



Makrophyten Untersuchungen 2023

Fachbericht Februar 2025

Autoren

Daniel Küry, Dr. phil. Life Science AG

Pascal Mulattieri, Biol'Eau Sàrl

Mitarbeit im Feld

Alain Demierre, GREN Biologie appliquée Sàrl, Genève

Corinna von K rthy, Dr. sc. nat., UNA AG, Bern

Alberto Conelli, Oikos Consulenza e ingegneria ambientale Sagl, Bellinzona

Barbara Känel, Dr. sc. nat., AWEL Kanton Zürich

Marion Mertens, Dr. sc. nat., Life Science AG, Basel

Mitarbeit bei Auswertung und Bericht

Lilian Hämmerli, Life Science AG

Begleitung

Marie-Sophie Renevier, BAFU Abteilung Wasser

Basel / Bernex 2025

Makrophyten Untersuchungen 2023

Fachbericht Februar 2025



Inhalt

Zusammenfassung.....	5
1 Ausgangslage, Auftrag, Ziel.....	6
2 Untersuchungsgebiet und Vorgehen.....	7
2.1 Untersuchte Strecken	7
2.2 Vorgehen und Methoden	8
3 Resultate	16
3.1 Fluss-Vegetationstypen und Guter ökologischer Zustand	16
3.2 Vergleich mit den Ergebnissen 2012, 2015 und 2019.....	26
3.3 Rote Liste-Arten, National prioritäre Arten, Neophyten	27
3.4 Häufigkeit, Stetigkeit und Verbreitung der vorkommenden Taxa	28
4 Diskussion Methode und Ergebnisse	32
4.1 Methodendiskussion.....	32
4.2 Diskussion der Ergebnisse	33
5 Schlussfolgerungen und Fazit.....	34
6 Literatur.....	35
Anhang	36
Anhang A Qualitätssicherung.....	36
Anhang B Liste der Probenahmestellen und Begehungstermine.....	38
Anhang C Ausdruck der Maske zur Erfassung der Standortparameter und der Makrophyten-Taxa im Feld	40
Anhang D Vergleich der Makrophyten-Bewertungen der Jahre 2012-2015-2019.	42
Anhang E: Taxaliste und Fundhäufigkeiten.....	46
Anhang F Charakterisierung der Standorte	48

Zusammenfassung

Im Rahmen des langfristigen Monitoringprogramms NAWA Trend wurden in der Feldsaison 2023 die Makrophyten an insgesamt 41 Stellen schweizerischer Fließgewässer erhoben und mit der Methode des Moduls Makrophyten bewertet. Die Methode kombiniert eine Typisierung der Stelle und eine typspezifische Bewertung des ökologischen Zustands. Mit der Qualitätssicherungen (Workshop Feldmethoden, Workshop Plausibilisierung) wurde ein möglichst einheitliches Vorgehen ermöglicht.

Von den 41 untersuchten Stellen wurden 36 (88 %) bewertet, während sich weitere fünf Stellen (12 %) als vegetationsarm erwiesen. Die häufigsten Fluss-Vegetationstypen waren mit 14 Stellen die Moosbäche, gefolgt von den Submersenbächen (13 Stellen), den Helophyten-Moos-Übergangstypen (5 Stellen) und den Helophytenbächen (4 Stellen). Submersen-Helophyten-Übergangstypen wurden bei dieser Kampagne keine charakterisiert.

An 44 % der bewerteten Stellen entsprach der Zustand den Zielen der Gewässerschutzgesetzgebung (8 % sehr gut, 36 % gut). Mit 28% lag jeweils mehr als ein Viertel der Stellen in den Zustandsklassen mässig und unbefriedigend.

Der Parameter Guter ökologischer Zustand Makrophyten zeigte eine positive Korrelation mit der Ökomorphologie. Die Beziehung war jedoch nicht statistisch signifikant. Die Flächennutzung im Einzugsgebiet (Wald, Siedlung, Landwirtschaft) schien den Guten ökologischen Zustand nicht zu beeinflussen. Der Zustand von Stellen mit starker Kolmation wurde auf der Basis der Makrophyten deutlich schlechter bewertet als jener mit leichter/mittlerer oder fehlender Kolmation. Stellen mit leichter/mittlerer Trübung zeigten einen leicht besseren ökologischen Zustand als Stellen mit keiner Trübung.

Die Moosbäche erreichten mit dem Guten ökologischen Zustands sowie der Typgerechten Gemeinschaft und der Typgerechte Diversität die höchste Bewertung gefolgt von den Helophytenbächen, den Submersenbächen und den Helophyten-Moos-Übergangstypen. Die Unterschiede waren statistisch jedoch nicht signifikant.

Im Vergleich der 21 Stellen, die in den Kampagnen 2012, 2015 und 2019 untersucht wurden, nahm der Anteil der sehr gut und gut bewerteten Stellen nach einem Rückgang 2019 wieder auf 33 % zu und erreichte wieder einen vergleichbaren Anteil wie 2012 und 2015. Der Anteil der Stellen mit mässigem Zustand nahm 2023 von 56 % auf 33 % ab, während der Prozentsatz mit unbefriedigendem Zustand von 13 auf 33 % anstieg.

Insgesamt kamen an den untersuchten Stellen drei gefährdete Gefässpflanzen und vier gefährdete Moosarten der Rote Liste-Kategorien Verletzlich (VU) und potenziell gefährdet (NT) vor.

Ein Vergleich mit den anderen Modulen der NAWA-Untersuchungen soll mithelfen, den Zusammenhang zwischen Qualitätsparametern und dem Guten ökologischen Zustand Makrophyten herauszuarbeiten und die Bewertungen besser zu verstehen.

1 Ausgangslage, Auftrag, Ziel

Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) führt seit 2011 die Kampagne Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität (NAWA) durch (BAFU 2013). Neben den von den Kantonen vorgenommenen chemisch-physikalischen Untersuchungen umfasst das NAWA -Programm auch biologische Erhebungen, die seit 2011 entweder von den Kantonen selbst durchgeführt bzw. mandatiert oder vom Bund in Auftrag gegeben werden. Im Rahmen dieses Monitorings werden jeweils in der gesamten Schweiz koordinierte Untersuchungen der Fische, des Makrozoobenthos, der Diatomeen und der Makrophyten durchgeführt. Erste Resultate von NAWA hat das BAFU im Zustandsbericht der Schweizer Fliessgewässer publiziert (BAFU 2016). Der Anlass und die Ziele der Kampagne wurden folgendermassen umschrieben (BAFU 2022):

«Das Gewässerschutzgesetz (GSchG) verpflichtet den Bund und die Kantone in Art. 50, die Auswirkungen von Gewässerschutzmassnahmen zu prüfen und die Öffentlichkeit über den Zustand der Gewässer zu informieren. Art. 57 verpflichtet den Bund, Erhebungen von gesamtschweizerischem Interesse, u.a. über die Wasserqualität der oberirdischen Gewässer durchzuführen. Der Vollzug der, für den Gewässerschutz erforderlichen, Erhebungen wird gemäss Art. 58 den Kantonen übertragen, die die Ergebnisse den Bundesstellen mitzuteilen haben.

Die Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität (NAWA) soll die folgenden Ziele erreichen:

- *Basis für den mittel- und langfristigen Überblick über den Zustand der Oberflächengewässer der Schweiz und dessen Entwicklung*
- *Einfache, einheitliche und über die ganze Schweiz vergleichbare Übersicht über den Zustand der Oberflächengewässer*
- *Bereitstellen von Grundlagen für die Früherkennung problematischer Entwicklungen und zur Steuerung der nationalen Gewässerschutzpolitik*
- *Bereitstellen eines einheitlichen Datenpools für vertiefte Analysen*
- *Erfolgskontrolle von heutigen und zukünftigen Massnahmen im Gewässerschutz und anderen Politikbereichen.»*

Im Rahmen der Weiterführung von NAWA wurden im Jahr 2023 biologischen Erhebungen durchgeführt, welche die Bioindikatoren Fische, Makrozoobenthos und Diatomeen, Makrophyten umfassen.

Makrophyten¹ sind Teil des Ökosystems Fliessgewässer und werden als Indikatoren für den Gewässerzustand herangezogen. Mit den Ergebnissen dieser Studie über die Makrophyten soll ein Vergleich des Zustands der Gewässerstrecken in den Jahren 2012, 2015, 2019 und 2023 durchgeführt werden. Gleichzeitig bietet die NAWA-Untersuchung auch die Möglichkeit, die neu entwickelte Methode von Känel et al. (2018) sowohl bezüglich der Durchführung als auch bezüglich der Plausibilität der gewonnenen Resultate zu beurteilen.

¹ Makrophyten umfassen Gefässpflanzen, Moose und Armleuchteralgen.

2 Untersuchungsgebiet und Vorgehen

2.1 Untersuchte Strecken

Das Konzept von NAWA (Messstellen, Messparameter, etc.) wurde von einer Arbeitsgruppe aus Vertretern von Bund und Kantonen erarbeitet (BAFU, 2013).

Auf der Basis der vorhandenen chemischen Messstellen wurden gemeinsam von Bund und Kantonen 42 Stellen für Makrophytenuntersuchungen ausgewählt. Eine Stelle am Doubs erwies sich aufgrund der Wasserführung als ungeeignet. Das Team hat die Makrophytenuntersuchungen an 35 Gewässerstellen durchgeführt. An einer resp. fünf weiteren Stellen erhoben die vom Kanton Neuchâtel beauftragte Firma Biol'Eau Sàrl und das Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL) des Kantons Zürich die Daten im Feld (Tabelle 1).

Tabelle 1: Aufteilung der im Rahmen der NAWA-Makrophytenerhebungen untersuchten 41 Stellen auf die ausführenden Firmen

Kanton	Mandatgeber	Ausführende	Anzahl Stellen
AG	BAFU	UNA AG	4
AG	BAFU	Life Science AG	2
BE	BAFU	GREN	4
BE	BAFU	Biol'Eau	1
BE	BAFU	UNA AG	1
FR	BAFU	GREN	2
JU	BAFU	Biol'Eau	3
LU	BAFU	UNA AG	1
NE	Kanton Neuchâtel	Biol'Eau	1
SG	BAFU	Life Science AG	3
SH	BAFU	Life Science AG	2
SO	BAFU	UNA AG	1
TG	BAFU	Life Science AG	2
TI	BAFU	OIKOS	1
VD	BAFU	Biol'Eau	4
VD	BAFU	GREN	2
VS	BAFU	Biol'Eau	1
ZG	BAFU	UNA AG	1
ZH	Kanton Zürich	AWEL, Kanton Zürich	5

Die untersuchten Stellen befanden sich hauptsächlich im Mittelland, einige auch in den Voralpen und in tieferen Lagen der Zentralalpen (Abbildung 1, Anhang A).

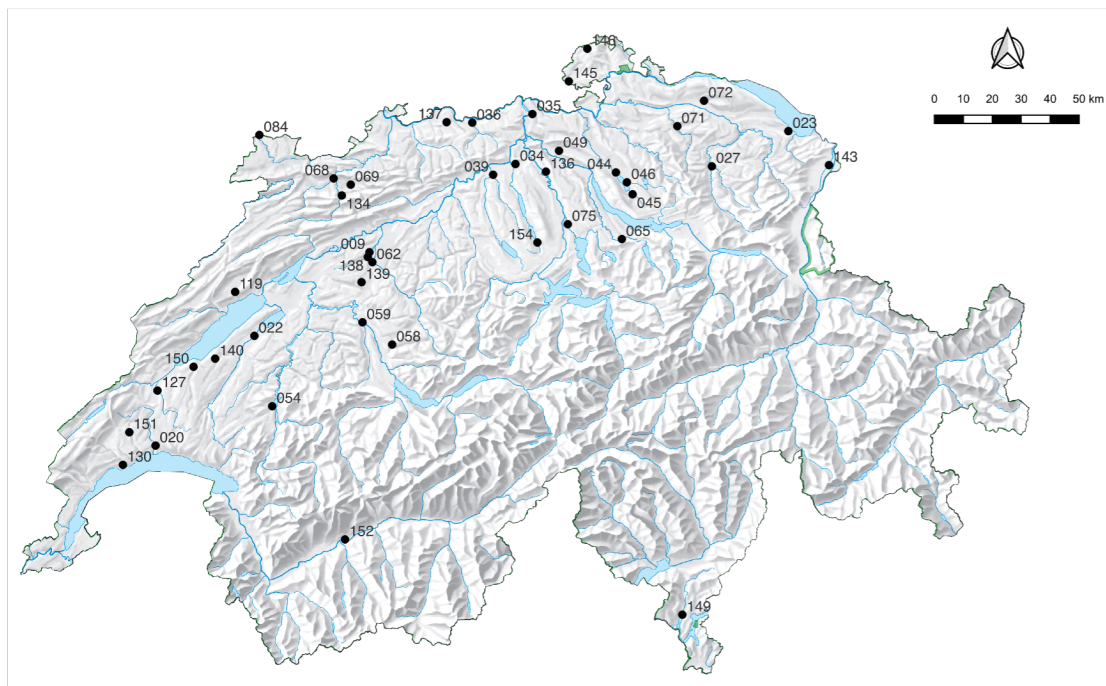


Abbildung 1: Lage der 41 im Rahmen des Projekts NAWA-Trend Makrophyten 2023 untersuchten Stellen.

2.2

Vorgehen und Methoden

Die Durchführung der Untersuchungen erfolgte gemäss dem Pflichtenheft der NAWA-Untersuchungen 2022–2027 (BAFU 2022). Die Feldarbeiten und die Auswertungen wurden strikte nach der Methode Makrophyten innerhalb des Modulstufenkonzepts (Känel et al. 2018) durchgeführt.

Im Vorfeld der Feldbegehungen wurden die Strecken den einzelnen ausführenden Firmen so zugeteilt, dass die aufzuwendenden Fahrtzeiten möglichst kurz waren. Alle Feldmitarbeiter erhielten den Kartenausschnitt ihrer Messstellen mit den Angaben zur Abflussmenge und zum Gefälle, die beide im Feld zu überprüfen waren, sowie praktischen Informationen wie Sicherheitshinweise, Zugang zur Stelle und Parkiermöglichkeiten.

Bei 11 Stellen waren **vorgängige Abklärungen** notwendig. Auf Schwall-Sunk-Strecken musste mit den Kraftwerkbetreibern der optimale Begehungstermin festgelegt werden und für besonders tiefe Gewässerbereiche mussten aus Sicherheitsgründen Zweierteams gebildet werden.

Um mögliche Beeinträchtigungen bei den Sommer-Erhebungen des **Makrozoobenthos** zu vermeiden, wurden die Untersuchungstermine mit dem zuständigen Team abgestimmt. Die Koordinaten einzelner Probestellen kleinerer Fließgewässer, wurden mit dem Team Makrozoobenthos (MZB) nochmals abgeglichen. Damit soll gewährleistet werden, dass nach Möglichkeit die identischen Strecken untersucht werden.

Mit allen Feldmitarbeitenden sowie dem BAFU und dem Kanton Zürich wurde am 31. Mai 2023 ein **Qualitätssicherungsworkshop** durchgeführt, bei dem in Theorie und Praxis die Einzelheiten des Vorgehens im Feld und der Aufarbeitung der Proben erläutert und diskutiert wurden. In mehreren Fällen wurde bei unvorhergesehenen Ereignissen (z. B. Baustellen, Verschieben von Probestellen) die von den beiden Projektleitern angebotene «Hotline» in Anspruch genommen. So konnten rasch und unkompliziert Lösungen diskutiert und die Feldarbeit in kurzer Zeit wieder fortgesetzt werden.

Weitere Massnahmen zur Qualitätssicherung war die Nachbestimmung kritischer Exemplare von Gefässpflanzen innerhalb des Teams.

Feldarbeiten und Auswertung der Daten

Die neue Methode des Modulstufenkonzepts für Makrophyten von Känel et al. (2018) kam zum zweiten Mal im Rahmen einer NAWA Kampagne zum Einsatz. Die einzelnen Schritte der Feldarbeiten und der Auswertung werden deshalb hier summarisch vorgestellt (Abbildung 2).

Die Erhebungen der Makrophyten im Feld erfolgten zwischen Juni und Oktober 2023. Die Feldprotokolle mit den Angaben der Standortverhältnissen (Ökomorphologie, hydrographischen Eigenschaften, Substratzusammensetzung, Fliessgeschwindigkeit, Umgebungssituation usw.) wurden ausgefüllt und der visuelle Zustand der Strecken wurden mit je einer Aufnahme am Anfang und Ende der Strecke fotografisch dokumentiert.

Die Makrophytentaxa mit ihrer Deckung wurde im zweiten Teil des Feldprotokolls notiert. Von schwierig zu bestimmenden Taxa wurden Exemplare zur Nachbestimmung mitgenommen oder es erfolgte eine fotografische Dokumentation. Für die untersuchte Strecke wurde die Gesamtdeckung der Moose geschätzt und von allen unterscheidbaren Taxa eine Probe zur späteren Bestimmung gesammelt.

Die Rohdaten wurden in das Erfassungstool eingegeben. Die Felder für die Dateneingabe sind gleich angeordnet wie auf dem Feldprotokoll (Anhang B), sodass möglichst wenige Übertragungsfehler auftreten sollten. Die eingegebenen Daten werden im Erfassungstool in die beiden Tabellen mit Standortdaten und Artdaten aufgetrennt, mit welchen anschliessend die Auswertung mit dem elektronischen Auswertungstool «EcoVal» auf der Basis von Michel et al. (2019) erfolgte.

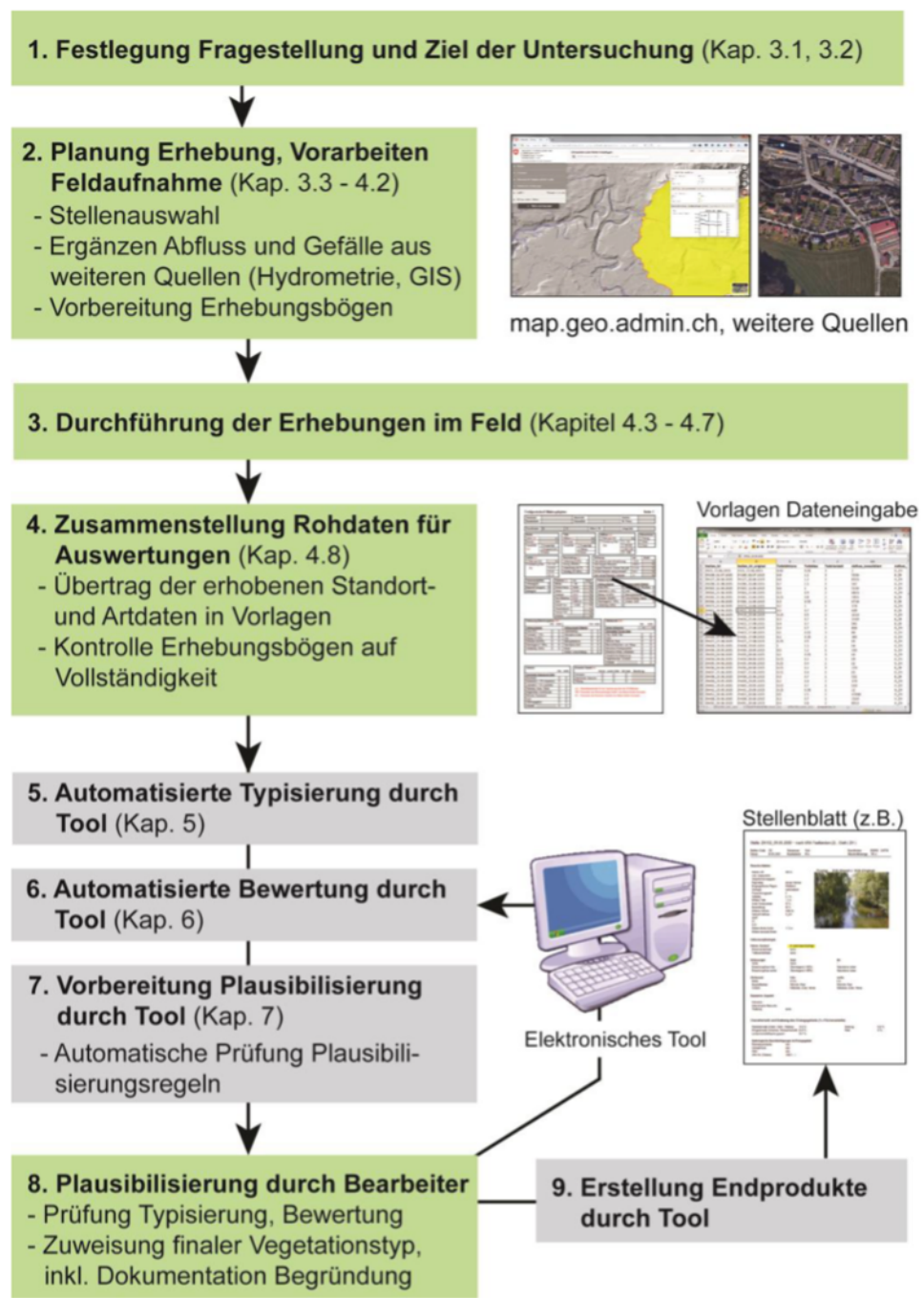


Abbildung 2: Übersicht zum Ablauf der Makrophyten Untersuchungen. Arbeitsschritte in den grau hinterlegten Rechtecken erfolgen durch das Auswertungstool „EcoVal“ (aus Känel et al. 2018).

Auf der Basis der Standortparameter Beschattung, Substrat, Gefälle und Tiefe erfolgt bei der Auswertung eine Typisierung («Vegetations-Flusstypen») der untersuchten Stellen (

Abbildung 3). Zudem wird aufgrund der Zusammensetzung der Makrophytentaxa ermittelt, ob die Vegetation an der Stelle typengerecht ausgebildet ist.

Beschattung	Beschattung < 50%			Beschattung ≥ 50%		
Substrat	Feinsubstrat (Korngrösse < 6.3 cm) in Abhängigkeit von Abfluss dominant			Grobsubstrat (Korngrösse > 6.3 cm) in Abhängigkeit von Abfluss dominant		Feinsubstrat
Gefälle	< 0.5 % wenig steil	mittel steil tief	≥ 0.5 - < 2 % mittel steil	0 - < 2 % wenig bis mittel steil	0 - X % wenig steil bis steil	0 - X % wenig steil bis steil
Tiefe	≥ 0.31 m tief	wenig steil wenig tief	< 0.31 m wenig tief	0 - X m wenig tief bis tief	0 - X m wenig tief bis tief	0 - X m wenig tief bis tief
Abfluss / Substrat 200 l/s < 40 % Grobsubstrat	KS	KS-KH	KH	KH-KM	KM	VA
≥ 200 - <1000 l/s < 50 % Grobsubstrat	MS	MS-MH	MH	MH-MM	MM	VA
≥1000 - <2000 l/s < 50 % Grobsubstrat	GS	VA	VA	VA	GM	VA
≥ 2000 - <10'000 l/s < 60 % Grobsubstrat	SGS	VA	VA	VA	SGM	VA
	Kerntypen Submersen-Typen	Übergangs-Typen Submersen- Helophyten-Typen	Kerntypen Helophyten-Typen	Übergangs-Typen Helophyten-Moos- Typen	Kerntypen Moos-Typen	vegetationsarme Typen (VA)

Abbildung 3: Schema zur Typisierung der Fliessgewässerstrecken bei Untersuchung mit der Methode Modulstufenkonzept Makrophyten (aus Känel et al. 2018). S: Submersenbach, H: Helophytenbach, M: Moosbach. VA: vegetationsarmer Bach. K: kleiner..., M: mittlerer..., G: grosser..., SG: sehr grosser....

Für die verschiedenen Vegetations-Flusstypen wurde auf der Basis von Expertenkenntnissen und statistischen Methoden ein Referenzzustand ermittelt, an welchem sich die Einstufung der Bewertung der typgerechten Vegetation orientiert. Die Bewertung des ökologischen Zustands erfolgt mit Hilfe einer Zielhierarchie, bei der alle verschiedenen Parameter der Pflanzengemeinschaft (Deckung, Zusammensetzung usw.) und der vorkommenden Arten (Rote-Liste-Einstufung, Einstufung als prioritäre Art usw.) berücksichtigt werden.

Das elektronische Auswertungstool erstellt als Produkt der Auswertung für jeden Standort ein Stellenblatt, auf denen die wichtigsten Standortdaten und Artdaten sowie die Typisierung und die Zustandsbewertung zusammengestellt sind (Abbildung 4, Anhang E). Die Typzuteilung und Einstufung jeder untersuchten Strecke wird dadurch transparent und nachvollziehbar.

Modul Makrophyten – Charakterisierung Standort

Stellen-Code: CH_023_SG	Kanton: SG	Koordinaten: 2750755 / 1262628
Gewaesser: Steinach	Stelle: Vor Mündung, Mattenhof	
Datum: 15.08.23	BearbeiterIn: Daniel K.ry	Abschnittslaenge: 60 m

Standortdaten

Abfluss:	326 l/s
Quelle Abfluss:	SG_0701
Gefaele:	1.32 %
Quelle Gefaele:	GIS
Mitt. Tiefe m.Abfl.:	0.30 m
Steinanteil:	55 %
Beschattung:	25 %
Hoehe ue.M.:	409 m
Sohlenbreite:	5 m
Benetzte Breite:	5 m
Flussordnung:	4
Regimetyp:	9
Biogeo. Region:	Mittelland
Geologie:	karbonatisch

Typ Schema: MH-MM (orig.) MH-MM (plaus.)
Typ Bewert.: MH-MM (orig.) MH-MM (plaus.)



Bilddatei: karbonatisch

Ergaenzende Standortdaten

Abfluss naechste hydrometrische Station	Wassertiefe
Mittelwert: 326 l/s	Mittel Tag: 0.20 m
Tageswert: 71 l/s	Maximum Tag: 0.50 m
Substratstabilitaet: beweglich	Stroemung: 0.3 m/s

Oekomorphologie

Oekomorph. Zustand:	III stark beeintraehtigt
Breitenvariabilitaet:	keine
Tiefenvariabilitaet:	keine
Verbauung	Grad
Sohle	keine
Boeschung, links	vollstaendig (100%)
Boeschung, rechts	vollstaendig (100%)
Uferbereich	Links
Breite	5 m
Beschaffenheit	extensiv bewirtschaftete Wiese
Umland	Fettwiese, Acker, Weide

Aeusserer Aspekt

Kolmation:	keine
Truebung:	keine

Art

andere
andere

Rechts

5 m
extensiv bewirtschaftete Wiese
Fettwiese, Acker, Weide

Flaechenanteile Landnutzungen im Einzugsgebiet

Landwirtschaft	39 %
Siedlungsgebiet	36 %
Wald	25 %

15.08.2024

Abbildung 4: Erste Seite eines Stellenblatts einer der im Rahmen des NAWA-Projekts untersuchten Gewässerstrecken.

Plausibilisierung

Die Plausibilisierung ist nach der ersten Auswertung durch das Tool ein notwendiger Schritt bei der Auswertung der Daten, da sich im Verlauf der Entwicklung der Methode herausgestellt hatte, dass aufgrund der erhobenen Daten nicht in jedem Fall eine eindeutige Zuteilung zu einem der Fluss-Vegetationstypen möglich ist. Für die Gewässerstellen, bei denen die Typisierung und Bewertung nicht mit den Erwartungen übereinstimmen, schlägt das Auswertungstool eine Prüfung zum Wechsel in einen anderen Fluss-Vegetationstyp vor.

Als weiteres Element der Qualitätssicherung wurde die Plausibilisierung der mit dem Auswertungstool erhaltenen Ergebnissen anlässlich eines gemeinsamen Workshops durch die jeweiligen Bearbeiter*innen durchgeführt. Unter anderem erwies es sich bei der Plausibilisierung als essenziell, dass die korrekten Abflusswerte (langjährige Mittelwerte) verwendet werden. Die definitive Typisierung und Bewertung wurden mit den im Rahmen des Workshops ermittelten Anpassungen bestimmt. Im Anschluss konnten diese mit den Werten verglichen werden, die auf der Basis der Felddaten aus den Jahren 2011 und 2015 im Rahmen der Methodenentwicklung errechnet wurden. Ebenfalls für den Vergleich herangezogen wurden die Daten mit der gleichen Methode erhobenen Ergebnisse von 2019

Bewertung

Die Gesamtbewertung jeder Stelle setzt sich gemäss der Zielhierarchie aus den Parametern Typgerechte Gemeinschaft und Hohe Qualität Arten (Bonus-Additiv) zusammen (Abbildung 5). Die Typgerechte Gemeinschaft wiederum wird ermittelt als Additiv-Minimum-Aggregation der drei Parameter Typgerechte Diversität (Gewichtung $g=4$), Typgerechte Zusammensetzung ($g=2$) und Typgerechte Deckung ($g=1$). Diese Bewertungsparameter wurden auch separat betrachtet und diskutiert, um die Bewertung besser zu verstehen.

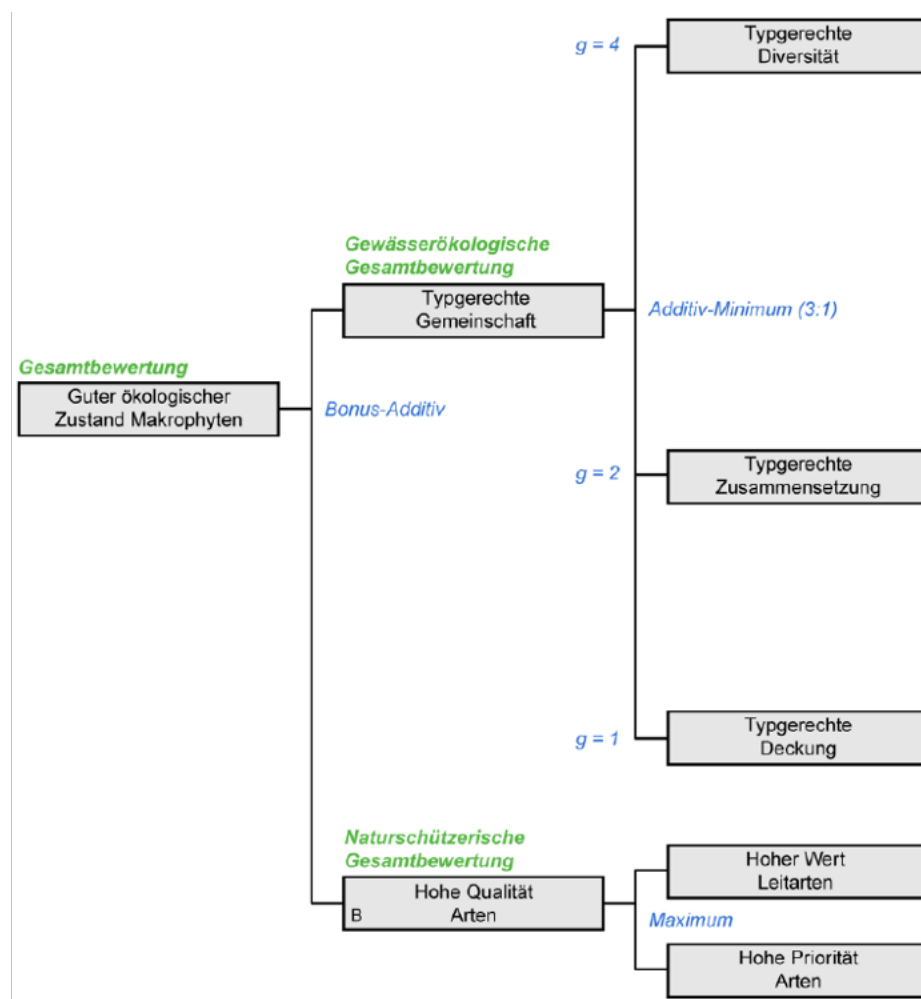
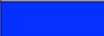


Abbildung 5: Zielhierarchie für die Bewertung der Vegetations-Flusstypen mit Makrophyten (aus Känel et al. 2018).

In allen Teilparametern der Zielhierarchie erfolgt die Bewertung der Stellen wie im Modellstufenkonzept üblich in fünf Zustandsklassen (Tabelle 2).

Tabelle 2: Einteilung der numerischen Zustandsbewertung in Qualitätsklassen der Zielerreichung und Farbschema zur Darstellung der Zustandsklassen (Känel et al. 2018).

Wert	Klasse	Zielerreichungsgrad bzw. Bewertung	Farbe	RGB-Werte
0.8 bis 1	1	sehr gut		blau (0,0,255)
0.6 bis < 0.8	2	gut		grün (0,255,0)
0.4 bis < 0.6	3	mässig		gelb (255,255,0)
0.2 bis < 0.4	4	unbefriedigend		orange (255,192,0)
0.0 bis < 0.2	5	schlecht		rot (255,0,0)

Zusätzlich zur Bewertung mit der Methode Makrophyten (Modulstufenkonzept), wurden die Bestände der Gefässpflanzen und Moose auch bezüglich des Vorkommens von Arten der Roten Liste (Bornand et al. 2016, Kiebacher et al. 2023) und der Liste der Prioritären Arten und Lebensräume (BAFU 2019) abgeglichen. Zudem wurden die an der untersuchten Stellen auch auf die Anwesenheit von Neophyten geachtet (BAFU 2022).

3 Resultate

3.1 Fluss-Vegetationstypen und Guter ökologischer Zustand

Von den 41 im Jahr 2023 im Rahmen des NAWA-Programms Makrophyten untersuchten Stellen konnten 36 Stellen (88 %) bewertet werden. Die übrigen fünf Stellen (12 %) wurden nicht klassifiziert resp. bewertet, weil sie als vegetationsarme Bäche (VA) einzustufen sind (Tabelle 3).

Am häufigsten waren mit 14 Stellen (39 % der bewerteten Stellen) die Moosbäche, gefolgt von den Submersenbächen mit 13 (36 %) und den Helophytenbächen mit vier Stellen (11 %). Als Helophyten-Moos-Übergangstyp wurden fünf Stellen (14 %) eingestuft während Submersen-Helophyten-Bäche fehlten.

Tabelle 3: Zuordnung der untersuchten Strecken zu den Fluss-Vegetationstypen. S; Submersenbach, H: Helophytenbach, M: Moosbach, K: kleiner..., M: mittlerer..., G: grosser..., SG: sehr grosser..., VA: vegetationsarmer Bach, A: grosser Fluss

Fluss-Vegetationstyp	Anzahl Stellen
KS, MS, GS, SGS	13
KS-KH, MS-MH	0
KH, MH	4
KH-KM, MH-MM	5
KM, MM, GM, SGM	14
VA	5
Total Stellen	41

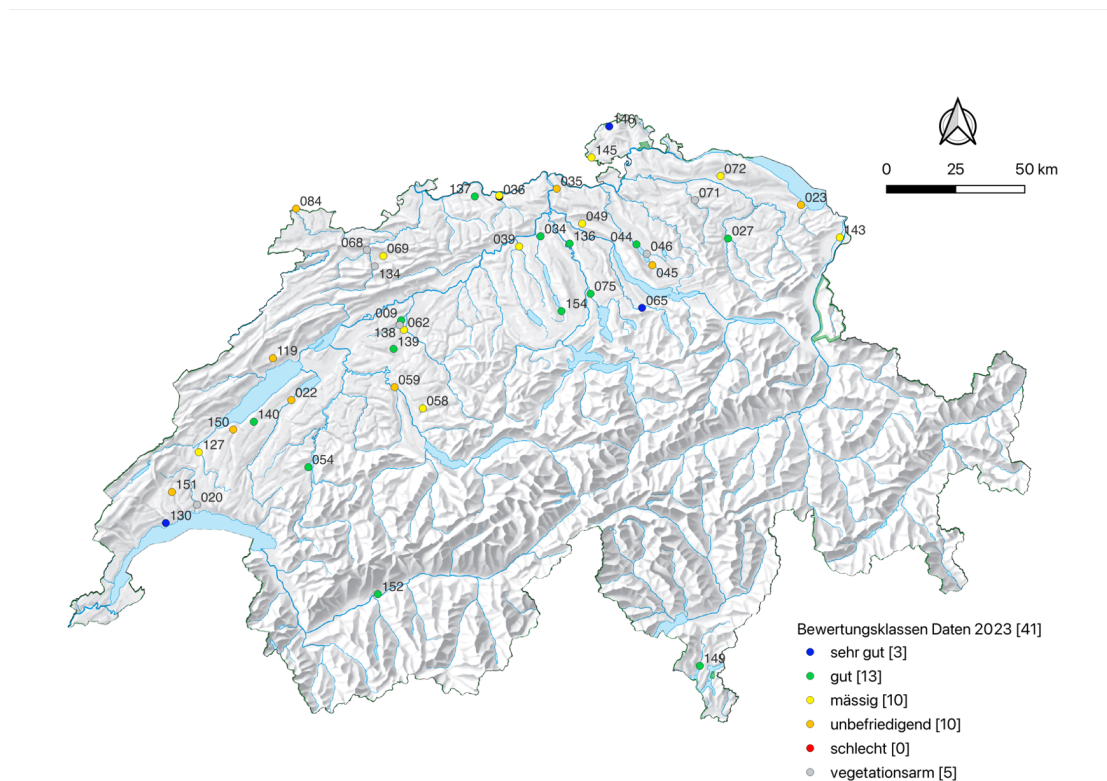


Abbildung 6: Guter ökologischer Zustand der Gewässerstellen, die mit der Methode Makrophyten untersucht wurden

Bezüglich ihres Guten ökologischen Zustands wurden 3 Stellen als sehr gut (8 %) und 13 Stellen als gut eingestuft (36 %). Der Zustandsklasse mässig wurden 10 Stellen (28 %) zugeordnet, während 10 Stellen (28 %) in die Klasse unbefriedigend fielen (Tabelle 4, Abbildung 6: Guter ökologischer Zustand der Gewässerstellen, die mit der Methode Makrophyten untersucht wurden). Keine Stelle wurde als schlecht bewertet. Für die vegetationsarmen Bäche war aufgrund der zu geringen Dichte von Pflanzen ebenfalls keine statistisch abgesicherte Bewertung auf der Basis der Makrophyten möglich.

Tabelle 4: Vegetations-Flusstyp, und Guter ökologischer Zustand der untersuchten Stellen 2023. S: Submersenbach, H: Helophytenbach, M: Moosbach, K: kleiner..., M: mittlerer..., G: grosser..., SG: sehr grosser..., VA: vegetationsarmer Bach, A: grosser Fluss; Klassen Zustandsbewertung: **Blau: sehr gut**, **grün: gut**, **gelb: mässig**, **orange: unbefriedigend**, **rot: schlecht**.

ID	Gewässer	Fluss-Vegetations- typ 2023	Guter ökologi- scher Zustand
CH_009_SO	Limpach	MS	0.66
CH_020_VD	Venoge	VA	
CH_022_VD	Broye	SGS	0.29
CH_023_SG	Steinach	MH-MM	0.32
CH_027_SG	Necker	SGM	0.75
CH_034_AG	Bünz	MH-MM	0.68
CH_035_AG	Surb	MH-MM	0.27
CH_036_AG	Sissle	GM	0.41
CH_039_AG	Suhre	SGM	0.49
CH_044_ZH	Glatt	SGS	0.61
CH_045_ZH	Aabach	GS	0.37
CH_046_ZH	Aa	VA	
CH_049_ZH	Furtbach	MS	0.49
CH_054_FR	Sionge	MM	0.74
CH_058_BE	Chise	GM	0.51
CH_059_BE	Gürbe	SGS	0.37
CH_062_BE	Urtenen	GS	0.41
CH_065_ZH	Sihl	SGM	0.92
CH_068_JU	Sorne	VA	
CH_069_JU	Scheulte	GM	0.42
CH_071_TG	Lauche	VA	
CH_072_TG	Chemmenenbach	MH	0.57
CH_075_ZG	Lorze	SGS	0.72
CH_084_JU	Allaine	SGS	0.26
CH_119_NE	Seyon	MM	0.34
CH_127_VD	Talent	GS	0.46
CH_130_VD	Aubonne	SGM	0.84
CH_134_BE	La Birse	SGS	0.23
CH_136_AG	Küntenenbach	KM	0.69
CH_137_AG	Möhlbach	MH	0.73
CH_138_BE	Chrümlisbach	VA	
CH_139_BE	Ballmoosbach	KH	0.63
CH_140_FR	Balnoz	KM	0.74
CH_143_SG	Zafenbach	KS	0.58
CH_145_SH	Landgrabe	KH-KM	0.41
CH_146_SH	Beggingerbach	KM	0.88
CH_149_TI	Vedeggio	SGM	0.75
CH_150_VD	Ruisseau Gi	KH	0.35
CH_151_VD	Le Combagnou	KM	0.33
CH_152_VS	Canal d'Uvrier	KS	0.79
CH_154_LU	Ron	MH-MM	0.69

Guter ökologischer Zustand unterschiedlicher Fluss-Vegetationstypen

Der Gute ökologische Zustand zeigten aufgrund der jeweils starken Streuung der Werte keine signifikanten Unterschiede zwischen den verschiedenen Fluss-Vegetationstypen (Abbildung 7). Die Submersenbäche lagen bei grosser Streuung in den Klassen gut, mässig und unbefriedigend. Median und Mittelwert lagen im Bereich eines mässigen Zustands. Bei den Helophytenbächen kamen ebenfalls Stellen mit Bewertungen zwischen unbefriedigend bis gut vor. Mittelwert und der Median befanden sich in der Zustandsklasse mässig, jedoch nahe der Grenze zum guten Zustand.

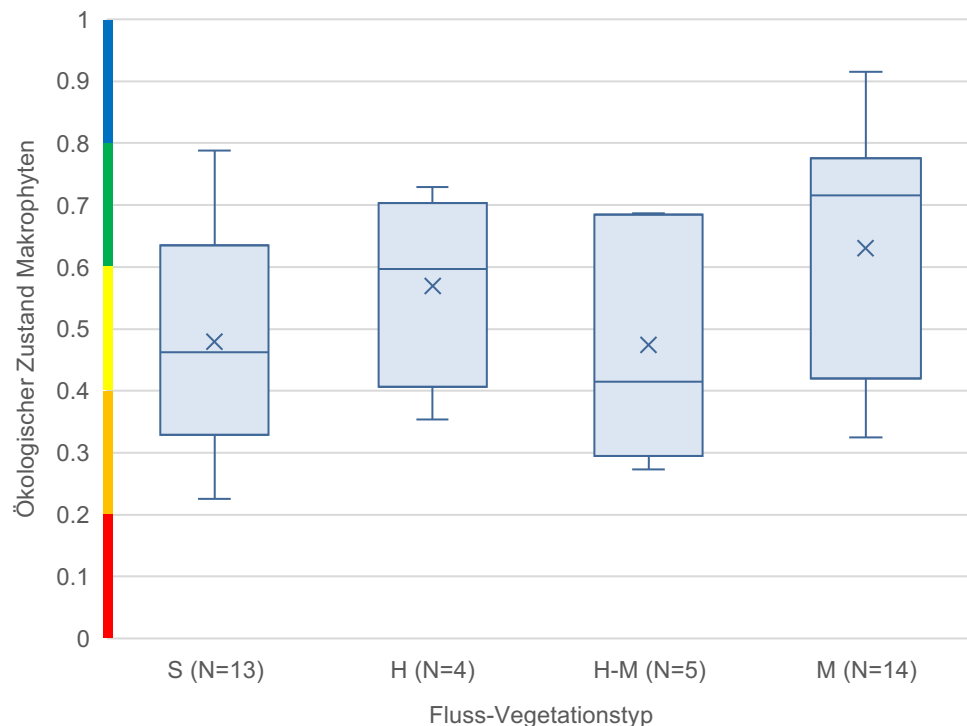


Abbildung 7: Guter ökologischer Zustand der untersuchten Stellen in Abhängigkeit der Fluss-Vegetationstypen. S: Submersenbach (N=13), H: Helophytenbach (N=4), H-M: Helophyten-Moos Übergangsbach (N=5), M: Moosbach (N=14), Klassen Zustandsbewertung 0.00-0.19: schlecht, 0.20-0.39: unbefriedigend, 0.40-0.59: mässig, 0.60-0.79: gut, 0.80-1.00: sehr gut.

Die Stellen der Übergangstypen Helophyten-Moosbach verteilten sich über die Bewertungsklassen unbefriedigend, mässig und gut. Der Median und der Mittelwert lagen im Bereich eines mässigen Zustands. Die Moosbäche, bei denen die Berechnung der Bewertung auf anderen Kriterien beruht als bei den anderen Fluss-Vegetationstypen, erreichten teilweise einen sehr guten Zustand, mit Mittelwert und Median im Bereich des guten Zustands. Sie waren damit der Fluss-Vegetationstyp mit der besten Bewertung.

Abhängigkeit des Guten ökologischen Zustands von Ökomorphologie, Landnutzung und Äusserem Aspekt

Der Gute ökologische Zustand der 36 bewerteten Stellen zeigte eine positive Korrelation mit der Ökomorphologie, welche jedoch nicht signifikant war (p-Wert 0.12, Abbildung 8). Die Ökomorphologie in den vegetationsarmen Gewässerstrecken (VA) variierte zwischen 0,31 (stark beeinträchtigt) und 0,73 (wenig beeinträchtigt).

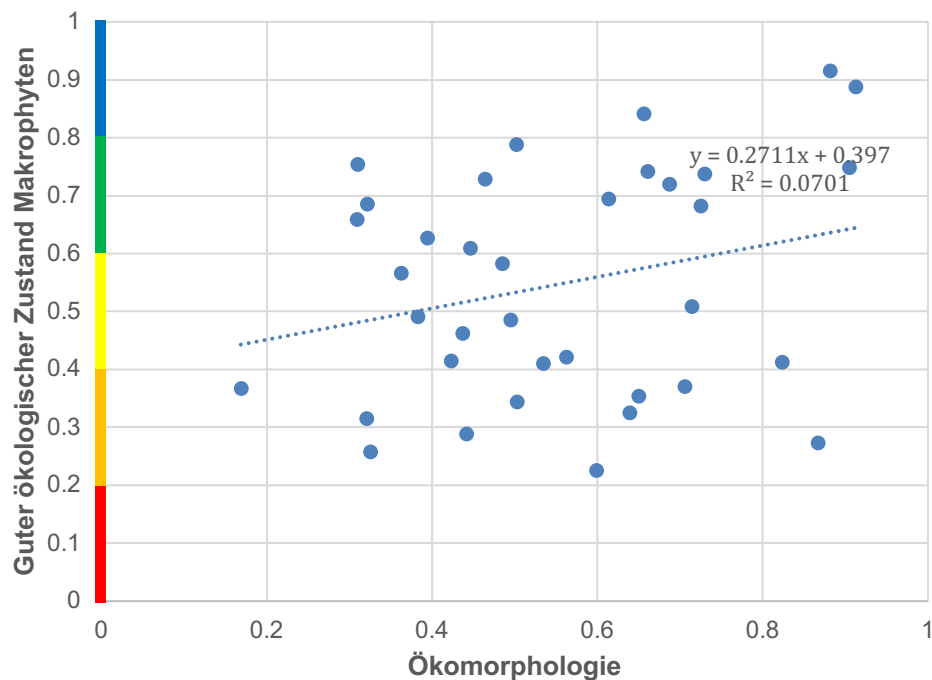


Abbildung 8: Zusammenhang zwischen Ökomorphologie und Gutem ökologischem Zustand an den bewerteten Stellen (N=36). Die Korrelation ist statistisch nicht signifikant ($p=0.1185$). Klassen Zustandsbewertung: 0.00-0.19: schlecht, 0.20-0.39: unbefriedigend, 0.40-0.59: mässig, 0.60-0.79: gut, 0.80-1.00: sehr gut.

Auf die Parameter der Landnutzung reagiert der Gute ökologische Zustand weniger markant: Mit zunehmendem Anteil landwirtschaftlicher Nutzung im Einzugsgebiet nimmt die Bewertung ab. Mit der Änderung der Wald- und Siedlungsflächen im Einzugsgebiet sind praktisch keine Änderungen des guten ökologischen Zustands festzustellen (Tabelle 5). Diese Zusammenhänge erwiesen sich alle als nicht signifikant.

Bei den übrigen untersuchten Teilparametern (Typgerechte Diversität, Typgerechte Gemeinschaft, Hohe Qualität Arten, Typgerechte Deckung Makrophyten) war keine Beziehung mit der Landnutzung im Einzugsgebiet erkennbar (Tabelle 5).

Tabelle 5: Statistischer Zusammenhang zwischen dem Guten ökologischen Zustand und den Parametern Ökomorphologie sowie Anteil der verschiedenen Landnutzungstypen Landwirtschaft, Siedlung und Wald im Einzugsgebiet. Signifikanzniveau: *: signifikant ($p \leq 0.05$), °: enge Beziehung ($0.05 < p < 0.10$)

Regression: Bestimmtheitsmass (R^2)				
Zustandsparameter	Ökomorph	Landw.	Siedlung	Wald
guter ökologischer Zustand (N=36)	0.0701	0.0186	0.0016	0.0023
Typgerechte Diversität (N=36)	0.0244	0.0264	0.0227	0.0146
Typgerechte Gemeinschaft (N=36)	0.0510	0.0162	0.0041	0.0091
Hohe Qualität Arten (N=41)	0.0231	0.0295	0.0009	0.0001
Typgerechte Deckung Makrophyten (N=22)	0.0007	0.0291	0.0421	0.0240

Korrelation Signifikanzniveau (p)				
Zustandsparameter	Ökomorph	Landw.	Siedlung	Wald
guter ökologischer Zustand (N=36)	0.1185	0.4275	0.8187	0.7814
Typgerechte Diversität (N=36)	0.4276	0.4083	0.4439	0.5405
Typgerechte Gemeinschaft (N=36)	0.2477	0.5192	0.7458	0.6293
Hohe Qualität Arten (N=41)	0.3430	0.2828	0.8537	0.9519
Typgerechte Deckung Makrophyten (N=22)	0.4804	0.7648	0.5373	0.6511

Einfluss des Äusseren Aspekts

Der Zusammenhang zwischen den beiden untersuchten Parameter Kolmation und Trübung und dem Äusseren Aspekts zeigten einen ähnlichen Trend. Auf Strecken ohne und mit leichter bis mittlerer Kolmation war der ökologische Zustand besser als bei starker Kolmation (Abbildung 9).

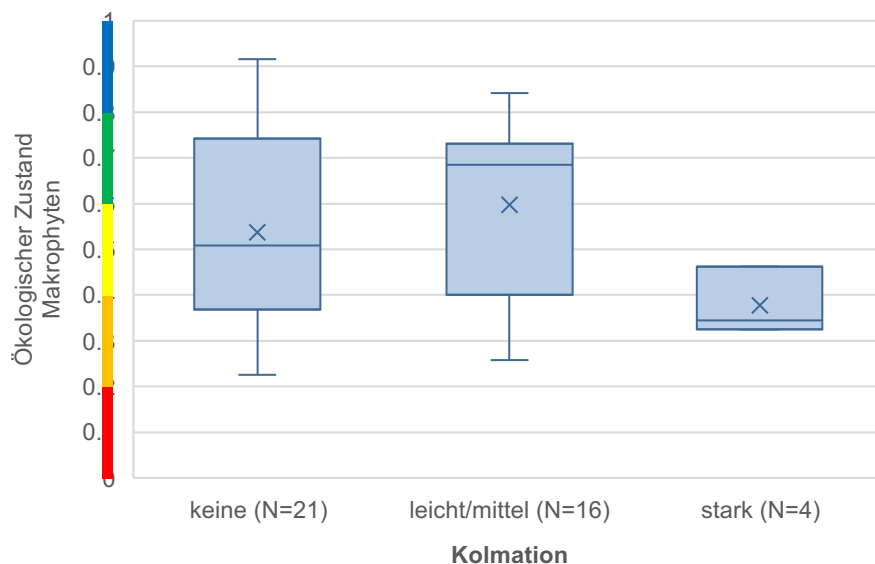


Abbildung 9: Guter ökologischer Zustand der auf untersuchten Strecken in Abhängigkeit von der Kolmation (N=41). Klassen Zustandsbewertung: 0.00-0.19: schlecht, 0.20-0.39: unbefriedigend, 0.40-0.59: mässig, 0.60-0.79: gut, 0.80-1.00: sehr gut.

Die Streuung bei leichter/mittlerer oder fehlender Kolmation war gross und lag in den Zustandsklassen unbefriedigend und sehr gut. Mittelwert und Median zeigten bei

leichter/mittlerer Kolmation einen Wert im Bereich gut, ohne Kolmation die Zustandsklasse mässig. Auch bei leichter bis mittlerer Trübung zeigten die Strecken einen leicht besseren ökologischen Zustand (Mittelwert mässig, Median gut) als bei fehlender Trübung (Mittelwert und Median mässig). Die Strecke mit starker Trübung wurde nicht bewertet.

Typgerechte Gemeinschaft und Diversität, hohe Qualität Arten

In der Zielhierarchie sind neben dem Guten ökologischen Zustand die Typgerechte Gemeinschaft (gewässerökologische Gesamtbewertung), die Hohe Qualität Arten (naturschützerische Gesamtbewertung) und die Typgerechte Diversität die wichtigsten Parameter für die Bewertung der Gewässerstrecken. Gut erkennbar wird die Bonus-Aggregation der beiden Parameter Typgerechte Gemeinschaft (typ_Gem) und Hohe Qualität Arten (ho_Q_Art) am Knoten zum Guten ökologischen Zustand: Hier verändert eine schlechtere Bewertung bei ho_Q_Art die der Bewertung nicht, welche durch die Typgerechte Gemeinschaft vorgegeben wird (Tabelle 6). Ist die Bewertung der ho_Q_Art jedoch höher als jene der typ_Gem, wird der Gute ökologische Zustand durch die Aggregation verbessert.

Tabelle 6: Guter ökologischer Zustand, Typgerechte Gemeinschaft, Hohe Qualität Arten und Typgerechte Diversität in den bewerteten Untersuchungsstellen. Klassen Zustandsbewertung: **Blau:** sehr gut, **grün:** gut, **gelb:** mässig, **orange:** unbefriedigend, **rot:** schlecht

ID	Gewässer	g_ökol_Zust	typ_Gem	ho_Q_Art	typ_Div
CH_009_SO	Limpach	0.66	0.66	0.43	0.74
CH_020_VD	Venoge			0.30	
CH_022_VD	Broye	0.29	0.28	0.30	0.41
CH_023_SG	Steinach	0.32	0.32	0.19	0.58
CH_027_SG	Necker	0.75	0.72	0.27	1.00
CH_034_AG	Bünz	0.68	0.68	0.20	0.76
CH_035_AG	Surb	0.27	0.27	0.17	0.17
CH_036_AG	Sissle	0.41	0.24	0.20	0.43
CH_039_AG	Suhre	0.49	0.46	0.30	0.48
CH_044_ZH	Glatt	0.61	0.61	0.59	0.77
CH_045_ZH	Aabach	0.37	0.35	0.39	0.46
CH_046_ZH	Aa			0.32	
CH_049_ZH	Furtbach	0.49	0.49	0.38	0.71
CH_054_FR	Sionge	0.74	0.74	0.23	0.88
CH_058_BE	Chise	0.51	0.50	0.30	0.55
CH_059_BE	Gürbe	0.37	0.37	0.36	0.53
CH_062_BE	Urtenen	0.41	0.41	0.41	0.45
CH_065_ZH	Sihl	0.91	0.91	0.26	1.00
CH_068_JU	Sorne			0.40	
CH_069_JU	Scheulte	0.42	0.32	0.19	0.55
CH_071_TG	Lauche			0.18	
CH_072_TG	Chemmenenbach	0.57	0.57	0.19	0.65
CH_075_ZG	Lorze	0.72	0.72	0.69	0.89

ID	Gewässer	g_ökol_Zust	typ_Gem	ho_Q_Art	typ_Div
CH_084_JU	Allaine	0.26	0.25	0.27	0.25
CH_119_NE	Seyon	0.34	0.34	0.00	0.17
CH_127_VD	Talent	0.46	0.46	0.34	0.47
CH_130_VD	Aubonne	0.84	0.83	0.85	0.95
CH_134_BE	La Birse	0.23	0.15	0.30	0.31
CH_136_AG	Küntenenbach	0.69	0.69	0.19	0.97
CH_137_AG	Möhlinbach	0.73	0.73	0.59	0.98
CH_138_BE	Chrümlisbach			0.19	
CH_139_BE	Ballmoosbach	0.63	0.63	0.24	0.78
CH_140_FR	Balnoz	0.74	0.74	0.17	0.65
CH_143_SG	Zafenbach	0.58	0.58	0.59	0.65
CH_145_SG	Landgraben	0.42	0.24	0.59	0.12
CH_146_SH	Beggingerbach	0.89	0.89	0.20	0.85
CH_149_TI	Vedeggio	0.75	0.75	0.35	0.80
CH_150_VD	Ruisseau Gi	0.35	0.35	0.23	0.24
CH_151_VD	Le Combagnou	0.33	0.33	0.00	0.10
CH_152_VS	Canal d'Uvrier	0.79	0.79	0.24	0.95
CH_154_LU	Ron	0.69	0.69	0.25	0.77

Beim Parameter Typgerechte Diversität (typ_Div) wird erkennbar, dass einzelne Strecken eine bessere Bewertung erreichen als bei Betrachtung der Gesamtbewertung oder der typ_Gem. Dies betrifft in besonders hohem Mass die Stelle CH_049_ZH, bei welcher der Zustand der typ_Div um zwei Klassen besser bewertet wird (Tabelle 6). Bei 13 weiteren Stellen wird der Zustand der typ_Div um eine Klasse besser bewertet als mit dem Guten ökologischen Zustand. Umgekehrt ist an vier Stellen die Bewertung mit dem Parameter typ_Div mindestens eine Kategorie schlechter als die Gesamtbewertung.

Typgerechte Gemeinschaft und Diversität, Hohe Qualität Arten und Typgerechte Deckung der Fluss-Vegetationstypen

Die Typgerechte Gemeinschaft variierte als Parameter nur schwach zwischen den verschiedenen Fluss- Vegetationstypen (Abbildung 10). Die Bewertung zeigte generell ein vergleichbares Bild wie beim Guten ökologischen Zustand, doch war die Streuung grösser: Der Mittelwert der Helophytenbäche war im Übergangsbereich zwischen mässigem und gutem Zustand, während die Submersenbäche im mässigen Zustand lagen. Bei Helophyten-MoosÜbergangstyp lag der Mittelwert in der unbefriedigenden und bei den Moosbächen in der guten Zustandsklasse.

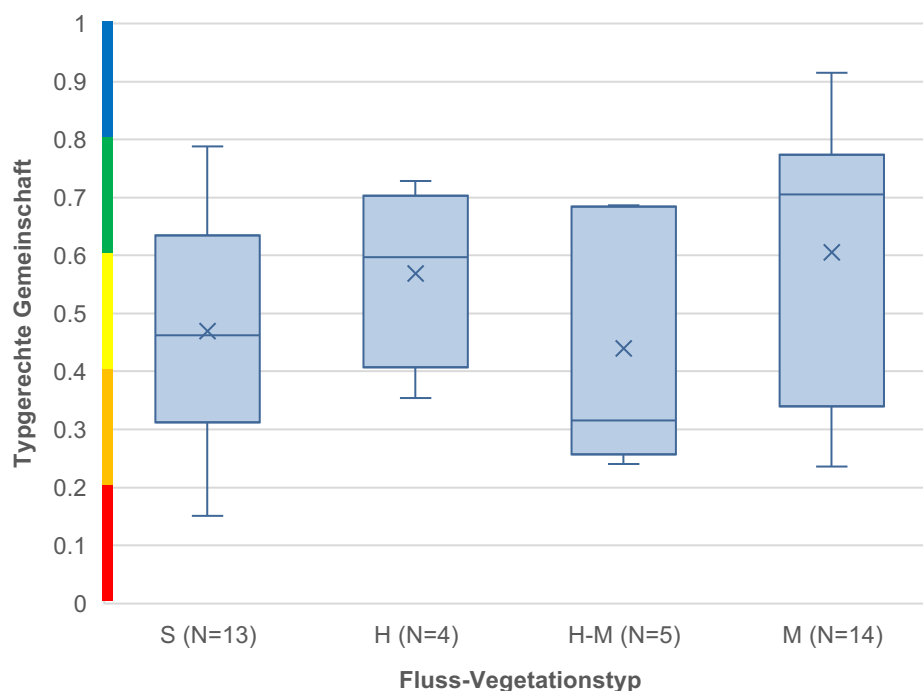


Abbildung 10: Typgerechte Gemeinschaft der untersuchten Stellen in Abhängigkeit der Fluss-Vegetationstypen. S: Submersenbach (N=13), H: Helophytenbach (N=4), H-M: Helophyten-Moos Übergangsbach (N=5), M: Moosbach (N=14), Klassen Zustandsbewertung: 0.00-0.19: schlecht, 0.20-0.39: unbefriedigend, 0.40-0.59: mässig, 0.60-0.79: gut, 0.80-1.00: sehr gut.

Die Typgerechte Diversität zeigt generell einen besseren Zustand als die Typgerechte Gemeinschaft (Abbildung 11). Die Mittelwerte liegen alle im Bereich eines mässigen oder guten Zustands. Die Streuung der Werte war hingegen deutlich grösser.

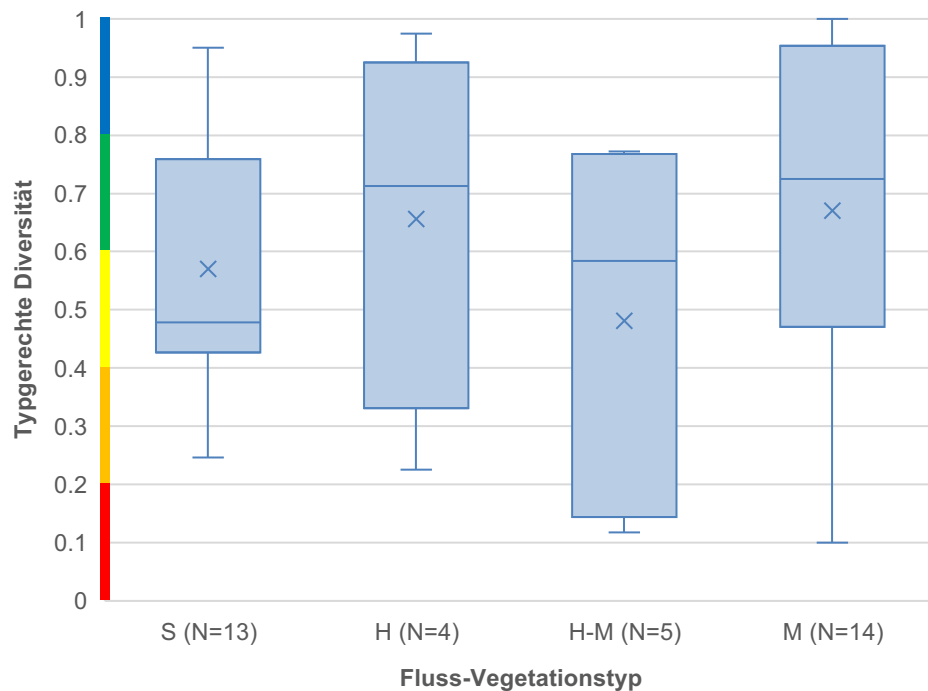


Abbildung 11: Typgerechte Diversität der untersuchten Stellen in Abhängigkeit der Fluss-Vegetationstypen. S: Submersenbach (N=13), H: Helophytenbach (N=4), H-M: Helophyten-Moos Übergangsbach (N=5), M: Moosbach (N=14), Klassen Zustandsbewertung: 0.00-0.19: schlecht, 0.20-0.39: unbefriedigend, 0.40-0.59: mässig, 0.60-0.79: gut, 0.80-1.00: sehr gut.

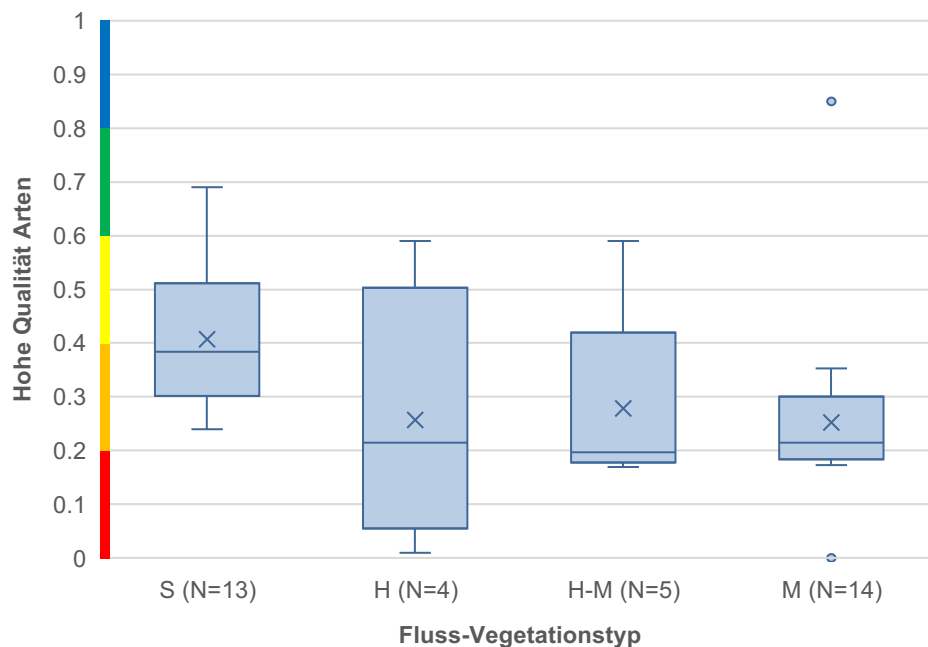


Abbildung 12: Hohe Qualität Arten der untersuchten Stellen in Abhängigkeit der Fluss-Vegetationstypen. S: Submersenbach (N=13), H: Helophytenbach (N=4), H-M: Helophyten-Moos Übergangsbach (N=5), M: Moosbach (N=14), Klassen Zustandsbewertung: 0.00-0.19: schlecht, 0.20-0.39: unbefriedigend, 0.40-0.59: mässig, 0.60-0.79: gut, 0.80-1.00: sehr gut.

Die durchwegs tiefen Bewertungen beim Parameter Hohe Qualität Arten zeigt, dass in den untersuchten Strecken nur wenige Rote-Liste-Arten oder Prioritäre Arten gefunden wurden (Abbildung 12).

3.2

Vergleich mit den Ergebnissen 2012, 2015 und 2019

Ein Vergleich des guten ökologischen Zustands mit den Kampagnen 2012 (Roth 2013), 2015 (Roth & Müller 2017) und 2019 (Küry und Mulattieri, 2021) zeigt, dass der Anteil der Stellen der Zustandsklassen gut und sehr gut (Anforderungen der Gewässerschutzverordnung) nach einem Rückgang im Jahr 2019 in der aktuellen Untersuchung von 2023 wieder zugenommen hat und sich auf dem gleichen Niveau wie 2012 und 2015 auf 33% befindet (N=21, Abbildung 13). Gleichzeitig hat der Anteil der Stellen mit unbefriedigendem und schlechtem Zustand zwischen 2019 und 2023 von 10 auf 33% wieder zugenommen, wobei keine Stelle als schlecht bewertet wurde.

Die Stellen mit einem mässigen Zustand bezüglich der Makrophyten nahmen bis 2019 kontinuierlich zu und erreichten nach anfänglich 33% im Jahr 2012 einen Anteil von 61% im Jahr 2019. Im Jahr 2023 hat dieser Anteil nun wieder deutlich abgenommen und befindet sich mit 33% wieder auf dem gleichen Niveau wie im Jahr 2012.

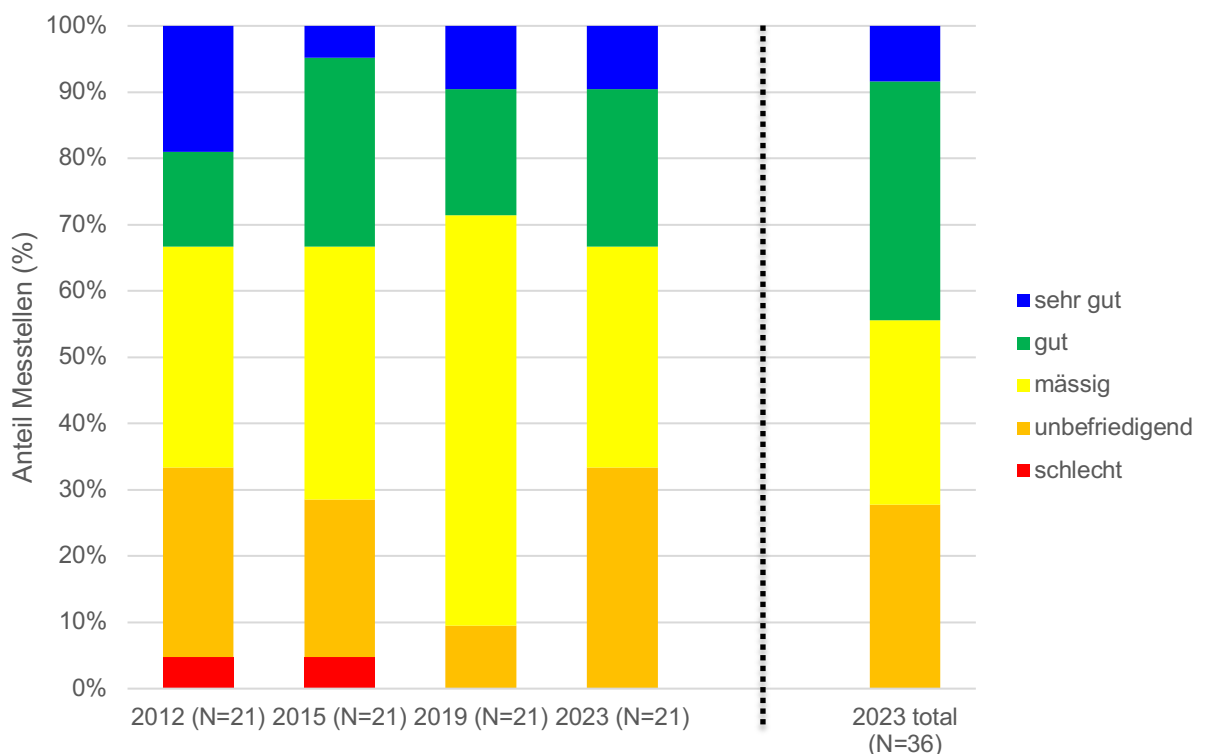


Abbildung 13: Vergleich des Anteils der fünf Zustandsklassen des Guten ökologischen Zustands an den 21 Stellen, die in den Jahren 2012, 2015, 2019 und 2023 untersucht wurden. Säule «2023 total»: alle untersuchten Stellen (N=36).

Der detaillierte Vergleich der Bewertung der einzelnen Stellen für die Jahre 2012–2023 ist in Anhang C zusammenstellt.

3.3

Rote Liste-Arten, National prioritäre Arten, Neophyten

Neun Arten sind in den Roten Listen der Gefässpflanzen (Bornand et al., 2016) und Moose der Schweiz (Kiebacher et al., 2023) als potenziell gefährdet (NT) oder verletzlich (VU) aufgeführt. Fünf dieser Arten sind ausserdem auch in der Liste der National Prioritären Arten und Lebensräume (Bundesamt für Umwelt, 2019) verzeichnet (Tabelle 7).

Der potenziell gefährdete Fluss-Stumpfdeckel (*Hygroamblystegium fluviatile*) kam nur an einem Standort im Kanton Schaffhausen vor. Wie im Jahr 2019 kam das potenziell gefährdete Sichelblättrige Gitterzahnmoos (*Cinclidotus aquaticus*) auch 2023 nur in der Romandie vor (Aubonne).

In der Rote Liste Taxa der Gefässpflanzen sind die drei verletzlich (VU) Arten *Lysimachia thyrsiflora* (Strauss-Gilbweiderich), *Potamogeton nodosus* (Flutendes Laichkraut) und *Ranunculus circinatus* (Spreizender Wasserhahnenfuss) sowie die vier potenziell gefährdeten Arten *Myriophyllum spicatum* L. (Ähriges Tausendblatt), *Myriophyllum verticillatum* (Quirlblütiges Tausendblatt), *Ranunculus fluitans* (Flutender Wasserhahnenfuss) und *Sparganium erectum* (Ästiger Igelkolben) aufgelistet.

Tabelle 7: Liste der gefährdeten Gefässpflanzen und Moose (verwendete Abkürzungen der Roten Liste: CR = vom Aussterben bedroht; EN = stark gefährdet; VU = verletzlich; NT = potentiell gefährdet; Prioritätsstufen: 1 = sehr hoch; 2 = hoch; 3 = mittel; 4 = mässig)

Taxon	Status Rote Liste	Nationale Priorität	Vorkommen an Messstellen
<i>Cinclidotus aquaticus</i> (Hedw.) Bruch & Schimp.	NT	2	CH_130_VD (Aubonne)
<i>Hygroamblystegium fluviatile</i> (Hedw.) Loeske	NT	4	CH_145_SH (Landgraben)
<i>Lysimachia thyrsiflora</i> L.	VU	4	CH_137_AG (Moehlinbach)
<i>Myriophyllum spicatum</i> L.	NT		CH_009_SO (Limpach) CH_022_VD (Broye) CH_044_ZH (Glatt) CH_045_ZH (Aabach) CH_059_BE (Guerbe) CH_062_BE (Urtenen) CH_127_VD (Talent)
<i>Myriophyllum verticillatum</i> L.	NT		CH_075_ZG (Lorze)
<i>Potamogeton nodosus</i> Poir	VU	4	CH_143_SG (Zapfenbach)
<i>Ranunculus circinatus</i> Sibth.	VU	4	CH_044_ZH (Glatt)
<i>Ranunculus fluitans</i> Lam.	NT		CH_059_BE (Guerbe)
<i>Sparganium erectum</i> L. s.l.	NT		CH_59_BE (Guerbe) CH_062_BE (Urtenen) CH_068_JU (Sorne) CH_137_AG (Moehlinbach) CH_138_BE (Chruemlisbach) CH_139_BE (Ballmoosbach)

Das Ufer-Birnmoos (*Bryum gemmiparum* De Not.), die Schwanenblume (*Butomus umbellatus* L.) und der Sumpf-Teichfaden (*Zannichellia palustris*), drei im Jahr 2019 noch kartierte Taxa der Roten Liste, wurden im Jahr 2023 nicht mehr gefunden.

Es wurden keine Neophyten der schwarzen Liste der Schweiz (Stand 2021) an den besuchten Standorten gefunden.

3.4

Häufigkeit, Stetigkeit und Verbreitung der vorkommenden Taxa

Im Rahmen der Untersuchung 2023 wurden 37 unterscheidbare Gefässpflanzen-Taxa gefunden (Tabelle 8). Das Rohr-Glanzgras (*Phalaris arundinacea*) mit 27 Fundstellen (66 %) und das Kriechende Straussgras (*Agrostis stolonifera*) mit 21 Fundstellen (51 %) waren damit die beiden häufigsten Gefässpflanzenarten. Sieben weitere Taxa wurden an 6 bis 16 Messstellen (15 bis 39%) kartiert. 23 Gefässpflanzenarten (72 % aller Arten) wurden an fünf Messstellen oder weniger (< 12 %) gesichtet.

Von den Moosen konnten 14 Arten nachgewiesen werden. Die beiden häufigsten Moosarten sind das Gemeine Brunnenmoos (*Fontinalis antipyretica* Hedw.) mit 25 Fundstellen (61 %) und das Ufermoos (*Leptodictyum riparium* (Hedw.) Warnst. (= *Amblystegium riparium*)) mit 17 Fundstellen (41 %). Auch an 17 Messstellen (41%) wurde das Mäusedornmoos (*Rhynchostegium riparioides* (Hedw.) Cardot) gefunden. Das Dickstielige Spaltzahnmoos (*Fissidens crassipes* subsp. *crassipes*) wurde an 16 Messstellen erhoben (39%). 3 Moosarten (21%) wurden an zwischen 10 und 7 Standorten (24 – 17 %) gesichtet. Weitere sieben Moosarten (50 %) kamen jeweils an höchstens fünf Messstellen (< 12 %) vor.

Fädige Grünalgen wurden an 31 Messstellen kartiert, während keine Armleuchteralgen gefunden wurden.

Beim Vergleich der Häufigkeiten einzelner Taxa in den vier beprobten Jahren (siehe Tabelle 8) fällt auf, dass *Agrostis stolonifera* und *Phalaris arundinacea* über die vier Erhebungsjahre hinweg konstant die beiden häufigsten Gefässpflanzen waren. Bei den Moosen waren die häufigsten Taxa über die vier Erhebungsjahre konstant *Rhynchostegium riparioides* sowie *Fontinalis antipyretica*.

Die Häufigkeit von *Ph. arundinacea* scheint über die Jahre stetig zuzunehmen. Im Vergleich zu den Vorjahren deutlich zugenommen hat die Häufigkeit des Ufermooses (*Leptodictyum riparium*), des Bachbungen Ehrenpreises (*Veronica beccabunga*), des Bach-Kurzbüchsenmooses (*Brachythecium rivulare*), des Gemeinen Brunnenmooses (*Fontinalis antipyretica*) und von *Carex* 1/2/3.

Deutliche Abnahmen der Häufigkeiten sind hingegen beim Mondbechermoos (*Lunularia cruciata*; wurde an keiner Messstellen mehr gefunden), bei der Rasen-Schmiele (*Deschampsia cespitosa*), beim Faltigen Süßkraut (*Glyceria notata*; wobei eine Zunahme bei *Glyceria fluitans* oder *notata*), beim Mäusedornmoos (*Rhynchostegium riparioides*), bei den *Cinclidotus*-Arten (*C. riparius*, *fontinaloides* und *danubicus*) und dem Gemeinen Brunnenlebermoos (*Marchantia polymorpha*) zu verzeichnen.

Tabelle 8: Liste der häufigen, also an mindestens fünf Messstellen vorkommenden Gefässpflanzen und Moose im Vergleich der vier Untersuchungsjahre (2012: 84 beprobte Stellen; 2015: 81 beprobte Stellen; 2019: 66 beprobte Stellen; 2023: 41 beprobte Stellen). * Es besteht eine gewisse Restunsicherheit in der Vergleichbarkeit der Werte von 2019ff. mit denen von 2012 und 2015, da die operationelle Taxaliste im Jahr 2019 aktualisiert wurde.

Taxa- gruppe	Taxon botanisch	Taxon deutsch	Anzahl Messstellen			
			2012	2015	2019	2023
Gefäss- pflan- zen	<i>Phalaris arundinacea</i> L.	Rohr-Glanzgras	33	38	42	27
	<i>Agrostis stolonifera</i> L.	Kriechendes Straussgras	30	33	37	21
	<i>Carex</i> sp. 1/2/3	Seggen 1/2/3	3	5	7	16
	<i>Veronica beccabunga</i> L.	Bachbungen-Ehrenpreis	11	10	19	15
	<i>Nasturtium</i> sp. oder <i>Cardamine amara</i> L.*	Brunnenkressen oder Bitteres Schaumkraut	15	12	14	11
	<i>Glyceria fluitans</i> (L.) R. Br. oder <i>G. notata</i> Chevall.	Flutendes oder Faltiges Süssgras	14	13	7	9
	<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Steud.	Schilfrohr	5	9	11	9
	<i>Myriophyllum spicatum</i> L.	Ähriges Tausendblatt	9	8	9	7
	<i>Sparganium erectum</i> L. s.l.	Ästiger Igelkolben	1	2	5	6
	<i>Veronica anagallis-aquatica</i> L. oder <i>catenata</i> Pennell*	Blauer Wasser-Ehrenpreis oder Rötlicher Wasser-Ehrenpreis	5	6	12	5
	<i>Deschampsia cespitosa</i> (L.) P. Beauv.	Rasen-Schmieie	15	21	11	4
	<i>Callitriche</i> sp.	Wassersterne	2	5	4	3
	<i>Iris pseudacorus</i> L.	Gelbe Schwertlilie	5	2	3	2
	<i>Potamogeton pectinatus</i> L.	Kammförmiges Laichkraut	6	5	6	2
	<i>Glyceria notata</i> Chevall.	Faltiges Süssgras	3	6	5	1
	<i>Equisetum palustre</i> L.	Sumpf-Schachtelhalm	2	8	2	1
	<i>Scirpus sylvaticus</i> L.	Wald-Simse	3	5	0	0
Moose	<i>Fontinalis antipyretica</i> Hedw.	Gemeines Brunnenmoos	51	49	35	25
	<i>Leptodictyum riparium</i> (Hedw.) Warnst. (=Amblystegium riparium)	Ufermoos	28	18	15	17
	<i>Rhynchostegium riparioides</i> (Hedw.) Cardot	Mäusedornmoos	34	48	40	17
	<i>Fissidens crassipes</i> Bruch & Schimp. subsp. <i>crassipes</i>	Dickstieliges Spaltzahnmoos	23	37	29	16
	<i>Cratoneuron filicinum</i> (Hedw.) Spruce	Farnähnliches Starknervmoos	18	17	10	10
	<i>Cinclidotus riparius</i> (Brid.) Arn.	Zungenblättriges Gitterzahnmoos	31	28	17	8
	<i>Hygroamblystegium tenax</i> (Hedw.) Jenn. (=Amblystegium tenax)	Starrer Stumpfdeckel	4	8	7	7
	<i>Brachythecium rivulare</i> Schimp.	Bach-Kurzbüchsenmoos	8	3	1	4
	<i>Pellia endiviifolia</i> (Dicks.) Dumort. subsp. <i>endiviifolia</i>	Kelch-Beckenmoos	5	7	7	4
	<i>Cinclidotus fontinaloides</i> (Hedw.) P.Beauv.	Grosses Gitterzahnmoos	5	15	5	2
	<i>Cinclidotus danubicus</i> Schiffn. & Baumgartner	Donau-Gitterzahnmoos	6	7	5	2
	<i>Hygrohypnum luridum</i> (Hedw.) Jenn.	Bräunliches Wasserschlafmoos	10	14	4	2
	<i>Marchantia polymorpha</i> L.	Gemeines Brunnenlebermoos	5	5	7	2
	<i>Hygroamblystegium fluviatile</i> (Hedw.) Loeske (=Amblystegium fluviatile)	Fluss-Stumpfdeckel	5	5	3	1
	<i>Lunularia cruciata</i> (L.) Lindb. subsp. <i>cruciata</i>	Mondbechermoos	1	4	6	0

Tabelle 9 gibt einen Überblick über das Vorkommen der häufigen Taxa im Jahr 2023. Deutlich sind wiederum die verbreitetsten Taxa fädige Grünalge, *Phalaris arundinacea*, *Fontinalis antipyretica*, *Agrostis stolonifera*, *Rhynchostegium riparioides* und *Leptodictyum riparium* erkennbar.

Tabelle 9: Die häufigen Taxa (Nachweis an mindestens fünf Messstellen) und ihre Vorkommen an den 41 Messstellen (grün hinterlegte Felder).

		Häufige Taxa	Algen	Gefäßspflanzen										Moose							
			Fädige Grünalgen	<i>Agrostis stolonifera</i>	<i>Carex</i> 1	<i>Carex</i> 2	<i>Glyceria fluitans</i> oder <i>notata</i>	<i>Myriophyllum spicatum</i>	<i>Nasturtium</i> sp. oder <i>Cardamine amara</i>	<i>Phalaris arundinacea</i>	<i>Phragmites australis</i>	<i>Sparganium erectum</i> s.l.	<i>Veronica anagallis-aquatica</i> oder <i>catenata</i>	<i>Veronica beccabunga</i>	<i>Cinclidotus riparius</i>	<i>Cratoneuron filicinum</i>	<i>Fissidens crassipes</i> subsp. <i>crassipes</i>	<i>Fontinalis antipyretica</i>	<i>Hygroamblystegium tenax</i>	<i>Leptodictyum riparium</i>	<i>Rhynchostegium riparioides</i>
ID			1	1	1	1		1	1	1	1			1	1		1	1		1	
CH_009_SO	Limpbach		1	1			1			1	1							1			
CH_020_VD	Venoge		1	1						1								1			
CH_022_VD	Broye		1	1				1			1	1						1		1	
CH_023_SG	Steinach		1	1						1							1	1		1	
CH_027_SG	Necker		1	1						1					1	1	1				1
CH_034_AG	Buenz		1	1				1	1					1			1	1		1	
CH_035_AG	Surb		1							1								1			
CH_036_AG	Sissle		1					1	1							1			1		
CH_039_AG	Suhre		1	1						1					1		1				1
CH_044_ZH	Glatt		1				1		1	1								1		1	1
CH_045_ZH	Aabach		1	1		1		1						1			1	1	1		
CH_046_ZH	Aa		1							1			1				1	1		1	1
CH_049_ZH	Furtbach		1					1					1					1		1	1
CH_054_FR	Sionge													1	1	1	1		1		1
CH_058_BE	Chise			1				1								1	1				1
CH_059_BE	Gürbe			1			1		1	1	1							1		1	
CH_062_BE	Urtenen		1		1	1		1			1	1						1			
CH_065_ZH	Sihl		1												1		1	1	1		1
CH_068_JU	Sorne		1	1	1	1			1	1		1	1	1	1			1			1
CH_069_JU	Scheulte		1	1	1		1							1				1		1	1
CH_071_TG	Lauche		1	1						1							1	1		1	
CH_072_TG	Chemibach		1	1			1			1				1				1		1	
CH_075_ZG	Lorze		1	1		1				1	1							1			
CH_084_JU	Allaine		1	1						1								1			
CH_119_NE	Seyon		1														1				1
CH_127_VD	Talent		1				1	1		1	1			1				1			
CH_130_VD	Aubonne		1												1		1	1		1	1
CH_134_BE	Birse		1	1			1			1					1	1					
CH_136_AG	Küntenerbach		1	1				1								1	1				1
CH_137_AG	Moehlinbach		1	1	1	1	1			1		1		1		1	1				
CH_138_BE	Chruemlisbach				1					1		1									
CH_139_BE	Ballmoosbach				1					1		1		1							
CH_140_FR	Bainoz															1					1
CH_143_SG	Zapfenbach							1	1	1				1							

		Häufige Taxa	Algen	Gefäßspflanzen											Moose							
			Fädige Grünalgen	<i>Agrostis stolonifera</i>	<i>Carex</i> 1	<i>Carex</i> 2	<i>Glyceria fluitans</i> oder <i>notata</i>	<i>Myriophyllum spicatum</i>	<i>Nasturtium</i> sp. oder <i>Cardamine amara</i>	<i>Phalaris arundinacea</i>	<i>Phragmites australis</i>	<i>Sparganium erectum</i> s.l.	<i>Veronica anagallis-aquatica</i> oder <i>catenata</i>	<i>Veronica beccabunga</i>	<i>Cinclidotus riparius</i>	<i>Cratoneuron filicinum</i>	<i>Fissidens crassipes</i> subsp. <i>crassipes</i>	<i>Fontinalis antipyretica</i>	<i>Hygroamblystegium tenax</i>	<i>Leptodictyum riparium</i>	<i>Rhynchostegium riparioides</i>	
ID																						
CH_145_SH	Landgrabe																1			1		
CH_146_SH	Beggingerbach															1		1		1	1	
CH_149_TI	Vedeggio		1		1		1	1	1									1	1	1	1	
CH_150_VD	Ruisseau Gi		1				1						1									
CH_151_VD	Le Combagnou																				1	
CH_152_VS	Canal d'Uvrier		1	1	1		1		1		1		1	1								
CH_154_LU	Ron		1	1					1	1				1			1	1	1	1		
Anzahl Stellen je Taxon (41 insgesamt)			31	21	9	6	9	7	11	27	9	6	5	15	8	10	16	25	7	17	17	

Carex 1: grosse breitblättrige Ausläufer-Sauergräser, Blattbreite 7-20mm; *C. acuta*, *C. acutiformis*, *C. riparia*, *C. versicaria*, *S. sylvaticus*

Carex 2: grosse knickrandige Horst-Sauergräser, Blattbreite 5-10mm; *C. elata*, *C. pseudocyperus*, *C. vulpina*

4 Diskussion Methode und Ergebnisse

4.1 Methodendiskussion

Die Methode und insbesondere die elektronischen Hilfsmittel, die als Unterstützung entwickelt wurden, machen die Methode zu einem effektiven und aussagekräftigen Werkzeug zur Typisierung der Fliessgewässerstrecken und zur Bewertung des Zustands auf der Grundlage der vorkommenden Makrophyten. Vorteile gegenüber den anderen Methoden des Modulstufenkonzepts sind der relativ geringe Aufwand und das lange Zeitfenster für die Felderhebungen. Einschränkend wirkt sich die Anwendbarkeit der Methode aus, die optimalerweise in relativ schwach bis mittelstark strömenden Fliessgewässern mittlerer Grösse zum Einsatz kommt.

Aufgrund der dauerhaften Besiedlung in den Fliessgewässern steht für die Untersuchungen ein relativ langes Zeitfenster zur Verfügung. Probleme entstehen jedoch nach geschiebeführenden Hochwässern, welche die Dichte der Makrophyten stark reduzieren können. Zu überdenken wäre deshalb, ob innerhalb des generellen Zeitfensters bevorzugte Termine für die Untersuchung von Fliessgewässern der unterschiedlichen Abflussregimetypen entwickelt und festgelegt werden sollen. Einschränkend können sich hier jedoch die Folgen des Klimawandels auswirken, der zu bedeutenden Veränderungen der Saisonalität der Niederschläge führen dürfte.

Aufgrund des besonders hohen Anteils an Vegetationsarmen Bächen (VA) sowie Moosbächen unter den Messstellen des Programms NAWA-Trend kann jeweils nur ein verhältnismässig kleiner Anteil der schweizerischen Fliessgewässer mit dem Modul Makrophyten bewertet werden. An vielen NAWA-Stellen entwickeln sich aufgrund der Neigung und der Beschattung nur wenige Gefässpflanzenarten, sodass die Stichprobenanzahl deutlich geringer ausfällt als bei den anderen Modulen.

Die Strecken in Überwachungsprogrammen wie NAWA wurden nach Kriterien ausgewählt, die sich in erster Linie an der Untersuchung chemischer Parameter und der Belastung mit häuslichem Abwasser orientieren. Diese Kriterien eignen sich zur Auswahl von Untersuchungsstrecken für die Methoden Makrozoobenthos, Diatomeen und Fische. Im Hinblick auf eine Untersuchung mit Makrophyten eignen sich viele dieser Strecken aber nicht. Aufgrund der gesammelten Erfahrungen aus drei Untersuchungskampagnen ist jetzt eine Beurteilung der Eignung der aktuellen NAWA-Messstellen für die Untersuchung mit Makrophyten möglich. Basierend auf diesen Erfahrungen können die Anforderungen formuliert werden, die an eine Auswahl weiterer Untersuchungsstrecken als Ersatz für die vegetationsarmen Gewässer und die grossen Fliessgewässer zu stellen sind. Um einen einigermaßen vollständigen Überblick über den Zustand der schweizerischen Gewässer bezüglich der Makrophyten zu erhalten, wird deshalb weiterhin empfohlen, die aufgrund der methodischen Vorgaben nicht geeigneten Gewässerstrecken für das NAWA-Makrophytenprogramm durch eine gleiche Anzahl optimaler Makrophyten-Stellen zu ersetzen.

4.2 Diskussion der Ergebnisse

Mit 44 % hat weniger als die Hälfte der 36 bewerteten Stellen des Jahres 2023 die Anforderungen der Gewässerschutzverordnung erfüllt. Bei etwas mehr als der Hälfte der Stellen (56 %), welche die Anforderungen nicht erfüllten, dürften als Ursache in erster Linie die Ökomorphologie verantwortlich sein. Dass die einzelnen Parameter der Landnutzung im Einzugsgebiet jedoch ohne Einfluss blieben, dürfte auf eine hohe Wichtigkeit hydraulischer und struktureller Eigenschaften für die Anwesenheit von Makrophyten in den Gewässern zurückzuführen sein.

Die Ursachen der zwischen 2019 und 2023 festgestellte Abnahme der Stellen mit mässigem Zustand und die Zunahme der unbefriedigenden Stellen können im Moment nicht genauer benannt werden. Da der aktuelle Zustand wieder ungefähr die gleichen Verteilung der Zustandsklassen zeigt wie in den Untersuchungen 2012 und 2015, kann als recht stabile Situation interpretiert werden. Es wäre interessant und aufschlussreich, diese Trends im Rahmen vertiefter Ursachenabklärungen und in einer Zusammenschau der Ergebnisse der übrigen NAWA-Module zu untersuchen.

Die Ursache der tendenziell besseren Bewertung der Moosbachtypen im Vergleich mit den übrigen Vegetations-Flusstypen kann mit den Makrophytendaten alleine nicht begründet werden. Da der Bewertung der Moosbäche ein anderes Bewertungsschema zugrunde liegt als jenem der übrigen Vegetations-Flusstypen, könnte dies grundsätzlich auch methodisch begründet werden.

Dass im Unterschied zu 2019 nicht mehr die Submersenbachtypen, sondern die Helophytenbäche einen Trend zu einem besseren ökologischen Zustand zeigten, kann alleine aus den Daten des Moduls Makrophyten nicht schlüssig erklärt werden. Generell ist die bei allen Typen für den Teilparameter Hohe Qualität Arten festzustellende tiefe Bewertung auf das weitgehende Fehlen von Rote-Listen-Arten und Prioritären Arten zurückzuführen. Dies wiederum kann damit begründet werden, dass die auf der Basis stofflicher Belastungen ausgewählten und oft stark beschatteten Messstellen nicht geeignet sind für die Entwicklung eines artenreichen Makrophytenbestands.

5 Schlussfolgerungen und Fazit

Wir empfehlen, die Aspekte der Beschattung bei der Stellenauswahl für künftige NAWA-Trend-Kampagnen zusammen mit den Kantonen und den Anwendern der Methode zu diskutieren. Grundsätzlich bieten sich folgende Lösungen an:

- Durchführung der Makrophytenuntersuchungen wie bisher.
- Weitere Durchführung der Makrophytenuntersuchungen mit einer leichten Verschiebung einzelner NAWA-Trend-Stellen für Makrophyten in angrenzende Fliesstrecken mit stärkerer Besonnung.
- Ergänzung der aktuellen Makrophyten-Stellen der NAWA-Trend-Programms mit weiteren Stellen, die einerseits repräsentativ für den Gewässerzustand in einem grösseren Einzugsgebiet sind und ein Potenzial zur Entwicklung eines artenreichen Bestands an Gefässpflanzen aufweisen.

Das Modul Makrophyten ist eine optimale Ergänzung zu den übrigen NAWA-Modulen. Seine Aussagekraft kann jedoch auf einer optimierten Auswahl der Mess-Stellen im Rahmen künftiger Untersuchung deutlich verbessert werden.

6 Literatur

- BAFU (2013): NAWA – Nationale Beobachtung Oberflächengewässer Qualität. Konzept Fliessgewässer. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1327, 72 Seiten sowie Anhang mit den Messstellenblättern.
- BAFU (2016): Zustand der Schweizer Fliessgewässer. Ergebnisse der Nationalen Beobachtung Oberflächengewässerqualität (NAWA) 2011–2014. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Zustand Nr. 1620: 87 Seiten.
- BAFU (2019): Liste der Nationalen Prioritären Arten und Lebensräume. In der Schweiz zu fördernde prioritäre Arten und Lebensräume. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1709: 99 S.
- BAFU (2022): Pflichtenheft 00.5013 Biologische Erhebungen NAWA, Bundesamt für Umwelt. Unterlagen der Ausschreibung auf der Plattform SIMAP, 48 S.
- BAFU (Hrsg.) 2022: Gebietsfremde Arten in der Schweiz. Übersicht über die gebietsfremden Arten und ihre Auswirkungen. 1. Aktualisierte Auflage 2022. Erstausgabe 2006. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 2220: 62 S.
- Bornand C., Gygax A., Juillerat P., Jutzi M., Möhl A., Rometsch S., Sager L., Santiago H., Eggenberg S. (2016): Rote Liste Gefässpflanzen. Gefährdete Arten der Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Bern und Info Flora, Genf. Umwelt-Vollzug Nr. 1621: 178 S.
- Känel B., Michel C., Reichert P. (2018): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Makrophyten - Stufe F (flächendeckend) und Stufe S (systembezogen). Entwurf. Bundesamt für Umwelt, Bern. 119 Seiten. https://modul-stufen-konzept.ch/wp-content/uploads/2020/12/Methodenhandbuch_MSK_Makrophyten_1_1_final.pdf
- Kiebacher Th., Meier M., Steffen J., Bergamini A., Schnyder N., Hofmann H. (2023): Rote Liste der Moose. Gefährdete Arten der Schweiz. Bundesamt für Umwelt und Swissbryophytes, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 2309: 97 S.
- Küry D. und Mulattieri P. (2021): NAWA TREND Biologie Fachbericht Makrophyten (Untersuchungen 2019). 3. Kampagne. Im Auftrag des BAFU.
- Roth E. (2013): NAWA TREND Biologie 2011 – 2013, Teil Makrophyten. Expertenbericht im Auftrag des BAFU
- Roth E. & Müller N. (2017): NAWA TREND Biologie 2. Kampagne (2015), Fachbericht Makrophyten, Expertenbericht im Auftrag des BAFU

Anhang

Anhang A Qualitätssicherung

Die Qualitätssicherung zog sich durch alle Phasen des Projekts hindurch (BAFU 2022). Sie begann mit den Vorbereitungsarbeiten und wurde während den Felderhebungen und der Eingabe der Daten in die Erfassungsdatei weitergeführt. Den Abschluss bildete die Plausibilisierung, nach der die endgültige Bewertung der untersuchten Stellen vorlag.

Bei den Projektvorbereitungen erfolgte die sorgfältige Dokumentation der Probestellen mit dem Bereitstellen des betreffenden Kartenausschnitts und dem Heraussuchen der Abflussdaten und des Gefälles aus dem GIS resp. aus dem Archiv der Abflussmessstationen. Wo immer möglich wurden Mittelwerte langfristiger Reihen von Abfluss-Messdaten verwendet und in zweiter Priorität die GIS-Daten des BAFU, die auf Modellierungen beruhen und im Feld auf ihre Plausibilität überprüft wurden. Allen Feldmitarbeitern wurden die Daten zur Verfügung gestellt, mit der Aufforderung, diese im Rahmen der Feldarbeiten zu überprüfen.

QS-Workshop

Am 31. Mai 2023, unmittelbar vor Beginn des Untersuchungszeitfensters, wurde ein Qualitätssicherungs (QS)-Workshop in Hochdorf (LU) durchgeführt. Dabei wurden die einzelnen Schritte der Untersuchungen und der Dateneingabe im Detail besprochen und diskutiert. Sehr hilfreich war auch die aktive Mitwirkung von Barbara Känel, die an der Entwicklung der Methode massgeblich beteiligt war und ihre langjährige Erfahrung mit Makrophytenuntersuchungen im Kanton Zürich einbrachte. Nach einem Theorieteil am Vormittag wurden an einem nahegelegenen Fliessgewässer auch die Details der Feldarbeiten besprochen und gleich praktisch umgesetzt.

Die Feldmitarbeiter*innen, die Strecken im Schwall-Sunk-Bereich von Kraftwerken untersuchten, setzten sich im Vorfeld mit den Betreibern der Anlagen in Verbindung, um einen geeigneten Termin für die Begehung zu vereinbaren. Mitarbeiter*innen, die besonders tiefe oder starkströmende Strecken zugeteilt erhielten, zogen zur Sicherheit eine Begleitperson für die Durchführung der Untersuchungen bei.

Als Dienstleistung während der Feldarbeiten standen eine französischsprachige und eine deutschsprachige Telefonhotline zur Verfügung, mit der die beiden Projektleiter bei Fragen und Problemen weiterhalfen.

Auswertungstool

Im Vorfeld der Untersuchungen haben die beiden Projektleiter eine neu überarbeitete Version der App EcoVal getestet. Die Berechnungen erfolgten auch mit der aktualisierten Version der App korrekt.

Workshop Plausibilisierung

Am 22. April 2024 wurde der Workshop zur Plausibilisierung der Ergebnisse durchgeführt. Wichtig waren hier die Zuordnung der Strecken zu den Fluss-Vegetationstypen, deren Berechnung durch das Auswertungstool stark schwanken kann. Es wurde versucht, die Typisierung der Strecke möglichst beizubehalten, um grössere Abweichungen zu vermeiden. An Stellen, bei denen Revitalisierung stattfanden, musste aber vereinzelt auch eine Anpassung des Fluss-Vegetationstyps vorgenommen werden. Bei einigen Stellen zeigte sich, dass die Zuordnung der konsolidierten Abflussmenge nicht korrekt vorgenommen wurde, was zu einer falschen Typisierung führte. Diese Fehleinstufungen wurden durch die sorgfältige Durchsicht aller Daten und unter Beteiligung der jeweiligen Feldmitarbeiter*innen nach dem Workshop endgültig behoben.

Anhang B Liste der Probenahmestellen und Begehungstermine

AC: Alberto Conelli, AD: Alain Demierre, BK: Barbara Känel, CvK: Corinna von Kürthy,
DK: Daniel Küry, MM: Marion Mertens, PM: Pascal Mulattieri.

Kan- ton	ID	Gewässer	Koord X	Koord Y	Bearb	Jun	Jul	Aug	Sep / Okt
SO	9	Limpach	2605991	1220872	CvK				08.09.23
VD	20	Venoge	2532024	1154048	PM		05.07.23		
VD	22	Broye	2566185	1191947	AD		25.07.23		
SG	23	Steinach	2750755	1262628	DK			15.08.23	
SG	27	Necker	2724298	1250473	DK			15.08.23	
AG	34	Bünz	2656423	1251258	CvK			15.08.23	
AG	35	Surb	2662285	1268508	MM				02.10.23
AG	36	Sissle	2641431	1266032	MM				02.10.23
AG	39	Suhre	2648694	1247568	CvK			15.08.23	
ZH	44	Glatt	2691151	1248355	BK	19.06.23			
ZH	45	Aabach	2696927	1240805	BK	19.06.23			
ZH	46	Aa	2694937	1244957	BK	19.06.23			
ZH	49	Furtbach	2671499	1255843	BK	12.06.23			
FR	54	Sionge	2572350	1167640	AD		25.07.23		
BE	58	Chise	2613800	1188940	AD		25.07.23		
BE	59	Gürbe	2603555	1196625	AD		24.07.23		
BE	62	Urtenen	2606959	1217379	CvK				08.09.23
ZH	65	Sihl	2693159	1225357	BK	06.06.23			
JU	68	Sorne	2593577	1246286	PM		10.07.23		
JU	69	Scheulte	2599485	1244150	PM		10.07.23		
TG	71	Lauche	2712330	1264343	DK			15.08.23	
TG	72	Chemibach	2721588	1273116	DK			15.08.23	
ZG	75	Lorze	2674514	1230487	CvK			23.08.23	
JU	84	Allaine	2567900	1261300	PM		10.07.23		
NE	119	Seyon	2559534	1207117	PM		10.07.23		
VD	127	Talent	2532670	1173050	PM		05.07.23		
VD	130	Aubonne	2520733	1147424	PM		05.07.23		
BE	134	La Birse	2596389	1240411	PM		10.07.23		
AG	136	Küntener- bach	2666969	1248640	CvK				07.09.23
AG	137	Möhlinbach	2632625	1265715	CvK				07.09.23
BE	138	Chrümlis- bach	2605418	1219113	AD		24.07.23		
BE	139	Ballmoos- bach	2603217	1210481	AD		24.07.23		
FR	140	Bainoz	2552609	1184082	AD		25.07.23		
SG	143	Zapfenbach	2764797	1250888	DK			15.08.23	

Kan- ton	ID	Gewässer	Koord X	Koord Y	Bearb	Jun	Jul	Aug	Sep / Okt
SH	145	Landgrabe	2674872	1279823	MM				02.10.23
SH	146	Begginger- bach	2681332	1291090	MM				02.10.23
TI	149	Vedeggio	2714110	1095679	AC				04.09.23
VD	150	Ruisseau Gi	2545151	1181272	AD		25.07.23		
VD	151	Le Combag- nou	2522957	1158668	PM		05.07.23		
VS	152	Canal D'Uv- rier	2597501	1121662	PM		26.07.23		
LU	154	Ron	2664000	1224173	CvK			23.08.23	

Anhang C Ausdruck der Maske zur Erfassung der Standortparameter und der Makrophyten-Taxa im Feld

Feldprotokoll Makrophyten

Stellen Code:		Stelle:		Datum:	
Gewässer:		Kanton:		BearbeiterIn:	
Projekt:		Nr. Fotos:		Foto 1:	
Koordinaten X:		Koordinaten Y:		Höhe ü. M.:	
				Länge (m):	

Breite		m
Benetzt:		m
Variabilität:	☒ nicht erfassbar ☐ ausgeprägt ☐ eingeschränkt ☐ keine/sehr geringe	

Gefälle		%
Wert GIS:		%
Datenquelle GIS:		%
Schätzung Feld:		%
Konsolidiert:		%
Konsolidiert (Quelle):		

Abfluss	Mittelwert	Tageswert
Wert Hydrometrie:	l/s	l/s
Nr. Station:		
Station Lage:	☒ unbekannt ☐ im Abschnitt ☐ in der Nähe - Vergleichsmessstelle	
Wert GIS:	l/s	
Datenquelle GIS:		
Schätzung Feld:	l/s	
Konsolidiert:	l/s	
Konsolidiert (Quelle):		

Tiefe		m
Mittlere Tagestiefe:		m
Maximale Tagestiefe:		m
Tiefe b. mitt. W.-stand:		m
Variabilität:	☒ nicht erfassbar ☐ ausgeprägt ☐ eingeschränkt ☐ keine/sehr geringe	

Beschattung		%
Schätzung Feld:		%

Strömung	m/s	Anteil
Schätzung Mittelwert Feld:		
Fast stehend o. Kehrströmung:	<0.03	%
Sehr langsam fließend:	0.03-0.1	%
Langsam fließ., fast glatt:	0.1-0.3	%
Schnell fließ., wenig turbulent:	0.3-1	%
Sehr schnell fließ., turbulent:	>1	%

Substratstabilität		
Substratstabilität:	☒ nicht erfassbar ☐ unbeweglich ☐ begrenzt bew. ☐ beweglich	

Substrat	cm	Anteil
Blöcke	>40	%
Grosse Steine	20-40	%
Steine	6.3-20	%
Grobkies	2-6.3	%
Fein-Mittelkies	0.2-2	%
Sand	0.063-0.2	%
Schluff/Ton	<0.063	%
Faul-Schlamm		%
Humus/Torf		%
künstl. Substrat		%

Verbauung Sohle		
Verbauungsgrad	☒ nicht erfassbar ☐ nicht erfassbar ☐ Steinschüttung/Rauhbett ☐ Holz ☐ Belongittersteine ☐ undurchlässig (Beton) ☐ andere/dicht	
keine (0%):		
vereinzelt/punktuell (< 10%):		
mässig (10-30%):		
größer (30-60%):		
überwiegend (> 60%):		
vollständig (100%):		

Verbauung Böschungsfuss	links	rechts	Verbauungsart/Material	links	rechts
Verbauungsgrad					
nicht erfassbar	☐	☐	nicht erfassbar	☐	☐
keine (0%):	☐	☐	Lebendverbau	☐	☐
vereinzelt/punktuell (< 10%):	☐	☐	Naturstein locker	☐	☐
mässig (10-30%):	☐	☐	Holz	☐	☐
größer (30-60%):	☐	☐	Belongittersteine	☐	☐
überwiegend (> 60%):	☐	☐	Natursteine dicht	☐	☐
vollständig (100%):	☐	☐	Mauer	☐	☐
			andere/undurchlässig	☐	☐

Uferbereich	links	rechts
Breite [m]:		
Dominanter Typ pro Seite		
nicht erfassbar	☐	☐
Röhricht/Reed	☐	☐
Wald	☐	☐
Bäume/Straucher und ext. Wiese	☐	☐
monotone Hochstaudenflur	☐	☐
extensive Wiese ohne Bestockung (<25%)	☐	☐
Alleesähnliche Bestockung	☐	☐
keine/künstlich	☐	☐
Kies/Geröll/Fels	☐	☐
Anderes		

Umland	links	rechts
Dominante Nutzung pro Seite		
nicht erfassbar	☐	☐
Mischwald	☐	☐
Nadelwald (> 75% Nadelholz)	☐	☐
Laubwald (> 75% Laubholz)	☐	☐
Fettwiese/Acker/Weide	☐	☐
Magerwiese/Hochstauden	☐	☐
Röhricht/Reedwiesen	☐	☐
Auen	☐	☐
Siedungsgebiet	☐	☐
Anderes		

Ausserer Aspekt		Bemerkungen:
Kolmation:	☒ nicht erfassbar ☐ keine ☐ leicht/mittel ☐ stark	
Trübung:	☒ nicht erfassbar ☐ keine ☐ leicht/mittel ☐ stark	

Landnutzung im Einzugsgebiet		%
Waldfläche:		%
Siedungsfläche:		%
Landwirtschaft:		%

Fließgewässertypisierung CH	
dom. Geologie des Abschnitts:	nicht gewählt
Biogeographische Region:	nicht gewählt

Flussordnung / Abflussregime	
Flussordnungszahl:	
Abflussregimetyp:	

version 20200519

Kommentare
(Stau- oder Restwasserstrecke, nahe Seeausfluss, auffällige Einleitung, heterotropher Bewuchs, Verkrautung, Wetter, Zugänglichkeit der Stelle, besondere Arten,...)

Anhang D Vergleich der Makrophyten-Bewertungen der Jahre 2012-2015-2019

Klassen Zustandsbewertung: **Blau:** sehr gut, **grün:** gut, **gelb:** mässig, **orange;** unbefriedigend, **rot:** schlecht

ID	Gewässer	Kt.		2012		2015		2019		2023
CH_007_BE	Emme	BE	A		A		A			
CH_009_SO	Limpach	SO	MS	0.74	MS	0.63	MS	0.43	MS	0.64
CH_014_LU	Reuss	LU	A		A		A			
CH_020_VD	Venoge	VD	MH-MM	0.71	MH-MM	0.77	VA		VA	-
CH_021_VD	Thièle	VD	A		A		A			
CH_022_VD	Broye	VD	SGS	0.55	SGS	0.57	SGS	0.56	SGS	0.29
CH_023_SG	Steinach	SG	MH-MM	0.27	MH-MM	0.27	MH-MM	0.24	MH-MM	0.32
CH_027_SG	Necker	SG	SGM	0.98	SGM	0.98	SGM	0.93	SGM	0.75
CH_034_AG	Bünz	AG	MH-MM	0.46	MH-MM	0.53	MH-MM	0.67	MH-MM	0.68
CH_035_AG	Surb	AG	MS	0.19	MH-MM	0.46	MM	0.51	MH-MM	0.27
CH_036_AG	Sissle	AG	GM	0.53	GM	0.59	GM	0.5	GM	0.41
CH_039_AG	Suhre	AG	SGM	0.3	SGM	0.64	SGM	0.73	SGM	0.49
CH_040_ZH	Limmat	ZH	A		A		A			
CH_044_ZH	Glatt	ZH	SGS	0.31	SGS	0.29	SGS	0.6	SGS	0.61
CH_045_ZH	Aabach	ZH	MS	0.32	MS	0.38	GS	0.42	GS	0.37
CH_046_ZH	Aa	ZH	VA		VA		GM	0.6	VA	-
CH_047_ZH	Reppisch	ZH	VA		VA		VA			
CH_049_ZH	Furtbach	ZH	MS	0.53	MS	0.55	MS	0.49	MS	0.49
CH_054_FR	Sionge	FR	GM	0.88	GM	0.8	GM	0.69	MM	0.74
CH_058_BE	Chise	BE	MM	0.47	MM	0.45	MM	0.44	GM	0.51
CH_059_BE	Gürbe	BE	SGS	0.61	SGS	0.51	SGS	0.51	SGS	0.37
CH_062_BE	Urtenen	BE	MS-MH	0.35	MS-MH	0.27	MS-MH	0.43	GS	0.41
CH_065_ZH	Sihl	ZH	SGM	1	SGM	0.95	SGM	0.95	SGM	0.92
CH_067_BL	Ergolz	BL	VA		VA		VA			
CH_068_JU	Sorne	JU	SGM	0.91	SGM	0.74	SGS	0.38	VA	-
CH_069_JU	Scheulte	JU	GM	0.75	GM	0.74	VA		GM	0.42
CH_070_TG	Murg	TG	VA		VA		VA			
CH_071_TG	Lauche	TG	MH-MM	0.8	MH-MM	0.6	MH-MM	0.65	VA	-
CH_072_TG	Chemmenenbach	TG	MH	0.4	MH	0.4	MH	0.34	MH	0.57
CH_074_NW	Engelbergeraa	N W	A		A		A			
CH_075_ZG	Lorze	ZG	SGS	0.55	SGS	0.43	VA		SGS	0.72
CH_076_ZG	Lorze	ZG	VA		VA		VA			
CH_079_AG	Aabach	AG	VA		VA		VA			
CH_084_JU	Allaine	JU	MH-MM	0.53	MH-MM	0.63	VA		GS	0.26
CH_085_NE	Areuse	NE	A		A		A			

ID	Gewässer	Kt.		2012		2015		2019		2023
CH_087_JU	Birs	JU	A		A		A			
CH_088_JU	Doubs	JU	A		A		A			
CH_091_GR	Inn	GR	A				A			
CH_099_TI	Moesa	TI	A		A		A			
CH_106_BE	Saane	BE	A		A		A			
CH_107_FR	Sarine	FR	A		A		A			
CH_119_NE	Seyon	NE	MM	0.52	MM	0.18	MM	0.5	MM	0.34
CH_123_TI	Maggia	TI	SGM	0.79	SGM	0.88	VA			
CH_127_VD	Talent	VD	GS	0.44	GS	0.44	GS	0.52	GS	0.46
CH_128_VD	Promenthouse	VD	VA		VA		VA			
CH_130_VD	Aubonne	VD	SGM	0.81	SGM	0.74	SGM	0.78	SGM	0.84
CH_133_BE	Simme	BE	A		A		A			
CH_134_BE	La Birse	BE	SGM	0.71	SGM	0.78	SGM	0.56	SGS	0.23
CH_136_AG	Küntenenbach	AG					KM	0.92	KM	0.69
CH_137_AG	Möhlinbach	AG					MH-MM	0.43	MH	0.73
CH_138_BE	Chrümlisbach	BE					KH	0.45	VA	-
CH_139_BE	Ballmoosbach	BE					KH	0.74	KH	0.63
CH_140_FR	Balnoz	FR					KM	0.74	KM	0.74
CH_141_JU	Everatte	JU					VA			
CH_143_SG	Zafenbach	SG					KH-KM	0.46	KS	0.58
CH_144_SG	Mittlerer Seegra- ben	SG					VA			
CH_145_SH	Landgrabe	SH					MH	0.32	MH-MM	0.41
CH_146_SH	Beggingerbach	SH					KM	0.54	KM	0.88
CH_147_TG	Eschlisbach	TG					VA			
CH_148_TG	Salmsacher Aach	TG					VA			
CH_149_TI	Vedeggio	TI					SGM	0.78	SGM	0.75
CH_150_VD	Ruisseau Gi	VD					KH-KM	0.45	KH	0.35
CH_151_VD	Le Combagnou	VD					KM	0.32	KM	0.33
CH_152_VS	Canal d'Uvrier	VS					KS	0.6	KS	0.79
CH_153_NE	Doubs	NE					SGM	0.54		
CH_154_LU	Ron	LU					MH-MM	0.8	MH-MM	0.69

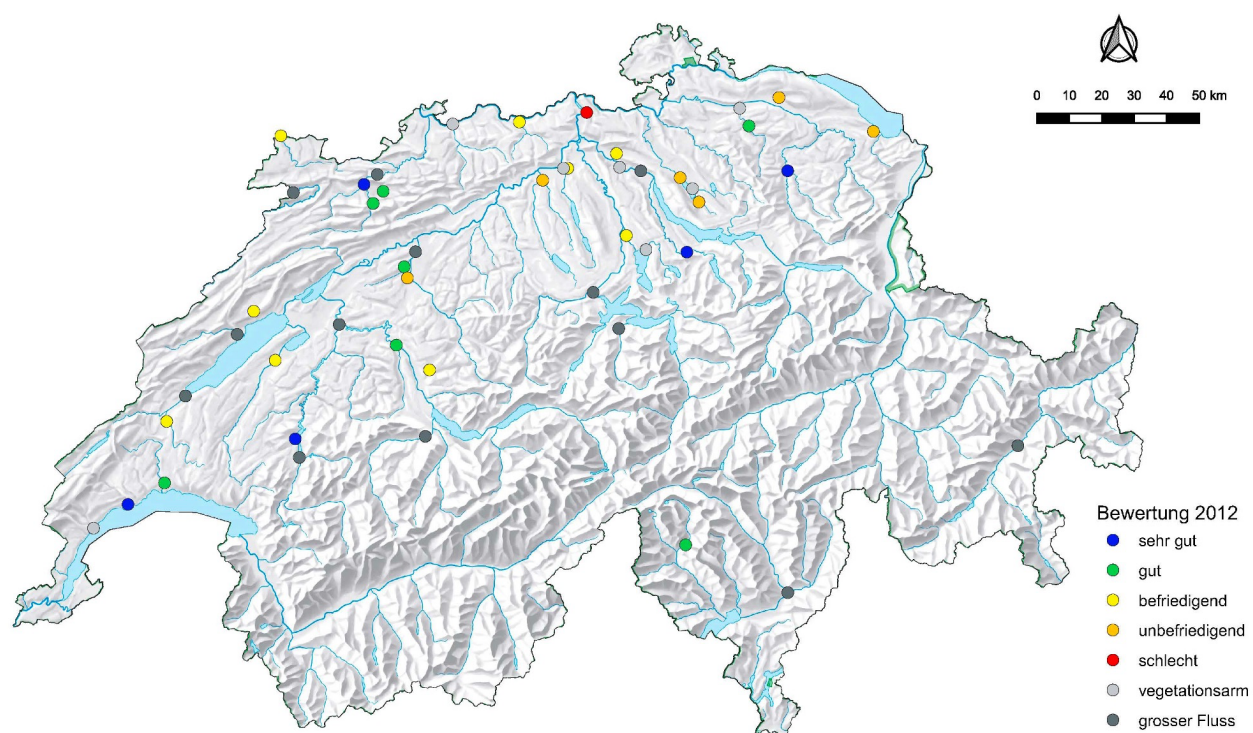


Abb. AC1: Bewertung der im Jahr 2012 untersuchten Strecken des Programms NAWA-Trend Makrophyten.

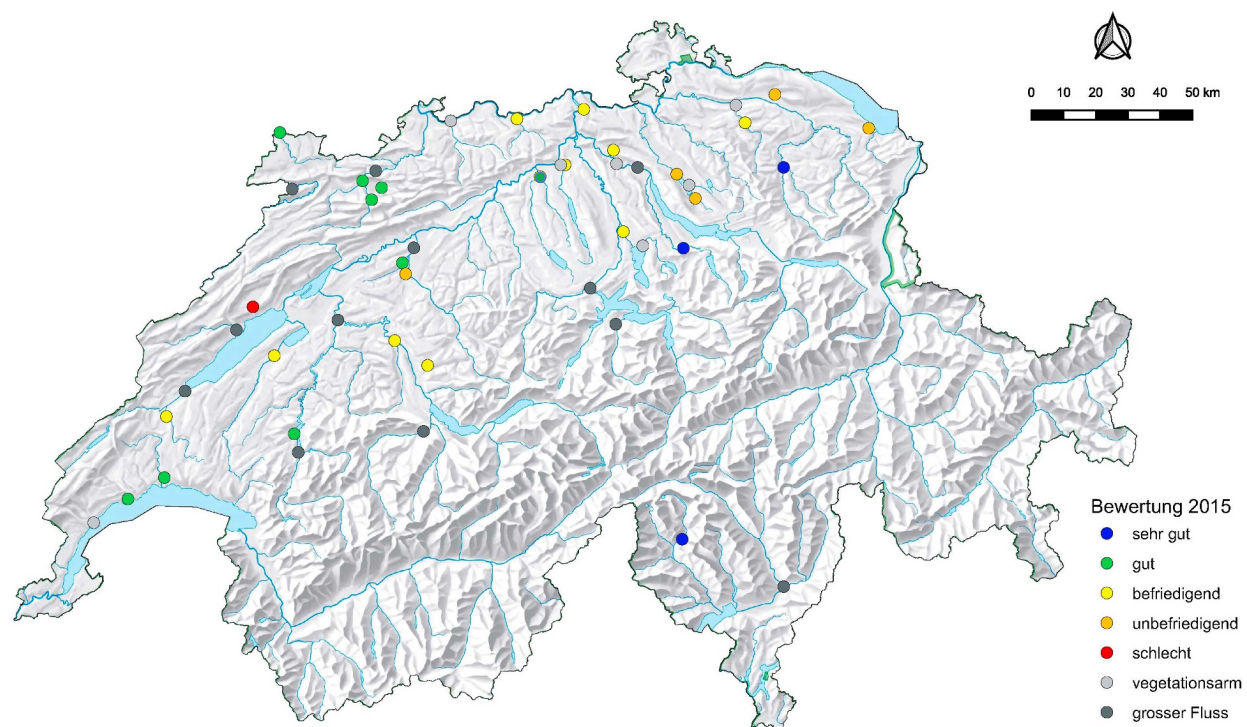


Abb. AC2: Bewertung der im Jahr 2015 untersuchten Strecken des Programms NAWA-Trend Makrophyten.

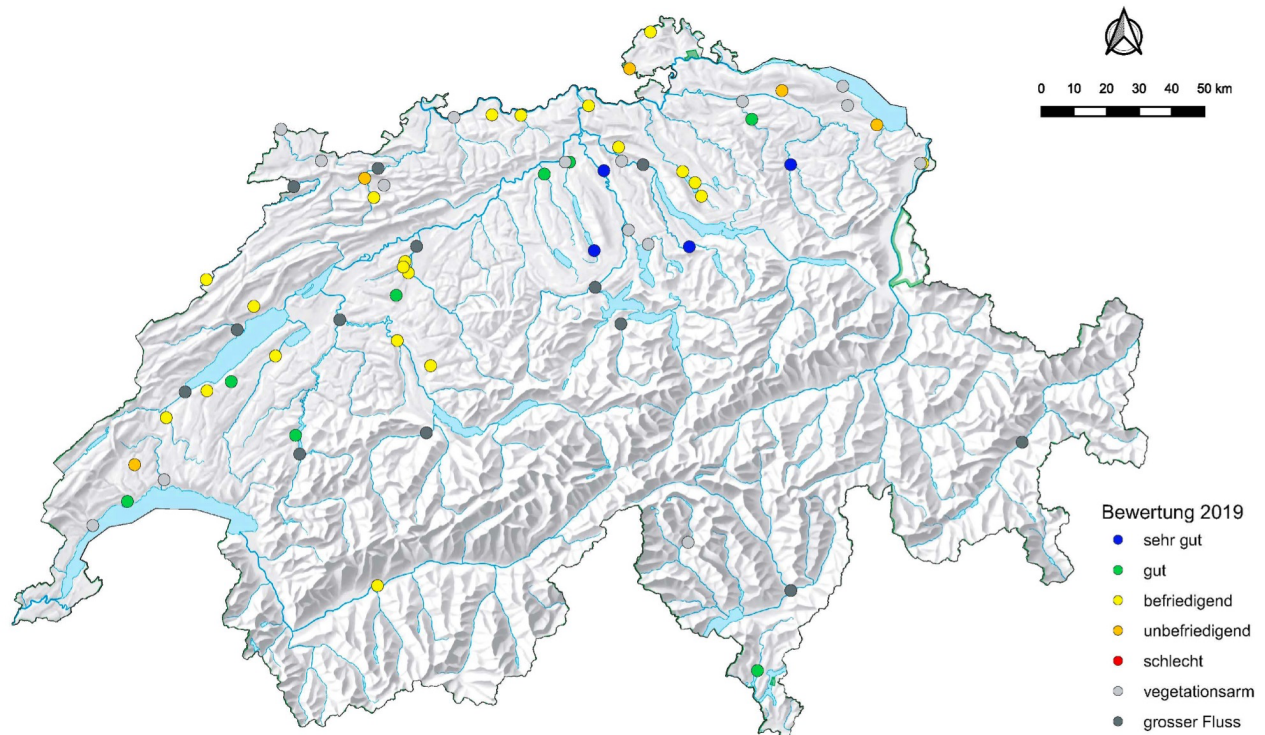


Abb. AC3: Bewertung der im Jahr 2019 untersuchten Strecken des Programms NAWA-Trend Makrophyten.

Anhang E: Taxaliste und Fundhäufigkeiten

Taxagruppe	Artname	Anzahl Stellen	RL-Status	Priorität	Neophyt
Algen	Fädige Grünalgen	27			
Gefässpflanzen	<i>Agrostis stolonifera</i> L.	21			
Gefässpflanzen	<i>Berula erecta</i> (Huds.) Coville (emers)	4			
Gefässpflanzen	<i>Callitriche</i> sp.	3			
Gefässpflanzen	<i>Carex acuta</i> L.	1			
Gefässpflanzen	<i>Carex acutiformis</i> Ehrh.	1			
Gefässpflanzen	<i>Carex elata</i> All.	1			
Gefässpflanzen	<i>Carex</i> sp. 1	9			
Gefässpflanzen	<i>Carex</i> sp. 2	6			
Gefässpflanzen	<i>Carex</i> sp. 3	2			
Gefässpflanzen	<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	1			
Gefässpflanzen	<i>Deschampsia cespitosa</i> (L.) P. Beauv.	4			
Gefässpflanzen	<i>Epilobium roseum</i> Schreb.	1			
Gefässpflanzen	<i>Equisetum palustre</i> L.	1			
Gefässpflanzen	<i>Glyceria notata</i> Chevall.	1			
Gefässpflanzen	<i>Glyceria fluitans</i> (L.) R. Br. oder <i>notata</i> Chevall.	10			
Gefässpflanzen	<i>Iris pseudacorus</i> L.	2			
Gefässpflanzen	<i>Lysimachia thyrsiflora</i> L.	1	VU	4	
Gefässpflanzen	<i>Mentha aquatica</i> L.	2			
Gefässpflanzen	<i>Myriophyllum spicatum</i> L.	7	NT		
Gefässpflanzen	<i>Myriophyllum verticillatum</i> L.	1	NT		
Gefässpflanzen	<i>Nasturtium officinale</i> R. Br.	1			
Gefässpflanzen	<i>Nasturtium</i> sp. oder <i>Cardamine amara</i> L.	5			
Gefässpflanzen	<i>Phalaris arundinacea</i> L.	26			
Gefässpflanzen	<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Steud.	8			
Gefässpflanzen	<i>Potamogeton crispus</i> L.	1			
Gefässpflanzen	<i>Potamogeton nodosus</i> Poir	1	VU	4	
Gefässpflanzen	<i>Potamogeton pectinatus</i> L.	2			
Gefässpflanzen	<i>Potamogeton</i> x <i>schreberi</i> G. Fisch. (= <i>P. natans</i> x <i>P. nodosus</i>)	1			
Gefässpflanzen	<i>Ranunculus circinatus</i> Sibth.	1	VU	4	
Gefässpflanzen	<i>Ranunculus fluitans</i> Lam.	1	NT		
Gefässpflanzen	<i>Ranunculus</i> sp.	1			
Gefässpflanzen	<i>Schoenoplectus lacustris</i> (L.) Palla	1			
Gefässpflanzen	<i>Sparganium erectum</i> L. s.l.	6			
Gefässpflanzen	<i>Sparganium erectum</i> L. s.l. oder <i>emersum</i> Rehm.	2			
Gefässpflanzen	<i>Typha latifolia</i> L.	2			
Gefässpflanzen	<i>Veronica beccabunga</i> L.	15			
Gefässpflanzen	<i>Veronica anagallis-aquatica</i> L. oder <i>catenata</i> Pennell	5			
Moose	<i>Brachythecium rivulare</i> Schimp.	4			
Moose	<i>Calliergonella cuspidata</i>	1			

Taxagruppe	Artname	Anzahl Stellen	RL-Status	Priorität	Neophyt
Moose	<i>Cinclidotus aquaticus</i> (Hedw.) Bruch & Schimp.	1	NT	2	
Moose	<i>Cinclidotus danubicus</i> Schiffn. & Baumgartner	2			
Moose	<i>Cinclidotus fontinaloides</i> (Hedw.) P.Beauv.	2			
Moose	<i>Cinclidotus riparius</i> (Brid.) Arn.	8			
Moose	<i>Cratoneuron filicinum</i> (Hedw.) Spruce	10			
Moose	<i>Dichodontium pellucidum</i>	1			
Moose	<i>Fissidens crassipes</i> Bruch & Schimp. subsp. <i>crassipes</i>	16			
Moose	<i>Fontinalis antipyretica</i> Hedw.	25			
Moose	<i>Hygroamblystegium fluviatile</i> (Hedw.) Loeske	1	NT	4	
Moose	<i>Hygroamblystegium tenax</i> (Hedw.) Jenn.	7			
Moose	<i>Hygrohypnum luridum</i> (Hedw.) Jenn.	2			
Moose	<i>Leptodictyum riparium</i> (Hedw.) Warnst.	17			
Moose	<i>Marchantia polymorpha</i> L.	2			
Moose	<i>Pellia endiviifolia</i> (Dicks.) Dumort. subsp. <i>endiviifolia</i>	4			
Moose	<i>Rhynchostegium riparioides</i> (Hedw.) Cardot	17			
Moose	<i>Thamnobryum alopecurum</i>	1			

Anhang F Charakterisierung der Standorte