

INTERKANTONALES LABOR

LEBENSMITTELKONTROLLE APPENZELL AUSSERRHODEN APPENZELL INNERRHODEN SCHAFFHAUSEN
UMWELTSCHUTZ SCHAFFHAUSEN

Zustand Oberflächengewässer im Kanton Schaffhausen

Chemisch-physikalische Erhebungen, Nährstoffe und
Monitoringkonzept



Impressum

Herausgeber

Interkantonales Labor (IKL)
Mühlentalstrasse 188
8200 Schaffhausen

Telefon +41 52 632 74 80
interkantlab@ktsh.ch

Redaktion

Jason Dey

Projektleitung

Selina Derksen
Kurt Seiler

Beiträge

Rainer Bombardi
Nicola Bulant
Urs Burkhardt
Raffael Fehlmann
Eliane Graf
Peter Koch
Christoph Moschet
Peter Wäspi

Layout

Katrin Welti

Bildnachweis

Alle Abbildungen, Tabellen, Karten und Fotos stammen vom Autor.

Inhalt

1	Einleitung	5
1.1	Gesetzliche Grundlagen	5
1.2	Ziele	5
2	Ausgangslage	7
2.1	Gewässerüberwachung	7
2.2	Oberflächengewässer im Kanton Schaffhausen	8
2.3	Gewässerüberwachung im Kanton Schaffhausen	12
3	Ergebnisse	14
3.1	Zustandsentwicklung (1999 – 2018) nach Parameter	15
3.2	Zustandsbewertungen (1999 – 2018) nach Gewässer	20
3.3	Einflussfaktoren der Gewässerbelastung	27
4	Evaluation des Monitoringkonzepts	38
5	Schlussfolgerung und Ausblick	40
6	Literatur, Verzeichnisse und Anhang	42

1 Einleitung

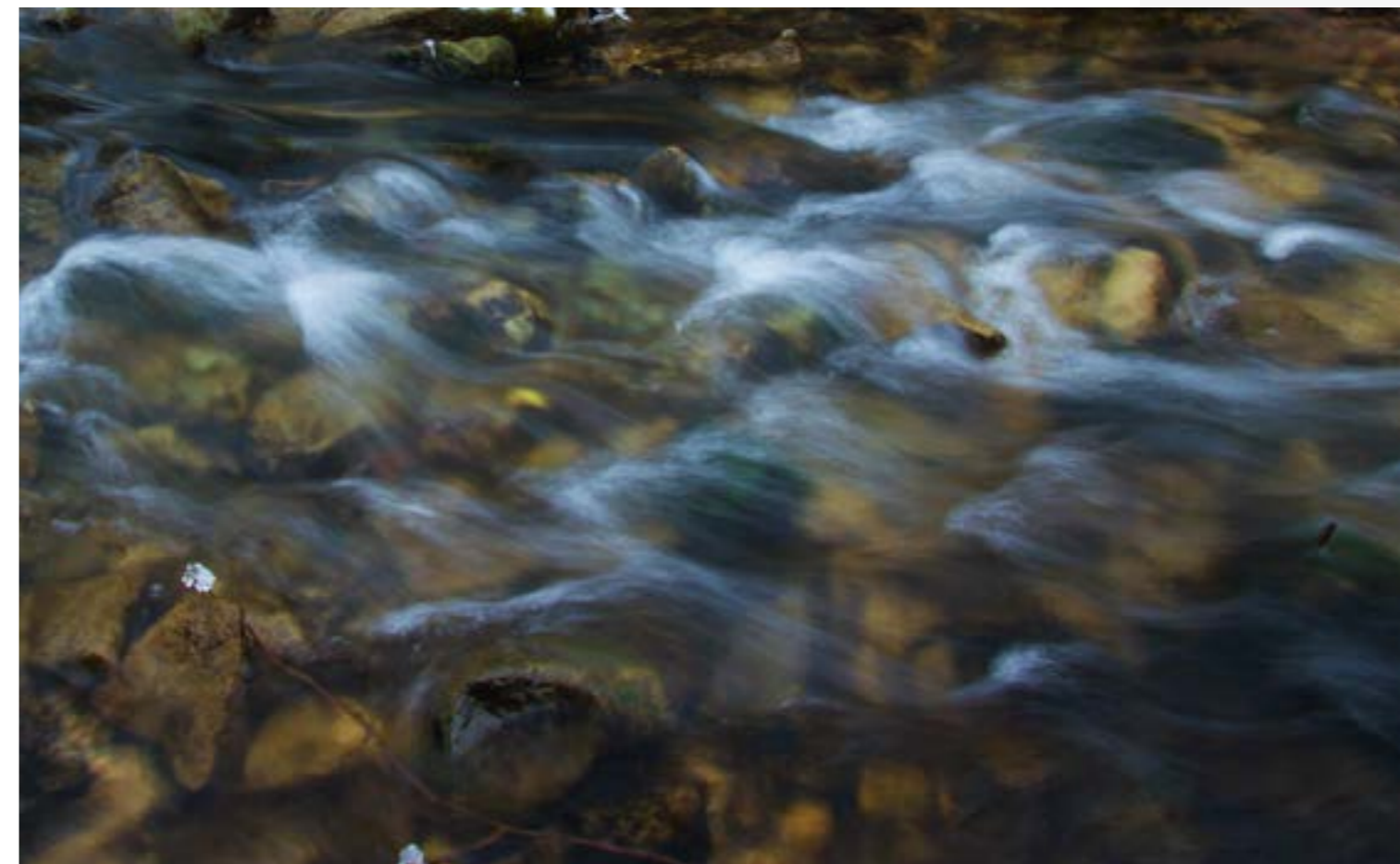
Gewässer erfüllen eine Vielzahl von Funktionen. Für den wirksamen Schutz der Gewässer und ihrer Funktionen ist eine genaue Kenntnis des Gewässerzustands erforderlich. Dazu untersuchen Bund und Kantone die Gewässer und prüfen die Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben des Gewässerschutzes. Dieser Bericht informiert über die Ergebnisse der Gewässeruntersuchungen und das Untersuchungskonzept im Kanton Schaffhausen.

1.1 Gesetzliche Grundlagen

Das Gewässerschutzgesetz (GSchG) regelt den Schutz der Gewässer und die Gewässerschutzverordnung (GSchV) setzt die ökologischen Ziele und Anforderungen an die Gewässerqualität. Bund und Kantone prüfen diese Anforderungen und informieren die Öffentlichkeit über den Zustand der Gewässer. Die Gewässerüberwachung ist Vollzugsaufgabe der Kantone. Im Kanton Schaffhausen fällt der Gewässerschutz in die Zuständigkeit des Interkantonalen Labors (IKL).

1.2 Ziele

Eine ausreichende Wasserqualität ist zentrales Ziel des Gewässerschutzes. Zu diesem Zweck wird der Zustand der Gewässer regelmässig gemessen und beurteilt. In diesem Bericht werden die Gewässeruntersuchungen der letzten 20 Jahre im Kanton Schaffhausen ausgewertet. Ziel der Auswertung ist es, den Zustand und die Entwicklung der Gewässer zu beurteilen und die Einhaltung der Gewässerschutzvorgaben zu prüfen. Die Auswertung beschränkt sich ausschliesslich auf die chemisch-physikalischen Erhebungen (Nährstoffe) der oberirdischen Fließgewässer. Grundwasser, Stillgewässer sowie weitere Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer (Fische, Kieselalgen, Makrozoobenthos, Wasserpflanzen etc.) sind nicht Bestandteil dieses Berichts. Anhand der Auswertung wird das kantonale Monitoringkonzept evaluiert. Primäres Ziel der Evaluation ist nicht die Empfehlung von Massnahmen zur Schadensminderung, sondern die Optimierung der Gewässerüberwachung. Die Resultate dienen der Information der Öffentlichkeit über den Gewässerzustand und als Grundlage für die künftige kantonale Gewässeruntersuchung.



Beggingbach bei Beggingen



2 Ausgangslage

2.1 Gewässerüberwachung

Der Gewässerschutz ist national und international von Bedeutung. Im Rahmen internationaler Abkommen hat sich die Schweiz verpflichtet Gewässerschutzmassnahmen zu ergreifen, um beispielsweise den Ausstoss von Stickstoffverbindungen zu vermindern. Trotz entsprechender Regulierungen erfüllt die Schweiz nicht alle Reduktionsziele. Die Europäische Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) ist die Basis der einheitlichen Gewässerüberwachung in der Europäischen Union (EU). Auf Bundesebene der Schweiz wird die Überwachung der Oberflächengewässer mit dem Messprogramm «Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität» (NAWA) [1] umgesetzt. Ziele, Untersuchungskomponenten und Beurteilungssystem der NAWA sind mit der WRRL vergleichbar. Den Grossteil der Gewässeruntersuchungen vollziehen die Kantone. Als Vollzugshilfe gibt das Modul-Stufen-Konzept (MSK) [2] des Bundesamts für Umwelt (BAFU) standardisierte Methoden zur Untersuchung des Zustands der Fließgewässer vor. Das MSK-Modul «Chemisch-physikalische Erhebungen,

Nährstoffe» [3] beschreibt dabei die Methoden, mit denen Fließgewässer anhand chemisch-physikalischer Parameter beurteilt werden können. Die Beurteilung der Gewässerqualität erfolgt nach einem einheitlichen Klassierungssystem gemäss den rechtlich verbindlichen Vorgaben der GSchV und den rechtlich nicht verbindlichen Empfehlungen des MSK (Tabelle 1 und Anhang 1). Die Resultate sollen einen schnellen Überblick über den Zustand der Oberflächengewässer geben.

Klasse	Ökologischer Zustand	
1	sehr gut	unter Zielvorgabe
2	gut	
3	mässig	über Zielvorgabe
4	unbefriedigend	
5	schlecht	

Tabelle 1: Bewertungsschema gemäss Modul-Stufen-Konzept

Die GSchV setzt numerische Grenzwerte für gewisse Nährstoffe. Sie sind rechtlich verbindlich. Als Ergänzung setzt das MSK numerische Empfehlungen. Sie sind rechtlich nicht verbindlich. Eine detaillierte Auflistung aller Grenzwerte und Klassengrenzen befindet sich in Anhang 1. Die Zielvorgaben in diesem Bericht entsprechen den Anforderungen gemäss GSchV und den zusätzlichen Empfehlungen des MSK.



Rheinfall bei Neuhausen

2.2 Oberflächengewässer im Kanton Schaffhausen

Kanton Schaffhausen

Schaffhausen ist der nördlichste Kanton der Schweiz und liegt am Rand des schweizerischen Mittellands. Die Gesamtfläche von 298 km² besteht zu 44% aus Agrar-, 43% Forst- und 11% Siedlungsfläche. Das Landschaftsbild ist durch Ackerbau in den Tälern, Rebbaue an den Hängen sowie Wald in den Ausläufern des Juras geprägt. Die mittlere Temperatur beträgt 10,0°C und die durchschnittliche Niederschlagsmenge gehört mit 920 mm zu den tiefsten der Schweiz. Der Kanton umfasst 26 politische Gemeinden und grenzt an die Kantone Zürich und Thurgau sowie an die Bundesrepublik Deutschland (Abbildung 1) [4].

Gewässernetz

Die Gesamtlänge des Gewässernetzes im Kanton Schaffhausen beträgt 325 km [5]. Als Gewässernetz wird die Gesamtheit der natürlichen oder künstlichen, ständigen oder temporären oberirdischen Fliessgewässer definiert, die zum Wasserabfluss beitragen. Der Kanton Schaffhausen verfügt über keine grösseren Seen und relativ wenige Kleinseen. Die Fliessgewässer sind gemäss kantonalem Wasserwirtschaftsgesetz (WWG) in drei Klassen aufgeteilt. Zu den Gewässern der 1. Klasse gehören Rhein, Wutach und Biber. Die Gewässer der 2. Klasse umfassen zehn grössere Bäche; alle übrigen Gewässer sind der 3. Klasse zugeordnet (Abbildung 2).

Der Rhein ist der grösste Fluss des Kantons und bildet die Grenze zu den Kantonen Zürich und Thurgau. Er verlässt bei Stein am Rhein den Bodensee und durchfliesst die drei Teilgebiete des Kantons. Bei Neuhausen befindet sich der Rheinfall, der grösste Wasserfall Europas.

Im westlichen Kantonsteil befinden sich die Einzugsgebiete der Wutach, des Randentals und des Klettgaus. Die Wutach bildet abschnittsweise die Grenze zu Deutschland. Das Randental wird vom Schleithimer/Begginger Bach und dem Zwärenbach entwässert. Der Klettgau wird vom Mühlbach und dem Halbach/Landgraben (in Deutschland Klingengraben genannt) und das Wangental vom Seegraben entwässert.

Im zentralen Kantonsteil entwässert die Durach einen Teil des Randens, durchfliesst Barga, Merishausen sowie das Mühlental und mündet bei Schaffhausen in den Rhein. Die Fulach fliesst von Thayngen nach Schaffhausen und mündet in den Rhein, ist ab Herblingen jedoch vollständig eingedolt.

Im östlichen Kantonsteil werden der Reiat und das Bibertal von der Biber durchflossen (Abbildung 3).

Ökomorphologie

Die Ökomorphologie der Fliessgewässer beschreibt die Naturnähe der Gewässerabschnitte im Hinblick auf ihre Struktur. Der ökomorphologische Zustand bewertet insbesondere die Morphologie, Verbauung und angrenzende Landnutzung der Gewässer. Naturnahe Fliessgewässer haben eine bessere Fähigkeit zur Selbstreinigung als naturfremde Fliessgewässer. Die Ökomorphologie kann daher als ergänzende Information bei der Interpretation der Befunde der chemisch-physikalischen Untersuchungen hilfreich sein.

Im Kanton Schaffhausen sind vor allem kleine Bäche in steilen Hanglagen in einem guten ökomorphologischen Zustand. Sie fliessen meist durch die bewaldeten Gebiete. Die Verbauung der Fliessgewässer im Kanton Schaffhausen begann Mitte des 19. Jahrhunderts mit grossflächigen Meliorationen zur Landgewinnung und der Kanalisierung [5]. Heute sind primär Bäche in flachem Gelände, vor allem in den landwirtschaftlich genutzten und besiedelten Gebieten, in einem schlechten ökomorphologischen Zustand (Abbildung 4).



Biber bei Buch



Abbildung 1: Landnutzung im Kanton Schaffhausen, (Hintergrundkarte: GIS Schaffhausen; Geodaten: GIS Schaffhausen)

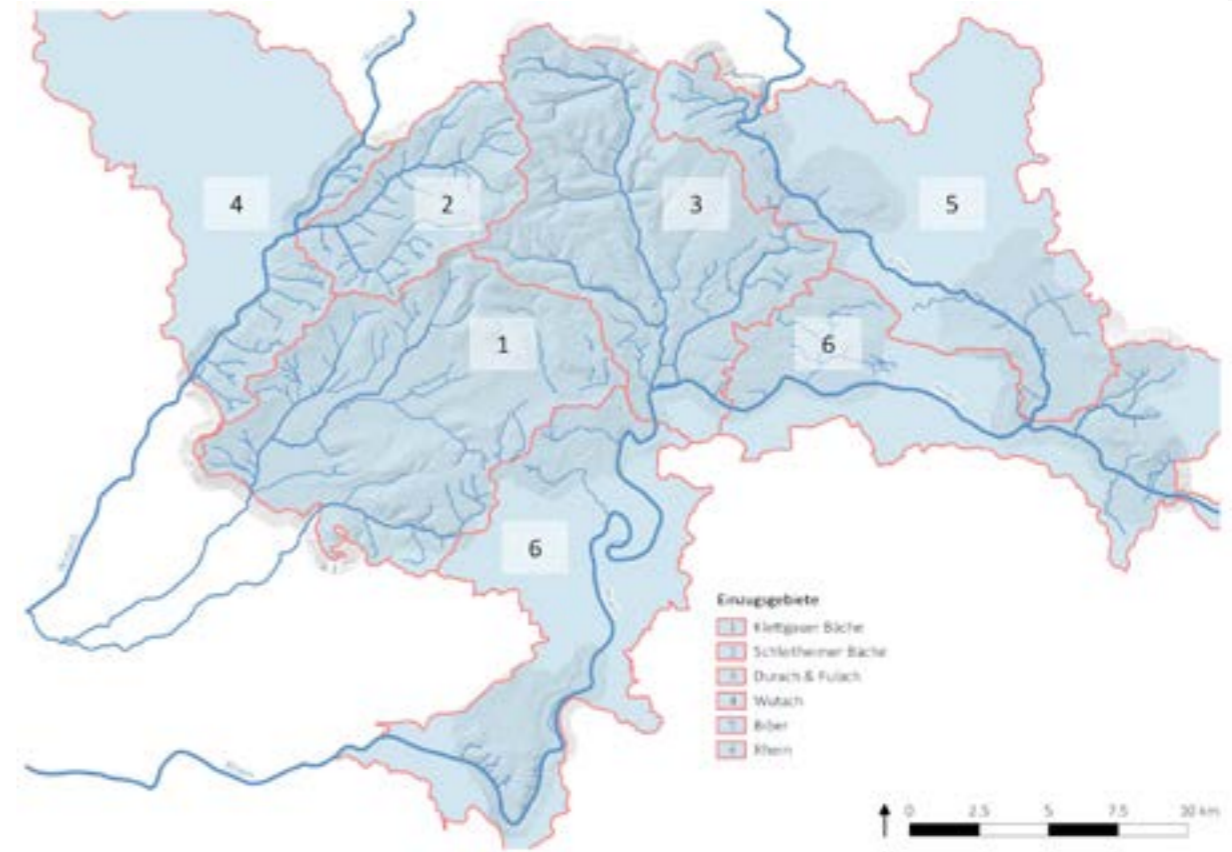


Abbildung 3: Einzugsgebiete im Kanton Schaffhausen, (Hintergrundkarte: GIS Schaffhausen; Geodaten: Swisstopo, BAFU)

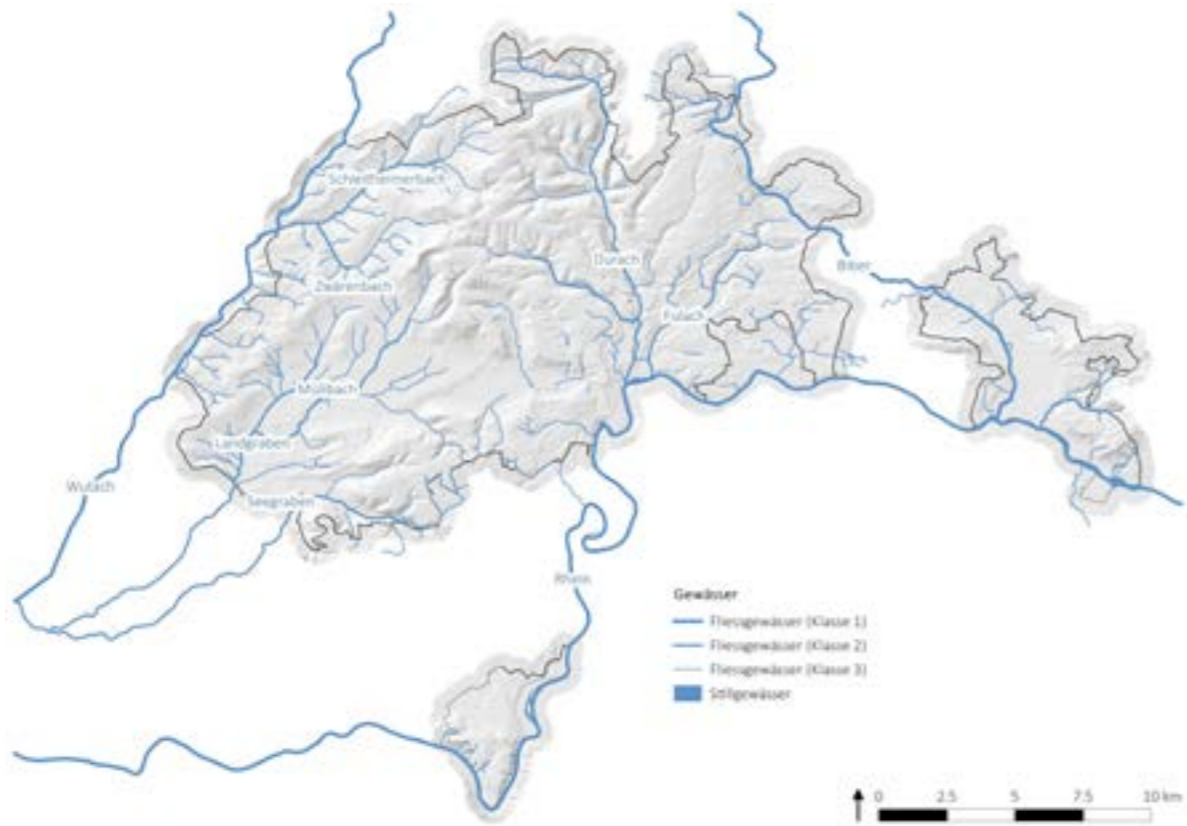


Abbildung 2: Gewässernetz im Kanton Schaffhausen, (Hintergrundkarte: GIS Schaffhausen; Geodaten: GIS Schaffhausen)

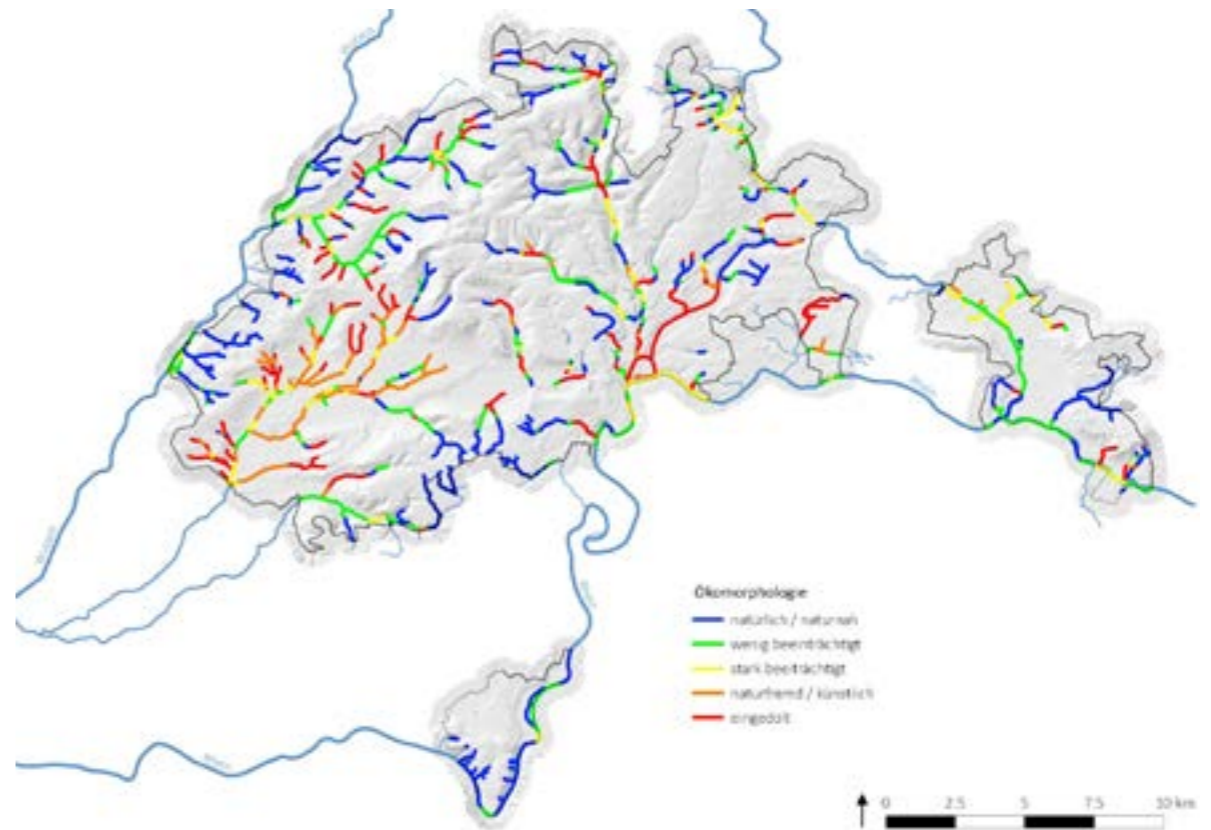


Abbildung 4: Ökomorphologie der Fließgewässer im Kanton Schaffhausen, (Hintergrundkarte: GIS Schaffhausen; Geodaten: GIS Schaffhausen)



Fliessinjektionsanalyse zur Stickstoff- und Phosphormessung am Interkantonalen Labor

2.3 Gewässerüberwachung im Kanton Schaffhausen

Monitoringprogramm 1999 bis 2019

Die chemische Qualität der Oberflächengewässer im Kanton Schaffhausen wird seit 1976 systematisch überwacht. Diese Überwachung ermöglicht die Beurteilung des aktuellen Zustands sowie die Erfassung langfristiger Veränderungen der Gewässer. Das aktuelle Monitoringprogramm des IKL wird seit 1999 ausgeführt [6]. Die derzeit 36 Messstellen sind über den ganzen Kanton verteilt und repräsentieren alle grösseren Fließgewässersysteme und Einzugsgebiete (Abbildung 5).

Die Einzugsgebiete sind zu 4 Probenahmetouren zusammengeführt:

- I. Rhein
- II. Durach/Fulach/Biber
- III. Schleithemer Bäche
- IV. Klettgauer Bäche.

Pro Messstelle erfolgt die Probenahme mit 6 Stichproben im Jahr. Wochentag, Uhrzeit, Witterung und Abflussverhältnisse der Probenahme werden dabei soweit wie möglich zufällig gewählt und protokolliert.



Abbildung 5: Messstellen des Monitoringprogramms 1999 bis 2019. (Hintergrundkarte: GIS Schaffhausen; Geodaten: IKL)

Parameter

Menschliche Aktivitäten können die Wasserqualität von Gewässern stark beeinflussen. Die chemisch-physikalischen Erhebungen fokussieren auf die wichtigsten Parameter, die anthropogene Belastungen anzeigen und mit geringem Aufwand erfasst werden können. Sie umfassen die klassischen Nährstoffparameter, die seit Jahrzehnten in der Gewässerüberwachung erhoben werden (Tabelle 2).

Für jede Stichprobe werden 14 Parameter gemessen. Die Messung der chemisch-physikalischen Parameter vor Ort umfasst Temperatur, pH-Wert, Leitfähigkeit, Sauerstoffgehalt und Sauerstoffsättigung des Wassers. Die Messung der chemischen Parameter im Labor umfasst Ammonium, Nitrat, Nitrit, Orthophosphat, Gesamtposphor, gelöster organischer Kohlenstoff, biochemischer Sauerstoffbedarf, Chlorid und Sulfat. Der Abfluss wird jeweils abgeschätzt. Die Analytik folgt standardisierten und validierten Analysevorschriften.

Gewässergütebewertung

Die Beurteilung der Gewässergüte erfolgt gemäss MSK Modul «Chemisch-physikalische Erhebungen – Nährstoffe» [3] des BAFU. Für einige Parameter müssen zusätzliche Hilfsparameter hinzugezogen werden. Aus den ermittelten Werten der Stichproben wird ein repräsentativer Wert für jede Messstelle errechnet. Als repräsentativer Wert gilt das 90. Perzentil von mindestens 12 Stichproben (2 Untersuchungsjahre). Der repräsentative Wert wird gemäss den Vorgaben der GSchV und des MSK beurteilt (Anhang 1). Dieses Vorgehen ermöglicht die Konsistenz der Resultate und die Vergleichbarkeit zwischen den Kantonen.

Parameter	Symbol	Einheit	Hilfsparameter
Ammonium-Stickstoff	NH ₄ -N	mg/L	T, pH
Nitrat-Stickstoff	NO ₃ -N	mg/L	
Nitrit-Stickstoff	NO ₂ -N	mg/L	Cl ⁻
Orthophosphat-Phosphor	o-PO ₄ -P	mg/L	
Gesamtposphor _{unfiltriert}	P _{tot}	mg/L	
gelöster organischer Kohlenstoff	DOC	mg/L	
biochemischer Sauerstoffbedarf	BSB ₅	mg/L	O ₂
Temperatur	T	°C	
pH-Wert	pH		
Sauerstoff	O ₂	mg/L	
Chlorid	Cl ⁻	mg/L	
Sulfat	SO ₄ ²⁻	mg/L	
Leitfähigkeit	EC	µS/cm	
Sauerstoffsättigung	sO ₂	%	

Tabelle 2: Parameter der chemisch-physikalischen Erhebungen

3 Ergebnisse

Aus den Ergebnissen der Untersuchungen von 36 Messstellen von 1999 bis 2018 geht hervor, dass die Nährstoffbelastung der Schaffhauser Fliessgewässer bezüglich der Parameter sehr unterschiedlich ist (Tabelle 3). Bei den Stickstoffverbindungen (Ammonium, Nitrat und Nitrit) werden die Zielvorgaben mehrheitlich eingehalten. Bei den Phosphorverbindungen (Orthophosphat und Gesamtphosphor) werden die Zielvorgaben hingegen mehrheitlich verfehlt. Für alle Parameter nahm der Anteil der Messstellen, die den Zustand «gut» bis «sehr gut» erreichten, also die Zielvorgaben erfüllten, über die letzten 20 Jahre tendenziell zu. Allerdings ist die anthropogene Nährstoffbelastung in einigen Gewässern immer noch hoch.



Labormaterialien am Interkantonalen Labor

Parameter	Zielvorgabe eingehalten	Zielvorgabe nicht eingehalten	Zielvorgabe [mg/L]
Ammonium	88%	12%	0.20 - 0.40 *
Nitrat	74%	26%	5.60 *
Nitrit	82%	18%	0.02 - 0.10 **
Orthophosphat	43%	57%	0.04 **
Gesamtphosphor	43%	57%	0.07 **
gelöster organischer Kohlenstoff	62%	38%	4.00 *
biochemischer Sauerstoffbedarf	87%	13%	4.00 *

Tabelle 3: Überschreitung der Zielvorgaben an den 36 Messstellen von 1999 bis 2018

Die Werte (%) beziehen sich auf die Messresultate und sind nicht gewichtet. Die Angaben sind deshalb nicht repräsentativ für das gesamte Gewässernetz des Kantons. Eine detaillierte Auflistung aller Grenzwerte und Klassengrenzen befindet sich in Anhang 1.

* numerische Zielvorgabe der GSchV (rechtlich verbindlich)

** numerische Zielvorgabe des MSK (rechtlich nicht verbindlich)

3.1 Zustandsentwicklung (1999 – 2018) nach Parameter

Stickstoffverbindungen

Stickstoff ist ein essenzieller Nährstoff für Wasserorganismen, aber zu viel Stickstoff kann zu Umweltproblemen führen. Erfreulicherweise ist die Stickstoffbelastung der Fliessgewässer im Kanton Schaffhausen relativ gering und wird überwiegend als «gut» oder «sehr gut» bewertet (Abbildung 6). Toxische Stickstoffverbindungen (Ammoniak und Nitrit) kommen selten in hohen Konzentrationen vor, sodass kaum eine Gefährdung der Wasserorganismen besteht.

Die Konzentration des **Ammoniums** im Wasser gibt Aufschluss über die Belastung der Gewässer durch Abwassereinleitung sowie Abschwemmung und Auswaschung landwirtschaftlich genutzter Flächen.

Ammonium kann abhängig von pH-Wert und Temperatur des Wassers als Ammoniak vorliegen, das bereits in relativ geringen Konzentrationen toxisch auf viele Wasserlebewesen wirkt. Die Ammoniumbelastung der Fliessgewässer im Kanton Schaffhausen hat sich in den vergangenen 20 Jahren leicht verbessert und entspricht heute an über 90% der Messstellen den Anforderungen der GSchV.

Nitrit ist in natürlichen, durch menschliche Aktivitäten unbelasteten Fliessgewässern kaum vorhanden. Es entsteht als Zwischenprodukt bei der Abwasserreinigung in Abwasserreinigungsanlagen (ARA) sowie bei der Denitrifikation in (landwirtschaftlichen) Böden und gelangt so teilweise in die Fliessgewässer. Nitrit wird untersucht, da es bei entsprechender Chloridkonzentration

des Wassers stark fischgiftig ist. Die Nitritbelastung der Schaffhauser Fliessgewässer hat sich in den letzten 20 Jahren leicht verbessert. Heute beträgt der Anteil an Messstellen, die den Empfehlungen des MSK entsprechen, über 95%.

Der grösste Teil des Stickstoffs in Gewässern liegt in Form von **Nitrat** vor. Nitrat ist für Wasserorganismen weniger problematisch als Ammonium oder Nitrit, da es nicht toxisch wirkt. Es wird dennoch untersucht, da hohe Nitratkonzentrationen zu Überdüngung und somit zu übermässigem Pflanzenwachstum und Sauerstoffmangel in Fliessgewässern führen können. Ähnlich wie beim Ammonium ist die Nitratbelastung der Fliessgewässer ein Indikator für den Einfluss der Abwassereinleitung (aus ARA ohne Denitrifikation oder Regenüberläufen) und Landwirtschaft und hat sich im Kanton Schaffhausen in den vergangenen 20 Jahren leicht verbessert.

Phosphorverbindungen

Phosphor ist für Wasserorganismen ein lebenswichtiges Spurenelement. Natürlicherweise gelangt es nur in geringen Mengen in Gewässersysteme. Untersuchungen im Kanton Schaffhausen belegen, dass Phosphor überwiegend aus der Abwassereinleitung oder Landwirtschaft in die Fliessgewässer gelangt [14]. Die übermässige Eintragung von Phosphor kann zu Überdüngung führen. Sauerstoffmangel und Fischsterben sind mitunter die Folge. Im Kanton Schaffhausen fällt die Beurteilung der Phosphorbelastung schlechter aus als die Stickstoffbelastung. Zwar hat sich die Phosphorbelastung in den vergangenen 20 Jahren leicht verbessert, etwa die Hälfte der Messstellen wird jedoch weiterhin als «mässig» bis «schlecht» bewertet (Abbildung 7).



Starkes Algenwachstum durch Nährstoffeintrag im Halbach bei Hallau

Die Erfassung des **Gesamtphosphors** umfasst sämtliche gelöste und ungelöste organische und anorganische Phosphorverbindungen. Sie können pflanzlicher (z.B. Algen), tierischer (z.B. Gülle), menschlicher (z.B. Fäkalien) oder synthetischer (z.B. Reinigungsmittel) Herkunft sein. Ungelöste Phosphorverbindungen können auch natürlicherweise durch Erosion des Bodens oder Verwitterung der Gesteine in die Gewässer gelangen. Heute entspricht die Gesamtphosphorbelastung der Fliessgewässer im Kanton Schaffhausen an weniger als 50% der Messstellen den Empfehlungen des MSK.

Orthophosphat stellt die für die Pflanzen direkt verfügbare Phosphorkomponente dar und ist ein sicherer Indikator für die anthropogene Belastung der Gewässer, sei es durch Abwassereinleitung oder landwirtschaftliche Aktivität. Im Kanton Schaffhausen macht Orthophosphat im Durchschnitt der letzten 20 Jahre über 60% des Gesamtphosphorgehalts der Fliessgewässer aus. Dementsprechend fällt die Entwicklung und Bewertung des Orthophosphats ähnlich negativ aus wie beim Gesamtphosphor.

Phosphorverbindungen – Orthophosphat Vergleich

Ein Vergleich der Gewässergütebewertungen zeigt, dass Orthophosphat auch in anderen Mittellandkantonen problematisch ist (Abbildung 8). Die hohe Orthophosphatbelastung im Kanton Schaffhausen ist vergleichbar mit den landwirtschaftlich geprägten Kantonen Luzern, Thurgau und Solothurn. In den Kantonen Bern, Zürich und Zug, die einen höheren Anteil naturnaher Fliessgewässer in den Voralpen haben, fällt die Beurteilung besser aus. Auch hier ist jedoch zu beachten, dass die Auswertungen nicht gewichtet sind (z.B. nach Abfluss oder Länge der Gewässer), sondern sich direkt auf die Messstellen beziehen. Die Auswahl der Messstellen beeinflusst die Resultate also wesentlich.

Gelöster organischer Kohlenstoff und biochemischer Sauerstoffbedarf

Der gelöste organische Kohlenstoff (DOC, dissolved organic carbon) erfasst den Kohlenstoffanteil der im Wasser gelösten organischen Stoffe. Erhöhte DOC-Konzentrationen können in einem Gewässer Fäulnisprozesse begünstigen. Die DOC-Belastung der Schaffhauser Fliessgewässer wird überwiegend als «gut» oder «mässig» bewertet und ist äusserst selten «schlecht». Dabei hat sie sich in den vergangenen 20 Jahren leicht verbessert. DOC kann ein Indikator für die anthropogene Belastung eines Gewässers sein. Höhere DOC-Konzentrationen können aber gleichermassen natürliche Ursachen haben. Deshalb kann aus der DOC-Bewertung nicht direkt auf den anthropogenen Einfluss oder die Belastung eines Gewässers geschlossen werden.

Biologisch abbaubare organische Stoffe im Wasser (z.B. Kohlenstoff) zehren Sauerstoff. Die Sauerstoffmenge, die in 5 Tagen verbraucht wird, wird als sogenannter **biochemischer Sauerstoffbedarf** (BSB5) gemessen. BSB5 ist also ein Mass für den Anteil der Stoffe, die Mikroorganismen unter Sauerstoffverbrauch abbauen. Gelangen grössere Mengen biologisch abbaubarer Schadstoffe in Gewässer, kann das zu Sauerstoffmangel und der Bildung von Faulgasen führen. Zudem kann BSB5 ein Indikator für die Keimbelastung sein, die für Menschen eine direkte Gesundheitsgefahr darstellt. Die Belastung der Fliessgewässer im Kanton Schaffhausen mit sauerstoffzehrenden Substanzen wird überwiegend als «gut» beurteilt. Seit 2003 entspricht der BSB5 an über 80% der Messstellen den Zielvorgaben. Äusserst selten werden Messstellen als «unbefriedigend» oder «schlecht» beurteilt. Demnach haben nur wenige Fliessgewässer zu viele gelöste, sauerstoffzehrende organische Stoffe.

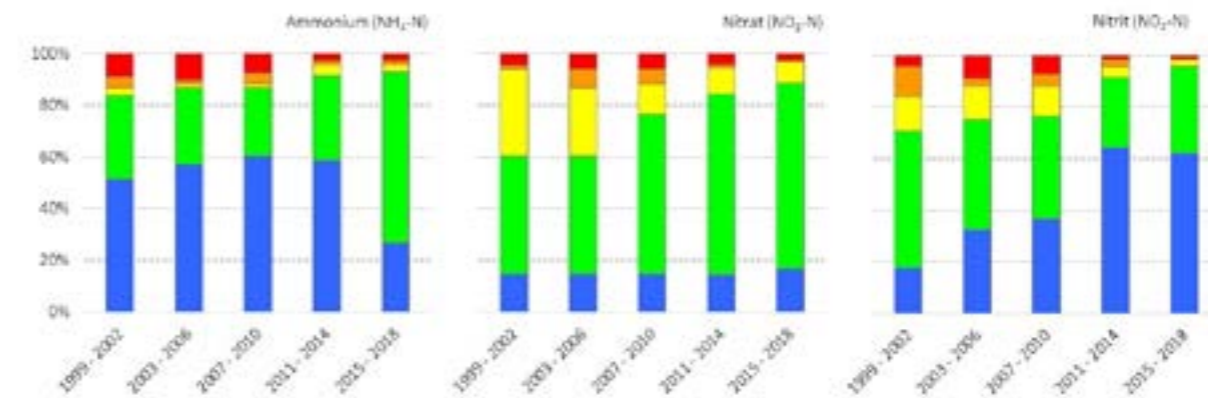


Abbildung 6: Entwicklung des Gewässerzustands für Stickstoffverbindungen
Verteilung der Zustandsklassen (%) für Ammonium, Nitrat und Nitrit. Die Klassierungen aller Messstellen über 2 Untersuchungsperioden (4 Jahre) sind jeweils zu einem Zeitraum zusammengefasst. Die Werte beziehen sich auf die Messresultate und sind nicht gewichtet.

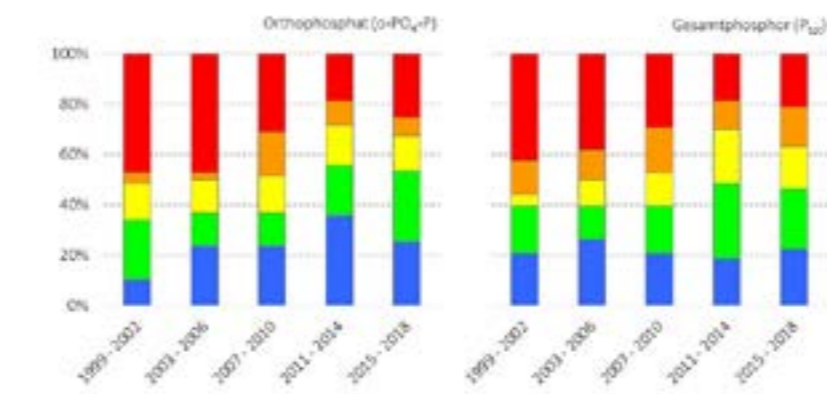


Abbildung 7: Entwicklung des Gewässerzustands für Phosphorverbindungen
Verteilung der Zustandsklassen (%) für Orthophosphat und Gesamtposphor. Die Klassierungen aller Messstellen über 2 Untersuchungsperioden (4 Jahre) sind jeweils zu einem Zeitraum zusammengefasst. Die Werte beziehen sich auf die Messresultate und sind nicht gewichtet.



Biber

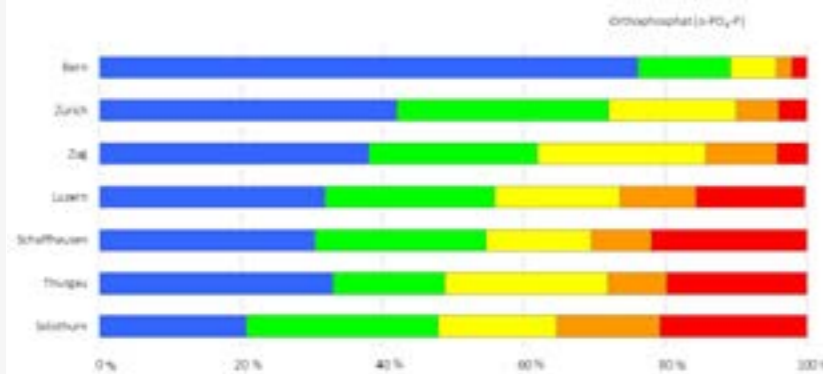


Abbildung 8: Vergleich des Gewässerzustands für Orthophosphat zwischen Kantonen
Verteilung der Zustandsklassen für Orthophosphat je Kanton. Daten entstammen den aktuellen kantonalen Gewässerzustandsberichten: Bern (2011 – 2014) [8], Zürich (2012 – 2017) [10], Zug (2004 – 2013) [9], Luzern (2012 – 2017) [12], Thurgau (2006 – 2007) [7], Solothurn (2008 – 2014) [11], Schaffhausen (2011 – 2018) [dieser Bericht]. Alle Daten beziehen sich auf die Messresultate der Messstellen und sind nicht gewichtet.

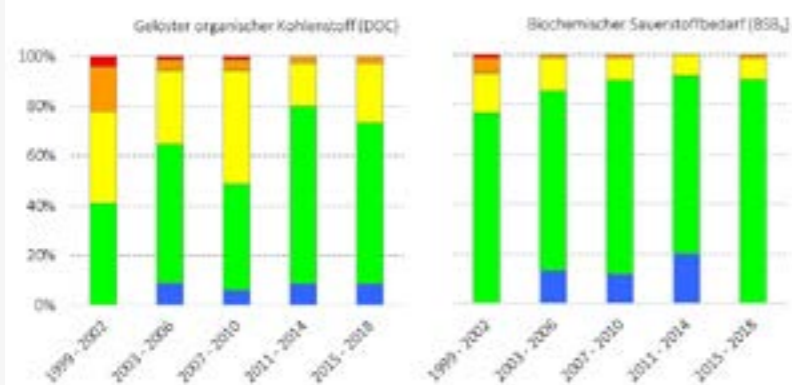
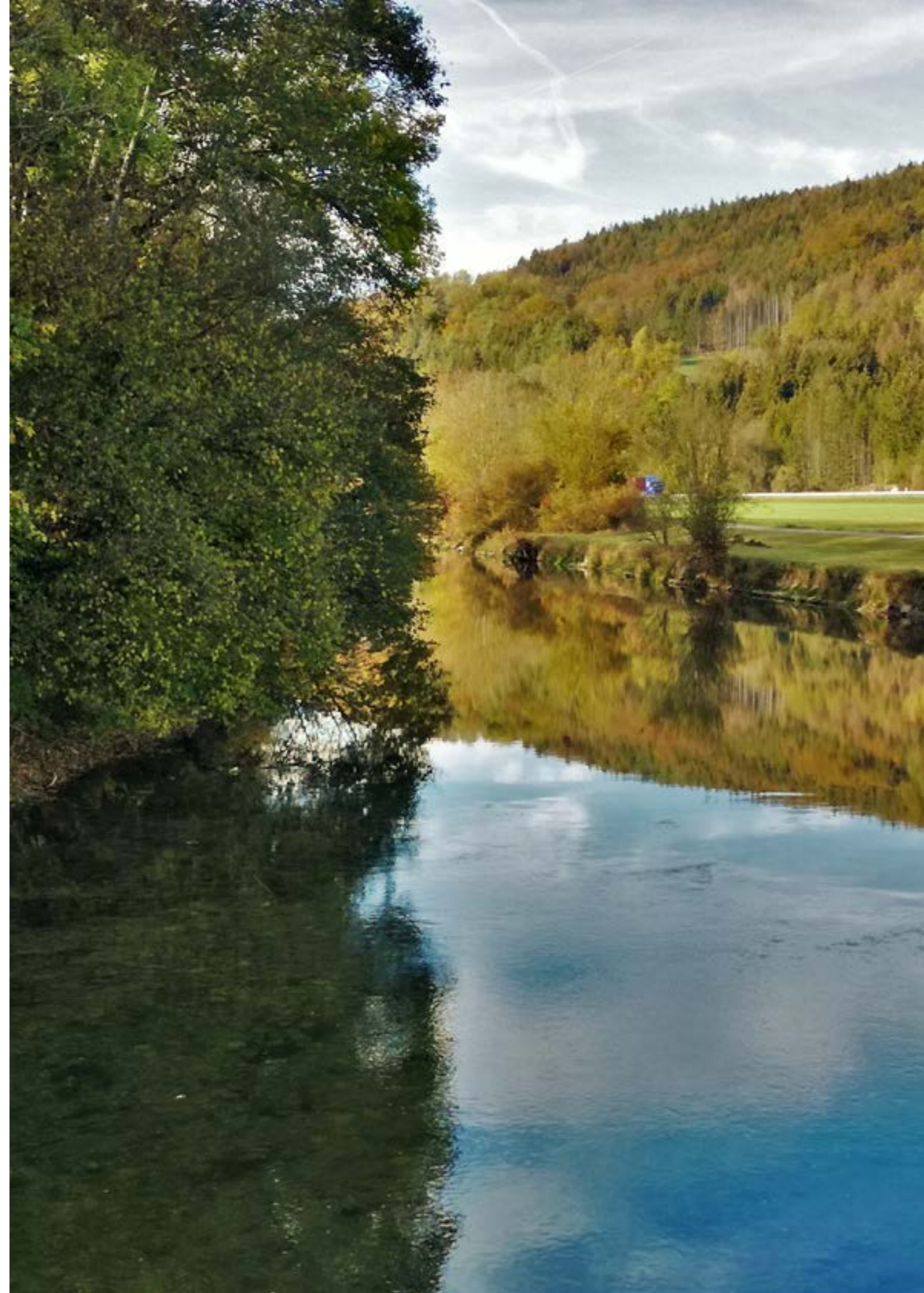


Abbildung 9: Entwicklung des Gewässerzustands für DOC und biochemischen Sauerstoffbedarf
Verteilung der Zustandsklassen (%) für gelösten organischen Kohlenstoff und biochemischen Sauerstoffbedarf. Die Klassierungen aller Messstellen über 2 Untersuchungsperioden (4 Jahre) sind jeweils zu einem Zeitraum zusammengefasst. Die Werte beziehen sich auf die Messresultate und sind nicht gewichtet.



3.2 Zustandsbewertungen (1999 – 2018) nach Gewässer

Gewässergüteklassierungen

Der Zustand der Schaffhauser Fließgewässer variiert räumlich sehr stark. An den vielen Messstellen werden die Zielvorgaben mindestens eines Parameters nicht eingehalten. Immerhin gelten 11 der 36 in den vergangenen 20 Jahren untersuchten Messstellen hinsichtlich aller Nährstoffparameter als unbelastet – die meisten davon am Rhein.

Hauptquellen für die Nährstoffbelastung der Fließgewässer im Kanton Schaffhausen sind kommunale Abwässer und Einträge aus der Landwirtschaft. Somit sind Fließgewässer im Einzugsgebiet von ARA und der Landwirtschaft tendenziell stärker belastet als naturnahe Fließgewässer. Gerade durch den hohen

Anteil landwirtschaftlicher Landnutzung im Kanton (Abbildung 1) ist die Nährstoffbelastung relativ hoch. Überdies wird die Gewässerbelastung durch den ökomorphologischen Zustand der Fließgewässer, der besonders in den landwirtschaftlich genutzten Gebieten beeinträchtigt ist (Abbildung 4), verstärkt.

Hohe Stickstoffbelastungen kommen in den Bächen unterhalb der Ausläufe der ARA vor. Hohe Phosphorbelastungen treten in den landwirtschaftlich genutzten Gebieten des Klettgaus, Randentals und Bibertals auf. Insbesondere die abflussarmen Bäche weisen erhöhte Nährstoffkonzentrationen auf. Dazu zählen vor allem die Gewässer der 2. Klasse (Abbildung 2). Der abflussreiche Rhein ist hingegen relativ gering belastet. Hier werden die Nährstoffkonzentrationen aus den kleinen Bächen stark verdünnt, sodass die Nährstoffkonzentrationen unbedenklich bleiben. Die

Nährstofffrachten des Rheins hingegen, insbesondere die Nitratreinträge, sollten weiter reduziert werden, um den zu hohen Stickstoffexport der Schweiz via Rhein in die Nordsee zu verkleinern.

Rhein

Der Rhein als grösster Fluss des Kantons erfüllt nahezu vollständig die gesetzlichen Anforderungen an die Gewässerqualität (Abbildung 11). Durch die natürliche Nährstoffzehrung im Bodensee sind viele Verunreinigungen aus dem Oberlauf des Rheins bereits entfernt. Als Abfluss des Bodensees fließt der Rhein durch landwirtschaftlich geprägtes und teilweise dicht besiedeltes Gebiet. Auf seinem Weg durch den Kanton nimmt er das Abwasser von 11 ARA direkt auf – 4 davon im Kanton Schaffhausen (Abbildung 17). Zudem sind die Nebengewässer unterschiedlich stark belastet. Dennoch ist der Abfluss des Rheins und somit die Verdünnung der Nährstoffe so gross, dass die Nährstoffkonzentrationen



in einem «guten» bis «sehr guten» Bereich liegen. Bedingt durch Schmelzwasser, den Eintrag von Düngestoffen und der Aktivität des Bodensees schwanken zwar die Nitrat- und Phosphorkonzentrationen saisonal [14], überschreiten jedoch nicht die Zielvorgaben.

Die Messstelle «Flaach, Thurbrücke Mitte» weist Überschreitungen der Orthophosphat- und Gesamphosphorkonzentrationen auf. Allerdings wird hier die Thur als Zufluss des Rheins im Kanton Zürich, nicht der Rhein selbst, beprobt.

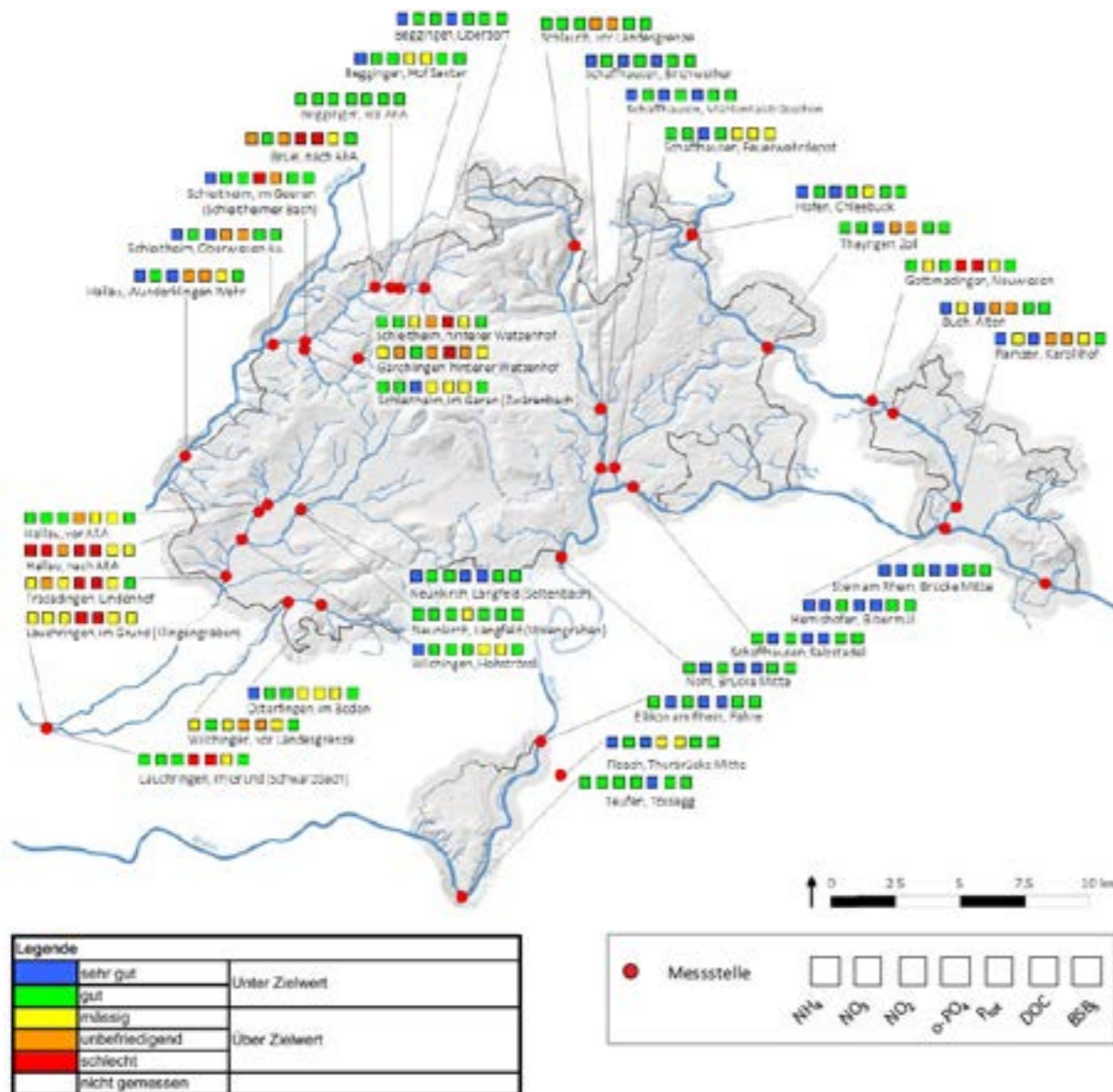


Abbildung 10: zeigt die gemittelten Gewässergüteklassierungen aller Messstellen von 1999 bis 2018. Die Auswertungen für die einzelnen Messperioden (jeweils 2 aufeinanderfolgende Jahre) befinden sich in Anhang 3.



Abbildung 11: Räumliche und zeitliche Entwicklung des Gewässerzustands des Rheins

Biber

Die Biber entwässert ein landwirtschaftlich intensiv genutztes Einzugsgebiet. Folglich sind die Orthophosphat- und Gesamtposphorkonzentrationen in der Biber hoch (Abbildung 12). Über die letzten 20 Jahre hat sich die Phosphorbelastung in der Biber jedoch leicht verbessert. Das Bibertal ist das einzige Einzugsgebiet, in dem die Grenzwerte der GSchV für Nitrat mehrheitlich überschritten werden. Untersuchungen haben gezeigt, dass selbst die Seitengewässer der Biber zum Teil stark mit Nitrat belastet sind [15]. Die Nährstoffbelastung der Biber nimmt flussabwärts von der Messstelle «Hofen, Chleebuck» bis «Buch, Alten» tendenziell zu.



Die ARA Oberes Bibertal, die sich etwa 4km oberhalb der Messstelle «Thayngen, Zoll» befindet, hat tendenziell einen negativen Einfluss auf die Gewässerqualität der Biber. Aufgrund der Distanz zur Messstelle, kann dieser Einfluss aber nicht quantifiziert werden. Die höchsten Nährstoffkonzentrationen finden sich im Riederbach, einem Zufluss der Biber in Deutschland, an der Messstelle «Gottmadingen, Neuwiesen». Hier wird Nitrat, Nitrit, Orthophosphat und DOC eingetragen. Von «Buch, Alten» bis «Ramsen, Karollihof» scheint die Verdünnung bzw. die Selbstreinigung in der Biber gegenüber dem Eintrag zu überwiegen. Nitrat- und DOC-Konzentrationen nehmen hingegen weiter zu.



Abbildung 12: Räumliche und zeitliche Entwicklung des Gewässerzustands der Biber

Schleitheimer Bäche

Die beiden grössten Bäche des landwirtschaftlich geprägten Randentals sind der Schleitheimer/Beggingerbach und der Zwärenbach. In beiden Bächen sind hohe Orthophosphat- und Phosphorkonzentrationen ein Problem (Abbildung 13). Hohe Phosphor-, Ammonium- und Nitritkonzentrationen treten vor allem im Begginger Bach an der Messstelle «Brüel, nach ARA» unterhalb des Auslaufs der ARA Beggingen auf. Eine detaillierte Betrachtung der Veränderungen der Messwerte vor und nach der Sanierung der ARA befindet sich in Kapitel 3.3. Flussabwärts werden die Nährstoffe verdünnt, sodass die Gewässerbelastung sinkt. Es ist anzunehmen, dass der überwiegend naturnahe ökomorphologische Zustand darüber hinaus zur effizienten Selbstreinigung des Bachs beiträgt.



Abbildung 13: Räumliche und zeitliche Entwicklung des Gewässerzustands der Schleitheimer Bäche



Wutach

Die Wutach, das zweitgrösste Fließgewässer des Kantons, bildet auf einem kleinen Flussabschnitt die Grenze zu Deutschland (Abbildung 2). Sie ist an der Messstelle «Hallau, Wunderklingen Wehr» über die letzten 20 Jahre mit Phosphor belastet (Abbildung 13). Das Abwasser, das die ARA Schleithem über den Schleitheimer Bach in die Wutach einleitet, wird durch den hohen Abfluss der Wutach erheblich verdünnt. Daher ist der Einfluss der ARA Schleithem auf die Wasserqualität der Wutach vermutlich gering.

Klettgauer Bäche

Der Klettgau wird landwirtschaftlich sehr intensiv genutzt. Das Tal wird von einem System kleinerer Bäche entwässert, die sich vorwiegend in einem naturfremden ökomorphologischen Zustand befinden (Abbildung 4). Durch die Landwirtschaft ist der Halbbach an der Messstelle «Hallau, vor ARA» mit Phosphor belastet (Abbildung 14). Flussabwärts, unterhalb des Auslaufs der ARA Hallau, erhöhen sich alle Nährstoffkonzentrationen im Halbbach erheblich (Abbildung 19). Trotz fortschrittlicher Reinigungsverfahren (Nitrifikation, Denitrifikation und Phosphatfällung) wird das Abwasser der ARA wegen der geringen Wasserführung des Halbbachs vor allem im Sommer kaum verdünnt. Folglich werden Ammonium-, Nitrat-, Orthophosphat- und Gesamtposphorkonzentrationen kontinuierlich als «schlecht» bewertet. Die Nitritbelastung hat sich seit der Sanierung der Anlage ab 2013 deutlich verbessert (Abbildung 20). Eine detaillierte Betrachtung der Veränderungen der Messwerte vor und nach der Sanierung der ARA befindet sich in Kapitel 3.3. Während die Ammoniumbelastung flussabwärts sinkt, bleibt die Nitrat- und Phosphorbelastung des Bachs bis zur etwa 12km entfernten, in Deutschland gelegenen Messstelle «Lauchringen, im Grund», hoch. Der Mülibach, ein Zufluss des Halbbachs, befindet sich an der Messstelle «Wilchingen, Hohströssli» trotz intensiver Landwirtschaft interessanterweise in einem überwiegend guten Zustand. Selbiges gilt für seine Zuflüsse Wisengraben und Seltenbach an den Messstellen «Neunkirch, Langfeld». In den vergangenen 20 Jahren wurden hier vereinzelt Überschreitungen der Nährstoffkonzentrationen festgestellt.

Seegraben

Beim Wangental handelt es sich um ein relativ naturnahes Einzugsgebiet. Von allen Messstellen verfügt der Seegraben an der Messstelle «Osterfingen, im Boden» über den geringsten Anteil landwirtschaftlicher Einzugsfläche (Tabelle 5). Nach Schliessung der ARA Osterfingen im Jahr 2010 hat sich die Gewässergüte des Seegrabens erheblich verbessert (Abbildung 14). Dadurch konnte sich die seltene Bachmuschel (*Unio crassus*) flussabwärts ausbreiten. Allerdings ist die Phosphorbelastung des Seegrabens an der Messstelle «Lauchringen, im Grund» in Deutschland weiterhin sehr hoch.

Renaturierte Wutach



Abbildung 14: Räumliche und zeitliche Entwicklung des Gewässerzustands der Klettgauer Bäche

Durach

Das Einzugsgebiet der Durach ist relativ naturnah. Dementsprechend erfüllt die Durach überwiegend die gesetzlichen Anforderungen an die Gewässerqualität (Abbildung 15). Saisonal fliesst sie an manchen Gewässerabschnitten jedoch unterirdisch und führt oberirdisch wenig bis gar kein Wasser. Bedingt durch die ARA Barga tritt am Oberlauf der Durach, an der Messstelle «Schlauch, vor Landesgrenze», eine hohe Phosphorbelastung auf. Im Jahr 1999 wurde die ARA saniert. Dies trug zeitweilig zur Verbesserung der Orthophosphat- und Phosphorkonzentrationen in der Durach bei. Seit 2003 liegen die Werte jedoch wieder auf dem Niveau vor der Sanierung der Anlage. Flussabwärts, nach Merishausen, entspricht der Zustand der Durach den Zielvorgaben.

Fulach

Die Fulach ist grösstenteils eingedolt (Abbildung 4). Bezüglich der Nährstoffbelastung befindet sie sich in einem überwiegend guten Zustand (Abbildung 15). Dies mag einerseits am geringen Nährstoffeintrag durch Abwasser und Landwirtschaft im Einzugsgebiet der Fulach liegen. Andererseits wirkt sich der naturnahe ökomorphologische Zustand ausserhalb der eingedolten Gewässerabschnitte vermutlich positiv auf die Gewässerqualität aus. Die ausgedehnten Schilfgebiete der Weierwiesen und des Aaltewäier tragen wahrscheinlich zur Selbstreinigung der Fulach bei. In den vergangenen 20 Jahren wurden nur vereinzelt Überschreitungen der Orthophosphat-, Nitrat- und Phosphorkonzentrationen sowie des DOC und BSB₅ festgestellt.



Abbildung 16: Räumliche und zeitliche Entwicklung des Gewässerzustands der Durach und Fulach

3.3 Einflussfaktoren der Gewässerbelastung

Nährstoffquellen

Nährstoffe gelangen aus unterschiedlichen Quellen und über verschiedene Eintragspfade in die Gewässer und beeinträchtigen die Wasserqualität (Abbildung 16). Der Nährstoffeintrag hängt wesentlich von der Landnutzung im Einzugsgebiet der Gewässer ab. Hauptquellen sind punktuelle Einleitungen aus Abwasserreinigungsanlagen (ARA) und Regenüberläufen der Kanalisation sowie diffuse Einträge aus der Landwirtschaft. Die Variabilität der Nährstoffkonzentrationen kann zum Teil auch mit den Abflussverhältnissen der Fließgewässer erklärt werden. In niederschlagsreichen Zeiten werden Nährstoffe zwar stärker verdünnt, aber auch vermehrt abgeschwemmt, ausgewaschen oder erodiert.

ARA

Die Reinigung des Abwassers von Industrie, Gewerbe und Haushalten erfolgt in ARA. Nach der Reinigung wird das Abwasser punktuell in natürliche Fließgewässer (Vorfluter) eingeleitet (Abbildung 16). Zwar können ARA nicht alle Schmutz- und Schadstoffe vollständig eliminieren, aber zumindest stark reduzieren. Die erforderliche Reinigungsleistung der ARA ist in der GSchV geregelt und hängt von der Grösse der ARA ab. Im Kanton Schaffhausen reinigen 8 kommunale ARA das Abwasser von rund 185'600 Menschen (Stand 2018), zum Teil aus den Kantonen Thurgau und Zürich sowie aus Deutschland (Abbildung 17). Alle ARA im Kanton Schaffhausen werden regelmässig überprüft und erfüllen mit wenigen Ausnahmen die Einleitungsbedingungen. Über die letzten 20 Jahre wurden sie fortlaufend saniert, umgebaut und erweitert (Tabelle 4).

ARA	Sanierung	Ausbaugrösse [Einwohnerwert]
Barga	1999	250
Beggingen	2013	500
Rüdlingen-Buchberg	2015 - 2016	2500
Schleitheim	2005 - 2008	2500
Stein am Rhein	2016 - 2024	20000
Hallau	2013 - 2014	21000
Röti	2001 - 2006	100000
Bibertal-Hegau	2013 - 2014	140000

Tabelle 4: Sanierung und Ausbaugrösse der Abwasserreinigungsanlagen

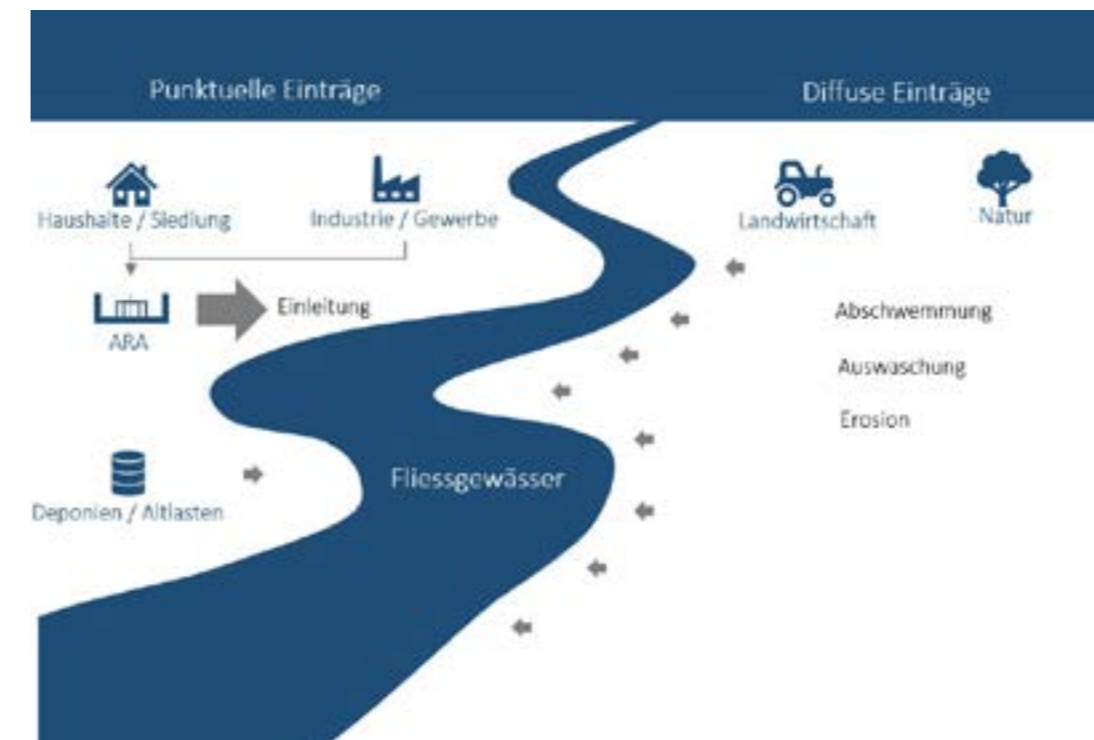


Abbildung 16: Quellen des Nährstoffeintrags in Fließgewässer, die wichtigsten Quellen und Eintragspfade der Nährstoffe in Fließgewässern. (Darstellung nach AWEL [10] und BAFU [16])

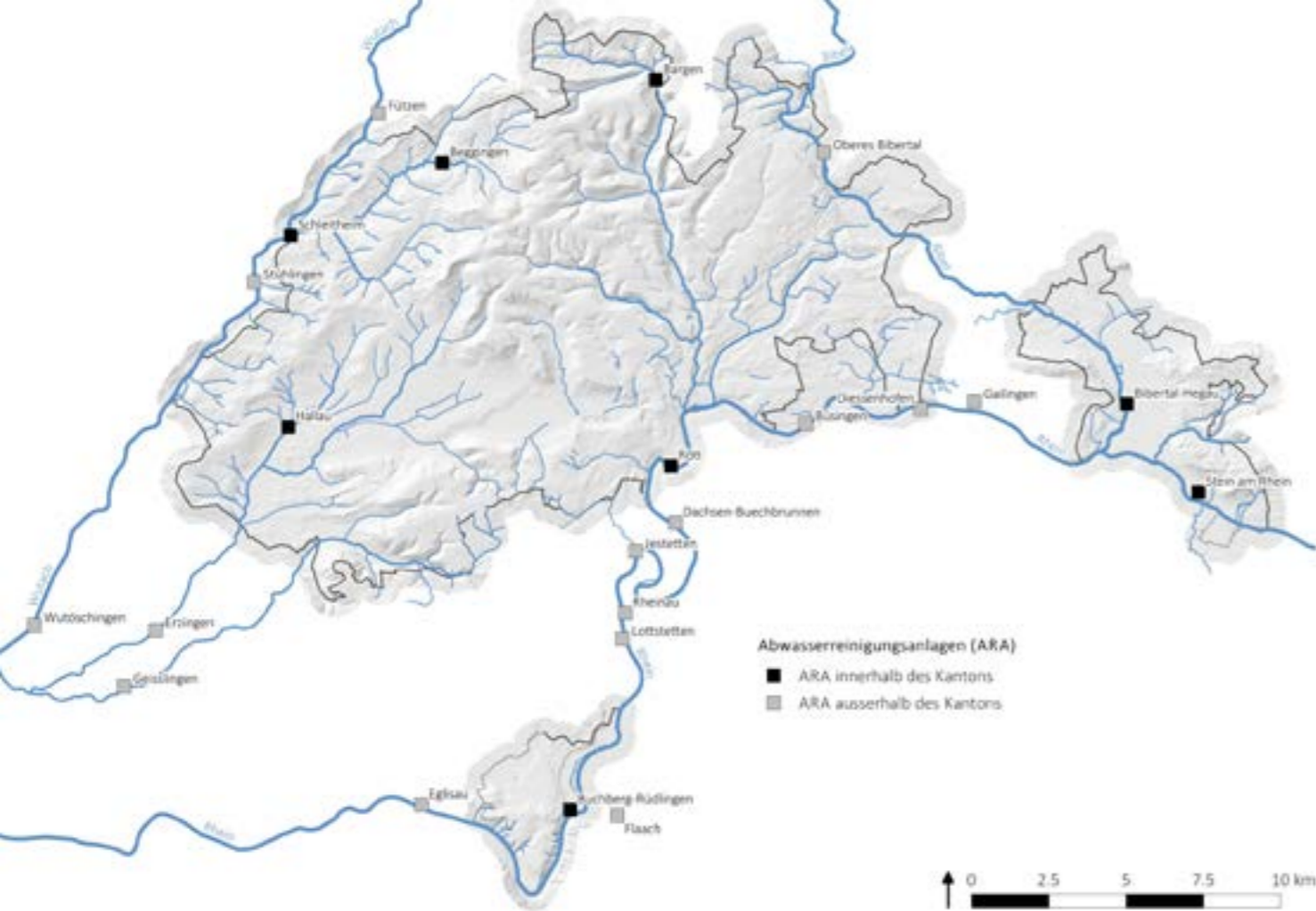


Abbildung 17: Abwasserreinigungsanlagen, (Hintergrundkarte: GIS Schaffhausen; Geodaten: IKL)

ARA – Abwasseranteil

Von den 36 Messstellen, die in den letzten 20 Jahren untersucht wurden, sind die höchsten Nährstoffkonzentrationen in den Vorflutern nach ARA zu finden. Massgeblich für die Gewässerbelastung ist dabei der Abwasseranteil am Vorfluter, nicht der absolute Abwassereintrag. Abflussreiche Flüsse, wie der Rhein und die Wutach, haben trotz hohem Abwassereintrag einen geringen Abwasseranteil. Infolge der hohen Verdünnung sind sie relativ unbelastet. Vor allem kleine Bäche mit geringem Abfluss im Verhältnis zum Abwassereintrag sind stark belastet. Wenn das Verdünnungsverhältnis eines Vorfluters sehr niedrig ist, können die Nährstoffkonzentrationen die Zielvorgaben überschreiten, selbst wenn die ARA die Anforderungen der GSchV einhält.

Die ARA Bibertal-Hegau (www.ara-ramsen.ch), Röti (www.abfall-sh.ch/roeti), Rüdlingen-Buchberg und Stein am Rhein leiten ihr gereinigtes Abwasser in den Rhein. Sie haben wegen der hohen Verdünnung einen sehr geringen Einfluss auf die Gewässerqualität. Der Anteil des Abwassers der ARA Röti am Rhein beträgt beispielsweise unter 0.1%. Die ARA Schleithelm, die in die Wutach einleitet, hat ebenfalls einen geringen Einfluss auf die Gewässerqualität. Hier beträgt der Abwasseranteil an der Wutach etwa 0.3%. Im Vergleich dazu beträgt der Abwasseranteil der ARA Hallau am Halbach über 100%.

ARA – Gewässerbelastung

Die ARA Bregen, Beggingen und Hallau, die in abflussarme Bäche einleiten, belasten ihre Vorfluter deutlich, vor allem mit Phosphor (Abbildung 18) und Stickstoff (Abbildung 19). Stickstoff- und Phosphorverbindungen im Abwasser stammen zu einem grossen Teil aus menschlichen Fäkalien. Durch die Nitrifikation und anschliessende Denitrifikation wird Stickstoff entfernt. Durch die Phosphatfällung wird Phosphor entfernt. Für ARA, die eine Ausbaugrösse von weniger als 10'000 Einwohnerwerten haben, gibt es gemäss GSchV keine generelle Anforderungen für die Nitrat- und Phosphorelimination. Für die ARA Bregen, Beggingen und Hallau hat das IKL auf Grund der sensiblen Vorfluter Durach, Begginger Bach und Halbach die Einleitbedingungen für Phosphor und Ammonium jedoch verschärft und in Zusammenhang mit den Baubewilligungen Grenzwerte definiert.

ARA – Sanierungen

Sanierungen der ARA können die Vorfluter entlasten. Die Sanierungen der Schaffhauser ARA (Tabelle 4) gingen stets mit einer Reduktion der Schmutzstoffbelastung der Vorfluter einher. Eine Ausnahme stellt die ARA Bregen dar, deren Anschluss an die ARA Röti in den kommenden Jahren vorgesehen ist.

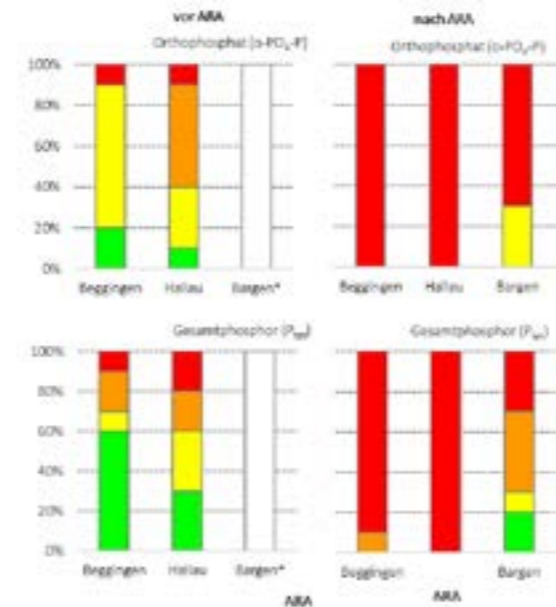


Abbildung 18: Bewertungen der Phosphorverbindungen vor und nach ARA Verteilung der Zustandsklassen (%) für Orthophosphat und Gesamtphosphor im Vorfluter der ARA Beggingen, Hallau und Bregen vor und nach Abwassereinleitung. Die Daten entstammen den Messstellen «Beggingen, nach ARA», «Hallau, nach ARA» und «Schlauch, vor Landesgrenze». Die Klassierungen des gesamten Untersuchungszeitraums (1999-2018) sind zusammengefasst. Die Messstelle nach ARA Bregen wird zusätzlich von den Hauskläranlagen in Schlauch beeinflusst. Die Entfernungen zwischen ARA und Messstelle betragen: 0.65 km (ARA Beggingen); 0.23 km (ARA Hallau); 1.15 km (ARA Bregen). Je grösser die Distanz der Messstelle zur ARA, desto geringer der nachweisbare Einfluss auf die Gewässerqualität.

* vor ARA Bregen gibt es keine Messstelle

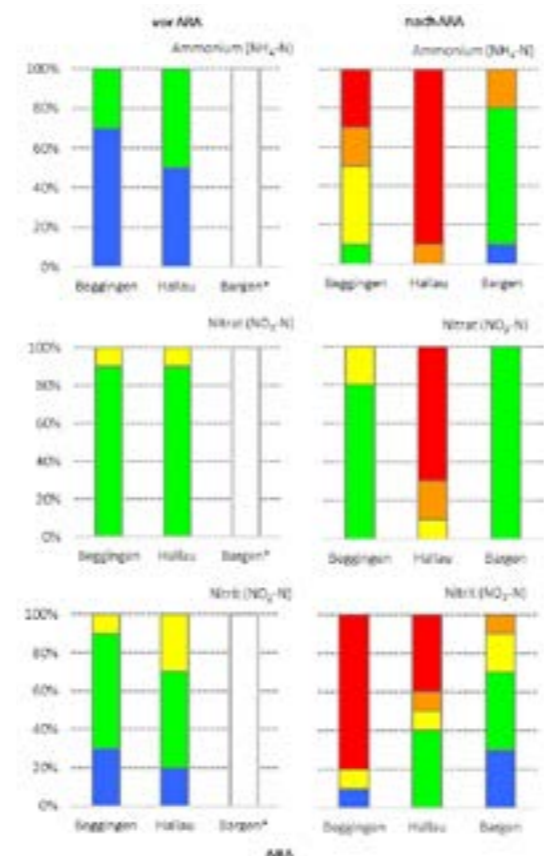


Abbildung 19: Bewertungen der Stickstoffverbindungen vor und nach ARA Verteilung der Zustandsklassen (%) für Ammonium, Nitrat und Nitrit im Vorfluter der ARA Beggingen, Hallau und Bregen vor und nach Abwassereinleitung. Die Daten entstammen den Messstellen «Beggingen, nach ARA», «Hallau, nach ARA» und «Schlauch, vor Landesgrenze». Die Klassierungen des gesamten Untersuchungszeitraums (1999-2018) sind zusammengefasst. Die Messstelle nach ARA Bregen wird zusätzlich von den Hauskläranlagen in Schlauch beeinflusst. Die Entfernungen zwischen ARA und Messstelle betragen: 0.65 km (ARA Beggingen); 0.23 km (ARA Hallau); 1.15 km (ARA Bregen). Je grösser die Distanz der Messstelle zur ARA, desto geringer der nachweisbare Einfluss auf die Gewässerqualität.

* vor ARA Bregen gibt es keine Messstelle.



ARA – Sanierung (ARA Hallau)

Die Sanierungsmassnahmen der ARA Hallau (www.abwassertverband.ch) von 2013 bis 2014 haben die Gewässerqualität des abflussarmen und stark belasteten Vorfluters deutlich verbessert. Sämtliche Nährstoffkonzentrationen wurden durch die Sanierung reduziert (Abbildung 20). Dennoch ist die Messstelle «Hallau, nach ARA» nach wie vor die am meisten belastete Messstelle im Kanton (Anhang 3). Gemäss MSK fällt die Beurteilung der Phosphor- und Stickstoffparameter zwar «schlecht» aus, bewertet wird dabei allerdings nur das 90. Perzentil der Messwerte. Die Streuung der Messwerte hingegen zeigt, dass die Stickstoffverbindungen, im Gegensatz zu den Phosphorverbindungen, nur in seltenen Fällen Konzentrationsspitzen in den Klassenbereichen «unbefriedigend» und «schlecht» erreichen (Abbildung 20). Seit Inbetriebnahme der sanierten ARA liegen die Nitritkonzentrationen im Gesamtauslauf ganzjährig zu fast 100% unterhalb oder im Bereich der Nachweisgrenze. Der Abwasseranteil der ARA Hallau am Vorfluter beträgt über 50% – bei Trockenheit teils sogar mehr. Der ökomorphologische Zustand des Vorfluters ist zudem stark beeinträchtigt (Abbildung 4). Eine erhebliche Nährstoffreduktion im Vorfluter durch den weiteren technischen Ausbau der ARA ist daher kaum zu erreichen. Eine Möglichkeit zur Verbesserung der Gewässerqualität wäre die Wiederherstellung der Selbstreinigungsfähigkeit durch Renaturierung des Vorfluters.

Einleitstelle der ARA Hallau

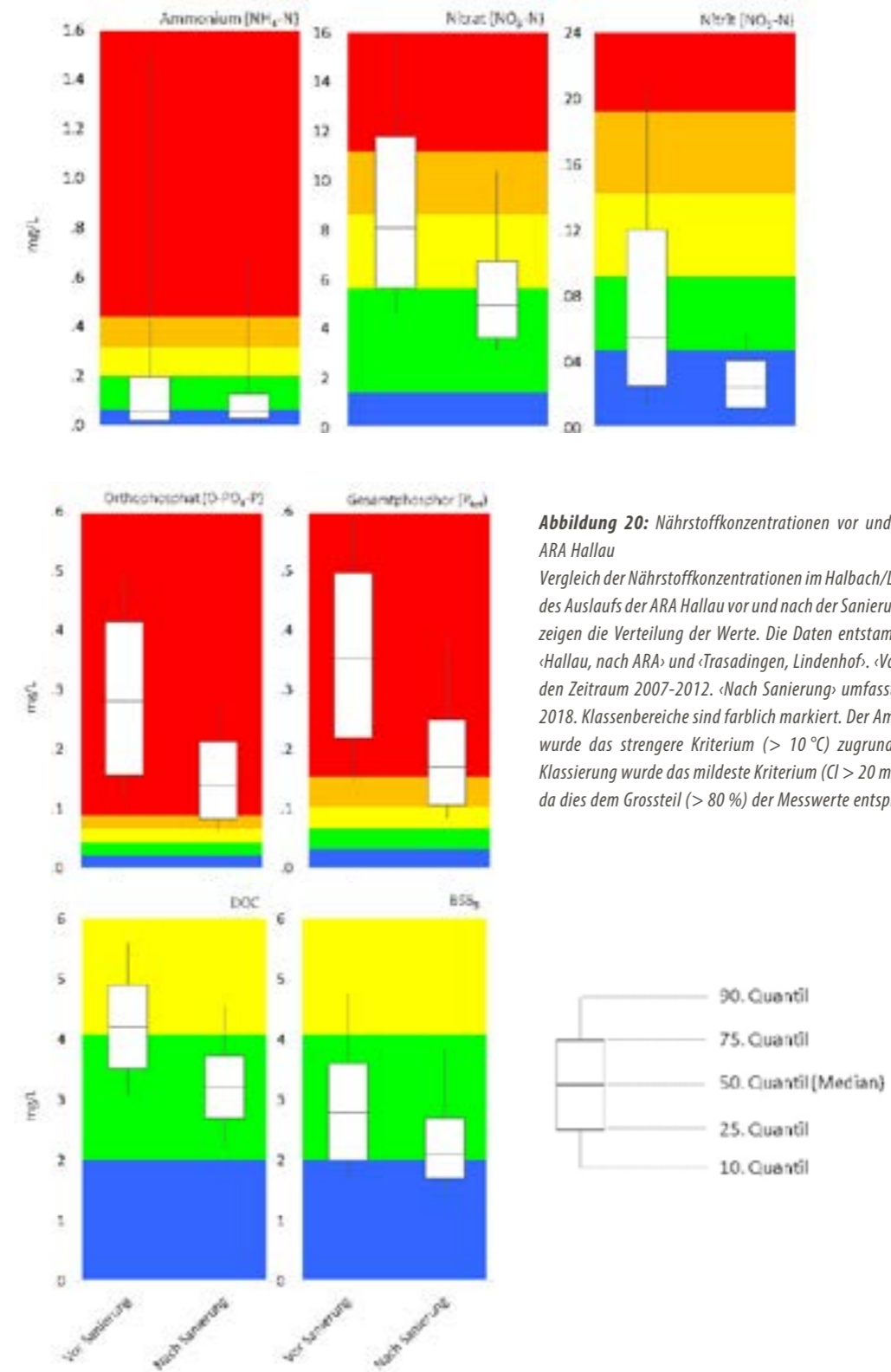


Abbildung 20: Nährstoffkonzentrationen vor und nach Sanierung der ARA Hallau
 Vergleich der Nährstoffkonzentrationen im Halb-/Landgraben unterhalb des Auslaufs der ARA Hallau vor und nach der Sanierung 2013. Die Boxplots zeigen die Verteilung der Werte. Die Daten entstammen den Messstellen «Hallau, nach ARA» und «Trasadingen, Lindenhof». «Vor Sanierung» umfasst den Zeitraum 2007-2012. «Nach Sanierung» umfasst den Zeitraum 2013-2018. Klassenbereiche sind farblich markiert. Der Ammonium-Klassierung wurde das strengere Kriterium ($> 10 \text{ }^\circ\text{C}$) zugrunde gelegt. Der Nitrit-Klassierung wurde das mildeste Kriterium ($\text{Cl} > 20 \text{ mg/L}$) zugrunde gelegt, da dies dem Grossteil ($> 80\%$) der Messwerte entspricht.



ARA Bibertal-Hergau

ARA – Sanierung (ARA Beggingen)

Auch die Sanierungsmassnahmen der ARA Beggingen im Jahr 2013 haben die Gewässerqualität des Vorfluters verbessert und zur Reduktion sämtlicher Nährstoffkonzentrationen beigetragen (Abbildung 21). Obwohl die Konzentrationen der Phosphorverbindungen im Vorfluter nach wie vor hoch sind, hat die Phosphatfällung zu einer deutlichen Reduktion des Phosphors im Begginger Bach geführt. Auf Grund der geringen Ausbaugrösse der ARA Beggingen (Tabelle 4) besteht gemäss GSchV keine Anforderung zur Denitrifikation. Die Nitratbelastung des Vorfluters ist zwar sehr gering, aber die Beurteilung des Nitrits fällt «schlecht» aus. Wegen der geringen Chloridkonzentration im Vorfluter der ARA Beggingen sind die Zielvorgaben für Nitrit strenger als im Vorfluter der ARA Hallau. Die empfohlenen Zielvorgaben des MSK für Nitrit gelten insbesondere für Salmonidengewässer. Da Nitrit bei entsprechender Chloridkonzentration für Salmoniden sehr giftig ist, kann der Nitriteintrag der ARA Beggingen unter Umständen eine Belastung für den Forellenbestand des Schleitheimer Bachs sein. Die positiven Effekte der Sanierungsmassnahmen an der ARA Beggingen sollten deshalb aufrechterhalten und wenn möglich erhöht werden.

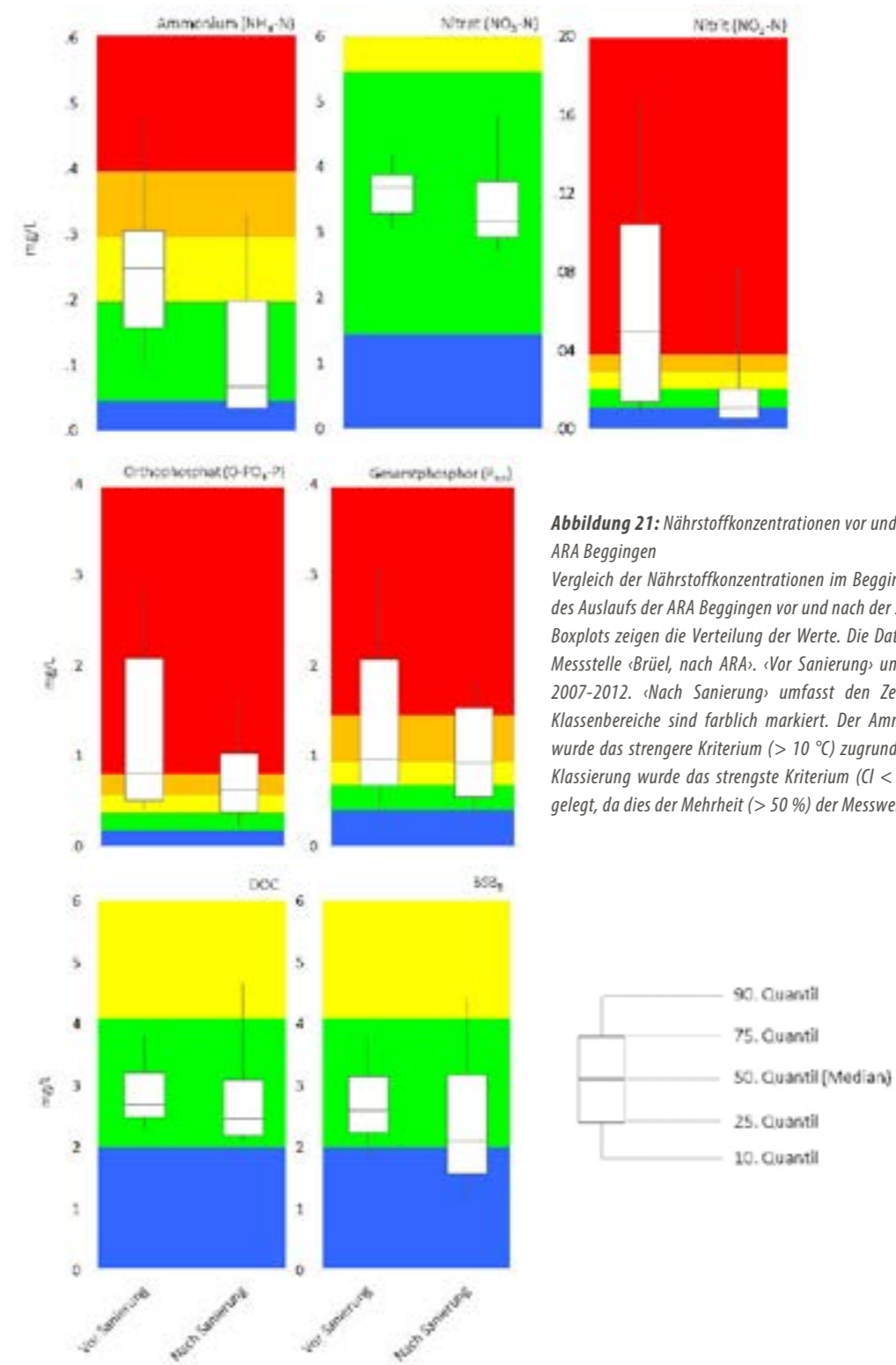


Abbildung 21: Nährstoffkonzentrationen vor und nach Sanierung der ARA Beggingen

Vergleich der Nährstoffkonzentrationen im Begginger Bach unterhalb des Auslaufs der ARA Beggingen vor und nach der Sanierung 2013. Die Boxplots zeigen die Verteilung der Werte. Die Daten entstammen der Messstelle «Brüel, nach ARA». «Vor Sanierung» umfasst den Zeitraum 2007-2012. «Nach Sanierung» umfasst den Zeitraum 2013-2018. Klassenbereiche sind farblich markiert. Der Ammonium-Klassierung wurde das strengere Kriterium (> 10 °C) zugrunde gelegt. Der Nitrit-Klassierung wurde das strengste Kriterium (Cl < 10 mg/L) zugrunde gelegt, da dies der Mehrheit (> 50 %) der Messwerte entspricht.



Traktor im Durachtal

Landwirtschaft

Landwirtschaft – Dünger

Nährstoffe, die in Form von Gülle, Mist, Kompost oder Mineraldünger in der Landwirtschaft verwendet werden, gelangen als diffuse Einträge in die Gewässer (Abbildung 16). Zum Schutz der Gewässer verfügen Landwirtschaftsbetriebe über Anlagen und Massnahmen, wie Güllegruben, Mistplatten und Pufferstreifen für den Düngeaustrag. Dennoch wird ein Teil der Nährstoffe, insbesondere Orthophosphat und Nitrat, in die Fliessgewässer abgeschwemmt oder ausgewaschen. Die leichte Verbesserung der Stickstoffkonzentrationen (Abbildung 6) gemäss MSK in den Schaffhauser Bächen ist vor allem auf den Ausbau der ARA zurückzuführen. Die Stickstoffüberschüsse in der Landwirtschaft (rund 110'000 Tonnen pro Jahr) hingegen sind in den letzten 20 Jahren konstant geblieben [17].

Die Nährstoff-Einträge in die Schaffhauser Gewässer haben nicht nur lokale Auswirkungen, sondern gelangen durch den fluvialen Transport (Stofffracht) über den Rhein in die Nordsee und tragen dort zur Meeresbelastung bei.

Im «Übereinkommen zum Schutz der Meeresumwelt des Nordostatlantiks» (OSPAR) hat sich die Schweiz zur Halbierung der Stickstoffeinträge gegenüber 1985 verpflichtet. Messungen am Rhein zeigen, dass die Abnahme der Stickstofffrachten in den 1980er Jahren vor allem auf den Ausbau der ARA zurückzuführen ist. Um die Belastung der Meere heute weiter zu reduzieren, müssen die Nitrat-Einträge aus der Landwirtschaft vermindert werden.

Landwirtschaft – Saisonalität

Am jahreszeitlichen Verlauf aller Messstellen erkennt man eine deutliche Zunahme der Orthophosphatkonzentrationen in den Schaffhauser Fliessgewässern im Sommerhalbjahr (Abbildung 22). Dies ist ein kombinierter Effekt des Düngeaustrags (Eintrag) und der Abflussreduktion der Gewässer (Aufkonzentrierung). Bei Niederschlag ist der Effekt der Abschwemmung und Auswaschung tendenziell grösser als der Effekt der Verdünnung durch die Abflusszunahme (Abbildung 23).

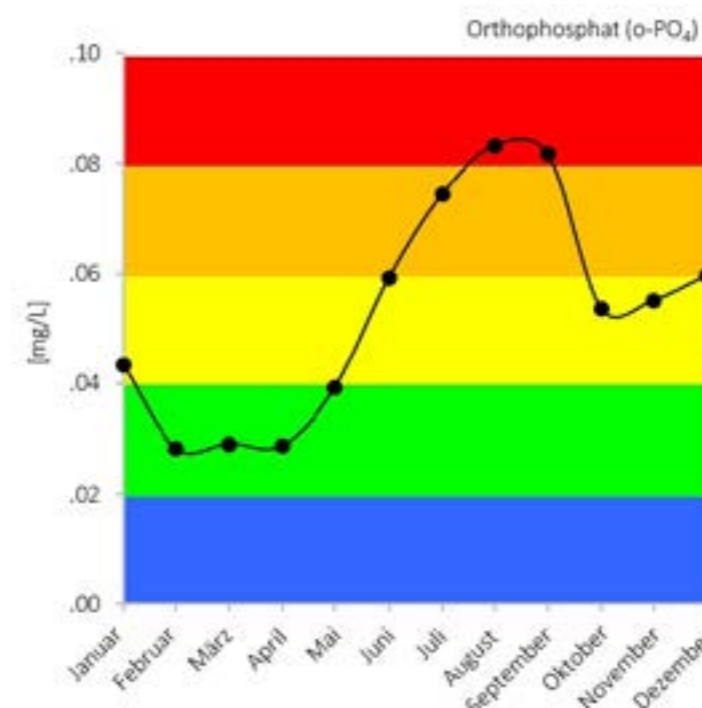


Abbildung 22: Jahreszeitlicher Verlauf der Orthophosphatkonzentrationen Monatsmittelwerte der Orthophosphatkonzentrationen. Die Daten entstammen den Messstellen, an denen die Untersuchung diffuser Nährstoffeinträge sinnvoll ist: Messstellen direkt nach ARA wurden nicht berücksichtigt, da dort der punktuelle Nährstoffeintrag zu gross ist. Messstellen am Rhein wurden nicht berücksichtigt, da dort die Nährstoffverdünnung zu gross ist. Die Werte des gesamten Untersuchungszeitraums (1999-2018) sind zusammengefasst. Klassenbereiche sind farblich markiert.

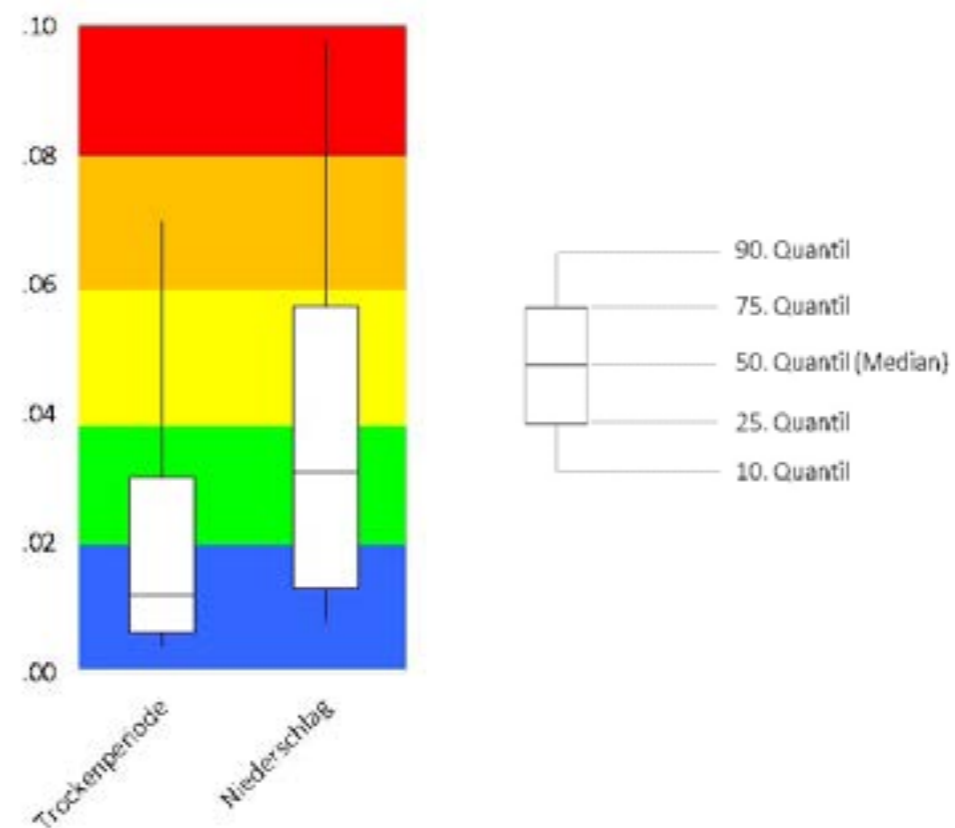


Abbildung 23: Orthophosphatkonzentrationen nach Witterung Vergleich der Orthophosphatkonzentrationen nach einer Trockenperiode (kein Regen seit mehr als 5 Tagen) und nach Niederschlag (starker Regen in den vorigen 24 Stunden). Die Boxplots zeigen die Verteilung der Werte. Die Daten entstammen den Messstellen, an denen die Untersuchung diffuser Nährstoffeinträge sinnvoll ist: Messstellen direkt nach ARA wurden nicht berücksichtigt, da dort der punktuelle Nährstoffeintrag zu gross ist. Messstellen am Rhein wurden nicht berücksichtigt, da dort die Nährstoffverdünnung zu gross ist. Klassenbereiche sind farblich markiert.



Gedüngter Acker (dunkelgrün) mit ungedüngtem Pufferstreifen (hellgrün) an der Durach bei Merishausen

Landwirtschaft – Einzugsgebiete

Die Orthophosphatbelastung der Gewässer ist direkt von der landwirtschaftlichen Fläche im Einzugsgebiet abhängig. Tabelle 5 enthält den Anteil der landwirtschaftlichen Fläche an den Einzugsgebieten der Messstellen. Je grösser der Anteil der landwirtschaftlichen Fläche im Einzugsgebiet der Gewässer desto schlechter die Gewässerqualität (Abbildung 24). An Messstellen in Einzugsgebieten mit weniger als 25% landwirtschaftlicher Fläche erfüllen etwa 80% der Zustandsklassen die Zielvorgaben; mit mehr als 50% landwirtschaftlicher Fläche sind es nur etwa 25%.

Landwirtschaft – Massnahmen

Verschiedene Massnahmen im Bereich der Landwirtschaft haben über die letzten 20 Jahre zum leichten Rückgang der Nährstoffkonzentrationen in den Gewässern beigetragen. Seit Einführung der integrierten Produktion (IP) im Jahr 1996 und dem ökologischen Leistungsnachweis (ÖLN) im Jahr 1997 müssen Landwirtschaftsbetriebe eine ausgeglichene Düngerbilanz, einen angemessenen Anteil an Ausgleichsflächen und geeignete Bodenschutzmassnahmen ausweisen. Im Klettgau wurde im Jahr 2001 ein Pilotprojekt zur Nitratreduktion begonnen. Ziel des Projekts ist die langfristige und nachhaltige Senkung des Nitratgehaltes im Grundwasser durch Umstellungen in den Landwirtschaftsbetrieben. Ein erfreulicher Nebeneffekt der Massnahmen ist die Abnahme der Nitrat- und Nitritkonzentrationen im Oberflächenwasser. Die Stickstoffreduktion ist an den Messstellen «Neunkirch, Langfeld» messbar (Abbildung 14). Diese erfolgreichen Massnahmen sollten konsequent weitergeführt und wenn möglich verstärkt werden. Ein weiterer Grund für den Rückgang der Nitritkonzentrationen könnten die vielen milden Winter ab 2011 sein. Höhere Temperaturen begünstigen die Umwandlung von Nitrit in Nitrat (Nitrifikation) und führen damit zu geringeren Nitritkonzentrationen. Dies würde auch die Verbesserung an anderen Messstellen in dieser Periode erklären (Abbildung 6).

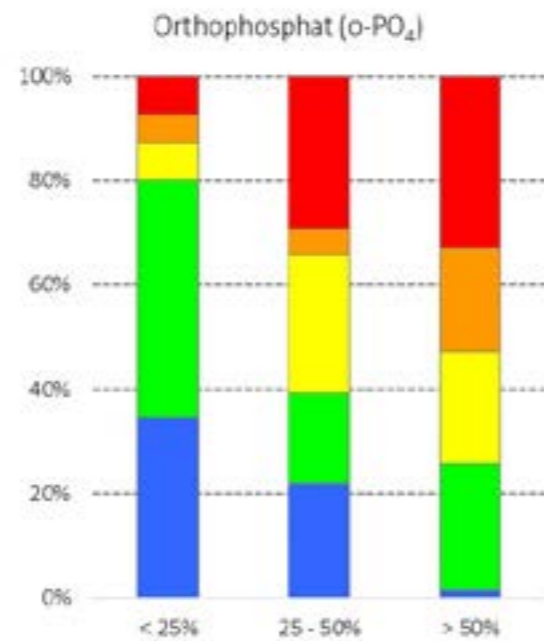


Abbildung 24: Orthophosphat Klassierungen nach Anteil der Landwirtschaft am Einzugsgebiet
Verteilung der Zustandsklassen (%) für Orthophosphat nach Anteil der landwirtschaftlichen Fläche (%) am Einzugsgebiet der Messstellen. Die Daten entstammen den Messstellen in Tabelle 5. Die Klassierungen des gesamten Untersuchungszeitraums (1999-2018) sind zusammengefasst. Die Werte beziehen sich auf die Messresultate und sind nicht gewichtet.

Kampagne	Gewässer	Messstelle	Anteil Landwirtschaftliche Fläche an Einzugsgebiet [%]
Klettgauer Bäche	Wisengraben	Neunkirch, Langfeld	66
	Seltenbach	Neunkirch, Langfeld	48
	Mülibach	Wilchingen, Hohströssli	58
	Halbbach	Hallau, vor ARA	83
	Landgraben	Trasadingen, Lindenhof	69
	Seegraben	Osterfingen, im Boden	6
	Seegraben	Wilchingen, vor Landesgrenze	38
Schleitheimer Bäche	Deponiebach	Gächlingen, hinterer Wetzehof	22
	Chrebsbach	Schleitheim, hinterer Wetzehof	35
	Zwärenbach	Schleitheim, im Geren	55
	Chälengraben	Beggingen, Oberdorf	21
	Beggingerbach	Beggingen, Hof Sauter	49
	Schleitheimer Bach	Schleitheim, im Geeren	55
	Schleitheimer Bach	Schleitheim, Oberwiesen Au	58
Durach	Durach	Schaffhausen, Birchweiher	24
	Durach	Schaffhausen, Mühlentalsträsschen	23
	Fulach	Schaffhausen, Feuerwehrdepot	21

Tabelle 5: Anteil der Landwirtschaft am Einzugsgebiet der Messstellen

Anteil der landwirtschaftlichen Fläche (%) am Einzugsgebiet der Messstellen. Ein Einzugsgebiet ist das gesamte Areal, aus dem ein Gewässersystem seinen Abfluss bezieht. Für jede Messstelle wurde ein Einzugsgebiet auf Grundlage des Gewässersystems oberhalb (also stromaufwärts) des entsprechenden Messpunkts berechnet; einschliesslich aller Zuflüsse und unabhängig von der Grösse des Gewässersystems oder Position weiterer Messstellen. Der Anteil der landwirtschaftlichen Fläche eines Einzugsgebiets wurde nur an den Messstellen berechnet, an denen die Untersuchung diffuser Nährstoffeinträge sinnvoll ist: Messstellen direkt nach ARA wurden entsprechend nicht berücksichtigt, da dort der punktuelle Nährstoffeintrag zu gross ist. Messstellen am Rhein wurden nicht berücksichtigt, da dort die Nährstoffverdünnung zu gross ist. Messstellen, deren Einzugsgebiete teilweise in Deutschland liegen, wurden nicht berücksichtigt, da dem IKL dort nicht ausreichend Daten vorliegen.



Landwirtschaft im Bibertal



Probenahme für das Monitoringprogramm an der Wutach bei Wunderklingen

4 Evaluation des Monitoring-konzepts

Messnetz

Basierend auf den Ergebnissen der chemisch-physikalischen Erhebungen der Fliessgewässer über die letzten 20 Jahre wird die Gewässerüberwachung im Kanton Schaffhausen leicht angepasst. Dabei werden die Erhebungen der Nährstoffe in Fliessgewässern erneut mit klaren Zielsetzungen geplant, um eindeutige Resultate zu erzielen. Da die Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen für den ganzen Gewässerlauf vorgeschrieben ist, wird im neuen Monitoringprogramm gezielt unterhalb kritischer Belastungsquellen beprobt. Dazu zählen Wasserläufe unterhalb von ARA Einleitungen und in landwirtschaftlichen Einzugsgebieten. Bei grösseren Flüssen erübrigt sich ein dichtes Messnetz, da diese relativ unbelastet sind und über Jahrzehnte hinweg sehr konstante Resultate liefern. Wo sinnvoll, werden bestehende Messstellen beibehalten, um weiterhin die langfristige Entwicklung der Gewässerqualität zu überwachen.

Messstellen

Im neuen Monitoringprogramm werden die Messstellen von 36 auf 27 reduziert. Messungen werden an 12 alten Messstellen eingestellt, an 3 neuen Messstellen begonnen (Abbildung 25 & Tabelle 6). Die Messstellen sind so gewählt, dass sie an sinnvollen Gewässerabschnitten

positioniert und gut zugänglich sind sowie weiterhin alle Einzugsgebiete repräsentieren. Die Erhebungsfrequenz von mindestens 6 Stichproben im Jahr und Auswertungsfrequenz von mindestens 12 Stichproben alle 2 Jahre wird beibehalten. Die 4 Probenahmetouren werden zu 2 Probenahmetouren zusammengeführt:

- (I) Rhein/Durach/Fulach/Biber (Tour «Ost»)
- (II) Schleithheimer/Klettgauer Bäche (Tour «West»)

Durch die gezielte Positionierung der Messstellen und Zusammenführung der Probenahmetouren werden nicht nur die Gewässer effektiver überwacht, sondern auch der Zeitaufwand für die Beprobung und Analytik erheblich reduziert.

Parameter

Im neuen Monitoringprogramm konzentrieren sich die chemisch-physikalischen Erhebungen weiterhin auf die wichtigsten Nährstoffparameter, die anthropogene Belastungen anzeigen. Die Parameterliste bleibt dabei unverändert, da sie den Anforderungen des BAFU entspricht. Einzelne Kampagnen zu Schwermetallen oder organischen Spurenstoffen werden auch in Zukunft geplant.

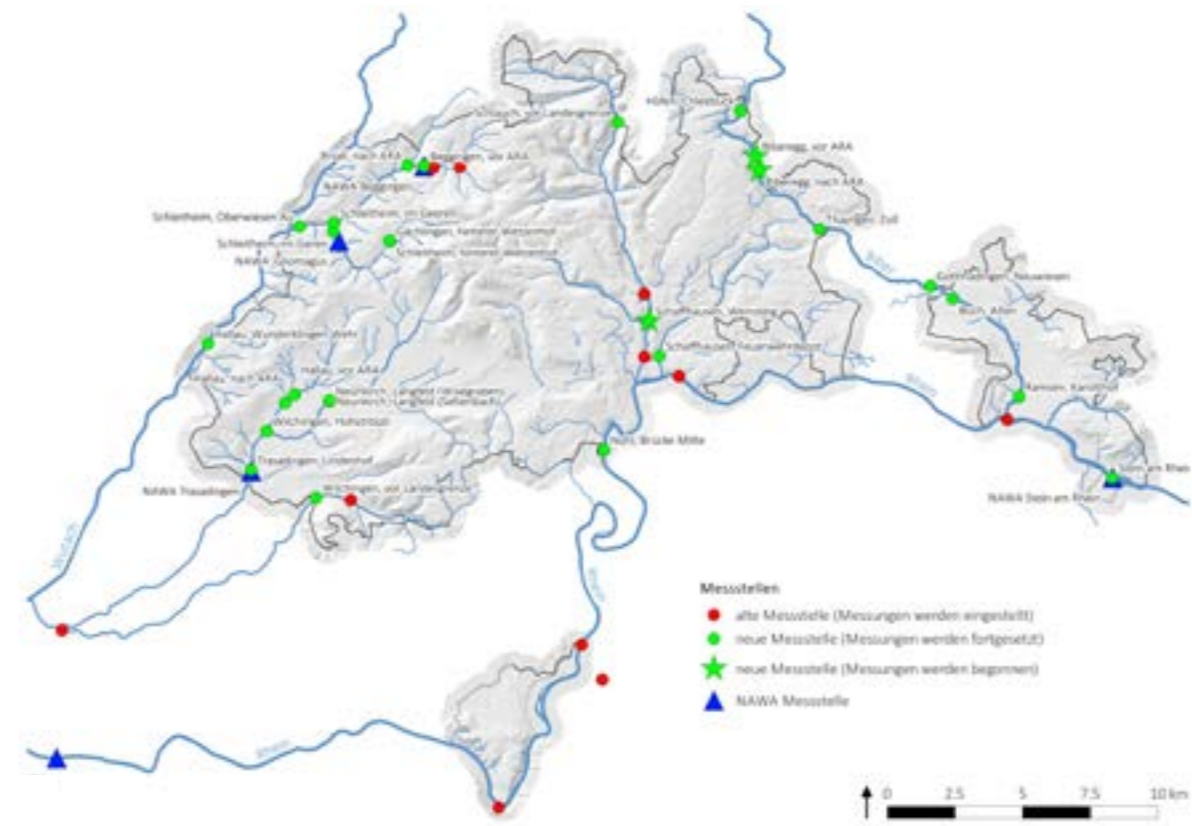


Abbildung 25: Anpassung der Messstellen, (Hintergrundkarte: GIS Schaffhausen; Geodaten: IKL)

Messstelle	Aktion & Begründung
Hemishofen, Bibermüli Rhein	Der Rhein ist über viele Jahre hinweg relativ unbelastet und liefert konstante Resultate. Dementsprechend ist die Vielzahl an Messstellen nicht gerechtfertigt. Deshalb wird auf diese Messstellen verzichtet. Der Rhein wird weiterhin bei Nohl und den NAWA Messstellen «Stein am Rhein» und «Rekingen» untersucht.
Schaffhausen, Salzstadel Rhein	
Ellikon am Rhein, Fähre Rhein	
Teufen, Tössegg Rhein	
Flaach, Thurbrücke Mitte Thur	Die Thur liegt im Kanton Zürich. Sie liefert dem IKL keine relevanten Informationen. Deshalb wird auf diese Messstelle verzichtet.
Osterfingen, im Boden Seegraben	Der Seegraben ist seit dem Anschluss der ARA Osterfingen an die ARA Hallau unbelastet und liefert konstante Werte. Deshalb wird auf diese Messstelle verzichtet.
Lauchringen, im Grund Klingengraben	Der Schwarzbach und der Klingengraben liegen in Deutschland. Sie liefern dem IKL keine relevanten Informationen. Deshalb wird auf diese Messstellen verzichtet.
Lauchringen, im Grund Schwarzbach	
Beggingen, Oberdorf Chälengraben	Der Chälengraben ist unbelastet und liefert konstante Resultate. Da der Begginger Bach relativ unbelastet ist und es genug Messstellen gibt, wird auf diese Messstelle verzichtet.
Beggingen, Hof Sauter Begginger Bach	Wenige Meter stromabwärts liegt die neue Messstelle «Beggingen, vor ARA», die den NAWA Trend Messungen dient. Beide Messstellen liegen nah beieinander und liefern ähnliche Resultate. Deshalb wird diese Messstelle durch die Messstelle «Beggingen, vor ARA» ersetzt.
Biberegg, vor ARA Biber	Hier wird der Einfluss der ARA Oberes Bibertal auf die Biber untersucht. Bisher gibt es dafür keine geeigneten Messstellen. Seit langem wird der Anschluss der ARA Oberes Bibertal an die ARA Bibertal-Hegau diskutiert. Die Untersuchungen sollen im Entscheidungsprozess helfen.
Biberegg, nach ARA Biber	
Schaffhausen, Birchweiher Durach	Die Durach führt hier zeitweise kein Wasser. Diese Messstelle wird deshalb an die Messstelle «Schaffhausen, Weisteig» verlegt.
Schaffhausen, Weisteig Durach	Die Messstelle «Schaffhausen, Birchweiher» wird hierhin verlegt. Die Durach führt hier häufiger Wasser. Zudem wird hier das Einzugsgebiet des Hemmentals mituntersucht.
Schaffhausen, Mühlentalsträsschen Durach	Die Durach führt hier zeitweise kein Wasser. Da die Durach im ganzen Verlauf relativ unbelastet ist und es genug Messstellen gibt, wird auf diese Messstelle verzichtet.

■ Messungen eingestellt im neuen Monitoringprogramm
■ Messungen begonnen im neuen Monitoringprogramm

Tabelle 6: Anpassungen der Messstellen, Messstellen, die nicht gelistet sind, werden im neuen Monitoringprogramm fortgesetzt.



Nährstoffarmes Wasser im Begginger Bach

5 Schlussfolgerung und Ausblick

Trotz verschiedener Anstrengungen und kontinuierlicher Verbesserungen der Gewässerqualität in den letzten 20 Jahren sind die Ziele des Gewässerschutzes noch nicht überall erreicht. Viele Gewässer im Kanton Schaffhausen sind nach wie vor mit Nährstoffen belastet. Die Nährstoffbelastung im Rhein sowie die Stickstoffbelastung der meisten Fließgewässer im Kanton sind weitgehend unbedenklich. Das grösste Defizit besteht in der übermässigen Phosphorbelastung der kleinen Fließgewässer. Dazu tragen vor allem Einträge aus der Abwasserreinigung und Landwirtschaft bei. Durch weitere Optimierung der Technik, Lage und Organisation der Abwasserreinigung könnte ein effizienterer Gewässerschutz erreicht werden. Um die Belastung der Gewässer durch diffuse Einträge zu vermindern, sind, im Gegensatz zu technischen Lösungen bei den ARA, verschiedene Massnahmen an den Quellen nötig. Eine umfassende Reduktion der Gewässerbeeinträchtigung kann nur durch Reduktion der Nährstoffüberschüsse erreicht werden.

6 Literatur, Verzeichnisse und Anhang

Literatur

- [1] BAFU (2013) NAWA – Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität. Konzept Fließgewässer. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen 1327.
- [2] BUWAL (1998) Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer in der Schweiz. Modul-Stufen-Konzept. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern. Vollzug Umwelt 26.
- [3] Liechti P. (2010) Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer. Chemisch-physikalische Erhebungen, Nährstoffe. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug 1005.
- [4] Kanton Schaffhausen (2017) Zahlen und Fakten. <<https://www.sh.ch/Zahlen-und-Fakten.463.0.html>> (Zugriff: 28.02.2019).
- [5] Baudepartement Schaffhausen (2019) Oberflächengewässer. <<https://www.sh.ch/Oberflaechengewaeser-Wasserb.3305.0.html>> (Zugriff: 28.02.2019).
- [6] Fehlmann R. (1999) Auswertung der Oberflächengewässerdaten der Jahre 1991 – 1998 und Neues Probenahmekonzept für Oberflächengewässer im Kanton Schaffhausen. Kantonales Laboratorium für Lebensmittelkontrolle und Umweltschutz, Schaffhausen.
- [7] AfU Thurgau (2008) Gewässerqualität im Thurgau. Amt für Umwelt, Frauenfeld.
- [8] AWA Bern (2015) Zustand der Gewässer. Amt für Wasser und Abfall, Bern.
- [9] AfU Zug (2014) Chemisch-physikalische Wasserqualität der Zuger Fließgewässer. Amt für Umweltschutz, Zug.
- [10] AWEL Zürich (2018) Wasser und Gewässer. Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft, Zürich.
- [11] AfU Solothurn (2015) Zustand der Solothurner Gewässer. Amt für Umwelt, Solothurn.
- [12] BUWD Luzern (2018) Wasserqualität der Fließgewässer. <https://uwe.lu.ch/themen/gewaesser/gewaesserzustand/wasserqualitaet_fliessgewaesser> (Zugriff: 07.12.2018).
- [13] Göggel W. (2012) Revitalisierung Fließgewässer. Strategische Planung. Ein Modul der Vollzugshilfe Renaturierung der Gewässer. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug 1208.
- [14] ALU (2007) Phosphat - Zustandsbericht der Schaffhauser Oberflächengewässer. Amt für Lebensmittelkontrolle und Umweltschutz, Schaffhausen.
- [15] Scholich G. (2006) Qualität der Kleinstgewässer im Kanton Schaffhausen. Amt für Lebensmittelkontrolle und Umweltschutz, Schaffhausen.
- [16] BAFU (2017) Wasserqualität. Bundesamt für Umwelt, Bern. Magazin «Umwelt» 1/2017.
- [17] BAFU (2018) Umwelt Schweiz 2018. Bundesamt für Umwelt, Bern.

Verzeichnisse

Abkürzungen

ARA	Abwasserreinigungsanlage
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BSB ₅	Biochemische Sauerstoffbedarf (innert fünf Tage)
C	Kohlenstoff
Cl	Chlorid
DOC	Gelöster organischer Kohlenstoff (engl., dissolved organic carbon)
GSchG	Gewässerschutzgesetz (SR 814.20)
GSchV	Gewässerschutzverordnung (SR 814.201)
IKL	Interkantonales Labor
MSK	Modul-Stufen-Konzept
N	Stickstoff
NAWA	Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität
NH ₄	Ammonium
NO ₂	Nitrit
NO ₃	Nitrat
O ₂	Sauerstoff
o-PO ₄	Orthophosphat
P	Phosphor
P _{tot}	Gesamtphosphor
SO ₄	Sulfat
T	Temperatur
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie
WWG	Wasserwirtschaftsgesetz (SR 721.100)

Abbildung

Abbildung 1: Landnutzung im Kanton Schaffhausen	10
Abbildung 2: Gewässernetz im Kanton Schaffhausen	10
Abbildung 3: Einzugsgebiete im Kanton Schaffhausen	11
Abbildung 4: Ökomorphologie der Fließgewässer im Kanton Schaffhausen	11
Abbildung 5: Messstellen des Monitoringprogramms 1999 bis 2019	12
Abbildung 6: Entwicklung des Gewässerzustands für Stickstoffverbindungen	17
Abbildung 7: Entwicklung des Gewässerzustands für Phosphorverbindungen	17
Abbildung 8: Vergleich des Gewässerzustands für Orthophosphat zwischen Kantonen	18
Abbildung 9: Entwicklung des Gewässerzustands für DOC und biochemischen Sauerstoffbedarf	18
Abbildung 10: Gewässergüteklassierungen aller Messstellen von 1999 bis 2018	20
Abbildung 11: Räumliche und zeitliche Entwicklung des Gewässerzustands des Rheins	21
Abbildung 12: Räumliche und zeitliche Entwicklung des Gewässerzustands der Biber	22
Abbildung 13: Räumliche und zeitliche Entwicklung des Gewässerzustands der Schleitheimer Bäche	23
Abbildung 14: Räumliche und zeitliche Entwicklung des Gewässerzustands der Klettgauer Bäche	25
Abbildung 16: Räumliche und zeitliche Entwicklung des Gewässerzustands der Durach und Fulach	26
Abbildung 16: Quellen des Nährstoffeintrags in Fließgewässer	27
Abbildung 17: Abwasserreinigungsanlagen	28
Abbildung 18: Bewertungen der Phosphorverbindungen vor und nach ARA 29	29
Abbildung 19: Bewertungen der Stickstoffverbindungen vor und nach ARA	29
Abbildung 20: Nährstoffkonzentrationen vor und nach Sanierung der ARA Hallau	31
Abbildung 21: Nährstoffkonzentrationen vor und nach Sanierung der ARA Beggingen	33
Abbildung 22: Jahreszeitlicher Verlauf der Orthophosphatkonzentrationen	35
Abbildung 23: Orthophosphatkonzentrationen nach Witterung	35
Abbildung 24: Orthophosphat Klassierungen nach Anteil der Landwirtschaft am Einzugsgebiet	36
Abbildung 25: Anpassung der Messstellen, (Hintergrundkarte: GIS Schaffhausen; Geodaten: IKL)	39

Tabellen

<i>Tabelle 1:</i> Bewertungsschema gemäss Modul-Stufen-Konzept	7
<i>Tabelle 2:</i> Parameter der chemisch-physikalischen Erhebungen	13
<i>Tabelle 3:</i> Überschreitung der Zielvorgaben an den 36 Messstellen von 1999 bis 2018	14
<i>Tabelle 4:</i> Sanierung und Ausbaugrösse der Abwasserreinigungsanlagen	27
<i>Tabelle 5:</i> Anteil der Landwirtschaft am Einzugsgebiet der Messstellen	37
<i>Tabelle 6:</i> Anpassungen der Messstellen	39

Anhänge

<i>Anhang 1:</i> Klassierungen gemäss Modul-Stufen-Konzept	46
<i>Anhang 2:</i> Messstellen	47
<i>Anhang 3:</i> Gewässergütebewertungen	48

Anhang

Anhang 1 Klassierungen gemäss Modul-Stufen-Konzept

Ammonium (NH₄-N)

Beurteilung	
	sehr gut
	gut
	mässig
	unbefriedigend
	schlecht

mg/L N Temperatur > 10°C oder pH > 9	
	< 0.04
0.04	< 0.20
0.20	< 0.30
0.30	< 0.40
	≥ 0.40

mg/L N Temperatur ≤ 10°C oder pH ≤ 9	
	< 0.08
0.08	< 0.40
0.40	< 0.60
0.60	< 0.80
	≥ 0.80

Parameterabhängige Normierung	
	< 0.2
0.2	< 1.0
1.0	< 1.5
1.5	< 2.0
	≥ 2.0

Nitrat (NO₃-N)

Beurteilung	
	sehr gut
	gut
	mässig
	unbefriedigend
	schlecht

mg/L N	
	< 1.5
1.5	< 5.6
5.6	< 8.4
8.4	< 11.2
	> 11.2

Nitrit (NO₂-N)

Beurteilung	
	sehr gut
	gut
	mässig
	unbefriedigend
	schlecht

mg/L N Chlorid < 10 mg/L	
	< 0.01
0.01	< 0.02
0.02	< 0.03
0.03	< 0.04
	≥ 0.04

mg/L N Chlorid ≤ 10 mg/L Chlorid > 20 mg/L	
	< 0.025*
*0.025	< 0.05
0.05	< 0.075
0.075	< 0.10
	≥ 0.10

mg/L N Chlorid ≥ 20 mg/L	
	< 0.05
0.05	< 0.10
0.10	< 0.15
0.15	< 0.20
	≥ 0.20

Parameterabhängige Normierung	
	< 0.5
0.5	< 1.0
1.0	< 1.5
1.5	< 2.0
	≥ 2.0

*empfohlener Wert
des BAFU: 0.02

Orthophosphat (o-PO₄-P)

Beurteilung	
	sehr gut
	gut
	mässig
	unbefriedigend
	schlecht

mg/L P	
	< 0.02
0.02	< 0.04
0.04	< 0.06
0.06	< 0.08
	> 0.08

Gesamtphosphor (P_{tot})

Beurteilung	
	sehr gut
	gut
	mässig
	unbefriedigend
	schlecht

mg/L P	
	< 0.04
0.04	< 0.07
0.07	< 0.10
0.10	< 0.14
	≥ 0.14

Gelöster organischer Kohlenstoff (DOC)

Beurteilung	
	sehr gut
	gut
	mässig
	unbefriedigend
	schlecht

mg/L C	
	< 2.0
2.0	< 4.0
4.0	< 6.0
6.0	< 8.0
	≥ 8.0

Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB₅)

Beurteilung	
	sehr gut
	gut
	mässig
	unbefriedigend
	schlecht

mg/L O ₂	
	< 2.0
2.0	< 4.0
4.0	< 6.0
6.0	< 8.0
	≥ 8.0

Die GSchV setzt rechtlich verbindliche numerische Grenzwerte für:

- Ammonium
- Nitrat
- Gelöster organischer Kohlenstoff
- Biochemischer Sauerstoffbedarf

Das MSK setzt rechtlich nicht verbindliche numerische Empfehlungen für:

- Nitrit
- Orthophosphat
- Gesamtphosphor

Die numerischen Grenzwerte der GSchV bzw. Empfehlungen des MSK entsprechen dem Wert an der Klassengrenze von «gut» zu «mässig». Die Klassierungen und Zielvorgaben in diesem Bericht entsprechen sowohl den Anforderungen gemäss GSchV als auch den Empfehlungen des MSK.

Anhang 2 Messstellen

Tour	Gewässer	Messstelle	Messungen (Jahr)	
			1976-1999	2000-2018
Rhein	Rhein	Stein am Rhein, Brücke Mitte	■	■
		Hemishofen, Bibernmüli	■	■
		Schaffhausen, Salzstadel*	■	■
		Nohl, Brücke Mitte	■	■
Klettgauer Bäche	Rhein	Ellikon am Rhein, Fähre	■	■
		Flaach, Thurbrücke Mitte	■	■
		Teufen, Tössegg	■	■
		Wisengraben	■	■
		Seltenbach	■	■
		Müllibach	■	■
		Halbbach	■	■
		Halbbach	■	■
		Trasadingen, Lindenhof	■	■
		Landgraben	■	■
Schleitheimer Bäche	Schleitheimer Bäche	Klingengraben	■	■
		Seegraben	■	■
		Seegraben	■	■
		Schwarzbach	■	■
		Deponiebach	■	■
		Chrebsbach	■	■
		Zwärenbach	■	■
		Wutach	■	■
		Chalengraben	■	■
		Beggingerbach	■	■
Biber / Durach	Biber / Durach	Beggingerbach	■	■
		Brüel, nach ARA	■	■
		Schleitheimer Bach	■	■
		Schleitheimer Bach	■	■
		Hofen, Chieebuck	■	■
		Biber	■	■
		Thayngen, Zoll	■	■
		Riederbach	■	■
		Biber	■	■
		Biber	■	■
Durach	■	■		
Durach	■	■		
Durach	■	■		
Fulach	■	■		

* Messungen seit 1957

	Messung
	keine Messung

Gewässergütebewertung für 2017/18

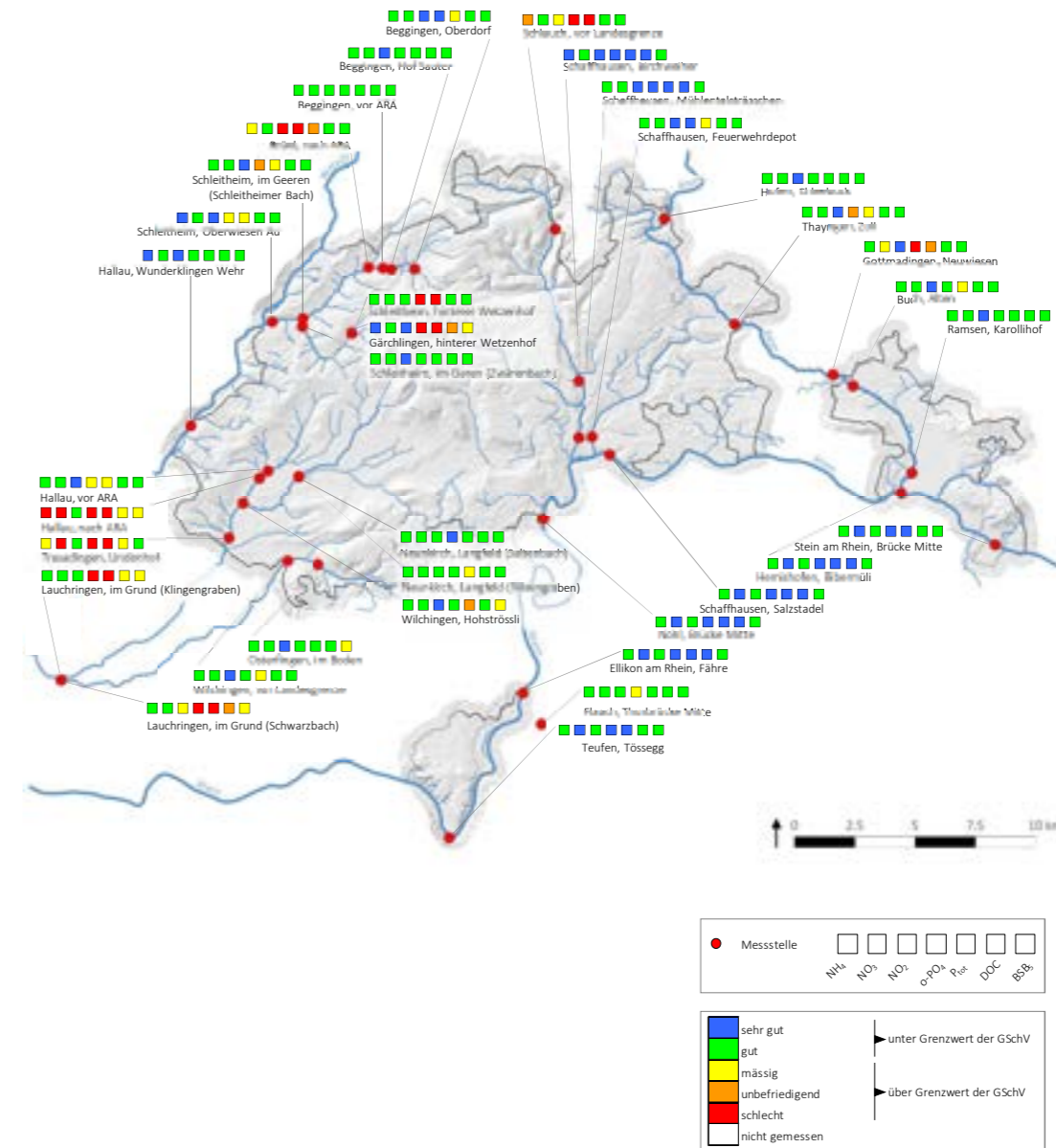
Chemisch-Physikalische Erhebungen, Nährstoffe

System	Gewässer	Messstelle		Ammonium [NH ₄ -N]	Nitrat [NO ₃ -N]	Nitrit [NO ₂ -N]	Orthophosphat [PO ₄ -P]	Gesamt-Phosphor [P _{tot}]	Gelöster organischer Kohlenstoff [DOC]	Biochemischer Sauerstoffbedarf [BSB ₅]
Rhein	Rhein	Stein am Rhein, Brücke Mitte	100	■	■	■	■	■	■	■
	Rhein	Hemishofen, Bibermüli	105	■	■	■	■	■	■	■
	Rhein	Schaffhausen, Salzstadel	116	■	■	■	■	■	■	■
	Rhein	Nohl, Brücke Mitte	119	■	■	■	■	■	■	■
	Rhein	Ellikon am Rhein, Fähre	120	■	■	■	■	■	■	■
	Thur	Flaach, Thurbrücke Mitte	122	■	■	■	■	■	■	■
Klettgau	Rhein	Teufen, Tössegg	126	■	■	■	■	■	■	■
	Wisengraben	Neunkirch, Langfeld	200	■	■	■	■	■	■	■
	Seltenbach	Neunkirch, Langfeld	201	■	■	■	■	■	■	■
	Mülibach	Wilchingen, Hohströssli	202	■	■	■	■	■	■	■
	Halbbach	Hallau, vor ARA	203	■	■	■	■	■	■	■
	Halbbach	Hallau, nach ARA	204	■	■	■	■	■	■	■
	Landgraben	Trasadingen, Lindenhof	205	■	■	■	■	■	■	■
	Klingengraben	Lauchringen, im Grund	206	■	■	■	■	■	■	■
	Seegraben	Osterfingen, im Boden	207	■	■	■	■	■	■	■
Schleitheim	Seegraben	Wilchingen, vor Landesgrenze	208	■	■	■	■	■	■	■
	Schwarzbach	Lauchringen, im Grund	209	■	■	■	■	■	■	■
	Deponiebach	Gächlingen, hinterer Wetztenhof	300	■	■	■	■	■	■	■
	Chrebsbach	Schleitheim, hinterer Wetztenhof	301	■	■	■	■	■	■	■
	Zwärenbach	Schleitheim, im Geren	302	■	■	■	■	■	■	■
	Wutach	Hallau, Wunderklingen Wehr	303	■	■	■	■	■	■	■
	Chalengraben	Beggingen, Oberdorf	304	■	■	■	■	■	■	■
	Beggingerbach	Beggingen, Hof Sauter	305	■	■	■	■	■	■	■
	Beggingerbach	Brüel, nach ARA	306	■	■	■	■	■	■	■
	Schleitheimer Bach	Schleitheim, im Geeren	307	■	■	■	■	■	■	■
Biber	Schleitheimer Bach	Schleitheim, Oberwiesen Au	308	■	■	■	■	■	■	■
	Beggingerbach	Beggingen, vor ARA	311	■	■	■	■	■	■	■
	Biber	Hofen, Chleebuck	400	■	■	■	■	■	■	■
	Biber	Thayngen, Zoll	401	■	■	■	■	■	■	■
	Riederbach	Gottmadingen, Neuwiesen	402	■	■	■	■	■	■	■
Durach	Biber	Buch, Alten	403	■	■	■	■	■	■	■
	Biber	Ramsen, Karollhof	404	■	■	■	■	■	■	■
	Durach	Schlauch, vor Landesgrenze	405	■	■	■	■	■	■	■
	Durach	Schaffhausen, Birchweiher	406	■	■	■	■	■	■	■
Durach	Durach	Schaffhausen, Mühlentalsträsschen	407	■	■	■	■	■	■	■
	Fulach	Schaffhausen, Feuerwehrdepot	408	■	■	■	■	■	■	■

Legende	
■ sehr gut	Unter Zielwert
■ gut	
■ mässig	
■ unbefriedigend	Über Zielwert
■ schlecht	
■ nicht gemessen	

Gewässergütebewertung für 2017/18

Chemisch-Physikalische Erhebungen, Nährstoffe



Gewässergütebewertung für 2015/16

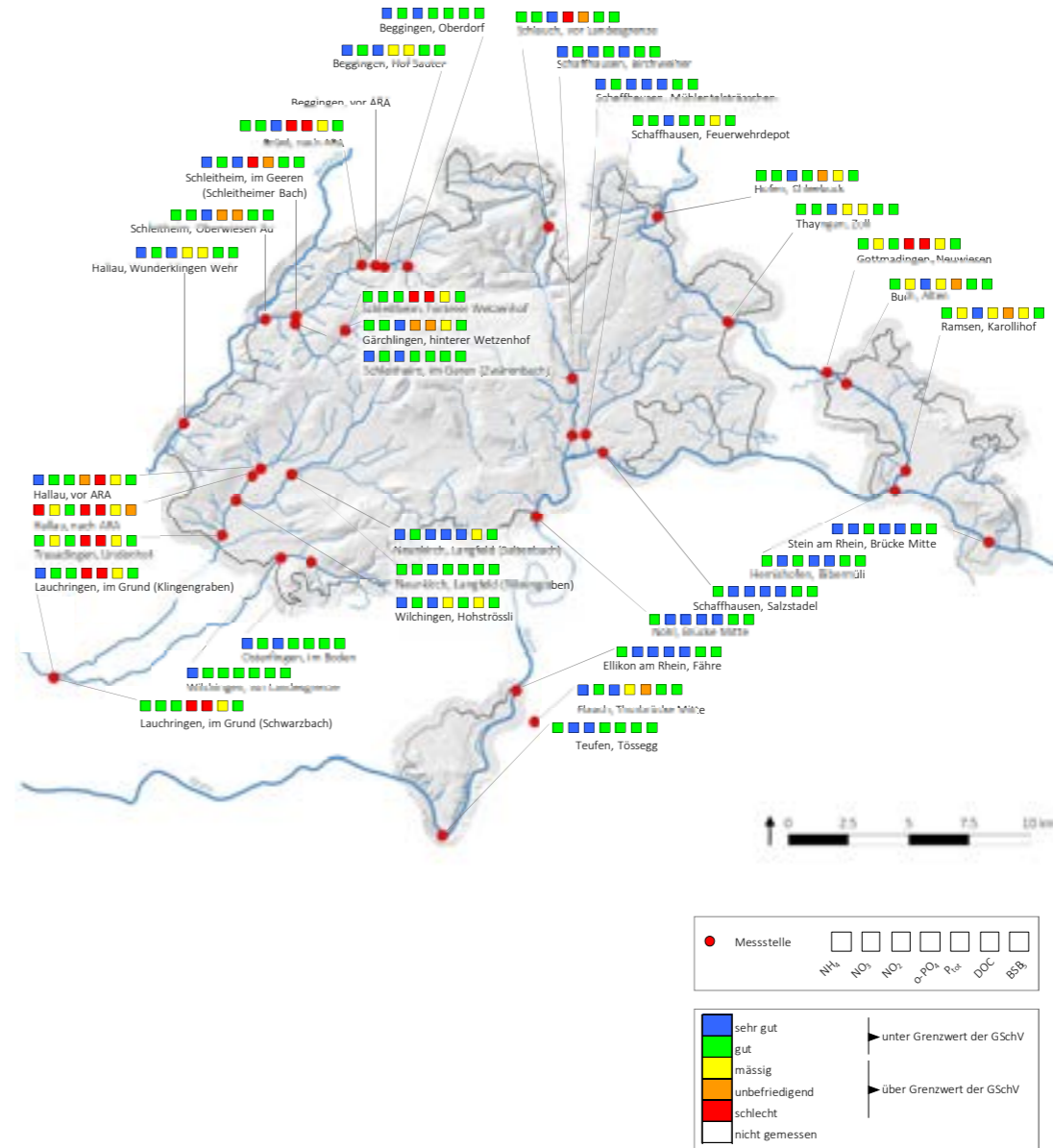
Chemisch-Physikalische Erhebungen, Nährstoffe

System	Gewässer	Messstelle		Ammonium [NH ₄ -N]	Nitrat [NO ₃ -N]	Nitrit [NO ₂ -N]	Orthophosphat [PO ₄ -P]	Gesamt-Phosphor [P _{tot}]	Gelöster organischer Kohlenstoff [DOC]	Biochemischer Sauerstoffbedarf [BSB ₅]
Rhein	Rhein	Stein am Rhein, Brücke Mitte	100							
	Rhein	Hemishofen, Bibernüli	105							
	Rhein	Schaffhausen, Salzstadel	116							
	Rhein	Nohl, Brücke Mitte	119							
	Rhein	Ellikon am Rhein, Fähre	120							
	Thur	Flaach, Thurbrücke Mitte	122							
Rhein	Teufen, Tössegg	126								
Klettgau	Wisengraben	Neunkirch, Langfeld	200							
	Seltenbach	Neunkirch, Langfeld	201							
	Müllbach	Wilchingen, Hohströssli	202							
	Halbbach	Hallau, vor ARA	203							
	Halbbach	Hallau, nach ARA	204							
	Landgraben	Trasadigen, Lindenhof	205							
	Klingengraben	Lauchringen, im Grund	206							
	Seegraben	Osterfingen, im Boden	207							
	Seegraben	Wilchingen, vor Landesgrenze	208							
Schwarzbach	Lauchringen, im Grund	209								
Schleitheim	Deponiebach	Gächlingen, hinterer Wetzehof	300							
	Chrebsbach	Schleitheim, hinterer Wetzehof	301							
	Zwärenbach	Schleitheim, im Geren	302							
	Wutach	Hallau, Wunderklingen Wehr	303							
	Chälengraben	Beggingen, Oberdorf	304							
	Beggingerbach	Beggingen, Hof Sauter	305							
	Beggingerbach	Brüel, nach ARA	306							
	Schleitheimer Bach	Schleitheim, im Geeren	307							
	Schleitheimer Bach	Schleitheim, Oberwiesen Au	308							
	Beggingerbach	Beggingen, vor ARA	311							
Biber	Biber	Hofen, Chleebuck	400							
	Biber	Thayngen, Zoll	401							
	Riederbach	Gottmadingen, Neuwiesen	402							
	Biber	Buch, Alten	403							
	Biber	Ramsen, Karollihof	404							
Durach	Durach	Schlauch, vor Landesgrenze	405							
	Durach	Schaffhausen, Birchweiher	406							
	Durach	Schaffhausen, Mühlentalsträsschen	407							
	Fulach	Schaffhausen, Feuerwehrdepot	408							

Legende	
■	sehr gut
■	gut
■	mässig
■	unbefriedigend
■	schlecht
■	nicht gemessen

Gewässergütebewertung für 2015/16

Chemisch-Physikalische Erhebungen, Nährstoffe



Gewässergütebewertung für 2013/14

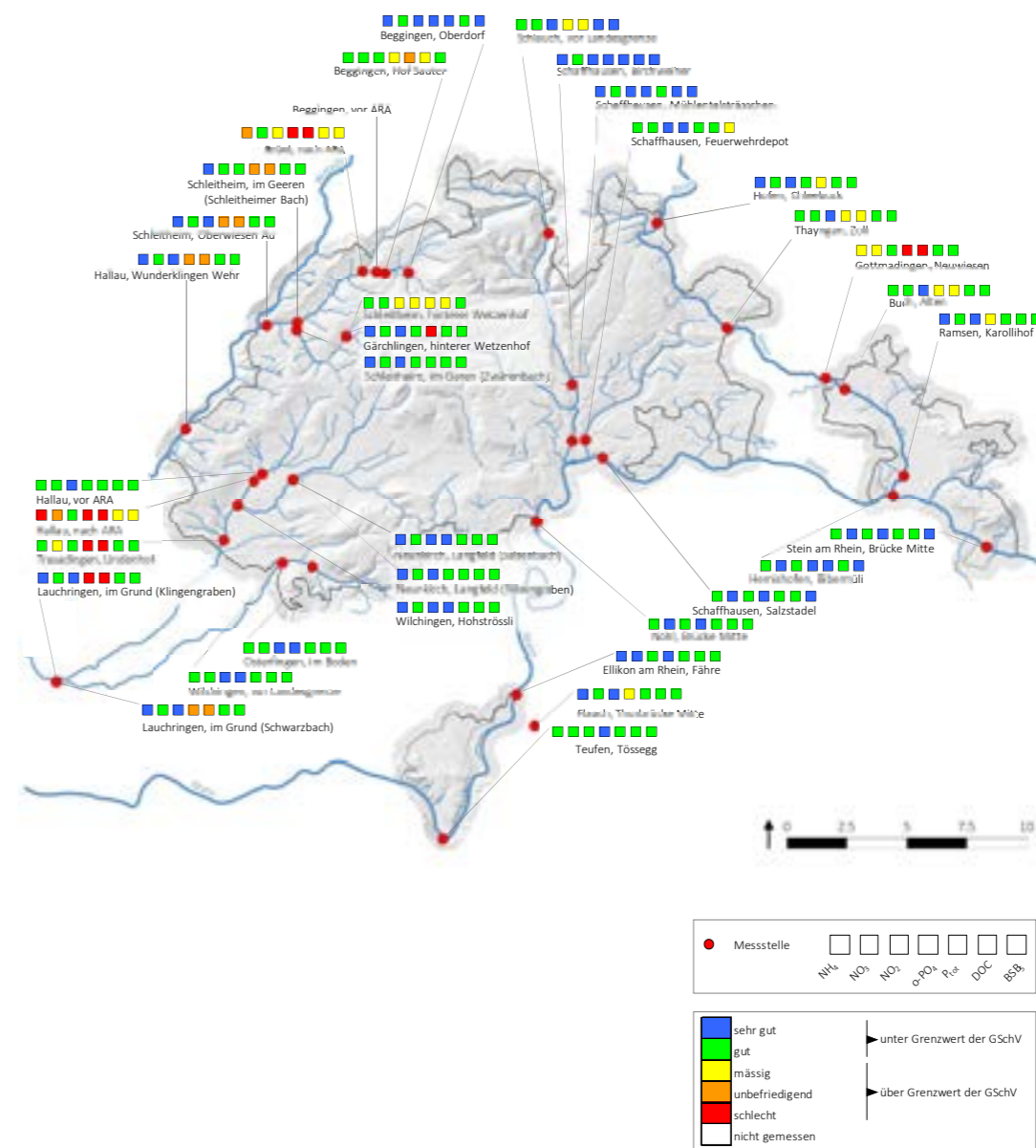
Chemisch-Physikalische Erhebungen, Nährstoffe

System	Gewässer	Messstelle		Ammonium [NH ₄ -N]	Nitrat [NO ₃ -N]	Nitrit [NO ₂ -N]	Orthophosphat [PO ₄ -P]	Gesamt-Phosphor [P _{tot}]	Gelöster organischer Kohlenstoff [DOC]	Biochemischer Sauerstoffbedarf [BSB ₅]
Rhein	Rhein	Stein am Rhein, Brücke Mitte	100							
	Rhein	Hemishofen, Bibermüll	105							
	Rhein	Schaffhausen, Salzstadel	116							
	Rhein	Nohl, Brücke Mitte	119							
	Rhein	Ellikon am Rhein, Fähre	120							
	Thur	Flaach, Thurbrücke Mitte	122							
Rhein	Teufen, Tössegg	126								
Klettgau	Wisengraben	Neunkirch, Langfeld	200							
	Seltenbach	Neunkirch, Langfeld	201							
	Mülibach	Wilchingen, Hohströssli	202							
	Halbbach	Hallau, vor ARA	203							
	Halbbach	Hallau, nach ARA	204							
	Landgraben	Trasadingen, Lindenhof	205							
	Klingengraben	Lauchringen, im Grund	206							
	Seegraben	Osterfingen, im Boden	207							
	Seegraben	Wilchingen, vor Landesgrenze	208							
Schwarzbach	Lauchringen, im Grund	209								
Schleithelm	Deponiebach	Gächlingen, hinterer Wetzehof	300							
	Chrebsbach	Schleithelm, hinterer Wetzehof	301							
	Zwärenbach	Schleithelm, im Geren	302							
	Wutach	Hallau, Wunderklingen Wehr	303							
	Chälengraben	Beggingen, Oberdorf	304							
	Beggingerbach	Beggingen, Hof Sauter	305							
	Beggingerbach	Brüel, nach ARA	306							
	Schleithemer Bach	Schleithelm, im Geeren	307							
	Schleithemer Bach	Schleithelm, Oberwiesen Au	308							
	Beggingerbach	Beggingen, vor ARA	311							
Biber	Biber	Hofen, Chleebuck	400							
	Biber	Thayngen, Zoll	401							
	Riederbach	Gottmadingen, Neuwiesen	402							
	Biber	Buch, Alten	403							
Durach	Durach	Ramsen, Karollhof	404							
	Durach	Schlauch, vor Landesgrenze	405							
	Durach	Schaffhausen, Birchweiher	406							
	Durach	Schaffhausen, Mühltalsträsschen	407							
Durach	Fulach	Schaffhausen, Feuerwehrdepot	408							

Legende	
sehr gut	Unter Zielwert
gut	
mässig	Über Zielwert
unbefriedigend	
schlecht	
nicht gemessen	

Gewässergütebewertung für 2013/14

Chemisch-Physikalische Erhebungen, Nährstoffe



Gewässergütebewertung für 2011/12

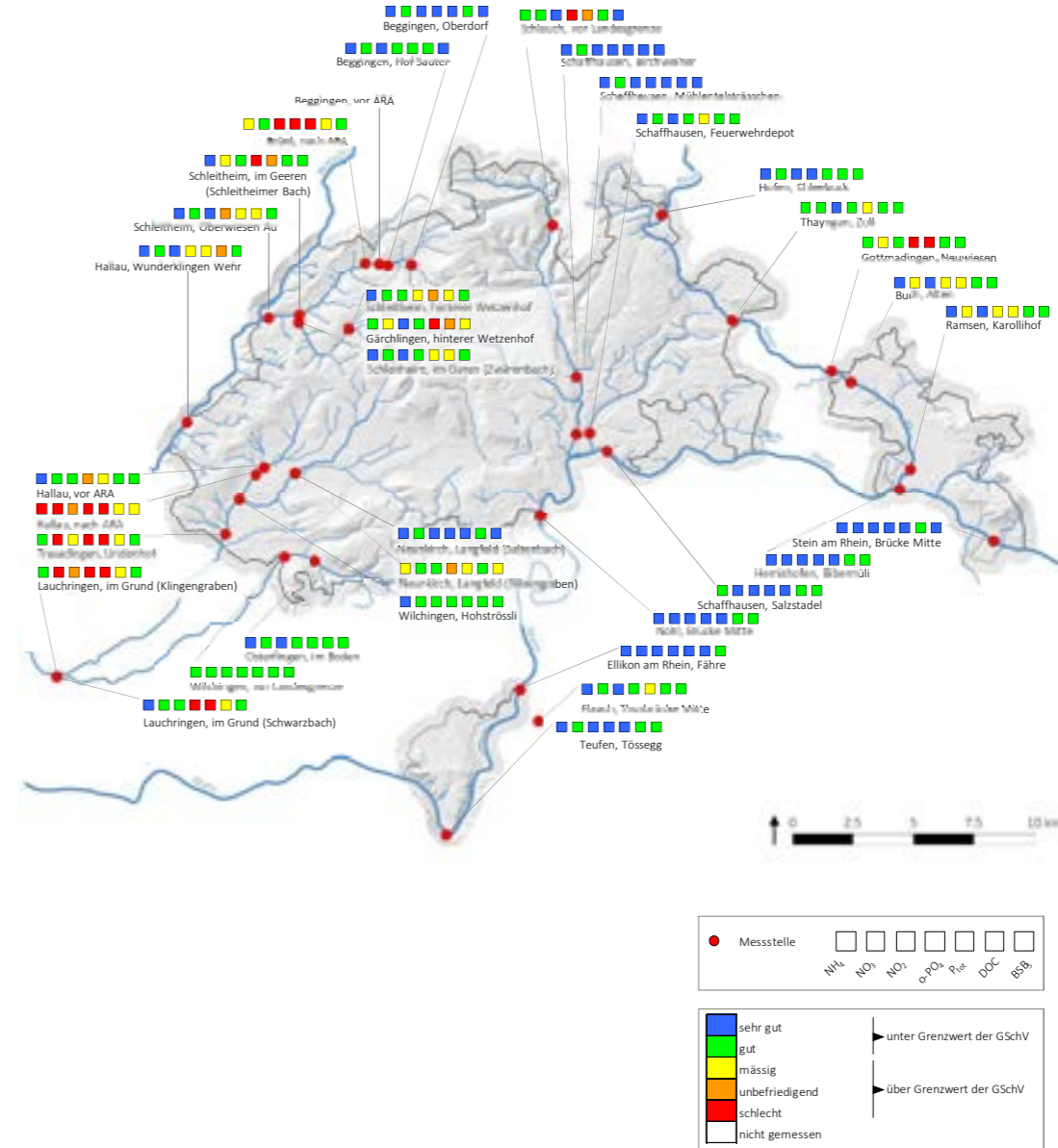
Chemisch-Physikalische Erhebungen, Nährstoffe

System	Gewässer	Messstelle		Ammonium [NH ₄ -N]	Nitrat [NO ₃ -N]	Nitrit [NO ₂ -N]	Orthophosphat [PO ₄ -P]	Gesamt-Phosphor [P _{tot}]	Gelöster organischer Kohlenstoff [DOC]	Biochemischer Sauerstoffbedarf [BSB ₅]
Rhein	Rhein	Stein am Rhein, Brücke Mitte	100							
	Rhein	Hemishofen, Bibermüll	105							
	Rhein	Schaffhausen, Salzstadel	116							
	Rhein	Nohl, Brücke Mitte	119							
	Rhein	Ellikon am Rhein, Fähre	120							
	Rhein	Flaach, Thurbrücke Mitte	122							
Kleitgau	Rhein	Teufen, Tössegg	126							
	Wisengraben	Neunkirch, Langfeld	200							
	Seltenbach	Neunkirch, Langfeld	201							
	Mülibach	Wilchingen, Hohströssli	202							
	Halbbach	Hallau, vor ARA	203							
	Halbbach	Hallau, nach ARA	204							
	Landgraben	Trasadingen, Lindenhof	205							
	Klingengraben	Lauchringen, im Grund	206							
	Seegraben	Osterfingen, im Boden	207							
Schleitheim	Seegraben	Wilchingen, vor Landesgrenze	208							
	Schwarzbach	Lauchringen, im Grund	209							
	Deponiebach	Gächlingen, hinterer Wetzzenhof	300							
	Chrebsbach	Schleitheim, hinterer Wetzzenhof	301							
	Zwärenbach	Schleitheim, im Geren	302							
	Wutach	Hallau, Wunderklingen Wehr	303							
	Chalengraben	Beggingen, Oberdorf	304							
	Beggingerbach	Beggingen, Hof Sauter	305							
	Beggingerbach	Brüel, nach ARA	306							
	Schleitheimer Bach	Schleitheim, im Geeren	307							
Biber	Schleitheimer Bach	Schleitheim, Oberwiesen Au	308							
	Beggingerbach	Beggingen, vor ARA	311							
	Biber	Hofen, Chleebuck	400							
	Biber	Thayngen, Zoll	401							
	Riederbach	Gottmadingen, Neuwiesen	402							
Durach	Biber	Buch, Alten	403							
	Biber	Ramsen, Karollhof	404							
	Durach	Schlauch, vor Landesgrenze	405							
	Durach	Schaffhausen, Birchweiher	406							
Durach	Durach	Schaffhausen, Mühltalsträsschen	407							
	Fulach	Schaffhausen, Feuerwehrdepot	408							

Legende	
sehr gut	Unter Zielwert
gut	
mässig	
unbefriedigend	Über Zielwert
schlecht	
nicht gemessen	

Gewässergütebewertung für 2011/12

Chemisch-Physikalische Erhebungen, Nährstoffe



Gewässergütebewertung für 2009/10

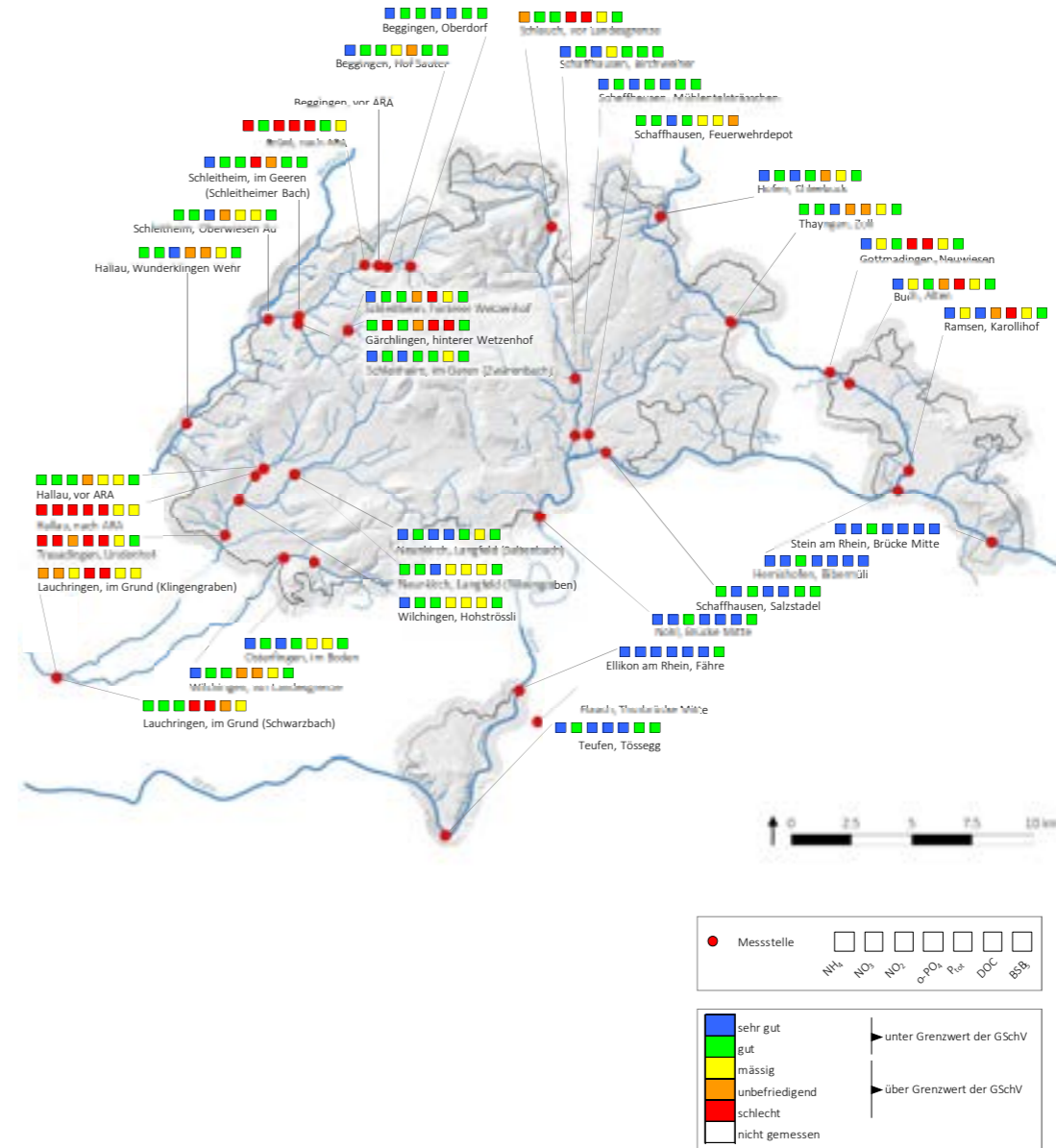
Chemisch-Physikalische Erhebungen, Nährstoffe

System	Gewässer	Messstelle		Ammonium [NH ₄ -N]	Nitrat [NO ₃ -N]	Nitrit [NO ₂ -N]	Orthophosphat [PO ₄ -P]	Gesamt-Phosphor [P _{tot}]	Gelöster organischer Kohlenstoff [DOC]	Biochemischer Sauerstoffbedarf [BSB ₅]
Rhein	Rhein	Stein am Rhein, Brücke Mitte	100							
	Rhein	Hemishofen, Bibermüli	105							
	Rhein	Schaffhausen, Salzstadel	116							
	Rhein	Nohl, Brücke Mitte	119							
	Rhein	Ellikon am Rhein, Fähre	120							
	Rhein	Flaach, Thurbrücke Mitte	122							
Rhein	Teufen, Tössegg	126								
Klettgau	Wisengraben	Neunkirch, Langfeld	200							
	Seltenbach	Neunkirch, Langfeld	201							
	Müllbach	Wilchingen, Hohströssli	202							
	Halbbach	Hallau, vor ARA	203							
	Halbbach	Hallau, nach ARA	204							
	Landgraben	Trasadigen, Lindenhof	205							
	Klingengraben	Lauchringen, im Grund	206							
	Seegraben	Osterfingen, im Boden	207							
	Seegraben	Wilchingen, vor Landesgrenze	208							
Schwarzbach	Lauchringen, im Grund	209								
Schleitheim	Deponiebach	Gächlingen, hinterer Wetzehof	300							
	Chrebsbach	Schleitheim, hinterer Wetzehof	301							
	Zwärenbach	Schleitheim, im Geren	302							
	Wutach	Hallau, Wunderklingen Wehr	303							
	Chälengraben	Beggingen, Oberdorf	304							
	Beggingerbach	Beggingen, Hof Sauter	305							
	Beggingerbach	Brüel, nach ARA	306							
	Schleitheimer Bach	Schleitheim, im Geeren	307							
	Schleitheimer Bach	Schleitheim, Oberwiesen Au	308							
	Beggingerbach	Beggingen, vor ARA	311							
Biber	Biber	Hofen, Chleebuck	400							
	Biber	Thayngen, Zoll	401							
	Riederbach	Gottmadingen, Neuwiesen	402							
	Biber	Buch, Alten	403							
	Biber	Ramsen, Karollihof	404							
Durach	Durach	Schlauch, vor Landesgrenze	405							
	Durach	Schaffhausen, Birchweiher	406							
	Durach	Schaffhausen, Mühltalsträsschen	407							
	Fulach	Schaffhausen, Feuerwehrdepot	408							

Legende	
■	sehr gut
■	gut
■	mässig
■	unbefriedigend
■	schlecht
■	nicht gemessen

Gewässergütebewertung für 2009/10

Chemisch-Physikalische Erhebungen, Nährstoffe



Gewässergütebewertung für 2007/08

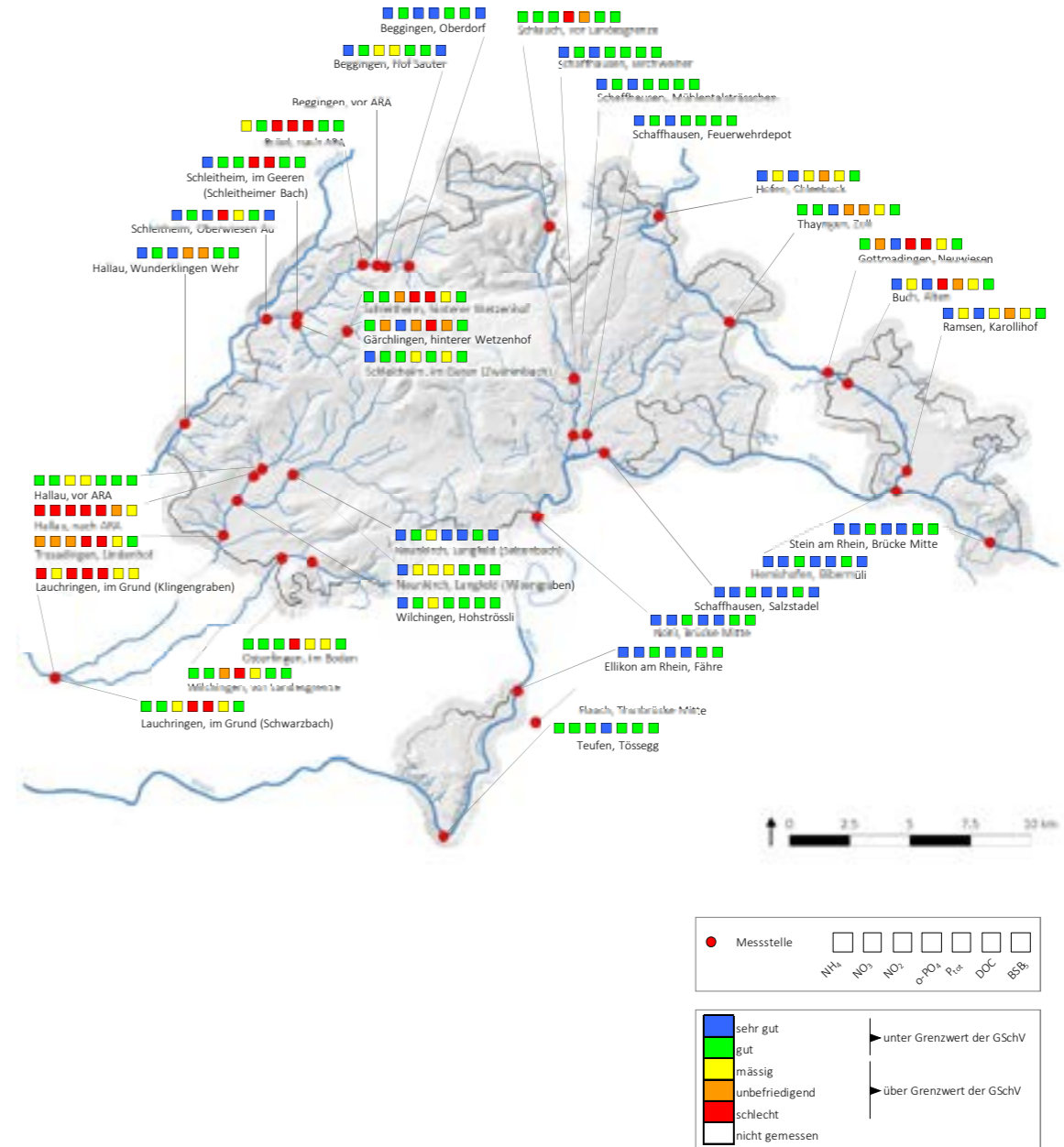
Chemisch-Physikalische Erhebungen, Nährstoffe

System	Gewässer	Messstelle		Ammonium [NH ₄ -N]	Nitrat [NO ₃ -N]	Nitrit [NO ₂ -N]	Orthophosphat [PO ₄ -P]	Gesamt-Phosphor [P _{tot}]	Gelöster organischer Kohlenstoff [DOC]	Biochemischer Sauerstoffbedarf [BSB ₅]
Rhein	Rhein	Stein am Rhein, Brücke Mitte	100							
	Rhein	Hemishofen, Bibermüli	105							
	Rhein	Schaffhausen, Salzstadel	116							
	Rhein	Nohl, Brücke Mitte	119							
	Rhein	Ellikon am Rhein, Fähre	120							
	Rhein	Flaach, Thurbrücke Mitte	122							
Rhein	Teufen, Tössegg	126								
Klettgau	Wisengraben	Neunkirch, Langfeld	200							
	Seltenbach	Neunkirch, Langfeld	201							
	Müllbach	Wilchingen, Hohströssli	202							
	Halbbach	Hallau, vor ARA	203							
	Halbbach	Hallau, nach ARA	204							
	Landgraben	Trasadigen, Lindenhof	205							
	Klingengraben	Lauchringen, im Grund	206							
	Seegraben	Osterfingen, im Boden	207							
Seegraben	Wilchingen, vor Landesgrenze	208								
Schwarzbach	Lauchringen, im Grund	209								
Schleitheim	Deponiebach	Gächlingen, hinterer Wetzehof	300							
	Chrebsbach	Schleitheim, hinterer Wetzehof	301							
	Zwärenbach	Schleitheim, im Geren	302							
	Wutach	Hallau, Wunderklingen Wehr	303							
	Chälengraben	Beggingen, Oberdorf	304							
	Beggingerbach	Beggingen, Hof Sauter	305							
	Beggingerbach	Brüel, nach ARA	306							
	Schleitheimer Bach	Schleitheim, im Geeren	307							
	Schleitheimer Bach	Schleitheim, Oberwiesen Au	308							
	Beggingerbach	Beggingen, vor ARA	311							
Biber	Biber	Hofen, Chleebuck	400							
	Biber	Thayngen, Zoll	401							
	Riederbach	Gottmadingen, Neuwiesen	402							
	Biber	Buch, Alten	403							
	Biber	Ramsen, Karollihof	404							
Durach	Durach	Schlauch, vor Landesgrenze	405							
	Durach	Schaffhausen, Birchweiher	406							
	Durach	Schaffhausen, Mühentalsträsschen	407							
	Fulach	Schaffhausen, Feuerwehrdepot	408							

Legende	
■ sehr gut	Unter Zielwert
■ gut	
■ mässig	Über Zielwert
■ unbefriedigend	
■ schlecht	
■ nicht gemessen	

Gewässergütebewertung für 2007/08

Chemisch-Physikalische Erhebungen, Nährstoffe



Gewässergütebewertung für 2005/06

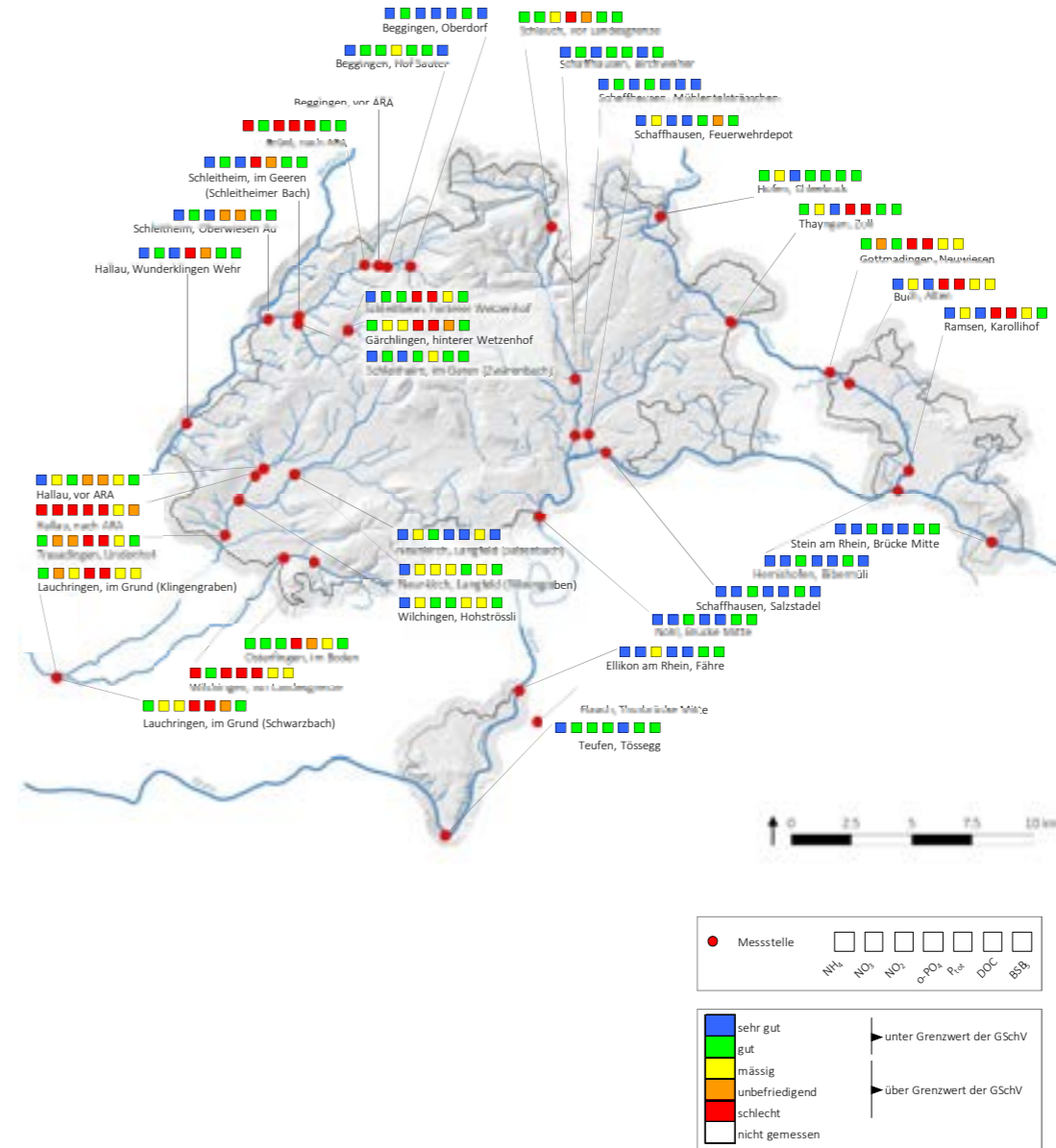
Chemisch-Physikalische Erhebungen, Nährstoffe

System	Gewässer	Messstelle		Ammonium [NH ₄ -N]	Nitrat [NO ₃ -N]	Nitrit [NO ₂ -N]	Orthophosphat [PO ₄ -P]	Gesamt-Phosphor [P _{tot}]	Gelöster organischer Kohlenstoff [DOC]	Biochemischer Sauerstoffbedarf [BSB ₅]
Rhein	Rhein	Stein am Rhein, Brücke Mitte	100							
	Rhein	Hemishofen, Bibernmüli	105							
	Rhein	Schaffhausen, Salzstadel	116							
	Rhein	Nohl, Brücke Mitte	119							
	Rhein	Ellikon am Rhein, Fähre	120							
	Rhein	Teufen, Tössegg	126							
Klettgau	Wisengraben	Neunkirch, Langfeld	200							
	Seltenbach	Neunkirch, Langfeld	201							
	Müllbach	Wilchingen, Hohströssli	202							
	Halbbach	Hallau, vor ARA	203							
	Halbbach	Hallau, nach ARA	204							
	Landgraben	Trasadingen, Lindenhof	205							
	Klingengraben	Lauchringen, im Grund	206							
	Seegraben	Osterfingen, im Boden	207							
	Seegraben	Wilchingen, vor Landesgrenze	208							
Schwarzbach	Lauchringen, im Grund	209								
Schleitheim	Deponiebach	Gächlingen, hinterer Wetzehof	300							
	Chrebsbach	Schleitheim, hinterer Wetzehof	301							
	Zwärenbach	Schleitheim, im Geren	302							
	Wutach	Hallau, Wunderklingen Wehr	303							
	Chälengraben	Beggingen, Oberdorf	304							
	Beggingerbach	Beggingen, Hof Sauter	305							
	Beggingerbach	Brüel, nach ARA	306							
	Schleitheimer Bach	Schleitheim, im Geeren	307							
	Schleitheimer Bach	Schleitheim, Oberwiesen Au	308							
	Beggingerbach	Beggingen, vor ARA	311							
Biber	Biber	Hofen, Chleebuck	400							
	Biber	Thayngen, Zoll	401							
	Riederbach	Gottmadingen, Neuwiesen	402							
	Biber	Buch, Alten	403							
	Biber	Ramsen, Karollihof	404							
Durach	Durach	Schlauch, vor Landesgrenze	405							
	Durach	Schaffhausen, Birchweiher	406							
	Durach	Schaffhausen, Mühlentalsträsschen	407							
	Fulach	Schaffhausen, Feuerwehrdepot	408							

Legende	
■	sehr gut
■	gut
■	mässig
■	unbefriedigend
■	schlecht
■	nicht gemessen

Gewässergütebewertung für 2005/06

Chemisch-Physikalische Erhebungen, Nährstoffe



Gewässergütebewertung für 2003/04

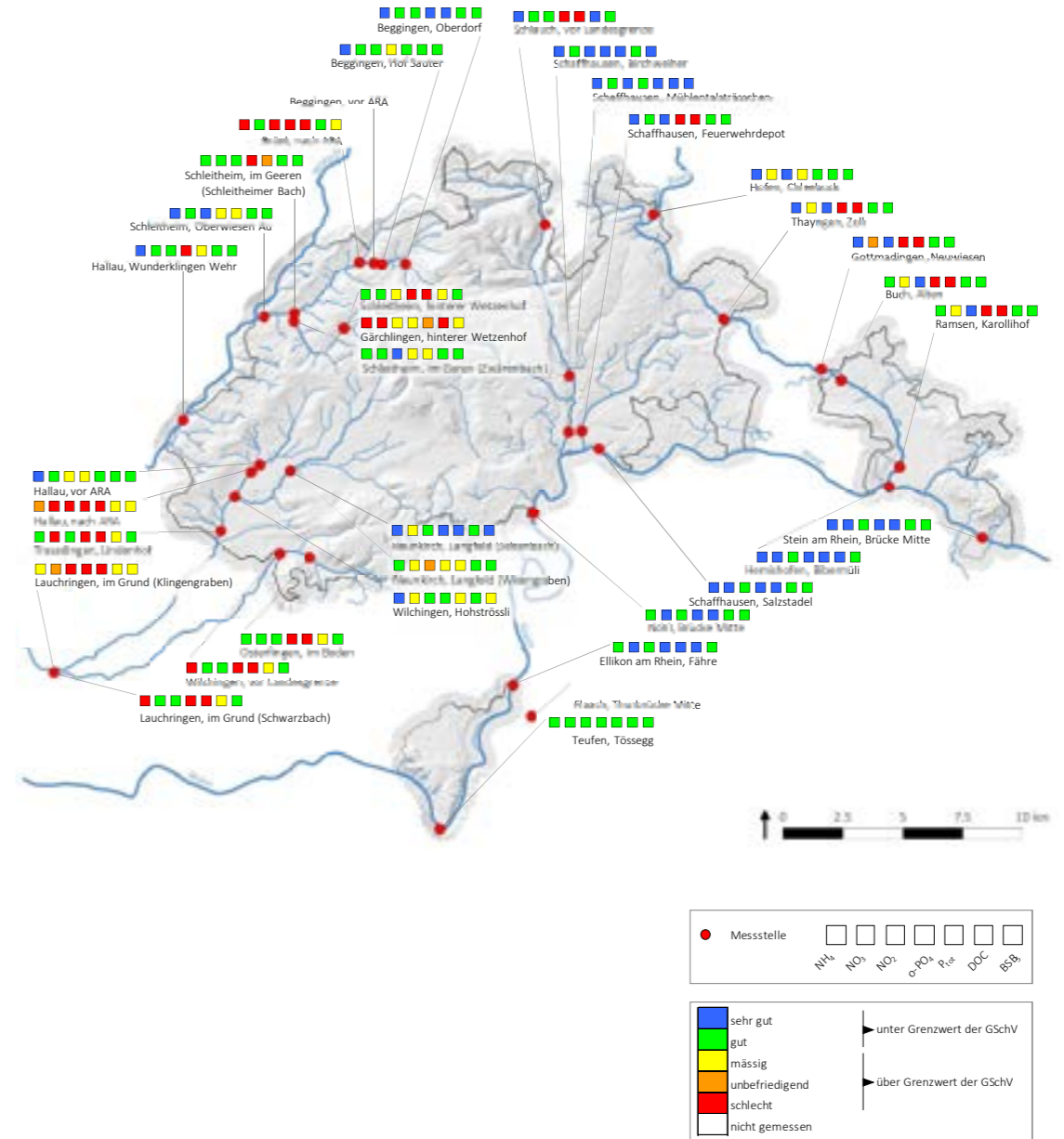
Chemisch-Physikalische Erhebungen, Nährstoffe

System	Gewässer	Messstelle		Ammonium [NH ₄ -N]	Nitrat [NO ₃ -N]	Nitrit [NO ₂ -N]	Orthophosphat [PO ₄ -P]	Gesamt-Phosphor [P _{tot}]	Gelöster organischer Kohlenstoff [DOC]	Biochemischer Sauerstoffbedarf [BSB ₅]
Rhein	Rhein	Stein am Rhein, Brücke Mitte	100							
	Rhein	Hemishofen, Bibermüli	105							
	Rhein	Schaffhausen, Salzstadel	116							
	Rhein	Nohl, Brücke Mitte	119							
	Rhein	Ellikon am Rhein, Fähre	120							
	Rhein	Flaach, Thurbrücke Mitte	122							
Rhein	Teufen, Tössegg	126								
Klettgau	Wisengraben	Neunkirch, Langfeld	200							
	Seltenbach	Neunkirch, Langfeld	201							
	Müllbach	Wilchingen, Hohströssli	202							
	Halbbach	Hallau, vor ARA	203							
	Halbbach	Hallau, nach ARA	204							
	Landgraben	Trasadigen, Lindenhof	205							
	Klingengraben	Lauchringen, im Grund	206							
	Seegraben	Osterfingen, im Boden	207							
Seegraben	Wilchingen, vor Landesgrenze	208								
Schwarzbach	Lauchringen, im Grund	209								
Schleitheim	Deponiebach	Gächlingen, hinterer Wetzehof	300							
	Chrebsbach	Schleitheim, hinterer Wetzehof	301							
	Zwärenbach	Schleitheim, im Geren	302							
	Wutach	Hallau, Wunderklingen Wehr	303							
	Chälengraben	Beggingen, Oberdorf	304							
	Beggingerbach	Beggingen, Hof Sauter	305							
	Beggingerbach	Brüel, nach ARA	306							
	Schleitheimer Bach	Schleitheim, im Geeren	307							
	Schleitheimer Bach	Schleitheim, Oberwiesen Au	308							
	Beggingerbach	Beggingen, vor ARA	311							
Biber	Biber	Hofen, Chleebuck	400							
	Biber	Thayngen, Zoll	401							
	Riederbach	Gottmadingen, Neuwiesen	402							
	Biber	Buch, Alten	403							
	Biber	Ramsen, Karollihof	404							
Durach	Durach	Schlauch, vor Landesgrenze	405							
	Durach	Schaffhausen, Birchweiher	406							
	Durach	Schaffhausen, Mühltalsträsschen	407							
	Fulach	Schaffhausen, Feuerwehrdepot	408							

Legende	
■	sehr gut
■	gut
■	mässig
■	unbefriedigend
■	schlecht
■	nicht gemessen

Gewässergütebewertung für 2003/04

Chemisch-Physikalische Erhebungen, Nährstoffe



Gewässergütebewertung für 2001/02

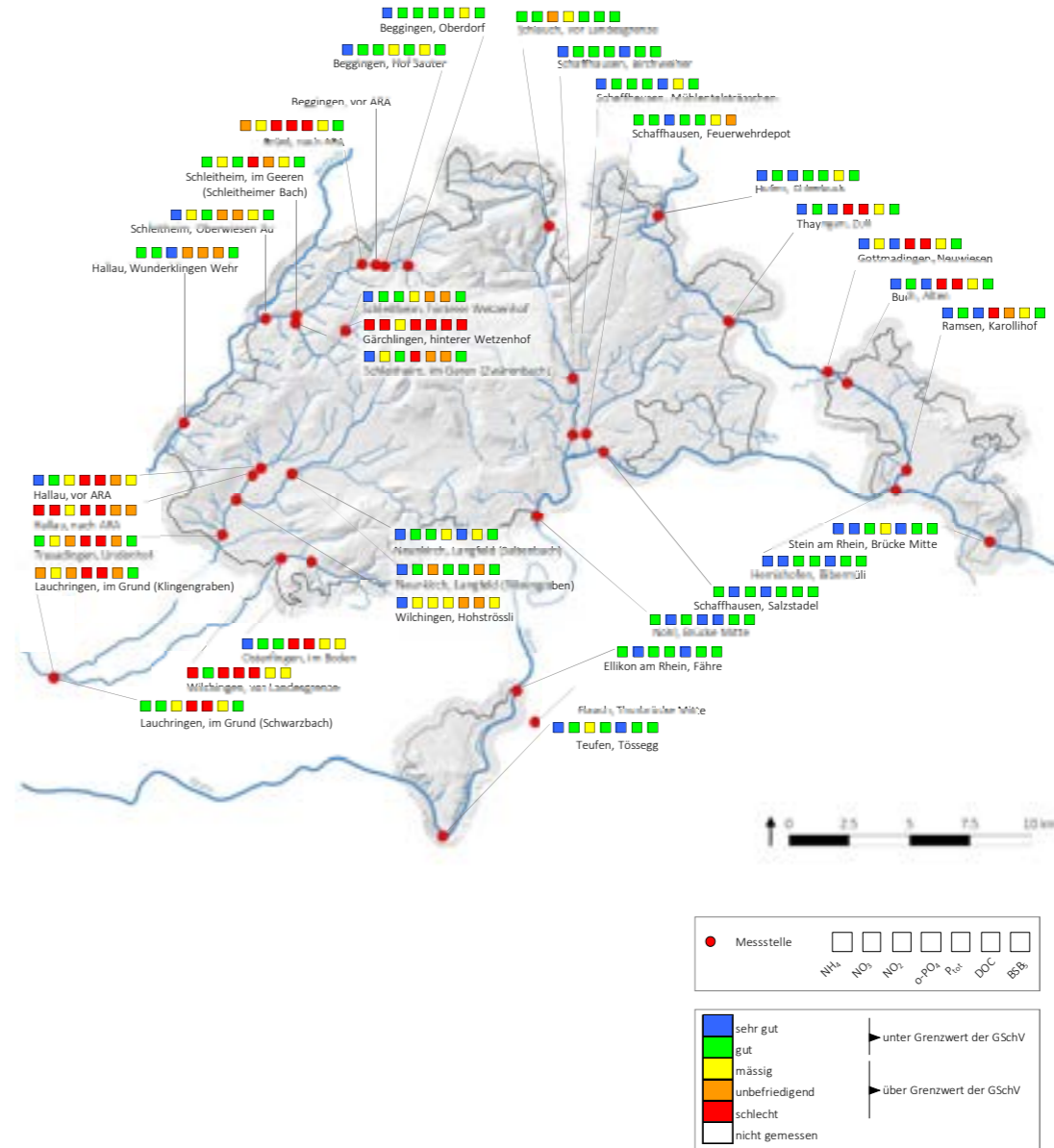
Chemisch-Physikalische Erhebungen, Nährstoffe

System	Gewässer	Messstelle		Ammonium [NH ₄ -N]	Nitrat [NO ₃ -N]	Nitrit [NO ₂ -N]	Orthophosphat [PO ₄ -P]	Gesamt-Phosphor [P _{tot}]	Gelöster organischer Kohlenstoff [DOC]	Biochemischer Sauerstoffbedarf [BSB ₅]	
Rhein	Rhein	Stein am Rhein, Brücke Mitte	100								
	Rhein	Hemishofen, Bibermüli	105								
	Rhein	Schaffhausen, Salzstadel	116								
	Rhein	Nohl, Brücke Mitte	119								
	Rhein	Ellikon am Rhein, Fähre	120								
	Rhein	Teufen, Tössegg	126								
Klettgau	Wisengraben	Neunkirch, Langfeld	200								
	Seltenbach	Neunkirch, Langfeld	201								
	Müllbach	Wilchingen, Hohströssli	202								
	Halbbach	Hallau, vor ARA	203								
	Halbbach	Hallau, nach ARA	204								
	Landgraben	Trasadingen, Lindenhof	205								
	Klingengraben	Lauchringen, im Grund	206								
	Seegraben	Osterfingen, im Boden	207								
Schleitheim	Deponiebach	Gächlingen, hinterer Wetzehof	300								
	Chrebsbach	Schleitheim, hinterer Wetzehof	301								
	Zwärenbach	Schleitheim, im Geren	302								
	Wutach	Hallau, Wunderklingen Wehr	303								
	Chälengraben	Beggingen, Oberdorf	304								
	Beggingerbach	Beggingen, Hof Sauter	305								
	Beggingerbach	Brüel, nach ARA	306								
	Schleitheimer Bach	Schleitheim, im Geeren	307								
	Schleitheimer Bach	Schleitheim, Oberwiesen Au	308								
	Beggingerbach	Beggingen, vor ARA	311								
	Biber	Biber	Hofen, Chleebuck	400							
		Biber	Thayngen, Zoll	401							
Riederbach		Gottmadingen, Neuwiesen	402								
Biber		Buch, Alten	403								
Biber		Ramsen, Karollihof	404								
Durach	Durach	Schlauch, vor Landesgrenze	405								
	Durach	Schaffhausen, Birchweiher	406								
	Durach	Schaffhausen, Mühlentalsträsschen	407								
	Fulach	Schaffhausen, Feuerwehrdepot	408								

Legende	
■ sehr gut	Unter Grenzwert der GSchV
■ gut	
■ mässig	
■ unbefriedigend	Über Grenzwert der GSchV
■ schlecht	
■ nicht gemessen	

Gewässergütebewertung für 2001/02

Chemisch-Physikalische Erhebungen, Nährstoffe



Gewässergütebewertung für 1999/00

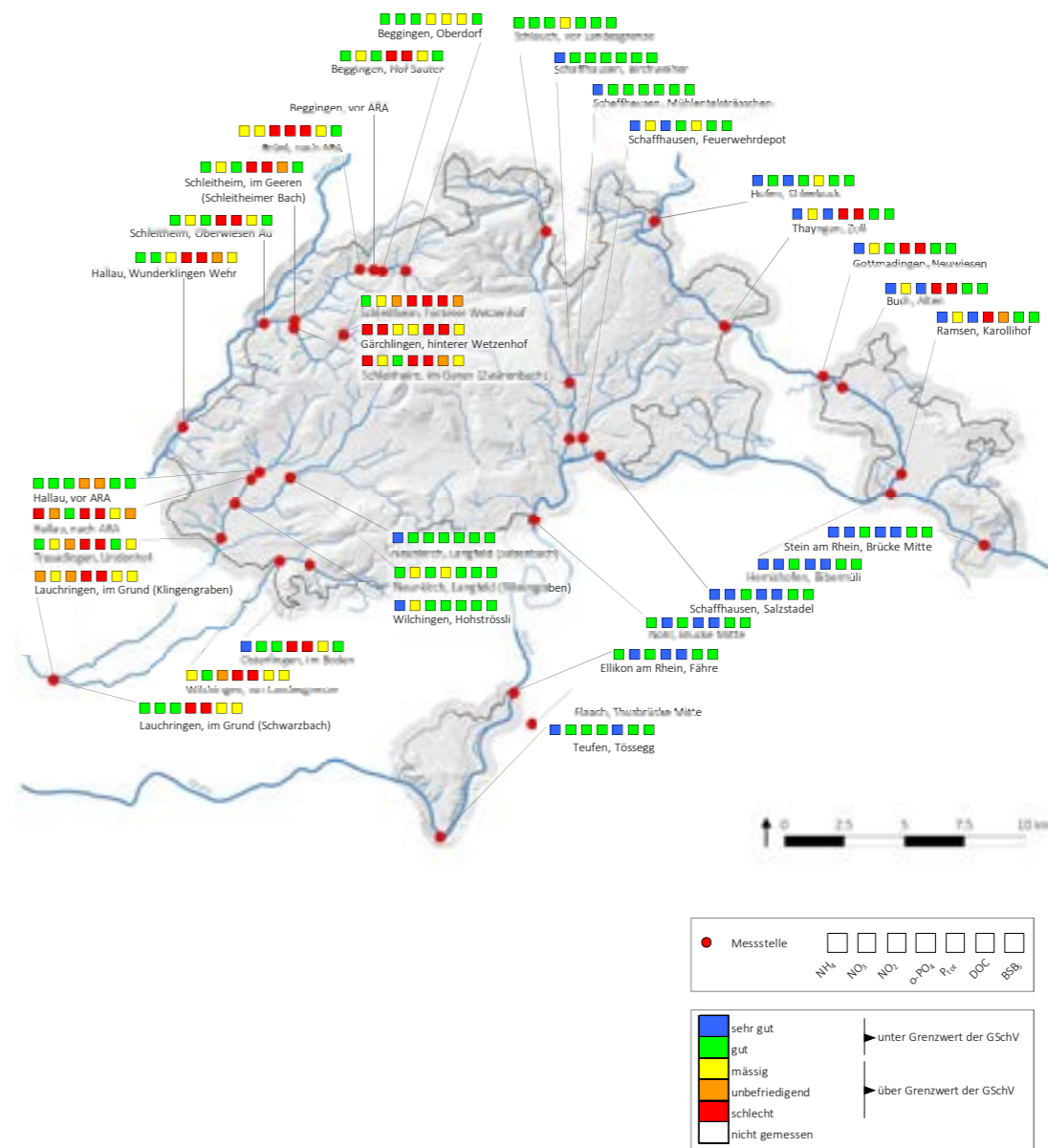
Chemisch-Physikalische Erhebungen, Nährstoffe

System	Gewässer	Messstelle		Ammonium [NH ₄ -N]	Nitrat [NO ₃ -N]	Nitrit [NO ₂ -N]	Orthophosphat [PO ₄ -P]	Gesamt-Phosphor [P _{tot}]	Gelöster organischer Kohlenstoff [DOC]	Biochemischer Sauerstoffbedarf [BSB ₅]
Rhein	Rhein	Stein am Rhein, Brücke Mitte	100							
	Rhein	Hemishofen, Bibernüli	105							
	Rhein	Schaffhausen, Salzstadel	116							
	Rhein	Nohl, Brücke Mitte	119							
	Rhein	Ellikon am Rhein, Fähre	120							
	Rhein	Teufen, Tössegg	126							
Klettgau	Wisengraben	Neunkirch, Langfeld	200							
	Seltenbach	Neunkirch, Langfeld	201							
	Müllbach	Wilchingen, Hohströssli	202							
	Halbbach	Hallau, vor ARA	203							
	Halbbach	Hallau, nach ARA	204							
	Landgraben	Trasadigen, Lindenhof	205							
	Klingengraben	Lauchringen, im Grund	206							
	Seegraben	Osterfingen, im Boden	207							
	Seegraben	Wilchingen, vor Landesgrenze	208							
Schwarzbach	Lauchringen, im Grund	209								
Schleitheim	Deponiebach	Gächlingen, hinterer Wetztenhof	300							
	Chrebsbach	Schleitheim, hinterer Wetztenhof	301							
	Zwärenbach	Schleitheim, im Geren	302							
	Wutach	Hallau, Wunderklingen Wehr	303							
	Chälengraben	Beggingen, Oberdorf	304							
	Beggingerbach	Beggingen, Hof Sauter	305							
	Beggingerbach	Brüel, nach ARA	306							
	Schleitheimer Bach	Schleitheim, im Geeren	307							
	Schleitheimer Bach	Schleitheim, Oberwiesen Au	308							
	Beggingerbach	Beggingen, vor ARA	311							
Biber	Biber	Hofen, Chleebuck	400							
	Biber	Thayngen, Zoll	401							
	Riederbach	Gottmadingen, Neuwiesen	402							
	Biber	Buch, Alten	403							
	Biber	Ramsen, Karollihof	404							
Durach	Durach	Schlauch, vor Landesgrenze	405							
	Durach	Schaffhausen, Birchweiher	406							
	Durach	Schaffhausen, Mühlentalsträsschen	407							
	Fulach	Schaffhausen, Feuerwehrdepot	408							

Legende	
■	sehr gut
■	gut
■	mässig
■	unbefriedigend
■	schlecht
	nicht gemessen

Gewässergütebewertung für 1999/00

Chemisch-Physikalische Erhebungen, Nährstoffe



■ Interkantonales Labor
Mühlentalstrasse 188
8200 Schaffhausen

+41 52 632 74 80

interkantlab@ktsh.ch

www.interkantlab.ch

