

NAWA TREND Biologie 2023, Teil Makrozoobenthos Fachbericht

Markus Haberthür, Romina Alvalvarez,

Ambio GmbH

31. Januar 2025

Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU

Impressum

Auftraggeber:	Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abteilung Wasser CH 3003 Bern
Auftragnehmer:	Ambio GmbH, Wildbachstrasse 46, 8008 Zürich (Projektleitung) Gutwasser GmbH, Geerenweg 2, 8048 Zürich UNA AG, Schwarzenburgstrasse 11, 3007 Bern
Autoren:	Markus Haberthür, Romina Álvarez-Troncoso (Ambio GmbH)
Feldarbeit:	Christian Imesch (UNA), Nadine Remund (UNA), Remo Wüthrich (Gutwasser GmbH), Romina Álvarez-Troncoso, Markus Haberthür (Ambio GmbH), Stephanie Schmidlin (Limnex), Sarah Fässler (Flusslauf), Jérôme Gremaud (Atelier 11 ^a), Beatrice Jann, Viviane Uhlmann (Aqua Terra)
Laborarbeit:	IBCH: Nadine Remund (UNA), Remo Wüthrich (Gutwasser GmbH), Romina Álvarez-Troncoso, Markus Haberthür (Ambio GmbH), Stephanie Schmidlin (Limnex), Sarah Fässler (Flusslauf), Jérôme Gremaud (Atelier 11 ^a), Beatrice Jann, Viviane Uhlmann (Aqua Terra) EPT: Verena Lubini (Büro für Gewässerökologie), Remo Wüthrich (Gutwasser), Emil Birnstil (Gutwasser), Stephanie Schmidlin (Limnex), Sarah Fässler (Flusslauf), Viviane Uhlmann (AquaTerra)
QS intern:	Remo Wüthrich (Gutwasser), Emil Birnstil (Gutwasser), Verena Lubini (Büro für Gewässerökologie)
QS extern:	Daniel Kury (Life Science AG)
Zitierung:	Haberthür M., Alvarez-Troncoso R. (2025): Ergebnisse der 4. Erhebung NAWA-Trend Los 2, Makrozoobenthos, 50 S.
Hinweis:	Dieser Bericht wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst. Für den Inhalt sind allein die Auftragnehmer verantwortlich.
Titelbilder:	Markus Haberthür (Doubs), Verena Lubini (Binokularaufnahmen).

Inhalt	3.1 Methodische Neuerungen	3
1 Zusammenfassung	1	3
2 Abkürzungen	2	4
3 Vorbemerkungen	3	
	4.1 Einflussfaktoren	6
	4.2 Äusserer Aspekt und Indikatoren des Makrozoobenthos	7
4 Äusserer Aspekt	6	
	5.1 Ökomorphologie der Stellen	8
5 Ökomorphologie	8	9
	6.1 Anzahl IBCH-Taxa 2023	11
6 Taxazahlen	11	12
	6.2 Veränderung 2012-2019	12
	6.3 Einflussfaktoren auf Nicht-EPT	14
7 IBCH	16	
	7.1 IBCH 2023	16
	7.2 Veränderung 2012-2019	17
	7.3 Einflussfaktoren auf IBCH	20
8 SPEAR-Index	22	
	8.1 SPEAR-Index 2019	22
9 EPT	28	23
	8.2 Veränderung 2012-2019	23
	8.3 Einfluss der Nutzungen auf den SPEAR-Index	25
10 Neozoen	40	28
	9.1 Räumliche Verbreitung der EPT-Diversität 2023	28
	9.2 Artenreichtum und Abundanz nach biogeografischer Region	31
	9.3 Einflussfaktoren auf EPT	33
11 Rote Listen	44	
	10.1 Verbreitung 2019	40
	10.2 Entwicklung 2012-2023	43
12 Rückblick	45	
	11.1 Ephemeroptera	44
	11.2 Plecoptera	44
	11.3 Trichoptera	44
	12.1 Feld- und Laborarbeit	45

12.2	Datenauswertung, Analyse	46
13.1	Verbesserung der Aussagewertes des IBCH	47
13.2	Verbesserung des Aussagewertes des SPEAR	47
13.3	Entwicklung eines EPT-Qualitäts-Indikators	48
13.4	Taxonomische Differenzierung auf weitere Gruppen ausweiten	48
13.5	Validierung der biologischen Indizes anhand chemisch-physikalischer Daten	48
13	Ausblick	47
14	Empfehlungen	49
15	Literatur	50
Anhang A:	Daten der Probenahmestellen	51
Anhang B:	Daten der Makroinvertebraten	53
Anhang C:	Artenliste Ephemeroptera	55
Anhang D:	Artenliste Plecoptera	56
Anhang E:	Artenliste Trichoptera	57
Anhang F:	Aufschlüsselung nach Nutzungskategorien	59
Anhang G:	Zustandsklassen IBCH, SPEAR 2012-2023	61

Zusammenfassung

Der vorliegende Bericht präsentiert die Ergebnisse der vierten Untersuchungsperiode von NAWA-Trend bezüglich des Makrozoobenthos (MZB) auch mit Bezug auf die Resultate vom Äusseren Aspekt.

- 1 2023 wurde das Stellennetz auf 113 Stellen erweitert. An 35 dieser Stellen werden, in Abweichung vom normalerweise vierjährlichen Rhythmus, jährlich MZB-Proben genommen und parallel dazu über das Jahr die Mikroverunreinigungen gemessen.

Zwischen dem im Feld aufgenommenen Merkmalen des **Äusseren Aspektes** und den Indikatoren des Makrozoobenthos ergibt sich kein klarer Zusammenhang. Dies gilt auch für die aufgenommenen Merkmale der **Ökomorphologie**.

Seit Beginn der Erhebungen 2012 ist die Zahl der **IBCH-Taxa** im Mittel pro Stelle um 6 gestiegen. Nach dem aussergewöhnlichen Anstieg zwischen 2015 und 2019 sank die Taxazahl 2023 im Mittel von 29 auf 27. Die Abnahme erfolgte über einen breiten Bereich der systematischen Gruppen, mehrheitlich mit nur kleinen Individuenzahlen. Durchschnittlich findet man in den Gewässern der Alpennordflanke, der Zentralalpen und der Alpensüdflanke ähnlich viele Taxa, im Mittelland jedoch mehr und am meisten im Jura.

Der **IBCH** zeigt 2023 an 24.8% der Stellen eine «*sehr gute*», an 48.7% eine «*gute*», an 23% eine «*mässige*» und an 2.7% eine «*unbefriedigende*» Gewässerqualität an. Die Qualitätsklasse «schlecht» wurde mit 0.9% an einer Stelle ermittelt. Im Durchschnitt stieg der IBCH-Wert zwischen 2012 und 2023 um eine halbe Zustandsklasse. Seit 2019 änderte sich der Zustand an 45 Stellen um eine Klasse, an 3 Stellen um 2 und an einer um 3 Klassen. Im Allgemeinen führt die stärkere anthropogene Nutzung, vorwiegend durch Siedlungsaktivität und intensiv betriebener Landwirtschaft, tendenziell zu einem schlechteren IBCH-Wert. Dagegen werden grössere Fliessgewässer, dargestellt durch die Flusssortnungszahl, vom IBCH tendenziell besser bewertet.

Insgesamt blieb der **SPEAR-Index** über den Zeitraum 2012-2023 unverändert. 2023 entsprach er an 42 der 113 untersuchten Stellen den Qualitätsklassen «sehr gut» und «gut». Je 18.6% der Stellen wiesen eine «*sehr gute*» und «*gute*», 49.6% eine

«*mässige*» und 10.6% eine «*unbefriedigende*» Qualität des MZB auf. Die Klasse «*schlecht*» kommt an 2.7% der Stellen vor. Die ökologischen Ziele werden vor allem im Mittelland und im Jura verfehlt. Seit 2019 änderte sich der SPEAR an 45 Stellen, insgesamt leicht in positiver Hinsicht. Bezüglich der Nutzungsintensität zeigt sich, je grösser die Flächen-summe der Kulturen bei denen Insektizide appliziert werden oder je grösser die Summe der Verkehrsflächen, desto schlechter ist der SPEAR-Index. Unproduktive Flächen korrelieren positiv zum SPEAR.

2023 wurden im NAWA-Netz 65 Ephemeroptera-, 44 Plecoptera- und 93 Trichoptera-Arten, insgesamt 202 sogenannte **EPT-Arten** gefunden. 2019 waren es total 156. Der bedeutende Anstieg der Artenzahlen ist der grösseren Stellenzahl und der grösseren systematischen Differenzierung von Komplexen geschuldet. Die mittleren Artenzahlen der biogeographischen Räume Alpennord-, Alpensüdflanke und Jura unterscheiden sich kaum, hingegen fallen das Mittelland und noch mehr die Zentralalpen deutlich ab. Die EPT-Artenzahlen der Stellen werden wie schon beim IBCH und SPEAR stark durch die Flächennutzung im Einzugsgebiet beeinflusst. Dabei nehmen die Artenzahlen der EPT mit steigendem Anteil der intensiv genutzten Fläche im Einzugsgebiet einer Stelle ab. Die Mehrheit der EPT-Arten bevorzugen Gewässereinzugsgebiete, in denen die extensive Nutzung überwiegt.

An NAWA-Stellen wurden 2023 fünf **Neozooen** nachgewiesen. Ihre Verbreitung im Stellennetz nahm in der Reihenfolge: *Potamopyrgus antipodarum* (32), *Dugesia tigrina* (15), *Haitia auta* (10), *Dikerogammarus villosus* (4) und *Crangonyx pseudogracilis* (1) ab. 2023 wurden Neozooen weniger häufig gefunden.

Die im NAWA-Netz 2023 erfassten, gefährdeten (≥VU) **Rote Listen-Arten** verteilten sich 2023 auf zehn Ephemeroptera-, vier Plecoptera- und zehn Trichoptera-Arten. Zwei in der Schweiz früher als ausgestorben taxierte Arten werden neuerdings wieder gefunden, so auch 2023.

Abschliessend werden die in der vierten Kampagne gemachten Erfahrungen diskutiert und Verbesserungsvorschläge abgeleitet. Weiter werden Möglichkeiten einer Weiterentwicklung besprochen und aufgezeigt. Beides mündet in einer Liste von Empfehlungen.

Abkürzungen

- 2 DK:** Diversitätsklasse. Klassierung der Taxazahlen zur Berechnung des IBCH.
- EPT:** Insektenordnungen Ephemeroptera (Eintagsfliegen, Plecoptera (Steinfliegen), Trichoptera (Köcherfliegen) innerhalb des Makrozoobenthos.
- EZG:** Hydrologisches Einzugsgebiet.
- IBCH:** Index Biologique Suisse; allgemeiner biologischer Index der Fließgewässerqualität in der Schweiz.
- IG:** Indikationsgewicht einzelner Taxagruppen. Dient zur Berechnung des IBCH.
- MSK:** Modul-Stufen-Konzept. Methodenbeschrieb für die Untersuchung von Oberflächengewässer. Modular aufgebaut für verschiedene Anwendungen.
- MZB:** Makrozoobenthos, wirbellose Tiere in Fließgewässern.
- MV:** Mikroverunreinigungen; Wasserinhaltsstoffe wie Pestizide, hormonaktive Substanzen, Antibiotika und weitere Industriechemikalien die im Nano- und Mikrogramm Bereich im Gewässer auftreten.
- NAWA:** Nationale Beobachtung der Oberflächengewässerqualität.
- NAWA-MV-Stellen:** Stellen im NAWA-Netz, an denen die Mikroverunreinigungen chemisch gemessen werden.
- SPEAR-Index:** Species at Risk; spezifischer Index des Makrozoobenthos, das auf toxische Mikroverunreinigungen, je nach Familie oder Art, unterschiedlich empfindlich reagiert.

Vorbemerkungen

Das NAWA-Trend Biologie-Programm des Bundesamtes für Umwelt und der Kantone wurde 2012 initiiert und dient der Langzeitüberwachung der Fließgewässer in der Schweiz mittels biologischer Indikatoren. Es besteht aus 4 Teilprogrammen Fische, Makrozoobenthos (MZB), Diatomeen und Makrophyten. Methodisch verfahren die Programme weitgehend nach den Modulen des Modul-Stufen-Konzeptes. Die Erhebungen finden alle 4 Jahre statt. 2023 wurde die vierte Aufnahme-Kampagne durchgeführt. Der vorliegende Bericht präsentiert die Ergebnisse der Kampagne 2023 des Teilprogrammes Makrozoobenthos. In einzelnen Aspekten, bei denen Zusammenhänge untersucht wurden, hat man auch auf frühere Daten zurückgegriffen.

3.1 Methodische Neuerungen

Im Vergleich zu 2019 fanden 2023 keine methodischen Änderungen, sowohl am Verfahren bei der Probenahme als auch bei der Verarbeitung im Labor statt. Diesbezüglich wird auf den Bericht der Kampagne 2019 [Haberthür 2021] verwiesen.

Änderungen betrafen die Erweiterung des Stellennetzes, präzisere Artbestimmung bei einigen EPT-Artkomplexen sowie eine differenziertere Aufschlüsselung der Nutzungsformen in den Einzugsgebieten der NAWA-Trend Stellen.

3.1.1 Stellennetz

Das Stellennetz wurde von 104 auf 113 Stellen erweitert. Mit den zusätzlichen Stellen wollte man nochmals die Repräsentativität der kleinen Fließgewässer im gesamten Stellennetz verbessern.

Die NAWA-MV-Stellen wurden von 14 auf 35 erhöht. Davon befinden sich 10 Stellen an mittelgrossen und 25 an kleinen Fließgewässern. An diesen Stellen werden über hundert als Mikroverunreinigungen taxierte Stoffe, davon viele Pestizide, in Zweiwochen-Mischproben analysiert. An den NAWA-MV-Stellen wird das Makrozoobenthos neu nur noch einmal jährlich beprobt mit dem Ziel, den mittelfristigen Effekt der Mikroverunreinigungen auf das Makrozoobenthos zu überwachen. Der Bericht über die Ergebnisse an den NAWA-MV-Stellen 2019-2021 [Haberthür 2022] kam zum Schluss, dass die Unterschiede zwischen den Frühling- und Sommerproben hinsichtlich der Indikatoren, insbesondere auch des SPEAR-Index, bei den unbelasteten Referenzstellen und den belasteten Stellen

praktisch identisch war. An den belasteten NAWA-MV-Stellen war der SPEAR-Index jedoch im Mittel um eine Güteklasse schlechter als an den vergleichbaren Referenzstellen. Daraus konnte man schliessen, dass die Belastung durch Pestizide eher einen mittelfristigen Effekt zeigt, der auch in den Frühlingsproben beobachtet werden kann.

Eine Stellenliste der Kampagne 2023 ist in Anhang A ersichtlich.

3.1.2 Stellenverschiebungen

Grössere örtliche Verschiebungen, d.h. solche bei denen sich die Probenahme Flächen mit den Flächen der früheren Probenahmen nicht überlappten, mussten an vier Stellen vorgenommen werden (Tab. 1). Die Gründe waren: grosse Wassertiefe und/oder zu starke Strömung (Doubs), sowie die Überflutung/Stau der Stellen durch Biberdämme (Pfaffnern, Chrümmlisbach, Mülibach). Dies betraf die Stellen:

NAWA-ID	Gewässer	Koordinaten
CH-032-AG	Pfaffnern	634515/239649
CH-088-JU	Doubs	572188/244219
CH-138-BE	Chrümmlisbach	605723/218782
CH-908-SO	Mülibach	606241/222405

Tab. 1: Stellen die 2023 örtlich verschoben werden mussten mit den neuen Koordinaten.

3.1.3 Feldarbeiten

Die Feldarbeiten dienten primär der Erfassung des MZB innerhalb eines definierten Gewässerabschnittes an den vorbestimmten Stellen. Zusätzlich wurden für das Teilprogramm Diatomeen (Los 3) und ein wissenschaftliches Projekt der EAWAG eDNA-Proben genommen. Die 2019 noch genommenen Diatomeenproben für eDNA-Analysen entfielen bei der Kampagne 2023.

3.1.4 Laborarbeit und Bestimmung

Die Aussortierung des MZB erfuhr gegenüber 2019 keine Änderungen. Alle EPT bestimmte man nach den Vorgaben des Biodiversitäts-Monitoring Schweiz (BDM) auf das Niveau Art oder Artkomplexe. Bei diesem von Spezialisten und Spezialistinnen durchgeführte Bestimmungsschritt wurden aus einigen Artkomplexen einzelne neu bestimmbare Arten herausgelöst.

3.2 Organisation

Die Probenahmen- und Laborarbeiten bis Stufe Familientaxa wurden an 75 Stellen vom NAWA-TREND

Team 2023 und an weiteren 38 Stellen von einzelnen Kantonen (AG, GE, NE, NW, SZ, UR, VS) oder von ihnen mandatierten Büros übernommen. Für die Gesamtorganisation war das NAWA-TREND Team

2023 verantwortlich. Dieses wurde in die drei Verantwortungsbereiche Systematik, Logistik und Datenhaltung/Auswertung/Berichterstattung aufgeteilt.

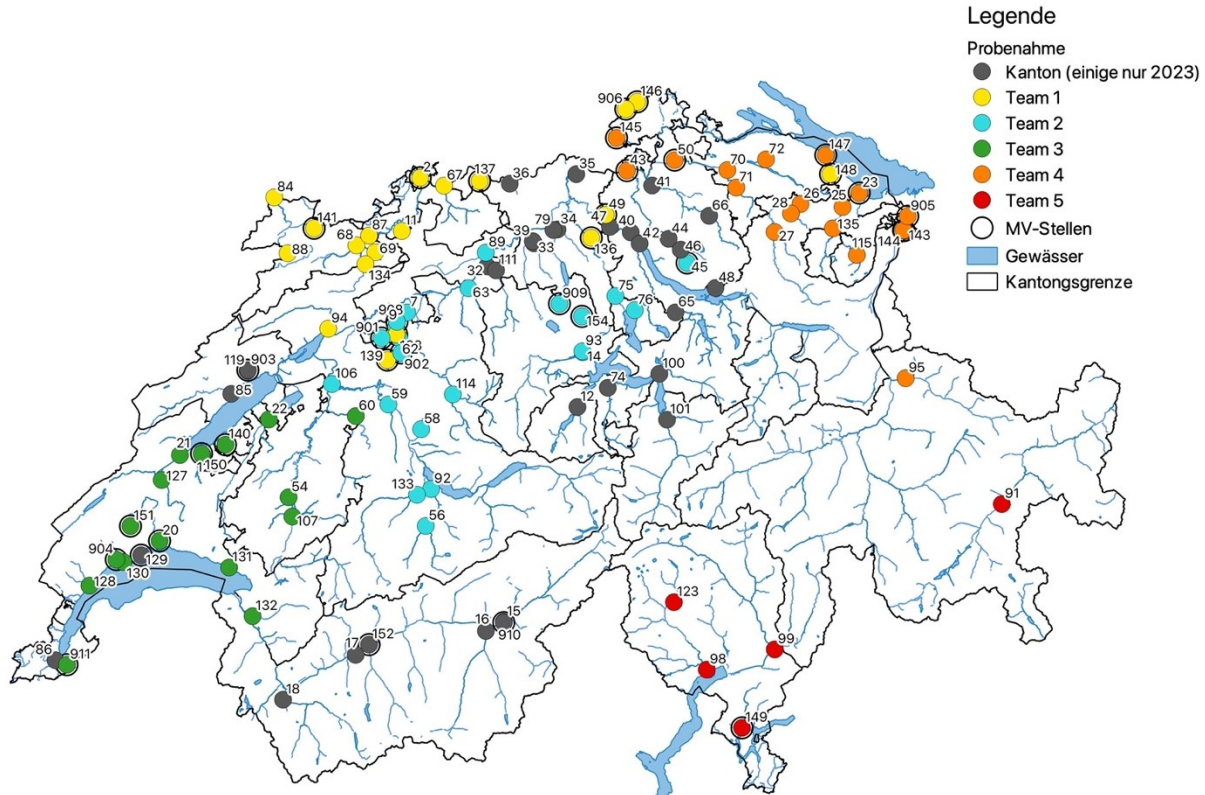


Abb. 1: Aufteilung der Stellen nach bearbeitenden Kantonen und den 5 Feldteams des Auftragnehmers 2023.

Die Gesamtverantwortung hatte die Ambio GmbH inne, vertreten durch Markus Haberthür. Er war auch der «Single Point of Contact» zum Auftraggeber und war für die Gesamtleitung des Auftrags verantwortlich. Das Projektteam setzte sich insgesamt aus 12 Fachpersonen zusammen. Dazu kam ein externer Experte, der zur Qualitätssicherung die vorgesehenen Zweitbestimmungen durchführte. Für die Feldarbeiten im Auftrag des BAFU wurden fünf Regionen definiert, für die je ein Feldteam die Probenahmen sowie die Verarbeitung bis Stufe IBCH durchführte (Abb. 1).

3.3 Qualitätssicherung

Die Qualitätssicherung (QS) der MZB Bestimmungen erfolgt auf 3 Stufen über einen Zeitraum vom Sommer 2023 bis Frühling 2024 (Abb. 2). Insgesamt wurden die EPT und Nicht-EPT Bestimmungen anhand von 10 Stichproben durch einen externen Experten überprüft. Zusätzlich hat man alle EPT-Bestimmungen auf IBCH-Stufe im Rahmen der Artbestimmung einer teaminternen Kontrolle unterzogen.

3.3.1 Vorgehen

Auf Stufe 1 wurden von 10 ausgewählten Stellen nur die Nicht-EPT kontrolliert. Aus den Fehlern schätzte man den Streubereich des IBCH und des SPEAR-Index ab. Dieser wird stark von den Taxa (Familien) beeinflusst, bei denen schwergewichtig systematische Bestimmungsfehler vorliegen. Die EPT wurden auf den Stufen 2 (intern) und 3 (extern) überprüft.

Die Prüfung auf Stufe 2 erfolgte im Rahmen der Bestimmung der EPT auf Art-Stufe für alle Stellen. Die Verantwortlichen für die Artbestimmung haben allfällige Fehlbestimmungen auf Familienstufe und Zähl Differenzen rückgemeldet. Die gefundenen Fehler/Differenzen wurden pro Stelle bereinigt und der IBCH bzw. SPEAR-Index neu berechnet.

Die Kontrolle auf Stufe 3 hatte die Qualitätsprüfung der Artbestimmungen der EPT zum Ziel. Diese erfolgt wiederum anhand von Stichproben an 10 Stellen, also je 10 Ephemeroptera-, 10 Plecoptera- und 10 Trichoptera-Proben. Aus den Abweichungen

zwischen Erst- und Zweitbestimmung wurde wiederum der Streubereich des IBCH und des SPEAR-Index abgeschätzt.

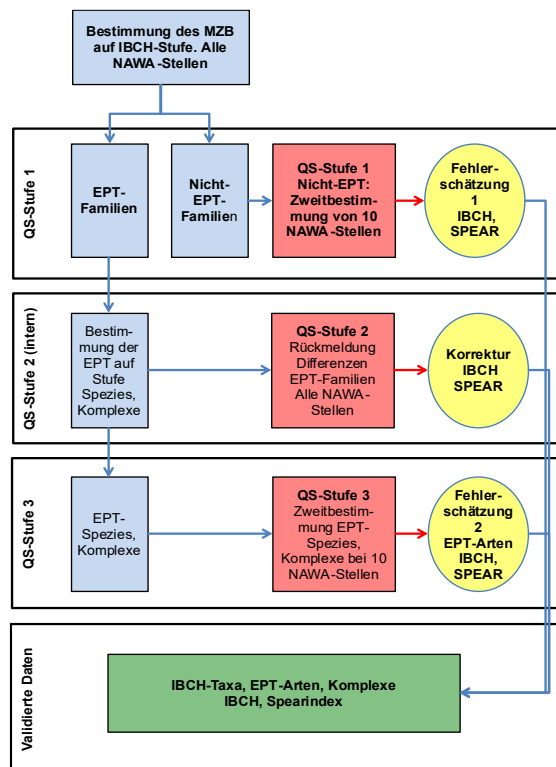


Abb. 2: Konzept der Qualitätsprüfung der MZB Proben für NAWA-Trend 2023

Im Verlaufe des Prozesses der Qualitätssicherung wurden alle Datensätze sukzessive korrigiert und am Schluss alle Indikatoren neu berechnet.

3.3.2 Ergebnisse der Qualitätsprüfungen

Die Ergebnisse der externen Qualitätsprüfungen bei den **Nicht-EPT** werden in den Tab. 2 gezeigt. Die Auswahl der jeweils 10 Stichproben erfolgte so, dass möglichst alle Personen, die Bestimmungen durchführten, mindestens einmal geprüft wurden. Innerhalb des von der Person bearbeiteten Probenpools wurde die Probe zufällig ausgewählt. Bei insgesamt 9910 überprüften Individuen wurden 16 Fehlbestimmungen, 7 Sortierfehler und 20 Zählfehler festgestellt. Dadurch veränderten sich der IBCH durchschnittlich um 0.01 (± 0.02), der SPEAR-Index um -0.41 (± 0.99) Einheiten.

Bei der Auswahl der 10 **EPT**-Stichproben aus der Artbestimmung wurde gleichermassen wie bei den Nicht-EPT verfahren. Da im Rahmen der internen Qualitätskontrolle die meisten Unstimmigkeiten bereinigt wurden, war die Fehlerquote bei der externen Qualitätskontrolle sehr gering. Auf die Indizes hatten sie keine Auswirkungen. Von den insgesamt 5664 ausgelesenen Individuen wurden lediglich 7 Bestimmungsfehler gefunden. 70 den Artkomplexen zugeordneten Individuen liessen sich auf Artstufe bestimmen. Die Zählerdifferenzen summierten sich auf ganze 3 Individuen.

	Überprüfte Stellen / Beurteilungskriterien	CH_016_VS	CH_027_SG	CH_047_ZH	CH_063_BE	CH_069_JU	CH_076_ZG	CH_099_TI	CH_100_SZ	CH_127_VD	CH_137_AG	Total	Mittelwert	Stabw.
QS-Stufe 1, Nicht-EPT	Anzahl Individuen ausgelesen+geschätzt	973	1533	1326	1146	3418	940	804	2682	1838	2121	16781	1678	-
	Anzahl überprüfter Individuen	973	710	631	506	2218	554	784	1932	804	798	9910	991	-
	Anzahl systematische Bestimmungsfehler	0	0	7	0	1	0	0	0	8	0	16	1.6	3.13
	Anzahl Sortierfehler	0	0	0	0	3	0	0	0	4	0	7	0.7	1.49
	Anzahl Zählfehler	0	0	0	6	4	0	0	0	10	0	20	2	3.53
	Differenzen 1.- zu 2.-Bestimmung													
	Differenz IBCH	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0.05	0.01	0.02
	Differenz SPEAR	0	0	0	-0.5	-0.4	0	0	0	-3.2	0	-4.11	-0.41	0.99
	Differenz Taxazahl	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0.10	0.32
	Differenz DK	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0.08	0.01	0.03
QS-Stufe 3, EPT	Differenz IG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
	Differenz GI max	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
	Differenz Abundanz	0	0	0	6	4	0	0	0	10	0	20	2.00	3.53

Tab. 2: Ergebnisse der externen Qualitätsprüfung der Nicht-EPT durch die externe Qualitätskontrolle anhand von 10 Stichproben.

	Überprüfte Stellen / Beurteilungskriterien	CH_027_SG	CH_039_AG	CH_046_ZH	CH_074_NW	CH_085_NE	CH_086_GE	CH_095_OR	CH_099_TI	CH_135_AR	CH_140_FR	Total	Mittelwert	Stabw.
QS-Stufe 3, EPT	Anzahl Individuen ausgelesen+geschätzt	344	448	340	633	1037	539	738	448	412	715	5654	565	219
	Anzahl überprüfter Individuen	344	448	340	633	1037	539	738	448	412	715	5654	565	219
	Anzahl systematische Bestimmungsfehler	0	1	1	0	0	0	0	2	0	3	7	1.75	0.96
	Anzahl tiefer bestimmbare Individuen	0	0	2	61	0	1	0	6	0	0	70	17.50	29.08
	Anzahl Zählfehler	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	3	1.00	1.00

Tab. 3: Ergebnisse der externen Qualitätsprüfung der EPT-Arten durch die externe Qualitätskontrolle anhand von 10 Stichproben.

Äusserer Aspekt

Der Zustand 2023 bezüglich dem Äusseren Aspekt sowie die Entwicklung der einzelnen Merkmale von 2012 bis 2023 werden im Bericht von Los 3 bereits dargelegt (Gufler et al. 2025).

4 4.1 Einflussfaktoren

Bei der Analyse der Daten zur Prüfung von Zusammenhängen zwischen dem Äusseren Aspekt und dem Makrozoobenthos stiessen wir auf Auffälligkeiten, die nur den Äusseren Aspekt betreffen. Da sie im Bericht von Los 3 nicht thematisiert sind, werden sie hier zusätzlich dargelegt.

4.1.1 Einflussfaktoren auf FeS

Eisensulfid (FeS) bildet sich unter anaeroben Bedingungen im Interstitial der Gewässersohle durch chemische Prozesse. Kolmation und Verschlämzung der Sohle hemmen die Diffusion von Sauerstoff in die Sohlenschicht.

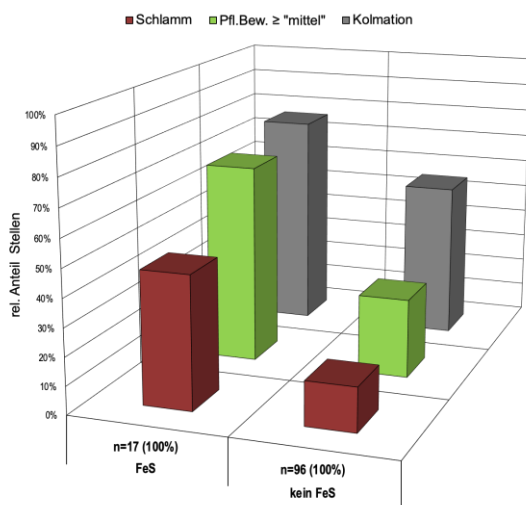


Abb. 3: Begünstigung der Eisensulfid Bildung durch Schlamm, pflanzlichen Bewuchs und Kolmation. Vergleich der Anteile der 3 Einflussfaktoren zwischen der Stellengruppe ohne FeS und mit FeS ($p=0.05$).

Starker Pflanzenbewuchs kann diesen Prozess, so paradox es auf den ersten Blick scheint, ebenfalls begünstigen, indem eine grosse Pflanzenbiomasse in der Nacht die Assimilation bzw. Sauerstoffproduktion einstellt und durch die verbleibende Zellatmung in erheblichem Masse Sauerstoff zehrt. Weisst der Schlamm dann zudem noch einen hohen Anteil an abbaubarem organischem Material auf, wird die Zehrung von Sauerstoff im Sohlenbereich verstärkt und die zeitlichen Phasen mit lokalen O₂-Defiziten verlängert.

Der nachteilige Effekt dieser Faktoren zeigt sich, wie schon 2019, an den Daten von 2023. Im Verhältnis traten an Stellen mit FeS-Flecken Schlamm, Kolmation und dichter Pflanzenbewuchs (Algen, Moose, Makrophyten) deutlich häufiger auf als an Stellen ohne FeS-Flecken (Abb. 3).

4.1.2 Rebbauegebiete und Algenbewuchs

Wie schon 2019 kommen 2023 Stellen ohne Algenbewuchs in den Gewässern mit dem höchsten Anteil an Rebbauf Flächen im Einzugsgebiet 6.5 mal häufiger vor als Stellen mit Bewuchs. Bei den Stellen mit wenig oder keinen Rebbauf Flächen sind bewuchslose Flächen nur 1.5 mal häufiger (Abb. 4). Die Verhältniszahlen waren 2019 fast identisch (5.5 in EZG mit viel Rebbau, 1.5 in solchen mit keinem oder sehr wenig Rebbau). Für beide Jahre zusammengekommen resultieren entsprechende Verhältnisse von von 6 und 1.5. Der Rebbau verwendet oft kupferhaltige Pflanzenschutzmittel (z.B. Kupfer 50S, Kupfer-Bordo LG) gegen den falschen Mehltau. Kupfer ist gleichzeitig ein starkes Algengift. Die Daten deuten darauf hin, dass aus Rebkulturen Kupfer in die Gewässer gelangt und dort das Algenwachstum hemmt.

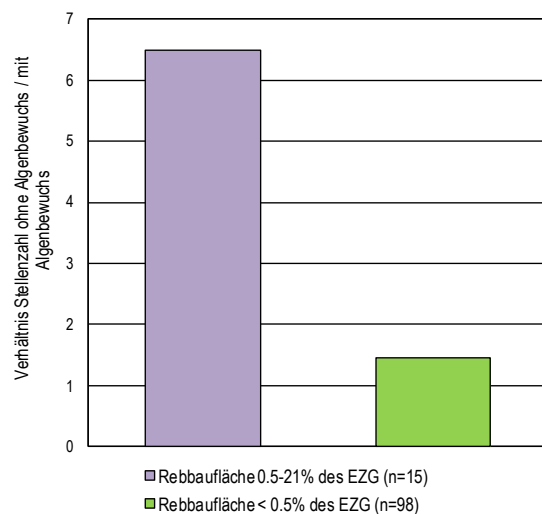


Abb. 4: Verhältniszahl der Stellen mit und ohne Algenbewuchs bei Einzugsgebieten mit viel Rebbau und Einzugsgebieten mit wenig oder keinem Rebbau.

4.1.3 Abwasseranteil und Schaum

Stellen mit Schaumbildung während den Probenahmen weisen einen höheren Abwasseranteil am Q₃₄₇ auf (Abb. 5). Bezüglich dem Median ist der Abwasseranteil bei den Stellen mit Schaum 4.5 mal grösser (15.4%) als bei den Stellen ohne Schaum (3.5%). 2019 ergab sich ein ähnliches Bild mit einem 3.8 mal höheren Median. Insgesamt waren Daten über den Abwasseranteil nur bei 85 Stellen verfügbar.

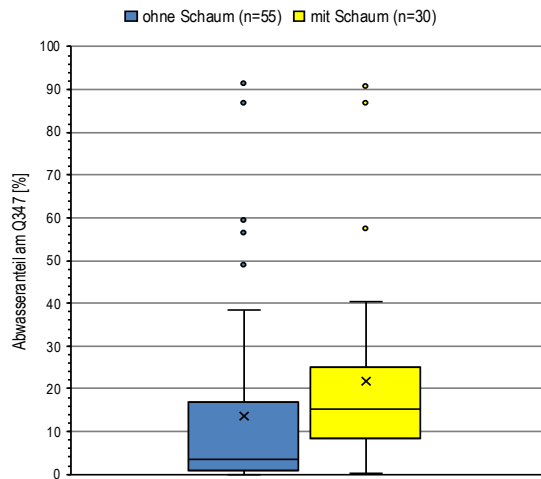


Abb. 5: Abwasseranteil (am Q₃₄₇) der Stellengruppe mit Schaum und der Gruppe ohne Schaum (signifikant, $p=0.05$).

4.1.4 Abwasseranteil und Geruch

Unnatürlicher Geruch des Wassers hängt signifikant mit dem Abwasseranteil am Q₃₄₇ des Gewässers zusammen. Der Median des Abwasseranteils liegt in den Gewässern mit Geruch bei 23%, in Gewässern ohne Geruch bei 7% (Abb. 6).

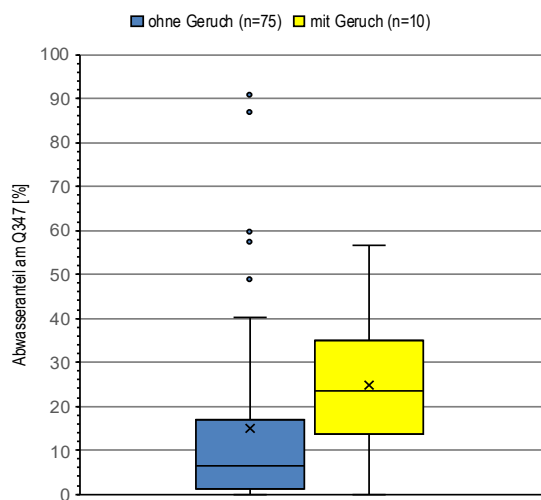


Abb. 6: Abwasseranteil (am Q₃₄₇) der Stellengruppe mit unnatürlichem Geruch und der Gruppe ohne Geruch (signifikant $p=0.05$).

2019 waren die Unterschiede noch grösser. Gewässer mit Geruch hatten im Median 43% Abwasseranteil, solche ohne riechendes Wasser 9%.

4.2 Äusserer Aspekt und Indikatoren des Makrozoobenthos

Befunde im Äusseren Aspekt eignen sich nur sehr beschränkt für Rückschlüsse auf die Qualität des Makrozoobenthos. Die Korrelationsfaktoren zeigen zwischen den Indikatoren des MZB und den einzelnen Kriterien des Äusseren Aspektes keine

ausreichend gesicherten Zusammenhänge (Tab. 4). Die besten r -Werte ergeben sich zwischen der Indikationsgruppe (IG) und der Summe der Faktoren Verschlämmung, Kolmation und Häufigkeit von Eisensulfid (2019 und 2023) sowie zwischen dem IBCH, dem IG und dem Eisensulfid mit den Daten von 2023. Alle diese Merkmale beeinflussen direkt oder indirekt das Interstitial der Gewässersohle, einen Hauptlebensraum des MZB, indem dieser verfüllt und der Sauerstoffhaushalt stark eingeschränkt wird. Temporär entstehen in gewissen Kleinhabitaten der Gewässersohle anaerobe Bedingungen.

	IBCH		DK		IG	
	2019	2023	2019	2023	2019	2023
Schaum	-0.112	-0.017	-0.044	0.014	-0.181	-0.049
Trübung	0.030	-0.031	0.022	0.010	0.034	-0.070
Geruch	-0.112	0.048	-0.044	0.115	-0.181	-0.052
Verfärbung	-0.038	-0.147	-0.064	-0.073	0.006	-0.183
Kolmation	-0.278	-0.142	-0.200	-0.005	-0.319	-0.259
Verschlämmung	-0.153	-0.280	-0.076	-0.203	-0.225	-0.269
FeS	-0.204	-0.426	-0.078	-0.272	-0.330	-0.456
Het. Bew.	0.029	-0.015	0.044	-0.035	0.000	0.015
Abfälle	-0.218	-0.045	-0.165	0.032	-0.239	-0.125
Feststoffe	-0.007	-0.075	0.005	-0.045	-0.022	-0.085
K+S+FeS	-0.325	-0.368	-0.189	-0.188	-0.436	-0.450

Tab. 4: Korrelationsfaktoren zwischen den Kriterien des Äusseren Aspektes und den Indikatoren des MZB (IBCH, DK, IG) für die Datensätze der Untersuchungsjahre 2019 und 2023. Die besten Korrelationen (>0.4 , $p=0.05$) sind grün markiert.

Abfälle und Feststoffe aus der Siedlungsentwässerung tangieren die Lebensraumansprüche des MZB nur marginal, sofern sie keine toxischen Stoffe abgeben. Die übrigen Kriterien variieren zeitlich stark und sind so zufällig (eine Stichprobe), dass sie keine Repräsentanz für durchschnittliche Bedingungen aufweisen.

Ökomorphologie

Mit der Probenahme des MZB wurden ökomorphologische Daten im Bereich des Probenahme-Sektors (10 x Gewässerbreite) aufgenommen. Methodisch richten sich die Aufnahmen nach den Vorgaben des Moduls Ökomorphologie auf Stufe F.

5

5.1 Ökomorphologie der Stellen

Die aufgenommenen Kriterien umfassen die Sohlenbreite, Breiten- und Tiefenvariabilität der benetzten Fläche, Totholz im Gewässerbett, Sohlenverbauung, Verbauung des Böschungsfusses, Breite und Beschaffenheit der Uferbereiche. In Klammern sind jeweils die Werte 2019 angegeben.

5.1.1 Breite der Gewässer an den NAWA-Stellen

Die mittlere Sohlenbreite der Gewässer an den NAWA-Stellen variiert 2023 zwischen 0,7 (0,7) m und 60 (100) m, bei einem Mittelwert von 15 (16) m. An 75% der Stellen ist die Sohlenbreite ≤ 24 (≤ 20) m (Abb. 7). Die Abweichungen zwischen den beiden Erhebungsjahren sind eher auf Schätzdifferenzen als auf tatsächliche Veränderungen zurückzuführen. Insgesamt sind die Differenzen gering.

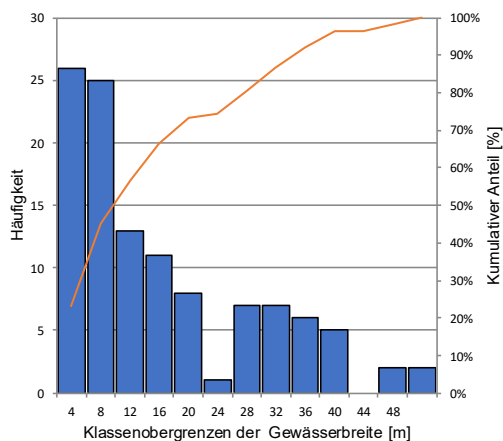


Abb. 7: Häufigkeit der Gewässerbreiten an den 113 Stellen im NAWA Netz 2023.

5.1.2 Breiten- und Tiefenvariabilität, Totholz an den NAWA-Stellen

Nur 22 (20)% der NAWA-Stellen weisen eine ausgeprägte Breitenvariabilität auf und weitere 35 (32)% gar keine. Die Variabilität der Wassertiefe ist deutlich besser. Nur an 9 (7)% der Stellen variiert sie nicht und an 39 (44)% ist sie ausgeprägt (Abb. 8). Die Differenzen zwischen den Jahren liegen im Bereich des vermuteten Schätzfehlers.

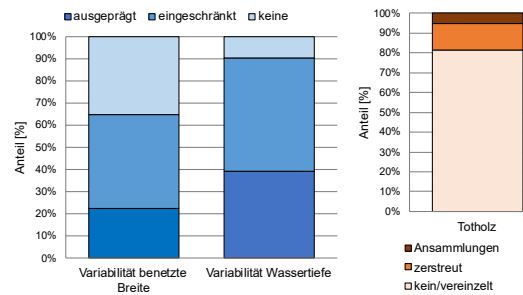


Abb. 8: Anteil der Breiten- und Tiefenvariabilität des Wasserkörpers sowie Totholzanteil im Bachbett 2023.

An 81 (70) % der Stellen liegt kein oder nur vereinzelt Totholz in der Sohle und an weiteren 13 (25)% zerstreut. Nur an 5 (5) % der Stellen sind natürliche Ansammlungen vorhanden. Die Abnahme des Totholzes 2023 könnte den Schätzfehler übersteigen.

5.1.3 Verbauung der Stellen am Böschungsfuss

2023 sind an mehr als der Hälfte der 113 Stellen die Böschungsfüsse zu über 60% verbaut, bei 43 (42)% der Stellen sogar zu 100%. Die Verbauungen bestehen fast immer aus durchlässigem Material. Unverbaute Böschungsfüsse stellte man 2023 und 2019 bei rund einem Fünftel (Viertel) der Stellen fest (Abb. 9). Die beiden Ufer unterscheiden sich in den Anteilen nur geringfügig.

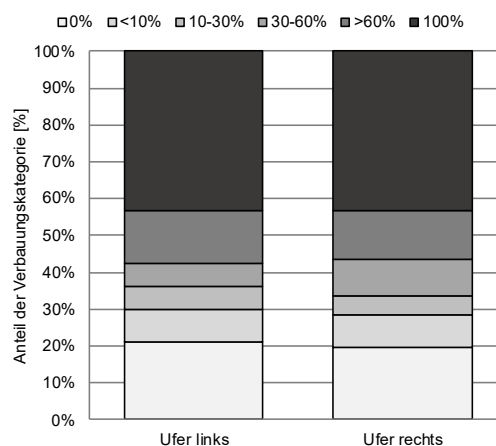


Abb. 9: Anteile der Verbauungskategorien am Böschungsfuss der Ufer links und rechts.

5.1.4 Verhältnis morphologische Gesamtbreite zu Gerinnebreite

Die Summe der beiden Uferbreiten ist an den Stellen des NAWA Netzes im Mittel 15,5 (16) m, was ziemlich genau der mittleren Sohlenbreite entspricht. Die Uferbreite variiert zwischen 0 (0) m und 34 (55) m. Bei 35 (40) % der Stellen ist die morphologische Gesamtbreite breiter als die dreifache Gerinnebreite (Abb. 10).

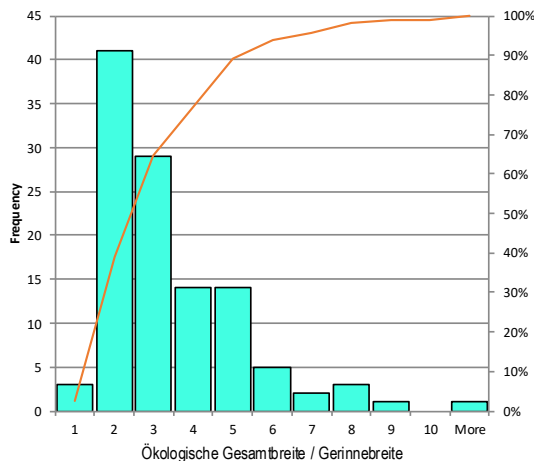


Abb. 10: Häufigkeit der Verhältnisklassen (morphologische Gesamtbreite zu Gerinnebreite) im NAWA-Netz 2023.

5.1.5 Beschaffenheit der Ufer an den NAWA-Stellen

Das linke Ufer der NAWA-Stellen ist leicht gewässer-konformer als das rechte. Im NAWA-Netz wurden 2023 die rechten Ufer zu 63 (60) % und die linken zu 69 (65) % als gewässergerecht beurteilt. Weitere 27 (30)% sind gewässerfremd und 4 (5)-10(10) % sind künstlich.

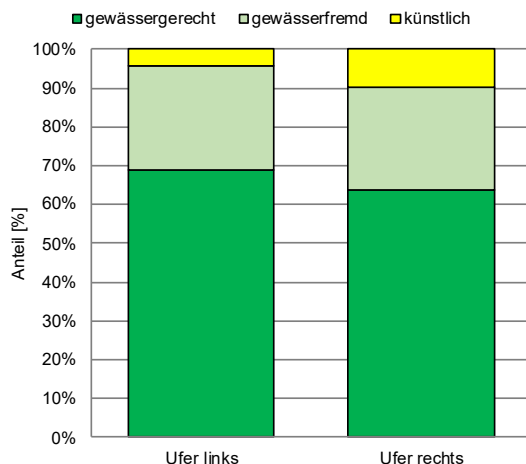


Abb. 11: Beschaffenheit der Ufer an den 113 Stellen im NAWA-Netz 2023.

5.2 Einfluss der Ökomorphologie auf das Makrozoobenthos

Wie die verschiedenen Korrelationsfaktoren in Tab. 5 zeigen, besteht zwischen der lokalen Ökomorphologie, wie sie im Feld an jeder Stelle aufgenommen wird, und den Indikatoren des MZB (IBCH, DK, GI) kein nennenswerter Zusammenhang, dies sowohl mit den Daten 2023 wie auch den Daten 2019-2023 (Tab. 6). Der Befund überrascht nicht, da das Vorkommen einer Art weniger von einem einzelnen, im Probenahme-Sektor vorhandenen Habitat abhängt, als von zahlreichen solchen Habitaten im weiteren

Bereich des Oberlaufes eines Gewässers. Beispielfall zeigte sich dies 2019 am Chemibach (CH-072-TG), der damals die grösste Taxavielfalt, aber im Probenahmesektor der Stelle stark verbaute Ufer und eine gewässerfremde Uferbeschaffenheit aufwies. Daraus lässt sich folgern, dass weniger die lokalen ökomorphologischen Bedingungen als vielmehr die Voraussetzungen in einem grösseren Gewässerareal entscheidend sind, ob sich eine Population mit bestimmten Habitats-Ansprüchen halten kann.

Morphologisches Element	IBCH	DK	IG
Breite	0.320	0.207	0.340
Eindolung	–	–	–
Viele nat. Abstürze	0.036	0.079	-0.031
Variabilität Wasserspiegelbreite	0.193	0.130	0.198
Variabilität Wassertiefe	0.261	0.142	0.312
Sohlenverbauung	-0.058	0.025	-0.139
Material der Sohlenverbauung	0.050	0.139	-0.101
Totholz im Bachbett	-0.051	-0.055	-0.028
Verbauung Böschungsfuss links	-0.027	0.004	-0.055
Verbauung Böschungsfuss rechts	-0.039	0.024	-0.103
Material Böschungsfuss links	-0.114	-0.083	-0.107
Material Böschungsfuss rechts	-0.060	0.011	-0.126
Breite Uferbereich links	0.187	0.042	0.296
Breite Uferbereich rechts	0.083	-0.043	0.208
Beschaffenheit Uferbereich links	0.027	0.116	-0.093
Beschaffenheit Uferbereich rechts	-0.014	0.106	-0.157
Verbauung Böschungsfuss beidseitig	-0.038	0.016	-0.089
Breite Uferbereich total	0.170	0.009	0.306
Beschaffenheit Uferbereich beidseitig	0.006	0.122	-0.140
Verhältnis Ufer- zu Gerinnebreite	-0.223	-0.084	-0.312
Gesamtbreite (Gerinne & Ufer)	0.321	0.162	0.397

Tab. 5: Korrelationen (R-Werte) zwischen den MZB-Indikatoren und den lokalen Kriterien der Ökomorphologie im NAWA-Netz 2023. Die besten R-Werte sind **fett** geschrieben und zugleich signifikant ($p < 0,05$).

Morphologisches Element	IBCH	DK	IG
Breite	0.328	0.272	0.309
Eindolung	–	–	–
Viele nat. Abstürze	-0.003	0.016	-0.046
Variabilität Wasserspiegelbreite	0.189	0.142	0.163
Variabilität Wassertiefe	0.223	0.170	0.232
Sohlenverbauung	-0.054	-0.033	-0.097
Material der Sohlenverbauung	-0.095	0.048	-0.083
Totholz im Bachbett	-0.027	-0.029	-0.016
Verbauung Böschungsfuss links	0.010	0.049	-0.002
Verbauung Böschungsfuss rechts	-0.037	0.008	-0.055
Material Böschungsfuss links	-0.189	-0.172	-0.142
Material Böschungsfuss rechts	-0.057	-0.033	-0.052
Breite Uferbereich links	0.181	0.089	0.277
Breite Uferbereich rechts	0.137	0.054	0.191
Beschaffenheit Uferbereich links	-0.044	0.002	-0.106
Beschaffenheit Uferbereich rechts	-0.015	0.050	-0.081
Verbauung Böschungsfüsse	-0.015	0.032	-0.031
Breite beide Uferbereiche	0.201	0.082	0.290
Beschaffenheit Uferbereiche	-0.032	0.031	-0.102
Verhältnis Gerinne- zu Uferbreite	-0.170	-0.110	-0.238
Gesamtbreite (Gerinne und Ufer)	0.343	0.244	0.372

Tab. 6: Korrelationen (R-Werte) zwischen den MZB-Indikatoren und den lokalen Kriterien der Ökomorphologie im NAWA-Netz 2019 und 2023. Die besten r-Werte sind **fett** geschrieben und zugleich signifikant ($p < 0,05$).

Ein schwacher Zusammenhang ist zwischen der Gesamtbreite (Gerinne und Ufer) und IBCH sowie zwischen dem IG ersichtlich. Je breiter das Gerinne und der gesamte Gewässerbereich, desto besser ist der IBCH (Abb. 12) und desto häufiger findet man Taxa mit hohem Indikationsgewicht (IG) (Abb. 13).

Ähnlich wie bei den Kenngrößen des IBCH bestehen zwischen den lokalen ökomorphologischen Merkmalen und den Kenngrößen der EPT kaum Zusammenhänge. Die besten ergeben sich zwischen der Gewässerbreite und der Artenzahl der Plecoptera sowie der Gesamtbreite (inkl. Ufer) und der Anzahl Plecoptera-Arten (Tab. 7).

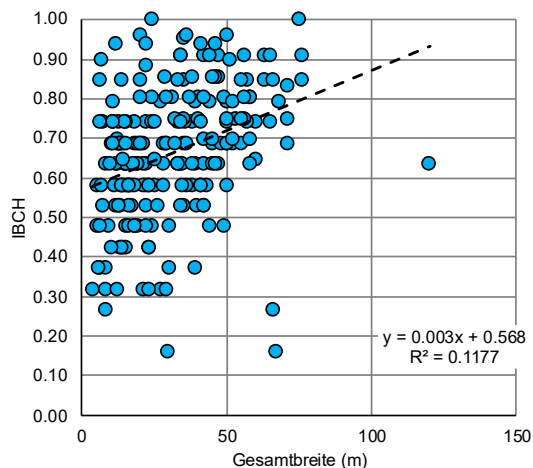


Abb. 12: Korrelation zwischen Gesamtbreite und IBCH. (n=219).

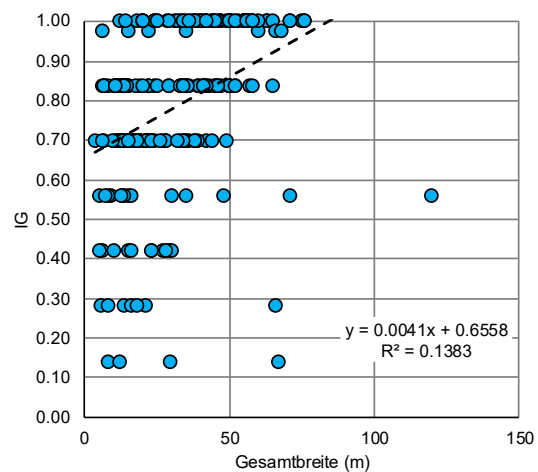


Abb. 13: Korrelation zwischen Gewässerbreite und dem Indikationsgewicht (n=219).

Morphologisches Element	IBCH-Taxa	EPT-Artanzahl	Artenzahl Ephemeroptera	Artenzahl Plecoptera	Artenzahl Trichoptera	Abundanzen EPT Total	Abundanzen Ephemeroptera	Abundanzen Plecoptera	Abundanzen Trichoptera
Breite	-0.14	0.20	0.19	0.37	-0.13	0.17	0.03	0.26	0.06
Eindolung	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Viele nat. Abstürze	0.00	0.01	0.00	0.06	-0.05	-0.02	-0.01	0.01	-0.05
Variabilität Wasserspiegelbreite	0.09	0.24	0.26	0.23	0.04	0.13	0.07	0.11	0.09
Variabilität Wassertiefe	0.12	0.25	0.25	0.21	0.10	0.12	0.03	0.11	0.10
Sohlenverbauung	0.10	-0.05	-0.03	-0.16	0.08	-0.10	-0.01	-0.14	-0.08
Material der Sohlenverbauung	-0.11	-0.11	-0.10	0.06	-0.24	0.16	0.13	0.10	0.07
Totholz im Bachbett	0.15	0.07	0.07	-0.02	0.12	0.13	0.20	-0.09	0.07
Verbauung Böschungsfuss links	-0.11	-0.08	-0.08	-0.02	-0.07	-0.05	-0.05	0.07	-0.12
Verbauung Böschungsfuss rechts	-0.15	-0.17	-0.15	-0.07	-0.15	-0.05	-0.02	-0.04	-0.05
Material Böschungsfuss links	0.00	-0.06	-0.02	-0.06	-0.05	0.03	0.12	-0.08	-0.05
Material Böschungsfuss rechts	0.08	0.06	0.06	0.07	0.00	0.06	0.13	0.04	-0.13
Breite Uferbereich links	0.03	0.14	0.15	0.19	-0.03	0.09	0.11	0.05	-0.01
Breite Uferbereich rechts	-0.03	0.13	0.14	0.20	-0.06	0.13	0.04	0.27	-0.07
Beschaffenheit Uferbereich links	0.00	-0.07	-0.08	-0.09	0.02	-0.01	-0.01	-0.01	0.00
Beschaffenheit Uferbereich rechts	-0.01	-0.06	-0.07	-0.04	-0.02	0.00	0.02	-0.01	-0.03
Verbauung Böschungsfüsse	-0.14	-0.14	-0.13	-0.05	-0.13	-0.06	-0.04	0.02	-0.09
Breite beide Uferbereiche	0.01	0.19	0.21	0.25	-0.03	0.12	0.06	0.20	-0.04
Beschaffenheit Uferbereiche	0.00	-0.07	-0.08	-0.07	0.00	-0.01	0.01	-0.01	-0.02
Verhältnis Gerinne- zu Uferbreite	0.05	-0.19	-0.22	-0.31	0.11	-0.13	-0.05	-0.20	-0.01
Gesamtbreite (Gerinne und Ufer)	-0.10	0.24	0.25	0.39	-0.11	0.18	0.05	0.29	0.03

Tab. 7: Korrelationen (r-Werte) zwischen den lokalen Kriterien der Ökomorphologie und den Kenndaten der EPT im NAWA-Netz 2019 und 2023. Die mit Abstand besten signifikanten ($p=0.05$) Korrelationsfaktoren sind **fett** geschrieben.

Taxazahlen

6

Die Taxazahlen beziehen sich in diesem Kapitel auf Taxa, wie sie auf dem Bestimmungsniveau für die Ermittlung des IBCH verlangt werden. Sie werden zur Ermittlung der Diversitätsklasse (DK) und damit einem von drei bestimmenden Parametern bei der Berechnung des IBCH gebraucht. In diesem Kapitel beziehen sich die Zahlen in Klammern sind jeweils auf die Erhebung 2019.

6.1 Anzahl IBCH-Taxa 2023

2023 liegt die Spannweite der Taxazahlen zwischen 9 (12) in der Vispa (CH_016_VS) und 45 (46) Taxa im Aabach (CH_079_AG), bei einem Mittelwert von 27 (29) und einem Median von 27 (30) Taxa. Durchschnittlich wurden 2023 2-3 Taxa weniger gefunden als 2019.

Wie schon 2019 zeigt die Verteilung nach biogeografischen Räumen, dass in den alpinen Gebieten und insbesondere in den Zentralalpen, die Taxazahlen am tiefsten sind (Abb. 14). Im Mittelland findet man im Durchschnitt 28 (29) Taxa, wobei hier ein Gefälle zwischen östlichem und westlichem Mittelland besteht. Die höchsten Taxazahlen ≥ 40 kommen an Stellen im Mittelland und Jura vor. Taxa

«Hotspots» sind die Einzugsgebiete der Birs, der Areuse, des Doubs und des Aabachs (Abb. 15).

Die tiefen Taxazahlen im alpinen Raum sind auf die harscheren Bedingungen in diesen Gewässern, mit geringem Nährstoffangebot, tieferen Temperaturen und möglicherweise auch auf die an den dort untersuchten Stellen meist auftretende Schwall-Sunk-Dynamik zurückzuführen. Solche tritt in der Rhone und den Zuflüssen sowie in der Landquart, Engstligen, Urner Reuss, im Inn und in der Engelberger auf.

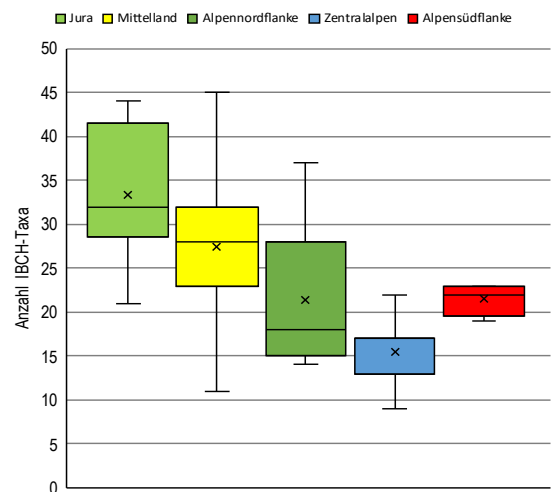


Abb. 14: Verteilung der MZB IBCH-Taxa nach biogeografischen Räumen der Schweiz 2023 (n=113).



Abb. 15: Anzahl MZB Familientaxa an den Stellen im NAWA-Netz 2023. Die Zahlen in der Karte bezeichnen die Stellen-Nummern.

Das durchschnittliche Vorkommen der Nicht-EPT Taxa in den biogeografischen Gebieten unterscheidet sich von der Gesamt-Taxazahl in zwei Punkten: 1. Zwischen den drei alpinen Räumen besteht kaum ein Unterschied. Die durchschnittliche Zahl der Nicht-EPT liegt bei 9-10 Taxa, wobei die sehr geringe Streuung an den Stellen der Alpensüdflanke auffällt. 2. Die mittleren Taxazahlen des Mittellandes und des Jura heben sich deutlich stärker von denen der alpinen Gebiete ab (Abb. 16).

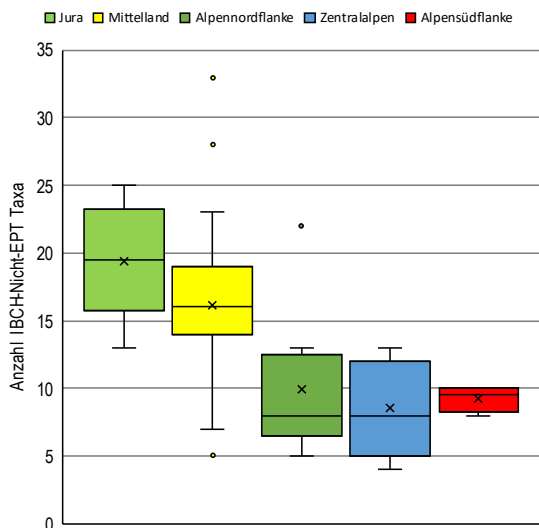


Abb. 16: Verteilung der MZB Familientaxa der Nicht-EPT nach biogeografischen Räumen der Schweiz (n=113)

2023 waren die Taxazahlen im gesamten NAWA-Netz statistisch normal ($p=0.05$) verteilt. Nur die Klasse mit 36-40 Taxa ist etwas untervertreten. Fast zwei Drittel der Stellen wiesen 21-35 Taxa auf (Abb. 17).

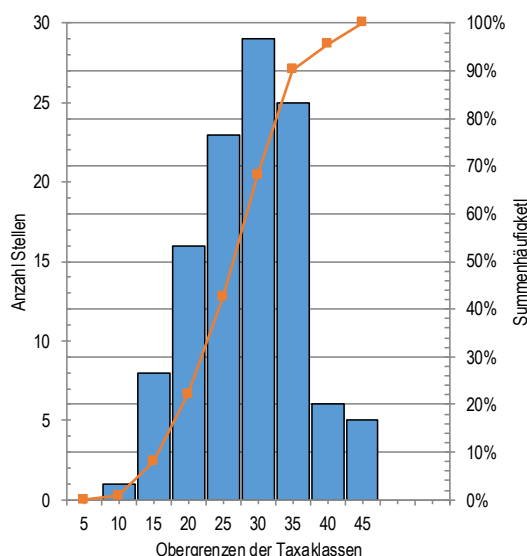


Abb. 17: Verteilung der Stellen im NAWA-Netz auf verschiedene Klassen von Taxazahlen (n=113).

Im restlichen Drittel sind die Stellen mit tiefen Taxazahlen stärker vertreten als die mit hohen. An 8 (6) Stellen kamen 11-15 Taxa vor. Über 40 Taxa wiesen nur 5 (4) Stellen auf. Neben den bereits erwähnten Gewässern, war dies zusätzlich die Scheulte im Jura.

6.2 Veränderung 2012-2023

Zwischen 2012 und 2023 haben die Taxazahlen im NAWA-Netz um 6 Taxa oder 0.5 pro Jahr zugenommen. Nach dem mittleren Zuwachs von 6 Taxa pro Stelle zwischen 2015 und 2019 (Abb. 18) wiesen die Stellen 2023 im Mittel 2 Taxa weniger auf als 2019. Insofern setzte sich die 2019 festgestellte, sprunghafte Zunahme nicht weiter fort.

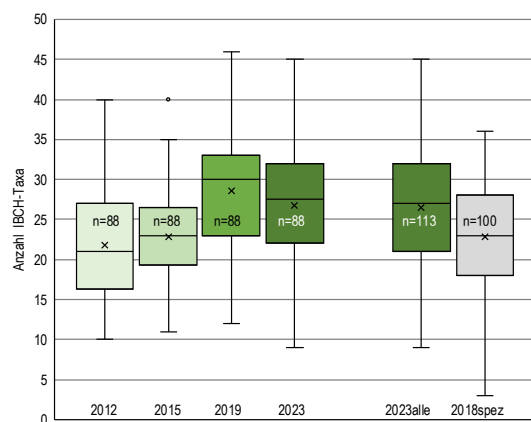


Abb. 18: Entwicklung der Anzahl IBCH-Taxa im Zeitraum 2012 bis 2023 an den Stellen im NAWA-Netz (n=88). Der Unterschied 2015 und 2019 ist signifikant ($p=0.001$).

Dies gilt für die 88 Stellen, die bei allen 4 Erhebungen beprobt wurden. Das Bild ändert sich allerdings auch nicht, wenn man 2023 alle 113 Stellen berücksichtigt. Median und Mittelwert ändern sich nur minim. Als Zusatzvergleich wird noch die Taxaverteilung der Frühlings-Kampagne NAWA-Spez 2018 gezeigt in welcher 100 vor allem kleinere Fließgewässer beprobt wurden. Mittelwert und Median sind gleich wie bei der NAWA-Trend Kampagne 2015.

6.2.1 Stellenzahl-Differenzen 2023-2019 bei einzelnen Taxa

2023 wurden 5 Taxa an 6-9 Stellen mehr gefunden als 2019, jedoch traten 19 Taxa an 5-27 Stellen weniger auf als 2019. Dies erklärt den durchschnittlichen Rückgang um 2 Taxa zwischen 2019 und 2023. Weniger häufig gefunden wurden 17 Nicht-EPT-Taxa und 3 EPT-Taxa. Ein spezifisches Muster bei den Stellenzahldifferenzen bezüglich bestimmter systematischer Gruppen ist dabei nicht zu erkennen (Abb. 19). Im Vergleich zu 2019 wurden die Ordnungen Diptera, Heteroptera, Gastropoda, Plecoptera,

Arachnida, Coleoptera, Isopoda, Trichoptera und Platyhelminthes an weniger Stellen gefunden.

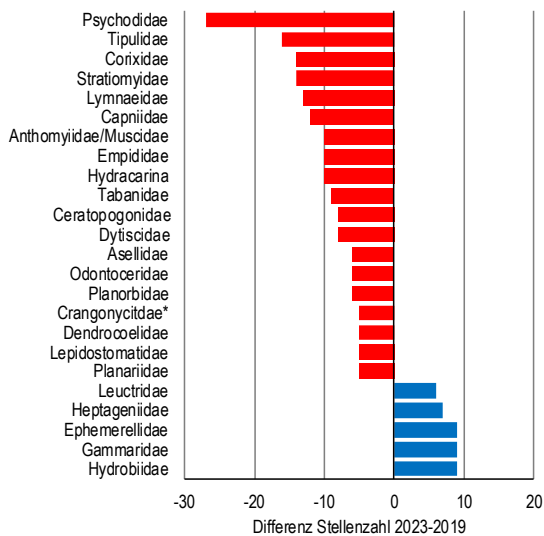


Abb. 19: Verteilung der Stellenzahl-Differenzen ≥ 5 2023-2019 auf die einzelnen IBCH-Taxa.

6.2.2 Stellenzahl-Differenzen und taxon-spezifische Abundanzen

Abb. 20 ist folgendermassen zu lesen: Jeder Punkt steht für ein IBCH Taxon. Die x-Achse zeigt, an wie vielen Stellen ein Taxon 2023 öfter (positive Stellendifferenzen, **blaue Punkte**) oder weniger (negative Stellendifferenzen **rote Punkte**) vorkam als 2019. Die y-Achse (logarithmische Skala) zeigt die durchschnittliche Abundanz des Taxons an den differierenden Stellen. Vergleicht man taxonspezifisch die Stellendifferenzen 2019-2023 mit den mittleren Abundanzen 2023, so haben mehrheitlich Taxa mit tiefen Individuenzahlen (1-10) grosse negative Stellendifferenzen (Abb. 20).

Die Analyse der Daten aus den langzeitlichen Monitoring Programmen des MZB im Kanton Waadt, Kanton Aargau und im BDM hatte 2021 übereinstimmend gezeigt, dass über deren Zeitraum zwischen 15 und 30 Jahren die Taxazahlen jährlich um 0.5 Taxon gestiegen sind [Haberthür et al. 2021]. Falls sich dieser Trend fortgesetzt hat, würde die Taxazahl 2023 diesem Trend ziemlich nahe kommen ($8 \times 0.5 = 6-2$). 6 ist der mittlere Taxazuwachs in NAWA zwischen 2015 und 2019, - 2 die mittlere Abnahme zwischen 2019 und 2023.

Umgekehrt kommen die Taxa, die 2023 an mehr Stellen auftreten in grösseren Abundanzen vor.

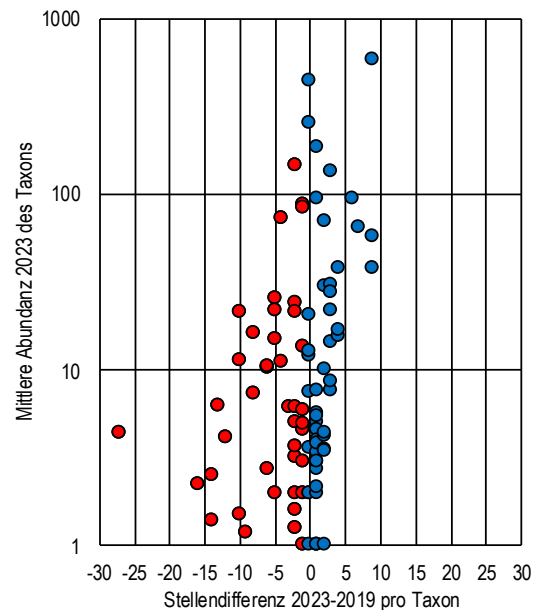


Abb. 20: Verteilung der IBCH-Taxa nach Stellendifferenz 2019-2023 und der mittleren Abundanz aller Stellen an denen 2023 ein Taxon vorkommt ($n=93$).

6.2.3 Veränderung 2012-2023 der Nicht-EPT Taxa

Die Taxazahlen der Nicht-EPT sind über die vier Kampagnen zwischen 2012 und 2023 ähnlich zu der Gesamt-Taxazahlen verlaufen. Sie trugen zwischen 2015 und 2019 im Mittel zwei Drittel oder 4 Taxa zum sprunghaften Anstieg bei. Der Rückgang der Taxazahlen von 2019 zu 2023 ist allerdings alleine auf die Nicht-EPT Taxa zurückzuführen. Der Unterschied zwischen 2015 und 2023 ist mit 2 Taxa nicht mehr gross (Abb. 21).

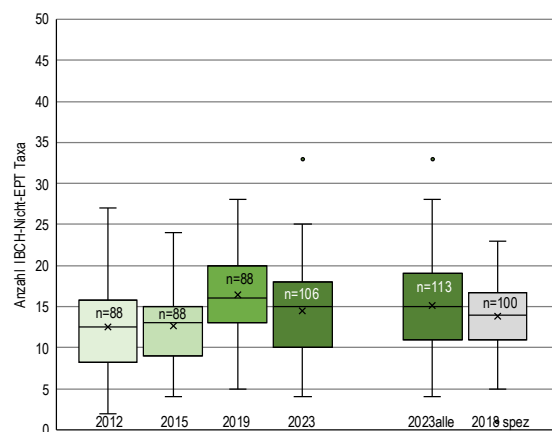


Abb. 21: Entwicklung der Anzahl Nicht-EPT Taxa im Zeitraum 2012 bis 2023 an den Stellen im NAWA-Netz ($n=88$). Der Unterschied 2015 und 2019 ist signifikant ($p=0.001$).

6.2.4 Stellenspezifische Streuung der Taxazahlen über die Zeit

Vergleicht man die Taxazahlen der einzelnen Stellen zwischen der verschiedenen Erhebungen so zeigen sich erhebliche Unterschiede. Mit den Taxazahlen von 2019 lassen sich die Zahlen von 2023 nur zu 32% erklären. Von den 88 Stellen weichen die beiden Erhebungen bei 74 um 0 – 10 Taxa und 14 um 10-20 Taxa voneinander ab. Dies bei Durchschnittswerten von 29 Taxa 2019 und 27 Taxa 2023 (Abb. 22). Nur 29 Stellen liegen ausserhalb des methodenbedingten 95%-Vertrauensintervalls.

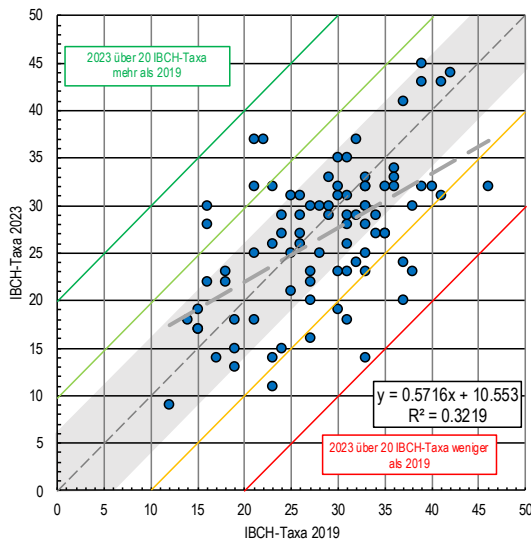


Abb. 22: Stellenspezifische Streuung der Taxazahlen zwischen den Erhebungen 2019 und 2023. Die graue Fläche zeigt die 95%-Vertrauensgrenze der Erhebungsmethode (siehe Kapitel 13.1.1).

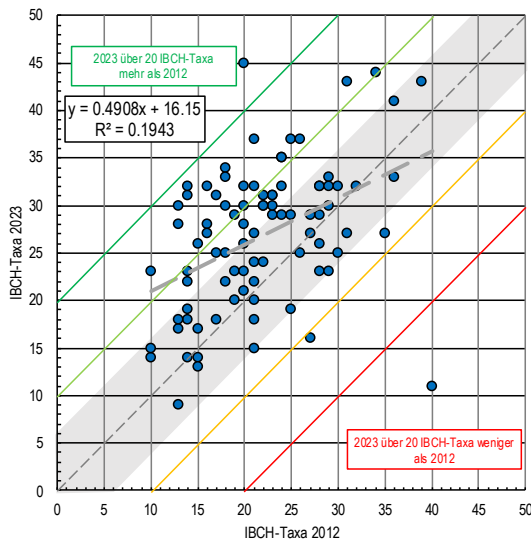


Abb. 23: Stellenspezifische Streuung der Taxazahlen zwischen den Erhebungen 2012 und 2023. Die graue Fläche zeigt die 95%-Vertrauensgrenzen der Erhebungsmethode (siehe Kapitel 13.1.1).

Die Taxazahlen am Anfang von NAWA 2012 können die aktuellen Zahlen 2023 nur noch zu 19% erklären. Bei 51 Stellen lassen sich die Differenzen mit 95%-iger Wahrscheinlichkeit durch die methodenbedingte Streuung ausschliessen. Die generelle Zunahme der Taxazahl zeigt sich auch darin, dass der grössere Teil der Punkte links der Mitteldiagonalen liegt (Abb. 23).

6.3 Einflussfaktoren auf Nicht-EPT

In diesem Kapitel wird der Einfluss von verschiedenen Eigenschaften und Aktivitäten im EZG der NAWA-Stellen auf die Nicht-EPT untersucht. Auf eine entsprechende Analyse der EPT-Taxa auf IBCH-Stufe wird an dieser Stelle verzichtet, da die EPT separat in Kapitel 9 ausführlich behandelt werden.

Attribut des EZG	NAWA-Proben 2012-2023
Level A	
Mittleres Gefälle des ganzen EZG	-0.545
Anteil Ackerfläche [%]	0.482
Anteil unproduktive Fläche [%]	-0.553
Landwirtschaftsflächen [%]	0.420
Level B	
Offene Ackerfläche	0.451
Kunstpflanzen	0.458
Sommerungsgebiet	-0.464
Fels, Geröll	-0.519
Unproduktive Vegetation	-0.403
Level C	
Wintergerste	0.460
Winterweizen	0.423
Silo- und Grünmais	0.461
Extensiv genutzte Wiesen (o. Weiden)	0.461
Hecken-, Feld- und Ufergehölze	0.436
Fels	-0.487
Geröll, Sand	-0.401
Aggregierte Eigenschaften	
Landwirtschaft intensiv	0.484
Unproduktiv: Fels, Geröll	-0.520
Siedlung+Landwirtschaft intensiv+Reben+Obst+Beeren	0.466
Landwirtschaft extensiv+Wald+unproduktive Fläche	-0.471
% der Fläche mit Insektizid Applikation	0.491

Tab. 8: Korrelationen (r-Werte) zwischen Nicht-EPT Taxa auf IBCH Stufe und verschiedenen Einflussfaktoren in den EZG der NAWA-Stellen. Gezeigt werden nur r-Werte >0.4

Die Flächenanteile der Bodenbedeckung und verschiedenen Nutzungen wurden 2023 in 3 verschiedenen Detaillierungsstufen (Level A, B und C) für jedes EZG einer NAWA-Stelle neu berechnet. Korrelationen der EZG-Kennzahlen mit den Taxazahlen wurden auf allen Levels anhand der MZB Daten 2012-2023 ermittelt.

Am besten korrelierten (immer negativ) die Nicht-EPT mit dem mittleren Gefälle im EZG, den unproduktiven Flächen und auf diesen mit Fels und Geröll. Zu den Flächensummen von Siedlung, Landwirtschaft intensiv, Obst, Reben und Beeren korrelierten die Nicht-EPT positiv, zu den Flächensummen mit extensiver Landwirtschaft, bestockter und unproduktiver Fläche entsprechend negativ. Dies gilt auch für einzelne Attribute mit intensiver bzw. extensiver Nutzung bei denen die Flächenanteile sich nicht komplementär ergänzen.

6.3.1 Einfluss intensive Nutzung

Intensiv genutzte Flächen (Siedlung, intensive Landwirtschaft, Obst-, Reb- und Beerenkulturen) im EZG begünstigen die Vielfalt von Nicht-EPT in den Gewässern. Dies ergibt sich sowohl aus den Daten 2023 wie auch aus zusätzlich berücksichtigten früheren Daten (Abb. 24).

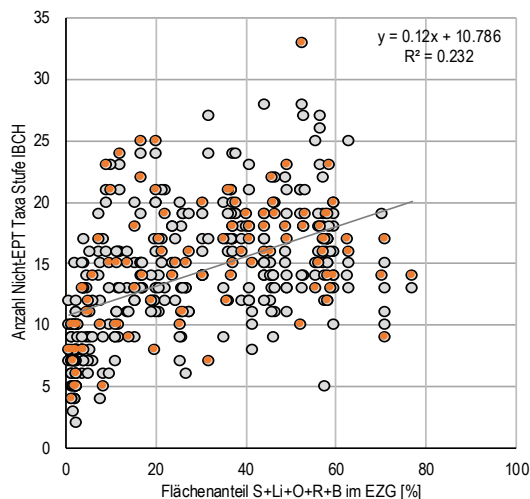


Abb. 24: Korrelation zwischen intensiv genutzter Fläche (Siedlung, Landwirtschaft intensiv, Obstbau, Reben, Beeren) und der Anzahl Nicht-EPT Taxa (Stufe IBCH). Graue Punkte=2019 und 2023, braune Punkte=2023.

Zu diesem Befund tragen an erster Stelle die intensiv genutzten Landwirtschaftsflächen und an zweiter Stelle die Siedlungsgebiete bei.

An den NAWA-Stellen mit viel unproduktiven Flächen im EZG findet man verhältnismässig wenig Nicht-EPT. Mit Nährstoffarmut, Sauerstoffreichtum und harscheren Bedingungen in den Einzugsgebieten kommen sie weniger gut zurecht als die EPT (Abb. 25).

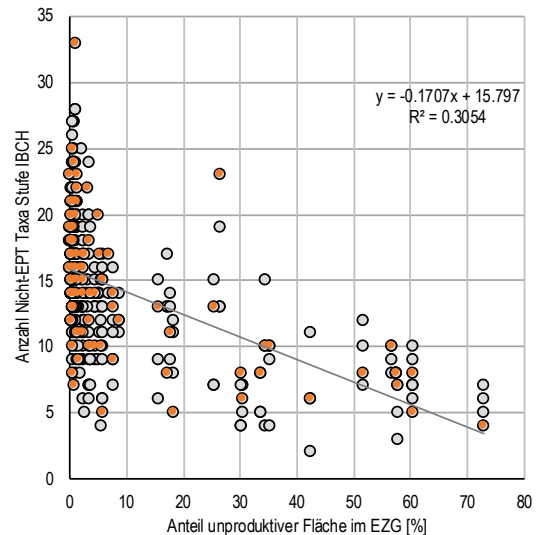


Abb. 25: Korrelation zwischen unproduktiver Fläche im EZG und der Anzahl Nicht-EPT IBCH-Taxa. Graue Punkte= 2019 und 2023, braune Punkte=2023.

Der negative Zusammenhang zwischen der mittleren Geländeneigung und der Taxazahl der Nicht-EPT ist ein sekundärer Effekt der oben gezeigten Einflussfaktoren (Abb. 26). Während intensive Landwirtschaft vor allem in flacheren Gebieten betrieben wird kommen die unproduktiven Flächen meist in steilerem Gelände vor.

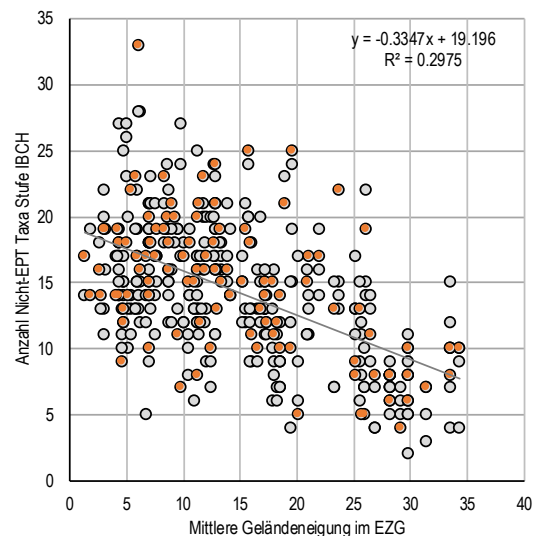


Abb. 26: Korrelation zwischen der mittleren Geländeneigung im EZG und der Anzahl Nicht-EPT IBCH-Taxa. Graue Punkte=2019 und 2023, braune Punkte=2023.

IBCH

Die Berechnung des IBCH erfolgt nach den aktuellen Vorgaben des MSK Modul MZB und ist mit der von 2019 identisch. Alle früheren Daten wurden auf die die neuste Berechnungsmethode aktualisiert. Die Zahlen in Klammern beziehen sich auf die Erhebung 2019.

7

7.1 IBCH 2023

Von den 113 in der aktuellen Erhebung untersuchten Stellen indiziert der IBCH bei 28 (32) oder 24.8%, einen «sehr guten», 55 (48) oder 48.7% einen «guten», 26 (21) oder 23% einen «mässigen» und 3 (5) oder 2.7% einen «unbefriedigenden» und 1 (0) oder 0.9% einen «schlechten» Gewässerzustand. Gemäss IBCH erfüllen 2023 somit 83 (80) Stellen oder 73% die entsprechenden ökologischen Ziele der Gewässerschutzverordnung (Anhang 1, Ziffer 1, Absätze 1a,b und 3c; Abb. 27). Stellen mit nicht erfüllten Zielen verteilen sich schwerpunktmässig auf das zentrale und westliche Mittelland und den Jura (Abb. 28). Die 3 Stellen mit der Qualitätsklasse «unbefriedigend» befinden sich in den Kantonen St. Gallen (Aächeli), Genf (La Seymaz) und Wallis (Canal d'Uvrier). Die Qualitätsklasse (schlecht) betrifft die Thielle im Kanton Waadt.

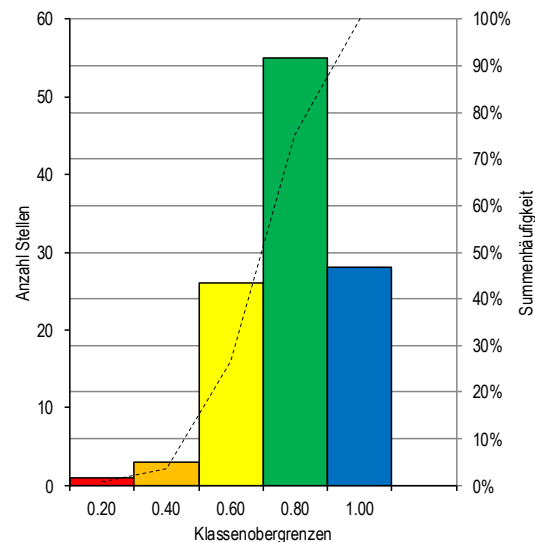


Abb. 27: Verteilung der 2023 untersuchten NAWA-MZB-Stellen auf die ermittelten Güteklassen des IBCH.

Die ermittelten Resultate sind allerdings nicht sehr robust. Würde bei allen Stellen das Taxon mit dem besten Indikationswert (IG) wegfallen, dann reduzierten sich der Median und der Mittelwert des IBCH um rund ein Viertel oder 0.06 Güteklasse. Insgesamt hätten dabei 42 Stellen eine schlechtere Klassierung.

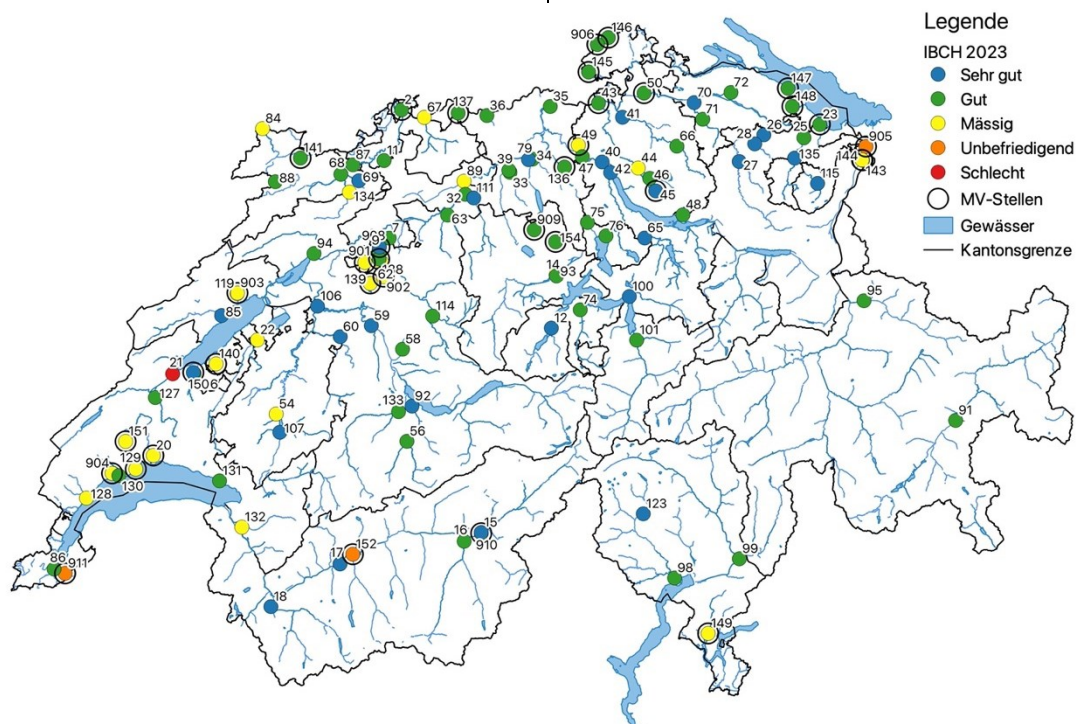


Abb. 28: NAWA-Stellen mit den 2023 zugeordneten Güteklassen des IBCH (n=113).

7.2 Veränderung 2012-2023

Die Entwicklung des IBCH wird vor allem anhand der Stellen gezeigt, an denen bei allen vier Erhebungen Proben genommen wurden. Insgesamt waren dies 88.

7.2.1 Zeitliche Entwicklung alle Stellen

Insgesamt ist der IBCH Wert seit 2012 um rund eine halbe Zustandsklasse gestiegen. Der starke Anstieg zwischen 2015 und 2019 hat sich 2023 nicht weiter fortgesetzt und ungefähr auf dem Niveau von 2019 konsolidiert (Abb. 29). Zwischen 2019 und 2023 ist der Mittelwert um 0.02 gesunken, während der Median um 0.03 stieg. Dies gilt für die 88 Stellen, an denen bei allen bisherigen vier Erhebungen Proben genommen wurden.

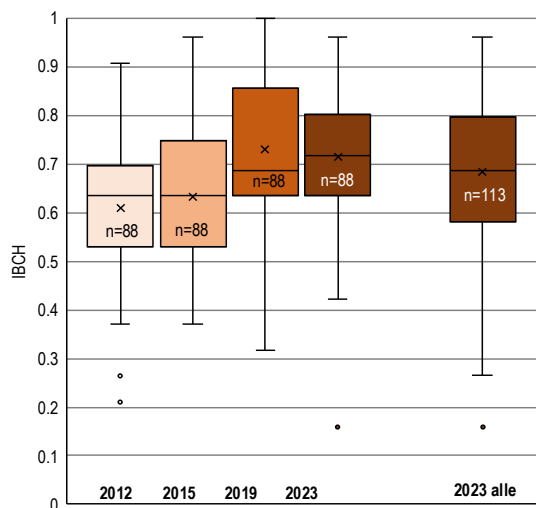


Abb. 29: Entwicklung des IBCH im Zeitraum 2012 bis 2023.

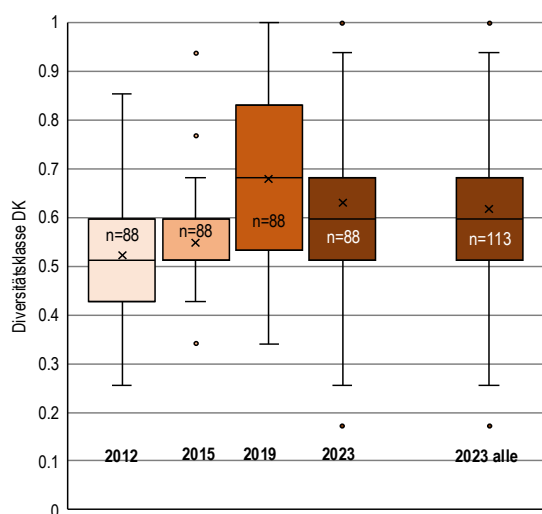


Abb. 30: Entwicklung der Diversitätsklasse im Zeitraum 2012 bis 2023.

Nimmt man alle 2023 beprobten Stellen, so sinken der Mittelwert und der Median um jeweils 0.03. Die leicht tiefer liegenden Werte sind durch die

Erweiterung der Stellenzahl um kleinere Gewässer zu erklären. Sie entwässern die aufgrund der Nutzungsanteile im EZG, anthropogen stärker beeinflusste Gebiete.

Die Diversitätsklasse DK (Abb. 30) der Stellen sank zwischen 2019 und 2023 bezüglich dem Mittelwert um 0.04 und bezüglich dem Median gar um 0.08. Mittelwert, Median und die Streuung sind 2023 identisch, unabhängig ob man nur die 88 bei allen vier Erhebungen beprobten Stellen oder alle 113 Stellen berücksichtigt. Der Taxaverlust zwischen 2019 und 2023 trägt zu diesem leicht tieferen DK bei.

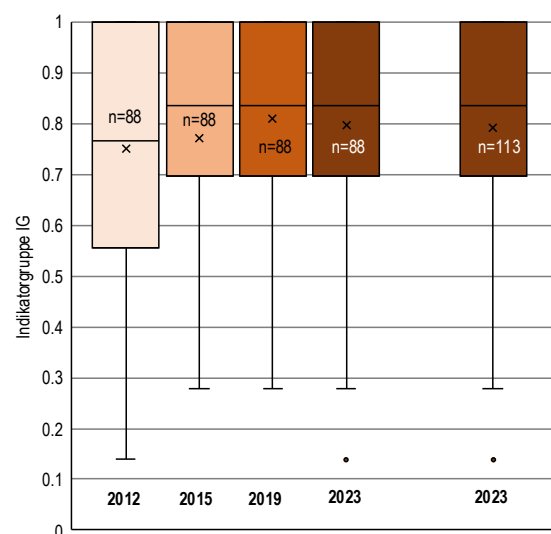


Abb. 31: Entwicklung des Indikatorgruppen im Zeitraum 2012 bis 2023.

Die Streuung der Indikatorgruppe ist seit 2015 identisch geblieben, obwohl der IG pro Stelle über die Zeit durchaus variiert. Dies zeigen auch die unterschiedlichen Mittelwerte zwischen 2015 und 2023 (Abb. 31). Die seit drei Kampagnen gleiche Verteilung legt den Schluss nahe, dass das räumliche Muster der Umweltbedingungen für empfindliche Taxa sich über die Zeit nicht grundsätzlich geändert hat.

7.2.2 Zeitliche Entwicklung MV-Stellen

Von den 35 MV-Stellen wurden nur 7 seit 2012 biologisch beprobt. Gemessen an diesen ist der zeitliche Verlauf des IBCH deutlich akzentuierter. Die Spannbreite der Mittelwerte reicht von 0.38 (2012) bis 0.67 (2023), die der Mediane von 0.37 (2012) bis 0.69 (2023). Der Anstieg ist jeweils stetig. Trotz der geringen Stellenzahl sind die Mittelwerte und Mediane 2019 und 2023 mit den analogen Werten aller 2019 (20 Stellen) und 2023 (35 Stellen) erfassten MV-Stellen vergleichbar. Die Messreihe mit nur 7

NAWA-MV-Stellen scheint einigermaßen repräsentativ.

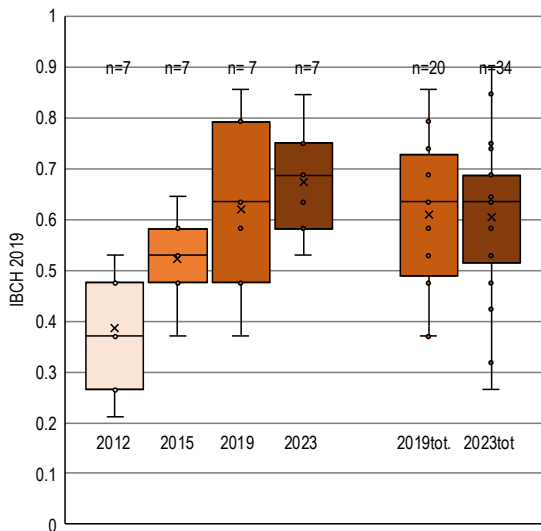


Abb. 32: Entwicklung des IBCH an den NAWA-MV-Stellen im Zeitraum 2012 bis 2023. Links: Verlauf der 7 über den gesamten Zeitraum beprobten Stellen. Rechts: Alle 2019 bzw. 2023 beprobten Stellen.

7.2.3 Stellenspezifische Veränderung des IBCH

Von 2019 bis 2023 veränderte sich der IBCH an 45 Stellen um eine Qualitätsklasse, an 3 Stellen um 2

und an 1 Stelle um 3 Klassen. Die Verbesserungen waren teilweise gering, reichten jedoch aus, um eine Klassengrenze zu überspringen. Die Stelle CH-45-ZH stieg um 2 und die 2019 noch als «unbefriedigend» taxierte Stelle CH-40-ZH Limmat gar um 3 Qualitätsklassen. Die damalige schlechte Bewertung resultierte durch einen Zusammenbruch der EPT-Diversität von 8 Taxa 2015 auf 2 Taxa 2019. 2023 waren es wieder 11 Taxa. Die Ursache dafür ist bis heute nicht geklärt.

An 2 Stellen trat eine Verschlechterung um 2 Klassen ein. Bei der Stelle CH-21-VD (Thielle) wurden kurz vorher wasserbauliche Arbeiten vorgenommen, bei der Stelle CH-093-LU sind die Gründe nicht bekannt. Schwerpunkte der Verbesserungen lagen im östlichen und westlichen Mittelland und an 3 Stellen im alpinen Raum. An 46 Stellen änderte sich die Qualitätsklasse nicht (Abb. 33).

Über den gesamten Zeitraum 2012 bis 2023 (88 Stellen) verbesserten sich 32 Stellen um eine Qualitätsklasse, 11 um zwei Klassen. 39 Stellen blieben unverändert und 5 Stellen verschlechterten sich um eine Qualitätsklasse (Abb. 34). Die bereits erwähnte Stelle CH-21-VD wurde um 3 Klassen schlechter.

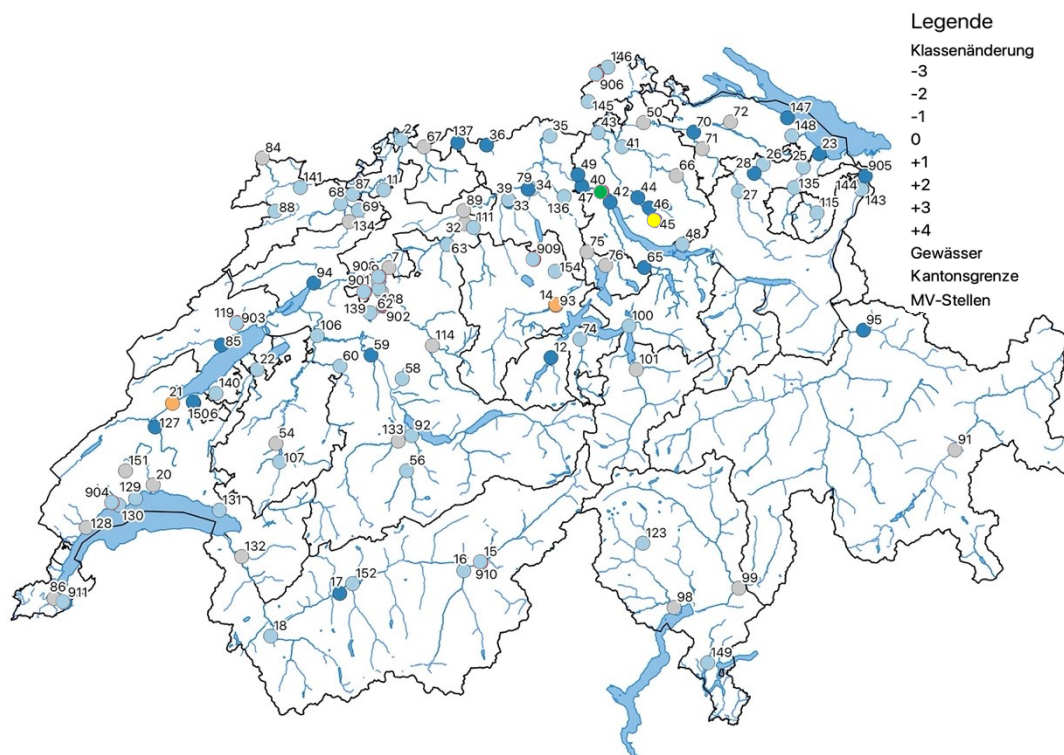


Abb. 33: Veränderung der IBCH Qualitätsklassen im NAWA-Netz zwischen 2019 und 2023 bei insgesamt 113 Stellen.

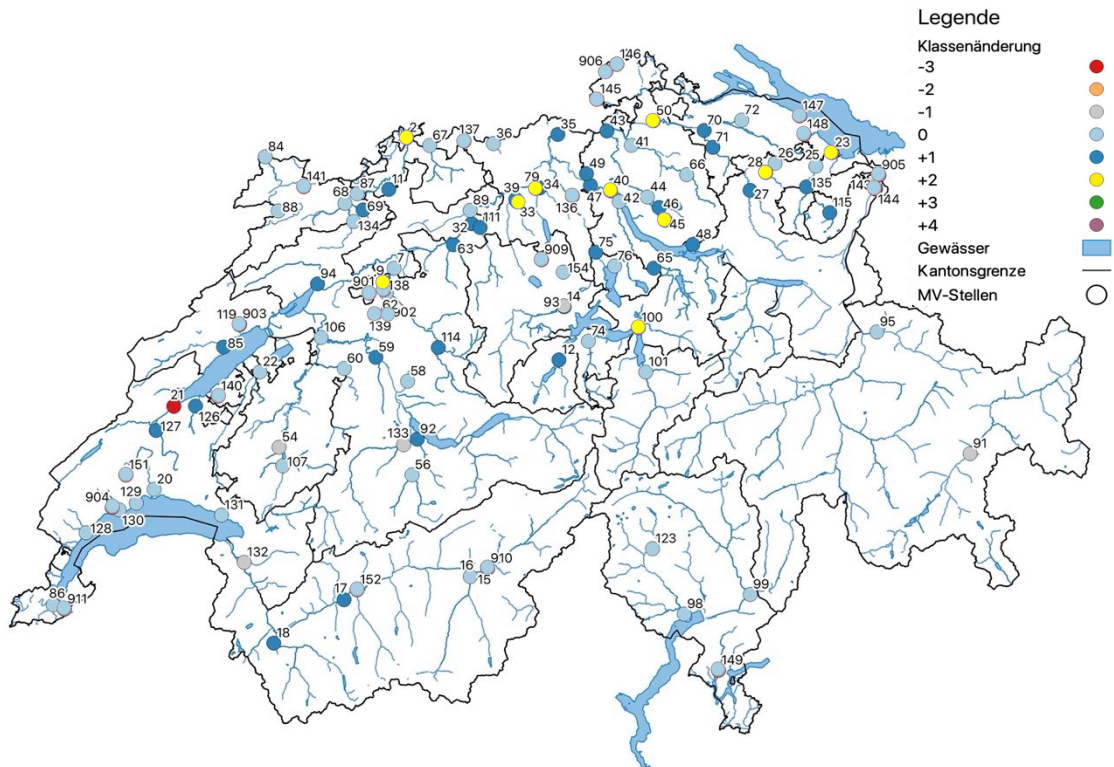


Abb. 34: Veränderung der IBCH Qualitätsklassen im NAWA-Netz zwischen 2012 und 2023 bei insgesamt 88 Stellen.

7.2.4 Zeitliche Streuung des IBCH

Die stellenspezifische Streuung der Taxazahlen zwischen den Erhebungsjahren widerspiegelt sich auch im IBCH-Wert. Zwischen 2023 und 2019 streuen die Punkte mehr oder weniger symmetrisch zur Diagonalen (Abb. 35), die für beide Jahre gleiche Werte bedeuten würde. Die IBCH-Werte von 2023 lassen sich nur zu 23% aus den Ergebnissen 2019 erklären.

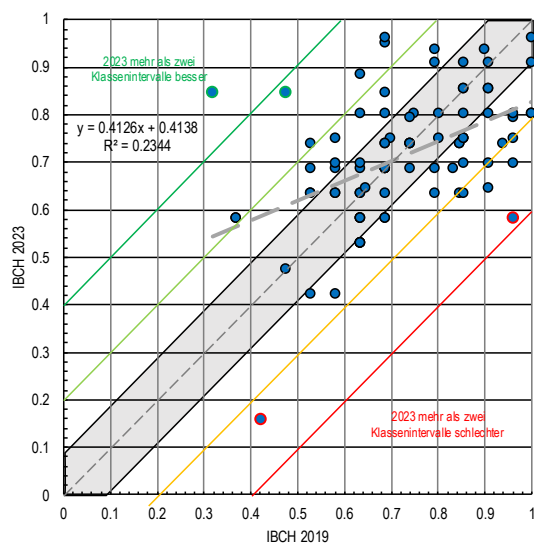


Abb. 35: Veränderung des IBCH-Wertes pro Stelle im Betrachtungsjahr 2023 (y-Achse) gegenüber dem Vergleichsjahr 2019 (x-Achse). Die graue Fläche zeigt die 95% Vertrauensgrenzen der Erhebungsmethode (berechnet aus 37 Doppelproben).

Nur ca. die Hälfte der Veränderungen liegen ausserhalb des 95%-Vertrauensbereiches der methodischen Streuung. Auffällig sind die starke Verbesserung in der Limmat unterhalb Zürich (Punkt ganz links oben) und am Aabach Mönchaltorf (Mitte oben). Erheblich verschlechtert haben sich die Thielle (Punkt Mitte ganz unten) und die Kleine Emme (tiefster ganz rechts).

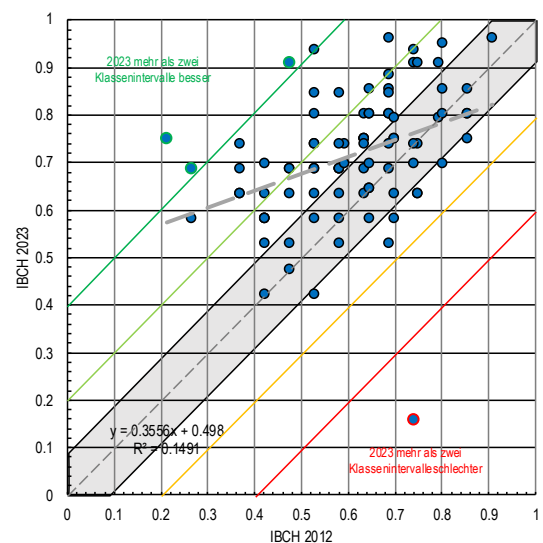


Abb. 36: Veränderung des IBCH-Wertes pro Stelle im den Betrachtungsjahr 2023 (y-Achse) gegenüber den Vergleichsjahr 2012 (x-Achse). Die graue Fläche zeigt die 95% Vertrauensgrenzen der Erhebungsmethode (berechnet aus 7 Doppelproben).

In Abb. 36 ist die Verschiebung des IBCH-Wertes von 2012 bis 2023 hin zu einer besseren Zustandsklasse gut ersichtlich. Die Gewässerqualität verbesserte sich bei wesentlich mehr Stellen um ein Klassenintervall als umgekehrt. Mit den Daten aus 2012 lassen sich die Ergebnisse von 2023 nur noch zu 15% erklären. In diesem Zeitintervall stark verschlechtert hat sich der IBCH an der Thielle (CH-021-VD), deutlich verbessert an den Stellen der Thur (CH-050-ZH), der Muota (CH-100_SZ) und des Aabaches (CH-079-AG).

7.3 Einflussfaktoren auf IBCH

Wie schon 2019 korrelieren der IBCH, DK und IG 2023 nur schwach mit den verschiedenen Merkmalen der EZG. Die am besten gefundene Korrelation besteht zwischen der Summe aller extensiv genutzten Flächen und dem IG. Diese ist positiv. Der extensiv genutzte Flächenanteil vermag den IG nur zu 25% erklären. Aus der Komplementarität der intensiv genutzten Restfläche ergeben sich für IBCH, DK und IG eine ähnlich hohe, negative Korrelation. Schwache Korrelationen über $r=0.4$ ergeben sich zudem bezüglich dem IG mit der Meereshöhe, der Flussordnungszahl und dem mittleren Gefälle sowie dem IBCH mit der Flussordnungszahl und der Summe der intensiv und extensiv genutzten Flächen (Tab. 9).

Einflussfaktor	IBCH	DK	IG
Anteil Siedlungsfläche [%]	-0.256	-0.090	-0.364
Anteil Grünfläche [%]	0.352	0.184	0.429
Anteil Waldfläche [%]	-0.093	-0.048	0.233
Anteil Ackerfläche [%]	-0.333	-0.179	-0.401
Anteil Obstkulturen [%]	-0.153	-0.062	-0.210
Anteil Rebbaugelände [%]	-0.331	-0.228	-0.338
Anteil unproduktive Fläche [%]	0.296	0.249	0.244
Totale GVE	0.139	0.050	0.200
GVE pro Hektare LN-Fläche [GVE/ha]	0.163	0.204	0.048
GVE pro km ² EZG-Fläche	-0.072	0.034	-0.183
Anzahl Betriebe	0.175	0.087	0.218
Anteil Obstkulturen am CH-EZG [%]	-0.178	-0.104	-0.204
Anteil Reben am CH-EZG [%]	-0.331	-0.228	-0.338
Anteil Siedlungsfläche am CH-EZG [%]	-0.212	-0.073	-0.308
Anzahl Einwohner im EZG	0.175	0.070	0.240
Länge Gewässernetz oberhalb Messstelle	0.243	0.171	0.241
Meereshöhe Messstation [m.ü.M.]	0.344	0.187	0.413
Mittlerer modellierter Abfluss [m ³ / s]	0.286	0.259	0.211
Flussordnungszahl FLOZ nach Strahler	0.448	0.286	0.455
Abwasseranteil am Q347 [%]	-0.267	-0.117	0.389
Abwassermenge 500 Liter pro EW und Tag	0.144	0.099	0.143
Gefälle des Gewässers an der Messstelle	0.049	0.068	0.008
Mittleres Gefälle im EZG	0.364	0.212	0.420
Ökomorphologiekategorie	0.060	0.113	-0.052
Siedlung+LW intensiv+Obst+Reben	-0.430	-0.226	-0.526
Unproduktiv+Wald+Grünland	0.443	0.235	0.539

Tab. 9. Korrelationen zwischen DK, IG IBCH und den bekannten Einflussfaktoren im hydrologischen Einzugsgebiet der 113 NAWA-Stellen.

7.3.1 Mittlere Geländeneigung und IBCH

Die mittlere Geländeneigung, berechnet aus 10x10m Zellen im Einzugsgebiet einer NAWA-Stelle, ist eine Art Stellvertreter-Variable, welche die Gewässerbelastung stark beeinflusst (Abb. 37).

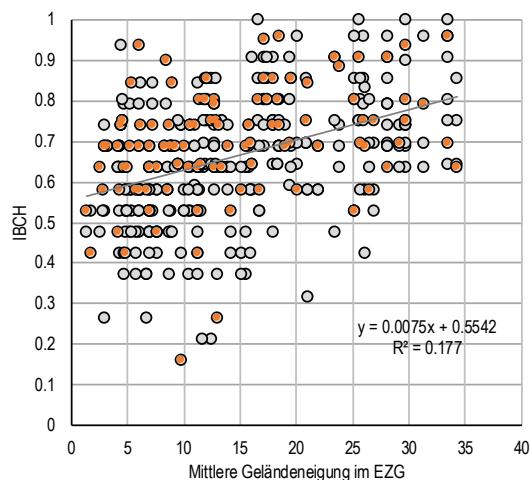


Abb. 37: Zusammenhang zwischen der mittleren Geländeneigung [%] und dem IBCH. Die orangenen Punkte (n=113) beziehen sich auf die Erhebung 2023, die grauen Punkte (n=384) auf alle Erhebungen 2012-2023.

So sind beispielsweise Siedlungen und Ackerbauflächen eher in wenig geneigtem Gelände anzutreffen, womit auch die Nutzungsintensität (Siedlungen, intensive Landwirtschaft, totale GVE etc.) steigt und zu stärkeren Immissionen ins Gewässer führt. Mit der mittleren Geländeneigung lässt sich der IBCH im NAWA-Netz zu 17% erklären.

Im Bereich von 0-35% mittlerer Geländeneigung verbessert sich der IBCH im Mittel um ca. eine Qualitätsklasse, von 0.57 auf 0.82.

7.3.2 IBCH und Intensität der Flächennutzung

Zwischen dem IBCH und dem Anteil intensiv genutzter Flächen (Summe von Siedlungen, intensiver Landwirtschaft, Obstplantagen, Reben um Beerenkulturen) im EZG der Stellen besteht ein schwach negativer Zusammenhang (Abb. 38) der den IBCH nur zu 18% zu erklären vermag. Mit zunehmendem Anteil an intensiv genutzten Flächen im EZG der Stellen sinkt der IBCH im Mittel von 0.75 auf 0.51 oder wechselt von der Qualitätsklasse «gut» auf «mässig».

Beim den Ausreisser nach unten der Erhebung 2023 handelt es sich um die Stelle CH-021-VD, La Thielle, bei der sich wie schon erwähnt im Nachhinein zur Probenahme herausstellte, dass kurz vorher waserbauliche Eingriffe vorgenommen wurden.

Aufgrund der Komplementarität der extensiv genutzten Flächenanteile zu 100% verläuft deren Abbildung praktisch spiegelbildlich.

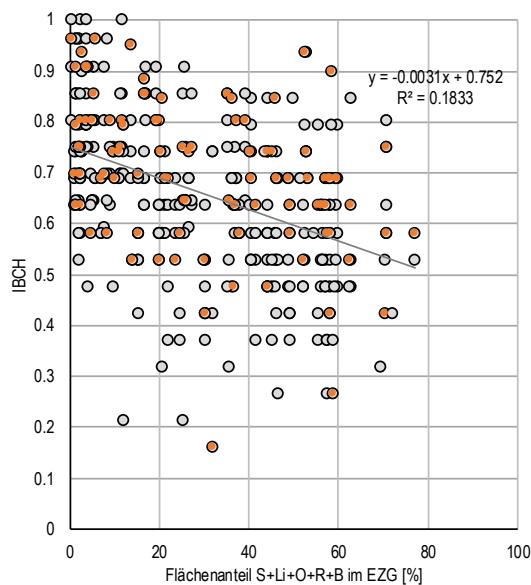


Abb. 38: Zusammenhang zwischen dem Anteil intensiv genutzter Fläche im Einzugsgebiet [%] der NAWA-Stellen. Die orangenen Punkte ($n=113$) beziehen sich auf die Erhebung 2023, die grauen Punkte ($n=384$) auf alle Erhebungen 2012-2023.

7.3.3 Flussordnungszahl und IBCH

Der Parameter Flussordnungszahl korreliert positiv mit dem IBCH (Abb. 39). Der Grund ist, dass kleine Gewässer mit tiefen Flussordnungszahlen dem MZB eine geringere Vielfalt an Habitaten zur Verfügung stellen und in sehr trockenen Jahren wie z.B. 2018 zeitweise kein Wasser führen. Der Ausreisser von 2023 nach unten ist wiederum auf die Stelle La Thielle zurückzuführen.

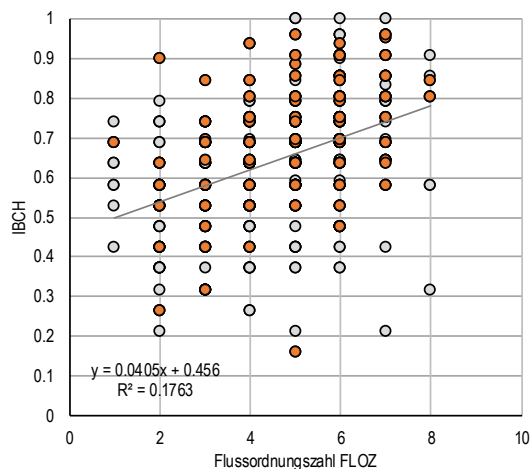


Abb. 39: Einfluss der Gewässergrösse nach Flussordnungszahl auf den IBCH der NAWA-Stellen. Die orangenen Punkte ($n=113$) beziehen sich auf die Erhebung 2023, die grauen Punkte ($n=384$) auf alle Erhebungen 2012-2023.

7.3.4 Abwasseranteil und IBCH

Der Abwasseranteil in den Gewässern an den NAWA-Trend Stellen hat einen Einfluss auf den IBCH (Abb. 40). Dieser lässt sich aus dem Abwasserverhältnis statistisch zu 17% erklären. Die entsprechende Regressionsgerade sinkt vom IBCH 0.7 auf 0.46 und damit um gut eine Qualitätsklasse. Der Ausreisser nach unten ist wiederum auf die Situation in der La Thielle zurückzuführen und nicht abwasserbedingt.

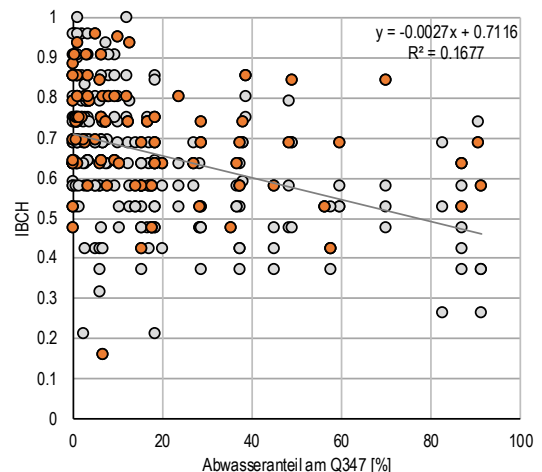


Abb. 40: Linearer Trend zwischen dem berechneten Abwasseranteil und dem IBCH. Die orangenen Punkte ($n=113$) beziehen sich auf die Erhebung 2023, die grauen Punkte ($n=384$) auf alle Erhebungen 2012-2023.

SPEAR-Index

Der SPEAR_{pesticides}-Index wurde für NAWA 2023 nach der SPEAR Version 2018 berechnet. Frühere Laborblätter wurden ins Laborblatt Version 2019 überführt um den Index rückwirkend nach dieser Version zu bestimmen. Im Folgenden beziehen sich die Zahlen in Klammern auf die Ergebnisse von 2019.

8

8.1 SPEAR-Index 2019

Im NAWA-Stellennetz 2023 wurde an 42 Stellen ein SPEAR-Index ermittelt, der gemäss gängiger Praxis noch als akzeptabel gilt. 21 oder 18.6% (11 oder 10%) der Stellen wiesen eine «sehr gute», 21 oder 18.6% (28 oder 26%) eine «gute», 56 oder 49.6% (45 oder 42%) eine «mässige» und 12 oder 10.6% (20 oder 19%) eine «unbefriedigende» Zustandsklasse bezüglich der MZB-spezifischen Wirkung von MV auf. Die Klasse «schlecht» kommt an 3 oder 2.7% (3 oder 2%) der Stellen vor (Abb. 41). Stellen mit mässiger und geringerer Qualität verteilen sich hauptsächlich auf das Mittelland sowie den Jura. In den Zentralalpen und in den voralpinen Gebieten sind

fast alle Stellen mindestens im grünen Bereich (Abb. 42). Die 3 Stellen mit dem Prädikat «schlecht» befinden sich in den Kantonen St. Gallen (Aächeli), Bern (Urtenen) und Wallis (Canal d'Uvrier). Letzterer fliesst im Rhonetal durch ein grösstenteils mit Obst- und Weinbau bewirtschaftetes Gebiet.

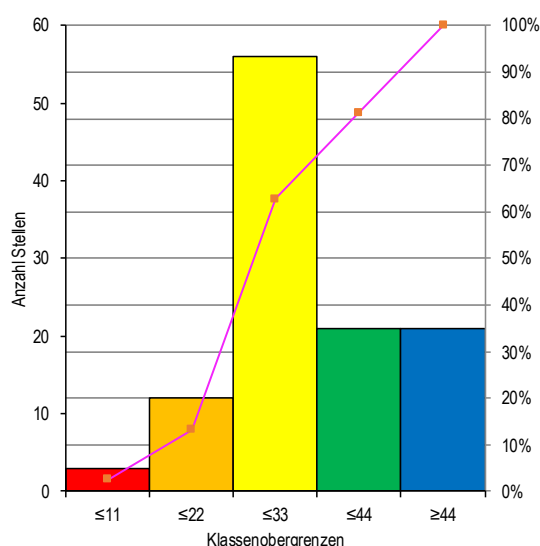


Abb. 41: Verteilung der 2023 untersuchten NAWA-MZB-Stellen auf die ermittelten Güteklassen des SPEAR-Index.

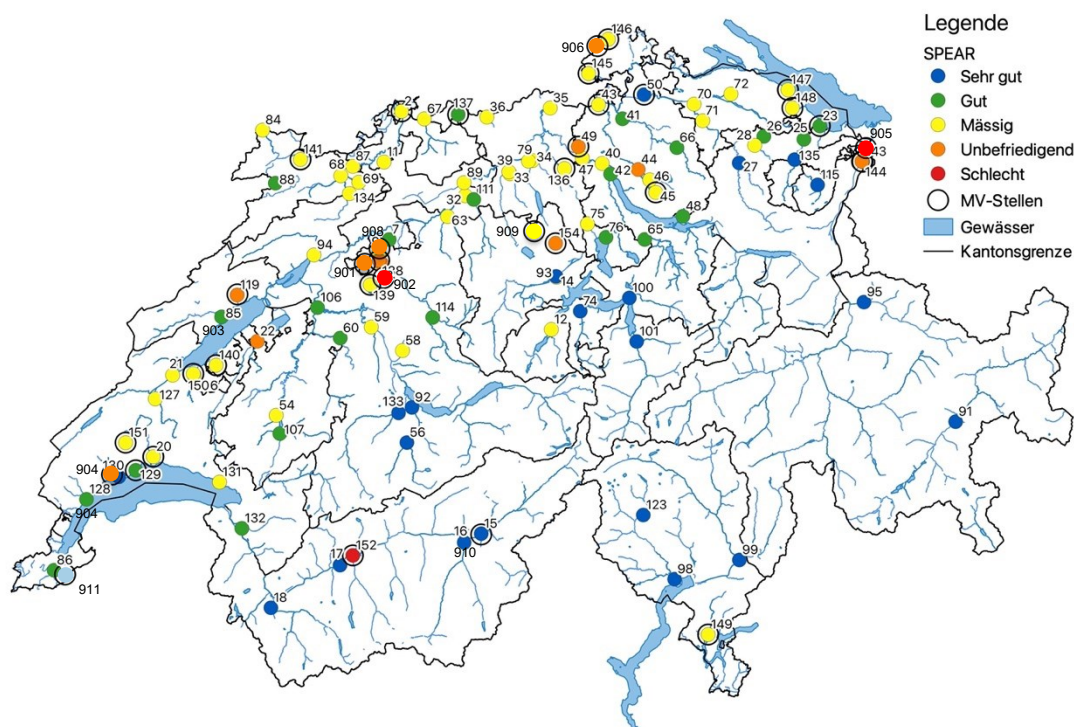


Abb. 42: NAWA-Stellen mit den 2023 zugeordneten Güteklassen des SPEAR Index (n=113).

8.2 Veränderung 2012-2013

Auch beim SPEAR-Index ist die zeitliche Entwicklung anhand der über den gesamten Zeitraum erhobenen 88 Stellen relevant. Bei den MV-Stellen sind dies nur 7 der 35.

8.2.1 Zeitliche Entwicklung alle Stellen

An den Stellen die über alle vier Erhebungen beprobt wurden, hat sich der SPEAR-Index zwischen 2012 und 2023 bezüglich Mittel und Median nicht verändert (Abb. 43). Die leicht tieferen Mittel- und Medianwerte sowie der tiefere Streubereich beim Einbezug aller Stellen von 2019 und 2023 ist wahrscheinlich durch die Wahl zusätzlicher, kleiner und als MV-belastet eingeschätzter Stellen bedingt. Insgesamt hat seit der ersten Erhebung die Streuung der Index-Werte abgenommen. Das würde bedeuten, dass die Belastungssituation sich unter den Stellen angeglichen hat.

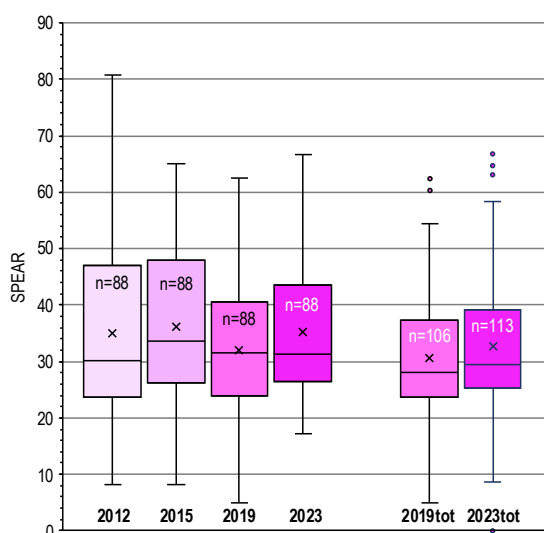


Abb. 43: Entwicklung des SPEAR-Index an allen Stellen im Zeitraum 2012-2023 (n=88). Der Unterschied zwischen 2015 und 2019 ist signifikant ($p=0.05$).

8.2.2 Zeitliche Entwicklung an den MV-Stellen

An 14 MV-Stellen werden seit 2019 und zusätzlich an 21 Stellen seit 2022 die Mikroverunreinigungen der Gewässer mittels 14-Tage Sammelproben ganzjährig gemessen.

Die Mittelwerte der MV-Stellen streuen zwischen SPEAR-Werten von 20 und 30 Einheiten (Abb. 44) und beim gesamten NAWA-Stellenpool um 30 bis 40 (Abb. 43). Damit liegen die MV Stellen im Mittel um

fast eine Qualitätsklasse tiefer. Gemessen am Mittelwert und Median lagen die SPEAR-Werte der MV-Stellen 2012 deutlich tiefer als in den folgenden Jahren.

Die Ergänzung des NAWA-Netzes 2019 und 2023 um weitere 24 Stellen, vor allem an kleinen, mutmasslich stärker mit MV belasteten Gewässern, hat wie schon im vorigen Kapitel vermutet, die Mittelwerte und Mediane etwas nach unten gedrückt (Abb. 44). Vorausgesetzt, dass der SPEAR-Index hauptsächlich auf das Vorkommen von Mikroverunreinigungen sensitiv ist, hat sich die MV-Belastung im NAWA-Netz über die Zeit nicht wesentlich geändert.

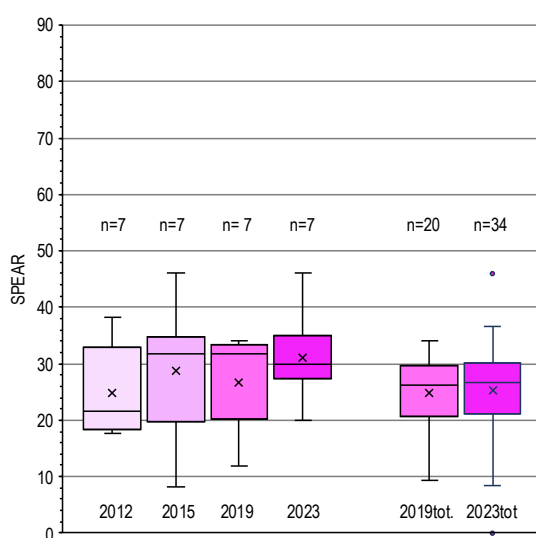


Abb. 44: Entwicklung des SPEAR-Index an den MV-Stellen im Zeitraum 2012-2023. Die Unterschiede sind nicht signifikant. Links: Verlauf der 7 über den gesamten Zeitraum beprobten Stellen. Rechts: Alle 2019 bzw. 2023 beprobten Stellen.

8.2.3 Stellspezifische Veränderung des SPEAR-Index

Von 2019 bis 2023 (106 Stellen) veränderte sich der SPEAR an 43 Stellen um eine Qualitätsklasse. Dabei verbesserten sich 32 Stellen um eine Klasse. 11 Stellen fielen um eine Klasse zurück. Nur an 2 Stellen gab es Änderungen um 2 Klassen, beide in positivem Sinne. 60 Stellen blieben unverändert. Für die Stelle CH-152-VS lieferte die SPEAR-Formel keinen Wert, da zu wenig Taxa gefunden wurden. Die 2019 noch als «schlecht» eingestufte Stelle CH-40-ZH und die noch als «unbefriedigend» taxierte Stelle CH-50-ZH stiegen je um 2 Qualitätsklassen. Verschlechterungen um mehr als 2 Stufen gab es keine (Abb. 45).



Abb. 45: Veränderung der SPEAR-Qualitätsklassen 2023 gegenüber dem Jahr 2019.

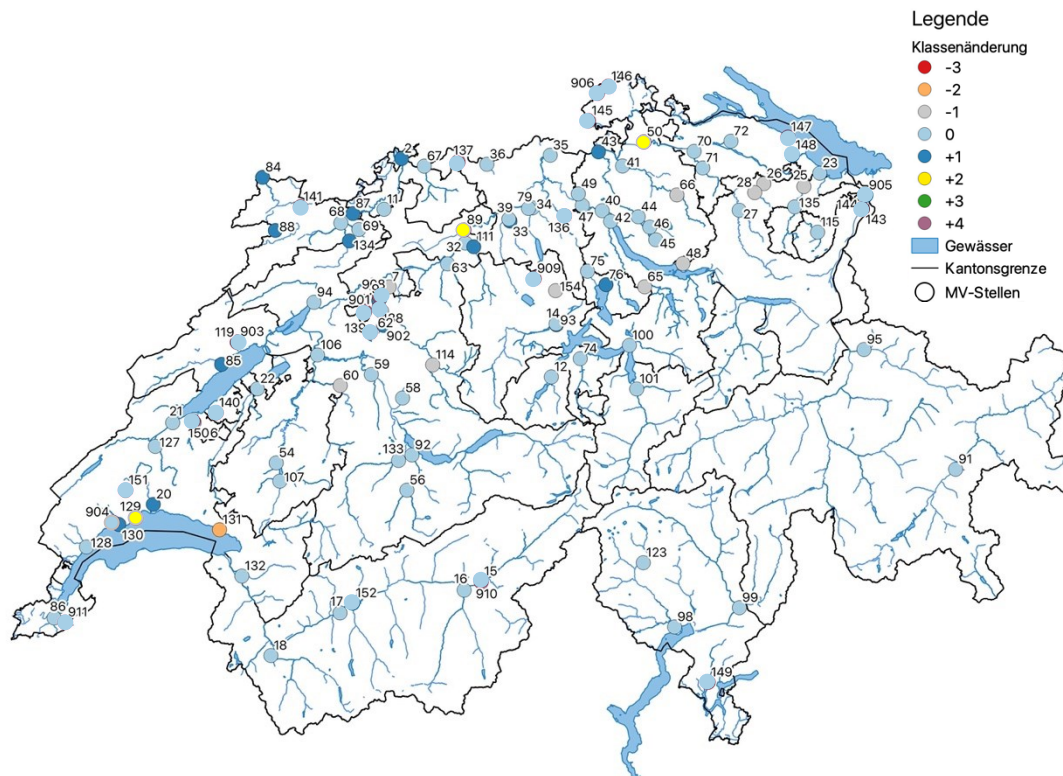


Abb. 46: Veränderung der SPEAR-Qualitätsklassen 2023 gegenüber dem Jahr 2012.

Über den Zeitraum 2012 bis 2023 (88 Stellen) waren die Veränderungen im Verhältnis zur Stellenzahl geringer (Abb. 46).

Bei allen gezeigten Klassenveränderungen muss man sich bewusst sein, dass schon eine minime Änderung an einer Klassengrenze zu einer andern Klassierung führen kann.

8.2.4 Zeitliche Streuung des SPEAR-Index

Der SPEAR-Index scheint über die Zeit konstanter zu bleiben als die Taxazahlen und der IBCH. Aus den Daten von 2019 lassen sich die Werte von 2023 zu 72% erklären. Die leichte durchschnittliche Verbesserung anhand der Box-Plots (Kapitel 8.2.2) zeigt sich in der leichten Verschiebung der Punkte nach links oben (Abb. 47). Ein grosser Teil der Werte liegt aber noch innerhalb des 95%-Vertrauensbereichs der Erhebungsmethode (Probenahme und Laborbestimmung bis Stufe IBCH).

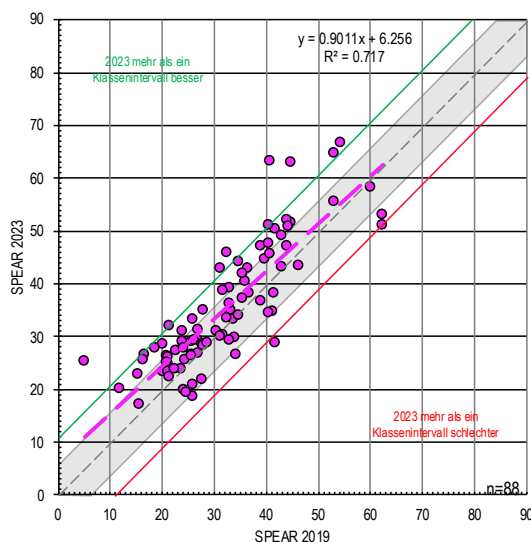


Abb. 47: Veränderung des SPEAR-Wertes pro Stelle im Betrachtungsjahr 2023 (y-Achse) gegenüber dem Vergleichsjahr 2019 (x-Achse). Die graue Fläche zeigt die 95% Vertrauensgrenzen der Erhebungsmethode (ermittelt aus 7 Doppelproben).

Auch beim Vergleich der Werte zwischen 2023 und 2012 erweist sich der SPEAR-Index als relativ konstant (Abb. 48). Die Daten aus dem Jahr 2012 können die SPEAR-Werte von 2023 sogar zu 77% erklären. Die Trendlinie weicht im Gegensatz zu 2019 stärker von der «idealen» Diagonalen ab. Bei den tiefen SPEAR-Werten zeigt sich 2023 eine Verbesserung, während die hohen Werte leicht tiefer liegen als 2012.

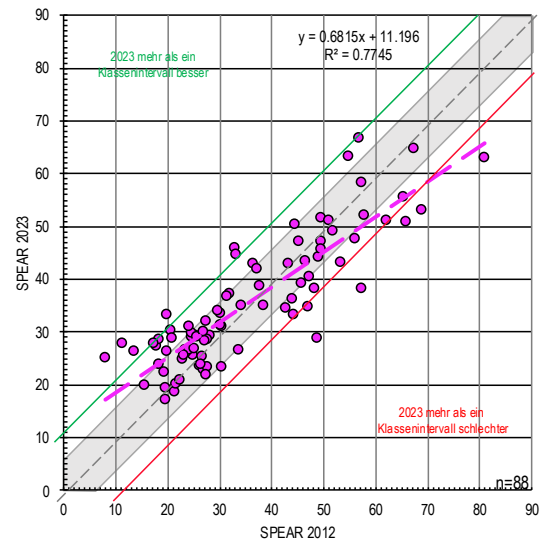


Abb. 48: Veränderung des SPEAR-Wertes pro Stelle im Betrachtungsjahr 2023 (y-Achse) gegenüber dem Vergleichsjahr 2012 (x-Achse). Die graue Fläche zeigt die 95% Vertrauensgrenzen der Erhebungsmethode (ermittelt aus 7 Doppelproben).

8.3 Einfluss der Nutzungen auf den SPEAR-Index

Der Einfluss von nutzungsbedingten oder natürlichen Eigenschaften im EZG einer Stelle auf den SPEAR-Index wurde wie schon bei den Taxazahlen und dem IBCH mittels Korrelationsanalyse untersucht. Die verwendeten Daten stammen von allen 4 NAWA-Trend Erhebungen. Dabei wurden alle Gebietseigenschaften mit einem vollständigen Datensatz berücksichtigt. Die besten Korrelationen >0.6 resultierten mit der Nutzung oder Bodenbedeckung, der Meereshöhe und der mittleren Geländeneigung, wobei die letzteren beiden Faktoren in sich eine noch bessere Korrelation 0.84 aufweisen was sich aufgrund der Topographie in der Schweiz auch leicht erklären lässt.

Weitere Faktoren, die aber von der Topographie und Nutzung weniger abhängig erscheinen, aber das MZB ebenfalls beeinflussen vermögen, korrelieren schlechter mit dem SPEAR-Index (Tab. 10). Bemerkenswert ist zudem die relativ gute Korrelation mit der Flächensumme von Kulturen, die mit grosser Wahrscheinlichkeit den Einsatz von Insektiziden erfordern. Durch den hohen Detailierungsgrad der Nutzungen in den EZG auf «level 3» und den Informationen über die spezifische Anwendung von Pestiziden nach Kulturtyp wurde es möglich, diese Flächenkategorie zu ermitteln.

Eine vertiefte Analyse der Einflussfaktoren mit multifaktoriellen Methoden könnte sich lohnen,

war aber im Rahmen der Ressourcen für diesen Bericht nicht möglich.

Eigenschaft EZG	Pearson	Ref.
Anteil unproduktive Fläche [%]	0.623	1
Unproduktive Flächen	0.635	4
Fels und Geröll	0.638	4
Fels	0.616	4
Strassen und Wege	-0.620	4
Sommerungsweiden	0.605	4
S+Li+O+R+B	-0.686	12
Le+W+U	0.697	12
% der Fläche mit Insektizid Applikation	-0.601	5
Mittleres Gefälle des ganzen EZG	0.755	2
Mittlere Meereshöhe m.ü.M. im EZG	0.769	3
Ökomorphologie Klasse	-0.094	6
Flussordnungszahl nach Strahler	0.450	8
Abwasseranteil am Q347 [%] 4. Ausbaustufe nicht berücksichtigt	-0.445	7
Abwasseranteil am Q347 [%] 4. Ausbaustufe berücksichtigt	-0.409	7
Mittlerer modellierter Abfluss [m ³ / s]	0.280	9
Anzahl Einwohner im EZG	0.010	10
Länge Gewässernetz oberhalb Stelle	0.127	11

Tab. 10: Korrelationskoeffizienten zwischen verschiedenen Gebieteigenschaften und dem SPEAR-Index.

- 1 Landwirtschaftliche Betriebserhebung
- 2 Quelle: dtmAV_aggr10m (aggregiert)
- 3 ASTER GDEM Version 1
- 4 "Neue Berechnung" EZG ohne Seen
- 5 Zusammengetragen aus verschiedenen Publikationen Agroscope
- 6 BAFU Ökomorphologie Ersterhebung
- 7 Quelle: ARA-DB BAFU, Q347 Modellierungen, unveröffentlicht
- 8 Quelle: BAFU Flussordnungszahl
- 9 WSL-Mitteilungen: Modellerte Abflüsse, umgerechnet auf EZG-gliederung GAB-EZGG
- 10 Quelle: STATPOP2022 BFS
- 11 Quelle: VECTOR25 gwn, Stand 2007
- 12 Flächensummen: S+Li+O+R+B (=Siedlung+Landwirtschaft intensiv+Obst+Reben+Beeren; Le+W+U (=Landwirtschaft extensiv+Wald+Unproduktive Fläche

8.3.1 Geländeneigung und SPEAR

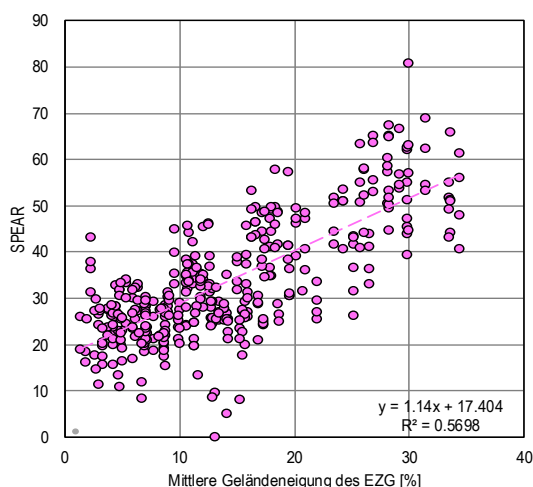


Abb. 49: Korrelation zwischen mittlerer Geländeneigung [%] und dem SPEAR-Index (n=394).

Die mittlere Geländeneigung, berechnet aus der Neigung aller 10x10 m Quadrate innerhalb eines

EZG, scheint eine Art Stellvertreter Merkmal anderer Faktoren zu sein, die den SPEAR beeinflussen.

Mit dem Merkmal Geländeneigung lässt sich der SPEAR zu 57% erklären. Je steiler das Gelände, desto weniger Siedlungsfläche, intensive Landwirtschaft, Abwasser, verbaute Gewässerläufe usw. sind zu erwarten und umso mehr unproduktive Fläche, Wald etc. findet man vor. Eine fast identische Korrelation ergibt sich mit der Meereshöhe (Tab. 10). Bei einem Neigungsbereich zwischen 0 und 35% verläuft die lineare Regressionsgerade über die Qualitätsklassen «unbefriedigend» bis «sehr gut».

8.3.2 Intensive Nutzung und SPEAR

Mit den Daten von NAWA-Trend und NAWA-Spez sowie den Nutzungsdaten lässt sich eine klare Beziehung zwischen der intensiven Nutzung und dem SPEAR-Index herleiten. Mit dem gleitenden Mittel₅₀ ergibt sich über den steigenden Anteil der intensiven Nutzung ein stetig abnehmender Verlauf des SPEAR, der mit einer logarithmischen Funktion zu 96% den so gemittelten SPEAR erklären kann. Am markantesten nimmt er zwischen 0 und 20 % intensiv genutzter Fläche über die Qualitätsklassen «sehr gut» und «gut» ab. Danach verläuft die Kurve bis 80% intensiv genutzter Fläche annähernd linear, wobei sie nur noch um eine Qualitätsklasse abnimmt (Abb. 50). Die verwendeten Flächendaten stammen aus der früheren Nutzungsberechnung weil für die NAWA-Spez Stellen die neueren Berechnungen fehlten. Der Unterschied zwischen den beiden Berechnungsarten (SAOR und SLIORB) ist bezüglich der Flächensumme aber gering.

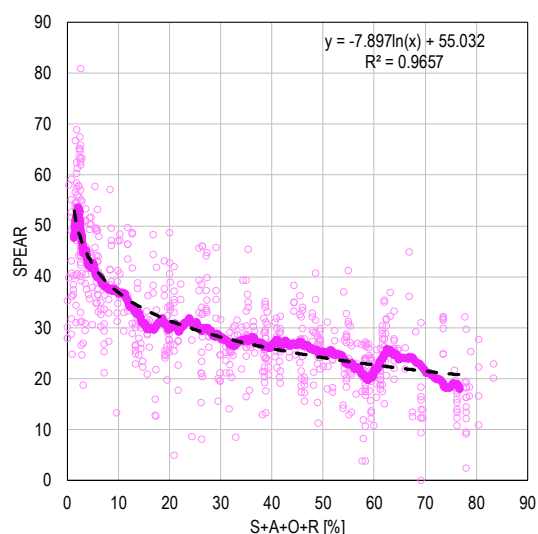


Abb. 50: Korrelation zwischen der Flächensumme Ackerbau, Obstbau, Weinbau und Siedlung [%] und dem SPEAR-Index (n=684).

8.3.3 Insektizid-Applikation und SPEAR

Mit der detaillierten Aufschlüsselung der landwirtschaftlich intensiv genutzten Flächen nach einzelnen Kulturen und verschiedenen Studien von Agroscope und Merkblättern über die Verwendung von Insektiziden wurden alle Teilflächen, bei denen der Einsatz als wahrscheinlich angenommen werden muss, zur Gesamtfläche mit Insektizid-Applikation summiert. Einbezogen wurden insgesamt 36 verschiedene Kulturen. Insgesamt sind dies rund 16% der Gesamtfläche oder 29% der intensiv genutzten Fläche (SLiORB). Mit den entsprechenden Daten aller NAWA-Trend Stellen 2012-2023 lässt sich der SPEAR aus dem intensiv genutzten Flächenanteil der EZG zu 36% erklären (Abb. 51).

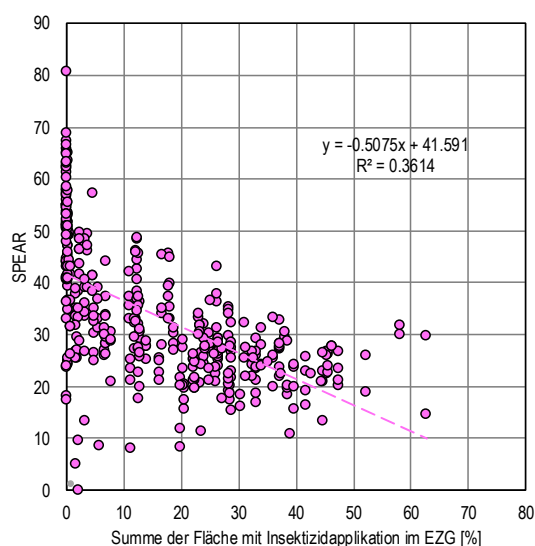


Abb. 51: Korrelation zwischen der Flächensumme mit Pestizid-Applikation [%] und dem SPEAR-Index (n=394).

8.3.4 Unproduktive Fläche und SPEAR

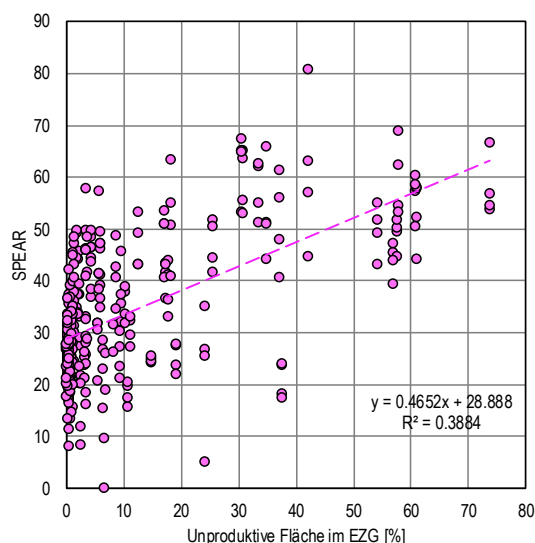


Abb. 52: Korrelation zwischen der unproduktiven Fläche im EZG und dem SPEAR-Index (n=394).

Obwohl die unproduktive Fläche von insgesamt 9% nur einen kleinen Anteil an der gesamten extensiv genutzten Fläche (69%) einnimmt lässt sich aus ihren Flächenanteilen der SPEAR-Index zu 39% erklären. Dies gilt ab einem Flächenanteil von >5%. Darunter streut der SPEAR praktisch über alle 5 Qualitätsklassen (Abb. 52).

8.3.5 Strassen, Wege und SPEAR

Strassen und Wege haben im Mittel aller stellenspezifischen EZG einen Anteil von 2.8 % der Gesamtfläche. Trotzdem kann mit diesem Anteil der SPEAR zu 50% erklärt werden (Abb. 53). Die Korrelation ist nicht linear. Am stärksten nimmt der SPEAR bei Flächenanteilen zwischen 0 und 3% über zwei Zustandsklassen ab. Danach verläuft sie ähnlich wie bei der gesamten intensiv genutzten Fläche noch abnehmend über eine weitere Zustandsklasse.

Da die beiden Einflussgrößen untereinander einen Korrelations-Koeffizienten von 0.79 aufweisen und sich der Flächenanteil der Strassen und Wege aus der intensiv genutzten Gesamtfläche zu 64% erklären lässt, ist offen wie viel der Faktor Strassenentwässerung tatsächlich zum SPEAR beiträgt und wieviel die Verkehrsflächen zu einem bestimmten Anteil stellvertretend für die intensiv genutzte Fläche angesehen werden können.

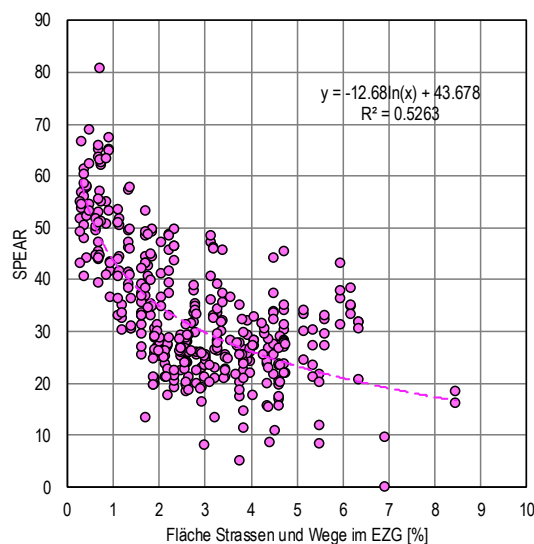


Abb. 53: Korrelation zwischen dem Flächenanteil Strassen und Wege und dem SPEAR-Index (n=394).

EPT

9

Die Ordnungen Ephemeroptera, Plecoptera und Trichoptera (EPT) wurden gemäss dem BDM-Verfahren bis zur Art oder zu definierten Artkomplexen weiterbestimmt, wobei man bei einigen Komplexen 2023 einzelne Arten herauslösen konnte. Unter den EPT befinden sich auch die meisten belastungs- oder störungssensiblen MZB-Taxa (siehe SPEAR-Sensitivität, Nutzungseinfluss).

2023 wurden insgesamt 66504 EPT-Individuen ausgelesen und dabei 202 Arten/Komplexe und Zusatzarten und gefunden. Zusatzarten umfassen Taxa, die zwar nicht auf Artniveau bestimmt werden, jedoch von den bestimmten Arten ausgeschlossen werden konnten, also einer neuen nicht identifizierten Art angehören. Von den gefundenen EPT gehörten 65 Arten zu den Ephemeroptera, 44 Arten zu den Plecoptera und 93 Arten zu den Trichoptera. Die Artenzahl nahm gegenüber 2019 um 46 Arten zu, wobei hier die verbesserten Bestimmungsgrundlagen bei Teilkomplexen und die grössere Stellenzahl berücksichtigt werden muss (Abb. 54).

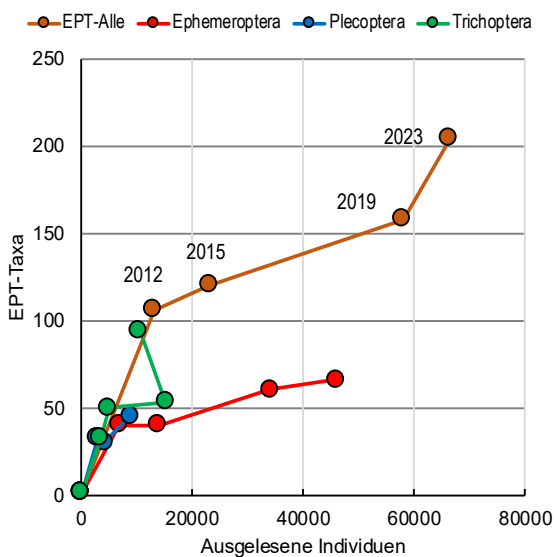


Abb. 54: Zusammenhang zwischen der Anzahl ausgelesener Individuen und der Anzahl erfasster EPT-Taxa (Arten+Zusatzarten) im bestehenden NAWA-Netz. Die Punkte zeigen die Werte 2012, 2015, 2019 und 2023.

In absoluten Zahlen bedeutet dies, dass 2023 durchschnittlich 329 EPT-Individuen pro Taxon ausgelesen wurden. Der Ausleseaufwand pro Taxon hat sich damit gegenüber 2019 etwas reduziert. Pro Taxon Ephemeroptera sind im Durchschnitt 708 Individuen, pro Taxon Plecoptera 227 Individuen und pro Taxon Trichoptera 113 Individuen aussortiert werden (Abb. 55). Der Ausleseaufwand stieg bei den

Ephemeroptera und Plecoptera seit 2012 von Jahr zu Jahr.

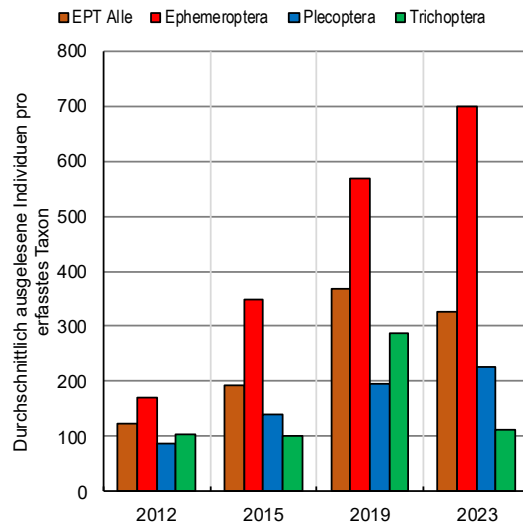


Abb. 55: Durchschnittlicher Ausleseaufwand pro im NAWA-Netz erfasstem EPT-Taxon (EPT-Alle) 2012, 2015, 2019 und 2023 und aufgeschlüsselt nach Ephemeroptera, Plecoptera und Trichoptera.

9.1 Räumliche Verbreitung der EPT-Diversität 2023

Im Durchschnitt fand man 2023 pro Stelle 19 EPT-Arten und Komplexe bei einem Maximum von 41 in der Scheulte (CH-069-JU) und einem Minimum von 0 im Aächeli (CH-905-SG) und im Canal d'Uvrier (CH-152-VS). Beide Gewässer gelten als stark belastet. Artenreich sind weitere, für NAWA-Verhältnisse eher grössere Gewässer im Jura und im den nördlichen Voralpengebiet. Die 2023 neu ins NAWA-Netz aufgenommenen Gewässer sind arm an EPT. Viele Stellen mit unterdurchschnittlicher Artenzahl verteilen sich über das Mittelland und die zentralen Alpenländer. An den meisten ausgewählten Gewässern, an denen NAWA-MV-Stellen liegen, kommen ebenfalls wenig EPT Arten vor (Abb. 56).

9.1.1 Verbreitung der Diversität der Ephemeroptera

Am artenreichsten sind die Ephemeroptera in den Gewässern mit EZG im Jura und der östlichen der Alpennordflanke (Abb. 57). Vereinzelt Hotspots sind der Chemibach (CH-072-TG), die Muota (CH-100-SZ), die Sarine (CH-107-FR) und auf der Alpensüdseite der Vedeggio (CH-149-TI). Durchschnittlich findet man 2023 acht Ephemeroptera Arten pro Stelle, im Minimum 0 an den bereits erwähnten Gewässern im Wallis und im St. Galler Rheintal. Das Maximum an Ephemeroptera Arten beherbergt man wiederum die Scheulte im Jura. Viele Mittellandgewässer sind auffällig artenarm. Geringe Artenzahlen

weisen auch alpine Gewässer wie der Inn, die Landquart, die Vispa, und die Rhone auf. Hier spielen u.a. geochemische Komponenten, Nährstoffarmut und Feststoffdrift eine wichtige Rolle. Ob bei allen die Schwall-Sunk Dynamik eine Rolle spielt, bleibt

vorerst offen bis numerische Schwall-Sunk Kenn-daten verfügbar sind.



Abb. 56: Verbreitung der EPT Artendiversität an den 113 NAWA-Stellen 2023. Die Zahlen in der Karte bezeichnen die Stellen-Nummern und die Kreise NAWA-MV-Stellen.

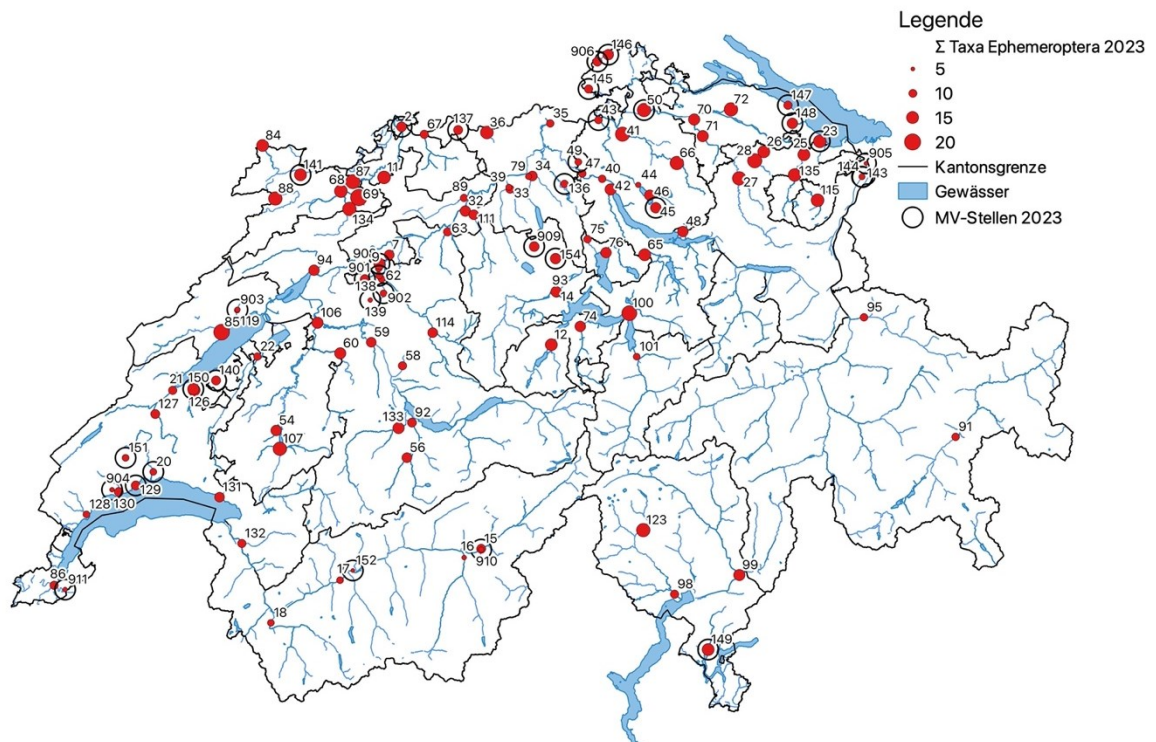


Abb. 57: Verbreitung der Artendiversität der Ephemeroptera an den 113 NAWA-Stellen 2023. Die Zahlen in der Karte bezeichnen die Stellen-Nummern und die Kreise NAWA-MV-Stellen.

9.1.2 Verbreitung der Diversität der Plecoptera

2023 haben die Oberläufe von Thur, Töss, Birs, Sarine-Saane, Sense, Muota und Maggia den Plecoptera besten Lebensraumbedingungen geboten. Die Gewässer im Mittellandbogen zwischen Boden- und Genfersee sind, wie seit längerem schon

beobachtet, stark verarmt oder ganz ohne Steinfliegen. Durchschnittlich fand man 2023 an den 113 Stellen vier Plecoptera-Arten. Bei 23 Stellen wurden gar keine gefunden. Mit 15 wies die Muota höchste Artenzahl auf, gefolgt von Stellen an Sarine (13 Arten), Sitter (11 Arten), Töss (10 Arten) sowie weiteren 10 Gewässern mit 9 Arten (Abb. 58).

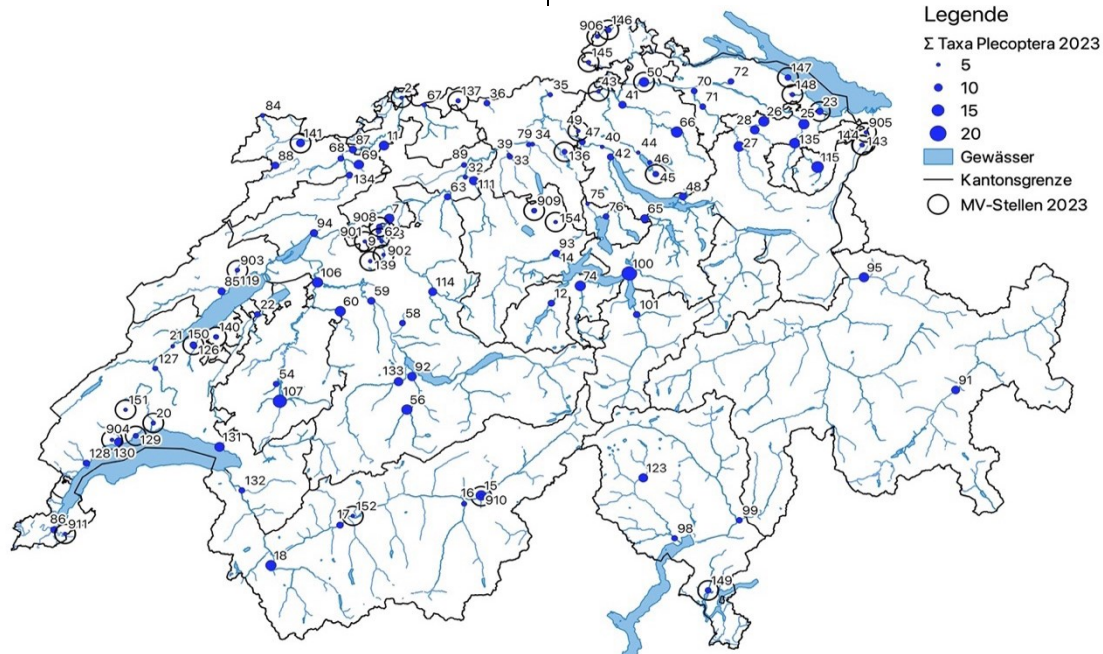


Abb. 58: Verbreitung der Artendiversität der Plecoptera an den 113 NAWA-Stellen 2023. Die Zahlen in der Karte bezeichnen die Stellen-Nummern und die Kreise NAWA-MV-Stellen.

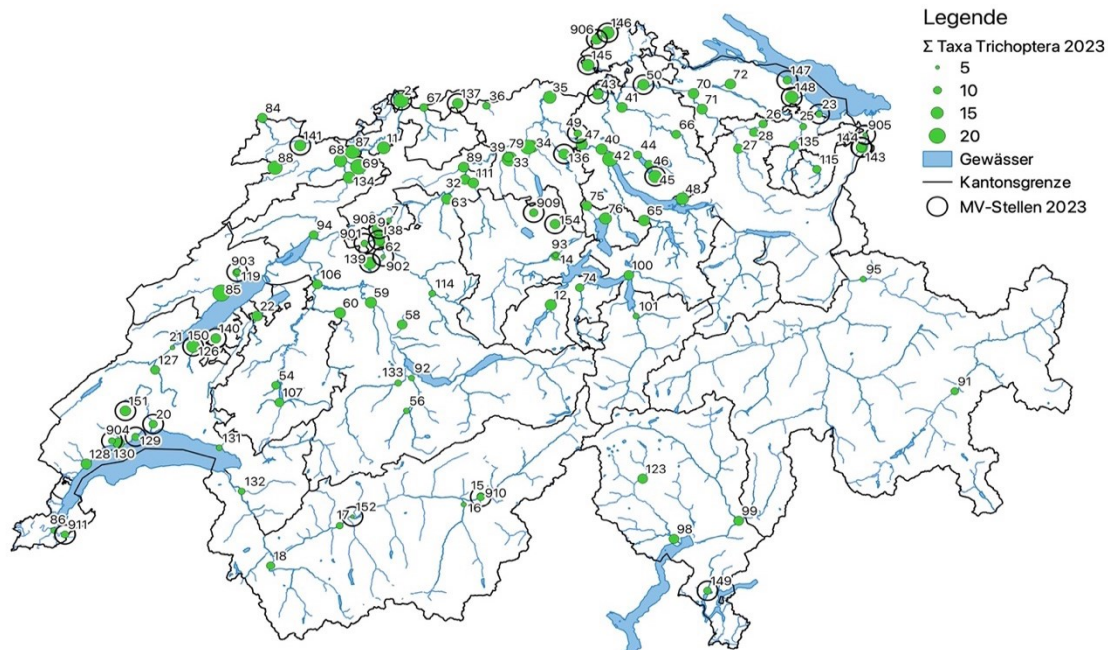


Abb. 59: Verbreitung der Artendiversität der Trichoptera an den 113 NAWA-Stellen 2023. Die Zahlen in der Karte bezeichnen die Stellen-Nummern und die Kreise NAWA-MV-Stellen.

9.1.3 Verbreitung der Diversität der Trichoptera

Die Trichoptera sind an die stark genutzten Gebiete im Mittelland besser angepasst. Hier findet man

Gewässer mit hohen Artenzahlen. Im Durchschnitt traten 2023 an den 113 NAWA-Stellen acht Trichoptera-Arten auf. Die meisten Arten wies die Areuse (CH-085-NE) mit 18 auf, gefolgt von der Scheulte

(CH-069-JU) mit 16, der Birs bei Basel (CH-002-BS) und weiteren 3 Gewässern mit 15 Arten. Generell verteilen sich die Stellen mit vielen Trichoptera-Arten auf das Mittelland und den Jura (Abb. 59). Weniger als 5 Trichoptera-Arten fand man in den alpinen Gewässern sowie auch in kleinen stark von Nutzungen beeinflussten Gewässern im Mittelland.

9.2 Artenreichtum und Abundanz nach biogeografischer Region

Um statistisch verlässlichere Werte für die biogeografischen Regionen zu erhalten, insbesondere der Stellen in den Zentralalpen und Alpensüdflanke, wurden die Daten von 2019 und 2023 berücksichtigt (die Stellen jedoch nicht gepoolt). Dies ist vertretbar, da allfällige Unterschiede zwischen den beiden Untersuchungsjahren aufgrund des Stichprobencharakters der Erhebung keine Aussage über Veränderungen in der Artenverbreitung erlauben.

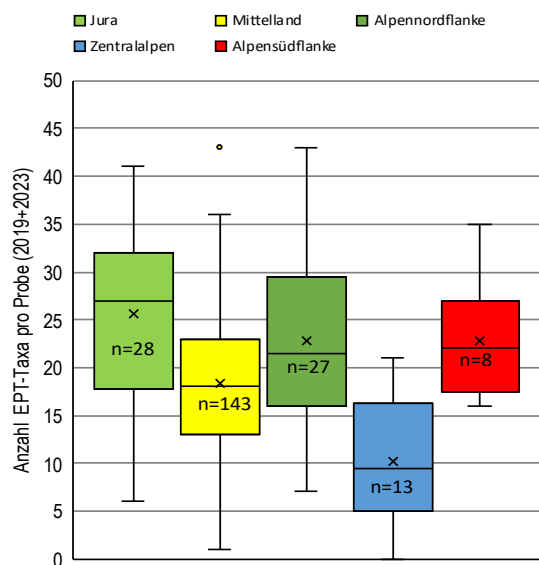


Abb. 60: Häufigkeit der EPT-Taxa (Arten) pro Probe in den biogeografischen Regionen der Schweiz.

Am meisten EPT-Arten haben die Gewässer im Jura (26 Taxa), danach in abnehmender Reihenfolge die Gewässer der Alpennordflanke und Alpensüdflanke (je 23 Taxa), des Mittellands (18 Taxa) und der Zentralalpen (10 Taxa).

Während im Mittelland der Belastungsstress infolge intensiver Nutzungen in den EZG der Grund ist, wird in den zentralen Alpen wie bereits erwähnt, die Artenzahl der EPT durch die natürlicherweise harschen Bedingungen reduziert, eventuell verschärft durch Schwall-Sunk Regime (Abb. 60).

Die Abundanzen der EPT sind an den Stellen des Jura, der Alpennordflanke und der Zentralalpen

ähnlich gross. Hingegen weisen die Stellen des Mittellandes und der Alpensüdflanke deutlich tiefere Abundanzen auf, wobei mit nur 4 Stellen auf der Alpensüdflanke eine halbwegs verlässliche Aussage immer noch schwierig ist (Abb. 61). Der Durchschnitt im Mittelland wird durch die 7 Ausreisser nach oben etwas verzerrt. Aufgrund der normalerweise produktiven Gewässer im Mittelland würde man dort deutlich grössere Populationen erwarten. Die geringe Stellenzahl auf der Alpensüdflanke ergibt keinen repräsentativen Plot, da dort die Gewässer (Moesa und Maggia) natürlicherweise wenig Nährstoffe mitführen, der Vedeggio jedoch deutlich nährstoffreicher scheint. Mittelwert und Median liegen im Bereich des Mittellandes.

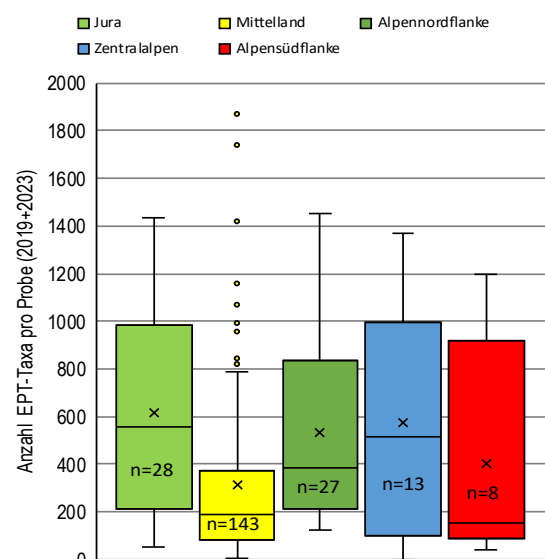


Abb. 61: Abundanzen der EPT-Taxa (Arten) pro Probe in den biogeografischen Regionen der Schweiz.

9.2.1 Artenreichtum und Abundanz der Ephemeroptera in den Regionen

Die Zahl der Ephemeroptera Arten ist an den Stellen des Jura, der Alpennord- und Alpensüdflanke im Mittel ähnlich gross (rund 9-10 Arten). An den Stellen des Mittellandes findet man durchschnittlich 7 Arten und an den Stellen der Zentralalpen kommen im Mittel 3 Ephemeroptera-Arten vor (Abb. 62).

In den Jura-Stellen sind die Populationen der Ephemeroptera am grössten (Abb. 63). Durchschnittlich kommen dort pro genomener Probe 675 Individuen vor, gefolgt von Proben der Alpennordflanke, Mittelland und Alpensüdflanke mit ähnlich hohen Abundanzen um ca. 330 Individuen. In den Zentralalpen wurden etwas weniger als 200 Individuen pro Probe gefunden. Im Mittelland ist die Häufigkeit der Abundanzwerte sehr einseitig verteilt. Dies zeigt sich auch in dem zum Mittelwert deutlich tieferen

Median. 50% der Proben haben maximal 180 Individuen, während bei den andern 50% zwischen 180 bis 2000 Individuen erfasst wurden.

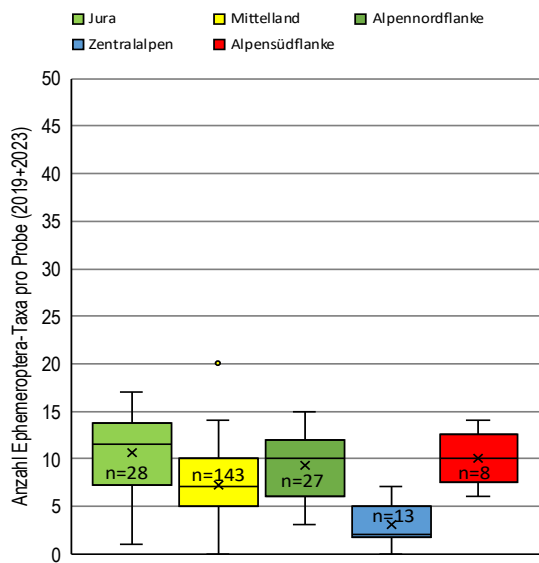


Abb. 62: Häufigkeit der Ephemeroptera-Taxa (Arten) pro Probe in den biogeografischen Regionen der Schweiz.

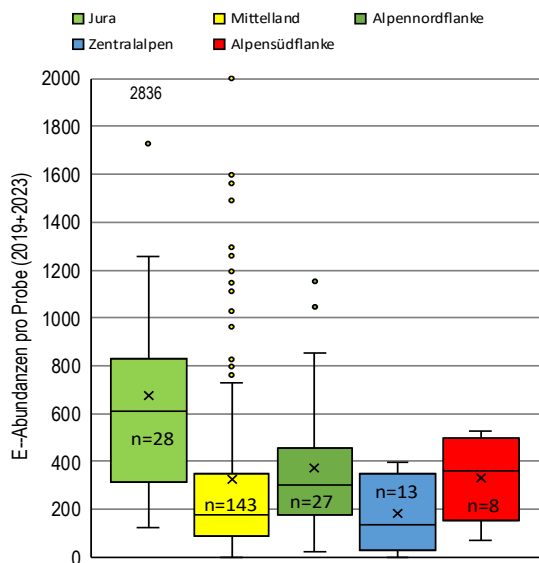


Abb. 63: Abundanzen der Ephemeroptera-Taxa (Arten) pro Probe in den biogeografischen Regionen der Schweiz.

Die höchste Individuenzahl wurde 2023 an der Stelle CH-146-TG, Beggingerbach ermittelt. 2019 waren es gerade mal 219. Zwischenzeitlich ereignete sich 2021 ein katastrophales Hochwasser das die 2019 noch kolmatierte und teilweise versinterte Sohle komplett aufriss und mit neuem Geschiebe ersetzte. Die Vergrößerung des Sohlenraumes bot damit einer entsprechend grösseren Population Lebensraum. Ein anschauliches Beispiel wie stark der Faktor Sohlenkolmation die Populationsgrößen beim MZB beeinflussen kann.

9.2.2 Artenreichtum und Abundanz der Plecoptera in den Regionen

An der Alpennordflanke sind die Plecoptera in den Gewässern am artenreichsten (Abb. 69). Dabei hebt sich die Sitter bei Appenzell (CH-115-AI) mit 20 Arten (gefunden 2019) von den übrigen Stellen ab. Mit 15 Arten folgt die Stelle an der Muota (CH-100-SZ) und danach schnell gegen 10 Arten abnehmend weitere drei Gewässer. Im Gegensatz zu den andern artenreichen Stellen wurden 2023 in der Sitter nur noch 11 Arten erfasst. Die mittleren Artenzahlen pro Stelle variieren in den 5 Regionen zwischen 8 an der Alpennordflanke und 3 im Mittelland dessen Median nur bei 2 Arten liegt (Abb. 64).

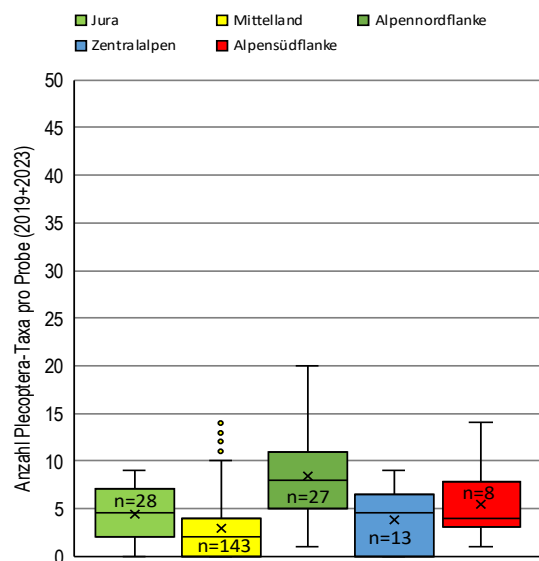


Abb. 64: Häufigkeit der Plecoptera-Taxa (Arten) pro Probe in den biogeografischen Regionen der Schweiz.

Hinsichtlich der mittleren Abundanz der Plecoptera pro Stelle fallen die Regionen Jura und vor allem auch das Mittelland massiv von den andern Regionen ab (Abb. 65). 90 der 143 der Mittellandproben enthalten nur 10 und weniger Individuen, bei einem Durchschnittswert von 29. Der mit den Ausreissern aussagekräftigere Median liegt bei 4 Individuen. Im Jura findet man im Mittel 47 Individuen bei einem Median von 30. Bei den wenigen Proben der Alpennordflanke klaffen die Abundanzen stark auseinander. Daher die grosse Differenz zwischen dem Mittelwert (172 Individuen) und dem Median (32 Individuen). Die Proben von der Maggia, Brontallo und der Moesa weisen mehrere hundert Individuen auf während an den restlichen Stellen 1-36 Individuen pro Probe gefunden wurden.

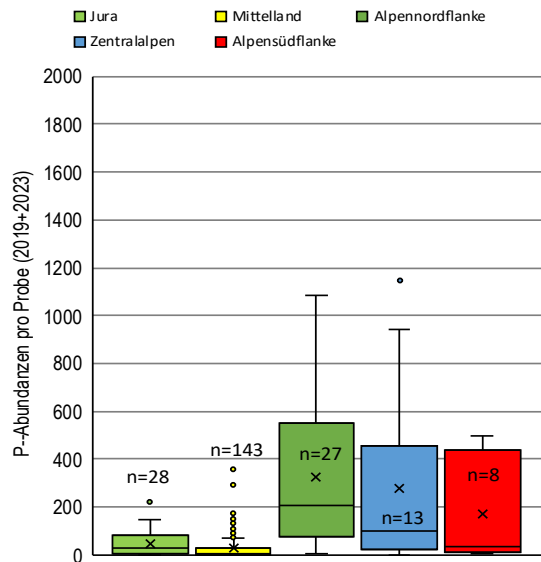


Abb. 65: Abundanzen der Plecoptera-Taxa (Arten) pro Probe in den biogeografischen Regionen der Schweiz.

9.2.3 Artenreichtum und Abundanz der Trichoptera in den Regionen

Mit durchschnittlich 10 Trichoptera-Arten sind die Proben der Juragewässer diesbezüglich die artenreichsten (Abb. 66). Danach folgen das Mittelland und die Alpensüdflanke mit je 8 Arten und weiter die Alpennordflanke mit 5 Arten. Nur noch durchschnittlich 3 Arten findet man in den Proben der zentralalpinen NAWA Stellen.

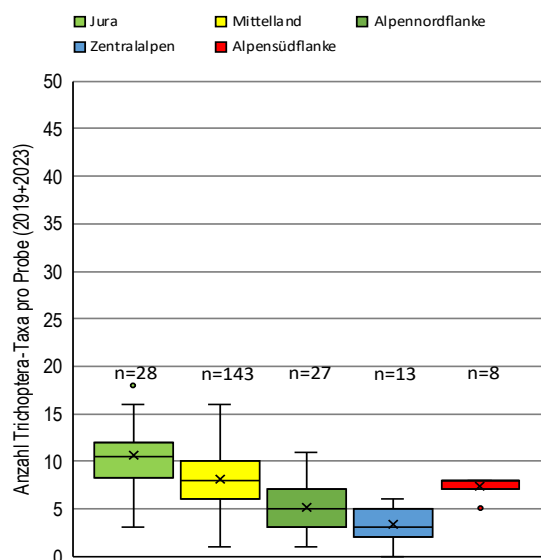


Abb. 66: Häufigkeit der Trichoptera-Taxa (Arten) pro Probe in den biogeografischen Regionen der Schweiz.

Auch die biogeografische Verteilung der Artenhäufigkeit lässt den Schluss zu, dass die Trichoptera-Arten gegenüber Nutzungseinflüssen im EZG der Gewässer toleranter sind. Viele Proben die aus Mittellandgewässern stammen enthalten überdurchschnittlich viele Arten. Solche sind z.B. Bünz (CH-034-AG), Saane (CH-106-BE), Wigger (CH-111-AG),

Pfaffnern (CH-032-AG), Langete (CH-063-BE), Dünern (CH-089-SO), Wyna (CH-033-AG), Surb (CH-035-AG). Am wenigsten Trichoptera-Arten findet man in den Alpentälern der Rhone, des Rheins, des Inns und in den Zuflüssen des Thunersees. Hier könnte Schwall-Sunk ebenfalls eine Rolle spielen.

Die Trichoptera des Jura haben die höchsten Individuenzahlen pro Stelle. Im Mittel sind es 300 Individuen pro Probe. Juragewässer bieten ihnen offensichtlich beste Habitatbedingungen. Die wenigen in alpinen Proben gefundenen Trichoptera-Arten weisen durchschnittlich 200 Individuen auf. Die Proben aus den restlichen Regionen, Mittelland, Alpennord- und Alpensüdflanke sind individuenarm (Abb. 67).

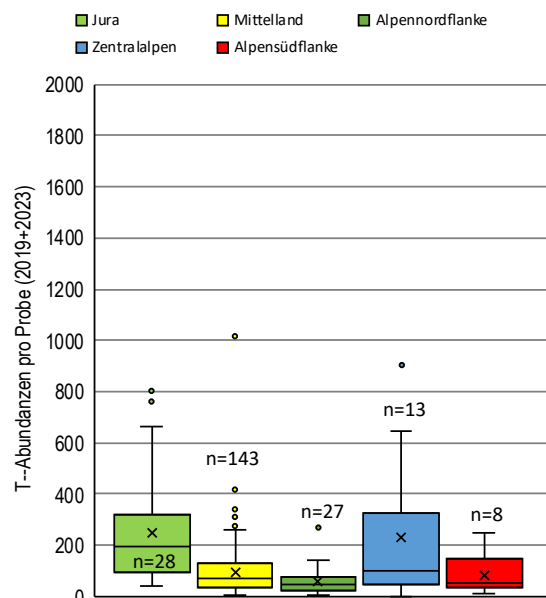


Abb. 67: Abundanzen der Trichoptera-Taxa (Arten) pro Probe in den biogeografischen Regionen der Schweiz.

9.3 Einflussfaktoren auf EPT

Die Kenndaten der Einzugsgebiete wurden 2023 neu berechnet. Aus statistischen Gründen wurden die MZB-Daten beider Erhebungsjahre zusammengelegt und mit den neuen Kenndaten der EZG korreliert.

9.3.1 EZG Kenndaten und Anzahl EPT-Taxa

Die Analyse kommt zu sehr ähnlichen Ergebnissen wie im Bericht 2019. Wie damals haben die prozentualen Flächenanteile der Nutzungen im EZG, einzeln und in Kombinationen davon und das mittlere Gefälle des EZG einen bestimmenden Einfluss auf die Artenhäufigkeit der EPT. Mit Kenndaten wie Abwasseranteile, Grossvieheinheiten (GVE), klassierte

Ökomorphologie etc. korrelieren die EPT-Artenzahlen nicht oder nur sehr schwach. (Tab. 11).

Attribut	EPT-T	EPT-E	EPT-P	EPT-T
Anteil Siedlungsfläche [%]	-0.358	-0.314	-0.453	-0.027
Anteil Grünfläche [%]	0.522	0.506	0.552	0.101
Anteil Sömmerungsfläche [%]	0.163	0.129	0.509	-0.299
Anteil Waldfläche [%]	0.407	0.416	0.247	0.252
Anteil Ackerfläche [%]	-0.342	-0.337	-0.561	0.153
Anteil Obstkulturen [%]	-0.174	-0.168	-0.251	0.039
Anteil Rebbaugelände [%]	-0.253	-0.232	-0.153	-0.188
Anteil unproduktive Fläche [%]	-0.088	-0.122	0.289	-0.388
Totale GVE	0.218	0.210	0.157	0.115
GVE pro km2 EZG-Fläche	-0.021	-0.027	-0.278	0.285
Anzahl Betriebe	0.164	0.159	0.157	-0.043
Länge Gewässernetz oberhalb Stelle	0.082	0.067	0.085	0.032
Meereshöhe Messstation [m.ü.M.]	0.028	-0.015	0.308	-0.246
Mittlere Meereshöhe des EZG	0.076	0.043	0.484	-0.387
Mittlerer modellierter Abfluss [m3/s]	0.002	-0.010	0.142	-0.138
Flussordnungszahl nach Strahler	0.343	0.338	0.443	-0.027
Abwasseranteil am Q347 [%]	-0.246	-0.177	-0.390	0.025
Abwassermenge (500 Liter/EW*Tag)	-0.009	0.020	-0.070	0.032
Gefälle des Gewässerabschnittes	-0.032	-0.076	0.030	-0.025
Mittleres Gefälle des EZG	0.297	0.279	0.605	-0.248
Ökomorphologiekategorie	-0.001	0.032	-0.084	0.051
Siedlung+LW _{int} +Obst+Reben+Beeren	-0.449	-0.431	-0.651	0.099
Fläche mit Insektizid Applikation	-0.306	-0.305	-0.544	0.189
LW _{ext} +Wald+Flächen unprod.	0.464	0.438	0.669	-0.089
Wald+Grünland	0.565	0.559	0.510	0.193

Tab. 11: Pearson Korrelationskoeffizienten zwischen Arthäufigkeit 2023 der EPT-total, Ephemeroptera, Plecoptera und Trichoptera und flächendeckend bekannten EZG-Eigenschaften. Die gelb schwache Korrelation und grün mittlere Korrelation.

9.3.2 EZG-Faktoren und EPT-Abundanzen

Analog zu den Artenzahlen wurde nach Korrelationen zwischen den Kenndaten der EZG und den Abundanzen der einzelnen EPT-Ordnungen gesucht.

Attribut	EPT	EPT-E	EPT-P	EPT-T
Anteil Siedlungsfläche [%]	-0.200	-0.039	-0.351	-0.024
Anteil Grünfläche [%]	0.191	0.114	0.259	-0.024
Anteil Waldfläche [%]	0.129	0.093	-0.004	0.157
Anteil Ackerfläche [%]	-0.239	-0.042	-0.392	-0.057
Anteil Obstkulturen [%]	-0.174	-0.065	-0.192	-0.090
Anteil Rebbaugelände [%]	-0.129	-0.068	-0.075	-0.114
Anteil unproduktive Fläche [%]	0.206	-0.057	0.464	0.067
Totale GVE	0.005	0.042	-0.069	0.017
GVE pro km2 EZG-Fläche	-0.150	0.021	-0.284	-0.079
Anzahl Betriebe	0.011	0.019	-0.029	0.027
Länge Gewässernetz oberhalb Stelle	0.049	-0.013	0.091	0.038
Meereshöhe Messstation [m.ü.M.]	0.181	-0.029	0.422	0.010
Mittlere Meereshöhe des EZG	0.274	-0.024	0.527	0.101
Mittlerer modellierter Abfluss [m3/s]	0.124	-0.008	0.151	0.143
Flussordnungszahl nach Strahler	0.144	0.031	0.233	0.032
Abwasseranteil am Q347 [%]	-0.047	-0.068	-0.015	0.022
Abwassermenge (500 Liter/EW*Tag)	-0.087	-0.026	-0.126	-0.022
Gefälle des Gewässerabschnittes	0.053	0.025	0.097	-0.025
Mittleres Gefälle des EZG	0.320	0.047	0.517	0.099
Ökomorphologiekategorie	-0.006	0.021	-0.052	0.013
Siedlung+LW _{int} +Obst+Reben+Beeren	-0.349	-0.091	-0.472	-0.161
Fläche mit Insektizid Applikation	-0.242	-0.049	-0.391	-0.063
LW _{ext} +Wald+Flächen unprod.	0.264	0.056	0.469	0.019
Wald+Grünland	0.134	0.096	0.131	0.013

Tab. 12: Pearson Korrelationskoeffizienten zwischen der Abundanz 2023 der EPT-total, Ephemeroptera, Plecoptera und Trichoptera und flächendeckend bekannten EZG-Eigenschaften. Die gelb schwache Korrelation.

Generell korrelieren die Abundanzen der EPT nicht oder nur schwach mit den Kennzahlen der EZG (Tab. 12). Die besten Zusammenhänge bestehen zwischen der mittleren Meereshöhe der EZG sowie dem mittleren Gefälle des EZG und den Abundanzen der Plecoptera. Parameter der Abwasserbelastung, die Ökomorphologie im Nahbereich der Stelle und die Flussordnungszahl spielen dabei keine bestimmende Rolle.

9.3.3 Einfluss der Bodenbedeckung/Nutzung auf die Artenzahlen der EPT

Die relevanteste Einflussgrösse, die aus den Kennzahlen der Stellen-EZG ermittelt werden konnte ist die Bodenbedeckung und deren Nutzung. Dabei ist nicht eine bestimmte Nutzungsart, sondern die Summe der Flächenanteile auf denen eine «intensive Nutzung» stattfindet entscheidend. Von den 3 Ordnungen sprechen die Plecoptera am stärksten auf Nutzungseinflüsse an. Als intensive genutzte Flächen gelten Siedlungen (S), intensiv betriebene Landwirtschaft (Li), Weinbau (R), Obstanbau (O) und Beerenkulturen (B). Die genannten Nutzungskategorien sind wiederum Flächensummen von kulturspezifischen Nutzungstypen. Eine genaue Aufschlüsselung zeigt Anhang F.

Die Artenzahlen der EPT nehmen mit zunehmendem Anteil der intensiv genutzten Fläche im EZG einer Stelle ab. Auffallend ist eine Art «Obergrenze» der Artenzahl die mit zunehmendem Flächenanteil der intensiven Nutzung linear abnimmt (Abb. 68). Unterhalb dieser Obergrenze senken offensichtlich zusätzliche lokale Stressoren die Artenzahlen.

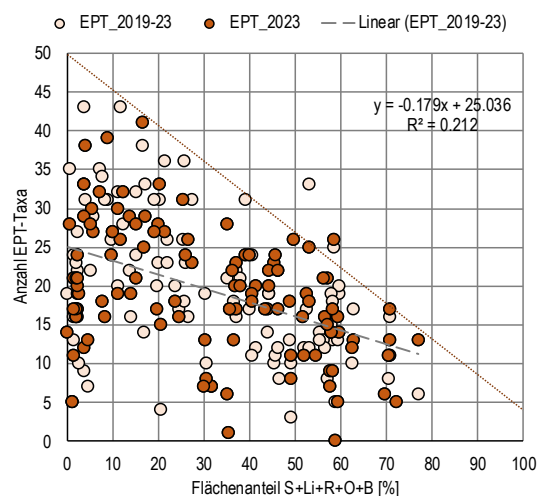


Abb. 68: Abhängigkeit zwischen dem Anteil intensiv genutzter Flächen [%] im EZG der Stellen und der Anzahl gefundener EPT-Arten (n=113; n=219). Die gestrichelte graue Linie markiert optisch eine Obergrenze möglicher Artenzahlen in Abhängigkeit der Flächensumme.

Wird die extensiv genutzte Fläche berücksichtigt ergibt sich eine fast spiegelbildliche Darstellung. Aus statistischen Gründe wurden die Daten 2019 und 2023 zusammengekommen.

Zieht man eine imaginäre Linie an die Obergrenze so kann man bei den NAWA Stellen bei 0% intensiver Nutzung im EZG maximal rund 50 EPT-Arten erwarten. Dies könnte als eine Art Referenzwert für sehr gute Verhältnisse dienen.

9.3.4 Einfluss der Nutzungen auf die Artenzahlen der Ephemeroptera

Analog wie bei den Gesamt-EPT beeinflusst der Anteil intensiv genutzter Fläche im EZG das Vorkommen von Ephemeroptera Arten. Mit zunehmendem Flächenanteil sinkt die Artenzahl. Auch bei den Ephemeroptera lässt sich eine flächenabhängige Obergrenze der Artenzahl erkennen (Abb. 69).

Die maximale Artenzahl bewegt sich bei 0% intensiv genutzter Fläche im EZG bei rund 20 Arten. Dies war auch die Höchstzahl in NAWA 2019. Sie wurde wiederum an der Thur bei Niederbüren erreicht, gefolgt von den Stellen CH-069-JU, Scheulte, CH-68-JU, Sorne (2023) und mit je 17 Arten.

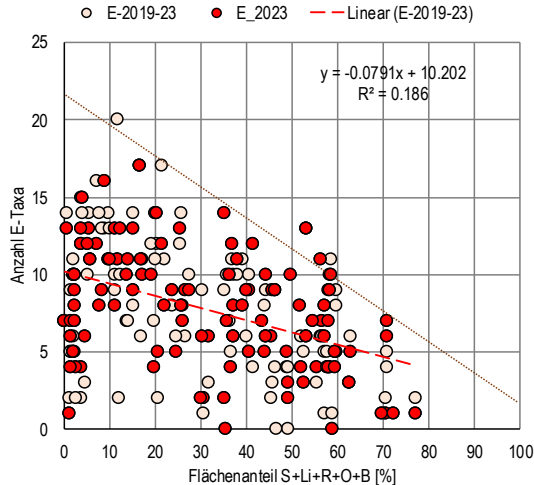


Abb. 69: Abhängigkeit zwischen dem Anteil intensiv genutzter Flächen [%] im EZG der Stellen und der Anzahl gefundener Ephemeroptera-Arten ($n=113$; $n=219$). Die gestrichelte rote Linie markiert optisch eine Obergrenze möglicher Artenzahlen in Abhängigkeit der Flächensumme.

9.3.5 Einfluss der Nutzungen auf die Artenzahlen der Plecoptera

Der Anteil intensiver Nutzung im EZG scheint auch bei den Plecoptera-Arten die Hauptkomponente zu sein. Mit zunehmendem Flächenanteil intensiver Nutzung steigt die Wahrscheinlichkeit weniger Plecoptera-Arten zu finden (Abb. 70).

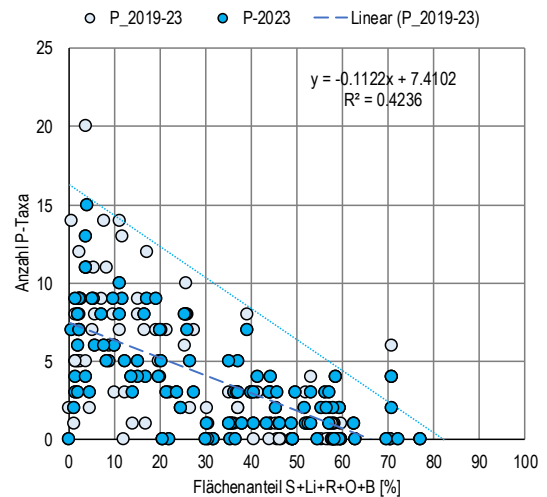


Abb. 70: Abhängigkeit zwischen dem Anteil intensiv genutzter Flächen [%] im EZG der Stellen und der Anzahl gefundener Plecoptera-Arten. Die gestrichelte blaue Linie markiert optisch eine Obergrenze möglicher Artenzahlen in Abhängigkeit der Flächensumme ($n=113$; $n=219$).

Erkennen lässt sich ebenfalls eine linear steigende Obergrenze die bei rund 16 Arten aufhört. Allerdings wurden in NAWA 2019 an der Stelle CH-026-SG, Thur 20 Arten gefunden. Der nächst tiefere Artenzahl liegt bei 15 Arten an der Stelle CH-115-AI, die gleichzeitig auch die höchste Artenzahl Plecoptera der Erhebung 2023 aufwies.

Die Plecoptera-Arten scheinen empfindlicher auf Nutzungseinflüsse zu reagieren als die andern EPT-Arten. Nimmt man die gedachte Obergrenze als mittlerer Gradmesser, so müssen mindestens 20% der Fläche im EZG extensiv genutzt sein um überhaupt Plecoptera zu finden.

9.3.6 Einfluss von Nutzungen auf die Artenzahlen der Trichoptera

Trichoptera sind weniger empfindlich auf Nutzungseinflüsse im EZG. Weder extensive noch intensive Nutzungskombinationen haben zumindest im Bereich zwischen 10-60% intensiver Nutzung einen bestimmenden Anteil auf die Artenzahl einer Stelle (Abb. 71). Generell sind Trichoptera in produktiven Gewässern häufiger, welche ihnen einen steten Strom an organischen Partikeln liefern und räuberische Arten ausreichend Beutetiere finden.

Die Ausnahme sind Gewässer im alpinen Raum mit hohem Anteil an unproduktiven Flächen (Steine, Fels, Schnee, Eis) im EZG. Hier gilt: Je grösser der Anteil an unproduktiver Fläche desto geringer wird die Zahl vorkommender Trichoptera-Arten.

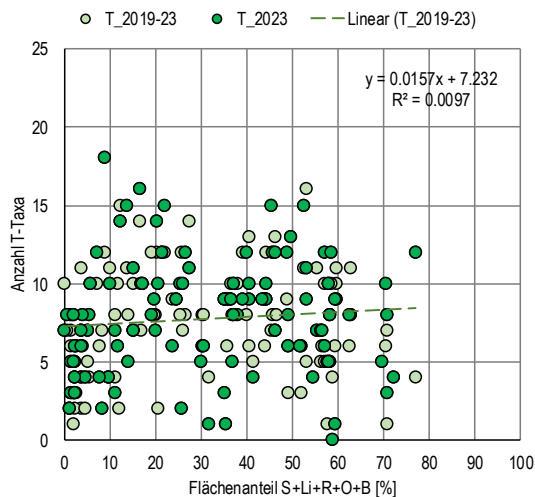


Abb. 71: Abhängigkeit zwischen dem Anteil intensiv genutzter Flächen [%] im EZG der Stellen und der Zahl gefundener Trichoptera-Arten. (n=113; n=219).

9.3.7 Weitere Einflussfaktoren

Bei der Analyse weiterer Einflussfaktoren wurden die Datenpaare mit den grössten Gradienten genauer untersucht. Diese befinden sich an den drei Seiten des nutzungsabhängigen «Streuungsdreiecks» (Abb. 72).

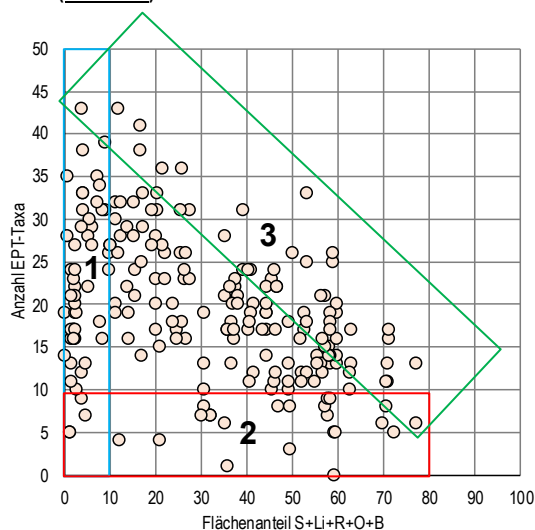


Abb. 72: Auswahl der 3 Datenpools zur Analyse von Korrelationen zwischen den Kennzahlen der EZG und den EPT-Artenzahlen an den zugehörigen NAWA-Stellen (n=219).

Sie beschreiben (1) den grossen Gradienten der Artenzahl im Bereich von 0-10% intensiver Nutzung im EZG, (2) die tiefen Artenzahlen von 0-10 über einen Nutzungsbereich von 0-80% intensiver Nutzung im EZG sowie (3) die Kennzahlen der EZG von Stellen, die eine maximale Obergrenze markieren. Untersucht wurden Korrelationen mit Kennzahlen sowie bestimmte Charakteristiken innerhalb der drei Datenpools. Berücksichtigt wurden wiederum alle Daten 2019-2023.

Artenzahlen in EZG < 10% intensive Nutzung

Bei 27 Stellen oder 54 Proben liegt der Anteil intensiv genutzter Flächen (S+Li+R+O+B) unter 10%. Trotzdem streut die Artenzahl der EPT über beide Untersuchungsjahre zwischen 5 und 43 EPT Arten.

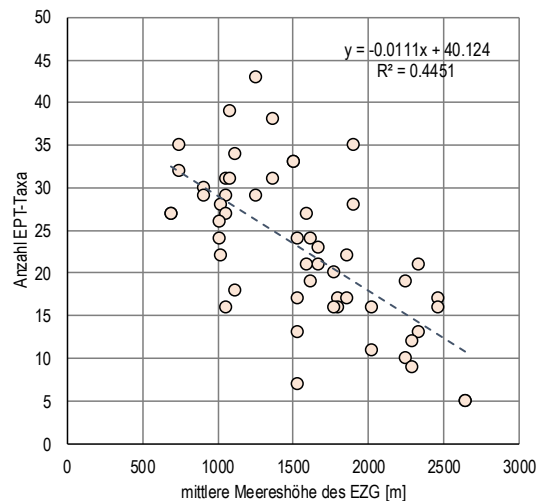


Abb. 73: Korrelation zwischen mittlerer Meereshöhe des Einzugsgebietes und der Artenzahl in EZG mit <10% intensiv genutzter Fläche (n=54).

Die beste Korrelation wurde mit der Kennzahl mittlere Meereshöhe des EZG gefunden (Abb. 73). Sie vermag die EPT-Artenzahl zu 45% erklären, die Artenzahlen der Ephemeroptera zu 56%, der Trichoptera zu 31% und die der Plecoptera jedoch nur zu 8%. Die mittlere Meereshöhe ist auch bestimmend für die natürliche Wassertemperatur.

Artenzahl <10

Dieser Datenpool umfasst 22 Stellen (30 Proben), die alle ≤ 10 EPT Arten aufwiesen und in deren EZG die intensiv genutzte Fläche von 1-77% variiert. Die Frage stellt sich, welche Faktoren dazu führen, dass an Stellen mit tiefen Anteilen intensiver Nutzung im EZG die Zahl der EPT-Taxa gering ist.

Im Bereich zwischen 1-5 % intensiver Nutzung befinden sich 5 Proben die alle EZG zugeordnet sind, deren mittlere Meereshöhe zwischen 1500 m und 2600 m über Meer variiert und damit zu den höchsten im NAWA-Netz gehören. Dies ist, wie bereits in Abb. 73 gezeigt, ein Grund für die tiefe EPT-Taxa-zahl. Ein weiterer kann im Schwall-Sunk (SS) Einfluss vermutet werden, dem nur diese Gewässer unterliegen. Gemäss strategischer Planung gelten sie mit 1-2 Schwallen pro Tag, einem SS-Verhältnis von >3 als sanierungsbedürftig. Tägliche solche Schwallimpulse (geschätzt 500/Jahr) führen zu einer schleichenden Ausdriftung von Arten die diesem hydraulischen Regime nicht angepasst sind.

Der Punkt mit 20% intensiver Nutzung (Abb. 72) betrifft die Limmat unterhalb Zürich, in der 2019 nur 4 EPT Arten vorkamen. 2023 wurden wieder 15 Arten gefunden. Der Grund für den früheren Artenverlust an dieser Stelle ist nicht geklärt.

Bei den übrigen Proben über 30% intensiver Nutzung lassen sich keine zusätzlich verstärkenden Charakteristika der EZG identifizieren. Ein wichtiger, abwesender Einflussfaktor ist die chemisch-physikalische Belastung durch Makro- und Mikroverunreinigungen. Von den 24 verbleibenden Proben ($\geq 30\%$ intensive Nutzung im EZG) stammen alle von Stellen, an denen die «Standardchemie» durch monatliche Stichproben sowie 16, an denen zusätzlich MV über das ganze Jahr mittels 14-Tage Sammelpuben erhoben werden.

Artenobergrenzen bei zunehmend intensiver Nutzung

Abhängig vom Anteil intensiv genutzter Fläche im EZG einer Stelle lässt sich aus den Daten der beiden NAWA-Kampagnen eine Obergrenze für die Anzahl zu erwartender EPT-Arten bestimmen. Diese Obergrenze verläuft in einer linearen Abhängigkeit zur Nutzung und erklärt die mögliche Artenzahl zu 84% ($r=0.92$). Die Schnittpunkte der Regressionsgerade liegen für 100% extensive Nutzung im EZG bei 43 Arten und für 100% intensive Nutzung bei 0 (Abb. 74). Wie die Abb. 74 und 75 zeigen, existieren auch für die Ephemeroptera und Plecoptera analoge nutzungsspezifische Obergrenzen der Artenzahlen. Bei den Trichoptera ist diese weniger klar ersichtlich. Neben dem Anteil der intensiven Nutzung korreliert die Artenzahl entlang dieser Obergrenze mit der mittleren Neigung. Sie erklärt die EPT-Diversität zu 73% ($r=0.85$). Wie schon 2019 festgestellt, kann die mittlere Neigung als eine Stellvertreterfunktion für die landwirtschaftlich intensiv genutzten Flächen angesehen werden, da Intensive Landwirtschaft und Siedlungen bevorzugt in flachem Gelände angesiedelt sind.

Die lineare Funktion zwischen intensiver Nutzung und EPT-Artenzahl könnte als Referenz für den flächenbezogenen Nutzungseinfluss genommen werden. Die Hypothese wäre zu prüfen, dass Artenzahlen unterhalb dieser Grenze durch zusätzliche, lokale Stressoren bedingt sind. Dazu wäre eine sorgfältige Analyse unter Einbezug aller NAWA-Stellen mit EPT-Daten, weiteren Kenndaten der EZG (quantifizierbare Kenndaten von Schwall-Sunk, Restwasser, Ökomorphologie), Daten zum Temperatur- und

Abflussregime sowie insbesondere die Berücksichtigung der Nährstoff- und MV-Daten notwendig.

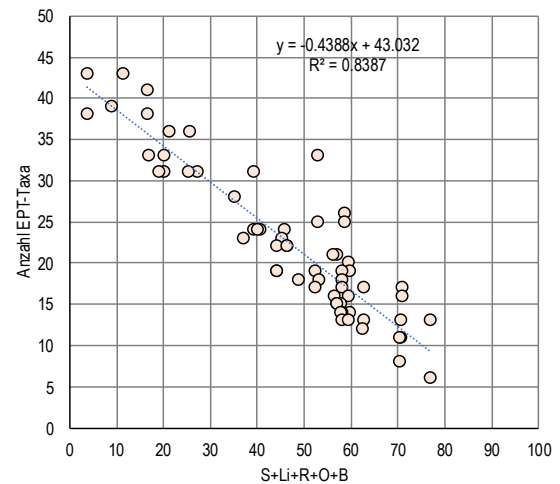


Abb. 74: Verlauf der Obergrenze der Artenzahl in Abhängigkeit des Anteils intensiv genutzter Fläche im EZG einer beprobten Stelle ($n=63$).

Den Datenpunkten ist gemeinsam, dass sie, mit Ausnahme von zwei aus der Alpennordflanke, alle von Stellen des Mittellandes und des Jura stammen und stark negativ mit dem Anteil an Ackerfläche korrelieren ($r=-0.78$).

9.3.8 Nutzungsspezifische Präsenz der EPT-Arten.

Wie auf Ordnungsstufe festgestellt wurde, ist die Verteilung der Bodenbedeckungskategorien und ihre Nutzungen im EZG die Hauptkomponente, welche die Artenzahl der EPT bestimmt. In diesem Kapitel wird analysiert wie die Komponente «Flächenanteil der intensiven Nutzung» das Vorkommen der einzelnen Arten an den NAWA-Stellen beeinflusst. Dabei wurden die Flächenanteile *intensive Nutzung* im EZG aller NAWA-Stellen 2019 und 2023 acht Anteilklassen zwischen 0-80% zugeordnet. Ebenfalls pro Klasse ist die Anzahl Stellen bestimmt worden, an denen eine Art gefunden wurde (Abb. 75).

Um die Präsenz einer Art bezüglich der Nutzungsanteile zu erhalten wurde pro Nutzungsklasse die Stellenzahl an der eine Art vorkommt auf die Anzahl NAWA-Stellen pro Klasse normiert. Am Beispiel von *Baetis alpinus* würde dies bedeuten, dass er zwar in allen Nutzungsklassen vorkommen kann, stark bevorzugt aber in EZG mit geringem Flächenanteil an intensiver Nutzung (Abb. 76).

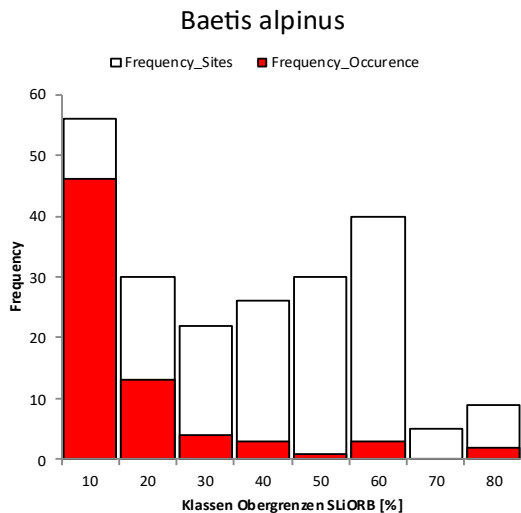


Abb. 75: Verteilung der Stellenzahl 2019 und 2023 auf die acht Flächenklassen sowie der Anzahl Stellen an denen eine Art (z.B. *Baetis alpinus*) vorkommt.

Die Präsenz jeder EPT-Art bezüglich der Nutzungsintensität wurde mit dem Pearson Korrelationskoeffizienten zwischen der so normalisierten Vorkommenshäufigkeit der Art und den Klassen mit steigendem Anteil intensiver Nutzung bestimmt. Dieser verläuft in einer Skala zwischen -1 und +1. Negative Koeffizienten bedeuten, die Art kommt tendenziell an Stellen mit grösseren Anteilen an extensiver Nutzung im EZG vor, positive Koeffizienten an Stellen mit grösseren Anteilen an intensiver Nutzung.

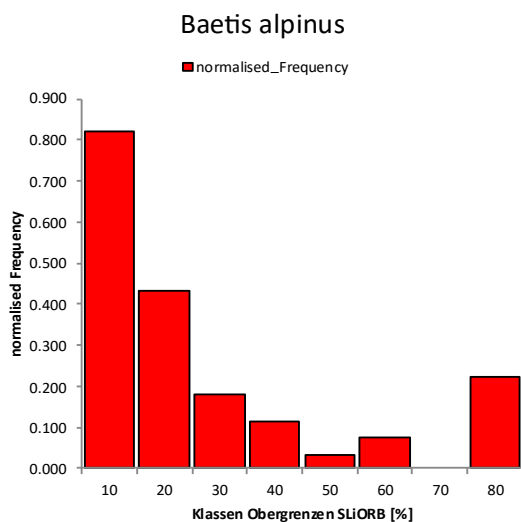


Abb. 76: Relative Vorkommenshäufigkeit von *Baetis alpinus* in den acht Anteilsklassen mit intensiver Nutzung im EZG.

Einzelne Arten wie z.B. *Baetis rhodani* zeigen über die gesamte Skala intensiver Nutzung die gleiche Präsenz. Nachfolgend drei typische Vertreter von Arten, die je auf die Nutzung im EZG der Gewässer unterschiedlich reagieren.

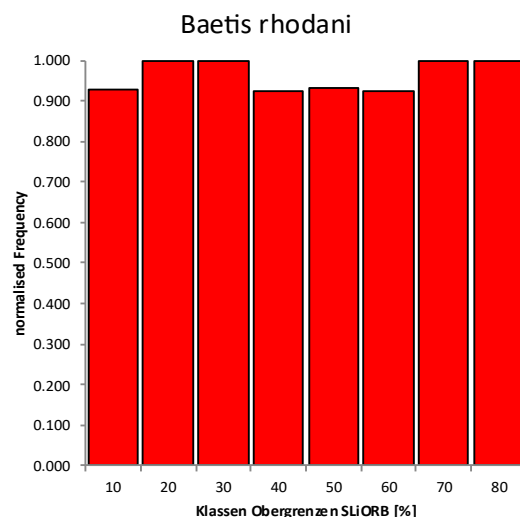


Abb. 77: Relative Vorkommenshäufigkeit von *Baetis rhodani* in den acht Anteilsklassen mit intensiver Nutzung im EZG.

Baetis rhodani ist ein typischer Ubiquist der praktisch mit allen Nutzungsintensitäten im EZG zu-rechtkommt. Insgesamt wurde er in 207 von 219 Proben gefunden (Abb. 77).

Isoperla grammatica ist stellvertretend für Arten, die in Gewässern mit wenig extensiver Nutzung im EZG auftreten. An den NAWA-Stellen ist er deshalb selten. Gefunden wurde sie lediglich in 56 der 219 Proben (Abb. 78).

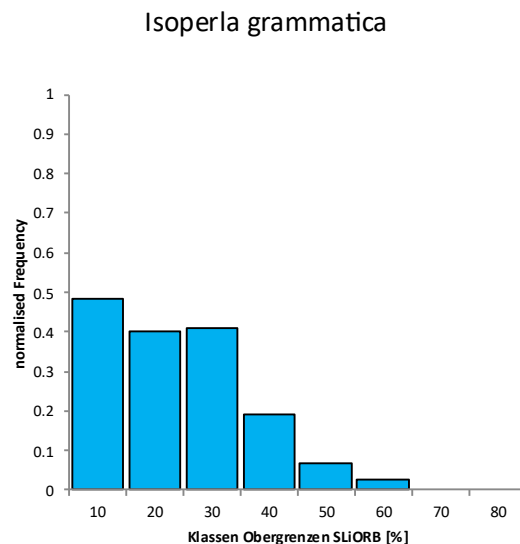


Abb. 78: Relative Vorkommenshäufigkeit von *Isoperla grammatica* in den acht Anteilsklassen mit intensiver Nutzung im EZG.

Arten des *Limnephilini*-Komplexes findet man im NAWA-Netz bevorzugt in Gewässern, deren EZG zu mehr als 50% intensiv genutzt wird. Solche Arten wurden in 80 der 219 Proben gefunden (Abb. 79).

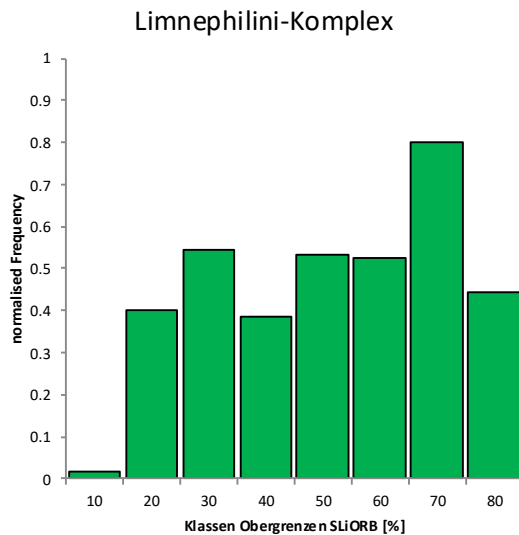


Abb. 79: Relative Vorkommenshäufigkeit von Trichoptera-Arten des Limnephilini-Komplexes in den acht Anteilsklassen mit intensiver Nutzung im EZG.

Die Vorkommen der EPT-Arten beschränken sich, wenn auch in unterschiedlichem Mass, auf Gewässer aus EZG mit wesentlichen Anteilen an extensiver Nutzung. Trotzdem gibt es unter allen drei EPT-Ordnungen Arten, vor allem bei den Trichoptera, die in Gewässern aus intensiv genutzten EZG stark vertreten sind (**Abb. 80**).

Anzumerken ist, dass von den 183 Koeffizienten nur 67 hinreichend signifikant ($p=0.05$) sind und die anderen lediglich vorläufige Tendenzen aufzeigen. Dies wird sich verbessern, wenn die Auswertung auf weitere NAWA-Stellen (z.B. NAWA-Spez, MV-Stellen 2019-2021) ausgedehnt würde.

Bemerkenswert ist auch, dass von den 33 EPT-Arten, die über beide Erhebungsjahre nur in einer Probe gefunden wurden, also sehr selten sind, 21 von Stellen stammen deren EZG zu mehr als 90% extensiv genutzt wird. Das könnte ein Hinweis sein, dass es sich mehrheitlich um empfindliche Arten handelt.

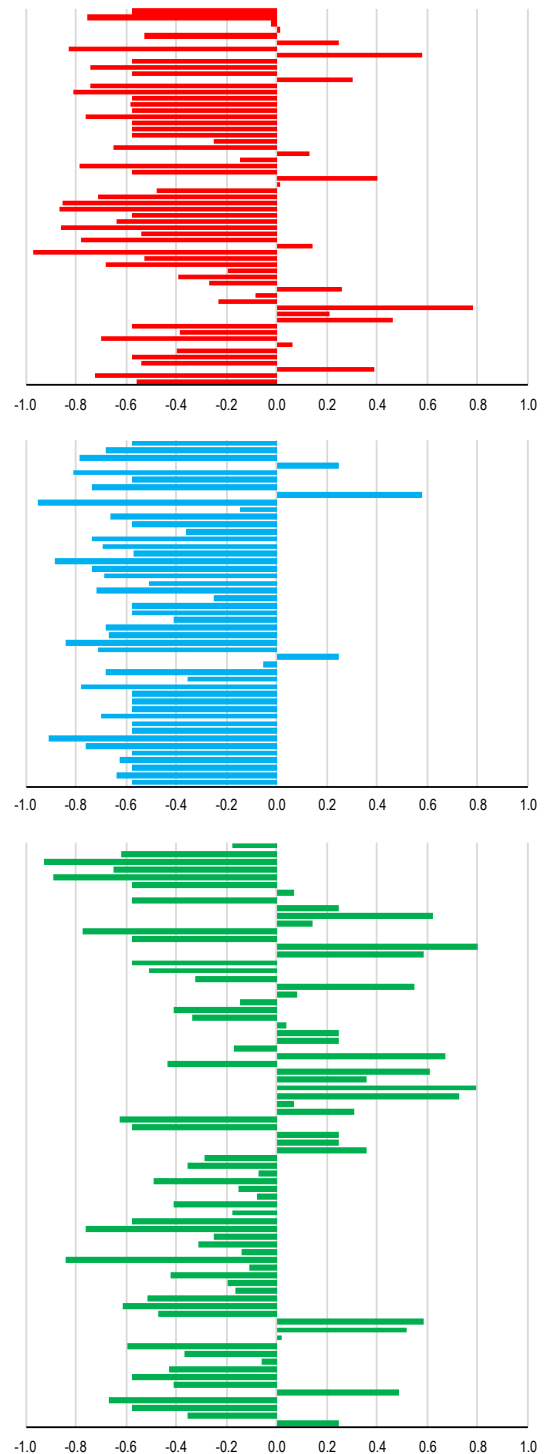


Abb. 80: Relative Fundhäufigkeit der EPT-Arten in Stellen mit Proben aus Gewässern die mehrheitlich intensiv (>0) bzw. extensiv (<0) genutzte EZG aufweisen (rot=Ephemeroptera, blau=Plecoptera, grün=Trichoptera). Berücksichtigt wurden 219 Proben aus 115 Stellen.

Neozooen

10 Neozooen oder gebietsfremde Tierarten setzen auch beim Makrozoobenthos einheimische Arten unter Druck. Beispielsweise sind 2019 allochthone räuberische Gammaridae (*Dikerogammarus villosus*, *Echinogammarus ischnus*) an einer NAWA-Stelle massenhaft aufgetreten. Sie haben einen grossen Teil der aquatischen Insektenfauna vernichtet. Bei der Erhebungskampagne 2023 mussten die Feld- und Laborbearbeiter ihr Augenmerk auf sieben Neozooen richten und sie im IBCH-Laborblatt eintragen. Dabei handelt es sich um folgende Arten:

- *Dugesia tigrina*
- *Potamopyrgus antipodarum*
- *Haitia acuta*
- *Dikerogammarus villosus*.
- *Crangonyx pseudogracilis*
- *Craspedacusta sowerbyi*
- *Polychaeta*

10.1 Verbreitung 2023

Von den sieben Spezies wurden 2023 im NAWA-Netz wiederum dieselben fünf wie 2019 gefunden. Im Folgenden gelten die in Klammer gesetzten Zahlen für das Jahr 2019.

10.1.1 *Dugesia tigrina*

Dugesia tigrina (Gefleckter Strudelwurm) kam 2023 an 15 (12) NAWA-Stellen vor. Die Schwerpunkte

haben sich im Vergleich zu 2019 teilweise verlagert. In der Limmat und in den Zuflüssen am nördlichen Genferseeufer wurden sie nicht mehr gesichtet. Neue Fundorte liegen an der Birs, Allaine, Bünz und ganz im Osten am Aächeli, einer 2023 neu ins NAWA-Trend Programm aufgenommenen MV-Stelle. Geblieben sind Fundstellen an der Lorze (hier nun auch am Zufluss in den Zuger-see), an den Aarezuflüssen um Olten, am Doubs, an der Maggiamündung sowie am schaffhausischen Landgraben (Abb. 81).

10.1.2 *Potamopyrgus antipodarum*

Potamopyrgus antipodarum (Neuseeländische Zwergdeckelschnecke) ist die im NAWA-Netz am weitesten verbreitete Art. 2023 wurde sie nur noch an 32 (44) Stellen gefunden und ist somit um ein Viertel der früheren Fundstellen geschrumpft. Ob sie an diesen tatsächlich ganz verschwunden ist, darf angesichts der geringen Stichprobenzahl pro Stelle bezweifelt werden.

2023 konzentrieren sich die Fundstellen auf das biogeografisch zentrale und östliche Mittelland. Im Jura sind Fundstellen neu am Doubs und an der Suze, dafür fehlt *P. antipodarum* an der Birmündung und an der Allaine (Abb. 82). Nicht mehr gefunden wurde die Art im westlichen Mittelland, in der westlichen Alpennordflanke sowie im Wallis und auf der Alpensüdseite.

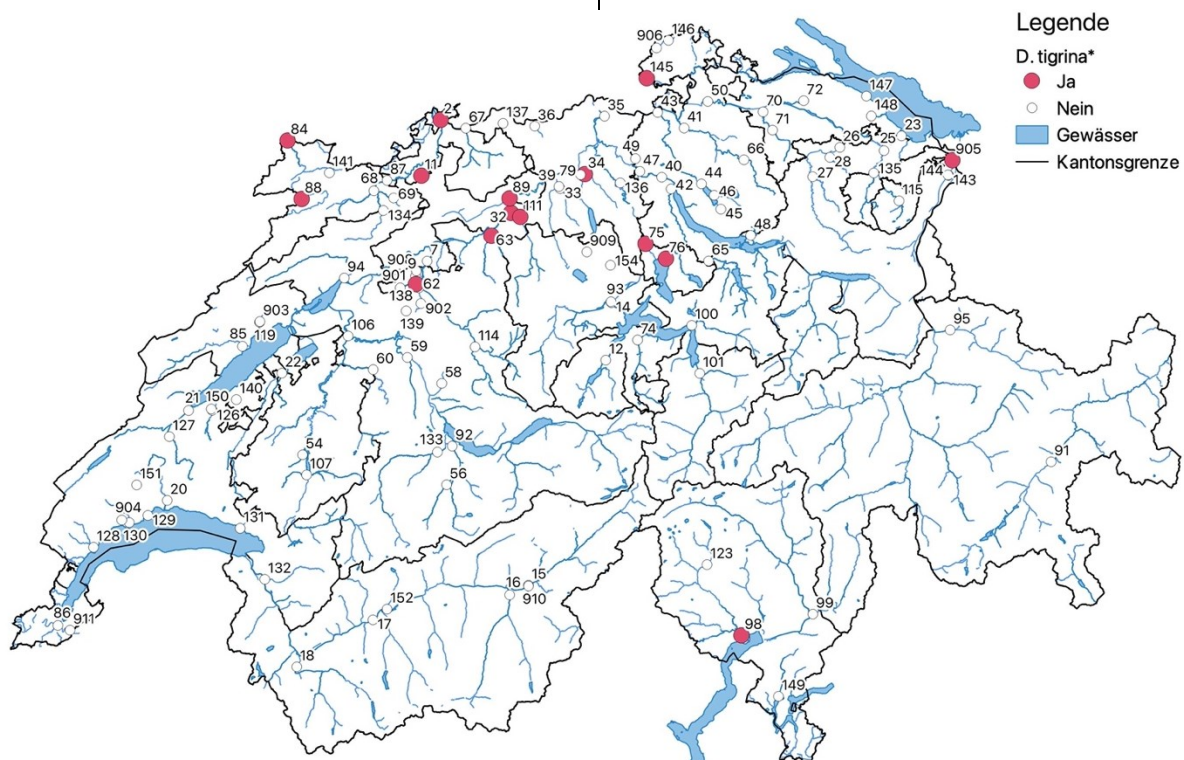


Abb. 81: Verbreitung von *Dugesia tigrina* an den Stellen des NAWA-Netzes 2023.



Abb. 82: Verbreitung von *Potamopyrgus antipodarum* an den Stellen des NAWA-Netzes 2023.



Abb. 83: Verbreitung von *Haita acuta* an den Stellen des NAWA-Netzes 2023.



Abb. 84: Verbreitung von *Dikerogrammarus* sp. an den Stellen des NAWA-Netzes 2023.



Abb. 85: Verbreitung von *Crangonycitidae* an den Stellen des NAWA-Netzes 2023.

10.1.3 Haita acuta

Auch von *Haita acuta* (*Spitze Blasenschnecke*) gibt es 2023 deutlich weniger Fundstellen. Insgesamt wurde sie noch an 10 (19) Stellen gefunden. Gehäuft tritt die Art noch im Mittelland rund um die Flüsse Rhein, Aare, Reuss und Limmat auf ([Abb. 83](#)).

10.1.4 Dikerogammarus villosus

Dikerogammarus villosus (*Grosser Höckerflohkrebs*) wurde 2023 nur noch an insgesamt 4 (5) Stellen gefunden. Dies an der Lorze, Glatt und der Limmat ([Abb. 84](#)). An der Limmat-Stelle ist die Abundanz der Art 2023 stark angestiegen.

10.1.5 Crangonyx pseudogracilis

Crangonyx pseudogracilis (*Amerikanischer Flohkrebs*) wurde nur noch am Ausfluss der Glatt aus dem Greifensee gefunden ([Abb. 85](#)). Nicht mehr beobachtet wurde er in der Aa, dem Ausfluss des Pfäferssees.

Craspedacusta sowerbyi, *Polychaeta* kamen 2023 an den NAWA-Stellen nicht vor.

10.2 Entwicklung 2012-2023

2023 ist bei 5 gefundenen Neozooen ist die Zahl der Fundstellen im Vergleich zu 2019 zurückgegangen. Am markantesten bei den Arten *Haitia acuta* und *Potamopyrgos antipodarum*. *Dikerogammarus villosus* fehlte an einer Stelle. Dagegen trat *Dugesia tigrina* an zusätzlichen drei Stellen auf, wobei zwei davon neu ins NAWA-Trend Programm aufgenommen wurden. Grössere Populationen traten an 6 (4) Stellen auf ([Tab. 13](#)).

aber grösser als die Vorkommen 2023 zeigen, da früher erfasste Vorkommen in einer Folgekampagne methodenbedingt nicht immer bestätigt können.

Art	Prozentualer Anteil der Stellen mit Vorkommen (Stellenzahl total 2012 und 2015: 88, 2019: 106, 2023: 113)				Anzahl Stellen >100 Individuen		Fundstellen zugenommen
	2012	2015	2019	2023	2019	2023	
C. sowerbii	–	–	–	–			–
D. tigrina	–	–	11%	13,3%			nein
Polychaeta	–	–	–	–			–
P. antipodarum	24%	25%	42%	27,4%	3	4	nein
H. acuta	2%	5%	18%	10,6%			nein
Crangonycitidae	0%	2%	3%	0,8%	0	0	nein
Dikerogammarus sp.	5%	5%	5%	3,5%	1	2	nein

Tab. 13: Entwicklung von sieben ausgewählten Neozooen des Makrozoobenthos zwischen 2012 und 2023.

Über den gesamten Zeitraum 2012-2023 haben sich die Neozooen im NAWA-Netz kaum weiter ausgebreitet. Vermutlich sind die Verbreitungsgebiete

Rote Listen

11 Mit der EPT-Artbestimmung ist zugleich auch überprüft worden, ob sich darunter gefährdete Arten befinden. Als solche wurden Arten berücksichtigt die mindestens den Gefährdungsstatus VU (vulnerable) innehaben. Die Gefährdungseinschätzungen beruhen auf der 2012 publizierten Roten Liste des BAFU (Lubini et al. 2012). Die nachfolgenden Werte in Klammern beziehen sich auf die letzte Erhebung 2019.

11.1 Ephemeroptera

2023 wurden 10 (16) Ephemeroptera Arten gefunden die in der Schweiz gefährdet sind. Zwei Arten sind vom Aussterben bedroht (CR), zwei stark gefährdet (EN) und sechs werden als verletzlich (VU) taxiert (Tab. 14).

Gattung	Art	RL-Status	ΣAbundanz	Stellen	2019	2015	2012
Caenis	pusilla	CR	188	2	ja	ja	nein
Rhithrogena	germanica	CR	32	6	ja	nein	nein
Caenis	rivulorum	EN	5	2	ja	ja	ja
Rhithrogena	landai	EN	23	1	ja	ja	ja
Baetis	bucerus	VU	48	10	ja	ja	ja
Baetis	liebenauae	VU	36	3	ja	nein	nein
Baetis	nubecularis	VU	32	1	ja	ja	ja
Baetis	pentaplebes	VU	13	2	ja	nein	nein
Torleya	major	VU	534	18	ja	ja	ja
Rhithrogena	allobrogica	VU	88	6	ja	ja	ja

Tab. 14: Liste der gefährdeten Ephemeroptera Arten, die 2023 an NAWA-Stellen gefunden wurden.

11.2 Plecoptera

Von den 4 (5) 2023 gefundenen, gefährdeten Plecoptera Arten (Tab. 15) hat eine den Status in der CH ausgestorben (RE), zwei Arten sind stark gefährdet (EN) und eine Art wird als verletzlich eingestuft (VU). Die in der Schweiz als ausgestorben aufgelistete Art *Taeniopteryx schoenemundi* wurde in der Erveratte (CH-141-JU), ein Zufluss der Allaine, als Einzelindividuum gefunden. Die offizielle Rote Liste ist bezüglich dieser Art nicht mehr aktuell.

Gattung	Art	RL-Status	ΣAbundanz	Stellen	2019	2015	2012
Taeniopteryx	schoenemundi	RE	1	1	nein	nein	nein
Besdolia	imhoffi	EN	1	1	ja	ja	ja
Isoperla	obscura	EN	9	1	nein	ja	nein
Protonemura	meyeri	VU	9	5	ja	ja	ja

Tab. 15: Liste der gefährdeten Plecoptera Arten, die 2023 an NAWA-Stellen gefunden wurden.

2017 wurde sie erstmals im schweizerischen Abschnitt des Doubs entdeckt, 2019 im Rhein bei Basel

und danach auch in der Wutach (streckenweise Grenzfluss zur Schweiz) sowie in der Thur im Toggenburg bis ca. 700 m ü. M. Später wurde sie dort von *Taeniopteryx hubaulti* abgelöst (persönliche Mitteilung von V. Lubini, Abb. 86). Die gegenwärtig in Überarbeitung befindliche Rote Liste wird den Status dieser Art revidieren.

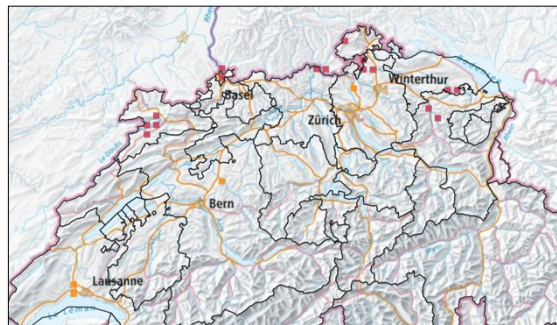


Abb. 86: Neue Fundorte von *Taeniopteryx schoenemundi* seit 2017.

11.3 Trichoptera

Insgesamt sind 2023 10 (7) gefährdete Trichoptera Arten (Tab. 16) erfasst worden. Eine gilt in der CH als ausgestorben (RE), zwei Arten sind vom Aussterben bedroht (CR), drei Arten werden als stark gefährdet eingestuft (EN) und vier haben verletzbare Populationen (VU). Die in der entsprechenden Roten Liste als in der CH ausgestorben erklärte Art *Brachycentrus subnubilus* wurde neu in der Glatt und der Limmat in 2 bzw. 3 Exemplaren gefunden. Im 20. Jahrhundert wurde die Art 1916 letztmals nachgewiesen und galt seither als verschollen. Sie wurde 2006 erstmals im Rhein wieder nachgewiesen und wird seit 2021 in den mittelhohen bis grossen Zubringern des Rheins gefunden.

Gattung	Art	RL-Status	ΣAbundanz	Stellen	2019	2015	2012
Brachycentrus	subnubilus	RE	5	2	ja	nein	nein
Hydropsyche	bulbifera	CR	3	3	nein	nein	nein
Chimarra	marginata	CR	40	1	nein	nein	nein
Micrasema	setiferum	EN	187	4	ja	ja	ja
Hydropsyche	exocellata	EN	18	2	ja	ja	nein
Psychomyia	fragilis	EN	1	1	nein	nein	nein
Ernodes	articularis	VU	1	1	nein	nein	nein
Silo	piceus	VU	2	1	ja	nein	ja
Hydropsyche	saxonica	VU	1	1	nein	nein	nein
Lepidostoma	basale	VU	2	2	ja	ja	nein

Tab. 16: Liste der gefährdeten Trichoptera Arten, die 2023 an NAWA-Stellen gefunden wurden.

Ernodes articularis ist eine terrestrische Art ohne Kiemen (respektive eine Quellart/hygropetrische Art) und lebt unter feuchten Blättern an Stellen wo auch nur ein bisschen Wasser austritt.

Rückblick

12 Rückblickend auf die NAWA-Trend Erhebung 2023 wird nachfolgend auf Erfahrungen bei der Probenahme wie auch bei der Datenauswertung hingewiesen, die für die Weiterentwicklung und Präzisierung der MZB-Indikatoren nützlich sein können. Von den Empfehlungen 2019 wurden inzwischen einige umgesetzt. So werden nun auch die Solde der Proben archiviert, was es erlaubt, *ex-post* Qualitätskontrollen der Verarbeitung der Proben im Labor sowie sonstige Analysen durchzuführen, falls neue Aspekte bezüglich dem unbelebten Probenmaterial auftauchen. Die Kenndaten der Einzugsgebiete sind angepasst und weiter differenziert worden. Die EZG der Gewässer mit Seen wurden aufgesplittet, Auslandsgebiete der EZG einbezogen und die Nutzungskategorien sehr viel weiter differenziert.

12.1 Feld- und Laborarbeit

Die Vorgaben des Pflichtenheftes konnten alle eingehalten.

- 113 MZB-Proben gemäss Modulstufenkonzept Modul Makrozoobenthos, Stufe F;
- 113 Diatomeenproben gemäss Modulstufenkonzept, Modul Diatomeen, Stufe F;
- 560 eDNA-Proben (je 4 pro Stelle). Die Proben einer Stelle mussten verworfen werden, weil die Kühlkette nicht lückenlos eingehalten worden war;
- 113 Feldprotokolle „INFO“ (Äusserer Aspekt, Ökomorphologie);
- 113 Feldprotokolle „NOT“ (Bemerkungen zum Probenahmeort und der Laborarbeit);
- 113 Feldprotokolle „TAB“ (Aufnahmeraster);
- 226 Stellenfotos (je zwei UP und DOWN pro Stelle)
- Von 113 Stellen wurden die EPT auf die Art bzw. Artkomplex bestimmt und entsprechend protokolliert.
- Die Proben aller 113 Stellen sind gemäss Vorgaben beim MZL archiviert.

12.1.1 Zeitliche Verschiebungen

Folgende Stellen mussten in Pufferzeitfenstern erhoben werden:

NAWA-ID	Gewässer	Probenahme
CH-012-OW	Sarner Aa	21.02.23
CH-014-LU	Reuss Luzern	22.02.23
CH-101-UR	Reuss Attingh.	24.02.23
CH-074-NW	Engerberger Aa	21.02.23
CH-123-TI	Maggia	29.03.23
CH-106-BE	Saane	02.04.23

Die Gründe waren Risiken einer vorzeitigen Schneeschmelze und Hochwasser.

12.1.2 Örtliche Verschiebungen

Örtliche Verschiebungen betreffen folgende Stellen:

NAWA-ID	Gewässer	Koordinaten neu
CH-032-AG	Pfaffnern	634515/239649
CH-138-BE	Chrümlisbach	605723/218782
CH-088-JU	Doubs	572188/244219
CH-908-SO	Mülibach	606241/222405

Örtliche Verschiebungen waren wegen durch Biberdämme gefluteten Stellen, zu grosser Wassertiefe und zu gefährlicher Strömung sowie wegen zu grosser Distanz zwischen Entnahme der MZB- und den MV-Proben notwendig.

12.1.3 Verkürzte Entwicklungszeiten beim MZB durch warme Witterungsphasen

Gemäss MeteoSchweiz war «das Jahr 2022 das deutlich wärmste und regional sonnigste Jahr seit Messbeginn. Der Jahresverlauf war geprägt durch anhaltend überdurchschnittliche Temperaturen, anhaltenden Niederschlagsmangel und viel Sonnenschein. Der heisse Sommer brachte drei Hitzewellen und regional ausgeprägte Trockenheit.» [MeteoSchweiz 2022].

Auch «der Januar und Februar 2023 waren extrem mild» [MeteoSchweiz 2023]. Die hohen Temperaturen bei trockenheitsbedingten geringen Abflüssen haben die Wassertemperaturen entsprechend erhöht. Von den Feldteams kamen verschiedene Rückmeldungen, dass das MZB den üblich für März erwarteten Entwicklungsstand überschritten habe. Hier stellt sich die Frage, ob die fixen Probenahmefenster in Zukunft der Temperaturvorgeschichte angepasst werden sollen damit die biologische «Gewässergüte» jeweils auf vergleichbaren Entwicklungsstadien des MZB beruht.

12.1.4 Präzisierung der qualifizierten Schätzungen

Mit NAWA-Trend 2019 ging man bei der Angabe grosser Individuenzahlen bei den Nicht-EPT (EPT mussten vollständig ausgelesen werden) vom System der Häufigkeitsklassierungen zur «qualifizierten Schätzung» über. Dieser Schritt ist hinsichtlich quantitativer Auswertungen von Bedeutung. Das Pflichtenheft zum Auftrag ergibt dazu keine präzisen Vorgaben. Auch die zusätzlichen Erläuterungen zum MSK Modul MZB enthalten diesbezüglich keine

Vorschriften. Im Hinblick auf eine einheitliche Regelung sollte eine solche Vorschrift generiert werden. Am einfachsten und präzisesten lassen sich die Individuenzahlen schätzen indem man durch Schütteln der Schale eine homogene Verteilung der Taxa erreicht, pro Taxon die Individuen unter der Binokular-Lupe innerhalb eines Sichtstreifens zählt und die ermittelte Zahl auf die gesamte Schalenfläche hochrechnet. Wenn eine Probe auf mehrere Schalen verteilt wird, muss dieser Prozess bei jeder Schale wiederholt und am Schluss die Schalenergebnisse summiert werden. Der Zeitaufwand ist im Vergleich zum Ausleseaufwand klein, da meistens nur wenige Taxa in Zahlen vorkommen, die über die Pflichtzahlen hinausgehen.

12.1.5 Punktbelastungen im Nahbereich der NAWA-Stellen abklären

Dieses Thema wurde schon im Bericht 2021 angesprochen. Gemäss Konzept für das Monitoringprogramm NAWA Trend wurden die Probenahmestellen u.a. auch so ausgewählt, dass der ermittelte Zustand repräsentativ für die Belastung im Teileinzugsgebiet einer Stelle ist. Dies bedingt, dass keine lokal dominierenden Belastungsquellen in die Probenahmeflächen einmünden sollten. Bei den Probenahmen zeigte es sich, dass dies möglicherweise nicht immer der Fall war. So mündeten beispielsweise bei den Stellen CH_014_LU, Reuss und CH_094_BE, La Suze mehrere Hochwasserentlastungen oder Überläufe von Regenbecken entweder direkt in die Probenahmefläche oder unmittelbar davor ein. Leichte Verschiebungen um diesen möglichen Belastungsquellen auszuweichen sind an beiden Stellen nicht möglich.

12.2 Datenauswertung, Analyse

Bei der Auswertung der MZB-Daten hinsichtlich möglicher Einflussfaktoren sind einige Kenndaten für eine statistische Analyse immer noch ungeeignet.

12.2.1 Ökomorphologische Parameter auf Gewässernetz im EZG beziehen

Wie Kapitel 4 zeigt, ist für das Vorkommen einer ökomorphologisch sensiblen Art der unmittelbare Bereich an der Probenahmestelle kaum entscheidend. Drift und unterschiedliche Ansprüche im Lebenszyklus erfordern die Betrachtung grösserer Areale. Der Parameter Ökomorphologie sollte einen weiteren Bereich des Gewässernetzes oberhalb einer Probenahmestelle durch entsprechende Kennzahlen abdecken. Dabei sollten nicht nur die

aggregierten Zustandsklassen 1-5, sondern auch ihnen zugrunde liegenden, relevanten numerischen Daten zur Verfügung stehen.

12.2.2 Quantifizierung der Angaben zu Schwall-Sunk

Die jetzigen «ja» / «nein» Informationen bezüglich Schwall-Sunk sind für die analytischen Vergleiche mit MZB Daten nicht brauchbar. Mit der Klärung der Sanierungspflicht und dem Vorliegen der strategischen Planung der Kantone sollten die relevanten Daten der Schwall-Sunk Strecken dem BAFU vorliegen. Relevante Daten sind Schwall-Sunk-Verhältnis, Pegelanstiegs- und abfallraten und Schwallfrequenzen.

12.2.3 Quantifizierung der Angaben zum Restwasser

Auch bezüglich Restwasser sind die jetzigen «ja» / «nein» Informationen für Analysen mit MZB-Daten nicht verwertbar. Notwendig sind Daten über die Restwassermenge (z. B. Verhältnis zum natürlichen Q_{347} bzw. MQ) und die jährliche Dauer des Restwasserabflusses.

Ausblick

13.1 Verbesserung der Aussagewertes des IBCH

13

Der IBCH hat den Anspruch, die an einer Stelle vorherrschenden Stressoren des Makrozoobenthos mit einem integralen Güteindex zu bewerten. Die Stressoren umfassen chemisch-physikalische, hydraulische, ökomorphologische und biologische Faktoren. Wie [Abb. 35](#) und [Abb. 36](#) zeigen, variieren in den bisherigen Kampagnen die IBCH-Werte von Mal zu Mal erheblich. Im Vergleich der Kampagnen untereinander lassen sich die IBCH-Werte der einen aus einer andern Kampagne nur zu $\leq 23\%$ erklären. Problematisch ist zudem, dass der IBCH als «Güteindex» verwendet wird und so die biologische Güteklasse von Kampagne zu Kampagne vor und zurück ändert. Bei diesem «Rauschen» über 1-2 Zustandsklassen stellt sich zuerst die Frage, welchen Anteil der Erhebungsmethode zuzuschreiben ist.

13.1.1 Fehlerschätzung der Erhebungsmethode

Im Rahmen von NAWA und BDM wurden 62 Doppelproben jeweils von verschiedenen Personen und im Abstand von wenigen Tagen genommen und auf IBCH Niveau bestimmt. 37 dieser Datensätze wurden hinsichtlich Mittelwertdifferenzen (Erst- und Zweit-Beprobung) und dem Vertrauensbereich bezogen auf Taxazahl, IBCH und SPEAR untersucht. Im Mittel differierten Erst- und Zweitproben um 3 Taxa (± 1.6) bezüglich IBCH um 0.04 (± 0.04), DK um 0.07 (± 0.03) und der IG um 0.1 (± 0.1). Die Zahlen in Klammern bezeichnen das 95%-Vertrauensintervall der Mittelwertdifferenz. Vergleicht man diesen «Messfehler» mit den durchschnittlichen Differenzen zwischen den Erhebungen 2019-2023 so sind diese bei den Taxazahlen zu 54% beim IBCH zu 58% und beim SPEAR zu 41% der Methode zuzuschreiben. Für die Beschreibung der gegenwärtigen zeitlichen Entwicklung des IBCH ist die heutige Sensitivität der Methode grenzwertig, hingegen ist sie sensitiv genug um die räumlichen Unterschiede im NAWA-Netz zu erfassen. Dies dürfte auch für das BDM gelten.

Zur Verbesserung der Sensitivität müsste geklärt werden, zu welchen Anteilen die Probenahmen im Feld und die Verarbeitung im Labor zum Messfehler führen. Für eine Verbesserung im Feld kommt man kaum um eine Erhöhung der Stichprobenzahl (≤ 20) herum, was mit mehr Aufwand verbunden und bei

den gegenwärtigen Ressourcen kaum eine Option ist. Ob und wo im Labor Verbesserungspotenzial besteht müsste in einem kontrollierten Ringversuch durch mehrere, für NAWA akkreditierte Personen mit einer vollständig bekannten Zusammensetzung der Probe geklärt werden.

13.1.2 Adressierung der Stressoren innerhalb des IBCH-Modells

Wie einleitend erwähnt, ist der IBCH ein globaler Güteindex. Inwieweit einzelne Stressoren für Bewertung von «sehr gut» bis «schlecht» verantwortlich sind, ist in einer «Blackbox» verschleiert, was den Nutzen des Index' erheblich einschränkt. Mit den zunehmend präziseren und differenzierteren Informationen zum EZG der NAWA-Stellen, langer Zeitreihen von chemisch-physikalischen Daten, seit 2022 auch der Mikroverunreinigungen, differenzierte Basisdaten der Ökomorphologie, Bildinformationen über die den Uferbereich angrenzende Bodenbedeckung und Landnutzung, anthropogener Eingriffe ins natürliche Abflussregime (Restwasser, Schwall-Sunk), lückenlose Temperaturdaten der Gewässer usw. besteht erhebliches Potenzial, mehr Licht in das Zusammenwirken der Stressoren innerhalb der bestehenden «Blackbox» zu bringen.

13.2 Verbesserung des Aussagewertes des SPEAR

Der SPEAR ist bereits ein spezifisch, hinsichtlich der Wirkung von Mikroverunreinigungen auf das MZB, entwickelter Index. Er ist über die Zeit robuster und korreliert besser mit dem Anteil intensiv genutzter Fläche im EZG als der IBCH, wobei der Flächenanteil stellvertretend für die Emission von MV in das Gewässer angesehen werden kann. Mit der chemisch-analytischen Überwachung von MV an 34 NAWA-Stellen seit 2022 entsteht ein Datensatz, mit dem die Wirkung der MV auf das MZB *in situ* verfolgt werden kann. Die chemisch-physikalischen Daten und die Kenndaten der EZG könnten Aufschluss über deren spezifischen Einfluss auf den SPEAR-Index geben. Daraus liesse sich die Sensitivität, insbesondere der EPT, taxonspezifisch auf einzelne Stoffe unter *in situ* Bedingungen ableiten, um daraus einen für die Schweiz spezifischen SPEAR-Index zu entwickeln.

Mit der Aufschlüsselung der landwirtschaftlichen Nutzungsformen, quasi nach einzelnen Kulturen auf Level 3, und den gemessenen, kulturspezifisch angewendeten Wirkstoffen, liesse sich ein Bezug

zwischen den Flächenanteilen der Kulturen und dem tatsächlichen Einsatz dieser Stoffe erstellen.

13.3 Entwicklung eines EPT-Qualitäts-Indikators

Sowohl die Erkenntnisse bei der Entwicklung des SPEAR-Index wie auch die bisherigen Erfahrungen in NAWA zeigen, dass die EPT-Arten eine grösseres Sensitivitätspotenzial gegenüber anthropogenen Stressoren aufweist als die IBCH-Taxa. Die vorhandenen, präzisen Datensätze zur Abfluss- und Temperaturdynamik, die EZG-weiten Grunddaten der Ökomorphologie, die differenzierte Aufschlüsselung der Nutzungen im Stellen-EZG, die quantifizierbaren Kenndaten von Schwall/Sunk und Restwasser sowie insbesondere die chemisch-physikalischen Daten (Nährstoffe, MV, etc.) sollten genutzt werden, um den Einfluss dieser Stressoren auf die EPT im NAWA-Netz zu analysieren. Die Möglichkeit daraus einen EPT-Qualitätsindikator zu entwickeln, der spezifische Aussagen zu einzelnen Stressoren erlaubt, ist durchaus intakt. Ein solcher Indikator könnte auch als Teil des IBCH-Indikatorensystems (IBCH, DK, IG, EPT) ins Modul MZB integriert werden. Voraussetzung wäre, dass der Indikator ex post auf frühere MZB-Datensätze mit EPT-Artspektren anwendbar ist.

13.4 Taxonomische Differenzierung auf weitere Gruppen ausweiten

Die Auswertung der EPT-Daten auf Art- oder Artkomplexstufe zeigt, dass dieser Schritt eine schärfere Sicht über die Wirkung von Stressoren auf die Indikatoren ermöglicht. Beispielsweise ist der Zusammenhang zwischen der Nutzung im EZG und der Taxazahl der EPT offensichtlicher, wenn man von der Familienstufe auf Artstufe bestimmt. Die differenziertere Bestimmung ist auf Taxagruppen anzuwenden, die an allen Stellen vertreten sind, wie z. B. die Ordnung Oligochaeta und die Familien Chironomidae und Simuliidae. Dabei ist abzuwägen, ob DNA-Analysen oder klassische Bestimmungsmethoden ressourcensparender sind.

13.5 Validierung der biologischen Indizes anhand chemisch-physikalischer Daten

An den NAWA-Stellen wurden monatlich seit Beginn chemisch-physikalische Daten der Nährstoffparameter sowie an ausgewählten Stellen seit 2019

alle 2 Wochen Sammelproben der Mikroverunreinigungen erhoben. Die inzwischen umfangreichen chemisch-physikalischen Datenreihen sollten genutzt werden um, ähnlich wie beim DI-CH, die biologischen Indizes zusätzlich zu andern Stressoren zu validieren. Insbesondere beim IBCH fehlt eine solche Validierung generell. Der SPEAR wurde anhand chemischer Daten validiert. Diese umfassten aber nur einen Teil des Substanzspektrums das in NAWA erhoben wird. Auch die EPT-Kenngrößen und ev. weitere Taxagruppen liessen bezüglich der Chemie validieren.

Empfehlungen

- 1) Bei allen NAWA-Stellen des Makrozoobenthos ist zu prüfen, ob innerhalb der Aufnahme­fläche oder unmittelbar oberhalb Entlastungen der Siedlungs­entwässerung einmünden (Kapitel 12.1)
- 14** 2) Für die qualifizierte Schätzung der Abundanzen im Labor ist in Zukunft eine Streifen­zählung vorzu­schreiben (Kapitel 12.1).
- 3) In der Liste der EZG-Eigenschaften sind folgende Präzisierungen und Korrekturen vorzunehmen (Ka­pitel 12.2):
- Ökomorphologische Angaben ergänzen. Klassenanteile für das gesamte EZG be­rechnen. Auch vorhandene Basisdaten zur Verfügung stellen.
 - Schwall-Sunk Angaben präzisieren durch S/S-Verhältniszahl, Schwallfrequenzen, Anstiegs- und Sinkraten.
 - Restwasserangaben präzisieren durch An­gabe der Verhältnisse zu MQ, Q₃₄₇ und Dauer des Restwasserabflusses.
- 4) IBCH laufend mit neu entwickelten spezifischen Indikatorensystemen (z.B. EPT) ergänzen sofern sie auf NAWA-Daten auch rückwirkend angewendet werden können (Kapitel 13).
- 5) Taxonomische Differenzierung auf weitere Grup­pen ausweiten (Oligochaeta, Chironomidae, Simuli­dae) u.a. auch mit molekulargenetischen Methoden (Kapitel 13.3-4).
- 6) Zusätzliche Validierung der biologischen Kenn­werte IBCH, SPEAR-Index, EPT-Kennzahlen etc. an­hand der vorhandenen chemisch-physikalischen Daten (Kapitel 13.5)

Literatur

- BAFU 2013:** NAWA – Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität. Konzept Fliessgewässer. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1327: 72 S.
- 15 BAFU (ed.) 2019:** Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Makrozoobenthos Stufe F. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1026: 63 S.
- Baumann P., Kirchhofer A., Schälchli U. 2012:** Schwall/Sunk – Strategische Planung. Ein Modul der Vollzugshilfe Renaturierung der Gewässer. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1203: 26 S.
- Binderheim E., Göggel W. 2007:** Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Äusserer Aspekt. Umwelt-Vollzug Nr. 0701. Bundesamt für Umwelt, Bern. 43 S.
- BLW 2017:** Agrarbericht 2016, Bundesamt für Landwirtschaft, 3003 Bern. 460 S.
- Eichenberger E., Schlatter F., Weilenmann H.-U., Wuhrmann K. 1979:** Die Wirkung der essentiellen Metalle Kupfer, Kobalt und Zink in Fliessgewässern; EAWAG Jahresbericht 1979.
- Freshwaterecology.info:** Taxa and Autecology Database for Freshwater Organisms. University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna Department Water - Atmosphere - Environment Institute of Hydrobiology & Aquatic Ecosystem Management.
- Haberthür M.: 2021,** Ergebnisse der 3. Erhebung NAWA-Trend Los 2, Makrozoobenthos, 50 S.
- Haberthür M., Martinez N. Küry D. 2021:** Analyse möglicher Einflussfaktoren auf die kurz und langzeitlichen Trends beim Makrozoobenthos in NAWA-Trend. Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt, 39 S.
- Hesselschwerdt J., Mürle U. 2020:** Biologische Untersuchungen der Limmat 2020 zwischen Zürichsee und Aare, Fachbericht Makroinvertebraten. Hydra AG, DEPARTMENT BAU, VERKEHR UND UMWELT, Abteilung für Umwelt, Kanton Zürich, Baudirektionsamt für Abfall, Wasser, Energie und Luft, Gewässerschutz, 38 S.
- Kunz M., Schindler Wildhaber Y., Dietzel A., Wittmer I., Leib V. 2016:** Zustand der Schweizer Fliessgewässer. Ergebnisse der Nationalen Beobachtung Oberflächengewässerqualität (NAWA) 2011–2014. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Zustand Nr. 1620: 87 S.
- Lubini V., Knispel S., Sartori M., Vicentini H., Wagner A. 2012:** Rote Listen Eintagsfliegen, Steinfliegen, Köcherfliegen. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2010. Bundesamt für Umwelt, Bern, und Schweizer Zentrum für die Kartographie der Fauna, Neuenburg. Umwelt-Vollzug Nr. 1212: 111 S.
- MeteoSchweiz 2022:** Klimabulletin 2022, Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie, Zürich, 10. Januar 2023, 11 S.
- MeteoSchweiz 2023:** Klimabulletin 2022, Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie, 15. Januar 2023, 16 S.
- Pfaundler M. et al. 2011:** Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Hydrologie – Abflussregime Stufe F. Bundesamt für Umwelt, Bern, Umwelt-Vollzug Nr. 1107: 113 S.
- Schuwirth N., Caradima B., Schindler-Wildhaber Y., Sarbach-Remund N. 2019:** Analyse schweizweiter Makrozoobenthosdaten; Erkenntnisse über anthropogene Einflüsse und Monitoring-Design. Aqua&Gas, 12 (2019), S. 55-61.
- Statzner B. 1981:** The relation between «hydraulic stress» and microdistribution of benthic macroinvertebrates in a lowland running water system the Schierenseebrooks (North Germany). Arch. Hydrobiol. 91 (2), p 192-213.
- Stucki P., Knispel S. 2017:** NAWA-TREND Biologie, Fachbericht Makrozoobenthos und Äusserer Aspekt, 2. Kampagne 2015, 51 S.
- Tonolla D., Chaix O., Meile T., Zurwerra A., Büsser P., Oppliger S., Essyad K. 2017.** Schwall-Sunk – Massnahmen. Ein Modul der Vollzugshilfe Renaturierung der Gewässer. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1701: 133 S.
- Waringer J., Graf W. 1997:** Atlas der österreichischen Köcherfliegenlarven: unter Einschluss der angrenzenden Gebiete. Facultas-Univ.-Verl., 1997, 286 S.

Anhang A: Daten der Probenahmestellen

Stelle	Gewässer	X-Koord	Y-Koord	Höhe	Datum	Verschiebungen		Auftrag
						örtlich	zeitlich	
CH_002_BS	Birs	613496	267409	250	06.03.23	–	–	BAFU
CH_007_BE	Emme	609445	225330	444	01.03.23	–	–	BAFU
CH_009_SO	Limpach	605997	220876	464	01.03.23	–	–	BAFU
CH_011_SO	Lüssel	607744	250786	390	06.03.23	–	–	BAFU
CH_012_OW	Sarner Aa	662647	195819	461	21.02.23	–	vor	OW
CH_014_LU	Reuss	664315	212930	430	22.02.23	–	vor	BAFU
CH_015_VS	Rhône	639626	128790	659	18.04.23	–	–	VS
CH_016_VS	Vispa	634030	125900	650	18.04.23	–	–	VS
CH_017_VS	Rhône	593300	118455	489	17.03.23	–	–	VS
CH_018_VS	Drance	570614	104466	495	16.03.23	–	–	VS
CH_020_VD	Venoge	532024	154048	381	08.03.23	–	–	BAFU
CH_021_VD	Thielle	538389	180827	432	31.03.23	–	–	BAFU
CH_022_VD	Broye	566183	191947	440	07.03.23	–	–	BAFU
CH_023_SG	Steinach	750755	262628	409	07.03.23	–	–	BAFU
CH_025_SG	Sitter	745537	258250	535	07.03.23	–	–	BAFU
CH_026_SG	Thur	732383	259206	475	03.03.23	–	–	BAFU
CH_027_SG	Necker	724298	250473	560	03.03.23	–	–	BAFU
CH_028_SG	Glatt	729400	256250	495	03.03.23	–	–	BAFU
CH_032_AG	Pfaffnern	634429	239712	405	06.03.23	ganz	–	AG
CH_033_AG	Wyna	649071	246917	400	08.03.23	–	–	AG
CH_034_AG	Bünz	656434	251249	380	23.03.23	–	–	AG
CH_035_AG	Surb	662285	268508	335	23.03.23	–	–	AG
CH_036_AG	Sissle	641500	265545	310	07.03.23	–	–	AG
CH_039_AG	Suhre	648700	247570	380	08.03.23	–	–	AG
CH_040_ZH	Limmat	679330	250317	397	07.03.23	–	–	ZH
CH_041_ZH	Töss	685998	264982	358	24.03.23	–	–	ZH
CH_042_ZH	Sihl	682105	246843	410	21.03.23	–	–	ZH
CH_043_ZH	Glatt	678123	269619	339	20.03.23	–	–	ZH
CH_044_ZH	Glatt	691163	248330	436	20.03.23	–	–	ZH
CH_045_ZH	Aabach	696928	240805	440	20.03.23	–	–	ZH
CH_046_ZH	Aa	694950	244939	441	21.03.23	–	–	ZH
CH_047_ZH	Reppisch	672809	252051	385	07.03.23	–	–	ZH
CH_048_ZH	Jona	705817	232990	428	29.03.23	–	–	ZH
CH_049_ZH	Furtbach	671505	255848	420	13.03.23	–	–	ZH
CH_050_ZH	Thur	693065	272893	359	24.03.23	–	–	ZH
CH_054_FR	Sionge	572353	167639	684	05.04.23	–	–	BAFU
CH_056_BE	Engstlige	615246	158704	810	06.04.23	–	–	BAFU
CH_058_BE	Chise	613807	188906	616	14.04.23	–	–	BAFU
CH_059_BE	Gürbe	603555	196625	511	07.03.23	–	–	BAFU
CH_060_BE	Sense	593370	193000	549	07.03.23	–	–	BAFU
CH_062_BE	Urtenen	606960	217380	486	01.03.23	–	–	BAFU
CH_063_BE	Langete	628600	232897	449	21.03.23	–	–	BAFU
CH_065_ZH	Sihl	693293	225364	687	05.04.23	–	–	ZH
CH_066_ZH	Töss	703828	255510	530	24.03.23	–	–	ZH
CH_067_BL	Ergolz	620950	264930	261	06.03.23	–	–	BAFU
CH_068_JU	Sorne	593577	246286	410	07.03.23	–	–	BAFU
CH_069_JU	Scheulte	599461	244150	465	07.03.23	–	–	BAFU
CH_070_TG	Murg	709510	269793	391	02.03.23	–	–	BAFU
CH_071_TG	Lauche	712330	264343	445	02.03.23	–	–	BAFU
CH_072_TG	Chemibach	721604	273121	419	20.03.23	–	–	BAFU
CH_074_NW	Engelberger Aa	674516	230487	390	02.03.23	–	vor	NW
CH_075_ZG	Lorze	680595	226069	421	02.03.23	–	–	BAFU
CH_076_ZG	Lorze	655159	251068	365	09.03.23	–	–	BAFU
CH_079_AG	Aabach	567887	261272	365	08.03.23	–	–	AG
CH_084_JU	Allaine	554430	199950	445	24.03.23	–	–	BAFU
CH_085_NE	Areuse	499460	116790	375	02.03.23	–	–	NE
CH_086_GE	Arve	613496	267409	250	06.03.23	–	–	GE
CH_087_JU	Birs	597523	249370	386	07.03.23	–	–	BAFU

Stelle	Gewässer	X-Koord	Y-Koord	Höhe	Datum	Verschiebungen		Auftrag
						örtlich	zeitlich	
CH_088_JU	Doubs	572066	243841	417	06.03.23	ganz	–	BAFU
CH_089_SO	Dünnern	634000	244025	404	21.03.23	–	–	BAFU
CH_091_GR	Inn	795320	165548	1650	22.05.23	–	–	BAFU
CH_092_BE	Kander	616905	170230	620	06.04.23	–	–	BAFU
CH_093_LU	Kleine Emme	664207	213237	431	29.03.23	–	–	BAFU
CH_094_BE	La Suze	584763	220291	430	22.03.23	–	–	BAFU
CH_095_GR	Landquart	765245	204813	560	06.03.23	–	–	BAFU
CH_098_TI	Maggia	703084	113851	200	16.03.23	–	–	BAFU
CH_099_TI	Moesa	724346	120161	235	30.03.23	–	–	BAFU
CH_100_SZ	Muota	688257	206189	436	01.03.23	–	–	SZ
CH_101_UR	Reuss	690654	191880	444	24.02.23	–	vor	UR
CH_106_BE	Saane	585905	203017	463	02.04.23	–	nach	BAFU
CH_107_FR	Sarine	573540	161640	685	08.04.23	–	–	BAFU
CH_111_AG	Wigger	637194	238503	420	06.03.23	–	–	AG
CH_114_BE	Emme	623712	199785	640	14.04.23	–	–	BAFU
CH_115_AI	Sitter	750019	243282	790	06.04.23	–	–	BAFU
CH_119_NE	Seyon	559534	207117	635	14.04.23	–	–	NE
CH_123_TI	Maggia	692818	134910	622	29.03.23	–	vor	BAFU
CH_126_VD	Mentue	545390	180900	448	06.03.23	–	–	BAFU
CH_127_VD	Talent	532670	173050	439	31.03.23	–	–	BAFU
CH_128_VD	Promenthouse	510084	140075	394	15.03.23	–	–	BAFU
CH_129_VD	Boiron de Morges	526273	149580	372	22.03.23	–	–	VD
CH_130_VD	Aubonne	520715	147440	395	21.03.23	–	–	BAFU
CH_131_VD	Veveyse	553755	145728	376	18.03.23	–	–	BAFU
CH_132_VD	Grande Eau	561082	130535	386	18.03.23	–	–	BAFU
CH_133_BE	Simme	612505	168441	640	06.04.23	–	–	BAFU
CH_134_BE	La Birse	596389	240411	475	07.03.23	–	–	BAFU
CH_135_AR	Urnäsch	742503	251590	593	06.03.23	–	–	BAFU
CH_136_AG	Küntenerbach	666969	248640	388	09.03.23	–	–	AG
CH_137_AG	Möhlinbach	632055	266359	330	06.03.23	–	–	AG
CH_138_BE	Chrümmlisbach	605391	219158	470	22.03.23	ganz	–	BAFU
CH_139_BE	Ballmoosbach	603217	210481	547	22.03.23	–	–	BAFU
CH_140_FR	Bainoz	552620	184072	566	06.03.23	–	–	BAFU
CH_141_JU	Erveratte	580325	251633	491	08.03.23	–	–	BAFU
CH_143_SG	Zapfenbach	764793	250889	400	13.03.23	–	–	BAFU
CH_144_SG	Mittlerer Seegraben	764600	251002	400	13.03.23	–	–	BAFU
CH_145_SH	Landgrabe	674870	279824	404	20.03.23	–	–	BAFU
CH_146_SH	Beggingerbach	681330	291094	526	02.03.23	–	–	BAFU
CH_147_TG	Eschelisbach	740300	274478	400	07.03.23	–	–	BAFU
CH_148_TG	Salmsacher Aach	741763	268543	418	29.03.23	–	–	BAFU
CH_149_TI	Vedeggio	714110	95680	273	26.03.23	–	–	BAFU
CH_150_VD	Ruisseau Gi	545151	181272	452	06.03.23	–	–	BAFU
CH_151_VD	Le Combagnou	522923	158664	620	06.04.23	–	–	BAFU
CH_152_VS	Canal D'Uvrier	597501	121662	492	16.03.23	–	–	VS
CH_154_LU	Ron	664050	224110	468	23.03.23	–	–	BAFU
CH-901-SO	Limpach	601442	217355	466	22.03.23	–	–	BAFU
CH-902-BE	Urtenen	607586	212703	501	22.03.23	–	–	BAFU
CH-903-NE	Sorge	559630	207341	644	14.04.23	–	–	NE
CH-904-VD	Eau Noire de Perroy	518490	148185	437	21.03.23	–	–	BAFU
CH-905-SG	Aächeli	765893	255377	400	13.03.23	–	–	BAFU
CH-906-SH	Zwärenbach	677768	288829	464	02.03.23	–	–	BAFU
CH-908-SO	Mülibach	606413	222516	471	22.03.23	ganz	–	BAFU
CH-909-LU	Wyna	657021	228067	641	01.04.23	–	–	BAFU
CH-910-VS	Canal de Brig	639634	128536	659	18.04.23	–	–	VS
CH-911-GE	La Seymaz	503069	115384	393	15.03.23	–	–	BAFU

Verschiebungen zeitlich

vor = vor Probenahmefenster

Verschiebungen örtlich

nach = nach Probenahmefenster

leicht = Probenahmeabschnitt überlappend

ganz = Probenahmeabschnitt getrennt

Anhang B: Daten der Makroinvertebraten

Stelle	Gewässer	Höhe	Datum	Taxa	IBCH	DK	IGmax	SPEAR
CH_002_BS	Birs	250	06.03.23	34	0.688	0.597	0.835	27.43
CH_007_BE	Emme	444	01.03.23	20	0.644	0.426	1.000	39.31
CH_009_SO	Limpach	464	01.03.23	23	0.635	0.512	0.835	26.51
CH_011_SO	Lüssel	390	06.03.23	32	0.688	0.597	0.835	29.40
CH_012_OW	Sarner Aa	461	21.02.23	37	0.885	1.000	0.696	25.55
CH_014_LU	Reuss	430	22.02.23	29	0.687	0.767	0.557	23.84
CH_015_VS	Rhône	659	18.04.23	17	0.909	0.853	1.000	58.44
CH_016_VS	Vispa	650	18.04.23	9	0.697	0.512	1.000	66.70
CH_017_VS	Rhône	489	17.03.23	17	0.909	0.853	1.000	51.61
CH_018_VS	Drance	495	16.03.23	22	0.937	1.000	0.835	47.08
CH_020_VD	Venoge	381	08.03.23	16	0.529	0.341	0.835	28.71
CH_021_VD	Thielle	432	31.03.23	11	0.159	0.171	0.139	26.26
CH_022_VD	Broye	440	07.03.23	29	0.476	0.512	0.418	18.74
CH_023_SG	Steinach	409	07.03.23	25	0.635	0.512	0.835	35.00
CH_025_SG	Sitter	535	07.03.23	26	0.740	0.682	0.835	34.76
CH_026_SG	Thur	475	03.03.23	23	0.803	0.682	1.000	43.54
CH_027_SG	Necker	560	03.03.23	28	0.856	0.767	1.000	44.31
CH_028_SG	Glatt	495	03.03.23	35	0.803	0.682	1.000	26.74
CH_032_AG	Pfaffnern	405	06.03.23	30	0.740	0.682	0.835	23.70
CH_033_AG	Wyna	400	08.03.23	32	0.740	0.682	0.835	27.78
CH_034_AG	Bünz	380	23.03.23	29	0.688	0.682	0.696	26.62
CH_035_AG	Surb	335	23.03.23	31	0.688	0.682	0.696	26.74
CH_036_AG	Sissle	310	07.03.23	32	0.635	0.597	0.696	29.11
CH_039_AG	Suhre	380	08.03.23	25	0.635	0.597	0.696	22.88
CH_040_ZH	Limmat	397	07.03.23	28	0.846	0.767	0.975	25.49
CH_041_ZH	Töss	358	24.03.23	33	0.856	0.767	1.000	35.05
CH_042_ZH	Sihl	410	21.03.23	35	0.952	0.938	0.975	38.87
CH_043_ZH	Glatt	339	20.03.23	27	0.688	0.597	0.835	30.36
CH_044_ZH	Glatt	436	20.03.23	30	0.582	0.682	0.418	17.26
CH_045_ZH	Aabach	440	20.03.23	37	0.846	0.853	0.835	29.92
CH_046_ZH	Aa	441	21.03.23	32	0.688	0.682	0.696	29.47
CH_047_ZH	Reppisch	385	07.03.23	30	0.688	0.682	0.696	23.42
CH_048_ZH	Jona	428	29.03.23	31	0.740	0.682	0.835	33.39
CH_049_ZH	Furtbach	420	13.03.23	23	0.582	0.512	0.696	20.07
CH_050_ZH	Thur	359	24.03.23	28	0.750	0.597	1.000	46.01
CH_054_FR	Sionge	684	05.04.23	23	0.529	0.426	0.696	29.35
CH_056_BE	Engstlige	810	06.04.23	14	0.635	0.512	0.835	64.75
CH_058_BE	Chise	616	14.04.23	27	0.635	0.512	0.835	26.79
CH_059_BE	Gürbe	511	07.03.23	33	0.803	0.682	1.000	29.13
CH_060_BE	Sense	549	07.03.23	29	0.856	0.767	1.000	38.28
CH_062_BE	Urtenen	486	01.03.23	20	0.582	0.426	0.835	19.98
CH_063_BE	Langete	449	21.03.23	31	0.740	0.682	0.835	31.14
CH_065_ZH	Sihl	687	05.04.23	33	0.962	0.938	1.000	43.16
CH_066_ZH	Töss	530	24.03.23	32	0.750	0.597	1.000	40.54
CH_067_BL	Ergolz	261	06.03.23	24	0.529	0.426	0.696	25.02
CH_068_JU	Sorne	410	07.03.23	32	0.688	0.597	0.835	28.68
CH_069_JU	Scheulte	465	07.03.23	44	0.856	0.767	1.000	31.02
CH_070_TG	Murg	391	02.03.23	37	0.846	0.853	0.835	31.28
CH_071_TG	Lauche	445	02.03.23	31	0.740	0.682	0.835	32.17
CH_072_TG	Chemibach	419	20.03.23	32	0.740	0.682	0.835	28.33
CH_074_NW	Engelberger Aa	454	21.02.23	19	0.750	0.597	1.000	51.26
CH_075_ZG	Lorze	390	02.03.23	24	0.635	0.512	0.835	22.02
CH_076_ZG	Lorze	421	02.03.23	32	0.750	0.597	1.000	37.26
CH_079_AG	Aabach	365	09.03.23	45	0.937	1.000	0.835	23.39
CH_084_JU	Allaine	365	08.03.23	32	0.582	0.512	0.696	22.31
CH_085_NE	Areuse	445	24.03.23	41	0.803	0.682	1.000	33.64
CH_086_GE	Arve	375	02.03.23	18	0.750	0.597	1.000	43.11
CH_087_JU	Birs	386	07.03.23	43	0.740	0.682	0.835	26.37
CH_088_JU	Doubs	417	06.03.23	43	0.793	0.682	0.975	36.90
CH_089_SO	Dünern	404	21.03.23	29	0.582	0.512	0.696	25.21
CH_091_GR	Inn	###	22.05.23	13	0.750	0.597	1.000	52.26
CH_092_BE	Kander	620	06.04.23	14	0.803	0.682	1.000	63.15
CH_093_LU	Kleine Emme	431	29.03.23	14	0.582	0.426	0.835	47.14
CH_094_BE	La Suze	430	22.03.23	31	0.697	0.512	1.000	29.98
CH_095_GR	Landquart	560	06.03.23	18	0.750	0.597	1.000	55.56
CH_098_TI	Maggia	200	16.03.23	21	0.635	0.682	0.557	47.80

Stelle	Gewässer	Höhe	Datum	Taxa	IBCH	DK	IGmax	SPEAR
CH_099_TI	Moesa	235	30.03.23	23	0.697	0.512	1.000	50.98
CH_100_SZ	Muota	436	01.03.23	30	0.909	0.853	1.000	50.36
CH_101_UR	Reuss	444	24.02.23	15	0.793	0.767	0.835	53.12
CH_106_BE	Saane	463	02.04.23	26	0.803	0.682	1.000	34.46
CH_107_FR	Sarine	685	08.04.23	25	0.803	0.682	1.000	43.10
CH_111_AG	Wigger	420	06.03.23	30	0.803	0.682	1.000	34.04
CH_114_BE	Emme	640	14.04.23	18	0.697	0.512	1.000	38.39
CH_115_AI	Sitter	790	06.04.23	30	0.909	0.853	1.000	51.06
CH_119_NE	Seyon	635	14.04.23	27	0.423	0.426	0.418	19.53
CH_123_TI	Maggia	622	29.03.23	23	0.962	0.938	1.000	49.06
CH_126_VD	Mentue	448	06.03.23	29	0.635	0.512	0.835	23.96
CH_127_VD	Talent	439	31.03.23	27	0.635	0.512	0.835	25.66
CH_128_VD	Promenthouse	394	15.03.23	19	0.529	0.341	0.835	42.03
CH_129_VD	Boiron de Morges	372	22.03.23	22	0.476	0.426	0.557	33.25
CH_130_VD	Aubonne	395	21.03.23	25	0.644	0.426	1.000	44.81
CH_131_VD	Veveyse	376	18.03.23	22	0.740	0.597	0.975	28.80
CH_132_VD	Grande Eau	386	18.03.23	18	0.582	0.512	0.696	36.39
CH_133_BE	Simme	640	06.04.23	15	0.697	0.512	1.000	63.29
CH_134_BE	La Birse	475	07.03.23	27	0.582	0.426	0.835	28.90
CH_135_AR	Urnäsch	593	06.03.23	26	0.803	0.682	1.000	45.81
CH_136_AG	Küntenerbach	388	09.03.23	29	0.688	0.682	0.696	30.41
CH_137_AG	Möhlinbach	330	06.03.23	21	0.644	0.426	1.000	36.59
CH_138_BE	Chrümlisbach	470	22.03.23	27	0.688	0.682	0.696	20.23
CH_139_BE	Ballmoosbach	547	22.03.23	21	0.582	0.512	0.696	29.73
CH_140_FR	Le Bainoz	566	06.03.23	25	0.582	0.597	0.557	31.81
CH_141_JU	Erveratte	491	08.03.23	34	0.793	0.770	0.835	24.98
CH_143_SG	Zapfenbach	400	13.03.23	21	0.423	0.512	0.278	15.97
CH_144_SG	Mittlerer Seegraben	400	13.03.23	24	0.529	0.512	0.557	18.88
CH_145_SH	Landgrabe	404	20.03.23	31	0.688	0.682	0.696	27.54
CH_146_SH	Beggingerbach	526	02.03.23	32	0.793	0.767	0.835	32.29
CH_147_TG	Eschelisbach	400	07.03.23	25	0.635	0.597	0.696	27.16
CH_148_TG	Salmsacher Aach	418	29.03.23	32	0.688	0.682	0.696	27.82
CH_149_TI	Vedeggio	273	26.03.23	19	0.529	0.426	0.696	26.24
CH_150_VD	Ruisseau de Gi	452	06.03.23	39	0.899	0.938	0.835	27.78
CH_151_VD	Le Combagnou	620	06.04.23	22	0.476	0.512	0.418	28.42
CH_152_VS	Canal d'Uvrier	492	16.03.23	13	0.264	0.341	0.139	0.00
CH_154_LU	Ron	468	23.03.23	30	0.688	0.682	0.696	21.04
CH_901_SO	Limpach	466	22.03.23	36	0.582	0.767	0.278	20.94
CH_902_BE	Urtenen	501	22.03.23	26	0.476	0.597	0.278	10.76
CH_903_NE	Sorge	644	14.04.23	21	0.476	0.341	0.696	26.19
CH_904_VD	Eau Noire de Perroy	437	21.03.23	17	0.423	0.426	0.418	21.70
CH_905_SG	Aächeli	400	13.03.23	20	0.317	0.426	0.139	8.53
CH_906_SH	Zwärenbach	464	02.03.23	31	0.793	0.767	0.835	24.70
CH_908_SO	Mülibach	471	22.03.23	37	0.846	0.853	0.835	22.35
CH_909_LU	Wyna	641	01.04.23	28	0.688	0.597	0.835	22.45
CH_910_VS	Canal de Brig	659	18.04.23	17	0.529	0.512	0.557	31.46
CH_911_GE	La Seymaz	393	15.03.23	16	0.370	0.341	0.418	25.36

Anhang C: Artenliste Ephemeroptera

Familie	Gattung	Art	Anzahl Stellen	Abundanz Total	Abundanz/Stelle
Baetidae	Alainites	muticus	51	2528	49.6
Baetidae	Baetis	fuscatus-Komplex	8	16	2.0
Baetidae	Baetis	alpinus	43	4577	106.4
Baetidae	Baetis	bucératus	10	48	4.8
Baetidae	Baetis	liebenauae	3	36	12.0
Baetidae	Baetis	lutheri	65	2633	40.5
Baetidae	Baetis	nubecularis	1	32	32.0
Baetidae	Baetis	pentapleobodes	2	13	6.5
Baetidae	Baetis	rhodani	107	20069	187.6
Baetidae	Baetis	vardarensis	28	840	30.0
Baetidae	Baetis	vernus	3	12	4.0
Baetidae	Centroptilum	luteolum	33	1447	43.8
Baetidae	Cloeon	dipterum	1	1	1.0
Baetidae	Labiobaetis	atrebatus	3	5	1.7
Baetidae	Baetis	fuscatus (fuscatus-K.)	1	15	15.0
Baetidae	Baetis	scambus (fuscatus-K.)	1	2	2.0
Caenidae	Caenis	horaria	1	1	1.0
Caenidae	Caenis	luctuosa	9	327	36.3
Caenidae	Caenis	macrura	32	4512	141.0
Caenidae	Caenis	pusilla	2	188	94.0
Caenidae	Caenis	rivulorum	2	5	2.5
Ephemerellidae	Ephemerella	mucronata	5	6	1.2
Ephemerellidae	Serratella	ignita	30	1279	42.6
Ephemerellidae	Torleya	major	18	534	29.7
Ephemeridae	Ephemerella	danica	43	560	13.0
Heptageniidae	Ecdyonurus	helveticus-Komplex	13	82	6.3
Heptageniidae	Ecdyonurus	venosus-Komplex	51	551	10.8
Heptageniidae	Electrogena	lateralis	2	3	1.5
Heptageniidae	Electrogena	ujhelyii	3	27	9.0
Heptageniidae	Epeorus	alpicola	1	1	1.0
Heptageniidae	Epeorus	assimilis	24	238	9.9
Heptageniidae	Heptagenia	sulphurea	7	65	9.3
Heptageniidae	Rhithrogena	diaphana-Komplex	2	2	1.0
Heptageniidae	Rhithrogena	hybrida-Komplex	12	176	14.7
Heptageniidae	Rhithrogena	semicolorata-Komplex	55	2292	41.7
Heptageniidae	Rhithrogena	allobroga	6	88	14.7
Heptageniidae	Rhithrogena	alpestris	6	40	6.7
Heptageniidae	Rhithrogena	landai-Komplex	1	25	25.0
Heptageniidae	Ecdyonurus	helveticus (helveticus-K.)	2	13	6.5
Heptageniidae	Ecdyonurus	picteti (helveticus-K.)	1	2	2.0
Heptageniidae	Ecdyonurus	torrentis (venosus-K.)	10	31	3.1
Heptageniidae	Ecdyonurus	venosus (venosus-K.)	24	154	6.4
Heptageniidae	Rhithrogena	degrangei (hybrida-K.)	1	1	1.0
Heptageniidae	Rhithrogena	dorieri (semicolorata-K.)	2	3	1.5
Heptageniidae	Rhithrogena	germanica (semicolorata-K.)	6	32	5.3
Heptageniidae	Rhithrogena	gratianopolitana (hybrida-K.)	11	73	6.6
Heptageniidae	Rhithrogena	landai (landai-K.)	1	23	23.0
Heptageniidae	Rhithrogena	picteti (semicolorata-K.)	4	63	15.8
Heptageniidae	Rhithrogena	puthi (hybrida-K.)	1	54	54.0
Heptageniidae	Rhithrogena	savoienensis (diaphana-K.)	1	2	2.0
Heptageniidae	Rhithrogena	semicolorata (semicolorata-K.)	2	78	39.0
Leptophlebiidae	Habroleptoides	confusa	38	1228	32.3
Leptophlebiidae	Habrophlebia	lauta	24	572	23.8
Leptophlebiidae	Paraleptophlebia	submarginata	24	327	13.6
Potamanthidae	Potamanthus	luteus	8	35	4.4
Siphonuridae	Siphonurus	lacustris	6	17	2.8
Siphonuridae	Siphonurus	sp.	1	1	1.0

Anhang D: Artenliste Plecoptera

Familie	Gattung	Art	Anzahl Stellen	Abundanz Total	Abundanz/Stelle
Capniidae	Capnia	nigra	1	2	2.0
Capniidae	Capnioneura	nemuroides	4	22	5.5
Chloroperlidae	Chloroperla	susemicheli	1	1	1.0
Chloroperlidae	Chloroperla	tripunctata	8	30	3.8
Chloroperlidae	Siphonoperla	torrentium (torrentium-K.)	5	27	5.4
Leuctridae	Leuctra	geniculata	6	23	3.8
Leuctridae	Leuctra	hippopus (Leuctra-K.)	6	10	1.7
Leuctridae	Leuctra	inermis (Leuctra-K.)	7	63	9.0
Leuctridae	Leuctra	-Komplex	67	6042	90.2
Nemouridae	Amphinemura	sulcicollis	1	3	3.0
Nemouridae	Amphinemura	sulcicollis-Komplex	32	592	18.5
Nemouridae	Nemoura	flexuosa (Nemoura-K.)	22	150	6.8
Nemouridae	Nemoura	marginata (Nemoura-K.)	3	7	2.3
Nemouridae	Nemoura	minima	5	13	2.6
Nemouridae	Nemoura	mortoni	4	13	3.3
Nemouridae	Nemoura	-Komplex	12	18	1.5
Nemouridae	Nemurella	pictetii	1	1	1.0
Nemouridae	Protonemura	brevistyla	1	4	4.0
Nemouridae	Protonemura	intricata	5	178	35.6
Nemouridae	Protonemura	lateralis	3	6	2.0
Nemouridae	Protonemura	meyeri	5	9	1.8
Nemouridae	Protonemura	nimborum	1	1	1.0
Nemouridae	Protonemura	nitida	18	230	12.8
Perlidae	Dinocras	cephalotes	10	30	3.0
Perlidae	Perla	grandis	12	24	2.0
Perlidae	Perla	marginata	5	13	2.6
Perlodidae	Besdolus	imhoffi	1	1	1.0
Perlodidae	Dictyogenus	alpinus (Dictyogenus-K.)	1	9	9.0
Perlodidae	Isoperla	carbonaria	1	1	1.0
Perlodidae	Isoperla	grammatica (Isoperla-K.)	33	494	15.0
Perlodidae	Isoperla	obscura (Isoperla-K.)	1	9	9.0
Perlodidae	Isoperla	rivolum (Isoperla-K.)	6	15	2.5
Perlodidae	Isoperla	-Komplex	8	197	24.6
Perlodidae	Perlodes	microcephalus	9	13	1.4
Taeniopterygidae	Brachyptera	risi	47	641	13.6
Taeniopterygidae	Rhabdiopteryx	neglecta (Rhabdiopteryx-K.)	10	82	8.2
Taeniopterygidae	Rhabdiopteryx	-Komplex	9	450	50.0
Taeniopterygidae	Taeniopteryx	schoenemundi	1	1	1.0

Anhang E: Artenliste Trichoptera

Familie	Gattung	Art	Anzahl Stellen	Abundanz Total	Abundanz/Stelle
Beraeidae	Ernodes	articularis	1	1	1.0
Brachycentridae	Brachycentrus	subnubilus	2	5	2.5
Brachycentridae	Micrasema	morosum	1	1	1.0
Brachycentridae	Micrasema	setiferum	4	187	46.8
Glossosomatidae	Agapetus	fuscipes	1	2	2.0
Glossosomatidae	Agapetus	laniger			#DIV/0!
Glossosomatidae	Agapetus	ochripes	7	25	3.6
Glossosomatidae	Glossosoma	boltoni (Glossosoma-K.)	3	4	1.3
Glossosomatidae	Glossosoma	conformis (Glossosoma-K.)	3	22	7.3
Glossosomatidae	Glossosoma	-Komplex	2	16	8.0
Goeridae	Goera	pilosa	2	5	2.5
Goeridae	Silo	nigricornis	8	22	2.8
Goeridae	Silo	pallipes	8	35	4.4
Goeridae	Silo	piceus	1	2	2.0
Hydropsychidae	Cheumatopsyche	lepida	8	384	48.0
Hydropsychidae	Hydropsyche	angustipennis	6	131	21.8
Hydropsychidae	Hydropsyche	bulbifera	3	3	1.0
Hydropsychidae	Hydropsyche	contubernalis	2	3	1.5
Hydropsychidae	Hydropsyche	dinarica	7	15	2.1
Hydropsychidae	Hydropsyche	exocellata	2	18	9.0
Hydropsychidae	Hydropsyche	incognita	23	273	11.9
Hydropsychidae	Hydropsyche	instabilis	30	284	9.5
Hydropsychidae	Hydropsyche	pellucidula	5	33	6.6
Hydropsychidae	Hydropsyche	saxonica	1	1	1.0
Hydropsychidae	Hydropsyche	siltalai	60	1909	31.8
Hydropsychidae	Hydropsyche	tenuis	3	3	1.0
Hydroptilidae	Agraylea	multipunctata	1	2	2.0
Hydroptilidae	Hydroptila	-Komplex	48	341	7.1
Hydroptilidae	lthytrichia	-Komplex	1	2	2.0
Lepidostomatidae	Lepidostoma	basale	2	2	1.0
Lepidostomatidae	Lepidostoma	hirtum	22	344	15.6
Leptoceridae	Athripsodes	albifrons	1	7	7.0
Leptoceridae	Athripsodes	cinereus	2	10	5.0
Leptoceridae	Ceraclea	dissimilis	2	2	1.0
Leptoceridae	Mystacides	azurea	22	98	4.5
Leptoceridae	Oecetis	notata	2	9	4.5
Leptoceridae	Oecetis	ochracea	1	11	11.0
Leptoceridae	Setodes	punctatus	1	1	1.0
Limnephilidae	Allogamus	auricollis	24	1653	68.9
Limnephilidae	Chaetopt. & Stenoph.	-Komplex Gruppe Auricollis	34	263	7.7
Limnephilidae	Chaetopt. & Stenoph.	-Komplex Gruppe Cingulatus	35	160	4.6
Limnephilidae	Chaetopt. & Stenoph.	-Komplex Gruppe Digitatus	40	309	7.7
Limnephilidae	Chaetopt. & Stenoph.	-Komplex Gruppe Permistus	8	9	1.1
Limnephilidae	Drusus	annulatus	6	27	4.5
Limnephilidae	Glyptotaelius	pellucidus	3	5	1.7
Limnephilidae	Halesus	radiatus	9	37	4.1
Limnephilidae	Limnephilini	-Komplex	42	473	11.3
Limnephilidae	Melampophylax	mucoreus	2	8	4.0
Limnephilidae	Micropterna	testacea (3	4	1.3
Limnephilidae	Potamophylax	cingulatus	3	5	1.7
Odontoceridae	Odontocerum	albicorne	24	226	9.4
Philopotamidae	Chimarra	marginata	1	40	40.0
Philopotamidae	Philopotamus	ludificatus	1	1	1.0
Polycentropodidae	Neureclipsis	bimaculata	1	8	8.0
Polycentropodidae	Plectrocnemia	-Komplex	8	58	7.3
Polycentropodidae	Polycentropus	excisus (Polycentropus-K.)	1	1	1.0
Polycentropodidae	Polycentropus	flavomaculatus (Polycentropus-K.)	21	182	8.7
Polycentropodidae	Polycentropus	-Komplex	12	77	6.4
Psychomyiidae	Lype	phaeopa	3	8	2.7
Psychomyiidae	Lype	reducta	14	23	1.6
Psychomyiidae	Psychomyia	fragilis	1	1	1.0
Psychomyiidae	Psychomyia	pusilla	26	141	5.4
Psychomyiidae	Tinodes	waeneri	4	9	2.3
Psychomyiidae	Tinodes	-Komplex	28	455	16.3
Psychomyiidae	Tinodes	unicolor (Tinodes-K.)	1	1	1.0

Familie	Gattung	Art	Anzahl Stellen	Abundanz Total	Abundanz/Stelle
Rhyacophilidae	Rhyacophila	dorsalis	1	1	1.0
Rhyacophilidae	Rhyacophila	pubescens	6	29	4.8
Rhyacophilidae	Rhyacophila	torrentium-K.	10	72	7.2
Rhyacophilidae	Rhyacophila	tristis	12	117	9.8
Rhyacophilidae	Rhyacophila	sensu str.-Komplex	85	932	11.0
Rhyacophilidae	Rhyacophila	Rhyacophila torrentium	1	26	26.0
Rhyacophilidae	Rhyacophila	Rhyacophila-Hyporhyacophila-K.	1	3	3.0
Sericostomatidae	Sericostoma	Sericostoma-Komplex	36	395	11.0

Anhang F: Aufschlüsselung nach Nutzungskategorien

Siedlung (S)

Gebäude AV
Wasserbecken
Gebäude mit lw-Produktion
Eisenbahn
Strassen und Wege
Trottoirs
Verkehrinseln
Flughafen und -plätze
Übrige befestigte Flächen
Gartenanlagen (aus AV)
Abbaugelände
Übrige humusierte
Unbefestigte Wege
Hausgärten (aus LN)

Landwirtschaft intensiv (Li)

Sommergerste
Wintergerste
Hafer
Triticale
Mischel Futtergetreide
Futterweizen gemäss Sortenliste swiss granum
Körnermais
Reis
Emmer, Einkorn
Sommerweizen (ohne Futterweizen der Sortenliste swiss granum)
Winterweizen (ohne Futterweizen der Sortenliste swiss granum)
Roggen
Mischel Brotgetreide
Dinkel
Saatmais (Vertragsanbau)
Silo- und Grünmais
Zuckerrüben
Futterrüben
Kartoffeln
Pflanzkartoffeln (Vertragsanbau)
Sommerraps zur Speiseölgewinnung
Winterraps zur Speiseölgewinnung
Soja
Sonnenblumen zur Speiseölgewinnung
Lein
Hanf
Ackerbohnen zu Futterzwecken
Eiweisserbsen zu Futterzwecken
Lupinen zu Futterzwecken
Ölkürbisse
Tabak
Hirse
Getreide siliert
Leindotter
Einjährige Freilandgemüse, ohne Konservengemüse
Freiland-Konservengemüse
Wurzeln der Treibzichorie
Buchweizen
Sorghum
Übrige Ackerfläche
Einjährige Beeren (z.B. Erdbeeren)
Einjährige nachwachsende Rohstoffe (Kenaf, usw.)
Einjährige Gewürz- und Medizinalpflanzen
Einjährige gärtnerische Freilandkulturen (Blumen, Rollrasen usw.)
Ackerschonstreifen
Buntbrache
Rotationsbrache
Saum auf Ackerflächen
Mohn
Saflor
Linsen
Mischungen von Ackerbohnen, Eiweisserbsen und Lupinen zu Futterzwecken
Blühstreifen für Bestäuber und andere Nützlinge
Senf
Quinoa
Sommerraps als nachwachsender Rohstoff
Winterraps als nachwachsender Rohstoff

Sonnenblumen als nachwachsender Rohstoff
Offene Ackerfläche, beitragsberechtigt (regionsspezifische Biodiversitätsförderfläche)
Übrige offene Ackerfläche, nicht beitragsberechtigt (regionsspezifische Biodiversitätsförderfläche)
Übrige offene Ackerfläche, beitragsberechtigt
Übrige offene Ackerfläche, nicht beitragsberechtigt
Kunstwiesen (ohne Weiden)
Übrige Kunstwiese, beitragsberechtigt (z.B. Schweineweide, Geflügelweide)
Futterleguminosen für die Samenproduktion (Vertragsanbau)
Futtergräser für die Samenproduktion (Vertragsanbau)

Reben (R)

Reben
Baumschulen von Reben
Reben (regionsspezifische Biodiversitätsförderflächen)
zusätzl. Reben (aus amtl. Vermessung)

Obstbau (O)

Obstanlagen (Birnen)
Obstanlagen (Steinobst)
Permakultur
Obstanlagen aggregiert
Andere Obstanlagen (Kiwis, Holunder usw.)
Obstanlagen (Steinobst)

Beeren (B)

Mehrfährige Beeren

Anhang G: Zustandsklassen IBCH, SPEAR 2012-2023

Stelle	Gewässer	IBCH				SPEAR			
		2012	2015	2019	2023	2012	2015	2019	2023
CH_002_BS	Birs	0.37	0.48	0.63	0.69	17.70	27.32	22.69	27.43
CH_007_BE	Emme	0.64	0.58	0.91	0.64	45.59	37.32	33.04	39.31
CH_009_SO	Limpach	0.37	0.42	0.79	0.63	13.42	22.96	20.91	26.51
CH_011_SO	Lüssel	0.58	0.58	0.69	0.69	25.34	33.60	26.86	29.40
CH_012_OW	Sarner Aa	0.69	0.74	0.63	0.88	24.83	24.08	24.52	25.55
CH_014_LU	Reuss	0.58	0.42	0.83	0.69	18.21	17.40	23.65	23.84
CH_015_VS	Rhône	0.74	0.96	0.86	0.91	57.37	50.56	60.27	58.44
CH_016_VS	Vispa	0.74	0.69	0.63	0.70	56.65	53.71	54.47	66.70
CH_017_VS	Rhône	0.79	0.79	0.79	0.91	49.36	50.26	44.76	51.61
CH_018_VS	Drance	0.74	0.74	0.90	0.94	45.32	39.25	43.94	47.08
CH_020_VD	Venoge	0.48	0.48	0.63	0.53	18.35	19.64	20.13	28.71
CH_021_VD	Thielle	0.74	0.74	0.42	0.16	23.60	25.21	21.16	26.26
CH_022_VD	Broye	0.48	0.58	0.48	0.48	21.25	29.13	25.90	18.74
CH_023_SG	Steinach	0.37	0.53	0.58	0.63	38.33	34.87	33.28	35.00
CH_025_SG	Sitter	0.75	0.48	0.74	0.74	47.08	36.62	41.22	34.76
CH_026_SG	Thur	0.86	0.75	1.00	0.80	46.42	49.63	46.35	43.54
CH_027_SG	Necker	0.64	0.75	0.91	0.86	49.07	49.62	34.79	44.31
CH_028_SG	Glatt	0.53	0.58	0.63	0.80	33.52	38.99	34.19	26.74
CH_032_AG	Pfaffnern	0.53	0.79	0.85	0.74	26.13	22.33	20.79	23.70
CH_033_AG	Wyna	0.37	0.48	0.53	0.74	17.30	20.01	18.59	27.78
CH_034_AG	Bünz	0.53	0.48	0.69	0.69	23.42	23.68	16.78	26.62
CH_035_AG	Surb	0.48	0.53	0.69	0.69	24.12	21.84	25.84	26.74
CH_036_AG	Sissle	0.63	0.69	0.58	0.63	24.51	31.90	25.74	29.11
CH_039_AG	Suhre	0.42	0.58	0.63	0.63	26.73	28.36	15.32	22.88
CH_040_ZH	Limmat	0.58	0.58	0.32	0.85	26.71	34.97	5.00	25.49
CH_041_ZH	Töss	0.80	0.75	0.86	0.86	34.07	45.40	27.90	35.05
CH_042_ZH	Sihl	0.80	0.74	0.69	0.95	37.70	33.60	31.65	38.87
CH_043_ZH	Glatt	0.48	0.58	0.79	0.69	20.58	31.68	31.69	30.36
CH_044_ZH	Glatt	0.42	0.48	0.37	0.58	19.68	20.26	15.65	17.26
CH_045_ZH	Aabach	0.53	0.58	0.48	0.85	24.46	33.39	33.97	29.92
CH_046_ZH	Aa	0.53	0.42	0.58	0.69	27.27	32.13	32.91	29.47
CH_047_ZH	Reppisch	0.58	0.53	0.53	0.69	27.55	29.08	20.20	23.42
CH_048_ZH	Jona	0.59	0.69	0.69	0.74	44.09	37.37	33.76	33.39
CH_049_ZH	Furtbach	0.26	0.37	0.37	0.58	21.64	8.21	11.89	20.07
CH_050_ZH	Thur	0.21	0.64	0.86	0.75	32.89	46.03	32.63	46.01
CH_054_FR	Sionge	0.69	0.58	0.63	0.53	28.16	28.29	26.22	29.35
CH_056_BE	Engstlige	0.70	0.69	0.69	0.63	67.44	65.15	53.11	64.75
CH_058_BE	Chise	0.75	0.63	0.63	0.63	25.11	29.34	27.05	26.79

Stelle	Gewässer	IBCH				SPEAR			
		2012	2015	2019	2023	2012	2015	2019	2023
CH_059_BE	Gürbe	0.69	0.69	0.69	0.80	25.70	28.02	23.98	29.13
CH_060_BE	Sense	0.86	0.80	0.91	0.86	48.32	44.32	36.86	38.28
CH_062_BE	Urtenen	0.42	0.63	0.69	0.58	15.66	23.61	24.19	19.98
CH_063_BE	Langete	0.53	0.63	0.74	0.74	24.14	27.90	23.87	31.14
CH_065_ZH	Sihl	0.69	0.80	0.69	0.96	53.18	49.16	43.00	43.16
CH_066_ZH	Töss	0.70	0.70	0.86	0.75	47.11	48.39	35.99	40.54
CH_067_BL	Ergolz	0.42	0.48	0.63	0.53	22.78	25.50	21.12	25.02
CH_068_JU	Sorne	0.63	0.58	0.74	0.69	27.72	25.16	27.65	28.68
CH_069_JU	Scheulte	0.69	0.63	0.86	0.86	30.44	36.29	30.45	31.02
CH_070_TG	Murg	0.69	0.48	0.69	0.85	30.21	28.16	26.86	31.28
CH_071_TG	Lauche	0.58	0.58	0.85	0.74	27.43	25.42	21.53	32.17
CH_072_TG	Chemibach	0.74	0.74	0.94	0.74	27.09	32.76	28.09	28.33
CH_073_TG	Salmsacher Aach	0.26	0.53	0.69		11.25	26.50	24.12	
CH_074_NW	Engelberger Aa	0.63	0.75	0.70	0.75	61.97	55.09	62.54	51.26
CH_075_ZG	Lorze	0.53	0.48	0.85	0.63	27.42	23.56	27.78	22.02
CH_076_ZG	Lorze	0.63	0.64	0.86	0.75	31.90	45.73	35.59	37.26
CH_079_AG	Aabach	0.53	0.58	0.79	0.94	30.31	27.08	21.18	23.39
CH_084_JU	Allaine	0.58	0.58	0.63	0.58	19.21	20.33	21.45	22.31
CH_085_NE	Areuse	0.63	0.70	0.75	0.80	30.24	35.05	32.58	33.64
CH_086_GE	Arve	0.63	0.75	0.80	0.75	36.34	37.69	31.31	43.11
CH_087_JU	Birs	0.63	0.69	0.74	0.74	19.78	29.33	25.60	26.37
CH_088_JU	Doubs	0.79	0.70	0.74	0.79	31.28	32.95	39.07	36.90
CH_089_SO	Dünnern	0.42	0.37	0.63	0.58	8.08	23.40	21.02	25.21
CH_091_GR	Inn	0.86	0.79	0.96	0.75	57.76	57.93	44.09	52.26
CH_092_BE	Kander	0.69	0.74	1.00	0.80	80.84	57.06	44.74	63.15
CH_093_LU	Kleine Emme	0.64	0.70	0.96	0.58	49.55	46.12	39.14	47.14
CH_094_BE	La Suze	0.42	0.58	0.58	0.70	26.94	25.97	31.17	29.98
CH_095_GR	Landquart	0.70	0.53	0.58	0.75	65.19	63.49	52.99	55.56
CH_098_TI	Maggia	0.75	0.64	0.86	0.63	56.05	61.35	40.64	47.80
CH_099_TI	Moesa	0.64	0.75	0.96	0.70	65.90	51.17	44.21	50.98
CH_100_SZ	Muota	0.48	0.75	0.91	0.91	44.33	51.69	41.72	50.36
CH_101_UR	Reuss	0.70	0.63	0.96	0.79	68.91	54.59	62.42	53.12
CH_106_BE	Saane	0.86	0.80	0.91	0.80	42.72	48.73	40.53	34.46
CH_107_FR	Sarine	0.80	0.86	0.96	0.80	43.29	41.69	36.60	43.10
CH_111_AG	Wigger	0.64	0.75	0.86	0.80	29.62	35.22	34.70	34.04
CH_114_BE	Emme	0.59	0.80	0.91	0.70	57.20	41.34	41.45	38.39
CH_115_AI	Sitter	0.75	0.75	1.00	0.91	50.89	53.37	40.52	51.06
CH_116_LU	Ron	0.69	0.53	0.69		22.34	26.82	26.04	
CH_119_NE	Seyon	0.42	0.37	0.53	0.42	19.63	21.16	24.64	19.53
CH_123_TI	Maggia	0.91	0.80	1.00	0.96	51.74	55.07	43.12	49.06

Stelle	Gewässer	IBCH				SPEAR			
		2012	2015	2019	2023	2012	2015	2019	2023
CH_126_VD	Mentue	0.48	0.63	0.53	0.63	26.27	26.81	22.55	23.96
CH_127_VD	Talent	0.58	0.53	0.53	0.63	23.03	19.01	16.33	25.66
CH_128_VD	Promenthouse	0.58	0.58	0.63	0.53	37.24	33.06	35.50	42.03
CH_129_VD	Boiron de Morges	0.53	0.48	0.58	0.48	19.89	25.48	25.90	33.25
CH_130_VD	Aubonne	0.64	0.75	0.64	0.64	33.04	35.36	39.80	44.81
CH_131_VD	Veveyse	0.69	0.75	0.69	0.74	48.72	48.46	41.70	28.80
CH_132_VD	Grande Eau	0.70	0.80	0.63	0.58	43.95	41.00	33.13	36.39
CH_133_BE	Simme	0.80	0.58	0.86	0.70	54.87	50.58	40.76	63.29
CH_134_BE	La Birse	0.53	0.53	0.69	0.58	20.84	30.41	28.63	28.90
CH_135_AR	Urnäsch	0.64	0.64	0.80	0.80	49.58	57.80	40.78	45.81
CH_136_AG	Küntenerbach			0.63	0.69			29.43	30.41
CH_137_AG	Möhlinbach			0.53	0.64			28.15	36.59
CH_138_BE	Chrümlisbach			0.69	0.69			23.51	20.23
CH_139_BE	Ballmoosbach			0.53	0.58			14.49	29.73
CH_140_FR	Le Bainoz			0.58	0.58			29.89	31.81
CH_141_JU	Erveratte			0.74	0.79			26.51	24.98
CH_143_SG	Zapfenbach			0.53	0.42			18.27	15.97
CH_144_SG	Mittlerer Seegraben			0.48	0.53			25.94	18.88
CH_145_SH	Landgrabe			0.69	0.69			22.01	27.54
CH_146_SH	Beggingerbach			0.63	0.79			25.35	32.29
CH_147_TG	Eschelisbach			0.48	0.63			17.48	27.16
CH_148_TG	Salmsacher Aach			0.74	0.69			27.20	27.82
CH_149_TI	Vedeggio			0.53	0.53			31.47	26.24
CH_150_VD	Ruisseau de Gi			0.79	0.90			27.83	27.78
CH_151_VD	Le Combagnou			0.63	0.48			26.08	28.42
CH_152_VS	Canal D'Uvrier			0.37	0.26			9.41	0.00
CH_154_LU	Ron			0.63	0.69			26.65	21.04
CH_901_SO	Limpach				0.58				20.94
CH_902_BE	Urtenen				0.48				10.76
CH_903_NE	Sorge				0.48				26.19
CH_904_VD	Eau Noire de Perroy				0.42				21.70
CH_905_SG	Aächeli				0.32				8.53
CH_906_SH	Zwärenbach				0.79				24.70
CH_908_SO	Mülibach				0.85				22.35
CH_909_LU	Wyna				0.69				22.45
CH_910_VS	Canal de Brig				0.53				31.46
CH_911_GE	La Seymaz				0.37				25.36