



universität
wien

MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

„Mysterious connections: the water
network of Bad Vöslau“

verfasst von / submitted by

Lukas Kühschelm, BSc

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Master of Science (MSc)

Wien, 2020 / Vienna 2020

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

UA 066 879

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Masterstudium Naturschutz und Biodiversitätsmanagement

Betreut von / Supervisor:

Ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. Michael Schagerl

Inhalt

Inhalt.....	3
Allgemeine Einleitung	5
Quellen und Quellbäche.....	5
Thermalquellen in Österreich	7
Algen im Allgemeinen	8
Algengemeinschaften in Quellen und Thermalquellen - Unterschiede.....	9
Bad Vöslau: Geologie, Quelle und Wassernetzwerk.....	10
Geologie.....	10
Bad Vöslauer Quellen	11
Wassernetzwerk	12
Hansy-, Färber- und Hörmbach	12
Hypothesen.....	15
Abstract	16
German Abstract	17
Introduction.....	18
Material and Methods	22
Study period and study site.....	22
Sampling and field measurements.....	23
Chemical analysis	23
Biological samples	24
Statistics.....	26

Results.....	28
The environment	28
Species patterns	30
Linking species and environment.....	31
Discussion	32
Environment.....	32
Species patterns	34
Linking species and environment.....	37
Acknowledgements	37
References	38
List of tables and figures.....	44
Tables and figures	46
Appendix.....	76
Zusammenfassung.....	76
Eidesstattliche Erklärung	78

Allgemeine Einleitung

Quellen und Quellbäche

Als Quellen werden die Orte bezeichnet, an denen Grundwasser auf natürliche Weise dauerhaft oder zeitweise an die Oberfläche tritt. Quellen werden nach verschiedensten Gesichtspunkten klassifiziert, wie beispielsweise nach dem hydrostatischen Druck, dem Gehalt der gelösten Inhaltsstoffe oder der Quelltemperatur. Nach der Art des Grundwasseraustritts können Quellen in drei Typen unterteilt werden: Limnokrene, auch Tümpelquellen genannt, der Rheokrenen, auch als Fließquellen bezeichnet, und der Helokrenen, auch Sicker- oder Sumpfquellen genannt (Weigand und Tockner 1996). Die in dieser Arbeit vorgestellte Quelle gehört grundsätzlich zum Typ der Rheokrene, allerdings ist eine thermale Einteilung (Vouk 1950) der Quelle in diesem Fall auch von Relevanz.

- Chliarotherme oder lauwarme Quelle, Temperatur: 18°-28°C
- Eutherme oder warme Quelle, Temperatur; 28°-44°C
- Akrotherme oder heiße Quelle, Temperatur, 44°C-65°C
- Hypertherme oder siedende Quelle, Temperatur 65°C und höher

Neben der Temperatur beeinflussen auch die Inhaltstoffe im Wasser und damit auch die Gesteinsschichten, die das Wasser vor dem Quellaustritt passieren musste, in einem hohem Maße die weitere Entwicklung der Algengemeinschaft, im Quellbereich aber auch im darauffolgendem Gerinne.

Vouk (1950) nahm, in Abhängigkeit der oben genannten Parameter, noch eine weitere Einteilung nach biologischen Indikatoren vor. Diese widmet sich hauptsächlich den Algengemeinschaften, welche sich unter bestimmten Umständen ausbilden. So kristallisieren sich sechs Typen an Thermen heraus:

- Die Blautherme (auch Cyanophyten- oder C-Thermen genannt)

Dieser Quellentyp wird, wie der Name bereits vermuten lässt, vor allem von Blaualgen (Cyanobakterien) geprägt. Die Akro- und Hyperthermen sind fast ausschließlich auf diese Biozönose beschränkt, allerdings kann innerhalb der Blaualgenthermen noch feiner unterschieden werden.

- Blau-Kiesel-Thermen (Diatomeen oder D-Thermen)

Neben den Cyanobakterien sind Kieselalgen in diesem Typ in hoher Abundanz zu finden. Er beschränkt sich aber auf euthermale und salzhaltige Bedingungen.

- Blau-Grün-Thermen (Chlorophyten- oder Ch-Thermen)

Neben Vertretern der Cyanobakterien finden sich noch diverse Grünalgen wie bspw. *Rhizoclonium* und *Spirogyra*. Dieser Typus ist auf chliarothermale und hypothermale Bedingungen beschränkt.

- Schwefel-Blau-Thermen (Thio-Zyano- oder SC-Thermen)

Neben den Blaualgen mischen sich noch Vertreter von Schwefelbakterien hinzu, während sie von der Temperatur her im eu- bis hyperthermalen Bereich zu finden sind.

- Schwefelthermen (Thiophyten- oder S-Thermen)

In diesen Quellen sind fast ausschließlich Schwefelbakterien aspektbildend und auch das Temperaturspektrum unterscheidet sich vom vorhergehenden Typ, da sich diese Art auf chliarothermale und hypothermale Bereich beschränkt.

- Eisen- Blau- Therme (Siderophyten- oder F-Thermen)

Sie sind durch Blaualgen und Eisenbakterien charakterisiert, die auf hohe Konzentrationen von Eisensalzen hinweisen. Die Temperaturamplitude reicht von euthermal bis hyperthermal.

Thermalquellen in Österreich

Thermalwässer stellen einen Sonderfall von Tiefenwässern dar und werden von Menschen bereits seit Jahrtausenden genutzt. Österreich verfügt aufgrund seiner geologischen Bedingungen über eine Reihe dieser Naturressourcen. Vor allem in den letzten Jahrzehnten hat die Nutzung dieser Systeme in Form von Thermen zum Baden, aber auch zur Gewinnung geothermischer Energie zugenommen. So bestehen in Österreich im Jahr 2010 acht geothermische Anlagen zur Energienutzung des Thermalwassers. 41 Vorkommen werden balneologisch für Thermen und Kurzentren genutzt (Elster, et al. 2016).

Die größten Thermalwasservorkommen in Österreich befinden sich in der Molassezone, dem Wiener und dem Steirischen Becken. Das Vorkommen in der Molassezone wird vorrangig über Bohrungen erschlossen, weist eine Temperatur von ca. 100°C Auslufttemperatur auf und ist zumeist ein Natrium-Hydrogencarbonat-Chlorid-Typ.

Die Thermalwässer des Wiener Beckens besitzen eine geringere Austrittstemperatur von bis zu 50°C. Am Westrand des Wiener Beckens sind die Quellaustritte meist natürlichen Ursprungs, was diesem Bereich auch den Namen „Thermenlinie“ einbrachte. Die Ostseite des Beckens verhält sich ähnlich, allerdings sind die Quellen dort deutlich weniger ergiebig. Chemisch betrachtet gehört das Wasservorkommen dem Calcium-Magnesium-Hydrogencarbonat-Typ bis Natrium-Calcium-Sulfat-Chlorid-Typ an, allerdings mit einer relativ geringen Gesamtmineralisation von unter 1mg l⁻¹ bis knapp 4mg l⁻¹. Im zentralen Wiener Becken befinden sich hingegen hochmineralisierte Wässer mit Temperaturen über 100°C, die allerdings bisher nicht genutzt werden.

Im Steirischen Becken wurden zahlreiche Thermalwasserbohrungen durchgeführt, die wirtschaftlich in Form von Thermen genutzt werden. Die Austrittstemperatur beträgt zumeist über 100°C. Zudem weisen die Quellen einen sehr unterschiedlichen Wasserchemismus, mit Gesamtmineralisationen von 1g l⁻¹ bis zu 18 g l⁻¹ auf.

Algen im Allgemeinen

Algen sind hinsichtlich ihrer Verwandtschaft äußerst heterogen, der künstliche Sammelbegriff ist rein funktionell aufzufassen. Ihnen ist gemein, dass sie in den meisten Fällen als photosynthetisch aktiv und sauerstoffproduzierend sind, nicht wie höhere Pflanzen in Blatt, Stamm und Wurzel unterteilt sind und keine Gefäßbündel aufweisen, wie sie in höheren Pflanzen auftreten (Täuscher 2013).

Auch hinsichtlich ihres Lebensraumes sind Algen sehr divers und finden sich in nahezu allen Habitaten wieder. So gibt es terrestrische Algen auf Steinen und Bäumen, aber auch auf Schnee und Gletschereis. Vertreter der Algen kommen außerdem als Symbionten in Flechten und Korallen vor. Den Schwerpunkt ihrer Verbreitung haben Algen aber in aquatischen Habitaten und hier sowohl im marinen Bereich wie auch im Süßwasser. Sie können sowohl planktisch, also in der Wassersäule leben oder benthisch, also auf Substraten aufwachsen.

Ein weiterer Beleg für ihre Heterogenität ist die Einteilung hinsichtlich ihres Zellaufbaus. Grundsätzlich sind die Gruppe der eukaryotischen Algen und ihre verschiedenen Organisationshöhen von den prokaryotischen Cyanobakterien zu unterscheiden. In der älteren Literatur findet man noch den Begriff Blaualgen; als Bakterien besitzen diese Organismen weder einen Zellkern, noch Mitochondrien oder Chloroplasten (Kusel-Fetzmann und Kusel 2012)

Die eukaryotischen Algen können nun weiter eingeteilt werden. Eine Gruppe sind beispielsweise die Kieselalgen, die sich durch ihr Kieselsäureskelett von den anderen Gruppen unterscheiden. Mikrostrukturen des Kiesel skeletts werden auch für die Feintaxonomie herangezogen.

Die Rotalgen verdanken den Namen ihrer Farbe und können teilweise Kalk abscheiden. So ist der Wiener Stephansdom beispielsweise aus fossilem, von Rotalgen produziertem Kalkstein aus dem Leithagebirge errichtet worden (Huber 1999). Die Braunalgen umfassen die größten Vertreter der Algen. Einige von ihnen können in den kalten Meeren ganze sogenannte Tangwälder (kelp forests) ausbilden, die als marines Pendant zu terrestrischen Regenwäldern gelten. Die einzelligen Augentierchen (Euglenophyten) zeichnen sich durch ihren Augenfleck und ihre Geißeln aus. An der Geißelbasis befindet sich ein photosensorisches Organ, das eine Wahrnehmung des Lichtes ermöglicht. Dadurch können sich Vertreter dieser Gruppe am einfallenden Licht orientieren und lichtabhängige Bewegung durchführen (Phototaxis). Die Grünalgen sind die verschiedengestaltigste Gruppe und können neben einzelligen Vertretern in Kolonien leben, Fäden ausbilden oder auch symmetrisch komplexere Strukturen ausbilden. Ihr Hauptmerkmal ist, wie der Name schon suggeriert, die grüne Färbung, bedingt durch den Gehalt an Chlorophyll a und b.

Algengemeinschaften in Quellen und Thermalquellen - Unterschiede

Generell ist zu erwähnen, dass alle Quelltypen wichtige Habitate darstellen und oft eine sehr hohe Anzahl an Algenspezies beherbergen. Zumeist stellen Quellen Refugium für seltene oder auch empfindliche Arten dar (Cantonati, et al. 2012) Als typische Bewohner von thermalen Quellen gelten - wie eingangs erwähnt - die Cyanobakterien, die warmes Wasser bevorzugen und teilweise sogar sehr hohe

Temperaturen bis zu 85°C ertragen. An Artenreichtum sind die Kieselalgen in thermalen Gewässern ebenfalls stark vertreten, obwohl sie vornehmlich Kaltwasserbewohner sind. Viele Kieselalgen gelten als eurytherm, wodurch sie auch in höheren Temperaturen vorkommen.

Bei den Grünalgen gibt es nur wenige Vertreter, die in Thermen leben, allerdings sind auch diese nicht ausschließlich an thermales Wasser gebunden. Bei den Rotalgenarten sind bisher nur 2 Arten (*Chantransia chalybea* und *Chantransia pygmea*) bekannt, die auch als Thermalbewohner beschrieben sind (Vouk 1950).

Bad Vöslau: Geologie, Quelle und Wassernetzwerk

Geologie

Die niederösterreichische Stadt Bad Vöslau ist etwa 30 Kilometer südlich von Wien (Figure 1) zwischen Ausläufern der Kalkalpen und dem Wiener Becken auf der Thermenbruchlinie gelegen (Merkensteiner Störungssystem). In Bad Vöslau gibt es neben der Hauptbruchlinie des Störungssystems noch zwei weitere, quer zum Wiener Becken liegende, Brüche: den Harzberg- und den Gainfarner Bruch (Coric, et al. 2007). Den Hauptkörper des geologischen Untergrundes bildet die Göller Decke, die aus Dolomit und Kalk aufgebaut ist. Die jüngeren Gesteinsfolgen bestehen aus Schotterlagen mit Sand, Schluff und Kies. Zwischen dem Harzberg- und Gainfarner Bruch bilden sich Klüfte in NNE-SSW Richtung in der Tiefe des Vöslauer Konglomerates. Vier dieser Klüfte sind beispielsweise unterhalb des sogenannten Maitalkellers erkennbar, wobei eine dieser Klüfte die tieferliegende Ursprungsquelle aus der Göller Decke nach oben in das Vöslauer Konglomerat bringt. Sie tritt wenige Meter vom Keller entfernt zu Tage. Dieser Austrittsort wird heute als Ursprungsquelle bezeichnet.

Bad Vöslauer Quellen

In Bad Vöslau gibt es aufgrund des zuvor erwähnten Störungssystems mehrere sowohl kalte als auch als thermal zu bezeichnende Quellaustritte. Das Wasser dieser Quellen liefert einen beachtlichen Anteil am Wasserkörper der Flüsse und Bäche im Raum Bad Vöslau. So speist etwa eine Kaltwasserquelle bei der Steinplatte zuerst einen Ententeich, dessen Abfluss in weiterer Folge zum Mühlbach wird. Eine weitere Kaltwasserquelle befindet sich beim ehemaligen Kurmittelhaus und wurde bis ins vergangene Jahrhundert für Kneippkuren verwendet. Der Abfluss des fürs Kneippen verwendeten Beckens vermischt sich mit dem Mühlbach. Dieser vereinigt sich über mehrere Zwischenstationen, wie beispielsweise dem Schlossteich, schlussendlich mit dem Hansybach.

Die Ursprungsquelle (Figure 2) und die Vollbadquelle (Figure 3) stellen die zwei größten thermalen Quellaustritte in Vöslau dar. Beide Quellen führen unterirdisch ca. 32°C warmes Wasser; sie vermischen sich vor dem Austritt mit kälterem Untergrundwasser aus den Störungen und Klüften und kühlen auf 23,3°C ab. Die Schüttung beider Quellen beträgt zwischen 36 L s⁻¹ (Küpper 1981) und 43 L s⁻¹ (Coric, et al. 2007). Das Quellwasser ergab nach einer Isotopenuntersuchung ein Alter von 32.000 Jahren, während das Untergrundwasser aus Niederschlägen der Kalkalpendecke vor 23.000 Jahren stammt. Bei den Bohrungen wurde zudem festgestellt, dass das Schwefelwassersystem von Baden und Oberlaa aus einem anderen, von Vöslau getrennten hydrologischen System kommt (Coric, et al. 2007). Die Quelle in Bad Vöslau wurde 1136 als „Feselover“-Quelle das erste Mal schriftlich erwähnt (Vöslauer Thermalbad GmbH 2018), während eine Nutzung des Wassers erst es aus dem Jahre 1725 schriftlich festgehalten ist. Dabei handelt es sich um eine Überlieferung der sogenannten Luckenmühle, die aufgrund des warmen Wassers

selbst im Winter betrieben werden konnte. 1787 wurde das Wasser auch in einfacher Form zum Baden genutzt, ehe 1822 eine erste Badeanstalt errichtet wurde und 1825 die eigentliche Fassung der Quellen vorgenommen wurde (Küpper 1981). Im Jahr 1873 wurde schließlich das Vöslauer Thermalbad eröffnet, das beide Quellen verwendet. Dabei versorgt die Hauptquelle oder Ursprungsquelle das grüne Becken, während die Vollbadquelle zunächst das Saunabecken mit einem Fassungsvermögen von 2250 hl speist und anschließend in das grüne Becken geleitet wird. Das grüne Becken fasst 25.000 hl (Touristinfo Bad Vöslau 2017). Das Saunabecken weist dabei eine Verweildauer des Wassers von rund 9 Stunden auf und das Grüne Becken eine Verweildauer von rund 20 Stunden. Am Ende des Beckens befindet sich ein Auslass, der das Wasser zu den Schwedenduschen transportiert, ehe es das Thermalbad unterirdisch in Richtung Teich vor dem ehemaligen Café Thermal verlässt.

Wassernetzwerk

Der künstlich geschaffene Teich vor dem ehemaligen Café Thermal hat ein Fassungsvermögen von rund 1500 hl und beherbergt einige Fischarten, unter anderem auch Hechte. Die Fische und der Umstand, dass das Becken nicht gezielt gereinigt wird, erklärt eine höhere Nährstoffbelastung als ursprünglich erwartet. Die höheren Nährstoffeinträge drücken sich unter anderem durch starkes Wachstum an fädigen Grünalgen aus. Der Abfluss des Beckens ist ein unterirdisch geführtes Kanalrohr, das beim Schneckensalettl wieder zu Tage tritt.

Hansy-, Färber- und Hörmbach

Der eigentliche Hansybach beginnt erst mit dem „Schneckensalettl“ an der Kreuzung Bahnstraße/Badener Straße und wird direkt von dem Teich vor dem Café Thermal gespeist. Ebenfalls an dieser Stelle mündet bereits eine erste Einleitung ein, die von der Seite der Kirche kommt. Die Literaturquellen sind bezüglich der Herkunft des

Kirchenbaches unpräzise. Es wird vermutet, dass es sich entweder um Grundwasser handelt oder um eine weitere Quelle mit dem Ursprung hinter der Kirche nahe des Ferdinand-Kienzl-Weges. Im 19. und frühen 20. Jahrhundert wurde der Ort (das „Schneckensalettl“) von den Einheimischen zum Wäschewaschen verwendet, da das Wasser auch in strengen Wintern nicht vereiste. Im Jahr 1970 ist der Bach zum Naturdenkmal erklärt worden, da er Endemiten wie die Thermenschnecken *Bythinella parreissii*, *Theodoxus prevostianus* und *Esperiana daudebartii daudebartii* beherbergt. Ungefähr 200 m in östlicher Richtung nach dem Schneckensalettl mündet eine durch den Schlosspark geführte Zuleitung des Mühlbaches ein, der seinen Quellursprung in Gainfarn hat. Unmittelbar danach trennt sich der Hansybach in zwei Arme. Der flussabwärts gesehen, links geführte Arm verläuft unterirdisch weiter Richtung Kammgarn-Fabrik und heißt ab hier Färberbach. Der nach rechts verlaufende Arm wird weiterhin Hansybach genannt. Der Hansybach fließt weiter die Bahnstraße entlang – teils auch durch Privatgärten –, ehe er circa 100 m vor dem Bahnhof Bad Vöslau unterirdisch eingefasst wird. Nach der Unterführung bei der Bahn tritt der Bach wieder zu Tage und fließt zwischen den Weingärten in die Remise. Die Remise stellt einen besonderen Standort dar, der in etwa 18 ha umfasst und neben Wald auch Trockenrasen- und Wasserflächen beherbergt. Ursprünglich war die Remise als ein zum Schutz von Wild angelegtes Gehölz, wobei die Vorläufer der heutigen Teiche bereits im 18. Jahrhundert angelegt wurden. Im Jahr 1899 wurden die Dämme und Gräben in diesem Bereich erneuert und die Teiche in ihrer heutigen Form geschaffen. Der Hansybach speist mit seinem Wasser die etwa 4 ha großen Teich- und Schilfflächen, die damit zugleich auch die größte zusammenhängende Wasserfläche Bad Vöslaus darstellen (Panrok 2016). Die Teiche der Remise werden vom Fischereiverein Bad Vöslau genutzt, der sich um die darin lebenden Fische kümmert. Ebenfalls erwähnenswert ist die Teichmuschel *Anodonta cygnea*, die in den Teichen

und auch im Abfluss Richtung Hörmbach zu finden ist. Der Wasserabfluss bei der Remise stellt sich als ein langsam fließender mäandrierender Bach mit Verschlämmungen dar und vereinigt sich etwa einen km nordöstlich der Teiche wieder mit dem Färberbach. Der Färberbach wurde zu Zeiten des aktiven Betriebs der Kammgarn-Fabrik zum Färben von Garn verwendet. Seit Betriebsende in den 1970er Jahren wird dieser Teil des Baches allerdings nicht mehr genutzt, wodurch die über diesen Kanal transportierte Wassermenge stark reduziert wurde. Der Färberbach kommt erstmals wieder östlich der Bahngleise an der Kreuzung Fasangasse/Kanalgasse hervor und teilt sich in der Paitzriegelgasse wieder auf. Die eine Abzweigung ist lediglich eine Regenwasserentlastung und soll das Siedlungsgebiet am Ende der Kanalgasse vor einem Überlaufen des Färberbaches schützen. Entsprechend wenig Wasser ist daher in der Regentlastung im Normalzustand anzutreffen. Am Ende der Kanalgasse vereinigt sich der Färberbach mit dem aus der Remise kommenden Hansybach und fließt gleich darauf in einen weiteren Fischweiher. Gemeinsam treten sie aus dem Teich wieder aus, um sich 500 m weiter auch mit der Regentlastung (gemeint ist damit ein Überlauf in der Paitzriegelgasse) zu verbinden.

Ab der Vereinigung des Hansybaches, des Färberbaches und der Regentlastung wird der gemeinsame Wasserkörper Hörmbach genannt. Dieser fließt weiter Richtung Baden, unterfährt noch den Wiener Neustädter Kanal und nimmt bis zur Schwechat noch sieben weitere kleinere Gewässer auf.

Hypothesen

Diese Arbeit geht der Frage nach, wie sich die Zusammensetzung der benthischen Algen bei der Quelle verändert, nachdem dort - mit Ausnahme der Sonneneinstrahlung - abiotische Faktoren über den Jahresverlauf konstant bleiben. Anhand der Auswertung der multivariaten Statistik wurde versucht, die Parameter zu identifizieren, die für die Artenzusammensetzung bestimmend sind. Anhand dieser Grundannahme wurden die weiteren forschungsleitenden Fragen entwickelt:

- Welche Unterschiede machen sich an den flussabwärts liegenden Probenpunkten im Vergleich bemerkbar?

Da sich mit der Entfernung zur Quelle äußere Einträge durch Zuflüsse und Einleitungen mehren, verändert sich auch der Wasserchemismus und daher sind Veränderungen im Flusskontinuum zu erwarten.

- Gibt es saisonale Faktoren, die diese Gemeinschaft im Flusskontinuum beeinflussen?

Auch hier gewinnen die saisonalen Aspekte an Relevanz mit der Entfernung zur Quelle. Diese beeinflussen die Algengemeinschaften im Flussverlauf.

- Befinden sich im Quellbereich mehr Spezialisten als an den übrigen Punkten und korreliert deren Auftreten mit besonderen Umweltfaktoren?

In der Literatur wird stets auf Spezialisten in Thermalquellen hingewiesen, die zum einen temperaturabhängig und zum anderen vom Wasserchemismus abhängig sind. So wurde auch die Quelle und der unmittelbare Quellbereich auf ein Auftreten solcher untersucht.

Abstract

Thermal springs are unique biotopes and biodiversity hotspots, which often provide habitats for endemic species because of stable conditions. In this study we focused on the benthic algae community of a low thermal spring “Urspungsquelle” and six sites at its downstream water network, to reveal its changes through the seasons. In addition, several environmental parameters, such as temperature, solar radiation, major ions and trophic values were analyzed.

Multivariate statistics shows that no seasonal differences occur in the phytobenthos at the well, while with distance to it, seasonal patterns are revealed. Canonical correspondence analyses also showed that the spring site and the most distant sampling point have completely different algae species, while the other sites cluster into two major groups. The responsible parameters for this species distribution were total organic carbon, total phosphorous, pH, oxygen, calcium, sulphate, sky openness, and the water temperature.

Diatoms showed the highest proportion of taxa in all locations, followed by Chlorophyta and Cyanobacteria. Rhodophyta and Chrysophyceae were found in low abundances. The taxa number increases with distance to the spring site due to more disturbances and stressors as well as more resources. With higher levels of disturbances and stressors at the downstream sites a tipping point is reached and taxa number again decreases.

Keywords: benthic, algae, diatoms, thermal spring, downstream water network, disturbance, stressor

German Abstract

Thermalquellen stellen einzigartige Biotope und Hotspots an biologischer Vielfalt dar und bieten aufgrund zumeist stabiler Bedingungen Lebensräume für endemische Arten. In dieser Studie konzentrierte ich mich auf die benthische Algengemeinschaft einer schwach thermalen Quelle und ihres nachgelagerten Wassernetzes, um ihre Veränderungen der Algen im Laufe der Jahreszeiten aufzudecken. Außerdem wurden verschiedene Umgebungsparameter wie die Temperatur, die Sonneneinstrahlung, die wichtigsten Ionen und die Trophiewerte analysiert.

Die durchgeführten multivariaten Statistiken zeigen, dass im Phytobenthos an der Quelle keine saisonalen Unterschiede auftreten, während mit der Entfernung zum Ursprungsort immer stärkere saisonale Muster auftreten. Mittels Korrespondenzanalysen wird auch gezeigt, dass sich die Algengemeinschaften der Quelle und des von ihr am weitest entfernten Probennahmepunkt gänzlich unterscheiden. Die Standorte dazwischen wiesen höhere Ähnlichkeiten auf und wurden so in zwei Cluster zusammengefasst. Die hauptverantwortliche Parameter für diese Artenverteilung wurde ebenfalls

Die Gruppe der Kieselalgen hatte an allen Standorten den höchsten Taxa-Anteil, gefolgt von den Gruppen der Chlorophyta und Cyanobakterien. Die Gruppen der Rhodophyta und Chrysophyceae wurden in sehr geringen Mengen gefunden. Darüber hinaus steigt die Anzahl der Taxa mit zunehmender Entfernung zur Quelle aufgrund von mehr Störungen, Stressfaktoren und Ressourcenverfügbarkeit. Mit steigender Intensität der Störungen und Stressoren an den flussab gelegenen Standorten wird ein Punkt erreicht, an dem Taxazahl wieder abnimmt.

Keywords: Phytobenthos, benthische Algengemeinschaft, schwach thermale Quelle, Kieselalgen, Chlorophyta, Cyanobakterien, Wassernetzwerk

Introduction

Springs are sites where groundwater emerges on the surface permanently or temporarily. Although most springs are small sized, they have a high ecological value. (Cantonati, et al. 2012) Due the fact of the stable environmental conditions and the connection of different ecosystems springs are very rich in species diversity. (Scarsbrook, Barquin und Gray 2007) Also many rare species (Lindegaard, et al. 1998) and relict species survive in this special ecosystems (Hynes 1971). Another reason for the species richness is the heterogeneity of the provided microhabitats at springs (Cantonati, et al. 2012).

Thermal springs are classified in various ways, for example according to the dissolved mineral contents, their groundwater aquifer or water temperature. The classification of springs according to their temperature depends on the mean annual air temperature (MAAT). So springs which correspond to the average of the MAAT are called ambient or nonthermal springs. Cold springs have a temperature below the MAAT while thermal springs are determined by having a temperature above the MAAT (Van der Kamp 1995, M. F. Cantonati 2012).

Besides the scientific determination of a thermal spring, there is also a statutory determination at which temperature a spring is considered to be thermal. In Austria this arbitrary limit is at 20° and above. (Geologische Bundesanstalt, Österreich 2018)

Vouk (1950) further classified the following springs according to their temperature:

- chliarotherme or tepid spring: temperature 18° - 28°C
- eutherme or warm spring: temperature 28°- 44°C
- acrotherme or hot spring: temperature 44° - 65°C
- hypertherme: temperature > 65°C

Moreover, Vouk (1950) used the algae community for classifying thermal springs. He defined six types of thermal wells:

- Blautherme (Cyanophyceae thermal spring, also C-type)

This kind of hot spring is mainly inhabited by cyanobacteria and limited to the acrotherme and hypertherme.

- Blau-Kiesel-Therme (diatoms characterize this thermal spring, also D-type)

This type of well shows high abundances of cyanobacteria and diatoms. This community is limited to eutermal and salty conditions.

- Blau-Grün-Therme (chlorophytes dominate the thermal spring, also Ch-type)

Besides cyanobacteria also some green algae occur, for example *Rhizoclonium* and *Spirogyra* (Figure 12). This algae community requires lower temperatures. It is therefore present only in chliarothermal and hypothermal springs.

- Schwefel-Blau-Therme (Thio-Cyano type, also SC-type)

Next to cyanobacteria, also sulfur bacteria occur. Water temperature ranges from eutermal up to hyperthermal conditions.

- Schwefeltherme (Sulfur-bacteria also S-type)

These wells are dominated by sulfur bacteria and are limited to a chliarothermal and hypothermal conditions.

- Eisen-Blau-Therme (Ironbacteria also F-Type)

Besides cyanobacteria, also iron-oxidizing bacteria occur, which reflects higher concentrations of iron salts. The temperature for this type of well ranges between eutermal up to hyperthermal

Cyanobacteria are a permanent part of warm and hot springs. They can tolerate temperatures up to 85°C. (Castenholz 1969), (Kullberg 1971) Also diatoms show a very high biodiversity in thermal wells although they prefer colder habitats. Diatoms are

known to be eurytherm, which means they can also handle higher temperatures in their environment. The more thermal tolerant Diatoms use heat-shock-proteins, for example HSP70, to avoid the denaturation of their DNA. (Rousch, Bingham und Sommerfeld 2004) There are only few representatives of green algae in thermal waters, which are also not exclusively bound to warm waters. For example *Rhizoclonium hieroglyphicum* (C. Agardh 1845) and *Stigeoclonium thermale* (A. Braun 1849). (Vouk 1950) In the class of the red algae (Rhodophyta) only two species, *Chantransia chalybea* (Roth 1825) and *Chantransia pygmea* (Kützinger 1843), are known to occur in thermal springs as well. (Vouk 1950)

Due to its geological conditions, Austria has a large number of thermal springs. The largest thermal resources in Austria are located in the Molasse zone, the Styrian and the Viennese basins. Thermal springs of the Molasse zone are artificial and have been made accessible by drilling; their temperature is above 100°C. The waters in this area are usually determined as a Na-HCO₃-Cl-type. In the Styrian basin, thermal springs are also beyond 100°C, but springs differ in water chemistry. Their total amount of mineral nutrients range between 1g L⁻¹ up to 18g L⁻¹. The thermal springs of the Viennese basin have lower outlet temperatures between 20° and 35° degrees and are mostly of natural origin. For this reason the area is called “Thermenlinie”. Chemistry is either Ca-Mg-HCO₃-type or the Na-Ca-SO₄-Cl-type, with very low amounts of mineral nutrients of less than 1 mg L⁻¹ to almost 4 mg L⁻¹. In the last decades, their use as thermal baths for swimming but also for the production of geothermal energy has increased. According to (Elster, et al. 2016), eight geothermal plants and 41 thermal springs used for bathing in form of spas and spa centers exist in Austria (data from 2010).

This work addresses the question of if/how the benthic algae community of low thermal spring changes over a year. Except solar radiation, abiotic factors remain constant

throughout the year. Which makes these habitats excellent site to study effects of irradiance. Furthermore, we considered also downstream habitats of the headwater continuum. With increasing distance to the spring, seasons probably affect the community, as water is continuously exposed to the atmosphere. Moreover, inlets contribute to changes in water chemistry. We focused also on specialists for low thermal waters to extract specific environmental factors for their occurrence.

Material and Methods

Study period and study site

The study period covered the whole growing season from February to November 2017, with monthly sampling frequency.

The city of Bad Vöslau is located in Lower Austria, approximately 30 km south of Vienna (Figure 1). It is part of the so called Thermenlinie, where some thermal and non-thermal springs emerge from clefts in the underground. The Ursprungsquelle (Figure 3) and the Vollbadquelle (Figure 3) are the two biggest thermal wells in Bad Vöslau. All study sites are located at an altitude between 240m up to 270m above sea level. We studied the Ursprungsquelle and its discharges. In total, seven sites were sampled (Figure 2). The spillage ranges between 36 L s^{-1} (Küpper 1981) and 43 L s^{-1} (Coric, et al. 2007). It has a temperature of about 21°C . The well is classified as an acratite $\text{Ca}^{2+}\text{-Mg}^{2+}\text{-HCO}_3^{-}\text{-[SO}_4\text{]}^{2-}$ -type (Hacker 1993). The outflow of the spring is captured in a copper tube, where hardly any visible biofilm develops. Therefore a lateral outflow into a concrete basin was used for the sampling (Q) (Figure 3). The spring discharges into the “grünes Becken”, a swimming pool within the spa area with a size of 19.000 hl, where the second sampling site GB was set (Figure 4). From there the water flows into a smaller fish pond with a size of 2600 hl, called Thermalteich TT (Figure 5). The water discharges into the Schneckensalettl SS, (Figure 6), which is a unique natural monument giving shelter to three endemic snail species *Bythinella parreissii* C. Pfeiffer 1841, *Theodoxus prevostianus* C. Pfeiffer 1828 and *Esperiana daudebartii daudebartii* C. Prévost 1821. In this area, the water from TT merges with a small creek originating nearby the church. About 300m downstream, the thermal stream merges with another creek, the Mühlbach MB (Figure 7). Another sampling site

is located just before the so-called Remise (VR) (Figure 8), which is an area with several fishponds. The last sampling site was set after the water leaves the Remise pond NR (Figure 9).

Sampling and field measurements

Water samples for abiotic measurements were filled in vials with a size of 50 ml while benthic biofilms of the algae were taken by scraping them off rocks and smaller stones through a toothbrush and a spoon. Furthermore the actual water temperature, O₂ content, conductivity, pH-value and total alkalinity, the latter obtained via titration to pH of 4.3, was measured on site (Hach-Lange HQ30D Multimeter). In addition, data loggers (Onset UA-002 HOBO) were installed at all sites for logging water temperature (15 min logging intervals).

For incoming irradiation, digital imaging was performed. A digital camera equipped with a fish-eye objective (Nikon Coolpix 4500 with fisheye converter Nikon FC-E8) was positioned horizontally and fotos were taken. The software GIMP was then used to convert the fotos into black pixels for objects and white pixels for open sky, which were then counted automatically with the software GIMP 2.10.4. Finally, the percentage of of white pixels on total pixels was taken as a proxy for the open sky.

Chemical analysis

The water samples were tested for major ions like sodium (Na⁺), potassium (K⁺) Calcium (Ca²⁺), magnesium (Mg²⁺), chloride (Cl⁻), and sulphate (SO₄²⁻) by ion chromatography (Metrohm Compact IC 761; anions according to OENORM EN ISO 10304 with Metrohm Metrosep A Supp 5; cations according to OENORM EN ISO 14911 with Metrohm Metrosep C2). Silicate (Si⁴⁻) was detected spectrophotometrically

(Hach-Lange DR 2800 according to DIN 38405 at wavelength of 400nm). Furthermore the total phosphorus (TP) was analysed spectrophotometrically according to the P-molybdenum blue method after digesting the samples (Hach-Lange DR 2800 according to OENORM EN ISO 6878 at wavelength of 890nm). Total organic carbon was measured through the use of a Sievers 900 Portable TOC Analyzer. Sulphide in the water samples was observed spectrophotometrically (Hitachi U-2000 Spectrophotometer at wavelength 670nm) using a colour indicator test (MColortest™).

Biological samples

Biofilms were collected from every sampling site and identified to the lowest taxonomic unit possible (for the most part down to species level). The benthic algae were scratched from the surface of the stones with a spoon and collected in sterile tubes (Cellstar™).

In addition, at the two basins sites GB and TT water was taken to identify planktonic photoautotrophs. The samples were gently vacuum-filtered through membrane filters (Sartorius pore size 0.5µm).

For algae identification, a light microscope (Zeiss Axio Imager M1, AxioCam MRm 60N-C 1"1,0x, AxioCam MRc5 60 N-C 2/3"0,63x) with magnifications of 600x and 1000x was used. Identification of diatoms relied mainly on dry combustion, which was heating up the algal material on cover slips through a Bunsen burner. Afterwards the cover slips were rinsed in 5% HCl solution followed by MiliQ water before the sample was embedded in Naphrax™. Wet combustions were performed for the scanning electronic microscope (SEM) and additional identifications. Biofilms were centrifuged for 5 minutes at 2500rpm, then the supernatant water was replaced by HCl conc. After an exposure of 12 h, the samples were washed with MiliQ and centrifuged three times,

before HNO₃ and H₂SO₄ at the ratio 3:1 was added to the sample. Exposure time was again 12 h. Then the samples were rinsed again with MiliQ and centrifuged three times. The purified diatoms were then dropped on cover slips, and the dried material then got sputtered with a thin gold layer, or were embedded in Naphrax as described previously

Algal abundance was estimated applying a relative scale from 1 (rare occurrence) to 5 (massive occurrence), (Table 1). For the identification the following taxonomic keys were used: Süßwasserflora von Mitteleuropa: Rhodophyta und Phaeophyceae (Eloranta, Kwardrans und Kusel-Fetzmann 2011), Süßwasserflora von Mitteleuropa: Xanthophyceae (Ettl und Rieth 1980), AlgaeBase (Guiry 2009), Benthische Algen ohne Diatomeen und Characeen: Bestimmungshilfe (Gutowski und Foerster 2007), Diatomeen im Süßwasser-Benthos von Mitteleuropa (Hofmann, Werum und Lange-Bertalot 2011), Süßwasserflora von Mitteleuropa, Cyanoprokaryota (Komárek und Anagnostidis 2005; 2013), Süßwasserflora Mitteleuropas; Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae, Bacillariophyceae und Achnanthaceae (Kramer und Lange-Bertalot 2004; 2007a; 2007b; 2008).

In addition, HPLC analyses of the benthic algae were performed at four times, one each in spring, early summer, midsummer and autumn. The algae samples, scraped of stones through toothbrush and spoon, were put on a Ederol BM-C glass fiber filters (Whatman GFF, Glass microfiber filters, 47mm Ø) and stored at -80°C until analysis. The filters were placed in centrifuge tubes and 90% acetone added. Homogenization was done by means of an ultrasonic probe (Branson Sonifier 250). After extraction at 4°C in the dark for 12 h, the mixture was centrifuged and the supernatant injected into the HPLC system (Hitachi Autosampler L-2200, Hitachi Pump L-2130, Hitachi FL-Detector L-2485, Hitachi Column Oven L-2300). The gradient program was carried out after (Wright, et al. 1991) and the peak detection was performed at 440nm (Schagerl

und Donabaum 2003). To calculate group affiliations, the factor analysis routine CHEMTAX V1.95 was performed (Mackey, et al. 1996). The software uses the data of the pigment concentrations and an estimation of the most appropriate pigments and of chlorophyll-a ratios for the algae classes that are to be expected in the samples (Mackey, et al. 1996). The groups were determined according to the relative contribution of Cyanobacteria, Bacillariophyceae and Chlorophyta to the total algal biomass based on the amount of Chlorophyll-a.

Statistics

Obtained data were normalized to make different units comparable. Site similarities were compared by NMDS and cluster analysis (Euclidean distance matrix; group average). The routine SIMPROF-test was used to find significant clusters (significance level 0.05, by 999 iterations). The non-parametric routine BIONEVE was used to detect the significant parameters that explain the grouping in the cluster analysis (1000 permutations, $p < 0.001$). The statistical calculations were conducted using the statistical package Primer V6.1.18 (Primer-E Ltd., 2015).

To analyse the species distribution patterns, a direct gradient analysis was calculated with the help of the Canoco V5.1 statistical package (Biometrics, 2017). First, the length of the gradients was tested using correspondence analysis. The standard deviation of the gradients was > 3.0 , which suggests applying a unimodal method. We performed a canonical correspondence analysis (CCA, Leps and Smilauer 2015) to combine the data on species and environmental variables. With this method, sites and species are separated along composition axes that are optimally related to linear combinations of selected environment variables. The significance of the environmental parameters explaining the distribution of the species patterns was tested by a Monte

Carlo test with 1000 permutations. Significance was reached when the variable reached the value of $p < 0.01$. In addition for each variable the variance inflation factor (VIF) was checked. Variables with a VIF over 10 were removed to prevent multicollinearity. The results of the CCA analysis were visualized in ordination diagrams, which show species and sites as points and the environmental variables as vectors. The length and direction of the vectors represent the correlation between the variable and the ordination axes. This allows to visualize the impact of the different environmental variables on the composition of the algae community (Ter Braak 1986).

Results

The environment

NMDS based on chemistry revealed a large difference between the sites Q and NR, while the other sites show more similarities. Except the site Q, it also indicate a seasonal pattern.

A closer look reveals that conditions at the spring site Q are very stable (Figure 19). One of the most variable parameter is the sky openness, while the other parameters like water temperature, O₂ content, conductivity, pH-value, alkalinity, mean TOC and the major ion concentrations show hardly any change during the seasons

According to the NMDS Analyses the sites GB, TT, and SS show similarities in their abiotic conditions and are clustered together especially in spring and autumn, while during the summer months the differences between these three sites increase. The temperature curves of this sites perform the fluctuations in the same way.

While the sites show little variation according to site and season at the most parameters, the mean TOC content has a high variation through the year. At the GB site the TOC content had a minimum value of 412 ppb reaching a maximum value of 4733 ppb in June and a second peak in October with 3256 ppb. At TT a minimum value of 440 ppb and a maximum value of 3756 ppb, also in June occur. The second peak is reached in October with 2213 ppb. At SS the amount was 393 ppb at its minimum and 875 ppb at its maximum in July and also a second peak in November.

In addition at the GB site the amount of TP twice showed an abnormality: In April the value was 31 μgL^{-1} and in August it was 46 μgL^{-1} . In the other months the values ranged from 3 μgL^{-1} to 10 μgL^{-1} , which correspond to the amounts measured at the sites TT and SS. At the site TT the amount of potassium showed an increased level in July when the value was 5.2 mgL^{-1} while during the rest of the year the amount oscillated

between 1.5 mgL^{-1} and 2 mgL^{-1} . This range is in correspondence with the observations at the other two sites.

The sites MB and VR differ in a significant way from the former sites but are similar to each other with respect to the abiotic conditions. The TOC also showed some perturbations: Between March and July the amount of MB increased from 940 ppb to 2150 ppb in July, while until October the amount decreased to 642 ppb. It then again increased to 953 ppb. The TP content of MB shows a similar picture with increasing (from $21 \text{ } \mu\text{gL}^{-1}$ to $55 \text{ } \mu\text{gL}^{-1}$) and decreasing values (from $44 \text{ } \mu\text{gL}^{-1}$ to $24 \text{ } \mu\text{gL}^{-1}$ in October). At the end of the observation period in November it reached a medium high level ($31 \text{ } \mu\text{gL}^{-1}$). The values of the site VR show a similar course.

The most downstream habitat is at the site NR. It differs the most in comparison to the other locations and it also shows the highest variation between the sampling dates. Until August the O_2 content first decreases from 96% to 58 % and then from August to November it increases to 80%. The mean TOC (March: 1430 ppb, July: 4120 ppb; November: 1490 ppb) and the P-total (March: $15 \text{ } \mu\text{gL}^{-1}$, June $117 \text{ } \mu\text{gL}^{-1}$, November $20 \text{ } \mu\text{gL}^{-1}$) also develop along this line.

In addition flow rate measurements were carried out at the sampling points SS, MB, VR and NR. At the site SS the river is 200cm wide and shows a flow rate of 0.29 m per sec. It has a depth of 3.5 cm and therefore the calculated flow rate is 20.5 Lsec^{-1} .

At the site MB the creek narrows towards a width of 90 cm. Its depth is 14 cm, flow velocity is 0.42 m per second and the flow rate 52.6 Lsec^{-1} .

At VR the stream has a width of 180 cm, a depth of 6.5 cm, a flow velocity of 0.47 m per sec, and a flow rate of 54.4 Lsec^{-1} .

At the outflow of the Remise the creek bed is 210cm wide, 20cm deep, and flow velocity is at 0.08 m per sec. The flow rate is at 41 Lsec^{-1} .

Species patterns

The HPLC showed differences between the distributions of the algae groups according to their biomass at the sampling sites. So Cyanobacteria had highest biomass at the TT and minimum values at NR (Figure 18), while the amount of cyanobacterial biomass at the other sites is alike. Chlorophyceae showed maxima in the stream at the sites SS and VR, but also in the pond at the GB site. The Bacillariophyceae had a similar contribution at each site to overall biomass seem. Rhodophyta were detected by means of HPLC in low concentration at all sites except at TT and SS. Nevertheless Rhodophyta like *Hildenbrandia rivularis* (Figure 13) and *Audouinella pygmea* (Figure 13) was observed via microscopy in each of the SS samples. According to HPLC, Chrysophyceae are mainly present at downstream sites.

Among all observed choriotoxes, 89 different algal taxa were found (Figure 18). The most abundant group was the Bacillariophyceae (59 taxa), followed by green algae (14), Cyanobacteria (12), Rhodophyta (3) and Chrysophyceae (1).

The sites Q, GB, Mb, VR and NR had a similar number of taxa in the group of the Bacillariophyceae, while the number of diatoms increased at the sites TT and SS.

The Diatoms *Amphora pediculus*, *Caloneis fontinalis* and *Cocconeis pseudolineata* (Figure 13) occurred in large quantities at all sites. Also did the Cyanobacteria *Phormidium retzii*.

The taxa *Achnanthydium minutissimum*, *Achnanthydium pyrenaicum* (Figure 10), and *Klebsormidium flaccidum* (Figure 10) had a high relative frequency only at the site Q.

The small diatom *Thalassiosira pseudonana* (Figure 11) occurred in large quantities at the site GB and also, in lower abundance, at the site TT and missing at the other sites.

Navicula tripunctata (Figure 14) occurred at MB, VR and NR. At NR also centric diatoms like *Aulacosira* sp. and *Cyclotella stelligera* (Figure 16) showed high abundances.

Linking species and environment

In the first CCA model (Figure 20) the size of the circles shows the species number for each site. The bigger the circles, the more taxa were found at the site. The model blends the 15 most suitable algae species with the environmental variables. It can be seen that the locations differ markedly in the occurrence of species. The sites Q and NR appear as completely separate from the other sites, while there can be observed a cluster of GB, TT and SS and a second cluster which consists of the sites MB and VR. There is little distance between these two clusters, which indicates a high similarity between them. The environmental variables, responsible for the distribution of species, are also plotted and can be summed up under the terms nutrients (TOC, P_{tot}), major ions (Ca²⁺, Cl⁻ and SO₄²⁻) and abiotic stressors (temperature, sky openness, pH and O₂)

The second diagram (Figure 21) shows species that have a high significance for the model towards the environmental variables. So the species *Klebsormidium flaccidum* (Figure 10) is shown to be characteristic for the site Q, while *Navicula tripunctata* (Figure 14) prefers a higher amount of TOC and P_{tot}, which are found at the site NR. In contrast *Amphora pediculus* (Figure 14) shows no preference for special environmental conditions. Species like *Hildenbrandia rivularis* (Figure 13), *Diploneis krammeri* (Figure 12) and *Fragilaria dilatata* correspond to a higher amount of Sulfate, Calcium, and sky openness.

In contrast the NMDS analysis (Figure 22 NMDS distribution) compares each site focusing on the most significant environmental parameters. It reveals the differences among the sites and also a seasonality at the sites. Mainly responsible for these patterns are the conductivity, pH, K^+ , Ca^{2+} and P-tot. NMDS shows Q as an isolated system and clusters GB, TT and SS as one major group and MB, VR, And NR as the second major group. NR is also more isolated and additionally show differences in the environmental parameters of each sampling.

Discussion

Environment

Data obtained at the site Q are comparable to previous published ones (Elster, et al. 2016), (Zötl und Goldbrunner 1993). No seasonal differences could be observed, which points to the stable abiotic conditions of the spring. Such stable conditions and especially the stability of temperature are typical for thermal springs and forms out a stable algae community (Vouk 1950).

These stable conditions of the spring are confirmed by the CCA analysis. The Ursprungsquelle can be assigned to a low thermal acratia Ca-Mg-HCO₃-SO₄ mineral water (Coric, et al. 2007). The low TP level points towards oligotrophic conditions. Interestingly, water temperature of Q obviously decreased over the last 30 years. Hacker (1993) listed a temperature of 22.8°C for 1990, Coric et al. (2007) mentioned about 23°C. In 2010, temperature was 20.9°C (Elster, et al. 2016), and we recorded 20.2°C. So the spring fulfill the condition of the classification according to Vouk (1950) for a Chliarotherme. Reasons for this drop in temperature might be water extraction for water bottling. The Vöslauer Mineralwasser GmbH takes water from the deeper water body. Nevertheless the temperature of the Ursprungsquelle is still high enough to

classify as thermal according to the legal regulation of Lower Austria (Wirtschaftsstandort 2019).

At GB, elevated TP concentrations were measured in April and August, which indicated meso-eutrophic conditions (Pfister und Hofmann 2016). The higher amount of TOC in June and in October also indicates meso-/eutrophic conditions. This is insofar remarkable, as the water is partly replaced almost every night by lowering the water level, which hinders development of benthic algae. Furthermore leaves are skimmed every day during the bathing season. The slightly increased values of TOC and TP already indicate higher algal biomass, which can be recognized as a green shimmer seen in the water body. Outside the bathing season the pond is not cleaned and also remains filled. In winter the water flows in a steady stream towards the TT located outside the bath. TT has lower concentrations of TOC and TP than the GB, although it is not treated. It also harbors pikes and carps. TT is muddy and has well developed phytobenthos, which forms thick layers.

The environment at SS is significantly different because here, the water discharges into a small stream. The creek is channeled and the water reaches a depth of only a few centimeters instead of around 1.5 m in the upstream ponds GB and TT. This habitat is unique, also because of endemic snails absence of fish and high numbers of macrozoobenthos. According to Panrok (2016), the structure of the creek bed (walls and stones) provides perfect living conditions for the endemic organisms. A renaturation most probably would result in a disappearance of the snails. Apart from the formation of mud and herbicides, to which the snails are sensitive, Panrok mentions bank-side woodland as a risk. Canopy cover lowers light supply and reduces algal growth, which is the main food resource of snails.

At the site MB, the confluence of the Mühlbach is evident, because the amount of water flowing through the stream doubles at this site. This also explains significant changes in the abiotic conditions like the higher conductivity. Also water temperature differs significantly.

Downstream MB, the creek leads into a tunnel and reappears behind the train station. VR is comparable to MB. Most important difference is that the river bed is no longer a concrete bed, but has pebbles and rocks. Higher TOC and TP-amounts during summer indicate better algal growth.

NR is different from the upstream sites. We found increased TOC and TP concentrations indicating eutrophication. NR is also stocked with fish and used for fishing. During summer, we moreover observed a drop O₂ indicating high microbial activity.

Species patterns

Cyanobacteria are typical for thermal water, especially in cases of high temperature of up to nearly 90°C (Vouk 1950). Among other algae groups, only a few specialists can handle higher temperatures up to 50°C like *Rhizoclonium hieroglyphicum*, *Stigeoclonium thermale* and *Cosmairum leave* (Figure 10) (Vouk 1950). Diatoms are also abundant in thermal springs but they are not known as thermophilic. They are rather euryvalent, which means that they can cope with a variety of environmental conditions, among them high water temperature up to 70°C. For example *Pinnularia appendiculata* has been recorded to have a good development in the Karlsbader Sprudelquelle with a temperature of 70°C, but isn't bound to this thermal conditions and also occur at cold water springs. Besides this diatom also *Navicula thermalis*,

Pinnularia viridis and *Navicula cryptocephala* are frequently found also under thermal conditions (Vouk 1950).

In general heat tolerance varies among taxa, but it can be said that Cyanobacteria tolerate higher temperatures than Chlorophyta and they tolerate higher temperatures than Diatoms and Rhodophyta. (Larnard 2010)

Although the spring in Bad Vöslau with its 20°C can be called thermal, it contains hardly any specialists of thermal wells. An exception is the former mentioned desmid *Cosmarium laeve*, which may be regarded as typical of low thermal water (Gärtner und Stoyoneva 2004). Other frequently found species like the cyanobacterium *Phormidium retzii* or the diatom *Caloneis fontinalis* are known as cosmopolites, which are not restricted to thermal wells. The algal composition corresponds to the definition of Vouk (Vouk 1950) for a blue-green thermal spring at chliarothermal (18°C to 28°C) conditions. According to Vouk such wells can produce lush algae communities with high biomass, but in this case the spring area gets cleaned regularly, which reduces biomass production.

At the site VR the cyanobacterium *Homoeothrix crustacea* (Figure 15) is the most dominant species. It is one of the key species for characterizing calcareous oligo- up to mesotrophic habitats. Despite of its higher trophic tolerance, it is very sensitive against organic pollutants and therefore its occurrence indicates a very good ecological quality. It often co-occurs with *Phormidium incrustatum*, which was also found in this area.

The diatoms *Achnanthes minutissimum*, *Achnanthes pyrenaicum* also occur only at this site. The last one is characteristic for oligotrophic calcareous waters. *Caloneis fontinalis* is known to live in oligosprobic and calcareous wells and its outflows with sometime large quantities. *Amphora pediculus* was present at all sites and do not show

seasonality. This taxon is one of the most common species in European waters and has a wide trophic range. It is however missing in waters with low levels of electrolytes and a low pH-value. *Thalassiosira pseudonana* is considered to be widespread, known from freshwater habitats but also from brackish coastal waters. The marine variation differs from the freshwater species in the bigger size of its needle shaped support apparatus (Ettl, et al. 1991). According to recent studies (Chang und Steinberg 1989), the *Thalassiosira pseudonana/ Cyclotella pseudostelligera* is divided into 4 groups. Large specimens with a diameter from 5-7 μm are attributed to the group of *Cyclotella glomerata*. The smaller cluster (3-5 μm) is divided into three groups: *Cyclotella hellae*, *Cyclotella pseudonana* and *Cyclotella nana*. The Centrales of GB correspond mostly to a variation of *Cyclotella nana* Hustedt. The species seems to be a cosmopolitan and is eurythermal, preferring temperatures between 10°C and 30°C with a growth optimum at 21°C (Kipp, McCarthy und Fusaro 2012). It reaches its highest abundance in summer and autumn. *Navicula cryptotenelloides* (Figure 15) occurs mainly at the site TT and in less abundance at the downstream sites. It is known to occur in high abundance in calcareous stagnant water bodies like ponds. The diatom *Navicula tripunctata* (Figure 14) starts to occur at the site MB and is also present at the downstream sites. The species does not occur in oligotrophic and acidic waters; it prefers middle to high trophic grades. At the site NR, the algae community differs from the upstream community. Some species such as *Gyrosigma sp.*, *Diatoma vulgare* and *Fragilaria leptostauron* (Figure 16) indicate higher trophic levels. Some planktonic representatives are also found here like *Cyclotella stelligera*, *Scenedesmus bernardii*, *Pediastrum duplex* (Figure 16) and *P. simplex* (Figure 16). The latter occurs at this site only in the summer months and were also found at the well Q.

Hildenbrandia rivularis and *Audouinella pygmaea* were quite common at SS. Both are known to indicate good ecological quality as they are quite sensitive to phosphorous

and organic pollutants. Apart from its presence at this sampling site, *Hildenbrandia rivularis* was also observed at Q.

Also the phaeophyte *Heribaudiella fluviatilis* is found at SS; it prefers rocky substrates and flowing waters. It commonly occurs together with *Hildenbrandia* and *Audouinella* and is also an indicator for a high ecological quality of carbonate waters. Like *Hildenbrandia* it is a Red List Species (Gutowski und Foerster 2007).

Linking species and environment

Acknowledgements

I want to express my gratitude to Axel Gauer for his assistance in the field. Thanks to Hubert Kraill for the chemical analyses and Barbara Mähner for her support with the pigment analyses. Gertraud Steniczka at the WasserCluster Lunz provided TOC data and Heidemarie Halbritter supported SEM work. The study was partly funded by Thermalbad Bad Vöslau (Carina Hochebner).

References

- Biggs, Barry J. F., and Robert A. Smith. "Taxonomic richness of stream benthic algae: Effect of flood disturbance and nutrients." *American Society of Limnology and Oceanography*, 2002: 1175-1186.
- Cantonati, M., Füreder, L., Gerecke, R., Jüttner, I., Cox, E.,. "Crenic habitats, hotspots for freshwater biodiversity conservation:." *Freshwater Science*, April 17, 2012: 463 – 480.
- Cantonati, M., L. Füreder, R. Gerecke, I. Jüttner, and E. Cox. "Crenic habitats, hotspots for freshwater biodiversity conservation: toward an understanding of their ecology." *Freshwater Science*, April 17, 2012: 463-480.
- Castenholz, Richard W. "Thermophilic Blue-Green Algae and the Thermal Environment." *Bacteriological Reviews*, December 1969: 476-504.
- Chang, T., and C. Steinberg. "Identifizierung von nanoplanktischen Kieselalgen (Centrales, Bacillariophyceae) in der Rott und im Rott-Stausee (Bayern, Bundesrepublik Deutschland)." *Arch. Protistenkd* 137, 1989: 111-129.
- Coric, S., F. Rögl, G. Wessely, and I. Zorn. "Geologie und Paläontologie von Bad Vöslau (Niederösterreich)." *Jahrbuch der geologischen Bundesanstalt*, Jänner 19, 2007: 420-448.
- Eloranta, P., J. Kwandrans, and E. Kusel-Fetzmann. *Süßwasserflora von Mitteleuropa: Rhodophyta und Phaeophyceae*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag, 2011.
- Elster, D., et al. *Erläuterungen zur geologischen Themenkarte Thermalwässer in Österreich 1:500.000*. Wien: Geologische Bundesanstalt, 2016.

- Ettl, H, J. Gerloff, H. Heynig, D. Mollenbauer, K. Krammer, and H. Lange-Bertalot. *Bacillariophyceae - 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae*. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, 1991.
- Ettl, H., and A. Rieth. *Süßwasserflora von Mitteleuropa, Xanthophyceae*. Stuttgart: Fischer, 1980.
- Gärtner, Georg, and Maya P. Stoyoneva. "Taxonomic and Ecological Notes to the List of Green Algal Species from Bulgarian Thermomineral Waters." *Ber. nat. med. Verein Inbruck*, November 2004: 67-89.
- Geologische Bundesanstalt, Österreich. "Geologische Bundesanstalt." 2018. <https://www.geologie.ac.at/forschung-entwicklung/kartierung-landesaufnahme/wasser/thermal-und-mineralwaesser/>.
- Grünberger, S., E. Hacker, A. Muth, A. Putliz, and C. Zehetgruber. "Wasser, Grundwasser, Altlasten und Gefahrenzonen." TU Wien, Fachbereich für Landschaftsplanung, Wien, 2006.
- Guiry, M. *AlgaeBase*. 2009. <http://www.algaebase.org/> (accessed August 10, 2019).
- Gutowski, A., and J. Foerster. *Benthische Algen ohne Diatomeen und Characeen: Bestimmungshilfe*. Recklinghausen: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz, 2007.
- Hacker, P. "Die Mineral- und Heilwässer Österreichs: Geologische Grundlagen und Spurenelemente." In *Die Quellen*, by J. Zötl and J. E. Goldbrunner, 260-261. 1993.
- Hofmann, G., M. Werum, and H. Lange-Bertalot. *Diatomenn im Süßwasser-Benthos von Mitteleuropa*. Rugell: Gantner, 2011.

- Huber, A., M., Stingl, K. "STEINSichten: Kartause Mauerbach." *Die Bau- und Dekorsteinsammlung der Wiener Weltausstellung von 1873*. Österreichisches Bundesdenkmalamt, 1999.
- Hynes, H. B.N. "The ecology of running waters." *Limnology and Ocenaography Volume 16, Issue 3*, 1971: xxiv-555p.
- Job, Carl. "Die Wirkung von Akrothermen auf die Auskeimung von Pflanzensamen und das Wachstum junger Pflanzen." In *Festschrift Scheminzky, Band 57*, S. 123-141. Innsbruck: Ber. nat.-med. Ver. Innsbruck, 1969.
- Kipp, R. M., M. McCarthy, and A. Fusaro. *GLANSIS – Great Lakes Auquatic Nonindigenous Species Information System*. 8 24, 2012.
<https://nas.er.usgs.gov/queries/greatlakes/FactSheet.aspx?SpeciesID=1692&Potential=N&Type=0&HUCNumber=DGreatLakes> (accessed August 15, 2019).
- Komárek, J., and K. Anagnostidis. *Süßwasserflora von Mitteleuropa, Cyanoprokaryota, 2. Teil: Oscillatoriales*. Stuttgart: Fischer, 2005.
- . *Süßwasserflora von Mitteleuropa; Cyanoprokaryota. 3. Teil: Heterocytous genera*. Stuttgart: Fischer, 2013.
- Kramer, K., and Lange-Bertalot. *Süßwasserflora Mitteleuropas; Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae*. Stuttgart: Fischer, 2007b.
- . *Sußwasserflora von Miteleuropa; Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae*. Stuttgart: Fischer, 2008.
- . *Süßwasserflora von Mittekeuropa; Bacillariophyceae; Naviculaceae*. Stuttgart: Fischer, 2007a.
- . *Süßwasserflora von Mitteleuropa, Achnanthaceae*. Stuttgart: Fischer, 2004.

- Kullberg, Russel G. "Algal distribution in six thermal spring effluents." *Transactions of the American Microscopical Society*, October 1971: 412-434.
- Küpper, Heinrich. *Die Thermalquellen von Bad Vöslau vom Vormärz bis ins elektronische Zeitalter*. Edited by Stadtgemeinde Bad Vöslau. Wien, 1981.
- Kusel-Fetzmann, Elsa, and Hermann Kusel. "Algen und "Nicht-Algen"." 2012.
- Larnard, Scott T. "A prospectus for periphyton: recent and future ecological research." *Journal of the North American Benthological Society*, 29(1), February 5, 2010: 182-206.
- Lindegaard, C., K.P. Brodersen, P. Wlberg-Larsen, and J. Skriver. "Multivariate analyses of macrofaunal communities in Danish springs and springbrooks." In *Studies in crenobiology. The biology of springs and springbrooks*, by Botosaneanu Ed L., pp- 201-219. Leiden: Backhuys Publishers, 1998.
- Mackey, M. D., D. J. Mackey, H. W. Higgins, and S. W. Wright. "CHEMTAX – a program for estimating class abundances from chemical marker: application to HPLC measurements of phytoplankton." *Marine Ecology Progress Series*, December 5, 1996: 265- 283.
- Panrok, Alexander. "Kulturlandschaftsprojekt Bad Vöslau." Projektarbeit, Wienerwald Management GmbH, 2016.
- Pfister, Peter, and Gabriele Hofmann. *Fliessgewässer – Phytobenthos, Überarbeitung des Trophie- und Sprobie-Bewertungssystems nach Rott et al. 1999, 1997*. Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2016.
- Rousch, Jeffrey M, Scott E. Bingham, and Milton R Sommerfeld. "Protein expression during heat stress in thermo-intolerant and thermo-tolernat diatoms." *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, August 5, 2004: 231-243.

- Scarsbrook, Mike, José Barquin, and Duncan Gray. *New Zealand coldwater springs and their biodiversity*. Paper, Wellington, New Zealand: Science & Technical Publishing, 2007.
- Schagerl, M., and K. Donabaum. "Patterns of major photosynthetic pigments in freshwater algae. 1. Cyanoprokaryota, Rhodophyta and Cryptophyta." *Annales de Limnologie – International Journal of Limnology*, März 2003: 35-47.
- Soininen, Jane. "Environmental and spatial control of freshwater diatoms – A review." *Diatom Research*, December 19, 2007: 473-490.
- Täuscher, Lothar. "Algen (Cyanobacteria et Phycophyta)." In *Pflanzen und Tiere in Sachsen-Anhalt*, by D. Frank and P. Schnitter. 2013.
- Touristinfo Bad Vöslau, interview by Lukas Kühschelm. (Jänner 2017).
- Van der Kamp, G. "The hydrogeology of spring in relation to the biodiversity of spring fauna: a review." *Journal of the Kansas Entomological Society* 68, 1995: 4-17.
- Vöslauer Thermalbad Gmbh. *Thermalbad Bad Vöslau*. 2018. <http://www.thermalbad-voeslau.at/thermalbad.php#unseregeschichte>.
- Vouk, Vale. *Grundriss zu einer Balneobiologie der Thermen*. Springer Basel AG, 1950.
- Weigand, E., and K. Tockner. "Limnologische Charakterisierung ausgewählter Karstquellen im Nationalpark nördliche Kalkalpen." *Limnologische Charakterisierung ausgewählter Karstquellen*. Molln: Nationalpark O.ö. Kalkalpen Ges.m.b.H., Mai 1996.
- Wirtschaftsstandort, Bundesministerium für Digitalisierung und. *Rechtsinformationssystem des Bundes; Landesrecht konsolidiert Niederösterreich: Gesamte Rechtsvorschrift für NÖ Heilvorkommen- und Kurortegesetz 1978, Fassung vom 05.04.2019. 2019.*

<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrNO&Gesetzesnummer=20000627>.

Wright, S. W., et al. *Improved HPLC method for the analysis of chlorophylls and carotenoids of phytoplankton*. 1991.

Zötl, Josef, and Johann E Goldbrunner. *Die Mineral- und Heilwässer Österreichs*. Wien: Springer – Verlag Wien New York, 1993.

List of tables and figures

Figure 1 Austria (1), Bad Vöslau (2) overview © OpenStreetMap-Mitwirkende; www.openstreetmap.org	46
Figure 2 Bad Vöslau in Detail with Sampling points Q, GB, TT, SS, MB (1) and VR, NR (2) © OpenStreetMap-Mitwirkende; www.openstreetmap.org	47
Figure 3 lateral outflow and sampling site Q (1 & 3), Ursprungsquelle (2).....	48
Figure 4 Grünes Becken (1), sampling site GB (2)	49
Figure 5 Sampling site Thermalteich TT	50
Figure 6 sampling site SS (1), surface covered with <i>Esperina daudebartii</i> daudebartii (2), <i>Schneckensalettl</i> (3).....	51
Figure 7 sampling site MB (1), surface (2).....	52
Figure 8 sampling site Vor Remise (VR) upstream (1), downstream (2), surface (3), rock covered with <i>Homoethrix incrustans</i> (4).....	53
Figure 9 Sampling site nach Remise NR, upstream (1), downstream (2), shells of <i>Anodonta cygnea</i>	54
Figure 10 Algae species at site Q: <i>Klebsormidium flaccidum</i> (1), <i>Cosmarium laeve</i> (2), <i>Achnanthydium minutissimum</i> (3).....	55
Figure 11 Algae species of site GB: <i>Thalassiosira pseudonana</i> / <i>Cyclotella nana</i> (1 & 3), <i>Achnanthydium pyrenaicum</i> (2)	56
Figure 12 Algae species of site TT: <i>Aphanocapsa rivularis</i> (1), <i>Spyrogyra</i> sp. (2), <i>Diplones krammeri</i> (3 & 4)	57
Figure 13 Algae species of site SS: <i>Audouinella pygmea</i> (1), <i>hildenbrandia rivularis</i> (2), <i>Cocconeis pseudolineata</i> (3); <i>Chantransia-Stadiums</i> (bottom) & <i>Cymbella excisa</i> (middle) (4)	58

Figure 14 Algae species of site MB: <i>Navicula tripunctata</i> (1), <i>Amphora pediculus</i> (2), <i>Phormidium</i> sp. (3)	59
Figure 15 Algae species of site VR: <i>navicular rix crustacea</i> (1 & 2), <i>Navicula cryptotenelloides</i> (3), <i>Cymbella cymbiformis</i> (4)	60
Figure 16 algae species of site NR: <i>Pediastrum duplex</i> (1), <i>Pediastrum simplex</i> (2), <i>Hantzschia</i> cf. (3), <i>Cyclotella stelligera</i> (4), <i>Fragilaria leptostauron</i> (5).....	61
Figure 17 Number of taxa.....	62
Figure 18 Distribution of algae groups according to their biomass in the samples; data obtained from HPLC analyses	63
Figure 19 sites Parameters.....	65
Figure 20 CCA model species and environmental variables	66
Figure 21 CCA model species significance	67
Figure 22 NMDS distribution.....	68
Table 1 CCA results	69
Table 2 List of species found at the respective sites with very low (1), low (2), medium (3), high (4), very high (5) abundance	70

Tables and figures

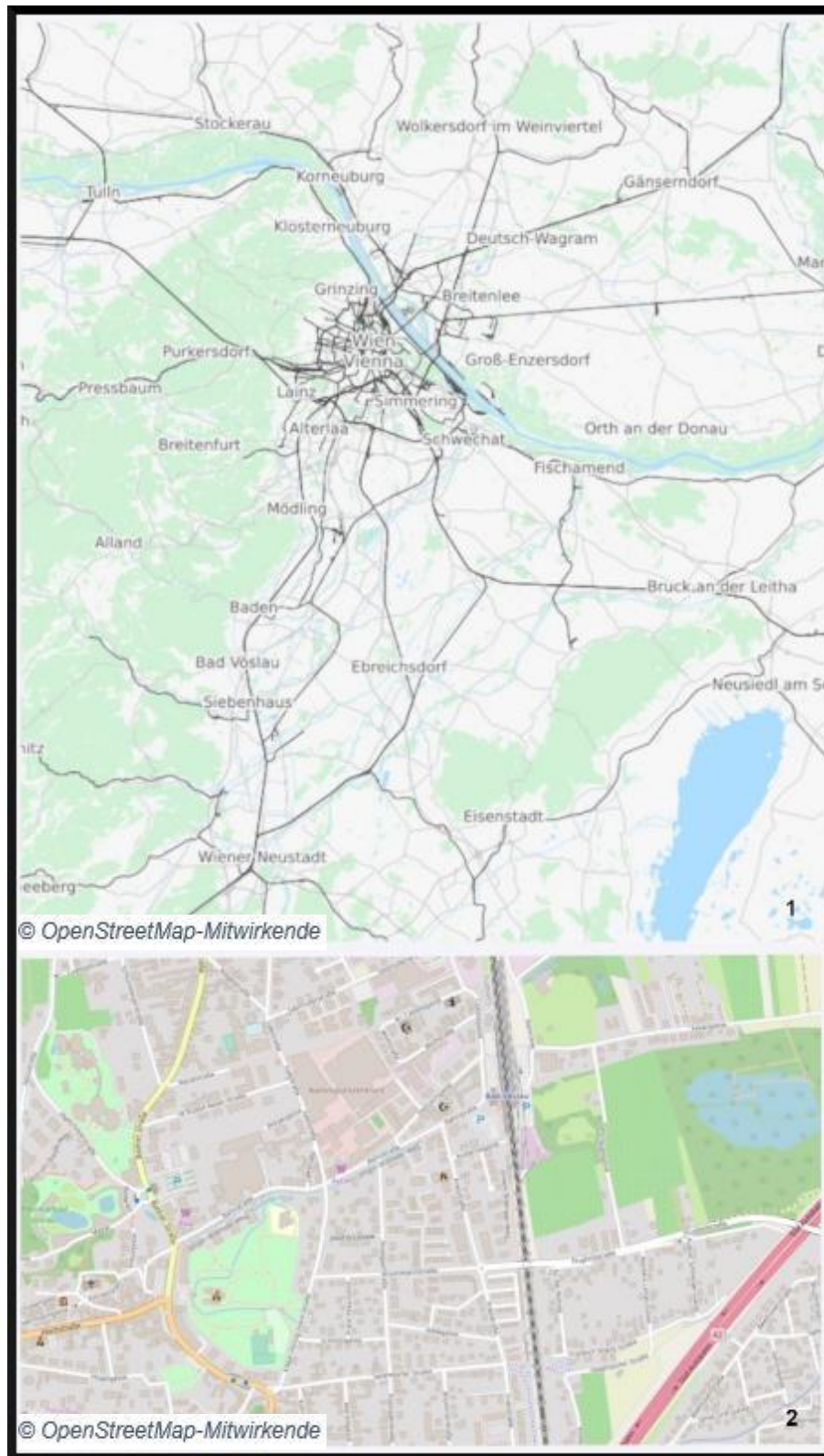


Figure 1 Austria (1), Bad Vöslau (2) overview © OpenStreetMap-Mitwirkende; www.openstreetmap.org



Figure 2 Bad Vöslau in Detail with Sampling points Q, GB, TT, SS, MB (1) and VR, NR (2) © OpenStreetMap-Mitwirkende; www.openstreetmap.org



Figure 3 lateral outflow and sampling site Q (1 & 3), Ursprungsquelle (2)



Figure 4 Grünes Becken (1), sampling site GB (2)

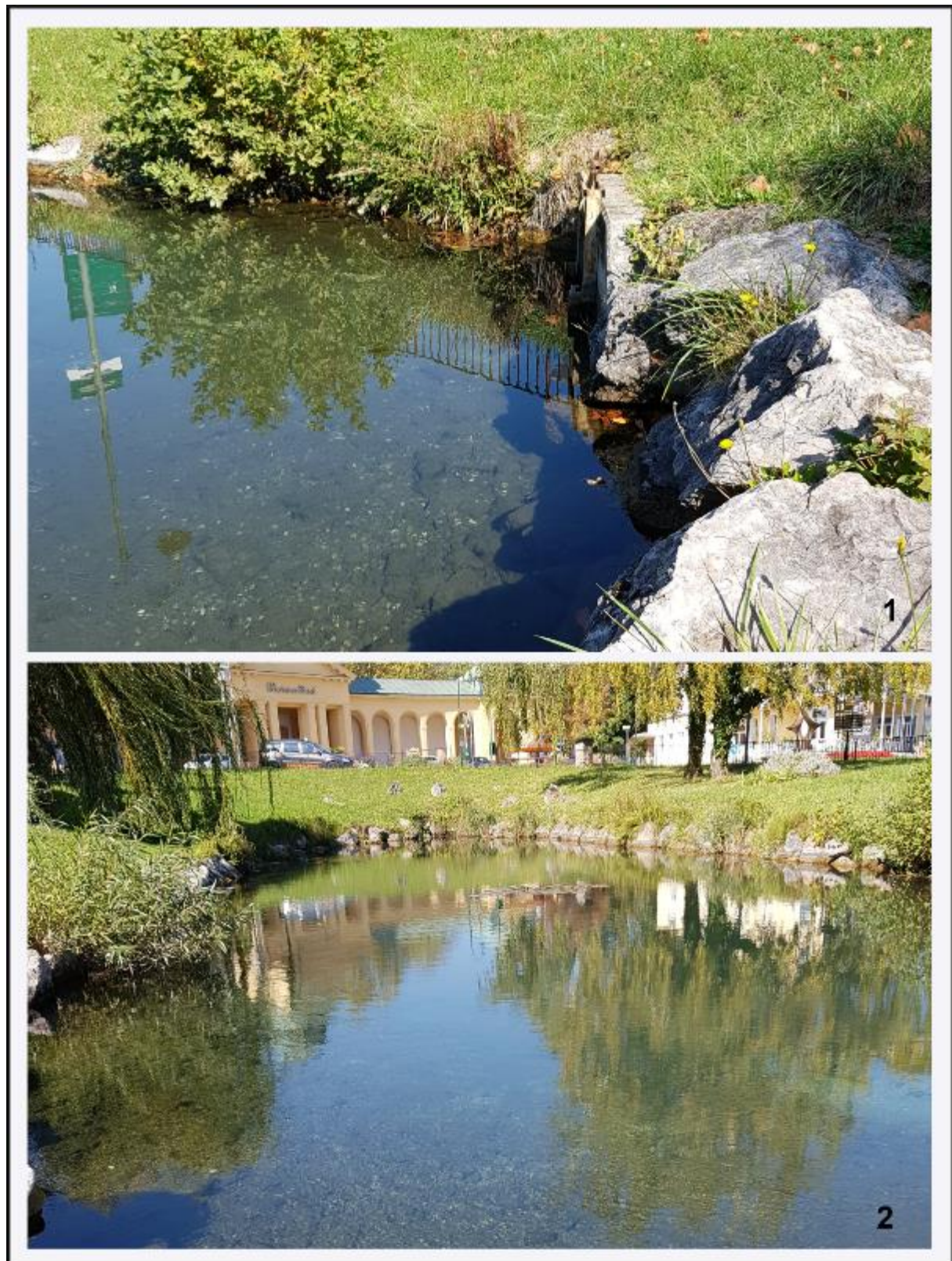


Figure 5 Sampling site Thermalteich TT



Figure 6 sampling site SS (1), surface covered with *Esperina daudebartii daudebartii* (2), Schneckensalettl (3)



Figure 7 sampling site MB (1), surface (2)



Figure 8 sampling site Vor Remise (VR) upstream (1), downstream (2), surface (3), rock covered with *Homoethrix incrustans* (4)



Figure 9 Sampling site nach Remise NR, upstream (1), downstream (2), shells of *Anodonta cygnea*

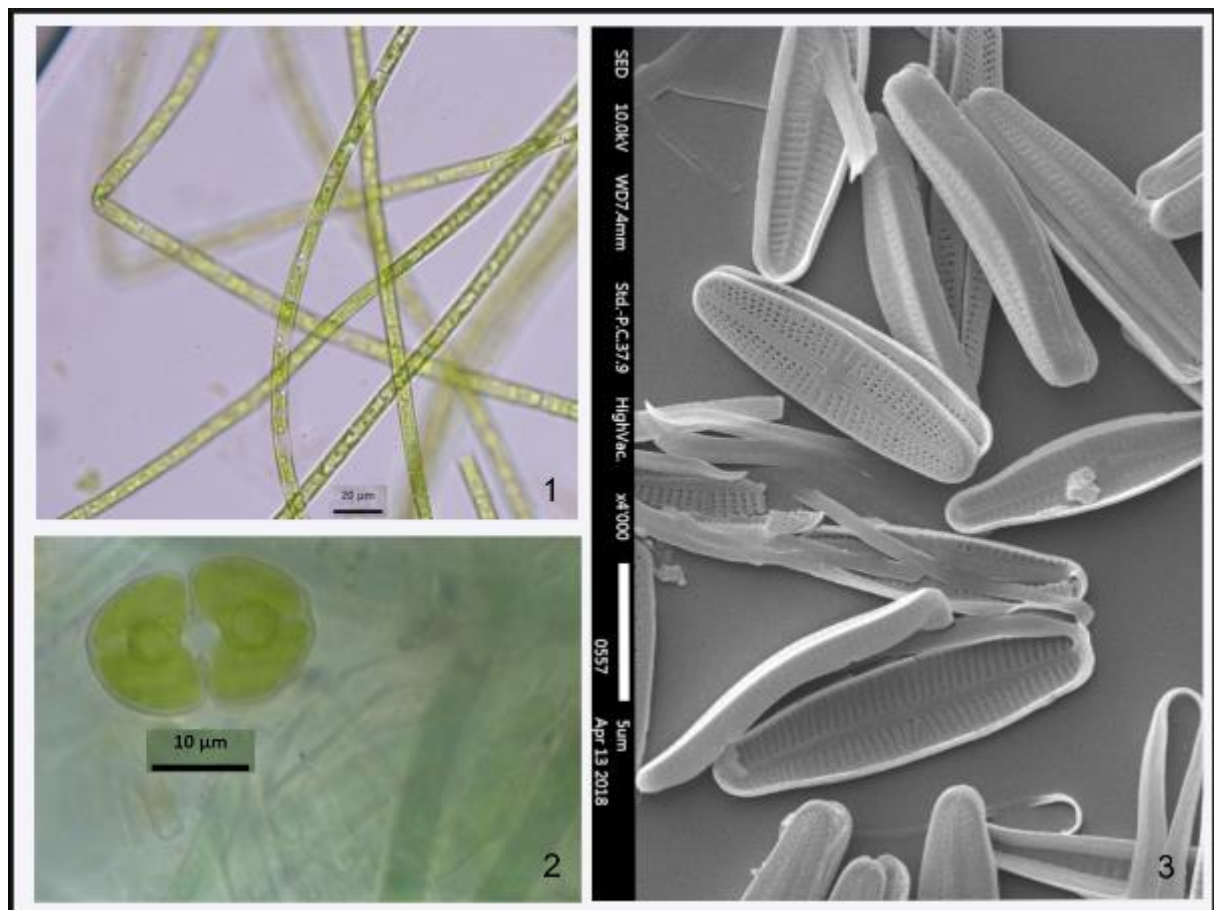


Figure 10 Algae species at site Q: *Klebsormidium flaccidum* (1), *Cosmarium laeve* (2), *Achanthidium minutissimum* (3)

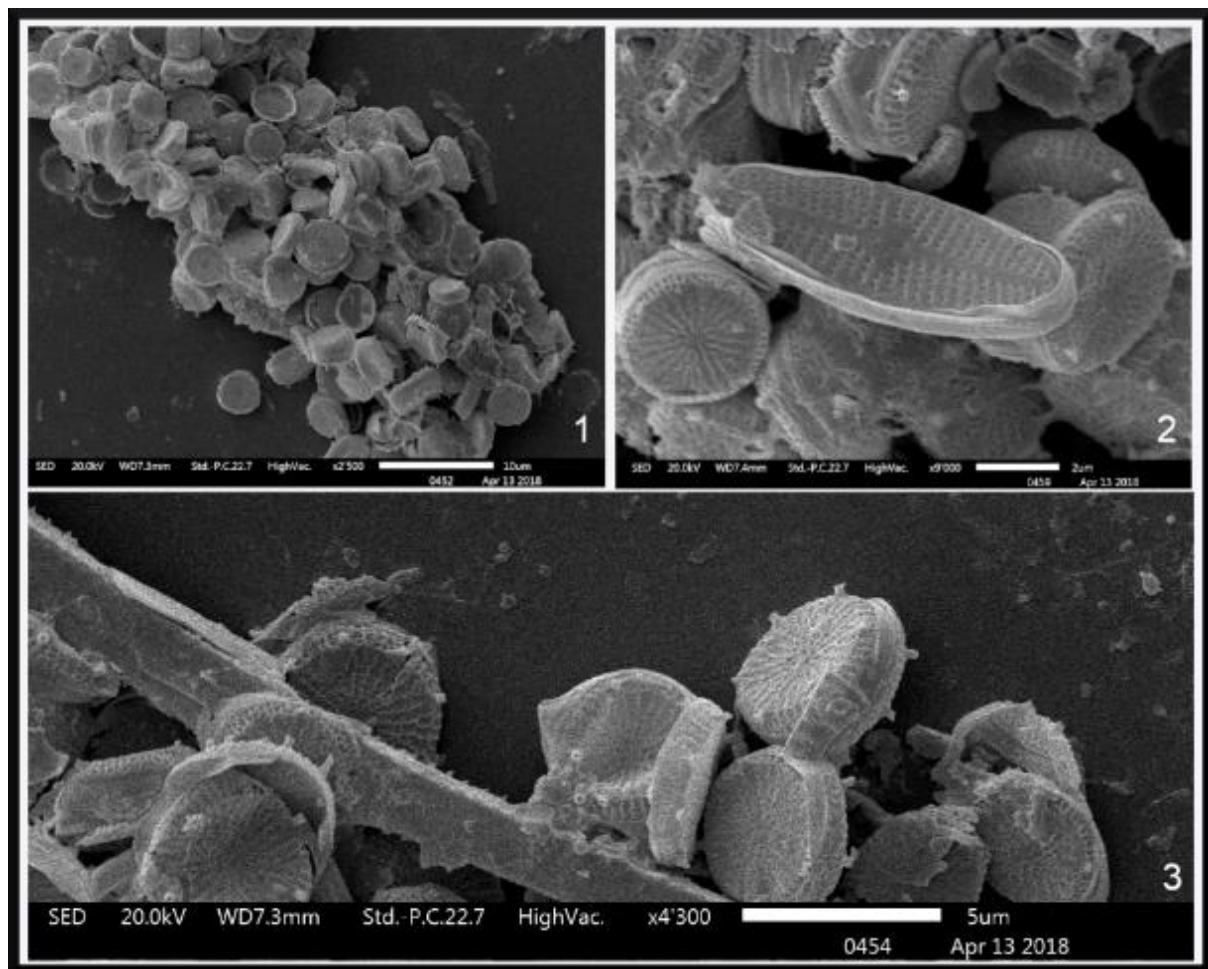


Figure 11 Algae species of site GB: *Thalassiosira pseudonana*/*Cyclotella nana* (1 & 3), *Achnantheidium pyrenaicum* (2)

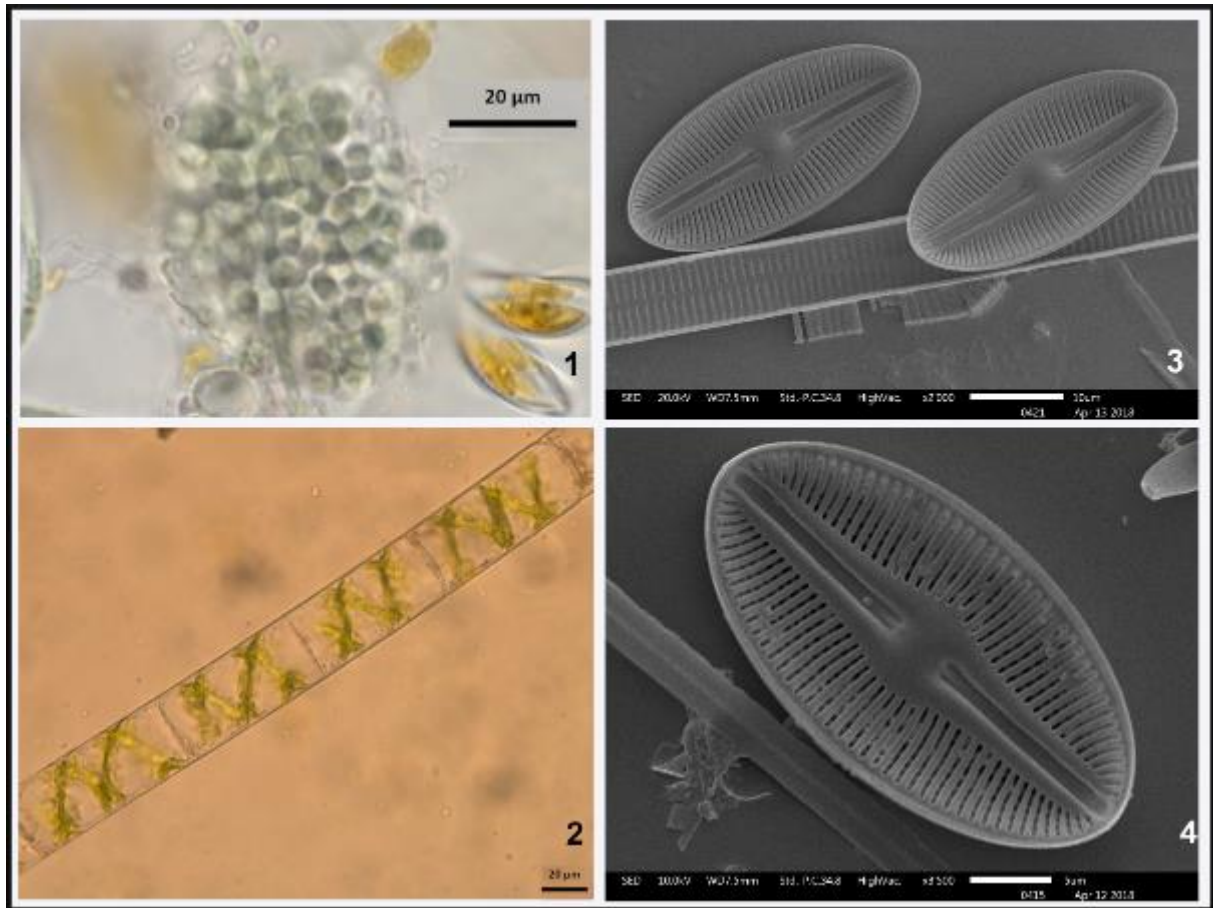


Figure 12 Algae species of site TT: *Aphanocapsa rivularis* (1), *Spyrogyra* sp. (2), *Diplomes krammeri* (3 & 4)

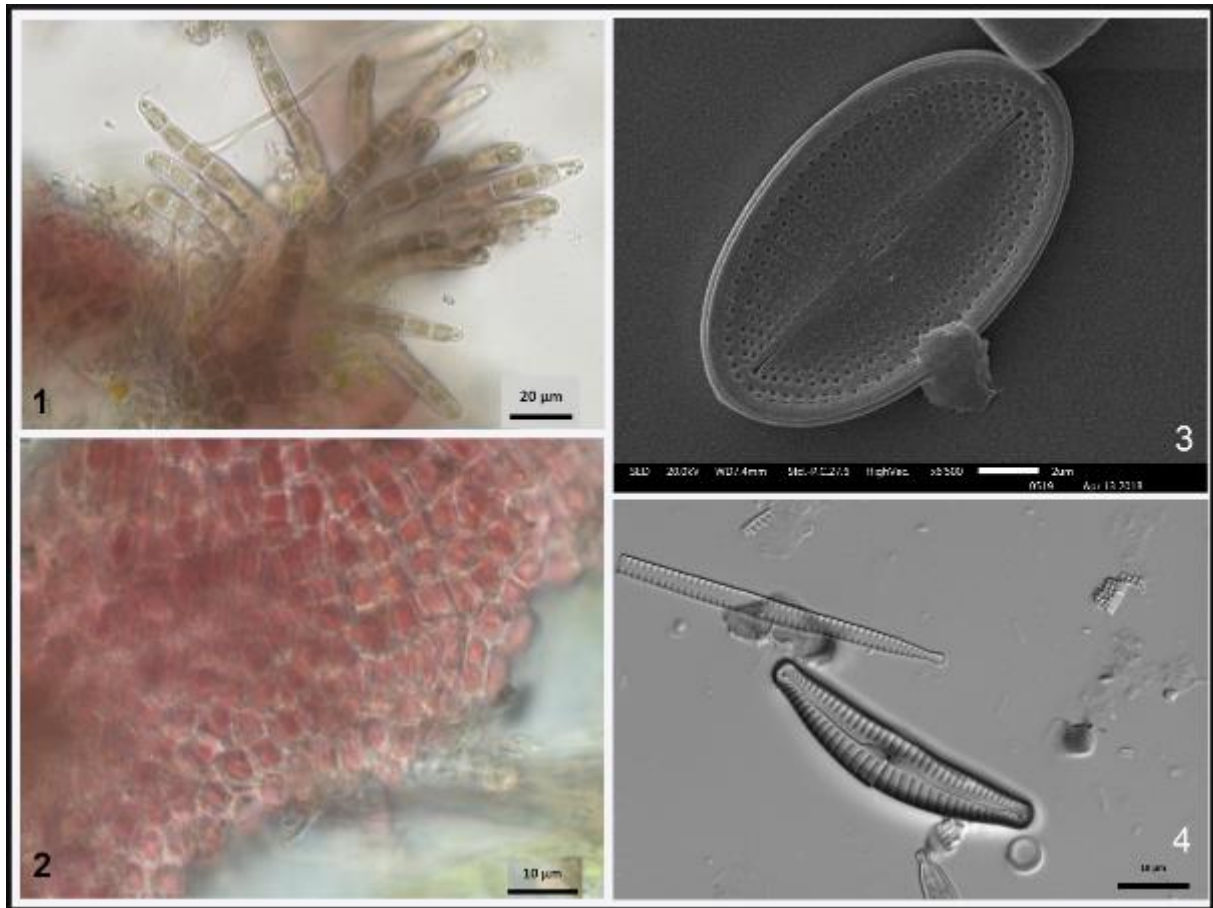


Figure 13 Algae species of site SS: *Audouinella pygmaea* (1), *hildenbrandia rivularis* (2), *Cocconeis pseudolineata* (3); *Chantransia-Stadiums* (bottom) & *Cymbella excisa* (middle) (4)

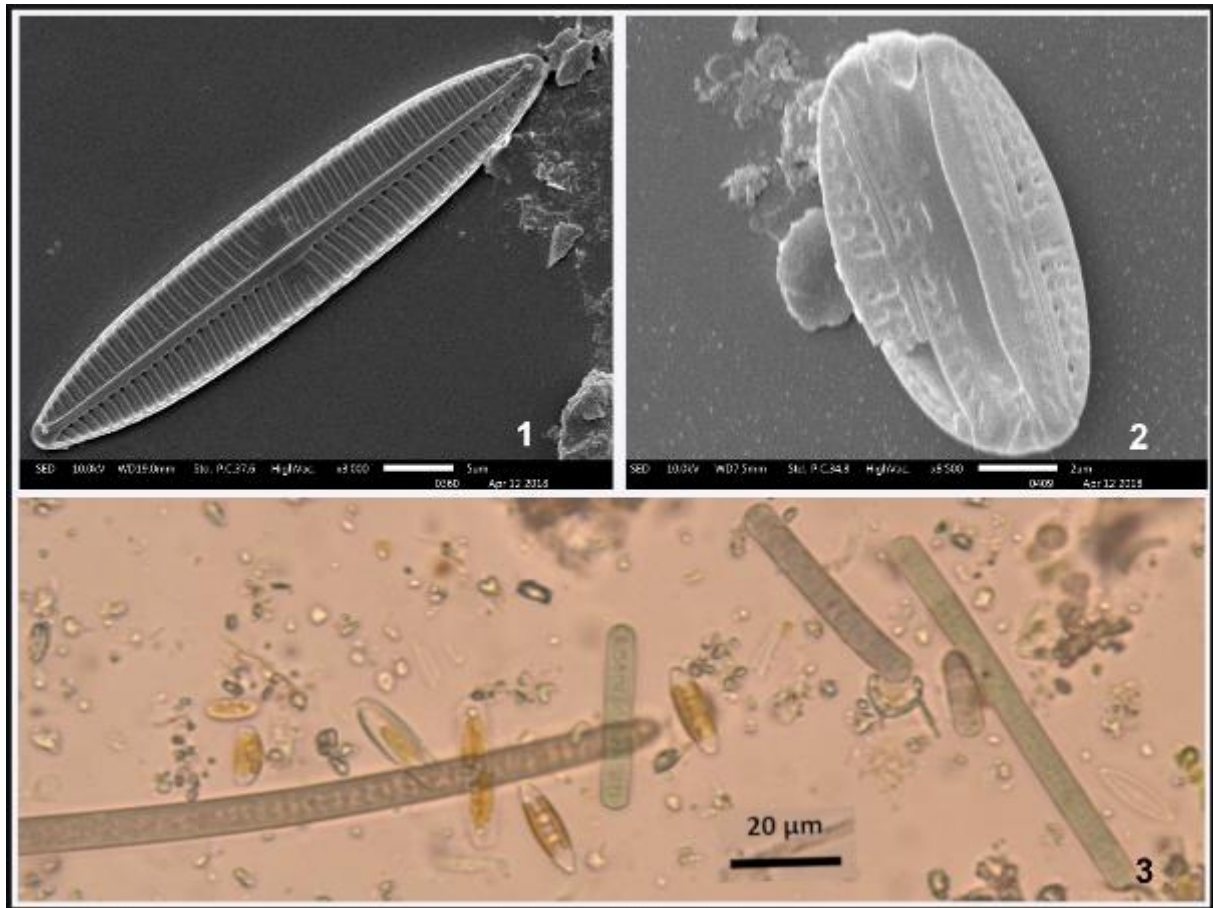


Figure 14 Algae species of site MB: *Navicula tripunctata* (1), *Amphora pediculus* (2), *Phormidium* sp. (3)

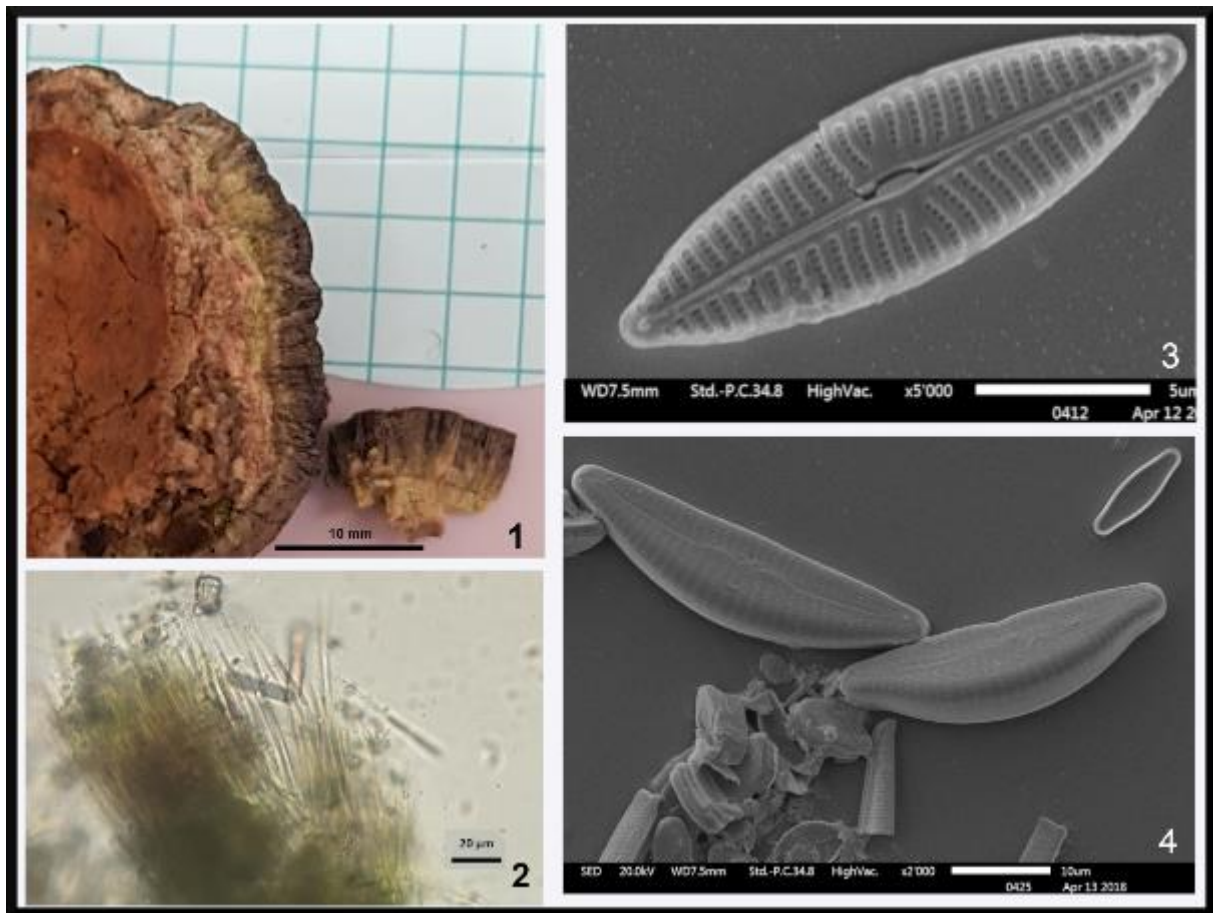


Figure 15 Algae species of site VR: *navicularia rix crustacea* (1 & 2), *Navicula cryptotenelloides* (3), *Cymbella cymbiformis* (4)

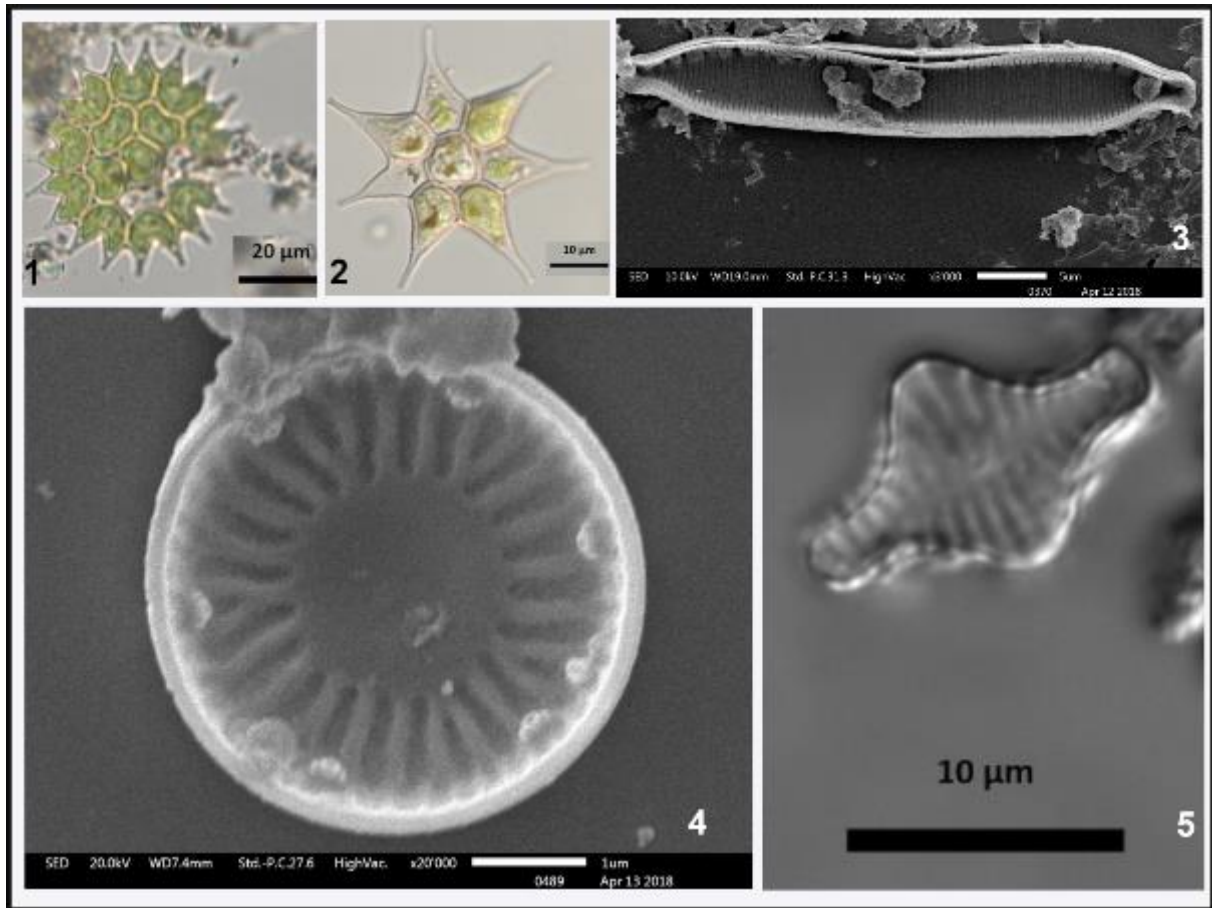


Figure 16 algae species of site NR: *Pediastrum duplex* (1), *Pediastrum simplex* (2), *Hantzschia cf.* (3), *Cyclotella stelligera* (4), *Fragilaria leptostauron* (5)

Number of taxa						
sites	Bacillariophyceae	Chlorophyta	Cyanobacteria	Rhodophyta	Chrysophyceae	total number of taxa
Q	17	1	2	1	0	21
GB	16	4	2	0	0	22
TT	31	6	3	0	0	40
SS	24	0	3	3	0	30
MB	18	1	2	0	0	21
VR	19	1	5	0	0	25
NR	16	6	3	0	1	26
total number of taxa (no double counts)	59	14	12	3	1	89

Figure 17 Number of taxa

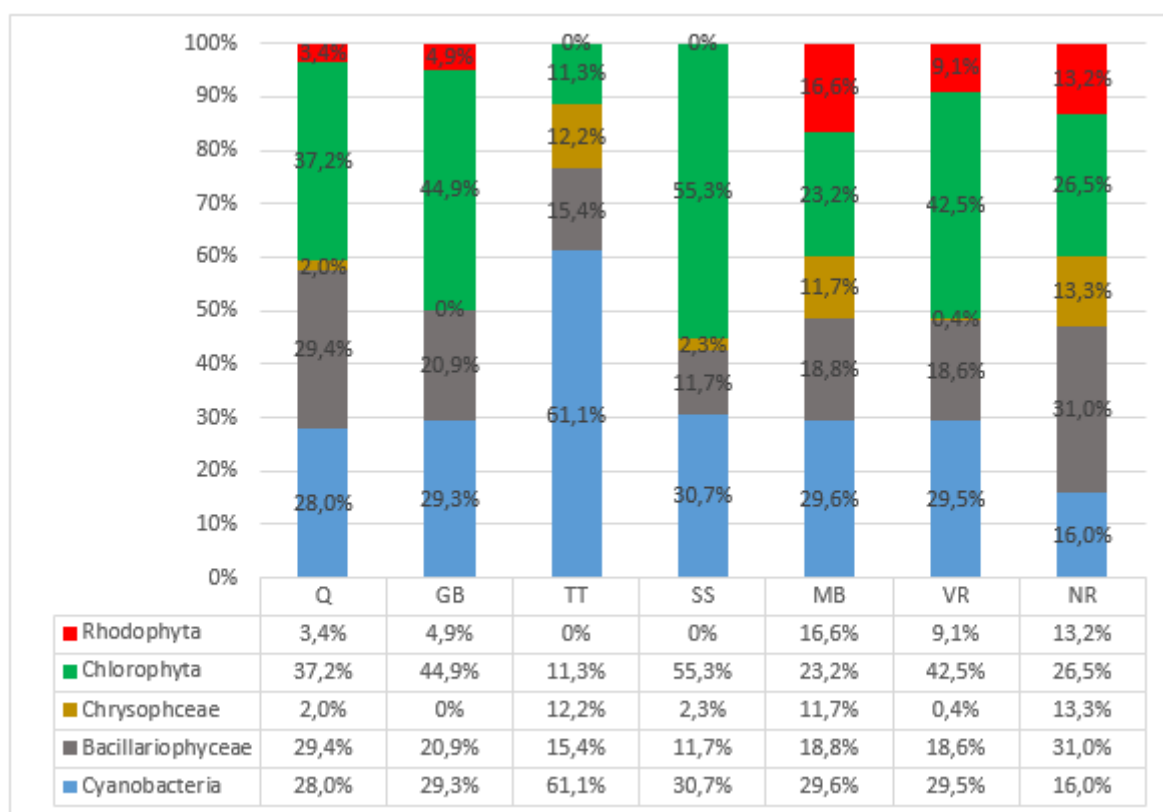


Figure 18 Distribution of algae groups according to their biomass in the samples; data obtained from HPLC analyses

		Q	GB	TT	SS	MB	VR	NR
Sky openness [%] SD in Prozentpunkten	Min	30,11	41,23	51,34	29,39	11,82	24,26	6,34
	M	30,65	44,59	58,52	35,82	14,55	36,97	9,84
	Max	42,84	51,35	63,32	52,46	30,28	52,21	31,55
	SD	4,82	3,57	4,45	7,33	5,77	9,72	9,31
Sauerstoffgehalt [%] SD in Prozentpunkten	Min	60,80	74,22	89,74	88,71	88,90	95,20	58,50
	M	66,31	99,80	97,80	98,40	98,90	97,40	81,40
	Max	71,10	130,80	112,70	103,70	108,50	100,80	96,90
	SD	2,96	17,28	6,78	4,73	5,81	1,78	10,22
Temperatur [°C]	Min	18,4	13,3	10	7,9	6,9	7,5	6,7
	M	20,2	19,1	18,8	18,6	17,9	15,9	13,1
	Max	21,4	26	23,7	23,2	23,6	22,0	18,7
	SD	0,41	2,04	2,24	2,34	3,11	3,11	2,88
Leitfähigkeit [mS/cm]	Min	7,00	6,94	7,04	7,00	6,40	6,63	6,27
	M	7,08	7,09	7,16	7,15	6,78	6,76	6,43
	Max	7,18	7,49	7,75	7,23	6,94	6,91	6,74
	SD	0,06	0,16	0,22	0,08	0,18	0,10	0,16
pH	Min	7,13	7,50	7,66	7,88	8,14	8,24	7,80
	M	7,70	7,68	8,08	8,10	8,34	8,45	8,11
	Max	7,79	8,33	8,28	8,29	8,50	8,60	8,31
	SD	0,21	0,28	0,19	0,16	0,12	0,11	0,15
Alkalinität [mmol/l]	Min	0,48	0,48	0,47	0,48	0,58	0,56	0,53
	M	0,52	0,52	0,54	0,53	0,59	0,59	0,56
	Max	0,54	0,57	0,57	0,56	0,61	0,65	0,56
	SD	0,02	0,02	0,03	0,02	0,01	0,03	0,01
mean TOC [ppb]	Min	293,00	412,33	440,00	393,67	642,00	690,67	1430,00
	M	342,00	1090,00	710,17	659,83	946,50	971,33	2478,33
	Max	721,33	4733,33	3756,67	875,67	2150,00	2380,00	4120,00
	SD	130,85	1453,42	1099,06	150,96	472,98	500,33	837,46
Natrium [mg/l]	Min	8,82	8,91	9,49	9,98	8,54	8,35	8,81
	M	9,13	9,10	10,07	10,48	8,82	8,79	9,48
	Max	9,62	9,75	10,64	10,92	11,17	13,56	10,70
	SD	0,24	0,23	0,36	0,27	0,82	1,55	0,61

Kalium [mg/l]	Min	0,00	1,53	1,65	1,77	1,97	1,78	1,99
	M	1,70	1,87	1,87	1,88	2,15	2,10	2,26
	Max	1,83	2,33	5,16	2,28	3,04	3,29	2,95
	SD	0,55	0,26	1,04	0,20	0,31	0,41	0,26
Calcium [mg/l]	Min	89,58	92,22	90,66	89,04	83,36	81,22	69,51
	M	93,35	92,82	92,79	92,75	87,62	86,82	81,08
	Max	97,43	95,19	95,59	95,16	89,01	88,52	83,75
	SD	2,28	0,96	1,44	1,95	1,82	2,12	4,40
Magnesium [mg/l]	Min	35,67	36,46	36,65	35,37	35,91	34,78	36,40
	M	37,29	37,11	37,37	37,44	38,52	38,73	38,48
	Max	38,63	37,89	38,28	38,18	39,30	39,70	39,47
	SD	0,84	0,42	0,49	0,80	0,97	1,36	0,81
Chlorid [mg/l]	Min	14,33	14,34	15,55	15,96	13,79	13,27	14,36
	M	14,86	15,15	16,83	16,95	15,74	15,83	14,91
	Max	16,30	16,59	19,44	18,33	17,00	19,22	18,87
	SD	0,77	0,78	1,06	0,77	1,11	1,84	1,60
Sulfat [mg/l]	Min	109,82	110,24	109,34	104,08	64,55	64,60	64,12
	M	116,17	114,11	112,83	111,86	74,47	71,21	74,99
	Max	126,64	125,29	124,06	122,66	85,94	86,30	89,77
	SD	5,87	5,49	4,90	6,05	7,14	7,66	7,91
P-t [µg/l]	Min	1,21	2,59	2,93	2,59	20,62	17,07	15,45
	M	4,31	5,00	4,48	6,90	30,86	29,83	37,76
	Max	8,45	46,03	11,55	12,59	55,00	67,76	116,72
	SD	2,29	14,56	3,02	2,85	10,51	14,88	35,02
Si [µg/l]	Min	3,72	3,34	3,56	3,56	3,05	2,92	0,69
	M	3,98	3,91	3,78	3,79	3,20	3,20	3,01
	Max	4,50	4,47	4,51	4,51	3,80	3,80	4,49
	SD	0,22	0,30	0,26	0,25	0,23	0,29	1,10

Figure 19 sites Parameters

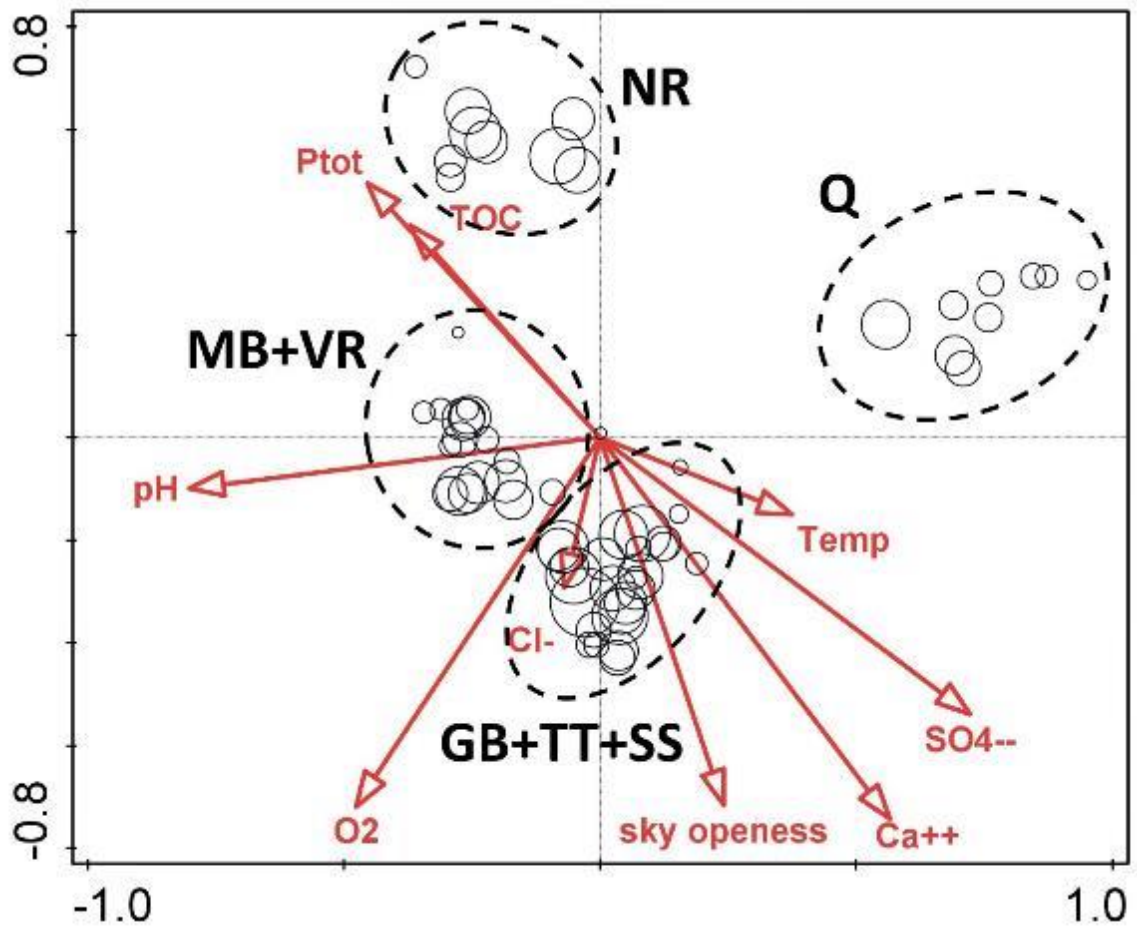


Figure 20 CCA model species and environmental variables

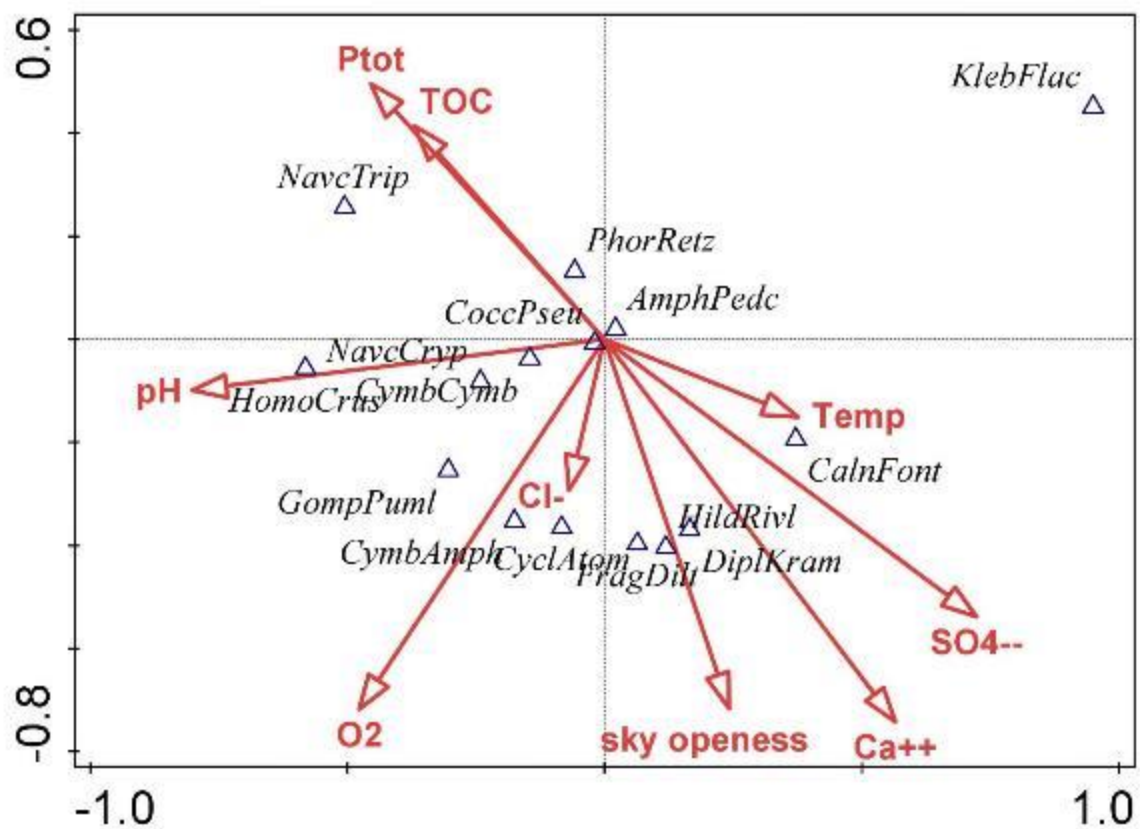


Figure 21 CCA model species significance

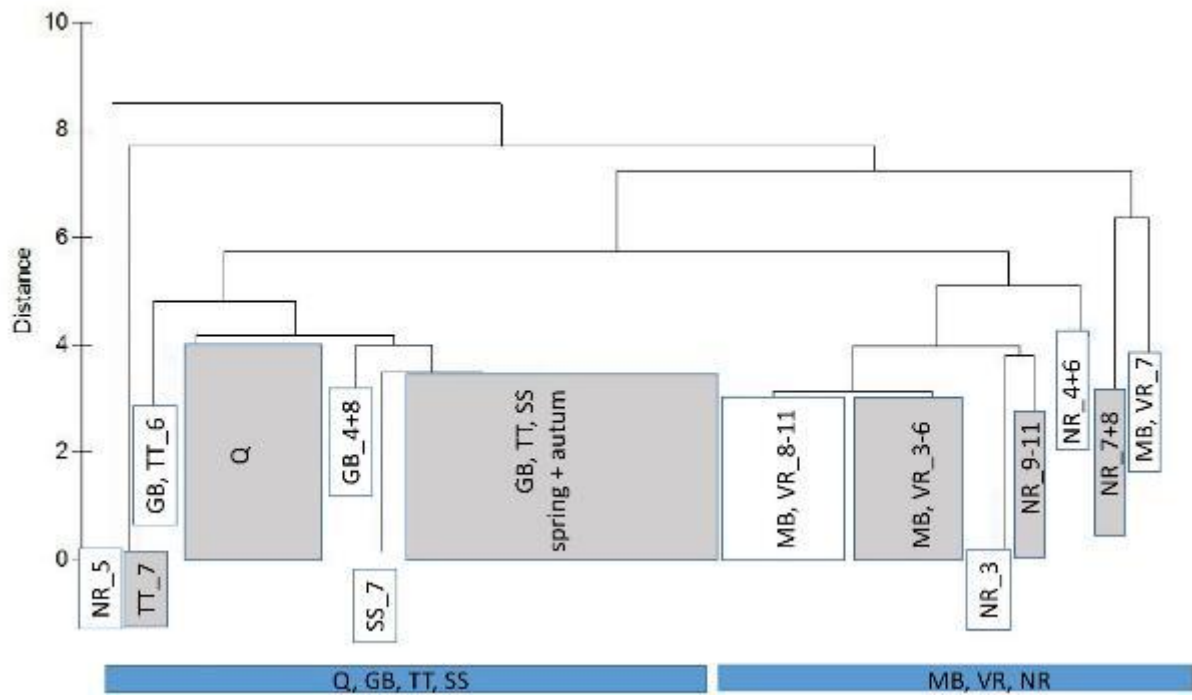


Figure 22 NMDS distribution

Table 1 CCA results

Axes	1	2	3	4
Eigenvalues	0,4824	0,3679	0,2181	0,1862
Explained variation (cumulative)	11,2	20,12	25,28	29,69
Pseudo-canonical correlation	0,9355	0,9191	0,7813	0,8087
Explained fitted variation (cumulative)	29,6	52,18	65,56	76,98
Sum of total variation	4,2256			

Table 2 List of species found at the respective sites with very low (1), low (2), medium (3), high (4), very high (5) abundance

Sample ID	Q									GB									TT									SS								
Date	February-October									February-October									February-October									February-October								
Achnanthes lutheri	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	1				
Achnanthes conspicua	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Achnanthidium minutissimum	3	3	4	3	4	5	3	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Achnanthidium pyrenaicum	3	3	3	3	3	3	3	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Amphipleura pellucida	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	3	3	3	-	-	-	1	-	-	1	3	-	-	-	-			
Amphora pediculus	1	2	-	2	1	-	1	1	-	-	2	2	3	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	-	1	-	-	1	1	1	1	-			
Aulacosira sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Caloneis alpestris	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-				
Caloneis bacillum	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Caloneis fontinalis	4	3	4	2	2	2	2	2	4	-	3	3	3	4	3	2	-	-	-	2	3	4	4	3	1	-	-	1	1	1	1	1	-			
Caloneis thermalis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Cocconeis pseudolineata	1	-	-	-	-	-	-	-	-	3	2	-	2	3	-	2	2	2	-	-	-	1	1	-	-	1	2	-	-	2	3	1	-			
Cyclotella nana/ Thalassiosira pseudonana	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3	5	5	5	-	-	-	3	-	2	2	-	-	-	-	-	-	1	-				
Cyclotella stelligera	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Cymbella affinis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Cymbella cymbiformis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	3	4	4	5	-	1	3	2	-	3	-				
Cymbella excisa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1				
Cymbella laevis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Cymbella lange-bertalotii	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Cymbella neoleptoceros	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Cymbopleura amphicephala	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	2	2	2	-	-	1	1	-	-	1	-				
Cymbopleura sp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Diatoma vulgare	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Diploneis krammeri	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	5	3	1	1	-	1	1	-	1	3	1	-	2	-				
Diploneis oculata	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Diploneis separanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Encyonopsis microcephala	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Fragilaria austriaca/ amphicephaloides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-				
Fragilaria delictissima	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Fragilaria dilatata	-	-	-	-	1	-	-	-	-	70	-	-	-	1	1	-	-	2	1	2	-	3	3	2	2	-	-	1	1	-	1	1	-			
Fragilaria gracilis	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				

[illegible]

Sample ID	MB									VR									NR								
Date	February-October									February-October									February-October								
Fragilaria leptostauron	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	2	2	4	-	-	
Fragilaria tenera	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Gyrosigma sp.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	2	3	-	2	2	1	
Gomphonema lateripunctatum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Gomphonema olivaceum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Gomphonema parvulum var. parvulum f. parvulum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Gomphonema pumilum	-	3	2	1	1	-	1	-	1	-	2	1	1	2	1	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Gomphonema sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Gomphonema rhobicum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Gomphonema subclavatum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Gophonema pumilum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Navicula capitatoradiata	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	
Navicula crassulexigua	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Navicula cryptotenelloides	3	3	2	1	-	-	-	-	1	1	4	3	4	4	4	4	4	4	-	2	2	1	3	1	1	1	
Navicula krammeri	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Navicula notha	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Navicula subalpina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Navicula tripunctata	2	4	3	4	4	1	4	4	3	3	4	3	4	4	4	4	4	4	5	-	-	2	3	2	4	3	
Nitzschia dissipata ssp. oligotraphenta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Nitzschia heufleriana	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Navicula lanceolata	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Nitzschia linearis	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Nitzschia palea	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	1	1	2	2	3	
Nitzschia sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	1	-	-	-	-	
Pinnularia subcapitata	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Pinnularia sudetica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Planothidium dau	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Planothidium rostratum	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Cosmarium laeve	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Gongrosira	-	-	-	-	-	-	-	-	-	73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Gongrosira fluminensis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Sample ID	Q									GB									TT									SS										
Date	February-October									February-October									February-October									February-October										
Klebsormidium flaccidum	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Mougeotia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Pediastrum duplex	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Pediastrum simplex	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Scenedesmus bernadii	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Scenedesmus quadricauda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Scenedesmus sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Spirogyra sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Ulothrix sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Zygnema sp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Aphanocapsa rivularis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Gloeocapsa punctata	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Gongrosira incrustans	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Homoeothrix crustacea	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Homoethrix sp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Homoethrix varians	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3	3	3	-	-		
Hyella fontana	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	1	2	-	-		
Oscillatores sp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Phormidium corium	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Phormidium retzii	-	-	2	2	3	1	1	-	-	-	-	1	1	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	2	1	-	-	-	-	3	3	3	3	-	-
Phormidium sp. (whs retzii)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Audouinella chalybaea	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-		
Audouinella pygmea	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3	3	3	3	3	3	
Hildenbrandia rivularis	-	-	-	1	1	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4	4	4	4	4	4	
Mallomonas sp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Tribonema regulare	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Straurastrum sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

Sample ID	MB								VR								NR							
Date	February-October								February-October								February-October							
Klebsormidium flaccidum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	2	-	-	-	-
Mougeotia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pediastrum duplex	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	-	-	-
Pediastrum simplex	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-
Scenedesmus bernadii	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2	-	1
Scenedesmus quadricauda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Scenedesmus sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	-	-	-	-
Spirogyra sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ulothrix sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zygnema sp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aphanocapsa rivularis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gloeocapsa punctata	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3	-	-	-
Gongrosira incrustans	-	-	1	1	1	-	-	-	-	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Homoeothrix crustacea	-	-	-	-	-	-	-	-	5	5	5	5	5	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-
Homoethrix sp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Homoethrix varians	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hyella fontana	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oscillatores sp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Phormidium corium	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	2	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Phormidium retzii	-	-	-	2	-	1	1	-	-	5	5	5	4	3	-	-	-	2	2	2	2	2	2	2
Phormidium sp. (whs retzii)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-
Audouinella chalybaea	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Audouinella pygmaea	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hildenbrandia rivularis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mallomonas sp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-
Tribonema regulare	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Straurastrum sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-

Appendix

Zusammenfassung

Thermalquellen und die von ihr gespeisten Thermalbäche stellen besondere Habitate dar und sind aus phykologischer Sicht noch wenig erforscht. Neben der Temperatur beeinflussen auch die Inhaltstoffe im Wasser und damit auch die Gesteinsschichten, die das Wasser vor dem Quellaustritt passieren musste, in einem hohem Maße die weitere Entwicklung der Algengemeinschaft, sowohl im Quellbereich aber auch im darauffolgendem Gerinne. Die in dieser Arbeit vorgestellte Quelle gehört grundsätzlich zum Typ der Rheokrene und ist darüber hinaus auch noch als schwach thermale akratische Ca^{2+} - Mg^{2+} - HCO_3^- - SO_4^{2-} -Quelle zu bezeichnen. Mittels multivariaten Statistiken wurden einerseits die einzelnen Standorte anhand ihrer Umweltparameter verglichen, andererseits wurden aber auch die Algengemeinschaften der jeweiligen Proben anhand der Umweltdaten miteinander verschnitten. Dadurch konnte gezeigt werden, dass die Quelle, wie erwartet, ein stabiles System ist und auch keine Saisonalität aufweist. Die Unterschiede an den flussabwärts gelegenen Standorten nehmen mit der Distanz von der Quelle zu und weisen gegen Ende hin bereits hohe saisonale Schwankungen auf. Durch die CCA-Analyse konnten die insgesamt sieben Standorte in vier Cluster, anhand ihrer Algengemeinschaften zusammengefasst werden. So zeigte auch hier wieder, dass der Quellenstandort und der am weitesten entfernte Probenpunkt deutlich isoliert sind, während die verbliebenen fünf Standorte zu zwei, sich ähnliche Cluster zusammengefasst werden konnten. Die für die Algengemeinschaften verantwortlichen Parameter sind unter den Begriffen Nähstoffe (P-tot, TOC), Ionenverfügbarkeit (Cl^- , Ca^{2+} und SO_4^-) und abiotische Faktoren (Temperatur, Lichtverfügbarkeit, Sauerstoffgehalt und PH-Wert) zu sublimieren.

Unter den Algen sind vor allem Vertreter der Diatomeen sehr dominant, gefolgt von Grünalgen, Cyanobakterien und vereinzelt Vertreter von Rhodophyten und Chrysophyceen. Als thermale Organismen bezeichnete Taxa konnten allerdings nicht gefunden werden, da die Quelle lediglich als schwach thermal zu bezeichnen ist.

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Masterarbeit ohne fremde Hilfe und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Quellen und Hilfsmittel angefertigt und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch bei keiner anderen Prüferin/ keinem anderen Prüfer als Prüfungsleistung eingereicht.

Mir ist bekannt, dass Zuwiderhandeln mit der Note „nicht genügend“ (ohne Möglichkeit einer Nachbesserung oder Wiederholung) geahndet wird und weitere rechtliche Schritte nach sich ziehen kann.

Bad Vöslau, 09.03.2020

