

Die Verbreitung von Quellorganismen in Tälern des Schweizer Nationalparks

Lucas Blattner

Bachelor Arbeit
BSc Geowissenschaften
Universität Basel
März 2015



Betreuung:
Dr. Stefanie von Fumetti
Prof. Dr. Peter Nagel

Für die Unterstützung meiner Bachelor Arbeit möchte ich mich bedanken bei:

In erster Linie Dr. Stefanie von Fumetti für die Betreuung der Arbeit und ihre grosse Hilfe in allen Belangen.

Prof. Peter Nagel für das Ermöglichen der Arbeit und die Unterstützung bei der Bestimmung der aquatischen Coleoptera.

Dr. Ruedi Haller für die Organisation der Forschung und Feldarbeit im Schweizer Nationalpark.

Dr. Peter Martin, der mich während einer Woche an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel in die Ökologie und Bestimmung der aquatischen Acari eingeführt hat und mir die Welt dieser spannenden Tiere eröffnet hat.

Yvonne Hedke für die Mitarbeit bei der Feldarbeit und Bestimmung der Acari.

Dr. Henryk Luka, der mir die Präparation der Coleoptera beigebracht hat und mich bei deren Bestimmung unterstützt hat.

Dr. Eva Sprecher für die Betreuung in der Coleoptera Sammlung des Naturhistorischen Museums Basel.

Dr. Verena Lubini für die Verifikation der Ephemeroptera, Plecoptera und Trichoptera.

Meiner Familie und Freundin, die mich bei zahlreichen Arbeiten unterstützt haben.

Abstract

Quellen sind einzigartige Lebensräume mit einer spezialisierten Fauna und relativ stabilen physikochemischen Bedingungen. Die hohe Habitatdiversität in Quellen führt zu einer besonders hohen Artenvielfalt. Das Ziel dieser Arbeit ist es, die Artenzusammensetzung von Quellen in drei benachbarten Tälern des Schweizer Nationalparks zu untersuchen. Dazu wurde die Fauna der Quellen quantitativ durch einen Surber-Sampler und qualitativ mittels Handablesen erfasst. Zudem wurden abiotische Faktoren gemessen. Es zeigte sich, dass die Diptera, Plecoptera, Trichoptera und Acari die meisten Taxa und grösste Anzahl an Individuen aufwiesen. In jedem Taxon dominierten krenophile und krenobionte Organismen mit alpiner Verbreitung. Die Artenzusammensetzung der Quellen unterscheidet sich signifikant zwischen den drei Tälern und einige Arten sind auf einzelne Täler beschränkt. Beispielsweise wurde *Helophorus fauveli* ausschliesslich im Val dal Botsch gefunden und *Panisopsis curvifrons* ausschliesslich im Val da Stabelchod. Durch eine kanonischen Korrespondenzanalyse (CCA) konnte gezeigt werden, dass die elektrische Leitfähigkeit, die Höhe über Meer und die Anzahl unterschiedlicher Substrate der Quellen den grössten Einfluss auf die Zusammensetzung der Arten haben. Diese Arbeit leistet einen Beitrag zum Verständnis der Verbreitung von Quellorganismen im Schweizer Nationalpark.

Springs are unique freshwater habitats with relatively stable physicochemical conditions containing specialized species. Combined with high habitat diversity this leads to an increased species richness. The objective of this study was to examine the macroinvertebrate assemblages of springs in three adjacent valleys in the Swiss National Park. The faunistic composition of the springs was analysed quantitatively using a small surber sampler and qualitatively by hand picking. Furthermore, environmental conditions were investigated and physicochemical variables measured. The results show that Diptera, Plecoptera, Trichoptera and Acari were the taxa most diverse and rich in individuals. In each taxon crenobiontic and crenophilous organisms with an alpine distribution were dominant. The species composition changes significantly between different valleys and some species show a very limited distribution within a specific valley. For example *Helophorus fauveli* appeared only in Val dal Botsch and *Panisopsis curvifrons* only in Val da Stabelchod. A canonical correspondence analysis (CCA) showed that electrical conductivity, altitude and substrate diversity have the highest influence on the species composition. This Bachelor Thesis contributes to the understanding of the distribution of organisms in springs located in the Swiss National Park.

Inhaltsverzeichnis

Abstract	I
Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	IV
1. Einleitung	1
2. Untersuchungsgebiet	3
2.1 Der Schweizer Nationalpark	3
2.1.1 Klima	5
2.1.2 Geologie und Geomorphologie	6
2.2 Quellen im Val dal Botsch	8
2.3 Quellen im Val da Stabelchod	10
2.4 Quellen in Champlönch	12
3. Material und Methoden	14
3.1 Untersuchung der Quellfauna	14
3.2 Strukturelle Erfassung und Kartierung der Quellen	15
3.3 Erfassung der abiotischen Parameter	15
3.4 Statistische Auswertung	15
4. Resultate	17
4.1 Quellfauna	17
4.2 Abiotik	23
4.3 Statistische Auswertung	24
4.3.1 Faunistische Daten	24
4.3.2 Abiotische Daten	25
4.3.3 Vergleich Abiotik und faunistische Zusammensetzung	27
5. Diskussion	29
5.1 Methodendiskussion	29
5.2 Ergebnissdiskussion	30
5.3 Die Ergebnisse im Kontext des Klimawandels und Ausblick	34
Literaturverzeichnis	35
Anhang	42

Abbildungsverzeichnis

Titelblatt: VB1 (Blattner L., 2014)	
Abb. 1: Der Schweizer Nationalpark (Haller et al., 2003)	3
Abb. 2: Quellen der untersuchten Täler (map.geo.admin.ch, 2015)	4
Abb. 3: Klimadiagramm MeteoSchweiz Station Buffalora (Haller et al., 2003)	5
Abb. 4: Geologie des Untersuchungsgebietes (Haller et al., 2003)	6
Abb. 5: Geomorphologie (Haller et al., 2003)	7
Abb. 6: VB1 (Blattner L., 2014)	8
Abb. 7: VB2 (Blattner L., 2014)	8
Abb. 8: VB3 (Blattner L., 2014)	8
Abb. 9: VB4 Austritt (Blattner L., 2014)	9
Abb. 10: VB4 Quellbach (Blattner L., 2014)	9
Abb. 11: VB5 (Blattner L., 2014)	9
Abb. 12: VS1 (Blattner L., 2014)	11
Abb. 13: VS2 (Blattner L., 2014)	11
Abb. 14: VS3 (Blattner L., 2014)	11
Abb. 15: VS4 (Blattner L., 2014)	11
Abb. 16: VS5 (Blattner L., 2014)	11
Abb. 17: VC1 (Blattner L., 2014)	12
Abb. 18: VC2 (Blattner L., 2014)	12
Abb. 19: VC10 (Blattner L., 2014)	13
Abb. 20: VC14 (Blattner L., 2014)	13
Abb. 21: VC17 (Blattner L., 2014)	13
Abb. 22: Anzahl Taxa pro Quelle (Blattner L., 2014)	18
Abb. 23: nMDS Plot (PRIMER; Blattner L., 2014)	24
Abb. 24: Boxplots der abiotischen Daten (R; Blattner L., 2014)	26
Abb. 25: CCA Plot der Quellen und abiotischen Faktoren (CANOCO; Blattner L., 2014)	28
Abb. 26: CCA Plot der Arten und abiotischen Faktoren (CANOCO; Blattner L., 2014)	28

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Individuen pro Taxon und Quelle	21-22
Tab. 2: Grundlagedaten und abiotische Werte der untersuchten Quellen	23

1. Einleitung

Quellen stellen als Bindeglied zwischen dem umgebenden Gesteinskörper und dem Wasser, das sich im Aquifer befindet ein sogenanntes Ökoton dar. Per Definition bilden sich Quellen beim Schnitt zwischen der Geländeoberfläche mit der grundwasserführenden Gesteinsschicht (Bahlburg & Breitzkreuz, 2012). Daraus resultiert, dass die chemische Zusammensetzung des Quellwassers und die physikalischen Bedingungen massgebend durch die geologische Ausgangssituation im Aquifer beeinflusst werden (Van Der Kamp, 1995; Cantonati et al., 2006, 2012). Quellökosysteme können gegenüber dem Grundwasser und dem angrenzenden Fliessgewässer durch unterschiedliche Biozönosen differenziert werden und sind durch Parallelen zu Inselbiotopen charakterisiert (Cantonati et al., 2012). Konstante, saisonal unabhängige Umweltbedingungen wie zum Beispiel die über das Jahr hinweg verhältnismässig konstante Wassertemperatur, zeichnen Quellen als spezielle Lebensräume aus (Van Der Kamp, 1995; Weber, 2006). Neben den einzigartigen physikochemischen Charakteristika des Krenals, ist auch eine vergleichsweise hohe Habitatdiversität typisch für Quellen. Das Benthon einer Quelle setzt sich aus mehreren unterschiedlichen Substrattypen zusammen und eine hohe Strömungsdiversität innerhalb einer Quelle ist typisch (Illies & Botosaneanu, 1963; Van Der Kamp, 1995; von Fumetti et al., 2006; Kubíková et al., 2012). Auf Grund dieser mosaikartig auftretenden Habitatstrukturen, die kleinräumig durch Arten mit engen Umweltansprüchen besiedelt werden, weisen Quellen eine überdurchschnittlich hohe Artenvielfalt auf (Cantonati et al., 2012). Vor allem im alpinen Raum variieren die Umweltbedingungen in Quellen und damit ihre Organismenzusammensetzungen entlang des Höhengradienten (Cantonati et al., 2006; Robinson et al., 2008). Durch diese sehr spezifischen Lebensbedingungen für die Organismen und die räumlich meist sehr engen Dimensionen der Quellen, sind sie im Bezug auf Störungen durch den Menschen äusserst fragil (Zollhöfer, 1997; Cantonati, et al. 2012). Quellen sind zudem einzigartige Habitate seltener Arten (Di Sabatino et al., 2003) und dadurch schützenswerte Lebensräume. Im Schweizer Nationalpark (Parc Naziunal Svizzer) finden sich wertvolle Quellökosysteme, die seit der Gründung des Nationalparkes vor 100 Jahren frei von direktem anthropogenem Einfluss sind und dadurch für die Wissenschaft grossen Wert besitzen. Adolf Nadig untersuchte als erster Quellen im Schweizerischen Nationalpark (Nadig, 1942).

Das Einzugsgebiet der Ova dal Fuorn ist auf Grund der hohen Anzahl an Quellen für quellökologische Studien besonders interessant. Unter anderem untersuchte Carl Bader die Wassermilbenfauna dieser Quellen (z.B. Bader 1975). Quellen in der Region Il Fuorn, im Gebiet um God dal Fuorn und in den beiden Seitentälern Val Futur und Val Chavagl, wurden kürzlich faunistisch charakterisiert (von Fumetti & Felder, 2014). In dieser Studie konnte aufgezeigt werden, dass sich die Artenzusammensetzungen in Quellen benachbarter Täler signifikant unterscheiden. In der vorliegenden Bachelor Arbeit wurden Quellen in drei benachbarten Tälern um Il Fuorn: Val dal Botsch, Val da Stabelchod und Champlönch hinsichtlich ihrer faunistischen Zusammensetzung und physikochemischen Bedingungen untersucht, um festzustellen, ob die bereits beschriebenen Unterschiede in der Artenzusammensetzung auch in anderen Tälern des Schweizer Nationalparks auftreten. Die gewonnenen Erkenntnisse tragen zum allgemeinen Verständnis der Verbreitung von Quellorganismen bei und leisten einen Beitrag zum Quellmonitoring im Schweizer Nationalpark.

2. Untersuchungsgebiet

2.1 Der Schweizer Nationalpark

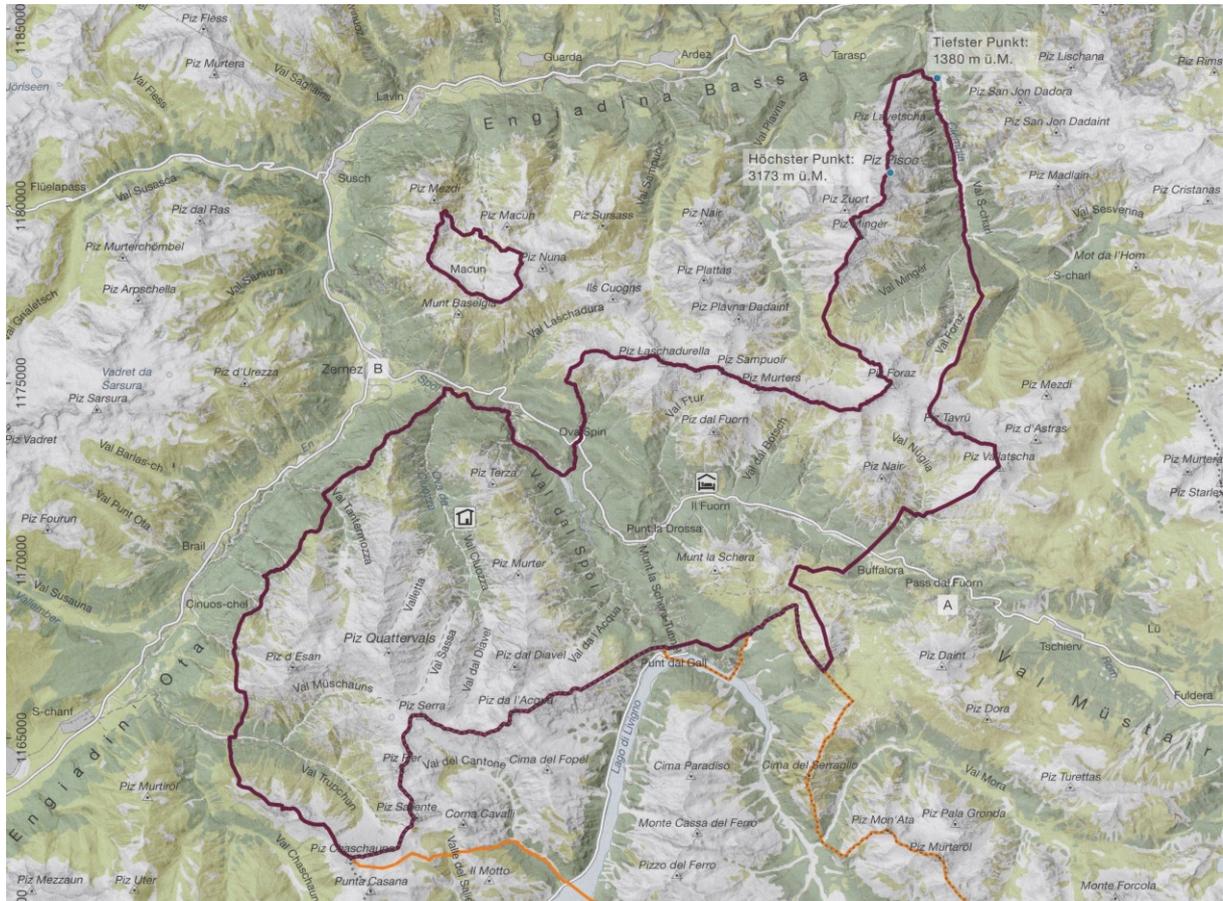


Abb. 1: Der Schweizer Nationalpark
Atlas des Schweizerischen Nationalparks (Haller et al., 2003)

Der Schweizer Nationalpark (SNP) befindet sich im Kanton Graubünden und erstreckt sich über das Gebiet um Zernez, S Chanf, den Ofenpass und Scuol (Abb. 1). Der SNP liegt auf einer Höhenlage von 1'400 – 3'174 m ü.M. und beinhaltet eine Fläche von 170.3 km² (nationalpark.ch, 2015). Seit seiner Gründung im Jahre 1914 als öffentlich-rechtliche Stiftung mit Sitz in Bern ist das Gebiet frei von direktem Einfluss durch den Menschen. Der SNP gehört zur höchsten Kategorie Ia (strict nature reserve) der IUCN. Diese Kategorie beinhaltet die strikte Kontrolle und Einschränkung der Nutzung durch den Menschen. In dieser Form klassifizierte Regionen sind als Referenzgebiete für den Naturschutz und die Forschung wertvoll. 1979 wurde der Nationalpark zusammen mit dem Val Müstair zum Biosphärenreservat erklärt und ist demnach ein Naturschutzgebiet von internationaler Bedeutung (iucn.org, 2015). Dabei bildet der Schweizer Nationalpark die Kernzone des Biosphärenreservates *Val Müstair - Parc Naziunal* und das Müntertal die Erhaltungs- und Entwicklungszone (Haller et al., 2013).

Sein 100 jähriges Bestehen zeichnet den Schweizer Nationalpark als ältesten Nationalpark des Alpengürtels aus.

Der SNP besteht zu 28% aus Wald, 21% alpinen Matten und 51% sind vegetationsfrei (nationalpark.ch, 2015). Durch das karbonatische Ausgangsgestein bedingt sind im SNP vor allem kalkliebende, basiphile Pflanzen anzutreffen (Campell & Trepp, 1968). Die Niederschlagsarmut hält die Humusbildung und Bodenversauerung in Grenzen, was kombiniert mit Prozessen der Erosion und der anthropogenen Nutzung des Gebietes vor der Gründung des SNP zu schwach entwickelten, flachgründigen Böden führt (Campell & Trepp, 1968). Die im SNP vorherrschenden Nadelbäume sind diesen Bedingungen bestens angepasst. Neben der im Untersuchungsgebiet häufigen Bergföhre (*Pinus mugo* Turra), sind auch die Lärche (*Laryx* spp.) und die Arve (*Pinus cembra* Linné) typische Nadelbäume des Schweizer Nationalparks (Haller et al., 2013).

Die untersuchten Quellen befinden sich in drei Tälern: Val dal Botsch, Val da Stabelchod und Champlönch im Gebiet um den Piz dal Fuorn (Abb. 2). Die Quellen der drei Täler gehören zum Einzugsgebiet des Bergbaches Ova dal Fuorn, der auf einer Höhe von ca. 1'650 m ü.M. in den Spöl mündet und bei Zernez in den Inn fließt, der bei Passau (Österreich) die Donau erreicht. Als Ausgangspunkt für die Untersuchung der Quellen diente das Forschungslabor des Schweizer Nationalparks, das sich nahe dem Berghotel Parc Naziunal – Il Fuorn befindet. Von den öffentlichen Parkplätzen entlang der Ofenpasstrasse aus sind die Quellen zu Fuss erreichbar.

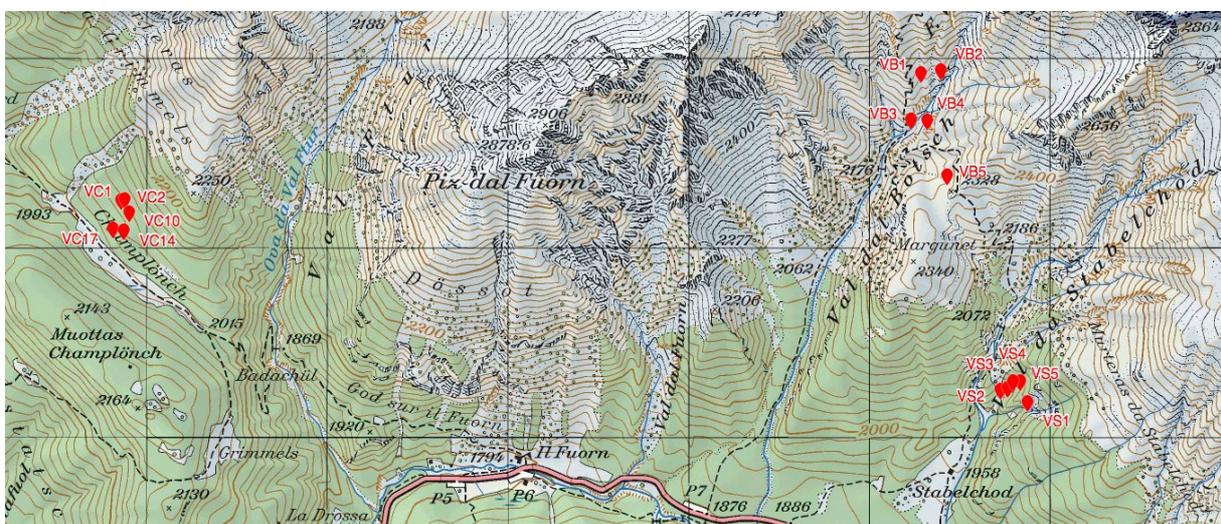


Abb. 2: Quellen der untersuchten Täler
Masstab: 1:25'000 maps.geo.admin.ch (Stand 2.2015)

2.1.1 Klima

Das Klima im Schweizer Nationalpark wird im *Atlas des Schweizer Nationalparks* treffend mit: „Viel Sonne, wenig Niederschlag und extreme Temperaturen“ beschrieben. Geprägt durch die im inneralpinen Raum herrschende Trockenheit ist die Region vom Niederschlagseinfluss der umliegenden Alpen abgeschirmt. Das Klimadiagramm der Station Buffalora (Abb. 3) zeigt den typischen Niederschlags- und Temperaturverlauf im SNP. Die jährlichen Durchschnittsniederschläge variieren im Nationalpark vergleichsweise stark, was hauptsächlich aus unterschiedlichen Grosswetterlagen resultiert. Die an der Station Buffalora in der Messperiode 1959 – 2011 tiefsten Jahresdurchschnittsniederschläge wurden 2005 mit 558,3 mm gemessen wohingegen die höchsten mit 1233,1 mm im Jahre 1960 aufgezeichnet wurden (Haller et al., 2013; Bauer & Scheurer, 2014). Die Jahresdurchschnittstemperatur während der Messperiode 1961 - 1990 beträgt an der Messtation Buffalora - 0.1 °C (MeteoSchweiz, 2014).

Kleinräumig weichen die klimatischen Bedingungen zum Teil deutlich von den Durchschnittswerten ab. So sind die Temperaturen in Tälern, vor allem nachts und während den Wintermonaten, deutlich tiefer als in höheren Lagen. Durch das Absinken der sich bei Sonnenuntergang abkühlenden Luft bilden sich in Tal- und Muldenlagen Kaltluftseen, die deutlich geringere Minimumtemperaturen als die Gipfel- oder Hanglagen aufweisen. Da im Gebiet des SNP vergleichsweise nur wenig Niederschlag fällt, wird die bei Sonnenaufgang zur Verfügung stehende Energie hauptsächlich in die Erwärmung der Luft gesteckt und weniger in die Verdunstung von Wasser. Dadurch sind neben jahreszeitlichen Temperaturschwankungen auch ausgeprägte Tagesgradienten der Temperatur zu beobachten (Haller et al., 2013).

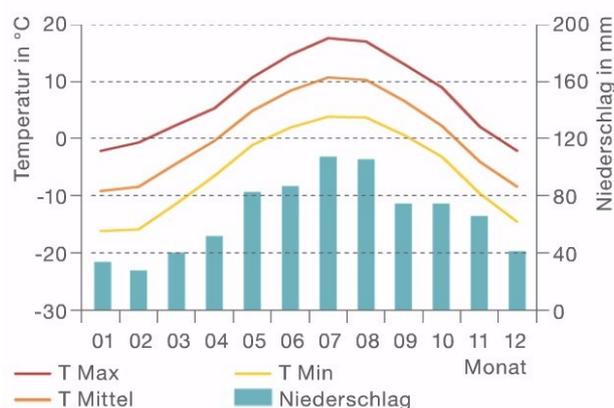


Abb. 3: Klimadiagramm MeteoSchweiz Station Buffalora
Atlas des Schweizerischen Nationalparks (Haller et al., 2003)

2.1.2 Geologie und Geomorphologie

Der Schweizer Nationalpark gehört zum Ostalpin und ist durch die Ostalpinen Decken charakterisiert. Diese Deckschichten überlagern die kristalline Basis und stammen aus Ablagerungen der Thetys, die vor 245-90 Mio. Jahren aufgeschichtet wurden. Damals herrschte im Gebiet des SNP subtropisches Klima, was die Bildung der biogenen, karbonatischen Sedimente begünstigte. Im SNP dominiert der aus dem Trias stammende Hauptdolomit (Abb. 4), der Schichten von bis zu 1'500 m Mächtigkeit bildet (Trümpy et al., 1997; Haller et al., 2013). Des Weitern existieren im untersuchten Gebiet mehrere Aufschlüsse der Raibl-Gruppe aus dem oberen Trias, die vor allem aus geringmächtigen Dolomiten mit Tonschieferzwischenlagen bestehen. Im Gegensatz dazu ist Macun von kristallinem Gestein der alten Krustenteile geprägt (Trümpy et al., 1997).

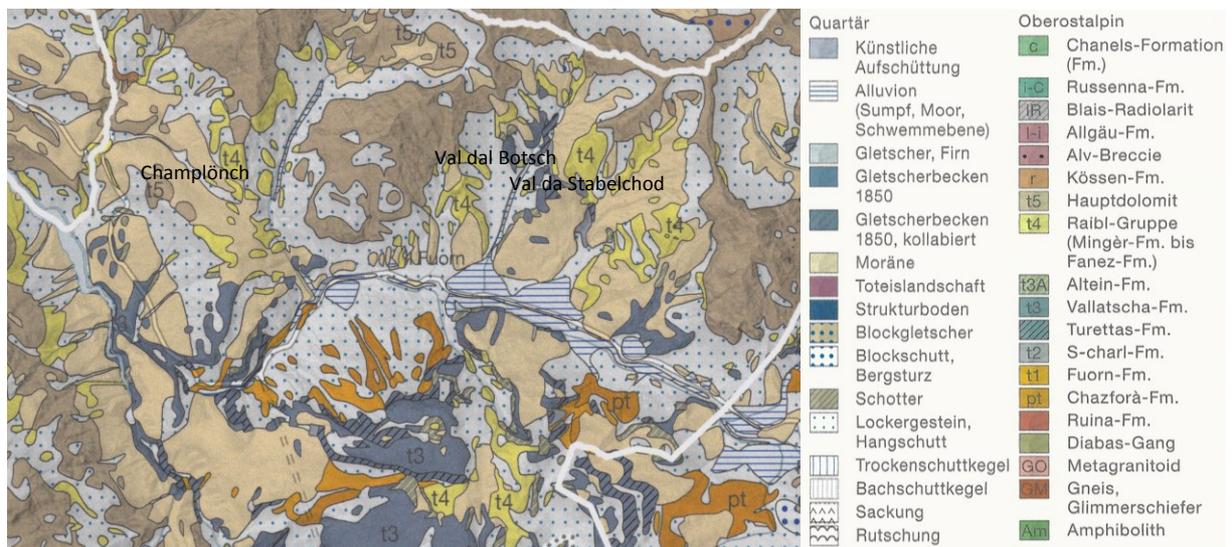


Abb. 4: Geologie des Untersuchungsgebietes
Atlas des Schweizerischen Nationalparks (Haller et al., 2003; Verändert durch Blattner L. 2015)

Die geologische Ausgangssituation im SNP wird durch geomorphologische Prozesse wie Verwitterung, Erosion, Murgänge, Bodenfließen, Gletscherschliff oder Lavinare stark beeinflusst. Durch das meist karbonatische Ausgangsgestein im SNP wirken diese Prozesse im Vergleich zu kristallinem Gestein deutlich stärker. Neben den rezenten Ereignissen, die seit dem Rückzug der Gletscher vor ca. 10'000 Jahren aktiv wurden, sind vor allem Einwirkungen der letzten Eiszeit von grosser Bedeutung (Haller et al., 2013; Bauer & Scheurer, 2014). Zeugen davon sind unter anderem die glazialen Ablagerungen in Form von Moränen, die im Untersuchungsgebiet um Il Fuorn einen wichtigen Bestandteil der Oberflächenstruktur ausmachen (Abb. 4). Die rezenten geomorphologischen Prozesse setzen sich hauptsächlich aus glazialen, denudativen, periglazialen und fluvialen Einflüssen zusammen. Im Val da Stabelchod prägt ein späteiszeitlicher Gletscher die Landschaft, wohingegen im Val dal Botsch Girlandenböden (Frostmusterböden) und Denudationszonen entscheidend sind (Abb. 5). Champlönch ist durch die stark ausgeprägte Vegetationsdecke geomorphologisch inaktiv (Haller et al., 2013).

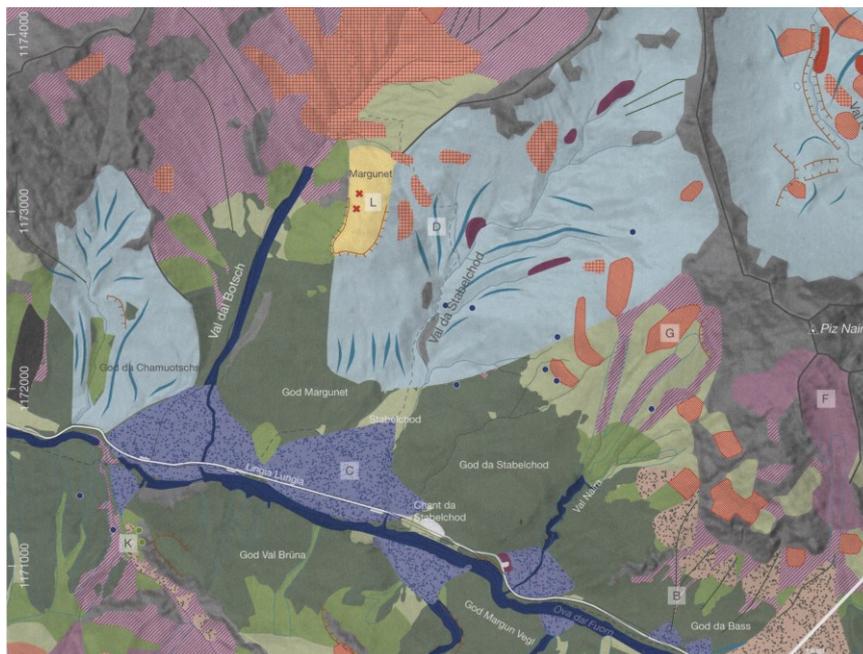


Abb. 5: Geomorphologie Atlas des Schweizerischen Nationalparks (Haller et al., 2003; Verändert durch Blattner L., 2014)

Erosion und Ablagerung im Gestein (denudativ, gravitativ)	Inaktive Flächen	Späteiszeitliche und jüngere Gletscher sowie dazugehöriges Moränenmaterial (glazial)
Hanganriss	Inaktive Bereiche im Wald	Späteiszeitliche Gletscher
Denudation im Lockermaterial	Inaktive Gebüschgürtel	Rücken aus Lockermaterial (Moränen)
Denudationstrichter im Fels	Inaktive Wiesen und alpine Matten	
Felssturzablagerung		
Schuttkegel	Ganzjährige Quelle	
Felswände	Schluckloch	
	Felsturm	
Karst	Doline	Periglazial
Karst	Murgang	Glatthänge
Karrenfelder im Karst	Terrasse	Steinpolygone
	Felsrücken	Erdstreifen
Fluviale Prozesse	Lavinar	Girlandenböden
Fluviale Prozesse an Fließgewässern		Solifluktsströme
Schwemmfächer	Historische Abbaustätten	Bülden (Seite 242)

2.2 Quellen im Val dal Botsch

Das Val dal Botsch (VB) liegt am Ofenpass, östlich von Il Fuorn (Abb. 2). Es erstreckt sich über eine Höhe von 1'886 - 2'300 m ü.M. und stellt das Einzugsgebiet der Ova dal Botsch dar. Die Umgebung des Tales ist hauptsächlich durch Moränenmaterial geprägt und beinhaltet Zonen mit Aufschlüssen der Raibl-Gruppe. Auch Vallatschadolomit trifft man im Val dal Botsch an (Trümpy et al., 1997; Haller et al., 2013). Das Tal ist im unteren Bereich durch den typischen Bergföhrenwald (*Pinus mugo*) dominiert und ab ca. 2'100 m ü.M. frei von Bäumen. Die untersuchten Quellen befinden sich höher als 2'200 m ü.M. und münden allesamt in der Ova dal Botsch, die schliesslich die Ova dal Fuorn erreicht.

VB1:

Die Quelle VB1 ist im Val dal Botsch die am höchsten gelegene Quelle und befindet sich auf 2'334 m ü.M. (Abb. 6). Sie wird von einer alpinen Wiese umgeben und befindet sich am Westhang des Tales. Die rheokrene Quelle (Sturzquelle) wird hauptsächlich von einer starken Moosdecke dominiert und ihr Substrat setzt sich vor allem aus Steinen, Kies und Schotter zusammen.

VB2:

Auf 2'332 m ü.M. liegt VB2, wiederum eine rheokrene Quelle, die im Gegensatz zu VB1 in einem Geröllhang entspringt und neben der starken Moosbewachung von keinerlei Vegetation umgeben ist (Abb. 7). Das Substrat wird von grösseren Gesteinsfragmenten dominiert.

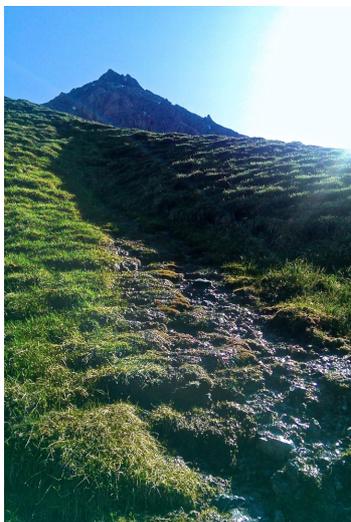


Abb. 6: VB1



Abb. 7: VB2



Abb. 8: VB3

VB3:

Die im Osthang gelegene Rheokrene ist von ähnlicher Beschaffenheit wie VB2 (Abb. 8). Das stärker ausgeprägte Moospolster und der im Vergleich zu VB2 erhöhte Abfluss zeichnen diese Quelle aus. Sie befindet sich auf einer Höhe von 2'234 m ü.M. und die Hangneigung ist im Gegensatz zu VB1 und VB2 deutlich schwächer.

VB4:

Durch die schroffe Geländeneigung und der daraus resultierenden erhöhten Fließgeschwindigkeit des Wassers unterscheidet sich diese Quelle von den bisher Beschriebenen (Abb. 9 und 10). Ähnlich zu VB1 ist das Eukrenal von Grasvegetation umgeben und das Substrat setzt sich aus Steinen, Blöcken und Kies zusammen. Die rheokrene Quelle liegt am Osthang des Tales auf einer Höhe von 2'266 m ü.M..

VB5:

VB5 unterscheidet sich von den anderen Quellen im Val dal Botsch durch eine vergleichsweise dichte Moosbewachsung über eine grosse Distanz entlang des Eu- und Hypokrenals (Abb. 11). Das Substrat dieser Quelle besteht vor allem aus Feinmaterial und Kies. Vergleicht man die fünf Quellen im Val dal Botsch, so ist die Fließgeschwindigkeit von VB5 mit Abstand am geringsten. Dennoch kann die Austrittsform der auf einer Höhe von 2'297 m ü.M. gelegenen Quelle als rheokren bezeichnet werden. Neben der stark ausgeprägten Moosbewachsung besteht das Umland aus einer alpinen Wiese. Auffallend ist die an feuchte, karbonatische Standorte angepasste *Pinguicula* spp., die sich karnivorisch ernährt und zahlreich im Uferbereich der Quelle vorkommt.



Abb. 9: VB4 Austritt



Abb. 10: VB4 Quellbach



Abb. 11: VB5

2.3 Quellen im Val da Stabelchod

Das Val da Stabelchod (VS) befindet sich östlich des Val dal Botsch (Abb. 2). Moränenmaterial, das sich im Gebiet God Marguned und Margunet befindet, bildet die Grenze zwischen den beiden benachbarten Tälern. Das Val da Stabelchod wird, sowohl aktuell als auch vorzeitlich, vor allem durch glaziale Prozesse beeinflusst und weist zum Teil stark ausgeprägte Frostmusterböden auf (Haller et al., 2013). Die Quellen des Val da Stabelchod, die teilweise in den zahlreichen Seitentälern liegen, münden in die Ova da Stabelchod, die sich mit der Ova dal Fuorn vereinigt. Im Vergleich zum Val dal Botsch befindet sich die Baumgrenze im Val da Stabelchod höher. Unterhalb von ca. 2'235 m ü.M. wird das Tal ebenfalls durch den typischen Bergföhrenwald dominiert. Die Alp Stabelchod besteht hingegen aus einer alpinen Weide. Die untersuchten Quellen befinden sich mehrheitlich in bewaldeten Gebieten und weisen neben der rheokrenen, vor allem helokrene Austrittsformen auf.

VS1:

Die im Val da Stabelchod am höchsten gelegene Quelle befindet sich auf 2'058 m ü.M. und entspringt in einem kleinen Seitental (Val dals Truois) des Val da Stabelchod (Abb. 12). Das Substrat dieser rheokrenen Quelle besteht grösstenteils aus groben Gesteinsbrocken. Die Quelle befindet sich innerhalb einer Zone, die durch Hangrutschung geprägt ist. Die Fliessgeschwindigkeit der Quelle ist durch die starke Geländeneigung vergleichsweise hoch. Unmittelbar im und um den Quellaustritt befindet sich ein stark ausgeprägtes Moospolster.

VS2:

Im Gegensatz zu VS1 befindet sich VS2 im bewaldeten Gebiet des Tales (Abb. 13). Die Quelle liegt auf einer Höhe von 2'038 m ü.M. und hat eine helokrene Austrittsform (Sickerquelle). Die Geländeneigung ist an der Austrittsstelle verhältnismässig gering und der Quellbereich ist mit Moos und standorttypischer Grasvegetation bedeckt. Entlang des Quellbaches sowie im Bereich des Quellaustrittes liegt Totholz. Die Beschattung dieser Quelle ist vergleichsweise stark.



Abb. 12: VS1



Abb. 13: VS2

VS3:

Auf einer Höhe von 2'031 m ü.M. befindet sich, ebenfalls von Bergföhren umgeben, die helokrene Quelle VS3 (Abb. 14). Geländeneigung und Fliessgeschwindigkeit dieser Quelle sind im Vergleich zu VS2 deutlich geringer. Das Substrat besteht hauptsächlich aus Feinmaterial.

VS4:

Die Helokrene befindet sich unterhalb von VS3 auf 2'036 m ü.M. (Abb. 15). Die Quelle an sich weist im Vergleich zu VS3 eine ähnliche Struktur auf. Ihr Substrat wird hingegen von grösseren Steinen dominiert.

VS5:

Im Gegensatz zu VS2-4 hat VS5 einen rheokrenen Charakter und befindet sich in einer Höhe von 2'046 m ü.M. Auch bei dieser Quelle ist der Austritt mit Totholz und Moos bedeckt (Abb. 16). Das Substrat wird durch Kies und Schotter dominiert. Mit Ausnahme von VS1 ist die Beschattung aller Quellen im Val da Stabelchod stark.



Abb. 14: VS3



Abb. 15: VS4



Abb. 16: VS5

2.4 Quellen in Champlönch

Mit Champlönch (VC) wird der Talboden südlich des Piz Laschadurella bezeichnet. Das Gebiet um Champlönch ist geomorphologisch stark durch Lavinare beeinflusst und weist neben einer alpinen Wiese den typischen Bergföhrenwald auf. Die Wasseraustritte stammen aus dem Einzugsgebiet des Piz Laschadurella und bilden einen Quellkomplex entlang des Talbodens. Auch das Gebiet um Champlönch besteht hauptsächlich aus Moränenmaterial. An einigen Stellen sind Aufschlüsse der Raibl-Gruppe anzutreffen (Trümpy et al., 1997; Haller et al., 2013). Der Quellkomplex beinhaltet zahlreiche Einzelquellen, die in getrennten Quellbächen abfließen. Insgesamt besteht der Komplex aus 18 Quellen. Davon wurden fünf repräsentative ausgewählt und untersucht. Die Quellen in Champlönch sind allesamt von Bergföhrenwald umgeben.

VC1:

Auf 2'071 m ü.M. befindet sich die rheokrene Quelle VC1 (Abb. 17). Durch die Bewaldung befindet sich vergleichsweise viel Totholz in der Quelle. Neben dem hohen Totholzanteil besteht das Substrat hauptsächlich aus Sand und Kies. Die Beschattung ist wie bei allen Quellen in Champlönch stark. Der relativ lange Quellbach teilt sich in zwei Seitenarme, die sich talabwärts wieder vereinigen.

VC2:

Die auf 2'081 m ü.M. gelegene Quelle unterscheidet sich vollkommen von VC1. Die Fließgeschwindigkeit von VC2 (Abb. 18) ist deutlich höher und das Substrat besteht am Quellaustritt aus festem Gestein mit vergleichsweise wenig Totholz. Der ebenfalls sehr lange Quellbach dieser rheokrenen Quelle führt viel Wasser und misst ca. das Zweifache des Quellbaches von VC1. Der unmittelbare Quellaustritt ist vollständig verwachsen.



Abb. 17: VC1



Abb. 18: VC2

VC10:

Der Quellaustritt dieser helokrenen Quelle befindet sich auf einer Höhe von 2'072 m ü.M. und bildet einen grossflächigen Tümpel (Abb. 19). Der Quellbach ist relativ lang und führt im Vergleich zu VC1 viel Wasser. Das Substrat im Quellaustritt setzt sich aus Sand, Feinmaterial und Kies zusammen. Der Anteil an Detritus und organischem Material ist hoch. Der gesamte Quellbach beinhaltet Totholz und die Quellflur ist bei dieser Quelle stark ausgeprägt. Im Vergleich zu den anderen Quellen in Champlönch ist die Beschattung hier eher gering.



Abb. 19: VC10

VC14:

Diese eher rheokrene Quelle (Abb. 20), auf einer Höhe von 2'067 m ü.M., hat einen relativ hohen Abfluss. Der Quellaustritt ist mit Moos bewachsen und enthält Totholz. Das Substrat setzt sich aus Kies, Schotter und Feinmaterial zusammen.

VC17:

Abseits der anderen, beschriebenen Quellen befindet sich auf einer Höhe von 2'061 m ü.M. ein Quellsystem mit insgesamt drei identischen Austritten. Diese münden allesamt in den gleichen Quellbach. VC17 ist die am weitesten östlich gelegene Quelle. Im Vergleich zu den anderen Quellen in Champlönch weist sie einen höheren Abfluss auf (Abb. 21). Das gesamte Quellsystem befindet sich innerhalb einer Grasdecke. Die Quellaustritte sowie der Quellbach sind vollständig von Moos bedeckt und beinhalten Detritus und Faulschlamm. Durch die vergleichsweise hohe Fliessgeschwindigkeit können die Quellen als Rheokrene eingestuft werden.



Abb. 20: VC14



Abb. 21: VC17 (im Vordergrund)

3. Material und Methoden

3.1 Untersuchung der Quellfauna

Im Rahmen einer Vorexkursion am 9.06.2014 mit Dr. Ruedi Haller (Leiter Forschung und Geoinformation SNP) wurden die möglichen Quellstandorte im Gelände besprochen. Die dabei ausgewählten Quellen wurden vom 10.06.2014 bis 13.6.2014 beprobt und kartiert. Zur Erfassung der Quellorganismen wurden pro Quelle fünf Proben entnommen. Dabei wurden vier quantitative und zusätzlich eine qualitative Entnahme durchgeführt. Mit Berücksichtigung unterschiedlicher Substrattypen wurden für die qualitativen Proben die Makroinvertebraten gezielt von Hand abgesammelt. Die quantitative Erfassung der Quellfauna erfolgte durch einen kleinen Surber-Sampler (10 x 10 cm = 0.01 m², 500 µm Maschenweite) nach Von Fumetti et al. (2006). Die gewählte Maschenweite führt zur bevorzugten Erfassung der Makroinvertebraten. Dabei wurden die Proben der Reihe nach vom Quellbach her in Richtung Quellaustritt genommen, um die Verfälschung der Proben durch Beeinträchtigung der Quelle zu verhindern (von Fumetti et al., 2006, 2007). Die Proben, bestehend aus Substrat und Organismen wurden anschliessend in eine Weisschale überführt, um sie danach in Behältern mit 80% Ethanol (C₂H₆O) zu konservieren. Die Organismen, mit Ausnahme der Turbellaria, wurden im Fließgewässerlabor der Forschungsgruppe Biogeographie der Universität Basel aussortiert und mit Hilfe eines Stereomikroskops (bis 120x), wenn immer möglich, bis auf Artniveau bestimmt.

Da sich die Turbellaria im Ethanol stark verändern, wurden die meist gut sichtbaren Tiere umgehend nach der Probenahme im Forschungslabor des Schweizer Nationalparks bestimmt. Nach Anleitung von Dr. Peter Martin und gemäss Gerecke (1994) und Bartsch et al. (2007) wurden die aquatischen Acari in Koenike's Lösung vorbereitet und anschliessend in Hoyer's Gemisch (Kraus, 1984) auf Objektträgern fixiert. Die vorbereiteten Tiere konnten danach mit Hilfe eines Lichtmikroskops (10 - 100x) bestimmt werden. Die Sammlung von Dr. P. Martin konnte als Vergleichsmaterial verwendet werden. Um die Coleoptera bestimmen zu können, mussten unter Anleitung von Dr. Henryk Luka die männlichen Geschlechtsorgane (Aedaeagus) herauspräpariert und in Euparal fixiert werden. Die Tiere wurden anschliessend als Trockenpräparate aufbewahrt. Da die aquatischen Coleopteren zum Teil ohne Vergleichsindividuen nur sehr unsicher bestimmbar sind, wurden diese mit Exemplaren aus dem Naturhistorischen Museum Basel verglichen.

3.2 Strukturelle Erfassung und Kartierung der Quellen

Um die Struktur der Quellen zu untersuchen, wurde das Aufnahme- und Bewertungsverfahren vom Bundesamt für Umwelt (Lubini et al., 2014) verwendet. Mithilfe der in diesem Verfahren vorgeschlagenen Quell-Protokolle konnten die Quellen anhand ausgewählter Faktoren kartiert werden (Beispiel in Anhang 5). Dabei wurden die Quellen in die drei Hauptaustrittsformen Rheokrene (Sturzquelle), Helokrene (Sickerquelle) und Limnokrene (Weiherquelle) eingeteilt (Steinmann et al., 1915; Thienemann, 1924). Zu jeder Quelle wurden zudem Fotografien erstellt. Die genaue Position und Höhe der Quellen wurde mit Hilfe eines GPS Gerätes (Garmin eTrex 10) in WGS84 Daten erfasst. Anschliessend wurden die Koordinaten und Höhen mit Hilfe des Tools NAFREF des Bundesamtes für Landestopographie (swisstopo.admin.ch, 2015) in das Schweizer Koordinatensystem LV03 übertragen.

3.3 Erfassung der abiotischen Parameter

Die chemischen und physikalischen Werte der Quellen (pH, Temperatur [°C], Sauerstoffgehalt [mg/l, %] und elektrische Leitfähigkeit [$\mu\text{S}/\text{cm}$]) wurden mit den Messgeräten für den Feldeinsatz Oxi330i, Cond3110 und pH3210 der Firma WTW (Wissenschaftlich-Technische Werkstätten GmbH, Weilheim) gemessen. Um eine möglichst hohe Genauigkeit zu garantieren, wurde das Sauerstoffmessgerät mehrmals kalibriert, da die Sauerstofflöslichkeit mit steigender Temperatur abnimmt (Schwoerbel & Brendelberger, 2013). Da wie in Abschnitt 2.1.1 aufgezeigt insbesondere im Schweizer Nationalpark die Temperatur im Verlaufe des Tages variiert, musste diesem Aspekt besondere Beachtung beigemessen werden.

3.4 Statistische Auswertung

Die faunistischen Daten wurden mit Hilfe des Programmes PRIMER (Clarke & Gorley 2006) analysiert und ausgewertet. Dazu wurde die Anzahl Individuen pro Art der qualitativen und quantitativen Proben summiert und in einer species-site Matrix dargestellt. Die Abundanzen wurden transformiert ($\text{Log}(X+1)$) und bezüglich ihrer Unterschiede mittels nMDS (nonmetric Multidimensional Scaling) dargestellt. Als Distanzmass wurde die für ökologische Fragestellungen sinnvolle Bray-Curtis Similarity verwendet (Leyer & Wesche 2006). Die Abbildungsgüte wird durch das Stress Mass ermittelt. Bei Werten < 0.1 ist die 2D Projektion gut und bei Werten < 0.2 ausreichend abbildend (Clarke & Gorley, 2006).

Die Signifikanz der möglichen Unterschiede zwischen den drei untersuchten Quellen bezüglich der Zusammensetzung ihrer Organismen wurde mittels ANOSIM (Analysis of Similarities) überprüft. Der globale R Wert beschreibt hierbei die Stärke der Ähnlichkeit. Ist $R = 0$, so bestehen keine Unterschiede zwischen den Datensätzen und ist $R = 1$, besteht der grösst mögliche Unterschied (Clarke & Gorley 2006).

Die abiotischen Daten mussten vorbereitend bezüglich ihrer statistischen Beschaffenheit analysiert werden. Dazu wurden zur graphischen Darstellung der Daten Boxplots erstellt. Dadurch konnte festgestellt werden, inwiefern sich die Verteilungen unterscheiden und ob Ausreisser in der Datenstruktur vorhanden sind. Durch den Shapiro-Wilk Test (Shapiro & Wilk, 1965) wurden die Daten auf Normalverteilung geprüft. Die Homogenität der Varianzen konnte im Falle von normalverteilten Daten mit Hilfe des klassischen Levene Tests (Levene, 1960) überprüft werden. Bei nicht normalverteilten Daten wurde die nicht parametrische Alternative zum Levene Test (Nordstokke & Zumbo, 2007, 2010) verwendet. Anschliessend konnten die abiotischen Daten der Quellen zwischen den drei Tälern mittels Varianzanalyse (one-way ANOVA) oder dem nicht parametrischen Kruskal-Wallis Test (Kruskal & Wallis, 1952) nach Ruxton & Beauchamp (2008) verglichen werden. Bei den mittels ANOVA untersuchten Daten konnten durch den post-hoc Test Tukey's HSD (Tukey, 1949) die genauen Unterschiede zwischen den Tälern ermittelt werden. Die abiotischen Daten wurden mit Hilfe des Programmes R (R Development Core Team) ausgewertet.

Um den Einfluss der Umweltvariablen auf die Artenzusammensetzung der Quellen statistisch untersuchen zu können, wurden die faunistischen Daten in Kombination mit den Umweltvariablen analysiert. Dazu wurde im Programm CANOCO 5 (Ter Braak & Šmilauer, 2012) eine kanonische Korrespondenzanalyse (CCA) durchgeführt, die von einer unimodalen Verteilung der Arten entlang eines Umweltgradienten ausgeht (Leyer & Wesche, 2007; Ter Braak & Šmilauer, 2012). Mittels forward selection wurden die Variablen einzeln getestet und dem Modell hinzugefügt. Die Länge der Umweltgradienten wurde mittels DCA (detrended correspondence analysis) ermittelt, sind diese < 3 so muss das Ergebnis der CCA mittels linearer Redundanzanalyse (RDA) überprüft werden (Ter Braak & Šmilauer, 2012). Ob für die Erklärung der Artenzusammensetzung die richtigen Faktoren erfasst wurden, kann durch den Vergleich der Eigenwerte der Achsen zwischen DCA und CCA überprüft werden. Unterscheiden sich diese geringfügig, so kann davon ausgegangen werden, dass die richtigen Variablen erfasst wurden. Die Eigenwerte indizieren die Wichtigkeit der konstruierten Achsen zur Erklärung der faunistischen Daten (Leyer & Wesche, 2007).

4. Resultate

4.1 Quellfauna

Gesamthaft wurden in den 75 Proben der 15 Quellen 2'054 Individuen separiert und bestimmt. Mit 1'153 Tieren hatten die Diptera die grösste Anzahl Individuen. Die Plecopteren mit 427 und die Acari mit 109 aussortierten Individuen waren ebenfalls häufige Organismen. Insgesamt wurden 67 unterschiedliche Arten und höhere Taxa gefunden. Da unter den Gastropoda *Columella edentula* (Draparnaud, 1805), *Discus ruderatus* (Hartmann, 1821), *Euconulus fulvus* (Müller, 1774), *Pyramidula pusilla* (Vallot, 1801) und die beiden *Nesovitrea* Arten terrestrisch lebend sind (Boschi, 2011), wurden diese in die folgenden Auswertungen nicht miteinbezogen. Nichtsdestotrotz sind es für das Untersuchungsgebiet typische, zum Teil hygrophile Arten. Sie wurden deshalb in der Arterfassung aufgeführt (Tab. 1). Die Diptera wiesen mit 15 unterschiedlichen Taxa die grösste Diversität auf, wobei lediglich Individuen der Familie Stratiomyidae auf Artniveau bestimmt werden konnten. Neben den Diptera sind die Trichoptera und Acari mit jeweils 12 Taxa die vielfältigsten Organismengruppen. Unter den Coleoptera befanden sich zum Teil Larven (*Agabus* sp. und *Helophorus* sp.), die mit der vorliegenden Literatur nicht oder nur sehr unsicher bestimmt werden konnten und deshalb auf Gattungsniveau belassen wurden. Die summierte Anzahl Taxa der einzelnen Quellen zeigt, dass die Quellen im Val da Stabelchod die grösste und die Quellen im Val dal Botsch die geringste Vielfalt an Taxa aufweisen (Abb. 22). Einige Arten wie beispielsweise *Atractides vaginalis* (Koenike, 1905), *Helophorus fauveli* (Ganglbauer, 1901), *Drusus melanchaetes* (McLachlan, 1880) und *Rhyacophila glareosa* (McLachlan, 1867) kommen ausschliesslich im Val dal Botsch vor, wohingegen *Atractides panniculatus* (Viets, 1925), *Lebertia cuneifera* (Walter, 1922), *Sperchon thienemanni* (Koenike, 1907) und *Drusus chrysotus* (Rambur, 1842) Beispiele für Arten sind, die ausschliesslich im Val da Stabelchod vorkommen. Arten wie *Partnunia steinmanni* (Walter, 1906) oder *Nemurella pictetii* (Klapalek, 1900) kommen in den Tälern Val da Stabelchod und Champlönch vor. Diese sind in den Proben aus dem Val dal Botsch nicht präsent.

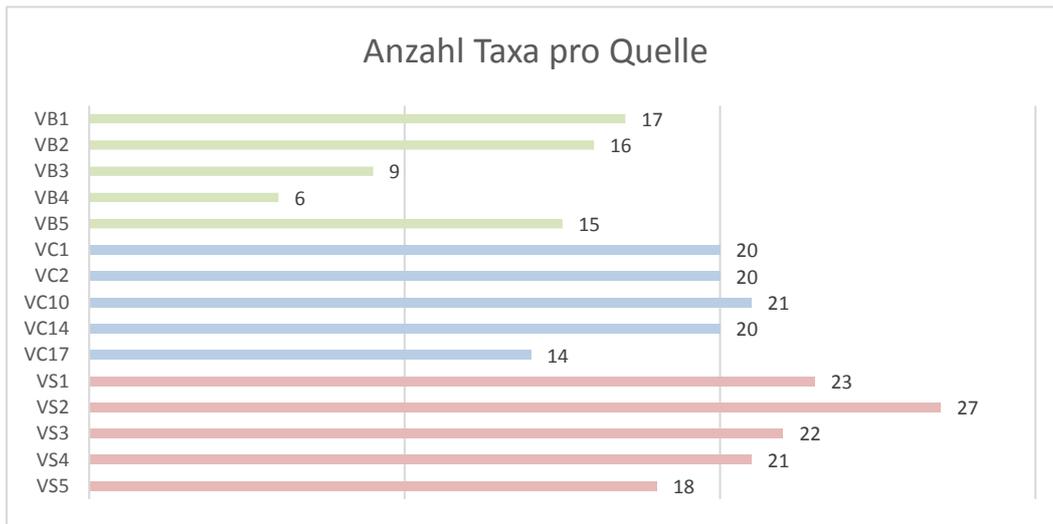


Abb. 22: Anzahl Taxa pro Quelle
 Grün = Val dal Botsch, Blau = Champlönch und Rot = Val da Stabelchod

Turbellaria:

Crenobia alpina (Dana, 1766) ist ein an kaltstenotherme Gewässer angepasstes Glazialrelikt, das mehrfach in den untersuchten Quellen gefunden wurde. Ihr Ursprungsgebiet liegt präglazial in den Alpen. Die Art ist nicht auf Quellen beschränkt und kommt beispielsweise auch in Gebirgsbächen und Gebirgsseen vor (Fischer, 1996).

Gastropoda:

Galba truncatula (Müller, 1774) ist die einzige wirklich aquatisch lebende Art, die gefunden wurde. Sie ist äusserst anpassungsfähig und in der Schweiz weit verbreitet. Die Felsenpyramidenschnecke, *Pyramidula pusilla* lebt vorzugsweise auf Kalkgestein in trockenen, besonnten Lagen. Der Lebensraum von *Nesovitrea petronella* (Pfiffner, 1853) besteht hauptsächlich aus Fichten-Lächen-Arvenwäldern. Sie bevorzugt feucht-kühle Wälder in Schluchten (Boschi, 2011).

Bivalvia:

Pisidium personatum (Malm, 1855) lebt grundsätzlich in verschiedenen Gewässern. Sie bevorzugt jedoch Quellen mit karbonatischem Ausgangsgestein (Glöer et al., 1998).

Acari:

Unter den Süßwassermilben (Hydrachnidia) fanden sich ausschliesslich krenobionte und krenophile Tiere. *Atractides vaginalis* (Koenike, 1905) ist eine an rheokrene Quellen angepasste, alpine Art (Gerecke, 2003). *Panisopsis curvifrons* (Walter, 1907), *Sperchon mutilus* (Koenike, 1859) und *Sperchon thienemanni* (Koenike, 1907) sind ebenfalls Arten, die bevorzugt in Quellen mit rheokrenem Charakter leben (Di Sabatino et al., 2010). *Sperchon mutilus* (Sperchontidae) ist an Sand, Kies und mooshaltige Substrate angepasst, wohingegen *Sperchon thienemanni* Quellen, die reich an organischem Material sind, benötigt (Di Sabatino et al., 2010). Die im Untersuchungsgebiet am häufigsten registrierte Hydrachnidia-Art *Partnunia steinmanni* (Walter, 1906) lebt hauptsächlich in rheokrenen Quellen mit ausgeprägter Beschattung. Sie bevorzugt ein durch Kies und Moos dominiertes Substrat und ist im Gebirge vor allem in Waldquellen anzutreffen (Gerecke et al., 2005; Di Sabatino et al., 2010). Alle anderen Arten sind mehr oder weniger stark an Quellen mit helokrenem Charakter angepasst oder kommen bei unterschiedlichen Habitatstrukturen vor. *Lebertia cuneifera* (Walter, 1922) ist auf helokrene Quellen beschränkt, die reich an Detritus sind (Gerecke & Martin, 2006). Im Gegensatz dazu bevorzugt die west-paläarktisch verbreitete Art *Paniscus michaeli* (Koenike, 1896) montane, helokrene Quellen, die frei von organischem Material sind (Di Sabatino et al., 2010). *Lebertia sefvei* (Walter 1911) ist eine rhithrobiont-krenophile Milbenart, die in den Alpen jedoch ausschliesslich krenobiont auftritt. Sie meidet helokrene Quellen mit lenitischem Fliessverhalten (Gerecke & Martin, 2006; Di Sabatino et al., 2010). *Lebertia schechteli* (Thor, 1913) hat hingegen keine Ansprüche bezüglich der Beschaffenheit der Quellen. Sie kommt aber meist nur in höheren Lagen vor (Gerecke & Martin, 2006). Die holarktisch verbreiteten Arten *Parathyas palustris* (Koenike, 1912) und *Lebertia lativentris* (Viets, 1922), die hauptsächlich in Zentraleuropa gefunden wurden, sind beide an helokrene Quellen angepasst (Di Sabatino et al., 2010).

Ephemeroptera:

Die in den Gebirgen Europas weit verbreitete *Baetis alpinus* (Pictet, 1843) bewohnt kaltstenotherme Lebensräume des Krenals oder Rhithrals mit Substrat, das aus Kieselsteinen oder Gesteinsbrocken zusammengesetzt ist.

Plecoptera:

Leuctra armata (Kempny, 1899) ist eine krenophil lebende Art, die vorzugsweise in höheren Lagen (900-2'400m ü.M.) vorkommt (Lubini et al., 2012). *Nemoura sinuata* (Ris, 1902) wurde im Untersuchungsgebiet relativ häufig gefunden. Da viele der gefundenen Larven sich noch in sehr frühem Entwicklungsstadium befanden, konnten diese nur auf Gattungsniveau bestimmt werden.

Coleoptera:

Die zur Familie Hydrophilidae gehörende Art *Helophorus nivalis* (Giraud, 1851) ist im ganzen Alpengebiet verbreitet und besiedelt Höhen von 1'300-2'500 m ü.M.. *H. nivalis* ist an kaltstenotherme Gewässer angepasst und kommt oft auch in Schmelzwassertümpeln vor. *Helophorus fauveli* (Ganglbauer, 1901) koexistiert oft mit *H. nivalis* (Freude et al., 1971; Angus, 1992). Im Untersuchungsgebiet wurde *H. fauveli* ausschliesslich im Val dal Botsch registriert und *H. nivalis* ausschliesslich in den anderen Tälern. *Hydroporus nigellus* (Mannerheim, 1853) wurde im Val dal Botsch und in Champlönch gefunden. Diese quellbewohnende Art hat eine boreoalpine Verbreitung (Freude et al., 1971; Franciscolo, 1979). Des Weiteren wurden einige Coleoptera-Larven gefunden, die zum Teil lediglich auf Gattungsniveau bestimmt werden konnten. Die Larve von *Eubria palustris* (Germar, 1818) ist durch ihren charakteristischen Habitus gut bestimmbar. Die rheophile Art *E. palustris* ist die einzige in Mitteleuropa vorkommende Art der Familie Psephenidae (Freude et al., 1971). Ebenso konnte die Larve von *Limnebius truncatellus* (Thunberg, 1794) gut bestimmt werden.

Trichoptera:

Auch unter den Trichoptera konnten viele Tiere nicht bis auf Artniveau bestimmt werden, da diese zu klein waren. Die Trichopteren kamen in vergleichsweise geringer Individuendichte vor, enthielten jedoch krenobionte Arten wie beispielsweise *Drusus melanchaetes* (McLachlan, 1880) oder *Drusus chrysotus* (Rambur, 1842) (Waringer & Graf, 2011).

Diptera:

Lediglich die Stratiomyidae konnten bis auf Artniveau bestimmt werden. *Oxycera morisii* (Curtis, 1833) ist eine nicht sehr häufige, an Fliessgewässer angepasste Art. *Oxycera pseudoamoena* (Dusek & Rozkosny, 1974) ist eine seltene Gebirgsart, die nur in den Alpen bekannt ist und in Quellmoosrasen vorkommt (Kovac & Rozkošný, 2000).

Tab. 1: Individuen pro Taxon und Quelle
Summierte Anzahl Individuen der qualitativen und quantitativen Proben

	VB1	VB2	VB3	VB4	VB5	VC1	VC2	VC10	VC14	VC17	VS1	VS2	VS3	VS4	VS5
Turbellaria															
<i>Crenobia alpina</i> (Dana, 1766)	10	21	0	0	0	0	2	0	0	2	8	18	12	10	4
Oligochaeta															
	0	0	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Gastropoda															
¹ <i>Columella edentula</i> (Draparnaud, 1805)	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	3	0	4	0
¹ <i>Discus ruderatus</i> (Hartmann, 1821)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
¹ <i>Euconulus fulvus</i> (Müller, 1774)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
<i>Galba truncatula</i> (Müller, 1774)	0	0	0	0	5	13	0	1	18	5	2	2	5	3	0
¹ <i>Pyramidula pusilla</i> (Vallot, 1801)	0	3	5	3	0	0	0	0	0	0	15	1	0	0	0
¹ <i>Nesovitrea petronella</i> (Pfiffner, 1853)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
¹ <i>Nesovitrea hammonis</i> (Ström, 1765)	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bivalvia															
<i>Pisidium cf. personatum</i> (Malm, 1855)	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	5	0	0	0
Ostracoda															
	0	0	0	0	0	0	0	4	0	1	0	4	0	0	0
Acari															
<i>Atractides panniculatus</i> (Viets, 1925)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Atractides vaginalis</i> (Koenike, 1905)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lebertia cuneifera</i> (Walter, 1922)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Lebertia lativentris</i> (Viets, 1922)	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Lebertia schechteli</i> (Thor, 1913)	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lebertia sefvei</i> (Walter, 1911)	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0
<i>Panisopsis curvifrons</i> (Walter, 1907)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
<i>Paninus michaeli</i> (Koenike, 1896)	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	1	3	0
<i>Parathyas palustris</i> (Koenike, 1912)	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0
<i>Partnunia steinmanni</i> (Walter, 1906)	0	0	0	0	0	16	2	10	2	6	0	15	3	13	2
<i>Sperchon mutilus</i> (Koenike, 1895)	0	0	0	0	1	0	0	1	0	3	1	3	0	1	0
<i>Sperchon thienemanni</i> (Koenike, 1907)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
Ephemeroptera															
<i>Baetis alpinus</i> (Pictet, 1843)	0	5	0	0	1	0	6	0	0	0	11	7	0	0	0
<i>Ecdyonurus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1
Plecoptera															
<i>Leuctra</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	22	13	1	15	10	2	2
<i>Leuctra armata</i> (Kempny, 1899)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Leuctra gr. braueri-muranyii</i>	0	0	0	0	0	0	8	1	2	6	2	2	2	1	0
<i>Nemoura mortoni</i> (Ris, 1902)	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	1	4	0	0	0
<i>Nemoura sinuata</i> (Ris, 1902)	0	0	5	0	4	5	11	10	7	4	12	16	1	11	14
<i>Nemoura</i> sp.	1	36	4	0	1	8	7	3	2	3	14	0	6	8	5
<i>Nemurella pictetii</i> (Klapalek, 1900)	0	0	0	0	0	0	3	9	1	9	0	16	13	7	0
<i>Protonemura lateralis</i> (Ris, 1902)	8	5	1	0	0	0	6	0	3	0	45	2	0	0	2

¹Terrestrisch lebend

Tab. 1: Individuen pro Taxon und Quelle
Summierte Anzahl Individuen der qualitativen und quantitativen Proben

	VB1	VB2	VB3	VB4	VB5	VC1	VC2	VC10	VC14	VC17	VS1	VS2	VS3	VS4	VS5
Coleoptera															
<i>Agabus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0
<i>Eubria palustris</i> (Germar, 1818)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Helophorus fauveli</i> (Ganglbauer, 1901)	3	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Helophorus nivalis</i> (Giraud, 1851)	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	10	0	0	0
<i>Helophorus</i> sp.	2	0	0	1	2	0	2	0	0	0	0	5	1	6	7
<i>Hydroporus nigellus</i> (Mannerheim, 1853)	0	0	0	0	1	0	2	3	5	0	0	0	0	0	0
<i>Limnebius truncatellus</i> (Thunberg, 1794)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Trichoptera															
<i>Allogamus uncatius</i> (Brauer, 1857)	0	0	0	0	0	1	0	3	0	0	1	0	0	0	0
<i>Drusus biguttatus</i> (Stephens, 1837)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Drusus chrysotus</i> (Rambur, 1842)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
<i>Drusus melanchaetes</i> (McLachlan, 1880)	1	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Limnephilidae	0	0	0	0	0	5	1	2	0	0	1	6	4	5	0
<i>Lithax niger</i> (Hagen, 1859)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>Melampophylax melampus</i> (McLachlan, 1876)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	1
<i>Metanoea rhaetica</i> (Schmid, 1955)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Plectrocnemia geniculata</i> (McLachlan, 1871)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	2
<i>Rhyacophila</i> sp.	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhyacophila glareosa</i> (McLachlan, 1867)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhyacophila pubescens</i> (Pictet, 1834)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diptera															
<i>Atrichopogon</i> sp.	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	9	5	12	0
Ceratopogonidae	3	2	0	0	2	4	3	5	2	6	1	0	1	2	1
Chironomidae	161	187	45	18	9	59	13	38	10	22	135	24	3	23	7
Clinocerinae	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dicranota</i> sp.	7	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Dixa</i> sp.	2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2	1
Limoniidae	0	0	0	0	0	3	1	0	0	1	0	1	0	0	0
<i>Oxycera cf. morisii</i> (Curtis, 1833)	0	0	0	0	4	7	0	1	1	0	9	0	0	0	0
<i>Oxycera cf. pseudoamoena</i> (Dusek & Rozkosny, 1974)	0	7	2	0	56	12	19	8	9	2	18	4	2	25	7
<i>Scleroprocta</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tanytarsini	15	2	4	0	0	1	0	0	2	0	2	0	0	0	1
Thaumaleidae	3	17	2	0	4	0	0	0	0	0	7	2	1	7	5
<i>Tipula</i> sp.	12	1	0	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Simulium</i> sp.	7	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	4	0	4
<i>Prosimulium</i> sp.	7	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Anzahl Taxa pro Quelle (exkl. ¹)	17	16	9	6	15	20	20	21	20	14	23	27	22	21	18

4.2 Abiotik

Mit Hilfe der Protokollblätter des Aufnahmeverfahrens für Quellen des BAFU (Lubini et al., 2014) konnten die unterschiedlichen Substrattypen der Quellen erfasst werden. Die Quellen im Val dal Botsch wiesen mit durchschnittlich 5.2 unterschiedlichen Substrattypen die geringste Substratdiversität auf (Tab. 2). Im Vergleich dazu beinhalten die Quellen in Champlönch 8 und diejenigen im Val da Stabelchod durchschnittlich 8.4 unterschiedliche Substrate. Die Austrittsformen der Quellen sind im Untersuchungsgebiet hauptsächlich rheokren. Val dal Botsch weist ausschliesslich rheokrene Quellen auf, wohingegen in Champlönch und im Val da Stabelchod zusätzlich helokrene Quellen gefunden und beprobt wurden. Die Quellen im Val dal Botsch sind mit einer Höhe von > 2'200 m ü.M. allesamt höher gelegen als diejenigen der anderen Täler, die 2'081 m ü.M. nicht übersteigen. Der pH variiert zwischen den Quellen und den drei untersuchten Tälern nur sehr geringfügig. Ebenso unterscheiden sich die Wassertemperatur und der Sauerstoffgehalt nur wenig. Die elektrische Leitfähigkeit der Quellen variiert hingegen deutlich zwischen Val dal Botsch und den anderen Tälern. Im Val dal Botsch bewegen sich die Werte zwischen 198 und 262 $\mu\text{S}/\text{cm}$ und in den beiden anderen Tälern sind die Werte mit 261 - 322 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in Champlönch und 245 - 340 $\mu\text{S}/\text{cm}$ im Val da Stabelchod deutlich höher.

Tab. 2: Grundlagedaten und abiotische Werte der untersuchten Quellen

Quelle	Höhe ü.M. [m]	Tal	Koordinaten [LV03]	Quellentyp	Anzahl Substrate	pH	Leitfähigkeit [$\mu\text{S}/\text{cm}$; 25°C]	Sauerstoff [mg/L]	[%]	T [°C]
VB1	2334	Val dal Botsch	173891.248/814317.513	rheokren	4	8.1	205	9.41	94.1	4
VB2	2332	Val dal Botsch	173902.101/814361.783	rheokren	4	7.9	198	9.28	92.3	3.9
VB3	2240	Val dal Botsch	173638.825/814257.627	rheokren	7	8.2	228	8.85	89.8	4.5
VB4	2266	Val dal Botsch	173627.594/814306.516	rheokren	5	7.9	228	9.23	91.2	3.6
VB5	2297	Val dal Botsch	173352.059/814429.927	rheokren	6	8.1	262	7.58	89.4	9
VC1	2071	Champlönch	173221.992/809861.244	rheokren	11	7.9	261	8.2	82.3	5.4
VC2	2081	Champlönch	173222.438/809873.989	rheokren	7	7.9	270	10.63	103	4
VC10	2072	Champlönch	173160.284/809899.131	helokren	9	6.2	322	6.5	82	8.3
VC14	2067	Champlönch	173063.151/809878.283	rheokren	5	7.9	304	6.6	88	8.4
VC17	2061	Champlönch	173061.299/809878.348	rheokren	8	7.9	317	9.16	91	4.8
VS1	2053	Val da Stabelchod	172155.582/814877.281	rheokren	6	8.3	245	8.85	96.5	8.4
VS2	2038	Val da Stabelchod	172232.442/814745.622	helokren	7	7.8	328	7.64	78.7	7
VS3	2031	Val da Stabelchod	172236.966/814768.434	helokren	7	7.4	340	7.3	83.4	10
VS4	2036	Val da Stabelchod	172248.532/814780.783	helokren	11	7.9	309	8.6	88.5	5.3
VS5	2046	Val da Stabelchod	172265.835/814798.031	rheokren	11	7.9	290	8.9	83.2	4.1

4.3 Statistische Auswertung

4.3.1 Faunistische Daten

Die multivariate Analyse der faunistischen Daten mittels nMDS ergab, dass sich die drei Täler bezüglich der Artenzusammensetzungen in den Quellen deutlich unterscheiden (Abb. 23). Dabei sind sich die Quellen innerhalb eines Tales sehr ähnlich. Hingegen bestehen Unterschiede zwischen Quellen benachbarter Täler. Vergleicht man die Quellen der drei Täler, fällt auf, dass sich diejenigen in Champlönch und Val da Stabelchod ähnlicher sind als denjenigen im Val dal Botsch. Aus der Ähnlichkeitsanalyse (ANOSIM) resultiert, dass signifikante Unterschiede zwischen den Quellproben bestehen: Global $R= 0.419 / p= 0.002$ (Anhang 1). Die Unterschiede zwischen VB & VC ($R= 0.584 / p= 0.008$) und VB & VS ($R= 0.468 / p= 0.008$) sind im Vergleich zu VC & VS ($R= 0.328 / p= 0.016$) signifikanter. Mit einem 2D Stress von 0.12 bildet die Projektion die Unterschiede in der Artenzusammensetzung ausreichend ab (Clarke & Gorley, 2006).

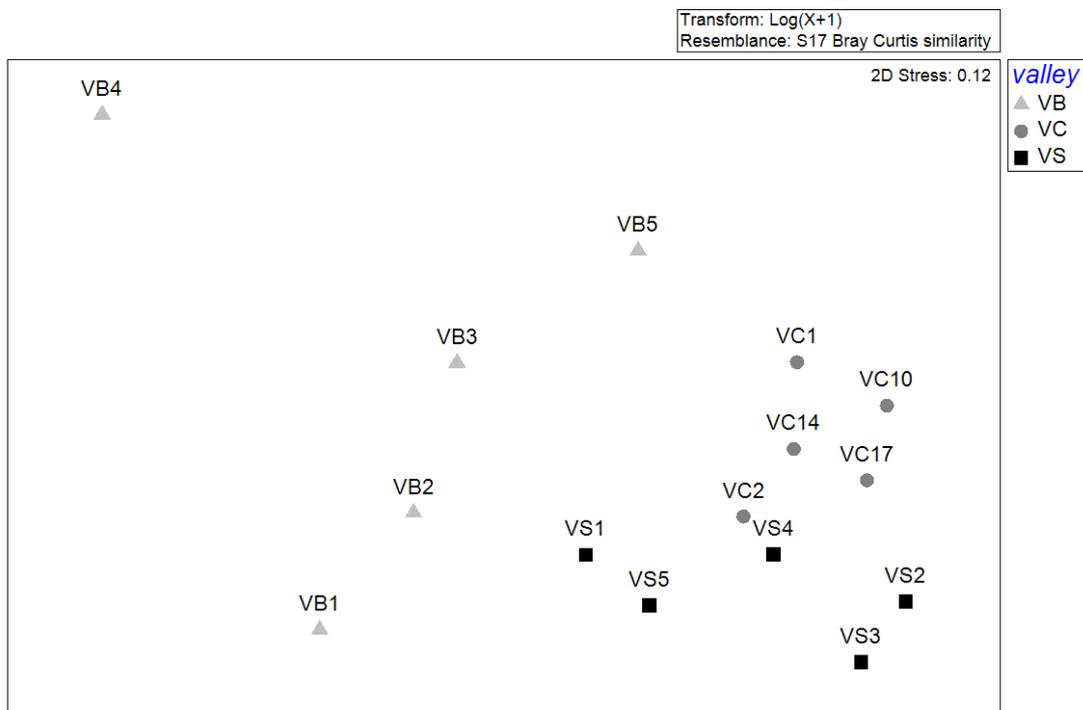


Abb. 23: nMDS Plot

Die Täler (VB = Val dal Botsch, VC = Champlönch, VS = Val da Stabelchod) sind in unterschiedlichen Graustufen dargestellt. Die Nummern bezeichnen die jeweilige Probe. Je weiter entfernt zwei Proben voneinander sind, desto unterschiedlicher ist ihre Artenzusammensetzung. Die Daten wurden transformiert ($\text{Log}(X+1)$). Ähnlichkeitsindex: Bray Curtis similarity. Der Stress Wert zeigt die Güte der 2D Projektion des multidimensionalen Raumes.

4.3.2 Abiotische Daten

Die abiotischen Daten der Quellen unterscheiden sich zwischen den Tälern hinsichtlich ihrer statistischen Beschaffenheit zum Teil deutlich. Die unterschiedliche Lage der Mediane innerhalb der Boxplots zeigt, dass neben der Lage auch die Verteilung der Daten zwischen den Tälern variiert (Abb. 24). Befindet sich ein Median nicht in der Mitte der Box, so kann von einer asymmetrischen Verteilung ausgegangen werden (Walser, 2011). Der Shapiro-Wilk Test ergab, dass die Daten der Höhe und des pH Wertes nicht normalverteilt sind (Anhang 2). Der klassische und der nichtparametrische Levene-Test ergaben, dass bis auf die Daten des pHs alle Variablen Varianzhomogenität aufweisen. Somit erfüllen lediglich der pH und die Höhe über Meer die Bedingungen der Varianzhomogenität und Normalverteilung, die für einen Vergleich der Mittelwerte durch eine ANOVA Voraussetzung sind, nicht (Moder, 2010; Lantz, 2013). Da jedoch pH, O₂ [mg/l], O₂ [%] und die Temperatur Ausreisser in den Daten beinhalten (Abb. 24) und somit nicht geeignet sind für eine Analyse mittels ANOVA (Moder, 2010; Lantz, 2013), wurde parallel der nichtparametrische Kruskal-Wallis Test (KWt) durchgeführt um die Ergebnisse überprüfen zu können. Sind die Varianzen homogen, so sagt die Nullhypothese dieses Testes aus, dass sich die Mediane der Daten zwischen den einzelnen Tälern nicht unterscheiden. Besteht jedoch Varianzheterogenität, so muss die Nullhypothese in dem Sinne umformuliert werden, dass keine Unterschiede in den Verteilungen der Daten vorliegen (Ruxton & Beauchamp, 2008). Die so durchgeführten Tests ergaben, dass sich die Variablen pH, O₂[mg/l], O₂[%] und Temperatur nicht signifikant zwischen den drei Tälern unterscheiden.

Die Höhen der Quellen in den Tälern unterscheiden sich signifikant (KWt: $p = 0.00193$; ANOVA: 2.14×10^{-9}). Der durchgeführte Tukey's post-hoc Test ergab, dass die Quellen im Val da Stabelchod und Champlönch auf ähnlicher Höhe liegen (VS-VC: $p = 0.94$), wohingegen sich die Höhen der Quellen im Val dal Botsch signifikant davon unterscheiden (VB-VC: $p = 0.00$; VB-VS: $p = 0.00$). Auch die Leitfähigkeit der Quellen unterscheidet sich signifikant zwischen den Tälern (ANOVA: $p = 0.00278$). Der post-hoc Test lieferte identische Resultate im Vergleich zu den Höhen (VB-VC: $p = 0.008$; VB-VS: $p = 0.004$; VC-VS: $p = 0.91$). Die Tests der Anzahl Substrate befinden sich nahe der Signifikanzgrenze (KWt: $p = 0.0525$; ANOVA: $p = 0.0525$) (Anhang 2).

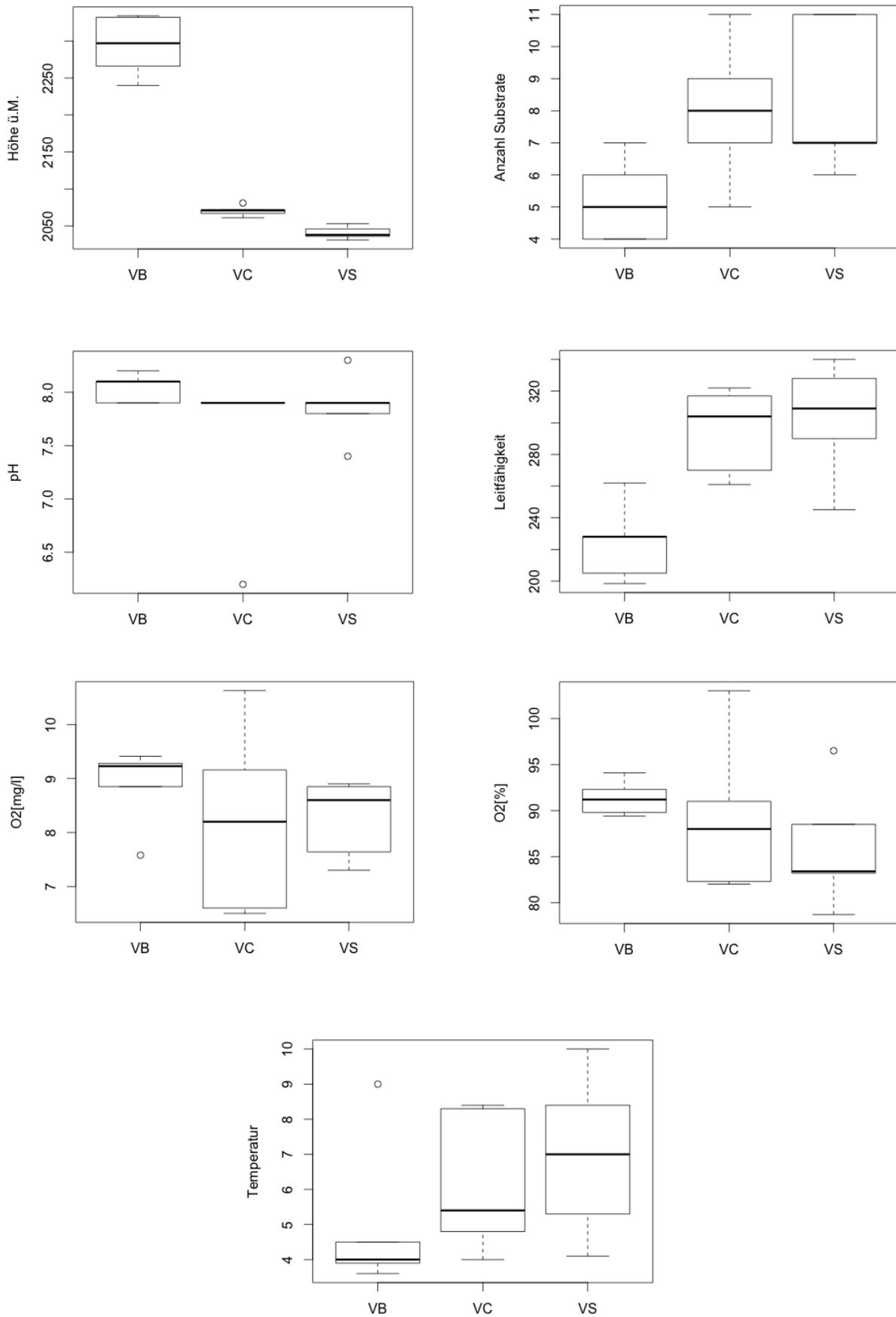


Abb. 24: Boxplots der abiotischen Daten

Die Box umfasst 50% der Daten, wobei diese durch das untere und obere Quartil begrenzt ist. Die Whisker markieren das 1.5 Fache des Interquartilabstandes. Ausreisser sind durch Punkte gekennzeichnet.

4.3.3 Vergleich Abiotik und faunistische Zusammensetzung

Die Analyse des Einflusses der unterschiedlichen Umweltbedingungen auf die Artenzusammensetzung der Quellen mittels CCA (Abb. 25) und forward selection hat ergeben, dass die Leitfähigkeit ($F = 1.4$, $p = 0.048$), die Höhe über Meer ($F = 1.6$, $p = 0.006$) und die Anzahl Substrate ($F = 1.5$, $p = 0.054$) den grössten Einfluss auf die Zusammensetzung der Arten haben. Die Höhe über Meer und die Leitfähigkeit sind hierbei die wichtigsten Faktoren (Eigenwert Achse 1: 0.3376; Eigenwert Achse 2: 0.1686). Die Vektoren der Leitfähigkeit und Anzahl Substrate sind demjenigen der Höhe über Meer entgegengesetzt. Demzufolge nehmen Anzahl Substrate und Leitfähigkeit mit zunehmender Höhe ab. pH und Sauerstoff nehmen mit der Höhe über Meer zu, wohingegen die Temperatur abnimmt. Der Einfluss dieser Faktoren auf die Arten ist jedoch nicht signifikant (Anhang 4).

Weiter ist festzustellen, dass die Unterschiede in der Artenzusammensetzung der Quellen innerhalb der Täler kleiner sind als zwischen den Tälern. Die Quellen in Champlönch und Val da Stabelchod weisen eine ähnliche Zusammensetzung der Arten auf, wohingegen sich die Artenzusammensetzung der Quellen im Val dal Botsch deutlich davon unterscheidet.

Betrachtet man die einzelnen Arten, so lassen sich diese den Umweltgradienten zuordnen (Abb. 26). *Drusus melanchaelis*, *Drusus biguttatus*, *Helophorus fauveli* und *Atractodes vaginalis* sind typisch für Quellen auf grosser Höhe mit niedriger Leitfähigkeit und niedriger Anzahl Substrate. *Paniscus michaeli*, *Panisopsis curvifrons* und *Lebertia cuneifera* sind Arten die bei hoher Leitfähigkeit, hoher Anzahl Substrate und in tief gelegenen Quellen gefunden wurden. Des Weiteren fällt auf, dass *Metanoea rhaetica*, *Drusus chrysotus* und *Sperchon thienemanni* vor allem in der Quelle VS1 gefunden wurden und keine der gemessenen abiotischen Faktoren speziell bevorzugen.

Die Überprüfung der Ergebnisse mittels DCA (Anhang 3) hat ergeben, dass die wichtigsten Umweltvariablen erfasst wurden. Vergleicht man die Eigenvektoren so unterscheiden sie sich nur geringfügig (DCA: Achse 1 = 0.35, Achse 2 = 0.15; CCA Achse 1 = 0.33, Achse 2 = 0.16). Da die Gradienten allesamt kleiner als 3 sind, wurde parallel eine Redundanzanalyse (RDA) durchgeführt. Die Ergebnisse wurden dadurch bestätigt. Die CCA erklärt 51.4 % der Varianz der faunistischen Daten.

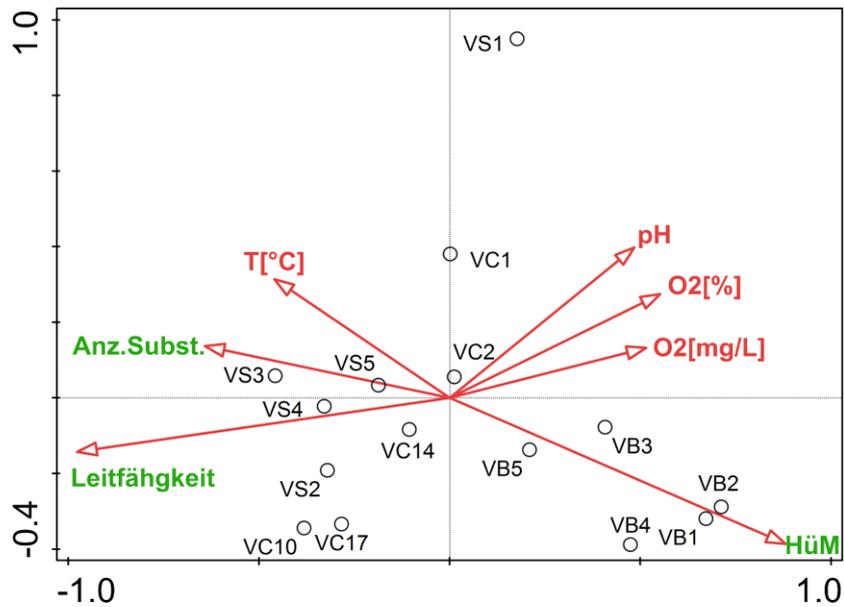


Abb. 25: CCA Plot der Quellen und abiotischen Faktoren

Die Länge der Vektoren beschreibt den Einfluss der abiotischen Faktoren auf die Verteilung der Arten pro Quelle. Je länger ein Vektor, desto wichtiger ist dieser Umweltgradient im Bezug auf die vom Modell konstruierte Achse zur Erklärung der Beziehung zwischen der Artenzusammensetzung und dem abiotischen Faktor. In Pfeilrichtung nimmt der entsprechende Faktor ab (Leyer & Wesche, 2007; Ter Braak & Šmilauer, 2012).

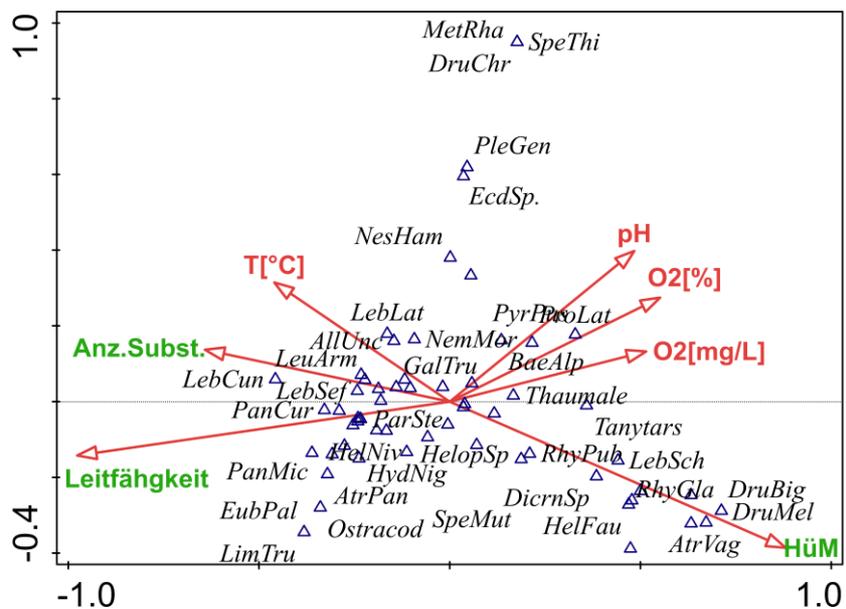


Abb. 26: CCA Plot der Arten und abiotischen Faktoren

Die Arten werden entlang der Umweltgradienten dargestellt, die ihrer Verteilung im modellierten Raum am besten entsprechen.

5. Diskussion

5.1 Methodendiskussion

Das Beprobieren mittels Surber-Sampler ist in Quellen eine effiziente Methode, um die im Substrat sitzenden Organismen quantitativ erfassen zu können. Bei der gewählten Maschenweite von 500 µm werden jedoch Makroinvertebraten bevorzugt aufgenommen und kleinere Organismen wie beispielsweise die Acari, insbesondere deren Larven, können mit dieser Methode nicht sinnvoll erfasst werden. Um diese mittels Netz oder Surber-Sampler beprobieren zu können, sind Maschenweiten von höchstens 100 µm zu wählen (Bartsch et al., 2007). Da gerade in dieser Organismengruppe die Artendiversität im Vergleich zu anderen Taxa hoch ist, wäre im Zuge einer faunistischen Charakterisierung von Quellen zusätzlich eine gezielte Erfassung der Hydrachnidia spannend (u.a. Di Sabatino et al., 2000, 2003; Martin, 2008).

Mittels quantitativer Erfassung ist die Berücksichtigung unterschiedlicher Substrattypen nur bedingt möglich. Des Weiteren werden die Makroinvertebraten durch das Verwenden des Surber-Samplers und die Substratbestandteile in den Proben mechanisch stark belastet, was zum Verlust von für die Bestimmung wichtigen Gliedmassen führen kann. Aus diesem Grund ist zusätzlich zur quantitativen Erfassung der Fauna auch eine qualitative Probenahme wichtig. Diese kann beispielsweise durch Handablesen erfolgen. Sichtbare Tiere sollten zudem unmittelbar aus der Weisschale genommen werden.

Die korrekte Bestimmung von Insektenlarven ist oft nur möglich, wenn sich diese in fortgeschrittenen Entwicklungsstadien befinden. Daher ist der Probenzeitpunkt entscheidend, denn viele Gewässerorganismen haben unterschiedliche Entwicklungszeiten. Vor allem in den Alpen ist der ideale Zeitpunkt der Probenahme höhenabhängig (Lubini et al., 2012, 2014). Um ein vollständiges Arteninventar erstellen zu können, sind daher zwei Probenahmen, im Frühling und Herbst, zu empfehlen. Auch das Fangen und Bestimmen von adulten Tieren zur sicheren Erfassung der Quellfauna, vor allem der Ephemeroptera, Trichoptera und Plecoptera wäre ratsam. Im Zeitraum der Probenahme wurden jeweils fünf Quellen pro Tag untersucht. Im Gebirge ist die Beprobung und das Messen von abiotischen Werten durch das schwierige Gelände oft sehr zeitaufwändig. Durch für die Alpen typische, schnelle Wetterwechsel müssen die Arbeiten im Gelände oft schon Nachmittags abgeschlossen sein. Die gewählte Anzahl von fünf untersuchten Quellen pro Tag ist angemessen, sollte jedoch in alpinem Gelände nicht überschritten werden.

5.2 Ergebnisdiskussion

In dieser Arbeit konnte aufgezeigt werden, dass sich die Zusammensetzung der in Quellen lebenden Organismen zwischen den drei benachbarten Tälern signifikant unterscheidet. Arten wie beispielsweise *Atractides vaginalis*, *Helophorus fauveli*, *Panisopsis curvifrons* oder *Drusus melanchaetes* kommen nur sehr beschränkt vor und sind jeweils für einzelne Täler charakteristisch. Auffallend ist zudem, dass vor allem die Arten der Acari zum Teil sehr enge Habitatansprüche haben und daher auf gewisse Quelltypen beschränkt sind. Ein Beispiel hierfür ist die Hydrachnidia-Art *Paninus michaeli*, die ausschliesslich in helokrenen Quellen gefunden wurde. Wie in unterschiedlichen Studien schon aufgezeigt werden konnte (beispielsweise: Staudacher & Füreder 2007; Spitale et al. 2012; von Fumetti & Felder 2014), kommen auch in dieser Untersuchung die Diptera, im Vergleich zu den anderen Taxa, mit grosser Individuenzahl vor. Betrachtet man die bis auf Artniveau bestimmten Organismen, so gehören die Hydrachnidia zu den Organismen mit der grössten Artenvielfalt, obwohl die Anzahl an Individuen im Vergleich zu den Diptera oder Plecoptera eher gering ist. Eine Beziehung die von Gerecke et al. (2011) ebenfalls in den Alpen beschrieben wurde. Dieser Umstand deutet darauf hin, dass bei einer gezielteren Beprobung der Acari vermutlich noch zusätzliche Arten hinzugekommen wären, da die Acari allgemein zu den artenreichsten Gruppen unter den aquatischen Invertebraten gehören (Martin, 2008; Gerecke et al., 2011). Insbesondere in Quellen durchliefen sie während ihrer Entwicklungsgeschichte eine enorme Diversifikation (Di Sabatino et al., 2003). *Leuctra armata*, *Nemoura sinuata*, *Drusus chrysotus* und *Metanoea rhaetica* sind Arten, die auf der Roten Liste verzeichnet sind, und als potentiell gefährdet eingestuft werden (Lubini et al., 2010). *Drusus melanchaetes* ist eine Art, die für die Westalpen endemisch ist (Waringer & Graf, 2011) und zudem auf der Roten Liste als verletzlich eingestuft wurde (Lubini et al., 2010). Durch die gefährdeten und zum Teil endemisch vorkommenden Arten sind die untersuchten Quellen bezüglich ihrer Fauna von besonderer Bedeutung.

Im Vergleich zu den von von Fumetti & Felder 2014 registrierten Arten konnten die meisten auf der Roten Liste verzeichneten Arten wiederum gefunden werden. Die verletzliche Art *Drusus nigrescens* (Meyer-Dür, 1875) und die vom Aussterben bedrohte Plecoptera Art *Nemoura undulata* (Ris, 1902) (Lubini et al., 2010) wurden jedoch nicht gefunden.

Der Vergleich der abiotischen Werte zwischen den Quellen ergab, dass sich der pH nicht signifikant zwischen den drei Tälern unterscheidet und mit durchschnittlich 7.8 im basischen Bereich liegt. Dieser Umstand ist damit zu erklären, dass im Untersuchungsgebiet hauptsächlich karbonatisches Ausgangsgestein dominiert, was eine puffernde Wirkung hat (Trümpy et al., 1997; Haller et al., 2013; Bauer & Scheurer, 2014). Der gemessene Mittelwert entspricht dem allgemeinen Durchschnittswert ($7.6 < \text{pH} < 8.1$) für alpine Quellen in karbonatischem Untergrund (Cantonati et al., 2006). Die Temperatur und der Sauerstoffgehalt der Quellen unterscheiden sich ebenfalls nicht signifikant zwischen den Tälern.

Die Höhen, auf denen sich die Quellen befinden, unterscheiden sich zwischen den Tälern signifikant. Mit einer durchschnittlichen Höhe von 2'294 m ü.M. sind die Quellen im Val dal Botsch höher als diejenigen der anderen beiden Täler (VC: 2'070 m ü.M., VS: 2'041 m ü.M.). Im Vergleich dazu ist auch die elektrische Leitfähigkeit für die einzelnen Täler charakteristisch und unterscheidet sich signifikant. Sie befindet sich mit einem durchschnittlichen Wert von 274 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in einem Bereich, der bei anderen Studien im Schweizer Nationalpark und in vergleichbaren Gebieten wie dem Nationalpark Gesäuse, gemessen wurden (Döring, 2002; Robinson et al., 2008; Gerecke et al., 2012; von Fumetti & Felder, 2014). Die elektrische Leitfähigkeit des Wassers ist ein Mass für die Anzahl gelöster Ionen und deshalb ein Hinweis auf die Mineralisation des Quellwassers, welche hauptsächlich von der geologischen Ausgangssituation und der Verweildauer des Wassers im Aquifer abhängt (Van Der Kamp, 1995; Zollhöfer, 1997; Cantonati et al., 2006; Bauer & Scheurer, 2014). Es konnte beobachtet werden, dass die elektrische Leitfähigkeit der Quellen mit steigender Höhe über Meer abnimmt. Ein Zusammenhang, der schon in vergleichbaren Studien festgestellt wurde (Cantonati et al., 2006; Robinson et al., 2008; Gerecke et al., 2011; von Fumetti & Felder, 2014). Da die geologische Ausgangssituation im Untersuchungsgebiet konstant ist (Hauptdolomit) und im Nationalpark ein anthropogener Einfluss auf den Gehalt an Mineralsalzen in den Quellen ausgeschlossen ist, kann der beschriebene Zusammenhang unter anderem durch die unterschiedliche Verweildauer des Grundwassers im Untergrund erklärt werden. Diese nimmt mit steigender Höhe der Quelle ab (Cantonati et al., 2006). Denkbar ist auch, dass der Grad an Eintrag von organischem Material, der im Untersuchungsgebiet durch die Beschaffenheit der Quellumgebung bestimmt wird, sowie dessen Abbau, einen Einfluss auf die elektrische Leitfähigkeit haben. Die tiefer gelegenen Quellen, mit erhöhter elektrischer Leitfähigkeit, befinden sich in

vegetationsreichen oder bewaldeten Gebieten und enthalten im Vergleich zu den höher gelegenen Quellen deutlich mehr organisches Material wie beispielsweise Totholz, Nadelstreu, Moos oder Faulschlamm. Der Abbau dieser organischen Substanz führt zu einer Zunahme der Ionenkonzentration (NH_4^+ , NO_2^- und NO_3^-) und somit zur Erhöhung der Leitfähigkeit (Haller et al., 2013; Schwoerbel & Brendelberger, 2013).

Die statistische Analyse ergab, dass sich die Mittelwerte der Anzahl Substrate zwischen den drei Tälern nicht signifikant unterscheiden (ANOVA $p = 0.052$). Betrachtet man die mittlere Anzahl Substrate pro Tal (VB: 5.2, VC: 8, VS: 8.4) fällt jedoch auf, dass die Quellen im Val dal Botsch im Vergleich zu den anderen beiden Tälern tendenziell eine geringere Substratdiversität aufweisen. Es ist anzunehmen, dass dies auf die vergleichsweise karge Landschaft im Val dal Botsch zurückzuführen ist. Wie im Abschnitt 2.2 beschrieben wurde, sind die Quellen dort nur spärlich von Vegetation umgeben und ihr Substrat wird hauptsächlich durch Geröll und Moos dominiert. In den anderen Tälern ist die Bewachsung des Umlandes diverser, was zusätzlich Totholz oder Streu in die Quellen einbringt.

Zusammenfassend lässt sich anhand der abiotischen Faktoren und der strukturellen Beschaffenheit der Quellen aussagen, dass tiefer gelegene Quellen eine höhere Leitfähigkeit und Substratdiversität aufweisen als höher gelegene Quellen. Dieser Zusammenhang wurde durch die durchgeführte CCA bestätigt. Des Weiteren sind die allgemeinen Tendenzen ersichtlich, dass die Temperatur der Quellen mit der Höhe abnimmt und der Sauerstoffgehalt zunimmt. Dies trifft allgemein für alpine Quellen zu (Cantonati et al., 2006). Die Analyse des Einflusses der unterschiedlichen Umweltbedingungen auf die Artenzusammensetzung der Quellen hat ergeben, dass die drei diskutierten abiotischen Faktoren Leitfähigkeit, Höhe über Meer und Anzahl Substrate den grössten Einfluss auf die Zusammensetzung der Arten haben. Durch von Fumetti & Felder (2014) und von Fumetti et al. (2012) konnte aufgezeigt werden, dass die Leitfähigkeit einer der wichtigsten Faktoren im Bezug auf die Artenzusammensetzung der Quellen ist. Dieser Zusammenhang konnte durch die vorliegende Studie bestätigt werden. Obwohl sich die Zusammensetzung der Substrate in den untersuchten Quellen statistisch nicht signifikant unterscheidet, ist deren Einfluss auf die Quellfauna nicht ausser Acht zu lassen, was in unterschiedlichen Untersuchungen aufgezeigt werden konnte (Hahn, 2000; Gerecke et al., 2005; von Fumetti et al., 2006; Staudacher & Füreder, 2007; Kubíková et al., 2012). Betrachtet man die Anzahl Taxa pro Quelle und Tal, so fällt auf, dass sich diese proportional zur Substratdiversität verhält und mit der Höhe abnimmt. Dies wurde ebenfalls durch von Fumetti & Wigger 2012 beschrieben.

Betrachtet man die Arten, welche für die Quellen, replektive Täler im Bezug auf die Umweltgradienten entscheidend sind, so fallen die selben Muster auf, die schon in der Faunistischen Betrachtung erkennbar waren. Arten wie *Atractides vaginalis*, *Drusus melanchaetes* oder *Helophorus fauveli* sind typisch für das Val dal Botsch und kommen demnach in grösseren Höhen, bei geringerer Leitfähigkeit und geringerer Substratdiversität der Quellen vor. Arten wie *Lebertia cuneifera*, *Paninus michaeli*, *Helophorus nivalis* oder *Leuctra armata* wurden in eher tieferen Lagen mit erhöhter Mineralisation des Wassers und erhöhter Anzahl Substrate beobachtet.

Berücksichtigt man die Habitatpräferenzen der Organismen, im Speziellen der Quellmilben so fällt auf, dass Arten, die als in helokrenen Quellen lebend beschrieben wurden (z.B. *Paninus michaeli* oder *Lebertia cuneifera*), vermehrt in tieferen Lagen mit erhöhter Leitfähigkeit und Substratdiversität der Quellen vorkommen. Auffallend ist auch, dass die am häufigsten gefundene Hydrachnidia-Art *Partnunia steinmanni*, die zwar rheokrene Quellen bevorzugt, aber nur in solchen mit starker Beschattung lebt (Gerecke et al., 2005; Di Sabatino et al., 2010), ausschliesslich in rheokrenen Quellen unterhalb der Baumgrenze in bewaldeten Teilen der Täler Champlönch und Val da Stabelchod gefunden wurde. Die Verteilung der Organismen entlang der Umweltgradienten zeigt, dass im Gegensatz zu den in der Quelltypologie oft verwendeten Grundtypen Rheokrene, Helokrene und Limnokrene (Steinmann et al., 1915; Thienemann, 1924) die Ursachen für die Verteilung der Organismen vertiefter durch die unterschiedlichen abiotische Gegebenheiten beschrieben werden können, denn diese Quelltypen wurden vor allem auf Grund des Fliessverhaltens von Quellen definiert. Aus diesem Grund wird die Typisierung in der Literatur sehr kontrovers diskutiert (Zollhöfer, 1997; Cantonati et al., 2006; von Fumetti et al., 2006; Martin & Zaenker, 2007; Spitale et al., 2012; Rosati et al., 2014) und einige Autoren schlagen jeweils regionale Quelltypisierungen vor (von Fumetti et al., 2006; Martin et al., 2007).

Das Untersuchen von Zusammenhängen zwischen den abiotischen Bedingungen und der Artenzusammensetzung der Quellen, wie es in dieser Arbeit durchgeführt wurde, ist demnach der bessere Weg, um Quellen auf der regionalen Ebene beschreiben und vergleichen zu können.

5.3 Die Ergebnisse im Kontext des Klimawandels und Ausblick

Die vorliegende Studie zeigt, dass für die Erforschung von Ursachen der Verbreitung von Organismen ein fundiertes Wissen über deren Autökologie unerlässlich ist. Denn nur wenn die genauen Habitatpräferenzen der Arten bekannt sind, werden Auswirkungen von sich ändernden Umweltbedingungen auf die Artenzusammensetzung prognostizierbar. Gerade über die Quellmilben, welche sich als bedeutender Bestandteil einer Krenozönose herausgestellt haben, ist bisher nur wenig bekannt. Das Wissen über deren Verbreitung, Habitatansprüche und Stellung innerhalb des Krenals ist noch sehr lückenhaft und bedarf weiterer Erforschung.

Diese Arbeit ist im Kontext anderer, vergleichbarer Studien (z.B. von Fumetti & Felder, 2014) ein Beitrag zum allgemeinen Verständnis der Ursachen für die Verbreitung von Quellorganismen im Schweizer Nationalpark. Obwohl nun ein Überblick über die Einflussgrößen besteht, ist der Einfluss einzelner Umweltfaktoren auf die Quellfauna und im Speziellen auf einzelne Organismengruppen nicht abschliessend geklärt, denn die erfassten abiotischen Faktoren erklären lediglich 51 % der vorhandenen Varianz der Artenzusammensetzung. Demnach ist anzunehmen, dass weitere Umweltgradienten für die Verteilung der Arten entscheidend sind. So wäre beispielsweise der Abfluss ebenfalls ein sehr wichtiger Faktor (von Fumetti et al., 2006; von Fumetti & Nagel, 2012).

Im Zuge des Klimawandels verändern sich die Umweltbedingungen, insbesondere in den Alpen, erheblich (Beniston, 2006). Aus diesem Grund führen die beobachteten Zusammenhänge zwischen den abiotischen Faktoren und der Quellfauna zur Erkenntnis, dass die Quellorganismen durch den Klimawandel gefährdet sind. Insbesondere betroffen sind Organismen mit engen Habitatansprüchen und begrenzten Ausweichmöglichkeiten, wie beispielsweise die Acari. Denkbar wäre eine durch die erhöhten Durchschnittstemperaturen ansteigende Baumgrenze, wofür es bereits Anzeichen gibt (Körner, 2003). Dadurch könnten Quellen, bei denen zum jetzigen Zeitpunkt nur wenig Vegetation in der Umgebung vorhanden ist, wie beispielsweise diejenigen im Val dal Botsch, zunehmenden organischen Eintrag erfahren, was unter anderem die Substratdiversität beeinflussen würde.

Für den Schweizer Nationalpark sind diese und vergleichbare Studien von Bedeutung, denn dadurch kann die Biodiversität erfasst und überwacht werden. Vor allem in naturnahen Landschaften, wie derjenigen des Schweizer Nationalparks, sind sie für die Wissenschaft und den Naturschutz wichtig. Nur so lassen sich Referenzzustände definieren, die für das Erfassen des anthropogenen Einflusses auf die Natur Voraussetzung sind.

Literaturverzeichnis

- Angus, R., 1992. Insecta, Coleoptera, Hydrophilidae, Helophorinae In Schwoerbel, J., & P. Zwick (eds), Süsswasserfauna von Mitteleuropa. Gustaf Fischer Verlag, Stuttgart: 144.
- Bader, C., 1975. Die Wassermilben des Schweizerischen Nationalparks Ergebnisse der wissenschaftlichen Untersuchungen im Schweizer Nationalpark 71.
- Bahlburg, H., & C. Breitzkreuz, 2012. Grundlagen der Geologie. Springer, Heidelberg.
- Bartsch, I., C. Davids, R. Deichsel, A. Di Sapatino, G. Gabrys, R. Gerecke, T. Gledhill, P. Jäger, J. Makol, H. Smit, H. van der Hammen, G. Weigmann, A. Wohltmann, & E. Wurst, 2007. Chelicerata: Araneae, Acari I In Gerecke, R. (ed), Süsswasserfauna von Mitteleuropa. Heidelberg, Neckar: Spektrum Akademischer Verlag, München.
- Bauer, B., & T. Scheurer (eds), 2014. Wissen schaffen. 100 Jahre Forschung im Schweizerischen Nationalpark. Nationalpark-Forschung in der Schweiz. Haupt Verlag, Bern: 391.
- Beniston, M., 2006. Mountain weather and climate: A general overview and a focus on climatic change in the Alps. *Hydrobiologia* 562: 3–16.
- Boschi, C., 2011. Die Schneckenfauna der Schweiz. Ein umfassendes Bild-und Bestimmungsbuch. Haupt-Verlag, Bern. Bern/Stuttgart/Wien.
- Campell, E., & W. Trepp, 1968. Vegetationskarte des schweizerischen Nationalparks - Beschreibung der Pflanzengesellschaften Ergebnisse der wissenschaftlichen Untersuchungen im Schweizer Nationalpark.
- Cantonati, M., L. Füreder, R. Gerecke, I. Jüttner, & E. J. Cox, 2012. Crenic habitats, hotspots for freshwater biodiversity conservation: toward an understanding of their ecology. *Freshwater Science* 31: 463–480.
- Cantonati, M., R. Gerecke, & E. Bertuzzi, 2006. Springs of the Alps – Sensitive Ecosystems to Environmental Change: From Biodiversity Assessments to Long-term Studies. *Hydrobiologia* 562: 59–96.
- Clarke, K. R., & R. N. Gorley, 2006. PRIMER v6: User manual/Tutorial. Primer-E. Plymouth-UK.
- Di Sabatino, A., B. Cicolani, & R. Gerecke, 2003. Biodiversity and distribution of water mites (Acari, Hydrachnidia) in spring habitats. *Freshwater Biology* 48: 2163–2173.
- Di Sabatino, A., R. Gerecke, T. Gledhill, & H. Smit, 2010. Chelicerata: Acari II In Gerecke, R. (ed), Süsswasserfauna von Mitteleuropa. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg: 234.
- Di Sabatino, A., R. Gerecke, & P. Martin, 2000. The biology and ecology of lotic water mites (Hydrachnidia). *Freshwater Biology* 44: 47–62.

Döring, M., 2002. Ecological Assessment of Springs and Spring Brooks in the Swiss National Park: Combining Fieldwork with Geodesy (GPS/Tachymetry) and GIS. Diploma Thesis, EAWAG .

Fischer, J., 1996. Kaltstenothermie-einziger Schlüssel zum Verständnis der Krenobionten?. *Crunoecia* 5: 91–96.

Franciscolo, M. E., 1979. Fauna D'Italia, Vol. XIV, Coleoptera, Haliplidae, Hygrobiidae, Gyrinidae, Dytiscidae. Edizioni Calderini, Bologna.

Freude, H., K. W. Harde, & G. A. Lohse, 1971. Die Käfer Mitteleuropas. Goecke und Evers, Krefeld.

Gerecke, R., 1994. Süßwassermilben Hydrachnellae. Ein Bestimmungsschlüssel für die aus der Westpaläarktis bekannten Gattungen der Hydrachnellae mit einer einführenden Übersicht über die im Wasser vorkommenden Milben. *Lauterbornia* 1–84.

Gerecke, R., 2003. Water mites of the genus *Atractides* Koch, 1837 (Acari: Parasitengona: Hygrobatidae) in the western Palaearctic region: A revision. *Zoological Journal of the Linnean Society* 138: 141–378.

Gerecke, R., H. Haske, J. Klauber, & A. Maringer (eds), 2012. Quellen Schriften des Nationalparks Gesäuse. Band 7. Nationalpark Gesäuse, Weng im Gesäuse: 361.

Gerecke, R., & P. Martin, 2006. Spinnentiere: Milben (Chelicerata: Acari). Quellen im Nationalpark Berchtesgaden. Lebensgemeinschaften als Indikatoren des Klimawandels. Nationalpark Berchtesgaden, Forschungsbericht 51: 122–148.

Gerecke, R., F. Stoch, C. Meisch, & I. Schrankel, 2005. Die Fauna der Quellen und des hyporheischen Interstitials in Luxemburg. *Ferrantia* 41: 140.

Gerecke, R., F. Stoch, V. Pieri, G. Rossetti, & B. Sambugar, 2011. Exploring species distribution of spring meiofauna (Annelida, Acari, Crustacea) in the south-eastern Alps. *Journal of Limnology* 70: 65–76.

Glöer, P., C. Meier-Brook, & O. Ostermann, 1998. Süßwassermollusken, Ein Bestimmungsschlüssel für die Bundesrepublik Deutschland. Deutscher Jugendbund für Naturbeobachtung, DJB, Hamburg.

Hahn, H. J., 2000. Studies on classifying of undisturbed spring in Southwestern Germany by macrobenthic communities. *Limnologica - Ecology and Management of Inland Waters* 30: 247–259.

Haller, H., A. Eisenhut, & R. Haller, 2013. Atlas des Schweizer Nationalparks. Die ersten 100 Jahre. Haupt Verlag, Bern.

Illies, J., & L. Botosaneanu, 1963. Problèmes et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes, considérées surtout du point de vue faunistique. *Mitteilungen der Internationalen Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie* 12: 1–57.

- Körner, C., 2003. *Alpine Plant Life. Functional Plant Ecology of High Mountain Ecosystems.* Springer, Heidelberg.
- Kovac, D., & R. Rozkošný, 2000. Insecta: Diptera, Stratiomyidae, Tabanidae In Schwoerbel, J., & P. Zwick (eds), *Süßwasserfauna von Mitteleuropa. Spektrum Akademischer Verlag, Berlin:* 204.
- Kraus, O., 1984. Hoyers Gemisch statt Polyvinyl-Lactophenol. *Mikrokosmos* 73: 54–55.
- Kruskal, W. H., & W. A. Wallis, 1952. Use of Ranks in One-Criterion Variance Analysis. *Journal of the American Statistical Association* 47: 583–621.
- Kubíková, L., O. P. Simon, K. Tichá, K. Douda, M. Maciak, & M. Bílý, 2012. The influence of mesoscale habitat conditions on the macroinvertebrate composition of springs in a geologically homogeneous area. *Freshwater Science* 31: 668–679.
- Lantz, B., 2013. The impact of sample non-normality on ANOVA and alternative methods. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology* 66: 224–244.
- Levene, H., 1960. Robust tests for equality of variances. *Contributions to probability and statistics: Essays in honor of Harold Hotelling* Stanford University Press 2: 278–292.
- Leyer, I., & K. Wesche, 2007. *Multivariate Statistik in der Ökologie: Eine Einführung.* Springer-Verlag, Berlin.
- Lubini, V., S. Knispel, M. Sartori, H. Vicentini, & A. Wagner, 2010. Rote Listen Eintagsfliegen, Steinfliegen, Köcherfliegen. *Gefährdete Arten der Schweiz, Bundesamt für Umwelt Bern und Schweizer Zentrum für die Kartographie der Fauna.* Neuenburg.
- Lubini, V., S. Knispel, & G. Vinçon, 2012. *Die Steinfliegen der Schweiz: Bestimmung und Verbreitung* Fauna Helvetica. CSCF&SEG, Neuchatel.
- Lubini, V., P. Stucki, & H. Vicentini, 2014. *Bewertung von Quell-Lebensräumen in der Schweiz. Entwurf für ein strukturelles und faunistisches Verfahren. Bericht im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU.*
- Martin, P., 2008. Wassermilben (Hydrachnidia , Acari) und Insekten : Ein Überblick über eine selten betrachtete Beziehung. *Entomologie heute* 20: 45–75.
- Martin, P., M. Rückert, & M. Brunke, 2007. Eine faunistisch begründete Quelltypologie für Schleswig-Holstein. in: Landesbund für Vogelschutz in Bayern e.V.: *Tagungsband Life-Natur-Projekt Kalktuffquellen in der Frankenalb* 25–26.
- Martin, P., & S. Zaenker, 2007. Milbenfunde aus dem Quellkataster Hessens - Faunistik und potentielle Eignung für eine Quelltypologie. *Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL) - Tagungsbericht 2006 (Dresden), Werder 2007* 2006: 46–50.
- MeteoSchweiz, 2014. *Klimanormwerte Buffalora.* Operation Center 1, Postfach 257, CH-8058 Zürich-Flughafen.

Moder, K., 2010. Alternatives to F-Test in One Way ANOVA in case of heterogeneity of variances (a simulation study). *Psychological Test and Assessment Modeling* 52: 343–353.

Nadig, A., 1942. Hydrobiologische untersuchungen in quellen des schweizerischen nationalparkes im engadin:(unter besonderer berücksichtigung der insektenfauna). Sauerländer.

Nordstokke, D. W., & B. D. Zumbo, 2007. A Cautionary Tale about Levene's Tests for Equal Variances. *Journal of Educational Research & Policy Studies* 7: 1–14.

Nordstokke, D. W., & B. D. Zumbo, 2010. A new nonparametric levene test for equal variances. *Psicologica* 31: 401–403.

Robinson, C. T., D. Schmid, M. Svoboda, & S. M. Bernasconi, 2008. Functional measures and food webs of high elevation springs in the Swiss alps. *Aquatic Sciences* 70: 432–445.

Rosati, M., M. Cantonati, R. Primicerio, & G. Rossetti, 2014. Biogeography and relevant ecological drivers in spring habitats : A review on ostracods of the Western Palearctic. *International Review of Hydrobiology* 99: 409–424.

Ruxton, G. D., & G. Beauchamp, 2008. Some suggestions about appropriate use of the Kruskal-Wallis test. *Animal Behaviour* 76: 1083–1087.

Schwoerbel, J., & H. Brendelberger, 2013. Einführung in die Limnologie. Springer Spektrum, Heidelberg.

Shapiro, S. S., & M. B. Wilk, 1965. An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). *Biometrika* 52: 591–611.

Spitale, D., M. Leira, N. Angeli, & M. Cantonati, 2012. Environmental classification of springs of the Italian Alps and its consistency across multiple taxonomic groups. *Freshwater Science* 31: 563–574.

Staudacher, K., & L. Füreder, 2007. Habitat complexity and invertebrates in selected Alpine springs (Schütt, Carinthia, Austria). *International Review of Hydrobiology* 92: 465–479.

Steinmann, P., R. Siegrist, & H. Gams, 1915. Praktikum der Süßwasserbiologie. Gebr. Borntraeger.

Ter Braak, C. J. F., & P. Šmilauer, 2012. Canoco reference manual and user's guide: software for ordination (version 5.0). Microcomputer Power, Ithaca, NY, USA. .

Thienemann, A., 1924. Hydrobiologische Untersuchungen an Quellen. *Archiv für Hydrobiologie* 14: 151–189.

Trümpy, B., S. M. Schmicl, P. Conti, N. Froitzheim, & V. d eser Nummerl, 1997. Erleuterungen zur Geologischen Karte 1: 50000 des Schweizerischen National parks. Nationalpark Forschung in der Schweiz.

- Tukey, J. W., 1949. Comparing individual means in the analysis of variance. *Biometrics* 5: 99–114.
- Van Der Kamp, G., 1995. The Hydrogeology of Springs in Relation to the Biodiversity of Spring Fauna : A Review. *Journal of the Kansas Entomological Society* 68: 4–17.
- Von Fumetti, S., S. Bonta, & P. Nagel, 2012. Charakterisierung von Quellen und ihren Lebensgemeinschaften im Tessin (CH) Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL) - Erweiterte Zusammenfassung der Jahrestagung 2012. DGL, Koblenz.
- Von Fumetti, S., & S. Felder, 2014. Faunistic Characterization of Alpine springs in the Swiss National Park. *eco. mont-Journal on Protected Mountain Areas Research Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften* 6: 43–49.
- Von Fumetti, S., & P. Nagel, 2012. Discharge variability and its effect on faunistic assemblages in springs. *Freshwater Science* 31: 647–656.
- Von Fumetti, S., P. Nagel, & B. Baltes, 2007. Where a springhead becomes a springbrook – a regional zonation of springs. *Fundamental and Applied Limnology / Archiv für Hydrobiologie* 169: 37–48.
- Von Fumetti, S., P. Nagel, N. Scheifhacken, & B. Baltes, 2006. Factors governing macrozoobenthic assemblages in perennial springs in north-western Switzerland. *Hydrobiologia* 568: 467–475.
- Von Fumetti, S., & C. Schlüchter, 2014. Quellen-Treffpunkte von Hydrogeologen und Zoologen Wissen schaffen. 100 Jahre Forschung im Schweizerischen Nationalpark. *Nationalparkforschung in der Schweiz 100/I*. Haupt Verlag, Bern: 391.
- Von Fumetti, S., & F. Wigger, 2012. Quellen und ihren Lebensgemeinschaften in den Berner Alpen. *Mitteilungen der naturforschenden Gesellschaft in Bern* 70: 117–131.
- Walser, H., 2011. *Statistik für Naturwissenschaftler*. UTB.
- Waringer, J., & W. Graf, 2011. *Atlas der mitteleuropäischen Köcherfliegenlarven*. Erik Mauch Verlag, Dinkelscherben.
- Weber, M., 2006. Erfassung, Bewertung und strukturelle Typisierung naturnaher Quellen im Schweizer Alpenraum.
- Zollhöfer, J. M., 1997. Quellen, die unbekanntes Biotop im Schweizer Jura und Mittelland: erfassen-bewerten-schützen. *Bristol-Schriftenreihen* 6: 153.

Internetquellen

Der Schweizerische Nationalpark im Engadin, Zernez
URL: www.nationalpark.ch [Stand 2.2015]

IUCN. International Union for Conservation of Nature
URL: www.iucn.org [Stand 2.2015]

Swisstopo. Das Geoportal des Bundes. BAFU, Bern
URL: www.maps.geo.admin.ch [2.2015]

Bestimmungsliteratur

Turbellaria:

Bährmann, R. ed. (2005). *Bestimmung Wirbelloser Tiere. Bildtafeln für zoologische Bestimmungsübungen und Exkursionen* 4th ed., Heidelberg: Spektrum Verlag.

Gastropoda:

Boschi, C. (2011). *Die Schneckenfauna der Schweiz. Ein umfassendes Bild- und Bestimmungsbuch*, Bern/Stuttgart/Wien.

Bivalvia:

Glöer, P., Meier-Brook, C. & Ostermann, O. (1998). *Süsswassermollusken, Ein Bestimmungsschlüssel für die Bundesrepublik Deutschland* 6th ed., Hamburg: Deutscher Jugendbund für Naturbeobachtung, DJB.

Acari:

Bartsch, I., Davids, C., Deichsel, R., Di Sapatino, A., Gabrys, G., Gerecke, R., ... Wurst, E. (2007). Chelicerata: Araneae, Acari I. In R. Gerecke (Ed.), *Süsswasserfauna von Mitteleuropa*. München: Heidelberg, Neckar: Spektrum Akademischer Verlag.

Di Sabatino, A. et al. (2010). Chelicerata: Acari II. In R. Gerecke, ed. *Süsswasserfauna von Mitteleuropa*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag, p. 234.

Gerecke, R. (1994). Süsswassermilben Hydrachnellae. Ein Bestimmungsschlüssel für die aus der Westpaläarktis bekannten Gattungen der Hydrachnellae mit einer einführenden Übersicht über die im Wasser vorkommenden Milben. *Lauterbornia*, (18), pp.1–84.

Ephemeroptera:

Eiseler, B. (2005). Identification key to the mayfly larvae of the German Highlands and Lowlands. In *Lauterbornia*. Dinkelscherben, p. 112.

Studemann, D. et al. (1992). Ephemeroptera. In *Fauna Helvetica*. Schweizerische Entomologische Gesellschaft SEG, p. 173.

Plecoptera:

Lubini, V., Knispel, S. & Vinçon, G., 2012. Die Steinfliegen der Schweiz: Bestimmung und Verbreitung. In *Fauna Helvetica*. Neuchatel: CSCF&SEG.

Coleoptera:

Angus, R. (1992). Insecta, Coleoptera, Hydrophilidae, Helophorinae. In J. Schwoerbel & P. Zwick, eds. *Süsswasserfauna von Mitteleuropa*. Stuttgart: Gusty Fischer Verlag, p. 144.

Franciscolo, M. E. (1979). Fauna D'Italia, Vol. XIV, Coleoptera, Haliplidae, Hygrobiidae, Gyrinidae, Dytiscidae. Edizioni Calderini, Bologna.

Freude, H., Harde, K.W. & Lohse, G.A. (1971). *Die Käfer Mitteleuropas*, Krefeld: Goecke und Evers.

Nilsson, A. N., & Holmen, M. (1995). The Aquatic Adephaga (Coleoptera) of the Fennoscandia and Denmark. II. Dytiscidae: II-Dytiscidea. In *Fauna Entomologica Scandinavica Vol. 32*. Leiden: Brill.

Zimmermann, A. (1931). Monographie der paläarktischen Dytisciden, 2. *Koleopt. Rundsch*, 17, 1–63.

Trichoptera:

Waringer, J. & Graf, W. (2011). *Atlas der mitteleuropäischen Köcherfliegenlarven*, Dinkelscherben: Erik Mauch Verlag.

Diptera:

Kovac, D. & Rozkošný, R. (2000). Insecta: Diptera, Stratiomyidae, Tabanidae. In J. Schwoerbel & P. Zwick, eds. *Süsswasserfauna von Mitteleuropa*. Berlin: Spektrum Akademischer Verlag, p. 204.

Sundermann, A. & Lohse, S. (2004). *Bestimmungsschlüssel für die aquatischen Zweiflügler (Diptera) in Anlehnung an die Operationelle Taxaliste für Fliessgewässer in Deutschland*.

Anhang

1. PRIMER, ANOSIM output
2. Statistische Analyse der abiotischen Daten
3. CANOCO, DCA output
4. CANOCO, CCA output
5. Beispiel eines Protokollblattes zur Erfassung der Struktur von Quellen
6. Erklärung zur wissenschaftlichen Redlichkeit

1. PRIMER, ANOSIM output

Analysis of Similarities
 One-Way Analysis
 Resemblance worksheet

Data type: Similarity
 Selection: All
 Factor Values
 Factor: valley (VB, VC, VS)

Global Test

Sample statistic (Global R): 0.419
 Significance level of sample statistic: 0.2%
 Number of permutations: 999 (Random sample from 126126)
 Number of permuted statistics greater than or equal to Global R: 1

Pairwise Tests

Groups	Statistic	R	Significance Level %	Possible Permutations	Actual Permutations	Number >= Observed
VB, VC		0.584	0.8	126	126	1
VB, VS		0.468	0.8	126	126	1
VC, VS		0.328	1.6	126	126	2

2. Statistische Analyse der abiotischen Daten

Variable	Shapiro p-value H0= normal	Levene p-value H0: $\sigma^2 = \sigma^2$	nLevene p-value H0: $\sigma^2 = \sigma^2$	Normality	Homogeneity of Variances	Outliers	KWt p-value	ANOVA p-value
Höhe	0.001019	N/A	1	fail	pass	no	0.00193	2.14x10 ⁻⁹
pH	4.71E-05	N/A	0.039	fail	fail	yes	0.1686	N/A
Leitfähigkeit	0.44	0.7536	0.297	pass	pass	no	0.01765	0.00278
O2 [mg/l]	0.5102	0.1546	0.179	pass	pass	yes	0.3681	N/A
O2 [%]	0.7651	0.3037	0.239	pass	pass	yes	0.2645	N/A
Temperatur	0.02649	0.8413	0.794	pass	pass	yes	0.2203	N/A
Anz.Substrate	0.1098	0.6789	0.935	pass	pass	no	0.0525	0.0525

3. CANOCO, DCA output

Analysis Unconstrained

Method: DCA

Total variation is 1.62954

Summary Table:

Statistic	Axis 1	Axis 2	Axis 3	Axis 4
Eigenvalues	0.3537	0.1514	0.0727	0.0461
Explained variation (cumulative)	21.71	31.00	35.46	38.29
Gradient length	2.54	1.26	1.12	1.13

4. CANOCO, CCA output

Analysis Constrained

Method: CCA

Total variation is 2.00487, explanatory variables account for 51.4%
(adjusted explained variation is 2.8%)

Summary Table:

Statistic	Axis 1	Axis 2	Axis 3	Axis 4
Eigenvalues	0.3376	0.1686	0.1596	0.1178
Explained variation (cumulative)	16.84	25.25	33.21	39.08
Pseudo-canonical correlation	0.9641	0.9475	0.9775	0.9493
Explained fitted variation (cumulative)	32.76	49.11	64.59	76.02

Forward Selection Results:

Name	Explains %	Contribution %	pseudo-F	P
Anz.Substrate	10.0	19.5	1.5	0.054
H. ü. M.	10.6	20.6	1.6	0.006
Leitfähigkeit	9.2	18.0	1.4	0.048
T [°C]	6.5	12.6	1.0	0.46
pH	5.9	11.5	0.9	0.524
O2 [%]	4.7	9.1	0.7	0.764
O2 [mg/L]	4.5	8.8	0.6	0.72

5. Beispiel eines Protokollblattes zur Erfassung der Struktur von Quellen

Quellen Protokoll - Struktur		Kanton : GR	ID :																																																																																																																										
Quelle: VB 1	Datum : 12.06.14	Koordinaten (X/Y) : 173891.248	814317.513																																																																																																																										
Flurname : Val dal Botsch	Höhe ü.M. : 2334	BearbeiterIn (leg) : Lucas Blattner																																																																																																																											
KOPFDATEN (nicht bewertet, nur Infos) ! Skizze / Bemerkungen / Gefährdung / Massnahmen => auf der Rückseite (wird gescannt)! Ausfüllen oder zutreffendes ankreuzen <input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																													
Austrittsform (Liste)	Sturzquelle	Grösse (m ²)	Vernetzung Q-komplex <input type="checkbox"/> ->Anz. Austritte																																																																																																																										
Hanglage	Oberhang	Quellbereich (m ²)	Einzelquelle <input checked="" type="checkbox"/> Q-system <input type="checkbox"/>																																																																																																																										
Abflussrichtung	S	Quellbachlänge (m)	Trinkwasserernutzung <input type="checkbox"/> Dist. zur Nachbarquelle (m) 1000																																																																																																																										
Geländeneignung	stark	Wassertemperatur (°C) 4.0	Schutzstatus <input type="checkbox"/> ID VB1 1																																																																																																																										
Quellschüttung	ganzzählig	Quellschüttung (l/s)	Kulturhistorische Bedeutung <input type="checkbox"/> ID VB1 2																																																																																																																										
mittl. Fließgesch.	schnell	Leitfähigkeit (µS20/cm) 205	Fotos <input checked="" type="checkbox"/> ID																																																																																																																										
Bewertung Teil A : Beeinträchtigung Zutreffendes mit "1" markieren <input type="checkbox"/>		Bewertung Teil B : Vegetation-Nutzung-Struktur Zutreffendes mit "1" markieren <input type="checkbox"/>																																																																																																																											
Einträge/Verbau		Vegetation/Nutzung																																																																																																																											
<table border="1"> <tr> <td>Fassung</td> <td>neu</td> <td>alt</td> <td>verfallen</td> </tr> <tr> <td>Brunnenstube mit Überlauf</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Rohr und Becken</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>nur Rohr/Rinne</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>keine</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		Fassung	neu	alt	verfallen	Brunnenstube mit Überlauf	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Rohr und Becken	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	nur Rohr/Rinne	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	keine	<input checked="" type="checkbox"/>			<table border="1"> <tr> <td></td> <td>Einzugsgebiet</td> <td>Umfeld</td> <td>Quellbereich</td> <td>Quellufer</td> <td>Quellbach</td> </tr> <tr> <td>standortyp. Vegetation</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>standorfrem. Vegetation</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Moosgesellschaften</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Zwergstrauchbestände</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Hochstaudenfluren</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Laubwald</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Mischwald</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Gebüsch</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>standortyp. Nadelwald</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>standorfremd. Nadelwald</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>extens. Grünland</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>intens. Grünland</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Acker/ Sonderkultur</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>unbefestigter Weg</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>befestigter Weg/Strasse</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>künstl. Veg.-frei/Siedlung</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>			Einzugsgebiet	Umfeld	Quellbereich	Quellufer	Quellbach	standortyp. Vegetation	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	standorfrem. Vegetation	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Moosgesellschaften	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Zwergstrauchbestände	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Hochstaudenfluren	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Laubwald	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Mischwald	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Gebüsch	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	standortyp. Nadelwald	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	standorfremd. Nadelwald	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	extens. Grünland	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	intens. Grünland	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Acker/ Sonderkultur	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	unbefestigter Weg	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	befestigter Weg/Strasse	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	künstl. Veg.-frei/Siedlung	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fassung	neu	alt	verfallen																																																																																																																										
Brunnenstube mit Überlauf	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																										
Rohr und Becken	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																										
nur Rohr/Rinne	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																										
keine	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																												
	Einzugsgebiet	Umfeld	Quellbereich	Quellufer	Quellbach																																																																																																																								
standortyp. Vegetation	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																								
standorfrem. Vegetation	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																								
Moosgesellschaften	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																								
Zwergstrauchbestände	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																								
Hochstaudenfluren	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																								
Laubwald	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																								
Mischwald	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																								
Gebüsch	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																								
standortyp. Nadelwald	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																								
standorfremd. Nadelwald	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																								
extens. Grünland	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																								
intens. Grünland	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																								
Acker/ Sonderkultur	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																								
unbefestigter Weg	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																								
befestigter Weg/Strasse	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																								
künstl. Veg.-frei/Siedlung	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																								
<table border="1"> <tr> <td>Wasserentnahme</td> <td>>60%</td> <td>30-59%</td> <td><30% / unbekannt</td> <td>keine</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Bermerkung / Zweck :</td> <td colspan="4"></td> </tr> </table>		Wasserentnahme	>60%	30-59%	<30% / unbekannt	keine		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Bermerkung / Zweck :					<table border="1"> <tr> <td>unbeschattet</td> <td>schwach</td> <td>mittel</td> <td>stark</td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="4">stark & Überdachung oder Nadelforst <input type="checkbox"/></td> </tr> </table>		unbeschattet	schwach	mittel	stark	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	stark & Überdachung oder Nadelforst <input type="checkbox"/>																																																																																																		
Wasserentnahme	>60%	30-59%	<30% / unbekannt	keine																																																																																																																									
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																									
Bermerkung / Zweck :																																																																																																																													
unbeschattet	schwach	mittel	stark																																																																																																																										
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																										
stark & Überdachung oder Nadelforst <input type="checkbox"/>																																																																																																																													
<table border="1"> <tr> <td>Verlegung</td> <td>10-100m</td> <td><10m</td> <td>unbekannt</td> </tr> <tr> <td>alt</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>neu</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>keine</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		Verlegung	10-100m	<10m	unbekannt	alt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	neu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	keine	<input checked="" type="checkbox"/>			<table border="1"> <tr> <td>Struktur</td> <td>stark (>50%)</td> <td>mittel (>20%)</td> <td>gering (>1%)</td> </tr> <tr> <td>Substrat</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>->natürlich</td> <td>Fels/Blöcke (>20 cm) <input type="checkbox"/></td> <td></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Steine (6-20 cm) <input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Kies/Schotter (0.2-6 cm) <input type="checkbox"/></td> <td></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Sand (0.1 - 2 mm) <input type="checkbox"/></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Feinmaterial (<0.1 mm) <input type="checkbox"/></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Moospolster <input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Wurzeln <input type="checkbox"/></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Totholz <input type="checkbox"/></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Pflanzen <input type="checkbox"/></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Fallaub <input type="checkbox"/></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Detritus/Org.Schlamm <input type="checkbox"/></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Kalksinter...* <input type="checkbox"/></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Anzahl Substrate</td> <td>4</td> <td>stark (>50%)</td> <td>mittel (>20%)</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>gering (>1%)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>künstlich <input type="checkbox"/></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>->verändert (nur Infos)</td> <td>Fadenalgen <input type="checkbox"/></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>		Struktur	stark (>50%)	mittel (>20%)	gering (>1%)	Substrat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	->natürlich	Fels/Blöcke (>20 cm) <input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		Steine (6-20 cm) <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Kies/Schotter (0.2-6 cm) <input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		Sand (0.1 - 2 mm) <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		Feinmaterial (<0.1 mm) <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		Moospolster <input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		Wurzeln <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		Totholz <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		Pflanzen <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		Fallaub <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		Detritus/Org.Schlamm <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		Kalksinter...* <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Anzahl Substrate	4	stark (>50%)	mittel (>20%)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	gering (>1%)		künstlich <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	->verändert (nur Infos)	Fadenalgen <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>																																		
Verlegung	10-100m	<10m	unbekannt																																																																																																																										
alt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																										
neu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																										
keine	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																												
Struktur	stark (>50%)	mittel (>20%)	gering (>1%)																																																																																																																										
Substrat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																										
->natürlich	Fels/Blöcke (>20 cm) <input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																										
	Steine (6-20 cm) <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																										
	Kies/Schotter (0.2-6 cm) <input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																										
	Sand (0.1 - 2 mm) <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>																																																																																																																										
	Feinmaterial (<0.1 mm) <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>																																																																																																																										
	Moospolster <input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>																																																																																																																										
	Wurzeln <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>																																																																																																																										
	Totholz <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>																																																																																																																										
	Pflanzen <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>																																																																																																																										
	Fallaub <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>																																																																																																																										
	Detritus/Org.Schlamm <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>																																																																																																																										
	Kalksinter...* <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>																																																																																																																										
Anzahl Substrate	4	stark (>50%)	mittel (>20%)																																																																																																																										
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	gering (>1%)																																																																																																																										
	künstlich <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>																																																																																																																										
->verändert (nur Infos)	Fadenalgen <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>																																																																																																																										
<table border="1"> <tr> <td>Aufstau</td> <td>nach <10m</td> <td>nach >=10-49m</td> <td>unbekannt</td> </tr> <tr> <td>Hauptschluss, 1-5 m2</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Hauptschluss, >5 m2</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Nebenschluss</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>kein</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		Aufstau	nach <10m	nach >=10-49m	unbekannt	Hauptschluss, 1-5 m2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Hauptschluss, >5 m2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Nebenschluss	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	kein	<input checked="" type="checkbox"/>			<table border="1"> <tr> <td>Sommerbeschattung</td> <td>unbeschattet</td> <td>schwach</td> <td>mittel</td> <td>stark</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>		Sommerbeschattung	unbeschattet	schwach	mittel	stark		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																												
Aufstau	nach <10m	nach >=10-49m	unbekannt																																																																																																																										
Hauptschluss, 1-5 m2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																										
Hauptschluss, >5 m2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																										
Nebenschluss	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																										
kein	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																												
Sommerbeschattung	unbeschattet	schwach	mittel	stark																																																																																																																									
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																									
<table border="1"> <tr> <td>künstlicher Absturz</td> <td>nein</td> <td>Gesamtabfluss</td> <td>Teilabfluss</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>		künstlicher Absturz	nein	Gesamtabfluss	Teilabfluss		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<table border="1"> <tr> <td>Strömungsdiversität</td> <td>Spritzwasser</td> <td>glatt</td> <td>fließend</td> <td>überfließend</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td>gerippt <input type="checkbox"/></td> <td>plätschern <input checked="" type="checkbox"/></td> <td>überstürzend <input type="checkbox"/></td> <td>fallend <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Anzahl Strömungen</td> <td>2</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		Strömungsdiversität	Spritzwasser	glatt	fließend	überfließend		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		gerippt <input type="checkbox"/>	plätschern <input checked="" type="checkbox"/>	überstürzend <input type="checkbox"/>	fallend <input type="checkbox"/>	Anzahl Strömungen	2																																																																																																	
künstlicher Absturz	nein	Gesamtabfluss	Teilabfluss																																																																																																																										
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																										
Strömungsdiversität	Spritzwasser	glatt	fließend	überfließend																																																																																																																									
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																									
	gerippt <input type="checkbox"/>	plätschern <input checked="" type="checkbox"/>	überstürzend <input type="checkbox"/>	fallend <input type="checkbox"/>																																																																																																																									
Anzahl Strömungen	2																																																																																																																												
<table border="1"> <tr> <td>Verbau (Ufer, Sohle)</td> <td>stark</td> <td>mittel</td> <td>gering</td> </tr> <tr> <td>Quelle und erste</td> <td>Holz <input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Fließmeter</td> <td>Steinschüttung <input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td>wilder Verbau <input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Naturstein <input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Beton <input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Verrohrung <input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td>nein <input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		Verbau (Ufer, Sohle)	stark	mittel	gering	Quelle und erste	Holz <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Fließmeter	Steinschüttung <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		wilder Verbau <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Naturstein <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Beton <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Verrohrung <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		nein <input checked="" type="checkbox"/>			<table border="1"> <tr> <td>Wasser-Land-Verzahnung</td> <td>gross</td> <td>mittel</td> <td>gering</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>		Wasser-Land-Verzahnung	gross	mittel	gering		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																		
Verbau (Ufer, Sohle)	stark	mittel	gering																																																																																																																										
Quelle und erste	Holz <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																										
Fließmeter	Steinschüttung <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																										
	wilder Verbau <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																										
	Naturstein <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																										
	Beton <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																										
	Verrohrung <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																										
	nein <input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																												
Wasser-Land-Verzahnung	gross	mittel	gering																																																																																																																										
	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																										
<table border="1"> <tr> <td>Unterhalt/Trittschäden</td> <td>keine</td> <td>gering</td> <td>mässig</td> <td>stark</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Ursache :</td> <td colspan="4"></td> </tr> </table>		Unterhalt/Trittschäden	keine	gering	mässig	stark		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ursache :					<table border="1"> <tr> <td>Besondere Strukturen</td> <td>Laufverzweigung</td> <td>Inselstruktur</td> <td>Quellflur</td> <td>Sandwirbel</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td>gr. Tiefenvarianz <input type="checkbox"/></td> <td>natürl. Pools <input type="checkbox"/></td> <td>Kaskaden <input type="checkbox"/></td> <td>Wasserfall <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Fließhindernisse <input type="checkbox"/></td> <td>Wassermoos <input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Lückensyst. <input type="checkbox"/></td> <td>Rieselflur <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Anzahl Strukturen</td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		Besondere Strukturen	Laufverzweigung	Inselstruktur	Quellflur	Sandwirbel		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		gr. Tiefenvarianz <input type="checkbox"/>	natürl. Pools <input type="checkbox"/>	Kaskaden <input type="checkbox"/>	Wasserfall <input type="checkbox"/>		Fließhindernisse <input type="checkbox"/>	Wassermoos <input checked="" type="checkbox"/>	Lückensyst. <input type="checkbox"/>	Rieselflur <input type="checkbox"/>	Anzahl Strukturen	1																																																																																					
Unterhalt/Trittschäden	keine	gering	mässig	stark																																																																																																																									
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																									
Ursache :																																																																																																																													
Besondere Strukturen	Laufverzweigung	Inselstruktur	Quellflur	Sandwirbel																																																																																																																									
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																									
	gr. Tiefenvarianz <input type="checkbox"/>	natürl. Pools <input type="checkbox"/>	Kaskaden <input type="checkbox"/>	Wasserfall <input type="checkbox"/>																																																																																																																									
	Fließhindernisse <input type="checkbox"/>	Wassermoos <input checked="" type="checkbox"/>	Lückensyst. <input type="checkbox"/>	Rieselflur <input type="checkbox"/>																																																																																																																									
Anzahl Strukturen	1																																																																																																																												
<table border="1"> <tr> <td>Infrastruktur</td> <td>Bänke / Parkplatz <input type="checkbox"/></td> <td>Zuwegung <input type="checkbox"/></td> <td>Trittsteine <input type="checkbox"/></td> <td>Überdachung <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Wildfütterstelle <input type="checkbox"/></td> <td>Viehtränke <input type="checkbox"/></td> <td>Feuerstelle <input type="checkbox"/></td> <td>Sonstiges <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Anzahl Infr.</td> <td>0</td> <td colspan="3">Sonstiges :</td> </tr> </table>		Infrastruktur	Bänke / Parkplatz <input type="checkbox"/>	Zuwegung <input type="checkbox"/>	Trittsteine <input type="checkbox"/>	Überdachung <input type="checkbox"/>		Wildfütterstelle <input type="checkbox"/>	Viehtränke <input type="checkbox"/>	Feuerstelle <input type="checkbox"/>	Sonstiges <input type="checkbox"/>	Anzahl Infr.	0	Sonstiges :			<table border="1"> <tr> <td>Wert A : Beeinträchtigung (höchster Wert)</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Wert B : Vegetation-Nutzung-Struktur</td> <td>2.14</td> </tr> <tr> <td>Bonus b -0,4 Punkte bei guter Struktur -> Aufwertung -</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Gesamtergebnis [(A+B)/2]-b</td> <td>1.57</td> </tr> </table>		Wert A : Beeinträchtigung (höchster Wert)	1	Wert B : Vegetation-Nutzung-Struktur	2.14	Bonus b -0,4 Punkte bei guter Struktur -> Aufwertung -	0	Gesamtergebnis [(A+B)/2]-b	1.57																																																																																																			
Infrastruktur	Bänke / Parkplatz <input type="checkbox"/>	Zuwegung <input type="checkbox"/>	Trittsteine <input type="checkbox"/>	Überdachung <input type="checkbox"/>																																																																																																																									
	Wildfütterstelle <input type="checkbox"/>	Viehtränke <input type="checkbox"/>	Feuerstelle <input type="checkbox"/>	Sonstiges <input type="checkbox"/>																																																																																																																									
Anzahl Infr.	0	Sonstiges :																																																																																																																											
Wert A : Beeinträchtigung (höchster Wert)	1																																																																																																																												
Wert B : Vegetation-Nutzung-Struktur	2.14																																																																																																																												
Bonus b -0,4 Punkte bei guter Struktur -> Aufwertung -	0																																																																																																																												
Gesamtergebnis [(A+B)/2]-b	1.57																																																																																																																												
<table border="1"> <tr> <td>Klassierung / Classement :</td> <td>Gesamteindruck als Bewertungsvergleich</td> </tr> <tr> <td>naturnah</td> <td>blau</td> </tr> <tr> <td>bedingt quellentypisch</td> <td>grün</td> </tr> <tr> <td>mässig</td> <td>gelb</td> </tr> <tr> <td>geschädigt</td> <td>orange</td> </tr> <tr> <td>stark geschädigt</td> <td>rot</td> </tr> </table>		Klassierung / Classement :	Gesamteindruck als Bewertungsvergleich	naturnah	blau	bedingt quellentypisch	grün	mässig	gelb	geschädigt	orange	stark geschädigt	rot	<table border="1"> <tr> <td>Bewertung / Evaluation</td> </tr> <tr> <td>0.6 - 1.8</td> </tr> <tr> <td>1.81 - 2.6</td> </tr> <tr> <td>2.61 - 3.4</td> </tr> <tr> <td>3.41 - 4.2</td> </tr> <tr> <td>4.21 - 5.0</td> </tr> </table>		Bewertung / Evaluation	0.6 - 1.8	1.81 - 2.6	2.61 - 3.4	3.41 - 4.2	4.21 - 5.0																																																																																																								
Klassierung / Classement :	Gesamteindruck als Bewertungsvergleich																																																																																																																												
naturnah	blau																																																																																																																												
bedingt quellentypisch	grün																																																																																																																												
mässig	gelb																																																																																																																												
geschädigt	orange																																																																																																																												
stark geschädigt	rot																																																																																																																												
Bewertung / Evaluation																																																																																																																													
0.6 - 1.8																																																																																																																													
1.81 - 2.6																																																																																																																													
2.61 - 3.4																																																																																																																													
3.41 - 4.2																																																																																																																													
4.21 - 5.0																																																																																																																													
<table border="1"> <tr> <td>Quelle nicht bewertbar :</td> <td><input type="checkbox"/> Q. zerstört</td> </tr> <tr> <td>Zutreffendes ankreuzen [x]</td> <td><input type="checkbox"/> kein Abfluss</td> </tr> </table>		Quelle nicht bewertbar :	<input type="checkbox"/> Q. zerstört	Zutreffendes ankreuzen [x]	<input type="checkbox"/> kein Abfluss																																																																																																																								
Quelle nicht bewertbar :	<input type="checkbox"/> Q. zerstört																																																																																																																												
Zutreffendes ankreuzen [x]	<input type="checkbox"/> kein Abfluss																																																																																																																												

6. Erklärung zur wissenschaftlichen Redlichkeit

UNIVERSITÄT BASEL

PHILOSOPHISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE FAKULTÄT

Erklärung zur wissenschaftlichen Redlichkeit

(beinhaltet Erklärung zu Plagiat und Betrug)

Bachelorarbeit / ~~Masterarbeit~~ (nicht Zutreffendes bitte streichen)

Titel der Arbeit (Druckschrift):

Die Verbreitung von Quellorganismen in Tälern des Schweizer

Nationalparks

Name, Vorname (Druckschrift): Blattner, Lucas

Matrikelnummer: 012-050-373

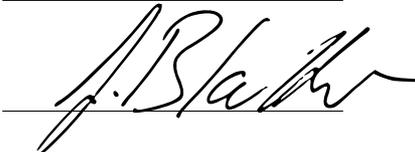
Hiermit erkläre ich, dass mir bei der Abfassung dieser Arbeit nur die darin angegebene Hilfe zuteil wurde und dass ich sie nur mit den in der Arbeit angegebenen Hilfsmitteln verfasst habe.

Ich habe sämtliche verwendeten Quellen erwähnt und gemäss anerkannten wissenschaftlichen Regeln zitiert.

Diese Erklärung wird ergänzt durch eine separat abgeschlossene Vereinbarung bezüglich der Veröffentlichung oder öffentlichen Zugänglichkeit dieser Arbeit.

ja nein

Ort, Datum: Basel, 16.3.2015

Unterschrift: 

Dieses Blatt ist in die Bachelor-, resp. Masterarbeit einzufügen.

