

Universität Basel

Departement Umweltwissenschaften

Geoökologie

Untersuchung von Quellen im Val Tuoi im Unterengadin



Bachelorarbeit

Andri Bandli

BSc Geowissenschaften

Betreuung:

PD Dr. Stefanie von Fumetti

Basel, Februar 2021

Für die Unterstützung bei dieser Arbeit möchte ich mich herzlich bedanken bei:

PD Dr. Stefanie von Fumetti für die Betreuung der Arbeit und die Beantwortung jeglicher Fragen und der Hilfe beim Bestimmen der Invertebraten,

Angelika Abderhalden für die Bereitstellung des Untersuchungsgebiets, die Organisation der Unterkunft und die Übernahme der Kosten während der Feldarbeit,

Lucas Blattner für die Mithilfe bei der Feldarbeit und das Bestimmen der Acari,

Katrin Althaus für die Zusammenarbeit bei der Feldarbeit,

Joshua Ebener für die Unterstützung bei der statistischen Auswertung in R und

Sabine Holland fürs Korrekturlesen der Arbeit

Abstract

Eine Quelle bezeichnet den Austritt von Wasser an die Oberfläche. Quellen haben unterschiedliche Erscheinungsbilder und weisen sehr variable Bedingungen auf. Aufgrund der variablen Bedingungen und einer grossen Vielfalt an Substrattypen sind in Quellen eine grosse Diversität an Organismen zu finden. In dieser Arbeit wurden zehn Quellen im Val Tuoi im Unterengadin untersucht. Es wird der Frage nachgegangen, ob sich die Zusammensetzung in der Quellfauna entlang eines Höhengradienten im Untersuchungsgebiet verändert. Die Quellen liegen entlang eines Höhengradienten von 1800 bis 2400 Meter über Meereshöhe. Die Quellen wurden faunistisch beprobt, die physiko-chemischen Parameter gemessen, sowie die Struktur kartiert. Insgesamt wurden in den Quellen 2214 Invertebraten von 41 Taxa gesammelt, darunter waren 15 Plecopteren-, 5 Trichopteren- und 2 Ephemeropterenarten. Das Substrat in den Quellen ist hauptsächlich durch Steine, Kies und Moos geprägt. Die statistischen Analysen zeigen, dass der treibende Faktor in der Artenzusammensetzung nicht direkt der Höhengradient ist. In der getrennten Analyse der physiko-chemischen Parameter und der Substratzusammensetzung sind pH-Wert und elektrische Leitfähigkeit, sowie der Anteil von Steinen, Kies und Detritus ausschlaggebend. Die Analyse des gesamten Datensatzes zeigt, dass die wichtigsten Faktoren die Wassertemperatur und die elektrische Leitfähigkeit sind. Die Arbeit bringt einen Überblick über den Zustand der Quellen im Val Tuoi wodurch der Schutz der Quellen verbessert werden kann. Ebenso können durch weitere Untersuchungen anhand von allfälligen Veränderungen in den Quellen die Auswirkungen des Klimawandels erforscht werden.

Inhalt

1. Einleitung	1
2. Untersuchungsgebiet	3
3. Material und Methoden	7
3.1 Abiotische Parameter	7
3.2 Faunistische Beprobung.....	8
3.3 Statistische Auswertung.....	9
4. Resultate	10
4.1 Beschreibung der untersuchten Quellen	10
4.1.1 Tortas 1 (Koord.: 806612/185345).....	10
4.1.2 Snauers 1 (Koord.: 806660/186413).....	10
4.1.3 Tofs 1 (Koord.: 806495/187337).....	11
4.1.4 Nessas 1 (Koord.: 805518/189461).....	11
4.1.5 Schliezza 1 (Koord.: 806745/187876)	12
4.1.6 Marangun 1 (Koord.: 807113/186980)	12
4.1.7 Salez 3 (Koord.: 805932/188882).....	13
4.1.8 Salez 1 (Koord.: 806004/188901).....	13
4.1.9 Salez 2 (Koord.: 806007/188932).....	14
4.1.10 Trunschana 1 (Koord.: 807266/188254)	14
4.2 Physikochemie.....	15
4.3 Substrat und Strukturelle Bewertung.....	16
4.4 Faunistische Beprobung	17
4.5 Statistische Analyse	19
5. Diskussion	22
5.1 Methodenkritik	22
5.2 Abiotik	23
5.3 Fauna.....	24
5.4 Fazit zur Forschungsfrage.....	25
Literaturverzeichnis	27
Anhang	30

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersichtskarte des Val Tuoi zur Orientierung	3
Abbildung 2: Geologie Val Tuoi	4
Abbildung 3: Klimadiagramm Buffalora.....	4
Abbildung 4: Klimadiagramm Scuol.....	4
Abbildung 5: Standorte der untersuchten Quellen	6
Abbildung 6: Bild der Quelle Tortas 1	10
Abbildung 7: Bild der Quelle Snauers 1.....	10
Abbildung 8: Bild der Quelle Tofs 1	11
Abbildung 9: Bild der Quelle Nessas 1	11
Abbildung 10: Bild der Quelle Schliezza 1.....	12
Abbildung 11: Bild der Quelle Marangun 1	12
Abbildung 12: Bild der Quelle Salez 3	13
Abbildung 13: Bild der Quelle Salez 1	13
Abbildung 14: Bild der Quelle Salez 2	14
Abbildung 15: Bild der Quelle Trunschana 1	14
Abbildung 16: Anzahl gefundenen Taxa in den Quellen.....	17
Abbildung 17: Diagramm der NMDS der Substratzusammensetzung.....	19
Abbildung 18: Diagramm der NMDS der Fauna	19
Abbildung 19: Diagramm der NMDS der physiko-chemischen Parameter.....	19
Abbildung 20: Diagramm der RDA der physiko-chemischen Parameter.....	20
Abbildung 21: Diagramm der RDA der Substratzusammensetzung.....	20
Abbildung 22: Diagramm der RDA des gesamten Datensatzes.....	21

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Klassierung der Quellbewertung nach Lubini et al. (2014)	8
Tabelle 2: physiko-chemische Parameter.....	15
Tabelle 3: Ionenkonzentrationen.....	15
Tabelle 4: Strukturelle Bewertung nach Lubini et al. (2014).....	16
Tabelle 5: Substratzusammensetzung.....	16
Tabelle 6: Artenliste (absolute Abundanzen).....	18
Tabelle 7: BIOENV der Substratzusammensetzung.....	20
Tabelle 8: BIOENV der physiko-chemischen Parameter	20

1. Einleitung

Eine Quelle bezeichnet den Austritt von Grundwasser an der Erdoberfläche. Die Quellregion wird als Krenal bezeichnet. Quellen haben viele Erscheinungsbilder. Es wurden die drei Haupttypen Sturzquelle (Rheokrene), Sickerquelle (Helokrene) und Tümpelquelle (Limnokrene) von Steinemann (1915) und Thienemann (1924) typisiert. Quellen werden als Ökotone bezeichnet, was bedeutet, dass Quellen einen Grenzbereich zwischen Fliessgewässern und Grundwasser bilden (Schönborn, 2013). Quellen zeichnen sich durch eine sehr geringe Variabilität der abiotischen Faktoren aus (Van der Kamp, 1995). Die Fauna in Quellen beherbergt viele spezialisierte Organismen, die an das Leben in Quellen angepasst sind (Cantonati et al., 2006). Organismen können stenotherm oder eurytherm sein. Stenotherme Organismen können nur in einem sehr engen Temperaturbereich überleben, eurytherme Organismen im Gegensatz dazu können in einem sehr weiten Temperaturbereich vorkommen. Ein erster Ansatz zur Typisierung von Quellen in der Schweiz ist im Auftrag des BAFU von Lubini et al. (2014) entstanden, dabei werden die Quellen nach zwei Ansätzen kartiert. Im ersten Ansatz wird anhand eines Kartierungsbogen die Struktur der Quelle aufgenommen und ausgewertet. Im zweiten Ansatz wird die Fauna der Quelle beprobt und die gesammelten Makroinvertebraten im Labor bestimmt. Die Fauna wird anhand der ökologischen Wertezahl nach Fischer (1996) ausgewertet.

Durch den Klimawandel nehmen die Temperaturen auch in der Schweiz weiter zu. Seit Messbeginn ist die jährliche Durchschnittstemperatur um 2.1 °C gestiegen (METEOSCHWEIZ.ADMIN.CH). Es ist anzunehmen, dass der weitere Temperaturanstieg im Berggebiet deutlich gravierender ausfallen wird. Nach den Klimaszenarien von 2018 wird angenommen, dass Niederschlagsereignisse heftiger werden, mehr Hitzetage auftreten und die Sommer trockener und die Winter schneeärmer werden (METEOSCHWEIZ.ADMIN.CH). Eine Temperaturzunahme im Berggebiet bedeutet einen Anstieg der Schneefallgrenze und damit einen Anstieg der Baumgrenze. Durch den Klimawandel geraten terrestrische sowie aquatische Lebensräume unter Druck. Quellen gehören zu den am stärksten gefährdeten aquatischen Lebensräumen (Cantonati et al., 2006).

Es wird erwartet, dass durch den Klimawandel die Temperatur in den Quellen ansteigen und gleichermassen die Variabilität der Temperaturen zunehmen wird (von Fumetti et al., 2017). Diese Veränderungen werden hauptsächlich auf kalt-stenotherme alpine Arten einen grossen Einfluss haben (von Fumetti et al., 2017).

Die alpinen und subalpinen Quellen werden zunehmend bedroht und benötigen ein effizientes Schutzkonzept (Küry et al., 2018). Durch den Klimawandel verschieben sich Faktoren wie die Wassertemperatur in Quellen den Höhengradienten entlang nach oben. Eine Studie zeigt, dass vor allem Trichopteren- und Plecopteren-Arten kälteangepasst sind (Küry et al., 2018). Bei einer durch den Klimawandel bedingten Erwärmung der Quellen sind aber die Möglichkeiten für diese Arten weiter in die Höhe auszuweichen begrenzt, da die Zahl an Quelllebensräumen immer weiter abnimmt und so diese besonders gefährdet sind (Weber, 2006, Lubini et al., 2012, Küry et al., 2018).

Die Temperatur in Quellen nimmt grundsätzlich mit zunehmender Höhe ab. Eine Studie zeigte, dass mit zunehmender Höhe auch die Variabilität in der Temperatur kleiner wird (Von Fumetti et al., 2017). Die Artenzusammensetzung verändert sich mit zunehmender Höhe, wobei die Wassertemperatur einer der treibenden Faktoren ist. In hochgelegenen alpinen Quellen ist die Abundanz von stenothermen Makroinvertebraten höher, in tieferen Lagen dominieren eher speziell an das Leben in Quellen angepasste Organismen (Von Fumetti et al., 2017). Durch den Klimawandel und die allgemeine Temperaturzunahme im Berggebiet könnten die Temperaturschwankungen in alpinen Quellen zunehmen. Aus dieser Begebenheit schliessen von Fumetti et al. (2017), dass die durch den Klimawandel bedingten Veränderungen einen größeren Einfluss auf höher gelegene Quellen hat, da die dort vorkommenden Organismen schlechter an Temperaturschwankungen angepasst sind.

In dieser Arbeit wurden 10 Quellen im Val Tuoi, einem Hochtal im Unterengadin strukturell und faunistisch untersucht. Das Ziel der Arbeit war es zu untersuchen, ob sich die Artenzusammensetzung in den Quellen entlang eines Höhengradienten verändert. Dabei wurde auch untersucht welche Faktoren die Artenzusammensetzung hauptsächlich beeinflussen und wie der Zustand der Quellen ist. Das Verständnis der Artenzusammensetzung im Val Tuoi ist relevant, um bessere Schutzmassnahmen für die Quellen zu ermöglichen. Zusätzlich kann mit weiteren Untersuchungen und anhand allfälliger Veränderungen in der Fauna der Einfluss des Klimawandels verfolgt werden.

2. Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet dieser Arbeit ist das Val Tuoi im Unterengadin im Kanton Graubünden. Der Eingang in das Val Tuoi ist vom Dorf Guarda aus Richtung Norden. Das Unterengadin ist Ost-West ausgerichtet, das Val Tuoi liegt rechtwinklig dazu und ist somit Nord-Süd ausgerichtet. Der Talboden des Val Tuoi liegt auf einer Höhe von etwa 1700 bis 2300 Metern ü. M. Die umliegenden Berge erreichen eine Höhe von über 3000 Metern über Meereshöhe (Abb. 1).

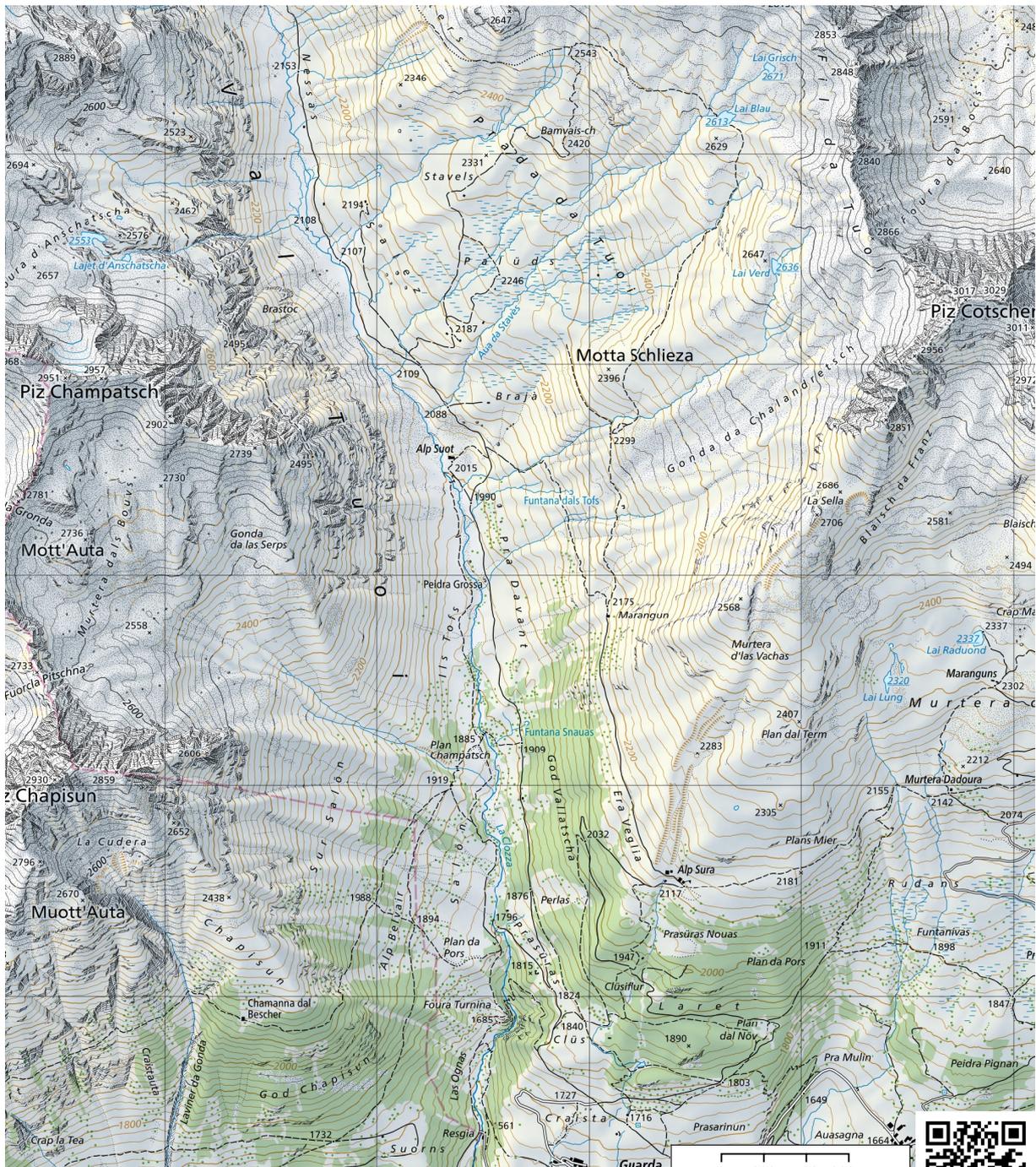


Abbildung 1: Übersichtskarte des Val Tuoi zur Orientierung (<https://map.geo.admin.ch>)

Das Val Tuoi liegt in der geologischen Einheit des Oberostalpins, der kristallinen Gesteine der Silvretta Decke. Hauptsächlich sind verschiedene Gneise zu finden (SWISSTOPO.CH). Die prägende geologische Formation im Val Tuoi ist Moränenmaterial aus der letzten Eiszeit (Abb.2). Die untersuchten Quellen liegen im Gebiet des Moränenmaterials.

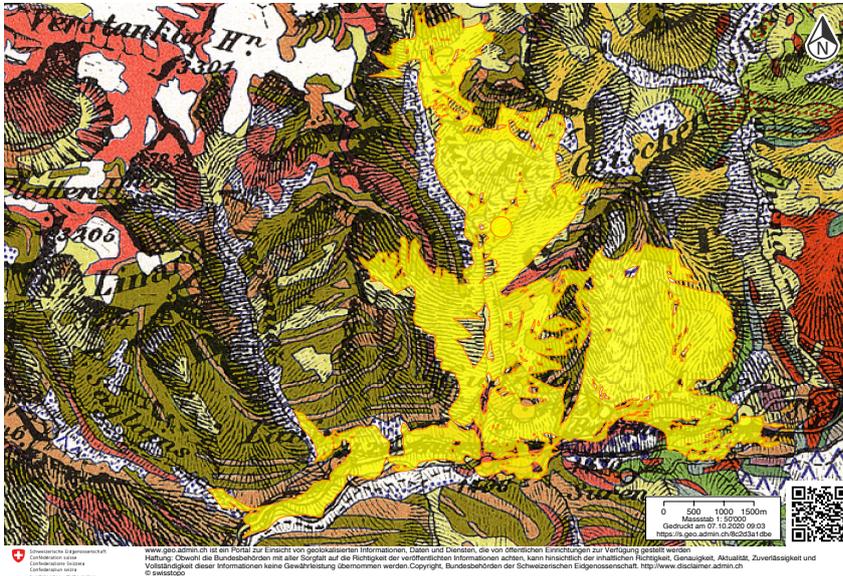


Abbildung 2: Geologie Val Tuoi
(<https://map.geo.admin.ch>)

In der Nähe des Val Tuoi liegen die Klimamessstationen Scuol (Abb.4) und Buffalora (Abb.3) am Ofenpass im Nationalpark. Die Station Buffalora liegt weiter weg, ist aber von der Höhe gesehen besser mit dem Val Tuoi vergleichbar. Jährlich kommt eine Niederschlagsmenge von durchschnittlich 700 bis 800mm zusammen. Die Jahresdurchschnittstemperatur liegt bei 1°C. Die grossen Temperaturunterschiede zwischen Sommer und Winter sind sehr charakteristisch für ein kontinentales Klima (METEOSCHWEIZ.ADMIN.CH).

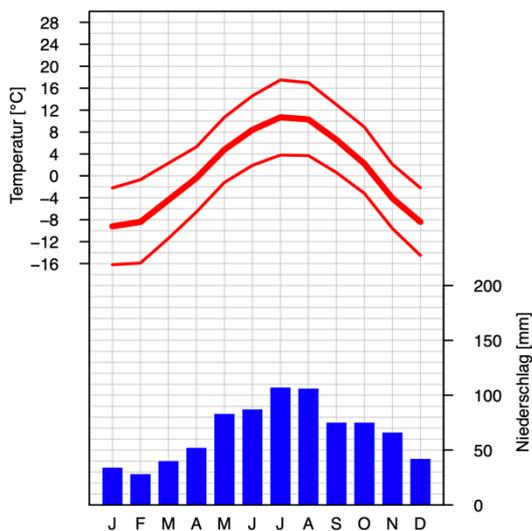


Abbildung 3: Klimadiagramm Buffalora
(https://www.meteoschweiz.admin.ch/product/output/climate-data/climate-diagrams-normal-values-station-processing/BUF/climsheet_BUF_np8110_d.pdf)

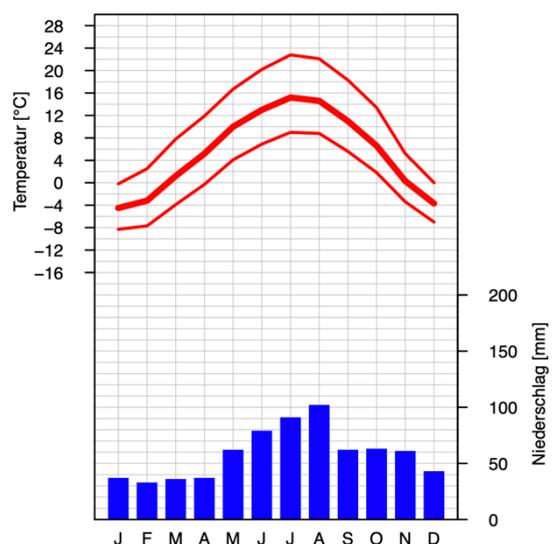


Abbildung 4: Klimadiagramm Scuol
(https://www.meteoschweiz.admin.ch/product/output/climate-data/climate-diagrams-normal-values-station-processing/SCU/climsheet_SCU_np8110_d.pdf)

Die Vegetation im Val Tuoi ist grossräumig standorttypisch für ein alpines Hochtal. Im Taleingang oberhalb von Guarda sind in erster Linie extensiv bewirtschaftete Grasflächen zu finden. Im Talverlauf und mit zunehmender Höhe ändert sich die Vegetation zu einem Lärchenwald. Die Waldgrenze liegt auf einer Höhe von etwas unter 2000 Metern über Meereshöhe. Die Waldgrenze im Val Tuoi ist durch eine anthropogene Nutzung geprägt. Die wachstumslimitierende Höhe liegt bei Lärche rund 200 Höhenmeter weiter oben (NATIONALPARK.CH). Nach der Waldgrenze prägen Zwergsträucher und extensives Weideland die Landschaft. Ein grosser Teil der östlichen Talseite, das Prada da Tuoi, ist ein sumpfig geprägtes Plateau. Die westliche Talseite ist deutlich steiler als die östliche und unterscheidet sich so auch in der Bewirtschaftung. Die Weideflächen der westlichen Talseite werden in den steilen Lagen mit Schafen und in den Flachen mit Kühen bewirtschaftet. Die östliche Talseite wird grösstenteils von Kühen und Ziegen beweidet.

In dieser Arbeit wurden im Val Tuoi insgesamt 10 Quellen (Abb.5) untersucht. Die Quellen liegen alle im Talboden oder auf der östlichen Talseite. Die Quellen befinden sich auf einer Höhenlage von 1800 bis knapp über 2400 Metern über Meereshöhe. Alle untersuchten Quellen wurden als ganzjährig schüttend eingeschätzt. Die Quellen wurden nach den jeweils naheliegenden Flurnamen benannt. Da an einigen Standorten mehrere Quellen nahe beieinander zu finden sind, wurden die Quellen jeweils nummeriert. Im Abschnitt 4.1 werden alle untersuchten Quellen aufgeführt und kurz das allgemeine Erscheinungsbild und die wichtigsten Faktoren beschrieben. Die Quellen sind in der Aufzählung nach der Höhenlage sortiert.

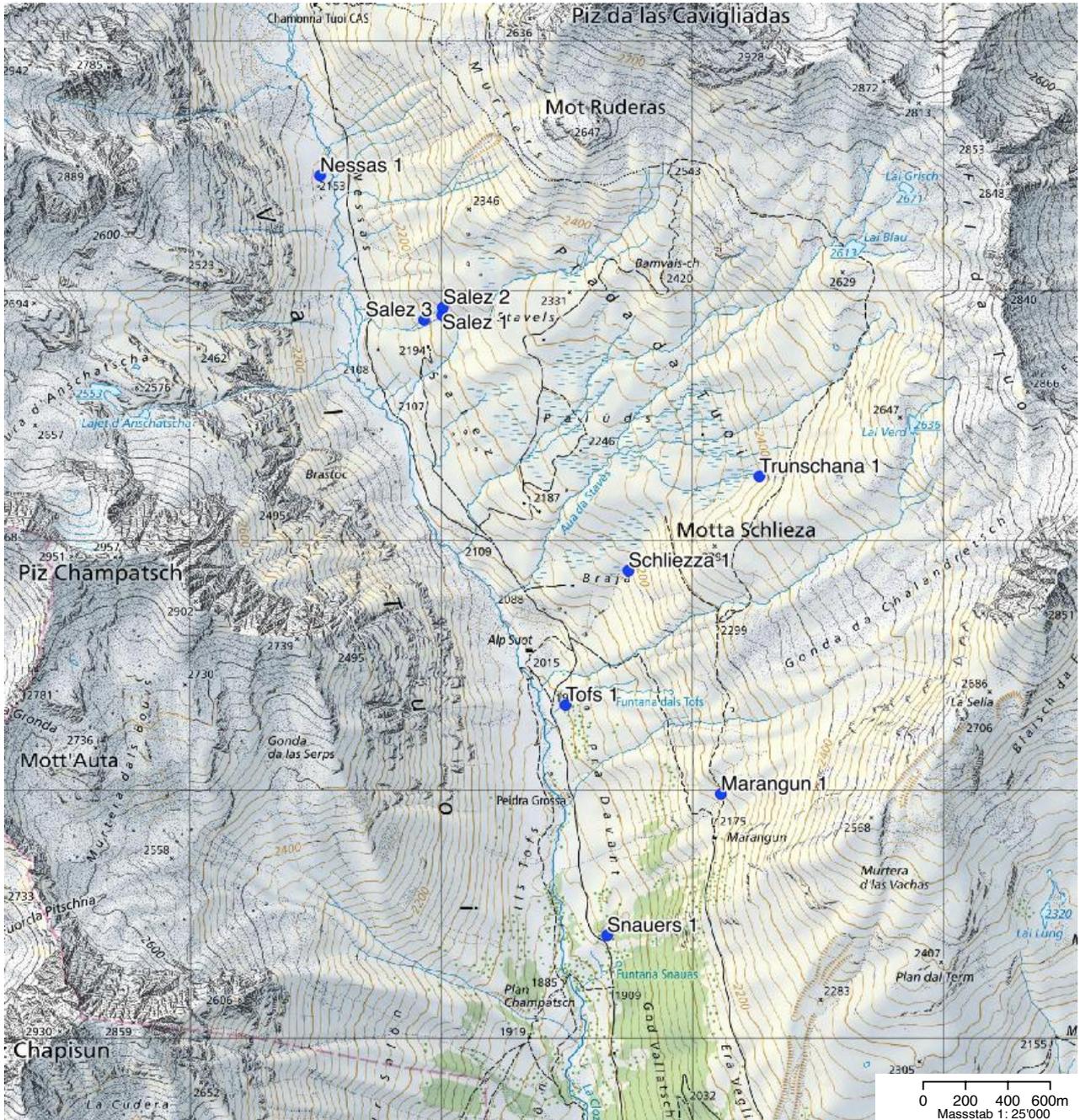


Abbildung 5: Standorte der untersuchten Quellen
 (verändert nach: <https://map.geo.admin.ch>)

3. Material und Methoden

Die Untersuchung der Quellen fand vom 29.6.2019 bis zum 7.7.2019 statt. Teilweise waren die Quellen im Val Tuoi bereits in einem Inventar erfasst, was die Suche nach passenden Standorten etwas erleichterte. Die Standorte mussten jedoch grösstenteils gesucht werden, was aber bei den meisten Standorten durch die Lage über der Waldgrenze vereinfacht wurde.

Nach der Identifikation eines Standorts wurde die Quelle fotografiert und die Standortdaten aufgenommen. Als nächstes wurden die physiko-chemischen Parameter gemessen und eine Wasserprobe zur Ermittlung der Ionenkonzentrationen entnommen. Weiter wurde die Struktur der Quelle kartiert und die Fauna der Quelle beprobt.

3.1 Abiotische Parameter

In den Quellen wurden der pH, die Wassertemperatur, die elektrische Leitfähigkeit und die Sauerstoffkonzentration gemessen. Die Parameter wurden mit IDS-Sensoren an Messgeräten der Firma WTW gemessen. Die Messgeräte gibt es entweder als einzelne Geräte oder das Gerät Multi 3630 IDS kann alle Sensoren gleichzeitig auslesen. Das Messgerät für den pH-Wert und das Messgerät für die elektrische Leitfähigkeit zeigen zusätzlich auch die Wassertemperatur an. Die Sauerstoffkonzentration wurde in mg/l und in % aufgenommen.

Zur Ermittlung der Ionenkonzentrationen wurde den Quellen eine Wasserprobe entnommen. Die Proben wurden möglichst kühl gelagert und so schnell wie möglich eingefroren, um die Ionenzusammensetzung nicht zu verfälschen. Es wurden die Konzentrationen der Anionen Fluorid, Chlorid, Nitrat, Phosphat und Sulfat, sowie der Kationen Natrium, Ammonium, Magnesium, Kalium und Calcium in mg/l gemessen. Die Messungen wurden im Labor durch Judith Kobler Waldis der Forschungsgruppe Umweltgeowissenschaften der Universität Basel durchgeführt. Die Messungen erfolgten mit einer geschätzten Messunsicherheit von 5 -10% und an der Nachweisgrenze mit einer Unsicherheit von 20 – 50%.

Die strukturelle Bewertung erfolgte nach der im Auftrag des BAFU erarbeiteten Anleitung von Lubini et al. (2014) zur Bewertung von Quell-Lebensträumen in der Schweiz mit dem dazugehörigen Kartierungsbogen (Beispiel eines ausgefüllten Kartierungsbogen im Anhang). In dieser Anleitung werden zwei sich ergänzende Methoden zur faunistisch-ökologischen Bewertung von Quellen vorgestellt.

Sie eignen sich für die Beurteilung des Lebensraums im Zusammenhang mit Bauvorhaben, mit Naturschutzanliegen, Revitalisierungen oder der Inventarisierung von Quellen. In dieser Arbeit wurde die erste dieser Methoden angewendet die aus einer Kartierung von Art und Zahl der für Quellorganismen wichtigen Lebensraumstrukturen sowie von Beeinträchtigungen, die den Wert für diese Lebensgemeinschaften schmälern, besteht. Diese Merkmale werden in einem Kartierungsbogen aufgenommen und in die dazugehörige Excel-Tabelle übertragen. Beide Merkmalsgruppen ergeben Punkte, deren Verrechnung zu einer Bewertung der ökologischen Qualität der Quelle führt (Tab.1) (Lubini et al., 2014). Ebenso kann mit der Anleitung von Lubini et al. (2014) eine Quelle faunistisch bewertet werden, wobei die Makroinvertebraten anhand ihrer ökologischen Wertezahl nach Fischer (1996) ausgewertet werden. Diese Methode wurde in dieser Arbeit nicht verwendet.

Tabelle 1: Klassierung der Quellbewertung nach Lubini et al. (2014)

Klassierung	Bewertung
naturnah	0.6 - 1.8
bedingt naturnah	1.81 - 2.6
mässig beeinträchtigt	2.61 - 3.4
geschädigt	3.41 - 4.2
stark geschädigt	4.21 - 5.0

3.2 Faunistische Beprobung

Für die faunistische Untersuchung des Makrozoobenthos wurden den Quellen je 5 Proben entnommen. Als quantitative Analyse wurden vier möglichst charakteristische Substratflächen mit einem Surber-Sampler mit einer Maschenweite von 600 µm beprobt. Dabei wird jeweils auf einer Fläche von 100cm² das Substrat ausgegraben und ausgewaschen. Der Surber-Sampler wurde speziell für die Beprobung von sehr kleinen Quellen konzipiert. Die Beprobung mit einem Surber-Sampler ermöglicht die Aufnahme eines möglichst grossen Anteils der gesamten Fauna der Quelle mit möglichst kleiner Störung des Ökosystems. Zusätzlich kann durch die definierte Fläche des Surber-Samplers eine Abschätzung der Individuenanzahl pro Fläche eines Quellökosystems erfolgen (Von Fumetti et al., 2006). Des Weiteren wurde in jeder Quelle eine Probe entnommen, bei der mit einem Netz mit einer Maschenweite von 200 µm möglichst alle Substrattypen der Quelle beprobt wurden. Ziel dieser Probe ist es, eine qualitative Übersicht über alle Organismen der Quelle zu erlangen (Von Fumetti, 2017).

Alle Proben wurden im Feld mittels Dekantieren in einer Weisschale gereinigt und in Bechern mit 100%igem unvergälltem Ethanol gesammelt und konserviert. Die Proben wurden im Labor unter dem Binokular aussortiert, um die Organismen vom Substrat zu trennen. Nach dem Aussortieren wurden die Organismen morphologisch bestimmt. Bedingt durch den Zeitpunkt der Beprobung waren viele Organismen sehr klein und so war grösstenteils nur eine Bestimmung bis Gattungsniveau möglich.

3.3 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung wurde in R durchgeführt. R ist eine frei verfügbare Software zur statistischen Auswertung von Daten und der Erstellung von Grafiken (R-PROJECT.ORG).

Vor der Berechnung der Analysen, mussten die Daten für diese aufbereitet werden. Dazu wurden Korrelationsplots der beiden Datensätze der Abiotik erstellt. Bei Daten mit sehr hoher positiver, respektive negativer Korrelation wurde jeweils einer dieser Datenpunkte entfernt. Dieser Schritt ist nötig, um Fehler in den statistischen Analysemethoden zu verhindern. Es ist zu beachten diese entfernten Daten in der späteren Interpretation zu berücksichtigen. Nach der Aufbereitung wurden mit den Daten drei Analyseverfahren durchgeführt, eine NMDS-, eine RDA- und eine BIOENV-Analyse.

Die Datensätze der abiotischen Parameter und der Substratzusammensetzung haben unterschiedliche Skalen, erstere absolute Werte der Messungen und letztere Prozentzahlen der Zusammensetzung. Aus diesem Grund wurden diese Datensätze als erstes getrennt analysiert. Danach wurde eine normalisierte RDA erstellt mit dem ganzen Datensatz.

Eine NMDS (Non-metric multidimensional scaling) Analyse war die Wahl für die Analyse, da sich diese Methode sehr gut für kleine Datensätze eignet. Die Stressplots zeigten dies zusätzlich (Stressplots sind im Anhang zu finden). Eine NMDS zeigt die Beziehungen zwischen den einzelnen Daten an. Aus der Analyse entsteht eine zweidimensionale Darstellung mit den Untersuchungsstandorten als Punkte. Der Abstand zwischen den Punkten beschreibt die Ähnlichkeit zwischen ihnen, je kleiner die Distanz, desto ähnlicher sind sich diese Datenpunkte. Es wurde jeweils einzeln eine NMDS für die biotischen und eine für die abiotischen Daten erstellt (MB3IS.MEGX.NET/GUSTAME).

Eine RDA (redundancy analysis) zeigt die Beziehungen zwischen zwei Variablen auf. Es wird analysiert wie die «response» Daten, im Fall dieser Studie die Artenzusammensetzung der Quellen von «explanatory» Daten, die abiotischen Faktoren erklärt werden. Eine RDA wird ebenfalls als zweidimensionale Grafik generiert. Dabei sind die «response» Daten als Punkte und die «explanatory» Daten als Pfeile dargestellt. Entlang der Pfeile wird die Korrelation zwischen den Daten aufgezeigt (MB3IS.MEGX.NET/GUSTAME).

Eine BIOENV-Analyse untersucht die Beziehung zwischen Biotik und Abiotik. Die Analyse zeigt auf durch welche Kombination an abiotischen Faktoren der grösste Teil an Biotik erklärt werden kann. Eine BIOENV-Analyse generiert keine Grafik, sie wird als Tabelle dargestellt (MB3IS.MEGX.NET/GUSTAME).

4. Resultate

4.1 Beschreibung der untersuchten Quellen

4.1.1 Tortas 1 (Koord.: 806612/185345)

Die Quelle Tortas 1 ist die am tiefsten gelegene Quelle und liegt auf einer Höhe von 1800 m ü. M. . Die Quelle liegt am Talausgang im Wald, wodurch die Quelle teils beschattet wird. Das organisch geprägte Substrat setzt sich grösstenteils aus Moos, Pflanzen und Detritus zusammen. Ebenso sind in der Quelle, erhebliche Mengen an Fadenalgen zu finden (Abb.6).

4.1.2 Snauers 1 (Koord.: 806660/186413)

Die Quelle Sanuers 1 liegt auf einer Höhe von 1929 m ü.M. und befindet sich wie die Quelle Tortas 1 im Wald. Das Substrat ist mehrheitlich anorganisch und setzt sich aus Sand, Steinen und grösstenteils Kies zusammen. Des Weiteren sind Totholz und Detritus im Substrat zu finden (Abb.7).



Abbildung 6: Bild der Quelle Tortas 1



Abbildung 7: Bild der Quelle Snauers 1

4.1.3 Tofs 1 (Koord.: 806495/187337)

Die Quelle Tofs 1 liegt auf einer Höhe von 1997 m ü. M. in der Nähe der Alp Sura auf einer offenen Fläche. Das Substrat ist hauptsächlich anorganisch in Form von Kies, Sand und Steinen. Grosse Teile der Quelle sind mit Moospolstern überdeckt. Diese Quelle liegt neben einer Fläche, die gemäht und nicht beweidet wird, so dass praktisch keine Trittschäden zu finden sind (Abb.8).

4.1.4 Nessas 1 (Koord.: 805518/189461)

Die Quelle Nessas 1 befindet sich am weitesten hinten im Tal und liegt im Talboden auf einer Höhe von 2147 m.ü.M.. Der anorganische Teil des Substrats setzt sich aus Felsen und wenig Steinen, Kies und Sand zusammen. Als organische Substrate sind viel Moos und Pflanzen in der Quelle zu finden. Sie entspringt mit zwei Austritten direkt aus einem Geröllfeld und weist die grösste Schüttung der untersuchten Quellen auf (Abb.9).



Abbildung 8: Bild der Quelle Tofs 1



Abbildung 9: Bild der Quelle Nessas 1

4.1.5 Schliezza 1 (Koord.: 806745/187876)

Die Quelle Schliezza 1 liegt auf der Ostseite des Tals auf einer Höhe von 2187 m ü. M.. Das Substrat setzt sich aus Steinen, Kies und Sand, sowie Moospolstern zusammen. Sie befindet sich im beweideten Teil des Tals und weist so erhebliche Trittschäden auf (Abb.10).

4.1.6 Marangun 1 (Koord.: 807113/186980)

Die Quelle Marangun 1 liegt auf einer Höhe von 2189 m ü.M. und ist somit etwa gleich hoch gelegen wie Schliezza 1, liegt aber weiter südlich. Das Substrat der Quelle ist anorganisch geprägt und setzt sich aus Steinen, Kies und Sand zusammen. Ebenso ist ein geringer Anteil an Moospolstern zu finden. Der Quellbereich ist sehr dicht bewachsen (Abb.11).



Abbildung 10: Bild der Quelle Schliezza 1



Abbildung 11: Bild der Quelle Marangun 1

4.1.7 Salez 3 (Koord.: 805932/188882)

Die Quelle Salez 3 liegt auf einer Höhe von 2237 m ü.M. und unterscheidet sich hauptsächlich in der Austrittsform und der Temperatur von den anderen beiden Quellen bei Salez (Salez 1 und 2). Während die anderen beiden Quellen als Sturzquellen bezeichnet werden, kann man diese als Sickerquelle bezeichnen. Das Substrat ist grösstenteils organisch in Form von Pflanzen und Detritus (Abb.12).

4.1.8 Salez 1 (Koord.: 806004/188901)

Die Quelle Salez 1 liegt auf einer Höhe von 2272 m ü.M. und liegt südlich der Quelle Salez 2. Das Substrat besteht aus einer gleichmässigen Mischung aus Steinen, Kies und Sand. Den grössten Teil des Substrats macht Moos aus (Abb.13).



Abbildung 12: Bild der Quelle Salez 3



Abbildung 13: Bild der Quelle Salez 1

4.1.9 Salez 2 (Koord.: 806007/188932)

Die Quelle Salez 2 liegt auf einer Höhe von 2276 m ü. M., nördlich der Quelle Salez 1. Die Quelle unterscheidet sich sehr wenig von der Quelle Salez 1. Das Substrat besteht ebenfalls aus Steinen, Sand, Kies und viel Moos (Abb.14).

4.1.10 Trunschana 1 (Koord.: 807266/188254)

Die Quelle Trunschana 1 liegt auf einer Höhe von 2400 m ü. M. und ist somit die am höchsten gelegene der untersuchten Quellen. Das Substrat besteht hauptsächlich aus Kies und etwas Sand und Steinen, ein kleiner Teil ist mit Moos bedeckt. Die Quelle liegt im beweideten Gebiet und wies dadurch zum Zeitpunkt der Untersuchung sehr grosse Trittschäden auf (Abb.15).



Abbildung 14: Bild der Quelle Salez 2



Abbildung 15: Bild der Quelle Trunschana 1

4.2 Physikochemie

Die grösste Variation ist in den Messungen der Leitfähigkeit und der Temperatur zu finden (Tab.2). Durchschnittlich liegt die Leitfähigkeit bei 146.7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ mit einem Minimalwert von 34 $\mu\text{S}/\text{cm}$ bei der Quelle Nessas 1 und einem Maximalwert von 323 $\mu\text{S}/\text{cm}$ bei der Quelle Schliezza 1. Die Temperatur liegt durchschnittlich bei 6.2 $^{\circ}\text{C}$. Bei 6 von 10 Quellen liegt die Temperatur jedoch unter 5 $^{\circ}\text{C}$ und nur bei einer, Salez 3, über 10 $^{\circ}\text{C}$.

Der pH weist einen Median von 7.6 auf, nur eine Messung, die der Quelle Nessas 1, liegt unter pH 7. Die Sauerstoffkonzentration liegt bei vielen Quellen über 100%, nur zwei Messwerte, Schliezza 1 und Salez 2, sind darunter. So ergibt sich ein Mittelwert von 106 %.

Tabella 2: physiko-chemische Parameter

Quelle:	Tortas 1	Snauers 1	Tofs 1	Nessas 1	Schliezza 1	Marangun 1	Salez 3	Salez 1	Salez 2	Trunschana 1
Leitfähigkeit ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	128	108	181	34	323	97	87	154	153	202
pH	7.6	7.6	7.78	6.75	7.7	7.6	7.2	7.18	7.78	7.7
O ₂ (%)	117	103.5	108.5	101	86.1	102	100	125.6	98.5	125.4
Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	6.6	8.3	5.8	4.1	4.5	4.2	16.7	4	4.8	3.4

Im Allgemeinen sind die gemessenen Konzentrationen von Anionen und Kationen sehr gering ausgefallen. Die grösste Variation zwischen den Quellen wurde in der Konzentration bei Calcium und Nitrat festgestellt. Die Konzentrationen von Phosphat (ausser Nessas 1) und Ammonium (ausser Salez 2) lagen in den meisten Messungen unter der Nachweisgrenze (Tab.3).

Tabella 3: Ionenkonzentrationen

Quelle:	Tortas 1	Snauers 1	Tofs 1	Nessas 1	Schliezza 1	Marangun 1	Salez 3	Salez 1	Salez 2	Trunschana 1
Fluorid (mg/l)	<0.05	0.11	0.05	0.06	0.05	0.05	0.06	<0.05	<0.05	<0.05
Chlorid (mg/l)	0.70	0.29	<0.1	0.58	0.15	0.19	0.97	0.16	0.60	0.06
Nitrat (mg/l)	1.43	1.19	0.22	0.70	0.23	0.37	0.19	0.70	0.72	0.41
Phosphat (mg/l)	<0.1	<0.1	<0.1	0.14	<0.1	<0.1	0.10	<0.1	<0.1	<0.1
Sulfat (mg/l)	5.3	3.5	7.3	8.5	16.9	4.4	3.8	4.9	3.4	10.5
Natrium (mg/l)	1.78	1.63	1.34	1.30	1.93	1.25	1.22	1.43	1.56	0.81
Ammonium (mg/l)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1
Magnesium (mg/l)	2.4	2.3	2.8	0.9	6.5	1.8	1.5	3.0	2.2	6.1
Kalium (mg/l)	1.8	0.7	0.8	0.8	0.5	1.1	1.4	0.6	1.3	0.3
Calcium (mg/l)	21.9	21.4	28.6	4.7	37.2	14.9	12.7	23.4	23.0	26.6

4.3 Substrat und Strukturelle Bewertung

Vier Quellen wurden als naturnah und fünf als bedingt naturnah bewertet. Nur bei einer Quelle, Marangun 1, ist die Bewertung als mässig beeinträchtigt ausgefallen (Tab.4).

Tabella 4: Strukturelle Bewertung nach Lubini et al. (2014)

Quelle:	Tortas 1	Snauers 1	Tofs 1	Nessas 1	Schliezza 1	Marangun 1	Salez 3	Salez 1	Salez 2	Trunschana 1
Bewertung	1.65	2.49	1.29	1.64	1.43	2.9	2.54	2.38	1.85	2.33

Insgesamt wurden 11 Substrattypen aufgenommen (Tab.5).

In den untersuchten Quellen wurden zwischen sechs und neun Substrattypen gefunden. Durchschnittlich wurden pro Quelle acht Substrattypen festgestellt.

Die am häufigsten auftretenden Substrate sind Steine, Kies und Moos. Steine und Kies waren in allen Untersuchungsstandorten aufzufinden, Moos konnte in 8 von 10 Quellen gefunden werden. Wurzeln und Totholz sind die am seltensten auftretenden Substrate in dieser Untersuchung und wurden an einem (Salez 1) bzw. zwei Standorten (Tortas 1 und Snauers 1) gefunden.

Tabella 5: Substratzusammensetzung

Quelle:	Tortas 1	Snauers 1	Tofs 1	Nessas 1	Schliezza 1	Marangun 1	Salez 3	Salez 1	Salez 2	Trunschana 1
Fels (%)	>1	>1	>1	>20	>1	>1	0	>20	>20	>1
Steine (%)	>20	>20	>20	>1	>50	>20	>1	>20	>20	>20
Kies (%)	>1	>50	>50	>1	>20	>50	>20	>20	>20	>50
Sand (%)	>1	>20	>20	0	>1	>1	>20	>1	>1	>20
Feinmaterial (%)	>1	>1	>20	0	>1	>1	>20	>1	>1	>20
Moos (%)	>50	0	>20	>50	>20	0	>20	>50	>50	>1
Wurzeln (%)	0	0	0	0	0	0	0	>1	0	0
Totholz (%)	>1	>20	0	0	0	0	0	0	0	0
Pflanzen (%)	>20	>1	>1	>20	0	>1	<50	>20	>20	>1
Fallaub (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Detritus (%)	>20	>1	>1	0	>1	>1	>20	>20	>20	0
Anzahl Substrate	9	8	9	6	7	7	7	9	8	7

4.4 Faunistische Beprobung

Total wurden in der Arbeit 2214 Individuen bestimmt (Tab.6). Insgesamt wurden 41 Taxa bestimmt. Durchschnittlich wurden pro Untersuchungsstandort 16 Taxa ermittelt. Minimal wurden sieben (Nessas 1) und maximal 24 Taxa (Tofs 1) gefunden (Abb.16).

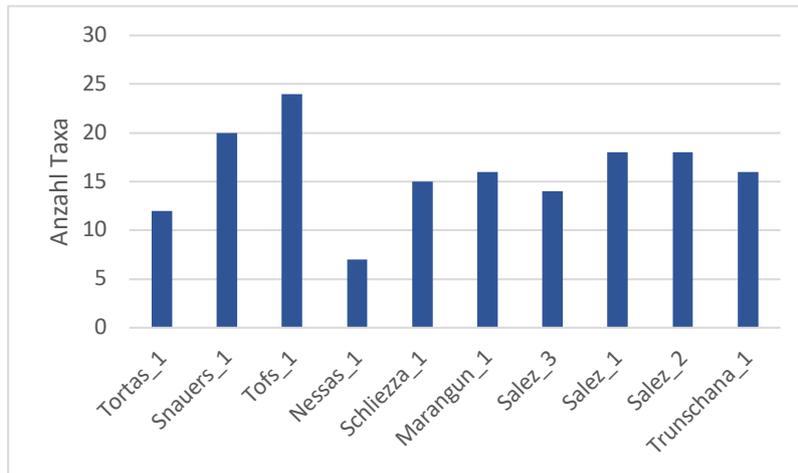


Abbildung 16: Anzahl gefundenen Taxa in den Quellen

Die grösste Diversität wurde bei den Plecopteren, mit 15 unterschiedlichen Taxa und insgesamt 423 Individuen festgestellt. Die grösste Abundanz wies die Art *Lecutra rosinae* auf und wurde mit 104 Individuen in fünf von zehn Quellen nachgewiesen. Am zweithäufigsten wurde *Nemoura mortoni* nachgewiesen und wurde mit 77 Individuen in 8 von 10 Quellen gefunden. Keine Art wurde in allen Quellen gefunden. Die Arten *Amphinemoura* sp. (Marangun 1) und *Lecutra braueri-muranyii* (Snauers 1) wurden nur in einer Quelle festgestellt. Ebenso wurde bei den Ephemeroptera die Gattung *Baetis* mit der Art *Baetis alpinus* mit insgesamt 20 Individuen nachgewiesen. Bei den Trichoptera wurden insgesamt 67 Individuen gesammelt, darunter waren die Arten *Drusus chrysotus*, *Drusus melanchaetes* und *Philopotamus montanus*. In der absoluten Abundanz machen Dipteren mit 1320 Individuen den grössten Anteil aus.

Tabelle 6: Artenliste (absolute Abundanzen)

Quelle:	Tortas_1	Snauers_1	Tofs_1	Nessas_1	Schliezza_1	Marangun_1	Salez_3	Salez_1	Salez_2	Trunschana_1
<i>Crenobia alpina</i> (Dana, 1766)	0	2	9	0	13	3	0	10	32	5
<i>Valvata</i> sp. (O. F. Müller, 1773)	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0
Valvatidae (J. E. Gray, 1840)	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
<i>Pisidium</i> (Pfeiffer, 1821)	5	5	0	0	0	0	4	0	0	1
Ostracoda (Latreille, 1802)	16	3	0	10	0	1	0	2	0	3
Copepoda (Milne Edwards, 1840)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3
<i>Sperchon thienemanni</i> (Koenike, 1907)	5	1	1	0	0	0	1	0	0	0
<i>Lebertia</i> (Neuman, 1880)	3	0	1	0	0	0	2	1	0	1
<i>Hygrobatas norwegicus</i> (Thor, 1897)	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Partnunia</i> sp (Piersig, 1896)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Partnunia steinmanni</i> (Walter, 1906)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Ephemeroptera (Hyatt, Arms, 1890)	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0
<i>Baetis alpinus</i> (Pictet 1843)	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0
<i>Baetis</i> sp. (Leach, 1815)	0	1	8	0	2	0	0	0	1	4
<i>Amphinemura</i> sp. (Ris, 1902)	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Chloroperla</i> sp. (Newman, 1836)	0	0	21	0	1	0	0	0	1	0
<i>Dictyogenus alpinum</i> (Pictet, 1841)	0	0	1	0	4	0	0	1	0	1
<i>Isoperla rivulorum</i> (Pictet, F.J., 1841)	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0
<i>Leuctra armata</i> (Kempny, 1899)	0	2	1	0	0	0	0	0	0	4
<i>Leuctra braueri-muranyii</i> (Vinçon, Graf, 2011)	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Leuctra rosinae</i> (Kempny, 1900)	0	1	0	0	0	0	1	16	82	4
<i>Leuctra</i> sp. (Stephens, 1836)	0	1	0	0	2	0	1	10	1	1
<i>Nemoura mortoni</i> (Ris, 1902)	1	1	12	2	15	0	0	4	28	14
<i>Nemoura sinuata</i> (Ris, 1902)	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
<i>Nemoura</i> sp. (Latreille, 1796)	1	0	3	6	0	2	1	1	8	9
<i>Nemurella picetii</i> (Klapálek, 1900)	2	0	0	0	0	0	0	0	3	0
<i>Protonemura brevistyla</i> (Ris, 1902)	0	0	18	0	33	0	1	2	16	0
<i>Protonemura nimborum</i> (Ris, 1902)	0	1	8	1	0	6	0	7	1	0
<i>Protonemura</i> sp. (Kempny, 1898)	0	9	13	0	0	4	3	3	5	10
<i>Helophorus</i> (Arnold, 1935)	0	0	4	0	1	1	0	5	2	0
<i>Drusus chrysotus</i> (Rambur, 1842)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Drusus melanchaetes</i> (McLachlan, 1876)	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0
Limnephilidae (Kolenati, 1848)	0	5	8	1	0	40	0	5	1	0
<i>Philopotamus montanus</i> (Donovan, 1813)	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Polycentropodidae (Ulmer, 1903)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Ceratopogonidae (Grassi, 1900)	0	15	19	0	1	0	9	4	12	15
Chironomidae (Erichson, 1841)	72	50	155	78	28	311	107	95	380	44
Limoniidae (Speiser, 1909)	2	8	7	4	1	2	0	4	11	6
Stratiomyidae (Latreille, 1802)	0	0	5	0	44	0	0	0	0	0
Psychodidae (Newman, 1834)	0	0	2	0	0	14	0	0	1	0
Simuliidae (Newman, 1834)	13	1	3	0	0	4	5	1	0	0

4.5 Statistische Analyse

Die Standorte wurden zur Untersuchung der Forschungsfrage mit Polygonen nach Höhenstufen gruppiert, grün: bis 2000 m.ü.M., blau: 2000 – 2200 m.ü.M. und schwarz: über 2200 m.ü.M. In der NMDS der Fauna liegen die Punkte alle relativ nahe beieinander. Salez 1, Salez 2 und Trunschana 1 sind sich faunistisch am ähnlichsten (Abb.17). In den physiko-chemischen Parametern sind sich Salez 1, Salez 2 und Marangun 1 sehr ähnlich (Abb.18). In der Substratzusammensetzung sind sich Trunschana 1 und Tofs 1 oder Schliezza 1 und Marangun 1 am ähnlichsten (Abb.19).

Die NMDS Analyse zeigt, dass die Unterschiede in den Quellen bei allen drei Analysen nicht direkt von der Höhenlage ableitbar sind. Welche Faktoren die Quelle beeinflussen wurde weiter in der RDA- und BIOENV-Analyse untersucht.

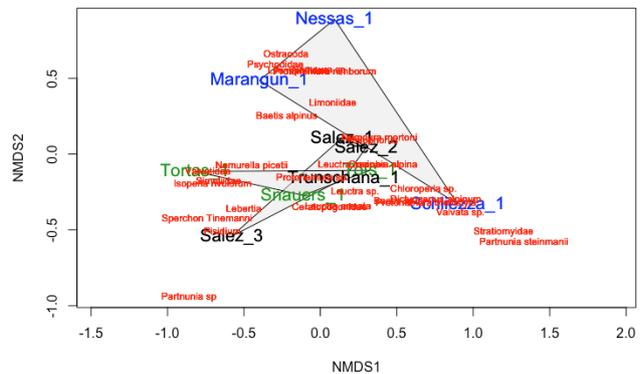


Abbildung 18: Diagramm der NMDS der Fauna

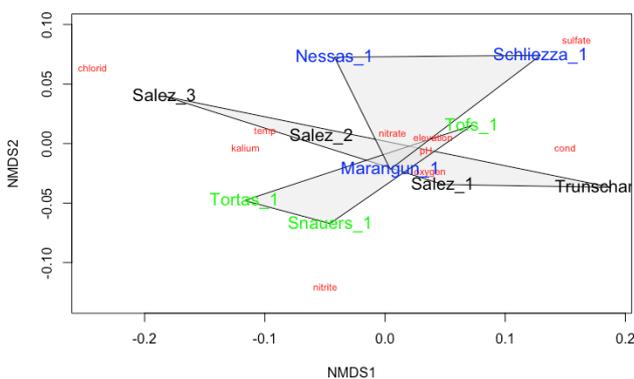


Abbildung 19 : Diagramm der NMDS der physiko-chemischen Parameter

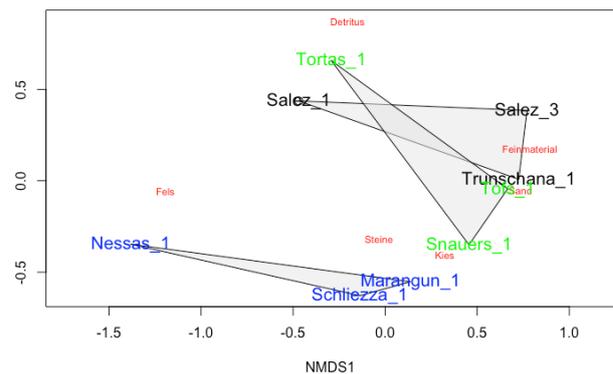


Abbildung 17 : Diagramm der NMDS der Substratzusammensetzung

Die BIOENV-Analyse der abiotischen Parameter zeigt, dass mit einer Kombination von pH, der elektrischen Leitfähigkeit und der Kaliumkonzentration 49% der Varianz in den Quellen (Tab. 8, rot) erklärt werden kann. Dies deckt sich auch mit der Darstellung der RDA (Abbildungen 20, 21) jedoch könnten noch mehr Ionenkonzentrationen und die Temperatur dazu genommen werden. Der Unterschied an erklärter Varianz ist dann aber minimal (Tab. 8, orange). Eine Kombination der Anteile von Steinen, Kies und Detritus erklären zusammen knapp 38% der Varianz bedingt durch die Substratzusammensetzung (Tab. 7, rot). Die RDA-Analyse der Substratzusammensetzung kann auch in diesem Fall das Resultat der BIOENV-Analyse bestätigen.

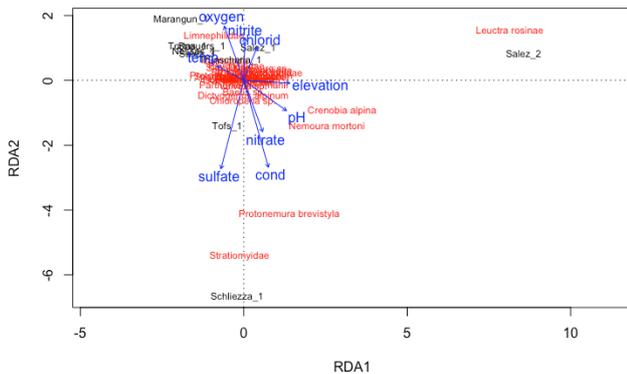


Abbildung 20: Diagramm der RDA der physiko-chemischen Parameter

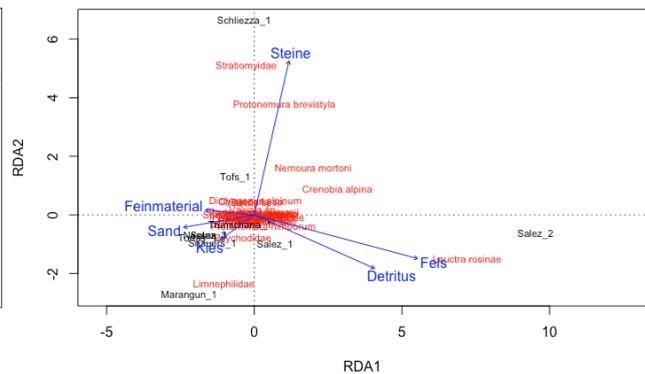


Abbildung 21: Diagramm der RDA der Substratzusammensetzung

Tabelle 7: BIOENV der Substratzusammensetzung

						size	correlation
Steine						1	0.3606
Steine	Kies					2	0.3633
Steine	Kies	Detritus				3	0.3795
Fels	Steine	Kies	Sand			4	0.2518
Fels	Steine	Kies	Sand	Feinmaterial		5	0.1467
Fels	Steine	Kies	Sand	Feinmaterial	Detritus	6	0.0881

Tabelle 8: BIOENV der physiko-chemischen Parameter

										size	correlation	
cond											1	0.4197
cond	kalium										2	0.4631
pH	cond	kalium									3	0.49
pH	temp	cond	kalium								4	0.4646
pH	temp	cond	nitrite	kalium							5	0.4817
pH	temp	cond	nitrite	sulfate	kalium						6	0.4906
elevation	pH	temp	cond	sulfate	kalium	chlorid					7	0.4758
elevation	pH	temp	cond	oxygen	nitrite	sulfate	kalium				8	0.4476
elevation	pH	temp	cond	oxygen	nitrite	sulfate	kalium	chlorid			9	0.4333
elevation	pH	temp	cond	oxygen	nitrite	sulfate	nitrate	kalium	chlorid		10	0.3818

Die RDA-Analyse des gesamten Datensatzes zeigt, dass die wichtigsten Faktoren zur Erklärung der Artenzusammensetzung die elektrische Leitfähigkeit und die Wassertemperatur sind. Die Leitfähigkeit und die Temperatur korrelieren untereinander nicht, zusammen werden damit 10.1% der gesamten Varianz erklärt. Die RDA zeigt, dass die Abundanz der Ephemeropteren von der Leitfähigkeit abhängig ist. Dies ist an *Baetis sp.* zu erkennen. Die Abundanz von Dipteren und Acari hängen mehr von der Temperatur ab. Angezeigt wird dies bei Dipteren von *Simuliidae* und *Limoniidae*, zudem kommen Dipteren bei hohen und niedrigen Temperaturen vor. Weiter ist ebenfalls zu erkennen, dass die Abundanz der Plecopteren von der Temperatur abhängig ist und diese eher tiefe Temperaturen bevorzugen. Ersichtlich ist dies an *Nemoura sp.* und *Protonemura nimborum*.

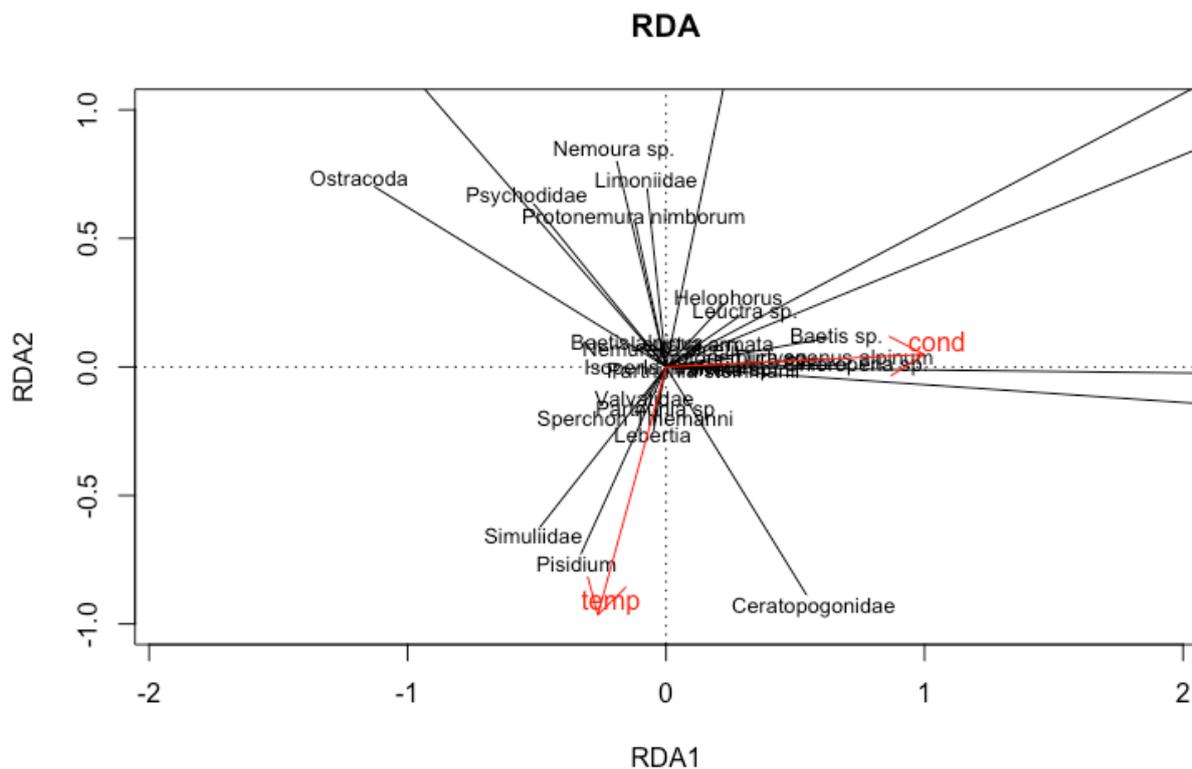


Abbildung 22: Diagramm der RDA des gesamten Datensatzes

5. Diskussion

5.1 Methodenkritik

Die untersuchten Invertebraten waren grösstenteils sehr klein und teilweise beschädigt, was die morphologische Bestimmung erschwerte und die Bestimmung auf Artniveau meist nicht möglich war. Es ist anzunehmen, dass dadurch das Resultat der Untersuchung beeinflusst wird. Sehr wahrscheinlich liegt dies am Zeitpunkt der Probenentnahme, der für die Lage der Quellen etwas zu früh gewesen sein könnte.

Die Beprobung der Fauna mit einem Surber-Sampler (Von Fumetti et al., 2006) beansprucht viel Zeit und schlussendlich wurden die Invertebraten aufgrund der geringen Anzahl trotzdem alle zusammen ausgewertet. In diesem Fall würde es sich anbieten wie im Projektantrag zum Langzeitmonitoring von Stefanie von Fumetti (2017) beschrieben, vorzugehen. Dabei werden die Invertebraten mit einem Handnetz mit 200µm gesammelt. Zusätzlich werden grosse Individuen direkt aussortiert und dann der Rest in einem Becher gesammelt, wobei diese nicht beschädigt werden und somit die Bestimmung erleichtert wird. Bei der Beprobung für das Langzeitmonitoring im Sommer 2020 stellte sich heraus, dass der Zeitaufwand für diese Methode deutlich geringer ist.

Die vier Surber-Sampler Proben und die Handnetz Probe wurden im Feld einzeln in Becher gesammelt, damit diese separat analysiert werden konnten. Ebenso wurden die aussortierten Invertebraten gleichermassen getrennt. Aufgrund der geringen Individuenanzahl wurden die Proben aber nicht separat analysiert. Der Material- und Zeitaufwand ist dadurch ist deutlich höher. Es macht sicherlich Sinn im Feld die Proben getrennt zu sammeln. Sobald im Labor erkannt wurde, dass die Individuenanzahl zu gering ist für eine separate Analyse, könnten die Proben pro Quelle aufgeteilt werden. Somit könnte etwas Zeit und Material im Labor gespart werden.

5.2 Abiotik

Die gemessenen Sauerstoffkonzentrationen in den Quellen waren sehr hoch. Bei tiefen Wassertemperaturen kann mehr Sauerstoff im Wasser gelöst werden. Durch Photosynthese von Organismen im Wasser und durch eine grosse Strömungsdiversität gelangt zusätzlich Sauerstoff ins Wasser. Durch Eutrophierung kann der Sauerstoffbedarf von Mikroorganismen ansteigen und dadurch die Sauerstoffkonzentration im Wasser abnehmen. Anhand dieser Annahmen lässt sich die Verteilung der Sauerstoffkonzentration in den untersuchten Quellen erklären. Die Nährstoffgehalte sind sehr gering und die Wassertemperaturen sind tief und die Lichtintensität hoch. Der geringere Sauerstoffgehalt in Salez 3 lässt sich ebenfalls dadurch erklären. Die Temperatur ist deutlich höher als an den anderen Standorten und die Strömung ist geringer. Felder und von Fumetti (2013) stellten im schweizerischen Nationalpark teilweise sehr tiefe Sauerstoffsättigungen von unter 50% in den Quellen fest. Die Messungen aus dem Val Tuoi mit einem Minimum von 86% Sättigung unterscheiden sich davon deutlich.

Die gemessenen Nährstoffgehalte waren sehr gering. Alpine Quellen sind grundsätzlich oligotroph (Cantonati et al., 2006). Zur Zeit der Messung waren keine Kühe im Untersuchungsgebiet. Während der Beweidung könnte der Nährstoffgehalt in den Quellen jedoch ansteigen, was aber durch weitere Messungen bestätigt werden müsste.

Die pH-Werte liegen in allen Quellen unter acht. Durch das silikatische Grundgestein im Val Tuoi ist es sehr unwahrscheinlich, höhere pH-Werte anzutreffen. Der pH ist hauptsächlich abhängig von der Geologie, der Konzentration von gelöstem CO₂ und dem Eintrag von Säure von aussen (Cantonati et al., 2006). Die elektrische Leitfähigkeit in den Quellen ist eher tief, was auf die geringen Ionenkonzentration zurückzuführen ist. Grundsätzlich könnten in silikatisch geprägten Regionen auch deutlich höhere Leitfähigkeiten zu finden sein.

Die Wassertemperaturen sind im Allgemeinen tief. Die Temperaturen werden mit zunehmender Höhe tiefer. Die tiefen Temperaturen und die Abnahme mit zunehmender Höhe sind charakteristisch für alpine Quellen. (von Fumetti et al., 2017, Wigger et al., 2015) Die Quelle Salez 3 ist sehr warm, dies lässt sich jedoch durch das Erscheinungsbild der Quelle erklären. Die Quelle ist sehr flach und fliesst langsam ab, wodurch sie sich stark aufwärmt. Studien im schweizerischen Nationalpark (Felder und von Fumetti, 2013, Kaufmann, 2014) zeigen vergleichbare Wassertemperaturen.

Der Zustand der Quellen im Val Tuoi ist relativ gut, die meisten Quellen wurden mindestens als naturnah bewertet. Diese Resultate könnten jedoch leicht verfälscht sein, da die Probenentnahme vor der Beweidung stattgefunden hat. Die Trittschäden an den Quellen könnten nach der Beweidung deutlich grösser sein, wodurch die Quellen in der Bewertung schlechter abschneiden würden.

5.3 Fauna

Die Zahl an gefundenen Invertebraten ist von Quelle zu Quelle sehr unterschiedlich, dies könnte einen Fehler im Sampling aufzeigen. Diese grossen Unterschiede in der Individuenzahl zwischen den Quellen wurde jedoch auch in Studien in den Berner Alpen festgestellt (von Fumetti et al., 2017). Die Untersuchung der Fauna ist im Allgemeinen sehr vergleichbar ausgefallen, jedoch konnten die Studien im schweizerischen Nationalpark mehr Taxa ermitteln. Gleichermassen wiesen auch dort Dipteren, Trichopteren und Plecopteren eine hohe Abundanz und Diversität auf (Felder und von Fumetti, 2013).

Dipteren machen den grössten Teil der gefundenen Invertebraten aus, knapp 60% der bestimmten Individuen gehören der Familie der Chironomidae an. Diese sehr hohe Abundanz an Chironomidae konnte ebenfalls in einer Untersuchung im Naturpark Beverin (Boner, 2019) festgestellt werden.

40% der Plecopteren-, 43% der Ephemeropteren- und 51% der Trichopterenarten gelten in der Schweiz als gefährdet und stehen auf der Roten Liste (Lubini et al., 2012). Die beiden Plecopterenarten *Leuctra armata* und *Nemoura sinuata* werden von Lubini et al., 2012) als potentiell gefährdet eingestuft. Insgesamt stehen zwei der 15 ermittelten Arten auf der Roten Liste. Alle fünf der gefundenen Trichopteren stehen auf der Roten Liste und werden zumindest als potentiell gefährdet eingestuft. Die Arten *Drusus melanchaetes* und *Philopotamus montanus* werden als verletzlich eingestuft. Insgesamt sind gut 30% der gefundenen EPT-Taxa auf der Roten Liste. Dieser Anteil ist deutlich geringer als die ermittelten 60% der Untersuchung im schweizerischen Nationalpark (Felder und von Fumetti, 2012).

Wassermilben wurden in dieser Untersuchung nicht gezielt beprobt. Wassermilben weisen in Quellen sehr hohe Abundanzen und eine grosse Diversität auf (Blattner et al., 2019). Wassermilben können ebenfalls als Zeigerarten dienen. Die morphologische Bestimmung von Wassermilben ist schwieriger, dort bieten sich DNA-Barcoding Methoden an (Blattner et al. 2019).

5.4 Fazit zur Forschungsfrage

Die Analyse bestätigt nicht sofort, dass die Artenzusammensetzung der Quellen direkt durch die Höhenlage erklärt werden kann. Sie zeigt, dass die Substratzusammensetzung und die abiotischen Parameter ausschlaggebend sind. Die alleinstehende Analyse der Substratzusammensetzung zeigte, dass Kies und Steine eine grosse Rolle spielen. Die RDA-Analyse des gesamten Datensatzes zeigt jedoch nur die Wassertemperatur und die elektrische Leitfähigkeit als relevante Parameter.

Die elektrische Leitfähigkeit ist nicht durch die Höhenlage der Quelle, sondern durch die Ionenzusammensetzung bestimmt. Die Wassertemperatur ist von der Höhenlage und dem Erscheinungsbild der Quelle abhängig. Die Wassertemperatur der untersuchten Quellen im Val Tuoi ist mit zunehmender Höhe abnehmend. Dieser Trend wurde gleichermassen in vielen anderen Studien belegt (Boner, 2019, Myers et al., 2002, von Fumetti et al., 2017).

Neben der Wassertemperatur und der elektrischen Leitfähigkeit spielt auch die Substratzusammensetzung eine grosse Rolle in den untersuchten Quellen. Organische Substrate wie Makrophyten, Totholz und Moose bilden die Grundlage der Ernährung von Makroinvertebraten in oligotrophen Quellen (Reiss, Zänker, 2009, Wigger et al., 2015). Die Konzentrationen an gelösten Nährstoffen in den untersuchten Quellen sind sehr gering, jedoch gehört Moos in sieben von zehn Standorten zu den dominierenden Substrattypen. Verschiedene Substrattypen bieten unterschiedlichen Organismen die Lebensgrundlage, wobei dies teilweise sehr spezifisch ist (Reiss, Zänker, 2009). Quellen mit viel Moos weisen oft eine grosse Artenvielfalt auf (Wigger et al., 2015). In dieser Untersuchung konnte dieser Trend jedoch nicht nachgewiesen werden. Es gibt keine grossen Unterschiede zwischen der Artenvielfalt in Quellen, die von Moos oder Kies und Steinen geprägt sind. Die Analysen zeigen aber, dass die Familie der Stratiomyidae, *Protonemura brevistyla*, *Nemoura mortoni* und *Crenobia alpina* durch Stein und Kies geprägte Substrate bevorzugen. Die Familie der Limnephilidae bevorzugt hingegen eher Quellen mit hohem Moosanteil. Ein Problem zu dieser Beobachtung ist, in da Moos im grössten Teil der Quellen vorkommt und die Datenmenge im Allgemeinen sehr gering ist.

Der Einfluss der Wassertemperatur ist hauptsächlich in einer Verschiebung der Abundanz von krenobionten Arten in tiefen Lagen zu alpinen, kälteangepassten Arten in den höheren Lagen (Wigger et al., 2015) festzustellen. Wigger et al. (2015) teilten die Quellen in drei Höhenstufen ein, in denen sie die Artenzusammensetzung unterscheiden konnten. Ab 1900 m ü.M. haben Wigger et al. hauptsächlich alpin angepasste Arten gefunden, als Beispiel wird *Nemoura mortoni* als klassische alpine Art genannt. Nur die Quelle Tortas_1 liegt unter 1900 m ü.M. und auch dort wurde *Nemoura mortoni* gefunden, jedoch nahm die Abundanz in den höhergelegenen Quellen zu.

Durch den Klimawandel werden sich Quellen erwärmen und somit wird sich die Artenzusammensetzung verändern. Wie genau sich diese Veränderungen auswirken werden, ist bisher noch nicht bekannt und muss mit weiteren Studien untersucht werden (von Fumetti et al., 2017). Kury et al. (2018) sagen, dass im alpinen und subalpinen Raum Quelllebensräume noch zahlreich vorhanden, aber trotzdem gefährdet sind und unter Schutz gestellt werden müssen. Diese Aussage kann diese Arbeit ebenfalls bestätigen. Im Val Tuo sind sehr viele Quellen zu finden, die noch grösstenteils in einem guten Zustand sind, jedoch sind kaum Schutzmassnahmen für Quellen aufzufinden.

Als eine weitere Massnahme kann die Bedeutung der Quellen im Naturschutz mit der Anleitung des BAFU ermittelt werden (Kury et al., 2019). Dazu werden noch mehr Untersuchungen benötigt, jedoch könnten dann genaue Schutzmassnahmen definiert werden. Dies ist ein Punkt, der in den kommenden Jahren durch weitere Arbeiten und das Langzeitmonitoring ermöglicht werden könnte.

Das Umfeld von Quellen wirkt sich direkt auf die Wasserqualität aus (Weber, 2006). Der Schutz von Quellen muss somit grossräumiger angesetzt werden als nur direkt im Quellbereich. Dieses Problem entsteht vor allem bei Quellen in Weideflächen, da es dort zum Beispiel nicht realistisch umsetzbar ist die Quellen im grösseren Rahmen aus zu zäunen.

Der grösste Störfaktor in alpinen Quellen ist die Variabilität der Abflussmenge. Zusätzlich werden auch dort in der Zukunft die grössten Veränderungen erwartet. (Von Fumetti, 2008). Der Abfluss wurde in allen untersuchten Quellen als ganzjährig eingeschätzt, jedoch sind die Abflussmengen teilweise sehr gering. Da die Probenahme dieser Untersuchung nur einmalig stattgefunden hatte, gibt es keine Daten über die Dynamik des Abflusses. Besonders die Quellen mit geringem Abfluss werden sehr stark durch eine vom Klimawandel bedingte Veränderung beeinträchtigt.

Die Datenmenge dieser Untersuchung ist sehr gering, wodurch es schwierig ist etwas über die allgemeine Aussagekraft der Resultate auszusagen. Es zeigte sich jedoch, dass die Resultate wie in ähnlichen Studien ausgefallen sind. Dass die Resultate auch mit kleineren Datenmengen reproduzierbar sind zeigt, dass die Analysemethoden auch für kleine Untersuchungen geeignet sind.

Literaturverzeichnis

Blattner, L., Gerecke, R., Von Fumetti, S. (2019). Hidden biodiversity revealed by integrated morphology and genetic species delimitation of spring dwelling water mite species (Acari, Parasitengona: Hydrachnidia)

Boner, G. (2019). Faunistische Untersuchung alpiner Quellen im Naturpark Beverin, Bachelorarbeit, Universität Basel

Cantonati, M., Gerecke, R., Bertuzzi, E. (2006). Springs of the Alps – sensitive ecosystems to environmental change: from biodiversity assessments to long-term studies, in: Hydrobiologie, Bd. 562, Heidelberg; Berlin, Springer-Verlag, S. 59 – 96

Felder, S., Von Fumetti, S. (2013). Faunistic Characterisation of Alpine Springs in the Swiss National Park, in: 5th Symposium for research in protected areas, Mittersill, S. 185 – 190

Küry, D., Lubini, V., Stucki, P. (2018). Verletzlichkeit von Eintagsfliegen, Steinfliegen und Köcherfliegen alpiner Quellen gegenüber Klimaveränderungen, Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Bergwelt (München), 83. Jahrgang 2018, S. 199-218

Küry D., Lubini-Ferlin V., Stucki P. (2019). Quell-Lebensräume - Anleitung zur systematischen Erhebung und Ermittlung ihrer Bedeutung im Naturschutz. Expertenbericht im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU.

Kaufmann, L. (2014). Charakterisierung der Quellflur Punt Periv im Tal des Splöns (Schweizerischer Nationalpark), Bachelorarbeit, Universität Basel

Lubini-Ferlin, V., Stucki, P., Vicentini, H., Küry, D. (2014). Ökologische Bewertung von Quell-Lebensräumen in der Schweiz. Entwurf für ein strukturelles und faunistisches Verfahren. Bericht im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU.

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.

Myers, M.J., Resh, V.H. (2002). Trichoptera and other macroinvertebrates in springs of the Great Basin: Species composition, richness, and distribution, in: Western North American Naturalist, Bd. 61, Provo, Brigham young University, S. 1 – 13

Reiss, M., Zänker, S. (2009). Quellgewässer im Nationalpark Kellerwald-Edersee – Einzigartige Lebensräume in naturnahen Buchenwäldern

Steinmann P. (1915): Praktikum der Süßwasserbiologie. Teil 1: Organismen des fließenden Wassers. Berlin, 184 S.

Thienemann, A. (1924): Hydrobiologische Untersuchungen an Quellen. Archiv für Hydrobiologie 14: 151–190.

Von Fumetti, S. (2017). Langzeitmonitoring ausgewählter Quellen im Schweizerischen Nationalpark

Von Fumetti, S., Nagel, P., Scheifhacker, N., Baltens, B. (2006). Factors governing macrozoobenthic assemblages in perennial springs in north-western Switzerland, Hydrobiologia (2006) 568:467–475

Von Fumetti, S. (2008). Distribution, discharge and disturbance: new insights into faunal spring ecology, Inauguraldissertation

Von Fumetti, S., Bieri-Wigger, F., Nagel, P. (2017). Temperature variability and its influence on macroinvertebrate assemblages of alpine springs

Weber, M. (2006). Erfassung, Bewertung und strukturelle Typisierung naturnaher Quellen im Schweizer Alpenraum, Diplomarbeit zur Erlangung des Grades eines Diplom-Ingenieurs (FH) Landschaftsnutzung und Naturschutz

Wigger, F. W., Schmidlin, L., Nagel, P., von Fumetti, S. (2015). Macroinvertebrate assemblages of natural springs along an altitudinal gradient in the Bernese Alps, Switzerland,

Internetquellen

Meteoschweiz

URL: <https://www.meteoschweiz.admin.ch/home/klima/> (28.12.2020)

Swisstopo

URL: <https://map.geo.admin.ch/> (28.12.2020)

Bestimmungsliteratur

Boschi, C. (2011). Die Schneckenfauna der Schweiz, Ein umfassendes Bild- und Bestimmungsbuch, Bern, Haupt

Glöer, P., Meier-Brook, C. (1998). Süßwassermollusken, Hamburg, Deutscher Jugendbund für Naturbeobachtung

Lubini V., Knispel, S., Vincon, G. (2012) Die Steinfliegen der Schweiz. CSCF (Hrsg.). Fauna Helvetica.

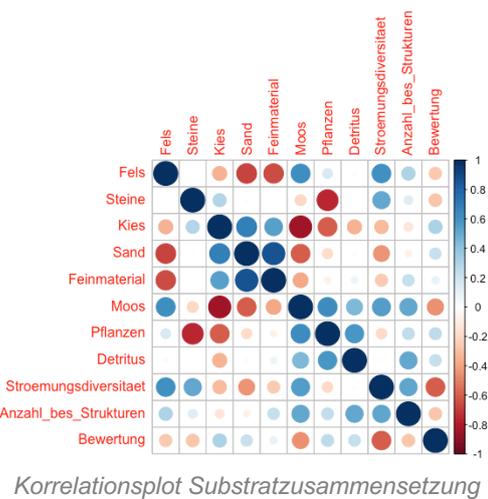
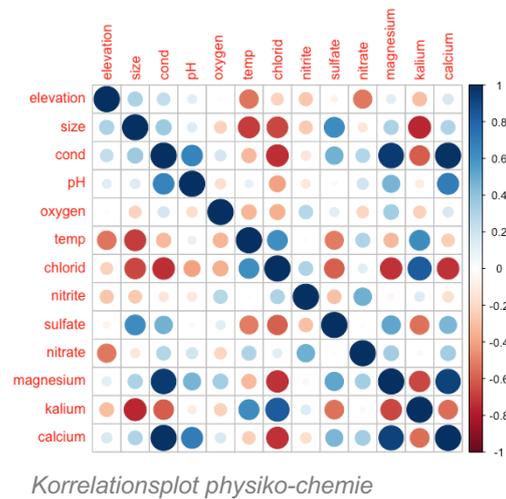
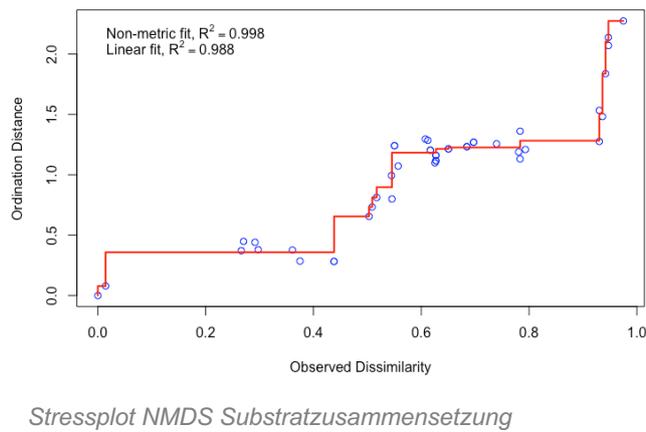
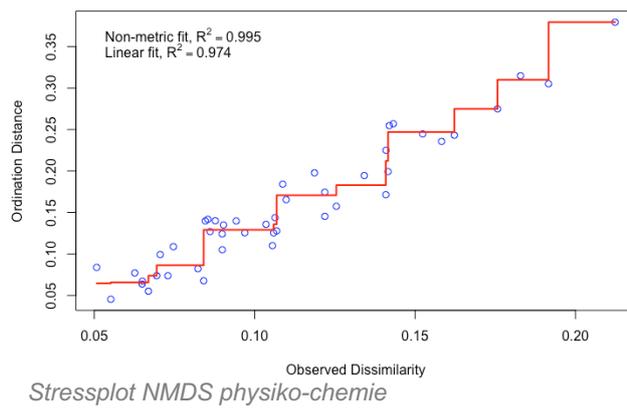
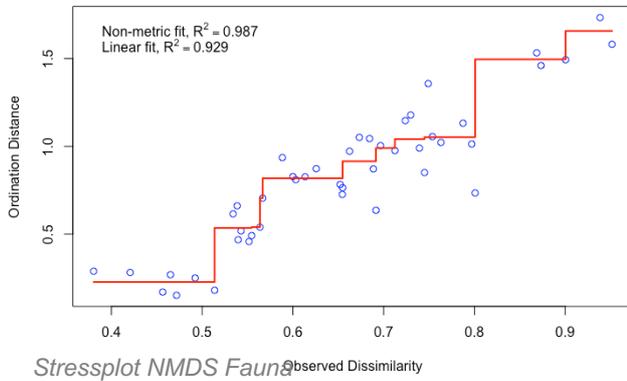
Rozkosny, R., Kniepert, F.-W. (2000). Insecta: Diptera: Stratiomyidae, Tabanidae, Süßwasserfauna von Mitteleuropa 21/18, 19, Heidelberg; Berlin, Spektrum Akademischer Verlag GmbH

Schmedtje, U., Kohmann, F. (1988). Bestimmungsschlüssel für die Saprobier-DIN-Arten (Makroorganismen), München, Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft

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

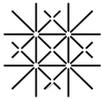
Anhang

1. Stressplots und Korrelationsplots



2. Kartierungsbogen (Beispiel: Tofs 1)

Quellen Protokoll - Struktur				Kanton :		ID : Eba_0720_GR	
Quelle:	Tofs 1		Datum :	05.07.19		Koordinaten (X/Y) :	806495 187337
Flurname :			Höhe ü.M. :	1997		BearbeiterIn (leg) :	
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	Einzelquelle <input checked="" type="checkbox"/>	Q-system <input type="checkbox"/>	Q-komplex <input type="checkbox"/>
Hanglage	Hangfuss	Quellbereich [m ²]	30	Dist. zur Nachbarquelle (m)	Anz. Austritte		
Abflussrichtung	SW	Quellbachlänge [m]	5	Bemerkungen			
Geländeneigung	schwach	Wassertemperatur [°C]	5.8				
Quellschüttung	ganzzjährig	Quellschüttung [l/s]	1	Fotos und andere Dokumente	ID		
mittl. Fliessgesch.	mässig	Leitfähigkeit [µS20/cm]	181	Trinkwassernutzung	Schutzstatus <input type="checkbox"/> Kulturhistorische Bedeutung <input type="checkbox"/>		
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			
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 type="checkbox"/> 1				Einzugsgebiet Umfeld Quellbereich Quellufer Quellbach standortyp. Vegetation <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 1 standortfrem. Vegetation <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Moosgesellschaften <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 1 Zwergstrauchheiden <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Hochstaudenfluren <input type="checkbox"/> <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"/> <input type="checkbox"/> Mischwald <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Gebüsch <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> standortyp. Nadelwald <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> standortfremd. Nadelwald <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> extensivgenutz. Offenland <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> intensivgenutz. Offenland <input type="checkbox"/> <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"/> <input type="checkbox"/> unbefestigter Weg <input type="checkbox"/> 1 <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"/> <input type="checkbox"/> künstl. veg.-frei/Siedlung <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			
Wasserentnahme >60% 30-59% <30% / unbekannt keine <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 1 Bemerkung / Zweck :				unbeschattet schwach mittel stark Sommerbeschattung <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> stark & Überdachung oder Nadelforst <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 type="checkbox"/> 1				Substrat stark (>50%) mittel (>20%) gering (>1%) ->natürlich Fels/Blöcke (>20 cm) <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 1 (Kiesel) Steine (6-20 cm) <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> Kies/Schotter (0.2-6 cm) <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Sand (0.1 - 2 mm) <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> Feinmaterial (<0.1 mm) <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> Moospolster <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> Wurzeln <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Totholz <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Pflanzen <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> Falllaub <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Detritus/Org.Schlamm <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> Kalksinter...* <input 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 type="checkbox"/> 1				Anzahl Substrate <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> stark (>50%) mittel (>20%) gering (>1%) künstlich <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> ->verändert (nur Infos) Fadenalgen <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			
künstlicher Absturz Gesamtabfluss Teilabfluss nein <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 1				Strömungsdiversität Spritzwasser <input type="checkbox"/> glatt <input type="checkbox"/> 1 fliegend <input type="checkbox"/> 1 überfliegend <input type="checkbox"/> 1 gerippt <input type="checkbox"/> 1 plätschernd <input type="checkbox"/> 1 überstürzend <input type="checkbox"/> fallend <input type="checkbox"/> Anzahl Strömungen <input type="checkbox"/> 5			
Verbau* (Ufer, Sohle) stark mittel gering Holz <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 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"/> kein <input type="checkbox"/> 1				Wasser-Land-Verzahnung gross <input type="checkbox"/> mittel <input type="checkbox"/> 1 gering <input type="checkbox"/>			
Unterhalt/Trittschäden gering mässig stark keine <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 1 Ursache :				Besondere Strukturen Laufverzweigung <input type="checkbox"/> 1 Inselstruktur <input type="checkbox"/> 1 Quellflur <input type="checkbox"/> Sandwirbel <input type="checkbox"/> gr. Tiefenvarianz <input type="checkbox"/> natürl. Pools <input type="checkbox"/> 1 Kaskaden <input type="checkbox"/> Wasserfall <input type="checkbox"/> Fließhindernisse <input type="checkbox"/> 1 Wassermoos <input type="checkbox"/> 1 Lückensyst <input type="checkbox"/> 1 Rieselflur <input type="checkbox"/> Anzahl Strukturen <input type="checkbox"/> 6			
Infrastruktur Bänke / Parkplatz <input type="checkbox"/> Zuwegung <input type="checkbox"/> Trittschne <input type="checkbox"/> Überdachung <input type="checkbox"/> Wildfutterstelle <input type="checkbox"/> Viehränke <input type="checkbox"/> Feuerstelle <input type="checkbox"/> Sonstiges <input type="checkbox"/> Anzahl Infr. <input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> Sonstiges :				Kalksinter...* <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			
Ablagerung* Deckungsgrad : vollständig teilweise vereinzelt Haus-/ Gewerbemüll <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Holzabfall <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Pflanzenabfall <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Erdaushub/ Bauschutt <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> org. Reste/ Faulschlamm <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> 1				Strömungsdiversität Anzahl Strömungen <input type="checkbox"/> 5			
Einleitungen unverdünnt <input type="checkbox"/> Oberfläche / Strasse <input type="checkbox"/> Rohr trocken <input type="checkbox"/> Drainage / Graben <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> 1 Distanz zum Quellaustritt (m)				Wert A : Beeinträchtigung (höchster Wert) <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> Revitalisierungsobjekt (Einschätzung) <input type="checkbox"/> JA/NEIN			
Klassierung / Classement : Gesamtindruck als Bewertungsvergleich naturnah <input type="checkbox"/> blau bedingt naturnah <input type="checkbox"/> grün mässig beeinträchtigt <input type="checkbox"/> gelb geschädigt <input type="checkbox"/> orange stark geschädigt <input type="checkbox"/> rot				Wert B : Vegetation-Nutzung-Struktur <input type="checkbox"/> 1.58 Bonus b -0,4 Punkte bei guter Struktur -> Aufwertung - <input type="checkbox"/> 0 Gesamtergebnis [(A+B)/2]-b <input type="checkbox"/> 1.29			
				Quelle nicht bewertbar : <input type="checkbox"/> Q. zerstört Zutreffendes ankreuzen [x] <input type="checkbox"/> kein Abfluss			



Erklärung zur wissenschaftlichen Redlichkeit

(beinhaltet Erklärung zu Plagiat und Betrug)

Titel der Arbeit (*Druckschrift*):

Untersuchung von Quellen im Val Tuoi im Unterengadin

Name, Vorname (*Druckschrift*):

Bandli, Andri

Matrikelnummer:

17-050-030

Mit meiner Unterschrift 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:

Safien Platz , 9.2.2020

Unterschrift:

Bandli

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