

Biologische Überwachung der Fliessgewässer im Einzugsgebiet des Walensees im Jahr 2013



Beurteilung des Gewässerzustandes anhand
des Makrozoobenthos und der Kieselalgen
gemäss Modul-Stufen-Konzept Stufe F



Bild: Seez, Scholbina

Zuhanden:

Amt für Umwelt und Energie (AFU)
Lämmlibrunnenstr. 54
9001 St. Gallen

Inhaltsverzeichnis	Seite
1. ZUSAMMENFASSUNG	4
2. AUSGANGSLAGE	8
3. VORGEHENSWEISE	9
3.1 Untersuchungsstellen und -zeitpunkt	9
3.2 Probenahme- und Auswertungsmethoden	10
4. RESULTATE	12
4.1 Äusserer Aspekt und Ökomorphologie	12
4.2 Kieselalgen	15
4.3 Makrozoobenthos	19
4.4 Vergleich mit älteren Untersuchungen	25
5. LITERATURVERZEICHNIS	32
6. ANHANG	34
6.1 Beurteilungsblätter für alle Untersuchungsstellen	35
6.2 Methode und Rohdaten Kieselalgen	42
6.3 Methode und Rohdaten Makrozoobenthos	46
6.4 Methode und Rohdaten Ökomorphologie und Äusserer Aspekt	53

1. ZUSAMMENFASSUNG

Das Amt für Umwelt und Energie des Kantons St. Gallen beauftragte am 25.2.13 die Firma Limnex AG 7 Stellen in Fliessgewässern im Einzugsgebiet Walensee biologisch zu untersuchen und gemäss den Anforderungen der Gewässerschutzverordnung (GSchV, Anhang 1 und 2) ökologisch zu beurteilen. Es handelt sich dabei um fünf Stellen in der Seez (OGW 097 bei Plons, OGW 082 nach dem Flumroc Gelände, OGW 125 bei Scholbina, OGW 129 bei Paschga, OGW 002 bei der Ziegelhütte), eine Stelle im Entsumpfungskanal (OGW 130) und eine Stelle im Tscherlerbach (OGW 004). Für die Untersuchungen wurden verschiedene Module des Modul-Stufen-Konzeptes (BUWAL, 1998a) angewendet.

Die Untersuchungen fanden am Ende der winterlichen Niederwasserperiode am 13. und 14. März 2013 statt. Im Vorfeld der Feldaufnahmen konnten keine erhöhten Abflüsse oder ausgeprägte Hochwasser beobachtet werden.

Die Resultate der Untersuchungen sind in Kapitel 4 detailliert dargestellt (die Rohdaten befinden sich im Anhang 6). Abbildung 1 gibt einen kartographischen Überblick über die ökologische Bewertung der Untersuchungsstellen bezüglich Kieselalgen, Makrozoobenthos und Äusserem Aspekt. Die Resultate und Beurteilungen können wie folgt zusammengefasst werden:

- Die Ökomorphologie wurde nur punktuell bei den Probenahmestellen aufgenommen. Von den 7 Untersuchungsstellen zeigten 2 eine naturnahe und 1 eine wenig beeinträchtigte Morphologie. Die übrigen 4 Stellen waren stark beeinträchtigt.
- Beim Äusseren Aspekt wurden bei den meisten Kriterien keine Beeinträchtigungen festgestellt, womit die gesetzlichen Anforderungen gemäss GSchV weitgehend eingehalten werden können. Bei einzelnen Aspekten ist die Erfüllung der gesetzlichen Anforderungen jedoch fraglich, da eine geringe bis mittlere Beeinträchtigung ermittelt wurde. Das betrifft vor allem die Kolmation. Nicht erfüllt sind die Anforderungen im Tscherlerbach (OGW 004), wo besonders viel Abfall festgestellt wurde.
- Der Algenbewuchs war an den meisten Stellen leicht erhöht. Eher geringen Algenbewuchs wiesen die Stellen Paschga (OGW 129) und Ziegelhütte (OGW 002) auf. Algenwucherungen, wie sie gemäss GSchV vermieden werden sollten, wurden einzig im Entsumpfungskanal (OGW 130) beobachtet.
- Die Kieselalgen – beurteilt anhand des revidierten Diatomeen Index Schweiz (DI-CH) – zeigten für alle untersuchten Gewässer durchgehend unbelastete bis gering belastete Verhältnisse. Die gesetzlichen Anforderungen können damit eingehalten werden. Im schweizerischen Vergleich befinden sich die untersuchten Gewässer deutlich oberhalb des Mittelfeldes und gehören damit bezüglich Wasserqualität zu den sehr guten Fliessgewässern.
- Die ökologischen Ziele der GSchV, mit einer Vielfalt und Häufigkeit der Arten, die typisch ist für nicht oder nur schwach belastete Gewässer, können bezüglich Makrozoobenthos in der Seez bei Plons (OGW 097) vollständig eingehalten werden. Nur teilweise erreicht werden die Ziele an den übrigen vier Stellen, da Defizite in der Artenzusammensetzung bestehen. Bei Flumroc (OGW 082) und Paschga (OGW 129) kann man allerdings davon ausgehen, dass die Anforderungen vermutlich dennoch eingehalten wurden und methodische Artefakte zur mässigen Beurteilung führten. Nebst der mangelnden Artenvielfalt weist die Stelle Ziegelhütte (OGW 002) zusätzlich eine ungenügende Menge an Invertebraten auf. Im Tscherlerbach (OGW 004) und im Entsumpfungskanal (OGW 130) wurden die ökologischen Ziele ebenfalls nur teilweise erreicht. Bei letzterem beeinflussten vermutlich Pestizide die Zusammensetzung des Makrozoobenthos.

Der Vergleich der hier untersuchten 7 Probestellen im Einzugsgebiet Walensee mit denselben Stellen aus dem Jahr 2007 (Limnex, 2007) zeigte, dass die Situation des Äusseren Aspekts bis auf eine Zunahme der inneren Kolmation etwa gleich geblieben ist und sich die Ökomorphologie bei Flumroc (OGW 082) um eine Zustandsklasse verbessert hat. Der IBCH, und somit die durch das Makrobenthos indizierte Wasserqualität, hat sich an den meisten Stellen etwas verschlechtert, während die durch die Kieselalgen indizierte Wasserqualität nach wie vor sehr gut ist.

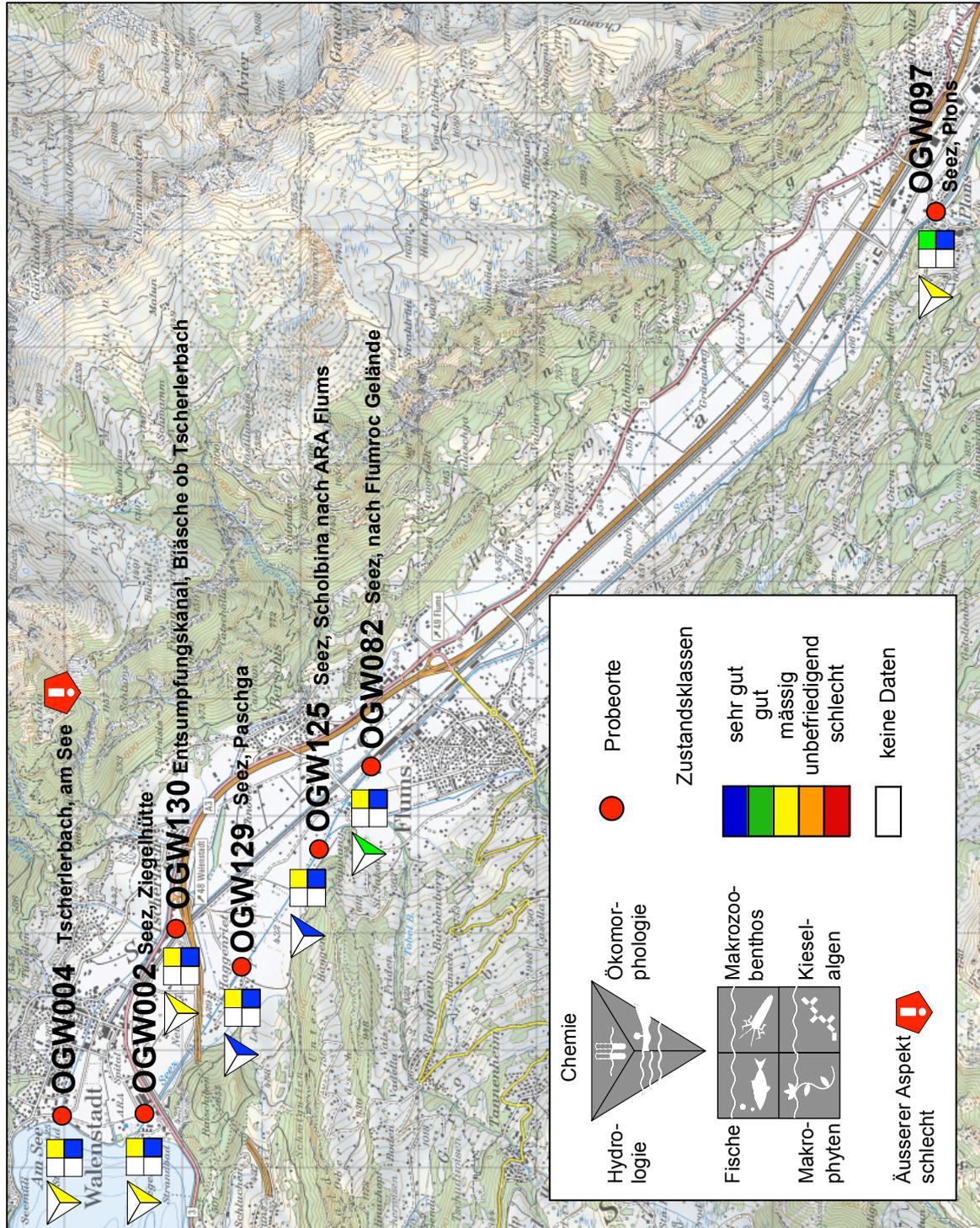


Abbildung 1: Karte des Einzugsgebiets im Einzugsgebiet oberer Walensee mit den 7 Untersuchungsstellen und Angaben zur ökologischen Qualität bezüglich Äusserem Aspekt, Ökomorphologie, Kieselalgen und Makrozoobenthos. Darstellung gemäss Synthese Entwurf zum Modulstufenkonzept (Baumann et al., 2010).

2. AUSGANGSLAGE

Mit Brief vom 17.10.12 hat das Amt für Umwelt und Energie (AFU) St. Gallen eine einmalige biologische Untersuchung der Fliessgewässer im Einzugsgebiet des oberen Walensees zur Offertstellung ausgeschrieben. In der Folge erteilte das AFU am 25.02.13 der Firma Limnex AG den Auftrag, die Untersuchung dieser Fliessgewässer durchzuführen und einen Bericht darüber zu verfassen.

An insgesamt 7 Stellen verschiedener Fliessgewässer wurden am 13. und 14. März 2013 nach dem winterlichen Niederwasser und zu Beginn der Schneeschmelze der Äussere Aspekt und die benthische Besiedlung (Kieselalgen und Makrozoobenthos) aufgenommen. Explizit überprüft wurde, wie weit die untersuchten abiotischen und biotischen Indikatoren an den einzelnen Stellen den ökologischen Zielen für Gewässer bzw. den Anforderungen an die Wasserqualität gemäss Gewässerschutzverordnung entsprechen (Anhang 1 und 2 der GSchV vom 28. Oktober 1998). Ausserdem ging es um das Aufzeigen von Veränderungen bezüglich der Ergebnisse früherer biologischer Aufnahmen. Zusätzlich wurde eine Dokumentation der Einzelstellen erstellt, die neben den allgemeinen Angaben auch jene Untersuchungsergebnisse (Parameter) enthält, welche direkt zur Beurteilung der gesetzlichen Anforderungen dienen.

3. VORGEHENSWEISE

3.1 Untersuchungsstellen und -zeitpunkt

Die 7 Untersuchungsstellen in den Fliessgewässern des Kantons St. Gallen und im Einzugsgebiet des Walensees wurden im Spätwinter am 13. und 14.03.13 untersucht. In Tabelle 2 sind die Stellen mit Untersuchungszeitpunkt, Koordinaten und Höhenlage aufgeführt. Die geographische Lage geht aus Abbildung 2 hervor. Bei den untersuchten Gewässern handelt es sich vorwiegend um kleinere und mittlere Fliessgewässer mit geringer Höhenlage zwischen 425 und 470 m über Meer. Die Gewässer entwässern direkt oder indirekt in den oberen Teil des Walensees.

In den Tagen vor den Probenahmen war es regnerisch, aber der Wasserstand war normal für diese Jahreszeit. Es trat noch kein Schmelzwasser auf und im Vorfeld der Untersuchungen gab es keine grösseren Hochwasser.

Tabelle 2: Untersuchungsstellen für die biologische Fliessgewässerüberwachung im Einzugsgebiet oberer Walensee mit Angaben zu Koordinaten, Höhenlage, Stellenbezeichnung und Untersuchungszeitpunkt.

Gewässer	Standortbezeichnung	Koordinaten		Höhe über Meer [m]	OGW Nr.	Datum der Probenahme
		x	y			
Seez	Plons	749100	213675	470	097	13.03.13
Seez	nach Flumroc Gelände	744400	218390	430	082	13.03.13
Seez	Scholbina, nach ARA Flums und Schils	743730	218800	430	125	13.03.13
Seez	Paschga	742650	219500	430	129	14.03.13
Seez	Ziegelhütte	741450	220300	425	002	14.03.13
Entsumpfungskanal	Biäsche ob Tscherlerbach	743000	220070	430	130	13.03.13
Tscherlerbach	Am See	741450	221050	425	004	13.03.13

3.2 Probenahme- und Auswertungsmethoden

Die Vorgehensweise bei der biologischen Beprobung richtet sich nach der Stufe F (flächendeckend) des Modul-Stufen-Konzeptes (MSK), einer speziell für schweizerische Verhältnisse entwickelten Methodik (BUWAL, 1998a). Für die vorliegende Untersuchung wurden die Module Äusserer Aspekt (Binderheim und Göggel, 2007), Ökomorphologie (BUWAL, 1998b), Kieselalgen (Hürlimann und Niederhauser, 2007) sowie Makrozoobenthos (Stucki, 2010) berücksichtigt.

Die Methodik bei der Erhebung der Kieselalgen, der Ökomorphologie und des Äusseren Aspekts ist gegenüber der Untersuchung im Jahr 2007 gleich geblieben (Limnex, 2007). Bei der Makrozoobenthos-Probenahme hat sich die Vorgehensweise mit der überarbeiteten Modulversion (Stucki, 2010) der Stufe F leicht verändert. Beim Modul Kieselalgen wurde die Einteilung des DI-CH in Zustandsklassen mit einer Zweiteichung durch Hürlimann und Niederhauser (2007) angepasst, und unterscheidet sich darum leicht vom Bewertungsschema der letzten Aufnahme im Jahr 2007. Die Ergebnisse werden mit denjenigen aus der Untersuchung 2007 verglichen (Limnex, 2007).

Eine detaillierte Beschreibung aller Methoden und Indices befindet sich im Anhang 6.2 - 6.4.

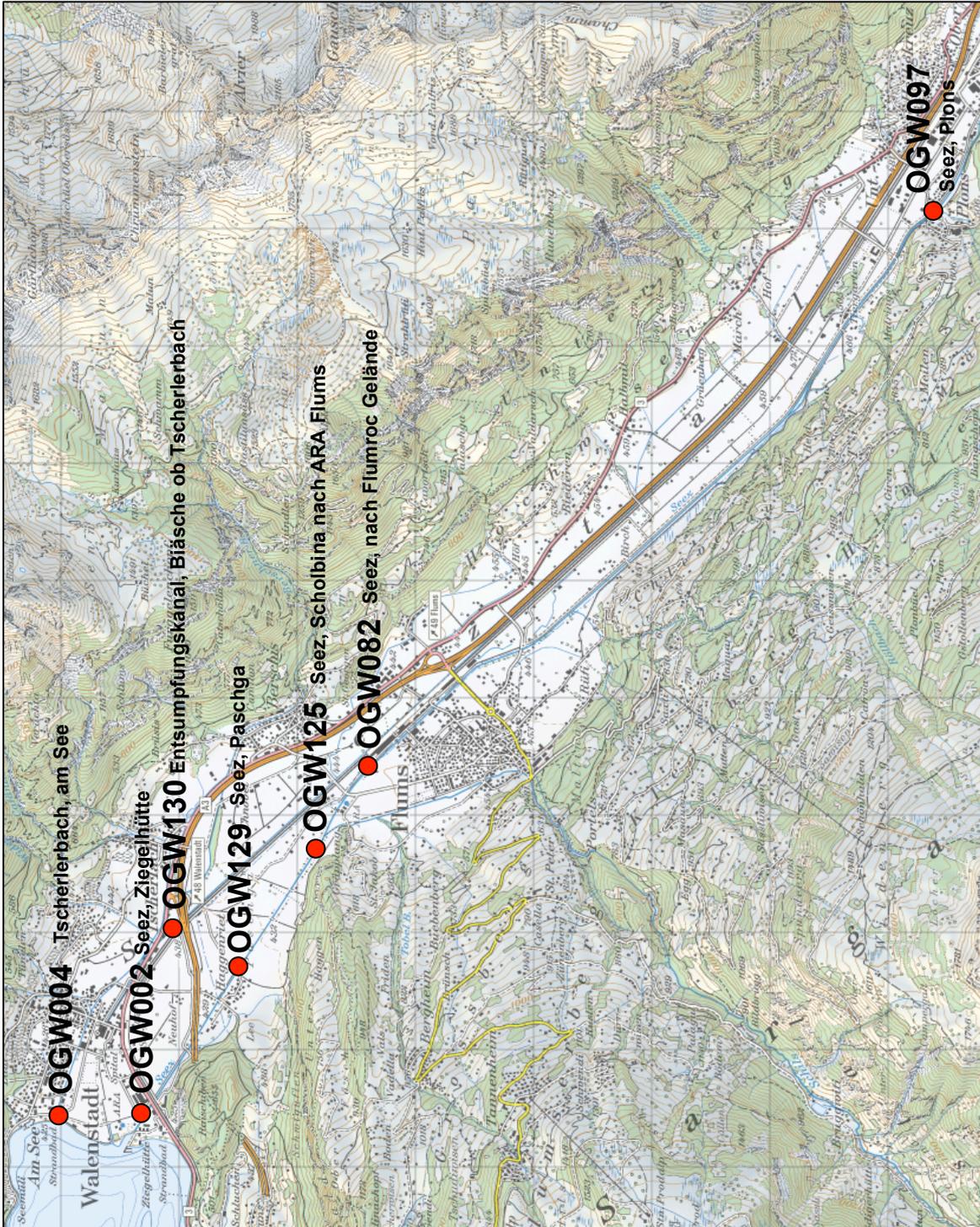


Abbildung 2: Karte des Untersuchungsgebiets oberer Walensee mit 7 Untersuchungsstellen. Detaillierte Angaben zu den Untersuchungsstellen sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

4. RESULTATE

4.1 Äusserer Aspekt und Ökomorphologie

Die Beurteilung des Äusseren Aspektes erfolgte an allen Untersuchungsstellen gemäss der Methodik zur Untersuchung des „Äusseren Aspektes“ des Modul-Stufen-Konzeptes (Binderheim und Gögge, 2007). Die Resultate sind in Tabelle 3 zusammengefasst (detaillierte Resultate mit Angaben zu den chemisch/physikalischen Verhältnissen während der Probenahme siehe Anhang 6.4). Der Äussere Aspekt wird anhand von drei (hier in diesem Bericht: vier) Zustandsklassen beurteilt. Die Einhaltung der Anforderungen an die Wasserqualität gemäss der Gewässerschutzverordnung (GSchV, Anhang 2) ist dabei wie folgt definiert:

Klasse 1	keine Beeinträchtigung (blau), Anforderungen gem. GSchV erfüllt
Klasse 2	leichte/mittlere Beeinträchtigung (gelb), Anforderungen gem. GSchV fraglich
Klasse 3	starke Beeinträchtigung (rot), Anforderungen gem. GSchV nicht erfüllt

Bei den Einzelaspekten ergibt sich zusammenfassend folgendes Bild:

- Weder Verfärbung, Trübung, unnatürlicher Schaum, Heterotropher Bewuchs oder Abwassergeruch konnte an einer der 7 Stellen beobachtet werden. Die Anforderungen an die Wasserqualität (GSchV, Anhang 2) werden diesbezüglich eingehalten. Erwähnenswert ist allerdings ein linksseitiger Zufluss aus einer Röhre bei Paschga (OGW 129, Waffenplatz): Das zufließende Wasser ist offenbar stark eisenhaltig, was die Steine unmittelbar beim Eintreten in die Seez leuchtend orange färbt („Eisenocker“; Eisen (III)-oxidhydrat). Das ausgefallene Eisenhydroxid kann Benthosorganismen und Kiemen von Fischen überziehen, wodurch die Tiere ersticken (Brandorff und Masch, 1997). Da es sich im Vergleich zur Seez um eine kleine Einleitung handelt und das ausgefällte Eisenhydroxid nur lokal auszumachen ist, stellt die Einleitung aus unserer Sicht keine grössere Gefahr für die Gewässerorganismen dar (Verdünnungseffekt; Abb. 3)



Abbildung 3: Eine Einleitung von stark eisenhaltigem Wasser an der Untersuchungsstelle Paschga (OGW 129) bildet bei der Einleitung in die Seez einen Belag aus Eisenocker (Eisenhydroxid).

- Eisensulfidflecken – ein Mass für die Sauerstoffverhältnisse im Gewässerboden – wurden im Tscherlerbach und im Entsumpfungskanal beobachtet. Das Ausmass ist zwar als gering einzustufen, doch ist die Erfüllung der Anforderungen an die Wasserqualität (GSchV, Anhang 2) diesbezüglich dennoch fraglich.
- Wenig Schlamm hat sich nur im Entsumpfungskanal gebildet. Dieser war aber nicht anoxisch und sehr wahrscheinlich natürlichen Ursprungs (totes Pflanzenmaterial). Die Anforderung gemäss GschV wird hier erfüllt.
- In der Seez war eine leichte äussere Kolmation entlang der Ufer festzustellen. Diese Feinablagerungen wurden bei höheren Abflüssen transportiert. Der Kies liess sich an den morphologisch aufgewerteten Orten (Flumroc, Scholbina, Paschga) locker kicken und erzeugte eher kurze Sedimentfahnen im Wasser. Bei Plons und Ziegelhütte war eine mittlere Kolmation feststellbar: Steine > 10 cm waren relativ fest verbacken mit dem Untergrund. Die Beurteilung nach der Methode Schälchli (2002) war nur bei Scholbina und Plons möglich und zeigte eine mittlere bis starke innere Kolmation. Beim Tscherlerbach am See waren die Moosflächen entlang der Ufer von Sand bedeckt (äussere Kolmation); der Untergrund wies eine mittlere Kolmation auf. Im Entsumpfungskanal zeigten die grösseren mineralischen Sedimente ebenfalls mittlere Kolmation, was wohl auf fehlendes Geschiebe und Verbauungen zurückzuführen ist.
- Feststoffe und Siedlungsabfälle, meistens Plastik und andere Verpackungsmaterialien, kamen an allen 7 Stellen vor. Besonders viele Abfälle waren im Tscherlerbach auszumachen. Unter anderem waren dort auch Altmetalle anzutreffen (z. B. Abfalltonnendeckel).
- Der Algenbewuchs war in der Seez von Kieselalgen und *Hydrurus* sp. (Goldalge) geprägt. Besonders an den oberen drei Stellen trat *Hydrurus* entlang der Seiten des Gewässers dominant hervor. Fädige Grünalgen fanden sich vereinzelt an grossen Blöcken erst ab der Untersuchungsstelle Scholbina. Im Entsumpfungskanal waren Steine ab 5 cm und Blöcke überzogen mit dicken Matten an fädigen Grünalgen und gemischt mit Sedimentablagerungen. Es scheint eine unnatürliche Algenwucherung zu sein. Trotzdem war die Sauerstoffsituation für die Wirbellosen offenbar ausreichend: Eine grosse räuberische Steinfliege (*Dinocras*) wurde unter einer solchen Algenmatte gefunden. Auch im Tscherlerbach wuchsen fädige Grünalgen, doch bildeten sie nicht Matten wie im Entsumpfungskanal.

Der Moosbewuchs in der Seez war bei Plons (*Fontinalis antipyretica*) und der Flumroc (*Hygrohypnum luridum*) nur vereinzelt vorhanden. An der Stelle Scholbina kam kein Moos vor. Flussabwärts bei der Stelle Paschga und der Stelle Ziegelbrücke bedeckten Moospolster die grossen Blöcke (*F. antipyretica*). Im Tscherlerbach (*Cinclidotus riparius*, *H. luridum*) und im Entsumpfungskanal (*H. luridum*, *F. antipyretica*) wurden je zwei Moosarten festgestellt. Es wurden keine Rote Listen Arten beobachtet.

Die einzige Stelle mit Makrophyten war der Entsumpfungskanal. Es wurde *Nasturtium* sp. und *Juncus* sp. an dieser Untersuchungsstelle festgestellt.

Die Ökomorphologie wurde nur punktuell bei den Untersuchungsstellen erhoben und kann sich damit von kantonalen, durchgehend erfassten Ökomorphologie-Aufnahmen unterscheiden. Die Resultate der zusammenfassenden Klassifizierung gemäss der Methodik in BUWAL (1998b) sind in Tabelle 3 zusammengefasst. Die Untersuchungsstellen Scholbina und Paschga haben durch die Revitalisierung einen naturnahen morphologischen Zustand erreicht. Bei der Stelle Flumroc wurde im Winter 2007/2008 die Seez hochwassersicher ausgebaut (Information L. Spalt, Tiefbauamt SG). Die Uferverbauung wurde gelockert und ökologisch verbessert, was zusammen mit dem immer noch ungenügenden Uferbereich zu der Einstufung „wenig beeinträchtigt“ führte. Die übrigen Stellen sind morphologisch alle stark beeinträchtigt.

Die detaillierten Angaben zur Ökomorphologie und der Zusammensetzung des Sohlenmaterials sind

im Anhang 6.4 zusammengestellt.

Bei den im Feld erfassten Begleitparametern zeigten sich keine auffälligen Befunde. Die Leitfähigkeit war an allen Stellen tief (191 – 197 µS/cm). Es wurden keine Unterschiede innerhalb der einzelnen Flussquerschnitte festgestellt.

Tabelle 3: Beurteilung des Äusseren Aspekts und der Ökomorphologie bei den 7 Untersuchungsstellen im Einzugsgebiet oberer Walensee vom März 2013. Die Beurteilungsstufen folgen den entsprechenden MSK Modulen (Binderheim und Göggel, 2007; BUWAL 1998b) und der 6-stufigen Skala von Thomas und Schanz (1976) für den Pflanzenbewuchs.

Gewässer, Standortbezeichnung	Seez, Plons	Seez, nach Flumroc Gelände	Seez, Scholbina nach ARA Flums und Schils	Seez, Paschga	Seez, Ziegelhütte	Entsumpfungskanal, Bläsche ob Tscherlerbach	Tscherlerbach, am See
OGW	097	082	125	129	002	130	004
Datum Probenahme	13.03.13	13.03.13	13.03.13	14.03.13	14.03.13	13.03.13	13.03.13
Äusserer Aspekt							
Schlamm							
Trübung							
Verfärbung							
unatürlicher Schaum							
Geruch							
Eisensulfid							
Kolmation							
Feststoffe und Abfälle							
Heterotropher Bewuchs (makroskopisch sichtbar)							
Pflanzlicher Bewuchs (nach Thomas und Schanz)							
Algen (Stufe)	4	4	4	2	2	5	3
Moose (Stufe)	2	2	1	3	3	2	2
Ökomorphologie							
Zustandsklasse	8	5	0	0	9	7	9

Legende

Beurteilung Äusserer Aspekt

Beurteilung Ökomorphologie

	keine Beeinträchtigung
	leichte / wenig Beeinträchtigung
	mittlere Beeinträchtigung
	starke / viel Beeinträchtigung

	0-1 natürlich / naturnach
	2-5 wenig beeinträchtigt
	6-9 stark beeinträchtigt
	10-12 naturfremd / künstlich

Fazit

Bei den meisten Kriterien des Äusseren Aspektes wurden keine Beeinträchtigungen festgestellt, womit die gesetzlichen Anforderungen gemäss GSchV weitgehend eingehalten werden können. Bei einzelnen Aspekten ist die Erfüllung der gesetzlichen Anforderungen jedoch fraglich, da eine geringe bis mittlere Beeinträchtigung ermittelt wurde (vgl. Tabelle 3: grün und gelb). Nicht erfüllt sind die Anforderungen an die GSchV aufgrund der Abfälle im Tscherlerbach am See und im Entsumpfungskanal aufgrund der dichten Algenmatten (Tabelle 3: rot).

Ökomorphologisch befinden sich die revitalisierten Abschnitte in gutem bis sehr gutem Zustand. Die übrigen Untersuchungsstellen sind morphologisch stark beeinträchtigt.

4.2 Kieselalgen

Die Kieselalgen wurden gemäss der im Anhang 6.2 beschriebenen Methodik beprobt und ausgewertet. Die Bestimmung der Kieselalgenarten und die nachfolgenden Auswertungen wurden vom Büro Aqua Plus in Zug durchgeführt. Die Beurteilung der Stellen basiert dabei auf verschiedenen Indikatorwerten, darunter den eigens für die Schweiz entwickelten Kieselalgenindex DI-CH (Hürlimann und Niederhauser, 2007, revidierte Version).

In Tabelle 4 sind einige dieser Kennwerte des Kieselalgenbewuchses zusammengestellt. Die vollständigen Rohdaten der Kieselalgen befinden sich im Anhang 6.2.

Tabelle 4: Kennwerte des Kieselalgenbewuchses an 7 Untersuchungsstellen im Einzugsgebiet Walensee im März 2013.

OGW Nr.	Gewässer	Standortbezeichnung	Taxazahl	Diversität	Summe sauerstoffbeeinflusster Arten [%]
097	Seez	Plons	22	2.80	13.0
082	Seez	nach Flumroc Gelände	23	3.24	11.2
125	Seez	Scholbina, nach ARA Flums und Schils	21	3.41	31.6
129	Seez	Paschga	22	3.06	13.4
002	Seez	Ziegelhütte	26	3.28	20.2
130	Entsumpfungskanal	Biäsche ob Tscherlerbach	27	3.14	6.2
004	Tscherlerbach	Am See	23	2.25	3.2

Die Taxazahlen der 7 untersuchten Stellen variierten zwischen 21 (Scholbina) und 27 (Entsumpfungskanal) und entsprechen den Erwartungen: Der Mittelwert für die verfügbaren schweizerischen Vergleichsgewässer liegt bei 25, wobei die meisten Werte zwischen 20 und 30 liegen.

Die Diversität erreichte an 5 Stellen hohe Werte zwischen 3.1 und 3.4, was eine natürliche Vielfalt und Zusammensetzung der Biozönose anzeigt. Die Untersuchungsstelle Plons zeigte als einzige Stelle in der Seez einen mittleren Diversitätswert (2.8). Der Tscherlerbach am See zeigte den niedrigsten Wert (2.25).

Die Summe sauerstoffbeeinflusster Arten erreichte bei keiner Stelle Werte von 50 % oder mehr, weshalb keine „zu gute“ Indizierung der Wasserqualität zu erwarten ist (Tab. 4; vergleiche Anhang 6.2).

Die Berechnung des Kieselalgenindex DI-CH ergab für alle 7 untersuchten Gewässerstellen sehr gute Werte zwischen 1.6 und 2.9 (Abb. 4). Entsprechend dominieren an allen untersuchten Stellen die sensiblen und hypersensiblen Arten mit prozentualem Anteil zwischen 80 % und 87 %. Der Anteil von resistenten Kieselalgenarten war im Entsumpfungskanal am grössten (1.6 %). Allerdings konnten bei Paschga rund 17 % der Kieselalgen keiner Gruppe zugeordnet werden.

Die chemischen Messwerte, die vom Kanton an der Stelle Ziegelhütte (OGW 002) im Zeitraum vom 31.01.2007 bis 6.12. 2011 erhoben wurden, bestätigen die allgemein sehr gute Wasserqualität. Einzig der Gesamtphosphor wurde zwischen November 2007 und Juni 2008 mehrmals in stark erhöhter Konzentration gemessen. Ob das im Zusammenhang steht mit den Bauarbeiten zum Hochwasserschutz oberhalb der Stelle Flumroc oder eine andere Ursache hat, ist unklar. Auch das erste Halbjahr im Jahr 2011 zeigte mässig erhöhte Gesamtphosphorwerte. Der gesamtschweizerische Vergleich (Abb. 5) – dieser enthält die Kieselalgendaten von rund 3'635 Referenzwerten aus Gewässern vergleichbarer Höhenlage (400 bis 800 m ü. M.) – zeigt, dass alle untersuchten Gewässer deutlich oberhalb des Mittelfeldes zu finden sind und damit bezüglich Wasserqualität zu den sehr guten Fliessgewässern gezählt werden können.

Fazit

Gemäss der Untersuchungsmethode von Hürlimann und Niederhauser (2007) können bei allen 7 Untersuchungsstellen die ökologischen Ziele der GSchV (Anhang 1) hinsichtlich Kieselalgen erfüllt werden, da keine relevante Belastung festgestellt wurde. Dies weist darauf hin, dass bei diesen Gewässerstellen auch die in der GSchV (Anhang 2) formulierten Anforderungen an die Wasserqualität in Fliessgewässern erfüllt sind.

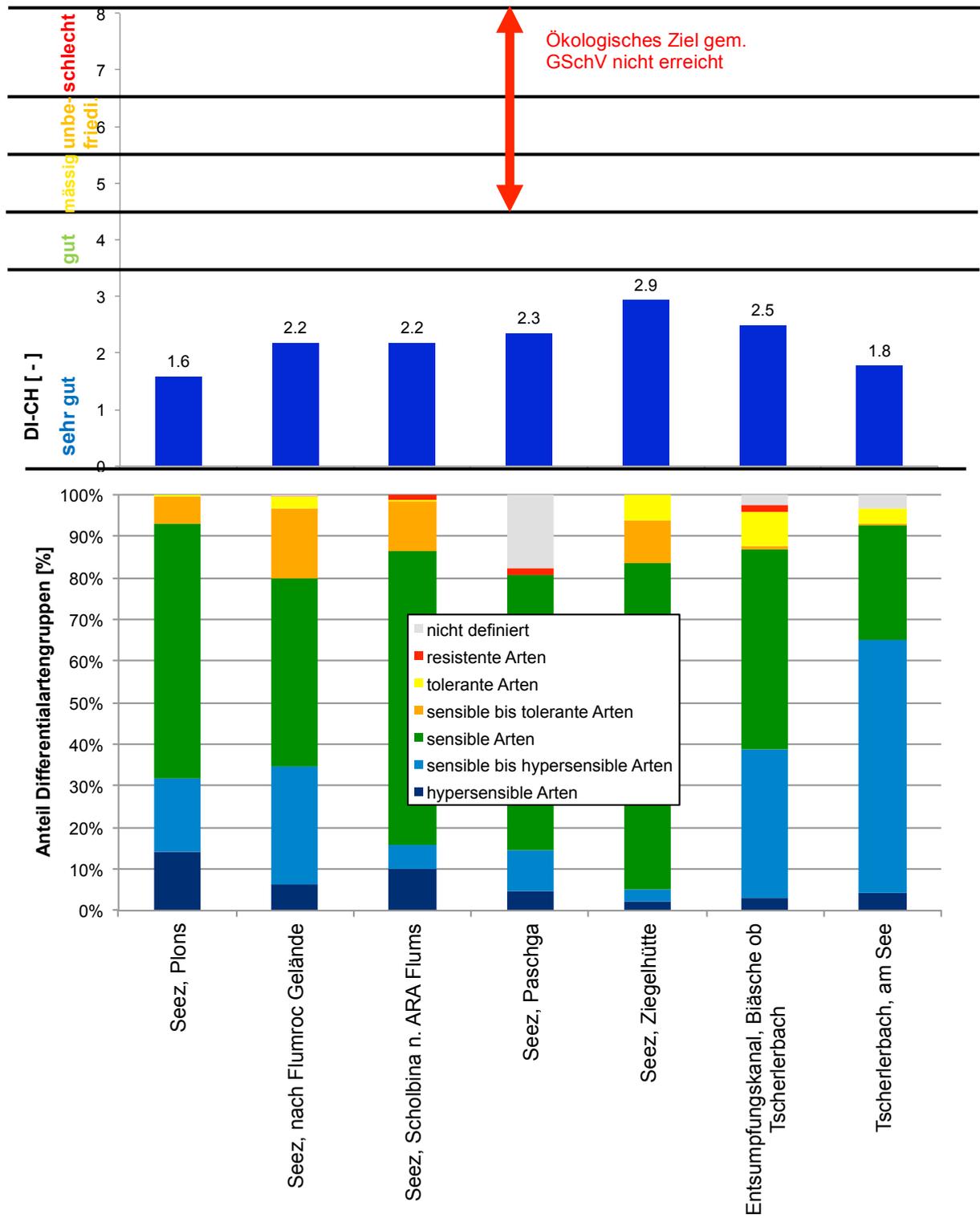


Abbildung 4: Beurteilung der Wasserqualität an 7 Stellen verschiedener Fließgewässer im Einzugsgebiet oberer Walensee anhand des schweizerischen Kieselalgenindex DI-CH (oberer Teil der Abbildung) sowie Resultate der Differentialartenanalyse nach Lange-Bertalot (1978; unterer Teil der Abbildung).

DI-CH Schweiz zwischen 400 und 800 m ü. M.

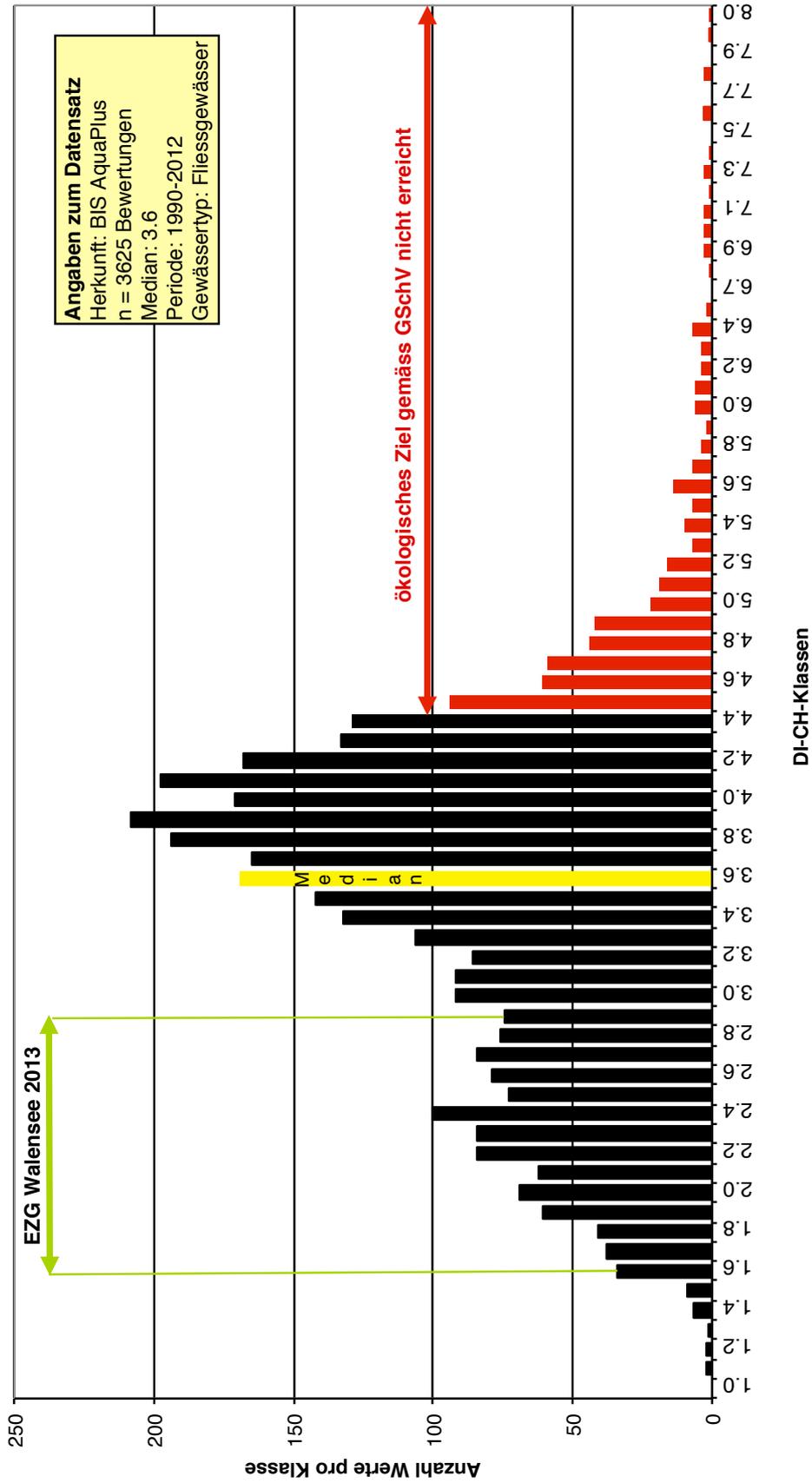


Abbildung 5: Vergleich des Kieselalgen-Index DI-CH der 7 Untersuchungsstellen im Einzugsgebiet des oberen Walensees vom März 2013 mit Daten für Fließgewässer der entsprechenden Höhenlage aus der Datenbank von Aqua Plus.

4.3 Makrozoobenthos

Die Untersuchung des Makrozoobenthos in den Fließgewässern im Einzugsgebiet des Walensees erfolgte gemäss der im Anhang 6.3 beschriebenen Methodik. Die vollständigen Rohdaten sind ebenfalls im Anhang 6.3 zusammengestellt. Eine Übersicht der bewerteten Indices zeigt Tabelle 5.

Tabelle 5: Zusammenstellung und Bewertung folgender Indices: Makroindex, IBCH, Saprobitäts-Index, Diversitäts-Index, SPEARpesticide-Index. Die Pfeile beim IBCH markieren mögliche höhere bzw. tiefere Einschätzungen des IBCHs aufgrund von methodischen Besonderheiten (Erklärung im Text).

OGW Nr.	Gewässer	Standortbezeichnung	Makro-Index	IBCH	Sapro. - Index	Diver. - Index	Spear-Index
097	Seez	Plons	1	13	1.42	2.69	58.8
082	Seez	nach Flumroc Gelände	2	12 ↑	1.26	2.35	43.5
125	Seez	Scholbina, nach ARA Flums und Schils	3	12 ↓	1.14	2.45	56.7
129	Seez	Paschga	1	12 ↑	1.15	2.14	67.8
002	Seez	Ziegelhütte	3	9	1.24	1.68	49.4
130	Entsumpfungskanal	Biäsche ob Tscherlerbach	3	12	1.94	3.54	23.0
004	Tscherlerbach	Am See	3	11	1.41	3.30	39.0

Legende:

Zustand	Makro-Index	IBCH	Saprobien-Index	Diversitäts-Index	SPEAR-pesticide-Index
 sehr gut	1 – 2	17 – 20	1.00 – 1.79	> 3	> 44
 gut	3	13 – 16	1.80 – 2.29	2 – 3	33 – 44
 mässig	4	9 – 12	2.30 – 3.69	1 – 2	22 – 33
 unbefriedigend	5 – 6	5 – 8	2.70 – 3.49		11 – 22
 schlecht	7 – 8	0 – 4	3.50 – 4.00	< 1	< 11

Die Zusammensetzung und Häufigkeit des Makrozoobenthos (Abbildung 6) trennt die Seez klar vom Tscherlerbach und dem Entsumpfungskanal: In der Seez fanden sich hauptsächlich Familien der EPT (Eintagsfliegen, Steinfliegen, Köcherfliegen), der Zuckmücken und weiterer Dipteren; nebst den genannten Gruppen kamen im Entsumpfungskanal und im Tscherlerbach Vertreter der Weichtiere, Krebse, Würmer und Käfer zusätzlich vor. Diese machten allein schon über 40 % im Kanal aus und über 25 % im Tscherlerbach.

Die Individuendichte in der Seez reichte von rund 1'000 Ind./m² (Ziegelhütte) bis zu 5'000 Ind./m² (Plons und Scholbina). Doch während an den beiden oberen Stellen die EPT zahlenmässig dominierten, waren es nach der ARA Flums und dem Zufluss Schils die Zuckenmückenlarven, welche den grössten Anteil der Proben ausmachten.

Die Biomassen (Nassgewicht in g/m²) korrelierten stark ($R^2 = 0.94$) mit der geschätzten Anzahl Individuen pro m². So wurden die höchsten Werte bei Plons (27.3 g/m²) und bei Scholbina (37.6 g/m²) gemessen, was den Erwartungswert nach Dückelmann (2001) von 10 – 15 g/m² bei weitem übertraf. Bis auf die Stelle Ziegelhütte mit schlechten Biomassewerten (3.2 g/m²) erreichten die übrigen Stellen gute bis sehr gute Biomassewerte (Abbildungen 7 und 8).

Die Artenvielfalt wird hier mit verschiedenen Indices dargestellt. Die meisten Stellen wiesen eine mittlere Anzahl von 17 bis 23 Taxa auf (Bestimmungstiefe siehe Rohdaten im Anhang; Abbildung 9). Einzig die Stelle Ziegelhütte hatte nur 10 Taxa. Wobei, wie bereits erwähnt, die Zusammensetzung der Arten im Entsumpfungskanal und im Tscherlerbach mehrheitlich verschieden war von derjenigen in der Seez.

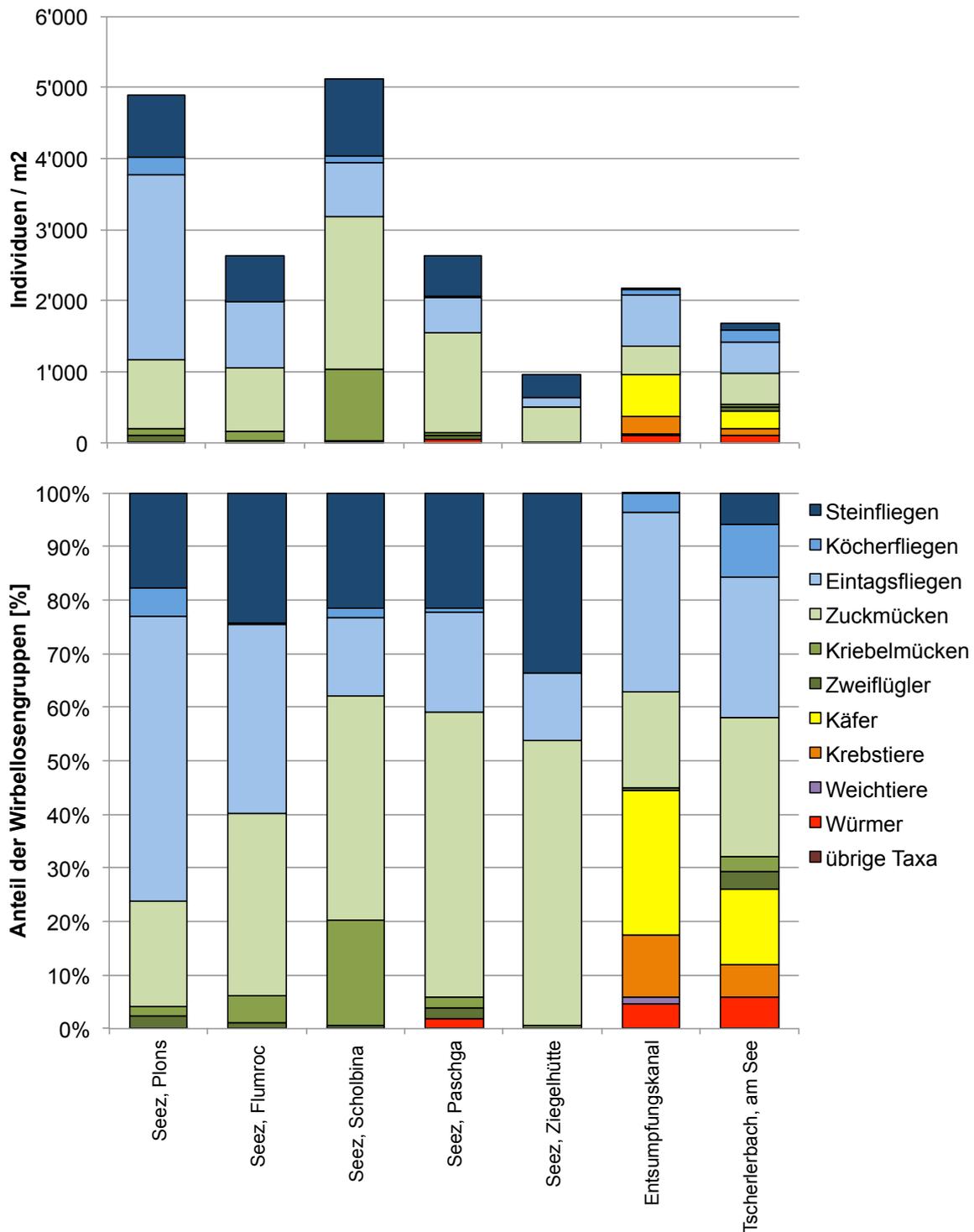


Abbildung 6: Zusammensetzung und Häufigkeit (Abundanz) des Makrozoobenthos der 7 Untersuchungsstellen im Gebiet oberer Walensee im März 2013. Dargestellt sind die wichtigsten systematischen Gruppen in absoluter (oben) und relativer Häufigkeit (unten).

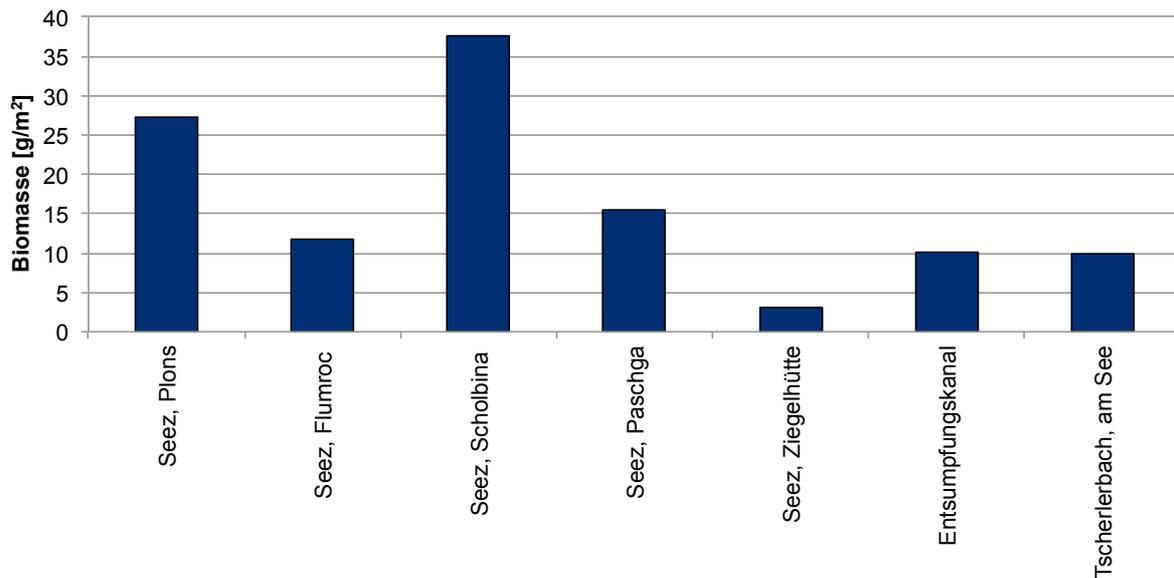


Abbildung 7: Biomasse (Nassgewicht g/m^2) des Makrozoobenthos an 7 Untersuchungsstellen im Einzugsgebiet des oberen Walensees im März 2013.

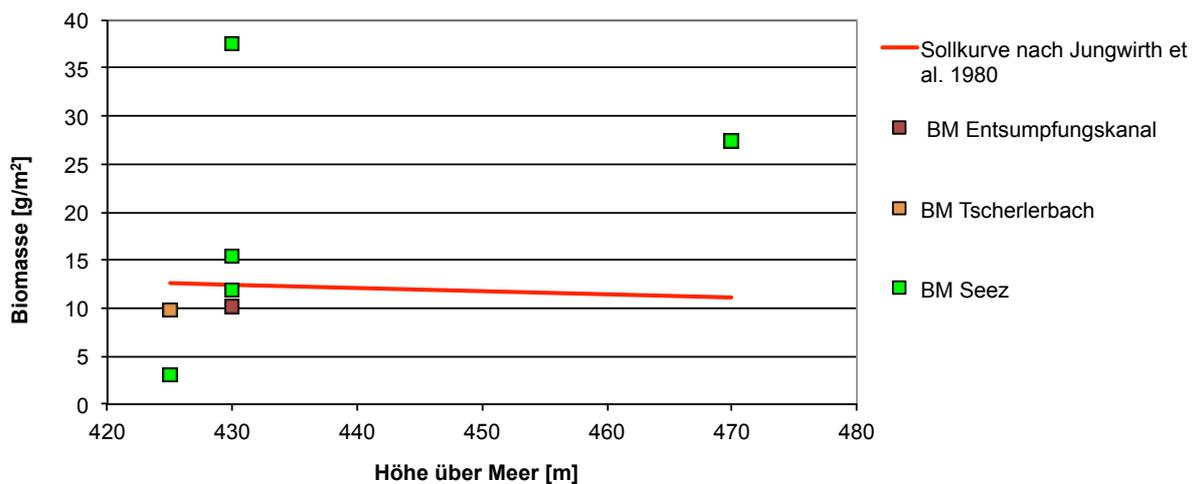


Abbildung 8: Biomasse des Makrozoobenthos in Abhängigkeit der Höhenlage an den 7 Untersuchungsstellen im Einzugsgebiet des oberen Walensees im März 2013. Die rote Line bezeichnet die erwartete Sollbiomasse entsprechend der Höhenlage (Dückelmann 2001, Jungwirth et al. 1981).

Der Diversitätsindex in der Seez zeigte bis auf die Stelle Ziegelhütte mittlere bis gute Vielfalt an (Werte 2 – 3), wenn auch die Evenness, also die Ausgeglichenheit der Individuenzahlen pro Stelle und Taxon, durch die Dominanz einzelner Taxa (Zuckmückenlarven, Kriebelmücken, Eintagsfliegen) nicht optimal war. Bei der Ziegelhütte setzte die geringe Anzahl Taxa den Diversitätsindex zusätzlich herab. Im Entsumpfungskanal und im Tscherlerbach hingegen beruhte der Diversitätsindex auf einer höheren Anzahl Taxa. Die Verteilung der Individuenzahlen auf die einzelnen Taxa war hier ausgeglichener. Das führte zu einem sehr guten Diversitätswert (> 3).

Der IBCH erreichte nur bei Plons die Zustandsklasse „gut“ (IBCH 13). Bei allen anderen Stellen erreichte der IBCH nur eine mässige Klassierung (IBCH 9 – 12). Dieses Ergebnis gilt es jedoch zu relativieren, weil insbesondere bei den Stellen Flumroc, Scholbina und Paschga aufgrund von

methodischen Artefakten¹ und dem Gesamtbild der Proben der IBCH geradesogut einen Punkt höher oder tiefer hätte ausfallen können (markiert durch Pfeile in Tabelle 5). So tendieren die Stellen bei Flumroc und Paschga eher zu einem IBCH von 13 und somit Klasse gut, was auch besser zu den übrigen Indices in Tabelle 5 passen würde. Die Stelle Scholbina hingegen scheint überbewertet durch einen IBCH von 12. Ein Wert von 11 oder gar 10 scheint angemessener, was auch der relativ zu den angrenzenden Probenahmestellen tiefere Makroindex von 3 hervorhebt. Scholbina verfügte nur über 6 EPT-Familien, während die anderen oberen Stellen an der Seez 8 – 10 EPT-Familien aufwiesen. Für die Ziegelhütte, Tschlerbach und Entsumpfungskanal ist der IBCH robust und stimmt auch eher mit dem Makroindex überein.

Der Makroindex (MI) zeigte für die drei letztgenannten Stellen und Scholbina einen guten Zustand an. Plons, Flumroc und Paschga haben einen MI von 2 oder gar 1, was sehr guten Verhältnissen entspricht und auf die hohe Anzahl an Steinfliegentaxa (≥ 4) zurückzuführen ist.

Die unterschiedliche Zustandsbewertung von Makroindex und IBCH rührt daher, dass der Makroindex sich stärker an einzelnen Arten orientiert und das Verhältnis von Insekten zu Nicht-Insekten berücksichtigt, während der IBCH nur auf Familienniveau agiert und bestimmte Familien stärker gewichtet. Oft schneidet der Makroindex (wie in der vorliegenden Untersuchung) eine Zustandsklasse besser ab als der IBCH, wenn mehrere Arten Steinfliegen- und köchertragende Köcherfliegenlarven in der Probe sind.

Die Unterschiede zum Diversitäts-Index können verschiedene Gründe haben. Grundsätzlich gilt, je mehr Taxa und je homogener deren Anteile an Individuen in der Gesamtprobe sind, desto grösser kann der Diversitäts-Index werden. Im Gegensatz zum IBCH oder MI berücksichtigt der Diversitätsindex nur Zahlenverhältnisse und keine gewichteten Identitäten (d.h. eine Steinfliege wird höher gewichtet als ein Wurm), was zur Differenz in der Klassierung führen kann.

Der SPEARpesticide-Index, der den Einfluss von Pestiziden anzeigt, war für alle Stellen in der Seez und im Tschlerbach hoch bis sehr hoch und damit im guten bis sehr guten Bereich (Tab. 5). Zum Zeitpunkt der Probenahme (März 2013) war demnach kaum eine Belastung durch Pestizide feststellbar. Es gilt allerdings zu bedenken, dass die meisten Pestizide in der Landwirtschaft und im Gartenbau zu einem späteren Zeitpunkt (Mai, Juni) ausgebracht werden. Auch wenn pulsartige Pestizideinträge im Mai 2012 stattgefunden hätten, hat sich die Benthosgemeinschaft hinsichtlich Pestizide wieder erholt bis zur Probenahme im März 2013.

Im Entsumpfungskanal jedoch war eine leichte bis mittlere Beeinträchtigung durch Pestizide festzustellen. Denn der Indexwert von 23 lag nur knapp über der Grenze zur Klasse unbefriedigend (22). Neben dem SPEAR-Index für Pestizide gibt es auch einen SPEAR-Index für organische Stoffe wie Öle und Tenside (Beketov und Liess, 2008). Dieser war für den Entsumpfungskanal tief und zeigte somit eine Belastung an. Das könnte auf einen nennenswerten Eintrag an petrochemischen oder waschaktiven Substanzen hindeuten (Strassenverkehr? Autowaschanlage?). Das starke Algenwachstum spricht allerdings für organophosphathaltige Pestizide. Denn die Ergebnisse der Kieselalgen und der Saprobien-Index sprechen gegen Nitrat- oder Ammoniumeinträge. Wenn es sich beim Pestizid um Organophosphate handeln sollte, ist denkbar, dass das Phosphat das Algenwachstum gefördert hat. Dieser Verdacht müsste durch chemische Analysen bestätigt werden. Der SPEARpesticide-Index im Tschlerbach ist zwar noch im guten Bereich, doch ist er tiefer als die Werte in der Seez. Da der vermutlich stärker mit Pestizid belastete Entsumpfungskanal in den Tschlerbach fliesst, wird angenommen, dass sich im Tschlerbach ein Verdünnungseffekt bemerkbar gemacht hat.

Der Saprobien-Index nach Zelinka und Marvan (1961) bescheinigte den meisten Untersuchungsstellen eine sehr gute Wassergüte, was auch mit den Ergebnissen der Kieselalgen übereinstimmt.

¹ weniger als 3 Exemplare von Tieren mit hohem Indikatorwert; Präsenz oder Absenz einer Familie führt zu einem Wechsel der IBCH-Diversitätsklasse, wobei eine Familie mit einem Individuum repräsentiert sein kann.

Einzig der Entsempfungskanal zeigte einen leichten Nährstoffeintrag an und befindet sich im mässigen bis guten Zustand. Aufgrund der starken Algenentwicklung, hätte man hier einen höheren Saprobien-Index erwartet (Tab. 3, 5 und Abb. 4). In der Seez scheint sich der Umbau der ARA Flums (Seit Mitte 2012) nicht nachteilig auf die Gewässergüte auszuwirken: Scholbina wies nur gerade 0.12 Indexpunkte weniger auf als Flumroc.

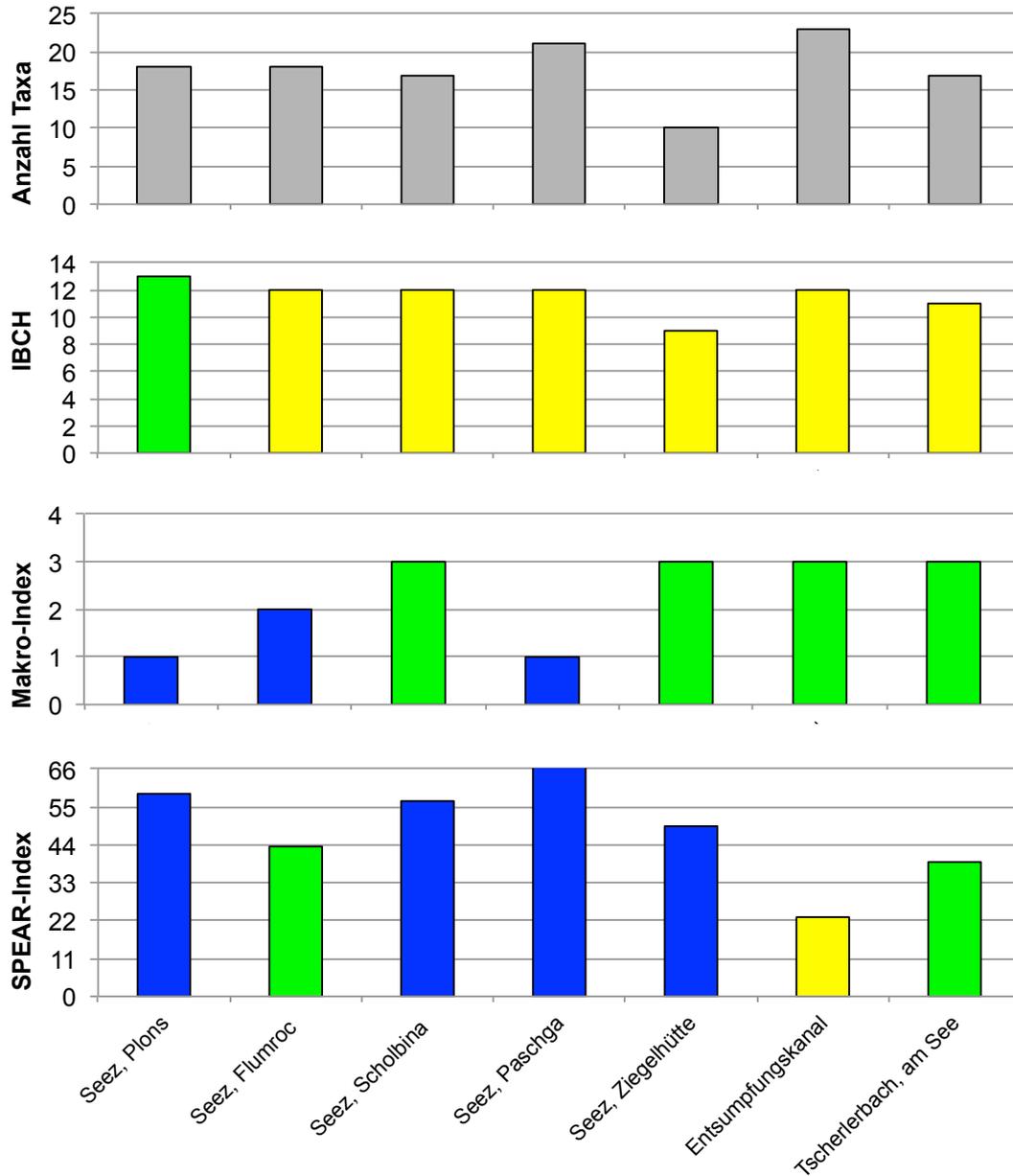
Eine naturnahe Zusammensetzung der Ernährungstypen anhand des Rhithron-Ernährungstypen-Index (RETI), mit einer Dominanz der Weider und Zerkleinerer, bestand nur im Tscherlerbach (0.75) und im Entsempfungskanal (0.69), weil hier mehr als doppelt so viele Weidegänger als Detritusfresser verzeichnet wurden. In der Seez lagen die meisten Werte zwischen 0.52 und 0.58, was auf leichtes Ungleichgewicht in der Struktur der Biozönose hindeutet. Grund dafür dürfte sein, dass die Anteile der Weider etwa gleich gross waren wie die Anteile der Detritusfresser (vor allem Zuckmücken). Bei Scholbina kamen nebst den vielen Zuckmücken auch rund 10 Mal mehr Kriebelmücken vor als an den Flussaufwärts liegenden Stellen, was den Rhithron-Ernährungstypen-Index auf 0.39 herabsetzte. Eine Zunahme von passiven Filtrieren (Kriebelmücken) kann Nährstoffeinträge wie sie von der ARA Flums stammen könnten anzeigen. Der Kieselalgenindex und der Saprobienindex sprechen allerdings dagegen.

Der Längenzonations-Index (LZI), der sich aus den Eigenschaften der vorhandenen Arten ergibt, stimmte in der Seez nicht ganz mit den abiotischen Gegebenheiten überein. Aufgrund des Gefälles und der Breite des Gewässers würde man in der Seez höchstens eine untere Forellenregion (Metarhithral) erwarten. Das Makrozoobenthos zeigte eine obere Forellenregion (Epirhithral) an, wie es etwa auf den Zufluss Schils zutrifft. Die oberste Stelle Plons wies den höchsten LZI Wert auf und kehrte somit die natürliche Abfolge entlang eines Gewässers um. Allerdings liegen die Werte alle Nahe beieinander (3.0 – 3.3). Der Mündungsbereich des Tscherlerbachs charakterisierte sich anhand des Makrozoobenthos als Übergang zwischen oberer und unterer Forellenregion. Der Entsempfungskanal entsprach der unteren Forellenregion. Auch hier würde man höhere LZI Werte erwarten.

In der Roten Liste (Lubini et al. 2012) ist die Steinfliege *Nemoura obtusa* aufgeführt. Sie gilt als potenziell gefährdet. Da sie als Einzelexemplar nur bei der Stelle Flumroc gefunden worden ist und die Bestimmung mit einer gewissen Unsicherheit (cf.) behaftet ist, gilt es diesen Fund bei den nächsten Probenahmen zu bestätigen. Unter den Köcherfliegen befinden sich zwei bedrohte Arten: *Ecclisopteryx guttulata* und *Rhyacophila premorsa*. Erstere ist potenziell gefährdet und kam nur an den revitalisierten Strecken vor. Letztere wird als verletzlich klassifiziert und kam im Tscherlerbach und im Entsempfungskanal vor. Ebenfalls nur an diesen beiden Stellen kam die Eintagsfliege *Torleya major* vor. Sie ist in der Westschweiz seit Jahren rückläufig, und gilt heute ebenfalls als verletzlich. Alle genannten Arten sind auch auf der Liste der Prioritären Arten der Schweiz erwähnt (BAFU, 2011).

Fazit

Die ökologischen Ziele der GSchV (Anhang 1), mit einer Vielfalt und Häufigkeit der Arten, die typisch ist für nicht oder nur schwach belastete Gewässer, können bezüglich Makrozoobenthos bei Plons und wahrscheinlich auch (methodische Artefakte) bei Flumroc und Paschga knapp eingehalten werden. Nur teilweise erreicht wurden die Ziele an den übrigen vier Stellen. Bei Ziegelhütte gab es sowohl Defizite bei der Menge als auch bei der Artenzusammensetzung des Makrozoobenthos. Im Entsempfungskanal sind neben dem leicht beeinträchtigten IBCH die Einträge von Pestiziden und möglicherweise anderen chemischen Substanzen zu nennen. Dennoch kommen dort zwei Rote Liste Arten vor.



Zustand	Makro-Index	IBCH	SPEAR-pesticide-Index
sehr gut	1 – 2	17 – 20	> 44
gut	3	13 – 16	33 – 44
mässig	4	9 – 12	22 – 33
unbefriedigend	5 – 6	5 – 8	11 – 22
schlecht	7 – 8	0 – 4	< 11

Abbildung 9: Artenvielfalt des Makrozoobenthos an 7 Untersuchungsstellen im Gebiet des Einzugsgebiets oberer Walensee im März 2013, ausgedrückt in der Anzahl Taxa, dem IBCH, dem Makroindex und dem SPEARpesticide-Index.

4.4 Vergleich mit älteren Untersuchungen

Die Seez wurde schon mehrmals beprobt. Bei der Untersuchung 2007 (Limnex, 2007) wurde bereits Bezug zu noch älteren Daten aus dem Jahre 1994 genommen (siehe Ambio, 1995). Es wurden dieselben 7 Stellen beprobt wie 2007.

Massnahmen, die in der Zwischenzeit ergriffen wurden, sind folgende (Angaben Kanton):

- Renaturierungen an der Seez / langfristiges Hochwasserschutzprojekt: Die Sole der Seez wurde abgesenkt und die Schwellen abgebaut. Dies ermöglicht wieder eine Fischwanderung. Ausserdem wurden die Uferböschungen naturnah gestaltet. Das Projekt ist nun in der Monitoring-Phase. Zeitplan: 2000-2013.
- Im Zeitraum 2007 bis 2013 wurde nur im Winter 2007/2008 im Gebiet des Flumrocgeländes bauliche Massnahmen zum Hochwasserschutz durchgeführt.
- Die ARA Flums-Seez wird seit Mitte 2012 umgebaut und läuft nur im Halb Betrieb. Die erste Bauetappe wurde im November 2012 beendet und die neue Biologie-Stufe in Betrieb genommen. Die Ablaufwerte sind nicht zufriedenstellend, wie es jeweils üblich ist bei einem Umbau. Voraussichtlich sollte der Umbau im Jahr 2014 beendet sein. Bei den anderen ARAs wurde nichts geändert.

Vergleicht man den heutigen Zustand der Untersuchungsstellen mit den Untersuchungen von 2007 (Limnex, 2007), ergibt sich folgendes Bild:

Äusserer Aspekt

Die 2007 noch an einigen Stellen beobachtete Trübung konnte 2013 nicht mehr festgestellt werden. Da die Trübung 2007 auf kurzfristige Ereignisse zurückgeführt wurde, ist es sehr wahrscheinlich, dass auch weiterhin kurzfristige Trübungen (z. B. Spülungen bei Wasserfassungen von Seitenbächen) vorkommen werden. Wie schon 2007 wurden Eisensulfid-Flecken erneut im Tscherlerbach beobachtet. Neu wurden Eisensulfid-Flecken auch im Entsumpfungskanal festgestellt, doch in geringem Ausmass.

Die innere Kolmation in der Seez ist gegenüber 2007 leicht angestiegen. Die oberen Schichten aus Kies liessen sich zwar immer noch locker kicken, doch grössere Steine bei Plons und Ziegelhütte hafteten stark im Untergrund. Die optische Beurteilung nach der Methode Schälchli (2002) in der Wasserwechselzone bei Plons und bei Scholbina bestätigten die Ergebnisse von 2007 mit einer mittleren bis starken Ablagerung der Feinpartikel. Im Tscherlerbach und im Entsumpfungskanal blieb die innere Kolmation unverändert.

An den oberen drei Stellen in der Seez war das Algenwachstum 2013 ausgeprägter als 2007. Besonders die Goldalge *Hydrurus* sp. war ufernah dominant. Sie wurde bei Flumroc 2007 noch nicht festgestellt. Im Entsumpfungskanal waren fädige Grünalgen erheblich mehr vorhanden als im Jahr 2007, was einen Zusammenhang mit organophosphathaltigen Pestiziden haben könnte (vgl. SPEARpesticide-Index). Die übrigen Parameter des Äusseren Aspekts im Einzugsgebiet oberer Walensee verhielten sich annähernd gleich wie 2007.

Ökomorphologie

Gegenüber 2007 hat sich morphologisch einzig die Stelle Flumroc (OGW 082) verändert. Obwohl die Uferbereiche mit dem Umland immer noch gewässerfremd sind, ist die Uferverbauung aufgelockert worden und der Wasserspiegel mäandriert leicht innerhalb des zugestandenen Raumes. Als Fischunterstände dienen eingebaute Ufersteine. Die Gesamtbeurteilung änderte von stark

beeinträchtigt zu wenig beeinträchtigt. Die übrigen Stellen haben sich in der Beurteilung innerhalb der Klassen kaum verändert.

Begleitparameter

Von den gemessenen Begleitparametern fällt auf, dass die Leitfähigkeit 2007 an allen Stellen erhöht war und stark variierte (rund 270 – 860 $\mu\text{S}/\text{cm}$), 2013 aber alle Stellen ähnlich tiefe Leitfähigkeiten (191 – 197 $\mu\text{S}/\text{cm}$) aufwiesen. Sehr wahrscheinlich spielte das Strassensalz gegen Glatteis bei den Aufnahme im März 2007 eine Rolle, was bei den diesjährigen Probenahmen weniger der Fall war.

Ein Vergleich der kantonalen Daten von 2007 bis 2011 bei der Messstelle Ziegelhütte zeigt, dass nur gerade bei zwei Messungen (27. Mai 2008 und 11. Mai 2009) in der Seez derart tiefe Leitfähigkeiten (180 und 193.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$) gemessen wurden.

Kieselalgen

Die Anzahl Taxa über alle Probestellen streute 2013 weniger (21 – 27) als im 2007 (16 – 32). Interessant erscheint die Umkehr der minimalen und maximalen Werte. Während 2007 der Entsumpfungskanal die niedrigste Anzahl Taxa zeigte und die Stelle Scholbina die höchste, war dies 2013 gerade umgekehrt. Die Diversitätswerte lagen bei der vorliegenden Untersuchung enger beieinander (2.25 – 3.41) als 2007 (2.32 – 3.75).

Der DI-CH hat sich bei Flumroc, im Tschlerbach und im Entsumpfungskanal leicht erhöht (= tendenzielle Verschlechterung der Wasserqualität). Die Zustandsklasse „sehr gut“ bleibt aber gegenüber 2007 unverändert, was auch den chemischen Daten der Messstelle Ziegelhütte entspricht. Die übrigen Stellen zeigen eine leicht verbesserte Wasserqualität (Abb. 10).

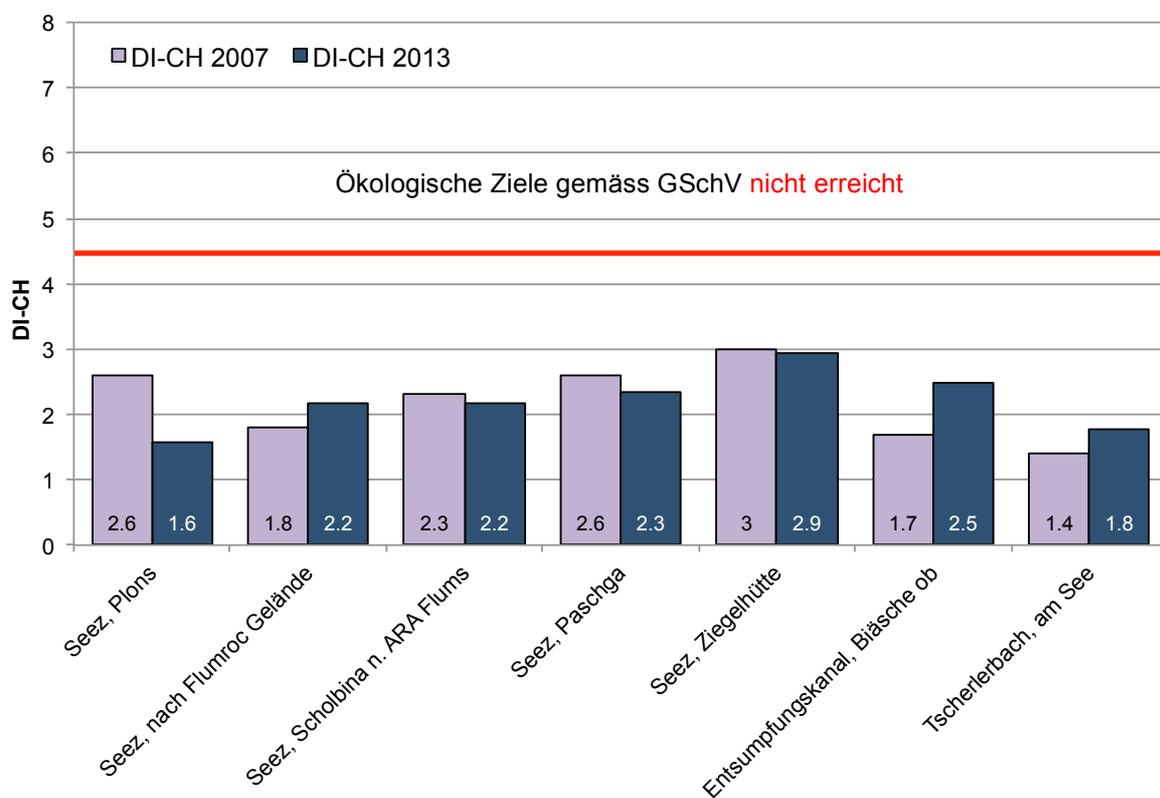


Abbildung 10: Vergleich des DI-CH aus den Kieselalgenproben von 2007 und 2013 im Einzugsgebiet oberer Walensee. Oberhalb der roten Linie sind die gewässerökologischen Ziele nach GSchV Anhang 1 nicht erfüllt (Bewertung DI-CH gemäss Modul Kieselalgen Stufe F; Hürlimann und Niederhauser, 2007).

Makrozoobenthos

Die Individuendichte war 2013 allgemein geringer als im 2007. Nebst der natürlichen Variabilität kann hier als Grund die leicht veränderte Probenahmetechnik (Stucki 2010) angeführt werden. Die grössten Unterschiede hinsichtlich Häufigkeit und Biomasse sind aber auf die 2007 enorme Anzahl an Kriebelmückenlarven bei Scholbina und Paschga zurückzuführen. In der diesjährigen Aufnahme machten in Scholbina die Kriebelmückenlarven weiterhin einen grossen Anteil aus, doch dominierten nun die Zuckmückenlarven zahlenmässig. Passive Filtrierer haben also zu Gunsten von Detritus fressenden Primärbesiedlern abgenommen.

Die Anzahl Taxa hat sich gegenüber 2007 an den Stellen Scholbina, Ziegelhütte, Entsumpfungskanal und Tschlerbach halbiert. Auch beim Flumrocgelände war ein leichter Rückgang bemerkbar, während Plons und Paschga etwa gleiche viele Taxa aufwiesen. Im Gegensatz zur vorangehenden Untersuchung in der Seez wurden im März 2013 keine Käfer und Mollusken und kaum Würmer und Milben gefunden. Im Tschlerbach und im Entsumpfungskanal hat die Vielfalt der Zweiflügler etwas abgenommen und die Zusammensetzung der Köcherfliegenarten war 2013 komplett verschieden von derjenigen im Jahr 2007.

Die Taxaliste von 2007 könnte jedoch aufgrund der zahlreichen Bestimmungsunsicherheiten (cf.) leicht überschätzt sein. Die seltenen Choriotope, wie sie 2007 bei Flumroc und Ziegelhütte beprobt wurden existierten nach der Revitalisierung nicht mehr.

Der Makroindex hat sich am Tschlerbach und bei Scholbina um eine Stufe verschlechtert, wo hingegen er sich bei Paschga und Plons um eine Stufe verbessert hat. Die übrigen Stellen blieben gleich. Der IBCH konnte sich nur bei Plons um eine Klasse verbessern. Bei Paschga blieb er unverändert und an allen anderen Stellen sank der IBCH (vgl. Tab. 12). Auf methodische Artefakte wurde bereits hingewiesen, doch sowohl die Zu- wie auch die Abnahmen der beiden Indices stimmen weitestgehend mit der Zu- und Abnahme der empfindlichen Wasserinsekten (EPT-Familien; Ephemeroptera = Eintagsfliegen, Plecoptera = Steinfliegen, Trichoptera = Köcherfliegen) überein.

Der Charakter der Benthosbiozönose hat sich gegenüber 2007 „rhythralisiert“: Weniger Taxa, dafür im Verhältnis mehr strömungsliebende Insektenlarven als Nicht-Insekten und indifferente Taxa hinsichtlich Strömung, weniger Filtrierer dafür mehr Weider. Eine solche Zusammensetzung entspricht eher dem Seitenbach Schils mit höherem Gefälle und durchschnittlich kühleren Wassertemperaturen.

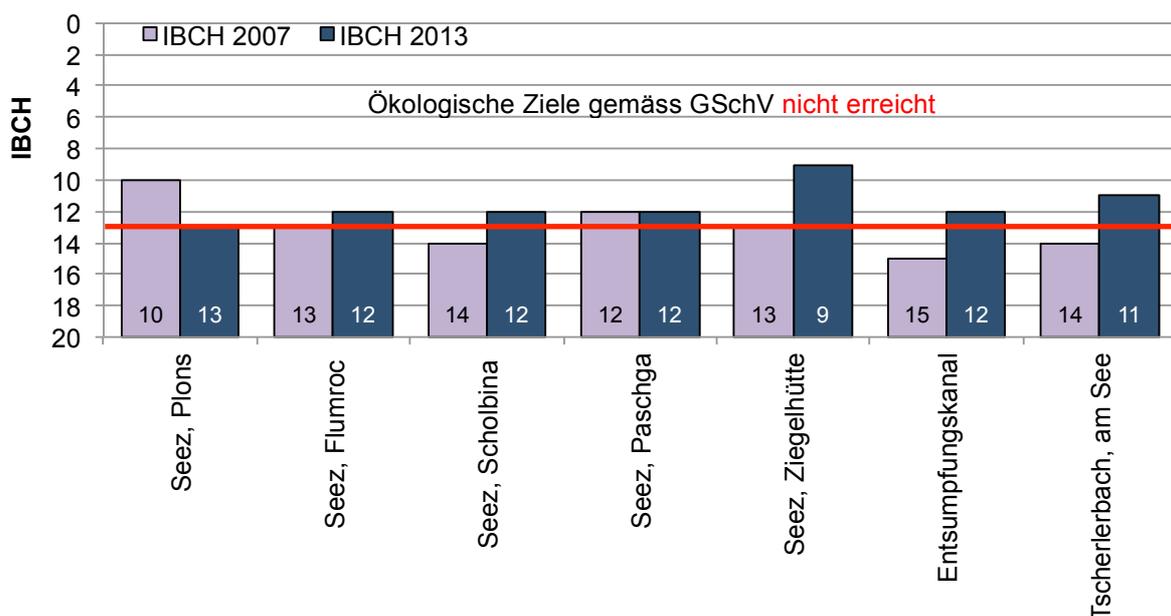


Abbildung 11: Vergleich des IBCH aus dem Jahr 2007 und 2013. Die rote Linie bezeichnet das ökologische Ziel gemäss GSchV Anhang 1 (Bewertung IBCH gemäss Modul Makrozoobenthos Stufe F; Stucki 2010).

Tabelle 12: Zusammenfassende Darstellung der gewässerökologischen Untersuchungen der Jahre 2007 und 2013. Anhand der Farben kann die Einhaltung der ökologischen Ziele der GschV überprüft werden. Ein Vorbehalt ist bei den diesjährigen Stellen Flumroc (OGW 082), Paschga (OGW 129) und Scholbina (OGW 125) anzubringen: Nach der Methode MSK für das Makrozoobenthos erlangen die Stellen das ökologische Ziel knapp nicht (IBCH = 12). Wird das Gesamtbild jedoch betrachtet und methodische Details nicht beachtet, so ergibt sich für Flumroc und Paschga ein guter Zustand (Ziel erlangt) und für Scholbina ein mässiger Zustand, aber auf niedrigerem Niveau (IBCH = 10-11; mit Pfeilen markiert).

Gewässer	Stellenbezeichnung	OGW	Untersuchungen 2013					Untersuchungen 2007					Bemerkung zum Äusseren Aspekt 2013
			Äusserer Aspekt	Pflanzlicher Bewuchs	Kieselalgen	Makrozoobenthos	Äusserer Aspekt	Pflanzlicher Bewuchs	Kieselalgen	Makrozoobenthos			
Seez	Plons	097	3	4	1.6	13	1	2-3	2.6	10	wenig Abfälle, mittlere Kolimation		
Seez	nach Flumroc Gelände	082	2	4	2.2	12 ↑	2	2	1.8	13	wenig Abfälle, wenig Kolimation		
Seez	Scholbina, nach ARA Flums	125	2	4	2.2	12 ↓	2	2	2.3	14	wenig Abfälle, wenig Kolimation		
Seez	Paschga	129	2	2	2.3	12 ↑	1	2	2.6	12	wenig Abfälle, wenig Kolimation		
Seez	Ziegelhütte	002	3	2	2.9	9	2	2	3.0	13	wenig Abfälle, mittlere Kolimation		
Entsumpfungskanal	Bläse ob Tischerlerbach	130	3	5	2.5	12	2	3	1.7	15	wenig Abfälle, mittlere Kolimation, wenig Schlamm, wenig Eisensulfid		
Tscherlerbach	Am See	004	4	3	1.8	11	2	2	1.4	14	viele Abfälle, mittlere Kolimation, wenig Eisensulfid		

Legende	Bewertungen				Zustand	Erfüllungsgrad Gewässerschutzverordnung GSchV
	ÄA	PB	KA	MZB		
ÄA = Äusserer Aspekt (4 Zustandsklassen)	1	1	1-3.5	17-20	sehr gut	Ökologische Ziele gemäss GSchV eingehalten
PB = Pflanzlicher Bewuchs (Algenlichte gem. Thomas & Schanz)	2	2	3.5-4.5	13-16	gut	Ökologische Ziele gemäss GSchV eingehalten
KA = Kieselalgen (gem DI-CH)	3	3-4	4.5-5.5	9-12	mässig	Ökologische Ziele gemäss GSchV knapp nicht eingehalten resp. Situation nicht klar oder fraglich
MZB = Makrozoobenthos (gem. IBCH)	4	5	5.5-6.5	5-8	unbefriedigend	Ökologische Ziele gemäss GSchV deutlich nicht eingehalten
	4	6	6.5-8	0-4	schlecht	Ökologische Ziele gemäss GSchV sehr deutlich nicht eingehalten

Vergleich mit Untersuchungen von 1994

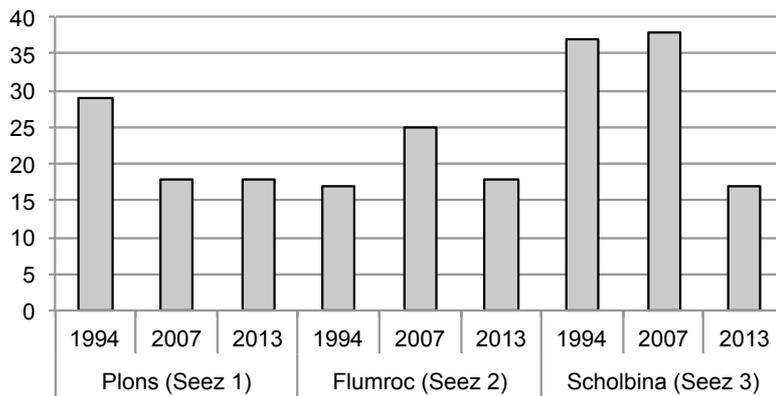
Die Stellen Plons (Seez 1), Flumroc (Seez 2) und Scholbina (Seez 3) wurden bereits im Februar und März 1994 biologisch untersucht (Ambio, 1995). Damals waren Flumroc und Scholbina noch nicht revitalisiert. Ein Vergleich mit diesen Daten zeigt folgendes Bild:

- Seez bei Plons: Der Makro-Index ist 2013 wieder gleich hoch (1 = sehr gut), wie er 1994 war und hat sich gegenüber 2007 verbessert. Die Anzahl Taxa erreichte nicht mehr den Wert von 1994 und verharrte auf den 18 Taxa von 2007. Die Biomasse erreichte 2013 enorme Werte verglichen mit den Aufnahmen zu vor (1994: 2.6 g/m², 2007: 8 g/m², 2013: 27 g/m²). Die Wasserqualität anhand der Kieselalgen war bei allen Untersuchungen sehr gut.
- Seez nach Flumroc: Die Situation der Wasserwirbellosen hat sich gegenüber 1994 sowohl 2007 wie auch 2013 verbessert. Während die Biomasse 2007 noch wenig war, wurden 2013 der Höhenlage entsprechende sehr gute Biomassewerte gemessen. Die Individuendichte pro m² verfolgt den umgekehrten Trend: Gegenüber 1994 ist sie zurückgegangen. Die Kieselalgen zeigten 1994 noch eine geringe Belastung bezüglich Wasserqualität an. Nachdem 2007 keine Belastung mehr festgestellt wurde, sank der DI-CH 2013 nur wenig und die Wasserqualität ist nach wie vor im sehr guten Bereich.
- Seez Scholbina: Die Biomasse liegt auch 2013 noch weit über den Werten von 1994 (20-fache), der Anteil Kriebelmücken ist wie 2007 weiterhin hoch. Der IBCH-Wert hat sich gegenüber 1994 und 2007 leicht verschlechtert.

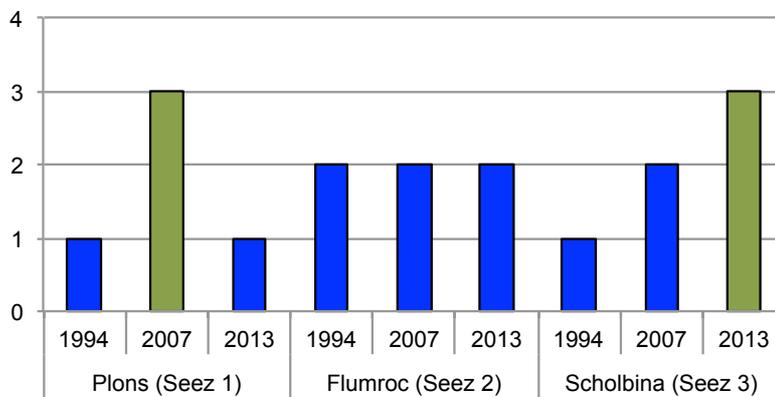
Die erwähnten Kennwerte zum Makrozoobenthos sind in den folgenden Abbildungen 13 und 14 dargestellt. Die Methodik von 1994 unterscheidet sich zum Teil von den letzten beiden Untersuchungen 2007 und 2013. So wurde der IBCH aufgrund der Artenliste von 1994 neu berechnet und der Diversitätsindex für das Jahr 2013 mit zwei methodischen Ansätzen bestimmt. Gegenüber dem Shannon-Weaver Index, der 1994 verwendet wurde, hat der Diversitätsindex nach Wilhm und Dorris leicht tiefere Werte erhalten, obwohl die Berechnungsmethoden sehr ähnlich sind. Auch wenn ein direkter Vergleich der Werte daher nicht gegeben ist, so ist die Entwicklung über die Zeit für beide Diversitätsindices dieselbe: Die Diversität hat in den letzten rund 20 Jahren an den drei Stellen abgenommen.

Für die Kieselalgen kann keine Abbildung präsentiert werden, weil nur qualitative Aussagen von 1994 vorliegen.

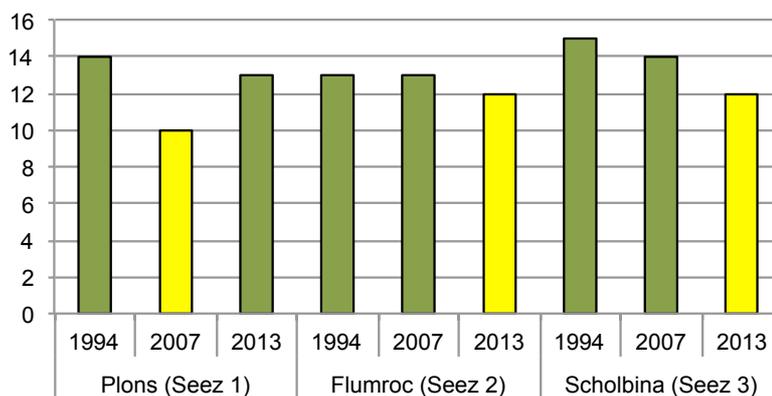
Anzahl Taxa



Makroindex



IBCH



Zustand	Makro-Index	IBCH
sehr gut	1 – 2	17 – 20
gut	3	13 – 16
mässig	4	9 – 12
unbefriedigend	5 – 6	5 – 8
schlecht	7 – 8	0 – 4

Abbildung 13: Vergleich der Anzahl Taxa, des Makroindex und des IBCH in den Jahren 1994, 2007 und 2013 für die Stellen Plons, Flumroc und Scholbina.

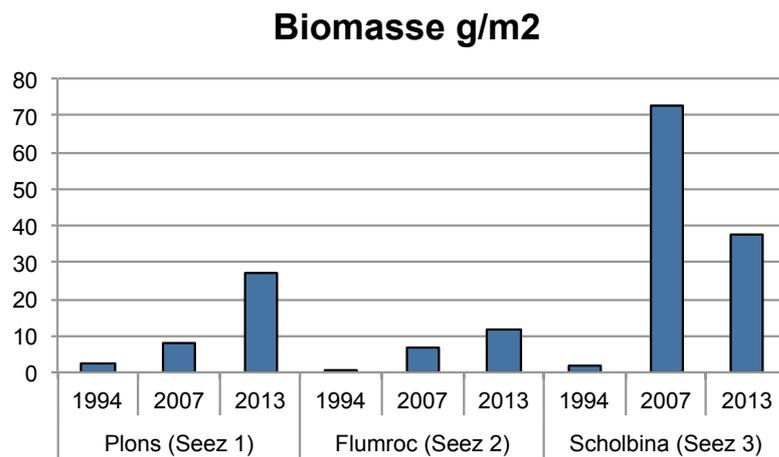
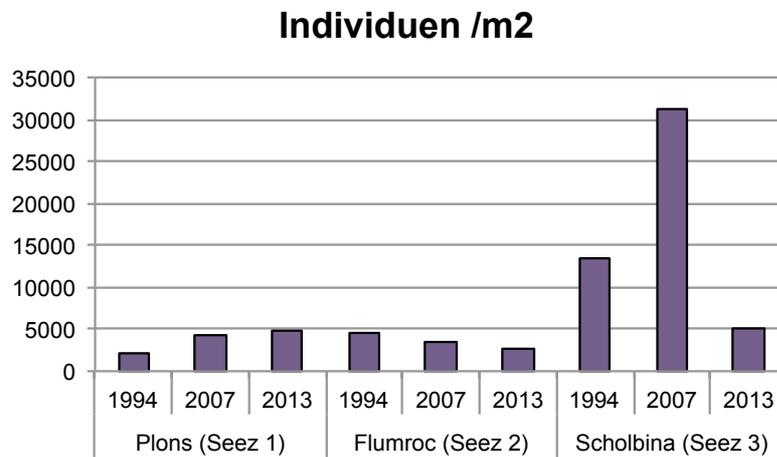
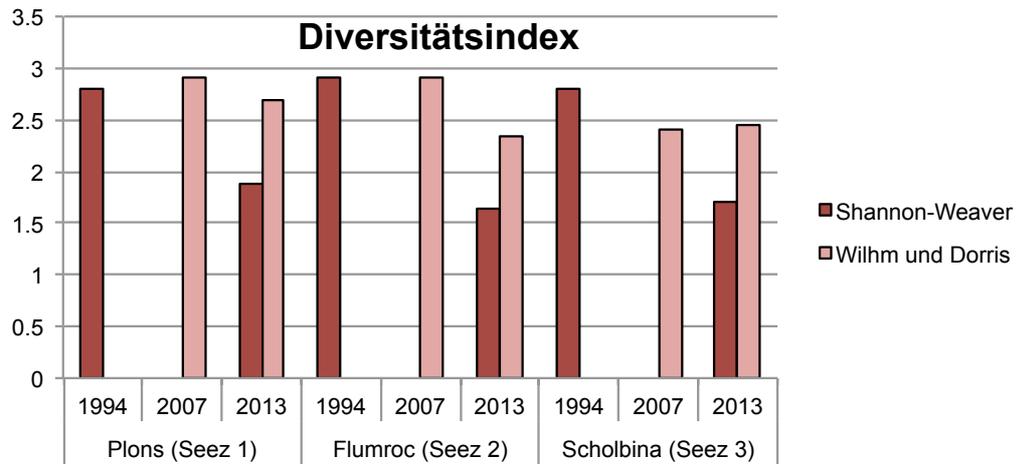


Abbildung 14: Vergleich der Diversitätsindices nach Shannon-Weaver und Wilhm-Dorris, der Individuendichte und der Biomasse in den Jahren 1994, 2007 und 2013 für die Stellen Plons, Flumroc und Scholbina.

5. LITERATURVERZEICHNIS

- AJF (1990): Landschaftsentwicklungskonzept Linthebene: Testgebiet Schänis. Biologische Untersuchung der Fliessgewässer. Untersuchungen des Amtes für Jagd- und Fischerei des Kantons St. Gallen.
- Ambio (1995): Biologische Untersuchung der Seez. Untersuchungen im Auftrag des Amtes für Umweltschutz des Kantons St. Gallen.
- BAFU (2011): Liste der National Prioritären Arten. Arten mit nationaler Priorität für die Erhaltung und Förderung, Stand 2010. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1103: 132 S.
- Baumann Peter, Langhans Simone D. (2010): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Synthese der Beurteilungen auf Stufe F (flächendeckend). ENTWURF Umwelt-Vollzug Bundesamt für Umwelt, Bern: 47 S.
- Beketov M.A., Liess M. (2008). An indicator for effects of organic toxicants on lotic invertebrate communities: independence of confounding environmental factors over an extensive river continuum. *Environmental Pollution*, 156(3): 980–987.
- Binderheim E., Göggel W. (2007): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Äusserer Aspekt. Schriftenreihe Umwelt Vollzug Nr. 0701. Bundesamt für Umwelt, Bern: 43 S.
- Brandorff G.-O., Masch J. (1997): Eisen und Gewässer. Hinweise zur Beurteilung bei Direkteinleitungen und über Auswirkungen auf Oberflächengewässer. Umweltbehörde Hamburg, Amt für Umweltschutz, Gewässer- und Bodenschutz und Amt für Immissionsschutz und Betriebe, Kraftwerke, Chemiebetriebe und Abwassertechnik. 3 S.
- BUWAL (2002): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer: Kieselalgen – Stufe F (flächendeckend). Entwurf, herausgegeben vom Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, 111 S.
- BUWAL (1998a): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer: Modul-Stufen-Konzept. Mitteilungen zum Gewässerschutz Nr. 26, herausgegeben vom Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, 41 S.
- BUWAL (1998b): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer: Ökomorphologie – Stufe F (flächendeckend). Mitteilungen zum Gewässerschutz Nr. 27, herausgegeben vom Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, 49 S.
- BUWAL (2005): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Makrozoobenthos – Stufe F. Entwurf, herausgegeben vom Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern: 49 S.
- Dückelmann, H. (2001): Seehöhen-Biomassen-Beziehung des Makrozoobenthos in österreichischen Fliessgewässern. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien: 81 S. + Anhang.
- Hürlimann J., Niederhauser P. (2007). Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer: Kieselalgen Stufe F (flächendeckend). Umwelt-Vollzug Nr. 0740. Bundesamt für Umwelt, Bern, 130 S.
- Jungwirth M., Moog O., Winkler H. (1980): Vergleichende Fischbestandsaufnahmen an elf niederösterreichischen Fliessgewässerstrecken. Jubiläumsschrift der Österreichischen Fischereigesellschaft, Wien, 81–104.
- Lange-Bertalot H. (1978): Diatomeen-Differentialarten anstelle von Leitformen: ein geeigneteres Kriterium der Gewässerbelastung. *Arch. Hydrobiol., Suppl.* 51: 393–427.
- Liess M., von der Ohe P. (2005). Analyzing effects of pesticides on invertebrate communities in streams. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 24 (4): 954–965.

- Limnex (2005): Biologische Überwachung der Sitter im März 2005. Bericht im Auftrag von Sitterkommission und Entsorgungsamt St. Gallen, 34 S. + Anhang.
- Limnex (2007): Biologische Überwachung der Fliessgewässer im Einzugsgebiet des Walensees. Bericht im Auftrag des Amtes für Umweltschutz des Kantons St. Gallen, 25 S. + Anhang.
- 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.
- Moog O., Schmidt-Kloiber A., Vogl R., Koller-Kreimel V. (2010): ECOPROF – Version 3.2. Software zur Bewertung des ökologischen Zustandes von Fliessgewässern nach WRRL.
- Perret P. (1977): Zustand der Schweizerischen Fliessgewässer in den Jahren 1974/1975 (Projekt MAPOS). Eidgenössisches Amt für Umweltschutz und EAWAG, Bern. 276 S.
- Schager E., A. Peter A. (2004): Fische Stufe F. Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Mitteilungen zum Gewässerschutz Nr. 44. BUWAL: 63 S.
- Schälchli, U. (2002): Innere Kolmation. Methoden zur Erkennung und Bewertung. Bericht im Auftrag von Fischnetz c/o EAWAG, Dübendorf: 22 S.
- Schweder, H. (1992): Neue Indizes für die Bewertung des ökologischen Zustands von Fließgewässern, abgeleitet aus der Makroinvertebraten-Ernährungstypologie. In: LACOMBE, F. (Hrsg.): Ökologische Bewertung von Fließgewässern. Limnologie aktuell, Bd. 3; Gustav Fischer Verlag; Stuttgart.
- Schynder, N., Bergamini, A., Hofmann, H., Müller, N., Schubiger-Bossard, C. und Urmi, E. (2004): Rote Liste der gefährdeten Moose der Schweiz. Hrsg. BUWAL, FUB & NISM. BUWAL-Reihe: Vollzug Umwelt. 99 S.
- SPEAR Calculator : <http://www.systemecology.eu/spear/spear-calculator/> (Stand März 2013)
- Stucki P. 2010. Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Makrozoobenthos Stufe F. Umwelt-Vollzug Nr. 1026. Bundesamt für Umwelt, Bern. 61 S.
- Thomas, E.A. & Schanz, F. (1976): Beziehungen zwischen Wasserchemismus und Primärproduktion in Fliessgewässern, ein limnologisches Problem. Vierteljahresschr. Naturf. Ges. Zürich 121: 309-317.
- Wilhm, J.L., Dorris, D.C. (1968): Biological parameters of water quality. Bioscience 18: 477 - 481.
- Zelinka, M. & Marvan, P. (1961): Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fliessender Gewässer. Arch. Hydrobiol. 57: 389-407.

6. ANHANG

- 6.1 Beurteilungsblätter für alle Untersuchungsstellen**
- 6.2 Methoden und Rohdaten Kieselalgen**
- 6.3 Methoden und Rohdaten Makrozoobenthos**
- 6.4 Methoden und Rohdaten Ökomorphologie und Äusserer Aspekt**

6.1 Beurteilungsblätter für alle Untersuchungsstellen

Seez		Plons	13.03.13		OGW
Probenahmestelle 470 m ü.M. 749 100 / 213 675		Witterung: bewölkt, < 2 Tage Regen Abflussverhältnisse: Beginn Schneeschmelze			
	Wasserqualität Messungen:			097	
	Temperatur 3.6 °C	Leitfähigkeit (25°C) 196 µS/cm			
	Äusserer Aspekt				
	Sinnenprüfung:				
Trübung	keine	leichte	mittlere	starke	
Verfärbung	keine	leichte	mittlere	starke	
Geruch	kein	leicht	mittel	stark	
unatürlicher Schaum	keine	wenig	mittel	viel	
Gewässersohle:					
Schlamm	kein	wenig	mittel	viel	
Eisensulfid-Flecken (FeS)	keine	wenig	mittel	starke	
Innere Kolmation Schälchli	keine	schwache	mittlere	starke	
Heterotropher Bewuchs	kein	wenig	mittel	viel	
Feststoffe und Abfälle	keine	wenig	mittel	viel	

Ökomorphologie Breitenvariabilität, Böschungsfuss, Sohle, Ufer

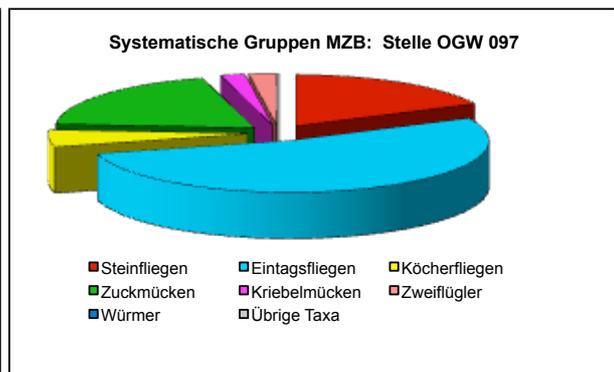
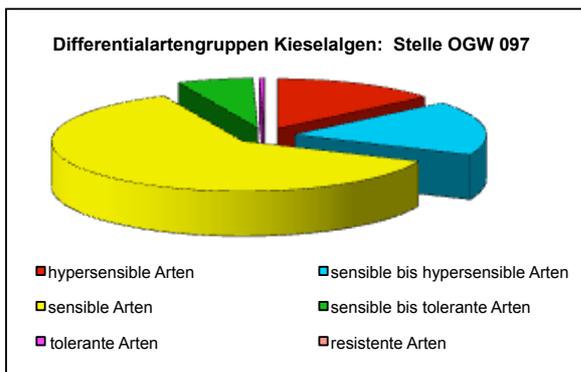
0	naturnah	1	2	Wenig beeinträchtigt	5	6	Stark beeinträchtigt	9	10	Naturfremd	12
---	----------	---	---	----------------------	---	---	----------------------	---	----	------------	----

Phyto- und Makrozoobenthos Biotische Indices

Kieselalgenindex DI-CH	1	Sehr gut	3.5	Gut	4.5	Mässig	5.5	Unbef.	6.5	Schlecht	8				
Saprobitätsindex Makrozoobenthos	I	I-II	II	II-III	III	III-IV	IV								
Makroindex Makrozoobenthos	1	Sehr gut	2	3	Gut	4	Mässig	5	Unbefriedigend	6	7	Schlecht	8		
IBCH Makrozoobenthos	20	Sehr gut	17	16	Gut	13	12	Mässig	9	8	Unbefriedigend	5	4	Schlecht	0
SPEAR-Index Makrozoobenthos	70	Sehr gut	44	Gut	33	Mässig	22	Unbef.	11	Schlecht	0				

Phyto- und Makrozoobenthos Quantität und Qualität der Biozönose

Bewuchsdichte Algen	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4	Stufe 5	Stufe 6
Bewuchsdichte Moose	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4	Stufe 5	Stufe 6
Taxazahl (MZB)	42					8
Diversität Kieselalgen	>4					<2
Diversität MZB (n. Wilhm&Dorris)	≥4	3	2	1	0	

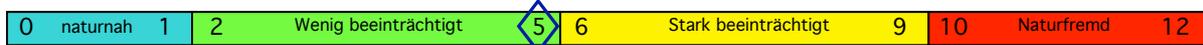


Zusammenfassende Beurteilung nach den einzelnen Indikatoren

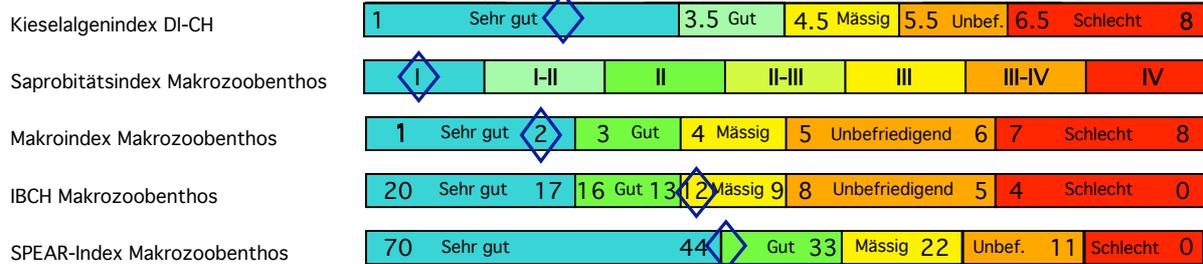
Äusserer Aspekt: keine bis mittlere Belastung	Makrozoobenthos: keine bis geringe Belastung
Pflanzlicher Bewuchs: geringe bis mittlere Belastung	Kieselalgen: Sehr gut

Seez	nach Flumroc Gelände	13.03.13	OGW	
Probenahmestelle	430 m ü.M. 744 400 / 218 390	Witterung: bewölkt, < 2 Tage Regen Abflussverhältnisse: Beginn Schneeschmelze		
	Wasserqualität Messungen:		082	
	Temperatur 3.8 °C	Leitfähigkeit (25°C) 193 µS/cm		
Äusserer Aspekt				
Sinnenprüfung:				
Trübung	keine	leichte	mittlere	starke
Verfärbung	keine	leichte	mittlere	starke
Geruch	kein	leicht	mittel	stark
unnatürlicher Schaum	kein	wenig	mittel	viel
Gewässersohle:				
Schlamm	kein	wenig	mittel	viel
Eisensulfid-Flecken (FeS)	keine	wenig	mittel	viel
Innere Kolmation Schälchli				
Innere Kolmation	keine	schwache	mittlere	starke
Heterotropher Bewuchs	kein	wenig	mittel	viel
Feststoffe und Abfälle	keine	wenig	mittel	viel

Ökomorphologie Breitenvariabilität, Böschungsfuss, Sohle, Ufer

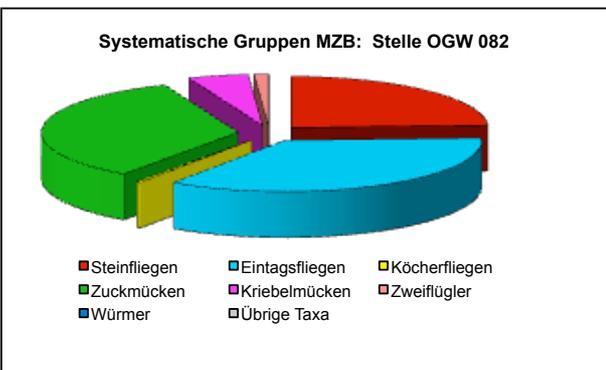
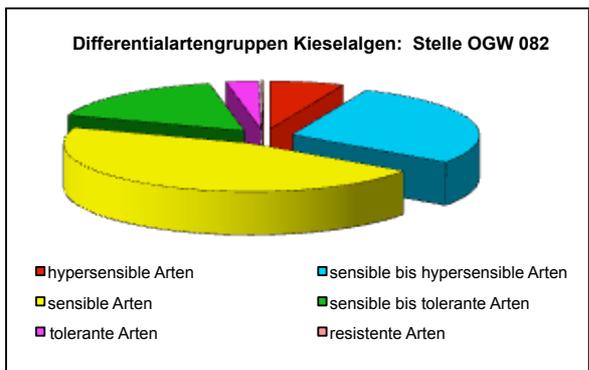


Phyto- und Makrozoobenthos Biotische Indices



Phyto- und Makrozoobenthos Quantität und Qualität der Biozönose

Bewuchsdichte Algen	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4	Stufe 5	Stufe 6
Bewuchsdichte Moose	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4	Stufe 5	Stufe 6
Taxazahl (MZB)	42					8
Diversität Kieselalgen	>4			<2		
Diversität MZB (n. Wilhm&Dorris)	≥4	3	2	1	0	

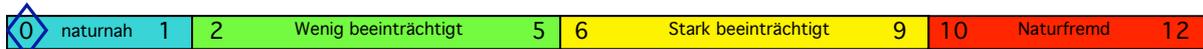


Zusammenfassende Beurteilung nach den einzelnen Indikatoren

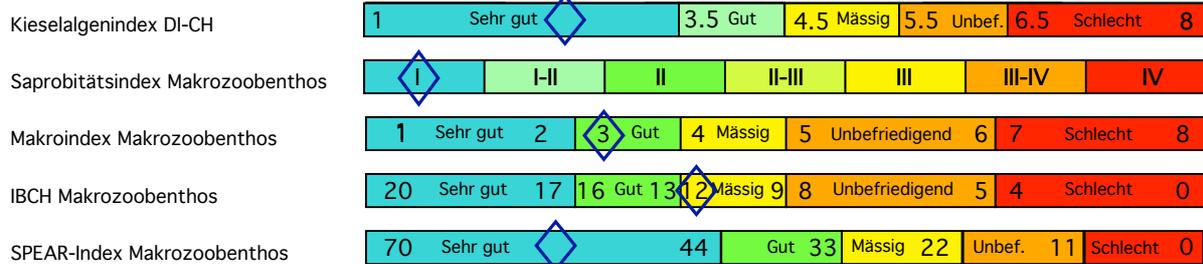
Äusserer Aspekt: keine bis geringe Belastung	Makrozoobenthos: keine bis geringe Belastung
Pflanzlicher Bewuchs: geringe bis mittlere Belastung	Kieselalgen: Sehr gut

Seez	Scholbina nach ARA Flums	13.03.13	OGW	
Probenahmestelle	430 m ü.M. 743 730 / 218 800	Witterung: bewölkt, < 2 Tage Regen Abflussverhältnisse: Beginn Schneeschmelze		
	Wasserqualität Messungen:		125	
	Temperatur 4.3 °C	Leitfähigkeit (25°C) 197 µS/cm		
Äusserer Aspekt				
Sinnenprüfung:				
Trübung	keine	leichte	mittlere	starke
Verfärbung	keine	leichte	mittlere	starke
Geruch	kein	leicht	mittel	stark
unnatürlicher Schaum	kein	wenig	mittel	viel
Gewässersohle:				
Schlamm	kein	wenig	mittel	viel
Eisensulfid-Flecken (FeS)	keine	wenig	mittel	viel
Innere Kolmation Schälchli			mittlere	
Innere Kolmation	keine	schwache	mittlere	starke
Heterotropher Bewuchs	kein	wenig	mittel	viel
Feststoffe und Abfälle	keine	wenig	mittel	viel

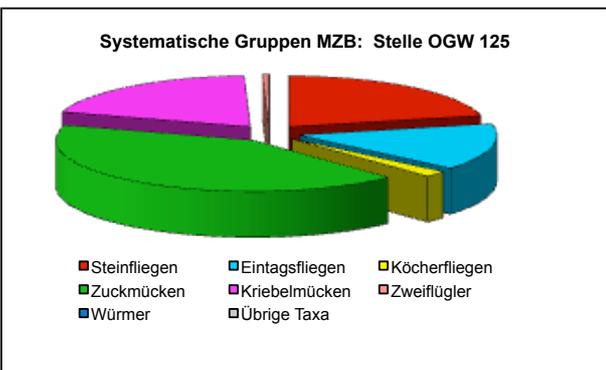
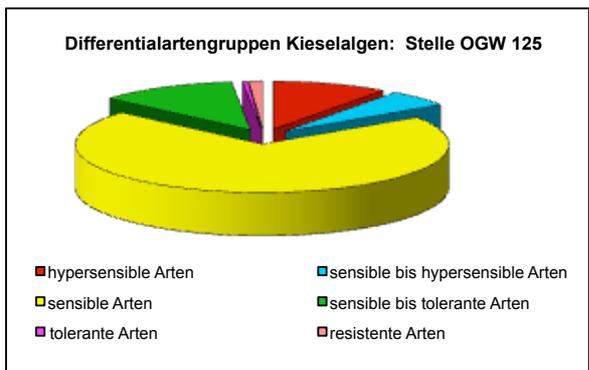
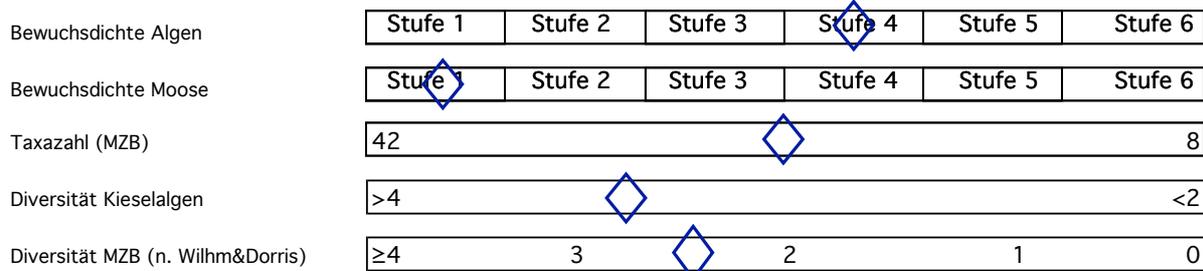
Ökomorphologie Breitenvariabilität, Böschungsfuss, Sohle, Ufer



Phyto- und Makrozoobenthos Biotische Indices



Phyto- und Makrozoobenthos Quantität und Qualität der Biozönose

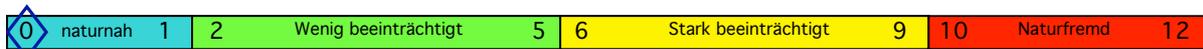


Zusammenfassende Beurteilung nach den einzelnen Indikatoren

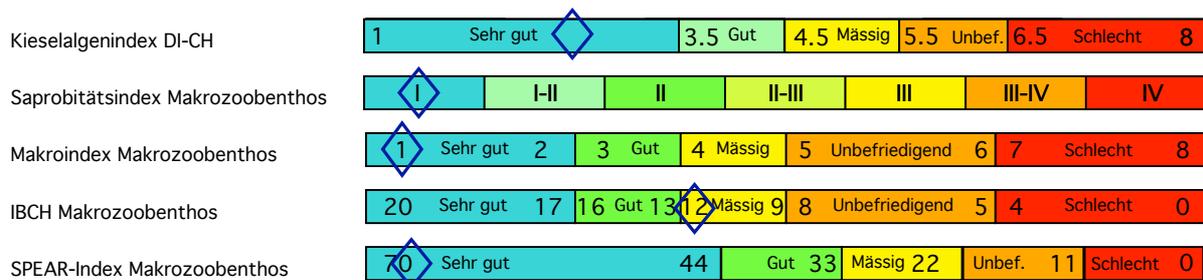
Äusserer Aspekt: keine bis geringe Belastung
 Pflanzlicher Bewuchs: geringe bis mittlere Belastung
 Makrozoobenthos: keine bis geringe Belastung
 Kieselalgen: Sehr gut

Seez	Paschga	14.03.13	OGW	
Probenahmestelle 430 m ü.M. 742 650 / 219 500	Witterung: bewölkt, < 2 Tage Regen Abflussverhältnisse: Beginn Schneeschmelze			
	Wasserqualität Messungen: Temperatur 4.2 °C Leitfähigkeit (25°C) 195 µS/cm		129	
	Äusserer Aspekt			
Sinnenprüfung:				
Trübung	keine	leichte	mittlere	starke
Verfärbung	keine	leichte	mittlere	starke
Geruch	kein	leicht	mittel	stark
unartificialer Schaum	kein	wenig	mittel	viel
Gewässersohle:				
Schlamm	kein	wenig	mittel	viel
Eisensulfid-Flecken (FeS)	keine	wenig	mittel	viel
Innere Kolmation Schälchli				
Innere Kolmation	keine	schwache	mittlere	starke
Heterotropher Bewuchs	kein	wenig	mittel	viel
Feststoffe und Abfälle	keine	wenig	mittel	viel

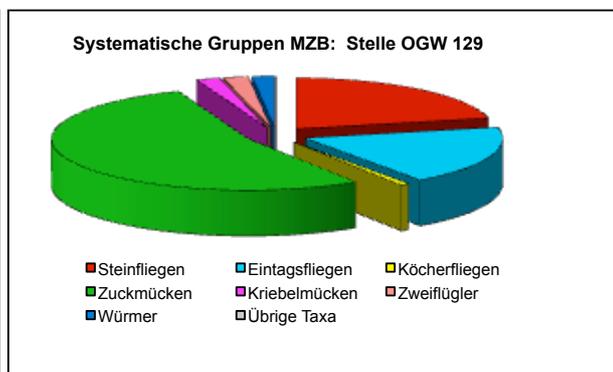
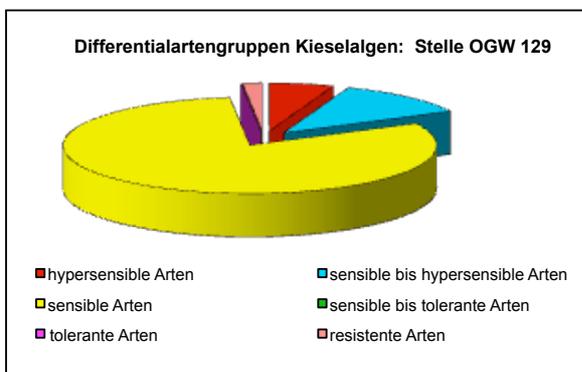
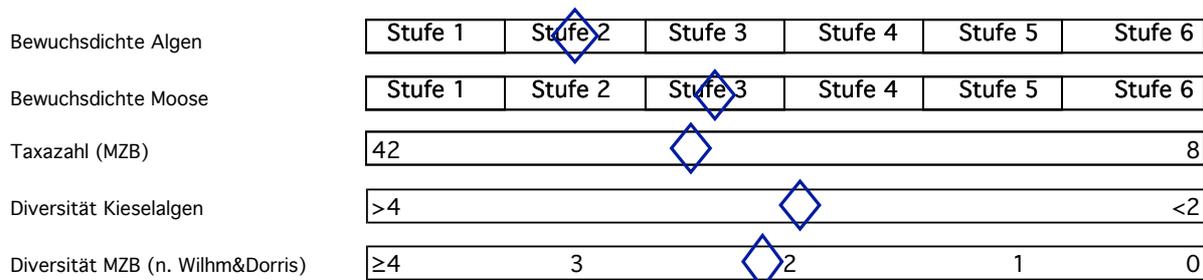
Ökomorphologie Breitenvariabilität, Böschungsfuss, Sohle, Ufer



Phyto- und Makrozoobenthos Biotische Indices



Phyto- und Makrozoobenthos Quantität und Qualität der Biozönose



Zusammenfassende Beurteilung nach den einzelnen Indikatoren

Äusserer Aspekt: keine bis geringe Belastung	Makrozoobenthos: keine bis geringe Belastung
Pflanzlicher Bewuchs: geringe Belastung	Kieselalgen: Sehr gut

Seez	Ziegelhütte	14.03.13	OGW	
Probenahmestelle 425 m.ü.M. 741 450 / 220 300	Witterung: bewölkt, < 2 Tage Regen Abflussverhältnisse: Beginn Schneeschmelze			
	Wasserqualität Messungen:		002	
	Temperatur 2.6 °C	Leitfähigkeit (25°C) 195 µS/cm		
	Äusserer Aspekt			
Sinnenprüfung:				
Trübung	keine	leichte	mittlere	starke
Verfärbung	keine	leicht	mittlere	starke
Geruch	kein	leicht	mittel	stark
unartürlicher Schaum	keine	wenig	mittel	viel
Gewässersohle:				
Schlamm	kein	wenig	mittel	viel
Eisensulfid-Flecken (FeS)	keine	wenig	mittel	viel
Innere Kolmation Schälchli	keine	schwache	mittlere	starke
Innere Kolmation	keine	wenig	mittel	viel
Heterotropher Bewuchs	kein	wenig	mittel	viel
Feststoffe und Abfälle	keine	wenig	mittel	viel

Ökomorphologie Breitenvariabilität, Böschungsfuss, Sohle, Ufer

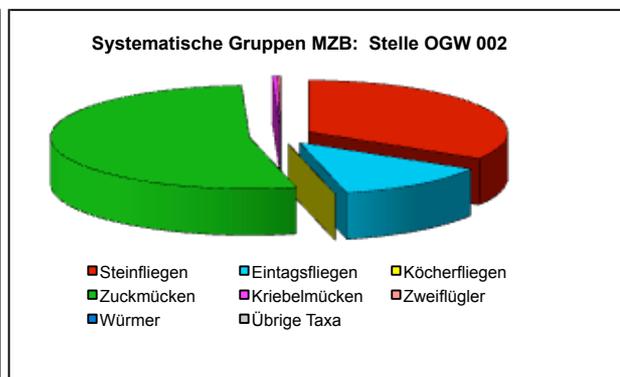
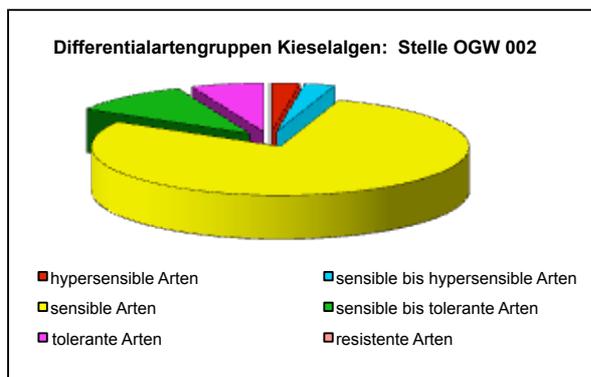
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	naturmah				Wenig beeinträchtigt				Stark beeinträchtigt			Naturfremd

Phyto- und Makrozoobenthos Biotische Indices

Kieselalgenindex DI-CH	1	2	3	4	5	6	7	8		
	Sehr gut		Gut	Mässig	Unbef.		Schlecht			
Saprobitätsindex Makrozoobenthos	I	II	III	IV						
Makroindex Makrozoobenthos	1	2	3	4	5	6	7	8		
	Sehr gut		Gut	Mässig	Unbefriedigend		Schlecht			
IBCH Makrozoobenthos	20	17	16	13	12	9	8	5	4	0
	Sehr gut		Gut	Mässig	Unbefriedigend		Schlecht			
SPEAR-Index Makrozoobenthos	70		44	33	22	11	0			
	Sehr gut		Gut	Mässig	Unbef.	Schlecht				

Phyto- und Makrozoobenthos Quantität und Qualität der Biozönose

Bewuchsdichte Algen	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4	Stufe 5	Stufe 6
Bewuchsdichte Moose	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4	Stufe 5	Stufe 6
Taxazahl (MZB)	42					
Diversität Kieselalgen	>4					
Diversität MZB (n. Wilhm&Dorris)	≥4	3	2	1	0	



Zusammenfassende Beurteilung nach den einzelnen Indikatoren

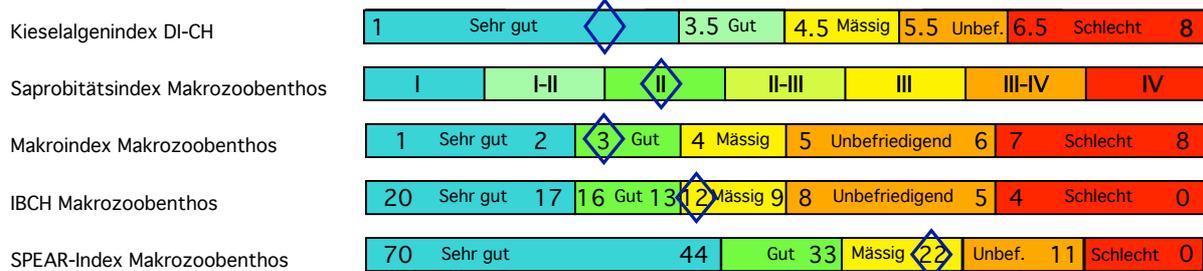
Äusserer Aspekt: keine bis geringe Belastung	Makrozoobenthos: geringe bis mittlere Belastung
Pflanzlicher Bewuchs: geringe Belastung	Kieselalgen: Sehr gut

Entsumpfungskanal	Bläsche ob Tscherlerbach	13.03.13	OGW	
Probenahmestelle	430 m.ü.M. 743 000 / 220 070	Witterung: bewölkt, < 2 Tage Regen Abflussverhältnisse: Beginn Schneeschmelze		
	Wasserqualität Messungen:		130	
	Temperatur 7.8 °C	Leitfähigkeit (25°C) 191 µS/cm		
Äusserer Aspekt				
Sinnenprüfung:				
Trübung	keine	leichte	mittlere	starke
Verfärbung	keine	leichte	mittlere	starke
Geruch	kein	leicht	mittel	stark
unnatürlicher Schaum	keine	wenig	mittel	viel
Gewässersohle:				
Schlamm	kein	wenig	mittel	viel
Eisensulfid-Flecken (FeS)	keine	wenig	mittel	viel
Innere Kolmation Schälchli				
Innere Kolmation	keine	schwache	mittlere	starke
Heterotropher Bewuchs	kein	wenig	mittel	viel
Feststoffe und Abfälle	keine	wenig	mittel	viel

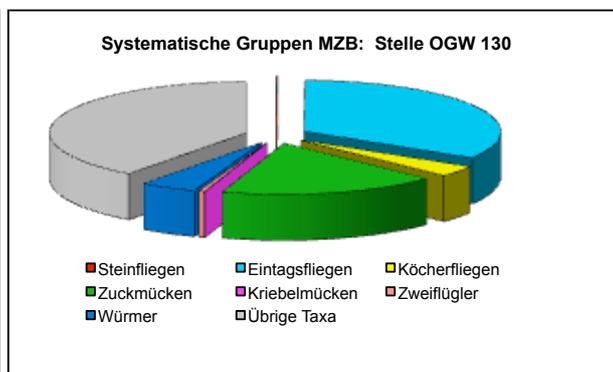
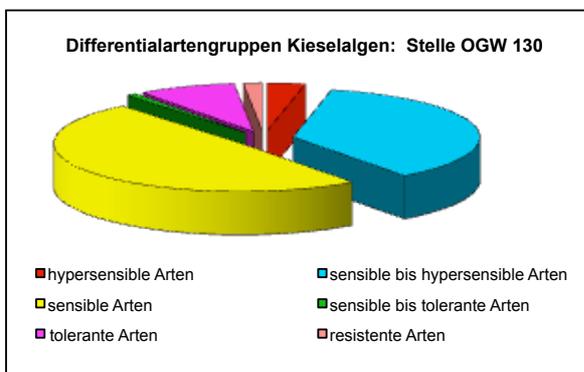
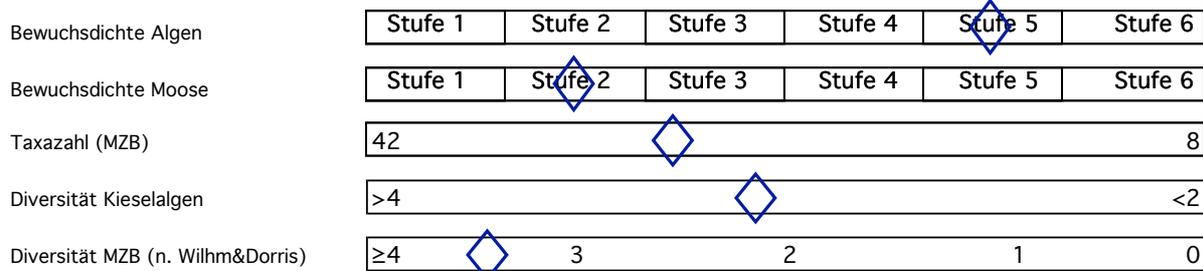
Ökomorphologie Breitenvariabilität, Böschungsfuss, Sohle, Ufer



Phyto- und Makrozoobenthos Biotische Indices



Phyto- und Makrozoobenthos Quantität und Qualität der Biozönose



Zusammenfassende Beurteilung nach den einzelnen Indikatoren

Äusserer Aspekt: geringe bis mittlere Belastung Makrozoobenthos: geringe bis mittlere Belastung
 Pflanzlicher Bewuchs: mittlere Belastung Kieselalgen: Sehr gut

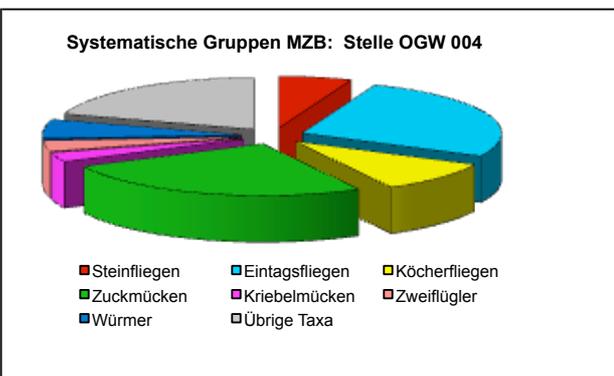
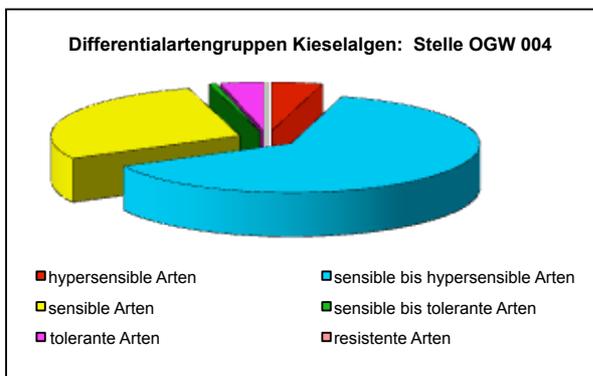
Tscherlerbach	Am See	13.03.13	OGW	
Probenahmestelle	425 m.ü.M. 741 450 / 221 050	Witterung: bewölkt, < 2 Tage Regen Abflussverhältnisse: Beginn Schneeschmelze		
		Wasserqualität Messungen: Temperatur 6.5 °C	Leitfähigkeit (25°C) 193 µS/cm	004

Äusserer Aspekt				
Sinnenprüfung:				
Trübung	keine	leichte	mittlere	starke
Verfärbung	keine	leichte	mittlere	starke
Geruch	kein	leicht	mittel	stark
unatürlicher Schaum	kein	wenig	mittel	viel
Gewässersohle:				
Schlamm	kein	wenig	mittel	viel
Eisensulfid-Flecken (FeS)	keine	wenig	mittel	viel
Innere Kolmation Schälchli				
Innere Kolmation	keine	schwache	mittlere	starke
Heterotropher Bewuchs	kein	wenig	mittel	viel
Feststoffe und Abfälle	keine	wenig	mittel	viel

Ökomorphologie										
Breitenvariabilität, Böschungsfuss, Sohle, Ufer										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
naturnah		Wenig beeinträchtigt			Stark beeinträchtigt			Naturfremd		

Phyto- und Makrozoobenthos									
Biotische Indices									
Kieselalgenindex DI-CH	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Saprobitätsindex Makrozoobenthos	I	I-II	II	II-III	III	III-IV	IV		
Makroindex Makrozoobenthos	1	2	3	4	5	6	7	8	
IBCH Makrozoobenthos	20	17	16	13	12	9	8	5	4
SPEAR-Index Makrozoobenthos	70		44		33	2	11		0

Phyto- und Makrozoobenthos						
Quantität und Qualität der Biozönose						
Bewuchsdichte Algen	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4	Stufe 5	Stufe 6
Bewuchsdichte Moose	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4	Stufe 5	Stufe 6
Taxazahl (MZB)	42					8
Diversität Kieselalgen	>4					<2
Diversität MZB (n. Wilhm&Dorris)	≥4	3	2	1	0	



Zusammenfassende Beurteilung nach den einzelnen Indikatoren	
Äusserer Aspekt: vereinzelt starke, ansonsten keine bis geringe Belast.	Makrozoobenthos: geringe bis mittlere Belastung
Pflanzlicher Bewuchs: geringe Belastung	Kieselalgen: Sehr gut

6.2 Methoden und Rohdaten Kieselalgen

Die Kieselalgen wurden bei jeder Untersuchungsstelle durch Abschaben einer definierten Fläche auf drei bis fünf über das Bachbett verteilten Steinen gewonnen. Die vereinigte Probe wurde mit Formol fixiert und gemäss MSK im Labor weiterverarbeitet. Die Aufbereitung der Proben und Bestimmung der Arten erfolgte durch den Spezialisten Joachim Hürlimann (Aqua Plus, Zug) im Unterauftrag. Neben der Taxazahl und dem Diversitätsindex wurde der DI-CH (Diatomeen Index Schweiz) bestimmt, welcher die Güte eines Fließgewässers indiziert. Anhand des DI-CH wurde darauf jedes Gewässer in eine der fünf Zustandsklassen eingeteilt (1 = sehr gut, 2 = gut, 3 = mässig, 4 = unbefriedigend, 5 = schlecht). Die Klasseneinteilung des DI-CH wurde in der definitiven Version des MSK Moduls Kieselalgen gegenüber dem Entwurf angepasst (Zweiteichung; BUWAL 2002; Hürlimann und Niederhauser, 2007). Daher ist es möglich, dass Untersuchungsstellen mit derselben Punktzahl in den beiden Untersuchungsjahren 2007 und 2013 verschiedenen Qualitätsklassen zugeordnet wurden (Tab. A1).

Weiter wurde für alle Untersuchungsstellen die Summe sauerstoffbeeinflusster Arten ermittelt; sie sagt aus, ob sich viele Arten mit ausgeprägter Vorliebe für O₂-reiches Wasser in der Probe befinden. Steigt deren Anteil über 50 %, so kann eine bestehende Nähr- oder Schadstoffbelastung des Wassers durch die gute Belüftung „wettgemacht“ werden, die Wasserqualität von Kieselalgen also zu gut indiziert sein.

Die Resultate aus den DI-CH-Berechnungen der untersuchten Fließgewässer wurden zusätzlich im schweizerischen Vergleich positioniert. Als Vergleichsdatensatz dienten Kieselalgendaten der Firma Aqua Plus aus Fließgewässern, die auch für die Entwicklung des DI-CH verwendet wurden (analog zu Limnex 2005, 2007). Für den Vergleich mit den Untersuchungsstellen wurden Angaben für Gewässer in den Höhenlagen zwischen 400 und 800 m ü. M. verwendet. Auf eine Einengung des Vergleichsdatensatzes auf die Höhenlagen der untersuchten Gewässer (400 – 470 m ü. M.) wurde verzichtet, da sonst der Vergleichsdatensatz deutlich kleiner ausgefallen wäre.

Tabelle A1: Rohdaten Kieselalgen

Gewässer, Standortbezeichnung	Seez, Plons		Seez, nach Flumroc Gelände		Seez, Scholtna nach ARA Flums und Schlis		Seez, Paschga		Seez, Ziegelhütte		Entsumpfungs- Kanal, Bläschle ob Tschertbach		Tschertbach, am See	
	097	082	125	129	002	130	004	13.03.13	14.03.13	13.03.13	13.03.13	13.03.13		
OGW	Probenahmedatum											004		
Tabellenwerte in relativen Häufigkeiten (%)														
Achnanthes atomus sensu DICH HUSTEDT	0.4	0.6	2.8	5.4	1.0	35.4	60.0							
Achnanthes bisolettiana GRUNOW	17.0	28.2	2.4	9.8	1.0									
Achnanthes bisolettiana var. sublinearis sensu AquaPlus GRUNOW in Van Heurck Type de Synopsis 11 (siehe Achnanthesbuch Tafel 43, Fig.30, 31)														
Achnanthes minutissima KUETZING	43.6	28.8	34.8	39.4	44.8	27.2	3.4							
Achnanthes minutissima var. jackii sensu DICH 2006 (RABENHORST) LANGE-BERTALOT	4.8	2.2	3.2	1.6			18.8							
Achnanthes minutissima var. scotica (CARTER) LANGE-BERTALOT	7.2	2.2	1.0	1.0		0.8	1.8							
Achnantheidum delmontii PERES, LE COHU & BARTHES														
Achnantheidum lineare W. SMITH sensu KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1991 Fig. 34/13-14				17.6										
Achnantheidum pfisteri LANGE-BERTALOT	0.6	0.4												1.2
Amphipleura pellicida (KUETZING) KUETZING														
Amphora indidincta LEVKOV														
Amphora normanii RABENHORST														
Amphora pediculus (KUETZING) GRUNOW	0.6	1.0	2.2		4.8									
Asterionella formosa HASSALL	0.4													
Caloneis bacillum sensu DICH 2006 (GRUNOW) CLEVE														
Cocconeis pediculus EHRENBERG														0.4
Cocconeis placentula var. euglypta (EHRENBERG) GRUNOW	0.6	1.0			0.6	1.4	0.6							0.6
Cymbella affinis KUETZING sensu KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1986)		1.0												1.0
Cymbella compacta OESTRUP		0.4		0.2										0.4
Cymbella delicatula KUETZING														
Cymbella minuta (Artengruppe) HILSE		0.6	2.4	1.6	1.0									
Cymbella minuta f. semicircularis	1.8	1.0	1.4	1.8	6.4	4.4								
Cymbella silesiaca BLEISCH		2.2												0.8
Cymbella sinuata GREGORY	1.2	6.6	1.4		1.8		0.6							0.6
Denticula tenuis KUETZING														
Diatoma ehrenbergii KUETZING		3.8	12.4	2.4	7.0									0.4
Diatoma mesodon (EHRENBERG) KUETZING	0.6	3.2	3.2		1.6									0.8
Diatoma moniliformis KUETZING	4.6	6.0	2.6		1.8									
Diatoma problematica LANGE-BERTALOT		3.0	5.8		2.0									
Diatoma vulgare BORY DE SAINT-VINCENT		2.6	5.0		2.0									0.6
Fragilaria capucina var. austriaca (GRUNOW) LANGE-BERTALOT	0.4		4.2											0.6
Fragilaria capucina var. gracilis (OESTRUP) HUSTEDT														0.4

Gewässer, Standortbezeichnung	Seez, Pions		Seez, nach Flumroc Gelände		Seez, Schobina nach ARA Flums und Schills		Seez, Paschga		Seez, Ziegelhütte		Entsumpfungs-kanal, Bläse ob Tschelerbach		Tschelerbach, am See	
	097	082	125	129	002	130	004	13.03.13	14.03.13	13.03.13	13.03.13	13.03.13	13.03.13	
OGW	Probenahmedatum													
Fragilaria capucina var. vaucheriae (KUETZING) LANGE-BERTALOT		0.6	0.4		4.4	2.6	1.4							
Fragilaria ulna (NITZSCH) LANGE-BERTALOT	0.6	1.0	1.6		1.2	1.4	1.4							
Gomphonema angustivalva REICHARDT	0.8	1.0			0.8									
Gomphonema cymbellinum REICHARDT & LANGE-BERTALOT				0.8										
Gomphonema micropus KUETZING														
Gomphonema nicht tergestinum sensu DICH 2006 Arbeitsname E. Reichardt 2002	1.2	2.8												
Gomphonema olivaceum (HORNEMANN) BREBISSON	11.2	3.8	10.6	1.4	6.0	1.6	1.0							
Gomphonema olivaceum var. Fusspol vorgezogen Arbeitsname E. Reichardt 2002				1.8										
Gomphonema pumilioide-Kleinformen Arbeitsname E. Reichardt 2002				1.4										
Gomphonema pumilium var. elegans REICHARDT & LANGE-BERTALOT	1.0			0.2	2.4									
Gomphonema variostigmatum Arbeitsname E. Reichardt 2002				1.8										
Melosira varians C-AGARDH						1.6								
Meridion circulare (GREVILLE) C-AGARDH														
Navicula atomus (KUETZING) GRUNOW	0.6	0.2	0.6	1.2										
Navicula cryptotenella LANGE-BERTALOT				0.6										
Navicula gregaria DONKIN														
Navicula lanceolata (C-AGARDH) EHRENBERG														
Navicula menisculus var. grunowii LANGE-BERTALOT	0.4													
Navicula minima GRUNOW														
Navicula minuscula var. muralis (GRUNOW) LANGE-BERTALOT														
Navicula reichardtiana LANGE-BERTALOT			0.6	0.2	1.0									
Navicula saphrophila LANGE-BERTALOT & BONIK														
Navicula subhamulata GRUNOW														
Navicula tripunctata (O.F.MUELLER) BORY DE SAINT-VINCENT														
Nitzschia dissipata (KUETZING) GRUNOW	0.4		1.4	0.6	2.6									
Nitzschia fonticola GRUNOW				2.8	0.4									
Nitzschia inconspicua GRUNOW					0.4									
Nitzschia pura HUSTEDT					0.4									
Nitzschia recta HANTZSCH				1.0	3.6									
Nitzschia sociabilis HUSTEDT														
Nitzschia sublinearis HUSTEDT														
Nitzschia wuellerstorffii LANGE-BERTALOT														

Auswertungen						
Anzahl gezählte Schalen	500	500	500	500	500	500
Taxazahl	22	23	21	22	26	23
Diversität	2.80	3.24	3.41	3.06	3.28	2.25

BUWAL Modul Kieselalgen Stufe F (Zweiteichung)						
DI-CH (Zweiteichung)	1.6	2.2	2.2	2.3	2.9	1.8
Qualitätsstufe Kieselalgen (Legende siehe unten)	1	1	1	1	1	1

Klasse	DI-CH	Beurteilung
1	1.0 bis 3.49	sehr gut
2	3.5 bis 4.49	gut
3	4.5 bis 5.49	mässig
4	5.5 bis 6.49	unbefriedig.
5	6.5 bis 8.0	schlecht

Legende Qualitätsstufe
gemäss BUWAL Kieselalgen Stufe F (Zweiteichung)

Differentialartengruppen mit Gewässergüte						
Gewässergüte	I-II	II	I-II	II	II	II
hypersensible Arten	14.0	6.4	10.0	4.6	2.4	4.2
sensible bis hypersensible Arten	17.6	28.2	5.6	9.8	2.6	35.6
sensible Arten	61.6	45.4	70.8	66.4	78.4	60.8
sensible bis tolerante Arten	6.4	16.6	12.0	0.0	10.4	27.4
tolerante Arten	0.4	2.8	0.4	0.0	6.2	0.6
resistente Arten	0.0	0.2	1.2	1.4	0.0	3.6
nicht definiert	0.0	0.4	0.0	17.8	0.0	0.0
						3.4

Sauerstoffbeeinflusste Taxa						
Summe sauerstoffbeeinflusster Arten	13.0	11.2	31.6	13.4	20.2	3.2

(www.systemecology.eu/de/spear/).

- Saprobien-Index Mass für die organische Belastung eines Gewässers.
- Diversitäts-Index Mass für die Artenvielfalt eines Gewässers.
- Rhitron-
Ernährungsindex
(RETI) Mass für die Gewässergüte, beurteilt anhand der Zusammen-
setzung der Ernährungstypen (Weider, Zerkleinerer, Detritusfresser,
Filtrierer) im Längsverlauf eines Gewässers.
- Längenzonierungs-
Index (LZI) Mass für die standortgerechte Zusammensetzung im Längsverlauf
des Fliessgewässers gegenüber den abiotischen Bedingungen.

Die Berechnung der letzten vier Indices erfolgte mit dem Programm ECOPROF (Version 3.2.3, Moog et al., 2010; www.ecoprof.at). Die Auswertungsmethoden sind unten aufgeführt.

Für alle auf Artniveau bestimmten Arten wurde in den Roten Listen (Lubini, 2012) überprüft, ob sie als gefährdet eingestuft sind. Von den in Frage kommenden Invertebraten-Gruppen existieren „offizielle“ Rote Listen bisher für die Köcher- Stein- und Eintagsfliegen, Wasserkäfer, Netzflügler, Libellen und Weichtiere. Auch für die Schweiz prioritäre Arten wurden auf der Taxaliste gekennzeichnet (BAFU, 2011).

Tabelle A2: Bestimmungsmatrix für den Makroindex nach Perret (1977). SE = Systematische Einheit.

Berechnungsmatrix für den Makroindex			SE Insecta/ SE Non-Insecta			
Nr.	Tiergruppen		<1	1-2	2-6	>6
1	SE Plecoptera	> 4	-	-	2	1
		3-4	-	3	2	2
2	SE Plecoptera und SE köchertragende Trichoptera	> 4	-	3	3	3
		≤ 4	5	4	3	3
3	SE Ephemeroptera ohne Baetidae	> 2	5	4	4	3
		≤ 2	6	5	5	-
4	<i>Gammarus</i> spp. und/oder <i>Hydropsyche</i> spp.		7	6	5	-
5	<i>Asellus</i> sp. u./o. Hirudinea u./o. Tubificidae		8	7	-	-

Auswertung mittels EcoProf

Die Taxalisten aller untersuchten Stellen wurden für weitere Auswertungen so aufbereitet, dass sie mit dem ökologischen Analyseprogramm EcoProf 3.2 ausgewertet werden konnten. Folgende Auswertungen und Indicesbestimmungen wurden durchgeführt:

- *Diversität* Die Formel für den (dimensionslosen) Diversitätsindex nach Wilhm & Dorris (1968) lautet wie folgt:

$$d = - \sum [n_i/n \cdot \log_2(n_i/n)]$$

wobei: d = berechneter Diversitätsindex

n_i = Organismenzahl der Art „i“

n = Organismen total aller Arten

Der so erhaltene Diversitätsindex ist ein Mass für die Artenvielfalt, bezogen auf die totale Organismenzahl einer Lebensgemeinschaft. Je grösser der Wert, desto grösser die Vielfalt. Werte über 3 bezeichnen meist eine gute bis sehr gute Vielfalt.

- **Saprobität** Der Saprobitäts-Index ist ein traditionelles Mass für die Beurteilung von Fliessgewässern. Je nach organischer Belastung eines Gewässers bildet sich eine spezielle Population von Makroinvertebraten aus, für die ein entsprechender Index berechnet wird. Den einzelnen Invertebratenarten wird dabei zuerst ein artspezifischer Index sowie ein Indikationsgewicht zugeordnet und daraus der Saprobitäts-Index der beprobten Population bestimmt. Der Index kann Werte zwischen 1 (unbelastete Gewässer) und 4 (übermässig belastetes Gewässer) annehmen (Tab. A3).

Die Formel zur Bestimmung des Saprobitäts-Indexes nach Zelinka & Marvan (1961) lautet:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n (s_i \cdot A_i \cdot G_i)}{\sum_{i=1}^n (A_i \cdot G_i)}$$

wobei: S = Saprobitäts-Index der Zönose

A_i = Abundanz des i-ten Taxons

s_i = Saprobienwert des i-ten Taxons

G_i = Indikationsgewicht des i-ten Taxons

n = Anzahl der Taxa

Tabelle A3: Saprobitätsstufe und Saprobienindex (DIN, 1989).

Saprobitätsstufe	Saprobienindex	Belastungsstufe
I oligosaprob	1.00 – 1.49	unbelastet
I-II oligo- bis betamesosaprob	1.50 – 1.79	gering belastet
II beta-mesosaprob	1.80 – 2.29	mässig belastet
II-III beta- bis alphamesosaprob	2.30 – 2.69	deutlich verschmutzt
III alphamesosaprob	2.70 – 3.19	stark verschmutzt
III-IV alphameso- bis polysaprob	3.20 – 3.49	sehr stark verschmutzt
IV polysaprob	3.50 – 4.00	übermässig verschmutzt

- **Eveness** Normierte Kenngrösse für die Strukturiertheit bzw. Ausgewogenheit einer Lebensgemeinschaft resp. Massstab für die Stabilität der Lebensgemeinschaft. Eine homogene Artenverteilung gibt die grösste Eveness (0-1). Der Index berechnet sich aus der Diversität und der Taxazahl:

$$E = D / \ln T$$

wobei: E = Eveness

D = Diversität nach Shannon & Weaver

T = Taxazahl

- **Zusammensetzung der Ernährungstypen**

Die Analyse der Ernährungstypen liefert Hinweise auf Veränderungen der Gewässergüte. Der Rhitron-Ernährungs-Typen-Index (=RETI; Schweder, 1992) basiert auf der Zuordnung aller erfassten Makroinvertebraten zu bestimmten Ernährungstypen und der Berechnung des Anteils von Weidegängern resp. Zerkleinerern an allen Primärkonsumenten. Für die Berechnung des RETI werden folgende Ernährungstypen unterschieden:

- Weider (Wei): kratzen den Bewuchs an der Oberfläche von Steinen und Blättern ab,
- Zerkleinerer (Zkl): zerkauen und zerkleinern Gewebe von Gefässpflanzen und Fallaub,
- Detritusfresser (Det): unspezialisierte Tiere, die sedimentiertes organisches Material fressen,
- Filtrierer (Fil): fangen im Wasser suspendiertes, partikuläres organisches Material mit Körperteilen oder mit speziellen Netzen,
- Räuber (werden für die Berechnung des RETI nicht berücksichtigt): ernähren sich von tierischen Organismen.

Die Berechnung des RETI erfolgt nach folgender Formel:

$$RETI = \frac{\sum Wei + \sum Zkl}{\sum Wei + \sum Zkl + \sum Fil + \sum Det}$$

Bei der Berechnung des RETI wird davon ausgegangen, dass in kleineren, unbelasteten Fliessgewässern unter den Primärkonsumenten die Weidegänger und Zerkleinerer dominieren. In diesem Fall sind die Werte für den RETI nahe bei eins. Die Werte nehmen im Verlauf eines Fliessgewässers und mit zunehmender organischer Belastung ab und zeigen somit eine Veränderung im Nahrungsspektrum eines Fliessgewässers an. Der RETI reagiert im allgemeinen viel sensibler auf Veränderungen im Nahrungsspektrum als z.B. der Saprobitäts-Index und kann somit in Gewässern mit geringen Unterschieden in der Saprobität als zusätzliches Mass zur Beurteilung der Gewässergüte herangezogen werden.

• *Längenzonale Verteilung nach biozönotischen Regionen*

Im Längsverlauf eines unbeeinflussten Gewässers lösen sich jeweils typische Zönosen ab. Auf dieser Tatsache beruht die Methode der längenzonalen Verteilung nach biozönotischen Regionen. Folgende biozönotische Regionen werden unterschieden:

- Eu- und Hypokrenal (Abschnitte der Quellregion)
- Epi-, Meta- und Hyporhital (Abschnitte der Salmonidenregion)
- Epi-, Meta- und Hypopotamal (Abschnitte der Barben-, Brachsen-, Flunderregion)
- Litoral (Uferregion)
- Profundal (Tiefenregion)

Der eukrenale Anteil einer Biozönose wird wie folgt berechnet (analog wird für alle anderen Anteile der Zönose verfahren):

$$R_{\text{euk}} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{euk}_i \cdot A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

wobei: R_{euk} = Eukrenaler Anteil an der Gesamtbiozönose

euk_i = Anteil der eukrenalen Valenz des i-ten Taxons

A_i = Abundanz des i-ten Taxons

n = Anzahl der Taxa

• *Longitudinal Zonation Index – LZI (Regionsindex)*

Der Index berechnet sich nach Zelinka & Marvan (1961) wie folgt:

$$\text{LZI} = \frac{\sum_{i=1}^n r_i \cdot A_i \cdot G_i}{\sum_{i=1}^n A_i \cdot G_i}$$

wobei: A_i = Abundanz des i-ten Taxons

r_i = Regionswert des i-ten Taxons

G_i = Indikationsgewicht des i-ten Taxons

n = Anzahl der Taxa

Angaben zum ecoprof-Programm und zu den Berechnungsgrundlagen für die Auswertungen stehen im Handbuch zum Programm oder auch im Internet unter www.ecoprof.at (Rubrik: Literaturliste/ Berechnungsgrundlagen) zur Verfügung.

Tab. A4: Rohdaten Makrozoobenthos

	Seez, Plons	Seez, nach Flumroc Gelände	Seez, Scholbina nach ARA Flums und Schilis	Seez, Paschga	Seez, Ziegelhütte	Entsumpfungskanal, Bläse ob Tschlerbach	Tschlerbach, am See
Untersuchungsstellen OGW	097	082	125	129	002	130	004
Datum der Probenahme	13.03.13	13.03.13	13.03.13	14.03.13	14.03.13	13.03.13	13.03.13
	Ind./m ²						
TAXA	cf.						
Steinfliegen (Plecoptera)							
<i>Leuctra</i> sp.	434	628	960	514	318		98
<i>Protonemura</i> sp.	48			48			
<i>Nemoura obtusa</i> ^{1) 2)}	cf.	2					
<i>Perla grandis</i>	4			2			
<i>Dinocras cephalotes</i>						2	
<i>Perlodes intricatus</i>		2					
<i>Isoperla rivulorum</i>	2						2
<i>Rhabdiopteryx neglecta</i>	386	6	138	2	2		
<i>Capnioneura nemuroides</i>				48			
Total Steinfliegen	874	638	1098	614	320	2	100
Köcherfliegen (Trichoptera)							
<i>Agapetus ochripes</i>						48	96
<i>Hydropsyche dinarica</i>	cf.					16	62
<i>Melampophylax melampus</i>						2	
<i>Allogamus auricollis</i>	256		48	2			
<i>Drusus discolor</i>			2				
<i>Ecclisopteryx guttulata</i> ¹⁾		2	2	10			
<i>Philopotamus ludificatus</i>				2			
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>						2	
<i>Rhyacophila torrentium</i>				2			
<i>Rhyacophila</i> s.str. sp. (cf. <i>dorsalis</i>)	cf.	2	40	2			
<i>Rhyacophila</i> s.str. sp. (cf. <i>praemorsa</i> ^{1) 2)})	cf.	6				6	6
Total Köcherfliegen	258	8	92	18	0	74	164
Eintagsfliegen (Ephemeroptera)							
<i>Baetis alpinus</i>	1926	796	750	436	110		240
<i>Baetis rhodani</i>	576	98			6	480	100
<i>Torleya major</i> ^{1) 2)}						100	2
<i>Rhithrogena degrangei</i>				2			
<i>Rhithrogena loyolaea</i>			2		2		
<i>Rhithrogena Gr. hybrida</i>	98	6	2	2			
<i>Rhithrogena</i> sp.		24				144	104
<i>Ecdyonurus helveticus</i>			2		2		
Total Eintagsfliegen	2600	924	756	440	120	724	446
Zweiflügler (Diptera): Übrige							
<i>Wiedemannia</i> sp.				48			
<i>Molophilus</i> sp.	48			2			
<i>Dicranota</i> sp.	58	28		2	2	10	52
<i>Rhabdomastix</i> sp.			24				
<i>Eloeophila</i> sp.							2
<i>Emodotipula obscuriventris</i>	2	2		2			
<i>Tipula</i> sp. (<i>Azutipula</i>)							2
Total weitere Zweiflügler	108	30	24	54	2	10	56
Zweiflügler (Diptera): Zuckmücken							
Diamasinae (Larven + Puppen)	48	24	72	48	26		
Chironomini			2			146	
Orthoclaadiinae	912	846	2068	1352	480	192	434
Corynoneurinae	2	24					
Tanypodinae						48	
Total Zuckmücken	962	894	2142	1400	506	386	434
Zweiflügler (Diptera): Kriebelmücken							
<i>Simulium bezzii</i>			408		4		
<i>Simulium obuchovia</i>	96	82	604	50			
<i>Simulium</i> sp.		24					48
<i>Prosimulium</i> sp.		24					
Total Kriebelmücken	96	130	1012	50	4	0	48

	Seez, Plons	Seez, nach Flumroc Gelände	Seez, Scholbina nach ARA Flums und Schlis	Seez, Paschga	Seez, Ziegelhütte	Entsumpfungs-kanal, Bläse ob Tschlerbach	Tschlerbach, am See
Untersuchungsstellen OGW	097	082	125	129	002	130	004
Datum der Probenahme	13.03.13	13.03.13	13.03.13	14.03.13	14.03.13	13.03.13	13.03.13
	Ind./m ²						
TAXA	cf.						
Käfer (Coleoptera)							
<i>Elmis</i> sp.						248	
<i>Limnius</i> sp.						240	240
<i>Oulimnius</i> sp.						96	
Total Käfer	0	0	0	0	0	584	240
Krebstiere (Crustacea)							
<i>Gammarus fossarum</i>			2			248	100
Total Krebstiere	0	0	2	0	0	248	100
Weichtiere (Mollusca)							
<i>Ancylus fluviatilis</i>						12	
<i>Radix labiata</i> (früher <i>R. peregra</i>)						8	
<i>Pisidium</i> sp.						6	
Total Weichtiere	0	0	0	0	0	26	0
Würmer (Oligochaeta und Nematoda)							
Nematoda Gen. sp.				48			
Naididae						48	100
Enchytraeidae						4	
Tubificidae						48	
Total Würmer	0	0	0	48	0	100	100
Übrige Taxa							
Hydracarina	2						
Total übrige Taxa	2	0	0	0	0	0	0
TOTAL Individuendichte Ind./m²	4900	2624	5126	2624	952	2058	1682

¹⁾ Rote Liste Art; ²⁾ Prioritäre Art

Indices Makrozoobenthos	Seez, Plons	Seez, nach Flumroc Gelände	Seez, Scholbina nach ARA Flums und Schlis	Seez, Paschga	Seez, Ziegelhütte	Entsumpfungs-kanal, Bläse ob Tschlerbach	Tschlerbach, am See
Untersuchungsstellen OGW	097	082	125	129	002	130	004
TOTAL Individuendichte Ind./m²	4'900	2'624	5'126	2'624	952	2'058	1'682
Biomasse Nassgewicht g/m²	27.3	11.8	37.6	15.4	3.2	10.1	9.9
Anzahl Taxa	18	18	17	21	10	23	17
Diversität (Wilhm & Dorris)	2.69	2.35	2.45	2.14	1.68	3.54	3.30
Evenness	0.65	0.56	0.60	0.49	0.51	0.78	0.81
IBCH	13	12	12	12	9	12	11
Makroindex	1	2	3	1	3	3	3
SPEARpesticide	58.8	43.5	56.7	67.8	49.4	23.0	39.0
Anzahl Taxa zur Indexberechnung	7	7	9	10	5	7	6
Saprobienindex (Zelinka & Marvan)	1.42	1.26	1.14	1.15	1.24	1.94	1.41
Anzahl Taxa zur Indexberechnung	17	16	14	18	9	19	14
Rhithron Ernährungstypen Index (RETI)	0.56	0.52	0.38	0.56	0.58	0.75	0.69
Anzahl Taxa zur Indexberechnung	7	7	9	10	5	8	6
Längenzonierungsindex (LZI)	3.3	3.1	3.1	3.0	3.1	4.1	3.6

6.4 Methoden und Rohdaten Ökomorphologie und Äusserer Aspekt

Die Ökomorphologie ist im vorliegenden Projekt nicht über den ganzen Gewässerlauf, sondern jeweils nur in den kurzen beprobten Flussabschnitten aufgenommen worden. Deshalb kann unsere Beurteilung von bereits bestehenden ökomorphologischen Aufnahmen abweichen. Aufgenommen wurde die Breitenvariabilität, die Verbauung der Gewässersohle und des Böschungsfusses sowie die Natürlichkeit des Uferbereiches. Darüber hinaus wurde die Zusammensetzung des Sohlenmaterials mit Angaben zur Art und Häufigkeit der Teillebensräume (Choriotope) beurteilt (Tab. A5).

Routinemässig wurde bei allen Stellen der Äussere Aspekt beurteilt. Dieser umfasst eine Sinnenprüfung (Geruch, Trübung/Verfärbung, Schaum-/Schlamm Bildung), die Beurteilung des Ausmasses von Eisensulfidflecken und Algen-Wucherungen sowie die Grobbeurteilung der Kolmation. Die Methodik richtete sich dabei nach dem bereits erwähnten Modul-Stufen-Konzept. Mit dem Äusseren Aspekt können die Anforderungen an die Wasserqualität gemäss Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998 (GSchV) überprüft werden. Die Beurteilung erfolgte anhand einer vierstufigen Bewertungsskala (keine, leichte, mittlere und starke Beeinträchtigung). Die Methodik zum Äusseren Aspekt sieht nur drei Beurteilungsstufen vor, doch im Sinne der Vergleichbarkeit erfolgte die Beurteilung wie bei der letzten Untersuchung der Fliessgewässer im Einzugsgebiet des Walensees (Limnex, 2007; Tab. A7).

Die Abschätzung der Kolmation erfolgte im benetzten Sohlenbereich gemäss der im Äusseren Aspekt beschriebenen Methodik.

Die Bewuchsdichte des Gewässerbodens bezüglich Aufwuchsalgen, Moosen und höheren Wasserpflanzen (Makrophyten) wurde nach Thomas und Schanz (1976) mit einer 6-stufigen Skala geschätzt. Die Beurteilungsskala sieht wie folgt aus (Abb. A1, Tab A7):

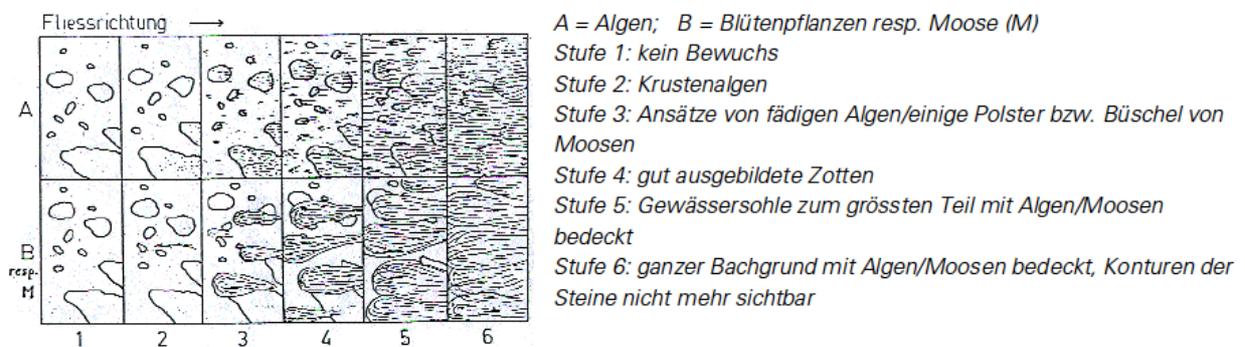


Abbildung A1: Bewuchsdichte von Algen und Moosen nach Thomas und Schanz (1976).

Tabelle A5: Rohdaten Ökomorphologie: Breitenvariabilität, Beschaffenheit Ufer, Beschaffenheit Böschungsfuss, Beschaffenheit . Nach BAFU Modul Ökomorphologie Stufe F (BUWAL, 1998b).

Gewässer, Standortbezeichnung	Seez, Plons	Seez, nach Flumroc Gelände	Seez, Scholbina nach ARA Flums und Schils	Seez, Paschga	Seez, Ziegelhütte	Entsumpfungskanal, Biätsche ob Tschlerbach	Tschlerbach, am See
OGW	097	082	125	129	002	130	004
	13.03.13	13.03.13	13.03.13	14.03.13	14.03.13	13.03.13	13.03.13
Ökomorphologie							
Breitenvariabilität Wasserspiegel	keine	eingeschr.	ausgeprägt	ausgeprägt	keine	keine	keine
Sohlenverbauung [%]	0	0	0	0	0	0	0
Böschungsfussverbauung [%] links	30-60	0	0	0	100	100	100
Böschungsfussverbauung [%] rechts	30-60	0	0	0	100	100	100
Uferbreite links	ungenü.	ungenü.	genügend	genügend	ungenü.	genügend	ungenü.
Uferbreite rechts	ungenü.	ungenü.	genügend	genügend	ungenü.	ungenü.	ungenü.
Beschaffenheit Uferbereich links	gew. fremd	gew.fremd	gew.ger.	gew.ger.	gew. fremd	gew.ger	künstlich
Beschaffenheit Uferbereich rechts	gew. fremd	gew.fremd	gew.ger.	gew.ger.	gew. fremd	gew. fremd	künstlich
Punktesumme (gerundet)	8	5	0	0	9	7	9
Bewertung Ökomorphologie (MSK F)							

Legende:

	0-1	natürlich / naturnach
	2-5	wenig beeinträchtigt
	6-9	stark beeinträchtigt
	10-12	naturfremd / künstlich

Tabelle A6: Art und Häufigkeit der Teillebensräume (Choriotope) nach BAFU Modul Makrozoobenthos Stufe F (Stucki, 2010).

Gewässer, Standortbezeichnung	Seez, Plons	Seez, nach Flumroc Gelände	Seez, Scholbina nach ARA Flums und Schils	Seez, Paschga	Seez, Ziegelhütte	Entsumpfungskanal, Blätsche ob Tschertlerbach	Tschertlerbach, am See
OGW	097	082	125	129	002	130	004
Datum Probenahme	13.03.13	13.03.13	13.03.13	14.03.13	14.03.13	13.03.13	13.03.13

Substrate und deren Deckung							
mobile Blöcke, > 250 mm	2	2	2	2	3	2	3
Moose (Bryophyten)	1		1	1	1		2
untergetauchte Samenpflanzen, (Hydrophyten)						1	
grobes organisches Material, (Laub, Holz, Wurzeln)	1	1	1	1		2	2
grössere mineralische Sedimente (Steine, Kieselsteine), 250 mm > Ø > 25 mm	4	4	4	4	2	3	3
Kies, 25 mm > Ø > 2,5 mm	3	3	3	3	4		3
Amphibische Samenpflanzen, (Helophyten)						1	
feine Sedimente +/- organisch, "Schlamm" Ø < 0.1 mm, Randpfützen			1				
Sand und Schluff, Ø < 2,5 mm	1	1		1	2	3	
Nat. und künst. Oberflächen, (Fels, Steinplatten, Boden, Wand) Block > Ø 250 mm							
Algen oder (falls fehlend) Mergel und Ton						2	

Legende:

1	< 5 %	wenig
2	5-10 %	mittel
3	11-50 %	häufig
4	> 50 %	sehr häufig

Tabelle A7: Äusseren Aspekts nach dem BAFU Modul (Binderheim und Gögge, 2007) aber in vier anstatt nur drei Stufen, Pflanzlicher Bewuchs nach Thomas und Schanz (1976) und allgemeine chemische und physikalische Momentdaten von den 7 Untersuchungsstellen.

Gewässer, Standortbezeichnung	Seez, Plons	Seez, nach Flumroc Gelände	Seez, Scholbina nach ARA Flums und Schils	Seez, Paschga	Seez, Ziegelhütte	Entsumpfungskanal, Biätsche ob Tschlerbach	Tschlerbach, am See
OGW	097	082	125	129	002	130	004
Datum Probenahme	13.03.13	13.03.13	13.03.13	14.03.13	14.03.13	13.03.13	13.03.13
Äusserer Aspekt							
Schlamm	kein	kein	kein	kein	kein	wenig	kein
Trübung	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine
Verfärbung	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine
unatürlicher Schaum	kein	kein	kein	kein	kein	kein	kein
Geruch	kein	kein	kein	kein	kein	kein	kein
Eisensulfid	kein	kein	kein	kein	kein	wenig	wenig
Kolmation	mittel	leicht	leicht	leicht	mittel	mittel	mittel
Feststoffe und Abfälle	vereinzelte	vereinzelte	vereinzelte	vereinzelte	vereinzelte	vereinzelte	viele
Heterotropher Bewuchs (makroskopisch sichtbar)	kein	kein	kein	kein	kein	kein	kein
Pflanzlicher Bewuchs (nach Thomas und Schanz)							
Algen	4	4	4	2	2	5	3
Algentypen	H, KA	H, KA	H, KA, FGA	H, KA, FGA	H, KA, FGA	KA	KA, FGA
Moose	2	1	1	3	3	1	1
Chemie / Physik							
Wassertemperatur [°C]	3.6	3.8	4.3	4.2	2.6	7.8	6.5
Max. Fließgeschwindigkeit [m/s]	0.7	0.8	1	0.8	0.6	0.4	1.2
geschätzte mittlere V [m/s]	0.5	0.6	0.6	0.5	0.4	0.3	0.7
Leitfähigkeit [µS/cm]	196	193	197	195	195	191	193
Abfluss Schätzung [l/s]	1000	1800	2000	2000	2200	500	2500

Legende

KA = Kieselalge

FGA = fädige Grünalge (Cladophora)

GA = Grünalge

H = Hydrurus

Ursachen anthropogen/unbekannt		
Beurteilung	Bewertung	Abklärung
Klasse 1	Anforderungen GSchV erfüllt	keine
Klasse 2	Erfüllung der Anforderungen GSchV fraglich	Vorgehen nach GSchV Art. 47
Klasse 3	Anforderungen GSchV nicht erfüllt	

Bewertung MSK Modul "Äusserer Asept":
Nach Binderheim und Gögge (2007)

