 2 Messstellen von seitlichen Zuläufen zum Dorfbach (S = «Seiteneinlauf») (siehe Abbildung 2.1). Bei den Seiteneinläufen handelt es sich um einen namenlosen Seitenbach (S1) sowie den Waldbach (S2).

Abb. 2.1: Probenahmestellen

entlang des Dorfbaches und der beiden Seitengewässer.
 Blaue Linie: Gewässer offen.
 Rote Linie: Gewässer eingedolt.
 H: Hauptlauf
 S: Seiteneinlauf



Zusätzlich wurde an den vier Probenahmestellen H1, H2, H3 und H4 im Frühling und Herbst Kieselalgenproben entnommen sowie der Äussere Aspekt und der Pflanzliche Bewuchs bewertet. Die Beschreibungen der Probenahmestellen und der pro Stelle durchgeführten Untersuchungen sind in Tabelle 2.1 aufgeführt.

Tab. 2.1: Probenahmestellen mit Beschreibung der Messstellen und der durchgeführten Untersuchungen. Probenahmestellen werden in Fliessrichtung des Dorfbaches aufgeführt.

Nr.	Bezeichnung	Koordinaten (LV95)	Beschrieb Messstelle	Chemieprobenahme	Kieselsäureprobenahme
H1	Dorfbach Zimbelwald	2'680'310 / 1'228'079	20m vor Einlauf in den Weiher der Baumschule Hofstetter AG (GS 172)	Ja	Ja
S1	Namenloser Bach, Route 1042 Zimbelwald	2'680'332 / 1'228'031	40m vor Einlauf in den Weiher der Baumschule Hofstetter AG (GS 172)	Ja	Nein
S2	Waldbach vor Eindolung	2'679'999 / 1'228'189	Vor Eindolung bei Kreuzung Zürcherhof (GS 825)	Ja	Nein
H2	Dorfbach Bachsteg	2'679'347 / 1'228'110	Offener Dorfbach im Gebiet Bachsteg (GS 1040)	Ja	Ja
H3	Dorfbach Crypto	2'679'392 / 1'227'261	Offener Dorfbach unterhalb Eindolung (GS 755)	Ja	Ja
H4	Dorfbach Sumpf	2'679'237 / 1'226'664	120m unterhalb Brücke Turnstrasse (GS 962)	Ja	Ja
H5	Dorfbach Alpenblick	2'678'686 / 1'226'523	Abstromseitig der Brücke Zugerstrasse (GS 3639)	Ja	Nein

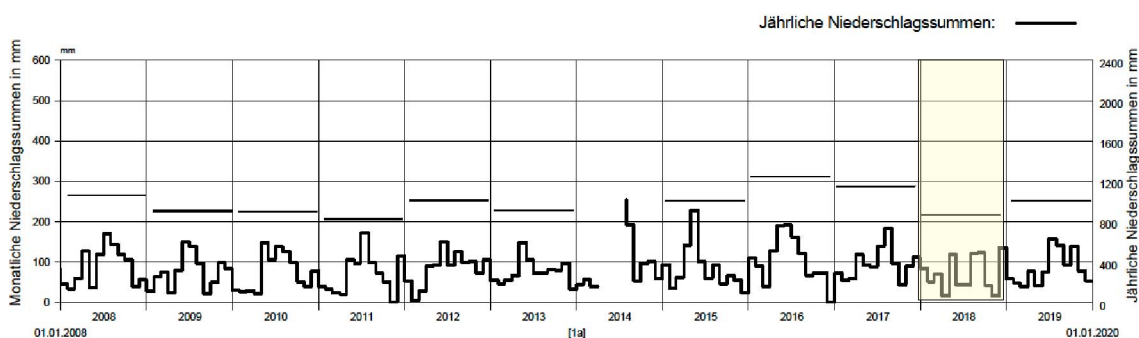
Oberhalb der Messstelle S2 befinden sich mehrere Einleitungen, welche in den Waldbach münden (H₂OCEVAR 2017). Auch direkt oberhalb der Untersuchungsstelle H3 befinden sich mehrere Einleitungen.

Zwischen den Probenahmestellen H3 und H4 wird Strassenabwasser der Autobahn A4a in den Dorfbach Steinhausen eingeleitet. Zudem münden die beiden Regenüberlaufbecken Sennweid und Albisstrasse sowie weitere Einleitungen in den Dorfbach.

3 Niederschlagsverhältnisse und Probenahmedaten im Jahr 2018

Niederschläge beeinflussen die Wasserqualität der Fliessgewässer wesentlich. Stärkere Niederschlagsereignisse führen zu einem erhöhten Stoffeintrag in die Gewässer. Da es sich bei den chemischen Probenahmen in der Regel um zufällige Stichproben handelt, besteht in «nassen» Jahren eine grössere Wahrscheinlichkeit, dass erhöhte Belastungen gemessen werden als in «trockenen» Jahren. Im Jahr 2018 verzeichnete die Station Cham von MeteoSchweiz (Nr. 4859) eine Jahressumme des Niederschlags von 866 mm, was deutlich unter dem langjährigen Mittel der Jahre 1981 bis 2010 (1'125 mm) liegt und auch tiefer ist, als die durchschnittliche Jahressumme von 2008 bis 2019 von 990 mm (siehe Abbildung 3.1).

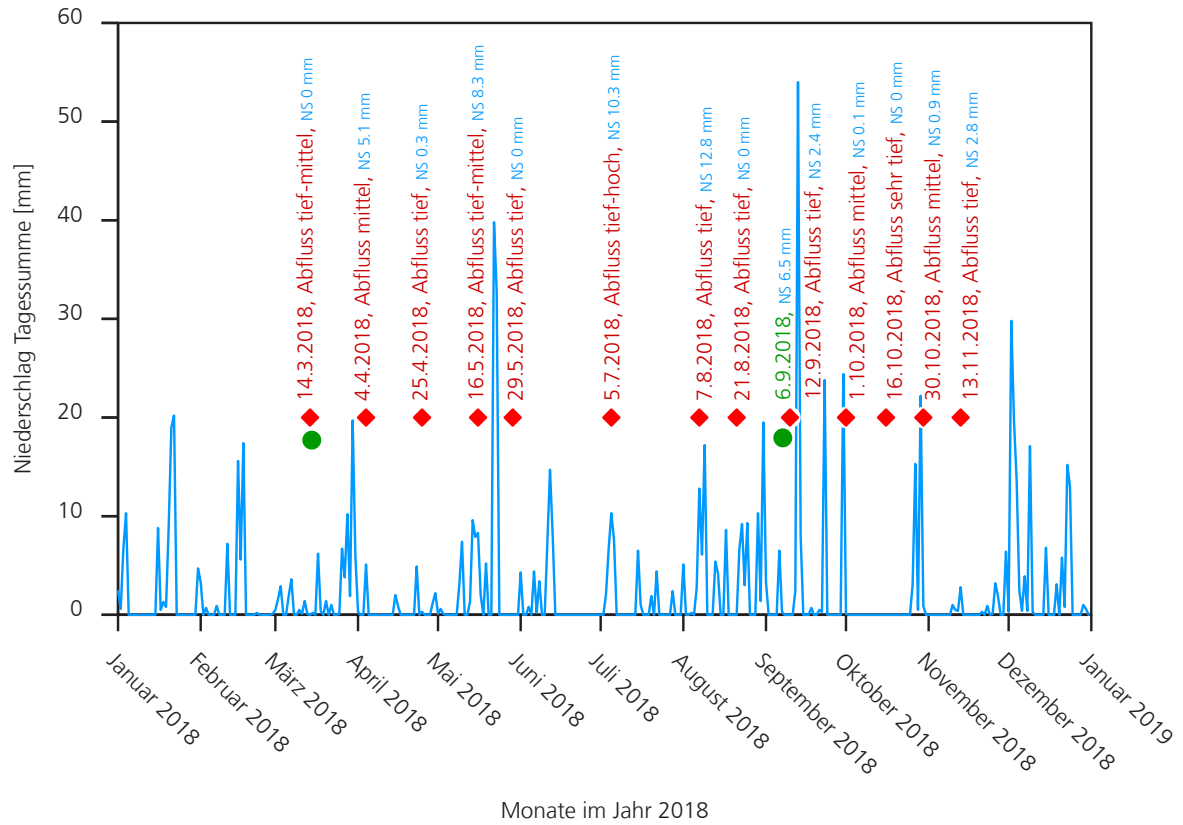
Abb. 3.1: Jahresniederschläge der Jahre 2008 - 2019 an der MeteoSchweiz Station Cham



Im Zeitraum zwischen 14. März und 13. November 2018 erfolgten insgesamt 13 chemische Probenahmen (Stichproben), wobei 6 dieser Probenahmen während oder nach Regenereignissen durchgeführt wurden. Bei keiner der durchgeführten Probenahmen lagen extreme Niederschlagsereignisse vor. Die höchste Tagesniederschlagssumme wurde anlässlich der Probenahme vom 7. August 2018 (Cham 12.8 mm) registriert (siehe Abbildung 3.2). Somit kann davon ausgegangen werden, dass mit den Untersuchungen im Jahr 2018 keine niederschlagsbedingt aussergewöhnlich starke chemische Belastungssituation erfasst wurde.

Abb. 3.2: Niederschläge und Probenahmeterminale

im Jahr 2018. Dargestellt werden die Niederschläge der Meteo Schweiz Station Cham.
 Rote Quadrate: Chemieprobenahme, notiert werden zu jeder Messstelle die Einschätzung der Abflussverhältnisse zum Probenahmezeitpunkt (Beurteilung im Feld) und die Tagessumme des Niederschlages (aus Messdaten).
 Grüne Kreise: Biologieprobenahme



4 Messgrössen und ihre Bedeutung

4.1 Chemische Parameter

Nachfolgend werden die gemessenen chemischen Parameter kurz erläutert. Als Grundlage der Beschreibung der einzelnen Parameter diente die Publikation »Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer. Chemisch-physikalische Erhebungen, Nährstoffe« des Bundesamtes für Umwelt BAFU (Liechti 2010).

Die **Temperatur** beeinflusst die chemischen und biologischen Prozesse in den Gewässern wesentlich und bestimmt das Artenspektrum eines Gewässers. Aufgrund der direkten biologischen Auswirkungen dürfen Wärmeenergienutzungen in den Gewässern die natürliche Temperaturamplitude und die zeitliche Lage der Minima und Maxima nicht wesentlich verändern. Gemäss Gewässerschutzverordnung (GSchV) darf die Wassertemperatur in Fließgewässern um maximal 3°C (in der Forellenregion um maximal 1.5 °C) verändert werden. Dabei darf eine Wassertemperatur von 25 °C nicht überschritten werden. In den letzten 40 Jahren hat das Jahresmittel der durchschnittlichen Temperatur in den Mittellandgewässern um 1°C bis 2.5°C zugenommen.

Der **pH-Wert** eines Gewässers wird hauptsächlich durch das Kohlensäure/Kalk-Gleichgewicht (geochemische Verhältnisse im Einzugsgebiet) bestimmt. In kalkreichen Einzugsgebieten ist die Pufferkapazität des Wassers hoch und der pH-Wert liegt ungefähr bei 8. Weitere Einflussfaktoren auf den pH-Wert sind die Temperatur und biologische Prozesse (Photosynthese, Respiration, Mineralisation organischer Stoffe). Abwassereinleitungen bewirken meist eine Erniedrigung des pH-Wertes im Vorfluter. Mit zunehmender Temperatur nimmt die Löslichkeit von CO₂ ab, wodurch sich der pH-Wert erhöht. Bei der Photosynthese wird dem Wasser CO₂ und HCO₃ entzogen, wodurch der pH-Wert steigt. pH-Werte über 9 begünstigen die Dissoziation von Ammonium zum fischtoxischen Ammoniak. Die pH-Werte in Gewässern sollten deshalb im Bereich von 6.5 bis 8.5 liegen. Eine kritische Grösse kann der pH-Wert bei erhöhter pflanzlicher Produktion in nährstoffreichen, langsam fließenden Gewässern ohne Schutz vor Sonneneinstrahlung erreichen. In der GSchV ist der pH-Wert in Anhang 2 Ziffer 11 Absatz 2d verbal geregelt («kein nachteiliger pH-Wert»).

Die **elektrische Leitfähigkeit** ist ein Indikator für den Gehalt des Wassers an gelösten Salzen. Sie wird hauptsächlich durch die Wasserhärte (Calcium, Magnesium, Bikarbonat) beeinflusst. Zu den Stoffen aus anthropogenen Quellen, welche die Leitfähigkeit beeinflussen, zählen Nährstoffparameter wie Nitrat, Nitrit, Ammonium, Phosphat und im Winter Streusalz aus dem Strassenunterhalt. Weil die elektrische Leitfähigkeit vom Kohlensäure/Kalk-Gleichgewicht beeinflusst wird, ist sie sowohl von der Temperatur als auch von biologischen Prozessen abhängig. Im Sommer ist die Leitfähigkeit aufgrund der geringeren Löslichkeit der Ionen und

der höheren Bioaktivität tiefer als im Winter. Die GSchV und die BAFU-Vollzugshilfe (Liechti 2010) enthalten keine Zielvorgaben.

Chlorid [Cl⁻] kommt in den Gewässern natürlicherweise in kleinen Konzentrationen (2 bis 4 mg/l) vor. Im Mittelland beträgt der zivilisatorische Anteil der Chloridfracht in den Fließgewässern rund 90% (Streusalz, Hofdünger, Fällungsmittel in Abwasserreinigungsanlagen). Bei der Beurteilung der Fischtoxizität von Nitrit muss der Chloridgehalt mitberücksichtigt werden. Chlorid ist in grösseren Konzentrationen (>200 mg/l) toxisch für Pflanzen, insbesondere auch für Algen. Die GSchV und die BAFU-Vollzugshilfe (Liechti 2010) enthalten keine Zielvorgaben.

Bor ist ein Indikator für die Belastung der Gewässer mit Abwasser (Borate in Waschmitteln) und Deponieabwasser. Die GSchV und die BAFU-Vollzugshilfe (Liechti 2010) enthalten keine Zielvorgaben.

Der **gelöste organische Kohlenstoff DOC** (=dissolved organic carbon) ist einerseits ein Indikator für die zivilisatorische Belastung eines Gewässers mit leicht abbaubaren organischen Substanzen, kommt aber andererseits auch natürlicherweise durch den Abbau von organischem Material aus den Böden des Einzugsgebiets vor. Natürlicherweise erhöhte DOC-Konzentrationen finden sich in Bächen aus Moorgebieten oder aus walddreichen Einzugsgebieten. Die GSchV legt für DOC je nach natürlicher Hintergrundbelastung eine Anforderung von 1 bis 4 mg/l C fest. Die BAFU-Vollzugshilfe (Liechti 2010) schlägt eine Beurteilung mit dem Zielwert 4 mg/l C vor. Schlecht abbaubare DOC-Gehalte natürlichen Ursprungs können aber auch wesentlich höhere Werte erreichen, ohne dabei den Gewässerzustand negativ zu beeinflussen.

Stickstoff-Parameter

Ammonium [NH₄] gibt Aufschluss über die Belastung eines Gewässers durch kommunale und landwirtschaftliche Abwässer und wird zudem durch Einträge aufgrund der Abschwemmung und Auswaschung landwirtschaftlich genutzter Gebiete erhöht. Je höher die Temperatur und der pH-Wert sind, desto stärker wird das Ammoniak/Ammonium-Gleichgewicht zugunsten des fischtoxischen Ammoniaks verschoben. Deshalb sind die Anforderungen in der GSchV in Abhängigkeit der Temperatur formuliert.

Nitrit [NO₂] ist stark fischgiftig, insbesondere für Salmoniden. Erhöhte Nitrit-Konzentrationen entstehen bei der Oxidation von Ammonium zu Nitrat oder unter anaeroben Bedingungen bei der Denitrifikation von Nitrat zu gasförmigen N₂O oder N₂. Da die Toxizität von Nitrit von der Chlorid-Konzentration abhängig ist, muss diese ebenfalls bestimmt werden (chloridabhängige Anforderungen). Die BAFU-Vollzugshilfe (Liechti 2010) macht einen Vorschlag für die Beurteilung der Nitritgehalte in Abhängigkeit des Chloridgehaltes.

Der grösste Teil des anorganischen Stickstoffs liegt in Gewässern als **Nitrat [NO₃]** vor. Nitratgehalte über 1.5 mg/l N lassen auf Abschwemmung und Auswaschung aus landwirtschaftlich genutzten Flächen oder auf die Einleitung von kommunal-

len Abwässern schliessen. Eine Limitierung der biologischen Produktion durch Nitrat ist in schweizerischen Fliessgewässern die Ausnahme. Unter 10 mg/l Nitrat-N sind keine negativen Auswirkungen auf die Lebensgemeinschaften in Oberflächengewässern bekannt. Die Anforderung in der GSchV Anhang 2 Ziffer 12 von 5.6 mg/l Nitrat-N gilt für Gewässer, welche der Trinkwassernutzung dienen. Eine rein ökologisch orientierte Zielvorgabe (Nitrat als Indikator für Belastungen) gemäss GSchV Anhang 1 Ziffer 1 Absatz 3c müsste tiefer angesetzt werden, beispielsweise auf 2 mg/l N.

Phosphor-Parameter

Phosphor gelangt diffus aus der Landwirtschaft und punktuell über Abwassereleitungen und Regenüberläufe in die Gewässer. Der Ausbau der Abwasserreinigung und das seit 1986 in Kraft getretene Phosphatverbot in Textilwaschmitteln haben zu einer Reduktion des Phosphateintrags in die Oberflächengewässer geführt. Phosphor ist ein essentieller Nährstoff für Wasserorganismen. Da er natürlicherweise nur in geringen Mengen in Gewässersysteme gelangt, ist die Zufuhr aus anthropogenen Quellen bestimmend für das Ausmass des aquatischen Pflanzenwachstums.

Ortho-Phosphat [PO₄] stellt die für Pflanzen physiologisch direkt und am schnellsten wirksame Phosphorkomponente dar und ist ein Indikator für die anthropogene Belastung eines Gewässers.

Gesamt-P filtrierte entspricht dem biologisch verfügbaren Phosphor in Gewässern und wird messtechnisch durch die gelöste Phosphorfraktion im Wasser nach vorangehender Filtration der Probe erfasst. Gesamt-P filtrierte besteht aus Ortho-Phosphat und Polyphosphaten (z. B. aus Reinigungsmitteln oder Geschirrspülmitteln) sowie aus organischem Phosphor pflanzlicher und tierischer Herkunft.

Gesamt-P unfiltriert umfasst den gesamten gelösten und partikulären Phosphor in einer Wasserprobe. Er ist an Bodenpartikel oder organisches Material gebunden und gelangt verstärkt bei Niederschlägen in die Gewässer.

Die biologische Aktivität der Fliessgewässer unterhalb der Seen ist in der Regel nicht phosphorlimitiert. Die Fliessgewässer werden durch höhere P-Gehalte wenig oder allenfalls in langsam fliessenden Flussabschnitten negativ beeinflusst; hier dient Phosphor somit primär als Indikator für anthropogene Belastungen. Die GSchV enthält keine numerischen Zielvorgaben für Phosphor. Solche sind in der BAFU-Vollzugshilfe Modul Chemie des Modul-Stufen-Konzepts (Liechti 2010) formuliert. Es liegt im Ermessensspielraum der kantonalen Gewässerschutzfachstellen, unterhalb der Seen diese Zielvorgaben zu verwenden oder anzupassen. Im Kanton Zug werden für alle Fliessgewässer – unabhängig davon, ob sie in einen See münden – die Zielvorgaben gemäss der BAFU-Vollzugshilfe verwendet.

4.2 Biologische Parameter inkl. Äusserer Aspekt

Unter dem Begriff «**Äusserer Aspekt**» werden diejenigen Parameter zusammengefasst, welche der Beurteilung der in der Gewässerschutzverordnung (GSchV) unter Anhang 2 aufgeführten Anforderungen dienen. D.h. mit Hilfe des Äusseren

Aspekts sollen grundsätzlich die Anforderungen an die Wasserqualität gemäss Anhang 2 der GSchV überprüft werden. Im Feld wird dazu der makroskopische Gewässereindruck gemäss der Methodik des BAFU Moduls Äusserer Aspekt (BAFU 2007a) angewandt. Es werden folgende Parameter untersucht:

- Schlamm
- Trübung
- Verfärbung
- Schaum
- Geruch
- Eisensulfid
- Kolmation
- Feststoffe aus der Siedlungsentwässerung
- Abfälle
- Pflanzenbewuchs

Der **Pflanzliche Bewuchs** wird im BAFU Modul Äusserer Aspekt (2007a) erfasst, jedoch nicht bewertet. Die Bewertung wurde in Anlehnung an Chaix et al. (1995) vorgenommen. Unter pflanzlichem Bewuchs werden die fädigen Algen, Moose und die höheren Wasserpflanzen verstanden. Ihr Auftreten und die Diversität dieser Pflanzengemeinschaften ist gemäss BAFU (2007a) eine Funktion der Naturnähe eines Bachbettes. Massenentwicklungen von einzelnen Arten kommen vorwiegend bei homogenem Bachbett vor und sind u.a. auf fehlenden Geschiebetrieb, eine naturfremde Bachsohle, fehlende Beschattung wegen Mangel an Ufergehölzen und in geringerem Mass auf ungenügende Wasserqualität zurückzuführen, wobei insbesondere die Algen auf Beeinträchtigungen der Wasserqualität reagieren.

Mit **Kieselalgen**untersuchungen wird der biologische Zustand der Fliessgewässer der Schweiz anhand des Kieselalgen-Indexes DI-CH (Diatomeen Index Schweiz) charakterisiert. Mit den Kieselalgenuntersuchungen werden die Auswirkungen der stofflichen Belastungssituation auf einzelne Organismen und ganze Lebensgemeinschaften untersucht und es können Aussagen zur zeitlich integrierten stofflichen Belastung im Gewässer gemacht werden. Die Zustandsbeschreibungen haben einen bekannten Bezug zu chemischen Parametern, die anthropogene Stoffbelastungen anzeigen, und sind somit ein wichtiger Aspekt im Hinblick auf die Überprüfung der ökologischen Zielsetzung gemäss Anhang 1 der Gewässerschutzverordnung (GSchV, 1998). Die Bewertung erfolgt gemäss dem Modulstufenkonzept Kieselalgen (BAFU 2007b).

5 Auswertungsmethode

5.1 Chemische Parameter

Die Beurteilung und Bewertung der erhobenen Messdaten in Fliessgewässern richtet sich einerseits nach den Anforderungen an die Wasserqualität, wie sie im Anhang 2 der Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998 (GSchV; SR 814.201) beschrieben sind, andererseits nach den zusätzlichen Zielvorgaben in der BAFU-Vollzugshilfe Modul Chemie (Liechti 2010) des Modul-Stufen-Konzepts.

5.1.1 Anforderungen GSchV

Im Anhang 2 Ziffer 11 und 12 der GSchV werden neben qualitativen Anforderungen auch numerische Anforderung bezüglich Ammonium, Nitrat und DOC aufgeführt, welche zu jeder Zeit eingehalten werden müssen. Davon ausgenommen sind seltene Hochwasserspitzen bzw. Niederwassersituationen, sowie besonders natürliche Verhältnisse.

5.1.2 Modul-Stufen-Konzept (MSK) Chemie (Liechti 2010)

Das Modul-Stufen-Konzept ist ein multidisziplinärer Ansatz zur hydrologischen, morphologischen, chemisch-physikalischen, biologischen und ökotoxikologischen Beurteilung der Fliessgewässer gemäss den gesetzlichen Anforderungen. Die chemisch-physikalische Bewertung der Wasserqualität erfolgt auf der Basis des Moduls Chemie. Darin werden auch Anforderungen numerisch umgesetzt, welche in der GSchV nur qualitativ festgehalten sind. Für folgende Messgrössen formuliert das Modul Chemie numerische Zielvorgaben: Orthophosphat, Gesamtphosphor filtriert (=bioverfügbarer Phosphor), Gesamtphosphor, Nitrit (abhängig von der Chloridkonzentration), Gesamtstickstoff, biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB₅), gelöster organischer Kohlenstoff (DOC) und gesamter organischer Kohlenstoff (TOC). Im Modul Chemie erfolgt die Beurteilung der DOC-Belastung – anders als in der GSchV – anhand der einheitlichen Zielvorgabe von 4 mg/l C.

Methode für die Klassierung und Bewertung der Messwerte:

Aus den Messresultaten wird zuerst das 90. Perzentil als statistischer Schätzwerte (S) berechnet. Damit fallen die höchsten Werte aus der Beurteilung und es wird den tolerierten seltenen Belastungsspitzen Rechnung getragen. Gemäss der Berechnungsvorschrift in Tabelle 5.1 werden der Schätzwert mit der Zielvorgabe verglichen und in eine der fünf Beurteilungsklassen eingeteilt: «sehr gut» / «gut» / «mässig» / «unbefriedigend» / «schlecht». Die Klassen «sehr gut» (blau) und «gut» (grün) erfüllen die Anforderungen des Gewässerschutzes, die übrigen Beurteilungsklassen erfüllen sie nicht.

Tab. 5.1: Beurteilungsklassen und ihr Bezug zu den Zielvorgaben gemäss Modul Chemie (Liechti 2010)

Beurteilungsklasse		Bedingung/Beschreibung		Einhaltung Zielvorgabe
	sehr gut	Der Schätzwert (S) ist kleiner als die halbe Zielvorgabe (Z)	$S < \frac{1}{2} Z$	Zielvorgabe eingehalten
	gut	Der Schätzwert (S) ist kleiner als die Zielvorgabe (Z)	$\frac{1}{2} Z \leq S < Z$	
	mässig	Der Schätzwert (S) ist kleiner als die eineinhalbfache Zielvorgabe (Z)	$Z \leq S < 1.5 * Z$	Zielvorgabe überschritten (nicht eingehalten)
	unbefriedigend	Der Schätzwert (S) ist kleiner als die doppelte Zielvorgabe (Z)	$1.5 * Z \leq S < 2 * Z$	
	schlecht	Der Schätzwert (S) ist gleich wie oder grösser als die doppelte Zielvorgabe (Z)	$S \geq 2 * Z$	

5.1.3 Im Kanton Zug erhobene Messparameter

Die in Tabelle 5.2 aufgeführten Messparameter werden in den Fliessgewässern des Kantons Zug erhoben und nach dem Modul Chemie bewertet. Zusätzlich werden die Wassertemperatur, der pH-Wert, die Leitfähigkeit sowie die Chlorid- und Bor-Konzentration gemessen, welche nicht bewertet werden.

Tab. 5.2: Numerische Beurteilungsklassen nach der GSchV* und dem Modul Chemie (Liechti 2010)** für die im Kanton Zug untersuchten Messgrößen (fett markierte Zahlwerte = Zielvorgaben)

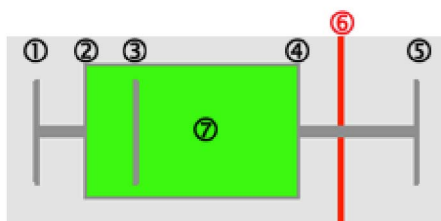
Parameter	Symbol	Einheit	Abhängigkeit von	Zustand					
				sehr gut	gut	mässig	unbefried.	schlecht	
Ammonium*	NH ₄	mg/l N	T < 10°C	< 0.08	0.08 bis < 0.4	0.4 bis < 0.6	0.6 bis < 0.8	≥ 0.8	
			T ≥ 10°C	< 0.04	0.04 bis < 0.2	0.2 bis < 0.3	0.3 bis < 0.4	≥ 0.4	
Nitrit**	NO ₂	mg/l N	[Cl] < 10 mg/l	< 0.01	0.01 bis < 0.02	0.02 bis < 0.03	0.03 bis < 0.04	≥ 0.04	
			[Cl] 10-20 mg/l	< 0.025	0.025 bis < 0.05	0.05 bis < 0.075	0.075 bis < 0.1	≥ 0.1	
			[Cl] > 20 mg/l	< 0.05	0.05 bis < 0.1	0.1 bis < 0.15	0.15 bis < 0.2	≥ 0.2	
Nitrat*	NO ₃	mg/l N		< 1.5	1.5 bis < 5.6	5.6 bis < 8.4	8.4 bis < 11.2	≥ 11.2	
Phosphat**	PO ₄	mg/l P		< 0.02	0.02 bis < 0.04	0.04 bis < 0.06	0.06 bis < 0.08	≥ 0.08	
Gesamtphosphor Filtriert**	<u>Pfilt</u>	mg/l P		< 0.025	0.025 bis < 0.05	0.05 bis < 0.075	0.075 bis < 0.10	≥ 0.10	
Gesamtphosphor**	<u>Ptot</u>	mg/l P		< 0.04	0.04 bis < 0.07	0.07 bis < 0.10	0.10 bis < 0.14	≥ 0.14	
Gelöster organischer Kohlenstoff*	DOC	mg/l C	natürlichem DOC-Gehalt		< 0.5	0.5 bis < 1	1 bis < 1.5	1.5 bis < 2	≥ 2
					< 1	1 bis < 2	2 bis < 3	3 bis < 4	≥ 4
					< 1.5	1.5 bis < 3	3 bis < 4.5	4.5 bis < 6	≥ 6
					< 2	2 bis < 4	4 bis < 6	6 bis < 8	≥ 8
Anforderung				erfüllt		nicht erfüllt			

Darstellung mit Boxplots:

Die Resultate der chemischen Messungen sind als Boxplot-Grafiken dargestellt. Die Boxplots sind im Längsverlauf der Fliessgewässer angeordnet.

Die «Balken» der Boxplots geben von links nach rechts den Minimalwert (1) das 10. Perzentil (2), den Medianwert (3), das 90. Perzentil (4) und den Maximalwert (5) an. Wo eine Bewertung aufgrund eines Qualitätsziels (QZ, 6) möglich ist, sind die Boxplots gemäss der Zuordnung in die Zustandsklasse (7) gemäss Tabelle 5.1 eingefärbt (siehe Abbildung 5.1).

Abb. 5.1: Schematische Darstellung eines Boxplots. Die nummerierten Kennwerte werden im Text erklärt.



5.2 Biologische Parameter inkl. Äusserer Aspekt

Die biologischen Untersuchungen erfolgten im Frühling (14.03.2018) und im Herbst (06.09.2018) an vier Probenahmestandorten gemäss Modul-Stufen-Konzept (MSK) des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) sowie weiteren Methoden und wurden auch entsprechend dieser Methoden ausgewertet:

- Modulstufenkonzept Äusserer Aspekt (BAFU 2007a)
- Modulstufenkonzept Kieselalgen (BAFU 2007b), ergänzend wurde der Anteil der Teratologien¹ gemäss AquaPlus & PhycoEco (2014) erhoben
- Pflanzlicher Bewuchs (Algen, Moose und Wasserpflanzen) im benetzten Bereich: Aufnahme der makroskopisch erkennbaren dominierenden Arten, Bewuchsdichte

Die Aufnahmen der biologischen Parameter werden in einem separaten Bericht detaillierter beschrieben (AquaPlus 2018).

¹ Missbildungen der Schalenstruktur, verursacht durch natürliche (z.B. erhöhte UV-Strahlung im Gebirge, Siliziummangel, etc.) oder anthropogen bedingte Faktoren (z.B. Abwasser, hohe Schwermetallkonzentrationen, Mikroverunreinigungen, hoher Salzgehalt, Radioaktivität, etc.).

6 Resultate

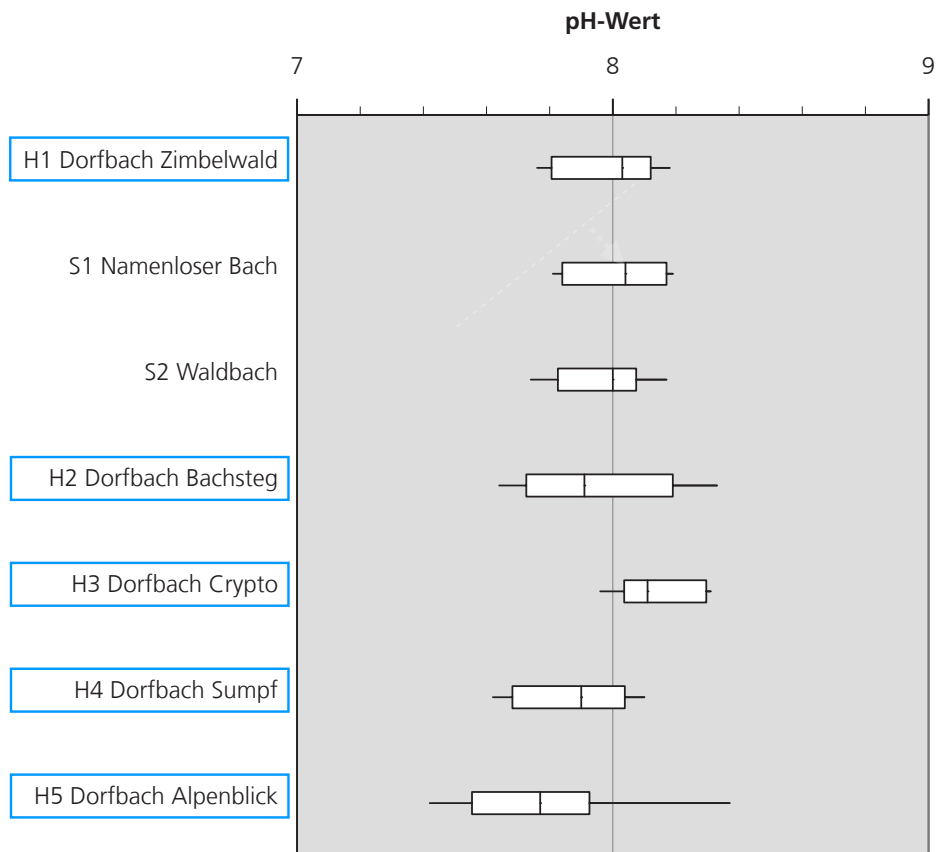
6.1 Chemische Parameter

6.1.1 pH-Wert

Die Auswertung der pH-Werte ist in Abbildung 6.1 dargestellt. Alle pH-Werte und somit die Pufferkapazität der untersuchten Fließgewässer liegen in einem normalen Bereich zwischen rund pH 7.5 und 8.5. Sowohl der gemessene Minimalwert (7.42) als auch der gemessene Maximalwert (8.37) wurden an der Probenahmestelle H5 erfasst.

Für den pH-Wert ist keine numerische Zielvorgabe definiert, deshalb sind die Ergebnisse nicht mit der Klassenfarbe eingefärbt.

Abb. 6.1: Boxplots des pH-Wertes, ausgewertet wurden pro Messstelle 13 Messwerte. Blau umrandet sind die Probenahmestellen im Hauptlauf des Dorfbaches dargestellt.

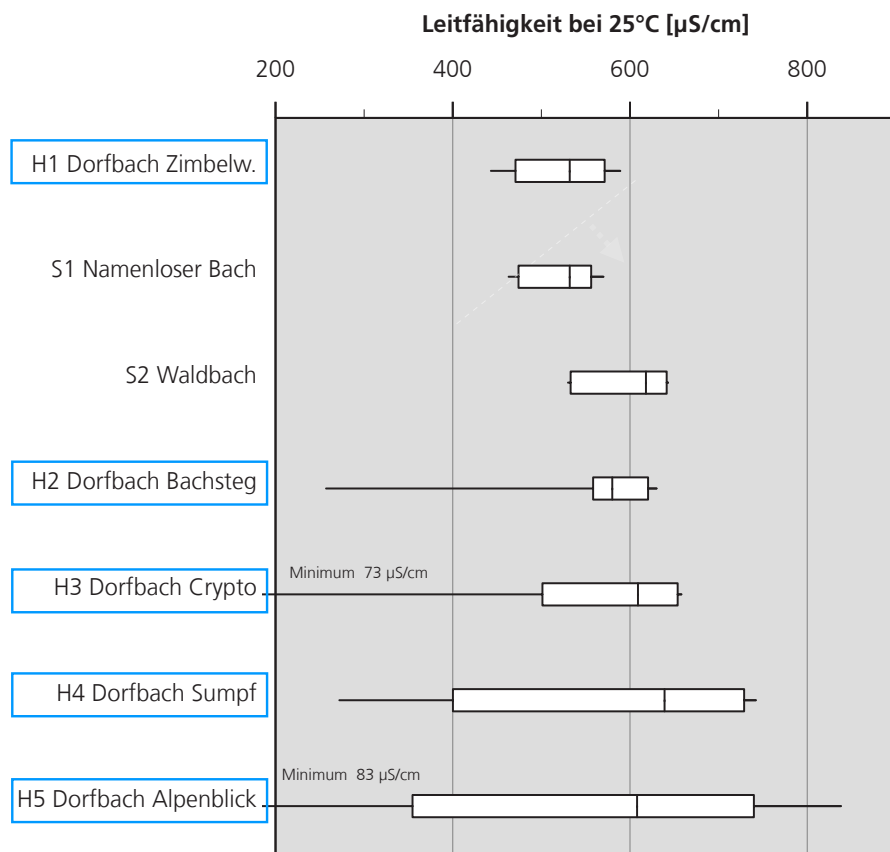


6.1.2 Leitfähigkeit

Die Auswertung der Leitfähigkeitswerte ist in Abbildung 6.2 dargestellt. Die Leitfähigkeitswerte mit Medianwerten von über 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ sind hoch und weisen auf den hohen Gehalt gelöster ionischer Stoffe (Hydrogencarbonat, Düngerabschwemmung, allenfalls Streusalz im Spätwinter) hin. Von den untersuchten Messstellen weisen die Probenahmestellen H4 und H5 die höchsten 90%-Perzentil- und Maximalwerte auf. Die Minimalwerte an allen Messstellen wurden am 5. Juli 2018 gemessen. Während der Abfluss an den Messstellen im Oberlauf noch nicht auf den Regen reagiert hatte, war dieser an den vier Messstellen H2 bis H5 infolge eines Regenereignisses bereits stark erhöht. Dies führte zu einer starken Verdünnung des Bachwassers mit Regenwasser, welches deshalb eine sehr tiefe Leitfähigkeit aufwies.

Für die Leitfähigkeit ist keine numerische Zielvorgabe definiert, deshalb sind die Ergebnisse nicht mit der Klassenfarbe eingefärbt.

Abb. 6.2: Boxplots der gemessenen Leitfähigkeiten, ausgewertet wurden pro Messstelle 13 Messwerte. Blau umrandet sind die Probenahmestellen im Hauptlauf des Dorfbaches dargestellt.

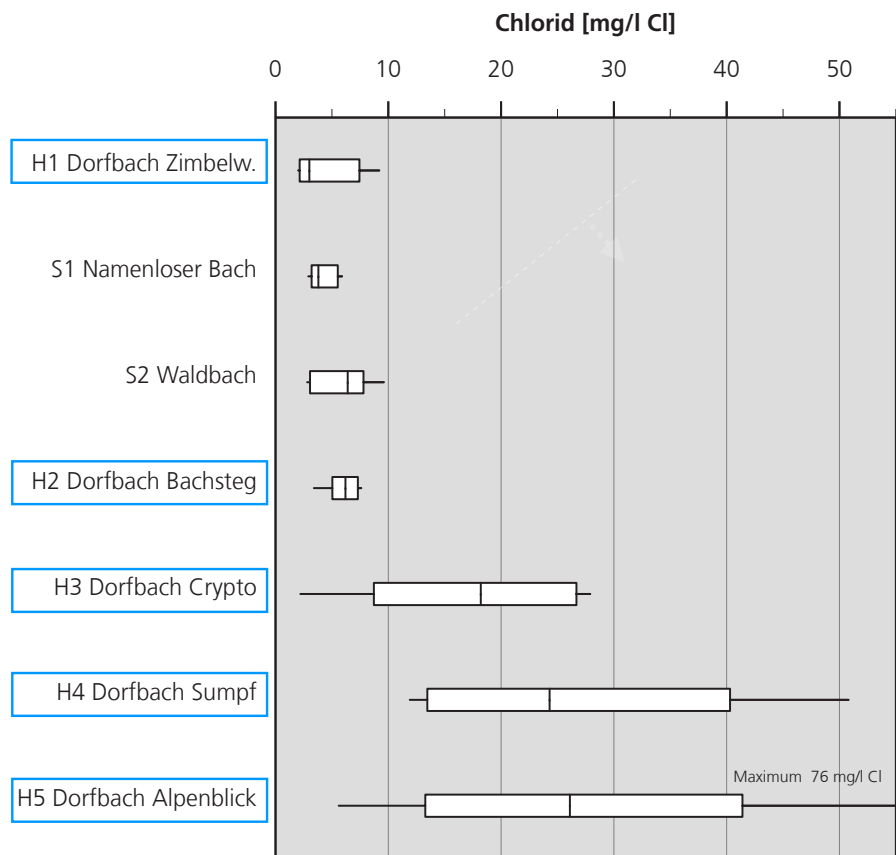


6.1.3 Chlorid

Die Auswertung der Chloridwerte ist in Abbildung 6.3 dargestellt. Die Chloridkonzentrationen an den Messstellen H1, S1, S2 und H2 liegen in der Grössenordnung des natürlichen Vorkommens, sie sind allenfalls leicht erhöht. Die Messungen an den Stellen H3, H4 und H5 weisen hingegen auf eine mässige Belastung hin. Die gemessenen Maximalwerte an den Stellen H4 und H5 traten am 14.3.2018 auf. Dies ist wahrscheinlich auf den Einsatz von Streusalz im Winterdienst des Strassenunterhalts zurückzuführen, welches verzögert in den Bach abgeschwemmt wurde.

Für Chlorid ist keine numerische Zielvorgabe definiert, deshalb sind die Ergebnisse nicht mit der Klassenfarbe eingefärbt.

Abb. 6.3: Boxplots der gemessenen Chloridwerte, ausgewertet wurden pro Messstelle 13 Messwerte. Blau umrandet sind die Probenahmestellen im Hauptlauf des Dorfbaches dargestellt.

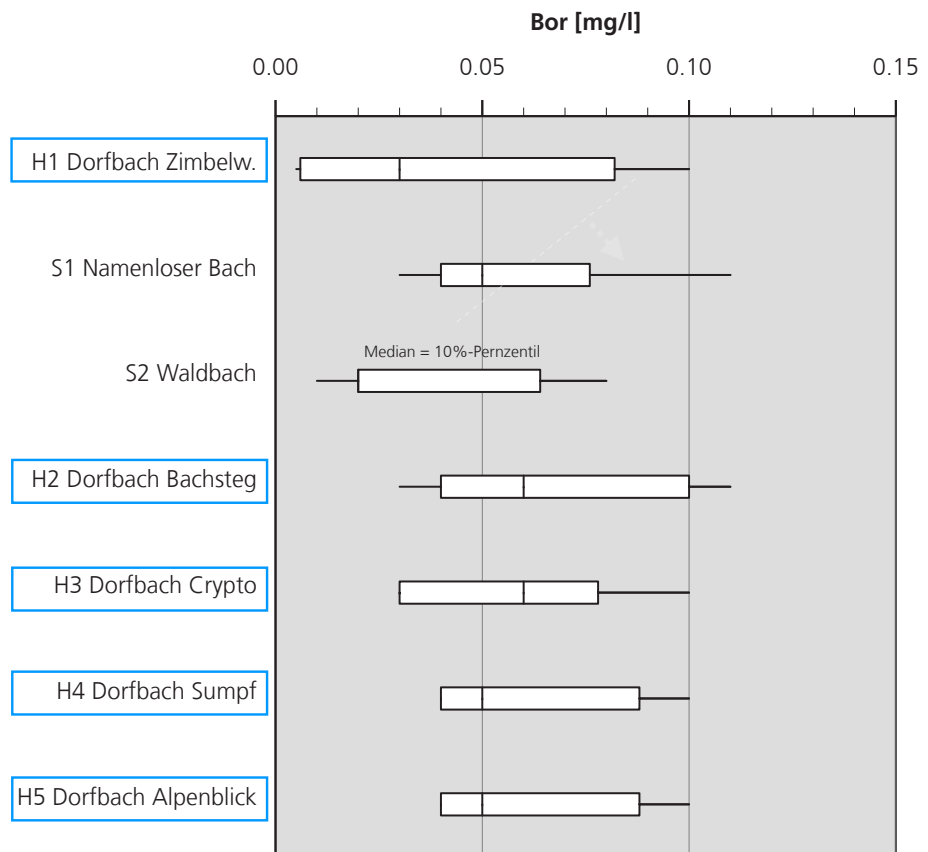


6.1.4 Bor

Die Auswertung der Bor-Messwerte ist in Abbildung 6.4 dargestellt. Bor ist ein Indikator für die Belastung der Gewässer mit Abwasser (Borate in Waschmitteln) und Deponieabwasser. Die Bor-Werte im Einzugsgebiet des Dorfbaches Steinhausen sind allesamt tief und unauffällig.

Für Bor ist keine numerische Zielvorgabe definiert, deshalb sind die Ergebnisse nicht mit der Klassenfarbe eingefärbt.

Abb. 6.4: Boxplots der gemessenen Borwerte, ausgewertet wurden pro Messstelle 13 Messwerte. Blau umrandet sind die Probenahmestellen im Hauptlauf des Dorfbaches dargestellt.



6.1.5 Gelöster organischer Kohlenstoff (DOC)

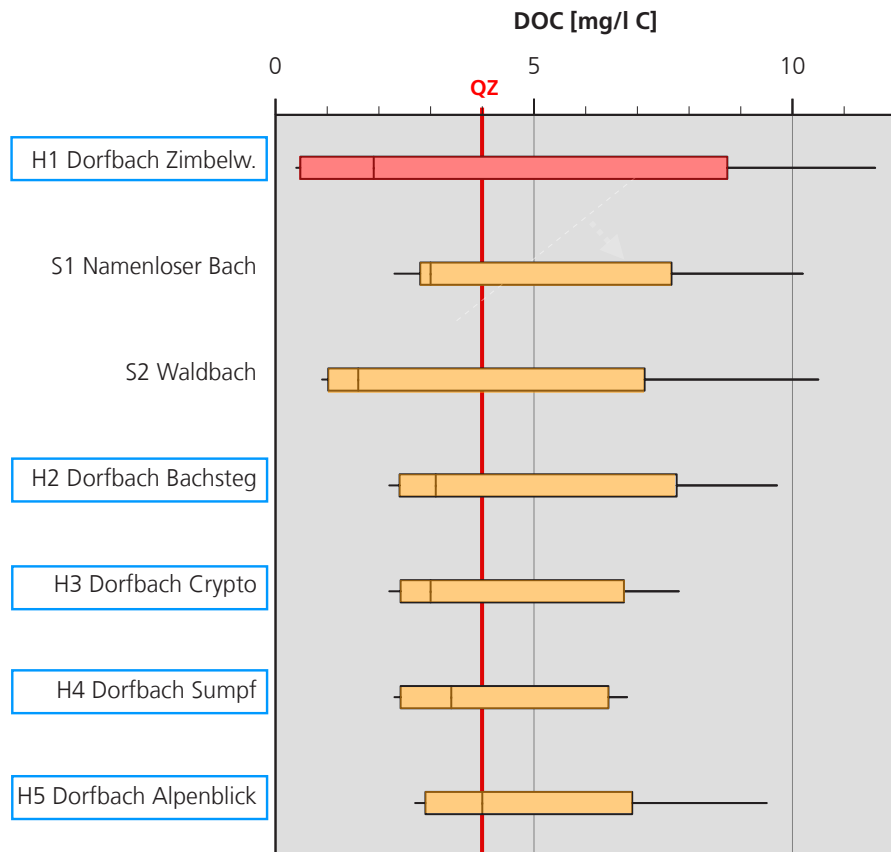
Die Auswertung der DOC-Messwerte ist in Abbildung 6.5 dargestellt. Die DOC-Belastung im Einzugsgebiet des Dorfbaches Steinhausen ist generell hoch, das Qualitätsziel der Gewässerschutzverordnung wurde an keiner der untersuchten Stellen erfüllt. Auffällig ist die zeitweise sehr hohe DOC-Belastung des Dorfbaches an der Messstelle Zimbelwald (H1). Eine natürliche Ursache dafür sind die torfhaltigen Böden im Einzugsgebiet sowie die Lage der Messstelle in einem Waldgebiet mit hohem Totholzanteil.

Abb. 6.5: Boxplots der gemessenen DOC-Werte,

ausgewertet wurden pro Messstelle 13 Messwerte. Blau umrandet sind die Probenahmestellen im Hauptlauf des Dorfbaches dargestellt.

QZ= Qualitätsziel

Legende	
	Klasse 1, Zustandsklasse sehr gut, Anforderungen erfüllt
	Klasse 2, Zustandsklasse gut, Anforderungen erfüllt
	Klasse 3, Zustandsklasse mässig, Anforderungen nicht erfüllt
	Klasse 4, Zustandsklasse unbefriedigend, Anforderungen nicht erfüllt
	Klasse 5, Zustandsklasse schlecht, Anforderungen nicht erfüllt



6.1.6 Ammonium

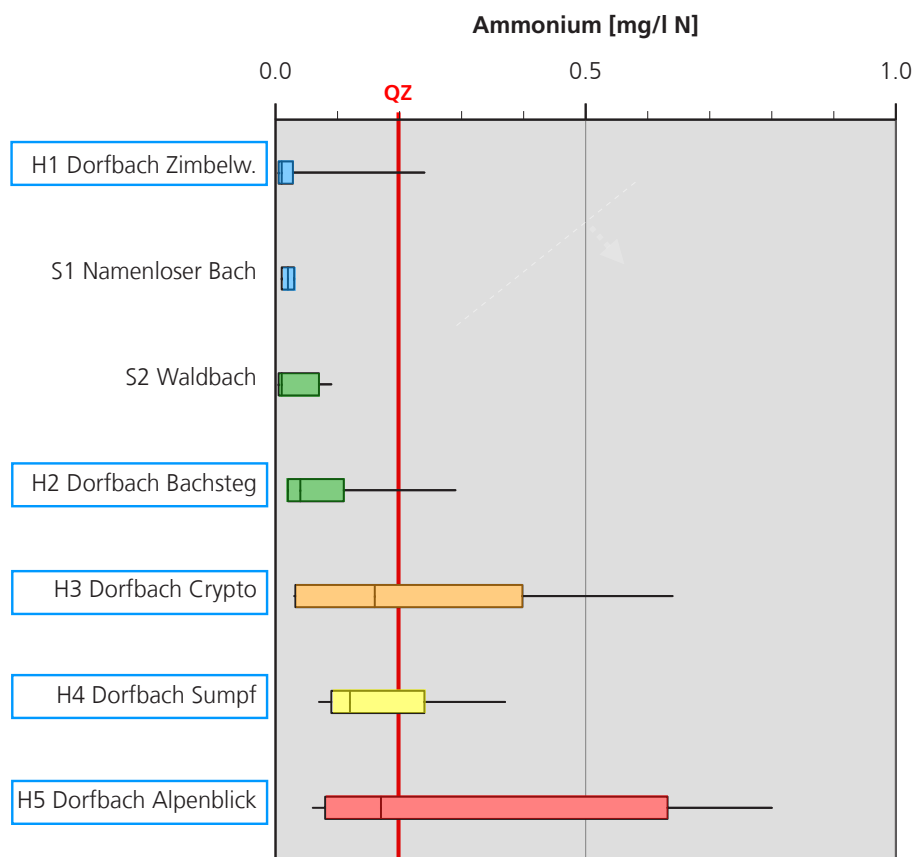
Die Auswertung der Ammoniumwerte ist in Abbildung 6.6 dargestellt. Die Ammoniumbelastung wird in Abhängigkeit der Wassertemperatur beurteilt (siehe Tabelle 5.2). Gemäss dem Modul Chemie (Liechti 2010) kann eine vereinfachte Annahme gemacht und für alle Messwerte der strengere Wert angenommen werden. Da die kritischen Messwerte im Sommerhalbjahr bei Temperaturen >10°C auftreten, verändert dies die Beurteilung nicht.

Die Ammonium-Konzentrationen sind im Oberlauf des Dorfbaches Steinhausen tief und erfüllen die Anforderungen der GSchV. Ab der Stelle H3 erhöhen sich die Ammoniumkonzentration und die Anforderungen der GSchV können nicht mehr erfüllt werden. Alle Messwerte, welche das Qualitätsziel nicht erfüllen können, wurden dabei zwischen Mai und Oktober gemessen. Aufgrund der tieferen Belastung im landwirtschaftlich genutzten Oberlauf des Dorfbaches Steinhausen ist davon auszugehen, dass die hohe Belastung des Dorfbaches im Siedlungsgebiet wahrscheinlich auf Einleitungen aus der Siedlungsentwässerung zurückzuführen ist, welche sich direkt oberhalb der Probenahmestelle H3 befinden.

Abb. 6.6: Boxplots der gemessenen Ammoniumwerte, ausgewertet wurden pro Messstelle 13 Messwerte. Blau umrandet sind die Probenahmestellen im Hauptlauf des Dorfbaches dargestellt.

QZ= Qualitätsziel

Legende	
■	Klasse 1, Zustandsklasse sehr gut, Anforderungen erfüllt
■	Klasse 2, Zustandsklasse gut, Anforderungen erfüllt
■	Klasse 3, Zustandsklasse mässig, Anforderungen nicht erfüllt
■	Klasse 4, Zustandsklasse unbefriedigend, Anforderungen nicht erfüllt
■	Klasse 5, Zustandsklasse schlecht, Anforderungen nicht erfüllt



6.1.7 Nitrit

Die Auswertung der Nitritmesswerte ist in Abbildung 6.7 dargestellt. Die Nitritbelastung wird in Abhängigkeit der Chloridkonzentration beurteilt (siehe Tabelle 5.2). Gemäss dem Modul Chemie (Liechi 2010) kann eine vereinfachte Annahme gemacht werden und für alle Messwerte der mittlere Chloridwert angenommen werden (entspricht Qualitätsziel 0,05 mg/L N). Dieses Vorgehen wurde bei Messstellen gewählt, bei welchen die Chloridkonzentration im Jahresverlauf stark schwankt und deren Chloridkonzentration zumindest zeitweise über 10 mg/l liegt (Dorfbach Steinhausen Stellen H3 bis H5). Bei den Messstellen, deren Chloridmesswerte unter 10 mg/l liegen, gilt der strengere Grenzwert von 0.02 mg/l N.

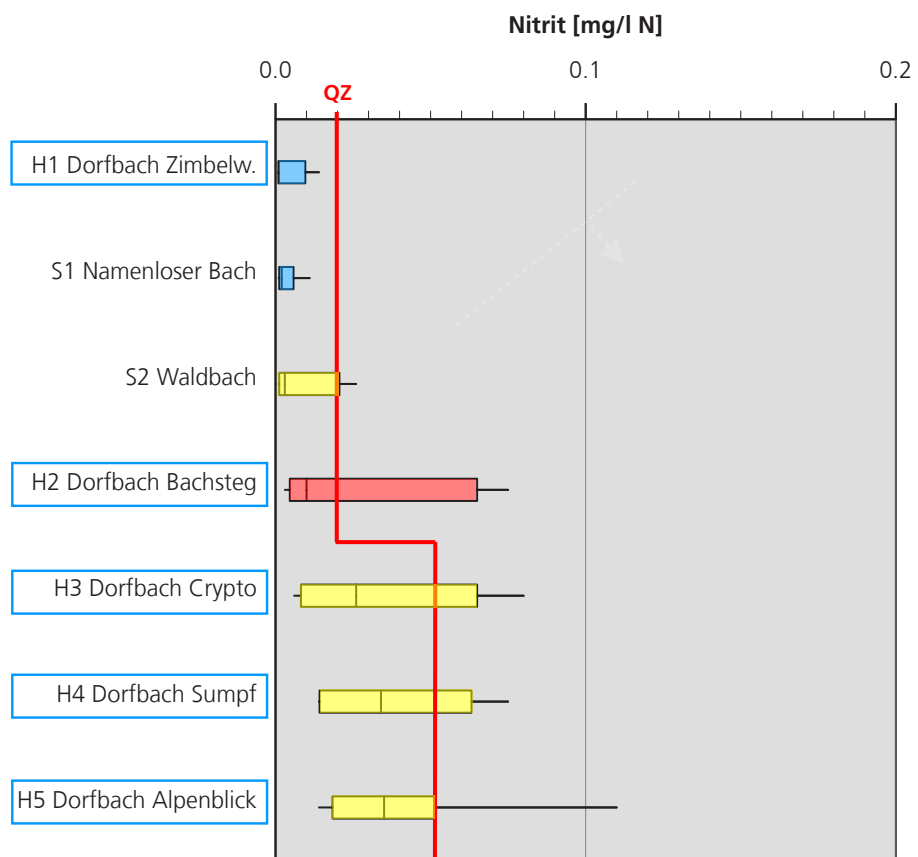
Die Nitritbelastung im Dorfbach Steinhausen erfüllt nur bei der obersten Messstelle H1 und bei der Messstelle S1 das Qualitätsziel. Bei allen anderen Messstellen ist der Zustand mässig, an der Messstelle H2 sogar schlecht. Als Quelle für diese Belastung kommen sowohl ein Eintrag aus der Landwirtschaft als auch aus der Siedlungsentwässerung in Frage.

Abb. 6.7: Boxplots der gemessenen Nitritwerte,

ausgewertet wurden pro Messstelle 13 Messwerte. Blau umrandet sind die Probenahmestellen im Hauptlauf des Dorfbaches dargestellt.

QZ= Qualitätsziel

Legende	
■	Klasse 1, Zustandsklasse sehr gut, Anforderungen erfüllt
■	Klasse 2, Zustandsklasse gut, Anforderungen erfüllt
■	Klasse 3, Zustandsklasse mässig, Anforderungen nicht erfüllt
■	Klasse 4, Zustandsklasse unbefriedigend, Anforderungen nicht erfüllt
■	Klasse 5, Zustandsklasse schlecht, Anforderungen nicht erfüllt



6.1.8 Nitrat

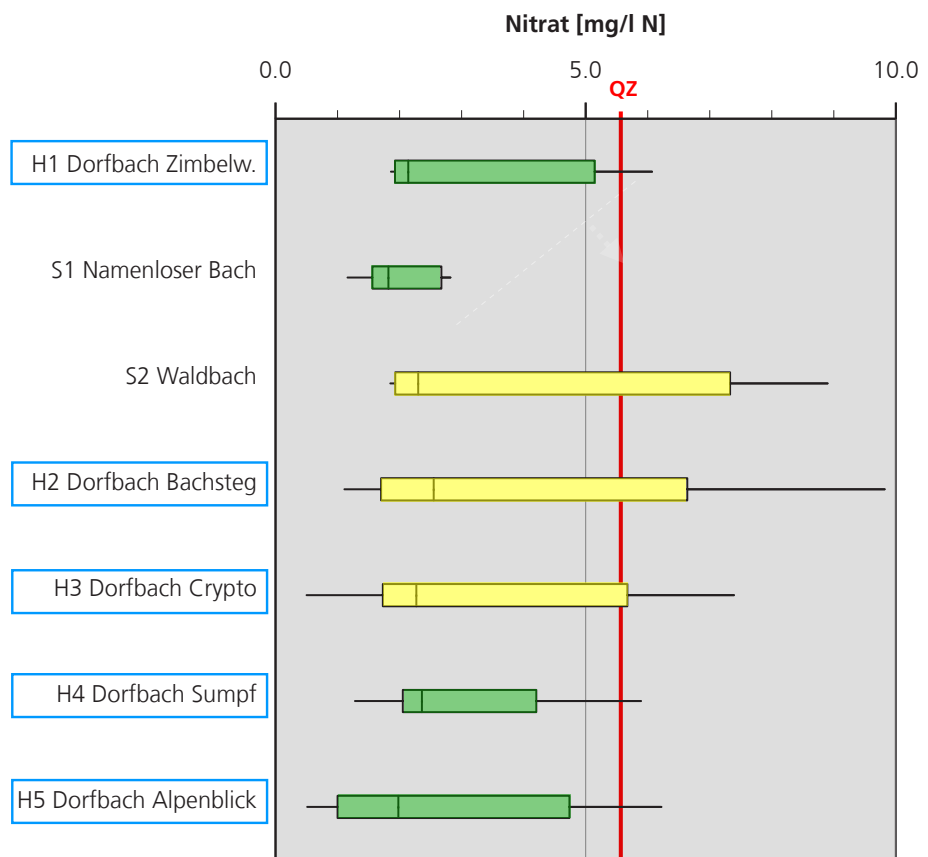
Die Auswertung der Nitratwerte ist in Abbildung 6.8 dargestellt. Der Gewässerzustand bezüglich der Nitratbelastung ist im Dorfbach Steinhausen ausserhalb des Siedlungsgebietes von Steinhausen gut. Im Siedlungsgebiet an den Messstellen H2 und H3 weist der Dorfbach Steinhausen aber lediglich einen mässigen Zustand auf. Als Quellen der Nitratbelastung kommen sowohl eine Auswaschung aus den landwirtschaftlich genutzten Flächen im Oberlauf als auch die Einleitungen aus der Siedlungsentwässerung im Oberlauf des Waldbaches in Frage.

Abb. 6.8: Boxplots der gemessenen Nitratwerte,

ausgewertet wurden pro Messstelle 13 Messwerte. Blau umrandet sind die Probenahmestellen im Hauptlauf des Dorfbaches dargestellt.

QZ= Qualitätsziel

Legende	
■	Klasse 1, Zustandsklasse sehr gut, Anforderungen erfüllt
■	Klasse 2, Zustandsklasse gut, Anforderungen erfüllt
■	Klasse 3, Zustandsklasse mässig, Anforderungen nicht erfüllt
■	Klasse 4, Zustandsklasse unbefriedigend, Anforderungen nicht erfüllt
■	Klasse 5, Zustandsklasse schlecht, Anforderungen nicht erfüllt



6.1.9 Phosphor (Orthophosphat, Gesamtphosphor filtriert, Gesamtphosphor)

Die Auswertungen der Phosphormesswerte sind in den Abbildungen 6.9 (Ortho-Phosphat), 6.10 (Gesamtphosphor filtriert) und 6.11 (Gesamtphosphor unfiltriert) dargestellt.

Die drei untersuchten Phosphorfraktionen Orthophosphat, Gesamtphosphor filtriert und Gesamtphosphor unfiltriert zeigen ein ähnliches Bild. An der Messstelle im Oberlauf des Dorfbaches Steinhausen (H1) und an den beiden in den Oberlauf einmündenden Seitengewässern (S1 und S2) liegen die Messwerte aller drei Phosphorfraktionen in einem guten bis sehr guten Bereich.

Im Siedlungsgebiet von Steinhausen zeigt sich ein ganz anderes Bild. Die Stellen H2 und H3 weisen bei allen Phosphorfraktionen eine hohe Belastung auf. An der Messstelle H4 vermindert sich die Phosphorbelastung bei allen Fraktionen deutlich, bis zur Stelle H5 findet nochmals eine geringfügige Verbesserung statt.

Die hohe Phosphorbelastung des Dorfbaches Steinhausen an den Stellen H2 und H3 ist wahrscheinlich eine Folge der landwirtschaftlichen Nutzung. Ein Einfluss aus der Siedlungsentwässerung würde die gemessenen Werte erklären, allerdings sind keine Einleitungen oberhalb der Messstelle H2 bekannt.

Abb. 6.9: Boxplots der gemessenen Ortho-Phosphatwerte,

ausgewertet wurden pro Messstelle 13 Messwerte. Blau umrandet sind die Probenahmestellen im Hauptlauf des Dorfbaches dargestellt.

QZ= Qualitätsziel

Legende	
■	Klasse 1, Zustandsklasse sehr gut, Anforderungen erfüllt
■	Klasse 2, Zustandsklasse gut, Anforderungen erfüllt
■	Klasse 3, Zustandsklasse mässig, Anforderungen nicht erfüllt
■	Klasse 4, Zustandsklasse unbefriedigend, Anforderungen nicht erfüllt
■	Klasse 5, Zustandsklasse schlecht, Anforderungen nicht erfüllt

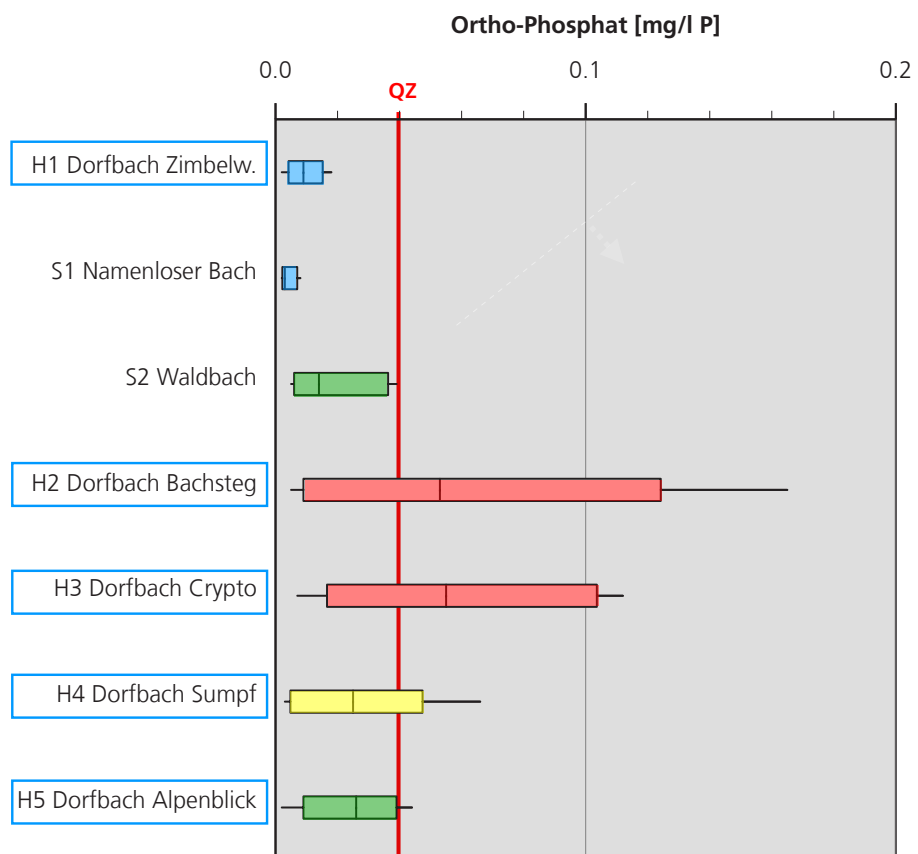


Abb. 6.10: Boxplots der gemessenen filtrierte Gesamtphosphorwerte, ausgewertet wurden pro Messstelle 13 Messwerte. Blau umrandet sind die Probenahmestellen im Hauptlauf des Dorfbaches dargestellt.

QZ= Qualitätsziel

Legende	
	Klasse 1, Zustandsklasse sehr gut, Anforderungen erfüllt
	Klasse 2, Zustandsklasse gut, Anforderungen erfüllt
	Klasse 3, Zustandsklasse mässig, Anforderungen nicht erfüllt
	Klasse 4, Zustandsklasse unbefriedigend, Anforderungen nicht erfüllt
	Klasse 5, Zustandsklasse schlecht, Anforderungen nicht erfüllt

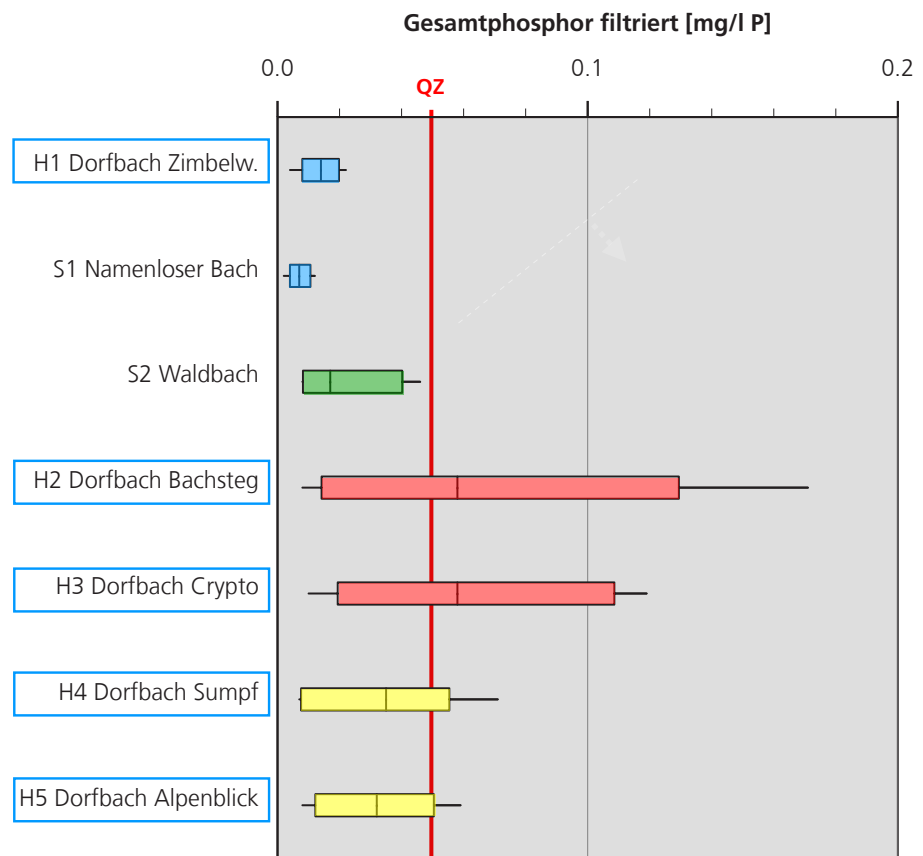
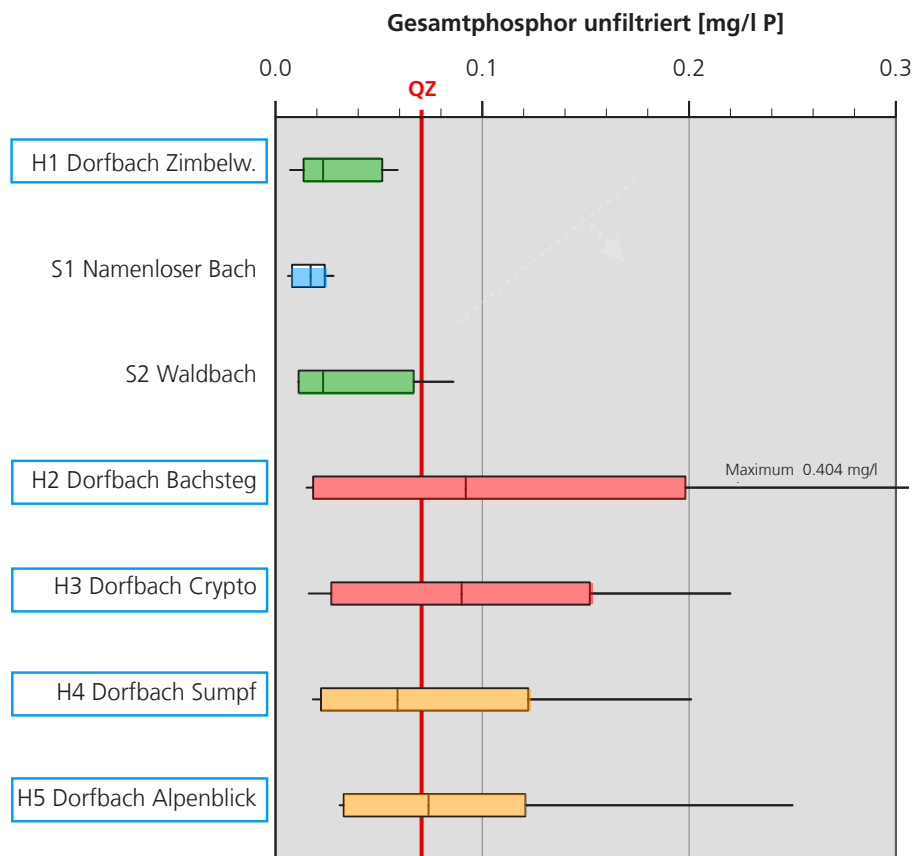


Abb. 6.11: Boxplots der gemessenen unfiltrierten Gesamtphosphorwerte,

ausgewertet wurden pro Messstelle 13 Messwerte. Blau umrandet sind die Probenahmestellen im Hauptlauf des Dorfbaches dargestellt.

QZ= Qualitätsziel

Legende	
■	Klasse 1, Zustandsklasse sehr gut, Anforderungen erfüllt
■	Klasse 2, Zustandsklasse gut, Anforderungen erfüllt
■	Klasse 3, Zustandsklasse mässig, Anforderungen nicht erfüllt
■	Klasse 4, Zustandsklasse unbefriedigend, Anforderungen nicht erfüllt
■	Klasse 5, Zustandsklasse schlecht, Anforderungen nicht erfüllt



6.1.10 Zusammenfassung chemische Parameter

Die Ergebnisse der chemischen Erhebungen sind in Tabelle 6.1 zusammengefasst.

Tab. 6.1: Zusammenfassende Beurteilung der untersuchten **chemischen Parameter** im Einzugsgebiet des Dorfbaches

Gewässer	Stelle	DOC	Ammonium	Nitrit	Nitrat	Ortho-Phosphat	Gesamt P filtriert	Gesamt P unfiltriert
Dorfbach, Zimbelwald	H1	5	1	2	2	1	1	2
Namenloser Bach, Route 1042 Zimbel	S1	4	1	2	2	1	1	2
Waldbach vor Eindolung	S2	4	2	3	3	2	2	2
Dorfbach, Bachsteg	H2	4	2	5	3	5	5	5
Dorfbach, Crypto	H3	4	3	3	3	5	5	5
Dorfbach, Sumpf	H4	4	3	3	2	3	3	4
Dorfbach Alpenblick	H5	4	5	3	2	2	3	3

Legende

- Klasse 1, Zustandsklasse sehr gut, Anforderungen erfüllt
- Klasse 2, Zustandsklasse gut, Anforderungen erfüllt
- Klasse 3, Zustandsklasse mässig, Anforderungen nicht erfüllt
- Klasse 4, Zustandsklasse unbefriedigend, Anforderungen nicht erfüllt
- Klasse 5, Zustandsklasse schlecht, Anforderungen nicht erfüllt

Es zeigt sich, dass die **Stellen H1, Dorfbach Zimbelwald**, und **S1, Namenloser Bach**, welche sich beide im Oberlauf des Einzugsgebietes befinden, einen guten bis sehr guten Zustand aufweisen. Einzige Ausnahme ist der gelöste Kohlenstoff DOC, bei welchem das Qualitätsziel der Gewässerschutzverordnung nicht erfüllt wurde. Als natürliche Ursachen tragen die torfhaltigen Böden und das Waldgebiet im Oberlauf des Einzugsgebietes zum zeitweise sehr hohen DOC-Gehalt des Bachwassers bei.

Der **Waldbach** an der Messstelle **S2** weist mit Ausnahme des DOC bei fast allen Parametern eine um eine Beurteilungsklasse schlechtere Bewertung auf als die beiden anderen Stellen (H1 und S1) im Oberlauf. Dabei erfüllen die beiden Stickstoffparameter Nitrit und Nitrat die Anforderungen gemäss GSchV bzw. Modul Chemie (Liechti 2010) nicht mehr. Als mögliche Quellen der Stickstoffbelastung kommen prinzipiell sowohl Einträge aus den landwirtschaftlich genutzten Flächen als auch punktuelle Einleitungen aus der Siedlungsentwässerung im Oberlauf des Waldbaches in Frage.

Die Stellen **H2, Dorfbach Bachsteg** und **H3, Dorfbach Crypto**, welche sich beide im Siedlungsgebiet von Steinhausen befinden, weisen einen auffallend schlechten Zustand bezüglich aller drei Phosphorfraktionen auf. Die Anforderungen gemäss Modul Chemie (Liechti 2010) werden bei fast keinem der untersuchten Parameter erfüllt, auch die Stickstoffparameter Ammonium und Nitrit sind stark erhöht. Die starke Zunahme der Nährstoffbelastung im Dorfbach Steinhausen an den Stellen H2 und H3 ist wahrscheinlich eine Folge der landwirtschaftli-

chen Nutzung entlang des Dorfbaches, bevor dieser wiederum im Siedlungsgebiet fliesst.

Die Messungen der Nährstoffparameter zeigten an den Untersuchungsstellen **H4, Dorfbach Sumpf** und **H5, Dorfbach Alpenblick** grundsätzlich eine leichte Verbesserung des Zustandes an. Offenbar finden eine Selbstreinigung des Gewässers und eine Verdünnung der Nährstoffbelastung aus dem Landwirtschaftsgebiet statt (Einleitung von nährstoffarmem Meteorwasser). Die Anforderungen gemäss GSchV bzw. Modul Chemie (Liechti 2010) werden aber an der Stelle H4 nur bei einem, an der Stelle H5 nur bei zwei von sieben chemischen Parametern erfüllt.

6.2 Biologische Parameter inkl. Äusserer Aspekt

Die Aufnahmen der biologischen Parameter und die Resultate aus diesen Untersuchungen werden in einem separaten Bericht detaillierter beschrieben (AquaPlus 2018). Die Resultate werden nachfolgend zusammenfassend dargestellt (siehe Tabelle 6.2).

Tab. 6.2: Zusammenfassende Beurteilung der untersuchten **biologischen Parameter** (Äusserer Aspekt, pflanzlicher Bewuchs und Kieselalgen) im Einzugsgebiet des Dorfbaches

Gewässer	Datum	Stelle	Flie.ss. Welle				Gewässersohle					Bewuchs ¹			Kieselalgen				
			Trübung	Verfärbung	Geruch	Schaum	Verschlämmung	Het. Bewuchs	Eisensulfid	Feststoffe Siedlungsentw.	Abfälle	Kolmation	Algen	Moose	Wasserpflanzen	Taxazahl	Teratologie	DI-CH	
Dorfbach, Zimbelwald	14.3.2018	H1	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	1	0	0	37	0.0	3.7
Dorfbach, Zimbelwald	6.9.2018	H1	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	1	0	0	29	0.0	3.9
Dorfbach, Bachsteg	14.3.2018	H2	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	4	1	0	41	0.2	4.0
Dorfbach, Bachsteg	6.9.2018	H2	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	3	1	1	44	0.0	3.8
Dorfbach, Crypto	14.3.2018	H3	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	3	0	0	40	0.0	4.3
Dorfbach, Crypto	6.9.2018	H3	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	1	0	0	34	1.0	4.2
Dorfbach, Sumpf oben	14.3.2018	H4	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	1	0	0	36	0.0	4.0
Dorfbach, Sumpf oben	6.9.2018	H4	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	1	0	1	29	0.6	5.36

Legende

¹ *Bewuchs: Algen: Bewuchsdichtestufen; Moose und Wasserpflanzen: Deckungsgrad (Skalendetails siehe Stellendokumentation).*

Algenbewuchsdichte: Sehr gut (0 - 2.5), gut (3), mässig (3.5), unbefriedigend (4), schlecht (> 4.5 - 5). Ab Wert ≥ 4 = Veralgung, Verkrautung.

Bewertung Äusserer Aspekt

Fliessende Welle und Gewässersohle



Anforderungen an die Wasserqualität und ökologische Ziele erfüllt (= Klasse 1 'kein').

Anforderungen an die Wasserqualität und ökologische Ziele knapp nicht eingehalten bzw. nicht erreicht oder Situation nicht klar (= Klasse 2 'wenig/mittel'), Erfüllung der Anforderungen GSchV fraglich.

Anforderungen an die Wasserqualität und ökologische Ziele nicht erfüllt (= Klasse 3 'viel').

Kieselalgen



Klasse 1, Zustandsklasse sehr gut, ökologische Ziele erfüllt

Klasse 2, Zustandsklasse gut, ökologische Ziele erfüllt

Klasse 3, Zustandsklasse mässig, ökologische Ziele nicht erfüllt

Klasse 4, Zustandsklasse unbefriedigend, ökologische Ziele nicht erfüllt

Klasse 5, Zustandsklasse schlecht, ökologische Ziele nicht erfüllt

Die Untersuchungsstelle **H1, Dorfbach Zimbelwald**, erfüllte die ökologischen Ziele (GSchV Anhang 1) und die Anforderungen an die Wasserqualität (GSchV Anhang 2) hinsichtlich des Äusseren Aspektes, des pflanzlichen Bewuchses und der Kieselalgen an beiden Probenahmetagen. Einzig die wenigen Abfälle im Bereich des Bachbettes stellen eine anthropogen bedingte Beeinträchtigung dar.

Die Untersuchungsstelle **H2, Dorfbach Bachsteg**, erfüllte die ökologischen Ziele (GSchV Anhang 1) und die Anforderungen an die Wasserqualität (GSchV Anhang 2) hinsichtlich des Äusseren Aspektes nicht. Die Qualität der Gewässersohle ist infolge der starken Kolmation sowie des hohen Eisensulfidvorkommens (Herbst)

beeinträchtigt. Die Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 hinsichtlich des pflanzlichen Bewuchses galten im März als nicht erfüllt und im September als erfüllt. Die Lebensgemeinschaften der Kieselalgen erfüllten an beiden Probenahmedaten die ökologischen Ziele.

Die Untersuchungsstelle **H3, Dorfbach Crypto** erfüllte basierend auf dem Äusseren Aspekt die ökologischen Ziele (GSchV Anhang 1) und die Anforderungen an die Wasserqualität (GSchV Anhang 2) knapp nicht oder der die Erfüllung war fraglich. Die Gewässersohle wies diverse mittel stark ausgeprägte Beeinträchtigungen auf. Unter anderem roch das Feinsediment nach Waschmittel (Einfluss Siedlungsentwässerung). Der pflanzliche Bewuchs sowie die Lebensgemeinschaften der Kieselalgen erfüllten an beiden Probenahmedaten die ökologischen Ziele.

Die Untersuchungsstelle **H4, Dorfbach Sumpf**, erfüllte die ökologischen Ziele (GSchV Anhang 1) und die Anforderungen an die Wasserqualität (GSchV Anhang 2) hinsichtlich des Äusseren Aspektes knapp nicht oder die Erfüllung war fraglich. Der pflanzliche Bewuchs erreichte hingegen die ökologischen Ziele an beiden Probenahmedaten. Die Lebensgemeinschaften der Kieselalgen erfüllten die ökologischen Ziele im Frühling, im Herbst jedoch nicht.

7 Literatur

- Amt für Umwelt des Kantons Zug (2016): Untersuchung der Oberflächengewässer im Kanton Zug - Konzept für den Zeitraum 2017 bis 2026. 16 S.
- AquaPlus & Phycoeco (2014): Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität (NAWA). NAWA TREND Biologie 2011-2013, Teil Diatomeen Fachbericht, Bericht im Auftrag des BAFU. Bundesamt für Umwelt, Bern. 54 S.
- AquaPlus (2018): Oberflächengewässer im Kanton Zug, Teil Fließgewässer. Biologische Untersuchungen 2018 Dorfbach Steinhausen. Kurzbericht mit Stelendokumentation. 12 S.
- BAFU (2007a): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer. Äusserer Aspekt. Umwelt-Vollzug Nr. 0701. Bundesamt für Umwelt, Bern. 43 S.
- BAFU (2007b): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer. Kieselalgen Stufe F (flächendeckend). Umwelt-Vollzug Nr. 0740. Bundesamt für Umwelt, Bern. 130 S.
- Chaix et al. (1995)
- H₂OCEVAR 2017: GEP Steinhausen 2016/2017. Teilprojekt Gewässer. 60 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.