

Biologische Untersuchungen

in Salbach und Aach 2015



Bericht und Datenanhang

Bericht Nr.	1393-B-02
Datum Entwurf:	28.9.2015
Datum Endfassung:	5.10.2015

Impressum

Auftraggeber: Amt für Umwelt und Energie
Lämmli brunnenstrasse 54 · CH-9001 St. Gallen
Abwasserverband Morgental
Bleichestrasse 45 · Postfach 140 · CH-9323 Steinach

Auftragnehmer: AquaPlus AG
Gotthardstrasse 30 · CH-6300 Zug

Projektleitung: Joachim Hürlimann

Mitarbeiter: Caroline Baumgartner · Nicole Egloff · Anna Carlevaro ·
Margrit Ensner Egloff

Zitervorschlag: AQUAPLUS 2015: Biologische Untersuchungen in Salbach und Aach. Bericht und Datenanhang. Im Auftrag des Amtes für Umwelt und Energie Kanton St. Gallen und des Abwasserverbandes Morgental. 24 S und Anhang.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Zusammenfassung	1
1 Ausgangslage und Auftrag	4
2 Grundlagen und Methoden	4
3 Standort	5
4 Ergebnisse und Diskussion	7
4.1 Äusserer Aspekt	7
4.2 Pflanzlicher Bewuchs	8
4.3 Kieselalgen	10
4.4 Wasserwirbellose	14
4.5 Vergleich mit früheren Untersuchungen auf Niveau IBCH	18
5 Literaturverzeichnis	20

ANHANG

ANHANG A: Stellendokumentation	A1
ANHANG B: Untersuchungsmethodik	B1

Zusammenfassung

Die biologischen Untersuchungen in Salbach und Aach wurden vom Amt für Umwelt und Energie des Kantons St. Gallen und dem Abwasserverband Morgental in Auftrag gegeben. Sie umfassen gemäss Pflichtenheft vom 19. Dezember 2014 folgende Zielsetzungen:

- **"Ermittlung des biologischen Zustandes** der einzelnen Flussabschnitte und Überprüfung der Einhaltung der "ökologischen Ziele für Gewässer" und der "Anforderungen an die Wasserqualität" gemäss Anhang 1 und 2 der Gewässerschutzverordnung (GSchV) vom 28. Oktober 1998, soweit biologische Indikatoren betroffen sind.
- **Aufzeigen von Veränderungen** bezüglich der Ergebnisse früherer biologischer Untersuchungen und Erfolgskontrolle für realisierte Gewässerschutzmassnahmen.
- **Datenerhebung im Rahmen der *routinemässigen Fließgewässer-Überwachung* gemäss Konzept 2012.**"

Die vorliegende Arbeit umfasst den Bericht mit der Darstellung und der Diskussion der Untersuchungsergebnisse 2015 sowie einen Anhang mit der Dokumentation der Untersuchungsstellen. Die Untersuchungen wurden am 11. März 2015 durchgeführt, wobei die BAFU Module Äusserer Aspekt, Kieselalgen und Zoobenthos (Wasserwirbellose) angewandt wurden. Zudem wurde der pflanzliche Bewuchs der Gewässersohle erhoben. Der untersuchte Abschnitt im Salbach umfasste den Abschnitt oberhalb und unterhalb der ARA Morgental und in der Aach den Mündungsbereich in den Bodensee. Es wurden 3 Stellen beprobt.

Der Äussere Aspekt wies vor allem im Bereich der Sohlenbeschaffenheit mittlere bis starke Beeinträchtigungen auf. So traten je nach Stelle eine verschlammte und kolmatierte Sohle, Eisensulfid und Abfälle auf. Die fliessende Welle wies eine leichte/mittlere bis starke Trübung auf. Die Erfüllung der Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 war an der oberen Stellen im Salbach (OGB 221 - Salbach - nach Bergerbach) fraglich. An der anderen Stelle des Salbachs (OGB 222 - Salbach - Schöntal) wie auch in der Aach (OGB 223 - Aach - ob See) wurden die Anforderungen nicht erfüllt. Hauptursache für die schlechte Sohlenqualität dürfte der vermutlich oft vorhandene Eintrag an Trübstoffen sein.

Entsprechend der schlechten Sohlenqualität dominierten bei den Lebensgemeinschaften der Kieselalgen und der Wasserwirbellosen tolerante Arten. Sauberwasserarten fehlten bei den Kieselalgen fast gänzlich, dafür war die Zahl und der Anteil an Arten, die erhöhte Stoffbelastungen (inkl. Abwasser) tolerieren, hoch. Bei den Wasserwirbellosen fehlten die Steinfliegen- und Köcherfliegenlarven fast gänzlich. Eintagsfliegenlarven kamen mit mehr als 10 % Anteil nur an der oberen Stelle des Salbachs vor. Dafür dominierten die Zumückenlarven. Zudem traten gehäuft auch Wenigborster auf und in der Aach zusätzlich die Wanzen. Der tiefe SPEAR-Index, mit Werten von 11 bis 26 % (Artniveau), lässt zudem vermuten, dass auch ein Risiko einer Pestizidbelastung vorhanden ist.

Während bei den Kieselalgen die ökologischen Ziele mit Ausnahme der Stelle OGB 222- Salbach - Schöntal knapp erreicht wurden, war dies bei den Wasserwirbellosen nicht der Fall. Verursacht wird dieser gemäss Gewässerschutzverordnung Anhang 1 und 2 ungenügende Zustand durch einen Faktorenkomplex. Da die biologisch indizierte Wasserqualität basierend auf den Kieselalgen an zwei der drei Stellen als 'gut' beurteilt wird, dürften die Lebensgemeinschaften der Wasserwirbellosen stark durch die Sohlenqualität beeinflusst sein und weniger durch das Wasser der fliessenden Welle. Wichtige Einflussfaktoren insbesondere für die Wasserwirbellosen sind:

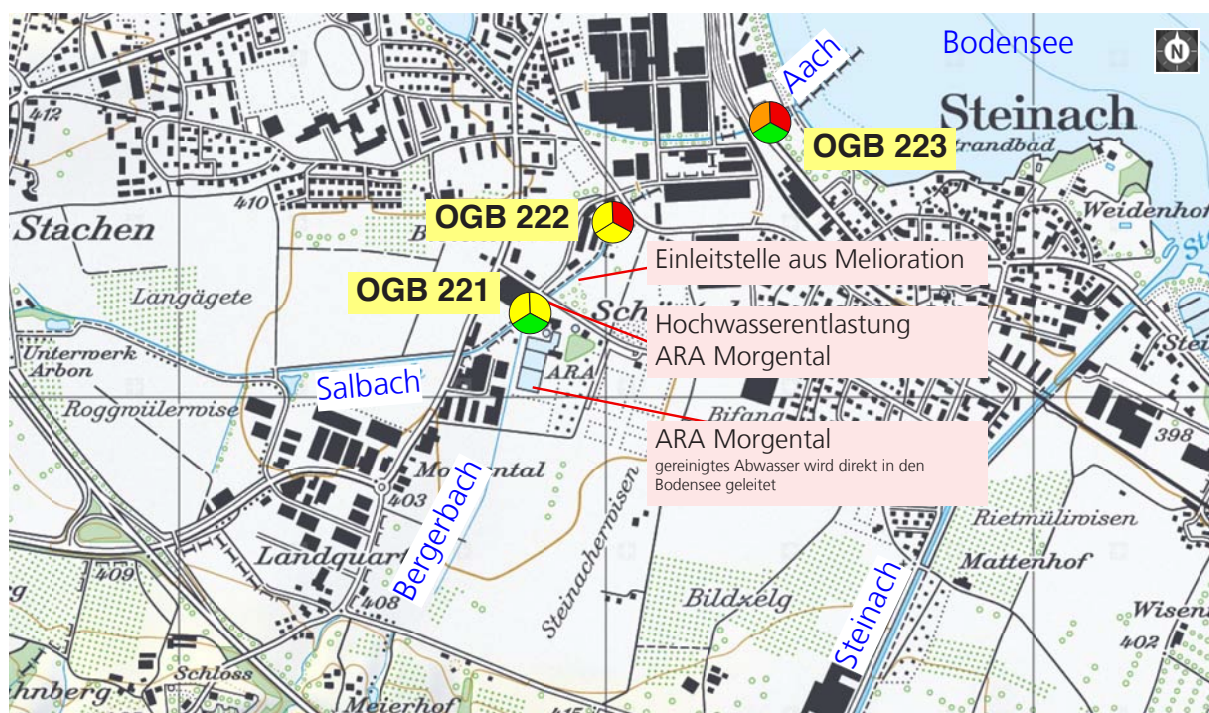
- das geringe Gefälle und damit die Voraussetzung für Sedimentation,
- die vermutlich regelmässig auftretenden Trübungen des Wassers (Eintrag an Trüb- und Feststoffen während Hochwasserereignissen, Entlastungen, Abschwemmungen, Melioration, Landwirtschaft), wobei die Trübstoffe auch toxische Substanzen beinhalten können und
- die zum Teil beeinträchtigte Ökomorphologie sowie die Beschaffenheit der Gewässersohle (begradigt, Kolmation, Verschlammung der Gewässersohle, Eisensulfid, stark verbauter Böschungsfuss, weitgehend fehlende Verzahnung mit dem Ufer, fehlende oder eingeschränkte Wasserspiegelbreiten- und Wassertiefenvariabilität).

Die Auswirkungen dieser Einflussfaktoren sind eine Akkumulation von Feinsedimenten im Gewässer (Verschlammung, Kolmation), Ablagerung von allenfalls toxischen Schadstoffen im Gewässer und eine erhöhte Sauerstoffzehrung im Sediment (Abbauprozesse, Eisensulfidbildung). Die Besiedlung der Wasserwirbellosen erfolgt daher weitgehend mit toleranten Arten. Empfindliche Arten wie beispielsweise Steinfliegenlarven können bei diesen Lebensraumbedingungen kaum aufkommen.

Der Vergleich zu den letzten Aufnahmen der Jahre 2009 und 2010 zeigt, dass damals die Verhältnisse ähnlich schlecht waren und den gesetzlichen Vorgaben ebenfalls nicht genügten wie im Jahr 2015.

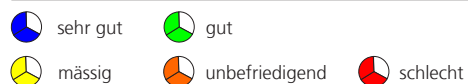
Fazit

Der Salbach und die Aach haben mehrheitlich Lebensraumdefizite im Bereich der Morphologie (geringes Gefälle, begradigt, verbauter Böschungsfuss, schlechte Verzahnung mit dem Umland) und der Gewässersohle (Verschlammung, Ablagerungen, Kolmation, Veränderung des Interstitials, Abfälle, Toxizität). Die fliessende Welle enthält vermutlich oft Trübstoffe. Diese Defizite zeigen sich ausgeprägt im Bereich des Äusseren Aspektes sowie der Lebensgemeinschaften der Kieselalgen und der Wasserwirbellosen. Die ökologischen Ziele und die Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 1 und 2 werden daher mehrheitlich nicht erfüllt.



Zoobenthos und Kieselalgen

Zustandsklassen (links: IBCH, unten: DI-CH)



Äusserer Aspekt

Anforderungen an die Wasserqualität und ökologische Ziele:



Abb. 1: Einzelbewertung des Äusseren Aspektes, der Kieselalgen und der Wasserwirbellosen (Zoobenthos) an den untersuchten Stellen in Salbach und Aach anlässlich der Untersuchung vom 11. März 2015. Karte gemäss <https://s.geo.admin.ch/6720d0d574>, generiert am 22.09.2015 16:29.

Gewässer	Gemeinde	Ortsbezeichnung	Stellenbezeichnung
Salbach	Steinach	nach Bergerbach	OGB 221
Salbach	Steinach	Schöntal	OGB 222
Aach	Steinach	ob See	OGB 223

1 Ausgangslage und Auftrag

Ziele

Die biologischen Untersuchungen im Salbach und in der Aach wurden vom Amt für Umwelt und Energie des Kantons St. Gallen und dem Abwasserverband Morgental in Auftrag gegeben. Sie umfassen gemäss Pflichtenheft vom 19. Dezember 2014 folgende Zielsetzungen:

- **"Ermittlung des biologischen Zustandes** der einzelnen Flussabschnitte und Überprüfung der Einhaltung der "ökologischen Ziele für Gewässer" und der "Anforderungen an die Wasserqualität" gemäss Anhang 1 und 2 der Gewässerschutzverordnung (GSchV) vom 28. Oktober 1998, soweit biologische Indikatoren betroffen sind.
- **Aufzeigen von Veränderungen** bezüglich der Ergebnisse früherer biologischer Untersuchungen und Erfolgskontrolle für realisierte Gewässerschutzmassnahmen.
- **Datenerhebung im Rahmen der routinemässigen Fließgewässer-Überwachung** gemäss Konzept 2012."

Die vorliegende Arbeit umfasst den Bericht mit der Darstellung und der Diskussion der Untersuchungsergebnisse 2015 sowie einen Anhang mit der Dokumentation der Untersuchungsstellen.

2 Grundlagen und Methoden

Die Untersuchung stützt sich auf die aktuell im Salbach und in der Aach am 11. März 2015 vorgefundenen gewässerökologischen Verhältnisse ab. Die angewandten Methoden entsprechen dem Untersuchungskonzept des Kantons St. Gallen sowie dem Modul-Stufen-Konzept des BAFU. So wurden die Module Äusserer Aspekt Stufe F (BAFU 2007a), Kieselalgen (BAFU 2007b) und Makrozoobenthos Stufe F (BAFU 2010) angewandt. Im weiteren wurde der pflanzliche Bewuchs (Algen, Moose, Makrophyten) erhoben und das Modul Makrozoobenthos um die Individuendichte und die Bestimmungen tiefer als das Familienniveau sowie den Spear-Index ergänzt. Weitere methodische Erläuterungen befinden sich in ANHANG B.

Die Vergleiche mit früheren Aufnahmen stammen aus den Jahren 2009 (AQUAPLUS 2009) und 2010 (AQUAPLUS 2010).

3 Standort

In den Abbildungen 3.1 und 3.2 sind die Untersuchungsstellen fotografisch respektive kartographisch dargestellt und in Tabelle 3.1 mit Hinweisen zu geografischen Lokalitäten sowie mit physikalischen Feldmesswerten charakterisiert. Am Probenahmetag führten der Salbach wie auch die Aach einen Trockenwetterabfluss. Abflussmessstationen sind nicht vorhanden. Der Abfluss dürfte im Salbach grob geschätzt um rund 100 l/s und in der Aach um rund 300 l/s gewesen sein.



Salbach: OGB 221, nach Bergerbach, Aufnahme vom 11. März 2015.



Salbach: OGB 222, Schöntal, Aufnahme vom 11. März 2015.



Aach: OGB 223, ob See, Aufnahme vom 11. März 2015.

Abb. 3.1: Fotodokumentation der Untersuchungsstellen in Salbach und Aach vom 13. März 2015.

Fotos: AquaPlus AG 2015

Gewässer	Gemeinde	Ortsbezeichnung	Stellenbezeichnung
Salbach	Steinach	nach Bergerbach	OGB 221
Salbach	Steinach	Schöntal	OGB 222
Aach	Steinach	ob See	OGB 223

Tab. 3.1: Untersuchungsstellen in Salbach und Aach der Untersuchung vom 11. März 2015 mit Angabe der geografischen Lokalitäten (Gemeinde, Koordinaten, Meereshöhe) sowie Feldmesswerte (Leitfähigkeit, Wassertemperatur).

Gewässer - Gemeinde Untersuchungsstelle Koordinaten / Datum	Meeres- höhe [m ü. M.]	Leit- fähigkeit [µS/cm]	Tempe- ratur [°C]	Kurzcharakterisierung
Salbach OGB 221 - nach Bergerbach 749 820 / 263 200 11.3.2015 / 14:30 Uhr	396	645	8.5	Nach Mündung Bergerbach in den Salbach. Näheres Einzugsgebiet: Siedlung, Gewerbe/Industrie und Landwirtschaft.
Salbach OGB 222 - Schöntal 750 030 / 263 450 11.3.2015 / 13:30 Uhr	396	633	8.3	Nach der Hochwasserentlastung der ARA Morgental und unterhalb der Einleitstelle aus der Melioration. Näheres Einzugsgebiet: Siedlung, Gewerbe/Industrie und Landwirtschaft.
Aach OGB 223 - ob See 750 415 / 263 665 11.3.2015 / 16:00 Uhr	395	629	8.2	Zwischen Kantonsstrasse und Mündung in den See, je nach Seepegel und Wasserführung der Aach im Rückstaubereich des Bodensees. Zum Zeitpunkt der Probenahme langsam fliessend, kein Rückstau. Näheres Einzugsgebiet: Siedlung, Gewerbe/Industrie und Landwirtschaft, Kantonsstrasse und Eisenbahnlinie

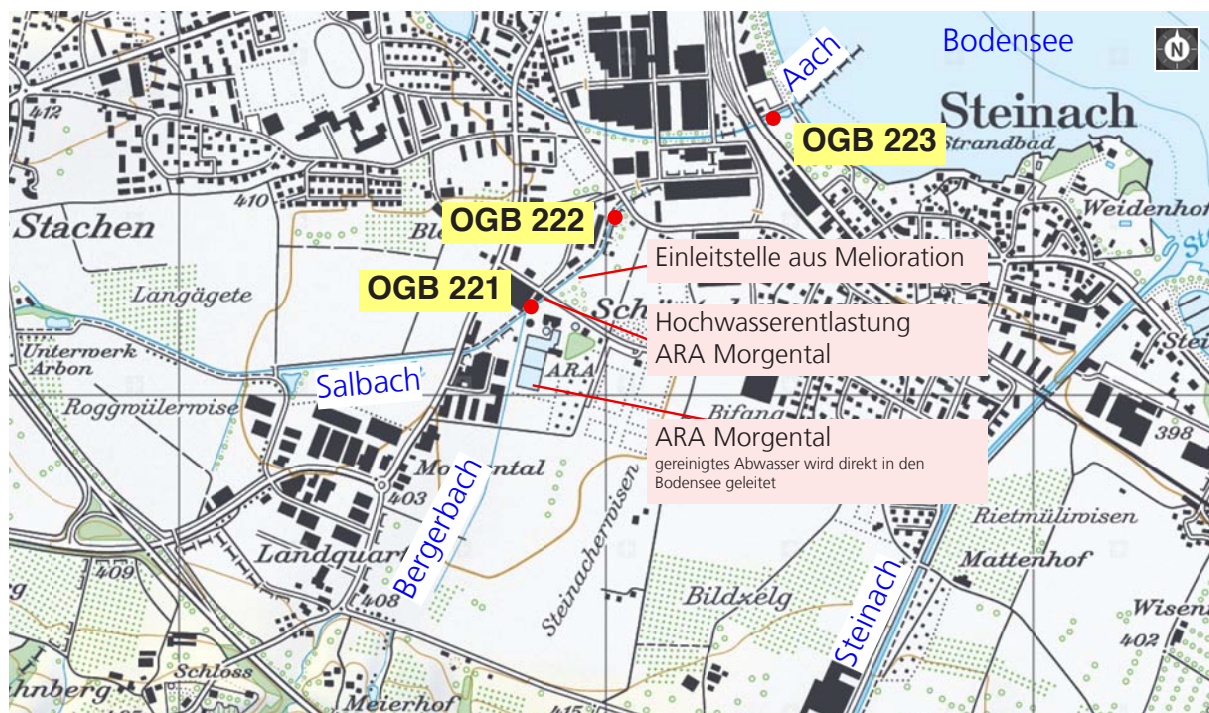


Abb. 3.2: Untersuchungsgebiet mit den 3 Untersuchungsstellen in Salbach und Aach anlässlich der Untersuchung vom 11. März 2015. Karte gemäss <https://s.geo.admin.ch/6720d0d574>, generiert am 22.09.2015 16:29.

4 Ergebnisse und Diskussion

Die Detailresultate der Untersuchungen befinden sich in ANHANG A (Stellendokumentationen). Im Folgenden werden die wichtigsten Resultate besprochen.

4.1 Äusserer Aspekt

Eine überblicksmässige Zusammenstellung über die Beeinträchtigungen des Äusseren Aspektes an den Untersuchungsstellen in der Steinach liefert Tabelle 4.1.

Im Salbach wie auch in der Aach traten anlässlich der Untersuchung vom 11. März 2015 bezüglich des Äusseren Aspektes an allen drei Stellen leichte bis starke Beeinträchtigungen der fliessenden Welle (Trübung) wie auch der Gewässersohle (Verschlammung, Eisensulfidflecken, Abfälle, Kolmation der Gewässersohle) auf. Die Beeinträchtigungen waren sowohl in der Ausprägung wie auch in der Vielfältigkeit ab der unteren Stelle des Salbachs (OGB 222 - Salbach - Schöntal) und der Aach (OGB 223 - Aach - ob See) am offensichtlichsten.

Die **Trübung** des Wassers nahm im Fliessverlauf von gering über mittel bis stark zu. Die Ursachen für diese Trübung der beiden Gewässer sind unklar. Es dürften generell Einträge von Trübstoffen aus der Siedlungs- und Strassenentwässerung wie auch von Abschwemmungen aus dem auch landwirtschaftlich geprägten Einzugsgebiet sein. Inwieweit die oberhalb der Stelle OGB 222 - Salbach - Schöntal offenbar vorhandene Einleitung von Meliorationswasser für die Zunahme der Trübung verantwortlich war, ist unbekannt. Die verschlammte Sohle wird zudem auch zur Trübung des Wasser beitragen, indem abgelagerte Trübstoffe bei erhöhtem Abfluss wieder mobilisiert werden. Ständig getrübt Wasser ist unerwünscht, weil sich Trübstoffe negativ auf die Gewässersohle auswirken (Sedimentation, Kolmation, Bildung von Eisensulfid).




Eine **Verschlammung** der Gewässersohle kam an allen drei Stellen vor. Sie beeinträchtigen den Lebensraum massiv.

Eisensulfid wurde in geringem Masse (< 10 %) nur in der Aach, also im Bereich der Mündung in den Bodensee festgestellt. Die Bildung von Eisensulfid hängt grundsätzlich von der Dynamik (Geschiebetrieb), der Menge an eingebrachten Trübstoffen (Kolmation der Gewässersohle) und auch von der Menge an eingetragenen organischen Material ab. Eisensulfid bildet sich in über längere Zeit stabiler (allenfalls kolmatierter) oder stark verschlammter Gewässersohle. Gewässer mit regelmässig Geschiebetrieb und eher feinem Korn weisen selten Eisensulfid auf. Oft bilden sich schwarze Flecken von Eisensulfid auf den Unterseiten von grösseren im Wasser sich befindenen Ufer nahen Steinen. Eisensulfid bildet sich aber auch im feinen, organisch angereicherten schlickartigen Sediment.

Die **Kolmation der Gewässersohle** war im Salbach leicht/mittel bis stark. In der Aach bestand die Sohle mehrheitlich aus Feinsand, so dass eine Kolmation nicht festgestellt werden konnte. Im Salbach kommen als Ursachen der vermutlich oft vorhandene Eintrag an Trübstoffen (Strassen- und Siedlungsentwässerung (z. B. Entlastungen), Abschwemmungen, Melioration) und die zum Teil verbaute Sohle in Frage.

Tab. 4.1: Zusammenstellung über den Zustand des Äusseren Aspektes, der Kolmation der Gewässersohle und des heterotrophen Bewuchses in Salbach und Aach anlässlich der Untersuchung vom 11. März 2015.

Beurteilung des Gewässerzustandes gemäss Anforderungen an die Wasserqualität und ökologische Ziele für Fliessgewässer gemäss Gewässerschutzverordnung (GSchV Anhang 1 und 2) in Anlehnung an das BAFU Modul Äusserer Aspekt (Stufe F):

-  Anforderungen an die Wasserqualität und ökologische Ziele **erfüllt** (= Klasse 1 'kein').
-  Anforderungen an die Wasserqualität und ökologische Ziele knapp nicht eingehalten bzw. nicht erreicht oder Situation nicht klar (= Klasse 2 'wenig/mittel'), **Erfüllung der Anforderungen GSchV fraglich**.
-  Anforderungen an die Wasserqualität und ökologische Ziele **nicht erfüllt** (= Klasse 3 'viel').

	Stelle	Beurteilung	Beeinträchtigungen	Mögliche Ursachen
Salbach	OGB 221 nach Bergerbach	fraglich	geringe Trübung, leichte/mittlere Kolmation der Gewässersohle, mittlere Verschlämmung, wenig Abfälle	generell Siedlungs- und Strassenentwässerung, Abschwemmungen von versiegelten Flächen, allenfalls Einleitungen aus Melioration, wenig Gefälle, stark verbauter Bachlauf
	OGB 222 Schöntal	nicht erfüllt	mittlere Trübung, starke Kolmation der Gewässersohle, starke Verschlämmung (Abwasser), wenig Abfälle	Hochwasserentlastung, generell Siedlungs- und Strassenentwässerung, Abschwemmungen von versiegelten Flächen, allenfalls Einleitungen aus Melioration, wenig Gefälle, stark verbauter Bachlauf
Aach	OGB 223 ob See	nicht erfüllt	starke Trübung, Eisensulfidflecken (1-10 % Fundhäufigkeit), starke Verschlämmung (Abwasser), mittlere Menge Abfälle	Siedlungs- und Strassenentwässerung, Abschwemmungen von versiegelten Flächen, allenfalls Einleitungen aus Melioration, wenig Gefälle, zeitweise Rückstau vom Bodensee her, wenig Dynamik, stark verbauter Bachlauf

Fazit:

Die Erfüllung der Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 war an den untersuchten Stellen im Salbach und in der Aach zumindest fraglich (OGB 221 - Salbach - nach Bergerbach) oder an den anderen beiden Stellen OGB 222 - Salbach - Schöntal und OGB 223 - Aach - ob See nicht erfüllt. Hauptursache für die schlechte Sohlenqualität dürfte der vermutlich oft vorhandene Eintrag an Trübstoffen sein.

4.2 Pflanzlicher Bewuchs

Der pflanzliche Bewuchs (Algen, Moose und Makrophyten) kann aufgrund des Artenspektrums, der Bewuchsdichte und der Wuchsform charakterisiert werden. Dichter pflanzlicher Bewuchs kommt erfahrungsgemäss an Stellen mit stabilem Untergrund, guten Licht- und Nährstoffverhältnissen auf, wobei die Einleitung von Abwasser das Wachstum fördert (Nährstoffe, wachstumsfördernde Stoffe in geringen Mengen, Vitamine, Erwärmung der Wassertemperatur etc.) und eine ständige Trübung des Wassers das Pflanzenwachstum generell hemmt.

Hohe Pflanzendichten vermögen den Sauerstoffgehalt des Wassers insbesondere kleiner Fließgewässer während Zeiten mit geringer Abflussmenge oder im Ufer nahen Bereich mit geringer Strömung zu beeinflussen. Eine hohe pflanzliche Biomasse kann eine Sauerstoffproduktion infolge Photosynthese (tagsüber, Sauerstoffübersättigung) und ein Sauerstoffverbrauch infolge Atmung (nachts, Sauerstoffzehrung) verursachen. Hohe Änderungen im Sauerstoffgehalt, insbesondere Phasen mit geringer Sauerstoffkonzentration, bedeuten für empfindliche Organismen (z. B. Steinfliegenlarven) Stress. Sie werden von bezüglich Belastungen toleranteren Arten verdrängt.

Der Untersuchungszeitraum (März 2015) liegt ausserhalb der Vegetationsperiode vieler Pflanzen (inkl. Algen). Die vorgefundenen Algenbewuchsdichten entsprechen damit kaum der maximalen Bewuchsdichte der Sommermonate.

Im Salbach wurden eine sehr geringe Vielfalt an makroskopisch erkennbaren Algen (3 Taxa), Moosen (keine) und Makrophyten (1 Taxon) nachgewiesen. Anlässlich der Untersuchung vom 11. März 2015 konnten folgende Arten bestimmt werden:

- Makrophyten:** - *Süssgräser*
- Moose:** - *keine*
- Algen:**
- Krustenalgen: - Blaualgen
 - Kieselalgen (siehe Kapitel 4.3)
 - Haut- / Fadenalgen: - *Cladophora* sp. (Grünalge)

Der **Makrophyten**bewuchs fehlte bis auf wenige Gräser und **Moose** kamen keine vor (siehe Abbildung 4.1). Die vermutlich oft vorhandene Trübung der fließenden Welle und damit bedingt eine Abnahme der Lichtintensität erlaubt kein Aufkommen von höheren Pflanzen.

Makroskopisch auffällig waren bezüglich des **Algen**bewuchses neben den krustenförmigen Blau- und Kieselalgen nur die Fadenalge *Cladophora* sp. (Grünalge). Sie gilt bei hoher Dichte als Störzeiger (LANUV 2009). Die Alge wies im Salbach an der oberen Stelle eine Bewuchsdichte 3 auf, was '*gut ausgebildete Fäden und Zotten*' bedeutet, aber keine flächendeckende Ausbreitung. Bachabwärts nahm dann die Bewuchsdichte ab. Dies einerseits weil die Trübung zunahm (Lichtabnahme) und andererseits weil die Sohle verschlammter war und Feinsedimente in einem Fließgewässer ein zu instabiles Substrat darstellen für das Aufkommen eines dichten Fadenalgenbewuchses. Es kamen daher nur noch *Ansätze von Fäden und Zotten* vor.

Fazit:

Die Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV Anhang 2 hinsichtlich pflanzlichem Bewuchs (Veralgung, Verkratung) waren im Salbach und in der Aach an allen Stellen erfüllt. Störzeiger wie die Fadenalge *Cladophora* sp. waren vorhanden, aber nicht in extrem dominanten Bewuchsdichten.

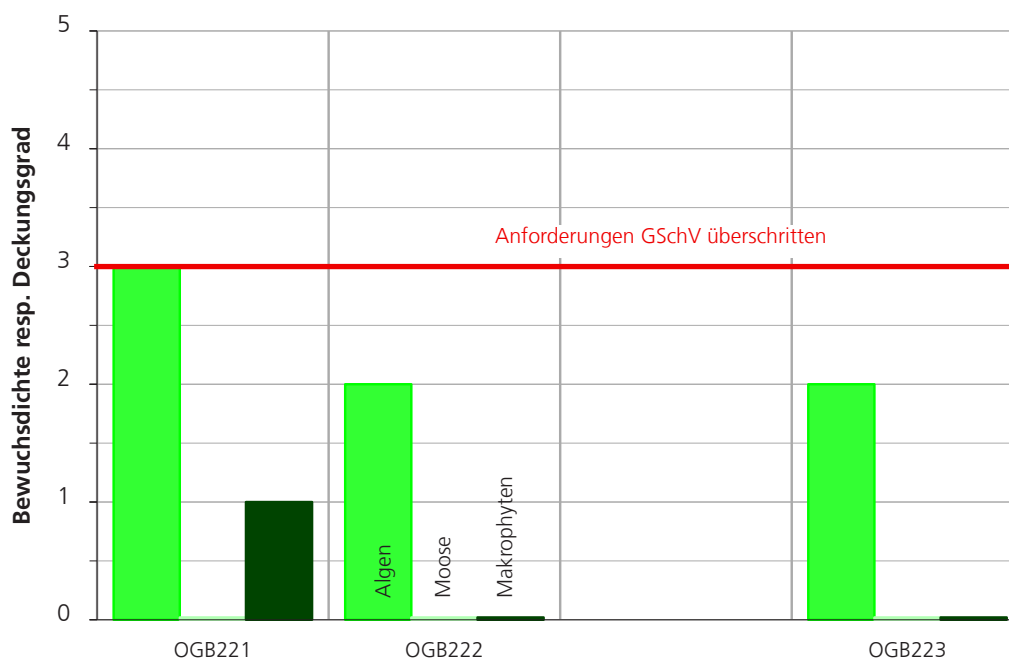


Abb. 4.1: Algen-, Moos- und Wasserpflanzenbewuchsdichte in Salbach und Aach anlässlich der Untersuchung vom 11. März 2015.

Algenbewuchsdichte. Skala nach THOMAS & SCHANZ (1976, Skala abgeändert von 0 bis 5): 0 = kein Bewuchs, 1 = Krustenalgen, deutliche Überzüge ohne Krusten, 2 = Ansätze von Fäden und Zotten, 3 = gut ausgebildete Fäden und Zotten, 4 = Gewässersohle zum grössten Teil mit Algen bedeckt, alle Steine überzogen, 5 = ganzer Bachgrund mit Algen bedeckt, Konturen der Steine nicht mehr sichtbar.

Deckungsgrad Moose und Wasserpflanzen. Skala nach THOMAS & SCHANZ (1976, Skala abgeändert von 0 bis 5): 0 = frei von Bewuchs, 1 = 1-10% der Gewässersohle bedeckt, 2 = 11-25%, 3 = 26-50%, 4 = 51-75%, 5 = 76-100%.

Rote Linie: Anforderungen an die Wasserqualität im Sinne von Algenwucherungen gemäss GSchV Anhang 2 nicht mehr erfüllt (Bewertung nach eigener Einschätzung).

4.3 Kieselalgen

Die Auswertung der Kieselalgen-Zählungen erfolgt in erster Linie nach dem neuen BAFU Modul Kieselalgen (Stufe F, Zweiteichung). Wir benutzen die neue Taxonomie und geben im Text in Klammern jeweils die alte Bezeichnung an.

Im Rahmen der Zählungen wurden an den drei Untersuchungsstellen des Salbachs und der Aach folgende Kennwerte gefunden:

Taxazahl total: 54 verschiedene Kieselalgentaxa (= Arten und Variationen)

Taxazahl pro Stelle: 27 bis 36 Taxa

Plankter: 2 planktische Arten (Vorkommen nur Stelle OGB 223),

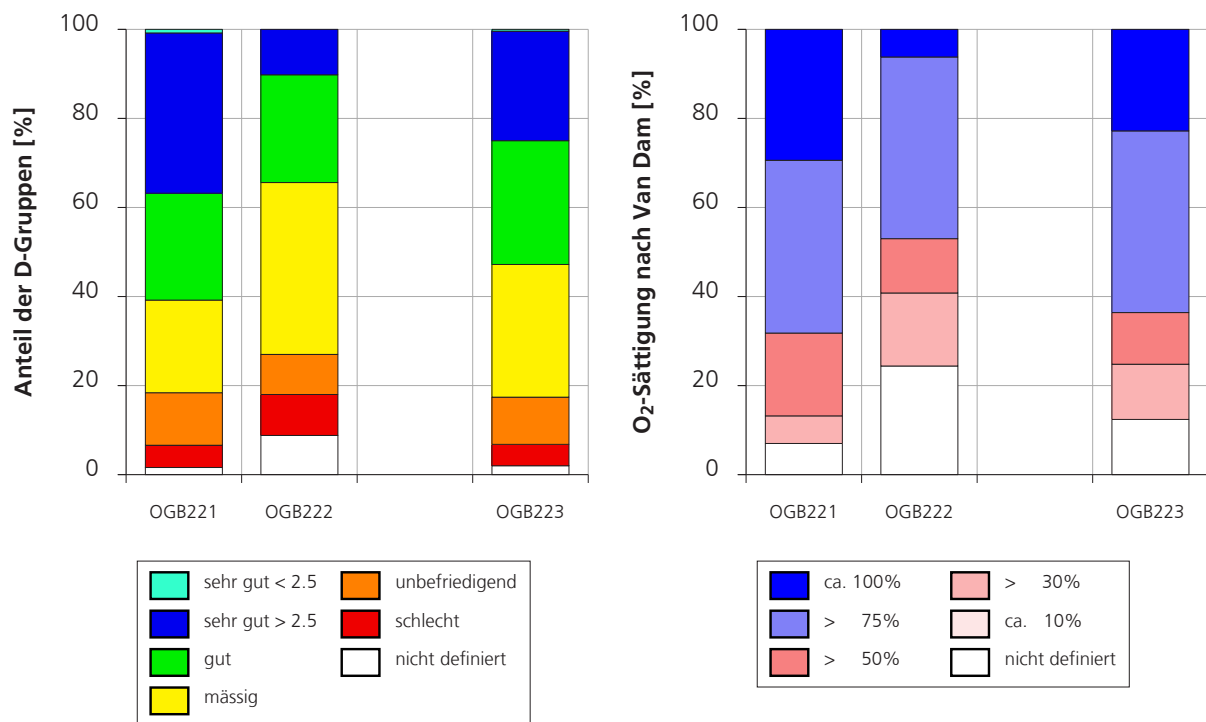
Abwassertaxa: 8 Taxa mit einem D-Wert ≥ 6.0 ,
Gruppensumme maximal 15.6 % relative Häufigkeit (rH) an
der Stelle OGB 221, Herkunft unklar, Verschlammung der
Gewässersohle, Siedlungs- und Strassenentwässerung, Me-
lioration Landwirtschaft

Sauberwasserarten: 3 Taxa mit einem D-Wert ≤ 2.0 ,
Gruppensumme maximal 0.8 % rH (Stelle OGB 221),

Teratologie: 0.2 % rH (Stellen OGB 221, OGB 223)

Fremde Arten: keine.

Mit mehr als 10 % rH traten an den drei Stellen des Salbachs und der Aach fol-
gende drei Hauptarten in Erscheinung (Reihenfolge nach maximaler rH): *Achnan-
thidium minutissimum* (= *Achnanthes minutissima*), *Amphora pediculus*, *Nitzschia
sociabilis* und *Navicula cryptotenella*. Diese Arten treten in vielen Fließgewässern



**Abb. 4.2: Kennwerte zu den Kieselalgen-Lebensgemeinschaften in Salbach und Aach SG anlässlich der Untersu-
chung vom 11. März 2015.** Dargestellt sind links die D-Gruppen (Basis BAFU Modul Kieselalgen) und rechts Summe der
relativen Häufigkeiten mit denselben Ansprüchen an die Sauerstoffsättigung (nach Van Dam et al. 1994).

Gewässer	Gemeinde	Ortsbezeichnung	Stellenbezeichnung
Salbach	Steinach	nach Bergerbach	OGB 221
Salbach	Steinach	Schöntal	OGB 222
Aach	Steinach	ob See	OGB 223

der Schweiz auf. Sie besiedeln oft Gewässer mit mässig bis schwach erkennbarer organischer Belastung. Arten, welche sehr saubere, organisch unbelastete Fließgewässer bevorzugen, kamen nur mit geringen Anteilen von insgesamt $\leq 1\%$ rH vor. Der Anteil an Arten, welche bis in stark mit Abwasser verunreinigten Gewässern vorkommen, war maximal 56.8 % rH (Abb. 4.2 links: D-Gruppen ≥ 4.5 entsprechend den Gruppen 'mässig', 'ungenügend' und 'schlecht'). Der Anteil dieser Taxa war vor allem an der Stelle OGB 222 (Schöntal) stark erhöht. In der Aach unmittelbar vor der Mündung in den Bodensee (OGB 223) war der Anteil dieser toleranten Arten wiederum etwas tiefer, aber immer noch markant hoch. Insgesamt traten 22 Taxa mit einem D-Wert ≥ 4.5 auf, wovon deren 14 mit einem relativen Anteil pro Stelle von $\geq 1\%$. Pro Stelle traten zwischen 11 und 15 dieser Taxa auf. Es waren dies vor allem folgende Taxa (Reihenfolge nach maximaler rH): *Amphora pediculus*, *Mayamaea atomus* (= *Navicula atomus*), *Eolimnia minima* (= *Navicula minima*), *Navicula gregaria*, *Psammothidium lauenburgianum*, *Navicula antonii* (= *Navicula menisculus* var. *grunowii*), *Nitzschia linearis*, *Fragilaria capucina* var. *vaucheriae*, *Sellaphora seminulum* (= *Navicula seminulum*), *Surirella brebissonii* var. *kuetzingii* (neu vermutlich *S. neglecta* genannt), *Diatoma problematica* und *Fall-*

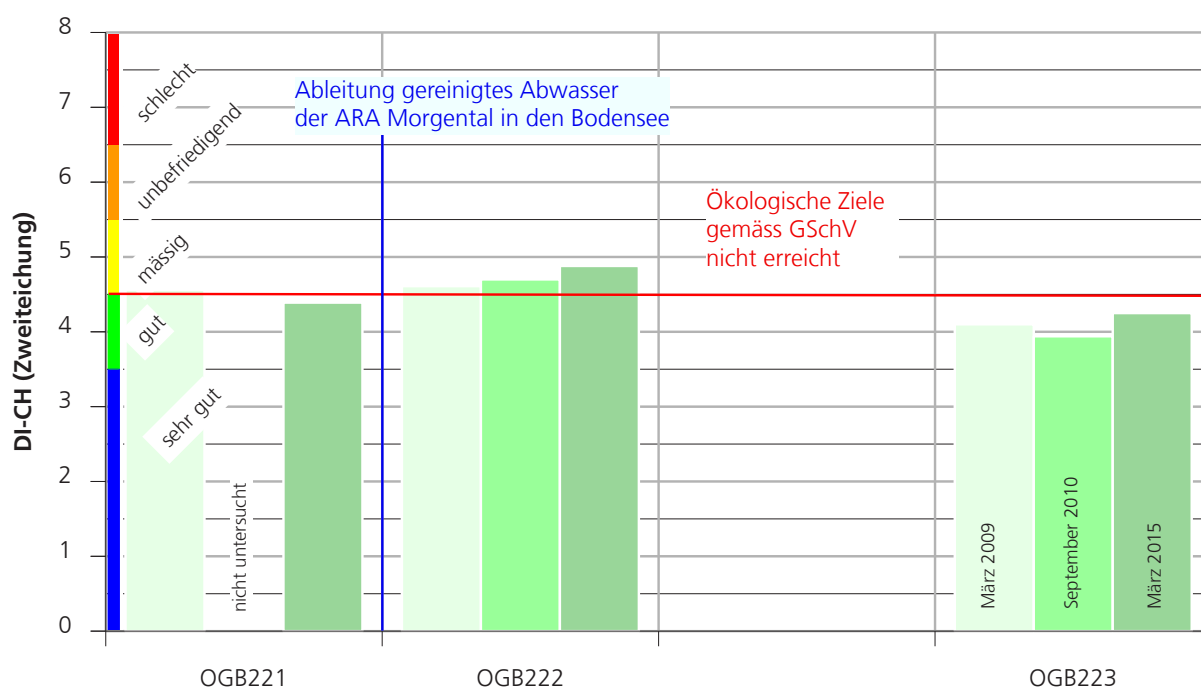


Abb. 4.3: BAFU-Kieselalgenindex DI-CH in Salbach und Aach SG vom 11. März 2015 im Vergleich mit den Untersuchungen aus den Jahren März 2009 sowie September 2010.

Die Farben 'blau', 'grün', 'gelb', 'orange' und 'rot' zeigen die fünf Zustandsklassen gemäss dem Modul-Stufen-Konzept. Rote Linie: Ökologische Ziele gemäss GSchV Anhang 1 (Bewertung gemäss BAFU Modul Kieselalgen, Stufe F, gemäss BAFU 2007). Die DI-CH-Werte der früheren Untersuchungen wurden für diese Arbeit neu berechnet.

Gewässer	Gemeinde	Ortsbezeichnung	Stellenbezeichnung
Salbach	Steinach	nach Bergerbach	OGB 221
Salbach	Steinach	Schöntal	OGB 222
Aach	Steinach	ob See	OGB 223

acia lenzii (= *Navicula lenzii*) und weitere Taxa. Diese doch recht hohe Zahl an Abwassertaxa illustriert, dass im Salbach und in der Aach stoffliche Beeinträchtigungen vorhanden sind. Die Summen der relativen Häufigkeiten der Arten mit D-Werten ≥ 4.5 umfassen je nach Stelle 37.6 bis 56.8 % (Abb 4.2 links). Zudem trägt die relative Häufigkeit der Arten, welche eine Sauerstoffsättigung < 75 % tolerieren, zwischen 25.6 bis 31 % (Abb. 4.2 rechts). Das Vorhandensein solcher Taxa, welche auch bei deutlich ungesättigten Sauerstoffverhältnissen vorkommen können, bedeutet nicht, dass der Salbach oder die Aach dauernd tiefe Sauerstoffwerte haben muss. Diese Taxa sind grundsätzlich gegenüber hohen Nährstoffkonzentrationen sowie organischen Belastungen tolerant und daher gegenüber Sauerwasserarten auch im Falle von tiefen Sauerstoffwerten konkurrenzstark. An den drei untersuchten Stellen bildeten sich demnach Lebensgemeinschaften aus mit Taxa, welche tolerant sind gegenüber stofflichen Belastungen.

Abbildung 4.3 illustriert den Kieselalgenindex DI-CH gemäss BAFU Modul Kieselalgen (Stufe F) für die Jahre 2009, 2010 und 2015. Über die Jahre hinweg war der DI-CH-Wert innerhalb der drei Stellen recht konstant. Im Jahr 2015 wurden im Salbach an der oberen Stelle (OGB 221 - nach Bergerbach, DI-CH: 4.4) sowie in der Aach (OGB 223 - ob See, DI-CH: 4.3) die ökologischen Ziele gemäss GSchV Anhang 1 knapp erreicht. An der unteren Stelle des Salbachs (OGB 222 - Schöntal, DI-CH: 4.9) wurden die ökologischen Ziele nicht erreicht. Über die Jahre hinweg war die Indikation der biologisch indizierten Wasserqualität an jeder Stelle in sich vergleichbar. Der Salbach weist über die Untersuchungsjahre hinweg einen meistens '*mässigen Zustand*' auf und die Aach einen knapp noch '*guten Zustand*'. DI-CH-Werte von 4.5 oder schlechter sind in der Schweiz nicht mehr sehr häufig. So wiesen in der Periode der Jahre 2000 bis 2013 (Basis 4'015 Fließgewässerproben) nur 12 % aller untersuchten Fließgewässer einen DI-CH-Wert von ≥ 4.5 auf.

Die Ähnlichkeitsbestimmung zwischen zwei Lebensgemeinschaften führen wir mit zwei bekannten Indices durch. Einerseits die Artenübereinstimmung mittels Jaccard (1901) und andererseits die Dominanz-Identität mittels Renkonen (1938). Mittels diesen beiden Ähnlichkeitsindices ermittelten wir für jede der drei Stellen die 10 ähnlichsten Lebensgemeinschaften aus einem Datensatz von 7'344 Lebensgemeinschaften. Es zeigte sich, dass unter den 10 besten Analoga nur für die Stelle OGB 222 - Salbach - Schöntal des Jahres 2015 sich dieselbe Stelle des Salbachs des Jahres 2009 einreichte. Die anderen zwei Stellen hatten unter den 10 besten Analoga zu anderen Fließgewässern der Schweiz grössere Ähnlichkeiten. Fast alle Proben der 10 besten Analoga stammen aus dem Mittelland, etliche bis mehrheitlich (4 bis 7 von 10 Proben) aus der Nordostschweiz (Kantone St. Gallen, Thurgau, Appenzell und Zürich). Der DI-CH-Wert der 10 besten Analoga variiert über die drei Stellen hinweg von 3.6 bis 4.8, wobei ein DI-CH-Wert ≥ 4.5 immerhin 10 Analoga (10 von 60 = 17 %) aufwies. Die 10 besten Analoga indizieren über alle Stellen des Salbachs und der Aach hinweg mehrheitlich die Zustandsklasse '*gut*' (83 %). Mit einem Mittelwert von 4.46 wies die Stelle OGB 222 - Salbach - Schöntal den schlechtesten Mittelwert der 10 besten Analoga auf. Damit

kommt zum Ausdruck, dass die vorgefundenen Kieselalgen-Lebensgemeinschaften insgesamt gerade noch der Zustandsklasse 'gut' zugeordnet werden können.

Fazit: Die Kieselalgen-Lebensgemeinschaften der oberen Salbachstelle (OGB 221 - nach Bergerbach) und der Aach (OGB 223 - ob See) entsprechen im März 2015 knapp dem ökologischen Ziel gemäss GSchV Anhang 1. Die Stelle OGB 222 - Salbach - Schöntal erreichte dieses ökologische Ziel nicht. Die Verschlammung der Gewässersohle trägt vermutlich wesentlich zu diesem Zustand bei. Im Vergleich zu früheren Untersuchungen der Jahre 2009 und 2010 zeigte sich, dass die Verhältnisse pro Stelle in sich sehr ähnlich waren.

4.4 Wasserwirbellose

Die Wasserwirbellosen wurden an allen 3 Stellen im Salbach und in der Aach untersucht. Die detaillierten Ergebnisse der Untersuchung der Wasserwirbellosen sind in Tabelle 4.2 und im Anhang A (Stellendokumentationen) zusammengestellt.

An allen Stellen wurde das **Probenahmeverfahren** nach der IBCH-Methode durchgeführt. Die 8 Teilproben wurden jedoch aufgeteilt in drei Surberproben und in fünf Kickproben. Die häufigen und dominierenden Teillebensräume (Choriotope) der fliessenden Welle wurden mittels Surber-Sampling beprobt und zu einer Probe gepoolt (= Rohprobe 1). Die weiteren Choriotope wurden mittels Kicksampling beprobt und zu einer zweiten Probe gepoolt (= Rohprobe 3). Diese Unterteilung in Surber- und Kickproben hat den Vorteil, dass die Surberproben ausgezählt werden können zur Ermittlung der Individuendichte, des Saprobiewertes sowie der funktionalen Gruppen. Der IBCH-Wert beruht jedoch auf allen 8 Kickproben, wobei dafür die Abundanzklassen eruiert wurden.

Die **Gesamtindividuendichte** waren sehr stark unterscheidlich, wobei die Dichte im Fliessverlauf ausgehend von der obersten Stelle (1'407 Ind./0.1 m²) um rund den Faktor 10 (135 Ind./0.1 m²) und in der Aach um den Faktor 20 (78 Ind./0.1 m²) abnahm (Tab. 4.2). Die **Taxazahlen** nahmen mit 21 bis 34 Taxa und die **Diversität H** mit Werten von 2.7 bis 2.9 je mittlere bis leicht erhöhte Werte ein. Die **Anzahl EPT** (Anzahl Arten an Eintagsfliegen-, Steinfliegen- und Köcherfliegenlarven) war gering. Sie betrug pro Stelle bloss zwischen 3 und 10 Taxa, wobei die Steinfliegen (v.a. *Leuctra* sp.), wenn überhaupt, nur mit sehr geringer Dichte gefunden wurden. Die EPT Taxa machten an den drei untersuchten Stellen zwischen 1 und 20 % aller Individuen aus, wobei die oberste Stelle (OGB 221 - Salbach - nach Bergerbach) der höchste EPT Anteil an der Lebensgemeinschaft der Wasserwirbellosen aufwies (20 %). Den geringsten Anteil (1 %) wies die Aach auf.

Die **dominierenden Organismengruppen** mit einem Anteil von rund 20 % oder mehr an der Individuendichte in den Surberproben waren an allen drei Stellen nur die Zuckmückenlarven und zusätzlich an der oberen Stelle des Salbachs

(OGB 221 - nach Bergerbach) die Eintagsfliegenlarven (gehäuft *Baetidae*, Abb. 4.4 unten). Diese Organismengruppen machten zusammen an den drei untersuchten Stellen zwischen 61 und 87 % aller Individuen aus (Abb. 4.4). Weitere häufige Gruppen (> 5 %) waren nur noch die Würmer (alle Stellen) und die Wanzen (*Micronecta* sp. an der Stelle OGB 223 - Aach - ob See), wobei die Würmer für verschlammten Untergrund und die Wanzen für stehende Gewässer typisch sind. Die Dominanz der erwähnten Organismengruppen und die gleichzeitig, wenn überhaupt, nur mit Einzeltieren vorhandenen Steinfliegen- und Köcherfliegenlarven manifestieren, dass an den untersuchten Stellen eine schlechte Lebensraumqualität (vor allem Sohlenbeschaffenheit, Kolmation, z.T. Verschlammung, Algenbewuchs) vorhanden ist.

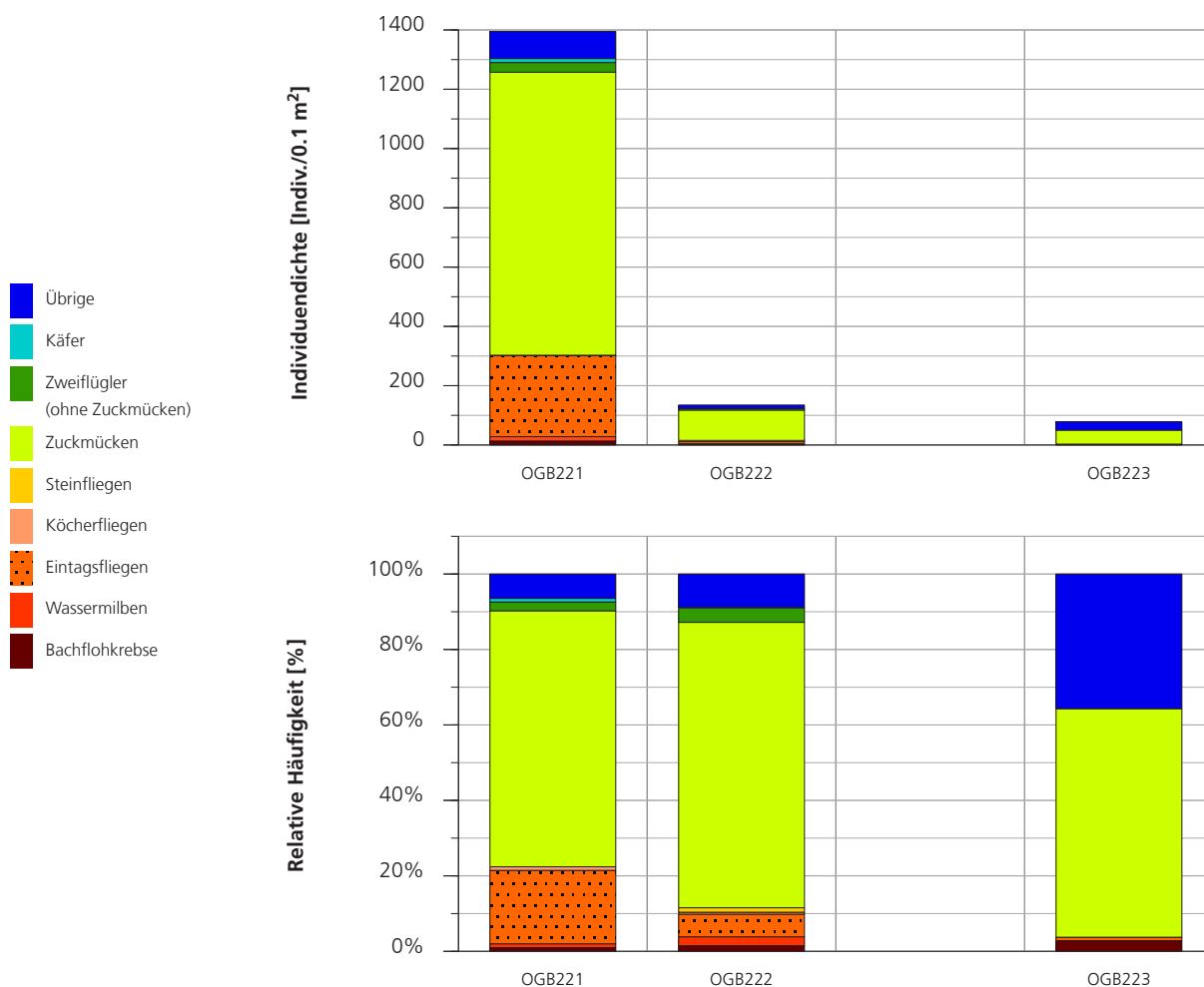


Abb. 4.4: Besiedlungsdichten (oben) und relative Häufigkeiten (unten) der Wasserwirbellosen an den untersuchten Stellen in Salbach und Aach am 11. März 2015.

Gewässer	Gemeinde	Ortsbezeichnung	Stellenbezeichnung
Salbach	Steinach	nach Bergerbach	OGB 221
Salbach	Steinach	Schöntal	OGB 222
Aach	Steinach	ob See	OGB 223

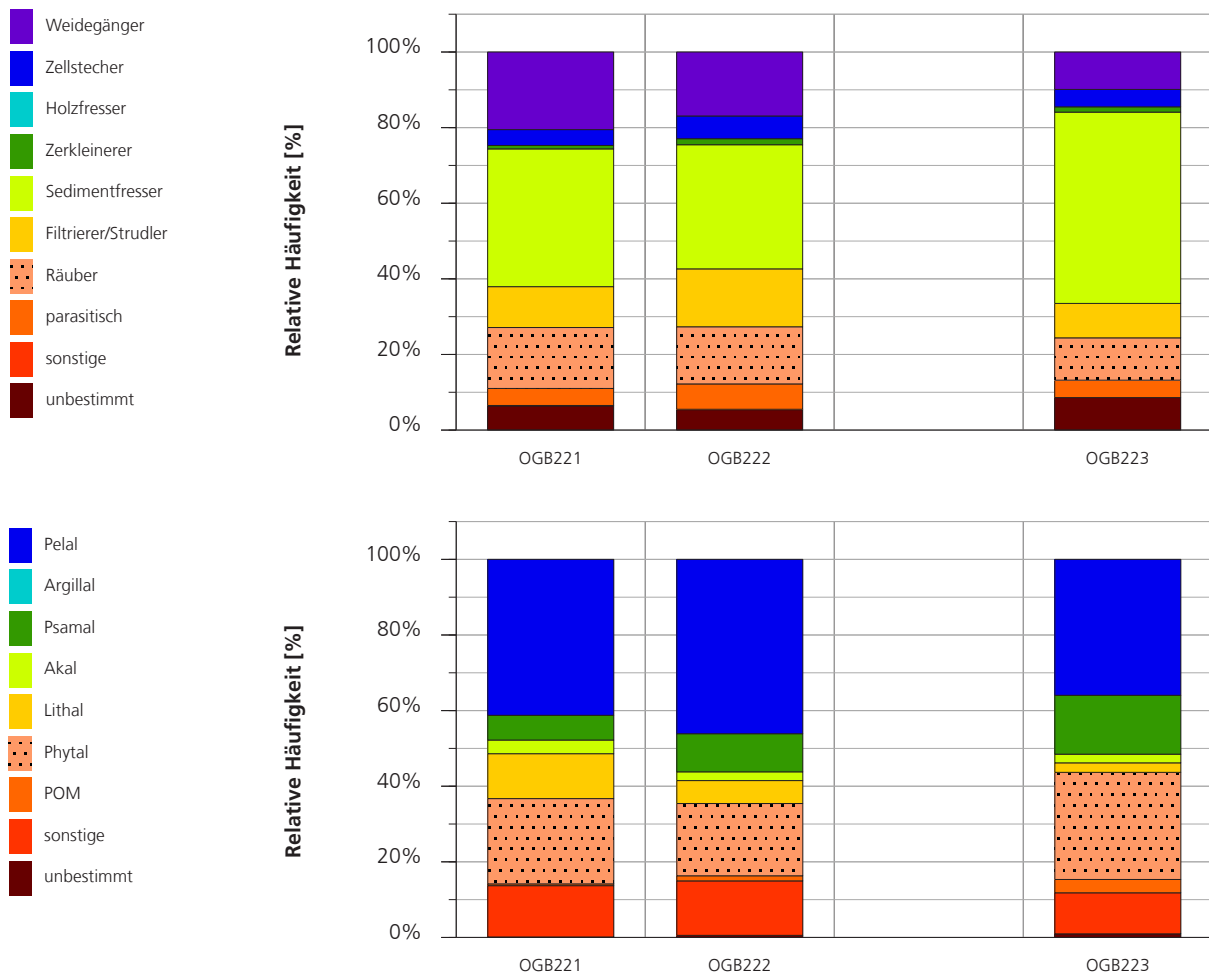


Abb. 4.5: Ernährungstyp (oben) und Habitatpräferenz (unten) der Wasserwirbellosen an den untersuchten Stellen in Salbach und Aach am 11. März 2015.

Gewässer	Gemeinde	Ortsbezeichnung	Stellenbezeichnung
Salbach	Steinach	nach Bergerbach	OGB 221
Salbach	Steinach	Schöntal	OGB 222
Aach	Steinach	ob See	OGB 223

Die vorhandenen Arten sind typisch für sandige (Pelal) und sowie für Pflanzen dominierte (Phytal) Lebensräume. Es handelt sich vor allem um Sedimentfresser, Zerkleinerer und Weidegänger (51 bis 62 %, vgl. Abb. 4.5). Räuber und Filtrierer sind ebenfalls vorhanden und nehmen zusammen je nach Stelle 20 bis 30 % ein. Die vorgefundenen Arten sind an allen drei Stellen zu einem grossen Anteil bezüglich Strömungspräferenz indifferent (61 bis 81 %) oder typisch für langsam fließende Gewässer (5 bis 30 %). Arten, welche strömendes Milieu bevorzugen, kamen gehäuft mit knapp 20 % Anteil nur an der oberen Stelle im Salbach vor (OGB 221 - nach Bergerbach). In der Aach war der Anteil der rheophilen und rheobionten Arten bloss 1 %.

Tab. 4.2: Zusammenstellung über die Gemeinschaften der Wasserwirbellosen in Salbach und Aach vom 11. März 2015.

Gewässerzustand gemäss BAFU (2010: IBCH) sowie weitere Indices und Kennwerte. Die Farben zeigen die Zustandsklassen und die Zahlen den Indexwert:

Makroindex (MI)	1 - 2 Zustandsklasse: sehr gut	4 Zustandsklasse: mässig	7 - 8 Zustandsklasse: schlecht
	3 Zustandsklasse: gut	5 - 6 Zustandsklasse: unbefriedigend	
IBCH	17 - 20 Zustandsklasse: sehr gut	9 - 12 Zustandsklasse: mässig	0 - 4 Zustandsklasse: schlecht
	13 - 16 Zustandsklasse: gut	5 - 8 Zustandsklasse: unbefriedigend	
SPEAR (pesticide)	> 44 Zustandsklasse: sehr gut	23 - 33 Zustandsklasse: mässig	0 - 11 Zustandsklasse: schlecht
	34 - 44 Zustandsklasse: gut	12 - 22 Zustandsklasse: unbefriedigend	

▼ Beurteilung des Gewässerzustandes gemäss ökologische Ziele für Fliessgewässer gemäss Gewässerschutzverordnung (GSchV Anhang 1):

 Ökologische Ziele eingehalten bzw. erreicht	MI: ≤ 3 und IBCH >12
 Ökologische Ziele deutlich überschritten bzw. nicht eingehalten	MI: ≥ 4 und/oder IBCH ≤ 12

	Stelle	Gesamt-individuen-dichte	Taxa-zahl/EPT	Diver-sität H	Spear ^{pesticide} -Index (Familie- / Artniveau)	MI	IBCH	Gewässer-zustand (nach MI/IBCH)	Bemerkung
Salbach	OGB 221 nach Bergerbach	1'407 Ind./0.1 m ²	34 / 10	2.88	Familie: 34.0 % Art: 26.3 %	4	12	nicht erfüllt	Dominanz der Eintagsfliegen / Zuckmücken und in geringerer Dichte Wenigborster und Muscheln
	OGB 222 Schöntal	135 Ind./0.1 m ²	25 / 6	2.71	Familie: 28.8 % Art: 18.6 %	4	11	nicht erfüllt	Dominanz der Zuckmücken und in geringerer Dichte Eintagsfliegen, Wenigborster und Muscheln
Aach	OGB 223 ob See	78 Ind./0.1 m ²	21 / 3	2.66	Familie: 15.9 % Art: 11.0 %	4	6	nicht erfüllt	Dominanz der Zuckmücken / Wanzen und in geringerer Dichte Wenigborster

Arten mit einem Gefährdungsstatus gemäs **Rote Liste** konnten keine nachgewiesen werden.

Der **SPEAR_{pesticide}-Index** nahm je nach Bestimmungsniveau unterschiedliche Werte ein, wobei er im Fliessverlauf deutlich schlechter wird. Auf Familienniveau betrug der SPEAR_{pesticide}-Index 16 bis 34 % (Tab. 4.2). Wird der SPEAR-Index auf Artniveau berechnet, dann ergeben sich noch tiefere Werte zwischen 11 und 26 %. Dies entspricht auf Art- wie auch auf Familienniveau einem mässigen bis schlechten Zustand. Es muss daher an allen drei Stellen von einem Risiko einer Pestizidbelastung ausgegangen werden.

Der **IBCH** erreichte Werte zwischen 6 und 12 (Tab. 4.2), wobei der Indexwert an der oberen Stelle des Salbachs (OGB 221 - nach Bergerbach) mit dem Wert 12 am besten und in der Aach (OGB 223 - ob See) mit dem Wert 6 am schlechtesten war. Damit indizierten die Wasserwirbellosen die Zustandsklassen 3 (mässig) im Salbach und 4 (unbefriedigend) in der Aach. Die ökologischen Ziele gemäss Gewässerschutzverordnung Anhang 1 werden somit bei allen drei Stellen nicht erfüllt.

Fazit:

Die Lebensgemeinschaften der Wasserwirbellosen erfüllen gemäss IBCH-Wert die ökologischen Ziele nach GSchV Anhang 1 an allen drei Untersuchungsstellen nicht. Unter Berücksichtigung der geringen Anzahl an EPT-Taxa und des tiefen SPEAR-Indexwertes weisen alle Stellen einen schlechten Lebensraum (Gewässersohle) auf. Es dominierten an allen Stellen die Zuckmückenlarven. Eintagsfliegenlarven kamen gehäuft nur an der obersten Stelle des Salbachs vor. Köcherfliegen- und Steinfliegenlarven waren, wenn überhaupt, nur mit sehr geringer Individuendichte vorhanden. Die Ernährungsweise sowie die Substrat- und Strömungspräferenzen der vorgefundenen Organismen verdeutlichen, dass die untersuchten Stellen geprägt sind durch eine verschlammte Sohle und langsam fliessendes Wasser.

4.5 Vergleich mit früheren Untersuchungen auf Niveau IBCH

Der Vergleich mit früheren Untersuchungen erfolgt auf Basis des IBCH-Wertes des Jahres 2009. Bei der Interpretation der Resultate gilt zu beachten, dass nicht alle Probenahmen nach den heute gültigen Richtlinien durchgeführt wurden. Die Probenahmen im Jahr 2009 wurden noch vor Erscheinen des aktuellen Methodenbeschriebs durchgeführt. Da das Verfahren zum Eruiere des IBCH-Wertes erst im Jahr 2010 erfolgte, wurde früher zum Teil abweichend beprobt. Dies bedeutet, dass heute tendenziell mehr Taxa gefunden werden und damit auch einen höheren IBCH-Wert resultiert. Daher haben wir für den Vergleich die plausibilisierten IBCH-Werte gemäss der Datenzusammenstellung in AQUAPLUS (2012) verwendet.

Im Salbach konnte vor allem an der oberen Stelle OGB 221 - Salbach - nach Bergerbach eine deutliche Verbesserung des IBCH-Wertes festgestellt werden. In beiden Jahren wurde aber das ökologische Ziel der GSchV gemäss Anhang 1 nicht erreicht. In der Aach stellten wir im Vergleich zum Jahr 2009 mit der aktuellen Untersuchung einen noch schlechteren Zustand fest wie damals. Bei der Aach gilt aber zu bemerken, dass hier der IBCH allenfalls nicht mehr sinnvoll angewandt werden kann. Dies weil die Gewässersohle infolge Nähe zum See (Rückstau bei hohem Wasserstand) natürlicherweise aus Feinsand besteht und die Strömung sehr gering ist. Da aber in beiden Untersuchungs Jahren in der Aach keine Wandermuscheln gefunden wurden, kann davon ausgegangen werden, dass die vorgefundenen Tiere mehrheitlich für die Aach typisch sind und weniger vom Bodensee her einwandern.

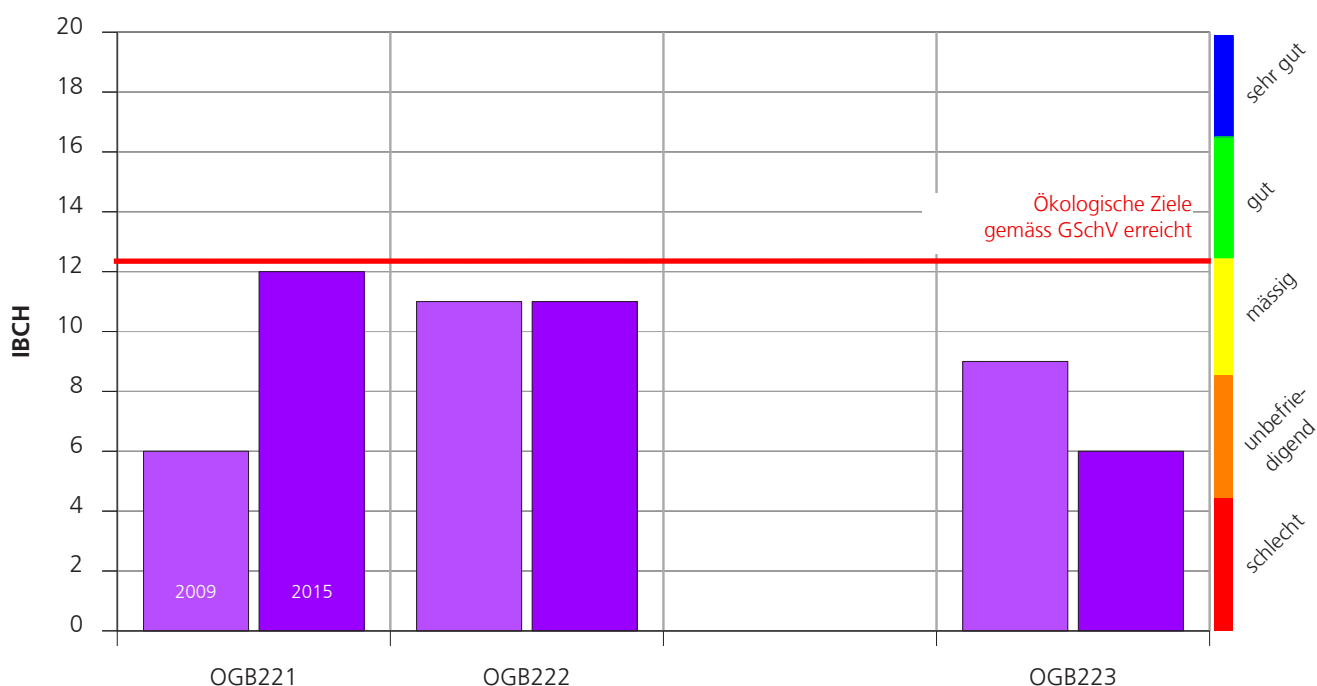


Abb. 4.6: Vergleich mit früheren Untersuchungen auf Niveau IBCH.

Die Farben 'blau', 'grün', 'gelb', 'orange' und 'rot' zeigen die fünf Zustandsklassen gemäss Modul Makrozoobenthos.

Rote Linie: Ökologische Ziele gemäss GSchV Anhang 1 (Bewertung gemäss BAFU Modul Makrozoobenthos, Stufe F gemäss BAFU 2010). Die IBCH-Werte der früheren Untersuchungen wurden neu berechnet (plausibilisiert).

Gewässer	Gemeinde	Ortsbezeichnung	Stellenbezeichnung
Salbach	Steinach	nach Bergerbach	OGB 221
Salbach	Steinach	Schöntal	OGB 222
Aach	Steinach	ob See	OGB 223

5 Literaturverzeichnis

- AQUAPLUS (2009): Biologische Untersuchungen an Salbach und Aach (SG). Untersuchungen vom 13. März 2009. Im Auftrag des Kantons St. Gallen. 68 S.
- AquaPlus (2010): Feinsedimentuntersuchungen in Fließgewässern des Kantons St. Gallen. Im Auftrag des Kantons St. Gallen. 67 S.
- AQUAPLUS (2012): Zoobenthosdaten des Kantons St. Gallen. Eruiieren und Plausibilisieren des Indikatorwertes IBCH gemäss BAFU Modul Zoobenthos (Stufe F). Methode, Stellenliste und IBCH-Werte. Im Auftrag des Kantons St. Gallen. 24 S.
- BAFU (2007a): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer: Äusserer Aspekt. Bundesamt für Umwelt, Bern, Umwelt-Vollzug Nr. 0701, 43 S.
- BAFU (2007b): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer: Kieselalgen Stufe F (flächendeckend). Bundesamt für Umwelt, Bern, Umwelt-Vollzug, Gewässerschutz 40/07, 58 S. und Anhänge.
- BAFU (2010): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer: Makrozoobenthos Stufe F (flächendeckend). Bundesamt für Umwelt, Bern, Umwelt-Vollzug Nr. 1026, 61 S.
- BEKETOV, M.A., FOIT, K., SCHÄFR, R.B., SCHRIEVER, C.A., SACCHI, A., CAPRI, E., BIGGS, J., WELLS, C. & LIESS, M. (2009): SPEAR indicates pesticide effects in streams – Comparative use of species- and family-level biomonitoring data. *Environmental Pollution* 157: 1841–1848.
- DOUGLAS, B. (1958): The ecology of the attached diatoms and other algae in a small stony stream. *J. Ecol.* 46: 295-322.
- JACCARD, P. (1901): Etude comparative de la distribution florale dans une portion des Alpes et du Jura. *Bull. Soc. Vaud Sc. Nat.* 37: 547-579.
- HOFMANN, G., WERUM, M., LANGE-BERTALOT, H. (2011): Diatomeen im Süßwasser-Benthos von Mitteleuropa. Bestimmungsflorea Kieselalgen für die ökologische Praxis. Über 700 der häufigsten Arten und ihre Ökologie. A.R.G. Gantner Verlag K.G.
- KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. (1986-1991): Bacillariophyceae. In: Ettl H., Gerloff J., Heynig H. & Mollenhauer D. (eds.): Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 2/1, 2/, 2/3 und 2/4, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- LANGE-BERTALOT, H. & METZELTIN, D. (1996): Oligotrophie-Indikatoren. *Iconographia Diatomologica Volume 2*, Koeltz Scientific Books, Königstein, 390 S.
- LANUV (2009): Benthische Algen ohne Diatomeen und Characeen. Bestimmungshilfe. LANUV-Arbeitsblatt 9. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Recklinghausen.

- PERRET, P. (1977): Zustand der schweizerischen Fließgewässer in den Jahren 1974/1975 (Projekt Mapos). Eidg. Amt für Umweltschutz und EAWAG, 276 S.
- RENKONEN, O. (1938): Statistisch-ökologische Untersuchungen über die terrestrische Käferwelt der finnischen Bruchmoore. Ann. Zool. Soc. Bot. Fenn. Vanamo; 6: 231 Seiten.
- SHANNON, C. & WEAVER W. (1949): The mathematical theory of communication. Univ. Illinois Press. Urbana.
- STRAUB, F. (1981): Utilisation des membranes filtrantes en teflon dans la préparation des Diatomées epilithiques. Cryptogamie, Algologie 2(2), 153.
- THOMAS, E. A. & SCHANZ, F. (1976): Beziehungen zwischen Wasserchemismus und Primärproduktion in Fließgewässern, ein limnologisches Problem. Vjsschr. Natf. Ges. Zürich, 121: 309-317.
- VAN DAM, H., MERTENS, A. & SINKELDAM, J., 1994: A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. Netherlands J. aq. ecol. 28 (1): 117-133.

ANHANG A

Stellendokumentation

Die erhobenen Daten wurden dem Auftraggeber zusätzlich elektronisch als
Excellfile übergeben.

ANHANG B

Untersuchungsmethodik

Untersuchungsprogramm und Methoden

Für die biologisch-ökologischen Untersuchungen wurden pro Stelle eine Probenahme durchgeführt. Die erhobenen Daten sind im Anhang A (Stellendokumentation) aufgeführt. Im Folgenden werden die Untersuchungsparameter und Methoden erläutert.

Äusserer Aspekt

Zur Beschreibung des makroskopischen Gewässereindrucks (Äusserer Aspekt) wurden die in Tabelle B.1 aufgeführten Parameter gemäss einer vierstufigen Skala beurteilt. Wird an einer Probenahmestelle eine Trübung, eine Verfärbung, einen Geruch, Schaum oder eine Verschlammung festgestellt, wird versucht zu unterscheiden, ob es sich um natürliche, anthropogen bedingte oder unbekannte Verhältnisse handelt. Die Bewertung des Äusseren Aspektes erfolgt gemäss Modul Äusserer Aspekt (BAFU 2007a) mit drei Zustandsklassen.

Tab. B.1. Äusserer Aspekt und die Einteilung in 3 Zustandsklassen (Modul-Stufe Äusserer Aspekt, BAFU 2007a).

- Zustandsklasse 1 = Anforderungen GSchV Anhang 2 erfüllt.
- Zustandsklasse 2 = Anforderungen GSchV Anhang 2 fraglich erfüllt.
- Zustandsklasse 3 = Anforderungen GSchV Anhang 2 nicht erfüllt.

Trübung	Beurteilung der Ursache pro Parameter: natürlich anthropogen unbekannt	keine	geringe	mittlere	starke
Verfärbung		keine	leichte	mittlere	starke
Geruch (Abwasser , Gülle)		kein	gering	mittel	stark
Schaum (stabil)		kein	wenig	mittel	viel
Verschlammung		keine	leichte	mittlere	starke
Makroskopisch sichtbare Pilze, Bakterien oder Protozoen		keine	vereinzelt	wenig (von 10 Steinen 1-5 mit Kolonien)	häufig (von 10 Steinen >5 mit Kolonien)
Eisensulfid-Flecken (Fundhäufigkeit)		0 %	1-10%	10-30%	>30%
Feststoffe aus Siedlungsentwässerung (WC-Papier etc.)		keine	wenige	mittel	viel
Abfälle (Plastk, Verpackungen etc.)		keine	wenig	mittel	viel

Quantitative und qualitative Erfassung der Flora der Gewässersohle (Algen, Moose und Makrophyten)

Makroskopische Beurteilung im Feld

- Bewuchsdichte-Schätzung gemäss der sechsstufigen Bildskala von THOMAS & SCHANZ (1976, siehe Tabelle B2, Änderung: Stufen 0 - 5 anstatt 1 - 6). Diese Dichte-Schätzung wurde aufgrund des allgemeinen Eindrucks unabhängig von der Korngrößenverteilung vorgenommen.
- Unterscheidung zwischen fädigen, haut- und krustenbildenden Algen und Schätzung ihrer Deckung bezüglich der gesamten Gewässersohle in Prozent sowie Schätzung ihrer Deckung auf den einzelnen Substratklassen (Korngrößenstufen 1 bis 6) in Prozent der entsprechenden Teilflächen.
- Unterscheidung von im Feld leicht erkennbaren Arten (z.B. *Cladophora* sp.; *Hydrurus foetidus*) oder Artgruppen (z.B. Kieselalgen oder Grünalgen) und Schätzung ihrer Deckung bezüglich der gesamten Gewässersohle sowie Schätzung ihrer Deckung auf den einzelnen Substratklassen (Korngrößenstufen 1 bis 6) in Prozent der entsprechenden Teilflächen.
- Schätzung der Deckung für Moose und Wasserpflanzen entsprechend dem Vorgehen bei den Algen.

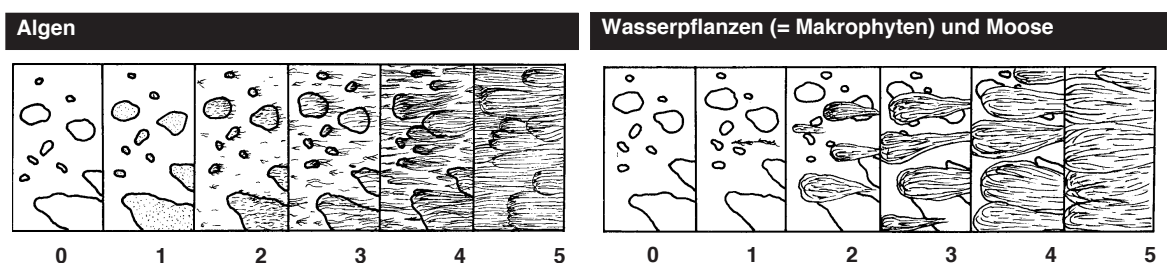
Probenahme

Algen, Moose und Wasserpflanzen bestimmten wir soweit möglich im Feld; bei Unklarheiten wurden zur mikroskopischen Verifizierung der Art Proben mit ins Labor genommen.

Auswertung, Bewertung

Der pflanzliche Bewuchs wird verbal besprochen. Es erfolgt aber gemäss Modul-Stufe F Äusserer Aspekt (BAFU 2007a) keine Bewertung des pflanzlichen Bewuchses.

Tab. B.2. Bewuchsdichtestufen zur Einschätzung des pflanzlichen Bewuchses, abgeändert nach THOMAS & SCHANZ (1976).



0 = kein Bewuchs; 1 = Krustenalgen, deutliche Überzüge ohne Zotten; 2 = Ansätze von Fäden und Zotten; 3 = gut ausgebildete Fäden und Zotten; 4 = Gewässersohle zum grössten Teil mit Algen bedeckt, alle Steine überzogen; 5 = ganzer Gewässergrund mit Algen bedeckt, Konturen der Steine nicht mehr sichtbar.
Abgeändert nach THOMAS & SCHANZ (1976).

0 = frei von Bewuchs; 1 = 1-10% der Gewässersohle bedeckt; 2 = 11-25%; 3 = 26-50%; 4 = 51-75%; 5 = 76-100%. Abgeändert nach THOMAS & SCHANZ (1976).

Kieselalgen und die Bestimmung der biologisch indizierten Wasserqualität

Die Untersuchung der Kieselalgen erfolgte bezüglich Feldarbeit und Präparation wie bereits in den Vorjahren und entsprechend der in BAFU (2007b) beschriebenen Methode. Bei den Auswertungen und der Bewertung wurde darauf geachtet, dass ein Vergleich mit den früheren Untersuchungen möglich ist. Nachfolgend werden die bedeutendsten Arbeitsschritte kurz beschrieben.

Probenahme, Feldarbeit

An den Untersuchungsstellen wurde für die Kieselalgenuntersuchung von mehreren Steinen (in der Regel 3 bis 5 Steine) je eine gleich grosse Aufwuchsfläche abgekratzt und in einem Gefäss gemischt (abgeändert nach Douglas 1958; Abkratzfläche je 9.6 cm²) und mit Formaldehyd fixiert. Diese Mischproben gelangten schliesslich zur Auswertung.

Laborarbeit, Zählung der Kieselalgen und Berechnung der relativen Häufigkeit

Für die Bestimmung und Zählung der Kieselalgen wird eine Säure-Präparation durchgeführt (Salz- und Schwefelsäure sowie anschliessende Endoxidation mit Kaliumnitrat, Straub 1981, BAFU 2007b). Anschliessend erfolgt die Einbettung der gereinigten Schalen in Kunstharz (Naphrax). Für die Zählung der 500 Schalen (jede Kieselalgenart besteht aus zwei Schalenhälften, Summe der gezählten Schalen = 100%) wurde ein Mikroskop mit 1'000-facher Vergrösserung (Phasenkontrast) verwendet. Die Bestimmung erfolgte nach Krammer & Lange-Bertalot (1986-1991) und Lange-Bertalot & Metzeltin (1996) sowie Hofmann et al (2010). Die Zählresultate werden in relative Häufigkeiten (rH) der einzelnen Arten umgerechnet:

$$r_{Hij} (\%) = (N_{ij} / N_j) * 100\%$$

r_{Hij} = Relative Häufigkeit der Art i in der Probe j

N_{ij} = Anzahl gezählte Schalen der Art i in der Probe j

N_j = Gesamtzahl der gezählten Schalen der Probe j.

Auswertung

Die Auswertungen beruhen alle auf den relativen Häufigkeiten, welche an jeder Stelle für jede gefundene Kieselalgenart aufgrund der Zählung eruiert wurde. Die Taxazahl, die Diversität H (Log mit Basis 2) sowie der schweizerische Index DI-CH gemäss Modul-Stufe F Kieselalgen (BAFU 2007b) wurden berechnet.

Bewertung

Die Bewertung der Kieselalgenresultate erfolgt gemäss BAFU Modul Kieselalgen (Zweiteichung).

Analogatechnik und Standortgerechtigkeit

Bei der Analogatechnik wird die Artenübereinstimmung (AI) nach Jaccard (1901) und mit der Dominanz-Identität (DI) nach Renkonen (1938) von zwei verschiedenen Stellen miteinander verglichen. Die Artenübereinstimmung nach Jaccard sagt aus, wie viel Prozent der insgesamt vorkommenden Arten an beiden Stellen vorkommen. Die Dominanz-Identität nach Renkonen hingegen gewichtet die gemeinsamen Arten je nach Häufigkeit. Von den gemeinsam vorkommenden Arten wird der Wert jener Stelle genommen, an der die Art weniger häufig vorkommt. All diese Häufigkeitswerte werden aufsummiert und ergeben die Übereinstimmung der beiden Stellen. Beide Indexe reichen von 0 bis 100 % Übereinstimmung. Ist die Übereinstimmung grösser als 60 %, so könnten beide Stellen aus der gleichen Probe sein. Die Übereinstimmung ist dann sehr hoch.

Quantitative und qualitative Erfassung der Fauna der Gewässersohle (Wasserwirbellose) und Bestimmung der Gewässergüte

Feldarbeit/Probenahme

Die Probenahme wurde gemäss Modul Zoobenthos (Stufe F, BAFU 2010) durchgeführt. Um die Vergleiche mit den Untersuchungen früherer Jahre zu ermöglichen, wurde wie damals auch mit dem Surber sampler (Maschenweite des Netzes 280 µm, beprobte Fläche pro Surberprobe 30 cm x 30 cm) gearbeitet, so dass Individuendichten ermittelt werden können. Hierzu wurden an drei Stellen 3 Surberproben entnommen und gepoolt (= Rohprobe 1). Da die Probenahme auch dem IBCH-Verfahren genügen musste, wurden zusätzlich gemäss IBCH-Raster weitere fünf Kickproben (25 cm x 25 cm) entnommen und ebenfalls gepoolt (= Rohprobe 3).

In der Stellendokumentation finden sich die für die Untersuchungsstelle relevanten Angaben zur Choriotop-Zusammensetzung sowie zur Probenahme.

Laborarbeit

Die Wasserwirbellosen der Surberproben (= dominante und häufige Choriotope, = Rohprobe 1) wurden bestimmt und ausgezählt. Auf diesen Zählresultaten basieren die Auswertungen (Gesamtindividuendichte, Saprobieindex, Diversität, relativen Häufigkeiten, funktionale Gruppen), also so wie dies in den Untersuchungen früherer Jahre auch gemacht wurde. Die Wasserwirbellosen der Rohprobe 3 (Kicksampling) wurden ebenfalls bestimmt und ausgezählt. Sie dienen der Taxaliste und dem Eruiern des IBCH-Wertes.

Auswertung

Die Auswertung der Wasserwirbellosen erfolgte gemäss Modul Zoobenthos (BAFU 2010, IBCH-Verfahren) aber auch mittels anderen Indexberechnungen, so dass die Resultate mit den Untersuchungen früherer Jahre verglichen werden können.

Berechnung des IBCH-Wertes

Zur Berechnung des IBCH-Wertes wurden die absoluten Individuenzahlen der Rohprobe 1 (3 Surberproben) und 3 (5 Kickproben) auf Niveau der Familien addiert und daraus für jede Familie die Abundanzklasse sowie der IBCH-Wert gemäss Vorgaben des BAFU (2010) eruiert.

SPEAR_{pesticide}-Index

Der SPEAR-Index ist eine einfache Berechnungsmethode zum Screening von mit Pestiziden belasteten Probestellen. Er kann basierend auf bestehenden biologischen Routinemonitoringdaten des Makrozoobenthos errechnet werden. In den SPEAR-Index fliessen sowohl biologische (z.B. Generationszeit, aquatische Lebensweise aller Entwicklungsstadien und Vorhandensein während Hauptapplikationszeit), ökologische (z.B. Migrationsfähigkeit, Rekolonisierungspotential) als auch ökotoxikologische Daten (relative Toxizität gegenüber *Daphnia spp.*) ein. Dazu wurden viele Makrozoobenthosarten hinsichtlich dieser Kriterien bewertet und entweder als «at risk» (1) oder «not at risk» (0) eingestuft.

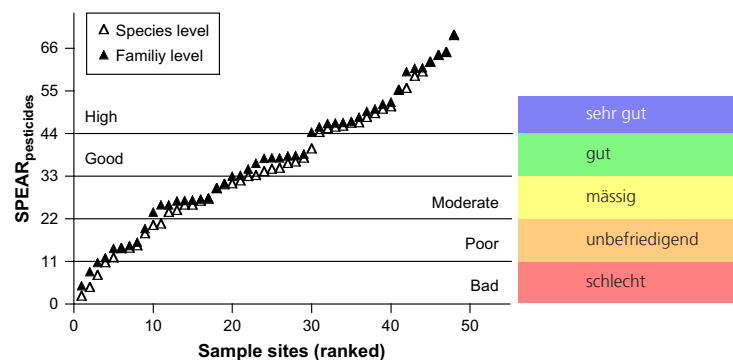
In der Berechnung wird die abundanzkorrigierte Summe der sensitiven Arten durch die korrigierte Gesamtabundanz geteilt:

$$SPEAR_{pesticides} = 100 * \frac{\sum(\log(x_i + 1) * y)}{\sum(\log(x_i + 1))}$$

x_i : Abundanz Art i
 y : 1 für SPEAR-Arten
 0 für alle anderen Arten

Die Berechnung des SPEAR-Index basierte unter Benützung des online-Rechners, welcher sich auf der Website 'www.systemecology.eu/SPEAR/index.php' befindet.

Die Einstufung in Zustandsklassen orientiert sich an der vorgeschlagenen Skala nach BEKETOV et al. 2009:



Bewertung

Die Bewertung erfolgt in erster Linie basierend auf dem IBCH-Wert (BAFU 2010).