

Zustand der Freiburger Gewässer

—
Resultate der Überwachung der
Fliessgewässer, der Seen und
des Grundwassers 2011-2016



ETAT DE FRIBOURG
STAAT FREIBURG

Service de l'environnement SEn
Amt für Umwelt AfU

Impressum

Herausgeber

—

Amt für Umwelt AfU – Januar 2021

Projektleitung

—

Catherine Folly

Zusammenarbeit

—

Raphael Kropf, Elise Folly, Eric Mennel und Rachel Brulhart

Titelbild

—

La Sionge © Amt für Umwelt

Verdankung

—

Dem Labor des AfU Freiburg für die Probennahmen und Analysen.

Sébastien Lauper vom Amt für Wald und Natur (WNA) für die Inputs zur Fisch- und Krebsfauna und für das Zurverfügungstellen der Temperaturdaten.

Übersetzung

—

Der Bericht wurde in deutscher Sprache verfasst

Übersetzung: Etienne Rosset: <http://www.rosset-traduction.ch/>

Diese Publikation existiert nur in elektronischer Form. Sie ist auch in französischer Sprache verfügbar.

Auskunft

—

Amt für Umwelt AfU

Sektion Gewässerschutz

Impasse de la Colline 4, 1762 Givisiez

T +26 305 37 60, F +26 305 10 02

sen@fr.ch, www.fr.ch/afu

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4	4	Resultate - Seen	31
2	Methoden	5	4.1	Murtensee	32
3	Resultate - Fließgewässer	6	4.1.1	Phosphor	32
3.1	Ökomorphologie und äusserer Aspekt	6	4.1.2	Sauerstoff	32
3.2	Biologische Qualität	9	4.1.3	Pestizide	34
3.2.1	IBCH	9	4.1.4	Fischfauna	34
3.2.2	Kieselalgen	11	4.2	Andere Seen	35
3.2.3	Fischfauna	13	4.2.1	Schiffenensee	35
3.2.4	Dohlenkrebse	13	4.2.2	Greyerzersee	36
3.3	Chemisch-physikalische Qualität	14	4.2.3	Kleine Seen	37
3.3.1	Temperatur	14	4.2.4	Pestizide	38
3.3.2	Nährstoffe	18	5	Grundwasser	39
3.3.3	Pestizide	23	5.1	Nitrat	39
3.3.4	Schwermetalle	25	5.2	Pestizide	41
3.4	Vergleich mit der Schweiz	27	6	Literaturverzeichnis	43
3.5	Vergleich der 6 Überwachungsjahre	28			

1 Einleitung

Eine regelmässige Überwachung des Zustandes der oberirdischen und unterirdischen Gewässer gehört zu den zentralen Aufgabengebieten des Staates. Daten und Wissen können angehäuft werden und zu einem besseren Verständnis der natürlichen und der vom Menschen beeinflusste Prozesse beitragen. Für die Priorisierung von Massnahmen und deren Wirkungskontrolle ist ein solides Überwachungsprogramm unerlässlich. Des Weiteren können die zahlreichen Anforderungen der Gewässerschutzverordnung (GSchV) an die Wasserqualität, die in den Anhängen 1 und 2 ausführlich beschrieben sind, überprüft werden.

Seit 1982 wird die Qualität der Freiburger Fliessgewässer regelmässig untersucht. Die ersten Untersuchungen betrafen die Gewässerwirbellosen und Ende der 90er Jahren kamen die chemischen Analysen hinzu. Mit der Entwicklung des Modul-Stufen-Konzepts (MSK) im 1998 wurde eine integrierte Gewässerüberwachung eingeführt. Nach und nach wurden und werden die verschiedenen Module zur Überwachung entwickelt und werden im Kanton Freiburg seit 2011 flächendeckend angewendet. Das kantonale Monitoringprogramm sieht vor, jedes Jahr 2-4 Einzugsgebiete zu beproben, was uns erlaubt, den ganzen Kanton in 6 Jahren zu untersuchen. Mit der zeitgleichen Beprobung von Chemie und Biologie können die Resultate der beiden Bereiche zusammengeführt und miteinander interpretiert werden. Seit 2017 wird die Fischfauna ebenfalls in die integrierte Beurteilung miteinbezogen. Für die Fliesswässer werden hauptsächlich die Daten der publizierten Monitoringkampagnen übernommen. Diese sind unter folgendem Link publiziert: <https://www.fr.ch/de/energie-landwirtschaft-und-umwelt/wasser/dokumentation-qualitaet-der-fliessgewaesser>. Die Wassertemperaturen und das Kapitel zur Krebsfauna wurden vom Amt für Wald und Natur (WNA) zur Verfügung gestellt.

Die Überwachung der Seen wird ebenfalls seit 1982 durchgeführt. Zu Beginn standen die Parameter Phosphor und Sauerstoff im Vordergrund. Im Laufe der Jahre kamen weitere Parameter und Methoden hinzu. Nebst dem Murtensee, der allmonatlich untersucht wird, werden auch die grossen künstlichen Seen Schiffenen- und Greyerzersee regelmässig, im 1-Jahresabstand analysiert. Die Beprobung der kleineren Seen findet in unregelmässigem Abstand alle paar Jahre statt. Die Daten zur Wasserqualität der Seen wurden von den Messkampagnen des Kantons übernommen. Die detaillierten Resultate der Untersuchungen des Murtensees werden laufend auf www.die3seen.ch veröffentlicht.

Das Grundwasser in Freiburg wird seit Beginn der Nullerjahre auf die chemische Qualität hin analysiert. Die Untersuchungen finden je nach Zielsetzung des jeweiligen Messprogrammes einmal im Monat oder zweimal jährlich statt. Das Kapitel 5 zum Thema Grundwasser wurde aus dem Sachplan Grundwasser, der im 2015 verfasst wurde übernommen.

Ziel dieser Publikation ist, die aktuellen Resultate der Untersuchungen die oberirdischen und unterirdischen Gewässer in einem ausführlichen Bericht aufzuzeigen. Der Schwerpunkt liegt dabei auf den Resultaten und deren Klassifizierung in Qualitätskategorien mit den gängigen Methoden, hauptsächlich MSK.

Die Daten in diesem Bericht wurden für die Entwicklung des Sachplans für integrale Wasserbewirtschaftung verwendet, der im Januar 2021 zur Konsultation freigegeben wurde.

2 Methoden

Ökomorphologie

Anhand verschiedener Kriterien wird die Ökomorphologie der Fließgewässer beurteilt und klassifiziert. Dabei wird evaluiert wie natürlich der Zustand der einzelnen Abschnitte ist. Die genaue Methodologie wird von Hütte und Niederhauser (1998) beschrieben. Seit den 2000 werden im Kanton Freiburg Erhebungen vorgenommen. Diese wurden in einer ausführlichen Kampagne zwischen 2012 und 2014 vervollständigt.

Äusserer Aspekt

Mit dem Beurteilungsmodul „Äusserer Aspekt“ werden die Anforderungen der GSchV Anhang 2, Kap. 1.11 geprüft. Die detaillierte Vorgehensweise wird von Bindermann und Göggel (2007) beschrieben. Angaben zum äusseren Aspekt werden mit Hilfe von Protokollen und Formularen zusammen mit dem Makrozoobenthosprobe aufgenommen.

IBCH

Beim IBCH werden die aquatischen Invertebraten (Makrozoobenthos) untersucht. Anhand der Zusammensetzung der Taxa und der Diversität können Aussagen über die Gewässerqualität und über den Habitatzustand gemacht werden (Stucki, 2010). Es werden pro Station jährlich 2 Proben entnommen im Frühling und im Herbst.

DI-CH

Bei dieser angewendeten Methode werden die Kieselalgen untersucht. Auch hier kann anhand der Artzusammensetzung die Gewässergüte bestimmt werden (Hürlimann & Niederhauser, 2007). Die Probennahmen finden gleichzeitig mit dem Makrozoobenthos im Frühling und im Herbst statt.

Nährstoffe

Die Beurteilung der chemisch-physikalischen Qualität wird mit Modul „Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer: Chemisch-physikalische Erhebungen: Nährstoffe“ (Liechi, 2010) durchgeführt. Jährlich werden 12 Stichproben entnommen. Die Klassifizierung bezieht sich auf das 90. Perzentil der 12 Werte. Folgende Substanzen wurden untersucht: Stickstoff (Nitrat (NO₃), Nitrit (NO₂), Ammonium (NH₄)), Phosphor (Gesamtphosphor (P_{tot}), Phosphat (PO₄)) und Kohlenstoffe (gesamte gelöste Kohlenstoffe (DOC)).

Pflanzenschutzmittel

Zusammen mit den Nährstoffen wurden zwischen 2011 und 2016 16 Pestizide untersucht. Die Beurteilung wird anhand einer vom Amt für Umwelt (AfU) entwickelten Methode vorgenommen [1]. Die Messwerte werden zusammengefasst und analog zu den Nährstoffen in 5 Klassen eingeteilt.

Temperatur

Die Wassertemperatur wird mit sogenannten Datenloggern, die sich im Wasser befinden, alle 10 min aufgezeichnet. Zusammen mit dem regulären Monitoring (Biologie und Chemie) werden zwei bis drei Stationen auf dem betroffenen Fließgewässer gemessen, um Aussagen zum Temperaturverlauf entlang der Fließrichtung zu machen.

3 Resultate - Fließgewässer

3.1 Ökomorphologie und äusserer Aspekt

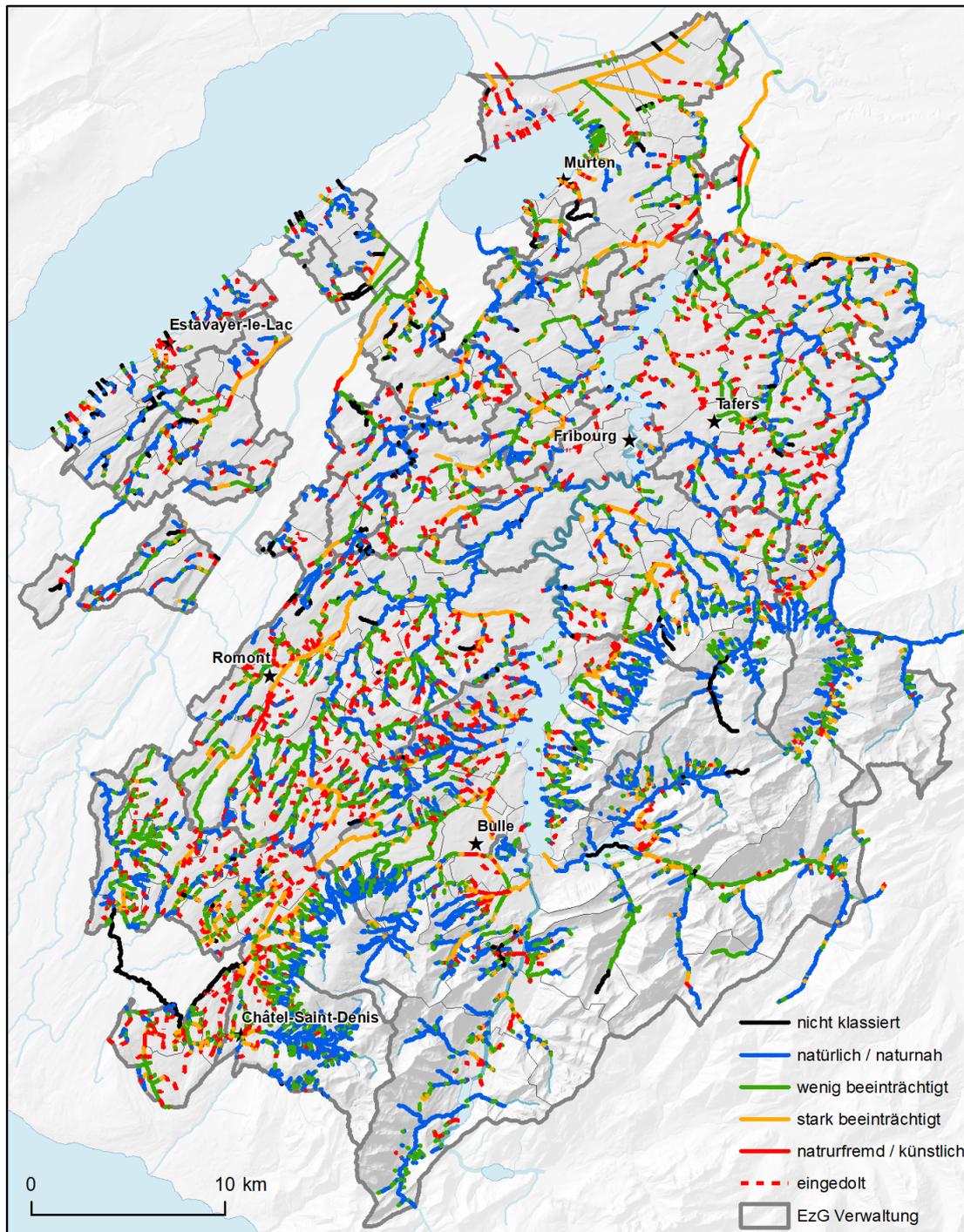


Abbildung 1: Beurteilung des ökomorphologischen Zustandes der Freiburger Fließgewässer

Abbildung 1 zeigt das untersuchte Gewässernetz und die jeweilige Beurteilung der Ökomorphologie der einzelnen Abschnitte. Insgesamt wurden ca. 2300 km Fließgewässer beurteilt. Auf Abbildung 2 wird die Zusammensetzung

der Beurteilung des untersuchten Gewässernetzes aufgezeigt. Rund ein Drittel der untersuchten Abschnitte sind stark beeinträchtigt, künstlich oder eingedolt. [2].

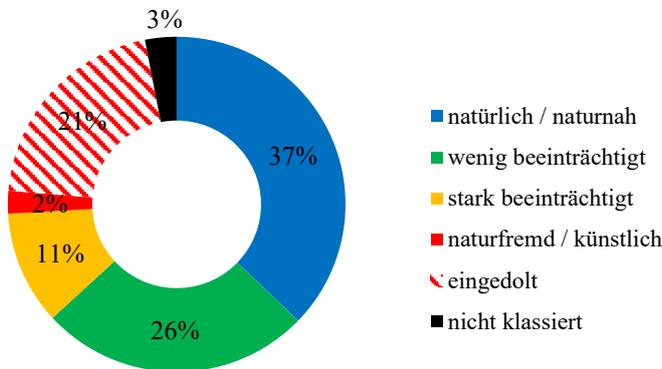


Abbildung 2: Zusammensetzung der Beurteilung der Ökomorphologie im Kanton Freiburg

Für die Beurteilung des äusseren Aspekts wurden folgende Parameter aufgenommen: Trübung, Schlamm, heterotrophe Organismen, Abfälle aus der Siedlungsentwässerung, Kolmation, Eisensulfidflecken, Geruch, Schaum und Färbung. Der pflanzliche Bewuchs wird in separaten Modulen behandelt und wird in Freiburg nicht angewendet. Die detaillierte Vorgehensweise wird von Bindermann und Göggel [3] beschrieben. Die erhobenen Parameter geben einen Ausschluss über den Zustand des Gewässers und die Einflüsse, welche die Qualität beeinträchtigen, bspw. Verschmutzungen, fehlende Dynamik oder Sauerstoffdefizit am Bachgrund. Bei den 175 untersuchten Stationen wurde 50-mal Eisensulfidflecken auf den Bachsteinen gefunden. Dies bedeutet, dass die Sauerstoffversorgung des Wassers an diesen Stellen ungenügend ist. Relativ häufig (über 30-mal), wurde eine Kolmation der Substrate festgestellt.

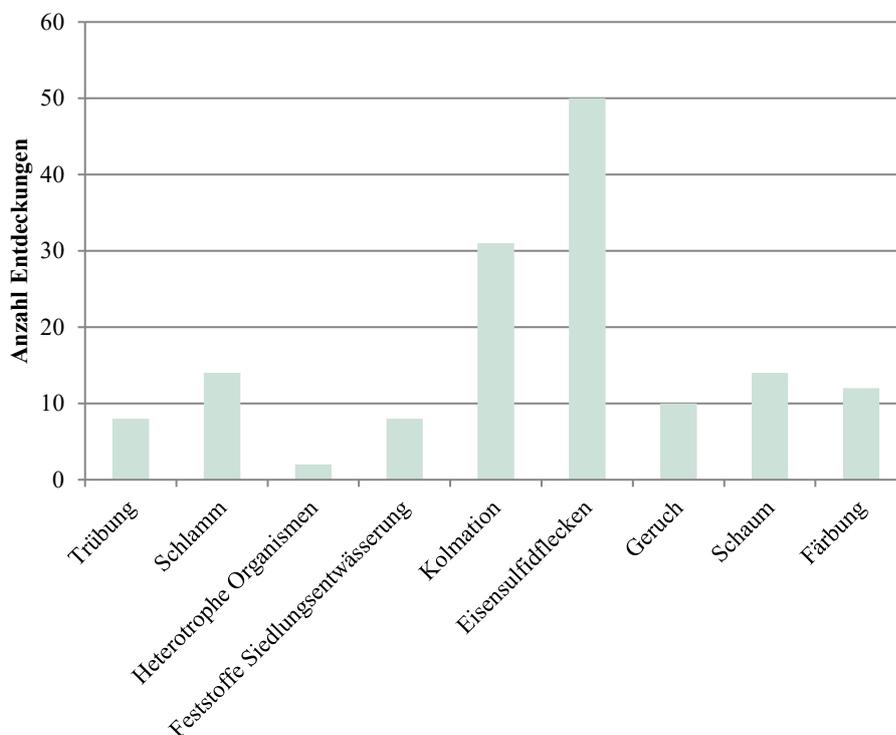


Abbildung 3: Zusammenstellung der beim äusseren Aspekt aufgenommenen Parameter und die Häufigkeit deren Auftreten.

Bei der geographischen Verteilung ergibt sich folgendes Bild (Abbildung 4), wo die roten Punkte (gesetzliche Anforderungen nicht erfüllt) vermehrt in den Bächen, Arbonge, Chandon, Serbache, Sonnaz und untere Saane, sowie in deren Zuflüssen vorkommen. Betrachtet man jeden Bach einzeln werden deren Qualitätsunterschiede deutlich (Abbildung 5).

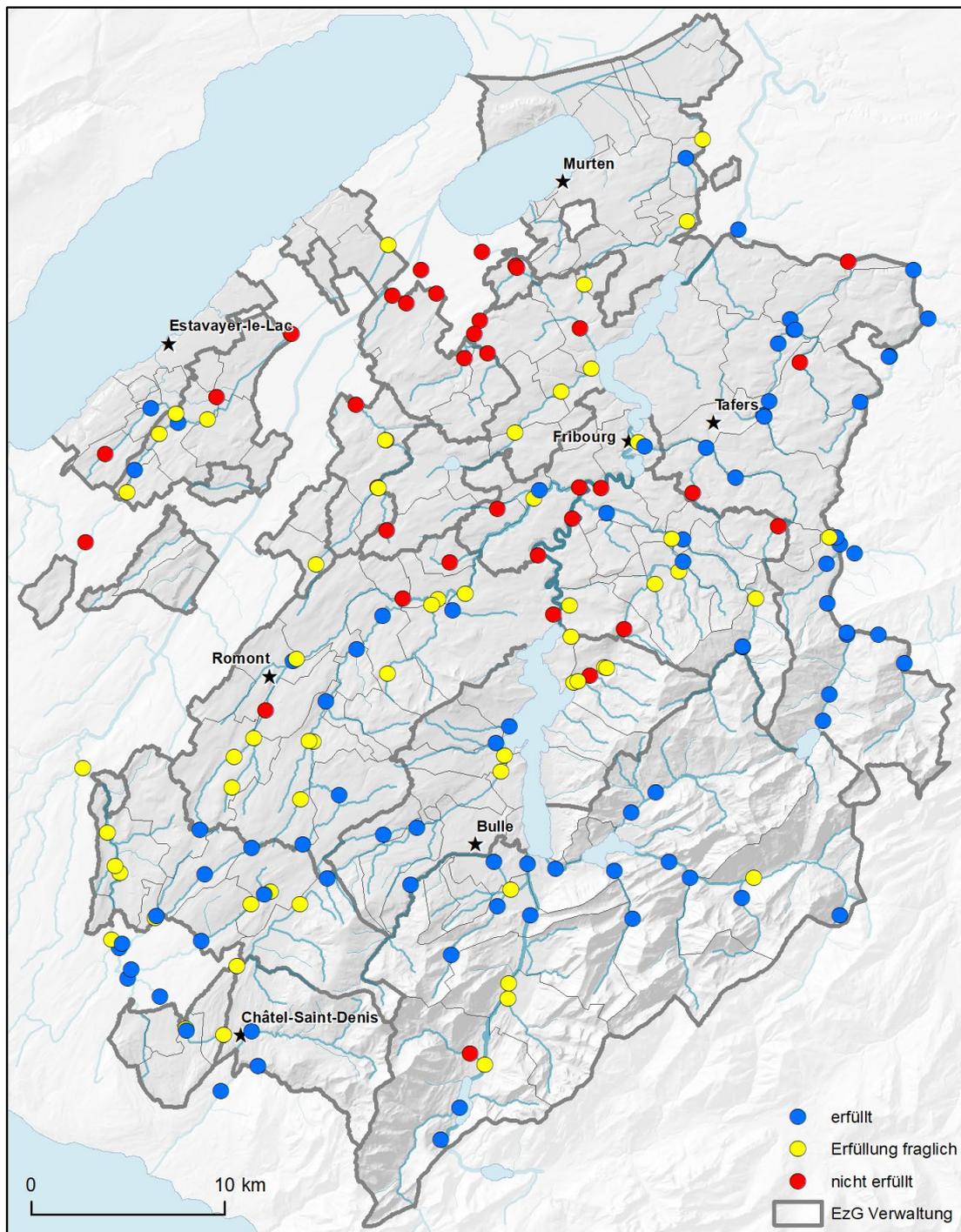


Abbildung 4: Beurteilung des äusseren Aspekts der Freiburger Fliessgewässer

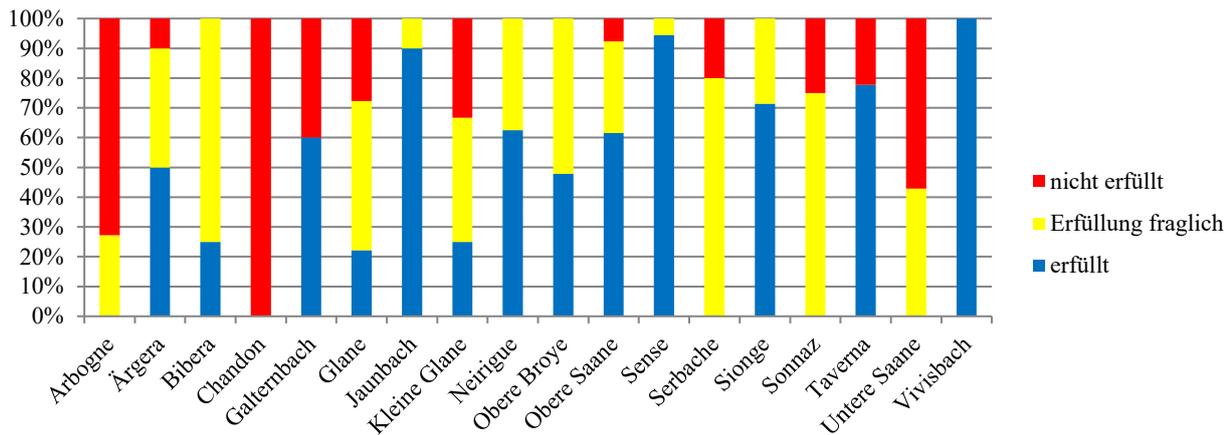


Abbildung 5: Anteil der Qualitätsklassen des äusseren Aspekts der Station in den jeweiligen Fliessgewässern und ihren Hauptzuflüssen.

3.2 Biologische Qualität

Die biologische Qualität der Fliessgewässer wird im Kanton Freiburg auf zwei Arten ermittelt. Beim IBCH werden die aquatischen Invertebraten untersucht. Bei der anderen angewendeten Methode werden die Kieselalgen. Die Krebspopulation wurde im 2016 erhoben.

3.2.1 IBCH

Die aktuellen Resultate (2011 – 2016) der IBCH Messungen sind auf Abbildung 6 abgebildet. Vor allem im nordwestlichen Teil des Kantons sind Qualitätsdefizite ersichtlich.

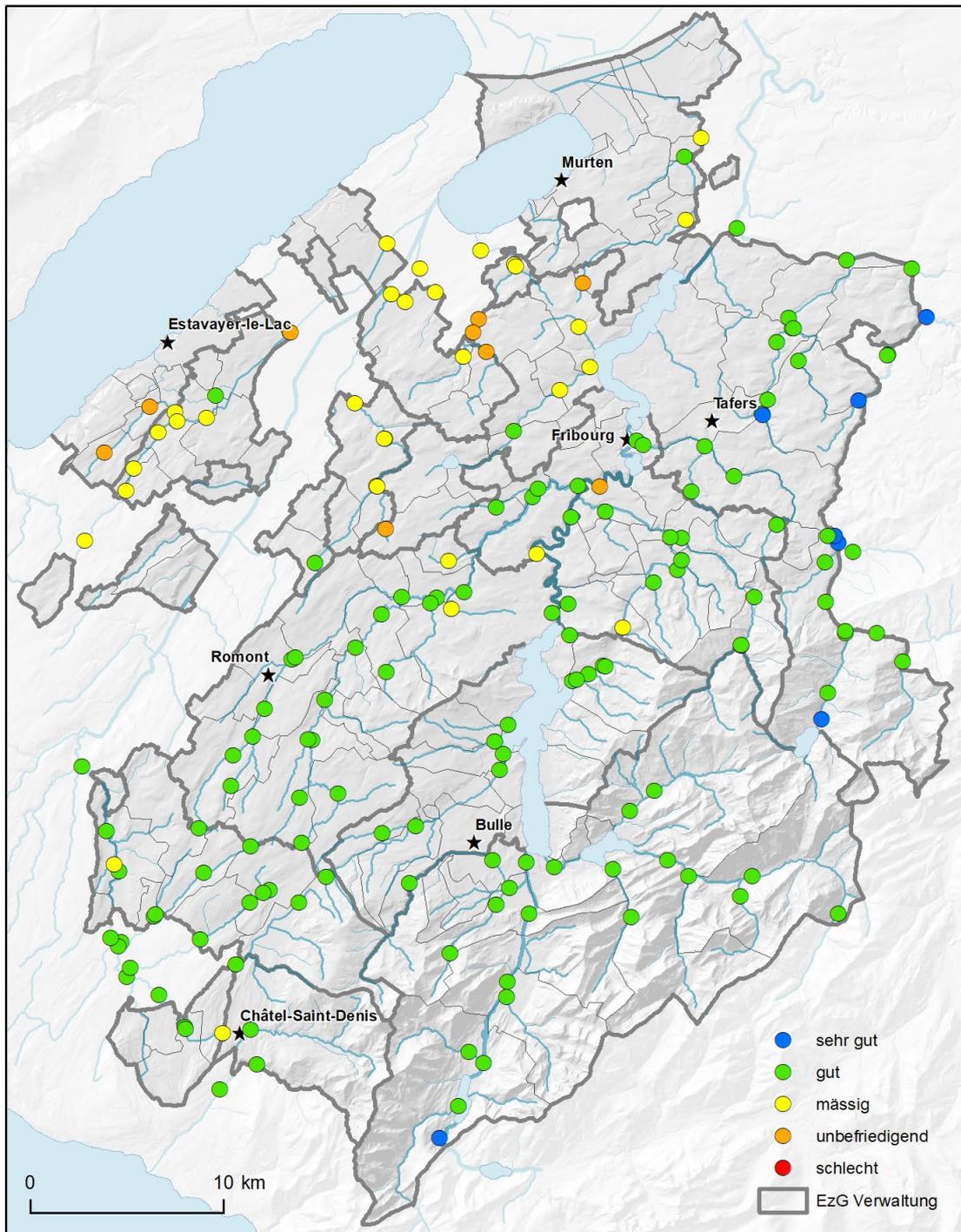


Abbildung 6: Biologische Qualität im Kanton, gemessen mit dem IBCH.

Die biologische Qualität der Freiburger Fliessgewässer ist seit den 80er Jahren gestiegen. Abbildung 7, links wird ersichtlich, dass der Mittelwert deutlich gestiegen ist. Die rechte Seite der Abbildung 7 zeigt, dass sich die Anteile der guten und sehr guten Stationen stark vergrössert haben. Über 70% Prozent der Messstationen verfügen über eine gute oder sehr gute Qualität.

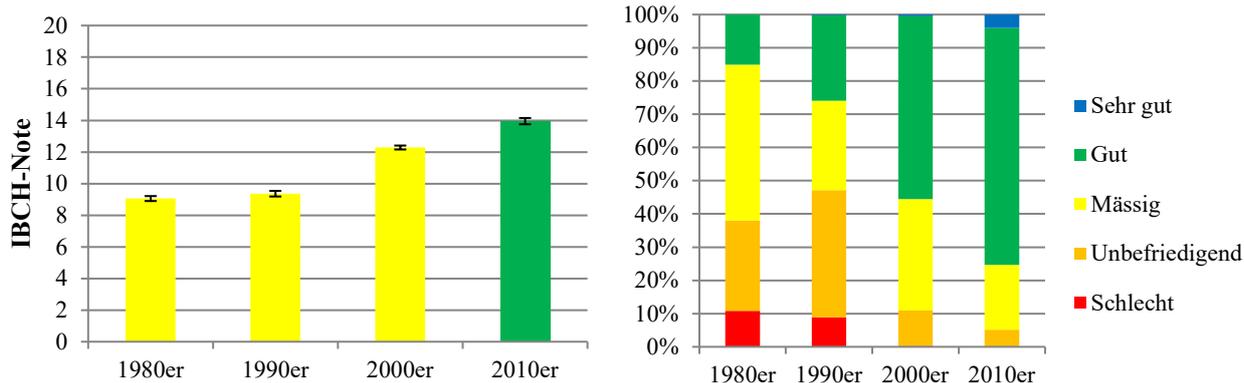


Abbildung 7: Entwicklung des IBCH zwischen den 80er und den 2010er Jahren. Links: Der Mittelwert des IBCH ist in den letzten 30 Jahren signifikant gestiegen (Fehlerbalken zeigen den Standardfehler an).

3.2.2 Kieselalgen

Zwischen 2011 und 2016 wurden im Kanton Freiburg die Kieselalgen an 56 Stationen zeitgleich mit dem Makrozoobenthos untersucht. Die Beurteilung wurde mit dem DI-CH (Kieselalgenindex) gemacht [4]. Mehr als drei Viertel der Stationen weisen eine gute bis sehr gute Qualität auf (Abbildung 8).

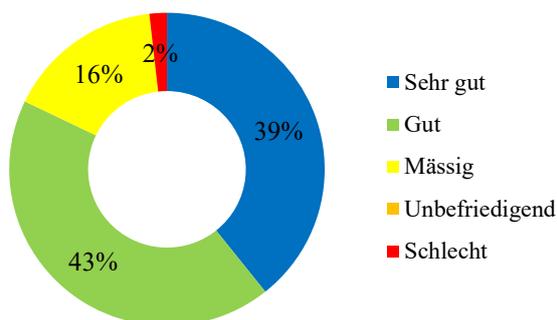


Abbildung 8: Zusammensetzung der Qualität der Kieselalgen Fauna aller Stationen im Kanton.

Die Geographische Verteilung der Resultate ist auf Abbildung 9 ersichtlich. Die ungenügenden Resultate (mässige bis schlechte Qualität) finden sich in den Bächen Kleine Glane, Chandon, Arbogne, Bibera, Glane und Obere Broye sowie in deren Zuflüsse.

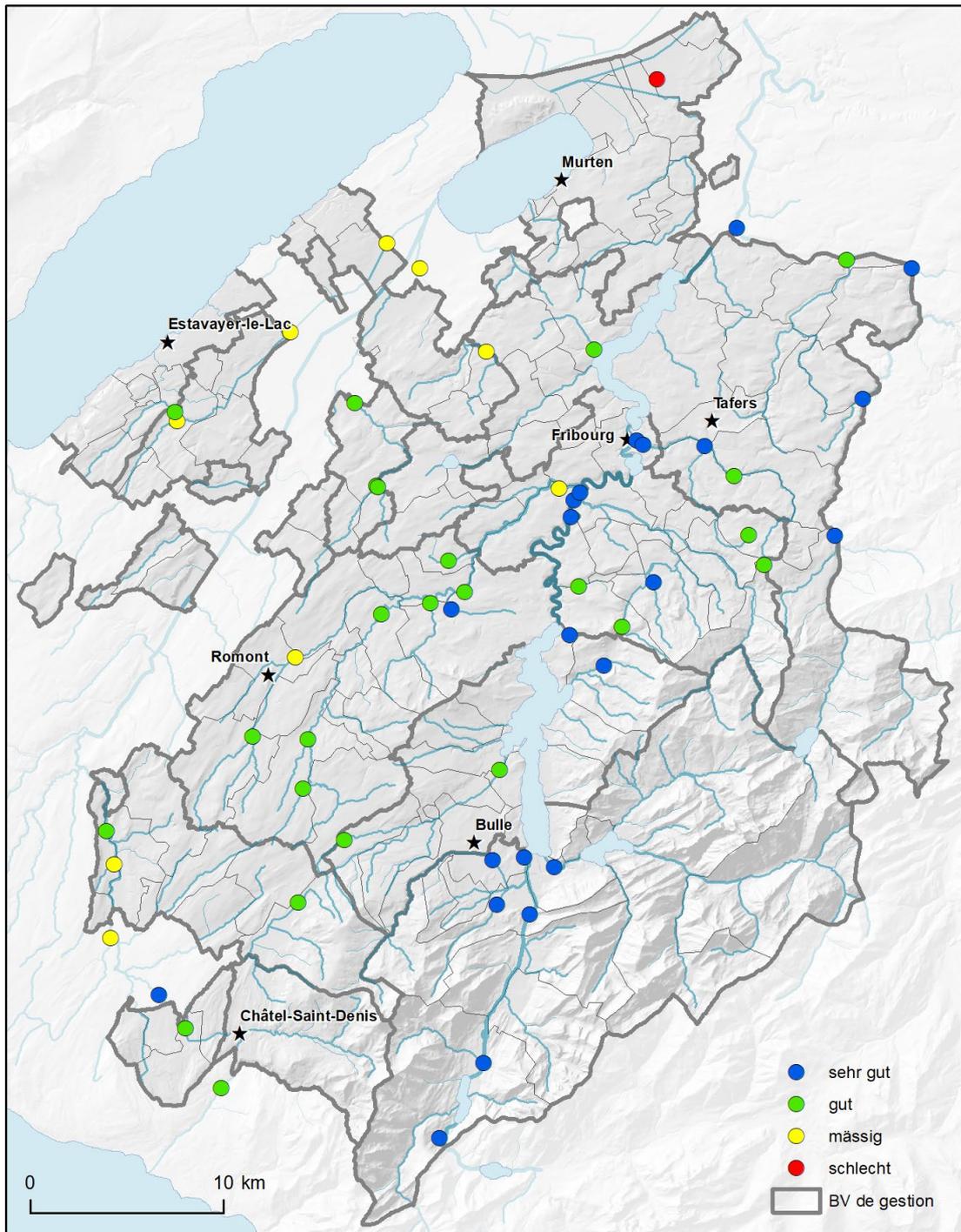


Abbildung 9: Biologische Qualität, gemessen mit dem Kieselalgen-Index DI-CH.

3.2.3 Fischfauna

Aufgrund von unvollständigen flächendeckenden Daten können keine präzisen Aussagen über den Fischbestand im Kanton Freiburg gemacht werden. Es werden Fang- und Besatzstatistiken erhoben, in denen nur die Arten erhoben, welche für die Fischerei attraktiv sind. Auch werden darin nicht alle Altersgruppen erfasst. Des Weiteren werden bei Bauarbeiten im Wasser Rettungsfischen durchgeführt und die entnommenen Tiere untersucht. Aber auch diese Daten liegen nicht flächendeckend vor. Ab 2017 wird gleichzeitig mit der Überwachung des Makrozoobenthos auch ein Monitoring des Fischbestandes durchgeführt.

3.2.4 Dohlenkrebse

Sporadische Daten über das Vorkommen von Dohlenkrebsen (*Austropotamobius pallipes*) im Kanton gibt es seit 1976, die ersten regelmäßigen Erhebungen aber stammen aus dem Jahr 1985. Bei einer systematischen Untersuchung im 2017 wurden über 200 Stellen nach Flusskrebsen abgesucht. Von den 113 Stellen, die historisch von Flusskrebsen besiedelt waren, waren im 2017 noch 44 resp. 39% bewohnt. Die Krebspopulationen in Freiburg scheinen sehr fluktuierend zu sein.

Als Beispiel können zwei Flüsse genannt werden: die Sionge und die Taverna. Die Sionge ist historisch gesehen die Heimat der grössten Population von Dohlenkrebsen im Kanton, so dass sie als eine gute Ausgangspopulation für Wiederansiedlungen angesehen wurde (WFN, 2001). Leider brach diese Population im Jahr 2005 zusammen und erreichte ein so niedriges Niveau, dass sie trotz einiger Suchkampagnen als ausgestorben galt. Im Jahr 2017 untersuchte der Wildhüter die Sionge und identifizierte ein Dutzend isolierte Individuen in Vuadens.

In der Taverna zwischen St. Antoni und Schmitten wurde 2001 eine grosse Population beobachtet. In den folgenden Jahren folgte die Population dem gleichen Trend wie in der Sionge und brach zusammen. Der Wildhüter beobachtete regelmässig diese Population, die seiner Meinung nach ab 2015 erholte. Um diese Beobachtung zu bestätigen wurde 2016 eine Untersuchung entlang des Flusses von dem WNA durchgeführt und bestätigte das Vorhandensein grosser Mengen an bestimmten Abschnitten des Flusses. Für andere Flüsse wie Sodbach oder Nesslera wurden seit 2001 keine Krebse mehr beobachtet und auch 2017 wurden sie nicht mehr beobachtet.

Krebspopulationen erlebten zwischen 2001 und 2010 einen Zusammenbruch und lokale Aussterben. Nach diesem Rückgang sind die Populationen in einigen bekannten Stationen derzeit stabil oder sogar steigend. Seit 2010 wurden 5 neue Populationen entdeckt.

3.3 Chemisch-physikalische Qualität

Die chemisch-physikalische Qualität wurde mit Hilfe von vier Kategorien beurteilt. Zum einen ist das die Temperatur die im Kapitel 3.3.1 behandelt wird, dann die Nährstoffe in Kapitel 3.3.2. In Kapitel 3.3.3 folgen die Pestizide und in Kapitel 3.3.4 werden die Resultate der Schwermetalluntersuchungen wiedergegeben.

3.3.1 Temperatur

Aquatische Lebewesen sind grösstenteils wechselwarm und daher stark beeinflusst von der Wassertemperatur. Ihr Stoffwechsel, die Atmung und die Toleranz gegenüber Parasiten und Krankheiten sind direkt von der Wassertemperatur abhängig. Das Temperaturregime eines Gewässers bestimmt das Vorkommen und die Bestandsbildung vieler Arten. Natürlicherweise steigt die mittlere Temperatur in einem Gewässer von der Quelle zur Mündung. Im Jahresverlauf folgt die Wassertemperatur mit einer zeitlichen Verzögerung der Lufttemperatur der Umgebung. Auch kleinflächige Temperaturveränderungen durch Zuflüsse, Versickerungen und Grundwassereinfluss sind möglich. Besonders bei kleinen Fliessgewässern hat die Abholzung der Ufer und die damit fehlende Beschattung einen grossen Einfluss auf die Temperatur [5].

Seit 2015 wird im Kanton Freiburg ein Messnetz zur ständigen Temperaturüberwachung aufgebaut. Die Wassertemperatur wird mit sogenannten Datenloggern alle 10 min aufgezeichnet. Zusätzlich zu den Fixmessstellen die als Referenzmessstellen dienen, werden zusammen mit dem regulären Monitoring (Biologie und Chemie) zwei bis drei Stationen auf dem betroffenen Fliessgewässer gemessen, um Aussagen zum Temperaturverlauf entlang der Fliessrichtung zu machen. Im vorliegenden Kapitel werden Resultate dieser Art vorgestellt. Für eine Interpretation der Fixmessstellen ist der Messzeitraum von drei Jahren zu klein. Die behandelten Stationen sind auf Abbildung 10 ersichtlich.

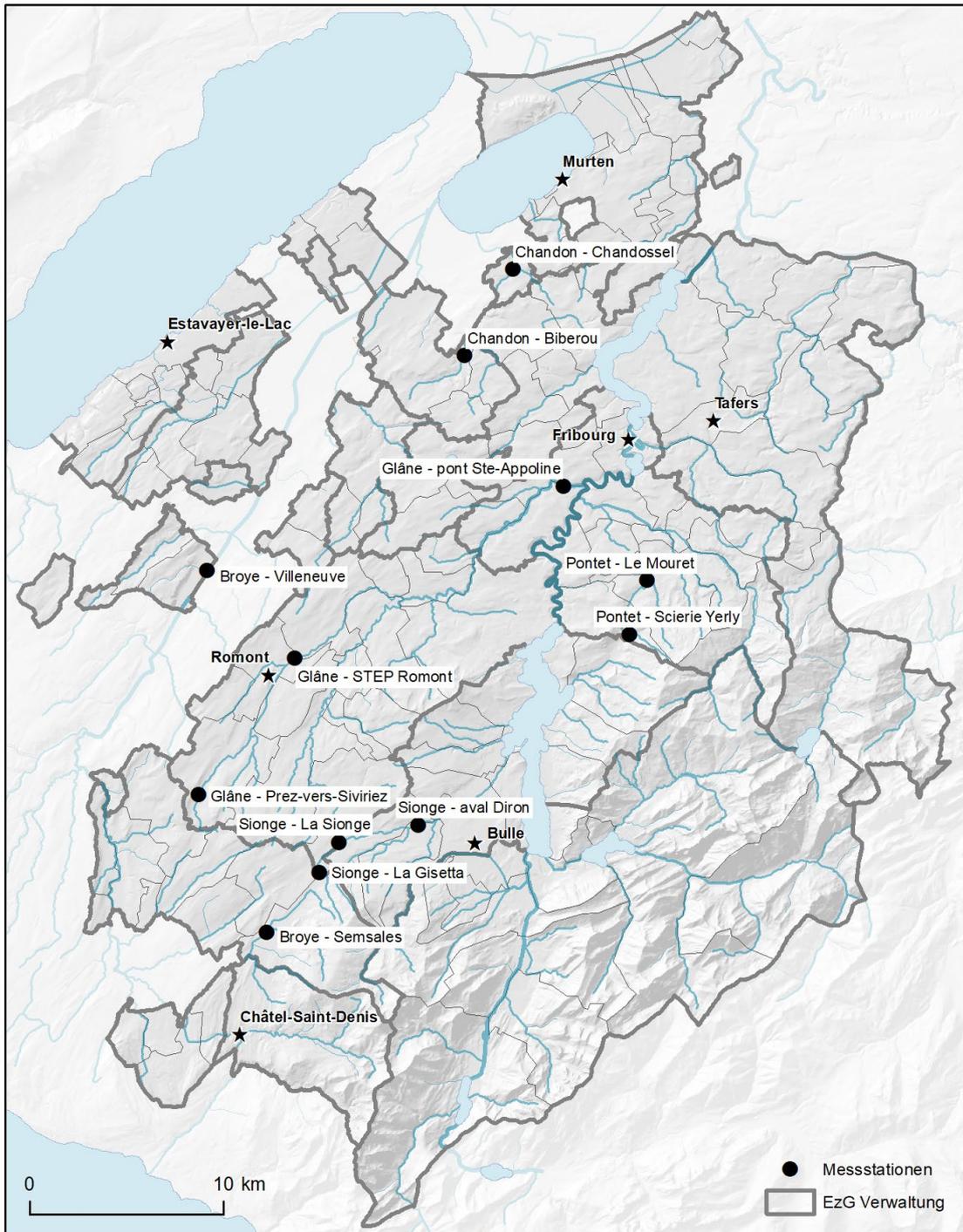


Abbildung 10: Temperaturmessstationen, deren Resultate in diesem Kapitel behandelt werden.

Die Diagramme (Abbildung 11 und folgende) zeigen wie lange das Wasser eine bestimmte Temperatur während eines Messjahres hatte. Die Dauer wird für die bessere Leserlichkeit in Tagen ausgedrückt. Dies bedeutet nicht, dass die Tage aufeinander folgten oder die Temperatur den ganzen Tag konstant blieb. Der Tag ist lediglich eine Zeiteinheit. Beim Unterhalt und dem Ablesen der Logger entstanden Messlücken. Diese Arbeiten wurden im Februar oder März durchgeführt, wenn die Temperatur unterhalb von 10 °C liegt. Um das Resultat nicht verfälscht darzustellen werden daher lediglich die Temperaturen ab 10 °C gezeigt. Bei allen Diagrammen wird der gleiche Abschnitt dargestellt. So können die Fließgewässer untereinander verglichen werden.

Broye 2016

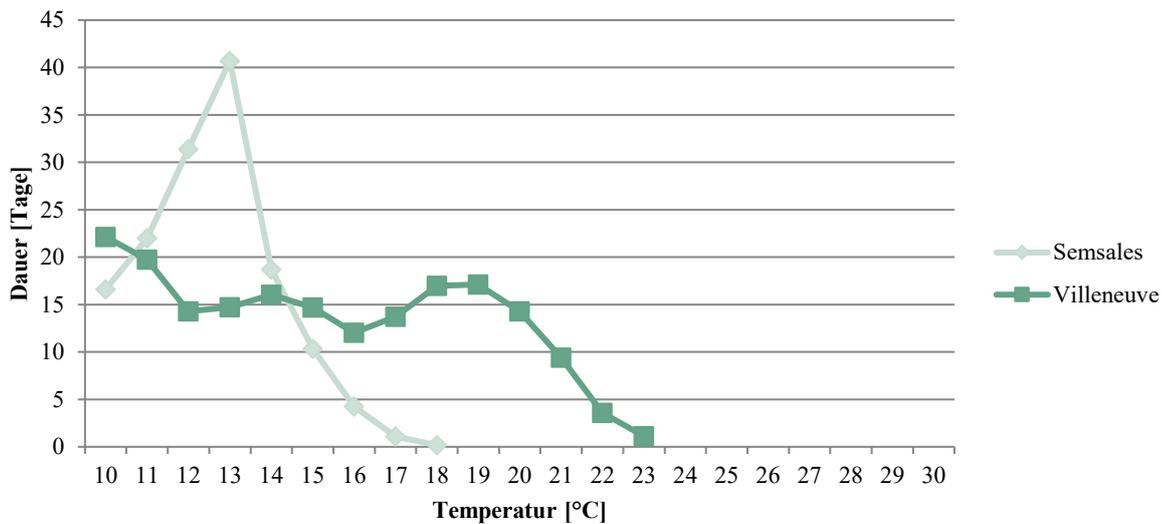


Abbildung 11: Temperaturdiagramm der Broye zeigt, wie lange die Wassertemperatur welche Höhe während eines Messjahres hatte.

Zwischen der Station oberhalb und rund 37 km weiterunterhalb ist ein deutlicher Unterschied im Temperaturregime zu beobachten. Bleiben die Temperaturen in Semsales unter 18°C, steigen sie in Villeneuve bis 23°. Bei solchen verschiedenen Temperaturverhältnissen sind auch grosse Unterschiede in der Artenzusammensetzung der Fischfauna zu erwarten.

Chandon 2017

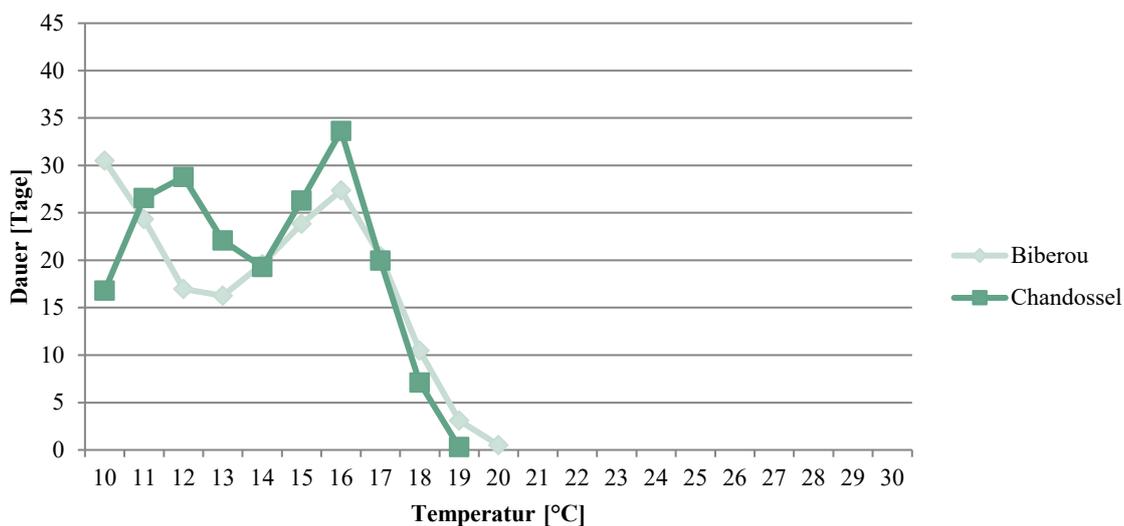


Abbildung 12: Temperaturdiagramm des Chandon zeigt, wie lange die Wassertemperatur welche Höhe während eines Messjahres hatte.

Die beiden Temperaturdiagramme unterscheiden sich kaum. Bei der Station oberhalb wird die höhere Temperatur festgestellt als bei der unteren. Möglicherweise wird der Chandon durch einen Zufluss oder durch Grundwassereintrag gekühlt.

Glane 2016

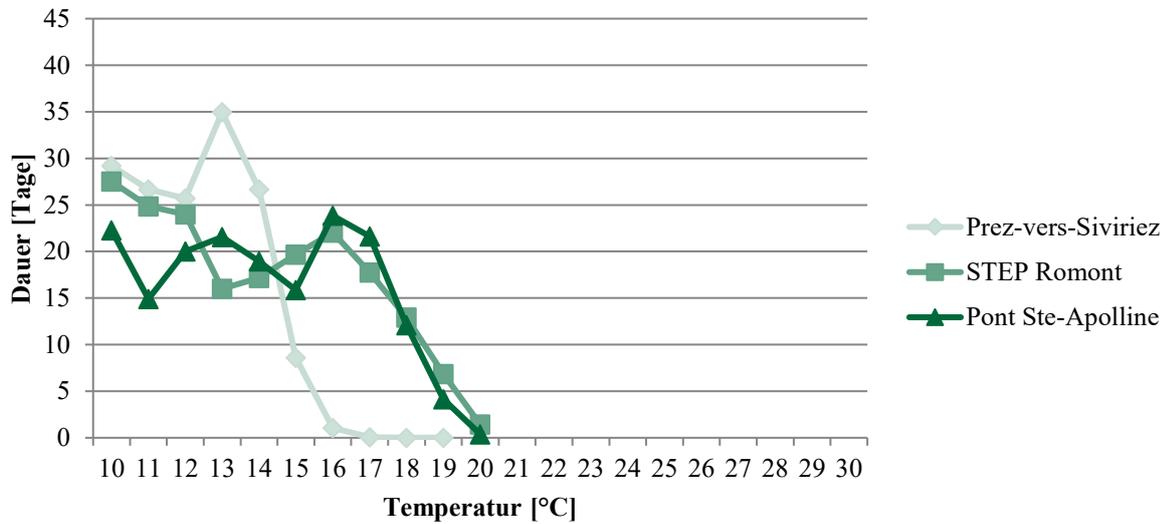


Abbildung 13: Temperaturdiagramm der Glane zeigt, wie lange die Wassertemperatur welche Höhe während eines Messjahres hatte.

Die Glane bei der ARA Romont und bei der Brücke Ste Apolline weisen einen sehr ähnlichen Temperaturverlauf auf, wobei die unterste Station die tiefsten Temperaturen erreicht (nicht auf der Grafik ersichtlich). Möglicherweise wird die Glane durch die Neirigue, die unterhalb von Romont hineinfliesst, abgekühlt. Für den deutlichen Unterschied des Temperaturregimes oben (Prez-vers-Siviriez) und den Stationen unten (STEP Romont und Pont Ste-Apolline) kann die fehlende Ufervegetation auf weiten Strecken verantwortlich gemacht werden. Für eine abschliessende Beurteilung ist jedoch die Datengrundlage zu schwach.

Pontet 2016

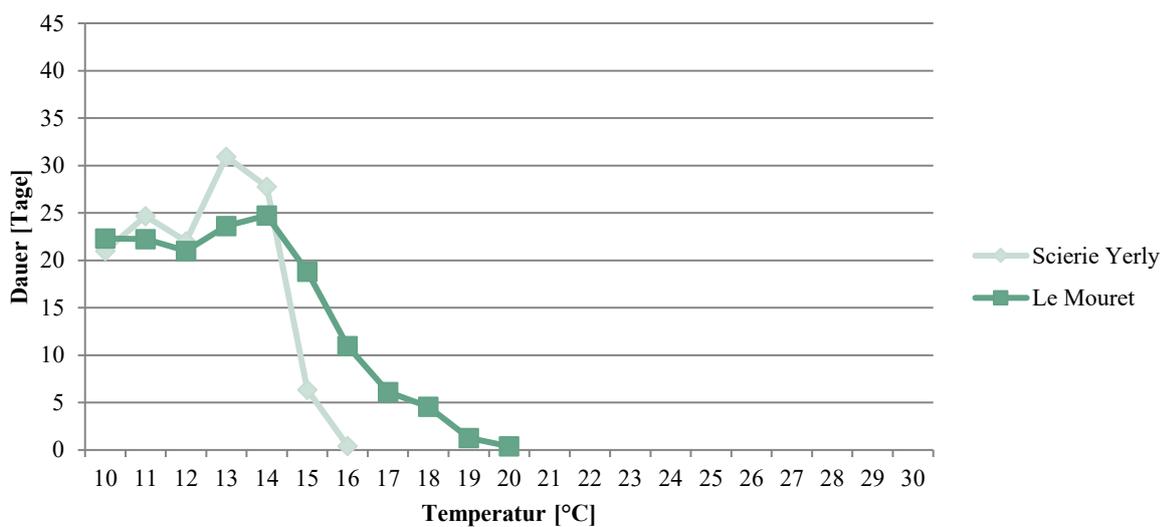


Abbildung 14: Temperaturdiagramm des Pontet zeigt, wie lange die Wassertemperatur welche Höhe während eines Messjahres hatte.

Bei den beiden Kurven sind vor allem in den oberen Temperaturbereichen (ab 14°C) deutliche Unterschiede zu erkennen. Das Wasser der höheren Station wärmt sich etwas weniger auf und bleibt mit maximalen 16°C relativ kühl. An der unteren Station wurde das Wasser im Jahr 2016 bis zu 20°C warm. Die starke Erwärmung wird wahrscheinlich durch die fehlende Beschattung durch Ufervegetation verursacht. Eine abschliessende Beurteilung ist jedoch auch hier nicht möglich, da die Datengrundlage ungenügend ist.

Sionge 2017

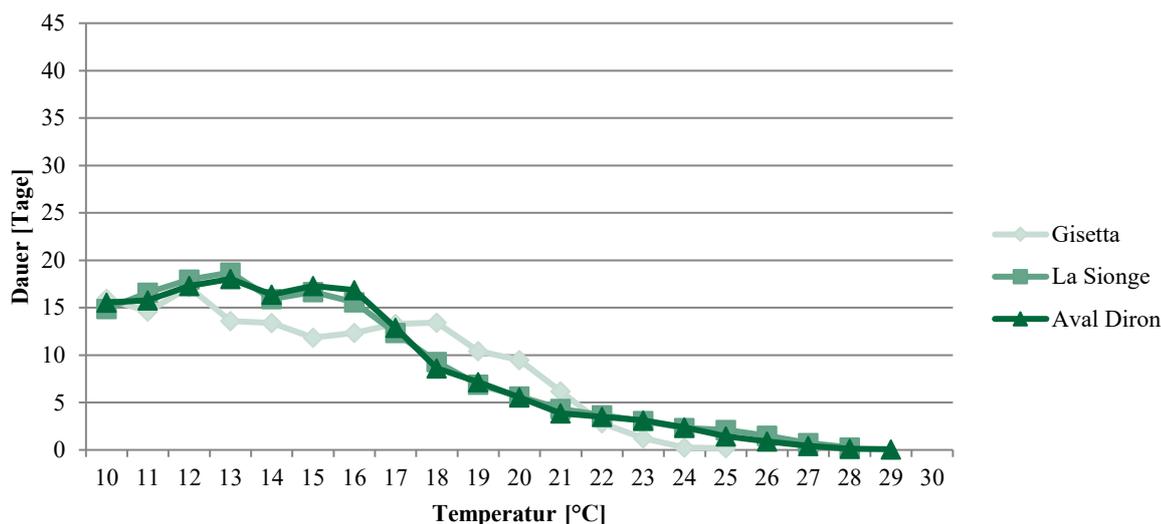


Abbildung 15: Temperaturdiagramm der Sionge zeigt, wie lange die Wassertemperatur welche Höhe während eines Messjahres hatte.

Die Sionge erreicht relativ hohe Temperaturen. Zwischen der oberen Station (Gisetta) und den beiden Stationen weiter unterhalb (La Sionge und Aval Diron) ist zwar ein Unterschied zu erkennen, die Station Gisetta wärmt sich aber auch sehr stark, bis auf 25°C, auf. Die Kurven der beiden Stationen unterhalb laufen fast identisch und erreichen Temperaturen bis zu 28°C resp. 29°C. Im Vergleich zu den anderen in diesem Kapitel vorgestellten Fließgewässer, verlaufen die Kurven relativ flach. Dies bedeutet, dass die Temperatur diese Spitzenwerte nur für kurze Zeit erreicht. Die meiste Zeit des Jahres betrug die Temperatur bei allen drei Stationen weniger als 10 °C (nicht auf der Grafik ersichtlich). Um herauszufinden wieso die Temperatur der Sionge solch hohe Werte erreicht, müsste zum einen eine genauere Datenanalyse vorgenommen und diese mit der Morphologie des Baches und der Vegetation des Ufers in Zusammenhang gebracht werden.

3.3.2 Nährstoffe

Die Beurteilung der chemisch-physikalischen Qualität wurde mit Modul „Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer: Chemisch-physikalische Erhebungen: Nährstoffe“ [6] durchgeführt. Die Gesamtnote der chemisch-physikalischen Qualität wurde mit dem Worst-Case-Prinzip bestimmt [7]. Die Vergleiche mit den vorherigen Jahrzehnten wurden mit Mittelwerten berechnet und mit Hilfe der Varianzanalyse (ANOVA) statistisch geprüft. Nur die signifikanten Veränderungen werden im Fließtext kommentiert.

Die folgende Abbildung (Abbildung 16) zeigt die Messstellen im Kanton mit den Resultaten der Synthese der physikalisch-chemischen Parameter. Bei der Synthese gibt der Parameter mit der schlechtesten Qualität die Gesamtnote an.

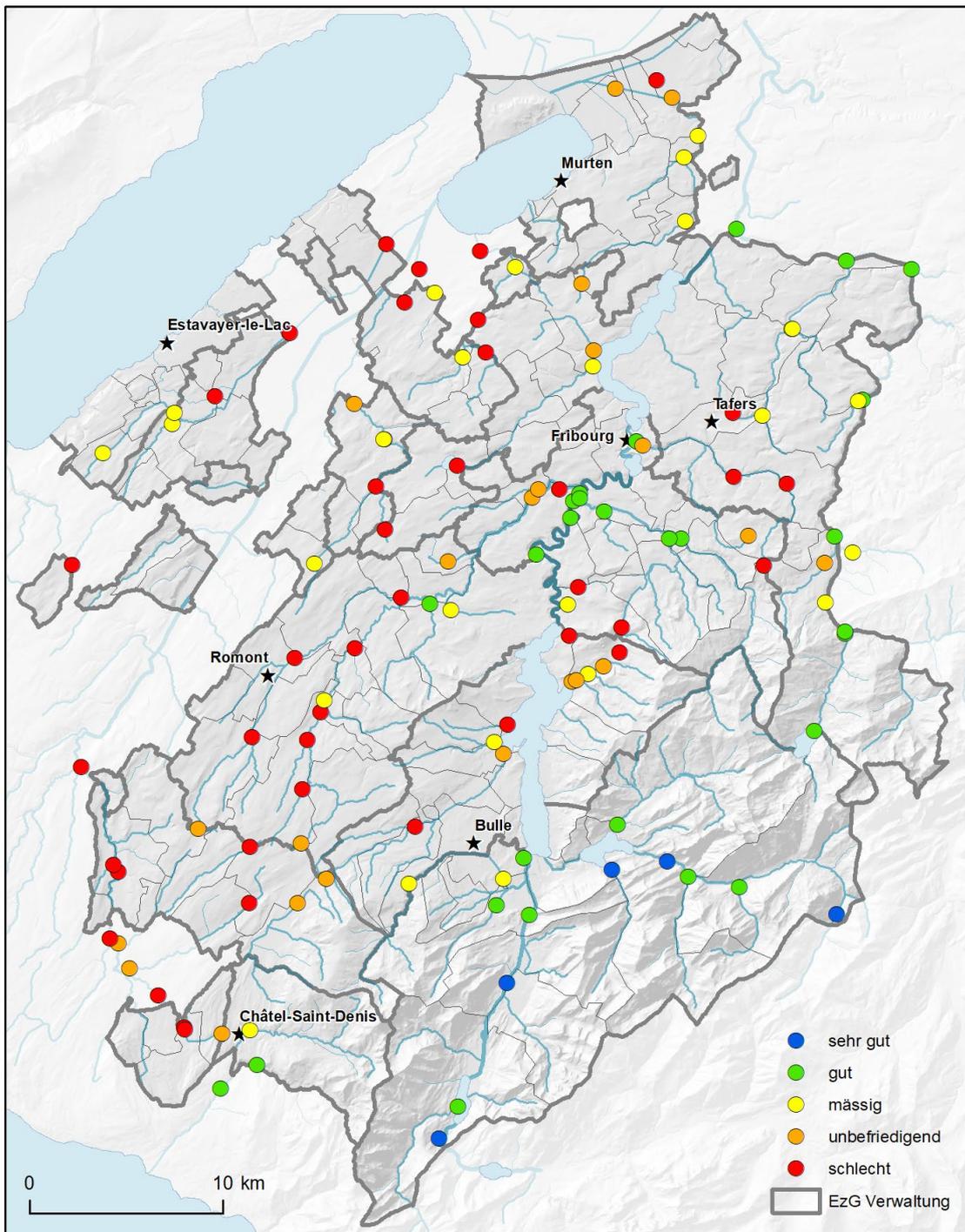


Abbildung 16: Gesamtnote der chemischen Qualität.

Die Zusammensetzung der Qualität der Messstellen wird auf folgender Grafik (Abbildung 17) abgebildet. Fast drei Viertel der Stationen (74%) erreichen keine genügende Qualität. Einzig im Südosten des Kantons wird mehrheitlich eine Gute, gar sehr gute Qualität erreicht.

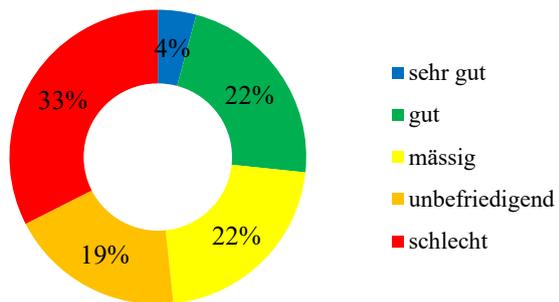


Abbildung 17: Zusammensetzung der Gesamtnote der chemischen Qualität im ganzen Kanton

Abbildung 18 zeigt einen Überblick der Resultate der chemisch-physikalischen Messkampagne nach Parameter aufgeteilt. Die Klassifizierungen der jeweiligen Substanzen sind in einem Kuchendiagramm dargestellt.

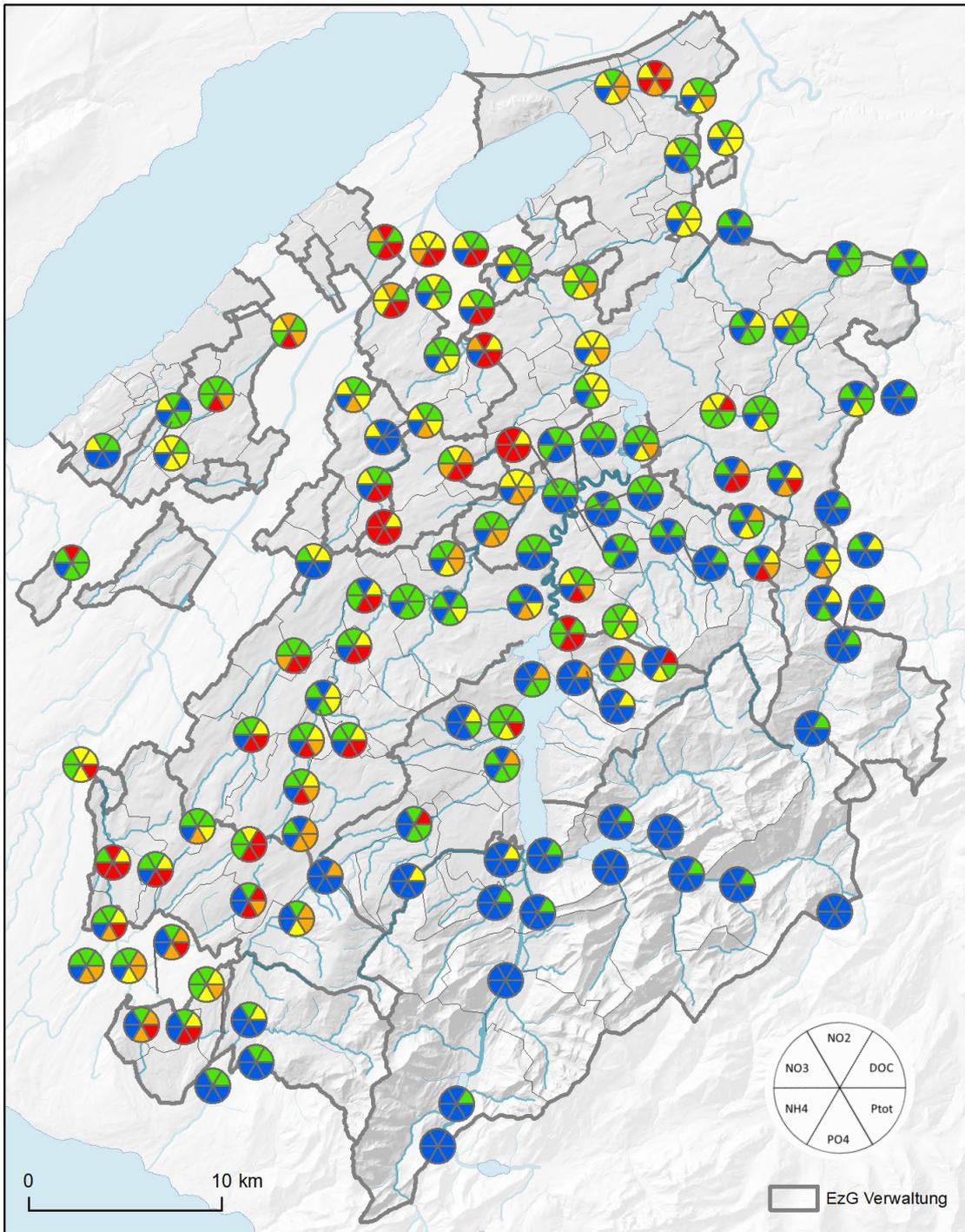


Abbildung 18: Messstationen mit detaillierter Angabe der physikalisch-chemischen Qualität.
 Folgende Abbildung 19 zeigt die Entwicklung der Parameter zwischen 2 Messperioden:

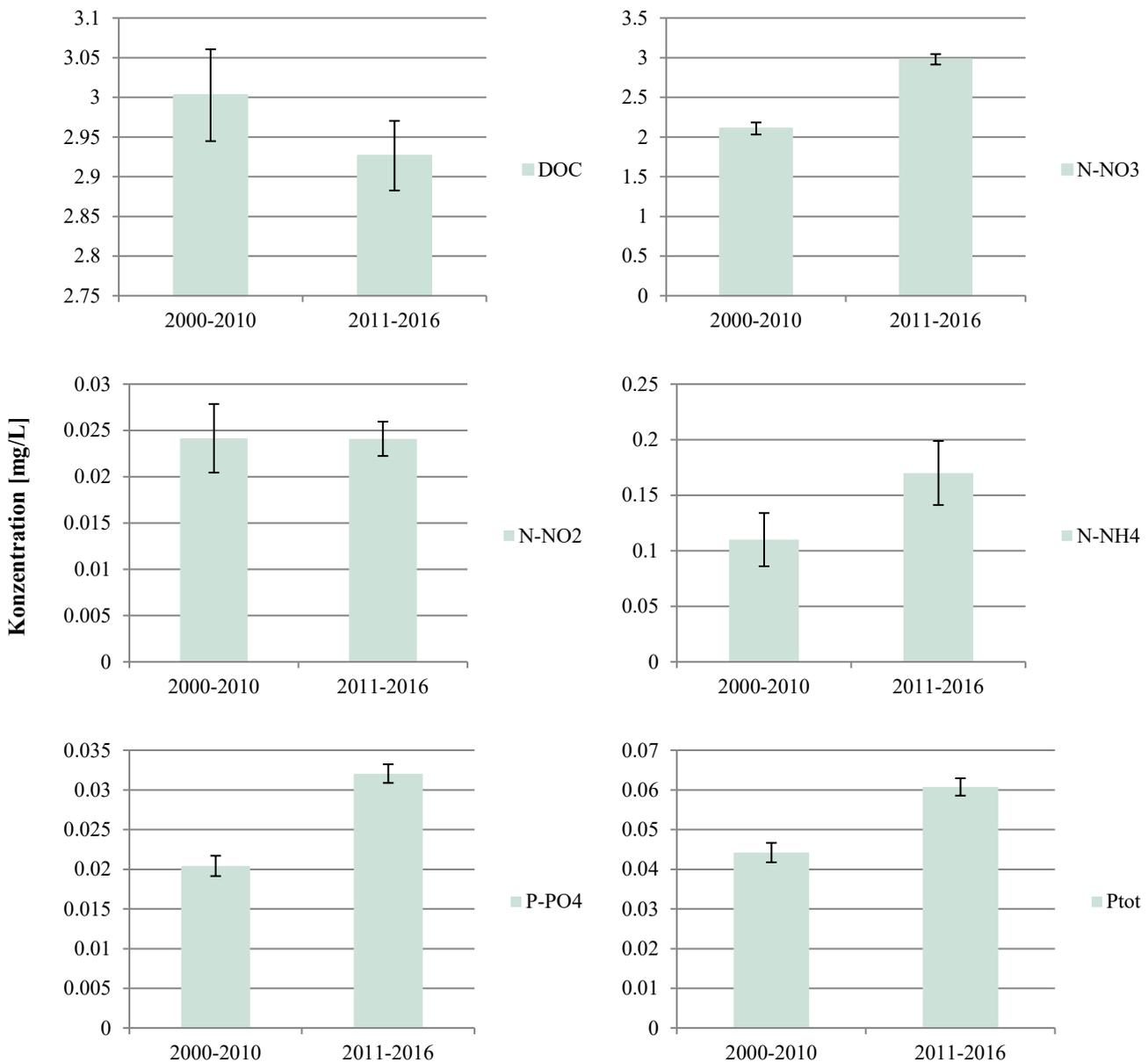


Abbildung 19: Die Fehlerbalken zeigen den Standardfehler an. Die Varianzanalyse (ANOVA) ergab folgende Signifikanzlevels: DOC (n.s.), N-NO₃ (***), N-NO₂ (n.s.), N-NH₄ (n.s.), P-PO₄ (***), P_{tot} (***)

Messung 1 bezieht sich auf 938 Erhebungen in den Jahren 2000 bis 2010, Messung 2 auf 1448 Erhebungen in den Jahren 2011 bis 2016. Die mittleren Konzentrationen von N-NO₃, P-PO₄ und P_{tot} sind zwischen den Messperioden 2000-2010 und 2011-2016 gestiegen. Bei den restlichen Parametern (N-NO₂, N-NH₄ und DOC) konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Es kann von einer Verschlechterung des allgemeinen chemisch-physikalischen Zustandes ausgegangen werden.

3.3.3 Pestizide

Abbildung 20 zeigt die Zusammensetzung der Pestizid-Beurteilungen im ganzen Kanton. Zwei Drittel der 118 beprobten Stationen weisen eine genügende Qualität auf (gute oder sehr gute Qualität).

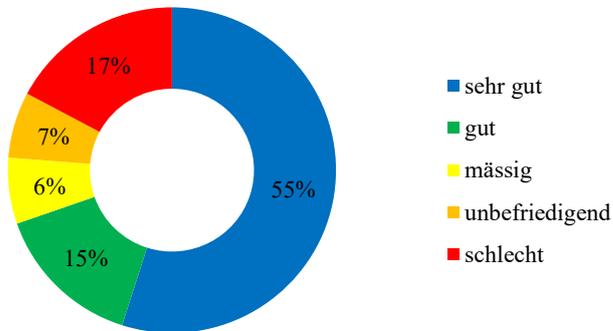


Abbildung 20: Zusammensetzung der Pestizid-Beurteilung im ganzen Kanton

Betrachtet man die Fließgewässer einzeln, wird eine grosse Variabilität festgestellt (Abbildung 21). Während die Messstationen der Oberen Saane, Jaunbach, Neirigue, Sense und Vivisbach ausschliesslich sehr gute Qualität aufweisen, sind Stationen mit ungenügender Qualität (schlecht, unbefriedigend und mässig) bei in der Arbogne, Bibera, Chandon, Kleine Glane und Sonmaz in der Mehrzahl.

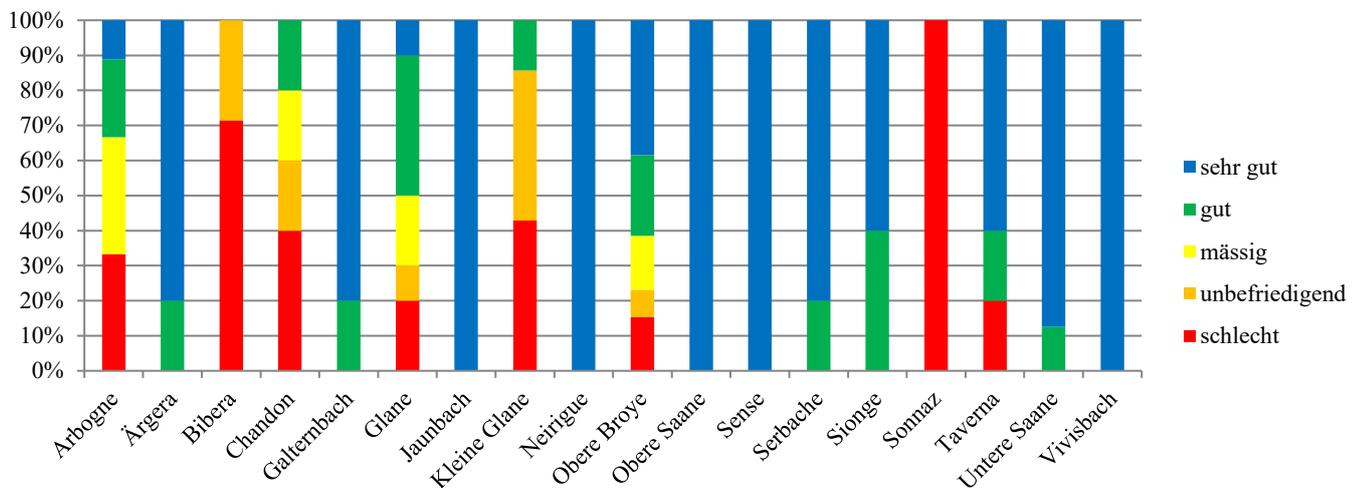


Abbildung 21: Zusammensetzung der Pestizid-Beurteilung pro Fließgewässer inklusive Hauptzuflüsse.

Abbildung 22 zeigt die geographische Verteilung der Messpunkte mit der Pestizid-Beurteilung. Eine deutliche räumliche Verteilung wird ersichtlich. Während die Gewässer im Südosten mehrheitlich eine gute bis sehr gute Qualität aufweisen, haben die Fließgewässer der Einzugsgebiete im Nordwesten ungenügende Qualität.

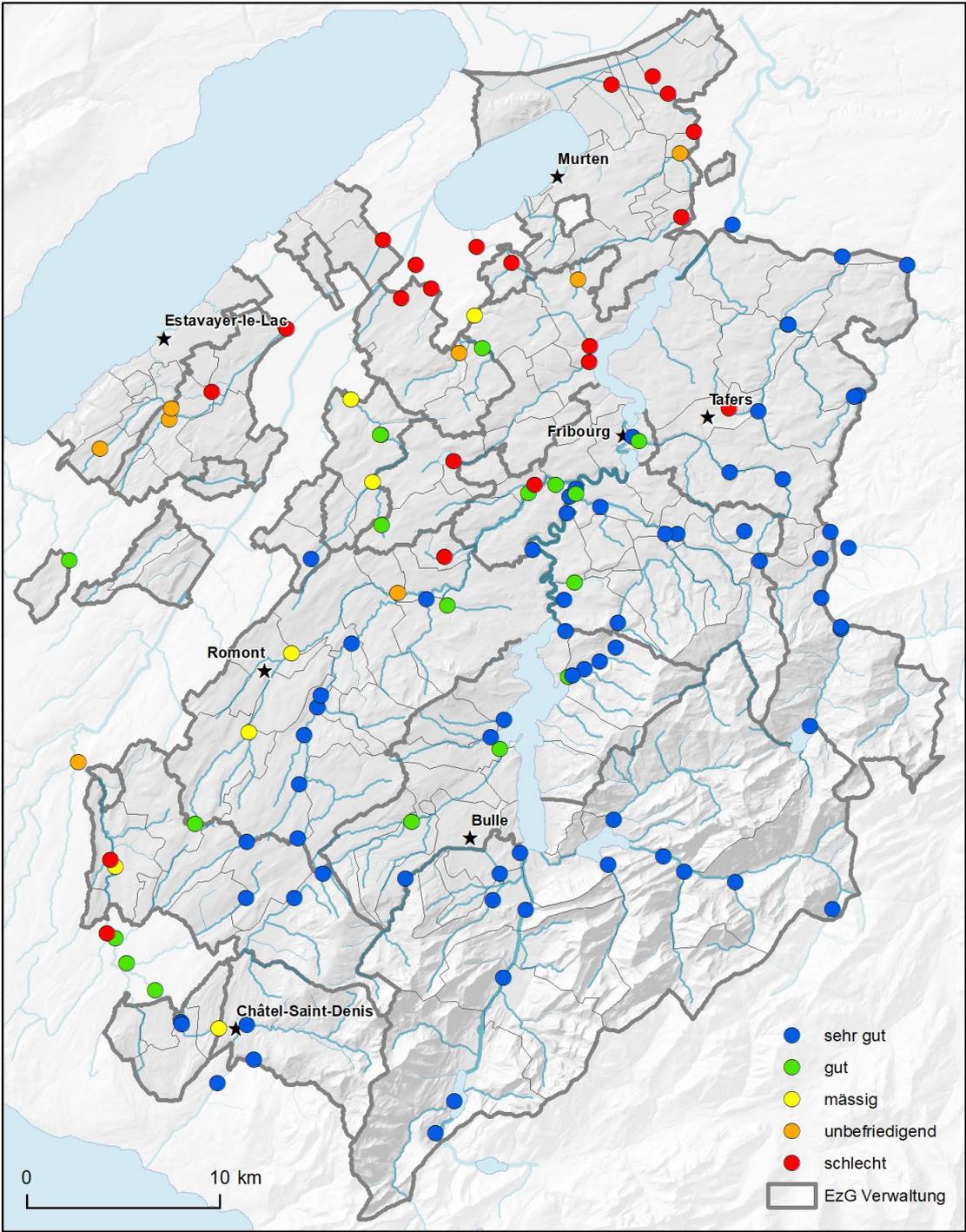


Abbildung 22: Messstationen mit Pestizid-Beurteilung.

3.3.4 Schwermetalle

Die Schwermetalle werden erst seit 2013 flächendeckend erhoben. In den folgenden Resultaten fehlen daher die Werte der Arbogne, des Chandons, der kleinen Glane, der Glane und der Neirigue. Die Beurteilung wurde anhand folgender Tabelle vorgenommen (Tabelle 1). Als zu beurteilenden Wert wurde das 90. Perzentil von 12 Stichproben genommen.

Tabelle 1: Beurteilung der Schwermetallresultate, entwickelt vom AfU Freiburg.

Beurteilung	Blei (gelöst) [µg/L Pb]	Kadmium (gelöst) [µg/L Cd]	Chrom (III und VI) [µg/L Cr]	Kupfer (gelöst) [µg/L Cu]	Nickel (gelöst) [µg/L Ni]	Quecksilber (gelöst) [µg/L Hg]	Zink (gelöst) [µg/L Zn]
Seht gut	bis <0.5	bis <0.025	bis <1.0	bis <1.0	bis <2.5	bis <0.005	bis <2.5
Gut	0.5 bis <1.0	0.025 bis <0.05	1.0 bis <2.0	1.0 bis <2.0	2.5 bis <5.0	0.005 bis <0.010	2.5 bis <5.0
Mässig	1.0 bis <1.5	0.05 bis <0.075	2.0 bis <3.0	2.0 bis <3.0	5.0 bis <7.5	0.010 bis <0.015	5.0 bis <7.5
Unbefriedigend	1.5 bis <2.0	0.075 bis <0.10	3.0 bis <4.0	3.0 bis <4.0	7.5 bis 10.0	0.015 bis <0.020	7.5 bis <10.0
Schlecht	>2.0	>0.10	>4.0	>4.0	>10.0	>0.020	>10.0
Genzwert GschV	1	0.05	2	2	5	0.01	5

Im Kanton Freiburg wird vor allem Zink und Kupfer nachgewiesen. Auch Chrom wurde an einigen Stationen gefunden (Abbildung 23). Aufgrund von Messungenauigkeiten konnten die Quecksilberresultate nicht zuverlässig bestimmt werden. Es ist schwierig diese Stoffe eindeutigen Quellen zuzuweisen, da viele Materialien diese Metalle in verarbeiteter Form beinhalten. Es könnte auch einen Zusammenhang mit der Strassenentwässerung von viel befahrenen Strassen bestehen oder aber auch aus natürlichen Quellen stammen.

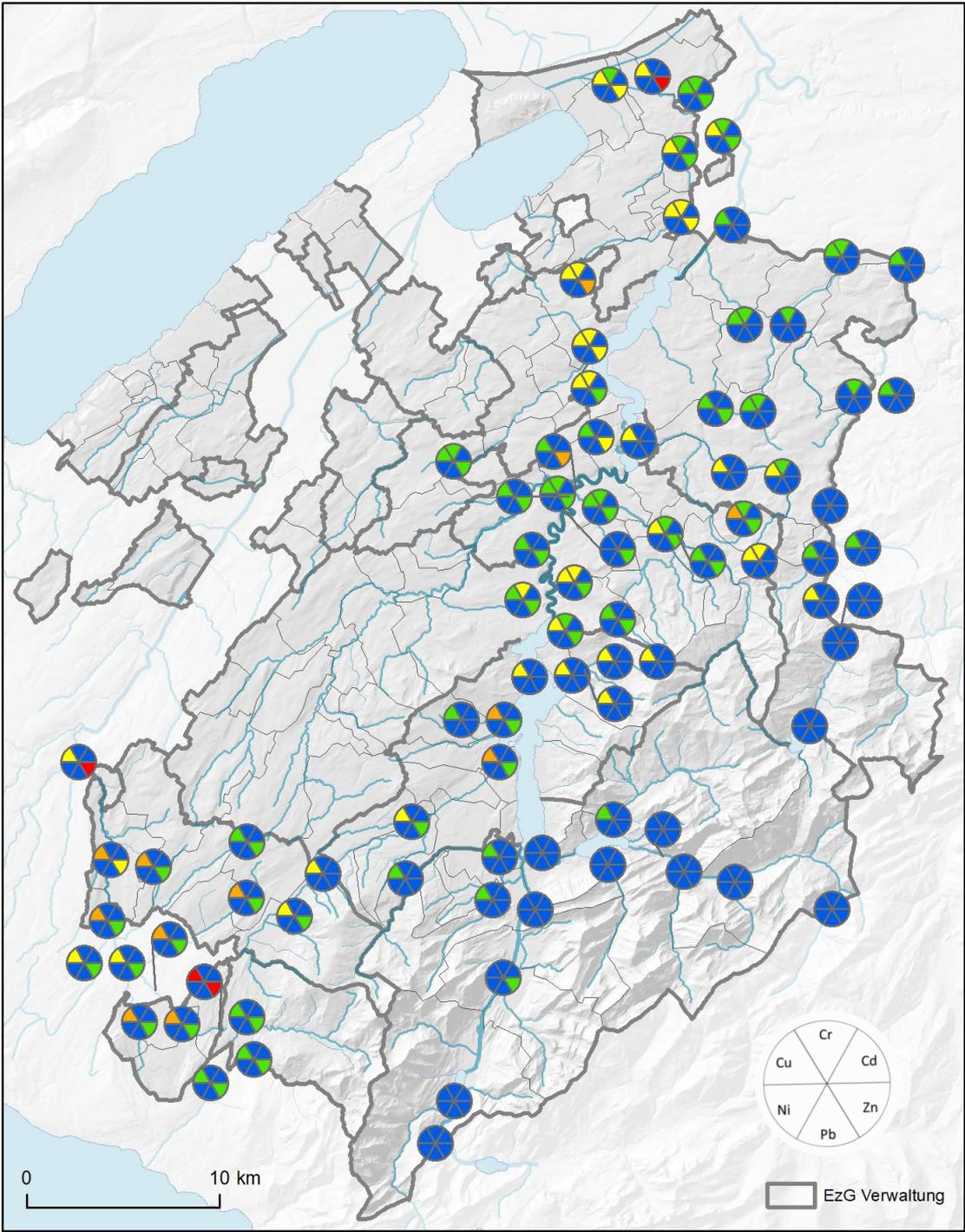


Abbildung 23: Messstellen mit den Resultaten der Schwermetalluntersuchungen.

3.4 Vergleich mit der Schweiz

Die Resultate der kantonalen Untersuchung wurden mit denen des schweizweiten Überwachungsnetzes (NAWA) verglichen. Tabelle 2 zeigt den Anteil der Messstellen, welche in den jeweiligen Parametern eine genügende Klasse (gute oder sehr gute Qualitätsbeurteilung) erreichten.

Die Anteile der erfüllten Zielwerte in Freiburg sind bis auf zwei Parameter (N-NH₄ und P-tot) deutlich tiefer als in der schweizweiten Untersuchung. Im NAWA-Programm werden vor allem grosse Fliessgewässer untersucht, die im Kanton Freiburg gar nicht vorkommen. Dies kann ein Grund sein für die grossen Unterschiede in der Qualität. Grosse Gewässer sind weniger anfällig auf äussere Einflüsse wie zum Beispiel diffuse Einträge [8] und haben in der Regel eine bessere chemische Qualität.

Tabelle 2: Resultate der NAWA-Untersuchung, übernommen aus [9].

	Anteil Messstellen mit erfülltem Zielwert (%)					
	DOC	N-NH ₄	N-NO ₃	N-NO ₂	P-PO ₄	Ptot
NAWA 2011-2014	87.25	95	90.25	89.5	70.5	54.5
Kanton Freiburg 2011-2016	54	93	76	82	47	51

Im Rahmen der NAWA-Untersuchungen wurden schweizweit 88 Messstellen zwischen 2011 und 2014 mit dem IBCH untersucht. 62% der Untersuchungen erhielten eine gute oder sehr gute Beurteilung. Von den 174 im Kanton Freiburg untersuchten Messstellen erreichten 75 % eine genügende Beurteilung (gute oder sehr gute Qualität). Auch hier wird der Grössenunterschied der beprobten Flussabschnitte ersichtlich. Der IBCH wurde für mittlere und kleine Fliessgewässer entwickelt und erzielt auch dort die besten Werte.

Tabelle 3: Anteil der erfüllten Zielwerte der Untersuchungen der benthischen Fauna schweizweit und im Kanton Freiburg.

Schweiz	88 Messstellen	62 % gut oder sehr gut
Freiburg	174 Messstellen	75% gut oder sehr gut

3.5 Vergleich der 6 Überwachungsjahre

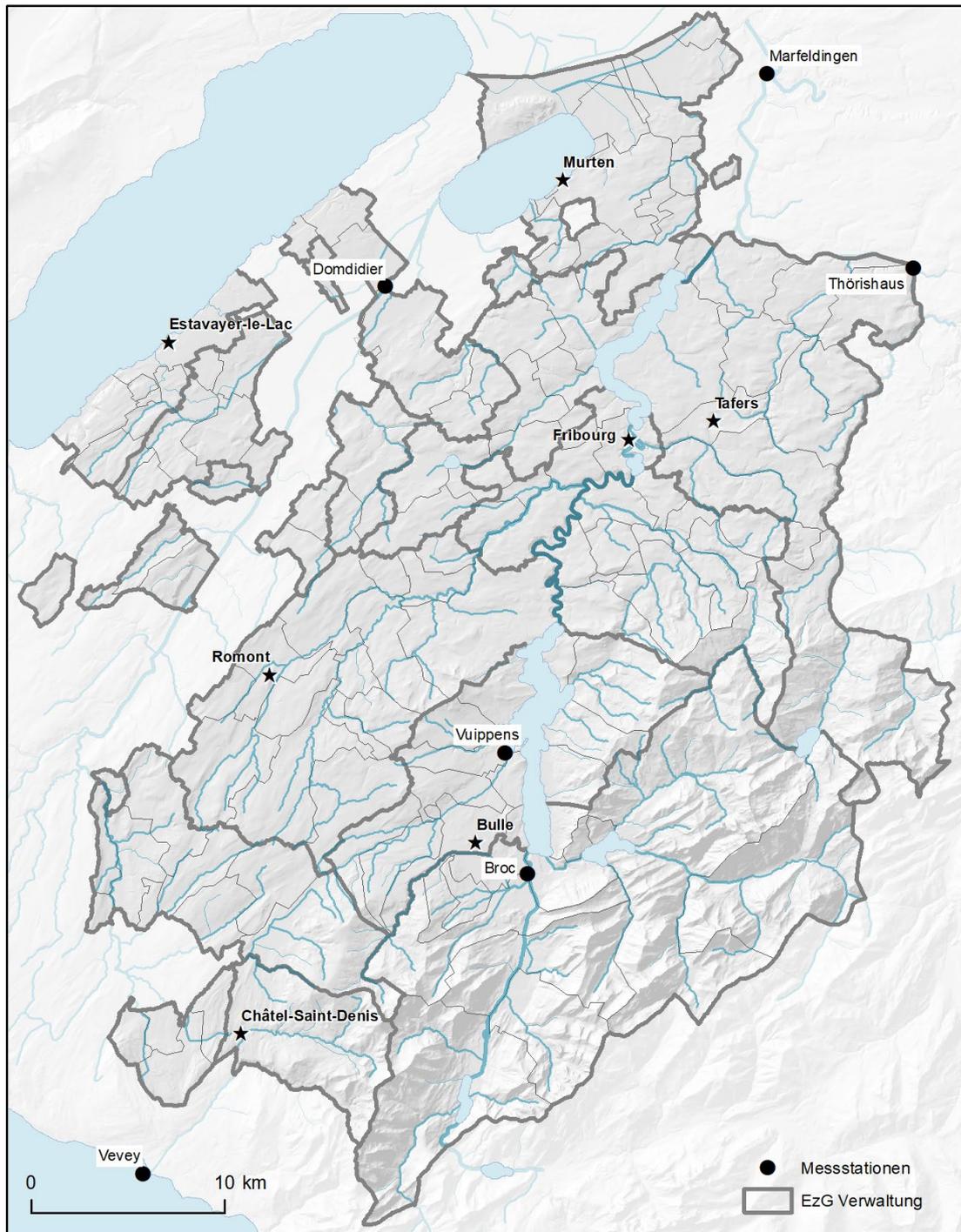


Abbildung 24: NAWA-Stationen im und in unmittelbarer Nähe vom Kanton Freiburg.

Mit den Stationen der nationalen Beobachtung der Oberflächenwasserqualität (NAWA) im und in unmittelbarer Nähe vom Kanton Freiburg, können die verschiedenen Jahre der Beobachtung (2011-2016) untereinander verglichen werden. So kann die Kontinuität und die Vergleichbarkeit der verschiedenen Untersuchungsjahre sichergestellt werden. Abbildung 24 zeigt die 6 NAWA Stationen. Die Resultate werden in folgender Tabelle (Tabelle 4) abgebildet. Während der 6 Jahre konnte keine Entwicklung festgestellt werden. Auffällig ist jedoch der Ptot-Wert im Jahr 2015, welcher markant höher ist, als in den anderen Jahren. Es muss davon ausgegangen werden, dass dieser

Wert direkt mit den Witterungsverhältnissen und der Bodenerosion zusammenhängt, worauf das Ptot stark reagiert. Es kann daher angenommen werden, dass die Ptot-Werte vom Jahr 2015 im kantonalen Monitoring in den Gewässern Obere Saane, Serbache, Sionge, Jaunbach und deren wichtigsten Zuflüssen überschätzt sind.

Tabelle 4 : Resultate der alljährlich gemessenen NAWA-Stationen im Kanton Freiburg und in der unmittelbaren Umgebung. Die Ziffern zeigen das 90. Perzentil von 12 Messungen, klassifiziert nach dem MSK.

Broye Domdidier

	DOC	N-NO ₂	N-NO ₃	N-NH ₄	P-PO ₄	Ptot
2011	5.2	0.245	5.05	0.487	0.023	0.332
2012	5.3	0.239	3.97	0.646	0.053	0.097
2013	3.4	0.101	3.97	0.383	0.032	0.139
2014	3.2	0.135	3.90	0.350	0.017	0.053
2015	4.7	0.143	3.93	0.333	0.044	0.395
2016	5.3	0.076	4.19	0.274	0.050	0.288

Saane Broc

	DOC	N-NO ₂	N-NO ₃	N-NH ₄	P-PO ₄	Ptot
2011	1.9	0.012	1.11	0.052	0.005	0.020
2012	3.5	0.016	1.15	0.027	0.008	0.027
2013	2.1	0.019	1.00	0.065	0.005	0.025
2014	2.6	0.019	1.06	0.032	0.006	0.030
2015	3.1	0.008	0.88	0.042	0.005	0.210
2016	2.7	0.008	0.96	0.040	0.004	0.028

Saane Marfeldingen

	DOC	N-NO ₂	N-NO ₃	N-NH ₄	P-PO ₄	Ptot
2011	2.7	0.035	2.08	0.161	0.016	0.044
2012	2.6	0.029	1.63	0.191	0.026	0.043
2013	2.4	0.030	2.27	0.125	0.018	0.036
2014	2.2	0.029	2.09	0.161	0.018	0.038
2015	2.7	0.038	1.93	0.134	0.016	0.208
2016	2.5	0.035	2.10	0.109	0.020	0.049

Sense Thörishaus

	DOC	N-NO ₂	N-NO ₃	N-NH ₄	P-PO ₄	Ptot
2011	2.5	0.004	1.83	0.028	0.009	0.019
2012	3.3	0.006	2.12	0.020	0.017	0.034
2013	2.5	0.005	2.18	0.017	0.013	0.025
2014	2.3	0.005	2.03	0.016	0.012	0.017
2015	4.2	0.002	1.76	0.026	0.013	0.295
2016	2.6	0.004	2.02	0.012	0.009	0.023

Sionge Vuippens

	DOC	N-NO ₂	N-NO ₃	N-NH ₄	P-PO ₄	Ptot
2011	3.9	0.017	2.49	0.043	0.016	0.029
2012	4.0	0.017	2.57	0.110	0.037	0.102
2013	3.4	0.021	2.39	0.030	0.024	0.043
2014	4.4	0.025	2.22	0.032	0.032	0.065
2015	4.3	0.011	2.20	0.113	0.069	0.120
2016	4.5	0.008	2.03	0.056	0.025	0.046

Veveyse Vevey

	DOC	N-NO ₂	N-NO ₃	N-NH ₄	P-PO ₄	Ptot
2011	6.9	0.007	0.87	0.054	0.011	1.775
2012	5.0	0.005	1.28	0.027	0.006	0.095
2013	2.9	0.005	0.87	0.021	0.005	0.032
2014	2.6	0.007	0.77	0.047	0.009	0.038
2015	4.0	0.006	0.74	0.087	0.015	0.510
2016	3.5	0.000	0.70	0.019	0.007	0.100

4 Resultate - Seen

Folgende Karte (Abbildung 25) zeigt die Standorte der Seenuntersuchungen:

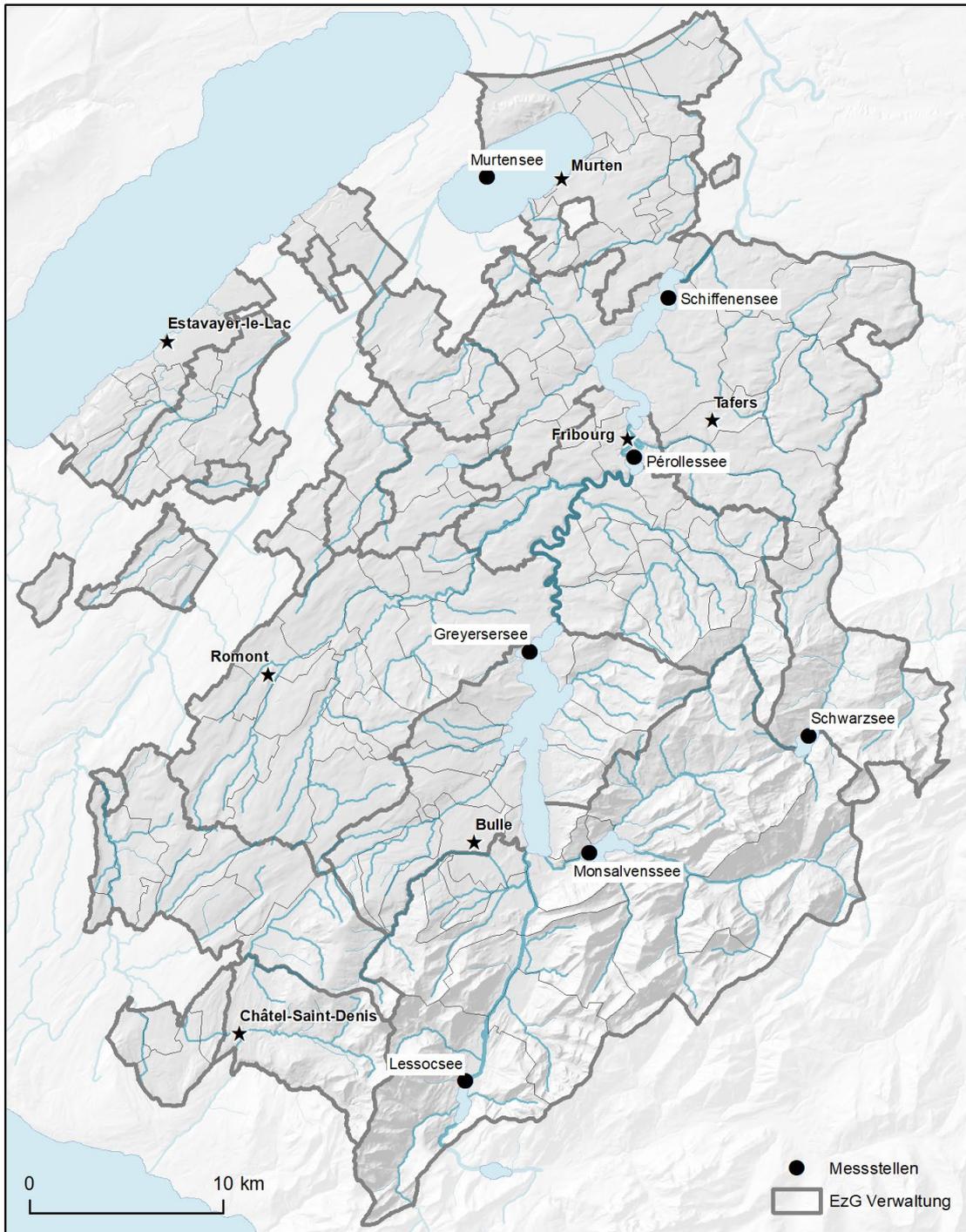


Abbildung 25: Standorte der Seenuntersuchungen

4.1 Murtensee

4.1.1 Phosphor

Der Murtensee wird 4-mal jährlich an seiner tiefsten Stelle, alle 5 bis 10m Tiefe beprobt. Die folgenden Grafiken (Abbildung 26) zeigen die mittlere jährliche Konzentration von P_{tot} im See. Seit den frühen 80er Jahren kann eine deutliche Abnahme der P_{tot} Konzentration beobachtet werden. In den letzten 10 Jahren (Abbildung 26 rechts) blieb die Konzentration auf einem relativ tiefen Niveau stabil.

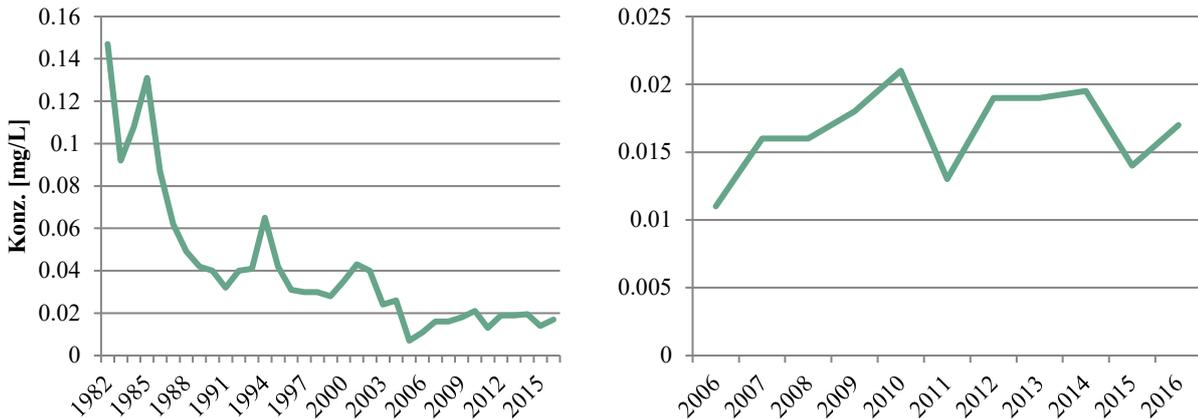


Abbildung 26: Entwicklung der mittleren Konzentration des Gesamtphosphors im Murtensee. Die linke Grafik zeigt die gesamte Messperiode seit 1982, in der rechten Grafik sind die Konzentrationen der letzten 10 Jahren (2006 bis 2016) dargestellt.

4.1.2 Sauerstoff

Abbildung 27 zeigt die Sauerstoffverhältnisse im Murtensee zwischen 2007 und 2016. Gemessen wurde allmonatlich mit einer Sonde jeden Meter. Auf der X-Achse ist die Seetiefe abgebildet und auf der Y-Achse der zeitliche Verlauf. Anfang Jahr hat der See in allen Tiefen eine Sauerstoffsättigung nahe bei 100%. Daraus kann man schliessen, dass der See vollständig durchmischt wird und auch die Tiefen mit viel Sauerstoff versorgt werden. Mit der Schichtung des Sees die meist im April/Mai beginnt, beginnt auch die Sauerstoffzehrung im Hypolimnion (untere Wasserschicht). Der gesetzliche Grenzwert für den Sauerstoffgehalt im Wasser, definiert in der GschV, liegt bei 4 mg/L. Die hellen Zonen auf der Grafik zeigen die anoxischen Zonen des Wassers. Über mehrere Monate ist das Wasser ab einer Tiefe von 10-15 m mit Sauerstoff unterversorgt.

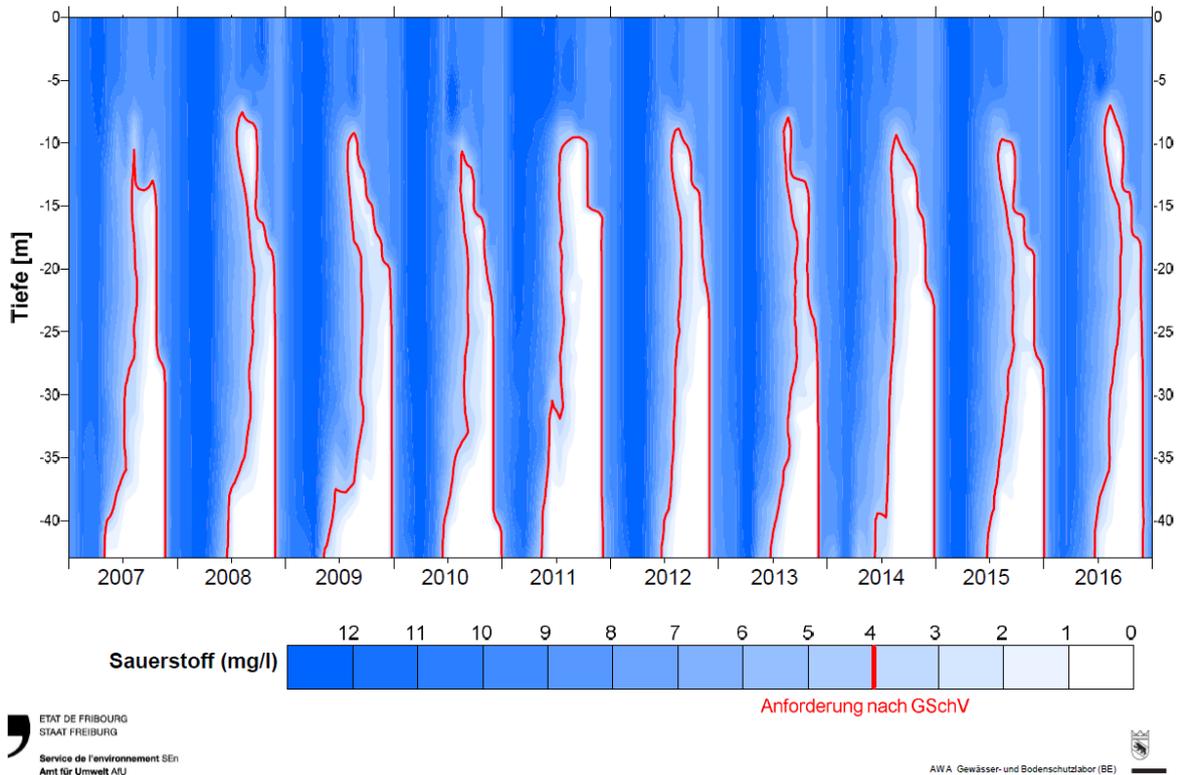


Abbildung 27: Tiefenprofile der Sauerstoffkonzentration im Jahresverlauf von 2007 bis 2016. Publiziert auf der Webseite: www.die3seen.ch.

Die folgende Grafik (Abbildung 28) zeigt die Sauerstoffkonzentration gemessen in 40m Tiefe. Auch hier ist deutlich ersichtlich, dass der See jedes Jahr vollständig durchmischt wird. Die Sauerstoffkonzentrationen variieren zwischen 12 mg/L im Winter, was einer 100% Sättigung entspricht und 0 mg/L im Sommer während der Schichtungsphase. Vor 1999 wurden am Grund höhere Konzentrationen gemessen als nach 1999. Dies kann mit den älteren Labormethoden erklärt werden, die vor allem im Tiefstbereich ungenau messen. Es muss angenommen werden, dass die Sauerstoffwerte in der Tiefe in den letzten 35 Jahren unverändert blieben [10].

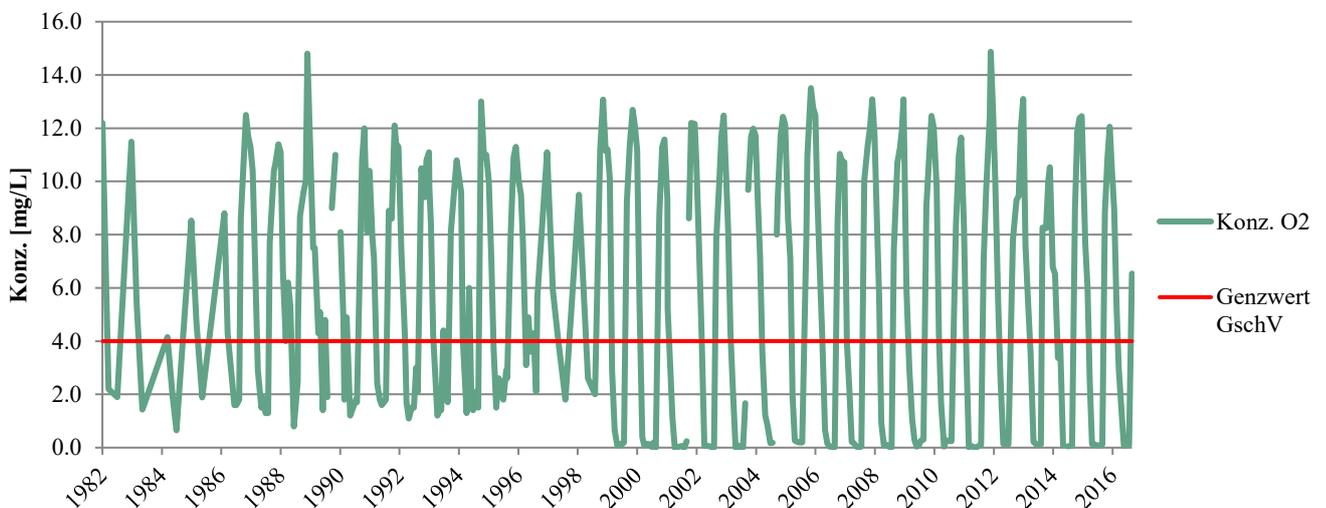


Abbildung 28: Entwicklung der Sauerstoffkonzentration am Seegrund des Murtensees zwischen 1982 und 2016.

4.1.3 Pestizide

Seit 2006 wird das Wasser des Murtensees mehrmals jährlich auf Pestizide hin untersucht. Die Resultate sind in Tabelle 5 ersichtlich. Bei den blauen Kästchen wurde die jeweilige Substanz in keiner Probe nachgewiesen. Bei den gelben wurde die Substanz in einer Konzentration von weniger als 100 ng/L gefunden und bei den roten Kästchen überstieg die Konzentration des Pestizids die von der GschV verlangten 100ng/L. Wie schon in Kapitel 3.5, sticht auch hier das Jahr 2015 ins Auge. In diesem Jahr wurden sämtliche untersuchten Substanzen nachgewiesen. Die Vermutung liegt nah, dass auch in diesem Fall die Bodenerosion die entscheidende Rolle zu diesem Resultat gespielt hat. Ob es sich bei den Jahren 2006 und 2007 auch um ein ähnliches Phänomen handelt, ist unbekannt.

Tabelle 5: Resultate der Pestizid-Untersuchungen im Murtensee von 2006 bis 2016.

	Atrazin-desisopropyl	2,6-Dichlorobenzamid	Metamitron	Atrazin-desethyl	Simazin	Cyazin	Atrazin	Isoproturon	Diuron	Propazin	Terbutylazin	Linuron	Terbutryn	Metolachlor	Chlortuol	Metazachlor
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
2006	blau	-	blau	rot	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	-	blau	-	-
2007	blau	blau	rot	blau	blau	rot	blau	blau	blau	blau	blau	-	blau	-	-	-
2008	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	-	-
2009	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	-
2010	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	-
2011	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau
2012	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau
2013	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau
2014	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau
2015	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau
2016	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau

4.1.4 Fischfauna

Im Jahr 2010 wurde im Auftrag des Eawag im Rahmen des Projekts Lac (<http://www.eawag.ch/de/abteilung/fishec/projekte/projet-lac/>) die Fischfauna im Murtensee untersucht. Eine repräsentative Abfischung wurde durchgeführt und mit historischen Sammlungen und Berichten verglichen. Die ursprüngliche Diversität (Stand 1840) im Murtensee belief sich auch 29 Arten. Heute können noch 18 indigene Arten gefunden werden. Dazu kommen 4 eingeführte Arten. 36% der indigenen Fischarten sind in den letzten 170 Jahren verschwunden. Die Gründe für diesen Rückgang sind vielfältig: Mit den Juragewässerkorrekturen wurde die Seeoberfläche um 15% verkleinert, Die strukturreichen Uferhabitate wurden fast um einen Drittel reduziert und die Ufer des Sees wurden verbaut. Der Sauerstoffmangel während des Sommers in den tieferen Schichten hat ebenfalls einen starken Einfluss auf die Fischpopulation. Die gefangenen Fische hielten sich mehrheitlich in den oberen 20m des Sees auf [11].

4.2 Andere Seen

4.2.1 Schiffenensee

Gesamtphosphor an der Seeoberfläche

Betrachtet man die Daten seit den frühen 80er Jahren, ist ein starker Rückgang des Gesamtphosphors im Schiffenensee ersichtlich (Abbildung 29). Werden nur die letzten Zehn Jahren betrachtet, kann eine leichte Erhöhung der Phosphorkonzentration an der Seeoberfläche festgestellt werden.

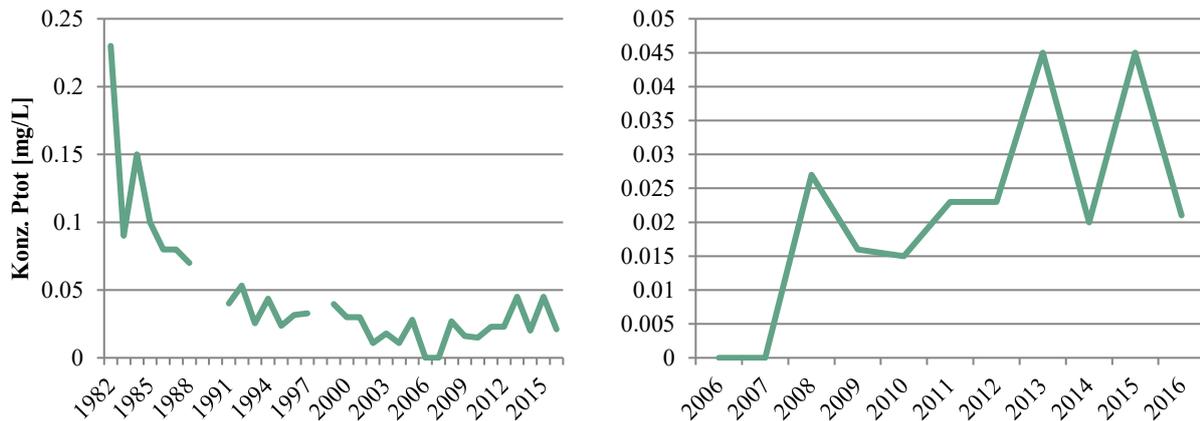


Abbildung 29: Entwicklung der Konzentration des Gesamtphosphors im Schiffenensee gemessen an der Seeoberfläche Die linke Grafik zeigt die gesamte Messperiode seit 1982, in der rechten Grafik sind die Konzentrationen der letzten 10 Jahren (2006 bis 2016) dargestellt.

Sauerstoff am Grund (25m)

Wie auf Abbildung 30 ersichtlich, kann kein Trend über die letzten 34 Jahre ausgemacht werden. Die Sauerstoffkonzentration befand sich mit drei Ausnahmen immer über dem gesetzlichen Grenzwert. Die Messungen wurden jeweils im Juni gemacht. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass im Spätsommer, während der vollständigen Stratifikation und dauernder Sauerstoffzehrung in der Tiefe, die Konzentration deutlich tiefer lag.

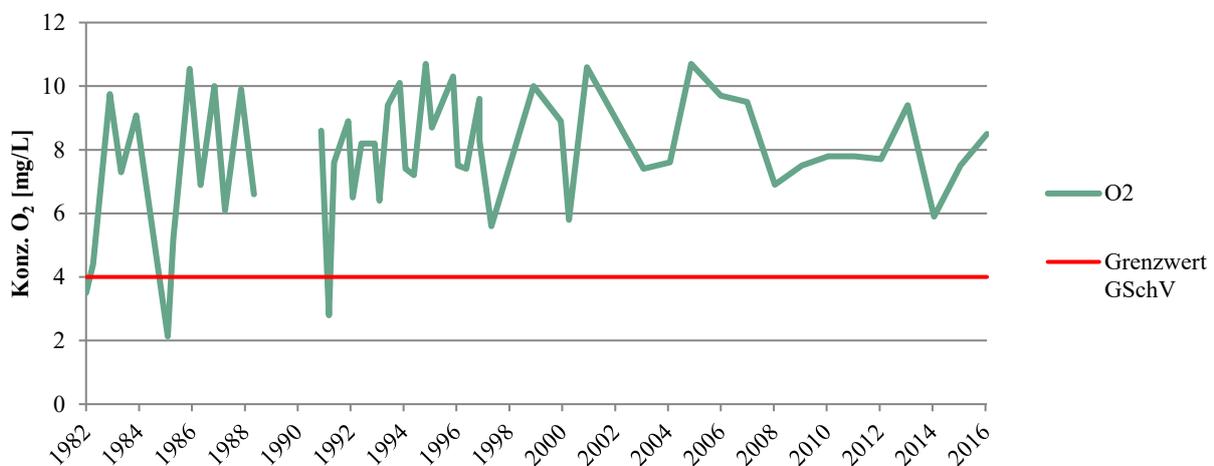


Abbildung 30: Entwicklung der Sauerstoffkonzentration am Seegrund des Schiffenensees.

4.2.2 Greyerzersee

Gesamtphosphor an der Seeoberfläche

Wie beim Schiffensee sind die Gesamtphosphor-Werte im Greyerzersee seit den frühen 80ern zurückgegangen (Abbildung 31). Die Phosphorkonzentration zu Beginn der Messungen 1983 ist mit 0.097 mg/L deutlich tiefer als jene vom Schiffensee (0.230 mg/L). Wie auch beim Schiffensee konnte in den letzten zehn Jahren ein erneuter Anstieg der Werte beobachtet werden, wobei beachtet werden muss, dass der Wert vom 2015 wahrscheinlich durch Witterungsbedingungen zustande gekommen ist (vergleiche Kapitel 3.5).

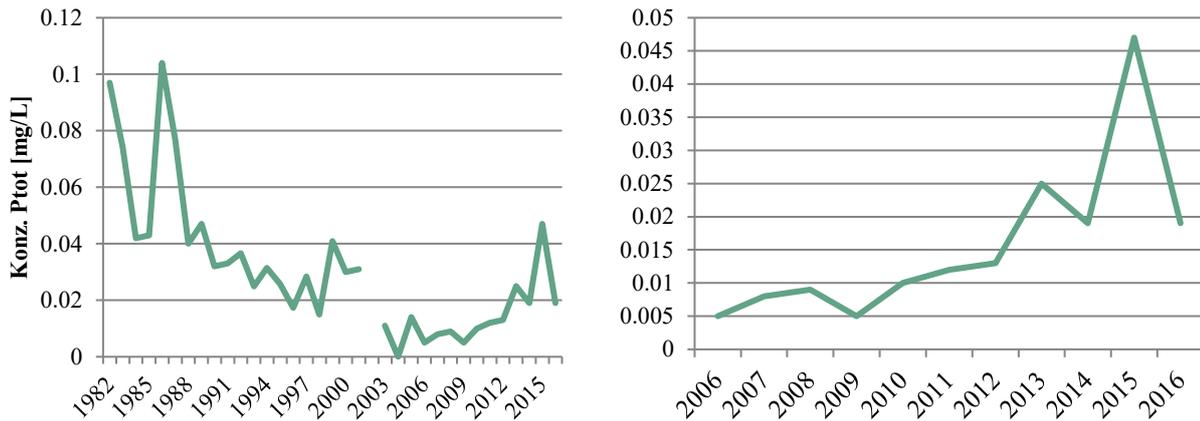


Abbildung 31: Entwicklung der Konzentration des Gesamtphosphors im Greyerzersee gemessen an der Seeoberfläche. Die linke Grafik zeigt die gesamte Messperiode seit 1982, in der rechten Grafik sind die Konzentrationen der letzten 10 Jahren (2006 bis 2016) dargestellt.

Sauerstoff am Grund (50m)

Wie auf Abbildung 32 ersichtlich, kann kein Trend über die letzten 34 Jahre ausgemacht werden. Die Sauerstoffkonzentration befand sich mehrheitlich über dem gesetzlichen Grenzwert.

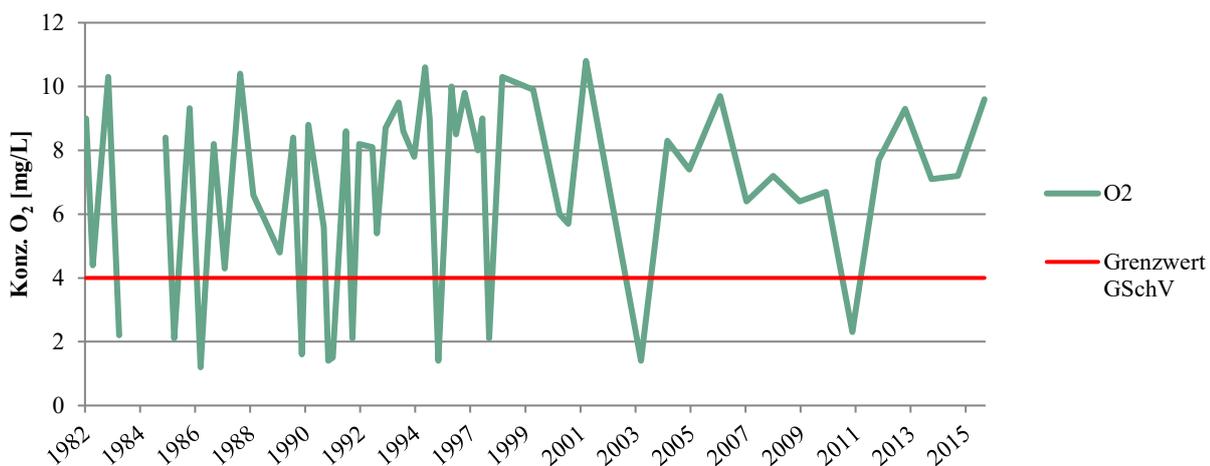


Abbildung 32: Entwicklung der Sauerstoffkonzentration am Seegrund des Greyerzersees.

4.2.3 Kleine Seen

Unter den kleinen Seen werden der Lessoc-See, der Montsalvens-See, der Perolles-See und der Schwarzsee verstanden. Diese Seen wurden in den Jahren 1997, 2008/2009 und 2013 untersucht. Abbildung 33 zeigt die Konzentration des Gesamtphosphors an der Oberfläche.

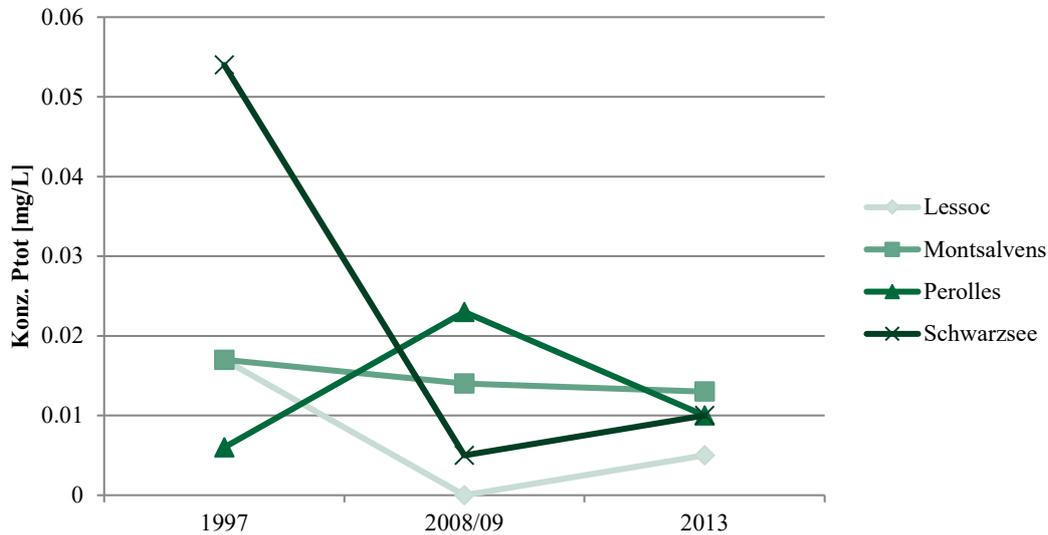


Abbildung 33: Ptot-Konzentrationen an der Seeoberfläche der kleinen Seen

Auf der folgenden Grafik (Abbildung 34) ist die Sauerstoffkonzentration auf dem Grund des Sees abgebildet. Bis auch den Schwarzsee im Jahr 2013 bliebe alle Messungen über dem kritischen Wert von 4mg/L.

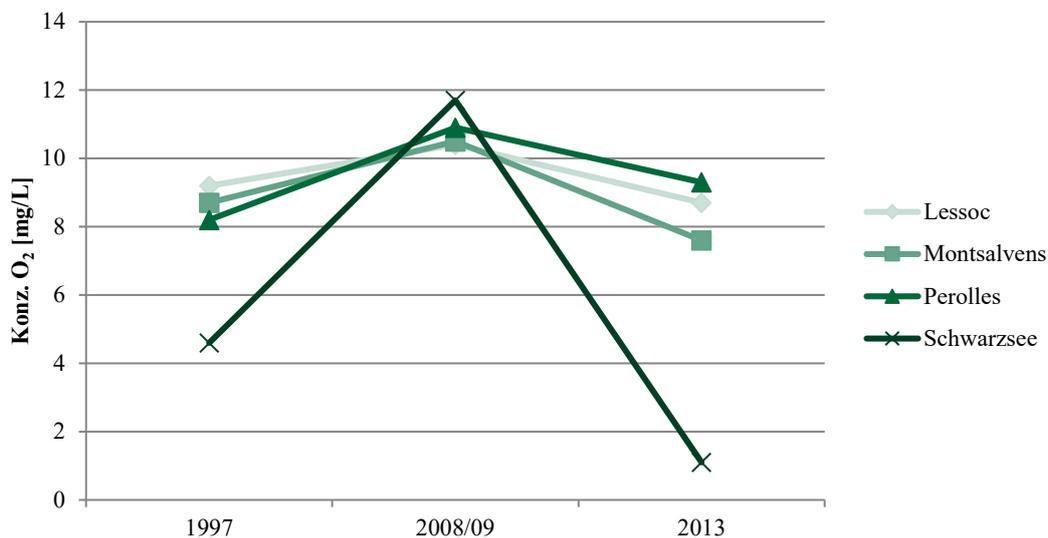


Abbildung 34: Sauerstoffkonzentration gemessen am Grund der kleinen Seen

Weder beim Gesamtphosphor noch beim Sauerstoff kann ein Trend über die Jahre ausgemacht werden. Die Datengrundlage ist bei den kleinen Seen unzureichend um zuverlässige Aussagen zu machen.

4.2.4 Pestizide

Zusammen mit den klassischen physikalisch-chemischen Parameter, wurden auch 16 ausgewählte Pestizide gemessen. Die folgende Tabelle (Tabelle 6) zeigt die Resultate dieser Analyse. Bei den blauen Kästchen wurden keine Pestizide nachgewiesen. Die gelben Kästchen zeigen einen Nachweis von Pflanzenschutzmittel jedoch in einer geringen Konzentration (unter 100 ng/L). Bei den rot gefärbten Messungen wurde eine Überschreitung des gesetzlichen Grenzwertes von 100 ng/L festgestellt. Dies war im Schiffensee in den Jahren 2011 und 2016 beim Stoff Tetbuthylazin, einem Herbizid. Die Wasserproben von allen Tiefen wurden miteinbezogen.

Tabelle 6: Resultate der Pestizid-Untersuchungen der Seen

	Schiffensee	Greyerz	Perolles	Schwarzsee	Monsalvens	Lessoc
2008	-	-				
2009			-	-	-	-
2010			-	-	-	-
2011	Tba		-	-	-	-
2012			-	-	-	-
2013						
2014			-	-	-	-
2015			-	-	-	-
2016	Tba		-	-	-	-

5 Grundwasser

Dieses Kapitel wurde von dem Sachplan Grundwasser [12] übernommen.

5.1 Nitrat

Anhand der Daten von 94 Probenahmestellen des Amtes für Umwelt (AfU) und von 273 Probenahmestellen des Amtes für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (LSVW) wurde eine Karte der Nitrat-Konzentrationen (Abbildung 36) für die Periode 2013-2014 erstellt.

Aus dieser Karte geht hervor, dass die höchsten Nitrat-Konzentrationen, welche die Anforderungswerte für Grundwasser nach GSchV (25 mg/l NO₃) und der Verordnung der EDI über Trinkwasser sowie Wasser in öffentlich zugänglichen Bädern und Duschanlagen (TBDV) (40 mg/l NO₃) überschreiten, ausschliesslich im nördlichen und nordwestlichen Teil des Kantons vorkommen. Diese Gebiete im Flach- und Mittelland sind durch Ackerbau geprägt, was den engen Zusammenhang zwischen Bodennutzung und Grundwasserqualität bestätigt.

Die Statistik der Nitrat-Konzentrationen, die für 307 über das gesamte Kantonsgebiet verteilte Grundwasservorkommen erstellt wurde (Abbildung 35), zeigt:

- > An 203 Messstellen (66%) werden die Anforderungen an die Grundwasserqualität eingehalten; die Konzentrationen liegen unter dem Zielwert nach GSchV;
- > an 71 Messstellen (23%) liegen die Konzentrationen zwischen dem Anforderungswert nach GSchV und dem Toleranzwert für Trinkwasser nach TBDV;
- > an 32 Messstellen (11%) überschreiten die Konzentrationen den Toleranzwert für Trinkwasser nach TBDV.

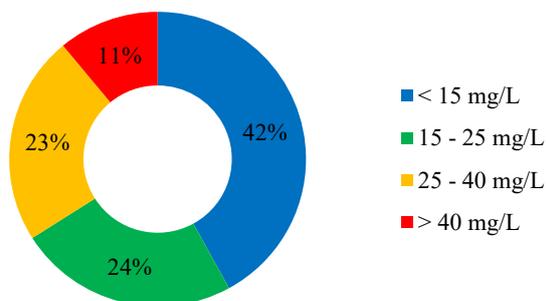


Abbildung 35: Statistik der Nitrat-Konzentrationen im Grundwasser des Kantons (Periode 2013-2014)

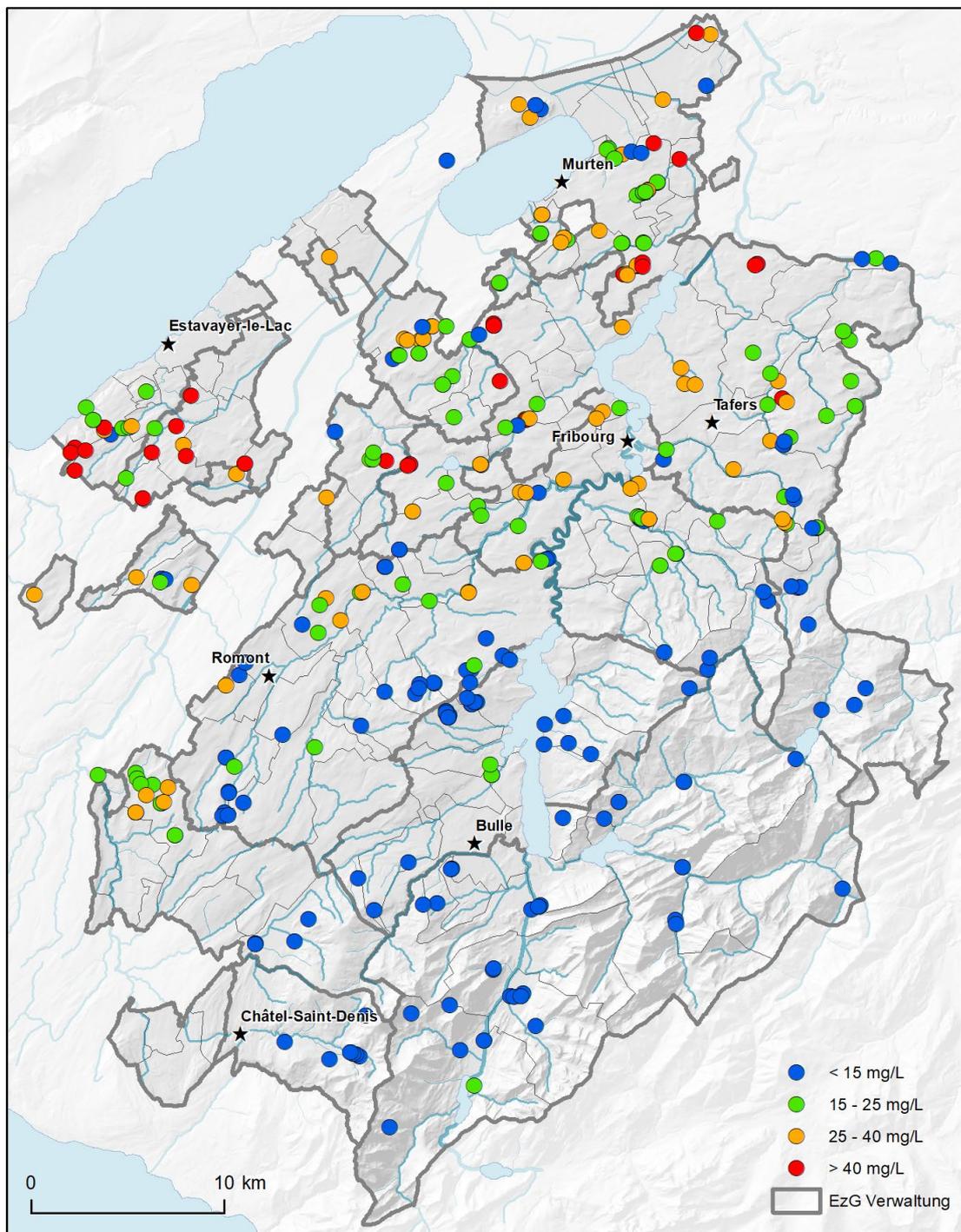


Abbildung 36: Maximale Nitrat-Konzentration im Grundwasser in der Periode 2013 – 2014.

5.2 Pestizide

Eine Karte der höchsten Konzentrationen von Pflanzenschutzmitteln (Summe der Konzentrationen) im Grundwasser wurde anhand der von 2010 bis 2014 an 60 Kontrollstationen der Messnetze «Esout Qual» und «NAQUA» gemessenen Werte erstellt (Abbildung 37).

Wie bei den Nitrat-Konzentrationen (Abbildung 36) wurden die höchsten Werte ebenfalls im nördlichen und nordwestlichen Teil des Kantons gemessen.

In der Überwachungsperiode 2010-2014 zeigt sich folgendes Bild:

- > An 29 Messstellen (48%) wurde mindestens ein Pflanzenschutzmittel mindestens einmal in einer Konzentration nachgewiesen, die unter dem TBDV -Toleranzwert von 100 ng/l für Trinkwasser lag;
- > an 11 Messstellen (18%) wurde mindestens ein Pflanzenschutzmittel mindestens einmal in einer Konzentration nachgewiesen, die über dem TBDV -Toleranzwert von 100 ng/l lag;
- > an 4 Messstellen (7%) überschritt die Summe der Konzentrationen aller Pflanzenschutzmittel mindestens einmal den TBDV -Toleranzwert von 500 ng/l für Trinkwasser.

Von den an einigen Messstellen untersuchten 75 Produkten wurden 20 Substanzen mindestens einmal nachgewiesen. Der TBDV -Toleranzwert von 100 ng/l wurde bei 9 Substanzen mindestens einmal überschritten.

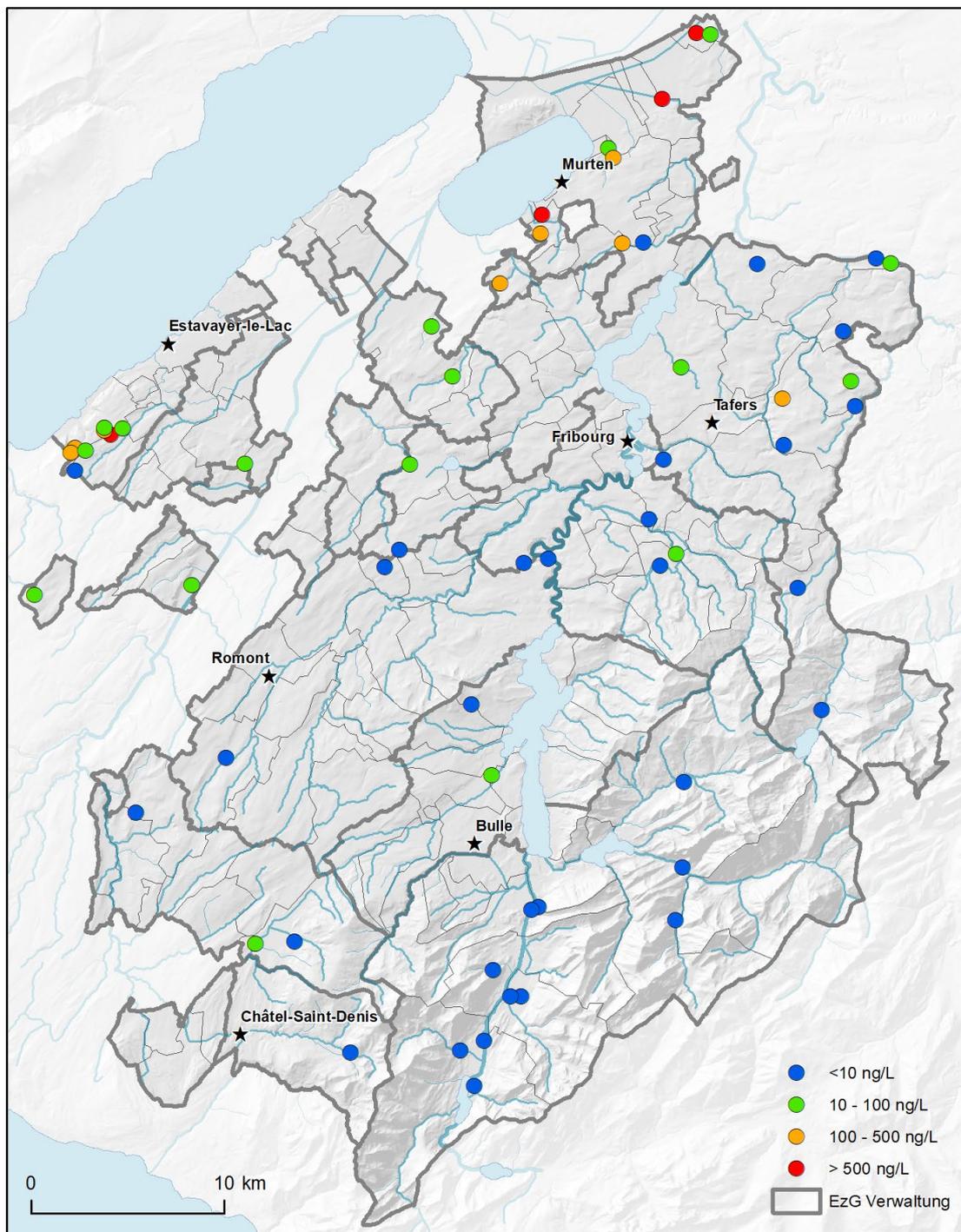


Abbildung 37: Höchste Konzentrationen von Pflanzenschutzmitteln im Grundwasser (Periode 2010-2014)

6 Literaturverzeichnis

- [1] AfU Freiburg, „Traitement des données pesticides - règle de calcul,“ Givisiez, 2013.
- [2] AfU Freiburg, „Die Renaturierung der Fliessgewässer im Kanton Freiburg,“ Amt für Umwelt, Givisiez, 2016.
- [3] E. Binderheim und W. Göggel, „Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Äusserer Aspekt,“ Bundesamt für Umwelt, Bern, 2007.
- [4] J. Hürlimann und P. Niederhauser, „Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Kliessgewässer. Kieselalgen Stufe F (flächendeckend),“ Bundesamt für Umwelt, Bern, 2007.
- [5] L. Moosmann, M. Schmid und A. Wüest, „Einfluss der Beschattung auf das Temperaturregime der Orbe,“ EAWAG, Kastanienbaum, 2005.
- [6] P. Liechti, „Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Chemisch-physikalische Erhebungen, Nährstoffe,“ Bundesamt für Umwelt, Bern, 2010.
- [7] P. Baumann und S. Langhans, „Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Synthese der Beurteilung auf Stufe F (flächendeckend),“ Bundesamt für Umwelt, Bern, 2010.
- [8] C. Braun, R. Gälli, C. Leu, N. Munz, Y. Schindler Wildhaber, I. Strahm und I. Wittmer, „Mikroverunreinigungen in Fliessgewässern aus diffusen Einträgen. Situationsanalyse,“ Bundesamt für Umwelt, Bern, 2015.
- [9] M. Kunz, Y. Schindler Wildhaber, A. Dietzel und I. Wittmer, „Zustand der Schweizer Fliessgewässer. Ergebnisse der Nationalen Beobachtung Oberflächenqualität (NAWA) 2001-2014,“ Bundesamt für Umwelt, Bern, 2016.
- [10] B. Müller und M. Schmid, „Oxygen and Phosphorus Budgets of Murtensee,“ Eawag, Kastanienbaum, 2009.
- [11] G. Périat, „Etude du peuplement pisciaire du Lac de Morat,“ Eawag, Kastanienbaum, 2012.
- [12] P. Stucki, „Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Makrozoobenthos Stufe F,“ Bundesamt für Umwelt, Bern, 2010.
- [13] M. Hütte und P. Niederhauser, „Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer in der Schweiz. Ökomorphologie Stufe F,“ BUWAL, Bern, 1998.
- [14] SEn, „Traitement des données pesticides - règle de calcul,“ Givisiez, 2013.
- [15] P. Baumann und S. D. Langhals, „Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Synthese der Beurteilungen auf Stufe F (flächendeckend),“ Bundesamt für Umwelt, Bern, 2010.