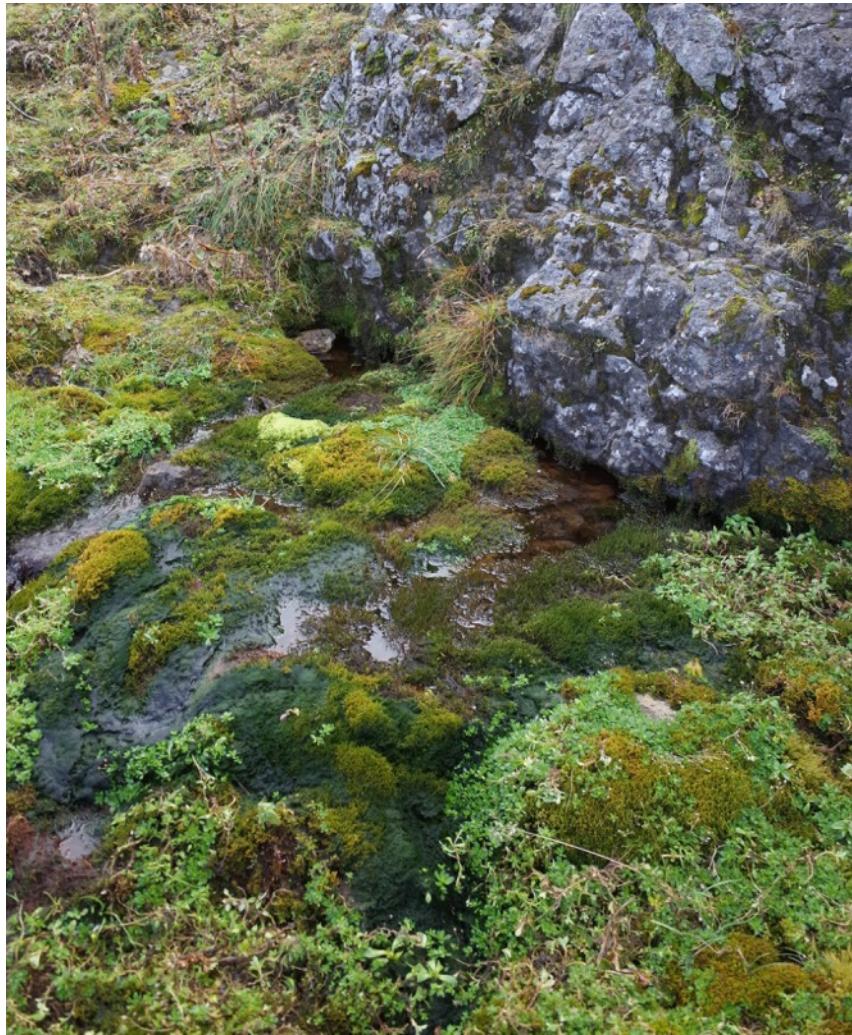


Faunistische Lebensgemeinschaften alpiner Quellen unter besonderer Berücksichtigung der Süßwassermilben

Enrica Steiner



Bachelorarbeit
BSc Geowissenschaften
Universität Basel
Juni 2017

Dr. Stefanie von Fumetti
Lucas Blattner
Prof. Dr. Peter Nagel



Für die Unterstützung meiner Bachelorarbeit möchte ich mich bei folgenden Personen herzlich bedanken:

Prof. Peter Nagel für das Ermöglichen der Bachelorarbeit und die Bereitstellung der Infrastruktur

Dr. Stefanie von Fumetti für die Betreuung der Bachelorarbeit und die Hilfe bei der Organisation

Lucas Blattner für seine grosse Hilfe in allen Belangen, vor allem das Bestimmen der Süßwassermilben und die hilfreichen Gespräche

Dr. Ruedi Haller für das Ermöglichen der Probenahme im Schweizer Nationalpark

Guillaume Arnet für die Mitarbeit bei der Feldarbeit, die Hilfe beim Bestimmen der Makroinvertebraten und die Unterhaltung im Labor

Meiner Familie und meinen Freunden, die mich in vielen Arbeiten unterstützt haben und geduldig waren

Abstract

Quellen sind einzigartige Lebensräume mit einer spezialisierten Fauna und hoher Diversität. Vor allem unter den Süßwassermilben gibt es viele Quellspezialisten. Über diese Gruppe ist noch wenig bekannt. Eine Referenzquelle für natürliche Quelllebensräume, die bevorzugt von Wassermilben besiedelt werden, ist wichtig für Vergleiche. Die Wegerhausquelle liegt im Schweizer Nationalpark und wurde schon vor 40 Jahren vom Milbenspezialisten Carl Bader untersucht. Ein Vergleich mit seinen Daten und zwei Quellen in extensiv genutzten Gebieten des Berner Oberlands soll helfen, zu untersuchen, ob sie als Referenzquelle dienen kann. Außerdem wurde getestet, ob die extensive Landnutzung einen Einfluss auf die Artenzusammensetzung hat. Die Quellen wurden qualitativ und quantitativ beprobt und abiotische Faktoren wurden aufgenommen. In den Quellen konnten insgesamt 68 Taxa gefunden werden, darunter 24 Süßwassermilbenarten. Die Artenzusammensetzung in den drei Quellen unterschied sich signifikant. Eine der Quellen zeigte klare Anzeichen der Beeinträchtigung durch Beweidung. Die Wegerhausquelle wurde wegen der Veränderung der Artenzusammensetzung und einem Verdacht auf vergangene Beeinträchtigung als Referenzquelle abgelehnt. Es konnte gezeigt werden, wie hilfreich die Erfassung von Süßwassermilben bei einem faunistischen Vergleich sein kann. Weitere Forschung und eine bessere Datengrundlage sind nötig, um eine Referenzquelle zu finden.

Inhaltsverzeichnis

Abstract	II
Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	IV
1. Einleitung	1
2. Untersuchungsgebiet	4
2.1. Klima	4
2.2. Geologie und Geomorphologie	5
2.3. Quellen	6
3. Material und Methoden	10
3.1. Strukturelle Erfassung und Erfassung der abiotischen Parameter	10
3.2. Untersuchung der Quellfauna	10
3.3. Statistische Auswertung	11
4. Resultate	12
4.1. Abiotik	12
4.2. Quellfauna	12
4.3. Statistische Auswertung	18
6. Diskussion	19
6.1. Methodendiskussion	19
6.2. Ergebnisdiskussion	20
6.2.3 Süßwassermilben	22
6.2.4 Vergleich Bader	23
6.2.5 Referenzquelle für Süßwassermilben	24
7. Fazit	26
Quellenverzeichnis	27
Internetverzeichnis	35
Bestimmungsliteratur	36
Anhang	i
1. Strukturbewertung nach Lubini et al. (2014)	i
2. Skizzen der Quellen	ii
3. Primer Output	vi

Abbildungsverzeichnis

Titelblatt: Schwarzenbodenquelle (Steiner, E., 2015)	
Abb. 1: Übersichtskarte der Quellstandorte (rot) (schweizerweltatlas.ch ,, 2017)	4
Abb. 2: Klimadiagramme (meteoschweiz.admin.ch , 2017)	5
Abb. 3: Geologie der Untersuchungsgebiete (map.geo.admin.ch , 2017)	6
Abb. 4: Schwarzenbodenquelle (Steiner, E., 2015)	7
Abb. 5: Iffigenalpquelle (Steiner, E., 2015)	8
Abb. 6: Wegerhausquelle (Steiger, R., 2015)	8
Abb. 7: Anzahl Individuen pro Quelle (Steiner, E., 2016)	13
Abb. 8: Anzahl Taxa pro Quelle (Steiner, E., 2016)	13
Abb. 9: nMDS Plot (Steiner, E., 2017)	18
Abb. 10: Boxplot Individuenzahl / Moos	18
Abb. 11: Boxplot Taxaanzahl / Moos	18

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: mittlere Herbst- & Frühjahrsmessungen der Abiotik	12
Tabelle 2: Taxaliste	16
Tabelle 3: Artenliste Wassermilben Bader (1977) und Wegerhaus	24

1. Einleitung

Quellen sind der Austritt des Grundwassers an die Oberfläche. Sie sind das Bindeglied zwischen der Oberfläche und dem Grundwasser, weshalb ihre Eigenschaften stark von der grundwasserführenden Schicht, dem Aquifer, geprägt sind. Dies zeigt sich vor allem in den ungewöhnlich konstanten Bedingungen bei permanent schüttenden Quellen. Oft sind bei diesen die physikochemischen Parameter übers Jahr hinweg, saisonal unabhängig, immer auf einem ähnlichen Niveau. Als Beispiel entspricht die Temperatur des austretenden Grundwassers etwa der Durchschnittstemperatur des Gebietes. (Van der Kamp, 1995)

Quellen werden grob in drei Typen eingeteilt, Rheo-, Helo- und Limnokrenen, und zwei Mischtypen, Rheohelokrenen (Schwörbel, 1959) und Rheopsammokrenen (Gerecke, 1991). Rheohelokrene sind Austritte, bei denen Sickerquellbereiche vorkommen, die aber im Gegensatz zu diesen punktueller zutage treten, und die am Ende des sumpfig-nassen Bereiches ein deutliches Gerinne bilden. Durch diese unterschiedlichen Fliessgeschwindigkeiten entstehen besonders strukturreiche, mosaikartige Quellen. Ausserdem weisen sie oft, durch den grossen durchnässten Teil, einen hohen Anteil an Moos auf. (Gerecke, 1991)

Laut der Definition sind Quellen der Übergangsbereich zweier Ökosysteme, auch Ökoton genannt. Quellen sind der Übergang von terrestrischen zu aquatischen Ökosystemen, aber auch von Grundwasser zu Oberflächengewässer (Webb et al., 1998; Cantonati et al., 2006). Dies und die speziellen abiotischen Bedingungen führen dazu, dass es neben Grenzhabitatbewohnern (Fauna Limnaria, Fauna Hygropetrica, Hygrophile terrestrische Fauna und in alpinen Gewässern auch Stygobionte und Stygophile (Thienemann, 1925, Cantonati et al., 2006)) auch Taxa gibt, welche sich genau an diese Bedingungen angepasst haben und darauf spezialisiert sind. Neben den Taxa, welche bevorzugt in Quellen leben (Krenophile) gibt es solche, welche ausschliesslich in Quellen vorkommen (Krenobionte) (Cantonati et al., 2012).

Obwohl sie oft klein sind, beherbergen die Quellen eine grosse Artenvielfalt (Gerecke et al, 2011). Natürliche Rheokrene und Quellen der intermediären Typologie (Rheohelokrene, Rheopsammokrene), aber auch moosreiche Helokrene und kleine Rheokrene mit hygropetrischen Bereichen wurden als besonders artenreich beschrieben (Cantonati et al, 1996; Di Sabatino et al. 2003; Ilmonen & Paasivirta, 2005), da sie eine grosse Anzahl Mikrohabitatem aufweisen. Weitere Gründe für die hohe Artenvielfalt sind der Übergangscharakter und die hohe Heterogenität durch mosaikartige Strukturen in der Quelle (Gerecke et al, 2011), aber auch die unterschiedlichen Bedingungen der verschiedenen Quellen und ihre disjunkte Verteilung in der Landschaft, welche ihnen einen gewissen Inselcharakter gibt (Cantonati et al., 2012).

Alpine Quellen unterscheiden sich von tiefer gelegenen. Mit zunehmender Höhe nimmt die Wassertemperatur ab (Küry et al, 2017). Im Gegensatz zu tiefer liegenden Quellen, welche meist von grossen Aquiferen gespeist sind (Cantonati et al., 2006), weisen Quellen höherer Lagen grössere Einflüsse von Schmelzwasser, Oberflächenabfluss und Zwischenabfluss auf

(Beierkuhnlein & Gollan, 1999; Brown et al. 2003). Die Schneeschmelze hat einen Einfluss auf den Abfluss, welcher stärkere Schwankungen aufweist (Wigger & von Fumetti, 2013). Die biotischen und abiotischen Unterschiede der Quelle zum Oberlauf des anliegenden Quellbaches sind geringer (Blattner, 2017). Ausserdem nimmt mit der Höhe der Anteil krenobionter Arten ab und wird durch alpine Arten ersetzt (Wigger et al., 2015). Generell unterscheidet sich die Artenzusammensetzung alpiner Quellen von tiefer liegenden Quellen (Von Fumetti et al., 2017). In den Alpen ist der Grossteil der Quellen rheokren (Di Sabatino et al. 2003).

Dieselben Eigenschaften (kleinräumig, isoliert, konstante Bedingungen, spezialisierte Fauna), welche Quellen so artenreich machen, machen sie auch äusserst sensibel auf Veränderungen von aussen (Zollhöfer 1997). Da Quellen durch ihre Isolation nach einer Störung nur sehr langsam von Quellspezialisten wiederbesiedelt werden (Zollhöfer 1999), ist ein Schutz naturnaher Quellen wichtig für den Erhalt dieser Taxa. Jedoch erfahren Quellen in der Schweiz einen hohen Nutzungsdruck, und nur noch wenige sind in natürlichem Zustand anzutreffen (Zollhöfer 1999). In der Schweiz sind Quellen ausserdem nicht explizit geschützt und sind in den Alpen seit längerem vor allem durch Forst- und Alpwirtschaft beeinflusst (Weber, 2006).

Eine zweite Bedrohung der alpinen Quellen ist die steigende Durchschnittstemperatur (Rebetz & Reinhard, 2008) und andere klimatische Veränderungen (Vittoz et al., 2011).

Um die Reaktion der Quellorganismen auf diese Veränderungen zu beobachten und eine Veränderung in der Artenzusammensetzung zu registrieren, ist es unumgänglich, einen Referenzzustand zu definieren (Blattner, 2015).

Da sich die Artenzusammensetzung von Region zu Region, in den Alpen sogar von Tal zu Tal (von Fumetti & Felder, 2014, Blattner 2015) unterscheidet, ist es für Beobachtungen von Veränderungen wichtig, zu ermitteln, welche Arten in einer Quelle einer spezifischen Region zu erwarten sind.

Wassermilben sind mit ca. 6000 bekannten Arten eine der artenreichsten Organismengruppen des Süßwassers. Die häufigste Gruppe in Süßwassersystemen sind die Hydrachnidia. Sie bewohnen praktisch alle Typen von Süßgewässern, viele von ihnen haben auch Quellen besiedelt (Walter & Proctor, 2013, Di Sabatino et al., 2000). Durch ihren hochkomplexen Lebenszyklus mit drei puppenähnlichen Ruhestadien und Larvalstadien mit unterschiedlichen ökologischen Ansprüchen (parasitische Larven, räuberische Nymphen und Adulte) (Martin, 2008) haben sie hohe Ansprüche an ihren Lebensraum und sind oft in hohem Masse an bestimmte Habitate gebunden (Schwoerbel, 1959; Young, 1969; Di Sabatino et al., 2000). Sie reagieren empfindlich auf physikochemische Störungen und anthropogene Einflüsse (Di Sabatino et al., 2003, Gerecke et al. 2005). Ausserdem sind die Wassermilben meist sehr individuen- und artenreich vertreten (z.B. Meyer, 1994; Smith et al. 2001; Gerecke, 2002). Diese hohe Spezialisierung auf Lebensräume und hohe Abundanz macht sie zu einmaligen Indikatoren für Störungen in Süßwassersystemen, insbesondere Quellen (Di Sabatino 2000; Goldschmidt, 2016). Ausserdem scheint ein hoher Anteil an Quellspezialisten unter den Wassermilben für naturnahe Quellen ein allgemeines Phänomen zu sein und wurde in

verschiedenen Regionen festgestellt (z.B. Di Sabatino et al. 2003; Cantonati et al. 2006; Blattner 2015).

Trotzdem werden die Hydrachnidia in Quelluntersuchungen oft nicht bis auf Artniveau bestimmt oder durch grosse Netzmaschengrössen nicht aufgenommen (Smith, 1991). In grossräumigen Gewässerbewertungsprogrammen werden sie normalerweise nicht aufgenommen (z.B. Lubini et al. 2014). Deshalb gibt es im Vergleich zu anderen Süßwasserarthropoden relativ wenig Informationen über ihre Verbreitung und Habitatvorlieben. Zusammengefasst für Europa sind diese in der Reihe „Süßwasserfauna von Mitteleuropa: Cehelicerata: Acari“ (Bartsch et al. 2007, Di Sabatino et al. 2010, Gerecke et al. 2016) ersichtlich. Um aber den vollen Informationsgehalt der Wassermilbenarten-zusammensetzung zu erhalten, ist es wichtig, weitere Erkenntnisse über die Ökologie, Biologie und die Verbreitung der Wassermilben zu erhalten.

Diese Arbeit dient dazu, mehr über die natürliche Ausbreitung und Vorlieben von Süßwassermilben zu erfahren und herauszufinden, welche Arten in einem alpinen Quelllebensraum der Schweiz natürlicherweise zu erwarten sind.

Natürliche Quellen findet man vor allem noch im alpinen Hochland. Untersuchungen zu Wassermilben in Quellen der Alpen gibt es unter anderem von Gerecke, (1998), Di Sabatino (2003), Cantonati et al. (2006), Stoch et al. (2011) und Blattner (2015, 2017).

Für diese Untersuchung wurden drei moos- und strukturreiche Rheo(helo)krene gewählt, da diese, im Hinblick auf Wassermilben, besonders individuen- und artenreich sind.

Zwei der untersuchten Quellen liegen in Sömmerrungsgebieten im Berner Oberland, die dritte im Schweizer Nationalpark, welcher unter strengem Naturschutz steht. Dort wurde erstmals im Jahre 1942 (Nadig) eine Quelluntersuchung unternommen, und auch heute werden die Quellen des SNP genutzt, um natürliche Quellsysteme zu charakterisieren (z.B. Felder, 2013; Kaufmann, 2014, Blattner, 2015). Auch im Berner Oberland wurden Quelluntersuchungen unternommen (Wigger & von Fumetti, 2013; Blattner 2017).

Vor 40 Jahren wurden ausserdem viele Quellen und Bäche des Schweizer Nationalparks vom Basler Milbenspezialist Carl Bader untersucht. Dieser hat die Resultate in mehreren Studien veröffentlicht (Bader, 1975; 1975a; 1977; 1990; 1994). Besonders intensiv hat er die beiden Quellen Ova dal Buogls und Stradin (auch Wegerhausquelle) untersucht, von denen Artenlisten der Süßwassermilben in der Hauptpublikation (Bader, 1977) vorhanden sind. Seine Ergebnisse sollen mit den heute gefundenen Milbenarten verglichen werden. Mit dem Vergleich dieser und weiterer bestehenden Untersuchungen soll herausgefunden werden, ob die Quelle im Schweizer Nationalpark als Referenzquelle für natürliche Quelllebensräume in den Alpen genutzt werden kann.

Ausserdem soll ermittelt werden, ob sich die Milbenfauna in diesen 40 Jahren verändert hat und ob eine extensive menschliche Nutzung eines Gebietes die Artenzusammensetzung stark verändert.

2. Untersuchungsgebiet

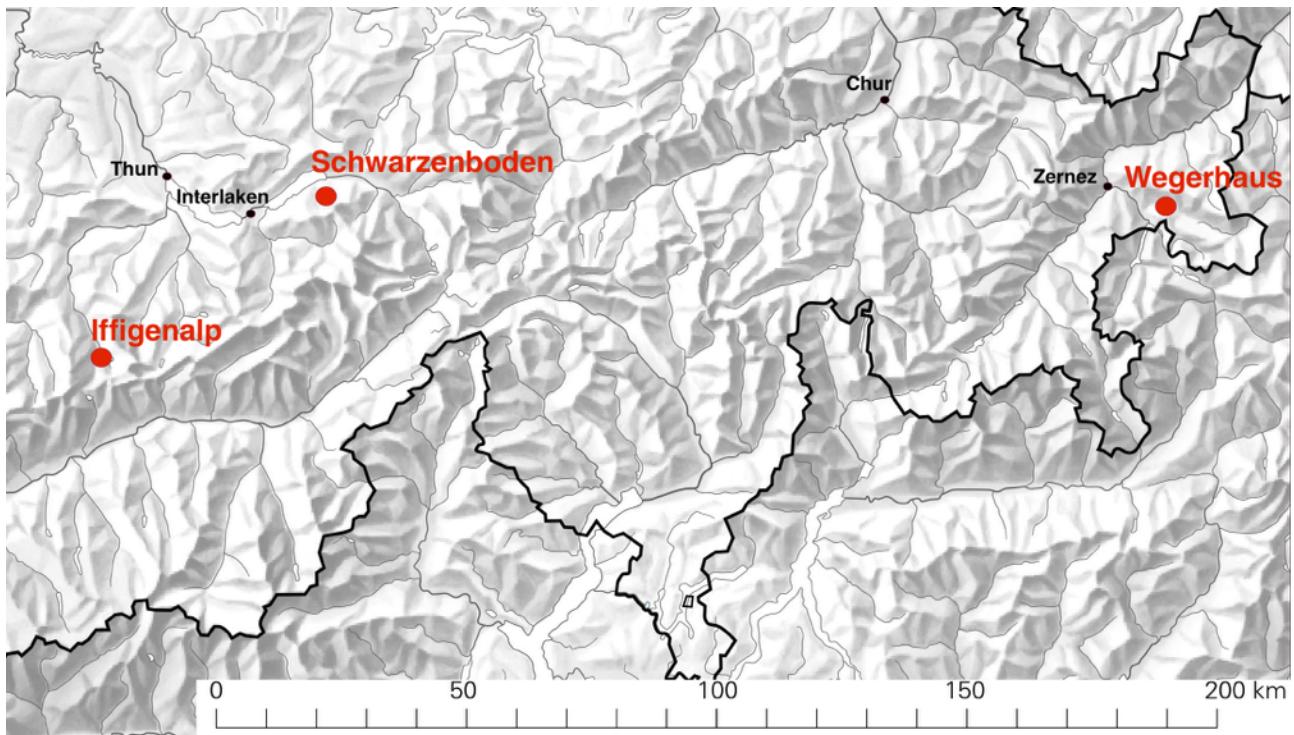


Abb. 1: Übersichtskarte der Quellstandorte (rot) (schweizerweltatlas.ch, 2017, abgeändert durch Steiner, E. 2017)

Die untersuchten Quellen befinden sich in den Schweizer Alpen (Abb. 1). Zwei davon im Berner Oberland, eine im Schweizer Nationalpark im Kanton Graubünden. Sie liegen auf einer Höhe zwischen 1500 und 2000 m ü. M., also in der hochmontanen (ab 1500 m ü. M.) und der subalpinen (ab 1750 m ü. M.) Stufe. In diesen Stufen befindet sich die Baumgrenze, welche in den Alpen zwischen 1650 - 2000 m Höhe liegt. Diese wird von Nadelbäumen gebildet, darüber kommt die Kampf- und Krummholzzone, welche durch Zwergstrauchheiden, Hochstaudenfluren und Alpenwiesen gekennzeichnet ist (Schuster, 2000). Die Nutzung in dieser Höhenstufe wechselt von vorwiegend forstwirtschaftlicher zu Weidenutzung im Sommer, die Sömmierung genannt wird (Weber, 2006, map.geo.admin.ch, 2017). Alle drei Gebiete sind im Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung (BLN) erfasst (bafu.admin.ch, 2017).

2.1. Klima

Einen Hinweis auf das Klima geben die jeweils den Quellen am nächsten liegenden Messstationen der Meteo Schweiz (Abb. 2). Für den Schwarzenboden ist dies die Messstation Interlaken (577 m ü.M.). Die mittleren Jahresniederschläge liegen bei 1'196 mm, die Durchschnittstemperatur bei 9°C. Das mittlere Temperaturminimum beträgt 4.6 °C und das mittlere Temperaturmaximum 13.9 °C. In der Nähe der Iffigenalp befindet sich die Station Adelboden (1320 m ü.M.). Dort liegen die mittleren Jahresniederschläge mit 1'338 mm am höchsten. Die durchschnittliche Temperatur beträgt 5.7 °C. Das mittlere Temperaturminimum liegt bei 1.8 °C und das mittlere Temperaturmaximum bei 10.7 °C. Die Station Buffalora (1968 m ü.M.) liegt sehr nahe bei der Wegerhausquelle. Die mittleren Jahresniederschläge mit 793 mm und auch die mittlere

Temperatur mit 0.7 °C sind die niedrigsten der drei Messstationen. Das mittlere Temperaturminimum beträgt -5.2 °C und das mittlere Temperaturmaximum 7.2 °C. (Messperiode 1981-2010, Meteo Schweiz)

Die drei Diagramme ähneln sich im Verlauf. Die Niederschläge nehmen im Frühling zu, zeigen ein Maximum im Sommer und nehmen im Herbst und Winter wieder ab. Die Station Buffalora weicht in der Menge des Niederschlages und der Temperatur von den beiden anderen ab, sie zeigt den typischen Klimaverlauf des Schweizer Nationalparks mit viel Sonne, wenig Niederschlägen und extremen Temperaturen (Haller et al. 2013). Da die beiden anderen Klimastationen weiter unten liegen als die Quelle selbst, sind die Standorte womöglich ähnlicher, als es mit diesem Vergleich wirkt. Das Klima wird in den Alpen lokal durch die Höhe und die Topographie stark beeinflusst (Beniston, 2000), die aktuell vorherrschenden Klimata der Quellen können also auch von diesen Grundtendenzen abweichen.

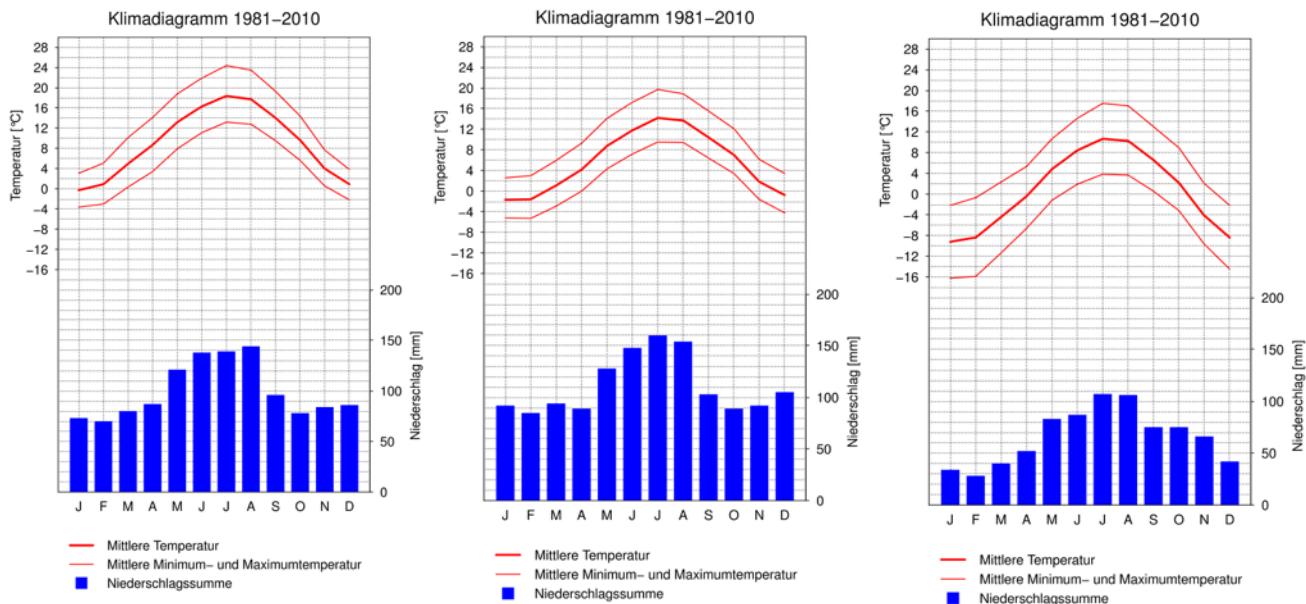


Abb. 2: Klimadiagramme (links: Interlaken, mitte: Adelboden, rechts: Buffalora) (www.meteoschweiz.admin.ch, 2017)

2.2. Geologie und Geomorphologie

Während die beiden Quellen im Berner Oberland im Helvetikum liegen, gehört der Schweizer Nationalpark zum Ostalpin (Pfiffner, 2015). Die Berner Alpen bestehen aus dem Aarmassiv (kristalline Gesteine, Gneis, Granit) und aus den helvetischen Decken (sedimentäre Gesteine wie Kalksteine und Mergel (projektwochen.info, 2017)) (Abb. 3). Der Schweizer Nationalpark ist durch die ostalpinen Decken charakterisiert, welche auch aus sedimentären Gesteinen bestehen, deren mächtigsten Anteil daran hat im Untersuchungsgebiet der Hauptdolomit (Haller, 2013) (Abb. 3). Die Untersuchungsgebiete sind stark durch geomorphologische Prozesse geprägt. Im gesamten Alpengebiet wirken Verwitterungs- und Erosionsprozesse sehr stark, aber auch die

Vergletscherung der letzten Eiszeit hat viele Spuren hinterlassen (Pfiffner, 2015). Während die Quelle der Iffigenalp auf alluvialen Ablagerungen liegt, ist der Schwarzenboden durch Bergstürze und Rutschungen gekennzeichnet. Auch die Quelle im SNP liegt in einem Gebiet, welches aus Blöcken, Geröllen und Hangschutt besteht, die durch die ehemalige Vergletscherung entstanden sind. (map.geo.admin.ch, 2017)

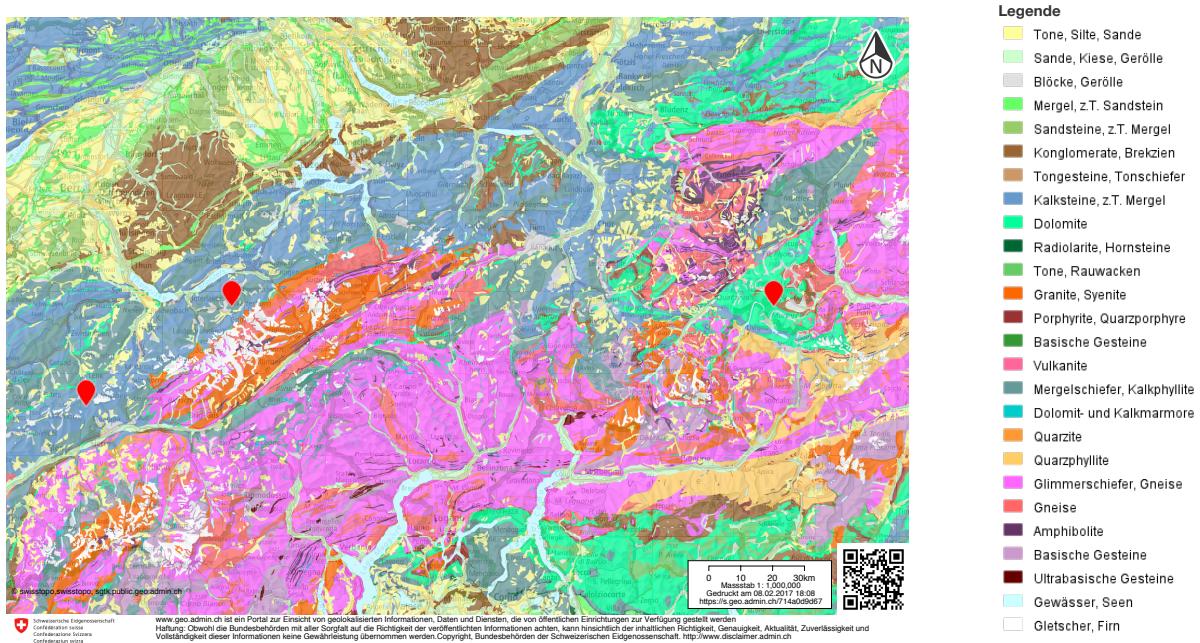


Abb. 3: Geologie der Untersuchungsgebiete (rote Punkte = Quellstandorte) (map.geo.admin.ch, 2017)

2.3. Quellen

2.3.1. Schwarzenboden

Der Schwarzenboden liegt in der Gemeinde Brienz (BE) im Berner Oberland. Er liegt im BLN 1511 („Giessbach“) und wird als „Landschaftlich äusserst reizvolles und im oberen Teil kaum erschlossenes Tal mit einer wenig gestörten Flora und Fauna.“ beschrieben (bafu.admin.ch, 2017). Ausserdem ist er Teil des eidgenössischen Jagdbanngebiets „Schwarzhorn“ (map.geo.admin.ch, 2017). Im Sommer wird auf der Alp „Tschingelfeld“, auf welcher der Schwarzenboden liegt, von Anfangs Juni bis Mitte September Vieh gesömmert. Dieses ist während zwei Monaten auch auf dem Schwarzenboden. Die Alp kann nur zu Fuss erreicht werden. Im Winter ist sie durch grosse Schneemengen und Lawinenniedergänge geprägt. (alporama.ch, 2017)

Die Quelle (Abb. 4) liegt am Nordhang des Schwarzhorns auf 1984 m ü. M.. Sie ist umgeben von einer Alpwiese. Sie ist eine rheokrene Quelle mit starkem Moosbewuchs. Das restliche Substrat besteht hauptsächlich aus Steinen, Kies und Schotter. Im Vergleich zu den anderen zwei Quellen besitzt sie einen vorwiegend punktuellen Austritt. Mit einem Quellbereich von ca. 50 m² ist sie ausserdem die kleinste der drei Quellen.



Abb. 4: Schwarzenbodenquelle

Das Substrat der Quelle ist mit einer ockerfarbigen Schicht überzogen (Eisenocker). Da das sauerstoffarme Grundwasser aus dem eisenhaltigen Mergelschiefer reduziertes Eisen löst, wird dieses bei Kontakt mit Sauerstoff in der Quelle ausgefällt (Weber, 2006).

Die Quelle entwässert in den Giessbach.

2.3.2. Iffigenalp

Die Iffigenalp liegt in der Gemeinde Lenk/Obersimmental (BE) im Berner Oberland. Sie liegt im BLN 1501 („Gelten-Iffigen“) und wird als „Wenig berührte Gebirgslandschaft...“ beschrieben (bafu.admin.ch, 2017). Im Sommer wird auf der Alp von Ende Juni bis Anfangs September Vieh gesömmert (alporama.ch, 2017). Auf der Wallisdole, in der auch die Quelle liegt, befinden sich Jungvieh-Schattställe (Roth, 2005). Die Alp kann mit dem Auto und dem Postauto erreicht werden, die Quelle ist nur 2 min. von der Strasse entfernt.

Die Quelle (Abb. 5) liegt in einer Alluvialebene auf 1539 m ü. M.. Sie ist umgeben von Alpwiesen und vereinzelten Fichten. Sie ist eine rheo- bis rheohelokrene Quelle mit starkem Moosbewuchs. Das restliche Substrat besteht hauptsächlich aus Steinen und Feinmaterial. Der Quellbereich erstreckt sich auf 200 m², und die Austritte sind zahlreich.

Die Quelle entwässert in den Iffigbach.



Abb. 5 Iffigenalpquelle

2.3.3. Wegerhaus Buffalora

Buffalora liegt in der Gemeinde Val Müstair (GR) in den Bündner Alpen. Ein Teil davon liegt im Schweizer Nationalpark. Dieser besteht seit 1914 als öffentlich-rechtliche Stiftung und ist frei von direktem Einfluss des Menschen. (nationalpark.ch, 2017) Der Park gehört der höchsten



Abb. 6: Wegerhausquelle

Schutzkategorie (1a, strict nature reserve) der IUCN an. (iucn.org, 2017) Somit ist er ein wichtiges Referenzgebiet für den Naturschutz und die Forschung. Buffalora selbst liegt an der Ostgrenze des Parks an der gut ausgebauten Ofenpassstrasse H28.

Die Quelle (Abb. 6) liegt im offenen Gelände der Buffalora-Ebene, einer Alluvialebene auf 1958 m ü. M.. Auch sie ist umgeben von Alpwiesen auf der einen Seite, auf der anderen vom Flussbett der Ova dal Fuorn, einem Gebirgsbach, in den die Quelle entwässert. Der Quellbereich ist auf etwa 600 m² ausgedehnt, mit vielen Austritten, und damit die flächenmässig grösste untersuchte Quelle. Auch sie ist eine Rheo- bis Rheohelokrene mit starkem Moosbewuchs. Die restlichen Substrate setzen sich hauptsächlich aus Steinen und Feinmaterial zusammen.

3. Material und Methoden

Die Quellstandorte im Berner Oberland wurden von Lucas Blattner ausgewählt, welcher sie im Rahmen eines Praktikums kartiert hatte und kannte. Die Quelle im Schweizer Nationalpark bot sich an, da Carl Bader bereits Untersuchungen an ihr unternommen hat (Bader, 1977). Die Quellen gehören dem Typ Rheokrene bis Rheohelokrene an. Sie wurden unter anderem wegen der steten Schüttung, ihrem hohen Struktur- und Moosgehalt und der unterschiedlichen Nutzung gewählt. Außerdem sollten sie auf einer vergleichbaren Höhe liegen. Die Quellen wurden dann einmal im Herbst und einmal im Frühling beprobt, um einen möglichst grossen Anteil der Artenvielfalt zu erfassen. Da der optimale Zeitpunkt höhenabhängig ist (Lubini et al, 2014), wurde der 3., 9. und 11. Oktober 2015 für die Herbstproben und der 25. und 26. Juni und der 11. Juli für die Frühlingsproben gewählt.

3.1. Strukturelle Erfassung und Erfassung der abiotischen Parameter

Der strukturelle Zustand der Quelle wurde mit dem Bewertungsverfahren nach Lubini et al. (2014) erfasst. Es wurden auch Fotografien und je eine Skizze gemacht. Die abiotischen Parameter (pH, Temperatur, Sauerstoffgehalt [mg/l, %] und elektrische Leitfähigkeit [$\mu\text{S}/\text{cm}$]) wurden mit den Feldmessgeräten Oxi330i, Cond3110 und pH3210 der Firma WTW (Wissenschaftlich-Technische Werkstätte GmbH, Weilheim) gemessen. Dabei fiel das pH-Gerät im Frühling bei den Quellen im Berner Oberland aus. Im Herbst wurden ausserdem Temperaturlogger ausgebracht, welche bei der Frühlingsbeprobung wieder entfernt wurden. Der Temperaturlogger der Iffigenalpquelle konnte im Frühling nicht mehr aufgefunden werden, weshalb eine Datenreihe fehlt.

3.2. Untersuchung der Quellfauna

Zur Erfassung der Quellorganismen wurden pro Quelle fünf Proben entnommen. Vier davon waren quantitative Proben. Dabei wurde, unter Berücksichtigung der dominierenden Substratarten, mit einem Surber-Sampler ($4*10\text{cm}^2*10\text{cm} = 0.04 \text{ m}^2$, 200 μm Maschenweite) (von Fumetti et al., 2006), vom unteren Quellbereich zum Quellaustritt beprobt (von Fumetti et al., 2007). Die kleine Maschenweite wurde gewählt, um auch kleine Organismen zu erfassen (Blattner, 2015). Bei den Steinproben wurden in einer Weisschale die grösseren Steine entfernt, die Moosproben wurden direkt mit dem Moos in ein Becherglas gefüllt. Mit 80 % Ethanol wurden die Proben dann konserviert. Für die halbquantitativen Proben wurden mit einem Handnetz (200 μm Maschenweite) 10 bis 15 Stellen mit verschiedenen Substraten beprobt. Die Substrate wurden auch hier je nach ihrer Häufigkeit beprobt. Dabei wurde das Substrat aufgewühlt, während das Netz in Flussrichtung die Organismen auffing. Die Turbellaria wurden, da sie sich durch Ethanol stark verformen, schon im Feld bestimmt. Die faunistischen Proben wurden mit einem Stereomikroskop im Fliessgewässerlabor der Forschungsgruppe Biogeographie der Universität Basel aussortiert. Terrestrische Arten wurden dabei nicht berücksichtigt. Da der Umfang der Moosproben so gross

war, wurden diese in einem grobmaschigen Sieb über einer Weisschale mehrmals sehr gründlich ausgewaschen und dann aus dem Auswasch aussortiert. Diese Methode wurde anfangs überprüft, indem das übrig gebliebene Moos auf Organismen abgesucht wurde. Dann wurden die Organismen mit einem Stereomikroskop (bis 120x) möglichst bis Artniveau bestimmt. Die Wassermilben der Herbstbeprobung wurden in Koenike's Lösung präpariert und in Hoyer's Gemisch auf Objektträger fixiert (nach Anleitung von Lucas Blattner und gemäss Bartsch et al., 2007). So konnten sie mit Hilfe eines Lichtmikroskops (10x - 100x) auf Artniveau bestimmt werden. Die Wassermilben der Frühlingsbeprobung wurden nicht bestimmt, einerseits aus zeitlichen Gründen, aber auch weil sich ihre Artenzusammensetzung übers Jahr nicht gross ändert (Bader, 1977; Bartsch, 2007). Die ökologische Wertesumme der faunistischen Zusammensetzung wurde für die drei Quellen ermittelt (nach Lubini et al. 2014).

3.3. Statistische Auswertung

Die abiotischen Daten wurden nicht statistisch analysiert, da eine zu kleine Stichprobenanzahl vorhanden war, um sinnvolle Tests zu machen. Da die Loggerdaten der Iffigenalpquelle nicht vorhanden waren, konnten auch diese nicht verglichen werden.

Die faunistischen Daten der Herbstbeprobung wurden mit dem Programm PRIMER (Clarke & Gorley, 2006) ausgewertet und analysiert. Anzahl Individuen pro Art pro Beprobungsstandort wurden in einer species-site Matrix dargestellt. Die Abundanzen wurden mittels Quadratwurzel transformiert, und es wurde das Distanzmass zwischen den einzelnen Proben ermittelt, indem eine nMDS (nonmetric Multidimensional Scaling) erstellt wurde. Dabei wurde die Bray-Curtis-similarity als Distanzmass verwendet (Leyer & Wesche, 2006). Das Stress-Mass zeigt die Güte der Abbildung, sie ist bei Werten < 0.1 gut (Clarke & Gorley, 2006). Die Signifikanz der Unterschiede der Artenzusammensetzung zwischen den Quellen wurde mit einer ANOSIM überprüft. Der globale R-Wert (0 bis 1) beschreibt die Stärke der Ähnlichkeit, wobei ein tieferer Wert eine stärkere Ähnlichkeit zeigt (Clarke & Gorley, 2006).

Da ein Unterschied auffiel, wurde mit dem Programm R (Version 3.1.2) getestet, ob sich die Individuen- und Taxaanzahl zwischen Moosproben und nicht-Moosproben der Herbstuntersuchung signifikant unterscheidet. Um den passenden Test dafür zu finden, wurden die Daten mit einem Shapiro-Wilk-Test (Shapiro & Wilk, 1965) auf Normalverteilung getestet und mit einem Fligner-Killeen-Test (Fligner & Killeen, 1976) auf Varianzhomogenität. Es wurde ein Kruskal-Wallis-Test (Kruskal & Wallis, 1952) verwendet, um die Mittelwerte der Individuenzahlen zu vergleichen.

4. Resultate

4.1. Abiotik

Tabelle 1: mittlere Herbst- & Frühjahrsmessungen, einmalige Protokollaufnahme

Quelltyp		Hang-neigung	Höhe über Meer [m]	T [°C]	pH	Leitfähigkeit [μ S/cm]	Sauerstoffgehalt [%]	Sauerstoffgehalt [mg/l]	Anzahl Substrate	mittlere Fliessgeschwindigkeit
Schwarzenboden	rheokren	mässig	1984	3.65	8	144.9	92.1	9.39	9	mässig
Iffigenalp	rheohelokren	schwach	1539	5.1	7.9	217.5	104.2	11.3	8	schwach-mässig
Wegerhaus	rheohelokren	schwach	1958	6.85	7.5	261	93.3	8.9	9	schwach-mässig

Die Schwarzenbodenquelle lag am höchsten, die Iffigenalpquelle am niedrigsten. Dennoch sind alle drei auf vergleichbarer Höhe. Auch der pH und die Anzahl Substrate sind auf ähnlichem Niveau. Nach dem Aufnahmeverfahren nach Lubini et al. (2014) erhielten alle Quellen für die Struktur den Status „naturnah“. Die Schwarzenbodenquelle floss schneller als die anderen beiden und bildete dadurch schneller ein Gerinne. Sie war ausserdem die kälteste der drei Quellen. Die Wegerhausquelle war die wärmste und hatte die höchste Leitfähigkeit. Diese war in der Schwarzenbodenquelle deutlich niedriger. Die Iffigenalpquelle hat einen leicht erhöhten Sauerstoffgehalt. Die Schüttung der Quellen war an den zwei Begehungstagen sehr unterschiedlich, im Frühling führten sie mehr Wasser, und ein grösserer Teil des Bereiches war durchnässt.

4.2. Quellfauna

Im Ganzen wurden in den 30 Proben 11'470 Individuen gefunden. Davon waren die Diptera mit 7'004 Individuen bei weitem die individuenreichste Gruppe. Ebenfalls zahlreich waren Ostracoda mit 1'478 Individuen und Turbellaria mit 1'341 Individuen. Die Gruppe der Acari war mit 671 Individuen vertreten. In der Schwarzenbodenquelle wurden am wenigsten Individuen gefunden, die Wegerhausquelle war die individuenreichste (Abb. 7). Im Ganzen wurden 68 verschiedene Arten und höhere Taxa gefunden. Mit 24 Arten waren die Acari dabei die artenreichste Gruppe, jedoch wurden nicht alle Gruppen auf Artniveau bestimmt. Die Wegerhausquelle war mit 42 Taxa die diverseste, dicht gefolgt von der Schwarzenbodenquelle mit 41 Taxa. In der Iffigenalpquelle wurden 29 Taxa gefunden (Abb. 8). Bei der Berechnung des faunistischen Wertes nach Lubini et al. (2014) wurden die Schwarzenboden- und die Iffigenalpquelle mit ökologischen Wertezahlen >20 in die Klasse „quelltypisch“ eingestuft, die Wegerhausquelle mit einem Wert von 19.8 in die Klasse „bedingt quelltypisch“.

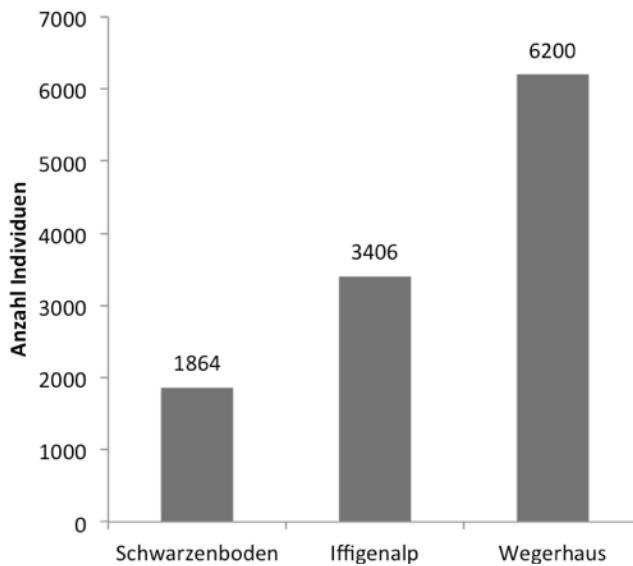


Abb. 7: Anzahl Individuen pro Quelle

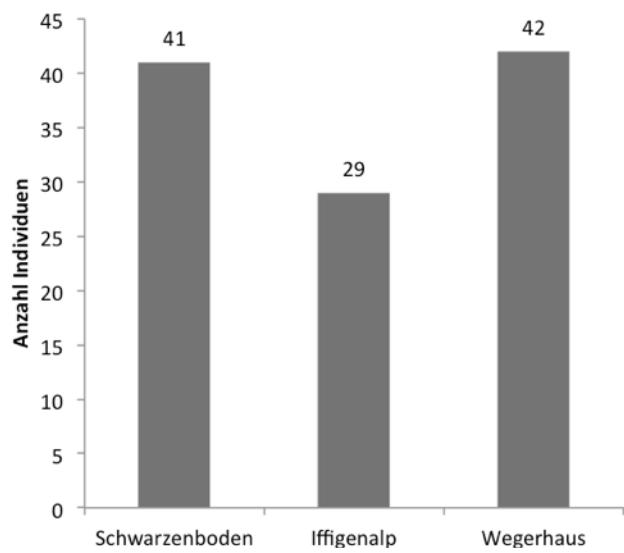


Abb. 8: Anzahl Taxa pro Quelle

Die einzige gefundene Art der Turbellaria ist *Crenobia alpina* Dana, 1766, eine kaltstenotherme Art. Für die Art wurde eine Lethaltemperatur von 12°C bestimmt (Lampert & Sommer, 1999). Neben Quellen kommt sie in den Alpen auch in Gebirgsbächen und -seen vor (Fischer, 1996). Sie war in den untersuchten Quellen zahlreich, vor allem in der Iffigenalp- und der Wegerhausquelle. Auch die Gastropoda waren nur mit einer Art vertreten. *Galba truncatula* (Müller, 1774) ist eine sehr anpassungsfähige, überall in der Schweiz vorkommende Art, welche vor allem stehende und langsam fliessende Gewässer bewohnt (Boschi, 2011). Sie wurde nur auf der Iffigenalp gefunden. Ostracoda wurden vor allem in der Iffigenalp- und der Wegerhausquelle gefunden. Sie ernähren sich oft von Detritus und Mikroorganismen (Meisch, 2000) und meiden schnell fliessende Quellen (Stoch et al., 2011). *Niphargus* sp. sind Grundwasserbewohner (Stygobionte) und kommen deshalb ab und zu auch in Quellen vor (Eggers & Martens, 2001). Sie wurden nur in der Wegerhausquelle gefunden, andere Amphipoden wurden in keiner der Quellen gefunden.

Die Süßwassermilben waren zahlreich, sowohl in Bezug auf die Individuen- als auch die Artenanzahl. In den drei Quellen wurden sehr viele krenophile und krenobionte Arten gefunden. Die Schwarzenbodenquelle war die artenreichste mit 18 Arten, in der Wegerhausquelle wurden 11 Arten gefunden, in der Iffigenalpquelle nur 6 Arten. Die gesamthaft am zahlreichsten gefundene Art ist *Lebertia maculosa* Koenike 1902. Sie wird als krenophile, hauptsächlich in schnell fliessenden Rheokrenen vorkommende, in höheren Gebirgen weit verbreitete Art beschrieben (Di Sabatino et al., 2010). In der Schwarzenboden- und Wegerhausquelle war sie die häufigste Art. In der Iffigenalpquelle war sie auch häufig, aber *Feltia minuta* Koenike 1892 war dort am häufigsten. Diese Art kommt in ganz Europa vor und ist nicht auf Quellen spezialisiert. Sie kommt häufig in schnell fliessenden Flüssen höherer Lagen vor, wurde aber auch in Shagnumquellen gefunden (Gledhill, 1973). Außerdem wurde sie von Young (1969) in Kanada als euryök eingestuft, toleriert also grosse Höhenunterschiede und sehr unterschiedliche Umweltbedingungen.

In der Iffigenalpquelle waren außerdem *Lebertia schechteli* Thor, 1913 (alpiner Krenobiont oder krenophil, Di Sabatino et al., 2010) und *Atractides vaginalis* (Koenike, 1905) häufig, eine krenobionte Art, die alpine Rheokrenen und Rheohelokrenen bevorzugt (Gerecke et al., 2016).

Die krenobionten Arten *Lebertia cuneifera* Walter, 1922 und *Hygrobates norvegicus* (Thor, 1897) und die krenophile Art *Sperchon thienemanni* Koenike, 1907 waren in der Wegerhausquelle häufig und bevorzugen detritusreiche Rheohelokrenen. (Di Sabatino et al., 2010; Gerecke et al., 2016). *Sperchon violaceus* Walter, 1944 dagegen, auch eine häufige Art, ist eine krenophile bis rhithrobionte Art, welche in alpinen Quellen mit viel mineralischem Substrat vorkommt (Di Sabatino et al., 2010). Die drei Arten *Atractides panniculatus* Viets, 1925, *Atractides walteri* (Viets, 1925) und *Lebertia schechteli* Thor, 1913 welche mit über zehn Individuen festgestellt werden konnten, sind Krenobionten (Di Sabatino et al., 2010; Gerecke et al., 2016). Die restlichen Arten sind eher selten. *Lebertia giardinai* Maglio, 1908 ist eine krenobionte Art, die in Europa nur von Brenta in Italien und dem Engadin bekannt ist (Di Sabatino et al., 2010). Sehr auffällig ist, dass die gesamte Gattung *Feltria* in der Wegerhausquelle nicht gefunden wurde. Sie sind Indikatoren für natürliche Konditionen und verschwinden bei Störungen wie Verschmutzung oder saisonalen Strömungsschwankungen (Gerecke, 2012).

In der Schwarzenbodenquelle war neben *L. maculosa* Koenike, 1902, *L. schechteli* Thor, 1913 häufig, alle anderen Arten kamen in niedrigen Individuendichten vor. Neben fünf Krenobionten und drei krenophilen Arten sind drei davon Hyporheobionten und drei Rhithrobionten (Di Sabatino et al., 2010; Gerecke et al., 2016). Alle haben eine hauptsächliche Verbreitung in montanen bis alpinen Gewässern, einige davon bevorzugen moosreiche Rheokrenen. Zu erwähnen ist hier der Fund der als selten eingestuften Art *Sperchon longirostris* Koenike, 1895 (Di Sabatino et al., 2010).

Ephemeroptera wurden wenige gefunden, in der Iffigenalp waren sie völlig abwesend. Die gefundenen Arten haben eine krenale bis rithrale Verbreitung (Studemann et al. 1992). Die gefundenen Steinfliegenarten haben, mit der Ausnahme von *Perlodes intricatus* (Pictet, 1841) und *Isoperla rivulorum* (Pictet, 1841), ihren Verbreitungsschwerpunkt in Quellen (Lubini et al., 2012). Die höchste Individuen- und Taxazahl wurde in der Wegerhausquelle gefunden. *Dictyogenus fontium* Ris, 1896, welche nur in der Schwarzenbodenquelle vorkam, ist eine typische quellbewohnende Art und auf der Roten Liste der Schweiz als potentiell gefährdet eingestuft (Lubini et al., 2012). Steinfliegen sind bekannt dafür, sehr sensitiv auf Störungen zu reagieren (Silveri et al., 2008). Viele Trichopteren konnten nicht auf Artenniveau bestimmt werden, da die Bestimmungsmerkmale noch nicht ausgebildet waren. *Drusus monticola* McLachlan, 1876, welche in allen drei Quellen vorkam, ist eine krenophile Art (Waringer & Graf, 2011). Sie ist auf der Roten Liste der Schweiz als potentiell gefährdet eingestuft (Lubini et al., 2012). Die restlichen Arten waren alle nur mit je einem Individuum vorhanden. Dabei war keine von ihnen krenobiont, es wurden aber in der Iffigenalp- und der Wegerhausquelle weitere krenophile Arten gefunden. *Rhyacophila pubescens* Pictet, 1834 ist eine Art, welche in Gebirgsbächen, aber auch in Quellen tieferer Lagen (Von Fumetti, 2014) vorkommt und in der Schweiz nur lokal verbreitet ist (Lubini, 1989). Sie ist eine ausgesprochen typische Quellart (Graf, 2012). *R. hirticornis* McLachlan, 1879 ist zwar keine ausgesprochene Quellart, aber dringt gerne bis in Quellen vor. Sie ist außerdem

bekannt für saubere, anthropogen unbeeinflusste Gewässer (Graf, 2012). *R. intermedia* McLachlan, 1868 wurde in der Schwarzenbodenquelle gefunden, sie ist nicht krenophil, aber an kalte Gewässer höherer Lagen gebunden (Küry et al., 2016). *Rhyacophila* sensu stricto ist der Artenverbund *R. dorsalis* (Curtis, 1834) und *R. vulgaris* (Pictet, 1834). Von der Verbreitung her (cscf.ch, 2017) würde *R. vulgaris* besser passen, sie sind aber beide euryök, häufig und weit verbreitet in der Schweiz (Lubini, 1989). *Pseudopsilopteryx zimmeri* (McLachlan, 1876) bewohnt detritus- & pflanzenreiche Gebirgsbäche (Tobias & Tobias, 1981), ist also ein Bewohner des Rithrals, der aber auch in Sickerquellen vorkommt, wenn genug Moos vorhanden ist (Hohmann, 2011). Sie toleriert ausserdem relativ hohe Temperaturschwankungen (Lubini et al., 2012). Bei den Diptera konnte nur *Twinnia hydrooides* (Novak, 1956) bis auf Artniveau bestimmt werden. Diese wurde nur in der Iffigenalpquelle gefunden. Es handelt sich um eine Art, welche vor allem im montanen und alpinen Krenal und Hypokrenal mit niedrigem Abfluss und Moosen vorkommt (Jedlicka, 2006).

Tabelle 2: Abundanzen der Taxa der quantitativen und qualitativen Sommer- und Herbstproben

	Schwarzenboden	Iffigenalp	Wegerhaus
Turbellaria			
<i>Crenobia alpina</i> Dana, 1766	153	625	563
Oligochaeta	166	93	193
Gastropoda			
<i>Galba truncatula</i> (Müller 1774)	0	37	0
Ostracoda	29	117	1332
Amphipoda			
<i>Niphargus</i> sp.	0	0	1
Copepoda	0	75	52
Acari			
<i>Atractides macrolaminatus</i> Láska, 1956	1	0	0
<i>Atractides fonticolus</i> (Viets, 1920)	0	0	1
<i>Atractides panniculatus</i> Viets, 1925	1	0	13
<i>Atractides vaginalis</i> (Koenike, 1905)	5	7	0
<i>Atractides walteri</i> (Viets, 1925)	1	0	11
<i>Feltria cornuta</i> Walter, 1927	3	0	0
<i>Feltria minuta</i> Koenike, 1892	6	120	0
<i>Feltria phreaticola</i> Schwoerbel, 1959	1	0	0
<i>Feltria rubra</i> Piersig, 1898	1	0	0
<i>Feltria setigera</i> Koenike, 1896	4	5	0
<i>Feltria zschokkei</i> Koenike, 1896	1	0	0
<i>Hygrobates norvegicus</i> (Thor, 1897)	2	0	28
<i>Lebertia cuneifera</i> Walter, 1922	0	0	18
<i>Lebertia giardinai</i> Maglio, 1908	0	0	3
<i>Lebertia cf. macilenta</i> Viets, 1926	1	0	0
<i>Lebertia maculosa</i> Koenike, 1902	76	116	59
<i>Lebertia salebrosa</i> Koenike, 1908	5	0	0
<i>Lebertia schechteli</i> Thor, 1913	31	4	11
<i>Lebertia cf. schechteli</i> (neue Art?)	4	12	0
<i>Sperchon glandulosus</i> Koenike, 1886	0	0	2
<i>Sperchon longirostris</i> Koenike, 1895	1	0	0
<i>Sperchon squamosus</i> Kramer, 1879	1	0	0
<i>Sperchon thienemanni</i> Koenike, 1907	0	0	25
<i>Sperchon violaceus</i> Walter, 1944	0	0	37
Ephemeroptera			
Beatidae	8	0	1
<i>Baetis alpinus</i> (Pictet, 1843)	25	0	0
<i>Ecdyonurus</i> sp.	0	0	1
<i>Rhithrogena loyolaea</i> Navàs, 1922	1	0	0

Plecoptera

<i>Dictyogenus fontium</i> Ris, 1896	4	0	0
<i>Isoperla rivulorum</i> (Pictet, 1841)	0	3	5
<i>Leuctra</i> sp.	0	2	0
<i>Nemouroidea</i> (=Euholognatha)	1	3	12
<i>Nemoura</i> sp.	0	1	4
<i>Nemoura mortoni</i> Ris, 1902	3	0	46
<i>Neumora obtusa</i> Ris, 1902	0	0	1
<i>Nemurella pictetii</i> Klapálek, 1900	3	0	2
<i>Perloidea</i> (=Systellognatha)	3	1	12
<i>Perlodidae</i>	0	0	9
<i>Perlodes intricatus</i> (Pictet, 1841)	0	0	1
<i>Protonemura</i> sp.	1	0	7

Trichoptera

<i>Drusus monticola</i> McLachlan 1876	4	13	1
<i>Limnephilidae</i> Kolenati, 1848	2	226	0
<i>Limnephilus coenosus</i> Curtis, 1834	0	0	1
<i>Pseudopsilopteryx zimmeri</i> (McLachlan, 1876)	0	0	1
<i>Rhyacophila dorsalis/vulgaris</i>	1	0	1
<i>Rhyacophila hirticornis</i> McLachlan, 1879	0	0	1
<i>Rhyacophila intermedia</i> McLachlan, 1868	1	0	0
<i>Rhyacophila pubescens</i> Pictet, 1834	0	1	0

Diptera

<i>Ceratopogoninae</i>	1	1	8
<i>Chironomidae</i> Newman, 1834	1164	1154	3258
<i>Chironomini</i>	9	0	402
<i>Dicranota</i> sp.	8	20	0
<i>Empididae</i>	0	0	1
<i>Limoniidae</i>	0	1	0
<i>Lispe</i> sp.	0	12	1
<i>Psychodidae</i>	106	497	23
<i>Pedicia</i> sp.	0	0	1
<i>Prosimulium</i> sp.	0	1	0
<i>Simulium</i> sp.	3	0	0
<i>Tanypodinae</i>	23	23	26
<i>Tanytarsini</i>	0	188	25
<i>Twinnia hydrooides</i> (Novák, 1956)	0	48	0

4.3. Statistische Auswertung

Die Analyse der Daten mittels nMDS zeigte, dass sich die Quellen untereinander in der Artenzusammensetzung unterscheiden (Abb. 9). Die Proben der einzelnen Quellen sind untereinander ähnlicher als zwischen den Quellen. Die ANOSIM zeigte einen Global R Wert von 0.63 und $p=0.001$, das heisst, der Unterschied der Artenzusammensetzung ist signifikant.

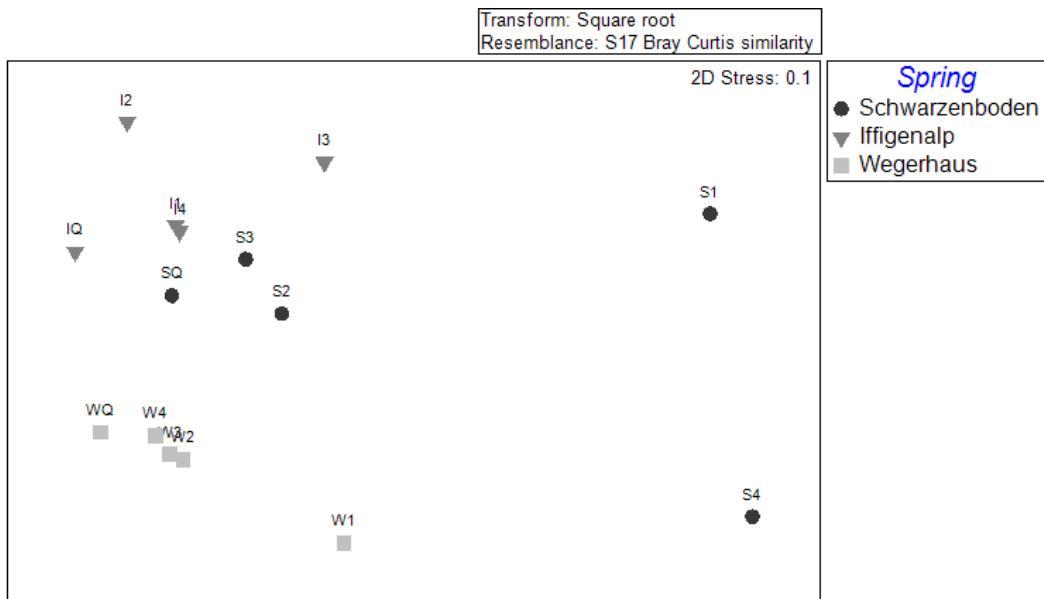


Abb. 9: nMDS Plot

Bei den Tests zur Individuen- und Taxazahl in Moos- und nicht-Moosproben wurde ein Kruskal Wallis Test angewendet, da die Daten zwar Varianzhomogenität aufwiesen (F_{kt} , Individuen: $p = 0.2355$; Taxa: $p = 0.7836$), aber nicht normalverteilt waren (SW_{t} , Individuen: $p = 0.09476$; Taxa: $p = 0.3461$). Der Kruskal Wallis Test zeigte eine signifikant höhere Individuen- (KW_{t} , $p = 0.006578$) und Taxazahl (KW_{t} , $p = 0.1467$) in den Moosproben. Dies ist auch in den Boxplots gut ersichtlich (Abb. 10; Abb. 11).

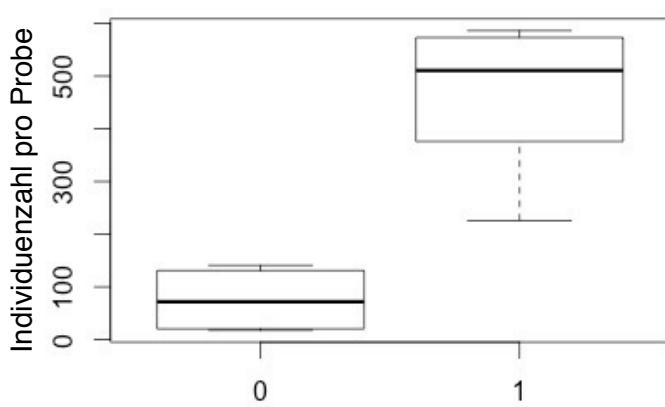


Abb. 10: Boxplot der Individuenzahl bei Nicht-Moosproben (0) und Moosproben (1)

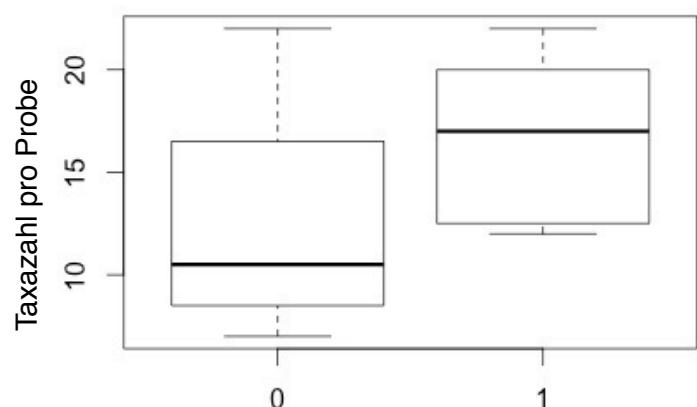


Abb. 11: Boxplot der Taxazahl bei Nicht-Moosproben (0) und Moosproben (1)

6. Diskussion

6.1. Methodendiskussion

Die Auswahl der Quellen ist in der Hinsicht auf Vergleichbarkeit untereinander gut gelungen. Die Schwarzenbodenquelle liegt zwar in steilerem Gelände, die Quellen hatten aber alle ein ausgeprägtes Moospolster und erwiesen sich als strukturreich. Die Quelle Ova dal Buogls wäre für die Suche einer Referenzquelle wohl geeigneter gewesen als die Wegerhausquelle, da sie schon von Bader (1977) als weniger beeinträchtigt und artenreicher beschrieben wird.

Die abiotischen Messungen mit Feldmessgeräten sind zu empfehlen. Da die Geräte trotz vorheriger Kontrolle ausfallen können, empfiehlt es sich, bei empfindlichen Geräten einen Ersatz bereit zu haben. Ausserdem erwies sich das mehrmalige Messen der verschiedenen Parameter als wichtig, da diese vor allem bei strukturreichen Quellen sehr unterschiedlich sein können. Für eine Langzeitstudie einer Quelle würden sich ausserdem mehr Logger lohnen, welche ganzjährige Daten liefern. Die Temperaturlogger wurden zwar an gekennzeichnete Stellen platziert, da aber im Winter oft viel Schnee liegt und die Wassermenge stark variieren kann, ist es schwierig, sie bestehend festzumachen. Es muss darauf geachtet werden, sie an der Gewässersohle festzumachen. Ein Eisennagel würde das Wiederauffinden mittels Metalldetektor ermöglichen (Blattner, 2017).

Da eine Referenzquelle für den gesamten alpinen Raum gesucht wird, ist eine Auswahl in zwei biogeographischen Regionen sinnvoll. Es macht den Vergleich der gefundenen Arten jedoch schwierig, da bei einer Anzahl von drei Quellen nicht klar ist, ob eine Art in der Region nicht vorkommt oder nur in dieser Quelle fehlt. Die Beprobungen der beiden Quellen im Berner Oberland wurden bei der Frühlingsbeprobung zu früh durchgeführt, was sich vor allem bei der Schwarzenbodenquelle in einer niedrigen Organismenzahl zeigte. Die Beprobung mit den Surber Samplern ist eine gute Methode, um vergleichbare Resultate zu erreichen und die Dichte der Besiedlung eines Abschnittes zu berechnen. Bei vier Proben werden jedoch nur die häufigsten Substrate berücksichtigt. Bei Rheohelokrenen ist ausserdem die Wahl der vier Probestellen nicht immer klar, da die Austritte zahlreich sind. Mithilfe der halbquantitativen Beprobung können auch seltener Substrate beprobt werden. Diese sollte jedoch auch die Häufigkeit der Substrate berücksichtigen, um die Datensätze vergleichbarer zu machen. In den meisten Fällen wurden bei den halbquantitativen Proben die höchsten Individuen- und Artenzahlen gefunden, was zeigt, dass sie zu einer genaueren Abbildung der Artengemeinschaft führen können. Bei den Acari war dies jedoch nicht immer der Fall. Da das Moos bei den halbquantitativen Proben nur „geschüttelt“ wurde, könnte es darauf hinweisen, dass sich die Milben im Moos gut festhalten können und durch gutes „Schütteln“ nicht gelöst werden können. Die Maschenweite von 200 µm ist klein genug, um auch kleinere Milbenarten (z.B. *Feltria* spp.) einzufangen. Es wurden allerdings nur wenige Nymphen gefunden. Da aber schon bei 200 µm das Auswaschen der Proben durch Verstopfen des Netzes schwierig wird, ist eine kleinere Maschenweite nur dann zu empfehlen, wenn gezielt nach Nymphen gesucht werden soll.

Das Konservieren mit Ethanol hat weitgehend funktioniert. In den Moosproben war aber teilweise viel Wasser, sodass die Konzentration des Ethanols wohl stark gesenkt wurde. Einige der Organismen machten einen stark abgenutzten oder zersetzen Eindruck, was aber auch an der mechanischen Abnutzung durch Substratreste liegen könnte. Nach der Beprobung sollten die Proben möglichst wenig bewegt werden, und wenn Moosproben nicht gleich aussortiert werden können, sollte das Ethanol im Labor ausgewechselt werden, um eine genügend hohe Konzentration zu garantieren. Das Auswaschen der Moosproben hat gut funktioniert. Die Kontrolle ergab, dass höchstens ein paar wenige, sehr kleine Chironomidenlarven hängen bleiben.

Die Bestimmung der Wassermilben ist bei den meisten Arten ausschliesslich mit einer Präparation möglich. Dies macht die Erfassung sehr zeitaufwendig, vor allem bei moosreichen Quellen. Weniger zeitaufwendig wäre eine Bestimmung auf Gattungsniveau, welche mit einem Stereomikroskop gut möglich ist. Allerdings wäre so der Informationsgehalt wiederum eher gering. Mit genug Erfahrung und Kenntnissen der lokalen Fauna kann das Bestimmen auch ohne Präparieren erfolgen (Bader, 1977, Gerecke & Di Sabatino, 2007). Dies gelingt jedoch nur Experten. Bei präpariertem Material wurde in dieser Studie die Erfahrung gemacht, dass die Bestimmung für Anfänger bei Wassermilben einfacher ist als bei Insektenlarven.

6.2. Ergebnisdiskussion

6.2.1. Gemeinsamkeiten der Quellen

Die Messungen der abiotischen Parameter bewegen sich in einem für alpine Quellen auf karbonatischem Gestein typischen Bereich und sind mit anderen Studien vergleichbar (Wigger & von Fumetti, 2013; Felder, 2013; Kaufmann, 2014, Blattner, 2017). Die Schüttungsschwankungen sind typisch für alpine Quellen und durch die Schneeschmelze verursacht (Wigger & von Fumetti, 2013). Als Quellstruktur erhielten alle Quellen den Status „naturnah“. Kleine Unterschiede kommen bei der Strukturbewertung nach Lubini et al. (2014) nicht zur Geltung. Die unterschiedliche Nutzung der Quellen beeinflusst dieses Ergebnis auch nicht. Die Dichte der Individuen ist in allen drei Quellen sehr hoch, wie Vergleiche mit anderen Studien zeigen, welche auch mit einem Surber Sampler arbeiteten (Wigger & von Fumetti, 2012; Felder, 2013; Blattner, 2016). Dies kann an dem hohen Moosanteil liegen, der bei den einzelnen Proben einen signifikanten Einfluss auf die Individuenzahl hatte. Auch in anderen Untersuchungen wurden hohe Individuenzahlen in Moospolstern gefunden (Ilmonen & Paasivirta, 2005, Di Sabatino et al. 2003). Es wurde jedoch im Vergleich zu den Studien mit Surber Samplern eine kleinere Maschenweite gewählt als üblich (500 µm; 200 µm), bei der auch kleinere Individuen aufgenommen werden. Im Vergleich zu anderen Taxa kamen vor allem die Diptera mit grosser Individuenzahl vor, was in anderen Studien auch schon aufgezeigt wurde (Staudacher & Füreder 2007; Spitale et al. 2012; Felder 2013). Das Moos scheint auch einen Einfluss auf die vorkommende Taxaanzahl zu haben. Dies zeigten auch schon Ilmonen & Paasivirta (2005). Dieses Phänomen kann erklärt werden durch die Schutzwirkung, die vertikale Zonierung und die strukturelle Vielfalt dieses Lebensraums (Lindgaard et al., 1975).

Es wurden ausgesprochen viele Taxa gefunden, welche detritus- und moosreiche Standorte bevorzugen. Ausserdem wurden neben weit verbreiteten Arten wie *Baetis alpinus* (Pictet, 1843), viele Arten gefunden, die zwar weit verbreitet, aber auf montane bis alpine Gebiete beschränkt sind. Dies ist vor allem bei vielen Wassermilben der Fall.

6.2.2. Unterschiede der Quellen

Die nMDS und ANOSIM zeigten einen signifikanten Unterschied der Artengemeinschaften der Quellen. Dieser lässt sich durch genauere Betrachtung der abiotischen und biotischen Unterschiede teilweise erklären.

Die Iffigenalp- und die Wegerhausquelle wiesen höhere Individuenzahlen auf. Dies kann zum Teil durch die niedrigere Fliessgeschwindigkeit und somit erhöhte Anzahl von Stillwasserbereichen erklärt werden, in denen erhöhte Individuenzahlen festgestellt werden konnten (Bader 1977). Sie weisen zudem beide Hinweise auf organische Belastung auf: erhöhte Leitfähigkeiten und hohe Zahl an Chironomiden und Oligochaeten (Lubini et al. 2014). Bei der Iffigenalpquelle kann dies durch die Nutzung als Sömmerungsgebiet erklärt werden. Die organische Belastung zeigt einen möglichen Eintrag von Nährstoffen durch die Beweidung. Die Quelle weist ausserdem eine niedrige Taxazahl auf, und einzelne Taxa kommen in hohen Dichten vor. Weit verbreitete und tolerante Arten wie *Feltria minuta* Koenike, 1892 und *Galba truncatula* (Müller, 1774) kommen in relativ hohen Dichten vor. Es wurden aber trotzdem einige krenophile und auch krenobionte Arten gefunden. Einen möglichen Grund für eine organische Belastung (oder die Nachwirkungen einer solchen) bei der Wegerhausquelle liefert die Einleitung des Abwassers des Gasthauses Buffalora in der Nähe der Quelle (Bader, 1977). Auch jüngere Studien beschreiben den Abwassereinfluss in die Quelle und fanden in 30 % des Quellbereiches erhöhte Nährstoffkonzentrationen, Leitfähigkeit und ausserdem Chlorophyll a (Döring, 2002). Es war bei der Begehung der Wegerhausquelle aber nicht ersichtlich, ob das Abwasser die Quelle immer noch erreicht. Das Vorkommen von *Rhyacophila hirticornis* McLachlan 1879, vielen Steinfliegenarten, die hohe Taxazahl und das Fehlen von toleranten Arten zeigt jedoch, dass die Belastung der Quelle nicht bedeutend hoch sein kann. Eine weitere Besonderheit der Quelle sind relativ hohe Abfluss- und Temperaturschwankungen. Frühere Untersuchungen zeigten, dass die Quelle ganzjährig davon geprägt ist (Bader, 1977; Döring, 2002). Nach ihren ökologischen Vorlieben widerspiegelt das Vorkommen von *Pseudopsilopteryx zimmeri* (McLachlan, 1876) und das Fehlen der Feltriiden die Schwankungen. Da die Gattung Feltria aber eine relativ kleine Anzahl Wirte aufweist (Martin, 2008), könnte auch ein Fehlen des Wirtes der Grund sein. Der Einfluss der sehr extensiven Nutzung auf dem Schwarzenboden kann nicht aufgezeigt werden. Jedoch zeigt sich der Einfluss der stärkeren Hangneigung und der Nordexposition des Hanges. Dies führt zu unterschiedlichen Fliessgeschwindigkeiten, schnellerer Rinnenbildung und tieferen Temperaturen (Lubini et al., 2014; Küry et al. 2017). Deshalb wurde die Quelle im Gegensatz zu den anderen beiden als Rheokrene eingeteilt. Dieser Unterschied zeigt sich auch in der niedrigen Individuenanzahl durch fehlende Stillwasserbereiche und in der hohen Anzahl hyporheo- bis rheobiontisch lebender Wassermilben.

Eine erhöhte Anzahl krenophiler Rhithrobionten ist für alpine Rheokrenen typisch (Gerecke & Di Sabatino 2007).

Da sich die Wegerhaus- und Schwarzenbodenquelle in der Anzahl Taxa und der Anzahl krenobionter Arten nicht gross unterscheiden, von der Iffigenalpquelle jedoch stark abheben, kann man sagen, dass die beiden Quellen eine quelltypischere und somit natürlichere Fauna enthalten als die Iffigenalpquelle.

6.2.3 Süßwassermilben

Die Quellen waren durch ihre perennierende Schüttung und den hohen Moosanteil gut geeignet für die Untersuchung von Süßwassermilben. Wie schon in anderen Studien gezeigt (z.B. Meyer, 1994; Smith et al. 2001; Gerecke, 2002), waren auch hier die Süßwassermilben die artenreichste Gruppe. Sie machten mehr als ein Drittel aller gefundenen Arten aus, in der Schwarzenbodenquelle sogar fast die Hälfte. Der Anteil krenobionter und krenophiler Arten war zudem sehr hoch. Die Unterschiede der Quellen konnten somit durch die Bestimmung der Süßwassermilben genauer untersucht werden. Einerseits erhöhte sie die Genauigkeit der statistischen Untersuchungen. Andererseits liessen sich einige Begebenheiten durch die ökologischen Ansprüche der einzelnen Arten erklären. Ein Vergleich mit den Ergebnissen der Faunenbewertung nach Lubini et al. (2014) lässt darauf schliessen, dass diese Ergebnisse durch die niedrige Anzahl der EPT Taxa (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) verzerrt wurden. Eine Aufnahme der Wassermilben in solche Bewertungen würde helfen, die Probleme von niedrigen Taxazahlen zu bewältigen.

Die typischen Familien der alpinen Fauna, Sperchontidae (Gattung Sperchon), Lebertiidae (Gattung Lebertia), Hygrobatidae (Gattung Atractides und Hygrobatess) und Feltriidae (Gattung Feltria) wurden in den Quellen alle gefunden (Gerecke & Di Sabatino, 2007). Es wurden typische Arten für alpine Rheokrene (*Sperchon violaceus* Walter, 1944; *Lebertia maculosa* Koenike 1902), aber auch typische Arten für Rheohelokrene (*Atractides panniculatus* Viets, 1925, *Atractides walteri* (Viets, 1925), *Hygrobatess norvegicus* (Thor, 1897) *Sperchon thienemanni* Koenike, 1907) gefunden (Gerecke & Di Sabatino, 2007). Ein Vergleich mit den bestehenden Wassermilbenuntersuchungen der Schweizer Alpen (Bader, 1977; Wigger & Von Fumetti, 2013; Blattner, 2015, 2017; Von Fumetti et al. 2017) zeigt, dass es einige Arten gibt, welche immer wieder in den Schweizer Alpen gefunden werden. Ausser der Art *Lebertia giardinai* Maglio, 1908 sind es in Mitteleuropa meist weit verbreitete Arten (Bartsch et al. 2007, Di Sabatino et al. 2010, Gerecke et al., 2016). Der Parasitismus an fliegenden Insekten führt ausserdem zu hohem Ausbreitungsgrad (Martin, 2008). Ein Beispiel dafür ist das Fehlen der Hydryphantidae in allen drei Quellen, obwohl diese sehr wohl im Nationalpark wie auch im Berner Oberland zu finden sind. Sie wurden bei Blattner (2016, 2017) jedoch mit Ausnahme von *Partnunia steinmanni* (Walter, 1906) hauptsächlich in Helokrenen gefunden. *Partnunia steinmanni* (Walter, 1906) bevorzugt beschattete Quellen (Goldschmidt & Melzer, 2011). Dies lässt vermuten, dass die Artengemeinschaft einer Quelle durch andere Mechanismen als die geographische Verbreitung beeinflusst ist. Mikrohabitatstrukturen scheinen dabei einen stärkeren Einfluss auf die Artengemeinschaft zu haben als der Quelltyp

(Nationalparkverwaltung Berchtesgaden, 2007; Goldschmidt, 2011). Somit ist der Pool der möglicherweise vorkommenden Wassermilbenarten im alpinen Quelllebensraum der Schweiz vermutlich sehr gross. Um Aussagen darüber zu treffen, welche Arten zu erwarten sind, ist diese Untersuchung zu begrenzt. Sie zeigt jedoch, dass jede weitere Untersuchung neue Erkenntnisse über Verbreitung und Lebensweise der Wassermilben bringen kann. Dabei sollte darauf geachtet werden, dass die Proben entsprechend dem Substrat gekennzeichnet werden. Eine grosse Hilfe bei der Untersuchung von Wassermilben und Vergleichen von Studien wäre eine Datenbank der Verbreitung und der ökologischen Vorlieben der Milben, so wie es sie für andere Süßwasserorganismen gibt (cscf.ch, freshwaterecology.info).

6.2.4 Vergleich Bader

Der Vergleich mit Baders (1977) Ergebnissen konnte nur qualitativ gemacht werden, da dieser ein Jahr lang jeden Monat eine 12 Liter Moosprobe untersuchte. Diese Methode ermöglichte ihm eine Untersuchung der Populationsdynamik der Wassermilben und eine genaue Bestimmung der dominanten Arten. Allerdings konnte er damit nur die Bewohner des Mooses untersuchen. Fraglich ist ausserdem, ob ein Quellsystem nicht zu stark gestört wird durch eine Entnahme von so viel Moos. Die Artenzahl der Wassermilben blieb zwar konstant, aber die Zusammensetzung der Quellfauna veränderte sich innerhalb der 40 Jahre stark (Tabelle 3). Die dominanten Arten der neuen Untersuchung sind mit Ausnahme von *Hygrobates norvegicus* (Thor, 1897) auch schon von Bader gefunden worden. *Hygrobates norvegicus* (Thor, 1897) ist eine typische Art für Rheohelokrene (Gerecke & Di Sabatino, 2007), ein Krenobiont und weit verbreitet. Es ist also nicht unwahrscheinlich, dass diese Art einwandert. Aussagekräftiger scheinen die verschwundenen Arten: sie sind zwar mit einer Ausnahme quelltypisch, bevorzugen jedoch schnell fliessende Gewässer (Bader, 1977; Gerecke et al., 2016). Einige der neu hinzugekommenen Arten sind ausserdem typische Bewohner von Rheohelokrenen (Gerecke & Di Sabatino, 2007). Dies könnte ein Hinweis auf eine Verlangsamung der Fliessgeschwindigkeit über die Jahre sein. Möglich wäre eine dadurch verminderte Schüttung und ein erhöhter Moosanteil in der Quelle.

Im Nationalpark wurden insgesamt 80 Süßwassermilbenarten gefunden. Die Wassermilbenart *Lebertia maculosa* Koenike, 1902 wurde von Bader im Nationalpark am häufigsten gefunden, und auch in dieser Studie dominiert sie zwei Quellen und ist in der dritten häufig. Da sie jedoch auch in Quellen des Nationalparks und des Berner Oberlands mit ähnlicher Beschaffenheit nicht gefunden wurde (Blattner, 2016, 2017), kann sie keine typische Art von moosreichen Rheokrenen sein.

Tabelle 3: Vergleich der vorkommenden Arten mit Bader (1977). Die von Bader genutzten Artnamen wurden dem neuen System angepasst (Gerecke, 2009).

	Wegerhaus (1977)	Wegerhaus (2015)
<i>Atractides fonticulus</i> (Viets, 1920)	-	+
<i>Atractides glandulosus</i> (Walter, 1918)	+	-
<i>Atractides walteri</i> (Viets, 1925)	-	+
<i>Atractides panniculatus</i> Viets, 1925	-	+
<i>Feltria rubra</i> Piersig, 1898	+	-
<i>Feltria setigera</i> Koenike, 1896	+	-
<i>Hygrobates norvegicus</i> (Thor, 1897)	-	+
<i>Lebertia cuneifera</i> Walter, 1922	-	+
<i>Lebertia fontana</i> (Walter, 1912)	+	-
<i>Lebertia giardinai</i> Maglio, 1908	+	+
<i>Lebertia maculosa</i> Neuman, 1880	+	+
<i>Lebertia schechteli</i> Thor, 1913	+	+
<i>Lebertia sefvei</i> Walter, 1911	+	-
<i>Sperchon glandulosus</i> Koenike, 1886	-	+
<i>Sperchon mutilus</i> Koenike, 1895	+	-
<i>Sperchon thienemanni</i> Koenike, 1907	+	+
<i>Sperchon violaceus</i> Walter, 1944	+	+

6.2.5 Referenzquelle für Süßwassermilben

Da sich die Wegerhausquelle über die Jahre verändert hat und einige Hinweise auf eine Beeinträchtigung (Nähe zur Strasse und zum Wegnetz, Abwassereinfluss, hohe Anzahl Chironomiden und Oligochaeten) gefunden wurden, ist sie nicht als natürliche Referenzquelle zu empfehlen. Eine Untersuchung der Quelle „Ova dal Buogls“ wäre interessant, da diese ungestörter ist als die Wegerhaus- und die Schwarzenbodenquelle.

Bei der Suche nach einer natürlichen Referenzquelle für Süßwassermilben muss jedoch beachtet werden, dass die Artengemeinschaften in unterschiedlichen Quelltypen zwar unterschiedlich sind (Nationalparkverwaltung Berchtesgaden, 2007; Gerecke & Di Sabatino, 2007; Goldschmidt, 2011;), den Quelltypen jedoch keine charakteristischen Gemeinschaften zugeschrieben werden konnten (König et al., 2006; Nationalparkverwaltung Berchtesgaden, 2007; Goldschmidt, 2011). Da die Mikrohabitatstrukturen auch in Quellen des gleichen Quelltyps sehr unterschiedlich sein können, wird vorgeschlagen, dass die Artenzusammensetzung der Wassermilben eher ein Kontinuum von sehr fein untergliederten Quelltypen darstellt (Nationalparkverwaltung Berchtesgaden, 2007). Die zufällige Verbreitung der Wassermilben, welche sehr wahrscheinlich auch in untypische Habitate erfolgt (Bader, 1977), erschwert auch die Unterscheidung von natürlicherweise seltenen Arten und Irrgästen eines Quelltyps. Aus diesen Gründen ist es schwierig, eine Referenzquelle für einen Quelltyp zu finden. Vorstellbar wären aber mehrere Referenzquellen, welche zusammen als Referenz genutzt werden können, da dies einige der Probleme, z.B. die zufällige Verteilung der Arten, ausschliessen könnte.

Ausserdem stellt sich auch die Frage, ob eine representative Referenzquelle überhaupt gefunden werden kann oder ob eher nach natürlichen Referenzhabitatstrukturen gesucht werden muss. Es wurde auch schon bei Untersuchungen ohne Wassermilben festgestellt, dass sich die Artenzusammensetzungen zwischen den verschiedenen Habitatstrukturen stärker unterscheiden als zwischen den verschiedenen Quelltypen (Ilmonen & Paasivirta, 2005).

7. Fazit

Die Studie hat gezeigt, dass sich eine unterschiedlich starke extensive Nutzung eines Gebietes in der Artenzusammensetzung einer Quelle widerspiegelt.

Die Studie konnte ausserdem den grossen Wert einer Erfassung der Süßwassermilbenarten aufzeigen aber auch den Mangel an Kenntnissen dieser grossen Gruppe.

Die Wegerhausquelle musste als natürliche Referenzquelle verworfen werden. Es wurden aber wichtige Erkenntnisse gemacht, welche Punkte beachtet werden müssen bei einer Suche nach natürlicher Referenz bei Süßwassermilben.

Eine Suche nach Referenz ist im Hinblick auf den Klimawandel trotz all dieser Probleme wichtig.

Nur so kann ermittelt werden, ob und wie sich die Artengemeinschaften verändern oder nicht. Die Veränderungen können auch helfen zu ermitteln, wie Quelllebensräume geschützt werden können. Süßwassermilben sind durch ihre engen Ansprüche geeignete Indikatoren für Veränderungen (Goldschmidt, 2016).

Da aber die Informationsgrundlage über die Autökologie, Synökologie, Habitatvorlieben und Verbreitung der Wassermilben eher gering ist und bei seltenen Arten nur auf wenigen Funden basiert, müsste diese stark verbessert werden, um die wertvollen Informationen zu entschlüsseln, welche die Artengemeinschaften der Wassermilben enthalten.

Dafür bräuchte es mehr Untersuchungen von Quellen, welche Wassermilben miteinbeziehen. Da Untersuchungen zeitlich begrenzt sind und meist nur eine relativ kleine Anzahl Quellen beinhalten, sollten sie möglichst vergleichbar sein, also immer mit denselben Methoden gemacht werden. Dies würde statistische Vergleiche von grossen Datensätzen ermöglichen.

Um herauszufinden, ob sich die Artengemeinschaften durch Mikrohabitatstrukturen besser erklären lassen als durch den Quelltyp, sollte ausserdem auch immer notiert werden, welche Proben von welcher Art Substrat stammen.

Quellenverzeichnis

- Bader, C., 1975: Die Wassermilben des Schweizerischen Nationalparks. 1. Systematisch-faunistischer Teil. Ergebnisse der wissenschaftlichen Untersuchungen im Schweizer Nationalpark 14, 1-270
- Bader, C., 1975a: Die Wassermilben des Schweizerischen Nationalparks. 2. Nachtrag zum Systematisch-faunistischen Teil. Ergebnisse der wissenschaftlichen Untersuchungen im Schweizer Nationalpark 14, 1-270
- Bader, C., 1977: Die Wassermilben des schweizerischen Nationalparks. Populationsdynamische Untersuchung zweier hochalpiner Quellen. Ergebnisse der wissenschaftlichen Untersuchungen im Schweizer Nationalpark 15: 1-127
- Bader, C., 1990: A long-time research on alpine water mites. Referat am 8. Int. Congr. Acarology, Budejovice
- Bader, C., 1994: Die Wassermilben des Schweizerischen Nationalparks, 4. Zweiter Nachtrag zum systematisch-faunistischen Teil. Ergebnisse der wissenschaftlichen Untersuchungen im Schweizer Nationalpark 16 (83): 223-287
- Bartsch, I., Davids, C., Deichsel, R., Di Sapatino, A., Gabrys, G., Gerecke, R., Gledhill, T., Jäger, P., Makol, J., Smit, H., Van der Hammen, H., Weigmann, G., Wohltmann, A., Wurst, E., 2007: Chelicerata: Araneae, Acari I. In R. Gerecke (Ed.), Süsswasserfauna von Mit-teleuropa. München: Heidelberg, Neckar: Spektrum Akademischer Verlag.
- Beniston, M., 2006: Mountain weather and climate: A general overview and a focus on climatic change in the Alps. *Hydrobiologia* 562: 3–16
- Blattner, L., 2015: Die Verbreitung von Quellorganismen in Tälern des Schweizer Nationalpark. Bachelorarbeit, Universität Basel
- Blattner, L., 2017: Längszonierung alpiner Fliessgewässer: Echte Gewässerabschnitte oder Relikte aus der Theorie?. Masterarbeit, Universität Basel
- Boschi, C., 2011: Die Schneckenfauna der Schweiz. Ein umfassendes Bild-und Bestimmungsbuch, Bern/Stuttgart/Wien.

- Brown, L.E., Hannah, D.M., Milner, A.M., 2003: Alpine stream habitat classification: An alternative approach incorporating the role of dynamic water source contributions. *Artic Antarctic and Alpine Research*, 35, 313-322
- Cantonati, M., Gerecke, R., Bertuzzi, E., 2006: Springs of the Alps - sensitive ecosystems to environmental change: from biodiversity assessments to long-term studies. *Hydrobiologia* (2006) 562:59-62
- Cantonati, M., Rott E., Pipp E., 1996: Ecology of cyanophythes in mountain springs of the River Sarca catchment (Adamello-Brenta Regional Park, Trentino, Northern Italy). *Algological Studies* 83: 145–162.
- 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.
- Di Sabatino, A., Cicolani, B., Gerecke, R., 2003: Biodiversity of watermites (Acari, Hydrachnidia) in spring habitats. *Freshwater Biology* 48, 2163-2173
- Di Sabatino, A., Gerecke, R., Martin, P., 2000: The biology and ecology of lotic water mites (Hydrachnidia). *Freshwater Biology* 44, 47-62
- Di Sabatino, A., Gerecke, R., Gledhill, T., Smit, H. 2010: Chelicerata: Acari II. In R. Gerecke, ed. *Süßwasserfauna von Mitteleuropa*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag
- 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
- Eggers, T. & Martens, A., 2001: Bestimmungsschlüssel der Süßwasser-Amphipoda (Crustacea) Deutschlands. *Lauterbornia* 42: 1-68
- Felder, S., 2013: Faunistische Charakterisierung alpiner Quellen im Schweizerischen Nationalpark. Masterarbeit, Universität Basel
- Fischer, J., 1996. Kaltstenothermie-einziger Schlüssel zum Verständnis der Krenobionten?. *Crunoecia* 5: 91–96.
- Fligner, M.A., Killeen, T.J., 1976: Distribution-Free Two-Sample Tests for Scale. *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 71, Issue 353, pp. 210-213

- Gerecke, R., 1991: Taxonomische, faunistische und ökologische Untersuchungen an Wassermilben (Acari, Actinedida) aus Sizilien unter Berücksichtigung anderer aquatischer Invertebraten. In: *Lauterbornia* 7, S.1-303
- Gerecke R., 2002 The water mites (Acari, Hydrachnidia) of a little disturbed forest stream in southwest Germany – a study on seasonality and habitat preference, with remarks on diversity patterns in different geographical areas. In: Bernini F, Nannelli R, Nuzzaci G, et al., editors. *Acarid phylogeny and evolution: adaptation in mites and ticks. Proceedings of the 4th Symposium of the EURAAC Siena, Italy.* Dordrecht: Kluwer Academic Publishers; 2002. 69–89.
- Gerecke, R., 2009: Revisional Studies on the European Species of the Water Mite Genus *Lebertia* Neumann, 1880 (Acari: Hydrachnidia: Lebertiidae) *Abhandlungen der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft* Volume: 566
- Gerecke, R., 2012: Studies on European *Feltria* species (Acari: Hydrachnidia: Feltriidae). *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde A, Neue Serie* 5: 13-47
- Gerecke, R., Meisch, C., Stoch, F., Acri, F., Franz, H., 1998: Eucrenon-Hypocrenon Ecotone and spring typology in the alps of Berechtsgaden. A study of microcrustacea (Crustacea: Copepoda, Ostracoda) and water mites (Acari: Halacaridae, Hydrachnellae) *Studies in crenobiology*, Blackhuys Publishers, Leiden, 167-182.
- Gerecke, R., F. Stoch, C. Meisch, & I. Schrankel, 2005. Die Fauna der Quellen und des hyporheischen Interstitials in Luxemburg. *Ferrantia* 41: 140
- Gerecke, R. & Di Sabatino, A., 2007: Water Mites (Hydrachnidia and Halacaridae) in Spring Habitats: a Taxonomical and Ecological Perspective. In: Cantonati M., Bertuzzi E. & Spitale D., *The spring habitat: biota and sampling methods. Museo Tridentino di Scienze Naturali, Trento: 193-216 (Monografie del Museo Tridentino di Scienze Naturali, 4)*
- Gerecke, R., Cantonati, M., Spitale, D., Stur, E., Wiedenbrug, S., 2011: The challenges of long-term ecological research in springs in the northern and southern Alps: indicator groups, habitat diversity, and medium-term change. *J. Limnol.*, 70 (Suppl. 1): 168-187
- Gerecke, R., Gledhill, T., Pešić, V., Smit, H., 2016: Chelicerata: Acari III. In R. Gerecke, ed. *Süßwasserfauna von Mitteleuropa, 7/2-3.* Heidelberg: Springer Spektrum
- Gledhill, T., 1973: The water-mites (Hydrachnellae, Acari) of a Stony Stream. In: Daniel, M., Rosicky, B. (Eds.): *Proceedings of the 3rd International Congress of Acarology.* 159-167

- Goldschmidt, T., 2016: Water mites (Acari, Hydrachnidia): powerful but widely neglected bioindicators – a review, *Neotropical Biodiversity*, 2:1, 12-25
- Goldschmidt, T., Melzer, R., 2011: An interesting water mite fauna in springs near the city of Munich (Bavaria, Germany) – a pilot study for the monitoring of prealpine and alpine springs. *Spixiana* 34:2, 153-194
- Graf, W., 2012: *Rhyacophila fasciata* Hagen, 1859 - eine Köcherfliege als Insekt des Jahres 2013. *Beiträge zur Entomofaunistik* 13 - Nachrichten/Forum
- Haller, H., Eisenhut, A., & Haller, R., 2013: *Atlas des Schweizer Nationalparks. Die ersten 100 Jahre.* Haupt Verlag, Bern.
- Hohmann, M., 2011: Untersuchungen an Wasserinsekten im Nationalpark Harz (Sachsen-Anhalt) unter besonderer Berücksichtigung von Köcherfliegen (Insecta: Trichoptera). *Lauterbornia* 72
- Ilmonen, J. & Paasivirta, L., 2005: Benthic macrocrustacean and insect assemblages in relation to spring habitat characteristics: patterns in abundance and diversity. *Hydrobiologia* 533: 99-113
- Jedlicka, L., 2006: Distribution of three high altitude black fly species (Diptera: Simuliidae). *Proceedings of the International Symposium on Simuliidae • Studia dipterologica. Supplement 14* (2006): 45–59
- Kaufmann, L., 2014: Charakterisierung der Quellflur Punt Periv im Tal des Spöls. Bachelorarbeit, Universität Basel
- König, O., Smija, D. & Wittling, T. 2006. Das Benninger Ried – Insel der Vielfalt. Regierung von Schwaben (ed.), Augsburg.
- Kruskal, W. H., Wallis, W.A. 1952: Use of Ranks in One-Criterion Analysis. *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 47, Issue 260, pp. 583-621
- Küry, D., Lubini, V., Stucki, P., 2016: Empfindlichkeit von Quell-Lebensgemeinschaften gegenüber Klimaveränderungen in den Alpen. Projekt Schlussbericht, AG Schutz der Quell-Lebensräume
- Küry, D., Lubini, V., Stucki, P., 2017: Temperature patterns and factors governing thermal response in high elevation springs of the Swiss Central Alps. *Hydrobiologia* 793: 185-197
- Lampert, S. & Sommer, U., 1999: *Limnoökologie*. Thieme Verlag

- Leyer, I., & K. Wesche, 2007. Multivariate Statistik in der Ökologie: Eine Einführung. Springer-Verlag, Berlin.
- Lindegaard, C., Thorup, J., BahnM., 1975: The invertebrate fauna of the moss carpet in the Danish spring Ravnkilde and its seasonal, vertical, and horizontal distribution. *Archiv für Hydrobiologia* 75: 109–139.
- Lubini, V., 1989: Hydrobiologisches Bachinventar der Stadt Zürich. *Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich* 134:4, 229-250
- Lubini, V., Knispel, S., Sartori, M., Vicentini, H., Wagner, A., 2012: Rote Listen Eintagsfliegen, Steinfliegen, Köcherfliegen. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2010. Bundesamt für Umwelt, Bern, und Schweizer Zentrum für die Kartographie der Fauna, Neuenburg. Umwelt-Vollzug Nr. 1212: 111 S.
- Lubini, V., Knispel, S. & Vinçon, G., 2012: Die Steinfliegen der Schweiz: Bestimmung und Verbreitung. In *Fauna Helvetica*. Neuchatel: CSCF&SEG
- Lubini, V., Stucki, P., & Vicentini, H., 2014: Bewertung von Quell-Lebensräumen in der Schweiz. Entwurf für ein strukturelles und faunistisches Verfahren. Bericht im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU
- Nadig, A., 1942: Hydrobiologische Untersuchungen in Quellen des schweizerischen Nationalparks im Engadin (unter besonderer Berücksichtigung der Insektenfauna). H.R. Sauerländer & Ca., Aarau.
- Nationalparkverwaltung Berchtesgaden 2006. Quellen im Nationalpark Berchtesgaden. Lebensgemeinschaften als Indikatoren des Klimawandels. *Forschungsbericht* 51: 1272.
- Martin, P., 2008: Wassermilben (Hydrachnidia, Acari) und Insekten: Ein Überblick über eine selten betrachtete Beziehung. *Entomologie heute*, 20: 45-75
- Meisch, C., 2000: Freshwater Ostracoda of Western and Central Europe. Spektrum Akademischer Verlag GmbH, Heidelberg, Berlin
- Meyer, E. I., 1994: Species composition and seasonal dynamics of water mites (Hydracarina) in a mountain stream (Steina, Black Forest, southern Germany). *Hydrobiologia*, 288-20, 107-117
- Pfiffner, A., 2015: Geologie der Alpen - Haupt Verlag

- Rebetez, M., & Reinhard, M. (2008). Monthly air temperature trends in Switzerland 1901–2000 and 1975–2004. *Theoretical and Applied Climatology*, 91, 27–34.
- Roth, E.; Straubhaar, B., 2005: *Z'Bärg im Obersimmental*. - Verlag Weber AG, Thun
- Shapiro, S.S., Wilk, M.B., 1965: An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). *Biometrika*, Vol. 52, No. 3/4., pp. 591-611
- Schwoerbel, J., 1959: Ökologische und tiergeographische Untersuchungen über die Milben (Acari, Hydrachnellae) der Quellen und Bäche des südlichen Schwarzwaldes und seiner Randgebiete. In: *Archiv für Hydrobiologie* 24, 385-546
- Schuster, R., 2000: Hochgebirgsvegetation. In *Urania Pflanzenreich- Vegetation*. – Berlin: Urania Verlag, S. 315- 350
- Silveri, L., Tierno de Figueroa, J.M., Maiolini, B., 2008: Notes on the nymphal biology of *Nemoura mortoni* Ris 1902 (Plecoptera, Nemouridae) in a high altitude stream (Trentino, Italian Alps). *Zool. baetica*, 19: 51-56
- Smith, I.M., 1991: Water Mites (Acari: Parasitengona: Hydrachnida) of Spring Habitats in Canada. *Mem. ent. Soc. Can.* 155: 141-167
- Smith, I.M., Cook, D.R., & Smith, B.P., 2001: Water mites (Hydrachnida) and other arachnids. Pp. 551-659 in: Thorp, J.H., & Covich, A.P. (eds.): *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates*. Academic Press; San Diego.
- Spitale, D., Leira, M., Angeli, N., & Cantonati, M., 2012: Environmental classification of springs of the Italian Alps and its consistency across multiple taxonomic groups. *Freshwater Science* 31: 563–574.
- Staudacher, K., & Füreder L., 2007: Habitat complexity and invertebrates in selected Alpine springs (Schütt, Carinthia, Austria). *International Review of Hydrobiology* 92: 465–479.
- Stoch, F., Gerecke, R., Pieri, V., Rosetti, G., Sambugar, B., 2011: Exploring species distribution of spring meiofauna (Annelida, Acari, Crustacea) in the south-eastern Alps. *J. Limnol.*, 70: 65-76
- Studemann, D. et al., 1992: Ephemeroptera. In *Fauna Helvetica*. Schweizerische Entomologische Gesellschaft SEG
- 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., 1925: Die Binnengewässer Mitteleuropas. Stuttgart, 1-255
- Tobias, W. & D. Tobias (1981): Trichoptera Germanica. Bestimmungstafeln für die deutschen Köcherfliegen. Teil I: Imagines.- Courier Forschungsinstitut Senckenberg 49: 672 S., Frankfurt/Main
- Van der Kamp, R. O., 1995: The hydrogeology of springs in relation to the biodiversity of spring fauna: a review. – In: Ferrington, L. C. Jr. (ed.): Biodiversity of aquatic insects and other invertebrates in springs. – J. Kansas Entomol. Soc. 68: 4–17.
- Vittoz, P., Cherix, D., Gonseth, Y., Lubini, V., Maggini, R., Zbinden, N., Zumbach, S., 2011: Climate change impacts on biodiversity in Switzerland: A review. Journal of Nature Conservation 21, 154-162
- Von Fumetti, S., 2014: Naturnahe Quellen und ihre Lebensgemeinschaften - zehn Jahre Forschung im Röserental bei Liestal. Regio Basiliensis 55/3, 101-114
- Von Fumetti, S., Nagel P., Scheifhaken N., & Baltes B., 2006: Factors governing macrozoobenthic assemblages in perennial springs in north-western Switzerland. Hydrobiologia 568: 467–475.
- Von Fumetti, S., Nagel, P., & Baltes, B., 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., & Felder, S., 2014: Faunistic Characterization of Alpine springs in the Swiss National Park. eco. mont-Journal on Protected Mountain Areas Research 6: 43–49
- Von Fumetti, S., Wigger, F., Nagel, P., 2017: Temperature variability and its influence on macroinvertebrate assemblages of alpine springs. Ecohydrology
- Walter, D.E., Proctor, H.C., 2013: Mites: Ecology, Evolution & Behavior. Second Edition, Springer Verlag
- Waringer, J. & Graf, W., 2011: Atlas der mitteleuropäischen Köcherfliegenlarven, Dinkelscherben: Erik Mauch Verlag.
- Webb, D. W., Wetzel, M.J., Reed, P.C., Philippe, L.R., Young, T.C., 1998: The macroinvertebrate biodiversity, water quality, and hydrogeology of ten karst springs in the Salem Plateau of Illinois.

In Botosaneanu, L. (ed.), *Studies in crenobiology: the biology of springs and springbrooks*, Backhuys Publishers, Leiden: 39-48

- Weber, M. (2006). Erfassung, Bewertung und strukturelle Typisierung naturnaher Quellen im Schweizer Alpenraum. Diplomarbeit, Fachhochschule Eberswalde. 149 S.
- Wigger, F., Schmidlin, L., Nagel, P., von Fumetti, S., 2015: Macroinvertebrate assemblages of natural springs along an altitudinal gradient in the Bernese Alps, Switzerland. *Annales de Limnologie*, 51 (3). pp. 237-247.
- Wigger, F. & von Fumetti, S., 2013: Quellen und ihre Lebensgemeinschaften in den Berner Alpen. *Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern. Neue Folge*, Bd. 70. S. 117-131
- Young, W., 1969: Ecological Distribution of Hydracarina in North Central Colorado. *The American Midland Naturalist*, 82:2, 367-401
- Zollhöfer, J.M., 1997. Quellen die unbekannten Biotope: erfassen, bewerten, schützen. Bristol-Stiftung, Zürich. Bristol-Schriftenreihe 6: 1–153, ISBN 3-905209-05-5.
- Zollhöfer, J.M., 1999. Spring habitats in Northern Switzerland: Habitat heterogeneity, zoobenthic communities, and colonization dynamics. Diss. ETH No. 13209 Zürich.

Internetverzeichnis

Swisstopo. Das Geoportal des Bundes. Bern

URL: map.geo.admin.ch (Stand: 2.2017)

Schweizerisches Alpbetriebe Marketing-Inventar

URL: alporama.ch/gv2/get/get_alpSenntenDetail.asp?idAlpen=423 (Stand: 2.2017)

URL: alporama.ch/gv2/get/get_alpSenntenDetail.asp?idAlpen=972 (Stand: 2.2017)

Projektwochen Berner Oberland, Geologie des Frutiglandes

URL: projektwochen.info (Stand: 2.2017)

BAFU Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung (BLN)

URL: bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/landschaft/fachinformationen/landschaftsqualitaet-erhalten-und-entwickeln/landschaften-von-nationaler-bedeutung/bundesinventar-der-landschaften-und-naturdenkmaeler-von-national.html (Stand: 2.2017)

Der Schweizer Nationalpark im Engadin, Zernez

URL: nationalpark.ch/ (Stand: 2.2017)

IUCN. International Union for Conservation of Nature

URL: iucn.org (Stand 2.2017)

Centre Suisse de la Cartographie de la Faune (CSCF)

URL: cscf.ch (Stand 4.2017)

European Water Mite Research

URL: watermite.org (Stand 4.2017)

The Taxa and Autoecology Database for Freshwater Organisms

URL: www.freshwaterecology.info (Stand 4.2017)

Schweizer Weltatlas

URL: schweizerweltatlas.ch/ (Stand 6.2017)

MeteoSchweiz

URL: www.meteoschweiz.admin.ch (Stand 6.2017)

Bestimmungsliteratur

Allgemein und 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.

Amphipoda:

Eggers, T. & Martens, A., 2001: Bestimmungsschlüssel der Süßwasser-Amphipoda (Crustacea) Deutschlands. Lauterbornia 42: 1-68

Acari:

Bartsch, I., Davids, C., Deichsel, R., Di Sapatino, A., Gabrys, G., Gerecke, R., Gledhill, T., Jäger, P., Makol, J., Smit, H., Van der Hammen, H., Weigmann, G., Wohltmann, A., Wurst, E., 2007: Chelicerata: Araneae, Acari I. In R. Gerecke (Ed.), Süßwasserfauna von Mitteleuropa. München: Heidelberg, Neckar: Spektrum Akademischer Verlag.

Di Sabatino, A., Gerecke, R., Gledhill, T., Smit, H. 2010: Chelicerata: Acari II. In R. Gerecke, ed. Süßwasserfauna von Mitteleuropa. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag

Gerecke, R., Gledhill, T., Pešić, V., Smit, H., 2016: Chelicerata: Acari III. In R. Gerecke, ed. Süßwasserfauna von Mitteleuropa, 7/2-3. Heidelberg: Springer Spektrum

Ephemeroptera:

Eiseler, B., 2005: Bildbestimmungsschlüssel für die Eintagsfliegenlarven der deutschen Mittelgebirge und des Tieflandes. Lauterbornia 53. Dinkelscherben

Studemann, D. et al., 1992: Ephemeroptera. In Fauna Helvetica. Schweizerische Entomologische Gesellschaft SEG

Plecoptera:

Lubini, V., Knispel, S. & Vinçon, G., 2012: Die Steinfliegen der Schweiz: Bestimmung und

Verbreitung. In *Fauna Helvetica*. Neuchatel: CSCF&SEG.

Trichoptera:

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

Diptera:

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

Anhang

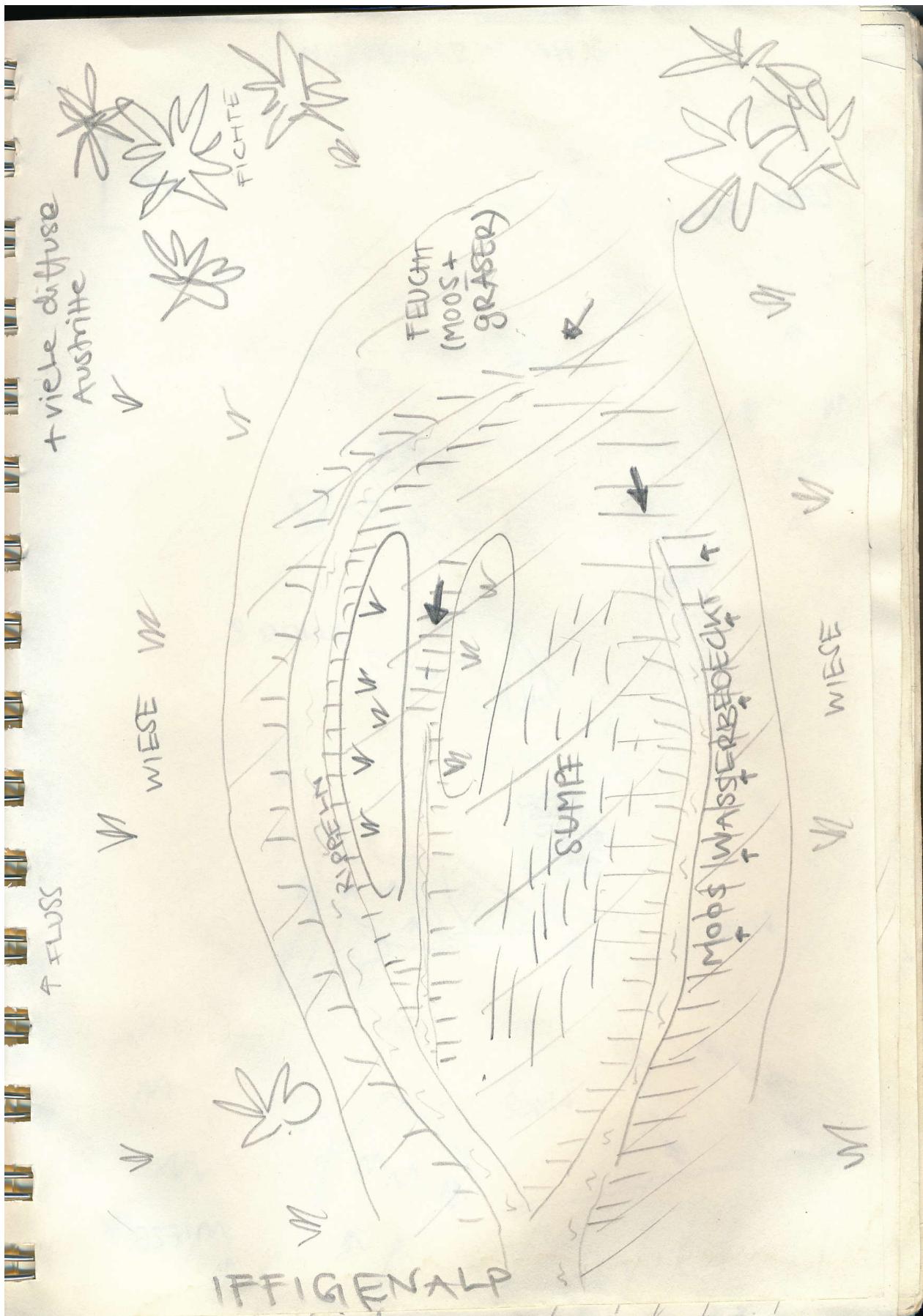
1. Strukturbewertung nach Lubini et al. (2014)

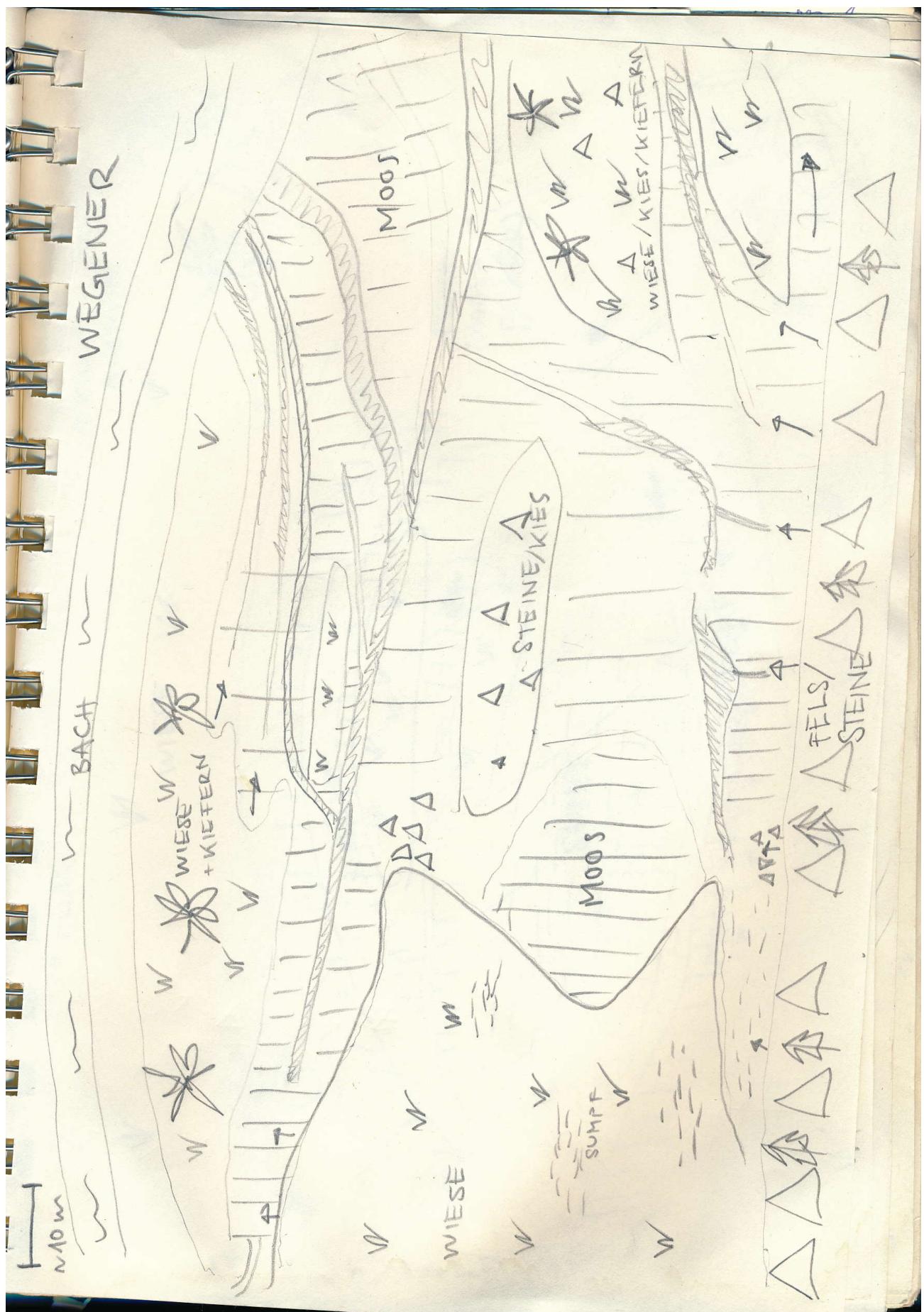
Quellen Protokoll - Struktur			Kanton :		ID :						
Quelle: Schwarzenboden 7 (QBO112)			Datum :	03.10.15	Koordinaten (X/Y) :	645895					
Flurname : Schwarzenboden			Höhe ü.M. :	1984	BearbeiterIn (leg) :	Enrica					
KOPFDATEN (nicht bewertet, nur Infos)			! Skizze / Bemerkungen / Gefährdung / Massnahmen => auf der Rückseite (wird gescannt) ! Ausfüllen oder zutreffendes ankreuzen <input checked="" type="checkbox"/>								
Austrittsform (Liste)	Sturzquelle	Quelle (Grösse [m ²])	10	Vernetzung	Q-komplex	>Anz. Austritte					
Hanglage	Mittelhang	Quellbereich [m ²]	50	Einzelquelle	<input checked="" type="checkbox"/>	Q-system					
Abflussrichtung		Quellbachlänge [m]	50	Trinkwassernutzung		Dist. zur Nachbarquelle (m)					
Geländeneignung	schwach	Wassertemperatur [°C]	5.0	Schutzstatus		ID					
Quellschüttung	ganzjährig	Quellschüttung [l/s]	75	Kulturhistorische Bedeutung		ID					
mittl. Fließgesch.	mässig	Leitfähigkeit [µS20/cm]	163	Fotos	<input checked="" type="checkbox"/>	ID					
Bewertung Teil A : Beeinträchtigung			Zutreffendes mit "1" markieren	Bewertung Teil B : Vegetation-Nutzung-Struktur			Zutreffendes mit "1" markieren				
Einträge/Verbau			Vegetation/Nutzung								
Fassung	neu	alt	verfallen	Einzugsgebiet	Umfeld	Quellbereich	Quellufer	Quellbach			
Brunnenstube mit Überlauf	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	standortyp. Vegetation	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
Rohr und Becken	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	standorfrem. Vegetation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
nur Rohr/Rinne	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Moosgesellschaften	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
keine	<input checked="" type="checkbox"/>			Zwergstrauchbestände	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Wasserentnahme	>60%	30-59%	<30% / unbekannt	Hochstaudenfluren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
			keine	Laubwald	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Bemerkung / Zweck :				Mischwald	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Verlegung	10-100m	<10m	unbekannt	Gebüsch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	alt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	standortyp. Nadelwald	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	neu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	standorfrem. Nadelwald	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	keine	<input checked="" type="checkbox"/>		extens. Grünland	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
Aufstau	nach <10m	nach >=10-49m	unbekannt	intens. Grünland	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Hauptschluss, 1-5 m ²	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Acker/ Sonderkultur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Hauptschluss, >5 m ²	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	unbefestigter Weg	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Nebenschluss	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	befestigter Weg/Strasse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	kein	<input checked="" type="checkbox"/>		künstl. Veg.-frei/Siedlung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Künstlicher Absturz	nein	Gesamtabfluss	Teilabfluss	unbeschattet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	schwach	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Verbau (Ufer, Sohle)	stark	mittel	gering	mittel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Quelle und erste	Holz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	stark & Überdachung oder Nadelforst	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Fliessmeter	Steinschüttung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
	wilder Verbau	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
	Naturstein	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
	Beton	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
	Verrohrung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
	nein	<input checked="" type="checkbox"/>									
Unterhalt/Trittschäden	keine	gering	mässig	stark							
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
Ursache :											
Infrastruktur	Bänke / Parkplatz	Zuwegung	Trittsteine	Überdachung							
	Wildfutterstelle	Viehränke	Feuerstelle	Sonstiges							
Anzahl Infr.	0	Sonstiges :									
Ablagerung	vollständig	teilweise	vereinzelt								
Quelle und	Haus- / Gewerbermüll	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
erste Fliessmeter	Holzabfall	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
	Pflanzenabfall	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
	Erdaushub/ Bauschutt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
	org. Reste/ Faulschlamm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
	keine	<input checked="" type="checkbox"/>									
Einleitungen	keine	<input checked="" type="checkbox"/>	unverdünnt	Oberfläche / Strasse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
			Rohr trocken	Drainage / Graben	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
			Distanz zum Quellaustritt (m)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Wert A : Beeinträchtigung (höchster Wert)			1	Wert B : Vegetation-Nutzung-Struktur			1.95				
Klassierung / Classement :			Gesamteindruck als Bewertungsvergleich	Bewertung / Evaluation			Bonus b -0,4 Punkte bei guter Struktur ->				
naturnah			blau	0.6 - 1.8			Aufwertung -				
bedingt naturnah			grün	1.81 - 2.6			0				
mässig beeinträchtigt			gelb	2.61 - 3.4							
geschädigt			orange	3.41 - 4.2							
stark geschädigt			rot	4.21 - 5.0							
Anzahl Strukturen			4	Gesamtergebnis [(A+B)/2]-b			1.48				
Besondere Strukturen				Laufverzweigung	<input checked="" type="checkbox"/>	Inselstruktur	<input type="checkbox"/>	Quellflur	<input type="checkbox"/>	Sandwirbel	<input type="checkbox"/>
	gr. Tiefenvarianz	<input type="checkbox"/>	natürl. Pools	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Kaskaden	<input type="checkbox"/>	Wasserfall	<input type="checkbox"/>		
	Fließhindernisse	<input checked="" type="checkbox"/>	Wassermoos	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Lückensyst.	<input type="checkbox"/>	Rieselflur	<input type="checkbox"/>		
Anzahl Strukturen			4	Quelle nicht bewertbar :				Q. zerstört			
				Zutreffendes ankreuzen [x]				kein Abfluss			

2. Skizzen der Quellen

Notiz: Fliessrichtung S: Nord, I: Nord, W: Nordwest







3. Primer Output

Global Test

Sample statistic (Global R): 0.514
Significance level of sample statistic: 0.1%
Number of permutations: 999 (Random sample from 126126)
Number of permuted statistics greater than or equal to Global R: 0

Pairwise Tests

Groups	R Statistic	Significance Level %	Possible Permutations	Actual Permutations	Number >= Observed
Schwarzenboden, Iffigenalp	0.376	0.8	126	126	1
Schwarzenboden, Wegenerhaus	0.424	0.8	126	126	1
Iffigenalp, Wegenerhaus	0.852	0.8	126	126	1

Outputs

Plot: Graph3