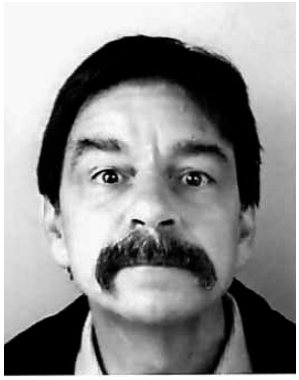
Bericht Botanisch-Zoologische Gesellschaft
Liechtenstein-Sargans-Werdenberg, 35
S. 29–44, Schaan 2010

RUDOLF STAUB & PETER BAUMANN

Biologische Fliessgewässerüberwachung im Fürstentum Liechtenstein – Makrozoobenthos 2008



Rudolf Staub
Geboren 1965. Studium der Biologie an der Universität Zürich. Seit 1993 im Büro für Räumliche Entwicklung und Natur (RENAT) im Fürstentum Liechtenstein tätig.



Peter Baumann
Geboren 1957, Biologiestudium an der Universität Zürich, abgeschlossen 1985 mit einer Diplomarbeit an der hydrobiologisch-limnologischen Station. 1985/ 86 Nachdiplomstudium für Siedlungswasserwirtschaft und Gewässerschutz an der ETH Zürich. 1986-88 Mitarbeit an einem Restwasserprojekt der EAWAG Dübendorf, danach als Limnologe in einem privaten Umweltbüro tätig. 1992 Mitgründer und seither Teilhaber der Firma Limnex AG in Zürich. Leitung und Bearbeitung von Projekten aus den Bereichen Limnologie, Umweltverträglichkeit und Gewässerschutz.

Inhaltsverzeichnis

1. Ausgangslage 30
   1.1 EU-Wasserrahmenrichtlinie in Liechtenstein 30
   1.2 Aufnahmen zum Makrozoobenthos 30

2. Naturräumliche Situation 31
   2.1 Geologie 31
   2.2 Fliessgewässertypen 31
   2.3 Fliessgewässerzustand 31

3. Methode 32

4. Ergebnisse 33
   4.1 Taxazahl 33
   4.2 Individuendichte und Artenzusammensetzung 33
   4.3 Biomasse 34
   4.4 Saprobienindex 34
   4.5 Beurteilung Gewässerzustand anhand Makrozoobenthos 35
      4.5.1 Screening Methode Österreich 35
      4.5.2 Schweizer Indizes (IBGN, MI) 36
      4.5.3 Gesamtbeurteilung der Liechtensteiner Gewässer 37
   4.6 Besondere Arten 38

5. Diskussion der Resultate 39

6. Zukünftiges Überwachungsprogramm Makrozoobenthos 40

7. Literatur 41

Abstract

By adopting the EU Water Framework Directive Liechtenstein is liable to monitor the ecological condition of its watercourses. Macrozoobenthos were surveyed at 34 sampling sites in 2008. These biological quality elements allow an assessment of water quality. Watercourses in the valleys were particularly likely to show only moderate to poor quality. Rare species and first records for Liechtenstein were found at several sampling sites. This study presents a first synopsis. The survey is to be periodically revised through surveillance monitoring.

Zusammenfassung

Die von Liechtenstein übernommene EU-Wasser-rahmenrichtlinie verpflichtet das Land zur Überwachung des ökologischen Fliessgewässerzustandes. 2008 wurden Makrozoobenthosaufnahmen an 34 Probenahmestellen durchgeführt. Daraus lässt sich der Gewässerzustand hinsichtlich dieser biologischen Qualitätskomponente ableiten. Vor allem im Talraum weisen verschiedene Fliessgewässer nur einen mässigen bis unbefriedigenden Zustand auf. An mehreren Standorten wurden zudem seltene oder für Liechtenstein neue Arten nachgewiesen. Mit dieser Arbeit liegt nun eine erste Übersicht vor.

1. Ausgangslage

1.1 EU-Wasserrahmenrichtlinie in Liechtenstein

Liechtenstein übernahm 2007 die EU-Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL) im Rahmen des EWR-Abkommens. Damit hat sich Liechtenstein zusätzlich zur bestehenden Gesetzgebung (Gewässerschutz- und Fischereigesetz) verpflichtet, den ökologischen Zustand seiner Gewässer auch nach den Grundsätzen der EU-WRRL zu untersuchen und zu beurteilen. Auf dieser Basis sollen anschliessend Massnahmenprogramme erarbeitet werden, um die Qualitätsziele der EU-Wasserrahmenrichtlinie innerhalb vorgegebener Fristen zu erreichen. Für eine möglichst umfassende Beurteilung des ökologischen Zustandes wurden in den Jahren 2008 und 2009 im Auftrag des Amtes für Umweltschutz die vier in der EU-WRRL vorgesehenen biologischen Qualitätskomponenten Fische, Makrozoobenthos (wirbellose Organismen auf und in der Gewässersohle), Phytobenthos (Algenaufwuchs der Gewässersohle) und Makrophyten (höhere Wasserpflanzen) erhoben (ARGE Limnologie (2008), ARGE Ökologie (2008), Peter et al. (2009), RENAT & Limnex (2009). In RENAT & Limnex (2009) werden alle durchgeführten Aufnahmen und Auswertungen sowie die daraus abgeleiteten Vorschläge für die zukünftige Überwachung der Liechtensteiner Fliessgewässer detailliert beschrieben. Ein derartiges Monitoring bildet die Grundlage, um langfristige Veränderungen frühzeitig erkennen und die Wirkungen von getroffenen Massnahmen überprüfen zu können.

1.2 Aufnahmen zum Makrozoobenthos

Programme zur Überwachung des biologischen Gewässerzustandes anhand des Makrozoobenthos gab es bereits früher. Ein wesentliches Element bildeten dabei die Aufnahmen durch Erwin Amann zwischen 1970 und 2002 (Staub & Amann 2010).

Mit 34 Probenahmestellen bildete das Makrozoobenthos auch bei der Beurteilung des ökologischen Zustandes von 2008 einen Schwerpunkt der biologischen Aufnahmen (RENAT & Limnex 2009). Nachfolgend werden die Resultate dieser Makrozoobenthosuntersuchungen im Detail vorgestellt und diskutiert.

Damit ist jedoch nur eine biologische Qualitätskomponente gemäss der EU-Wasserrahmenrichtlinie abgedeckt. Entsprechend zeigen die vorliegenden Resultate einen Teilaspekt des ökologischen Zustandes. Das Makrozoobenthos bildet dabei einen guten Zeiger für stoffliche Belastungen sowie teils auch für Auswirkungen verschiedener Stressoren wie Strukturdefizite (Degradation) der Gewässermorphologie, Restwasser oder Staustrecken. Eine weitere wesentliche Qualitätskomponente für die Gesamtbeurteilung des ökologischen Zustandes eines Gewässer im Fürstentum Liechtenstein wäre aufgrund der differenzierten Lebensraumansprüche insbesondere die Fischfauna.

2. Naturräumliche Situation

2.1 Geologie

Die geologische und geomorphologische Ausgangslage bildet die Rahmenbedingung für die möglichen Fliessgewässerformen und bestimmt zusammen mit der Landnutzung massgeblich den Chemismus im Gewässer.
Liechtenstein liegt an der Grenze zwischen den West- und Ostalpen. Am Aufbau der Berge sind vor allem die Decken des Penninikums und des Ostalpins beteiligt. Das Helvetikum tritt nur ganz im Norden und im Süden des Landes, in Gestalt des Eschner- und Fläscherberges, auf. Sie sind Ausläufer der hier abtauchenden Gebirgsketten der schweizerischen Talseite. Die Basis des Gebirgskörpers bilden penninische Flyschgesteine. Darüber liegt im Süden die Falknisdecke. Die höchste Einheit bildet die dem Ostalpin zugehörige Lechtaldecke (nördliche Kalkalpen). Sie baut grosse Teile des inneralpinen Raums Liechtensteins auf und tritt rheintalseitig hauptsächlich in Gestalt des Drei Schwestern-Massivs markant in Erscheinung. Damit dominieren in Liechtenstein Formen der Kalkalpen und des Alpenvorlandes. Eine ausführliche naturräumliche Darstellung ist in Broggi (1988) zu finden.

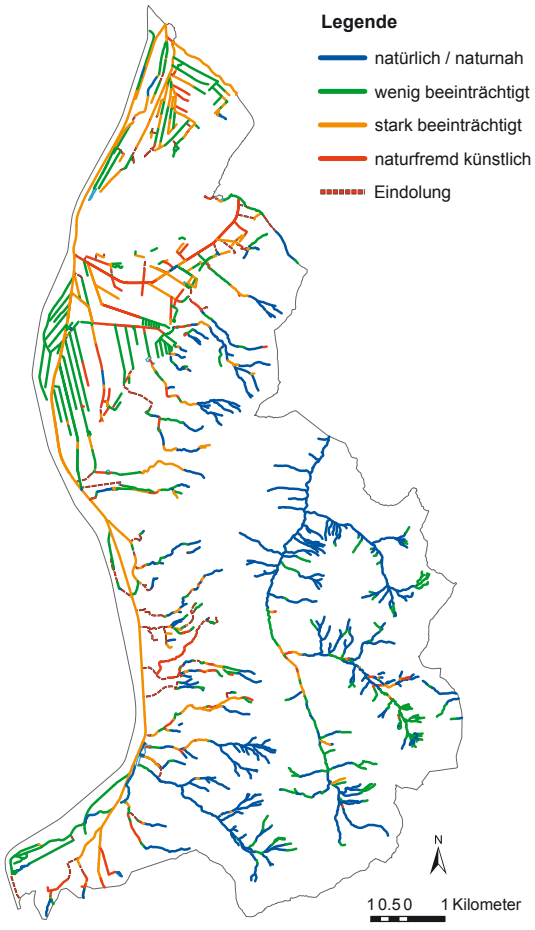
2.2 Fliessgewässertypen

Für die Fliessgewässer des Liechtensteiner Talraumes von Bedeutung sind die Vorgänge rund um die nacheiszeitliche Aufschüttung. Bereits vor 6000 bis 8000 Jahren war der nach dem Rückzug des Eises verbliebene Rheintalsee weitgehend aufgefüllt (Keller 1990). Beidseitig zwischen dem Alpenrhein und dem Hangfuss bildeten sich Senken aus. Südlich von Schaan beschränkten sich diese auf wenige kleinere Bereiche. Hier hat die Auflandung des Rheins praktisch die gesamte, nur schmale Talebene erfasst. Ausdruck dafür sind die Giessen, vom Grundwasser gespiesene Gewässer im Bereich des Schotterkörpers des Rheines mit geringem Gefälle, Geschiebetrieb und geringen Abflussschwankungen. Zahlreich sind die Giessen vor allem in der Ebene bei Balzers.
Nördlich von Schaan umfassten die flachen Becken beinahe den gesamten liechtensteinischen Talraum. Gespiesen vom Grundwasser des Rheins und den bergseitigen Zuflüssen wiesen diese Senken dauernd einen hohen Grundwasserstand auf. Dies begünstigte die Bildung von ausgedehnten Flachmooren mit den entsprechenden Riedgewässern.
Die grössten Teile davon wurden durch Entwässerungen landwirtschaftlich intensiver nutzbar gemacht. Die zentrale Entwässerungsachse bildet der zwischen 1931 und 1943 künstlich geschaffene Liechtensteiner Binnenkanal, der die hangseitigen Gewässer sammelt und bei Ruggell in den Alpenrhein führt. Ein umfangreiches Entwässerungssystem führt dem Binnenkanal das Wasser zu.
An der Rheintalflanke bildeten sich steilere Hangbäche aus. Teils wurden diese für die Energiegewinnung genutzt. In ihrem Einzugsgebiet finden sich auch zahlreiche Quellfassungen. Die Gebirgsbäche der Hochlagen und die nur zeitweise wasserführenden Rüfen weisen einen starken Geschiebetrieb und grosse Abflussschwankungen auf. Mit ihren ausgedehnten Schwemmfächern bilden vor allem die Rüfen ein wesentliches landschaftsgestaltendes Element Liechtensteins.

2.3 Fliessgewässerzustand

Nachdem die Wasserqualität in den letzten Jahrzehnten durch den Ausbau der Kanalisation und Abwasserreinigung laufend verbessert worden ist, gewinnt die morphologische Ausgestaltung der Fliessgewässer als ökologischer Einflussfaktor zunehmend an Bedeutung. Der Fliessgewässer haben vor allem in der intensiv genutzten Talebene und unteren Hanglagen einen starken Wandel erfahren. Diese Entwicklung ist ausführlich in Haidvogl & Kindle (2001) dargestellt. Die Karte der ökomorphologischen Beurteilung zeigt die Stärke dieser Eingriffe ins Fliessgewässersystem von Liechtenstein (s. *Abb. 1*) (RENAT AG 2006). Die Fliessgewässer des Talraumes wurden weitgehend im Rahmen von Meliorationen und Gewässerkorrektionen gestreckt und verbaut, oder es handelt sich um künstlich geschaffene, einförmig kanalisierte Gerinne wie den Liechtensteiner Binnenkanal. Diese Bäche müssen morphologisch grösstenteils als naturfremd bis stark beeinträchtigt eingestuft werden. An den Hanglagen und inneralpin dient die Verbauung primär der Stabilisierung des Gewässers und dem Schutz von untenliegenden Gebäuden und Infrastrukturen. Der Eingriffsgrad ist in der Regel entsprechend geringer.

Abb. 1 ***Ökomorphologische Beurteilung der Fliessgewässer im Fürstentum Liechtenstein. Deutlich ist die hohe Eingriffsdichte im Talraum erkennbar (Renat AG 2006).***



3. Methode

Die Auswahl der Probenahmestellen für die Makrozoobenthosaufnahmen erfolgte nach verschiedenen Gesichtspunkten. Ausgewählt wurden Fliessgewässer ab einer gewissen Mindestgrösse, die eine ganzjährige Wasserführung aufweisen.

Die Aufnahmen an den Liechtensteiner Fliessgewässern wurden im Prinzip nach Stufe F (flächendeckend) des Modul-Stufen-Konzeptes (MSK) durchgeführt, einer speziell für schweizerische Verhältnisse entwickelten Methodik (BUWAL 1998). Für die vorliegende Untersuchung waren die Module «Äusserer Aspekt» (Binderheim & Göggel 2007) und «Makrozoobenthos» (BUWAL 2005) zu berücksichtigen. Gegenüber diesen Standard-Methoden wich das Vorgehen in einigen Punkten etwas ab:

- Der Äussere Aspekt wurde anhand einer vierstufigen Skala beurteilt.
- Beim pflanzlichen Bewuchs der Gewässersohle (Phytobenthos) wurden zusätzlich zur groben Bewuchsdichte von Algen und Wassermoosen nach Thomas & Schanz (1976) auch aquatische Flechten aufgenommen und einige aspektbildende Pflanzenarten näher bestimmt.
- Die Wirbellosenfauna der Gewässersohle (Makrozoobenthos) wurde quantitativ, d.h. bezogen auf eine definierte Sohlenfläche erhoben. Im Kiesbett wurden dazu Teilproben mit Kicknetz (Maschenweite 280 µm, besammelte Fläche 0.06 m² pro Teilprobe) entnommen; die übrigen vorhandenen Teillebensräume (Steinblöcke, Moospolster, Totholz etc.) wurden mittels Abbürsten oder Kicknetz besammelt und dabei jeweils die variablen Teilprobenflächen geschätzt.
- Der Häufigkeit der Wirbellosen (Makroinvertebraten) in den entnommenen Proben wurde ausgezählt statt nur geschätzt. In den meisten Fällen mussten die Proben dabei aufgeteilt werden (Splitting).
- Das Makrozoobenthos wurde wo möglich bis auf die Art bestimmt.
- Soweit aufgrund der Bestimmungstiefe möglich, wurden die gesamtschweizerisch als gefährdet eingestuften Arten ermittelt. Die dazu verwendeten, offiziellen Roten Listen (BUWAL 1994, Gonseth & Monnerat 2002) umfassen unter den aquatischen Organismen bisher die Eintagsfliegen, Wasserkäfer, Netzflügler, Libellen und Weichtiere. Entsprechende Listen für die Köcher- und Steinfliegen sind in Vorbereitung (Lubini-Ferlin & Vicentini 2005).

Abb. 2 ***Lage der 34 Probenahmestellen in Liechtenstein*** *(Bezeichnungen siehe Anhangstabelle)*

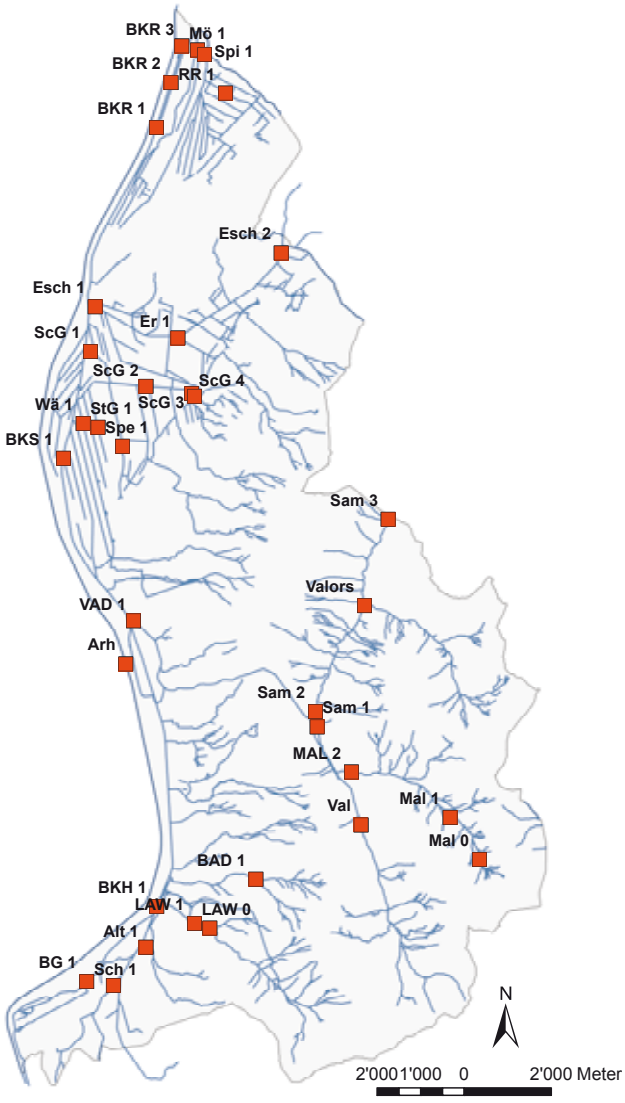


Abb. 3 ***Aufnahmestandort am Erlenbach oberhalb der Einmündung in die Esche****. (Foto: R. Staub)*



Abb. 4 ***Von der Gewässersohle wurden mit dem Kicknetz Teilproben entnommen und im Labor auf Makrozoobenthosarten untersucht.*** *(Foto: P. Baumann)*



4. Ergebnisse

4.1 Taxazahl

Die Taxazahl ist ein Mass für die Artenvielfalt bzw. Biodiversität eines Standortes. Bei den Taxa handelt es sich je nach Bestimmungstiefe in den einzelnen Organismengruppen teils um Arten, teils um höhere taxonomische Einheiten (Gattungen, Familien).
Die Taxazahl reicht vom mit nur 7 Taxa sehr artenarmen Stadtgraben bis zu 46 Taxa am Mölibach. Eine gute Artenausstattung von über dreissig Taxa weist der Unterlauf des Binnenkanals auf. Balzner Giessen und der Altabach sowie der Erlenbach sind ebenfalls taxareicher *(Abb. 5).*
Überraschend ist die hohe Taxavielfalt bei geringer Individuendichte am stark verbauten Oberlauf der Esche.
Mehr als dreissig Taxa sind auch für die Gewässer im Steg (Valüna, Malbunbach, Samina) nachgewiesen. Artenärmer sind der Unterlauf der Samina sowie der Valorschbach. Dies dürfte auf ein zeitweises Trockenfallen der Gewässer zurückzuführen sein. Im Unterlauf des Valorschbaches versickert das Wasser natürlicherweise im Kiesbett.

Ausgesprochen artenarm sind die Riedgräben in der Talebene zwischen Schaan und Bendern. Ausschlaggebend für die geringe Taxazahl dürften sowohl die Morphologie dieser Gewässer als auch ihre Wasserqualität sein, die nur bestimmten, oft sehr toleranten Arten ein Aufkommen ermöglichen.

4.2 Individuendichte und Artenzusammensetzung

Da halbquantitative Aufnahmen erfolgten, lassen sich die Individuenzahlen pro Quadratmeter sowie die Biomasse abschätzen und die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaft nach Grossgruppen an den jeweiligen Standorten aufzeigen. Deutlich erkennbar ist der hohe Anteil der Eintags- und Steinfliegen bei den alpinen Gewässern. Bei der Individuenzahl sind die Zuckmücken oft dominant. Im Talraum treten daneben noch die Würmer und Weichtiere (Schnecken) in den Vordergrund. Die Individuendichten sind erwartungsgemäss im Talraum am Grössten. Hier weisen vor allem die Riedgewässer wegen des grossen Nahrungsangebotes hohe Werte auf. Die Lebensgemeinschaft wird hier von wenigen Arten in einer hohen Dichte gebildet.

Abb. 5 ***Die Taxazahlen der Aufnahmestandorte sind sehr unterschiedlich und hängen wesentlich von der Struktur des Untergrundes sowie der Wasserführung und -qualität ab.***

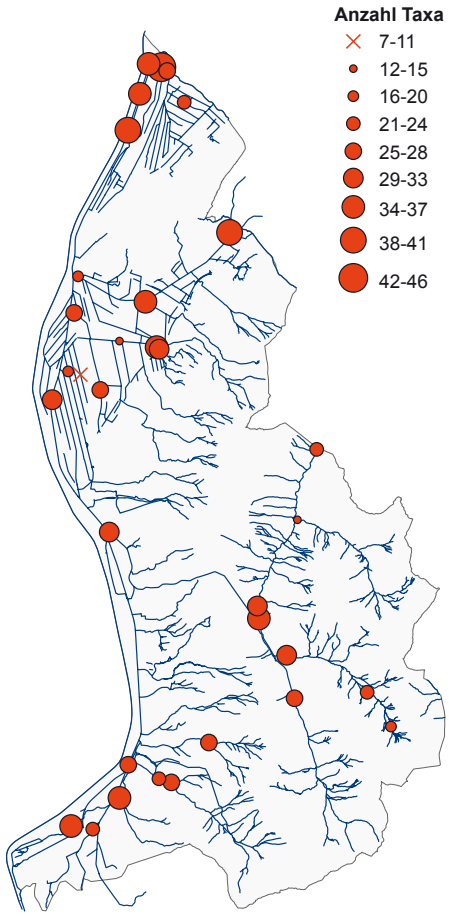
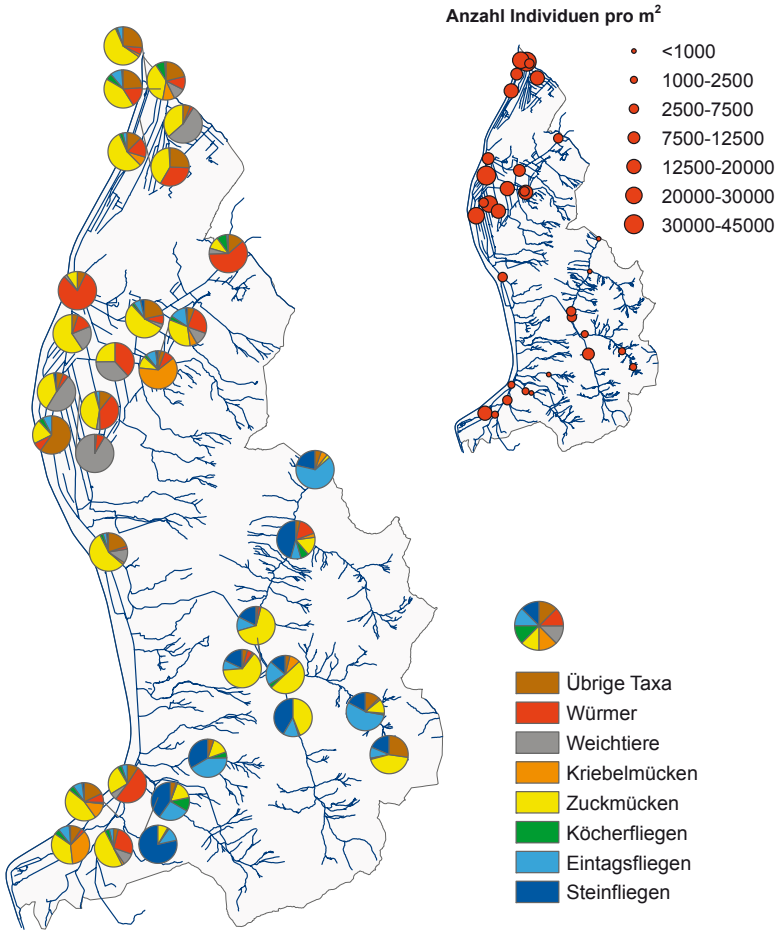


Abb. 6 ***Anzahl Individuen pro m² und ihre Zusammensetzung nach Grossgruppen an den verschiedenen Standorten.***

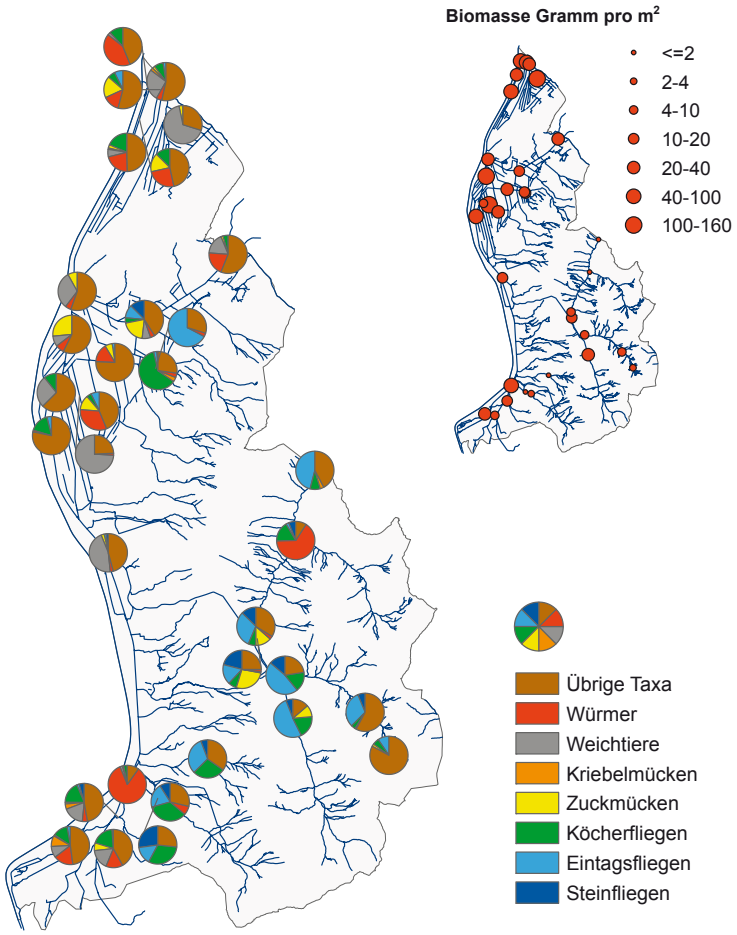


4.3 Biomasse

Bezüglich Biomasse (Abtropf- bzw. Frischgewicht) treten die kleinen Zuckmücken in den Hintergrund. Es dominieren grössere und häufige Arten wie die Bachflohkrebse oder Egel (Übrige Taxa) bzw. die Weichtiere und Würmer. Inneralpin sind bezüglich Biomasse auch die Köcher- und Eintagsfliegen bedeutsam. Die Verteilung der Biomasse ist ähnlich wie bei der Individuenzahl. Hohe Biomassen weisen vor allem die Talgewässer zwischen Schaan und Bendern und in Ruggell auf, während alpin nur sehr geringe Biomassen pro m² gefunden wurden. Wenn man diese Biomassen anhand einer gebräuchlichen Einteilung (Bonitierung) in die Höhe des Nährtierangebotes für Fische umrechnet, so erweisen sich die Bäche im inneralpinen Raum und in den Hanglagen grösstenteils als nahrungsarm, die Bäche und Gräben der Ebene hingegen als mässig bis ausserordentlich nahrungsreich. Dabei ist jedoch stets auch zu berücksichtigen, dass nicht alle Benthosorganismen gleich gut als Fischnährtiere geeignet sind (Baumann 2002).

Aus der Meereshöhe einer Untersuchungsstelle lässt sich stark vereinfacht ein Erwartungs- oder Sollwert für die Biomasse des Makrozoobenthos ableiten (Dückelmann 2001). Diese Sollwerte wurden zum Zeitpunkt unserer Aufnahmen an den meisten Stellen in Liechtenstein erreicht oder (teilweise massiv) überschritten.

Abb. 7 ***Biomasse (Frischgewicht) pro m² und ihre Zusammensetzung nach Grossgruppen an den verschiedenen Standorten.***



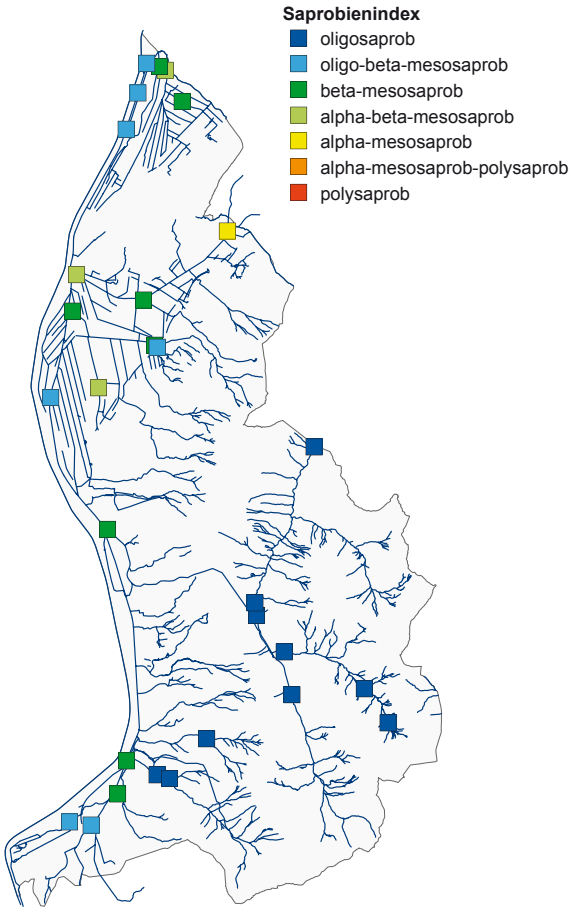
4.4 Saprobienindex

Das Saprobiensystem ist eine biologische Methode zur Beurteilung der Wasserqualität von Fliessgewässern mittels Indikatororganismen. Den verschiedenen Arten kann ein Mass für ihren Sauerstoffbedarf zugewiesen werden. Da durch Abbauprozesse Sauerstoff verbraucht wird, ist die Sauerstoffverfügbarkeit abhängig von dem Grad der Belastung mit abbaubaren, organischen Stoffen. So kann die organische Belastung, der eine Artengemeinschaft ausgesetzt ist, indirekt über die Artenzusammensetzung ermittelt werden. Das in Österreich gebräuchliche System nach Zelinka & Marvan (1961) beinhaltet 5 verschiedene Belastungsstufen in Gewässern:

- xenosaprob (ausgesprochen unbelastet, Reinwasser)
- oligosaprob (nicht oder kaum belastet)
- beta-mesosaprob (mässig belastet)
- alpha-mesosaprob (stark verschmutzt)
- polysaprob (übermässig verschmutzt)

Der Saprobienindex weist für die alpinen Gewässer einen oligosaproben und damit weitgehend unbelasteten Zustand aus. Besonders tiefe Werte sind in der Badtobel- und der Lawenarüfe zu finden, welche schon recht nahe an den xenosaproben Zustand herankommen.

Abb. 8 ***Aus dem Makrozoobenthos berechneter Saprobienindex. Der Stadt-, Wäsch- und Scheidgraben-Mittellauf sind nicht dargestellt. Die geringe Artenzahl erlaubte hier keine zuverlässige Einstufung.***



Eine gute Wasserqualität bezüglich der organischen Belastung weisen der Binnenkanal und der Schlossbach in Balzers auf. Beide sind nur gering belastet. Mässig bis stark belastet sind der Spiersbach sowie die Esche mit ihren Zubringern. In den ehemaligen Riedgebieten der Talebene ist von einer Grundbelastung aufgrund der Bodeneigenschaften auszugehen, die im Bereich eines mässig belasteten Gewässers (s. Riedgraben im Ruggeller Riet) liegt. Stärkere Belastungen sind teils durch Drainagen und die landwirtschaftliche Nutzung begründet.

Abb. 9 ***Der Binnenkanal weist auf Höhe Schaan eine relativ gute Wasserqualität auf.*** *(Foto: R. Staub)*



Abb. 10 ***Aufgrund von Abbauprozessen im Torf zeigt der Graben im Ruggeller Riet bei der Saprobienbeurteilung eine Grundbelastung.*** *(Foto: R. Staub)*



Abb. 11 ***Schlammablagerungen und heterotropher Bewuchs sind Hinweise auf anaerobe Abbauprozesse und Nährstoffbelastungen. Nur wenige Spezialisten sind an solche Rahmenbedingungen angepasst.*** *(Foto: R. Staub)*



4.5 Beurteilung Gewässerzustand anhand Makrozoobenthos

Die Beurteilung eines Fliessgewässers erfolgt sinnvollerweise nicht nur über das Saprobiensystem, sondern berücksichtigt auch weitere Aspekte. Auch die Wasserrahmenrichtlinie der EU verlangt die Beurteilung der Gewässer anhand eines Vergleiches der Artenzusammensetzung mit einem Referenzzustand. Dabei werden für verschiedene biologische Qualitätskomponenten spezifische Referenzzustände definiert, die den sehr guten ökologischen Zustand wiedergeben.
Die Bewertung und Darstellung des ökologischen Zustandes erfolgt in Form eines fünfstufigen Systems, wobei die Klasse I (sehr guter ökologischer Zustand) den gewässertypspezifischen Referenzzustand darstellt, Klasse II (guter ökologischer Zustand) das mindestens zu erreichende Qualitätsziel für natürliche Gewässer.
Im Rahmen der EU-Wasserrahmenrichtlinie wurden in den EU-Ländern entsprechende Methoden für verschiedene Fliessgewässertypen entwickelt. Eine Grundlage für die Beurteilung der Liechtensteiner Gewässer bildete die Screening-Methode aus Österreich (Ofenböck et al. 2010). Dabei fliessen neben der Wasserqualität auch andere Aspekte, wie die Degradation des Gewässers (insbesondere Strukturdefizite), in die Beurteilung mit ein.
Daneben wurden alle untersuchten Stellen auch anhand der Schweizer Indizes (IBGN, Makroindex) bewertet.
An einigen ausgewählten Stellen wurde zusätzlich eine Aufnahme und Auswertung des Makrozoobenthos nach der ausführlicheren (detaillierten) österreichischen Methode durchgeführt (Ofenböck et al. 2010). Darunter befanden sich mit dem Alpenrhein, der Samina und dem Spiersbach auch die Grenzgewässer, die ins Gebiet der Nachbarländer hineinreichen. Die Untersuchungen nach der detaillierten Makrozoobenthos-Methode wurden von Firmen übernommen, welche diese Methodik bei der Gewässerüberwachung im Rahmen der EU-WRRL in Österreich routinemässig anwenden (ARGE Limnologie 2008, ARGE Ökologie 2008).
Bei jenen Untersuchungsstellen, die sowohl mit der Screening-Methode als auch mit der detaillierten Makrozoobenthos-Methode untersucht wurden, ergab sich nur in einem Fall eine relativ geringfügige Abweichung bei der Einstufung (zwischen den Klassen «sehr gut» und «gut» in der Restwasserstrecke der Samina bei Steg). In allen anderen Fällen führten die beiden Methoden zu einer identischen Bewertung.

4.5.1 Screening Methode Österreich

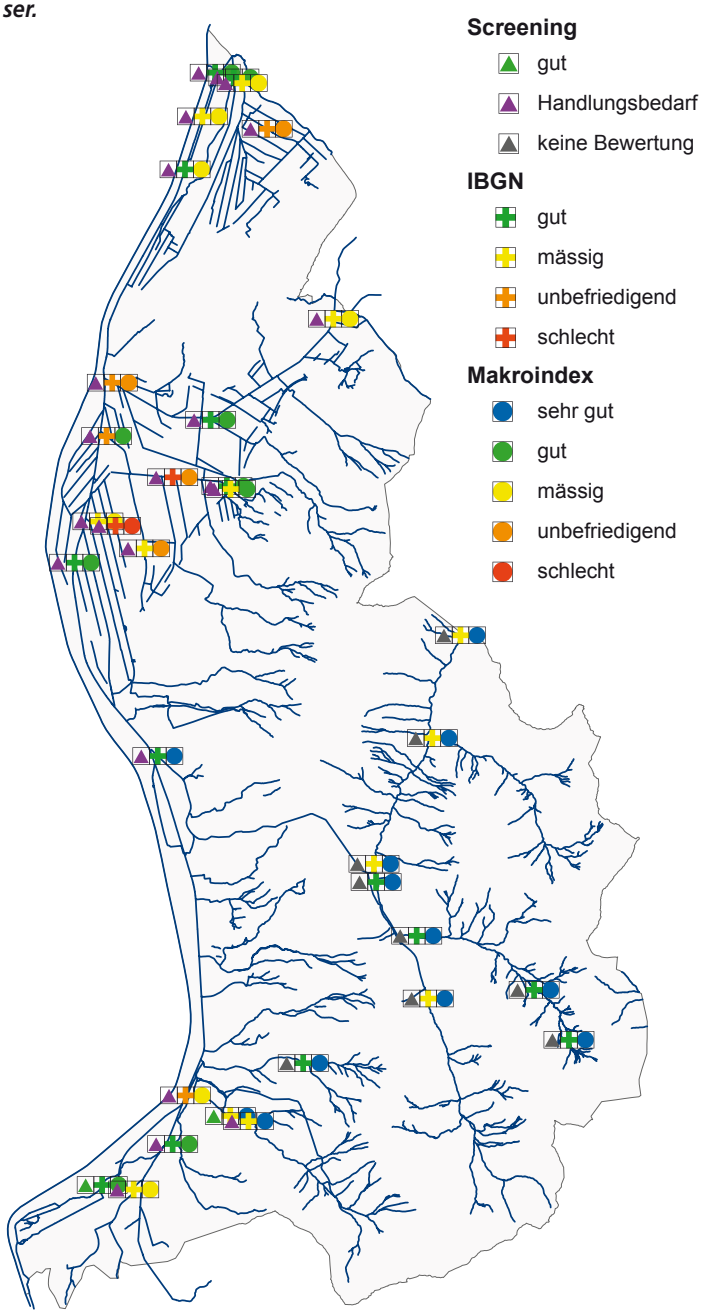
Die österreichische Screening-Methode orientiert sich an den im Freiland bestimmbaren sogenannten «Screening-Taxa». Das Screening setzt sich zusammen aus zwei gleichwertigen Auswertungsschritten, dem «Screening – Allgemeine Belastung» und dem «Screening – Organische Belastung». Die Methode wurde ausschliesslich für Gewässer mit einem Einzugsgebiet grösser als 10 km² entwickelt. Diese Rahmenbedingung ist für zahlreiche Fliessgewässer in Liechtenstein nicht gegeben, was die Anwendbarkeit der Methode einschränkt.

Die «Allgemeine Belastung» berechnet sich aus (Ofenböck et al. 2010):

- der Anzahl sog. Screening-Taxa (Charakterisiert die Artenvielfalt an der Untersuchungsstelle);
- der Anzahl sensitiver Taxa (Arten die ihre Optimalbedingungen innerhalb eines engen Bereiches von Umweltfaktoren haben und die in der Regel hydromorphologisch nicht oder wenig belastete Verhältnisse anzeigen);
- und dem Degradations-Score (Arten die Strukturdefizite an Gewässern aufzeigen können).

Die österreichische Screening-Methode hat sich für die Liechtensteiner Fliessgewässer als wenig differenzierend erwiesen. Von den 34 Messstellen sind nur für 24 die Referenzzustände definiert und damit auswertbar. Davon haben gerade zwei (Balzner Giessen, Lawena) einen guten Zustand erreicht. Zahlreiche Gewässer erfüllen zudem die Mindestanforderung an die Einzugsgebietsgrösse nicht. Bei 22 Aufnahmestellen besteht Handlungsbedarf. Die schlechte Einstufung beruht vor allem auf dem Teilmodul der «Allgemeinen Belastung».

Abb. 12 ***Übersicht verschiedener Indizes für die Liechtensteiner Gewässer.***



4.5.2 Schweizer Indizes (IBGN, MI)

Ein weiteres Mass, um den Gewässerzustand zu beurteilen, ist der in der Schweiz verwendete, ursprünglich in Frankreich entwickelte IBGN (Indice Biologique Global Normalisé). Er beruht auf der Artendiversität eines Standortes sowie dem Vorhandensein ausgewählter Indikatorarten. Dazu ist eine Liste von 138 Arten vorgegeben (BUWAL 2005), die für die Bestimmung der Diversität berücksichtigt werden. Davon dienen 38 als Indikatorarten, die in 9 faunistische Indikatorgruppen eingeteilt sind. Arten mit hohen Ansprüchen an die Gewässerqualität sind dabei einer hohen Indikatorgruppe zugewiesen.

Eine gute Einstufung haben die Untersuchungsstellen am Malbunbach, an der Badtobelrüfe und am Binnenkanal erhalten. Diese Standorte sind artenreich und weisen zahlreiche Arten mit hohen Ansprüchen an die Gewässerqualität auf.

Im Talgebiet zeigen mit wenigen Ausnahmen der Binnenkanal sowie die von ihm dotierten Gewässer dank eines relativ hohen Artenreichtums und guter Wasserqualität einen guten Zustand.

Als «mässig» beurteilt sind aufgrund des einschränkten Artenspektrums die Standorte am Unterlauf der Samina und am Valorschbach sowie an der Lawenarüfe. Ebenfalls als mässig wurden einzelne Riedgewässer beurteilt.

Als schlecht bis sehr schlecht wird der Zustand der stärker organisch belasteten Riedgewässer eingestuft.

Als zusätzlicher Indikator für die biologische Einstufung wurde auch der Makroindex (MI) berechnet, welcher speziell für die Schweizer Fliessgewässer im Rahmen einer landesweiten Zustands-Aufnahme und -Beurteilung in den Jahren 1974/1975 entwickelt worden war. Er basiert auf der Beobachtung, dass je belasteter ein Gewässer ist, desto geringer ist der Anteil der Insektenarten (insbesondere Steinfliegen, Eintagsfliegen, Köcherfliegen) und umso grösser der Anteil der Nicht-Insekten (z.B. Asseln, Egel, Schlammröhrenwürmer). Das Verhältnis der Insekten zu den Nicht-Insekten kann damit als Mass für die Belastung des Gewässers herangezogen werden. Beim Makroindex wurde eine achtstufige Matrix für die Einteilung entwickelt, die diese Verschiebung in der Lebensgemeinschaft berücksichtigt.

Im November 2008 ist grundsätzlich beschlossen worden, auf den Makroindex als biologischen Index ab sofort zu verzichten und für die Fliessgewässer-Bewertung mittels des Makrozoobenthos in der Schweiz auf Stufe F (*Kapitel 3*) zukünftig nur noch den IBGN zu verwenden. Im vorliegenden Projekt sind jedoch noch beide Indizes berechnet worden. Deutlich erkennbar ist die sehr gute Beurteilung an den relativ kühlen, nährstoffarmen Fliessgewässern der Hochlagen (inneralpine Gewässer sowie Lawena- und Badtobelrüfe). Hier besteht ein grosser Insektenanteil an der Lebensgemeinschaft, Stein- und Eintagsfliegen sind häufig. Der Einfluss der Wasser-Überleitung aus dem inneralpinen Gebiet

äussert sich hier deutlich in einem sehr guten Wert im Vaduzer Giessen.
Gute bis mässige Werte haben der Binnenkanal, die von ihm dotierten Gewässer sowie die Zubringer zur Esche erreicht. Schlechte Werte weisen die Riedgräben und aufgrund des Temperaturregimes auch der Stadtgraben in Schaan auf. Hier herrschen für viele Insekten zu geringe Strömungen und zu hohe Temperaturen. Nicht-Insekten dominieren die Lebensgemeinschaft.

4.5.3 Gesamtbeurteilung der Liechtensteiner Gewässer

Da die Anwendung der reinen Screening-Methode nach der österreichischen Vorgabe für die Liechtensteiner Gewässer nur wenig differenzierte Ergebnisse ergab, wurde für die Gesamtbeurteilung ein schrittweises Vorgehen unter Berücksichtigung von IBGN und MI sowie dem Saprobienindex gewählt *(Tab. 1).*
Rund die Hälfte der 34 Standorte erreicht dabei einen guten Zustand. 5 Standorte werden als sehr gut beurteilt. Es handelt sich primär um inneralpine Standorte.
Im Talraum erreichen nur der Binnenkanal, der Erlenbach und der Ausfluss des Scheidgrabens aus dem Schwabbrünnen-Äscher, sowie die wiederbewässerten Balzner Giessen, Altabach und Mölibach eine guten Zustand. Die Wiederbewässerung dieser Fliessgewässer kann daher aus Sicht des Makrozoobenthos als erfolgreich angesehen werden.
Verschiedene inneralpine Gewässer werden als «mässig» eingestuft, dazu gehört die untere Restwasserstrecke der Samina sowie teils natürlicherweise trockenfallende Abschnitte, z.B. am Unterlauf des Valorschbaches.
Im Talraum erreichen vor allem Stellen mit uniformer Gewässerbettausbildung, wie die Esche am Grenzübergang oder der Schlossbach in Balzers, nur eine mässige Zustandsbeurteilung.
Die ebenfalls mässige Zustandsbeurteilung an der typischen Austrecke am Binnenkanal beruht auf der durch die Verlangsamung der Fliessgeschwindigkeit erhöhten Schwebstoffablagerungen und fehlenden Sauerstoffversorgung des Untergrundes, die einer artenreichen Makrozoobenthosbesiedlung abträglich sind. Die sich aus dem Bodenabbau ergebende relativ starke organische Belastung und die ungenügende Berücksichtigung der Moorböden bei der Definition der Referenzzustände verhindert auch eine gute Makrozoobenthos-Einstufung des Grabens im Ruggeller Riet.
Eine schlechte Einstufung haben insbesondere die Gewässer im zentralen Riedbereich (Esche, Scheidgraben, Speckigraben) erhalten. Dies ist teils auf natürliche Einträge aus den Abbauprozessen im Boden, teils aber auch auf externe Belastungen zurückzuführen. Ganz besonders dürfte dies für den Stadtgraben zutreffen, der nicht nur beim Makroindex (mit 8) und beim IBGN (mit 3), sondern auch bei der Gesamtbewertung die schlechtestmögliche Einstufung erreichte.
Eine angemessene, d.h. an die speziellen natürlichen Verhältnisse angepasste biologische Gewässer-Bewertung ist für die Riedgräben der Liechtensteiner Talebene vorläufig noch nicht möglich, weil dafür noch keine ausreichend genauen Methoden existieren. Die schweizerischen Methoden des IBGN und des Makroindex unterscheiden grundsätzlich nicht zwischen verschiedenen Gewässertypen, sondern legen über alle denselben, entsprechend groben Bewertungsraster. Auch bei der schon recht weit entwickelten und wesentlich differenzierteren österreichischen Screening-Methode fehlen zurzeit noch die notwendigen Referenzwerte für eine korrekte Einstufung verschiedener Sondertypen von Gewässern, darunter eben auch für Moor- und Riedbäche sowie Giessen (Ofenböck et al., 2010).
Bei den Makrophyten sind bereits typspezifische Leitbilder und erste Bewertungsansätze für die Riedgräben im Vorarlberger Rheintal erarbeitet worden (Jäger 2005). Sobald sol-

Tab. 1 ***Beurteilungskaskade für die Zustandsbeurteilung des Makrozoobenthos an den Liechtensteiner Fliessgewässern.***

Ebene 1	**Ebene 2**	**Ebene 3**
Screening: Referenzzustand definiert	Gesamtbeurteilung Screening: gut	
	Gesamtbeurteilung Screening: Handlungsbedarf	**Weitere Kriterien:** – organische Belastung – (Screening organische Belastung, Saprobienindex) – Indice Biologique Global Normalisé (IBGN) – Makroindex (MI) – Beurteilung der Teilaspekte Screening Allgemeine Belastung (Sensitive Taxa, Degradationsscore, Screening-Taxa)
Screening: Zustand nicht definiert		**Kriterien:** – Indice Biologique Global Normalisé (IBGN) – Makroindex (MI) – Saprobienindex (SI)

Abb. 13 ***Einwachsende Gehölze bereichern das Substrat und sorgen im Sommer für Beschattung am wiederbewässerten Mölibach in Ruggell. Dieser weist entsprechend eine reiche Makrozoobenthos-Artenausstattung aus.*** *(Foto: R. Staub)*

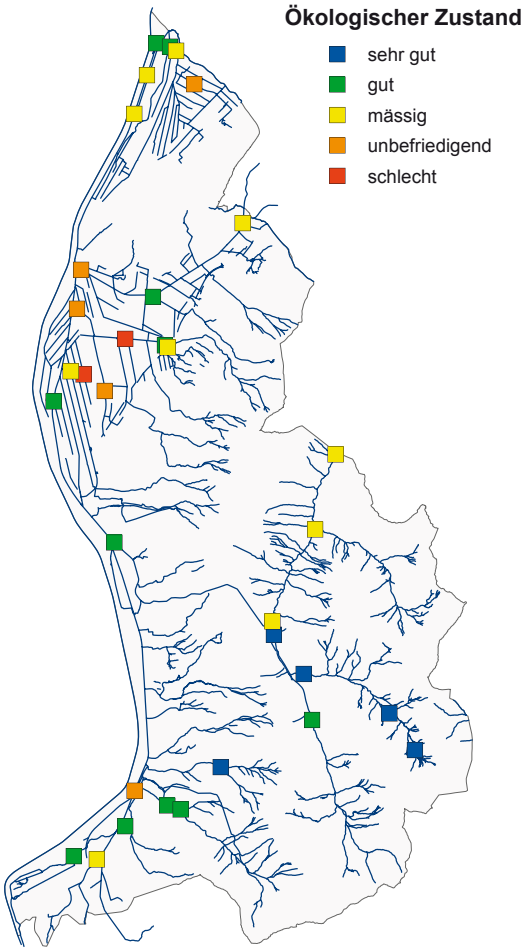


che Ansätze auch für die übrigen biologischen Qualitätskomponenten (insbesondere für das Makrozoobenthos) vorliegen, sollten sie für die Bewertung der entsprechenden Liechtensteiner Gewässer geprüft und wenn möglich übernommen werden.

Abb. 14 ***Die Balzner Giessen präsentieren sich noch relativ strukturreich und weisen eine gute Wasserqualität auf. Als eines der wenigen Gewässer haben diese nach der Screening-Methode eine gute Zustandsbeurteilung erhalten.*** *(Foto: R. Staub)*



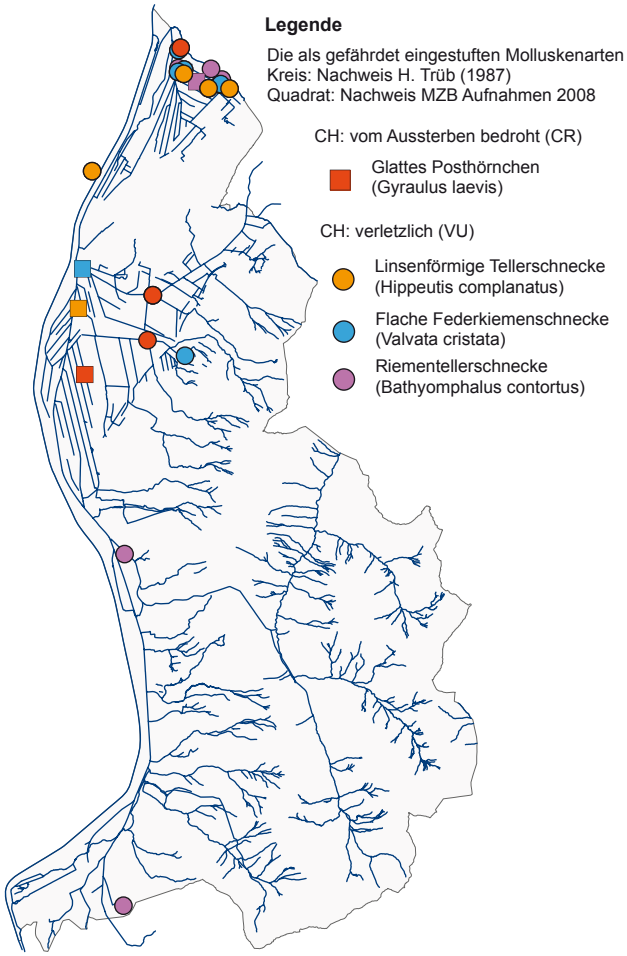
Abb. 15 ***Beurteilung des ökologischen Zustandes anhand des Makrozoobenthos.***



4.6 Besondere Arten

Die Fliessgewässer sind Lebensraum für teils seltene Makrozoobenthosarten. Für Liechtenstein liegen mit Ausnahme der Grosskrebse keine nationalen Roten Listen für wirbellose Tierarten vor. Für die Beurteilung werden daher die Roten Listen und Einstufungen der Nachbarländer verwendet.
Vor allem bei den Wasserschnecken sind zahlreiche als gefährdet eingestufte Arten vorhanden. Eine hohe Bedeutung hat dabei das Naturschutzgebiet Ruggeller Riet. Daneben weisen verschiedene Riedgewässer noch besondere Arten auf. Bemerkenswert ist das Vorkommen des Glatten Posthörnchens (*Gyraulus laevis*), z.B. auch im Stadtgraben. *Gyraulus laevis* figuriert auf der schweizerischen Roten Liste unter den vom Aussterben bedrohten Arten, während sie in Österreich als gefährdet gilt.
Der Stadtgraben weist zudem ein sehr individuenreiches Vorkommen der Amerikanischen Blasenschnecke (*Physella heterostropha*), eines Neozoen, auf. Dieser Neueinwanderer konnte im Rahmen von früheren Makrozoobenthosaufnahmen auch in der Esche, am Hiltigraben und oberhalb der Binnenkanalmündung nachgewiesen werden. Ein Neueinwanderer ist auch die Neuseeländische Deckelschnecke *(Po-*

Abb. 16 ***Nachweise von seltenen und gefährdeten Arten am Beispiel der Mollusken. Bemerkenswert ist der individuenreiche Nachweis des in der Schweiz vom Aussterben bedrohten Glatten Posthörnchens (Gyraulus laevis) am stark beeinträchtigten Stadtgraben in Schaan.***



tamopyrgus antipodarum), nachgewiesen am Binnenkanal in Ruggell (ARGE Limnologie 2008).

Weitere besondere Arten sind bei den Köcherfliegen vorhanden. Hierzu gehört z.B. die relativ seltene *Goera pilosa*, die am Oberlauf des Scheidgrabens gefunden wurde. Weitere bemerkenswerte Köcherfliegen-Arten sind auch *Lype reducta*, *Hydropsyche angustipennis* und *Rhyacophila glareosa*. Letztere wurde im Rahmen einer zusätzlich untersuchten Stelle im Oberlauf des Malbunbaches gefunden RENAT (2008), die nicht zum hier besprochenen Überwachungsprogramm gehörte.

Jene Arten des Makrozoobenthos, die von den Roten Listen in Österreich oder in der Schweiz mindestens als gefährdet eingestuft werden, sowie Arten die in Liechtenstein bisher noch nicht nachgewiesen worden sind, wurden nach Abschluss der eigenen Auswertungen zur Nachbestimmung an ausgewiesene Experten für die entsprechenden Organismengruppen gesandt. Dabei konnten folgende Erstnachweise für das Gebiet des Fürstentums Liechtenstein bestätigt werden:

- Bei den Wasserschnecken die schon erwähnte Neozoen-Art *Potamopyrgus antipodarum* im Binnenkanal Ruggell (ARGE Limnologie 2008);
- Bei den Steinfliegen die Art *Capnioneura nemuroides* in der Samina kurz vor der Landesgrenze;
- Bei den Köcherfliegen die nahe verwandten Arten *Rhyacophila glaerosa* im Malbunbach und *Rhyacophila hirticornis* im Valorschbach sowie *Hydropsyche siltalai* im Mölibach;
- Bei den Eintagsfliegen die Arten *Rhithrogena puthzi* im Malbunbach (ARGE Ökologie 2008), *Habroleptoides auberti* in der Lawena und der Badtobelrüfe sowie *Caenis luctuosa* im Spiersbach (ARGE Limnologie 2008). In den Aufnahmen von 2008 (RENAT & Limnex 2009) zudem noch *Rhithrogena dorieri*.

Bei einer Wasserschnecken-Art der Gattung *Valvata* war eine einwandfreie Bestimmung anhand des vorliegenden Materials auch für die Spezialisten nicht möglich. Allenfalls handelt es sich um *Valvata piscinalis alpestris*, die als Unterart für Liechtenstein ebenfalls neu wäre und die in Vorarlberg als stark gefährdet gilt.

Einzelne im Rahmen des Überwachungsprogramms festgestellte Arten sind für Liechtenstein früher schon unter anderen Namen beschrieben worden. Dies gilt etwa für den Wasserkäfer *Nebrioporus elegans*, der in den Artenlisten von Erwin Amann noch unter der Bezeichnung *Nebrioporus depressus* geführt wird.

5. Diskussion der Resultate

16 der 34 Aufnahmestellen weisen einen guten bis sehr guten Zustand auf. Es handelt sich vor allem um die Fliessgewässer der Hang- und Gebirgslagen mit gutem ökomorphologischem Zustand und guter Wasserqualität.

Inneralpin erreichen die von der Wasserausleitung betroffenen Stellen an der Samina sowie teils natürlicherweise trockenfallende Abschnitte nur eine mässige Beurteilung.

Im Talraum können die wiederbewässerten Abschnitte in ihrem ökologischen Zustand hinsichtlich des Makrozoobenthos als gut beurteilt werden (Balzner Giessen, Altabach, Mölibach). Diese Gewässer weisen eine reiche Makrozoobenthoszönose auf. Die Wiederbewässerung hat sich damit als erfolgreich erwiesen.

Einen Sonderfall stellt der Vaduzer Giessen mit seinem kalten, nährstoffarmen Überleitwasser aus dem Saminaeinzugsgebiet dar. Dadurch verändern sich die chemisch-physikalischen Eigenschaften des Gewässers hin zu einem Bergbach. Die Makrozoobenthosbeurteilung ist entsprechend besser.

Als «gut» bezüglich der Makrozoobenthosausstattung wurde der Binnenkanal auf der Höhe von Schaan und im Bereich der Mündung beurteilt.

Im Talraum erreichen vor allem Stellen mit beeinträchtiger Ökomorphologie wie die Esche am Grenzübergang oder der Schlossbach nur einen mässigen Gewässerzustand. Die mässige Zustandsbeurteilung an der Austrecke am Binnenkanal beruht auf einer verarmten Makrozoobenthosbesiedlung. Für diesen Gewässertyp geben die berechneten Parameter nicht die Naturnähe des Gewässers wieder. Die verwendeten biotischen Indices sind also nur beschränkt gültig. So sind in der österreichischen Methode zur Fliessgewässer-Bewertung mittels des Makrozoobenthos sowohl Quell-/Grundwassergeprägte Strecken als auch Moorbäche als spezielle Gewässertypen ausgewiesen, die eigene typspezifische Referenzwerte benötigen. Diese Referenzwerte wurden bisher aber noch nicht entwickelt (Ofenböck et al. 2010).

Das Fehlen der geeigneten Referenzwerte zeigt sich insbesondere in der Einstufung des Grabens im Ruggeller Riet in die unbefriedigende Zustandsklasse. Der aufgrund des Bodenabbaus im Ruggeller Riet hohe organische Anteil im Gewässer und fehlende Strukturen (z.B. Steine) verhindern eine gute Makrozoobenthos-Einstufung. Hier könnte allenfalls ein verbesserter Bodenwasserhaushalt im Ruggeller Riet zu einer Reduktion der Torf-Remineralisierung führen. Die Einstufung in die Zustandsklasse «unbefriedigend» orientiert sich nur ungenügend am natürlichen Potenzial des Gewässers.

Eine schlechte Einstufung haben die Gewässer im zentralen Riedbereich (Esche, Scheidgraben, Speckigraben) sowie der Spiersbach in Ruggell erhalten. Einerseits bestehen Defizite in der Wasserqualität, andererseits sind ökomorphologische Beeinträchtigungen vorhanden. Aufgrund der Einzugsgebiete ist von einer gewissen Nährstoffgrundlast aufgrund der Remineralisierung ehemaliger Riedböden auszugehen. Drainagepumpwerke verstärken lokal diesen Effekt. Daneben treten punktuelle physikalisch-chemische Belastungen durch Abwassereinleitungen auf (Esche, Stadtgraben, Scheidgraben Unterlauf).

Abb. 17 ***Die Esche weist eine gute Nährstoffversorgung und eine nur teilweise Beschattung auf. Resultat ist ein starkes Wachstum der Makrophyten. Das Makrozoobenthos zeigen einen unbefriedigenden Zustand an.*** *(Foto: R. Staub)*



Abb. 18 ***Die neugestaltete Binnenkanalmündung bietet einen hohen Anteil an Strukturen und damit verschiedene Lebensräume für das Makrozoobenthos.*** *(Foto: P. Baumann)*



Abb. 19 ***Der revitalisierte Vaduzer Giessen wird von der Rückgabe des aus den Stauseen im Steg stammenden Wassers geprägt. Durch das kalte, nährstoffarme Wasser und den Schwall und Sunk verändern sich die Lebensraumeigenschaften.*** *(Foto: R. Staub)*



Gerade der Stadtgraben illustriert beispielhaft, wie unterschiedlich die Beurteilung eines Gewässers auch aus rein ökologischen Gesichtspunkten ausfallen kann. Auf der einen Seite zeigen die verwendeten Indizes für das gesamte Makrozoobenthos (auch unter Berücksichtigung ihrer beschränkten Anwendbarkeit) fast durchwegs einen äusserst schlechten Gewässerzustand und damit einen starken Handlungsbedarf an. Auf der anderen Seite lebt in diesem Gewässer eine grosse Population der Wasserschnecke *Gyraulus laevis*, die in der Schweiz vom Aussterben bedroht ist und auch in Österreich als gefährdet gilt. Für sich allein genommen würde das Vorkommen dieser Art an sich eine ungeschmälerte Erhaltung des Lebensraumes rechtfertigen. Wie weit allfällige zukünftige Massnahmen zur Verbesserung der Wasser- und Gewässerqualität im Stadtgraben auch mit dem Schutz dieser bedrohten Tierart zu vereinbaren sind, wäre durch eingehendere Untersuchungen noch abzuklären.

6. Zukünftiges Überwachungsprogramm Makrozoobenthos

In RENAT & Limnex (2009) wird, unter Berücksichtigung aller biologischer Qualitätskomponenten, ein Überwachungsprogramm für die Liechtensteiner Fliessgewässer vorgeschlagen, das die Situation in Liechtenstein und die Vorgaben der EU-WRRL berücksichtigt. Dabei wird zwischen den Hauptmessstellen (Alpenrhein, Normstrecke Binnenkanal, Unterlauf Spiersbach) und den Nebenmessstellen unterschieden. Am Alpenrhein soll insbesondere eine Koordination mit internationalen Zustandserhebungen erfolgen (IRKA).
Makrozoobenthosaufnahmen sind ein geeignetes Mittel für die Zustands-Überwachung der Fliessgewässer. Die Aufnahmen liefern, da alle wasserführenden Gewässer von Makrozoobenthos besiedelt werden, differenzierte Ergebnisse für die verschiedenen Abschnitte. Wegen ihres günstigen Verhältnisses zwischen Aufwand und Ertrag hat sich die 2008 verwendete, erweiterte Screening-Methode bewährt. Daher wird entsprechend der EU-WRRL ein Dreijahreszyklus an den wichtigsten Aufnahmestellen vorgeschlagen. Ein reduzierter Zyklus von 6 Jahren im Sinne einer allgemeinen Überwachung ist an Stellen mit guter Bewertung möglich.
An den drei Haupt-Untersuchungsstellen Binnenkanal (Normstrecke), Unterlauf Spiersbach und Alpenrhein wird zudem alle 6 Jahre eine ausführlichere Aufnahme und Bewertung des Makrozoobenthos nach der detaillierten österreichischen Methode als sinnvoll erachtet.

7. Literatur

ARGE Ökologie (2008): Malbunbach – Valünabach – Samina. Die saprobiologische Gewässergüte bzw. der ökologische Zustand an fünf Untersuchungsstellen. 51 S.

ARGE Limnologie (2008): Limnologische Untersuchung an ausgewählten Fliessgewässern in Liechtenstein im Februar 2008. Studie im Auftrag es Amtes für Umweltschutz, Fürstentum Liechtenstein. 31 S.

Baumann, P. (2002): Die Entwicklung des Fischnährtier-Bestandes in schweizerischen Fliessgewässern zwischen 1980 und 2000. Grundlagenstudie im Auftrag von Fischnetz c/o EAWAG, Dübendorf: 39 S. + Anhang.

Binderheim E. & W. Göggel (2007): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Äusserer Aspekt. Umwelt-Vollzug Nr. 0701. Bundesamt für Umwelt, Bern. 43 S.

Broggi, M.F. (1988): Der Landschaftswandel im Talraum des Fürstentums Liechtenstein. Hrsg.: Historischer Verein für das Fürstentum Liechtenstein. 325 S.

BUWAL, Bundesamt für Umwelt Wald und Landschaft (1994): Rote Listen der gefährdeten Tierarten in der Schweiz. BUWAL, Bern.

BUWAL, Bundesamt für Umwelt Wald und Landschaft (1998): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer: Modul-Stufen-Konzept. Mitteilungen zum Gewässerschutz Nr. 26, Bern, 1–43.

BUWAL Bundesamt für Umwelt Wald und Landschaft (2005): Entwurf: Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer: Modul-Stufen-Konzept. Makrozoobenthos Stufe F. BUWAL, Bern.51 pp. http://www.modul-stufen-konzept.ch/download/mzb_stufe-f.pdf.

Dückelmann, H. (2001): Seehöhen-Biomassen-Beziehung des Makrozoobenthos in österreichischen Fliessgewässern. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien. 81 S. + Anhang.

Gonseth Y. & C. Monnerat (2002): Rote Liste der gefährdeten Libellen der Schweiz. Hrsg. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, und Schweizer Zentrum für die Kartographie der Fauna, Neuenburg. BUWAL-Reihe Vollzug Umwelt. 46 S.

Haidvogl, G. & Th. Kindle (2001): Die Fliessgewässer Liechtensteins im 19. und 20. Jahrhundert. Ursprüngliche Lebensräume – technische Eingriffe – ökologische Folgen. Schriftenreihe Amt für Umweltschutz, Band 1, 64 S.

Jäger, D. (2005): Die Makrophyten-Vegetation ausgesuchter Fliessgewässer des Vorarlberger Rheintals als Grundlage für die Bewertung des ökologischen Zustands. Dissertation am Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie der Universität Hohenheim. 261 S.

Keller, O. (1990): Die geologische Entwicklung des Alpenrheintals. Werdenberger Jahrbuch 1990, 12-19, Buchs.

Lubini-Ferlin & Vicentini, (2005): To the knowledge of the Swiss caddis fly fauna (Insecta: Trichoptera). Lauterbornia, 54, 63-79.

Ofenböck, Th, Moog, O., Hartmann, A. & I. Stubauer (2010): Leitfaden zur Erhebung der biologischen Qualitätselemente. Teil A2 – Makrozoobenthos. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 224 S.

Peter, A. Weber, Ch., Schager E. (2009): Bewertung von vier Liechtensteinischen Gewässerstrecken anhand der Fischfauna. Bericht im Auftrag des Amts für Umweltschutz des Fürstentum Liechtenstein. 11 S.

Renat AG (2006): Ökomorphologie der Fliessgewässer in Liechtenstein. Hrsg. Amt für Umweltschutz, Vaduz, 49 S.

Renat AG (2008): Stellungnahme Auswirkungen Wasserentnahme Malbunbach. Bericht, 23 S.

Renat & Limnex (2007): Fliessgewässerüberwachung im Fürstentum Liechtenstein. Projektstudie. 28 S.

Renat AG & Limnex AG (2009): Biologische Fliessgewässerüberwachung im Fürstentum Liechtenstein – Zustandsbeurteilung 2008 und zukünftiges Monitoringprogramm. Hrsg. Amt für Umweltschutz, Vaduz, 64 S.

Staub, R. & Amann, E. (2010): Makrozoobenthosnachweise im Rahmen der Fliessgewässerüberwachung 1980-2002 im Fürstentum Liechtenstein. Ber. Bot.-Zool. Ges. Liechtenstein-Sargans-Werdenberg, 35: 43-61.

Thomas E.A. & F. Schanz (1976): Beziehungen zwischen Wasserchemismus und Primärproduktion in Fliessgewässern, ein limnologisches Problem. Vierteljahresschrift Natf. Ges., Zürich, 121: 309-317.

Zelinka, M. & P. Marvan (1961): Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fliessender Gewässer. – Arch. f. Hydrobiol. 57: 389-407.

Anschrift der Autoren

Rudolf Staub
RENAT AG
Im Bretscha 22
FL-9494 Schaan

Peter Baumann
Limnex AG
Schaffhauserstrasse 343
CH-8050 Zürich

Anhangstabelle: ***Erläuterungen***

	Gesamtwertung	Einzelindices
Sehr gut		
Gut		
Mässig		
Unbefriedigend		
Schlecht		

derzeit keine Bewertung möglich (Referenzzustand noch nicht definiert)

EZG für Screening-Methode zu klein

Screening-Methode: Handlungsbedarf

Org. Bel. - Organische Belastung, *s. Kap. 4.5.1* / **SAPR** - Saprobienindex, *s. Kap. 4.4* / **MI-CH** - Makroindex, *s. Kap. 4.5.2* / **IBGN** - Indice Biologique Global Normalisé, *s. Kap. 4.5.2* /

Anmerkungen:

[1] natürliches Einzugsgebiet (EZG) (ohne Ausleitung)
[2] inkl. zugeleitetes Saminawasser
[3] natürliches EZG (ohne Zuleitung Rheininfiltrat)
[4] Dotation mit Binnenkanalwasser
[5] Zuwenig Taxa (1-2) für zuverlässige Einstufung

Anhangstabelle: ***Wesentliche Parameter sowie die Gesamtbeurteilung bezüglich Makrozoobenthos.***

Gebiet/ Kategorie	Bachname	Stelle/ Kürzel	Höhe [m.ü.M]	EZG ca. [km²]	Screening AU-WRRL		Andere Bewertungsmethoden				Gesamt
					Gesamt	Org. Bel.	Taxa-zahl	SAPR	MI-CH	IBGN	
Inneralpin (Kalkhochalpen)	Valünabach	VAL	1330	12			26	1.35	1	12	
	Malbunbach	MAL 2	1310	10			29	1.25	1	13	
	Malbunbach	MAL 1	1580	3.3			24	1.20	1	13	
	Malbunbach	MAL 0	1690	0.9			17	1.13	2	13	
	Samina	Sam 1	1240	25			34	1.35	1	13	
	Samina	Sam 2	1220	26[1]			31	1.40	2	11	
	Valorsbach	VALORS	1000	10			15	1.62	2	10	
	Samina	Sam 3	910	50			20	0.96	2	10	
Inner-alpin-Vorl.	Vad. Giessen	VAD 1	455	>10[2]			29	1.83	2	14	
Hangbäche (Falknis-decke)	Lawena	LAW 0	640	10			28	0.94	1	12	
	Lawena	LAW 1	575	10			24	0.89	1	12	
	Badtobelrüfe	BAD 1	940	2.4			26	0.77	1	14	
Liechtensteiner Alpenvorland	Balz.Giessen	BG 1	475	2.2[3]			37	1.53	3	14	
	Schlossbach	Sch 1	470	1.7			23	1.62	4	12	
	Altabach	Alt 1	470	2.5			37	2.14	3	14	
	Wäschgraben	Wä 1	445	5.1			17	1.60[5]	4	9	
	Stadtgraben	StG 1	445	0.3			7	1.61[5]	8	3	
	Speckigraben	Spe 1	445	1.8			28	2.58	5	11	
	Scheidgraben	ScG 4	440	4.4			30	1.71	3	11	
	Scheidgraben	ScG 3	440	4.5			35	1.82	3	13	
	Scheidgraben	ScG 2	440	8.5			12	1.56	6	4	
	Scheidgraben	ScG 1	440	13			26	1.81	3	6	
	Esche	Esch 2	440	7.2			39	2.79	4	10	
	Erlenbach	Er 1	440	2.4			37	2.18	3	14	
	Esche	Esch 1	440	27			17	2.52	5	7	
	Riedgraben	RR 1	430	<5			21	2.15	5	6	
	Spiersbach	Spi 1	430	10			27	2.64	4	9	
	Mölibach	Mö 1	430	[4]			46	1.88	3	14	
Liechtensteiner Binnenkanal	Binnenkanal	BKH 1	470	7.4			25	2.07	4	6	
	Binnenkanal	BKS 1	450	50			32	1.75	3	13	
	Binnenkanal	BKR 1	430	110			39	1.73	4	14	
	Binnenkanal	BKR 2	430	110			33	1.80	4	9	
	Binnenkanal	BKR 3	430	110			37	1.76	3	14	

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Botanisch-Zoologischen Gesellschaft Liechtenstein-Sargans-Werdenberg

Jahr/Year: 2010

Band/Volume: 35

Autor(en)/Author(s): Staub Rudolf, Baumann Peter

Artikel/Article: Biologische Fliessgewässerüberwachung im Fürstentum Liechtenstein – Makrozoobenthos 2008 29-42