

ZÜRCHER HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN
DEPARTMENT LIFE SCIENCES UND FACILITY MANAGEMENT
INSTITUT FÜR UMWELT UND NATÜRLICHE RESSOURCEN

Regionale Typologie der Quellfluren im Jurapark Aargau (Schweiz)



Bachelorarbeit

Von
Bischof Melanie
Bachelorstudiengang 2019
Abgabedatum: 12. Januar 2023
Umweltingenieurwesen

Fachkorrektoren:
Prof. Dr. Jürgen Dengler & Dr. Daniel Hepenstrick
ZHAW Life Sciences und Facility Management
Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen
Schloss
8820 Wädenswil

Danksagung

Ich bedanke mich herzlich bei allen Menschen, die mich bei dieser Arbeit unterstützt haben. Zum einen bei Eva Frei vom Jurapark Aargau für ihre leidenschaftliche Unterstützung sowohl zur Arbeit als auch zu anderen Themen. Weiter bedanke ich mich bei Dr. Daniel Kury für die Möglichkeit der gemeinsamen Feldbegehung und die interessanten Gespräche. Ich danke Pro Natura Aargau und dem Kanton Aargau für die hilfreichen Tipps bei der Suche nach geeigneten Quellen und Daniel Hepenstrick und Hallie Seiler vom IUNR sowie Norbert und dem Bryolich-Team für die wertvolle Unterstützung bei der Bestimmung der Moose. Allen voran danke ich Prof. Dr. Jürgen Dengler für seine Hilfsbereitschaft und umfängliche Unterstützung während der gesamten Dauer der Arbeit.

Impressum

Institut: Institut für Umwelt und natürliche Ressourcen IUNR
Departement Life Sciences und Facility Management
Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften
Campus Grüntal
8820 Wädenswil

Autorin: Melanie Bischof

Schlagworte: Aargau, Helokrenen, Kalktuff, numerische Klassifikation,
Pflanzensoziologie, Quellen, Quellflur, Typologie, Schweiz,
Vegetation

Zitiervorschlag: Bischof, M. (2023). Regionale Typologie der Quellfluren im Jurapark
Aargau. Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften

Titelbild: Quellaustritt einer Tuffquelle in Wölflinswil, AG

Zusammenfassung

Quellen sind nicht nur als Frischwasserspender wichtig, sondern beherbergen auch viele seltene Arten, welche auf ihren einzigartigen Lebensraum angewiesen sind. Regionale Typologien der Quelllebensräume sollen dabei unterstützen, den rechtlich festgeschriebenen Schutz der Quellen auch praktisch umzusetzen. Die Pflanzensoziologie der Quellfluren ist momentan noch kontrovers. Die Arbeit soll dazu beitragen, die Quellen regional im Jurapark Aargau zu klassifizieren, um den Quellschutz zu stärken. Der Jurapark Aargau ist ein regionaler Naturpark der Schweiz, welcher sich in den Ausläufern der Jurakette befindet. Es wurden 20 Quellen untersucht und in jeweils drei Aufnahmen à 1 m² die gesamte Vegetation (Gefässpflanzen & Moose) kartiert, sowie strukturelle, physikalische und chemische Parameter erfasst. Die Vegetationsdaten wurden mittels einer modifizierten TWINSPAN-Analyse klassifiziert, woraus dann Vegetationseinheiten abgeleitet und mit der Literatur verglichen wurden. Insgesamt wurden 131 Gefässpflanzen- und 36 Moosarten gefunden mit einer durchschnittlichen Artenzahl von 13.3 Arten pro Aufnahme. In der Klassifikation wurden sechs Einheiten definiert. Jeweils eine für Quellen im Offenland (*Carex-flacca*-Gesellschaft), eine für schwach sickernde, lichte Waldquellen im *Caricion remotae* Kästner 1941 (*Caricetum remotae* Kästner 1941) und drei Einheiten im kalkreichen *Cratoneurion commutati* Koch 1928 (*Cratoneuretum filicino-commutati* [Kuhn 1937] Oberdorfer 1977, *Eucladietum verticillati* Allorge 1922, *Brachythecio rivularis-Cratoneuretum* Dierßen 1973). Die Offenlandquellen, obwohl im gesamten Gebiet nur zwei Quellen mit genügend grosser Quellflur gefunden wurden, sind klar von den Wald- und Tuffquellen zu unterscheiden. Im Gebiet wurden besonders schöne Tuffquellen gefunden, welche vor touristischem Einfluss zu schützen sind. Weiter sind alle Quellen vor Eutrophierungen und Trittschäden durch die Landwirtschaft sowie Schäden durch den Forst und Strassenbau zu schützen. Da Quellen für die Flora spannende Lebensräume sind, die starkem Nutzungsdruck unterliegen, ist es dringend notwendig den Schutz zu verstärken und die geltenden Gesetze in der Praxis durchzusetzen

Schlagworte: Aargau, Helokrenen, Kalktuff, numerische Klassifikation, Pflanzensoziologie, Quellen, Quellflur, Typologie, Schweiz, Vegetation

Abstract

Freshwater springs are not only important as drinking water sources, but also host many rare species that depend on this unique habitat. Regional typologies of spring habitats support the practical implementation of the existing laws for the protection of springs. The phytosociology of spring habitats is currently still controversial. This work shall contribute to a regional classification of the spring vegetation in the Jurapark Aargau in order to strengthen the

protection of springs. The Jurapark Aargau is a regional nature conservation park of Switzerland, which is located in the foothills of the Jurassic mountains. 20 springs were investigated and in each three plots of 1 m² were investigated for the entire vegetation (vascular plants & bryophytes), as well as structural, physical and chemical parameters. The vegetation data were classified using modified TWINSPAN analysis, from which vegetation units were then derived and compared to the literature. A total of 131 vascular plants and 36 bryophyte species were found with an average species number of 13.3 species per plot. The classification defined six units. One for springs on grassland (*Carex-flacca* society), one for weakly seeping, light forest springs in the *Caricion remotae* Kastner 1941 (*Caricetum remotae* Kastner 1941) and three units in the calcareous *Cratoneurion commutati* Koch 1928 (*Cratoneuretum filicino-commutati* [Kuhn 1937] Oberdorfer 1977, *Eucladietum verticillati* Allorge 1922 and *Brachythecio rivularis-Cratoneuretum* Dierßen 1973). Although only two springs with sufficiently large spring vegetation were found on grassland, this unit is clearly distinguishable from the forest and tufa springs. In the park were found particularly beautiful tufa springs, which should be protected from tourist influence. Furthermore, all springs are to be protected from eutrophication and trampling damage caused by agriculture as well as damage caused by forestry and road construction. Springs are interesting habitats for the flora, but are also subject to strong pressure of exploitation. There is an urgent need to strengthen protection and enforce current laws in practice.

Keywords: Aargau, calcareous, helocrene, numeric classification, phytosociology, spring, Switzerland, tufa, typology, vegetation

Einleitung

Natürliche Quellen sind Orte, an denen das Grundwasser an die Erdoberfläche hervortritt und abfließt (Stevens et al., 2021; van Everdingen, 1991). Es ist ein Ökoton, welches an der Schnittstelle zwischen Grund- und Oberflächenwasser, sowie den terrestrischen Ökosystemen steht und ganz bestimmte chemische, physikalische und biologische Eigenschaften aufweist (Scarsbrook et al., 2007). So ist die Temperatur das ganze Jahr hindurch konstant kühl mit geringen Schwankungen (Fumagalli et al., 2017; van der Kamp, 1995) und sie entspricht beim Quellaustritt häufig der durchschnittlichen Lufttemperatur im Gebiet (van der Kamp, 1995). Das Quellwasser ist häufig nährstoffarm (Küry et al., 2021). Im Jura kommen aber vor allem Karst-Grundwasserleiter vor (BAFU, 2019), weshalb das Quellwasser durch den schnellen Transport auch nährstoffreicher sein kann (Moule, 2018). Charakteristisch für Ökotope sind auch die relativ grossen Gradienten, wie dies bei Quellen unter anderem beim Sauerstoffgehalt, beim pH-Wert und beim Kalkgehalt der Fall ist. Der Sauerstoffgehalt ist beim Quellaustritt niedrig, reichert sich dann aber schnell durch einen Ausgleich des Sauerstoffpartialdruckes durch Aufnahme von Gaspartikeln aus der Luft an, bis dieser ausgeglichen ist (Tribskorn & Wertheimer, 2016). Der pH-Wert ist im Grundwasser durch den hohen Kalkgehalt, welcher dort als Kohlensäure gelöst ist, häufig tief. Dies ändert sich jedoch, sobald das Grundwasser mit der Atmosphäre in Kontakt kommt und durch den Ausgleich des dort geringen CO₂-Gehaltes der pH-Wert ansteigt (van der Kamp, 1995). Dabei fallen die gelösten Calcium-Ionen als Kalk aus und bilden Kalktuff (Tribskorn & Wertheimer, 2016).

Wegen diesen Gradienten und wegen der starken Heterogenität ist an den Quellen häufig eine hohe Artenzahl zu finden (Brunke et al. 2015). Viele dieser Arten sind während mindestens einem Lebensabschnitt zwingend auf Quellen angewiesen und kommen nur sehr selten vor (Cantonati et al., 2012; Lowe & Likens, 2005). Trotz dieser einzigartigen Bedingungen stehen Quellen unter grossem anthropogenem Nutzungsdruck. 40 % des Schweizer Trinkwassers stammt aus Quellen (Küry et al., 2021) und sie sind als natürlicher Lebensraum gefährdet (Delarze et al., 2016; Janssen et al., 2016) sowie viele ihrer Arten stehen auf der roten Liste (Bornand et al., 2016; Schnyder et al., 2004). In der Schweiz gilt dies insbesondere für die stark genutzten Quellen im Mittelland und im Jura. Während im Mittelland mittlerweile nur noch 1 % der Quellen als natürlich eingestuft werden, sind es im Jura immerhin noch 18 % (Küry et al., 2021). Obwohl Quellen schon seit langer Zeit als Trinkwasserspender geschätzt werden, rückte der Wert ihres Lebensraumes erst in jüngerer Zeit stärker in das allgemeine Bewusstsein. Auch der Bund hat den Handlungsbedarf nun erkannt und erstellt zurzeit ein Quelleninventar der gesamten Schweiz. Dabei geht es vor allem um Lage, Struktur und Fauna (Schaller, 2021). Auf rechtlicher Ebene sind Quelllebensräume durch das Natur- und

Heimatschutzgesetz (NHG) in Artikel 18, Absatz 1 geschützt, in dem steht, dass «dem Aussterben einheimischer Tier- und Pflanzenarten [...] durch die Erhaltung genügend grosser Lebensräume (Biotope) und andere geeignete Massnahmen entgegenzuwirken» sind. Weiter sind Quellflure im Anhang 1 der Verordnung über den Natur- und Heimatschutz (NHV) als schützenswerte Lebensraumtypen aufgeführt und Quellen sind auf Bundesebene an verschiedenen Stellen durch das Gewässerschutzgesetz (Bsp. Artikel 4, Artikel 29 GSchG) und in der Gewässerschutzverordnung (Bsp. Artikel 41 GSchV) erwähnt. Obwohl auf rechtlicher Ebene der Schutz der Quellen eigentlich gegeben ist, wird dies in der Praxis nur ungenügend umgesetzt und es verschwinden weiterhin stetig Quelllebensräume (Imesch, 2017; Lubini et al., 2016).

Die Ökologie von Quellen, sowie deren Struktur und Fauna wurden bereits häufig und gründlich untersucht (z.B in der Schweiz: Taxböck et al., 2020; Wigger et al., 2015; Zollhöfer et al., 2000). Bezüglich der Vegetation gibt es weniger veröffentlichte Studien (z.B: Lyons & Kelly, 2017 in Irland; Seiler et al., 2021 in der Schweiz). Für den Naturschutz, die Umweltplanung und die Landnutzung ist eine Vegetationsklassifikation allerdings von grosser Bedeutung (Dengler, 2003; Mucina, 1997). Die pflanzensoziologische Einteilung der Quellen ist zurzeit noch kontrovers und wird nicht einheitlich angewandt. 2016 haben Mucina et al. (2016) versucht, ein europaweit einheitliches, hierarchisches System der Pflanzensoziologie zu erstellen. Die einzige Klasse der Quellfluren ist die *Montio-Cardaminetea* Br.-Bl. Et Tx. Ex Klika et Hadac 1944 und deren einzige Ordnung die *Montio-Cardaminetalia* Pawłowski et al. 1928. Mögliche Verbände nach Mucina et al. (2016) im Untersuchungsgebiet sind: (I) *Cratoneurion commutati* Koch 1928 als moosreiche, kalkhaltige Quellen in der kollinen bis subalpinen Stufe, (II) *Lycopodo europaei-Cratoneurion commutati* Hadac 1983 als moosreiche kalkhaltige Quellen der kollinen bis submontanen Stufe, (III) *Caricion remotae* Kästner 1941 für Weichwasserquellen in beschatteten Waldhabitaten in der submontanen und montanen Zone Europas. Umstritten ist die Einteilung des *Adiantion* Br.-Bl. ex Horvatic 1934, welches manchmal einer eigenen Klasse, den *Adiantetea* Br.-Bl. et al. 1952, zugeordnet (de Foucault, 2015; Lasen, 2017), meist aber als Verband den *Montio-Cardaminetea* untergeordnet wird (Mucina et al., 2016). Ebenfalls umstritten ist, ob das *Caricion remotae* einer eigenen Ordnung zugeteilt werden sollte, da sie die Waldquellen beschreiben. Hinterlang (1922) schlägt dafür die *Cardamino-Chrysosplenietalia* vor, die sich aber nicht wirklich durchsetzen konnten (Hinterlang, 2017). Auch beim *Lycopodo europaei-Cratoneurion commutati* Hadac 1983 gibt es verschiedene Ansätze. Häufig wird dieser Verband als eigenständiger Verband verwendet (Pladias, 2022). Mucina et al. (2016) teilen ihn jedoch als Synonym zum *Cratoneurion commutati* ein. In dieser Arbeit wird, wo möglich, die Klassifikation nach Mucina et al. (2016) auf Verbandsstufe verwendet.

In Europa kommt als geschütztes Quellhabitat nur die Kalktuffquellen (*Cratoneurion*) vor (European Commission, 2007). In der Schweiz werden die Lebensräume offiziell nur auf Ebene der Verbände offiziell mit TypoCH nach Delarze et al. (2015) eingeteilt. Drei Verbände werden unterschieden, nämlich das *Cardamino-Montion* auf Silikatgestein, das *Cratoneurion* auf kalkhaltigem Gestein und das wärmeliebende *Adiantion*, welches nur im Tessin vorkommt. Demnach wären alle Quellen im Jurapark dem *Cratoneurion* zuzuordnen. Eine Klassifikation auf Assoziationsebene (Phytosuisse) ist zurzeit in Bearbeitung (Prunier et al., 2019). Typologien der Quellfluren in der Schweiz auf Assoziationsstufe wurden bisher nur regional erstellt. Seiler et al. (2021) haben beispielsweise im Parc Ela (Graubünden) Quellen in unterschiedlichen Höhenstufen, Substrate und Beschattungen untersucht und eine regionale Typologie erstellt.

Die veröffentlichten Studien zu den Quellfluren sind häufig im Alpenraum (Braun-Blanquet, 1978; Kaufmann, 2014; Seiler et al., 2021) durchgeführt worden. Im Schweizer Jura sind mir keine Untersuchungen zu Quellfluren oder vegetationskundlichen Typologien bekannt. Um neben der Typologie in den Schweizer Alpen (Seiler et al., 2021) auch eine Typologie im Schweizer Jura zu erhalten, sollen die Quellen im Jurapark Aargau in derselben Weise wie Seiler et al. (2021) erfasst werden. Dies soll als weitere Grundlage für die Typologie der Quellen in der Schweiz dienen, welche dann wiederum die Bemühungen zum Schutz der Quelllebensräume unterstützen können. Im Jurapark Aargau wird durch die tiefere Lage (kolline-montane Stufe), das ausschliesslich kalkhaltige Substrat und die kaum vorhandenen Quellen im Offenland andere Verbände und Assoziationen erwartet. Vermutet wird, dass hauptsächlich das *Cratoneurion* vorkommt. Ausserdem wird wegen der kleineren bis fehlenden Gradienten gegenüber dem Parc Ela eine kleinere Diversität erwartet. Bezüglich Quellen hat der Jurapark Aargau bereits einiges geleistet. So sind im gesamten Gebiet bereits sehr viele Quellen kartiert worden. Dies geschah unter anderem auf Grundlagen der Mühlberg-Karte von 1900 (Kanton Aargau, 2022), OL-Karten, Bachanfängen und Geokarten. Die Quellen werden mithilfe der Berner Methode (Direktion für Inneres und Justiz des Kantons Bern, 2022) beurteilt und sind heute in einer Quellen-Datenbank des Juraparks abrufbar. Es kommen laufend neue Quellen hinzu (Eva Frei, pers. Mitt.).

Ziel dieser Arbeit ist es, im Jurapark Helokrenen in Wald und Offenland, sowie Tuffquellen mit natürlicher Quellvegetation zu finden, zu kartieren und daraus eine regionale Typologie der Quellfluren zu erstellen. Die erhaltene Typologie soll mit der bestehenden Literatur und besonders mit Seiler et al. (2016) verglichen werden. Aus der Typologie sollen Massnahmen zum praktischen Schutz der Quellen abgeleitet werden.

Methoden

Untersuchungsgebiet

Der Jurapark Aargau (Abbildung 1) ist ein regionaler Naturpark im Aargauer Jura. Regionale Naturparks der Schweiz zeichnen sich durch ihre teilweise besiedelten ländliche Gebiete aus, die über Natur-, Landschafts- und Kulturwerte verfügen und in denen sowohl die Natur und Landschaft geschützt, als auch eine nachhaltige Entwicklung der regionalen Wirtschaft gefördert wird (BAFU, 2022). Der Jurapark Aargau ist 299 km² gross, reicht über 32 Gemeinden (eine davon im Kanton Solothurn) und beheimatet 55'000 Einwohnende. Er erstreckt sich über eine Länge von ca. 30 km, einer Breite von ca. 20 km und reicht von 340 m.ü.M bis 800 m.ü.M (Swisstopo, 2022). Im Norden des Parks befindet sich das Tafeljura, im Süden die Ausläufer des Kettenjuras (Schweizer Pärke, 2022). Vorkommende Gesteine sind deshalb vor allem Kalkstein, Mergel und Ton (Swisstopo, 2022). Das Gebiet ist teilweise besiedelt und wird land- und forstwirtschaftlich genutzt (Kanton Aargau, 2022). Aber auch wertvolle ökologische Flächen lassen sich finden, wie beispielsweise viele Hochstammobstgärten und Magerwiesen (Schweizer Pärke, 2022). Der mittlere Niederschlag in Aarau beträgt 959 mm und die mittlere Jahrestemperatur im Winter liegt wenig über 0 °C und im Juli bei der höchsten mittleren Jahrestemperatur von 18 °C (Abbildung 2; MeteoSchweiz, 2022).



Abbildung 1: Perimeter des Jurapark Aargau in den Ausläufern des Juras (Karte M. Bischof, Gestaltung im ArcGIS Pro mit Service layers von Esri, CGIAR, USGS; FOEN / Swiss Park Network, swisstopo, Esri, HERE, Garmin, FAO, NOAA, USGS)

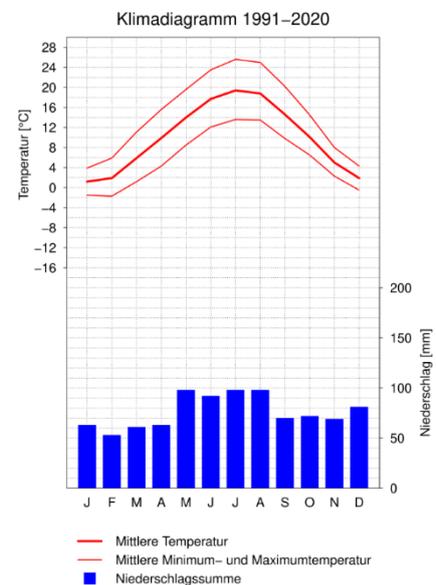


Abbildung 2: Klimadiagramm von Aarau (MeteoSchweiz, 2022)

Auswahl der Quellen

Die Quellen wurden anhand der Quellen-Datenbank des Juraparks ausgewählt. Die Quellen wurden nach dem System von Steinmann (1915) und Thienemann (1922) in Helokrenen (Sickerquellen, Sumpfquellen), Limnokrenen (Tümpelquellen) und Rheokrenen (Fließquellen) eingeteilt. Im Gebiet kommen hauptsächlich Helokrenen und Kalktuffquellen (meist Rheokrenen) mit genügend grosser Quellvegetation vor. Es wurden alle Helokrenen in Wald und Offenland, sowie Tuffquellen berücksichtigt, die als natürlich eingestuft wurden und wo sowohl ein Quellbach, als auch eine starke Schüttung vorhanden ist und die, wenn möglich, einen grossen Quellbereich besitzen. Ausserdem muss die Quellflur mindestens drei Quadratmeter gross und die Quelle zugänglich sein. Wegen des sehr trockenen und heissen Sommers (Blumer, 2022) waren sehr viele Quellen bei der Begehung nicht oder kaum wasserführend, weshalb diese Rahmenbedingungen nicht in jedem Fall eingehalten werden konnten. Gesucht wurden insgesamt 20 Quellen, jeweils je 7-8 Helokrenen im Wald und im Offenland und 7-8 Kalktuffquellen. Die Suche wurde zu Beginn auf eine Teilfläche im südlichen Jurapark beschränkt. Es wurden darin 9 Kalktuffquellen und 9 Wald-Helokrenen gefunden, welche sich für die Datenaufnahme eigneten (Abbildung 3). Helokrenen im Offenland, die diesen Kriterien entsprechen wurden im gesamten Jurapark gesucht, jedoch wurden nur zwei Quellen gefunden (Abbildung 3). Bei einer Offenlandquelle (Quelle O1) war die Quellflur kleiner als 3 m². Eine erfasste Wald-Helokrenen wurde als beeinträchtigt (W3) eingestuft. Als Kalktuffquellen wurden alle Quellen eingeteilt, welche nach der BAFU-Methode zur Strukturhebung von Quellen (Küry et al., 2022) mehr als 20 % Kalktuff aufwiesen. Quellen mit weniger als 20 % Kalktuff wurden zu den Helokrenen gezählt.

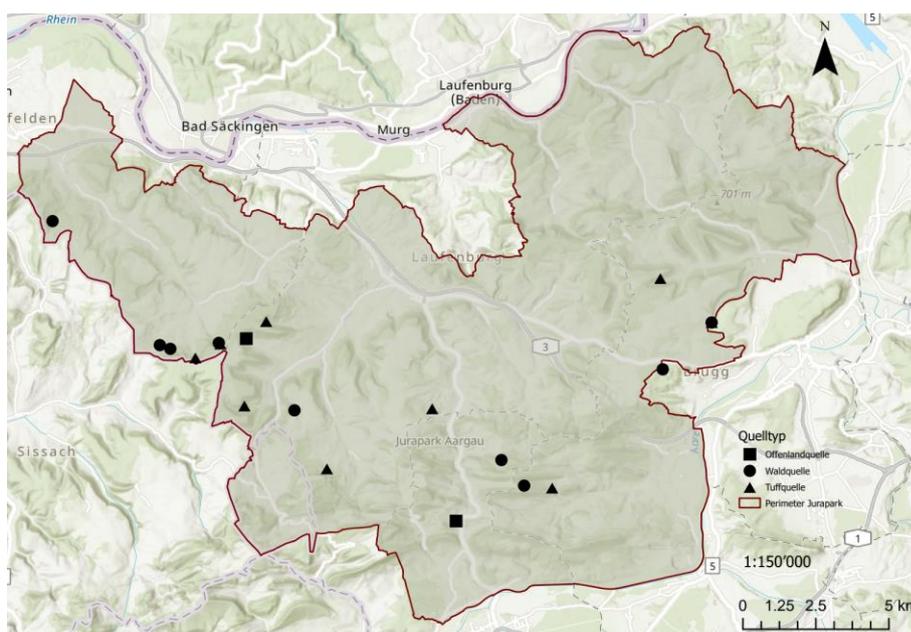


Abbildung 3: Die untersuchten Quellen im Jurapark Aargau, aufgeteilt nach Offenlandquellen, Waldquellen und Tuffquellen (Karte M. Bischof, Gestaltung im ArcGISPro mit Service layers von FOEN / Swiss Parks Network, swisstopo, Esri, HERE, Garmin, Foursquare, METI/NASA, USGS, Esri, Intermap, NASA, NGA, USGS)

Vegetationsökologische Datenerhebung

Die Vegetationsaufnahmen wurden in derselben Weise wie Seiler et al. (2021) durchgeführt. Pro Quelle wurden drei Aufnahmen à jeweils 1 m² aufgenommen. Die Aufnahmen wurden so ausgewählt, dass sie eine möglichst homogene Vegetation enthalten, die quellentypisch ist und die Situation der Quelle möglichst gut abdeckt. War dies nicht möglich, wurden weniger als drei Aufnahmen erfasst. In den Aufnahmen wurden alle Gefässpflanzen und Moose inklusive Deckungsgrade in % mit «shoot presence» (Williamson, 2003; Dengler et. al, 2008) erfasst. Auch die Deckungsgrade des Substrates wurde erfasst. Kalktuff wurde als «Steine und Felsen» gezählt. Als physikalische Parameter wurden die Meereshöhe, die Koordinaten und die Exposition mithilfe der Swisstopo-App erfasst (Swisstopo, 2022b). Die Koordinaten der Quellen werden in dieser Arbeit aufgrund der Schutzwürdigkeit der Lebensräume auf Wunsch des Juraparks mit einer Unschärfe von +/- 1 km angegeben. Die Neigung wurde mittels App bestimmt (Smart Tool Factory, 2017). Maximales Mikrorelief, Maximale Vegetationshöhe und Mittlere Bodengründigkeit wurden nach Dengler et al. (2016) bestimmt. Die Beschattung wurde mit Hilfe eines Horizontoskops (Schütz, 2002) bestimmt. Darauf wurden die täglichen Sonnenstunden für jeden Monat im Jahr abgeschätzt und anschliessend die durchschnittliche Anzahl Sonnenstunden pro Tag berechnet. Als chemische Parameter wurden mit der Multisonde HQ40 von Hach Lange Temperatur, pH-Wert, Sauerstoffgehalt und Leitfähigkeit gemessen. Dies war meist direkt im Quellbach möglich oder wenn der Abfluss zu klein war wurde dazu ein kleines Loch gegraben. Tabelle 1 zeigt eine Übersicht aller Parameter, Hilfsmittel und Einheiten. Die Vegetation von Tuffquellen wurde meist nicht direkt am Quellaustritt gemessen, sondern einige Meter weiter unten, wo sich die Kalktuffablagerungen bildeten. Totholzvegetation und Vegetation von nicht quellenbeeinflussten, überhängenden Steinen wurde nicht in die Resultate aufgenommen. Zusätzlich zu den Vegetationsaufnahmen und den Umweltparametern wurde ebenfalls an jeder Quelle die Struktur erfasst. Dies wurde sowohl anhand der BAFU-Methode (Küry et al., 2022), als auch der Berner Methode (Direktion für Inneres und Justiz des Kantons Bern, 2022) durchgeführt. Für die Auswertung wurden die Grösse der Quelle und des Quellbereichs, und die Quellschüttung verwendet (Tabelle 1).

Für die Bestimmung der Gefässpflanzen wurden Werke verwendet von (Lauber et al., 2018), Eggenberg & Möhl (2013) und (Binz & Heitz, 1991). Für die Moose kamen die Werke von Lueth (2013), Frahm & Frey (2004), Burck (1947), Frey et al. (2006) und Nebel & Phillipi (2000) sowie die Webseite von Swissbryophytes (2022) zum Einsatz.

Für die Beurteilung der Artenliste auf seltene oder gefährdete Arten wurde sie mit der roten Liste für Gefässpflanzen (Bornand et al., 2016) und Moose (Schnyder et al., 2004) verglichen.

Tabelle 1: aufgenommene Umwelt- und Strukturparameter und die dafür verwendeten Hilfsmittel und Methoden

Parameter	Einheit	Methode und Hilfsmittel
Ort und Datum		-
Koordinaten		Swisstopo-App (Swisstopo, 2022b)
Höhe	m ü.M	Swisstopo-App (Swisstopo, 2022b)
Exposition	°	Swisstopo-App (Swisstopo, 2022b)
Neigung	°	App Angle Meter (Smart Tool Factory, 2017)
Max. Mikrorelief	cm	Penetrometer (80 cm) und Doppelmeter (Dengler et al., 2016)
Maximale Vegetationshöhe	cm	Doppelmeter (Dengler et al., 2016)
Mittlere Bodengründigkeit	cm	Penetrometer (80 cm) und Doppelmeter (Dengler et al., 2016)
pH		Multisonde HQ40d von Hach Lange
EC	µS/cm	Multisonde HQ40d von Hach Lange
Temperatur	°C	Multisonde HQ40d von Hach Lange
Sauerstoffgehalt	mg/L	Multisonde HQ40d von Hach Lange
Beschattung	Durchschnittliche Sonnenstunden / Tag	Horizontoskop (Schütz, 2002)
Deckungsgrade		
Gesamtvegetation	%	
Baumschicht	%	
Strauchschicht	%	
Krautschicht	%	
Moosschicht	%	
Wasser	%	
Streu	%	
Totholz	%	
Steine und Felsen (> 63 mm)	%	
Kies (2–63 mm)	%	
Feinerde (< 2 mm)	%	
Strukturparameter der BAFU-Methode (Küry et al., 2022)		
Quelle, Grösse	m ²	Doppelmeter und BAFU-Methode
Quellbereich, Grösse	m ²	Doppelmeter und BAFU-Methode
Quellschüttung	L	Litermass, Plastiksack, BAFU-Methode

Statistische Methoden und Klassifizierung

Die Daten der Feldaufnahmen wurden schliesslich in Vegedaz (Version Oktober 2019, WSL, 2019) eingetragen. Für die Artnamen wurden die Checklisten (Juillerat et al., 2017; Meier et al., 2013) verwendet. In Vegedaz wurden danach die Artenzahl, Shannon-Index und Shannon-Äquitabilität, sowie die linear gewichteten Zeigerwerte pro Aufnahme ausgerechnet.

Um mögliche Beziehungen der Artenzahl zu Umweltparametern zu ermitteln wurden in R (Version 3.1.2, R Core Team, 2017) mit RStudio (Version 2022.07.02, R Studio Team, 2016) eine lineare Regression durchgeführt und der Pearson-Korrelationskoeffizient berechnet. Die Residuen wurden visuell überprüft. Korrelationen kleiner als 0.4 wurden als zu schwach eingestuft.

Anschliessend wurde die gesamte Artenliste exportiert für JUICE (Version 7.1.101, Tichý, 2022) vorbereitet:

- Arten von vorkommenden Aggregaten wurden in die Aggregate zusammengefasst
- Bei Arten die nur auf Gattungsniveau bestimmt werden konnten, die Art aber mit grosser Wahrscheinlichkeit in der Liste vorkommt wurden diese entfernt.
- Bei Arten, die nur auf Gattungsniveau bestimmt werden konnten, deren Art aber nicht in der Liste vorkommt, wurden die Gattungen in der Liste belassen.
- Bei zwei Einträgen derselben Art, bei der jedoch einer der Einträge ein cf. enthielt, wurden beide der unsicher bestimmten Art zugeordnet.

Die Klassifizierung der Quellen wurde schliesslich in JUICE mittels modifizierter TWINSPAN-Methode (Roleček et al., 2009) durchgeführt. Für die Klassifizierungen wurde ein «Pseudospecies Cut Levels» bei 0 gesetzt. Die minimale Gruppengrösse wurde auf 3 festgesetzt und die Teilungen wurden ab einer Unähnlichkeit von 0.3 beendet. Es wurde der durchschnittliche Sørensenkoeffizient als Ähnlichkeitsindex verwendet.

Anschliessend wurde die sortierte Liste exportiert und mit Microsoft Excel (Version 2212, Microsoft Corporation, 2022) weiter bearbeitet. Diagnostische Arten wurden anhand des standardisierten phi-Koeffizienten (Chytrý et al., 2002; Tichy & Chytry, 2006) festgelegt. Arten mit einem phi-Koeffizienten über 0.25 gelten als diagnostisch und phi-Koeffizienten über 0.5 als hochdiagnostisch. Arten, welche in über 50 % Aufnahmen pro Einheit vorkamen, wurden als konstante Arten festgelegt (Seiler et al., 2021).

In R wurden nun die erhaltenen Einheiten auf signifikante Unterschiede in den Umweltparametern überprüft. Das Signifikanzniveau wurde bei $\alpha = 0.05$ festgelegt. Zuerst wurden Boxplots erstellt und die Boxen visuell auf die Normalverteilung und die Varianzhomogenität überprüft (Varianzhomogenität war nicht gegeben, wenn die Boxen sich in der Grösse um mehr als Faktor vier unterschieden). Eine Überprüfung der Normalverteilung der Zeigerwerte wurde im Sinne der Central Limit Theorem (Quinn & Keough, 2002) nicht gemacht. War die Varianzhomogenität gegeben, wurde eine einfaktorische Varianzanalyse (ANOVA) und bei signifikantem p -Wert (<0.05) ein Tukey-Post-hoc-Test durchgeführt. War die Varianzhomogenität nicht gegeben wurde der Welch-Test (oneway.teset) angewandt mit dem Games-Howell-Test als post-hoc-Analyse. Bei Tests mit signifikanten Unterschieden zwischen den Einheiten wurden Boxplots erstellt.

Zusätzlich wurde eine Trendbereinigte Korrespondenzanalyse (DCA) mit der Methode «detrending by segments» in R mit dem Paket «vegan» (Version 2.5) und mit dem Befehl «decorana» durchgeführt. Dabei wurden die Umweltparameter auf zwei Achsen visualisiert. Seltene Arten wurden tiefer gewichtet. (Oksanen et al., 2019)

Ergebnisse

Diversität

Insgesamt wurden in den 20 Quellen 167 Arten gefunden. 131 Arten gehören zu den Gefässpflanzen, 36 zu den Moosen. Eine Gefässpflanzenart, *Juncus bulbosus*, ist in der Roten Liste als «stark gefährdet» aufgeführt. Sie konnte jedoch in dieser Arbeit nicht eindeutig identifiziert werden. Zudem kamen zwei Moosarten der Roten Liste vor, zum einen *Didymodon tophaceus* als «potentiell gefährdet» und *Didymodon sinuosus* als «gefährdet». *Palustriella commutata* kam als häufigste Art in 68 % der Aufnahmen vor, *Brachythecium rivulare* in 56%. Bei den Gefässpflanzen sind *Fagus sylvatica* (44 %) und *Hedera helix* (42 %) die häufigsten Arten. Die artenreichste Aufnahme mit 26 Arten auf einem Quadratmeter fand sich in einer sehr steilen und unberührten Tuffquelle (T4, Buhalde in Gipf-Oberfrick). Die artenärmste Aufnahme mit nur 4 Arten auf 1 m² kam in einer Tuffquelle, mit ausgeprägtem Vorkommen von *Palustriella commutata* auf Kalktuff vor (T3, Gheiholde in Wegenstetten). Die mittlere Artenzahl aller Aufnahmen betrug 13.3 Arten mit einer Standardabweichung von 5.4 Arten. Trennt man Moose und Gefässpflanzen auf, wurden im Mittel 5 Moosarten pro Aufnahme gefunden (Standardabweichung 2) und 9 Gefässpflanzenarten (Standardabweichung 4).

Zwischen der Artenzahl und den Umweltparametern wurden keine Korrelationen gefunden (Tabelle 2), ausser bei der maximalen Vegetationshöhe mit einer schwachen Korrelation von 0.42 und einem adjusted R-squared von 0.1593 (Abbildung 4).

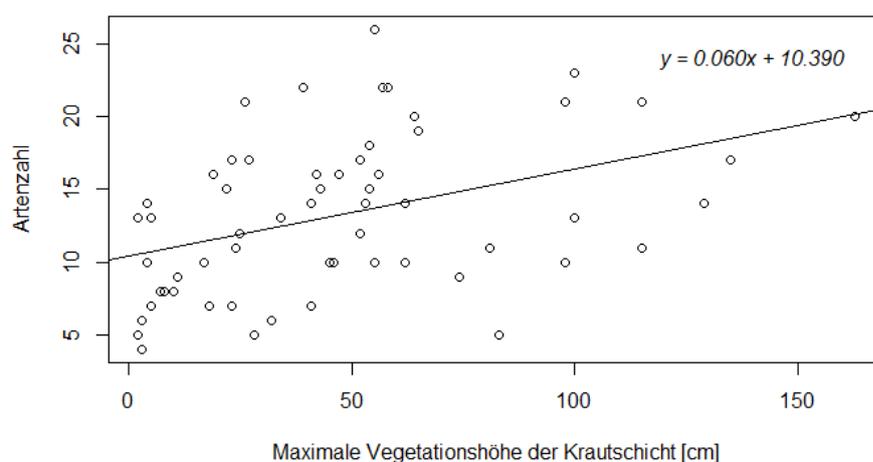


Abbildung 4: Je höher die maximale Vegetationshöhe der Krautschicht, desto mehr Arten kommen vor. Korrelation: 0.417, Adjusted R-squared: 0.159

Tabelle 2: Parameter, an denen ein linearer Zusammenhang mit der Artenzahl getestet wurde

Umweltparameter	p-Wert	Korrelation	R²_{adj.}
Höhe	0.678	0.055	-0.014
Neigung	0.846	0.026	-0.017
Bodentiefe	0.775	0.038	-0.016
Gesamtdeckung	0.547	0.080	-0.011
Maximales Mikrorelief	0.010	0.333	0.096
pH-Wert	0.426	-0.109	-0.007
Wassertemperatur	0.248	0.159	0.007
Sauerstoffgehalt	0.640	-0.064	-0.015
Leitfähigkeit	0.242	0.161	0.007
Beschattung	0.242	0.317	0.007
Quellgrösse	0.243	-0.154	0.007
Quellbereich	0.773	-0.038	-0.016
Quellschüttung	0.665	-0.058	-0.014
Temperaturzahl	0.166	-0.183	0.016
Kontinentalitätszahl	0.263	0.148	0.005
Lichtzahl	0.070	0.237	0.040
Feuchtezahl	0.504	-0.088	-0.010
Reaktionszahl	0.582	-0.073	-0.012
Nährstoffzahl	0.237	0.156	0.007

Klassifikation

Die Klassifikation der Vegetationsaufnahmen ergab maximal sechs unterschiedliche Vegetationseinheiten (Abbildung 5). Die Quellen des Offenlandes wurden alle in der Einheit 1 eingeteilt. Einheit 2 enthielt nur die drei Aufnahmen von einer Wald-Helokrenen (W3, im Choolhölzli in Wegenstetten). Einheit 3 bestand aus neun Aufnahmen von Tuffquellen. Die Einheiten 4, 5 und 6 enthielten sowohl Tuffquellen als auch Wald-Helokrenen. Einheiten 3 bis 6 bestanden aus mehreren Quellen, nicht immer sind alle drei Aufnahmen einer Quelle in derselben Einheit platziert worden.

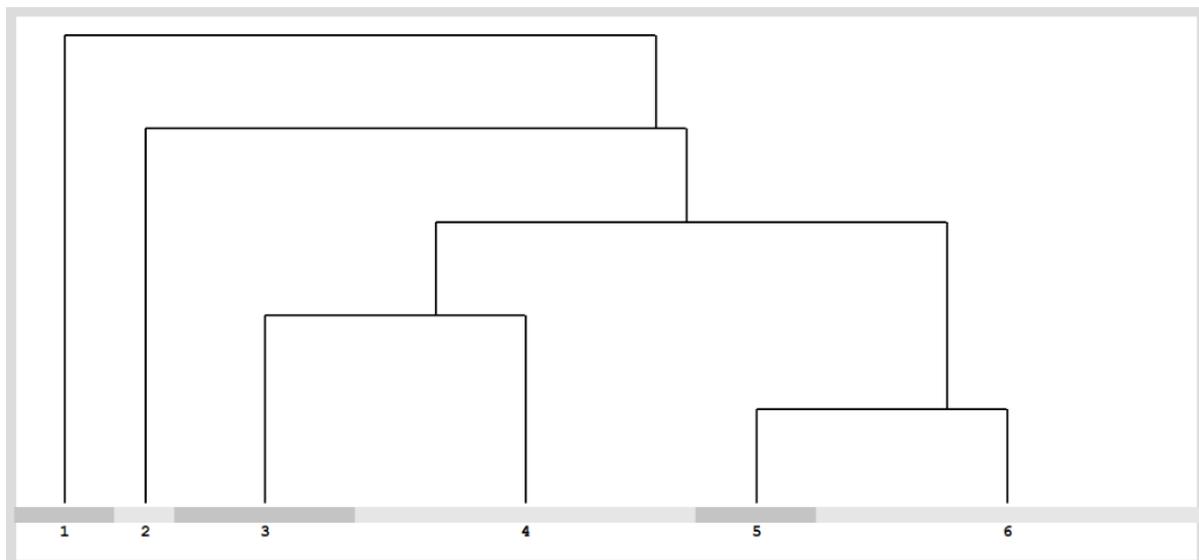


Abbildung 5: Ergebnis der modifizierten TWINSPAN-Analyse. Der Datensatz wird in sechs Einheiten aufgeteilt

Statistische Analysen der Einheiten

Eine Übersicht aller aufgenommenen Parameter ist in Anhang 1 zu finden (Kopfdaten). Die arithmetischen Mittelwerte der einzelnen Einheiten, sowie der gesamten Aufnahmen gemeinsam sind in Tabelle 3 ersichtlich. Signifikante Unterschiede zwischen den Einheiten wurden bei 18 Umweltparametern gefunden (Abbildung 6).

Tabelle 3: Übersicht aller Umweltparameter mit deren arithmetischen Mittelwerten und Standardabweichungen über den gesamten Datensatz, sowie den arithmetischen Mittelwert über die einzelnen klassifizierten Einheiten. Die letzte Spalte zeigt die p-Werte der Anova (A) bzw. des Welch-Tests (W) und das Signifikanzniveau (<0.001: ***, <0.01: **, <0.05: *). «p.» Bedeutet, dass der post-hoc-Test keinen signifikanten Unterschied ergab.

Einheit	Alle	1	2	3	4	5	6	p-Wert
Anzahl Aufnahmen	59	5	3	9	17	6	19	
Höhe (m ü.M)	559 ± 59	565	553	549	538	565	581	0.261 (W)
Neigung (°)	27 ± 22	13	9	40	18	22	36	0.0121 * (Ap.)
Deckungen								
Gesamtdeckung (%)	78 ± 22	73	30	84	74	87	86	<0.001 *** (W)
Deckung Baumschicht (%)	47 ± 35	0	0	59	51	59	54	-
Deckung Strauchschicht (%)	11 ± 20	0	0	10	3	28	18	-
Deckung Krautschicht (%)	26 ± 25	59	27	17	28	6	26	<0.001 *** (W)
Deckung Mooschicht (%)	39 ± 28	41	7	54	40	23	40	0.010 * (W)
Deckung Streu (%)	21 ± 19	28	7	7	16	53	22	0.001 ** (W)
Deckung Totholz (%)	9 ± 10	0	7	9	8	13	12	-
Deckung Steine (%)	45 ± 37	0	7	78	48	26	52	<0.001 *** (W)
Deckung Kies (%)	13 ± 17	10	13	14	19	2	13	0.017 * (Wp.)
Deckung Feinerde (%)	41 ± 37	90	79	8	34	73	35	<0.001 *** (W)
Deckung Wasser (%)	26 ± 21	6	47	30	28	26	25	0.039 * (W)
Umweltparameter								
Max. Vegetationshöhe								
Krautschicht (cm)	48 ± 37	71	63	66	49	16	40	0.069 (A)
Maximale Mikrorelief (cm)	20 ± 10	12	11	24	19	15	23	0.004 ** (W)
Bodentiefe (cm)	20 ± 15	40	25	12	15	23	20	0.012 * (A)
pH-Wert	7.46±0.54	6.98	7.20	7.82	7.45	7.86	7.34	0.005 ** (W)
Stauerstoffgehalt (mg/L)	6.88±2.80	2.60	3.35	8.81	7.02	8.38	6.91	<0.001 *** (W)
Leitfähigkeit (µS/cm)	614 ±415	216	839	474	585	528	786	<0.001 *** (W)
Temperatur (°C)	15.5 ±4.6	24.9	22.3	13.4	14.6	13.0	14.9	0.001 ** (W)
Sonnenstunden/Tag (h)	1.3 ± 2.5	8.9	1.2	1.3	0.5	0.2	0.4	-
Quellgrösse (m ²)	14 ± 13	14	10	10	21	5	13	-
Quellbereich (m ²)	36 ± 23	36	12	38	45	14	38	-
Quellschüttung (L/s)	0.17±0.24	0.03	0.00	0.20	0.28	0.04	0.17	-
Pflanzendiversität								
Artenzahl	13 ± 5	18	12	14	13	11	13	0.323 (A)
Shannon-Index	1.66±0.45	1.73	1.62	1.67	1.66	1.50	1.68	0.967 (A)
Shannon-Äquitabilität	0.64±0.11	0.61	0.67	0.64	0.65	0.62	0.65	0.949 (A)
Mittlere ökologische Zeigerwerte								
Feuchtezahl	3.77±0.44	4.26	4.27	3.82	3.86	3.43	3.55	0.001 ** (A)
Kontinentalitätszahl	2.61±0.25	2.95	2.85	2.69	2.62	2.41	2.49	<0.001 *** (W)
Lichtzahl	2.34±0.58	3.46	2.95	2.55	2.41	1.84	1.94	<0.001 *** (W)
Nährstoffzahl	2.78±0.64	2.34	3.67	2.38	2.74	2.80	2.97	0.012 * (A)
Reaktionszahl	3.50±0.53	3.93	3.26	3.79	3.67	3.16	3.23	<0.001 *** (W)
Temperaturzahl	3.11±0.31	2.77	2.90	3.05	3.13	3.25	3.20	0.212 (W)

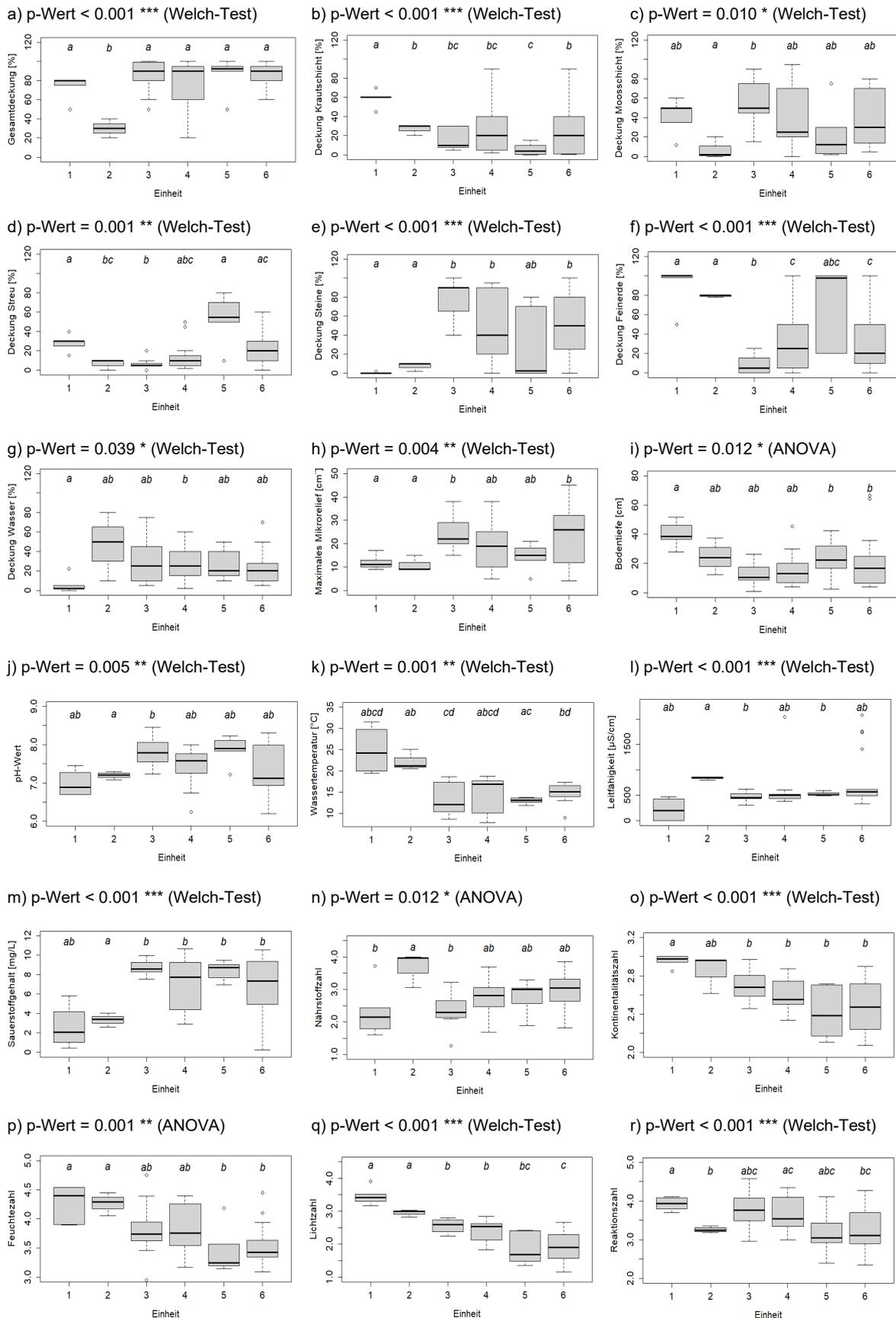


Abbildung 6: Alle Boxplots mit signifikanten Unterschieden zwischen den Einheiten. Die p-Werte des Tests (ANOVA oder Welch-Test) sind oberhalb der Grafik angegeben, inklusive Signifikanzniveau (<0.001: ***, <0.01: **, <0.05: *)

Beschreibung der Einheiten

Einheit 1: Offenlandquellen der kollinen-montanen Stufe auf kalkreichem Substrat

Diagnostische Arten: *Carex flacca*, *Juncus articulatus* aggr., *Caliergonella cuspidata*, *Juncus bulbosus*, *Juncus inflexus*, *Molinia caerulea*, *Arrhenatherum elatius*, *Ajuga reptans*, *Campylopusium stellatum*, *Tussilago farfara*, *Potentilla reptans*, *Plantago lanceolata* aggr., *Festuca arundinacea*, *Holcus lanatus*

Konstante Arten: *Palustriella commutata*, *Acer pseudoplatanus*



Abbildung 7: Quelle O1, Büren in Küttingen
(Bild: M. Bischof)

Die erste Einheit umfasste alle 5 Aufnahmen, die in den zwei Quellen im Offenland (Wiesen und Weiden) durchgeführt wurden (Abbildung 7). Diese Einheit war mit durchschnittlich 18 Arten pro Quadratmeter die artenreichste. Der Deckungsgrad der Krautschicht (durchschnittlich 59 %) war signifikant höher als bei den anderen Einheiten. Gemeinsam mit Einheit 2 waren die Lichtzahlen hoch (3.46 im Durchschnitt), da eine Beschattung durch Bäume sehr gering war. Weiter war die

Wassertemperatur überdurchschnittlich hoch (24.9 °C) und der Sauerstoffgehalt relativ tief (2.60 mg/L). Da im Jurapark nur zwei Helokrenen im Offenland gefunden wurden, welche für Vegetationsaufnahmen verwendet werden konnten, sind diese Resultate nicht abschliessend.

Einheit 2: Schwach sickernde, lichte Waldquellen auf kalkreichem Substrat

Diagnostische Arten: *Cardamine flexuosa*, *Glyceria notata*, *Veronica beccabunga*, *Juncus conglomeratus*, *Carex nigra*, *Pohlia melanodon*, *Equisetum telmateia*, *Epilobium parviflorum*, *Epilobium montanum*

Konstante Arten: *Fagus sylvatica*



Abbildung 8: Quelle W3, Choolhölzli in
Wegenstetten (Bild: M. Bischof)

Einheit 2 bestand nur aus drei Aufnahmen aus der einzigen untersuchten beeinträchtigten Quelle. Sie entsprang direkt oberhalb einer Strasse und wurde im Quellbereich von dieser zu einem schlammigen Tümpel gestaut (Abbildung 8). Die Gesamtdeckung (30 %) war signifikant geringer als in den anderen Einheiten, insbesondere die Deckung der Moosschicht (7.3 %) war sehr gering. Das Substrat bestand vor allem aus Feinerde, mit einem geringen

Anteil Steine. Die Wassertemperatur (22.3 °C) war durch die Tümpelbildung wie auch in Einheit 1 sehr hoch. Dementsprechend war der Sauerstoffgehalt (3.4 mg/L) gering. Die

Leitfähigkeit (839 $\mu\text{S}/\text{cm}$) und die Nährstoffzahl (3.67) waren hoch, ebenso die Feuchte- und die Lichtzahl (4.27 und 2.95).

Einheit 3: Kalktuffbildende Waldquellen

Diagnostische Arten: *Bryum pseudotriquetrum*, *Brachypodium sylvaticum*, cf. *Cerastium fontanum*

Konstante Arten: *Palustriella commutata*, *Hedera helix*, *Eucladium verticillatum*, *Aneura pinguis*, *Geranium robertianum* subsp. *robertianum*



Abbildung 9: Quelle T1, Vogtholde in Wittnau (Bild: M. Bischof)

Einheit 3 setzte sich aus 9 Aufnahmen zusammen. Quelle T1 (Vogtholde, Wittnau) und Quelle T4 (Buhalde, Gipf-Oberfrick), sowie je eine Aufnahme aus drei weiteren Tuffquellen (Abbildung 9) gehörten dazu. Diese Tuffquellen waren sehr schön ausgebildet, mit grosser Kalktuffbildung, steil und im Feld relativ schwierig zugänglich. Das Substrat bestand hauptsächlich aus Kalktuff (Stein, 78 %). Der Deckungsgrad der Moosschicht war mit 54 % hoch. Durch das grosse Gefälle (40 ° im Durchschnitt) lag auch wenig Streu auf den aufgenommenen Flächen. Wie alle nachfolgenden Einheiten, hatte auch Einheit 3 eine tiefere Wassertemperatur (13.4 °C) und hohen Sauerstoffgehalt (8.81 mg/L). Im Vergleich zu den Einheiten 4-6 war hier die Nährstoffzahl (2.38) niedriger und die Lichtzahl (2.55) war leicht höher als bei 5 und 6.

Einheit 4: Moosreiche Waldquellen auf kalkreichem Substrat mit *Cratoneuron filicinum*

Diagnostische Arten: *Cratoneuron filicinum*

Konstante Arten: *Palustriella commutata*, *Brachythecium rivulare*, *Geranium robertianum* subsp. *robertianum*



Abbildung 10: Quelle W1, Steindler in Wittnau (Bild: M. Bischof)

In die Einheit 4 gehörten 17 Aufnahmen, sowohl von Tuffquellen als auch von Helokrenen im Wald (Abbildung 10). Die Deckungsgrade sowohl des Substrates als auch der Vegetation waren sehr unterschiedlich. Auch die gemessenen Parameter mit der Multisonde, als auch die Zeigerwerte lagen alle im mittleren Bereich. Der Unterschied zu Einheit 6 fand sich im Vorhandensein von *Cratoneuron filicinum*.

Einheit 5: Vegetation auf feuchtem Waldboden auf kalkreichem Substrat

Diagnostische Arten: *Fagus sylvatica*, *Corylus avellana*, *Abies alba*

Konstante Arten: *Fissidens cf. taxifolius*, *Hedera helix*, *Lamium cf. galeobdolon*, *Acer pseudoplatanus*, *Hypnum cupressiforme*



Abbildung 11: Quelle W4, Gruebmattdloch in Bözberg (Bild: M. Bischof)

Aufnahmen als in den anderen Einheiten. Sowohl die Feuchte- als auch die Lichtzahl waren tiefer als in den anderen Einheiten (3.43 und 1.84), wenn auch nicht signifikant.

Einheit 5 umfasste 6 Aufnahmen, ebenfalls sowohl aus Wald- als auch aus Tuffquellen (Abbildung 11). Die mittlere Artenzahl lag bei 11 Arten pro Quadratmeter und war somit die artenärmste Einheit. Die diagnostischen Arten waren eher in der Baum- und Strauchschicht zu finden. Sowohl die Deckung der Kraut- als auch der Moosschicht (6 % und 23 %) waren tief. Durch die dichte Baum- und Strauchschicht lag etwas mehr Streu (53 %) auf den

Einheit 6: Moosreiche Waldquellen auf kalkhaltigem Substrat ohne *Cratoneuron filicinum*

Diagnostische Arten: -

Konstante Arten: *Brachythecium rivulare*, *Fissidens cf. taxifolius*, *Palustriella commutata*, *Fagus sylvatica*, *Pellia endiviifolia*, *Fraxinus excelsior*, *Hedera helix*,



Abbildung 12: Quelle T10, Grossmatt in Thalwil (Bild: M. Bischof)

Zur Einheit 6 gehörten 19 Aufnahmen aus Wald- und Tuffquellen (Abbildung 12). *Palustriella commutata* kam häufig vor, im Gegensatz zu Einheit vier fehlte jedoch *Cratoneuron filicinum* gänzlich. Deckungsgrade der Substrate und der Vegetation waren wie bei Einheit 4 sehr variabel. Dasselbe galt für die weiteren Parameter und die Zeigerwerte.

Stetigkeitstabelle

Nachfolgend befindet sich die Stetigkeitstabelle (Tabelle 4) mit den diagnostischen Arten ($\phi > 50$). Einheit 6 hat keine diagnostischen Arten, weshalb bei dieser Einheit unter den Begleitarten die Arten mit $\phi > 25$ aufgeführt. Eine vollständige Übersicht befindet sich in Anhang 2.

Tabelle 4: Stetigkeitstabelle der sechs Einheiten mit ihren Diagnostischen Arten ($\phi > 50$: **, dunkelgrün; $\phi > 25$: *, hellgrün)
Schicht: M= Mooschicht, K = Krautschicht, S = Strauchschicht, B = Baumschicht

Einheit	Schicht	Häufigkeit	1	2	3	4	5	6
Anzahl Plots		[%]	5	3	9	17	6	19
Gesamtdeckung der Vegetation [%]			73	30	84	74	87	86
Mittlere Artenzahl in 1 m ²			18	12	14	13	11	13
Diagnostische Arten Einheit 1								
<i>Juncus articulatus</i> aggr.	K	7	80**	.	.	.	.	.
<i>Caliergonella cuspidata</i>	M	8	80**	.	.	.	.	5
<i>Carex flacca</i>	K	15	100**	.	33	6	.	.
<i>Juncus cf. bulbosus</i>	K	5	60**	.	.	.	.	.
<i>Juncus inflexus</i>	K	5	60**	.	.	.	.	.
<i>Molinia caerulea</i>	K	5	60**	.	.	.	.	.
<i>Arrhenatherum elatius</i>	K	7	60**	.	11	.	.	.
<i>Ajuga reptans</i>	K	8	60**	.	.	6	.	5
<i>Campylium stellatum</i>	M	3	40**	.	.	.	.	.
<i>Tussilago farfara</i>	K	3	40**	.	.	.	.	.
<i>Potentilla reptans</i>	K	3	40**	.	.	.	.	.
<i>Plantago lanceolata</i> aggr.	K	3	40**	.	.	.	.	.
<i>Festuca arundinacea</i>	K	3	40**	.	.	.	.	.
<i>Holcus lanatus</i>	K	3	40**	.	.	.	.	.
Diagnostische Arten Einheit 2								
<i>Cardamine flexuosa</i>	K	10	.	100**	.	12	.	5
<i>Glyceria notata</i>	K	14	.	100**	.	29	.	.
<i>Juncus conglomeratus</i>	K	3	.	67**	.	.	.	.
<i>Carex nigra</i>	K	3	.	67**	.	.	.	.
<i>Veronica beccabunga</i>	K	20	.	100**	.	47	.	5
<i>Pohlia melanodon</i>	M	12	.	67**	.	18	.	11
<i>Equisetum telmateia</i>	K	10	.	67**	.	18	17	.
<i>Epilobium parviflorum</i>	K	8	40	67**	.	6	.	.
<i>Carex spec.</i>	K	2	.	33*	.	.	.	.
<i>Epilobium montanum</i>	K	2	.	33*	.	.	.	.
Diagnostische Arten Einheit 3								
<i>Bryum pseudotriquetrum</i>	M	20	.	33	78**	12	.	11
<i>Brachypodium sylvaticum</i>	K	29	.	.	78**	47	.	11
<i>Cf. Cerastium fontanum</i>	K	5	.	.	33*	.	.	.
Diagnostische Arten Einheit 4								
<i>Cratoneuron filicinum</i>	M	27	40	.	11	76**	.	.
Diagnostische Arten Einheit 5								
<i>Fagus sylvatica</i>	S	20	.	.	.	.	83**	42
<i>Abies alba</i> Mil	B	10	.	.	11	.	67**	5

<i>Corylus avellana</i>	S	10	.	.	22	.	67**	.
Diagnostische Arten Einheit 6								
-								
Begleitarten								
<i>Brachythecium rivulare</i>	M	56	.	33	33	76*	.	84*
<i>Oxalis acetosella</i>	K	14	.	.	.	6	17	37*
<i>Pellia endiviifolia</i>	M	32	.	.	11	47*	.	53*
<i>Veronica montana</i>	K	5	.	.	.	.	.	16*
<i>cf. Pedinophyllum interruptum</i>	M	5	.	.	.	.	.	16*
<i>Circaea lutetiana</i>	K	12	.	.	.	12	.	26*
<i>Primula elatior</i>	K	8	.	.	.	6	.	21*
<i>Dryopteris filix-mas</i>	K	8	.	.	.	6	.	21*
<i>Oxyrrhynchium cf. hians</i>	M	8	.	.	.	.	17	26*
<i>Fagus sylvatica</i>	B	44	.	.	22	47	67*	68*
<i>Carex pendula</i>	K	22	.	33	.	24	.	42*
<i>Picea abies</i>	B	7	.	.	.	6	.	16*
<i>Acer pseudoplatanus</i>	S	7	.	.	.	6	.	16*

Ordination

In Abbildung 13 ist als Ordination eine Detrended Correspondens Analysis (DCA) auf zwei Achsen dargestellt. Sie zeigt die acht signifikanten Umweltparameter (Signifikanzniveau $\alpha = 0.05$).

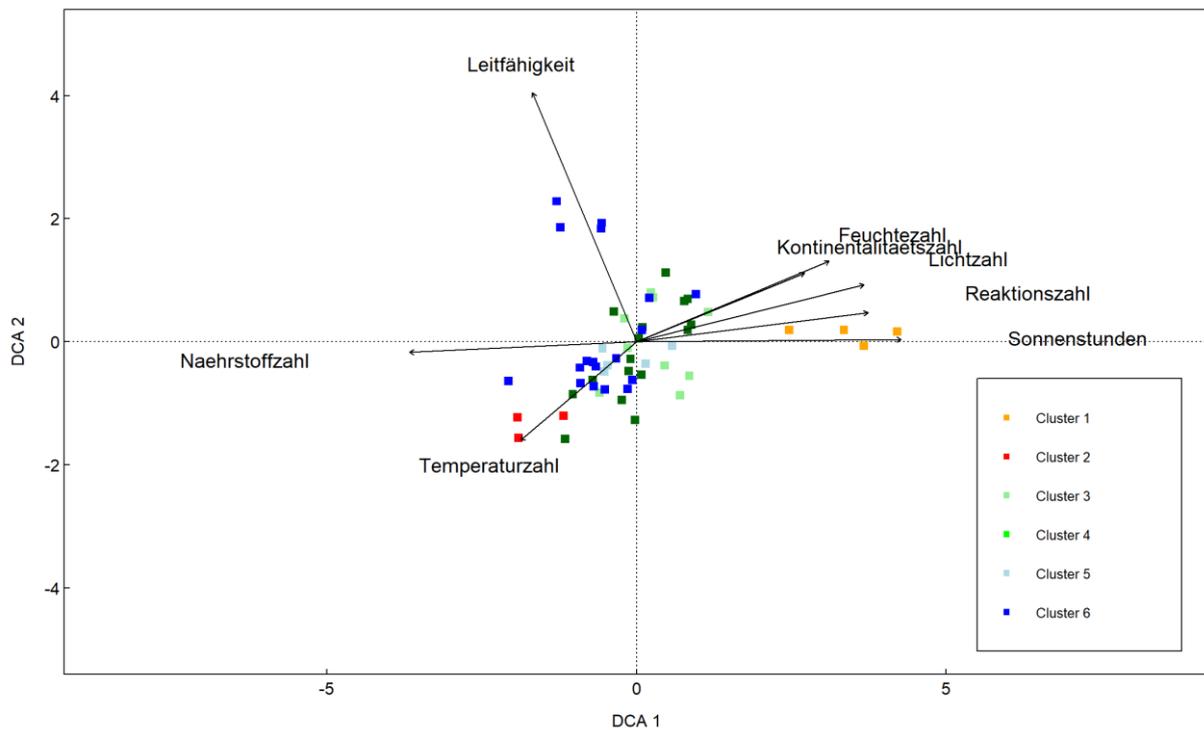


Abbildung 13: Detrended Correspondens Analysis (DCA). Acht Umweltparamter erfüllen den p-Wert von >0.05 und sind somit dargestellt.

Diskussion

Diversität

Die Gamma-Diversität belief sich auf 36 Moosarten und 131 Gefässpflanzenarten. Auf ähnlicher Meereshöhe in Polen wurden in 16 Quellen lediglich 47 Gefässpflanzen, aber 45 Moosarten gefunden (Puczko et al., 2018). Diese werden im Rahmen der Studie mit anderen Datenerhebungen verglichen, bei denen mal mehr, mal weniger Arten gefunden wurden. Die höhere Zahl Gefässpflanzen kann womöglich teilweise auf einen grösseren Einfluss der Randvegetation zurückgeführt werden, da die Quellfluren im Jurapark Aargau teilweise sehr klein waren. Seiler et al. (2021) fanden im Parc Ela in Graubünden (Schweiz) gar 100 Moosarten und 164 Gefässpflanzenarten in ebenfalls 20 Quellen. Allerdings hatten sie in den Aufnahmen deutlich grössere Gradienten in Höhe, Kalkgehalt des Substrates und der Beschattung, was die deutlich höhere Artenzahl erklären kann (Brunke et al., 2015). Bezüglich Alpha-Diversität wurden im Jurapark im Schnitt 13 Arten entdeckt, davon waren im Schnitt 9 Gefässpflanzen und 5 Moosarten dabei. Die Alpha-Diversität bei Puczko et al. (2018) betrug 12 Gefässpflanzen und 8 Moose. Sie fanden also trotz der geringen Gesamtzahl an Gefässpflanzen und der leicht höheren Anzahl Moose pro Quelle doch mehr Arten pro Quelle. Dies ist allerdings nur beschränkt vergleichbar, da die Grösse der Aufnahme­fläche nicht bekannt ist durchaus grösser sein dürfte als die hier verwendeten 1 m². Seiler et al. (2021) fanden in den Schweizer Alpen knapp 22 Arten pro Quadratmeter. Dies ist verglichen mit anderen erwähnten Untersuchungen ebenfalls eine sehr hohe Zahl. Die GrassPlot Datenbank (EDGG, 2023) enthält zwei Aufnahmen für die *Montio-Cardaminetea* in der Schweiz, mit im Schnitt 16 Gefässpflanzenarten pro Quadratmeter. Allerdings beinhaltet die Datenbank nur zwei Aufnahmen. Die hohe gefundene Artenzahl von Seiler et al. (2021) kann also im Jurapark wie erwartet nicht wiederholt werden. Vergleicht man die Diversität mit anderen Untersuchungen in ähnlichen Höhenlagen (Puczko et al., 2018), liegen die Zahlen etwa im selben Rahmen.

Klassifikation und Syntaxonomie

Die Einteilung der Einheiten in bereits bestehende Verbände oder Assoziationen gestaltete sich schwierig. Häufig wurden nur 1-2 der beschriebenen Charakterarten in den Aufnahmen wiedergefunden. Zudem gibt es nur wenige Studien, welche Quellfluren unterhalb der subalpinen Stufe auf kalkreichem Gestein klassifiziert haben (z.B. Lyons & Kelly, 2017 in Irland). Nach aktuellem Wissensstand noch keine im Jura.

Von der Klasse *Montio-Cardaminetea* wurden nur wenige Charakterarten in den Aufnahmen wiedergefunden, nämlich *Brachythecium rivulare*, *Palustriella commutata*, *Deschampsia*

cespitosa und *Rhizomnium punctatum*. Gefundene Charakterarten der Ordnung *Montio-Cardaminetalia* waren *Bryum pseudotriquetrum* und *Pohlia wahlenbergii*. (Hinterlang, 2017)

Auf Ebene der Verbände wurde das *Cardamino-Montion* ausgeschlossen, obwohl zwei Differentialarten (*Veronica beccabunga*, *Juncus articulatus*) in einigen Aufnahmen vorkamen (Hinterlang, 2017). Aber das *Cardamino-Montion* kommt eher auf kalkarmem Gestein vor und eher in höheren Lagen (Delarze et al., 2015; Hinterlang, 2017). *Veronica beccabunga* kommt zudem auch als Assoziationscharakterarten des *Cratoneurion* vor (Hinterlang, 2017). Das *Adiantum* wurde ausgeschlossen, da es in der Schweizer Pflanzensoziologie von Delarze et al. (2015) klar nur auf der Alpensüdseite vorkommt.

Charakterarten des *Cratoneurion commutati* wurden *Aneura pinguis* gefunden (Hinterlang, 2017), welche in der Einheit 3 als konstante Art beschrieben wurde. Die Ökologie mit dem kalkreichen Wasser, der von der Mooschicht geprägten Vegetation und der häufigen Bildung von Kalktuff passt gut zu den meisten untersuchten Quellen (Koch 1928). Deshalb wurden alle Einheiten, ausser Einheit 2, zum *Cratoneurion* gezählt. Einheit 2 passt besser zum *Caricion remotae*, mit dessen Verbandscharakterarten *Cardamine flexuosa* und *Carex remota*, welche hier als diagnostische Art aufgeführt wurde (Hinterlang, 2017; Schwickerath, 1944). In den Einheiten 3 bzw. 6 wurden *Bryum pseudotriquetrum*, *Pellia endiviifolia* und *Eucladium verticillatum* als diagnostische Arten bestimmt, welche beim ursprünglich eigenen Verband *Lycopodo europaei-Cratoneurion commutati* als diagnostische Arten zählen (Pladias, 2022; Zechmeister & Mucina, 1994). Dieser Verband wird hier nach Mucina et al. (2016) ebenfalls zum *Cratoneurion* gezählt. Zu beachten ist, dass die ursprünglich gedachte Einteilung in Tuffquellen und Wald-Helokrenen in der erhaltenen Typologie nicht wiederzufinden ist. Dies lässt auf eine geringe floristische Unterscheidung der zwei Quelltypen zurückführen. Dasselbe Ergebnis brachten Seiler et al. (2021).

Einheit 1: *Carex flacca*-Gesellschaft (*Cratoneurion*)

(Offenlandquellen der kollinen-montanen Stufe auf kalkreichem Substrat)

Die Artenzahl ist höher als bei den anderen Einheiten, da hier Gefässpflanzen der umgebenden Phanerogamengesellschaften in die Quellbereiche eindringen und kleinräumige Vegetationsmosaik bilden (Gregor & Wedra, 1991). Diese Einheit ist schwierig in eine Assoziation einzuteilen. Für eine zuverlässige Klassifikation der Offenlandquellen wären weitere Quellen nötig gewesen, die im Gebiet jedoch nicht vorhanden waren. Eine Trennung von Offenland- und Waldquellen in der Klassifikation ist meines Erachtens sinnvoll, da Artenzusammensetzung und Struktur (Beschattung, Licht- und Temperaturzahl, Sauerstoffgehalt) deutliche Unterschiede aufweisen. Möchte man diese Einheit in eine bestehende Assoziation der Literatur einteilen, kommt das sehr breite *Cratoneurion commutati* Aichinger 1913 nom. illegit. in Frage, da in der Quelle O1 *Cratoneurion filicinum* und

in der Quelle O2 *Palustriella commutata* vorkamen. Damit würde diese Einheit allerdings mit den Einheiten 4 bzw. 6 übereinstimmen. Um die Offenlandquellen eindeutig von den Waldquellen trennen zu können, soll dieser Einheit einen neuen Namen gegeben werden. Das Vorkommen von *C. filicinum* in der Quelle O1, kann durch deren Trockenheit und geringen Abfluss, sowie wahrscheinlich höheren Nährstoffgehalt erklärt werden. *C. filicinum* weist eine hohe Resistenz gegenüber Austrocknung und nährstoffreichere Verhältnisse auf (de Mars et al., 2016; Lyons & Kelly, 2017).

Einheit 2: *Caricetum remotae* Kästner 1941 (Schwach sickernde, lichte Waldquellen auf kalkreichem Substrat)

Die Einheit 2 mit den drei Aufnahmen der beeinträchtigten Waldquelle in Wegenstetten weist typische Charaktereigenschaften des *Caricetum remotae* Kästner 1941 Schwickerath 1944 auf. *Cardamine flexuosa* und *Carex remota* kommen häufig vor (Schwickerath, 1944). Die aufgeführten Differentialarten *Impatiens noli-tangere*, *Veronica montana* und *Stellaria nemorum* fehlen allerdings in der Einheit (Hinterlang, 2017). Die Quellen dieser Einheit ist eine schwach sickernde Quelle, welche in einer Waldlichtungen zu finden ist. Durch die schwache Fliessgeschwindigkeit kommt das *Caricetum remotae* mit wärmeren Wassertemperaturen und tieferen Sauerstoffgehalten zurecht (Hinterlang, 2017). Ähnlichkeiten bestehen auch mit dem *Cardaminetum amarae* (Br.-Bl. 1926) Maas 1959. Es handelt sich dabei um mesophile Quellen, welche deutlich mehr Gefässpflanzen wie Moose aufweisen (Hadač, 1983). Jedoch sind in den Aufnahmen die Charakterarten *Chrysosplenium oppositifolium* und *Cardamine amara* nie gefunden worden.

Einheit 3: *Eucladietum verticillati* Allorge 1922 (Kalktuffbildende Waldquellen)

Einheit 3 weist Eigenschaften von verschiedenen Assoziationen auf. Einige Ähnlichkeiten bestehen mit dem *Cratoneuro-Arabetum bellidifoliae* Koch 1928 mit der diagnostischen Art *Bryum pseudotriquetrum*. Diese Assoziation wurde bisher jedoch nur ab der subalpinen Stufe zugeteilt (Braun-Blanquet, 1948). Grössere Übereinstimmungen findet man im *Eucladietum Pinguiculetum apinae*, welches steile Tuffhänge in der montanen Stufe besiedelt (Braun-Blanquet, 1948). Die Moosschicht dominiert, allerdings kommt in den Aufnahmen im Jurapark *Eucladium verticillatum* nicht immer deutlich dominierend vor und fehlt gar in einigen. Die grösste Übereinstimmung ist mit dem *Eucladietum verticillati* Allorge 1922 vorhanden. Es sind kalktuffbildende Quellen mit grosser Neigung. Übereinstimmende Charakterarten sind *Bryum pseudotriquetrum* und *Eucladium verticillatum*, Die namensgebende Charakterart *E. verticillatum* kommt auch in weiteren Studien nicht zwingend in allen Aufnahmen vor (Hadač, 1983; Lyons & Kelly, 2017). Der Kalktuff ist flächenbildend und oft mit einem Moostepich bedeckt und häufig dominiert *Palustriella commutata* (Hinterlang, 2017; Lyons & Kelly, 2017).

Einheit 4: *Cratoneuretum filicino-commutati* (Kuhn 1937) Oberdorfer 1977 (Moosreiche Waldquellen auf kalkreichem Substrat mit *Cratoneuron filicinum*)

Einheit 4 lässt sich mit der Charakterart *Cratoneuron filicinum* ziemlich eindeutig als *Cratoneuretum filicino-commutati* einteilen. Der Deckungsgrad an *Palustriella commutata* ist meist hoch, an den etwas nährstoffreicheren Orten kommt *Cratoneuron filicinum* vor (Lyons & Kelly, 2017; Oberdorfer & Dierssen, 1977)). Diese Assoziation entwickelt sich bei sauerstoffreichem Wasser, mit pH-Werten im Bereich von 7.5-8.0 und bei mässig nährstoffreichen Bedingungen. *Equisetum telmateia* gilt als weitere Charakterart (Maas 1959), wurde jedoch in dieser Klassifikation nur als Begleitart zugeteilt und kommt in Einheit 4 in drei Aufnahmen vor. *Cratoneuron filicinum* kann auch im *Eucladietum verticillati* und *Cratoneuretum commutati* vorkommen (Hinterlang, 2017). Eine Unterscheidung der drei Assoziationen ist nicht einfach und sie werden manchmal vereinfacht auch als Synonyme verwendet (Böhnert et al., 2020).

Einheit 5: Vegetation auf feuchtem Waldboden auf kalkreichem Substrat

Einheit 5 ist sehr schwierig in eine vergleichbare Assoziation der Quellfluren einzuteilen, da ihr kaum quelltypische Charakterarten zugewiesen wurden. Die Charakterarten sind fast ausschliesslich Arten, die in Wäldern vorkommen. Zwei Aufnahmen (Nr. 12 und 13) der Quelle T3 (Gheiholde in Wegenstetten) bestehen aus einartigen Beständen von *Palustriella commutata* und könnten auch zum *Cratoneuretum filicino-commutati* (Einheit 4) gezählt werden, auch wenn dabei *C. filicinum* nicht gefunden wurde. Weiter könnte es sein, dass die Quelle W4 (Gruebmatloch in Bözberg) tatsächlich keine wahre Quellflur beheimatet, da diese Quelle sehr klein war und zum Aufnahmezeitpunkt kaum Wasser führte.

Einheit 6: *Brachythecio rivularis-Cratoneuretum* Dierßen 1973 (Moosreiche Waldquellen auf kalkhaltigem Substrat ohne *Cratoneuron filicinum*)

Einheit 6 hat selbst keine diagnostischen Arten, viele Aufnahmen beinhalten aber die diagnostischen Arten des *Brachythecio rivularis-Cratoneuretum* (*Carex pendula*, *Brachythecium rivulare* und *Pellia endiviifolia*). Der Deckungsgrad der Moose dominiert auch hier über die Gefässpflanzen, die Quellen werden von Bäumen und Sträuchern beschattet und der pH-Wert ist wegen des hohen Kalkgehaltes hoch (Pladias, 2022). Hadac (1983) beschreibt zudem *Eucladium verticillati* als Charakterart für die Assoziation, was auch hier in einigen Aufnahmen vorkommt. Da in dieser Klassifikation, anders als bei Hadac, eine Abtrennung zum *Eucladietum verticillati* gemacht wird, soll hier *Eucladium verticillati* nicht als Charakterart des *Brachythecio rivularis-Cratoneuretum* betrachtet werden. Fast genauso gut zur Einheit 6 passen könnte das *Pellio endiviifoliae-Cratoneuretum commutati* Rivola 1982, da auch hier *Brachythecium rivulare* und *Pellia endiviifolia* als Charakterarten aufgeführt werden (Hadač,

1983). Sie wird als Assoziation auf Kalkstein beschrieben, welche Tuffterassen bildet. Weitere Arten, die als typisch für diese Assoziation gelten und in einigen Aufnahmen vorkommen sind *Agrotis stolonifera*, *Bryum pseudotriquetrum*, *Palustriella commutatum* und *Plagiomnium undulatum*. Nach (Zechmeister & Mucina, 1994) wäre dies ein Synonym zum *Cratoneuretum commutati* Aichinger 1933, welches bei ihnen ebenfalls zum Verband *Lycopodo-Cratoneurenion commutati* zählt.

Im Vergleich zu Seiler (2021) im bündnerischen Parc Ela fehlt im Jurapark Aargau die subalpine Stufe. Die Assoziationen sind ansonsten aber recht ähnlich wie im Graubünden (Tabelle 5). Im Jurapark ersetzt das *Caricetum remotae* das *Cardamino-Chrysosplenietum alternifolii* der subalpinen Stufe (Hinterlang, 2017).

Tabelle 5: Übersicht über die erhaltene Typologie und deren entsprechende Einteilung in das Montio-Cardaminetea

Montio-Cardaminetea Br.-Bl. et Tüxen ex Klika et Hadač 1944	
Montio-Cardaminetalia Pawłowski et al. 1928	
	Offenlandquellen
	Cratoneurion commutati Koch 1928
Einheit 1)	<i>Caricetum flaccae</i> -Gesellschaft
	Waldquellen
	Cratoneurion commutati Koch 1928
Einheit 4)	<i>Cratoneuretum filicino-commutati</i> (Kuhn 1937) Oberdorfer 1977
Einheit 3)	<i>Eucladietum verticillati</i> Allorge 1922
Einheit 6)	<i>Brachythecio rivularis-Cratoneuretum</i> Dierßen 1973
	Caricion remotae Kästner 1941
Einheit 2)	<i>Caricetum remotae</i> Kästner 1941

Methodische Herausforderungen

Wie bereits beschrieben, war es schwierig, geeignete Quellen mit genügend quellentypischer Vegetation zu finden. Dies betraf vor allem die Helokrenen im Wald, welche häufig keinen Abfluss aufwiesen. Aber auch grössere Offenlandquellen, welche im Gebiet nur noch sehr spärlich vorhanden waren, waren kaum zu finden. Im Vergleich zu den Helokrenen im Wald und im Offenland waren die Tuffquellen häufiger und wiesen meist einen grösseren Abfluss auf. Neben den häufig trockenen Quellen zum Zeitpunkt der Datenerhebung, war bei vielen Quellen die Grösse der Aufnahmen von drei Mal einem Quadratmeter zu gross, weshalb häufig auch die Randvegetation mit einbezogen wurde. Diese enthielt Begleitarten, die nicht zur eigentlichen Quellflur zählten (wie insbesondere bei Einheit 5). Es wird deshalb vorgeschlagen, bei zukünftigen Untersuchungen eine kleinere Aufnahmegrösse zu wählen. Die Aufnahmegrösse von Quellfluren ist auch in der Literatur nicht einheitlich geklärt. Zechmeister & Mucina (1994) zeigten, dass im *Cratoneurion* bei grösseren Aufnahmen keine

höheren Artenzahlen gefunden wurden. Es wurden Aufnahmegrößen von 0.02 m² bis 10 m² untersucht.

Schutz und Empfehlungen

Das *Cratoneurion* bildet häufig kleine, isolierte Bestände und kann bei Verlust des Lebensraums auf natürliche Weise kaum wiederbesiedelt werden. Gefahren des *Cratoneurion* sind beispielsweise Entwässerungen, Quellwasserfassungen oder die Eutrophierung durch die Landwirtschaft (Delarze et al., 2015). Ein weiterer Grund für den Rückgang von Quellen können auch durch den Klimawandel veränderte Grundwasserflüsse sein (Hartmann et al., 2014). Kalktuffquellen bilden häufig imposante Gebilde, deshalb kommt hier zudem die touristische Attraktion der Quellen hinzu. Kalktuffe können bereits bei kleinen Störungen durch den Menschen Schaden nehmen (Megerle, 2021).

Im Jurapark ist vor allem der Fondlefelden (Quelle T5) von Tourismus betroffen. Ein kleiner, wohl nur wenig begangener Trampelpfad führt zum Tufffelden hinunter. Am Wanderweg oberhalb ist eine Tafel mit einer Sage zum Felsen angebracht. Diese Quelle könnte zur Sensibilisierung der Besuchenden für Quellfluren und -lebensräume dienen, in dem eine Informationstafel angebracht wird. Bei grösserem Andrang sollte der Trampelpfad abgesperrt werden, wodurch die Quelle immer noch hervorragend vom Wanderweg aus betrachtet werden kann. Die weiteren untersuchten Tuffquellen sind meist versteckt oder nur schwer zu erreichen. Dort sollte eher auf die Sensibilisierung des Forstpersonals gesetzt werden, damit sie nicht beispielsweise durch Forstarbeiten und Forstabfälle zerstört werden.

Die Entwässerung von Orten, zum Beispiel für die Forstwirtschaft oder den Strassenbau, führt dazu, dass Quellbäche an neuen Orten durchfliessen und dort Kalktuff gebildet wird, während andere Orte austrocknen (de Mars et al., 2016; Wolejko, 1994). Diese neuen Orte können allerdings durchaus noch schützenswerte Lebensräume sein (Megerle, 2021; Osadowski, 2011). Wichtig ist eine Sensibilisierung der betroffenen Personengruppen (Förster, Waldeigentümer, etc...). Auch Trittschäden kamen in den untersuchten Quellen häufig vor, meist durch Wildtiere, seltener durch Menschen oder Nutztiere. Eine Auszäunung dient in diesem Fall dem Schutz der Quelle (Seiler et al., 2021).

Von der Eutrophierung betroffen sind vor allem die Quellen im Offenland, welche häufig intensiv genutzt werden. Eine Studie aus Nordwesteuropa (de Mars et al., 2016) zeigte, dass erhöhte Werte von Nitrat und Phosphat zu einer Verschlechterung der Vegetation und geringeren Deckungsgraden an charakteristischen Moosen führen. Durch ein Ausbleiben von Dünger und extensiver Bewirtschaftung kann dies verhindert werden (Megerle, 2021). Die Eutrophierung der Quellen wurde in dieser Arbeit nicht näher untersucht. Eine Indikatorart für nährstoffreichere Quellen ist *Cratoneuron filicinum*, Indikatorarten für nährstoffarme

Verhältnisse *Palustriella commutata*, *Eucladium verticillatum* und *Brachytheceium rivulare* (de Mars et al., 2016). Offenlandquellen in Wiesen können auch durch die Nutzungsaufgabe der Flächen bedroht sein, da die feuchten Stellen nicht von Traktoren befahren werden können. Es droht die Verbuschung (Gregor & Wedra, 1991).

Für die beeinträchtigte Quelle der Einheit 2 ist es allenfalls möglich, diese zu renaturieren. Die Unterführung unter der Strasse kann durchgängiger gestaltet werden, so dass sich das Wasser nicht staut und das kühle, nährstoffarme Wasser abfliessen kann ohne dass es sich mit Nährstoffen anreichert. Es ist wichtig, diese Massnahmen je nach Quelle zu untersuchen und an die örtlichen Gegebenheiten anzupassen. Je nach eingeteilter Einheit sind unterschiedliche Massnahmen sinnvoll (Tabelle 6).

Tabelle 6: Empfehlungen zu konkreten Massnahmen zum Schutz der Quellen, nach Einheiten aufgeteilt

Nr.	Name	Massnahme	Gefahr
1	Offenlandquellen der kollinen-montanen Stufe auf kalkreichem Substrat	Extensive Nutzung, Pufferbereiche, Auszäunung von Vieh	Eutrophierung
2	Schwach sickernde, lichte Waldquellen auf kalkreichem Substrat	Renaturierung	Beeinträchtigung durch Strasse
3	Kalktuffbildende Waldquellen	Rechtlicher Schutz der Kalktuffquellen, Besucherlenkung	Tourismus
4	Moosreiche Waldquellen auf kalkhaltigem Substrat mit <i>Cratoneuron filicinum</i>	Rechtlicher Schutz der Kalktuffquellen, Pufferbereiche, Auszäunung, Sensibilisierung des Forstpersonals	Tourismus, Eutrophierung, Trittschäden, Waldabfälle
6	Moosreiche Waldquellen auf kalkhaltigem Substrat ohne <i>Cratoneuron filicinum</i>	Rechtlicher Schutz der Kalktuffquellen, Auszäunung, Sensibilisierung des Forstpersonals	Tourismus, Trittschäden, Waldabfälle

Ausblick

In Zukunft ist zum Thema Quelllebensräume in der Schweiz noch einiges zu erwarten. So werden zurzeit die Quellinventare der Kantone fertig gestellt (Schaller, 2021). In Kürze soll eine neue Rote Liste der Moose in der Schweiz herauskommen (Swissbryophytes, 2023), was auch Moose der Quelllebensräume betreffen dürfte. Und die Klasse *Montio-Cardaminetalia* soll bald europaweit überarbeitet werden (Seiler et al., 2021). Der Quellschutz soll in der Schweiz künftig eine höhere Priorität erhalten, vielleicht sogar mit einem eigenes Inventar mit Quellen nationaler Bedeutung. Dazu ist eine gute Typologie notwendig. Offenlandquellen sind im Tiefland wie gezeigt nur noch selten vorhanden und für eine vollständige Typologie sollten noch weitere Offenlandquellen untersucht werden. Zudem wäre es spannend, den Einfluss der Eutrophierung in den betrachteten Quellen genauer zu untersuchen, um weitere

Massnahmen abzuleiten. Spannend wäre es ebenfalls, die Vegetationsaufnahmen zu den Quellfluren in einigen Jahren in derselben Art und Weise zu wiederholen, um Aussagen über die Veränderung der Quellvegetation über die Zeit zu machen. Da Quellen auch für die Flora spannende Lebensräume sind, die starkem Nutzungsdruck unterliegen, ist es dringend notwendig den Schutz zu verstärken und die geltenden Gesetze in der Praxis durchzusetzen.

Literaturverzeichnis

- BAFU. (2019). *Grundwasservorkommen*. Bundesamt für Umwelt, BAFU. URL: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/thema-wasser/wasser--fachinformationen/zustand-der-gewaesser/zustand-des-grundwassers/grundwasservorkommen.html> (Zugriff am 20.12.2022).
- BAFU (2022). *Pärke von nationaler Bedeutung*. Bundesamt für Umwelt BAFU. URL: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/thema-landschaft/landschaft--fachinformationen/landschaftsqualitaet-erhalten-und-entwickeln/landschaften-von-nationaler-bedeutung/paerke-von-nationaler-bedeutung.html> (Zugriff am 01.12.2022).
- Binz, A., & Heitz, C. (1991). *Schul- und Exkursionsflora für die Schweiz*. Schwabe Verlag, Basel.
- Blumer, F. (2022). *Bilanz des Hitzesommers 22—Zweitwärmster Sommer und sehr trocken*. Schweizer Radio und Fernsehen SRF. URL: <https://www.srf.ch/meteo/meteo-stories/bilanz-des-hitzesommers-22-zweitwaermster-sommer-und-sehr-trocken> (Zugriff am 05.12.2022).
- Böhnert, W., Kleinknecht, U., Butler, K., Richter, F., Schmidt, P. A. & Winter, S. (2020). *Verzeichnis und Rote Liste der -Pflanzengesellschaften Sachsens*. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden.
- Bornand, C., Eggenberg, S., Gygax, A., Juillerat, P., Jutzi, M., Möhl, A., Rometsch, S., Sager, L., & Santiago, H. (2016). *Rote Liste Gefässpflanzen. Gefährdete Arten der Schweiz*. Umweltvollzugsnummer 1621. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern und Info Flora, Genf.
- Braun-Blanquet, J. (1948). Übersicht der pflanzengesellschaften Rätians. *Vegetatio*, 1(1), 29–41.
- Braun-Blanquet, J. (1978). Die Quellflur- Gesellschaft des Cratoneuro-Arabidetum bellidifoliae (Koch 1928) in der subalpinen Stufe Graubündens. *Vegetatio*, 36(2), 115–117.
- Brunke, M., Hahn, H.J., Martin Peter, & Brendelberger, H. (2015) Grundwassergeprägte Lebensräume: eine Übersicht über Grundwasser, Quellen, das hyporheische Interstitial und weitere grundwassergeprägte Habitate. *Limnologie Aktuell*, 14, 1–266.
- Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz (NHG). (1. Juli 1966). SR 451 (Stand am 1. April 2020).
- Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz, GSchG). (24. Januar 1991). SR 814.20 (Stand 1. Januar 2021).
- Bundesverordnung über den Natur- und Heimatschutz (NHV). (16. Januar 1991). SR 451.1 (Stand am 1. Juni 2017).

- Burck, O. (1947). *Die Laubmoose Mitteleuropas*. Abhandlungen der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft, 477, 1– 198.
- Cantonati, M., Füreder, L., Gerecke, R., Jüttner, I., & Cox, E. J. (2012). Crenic habitats, hotspots for freshwater biodiversity conservation: Toward an understanding of their ecology. *Freshwater Science*, 31(2), 463–480.
- Chytrý, M., Tichý, L., Holt, J., & Botta-Dukát, Z. (2002). Determination of diagnostic species with statistical fidelity measures. *Journal of Vegetation Science*, 13, 79–90.
- de Foucault, B. (2015). Contribution au prodrome des végétations de France: Les Adiantetea capilli-veneris Braun-Blanq. ex Braun-Blanq., Roussine & Nègre 1952. *Acta Botanica Gallica*, 162(4), 375–403.
- de Mars, H., van der Weijden, B., van Dijk, G., Smolders, F., Grootjans, A., & Wolejko, L. (2016). *Towards threshold values for nutrients; Petrifying springs in South Limburg (NL) in a Northwest European context*. (Rapport OBN2016/OBN210-HE). Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren VBNE, Driebergen.
- Delarze, R., Eggenberg, S., Steiger, P., Bergamini, A., Fivaz, F., Gonseth, Y., Guntern, J., Hofer, G., Sager, L., & Stucki, P. (2016). *Rote Liste der Lebensräume der Schweiz. Aktualisierte Kurzfassung zum technischen Bericht 2013*. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern.
- Delarze, R., Gonseth, Y., Eggenberg, S., & Vust, M. (2015). *Lebensräume der Schweiz: Ökologie - Gefährdung - Kennarten*. (3. Auflage). hep Verlag, Bern.
- Dengler, J. (2003). Entwicklung und Bewertung neuer Ansätze in der Pflanzensoziologie unter besonderer Berücksichtigung der Vegetationsklassifikation. *Archiv Naturwissenschaftlicher Dissertationen*, 14, 1–297.
- Dengler, J., Boch, S., Filibeck, G., Chiarucci, A., Dembicz, I., Guarino, R., Henneberg, B., Janišová, M., Marcenò, C. & (...) & Biurrun, I. (2016). Assessing plant diversity and composition in grass- lands across spatial scales: The standardised EDGG sampling methodology. *Bulletin of the Eurasian Dry Grassland Group*, 32, 13-30.
- Dengler, J., Chytrý, M., Ewald, J. (2008). Phytosociology, in: Jørgensen S. E. & Fath B. D. (Hrsg.), *General Ecology Band 4 der Encyclopedia of Ecology*, 2767 – 2779. Elsevier, Oxford.
- Direktion für Inneres und Justiz des Kantons Bern. (2022). *Lebensraum Quellen*. URL: <https://www.geo.apps.be.ch/de/geodaten/geoproduktedownload/listing.html?type=geoproduct&code=QUELLEBR> (Zugriff am 05.12.2022).
- EDGG. (2023). *Eurasian Dry Grassland Group EDGG*. URL: <https://edgg.org/> (Zugriff am 05.01.2023).
- Eggenberg, S., & Möhl, A. (2013). *Flora Vegetativa* (3. Ausgabe). Haupt Verlag, Bern.
- European Commission. (2007). *Interpretation Manual of European Union Habitats*. EUR27. European Commission DG Environment, Brüssel.

- Frahm, J.-P., & Frey, W. (2004). *Moosflora* (4. Auflage). Ulmer, Stuttgart.
- Fumagalli, N., Senes, G., Ferrario, P. S., & Toccolini, A. (2017). A minimum indicator set for assessing fontanili (lowland springs) of the Lombardy Region in Italy. *European Countryside*, 9(1), 1–16.
- Gewässerschutzverordnung (GSchV). (28. Oktober 1998). SR 814.201 (Stand 1. Januar 2021).
- Gregor, T., & Wedra, C. (1991). Vegetation unbewaldeter Kalkquellen des Maln-Kinzig-Kreises. *Botanik und Naturschutz in Hessen*, 5, 5-32.
- Hadač, E. (1983). A survey of plant communities of springs and mountain brooks in Czechoslovakia. *Folia Geobotanica et Phytotaxonomica*, 18(4), 339–361.
- Hartmann, A., Goldscheider, N., Wagener, T., Lange, J., & Weiler, M. (2014). Karst water resources in a changing world: Review of hydrological modeling approaches. *Reviews of Geophysics*, 52(3), 218-242.
- Hinterlang, D. (2017). Montio Cardaminetea, in: Dierschke H. (Hrsg.), *Synopsis der Pflanzengesellschaften Deutschlands*, 1-112. Selbstverlag der Floristisch - soziologischen Arbeitsgemeinschaft e .V., Göttingen.
- Imesch, C. (2017). Natürliche Quelllebensräume im Smaragdgebiet Oberaargau. *Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern*, 74. 93-114.
- Janssen, J.A.M., Rodwell, J.S., Garcia Criado, M., Gubbay, S., Haynes, T., Nieto, A., Sanders, N., Landucci, F., Loidi, J. & (...) & Valachovič, M. (2016). *European red list of habitats - Part 2. Terrestrial and freshwater habitats*. European Union, Luxembourg
- Juillerat, P., Bäuml, B., Bornand, C., Eggenberg, S., Gyax, A., Jutzi, M., Möhl, A., Nyffeler, R., Sager, L. & Santiago, H. (2017). *Flora Helvetica Checklist 2017 der Gefässpflanzenflora der Schweiz*. Info Flora, Bern.
- Kanton Aargau. (2022). Onlinekarten Kanton Aargau. URL: <https://www.ag.ch/app/agisviewer4/v1/agisviewer.html> (Zugriff am 05.12.2022).
- Kaufmann, L. (2014). *Charakterisierung der Quellflur Punt Periv im Tal des Spöls (Schweizerischer Nationalpark)*. (Bachelorarbeit). Universität Basel.
- Küry, D., Lubini, V., & Stucki, P. (2022). *Quell-Lebensräume—Anleitung zur systematischen Erhebung und Ermittlung ihrer Bedeutung im Naturschutz*. Bundesamt für Umwelt, BAFU, Bern.
- Küry, D., Lubini, V., Stucki, P., & Volanthen-Heuck, J. (2021). *Quell-Lebensräume erfassen – erhalten – aufwerten. Eine Arbeitsgrundlage für die Praxis*. Bundesamt Für Umwelt, BAFU, Bern.
- Lasen, C. (2017). *Syntaxonomische Übersicht der Lebensräume*. Südtiroler Landesverwaltung. URL: <https://www.provinz.bz.it/natur-umwelt/naturraum/naturschutz/syntaxonomische-uebersicht.asp> (Zugriff am 06.01.2023).

- Lauber, K., Wagner, G., & Gygax, A. (2018). *Flora Helvetica* (6. Auflage.). Haupt, Bern.
- Lowe, W. H., & Likens, G. E. (2005). Moving Headwater Streams to the Head of the Class. *BioScience*, 55(3), 196–197.
- Lubini, V., Vincentini, H., & Kury, D. (2016). *Bewertung von Quell-Lebensräumen in der Schweiz*. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern.
- Lueth, M. (2013). *Mosses of Europe. A photographic Flora*. (Band 1–3). Michael Lüth, Freiburg.
- Lyons, M. D., & Kelly, D. L. (2017). Plant community ecology of petrifying springs (Cratoneurion) – a priority habitat. *Phytocoenologia*, 47(1), 13–32.
- Megerle, H. E. (2021). Calcerous Tufa as Invaluable Geotopes Endangered by (Over-)Tourism: A Case Study in the UNESCO Global Geopark Swabian Alb, Germany. *Geosciences*, 11(5), 198-227.
- Meier, M. K., Urmi, E., Schnyder, N., Bergamini, A., & Hofmann, H. (2013). *Checkliste der Schweizer Moose*. Nationales Inventar der Schweizer Moosflora, Institut für Systematische Botanik der Universität Zürich.
- MeteoSchweiz. (2022). *Klimadiagramme und Normwerte pro Station*. MeteoSchweiz. URL: <https://www.meteoschweiz.admin.ch/klima/klima-der-schweiz/klima-normwerte/klimadiagramme-und-normwerte-pro-station.html> (Zugriff am 01.12.2022).
- Microsoft Corporation. (2022). *Microsoft Excel* (Version 2212). URL: <https://office.microsoft.com/excel> (Zugriff am 05.07.2022).
- Moule, H. A. (2018). *Nutrient Transport and Storage in a Karst Spring-Reservoir System during Baseflow, Missouri Ozarks*. (Masterarbeit). Michigan State University.
- Mucina, L. (1997). Classification of Vegetation: Past, Present and Future. *Journal of Vegetation Science*, 8(6), 751–760.
- Mucina, L., Bültmann, H., Dierßen, K., Theurillat, J.-P., Raus, T., Čarni, A., Šumberová, K., Willner, W., Dengler, J. & (...) & Tichý, L. (2016). Vegetation of Europe: Hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities. *Applied Vegetation Science*, 19(S1), 3–264.
- Nebel, M., & Phillipi, G. (2000). *Die Moose Baden-Württembergs* (Band 1–3). Ulmer, Stuttgart.
- Oberdorfer, E., & Dierssen, K. (1977). *Süddeutsche Pflanzengesellschaften*. Fischer, Berlin.
- Oksanen, J., Blanchet, G. F., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P. R., O'Hara, R. B., Simpson, G. L., Solymos P., Stevens, M. H., & Wagner, H. (2019). *Vegan: Community Ecology Package* (Version 2.5.4). URL: <https://CRAN.R-project.org/package=vegan> (Zugriff am 02.12.2022).

- Osadowski, Z. (2011). Damp beech forests on calcareous tufas in the Parsęta River basin (Western Pomerania). *Biodiversity Research and Conservation*, 19, 81–86.
- Pladias (2022) Lycopodo europaei-Cratoneurion commutati Hadač 1983. Database of the Czech Flora and Vegetation. URL: <https://pladias.cz/en/vegetation/species/Lycopodo%20europaei-Cratoneurion%20commutati> (Zugriff am 06.01.2023).
- Prunier, P., Greulich, F., Béguin, C., Boissezon, A., Delarze, R., Hegg, O., Klötzli, F., Pantke, R., Steffen, J. & (...) & Vittoz, P. (2019). *Phytosuisse: Un référentiel pour les associations végétales de Suisse*. URL: <http://www.infoflora.ch/fr/milieux/phytosuisse/> (Zugriff am 29.12.2022).
- Puczko, K., Zieliński, P., Jusik, S., Kołakowska, A., & Jekatierynczuk-Rudczyk, E. (2018). Vascular plant and bryophyte species richness in response to water quality in lowland spring niches with different anthropogenic impacts. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(6), 338.
- Quinn, G. P., & Keough, M. J. (2002). *Experimental Design and Data Analysis for Biologists*. Cambridge University Press, Cambridge.
- R Core Team. (2017). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Wien, Österreich. URL: <https://www.R-project.org/> (Zugriff am 02.12.2022).
- R Studio Team. (2016). *RStudio: Integrated Development for R* (2022.07.01). RStudio, Inc., Boston, MA. URL: <http://www.rstudio.com/> (Zugriff am 02.12.2022).
- Roleček, J., Tichý, L., Zelený, D., & Chytrý, M. (2009). Modified TWINSpan classification in which the hierarchy respects cluster heterogeneity. *Journal of Vegetation Science*, 20(4), 596–602.
- Scarsbrook, M., Barquin, J., & Gray, D. (2007). New Zealand coldwater springs and their biodiversity. *Science for Conservation*, 278.
- Schaller, Z. (2021). *Quellinventare: Vergessene und bedrohte Lebensräume*. Bundesamt für Umwelt BAFU. URL: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/thema-biodiversitaet/biodiversitaet--dossiers/quellinventare-vergessene-und-bedrohte-lebensraeume.html> (Zugriff am 20.12.2022).
- Schnyder, N., Bergamini, A., Hofmann, H., Müller, N., Schubiger-Bosshard, C., & Urmi, E. (2004). *Rote Liste der gefährdeten Moose der Schweiz*. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, BUWAL, Bern.
- Schütz, J.-Ph. (2002). *Die Technik der Waldverjüngung von Wäldern mit Ablösung der Generationen*. (Vorlesungsskript). ETH Zürich.
- Schweizer Pärke. (2022). *Jurapark Aargau*. URL: https://www.parks.swiss/de/die_schweizer_paerke/parkportraits/jurapark_aargau.php (Zugriff am 01.12.2022).

- Schwickerath, M. (1944). Das Hohe Venn und seine Randgebiete: Vegetation, Boden und Landschaft. *Pflanzensoziologie*. (Band 6). Jena
- Seiler, H., Küry, D., Billeter, R., & Dengler, J. (2021). Regional typology of spring vegetation in Parc Ela (Grisons, Switzerland). *Vegetation Classification and Survey*, 2, 257–274.
- Smart Tool Factory. (2017). *Angle Meter* (Version 1.3.0) [App]. URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.stfactory.anglemeter&hl=gsw&gl=US&pli=1> (Zugriff am 30.06.2022).
- Steinmann, P. (1915). *Praktikum der Süsswasserbiologie. 1. Teil: Die Organismen des fliessenden Wassers*. (Band 7). Gebr. Bornträger, Stuttgart.
- Stevens, L. E., Schenk, E. R., & Springer, A. E. (2021). Springs ecosystem classification. *Ecological Applications*, 31(1).
- Swissbryophytes (2022). *Online-Atlas der Schweizer Moose*. URL: https://www.swissbryophytes.ch/index.php/de/verbreitung?taxon_id=nism-2321 (Zugriff am 28.09.2022).
- Swisstopo (2021). *Schweizer Geoportal*. Bundesamt für Landestopografie Swisstopo. URL: <https://map.geo.admin.ch> (Zugriff am 05.12.2022).
- Taxböck, L., Karger, D. N., Kessler, M., Spitale, D., & Cantonati, M. (2020). Diatom Species Richness in Swiss Springs Increases with Habitat Complexity and Elevation. *Water*, 12(2), 449.
- Thienemann, A. (1922). Hydrobiologische Untersuchungen an Quellen (I-IV). *Archiv Für Hydrobiologie*, 14, 151-190.
- Tichý, L. (2022). *Juice* (Version 7.1.101). Institut of Botany and Zoology, Masaryk University, Brno, Czech Republik. URL: <https://www.sci.muni.cz/botany/juice/> (Zugriff am 29.11.2022).
- Tichy, L., & Chytrý, M. (2006). Statistical determination of diagnostic species for site groups of unequal size. *Journal of Vegetation Science*, 17(6), 809–818.
- Triebskorn, R., & Wertheimer, J. (2016). *Wasser als Quelle des Lebens*. Springer, Berlin Heidelberg.
- van der Kamp, G. (1995). The Hydrogeology of Springs in Relation to the Biodiversity of Spring Fauna: A Review. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 68(2), 4–17.
- van Everdingen, R. O. (1991). Physical, chemical and distributional aspects of Candian springs. *The Memoirs of the Entomological Society of Canada*, 123, 7-28.
- Wigger, F. W., Schmidlin, L., Nagel, P., & Fumetti, S. (2015). Macroinvertebrate assemblages of natural springs along an altitudinal gradient in the Bernese Alps, Switzerland. *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology*, 51(3), 237-247.

- Williamson, M. (2003). Species-area relationships at small scales in continuum vegetation. *Journal of Ecology*, 91, 904–907.
- Wolejko, L., Aggenbach, C. J. S., Van Diggelen, R., & Grootjans, A. (1994). Vegetation and Hydrology in a Spring Mire Complex in Western Pomerania, Poland. Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen. *Biological and Medical Sciences*, 97(2), 219-245.
- WSL. (2019). *VegeDaz* (Version Oktober 2019). Institut für Wald, Schnee und Landschaft WSL. URL: <https://www.wsl.ch/de/servicesund-produkte/software-websites-und-apps/vegedaz-version-2017.html> (Zugriff am 25.07.2022).
- Zechmeister, H., & Mucina, L. (1994). Vegetation of European springs: High-rank syntaxa of the Montio-Cardaminetea. *Journal of Vegetation Science*, 5(3), 385–402.
- Zollhöfer, J., Brunke, M., & Gonser, T. (2000). A spring typology integrating habitat variables and fauna. *Archiv Für Hydrobiologie Supplemente, Monographical Studies*, 121, 349–376.

Anhänge

- Kopfdaten
- Stetigkeitstabelle

Digitaler Anhang

- Synoptische Tabelle (.xls)
- R-Skripte (.R) mit zugehörigen .csv-Daten
- Vegedaz Tabelle (.tab)
- JUICE-Klassifikation (.wct)

Anhang 1 – Kopfdaten, alle Aufnahmen

Name	Cluster	Datum	Flurname	Gemeinde	X-Koord.	Y-Koord.	Höhe	Exposition	Neigung	Gesamt- deckung	Deckung Baumschicht	Deckung Strauchschicht	Deckung Krautschicht	Deckung Moose	Deckung Streu	Deckung Totholz
O1.1	1	06.07.2022	Büren	Küttlingen	2'646'000	1'254'000	566	142	0	50	0	0	45	12	15	0
O1.2	1	06.07.2022	Büren	Küttlingen	2'646'000	1'254'000	566	147	11	75	0	0	60	35	40	0
O2.1	1	01.08.2022	Winterholde	Widnau	2'639'000	1'260'000	573	160	22	80	0	0	60	60	30	0
O2.2	1	01.08.2022	Winterholde	Widnau	2'639'000	1'260'000	567	160	21	80	0	0	70	50	30	0
O2.3	1	01.08.2022	Winterholde	Wittnau	2'639'000	1'260'000	552	180	10	80	0	0	60	50	25	0
T1.1	3	06.07.2022	Vogtholde	Wittnau	2'639'000	1'258'000	535	170	24	99	95	3	9	75	20	15
T1.2	3	06.07.2022	Vogtholde	Wittnau	2'639'000	1'258'000	511	170	22	80	0	0	5	80	5	15
T1.3	3	07.07.2022	Vogtholde	Wittnau	2'639'000	1'258'000	546	160	19	80	70	0	8	55	7	15
T2.1	4	17.07.2022	Berg-Fazedelle	Wegenstetten	2'638'000	1'260'000	600	320	19	90	50	1	5	50	50	10
T2.2	4	17.07.2022	Berg-Fazedelle	Wegenstetten	2'638'000	1'260'000	601	360	9	40	10	0	5	30	10	10
T2.3	6	17.07.2022	Berg-Fazedelle	Wegenstetten	2'638'000	1'260'000	597	360	9	80	0	0	30	70	10	2
T3.1	5	17.07.2022	Gheiholde	Wegenstetten	2'637'000	1'259'000	618	340	17	95	20	80	0.1	30	60	10
T3.2	5	17.07.2022	Gheiholde	Wegenstetten	2'637'000	1'259'000	592	340	29	90	10	40	0.2	75	10	20
T3.3	6	17.07.2022	Gheiholde	Wegenstetten	2'637'000	1'259'000	592	340	25	60	0	40	10	20	50	20
T4.1	3	19.07.2022	Buhalde	Gipf-Oberfrick	2'640'000	1'261'000	619	140	46	60	20	0	30	50	10	10
T4.2	3	19.07.2022	Buhalde	Gipf-Oberfrick	2'640'000	1'261'000	611	140	38	95	90	5	30	35	5	10
T4.3	3	19.07.2022	Buhalde	Gipf-Oberfrick	2'640'000	1'261'000	612	140	52	90	30	70	30	45	5	5
T5.1	6	21.07.2022	Fondlefelden	Herznach	2'645'000	1'258'000	511	60	51	100	95	0	0.5	50	10	5
T5.2	3	21.07.2022	Fondlefelden	Herznach	2'645'000	1'258'000	493	60	72	100	80	0	5	90	0	0
T5.3	6	21.07.2022	Fondlefelden	Herznach	2'645'000	1'258'000	497	60	79	100	90	0	0.2	80	0	0
T7.1	4	27.07.2022	Im Loch	Bötzberg	2'655'000	1'261'000	475	310	63	95	90	0	20	70	2	2
T7.2	4	27.07.2022	Im Loch	Bötzberg	2'655'000	1'261'000	446	270	64	95	90	0	40	60	5	2
T7.3	3	27.07.2022	Im Loch	Bötzberg	2'655'000	1'261'000	454	270	72	100	95	0	30	45	5	5
T8.1	4	27.07.2022	Rüedacherhalde	Bözberg	2'653'000	1'262'000	540	160	78	100	90	0	75	10	10	5
T8.2	4	27.07.2022	Rüedacherhalde	Bözberg	2'653'000	1'262'000	555	120	6	60	50	30	2	25	5	2
T8.3	3	27.07.2022	Rüedacherhalde	Bözberg	2'653'000	1'262'000	557	120	13	50	50	15	10	15	5	2
T9.1	6	10.08.2022	Unterbürg	Wölflinswil	2'642'000	1'255'000	601	40	63	70	50	0	30	80	10	2
T9.2	4	10.08.2022	Unterbürg	Wölflinswil	2'642'000	1'255'000	601	40	15	90	50	0	5	80	10	3
T9.3	4	10.08.2022	Unterbürg	Wölflinswil	2'642'000	1'255'000	592	40	10	100	80	0	3	95	2	1
T10.1	6	09.08.2022	Grossmatt	Thalwil	2'649'000	1'255'000	558	50	56	80	75	0	1	50	25	10
T10.2	6	09.08.2022	Grossmatt	Thalwil	2'649'000	1'255'000	549	50	53	90	30	0	30	75	10	5
T10.3	6	09.08.2022	Grossmatt	Thalwil	2'649'000	1'255'000	558	50	21	95	90	0	0.6	30	30	10
W1.1	4	15.07.2022	Steindler	Wittnau	2'641'000	1'257'000	464	280	3	80	30	0	10	80	5	2
W1.2	4	15.07.2022	Steindler	Wittnau	2'641'000	1'257'000	476	360	0	60	50	0	20	20	15	20
W1.3	4	15.07.2022	Steindler	Wittnau	2'641'000	1'257'000	489	360	0	60	50	0	25	20	10	35
W2.1	4	16.07.2022	Wintermatt	Wegenstetten	2'638'000	1'260'000	572	250	4	20	10	0	15	8	50	5
W2.2	4	16.07.2022	Wintermatt	Wegenstetten	2'638'000	1'260'000	578	250	7	60	50	0	10	20	10	2
W2.3	4	16.07.2022	Wintermatt	Wegenstetten	2'638'000	1'260'000	591	250	3	30	10	0	25	8	45	5
W3.1	2	19.07.2022	Choozhölzli	Wegenstetten	2'636'000	1'260'000	543	360	0	30	0	0	30	0	0	0
W3.2	2	19.07.2022	Choozhölzli	Wegenstetten	2'636'000	1'260'000	554	350	28	40	0	0	30	20	10	20
W3.3	2	19.07.2022	Choozhölzli	Wegenstetten	2'636'000	1'260'000	561	360	0	20	0	0	20	2	10	2
W4.1	5	21.07.2022	Gruebmatloch	Bözberg	2'653'000	1'259'000	565	120	14	90	90	20	5	5	50	10
W4.2	5	21.07.2022	Gruebmatloch	Bözberg	2'653'000	1'259'000	564	120	16	95	95	10	10	3	50	5
W4.3	5	21.07.2022	Gruebmatloch	Bözberg	2'653'000	1'259'000	561	100	29	100	100	10	3	2	70	10
W5.1	5	22.07.2022	Im Loch	Bözberg	2'655'000	1'261'000	487	300	27	50	40	5	15	20	80	20
W5.2	6	22.07.2022	Im Loch	Bözberg	2'655'000	1'261'000	486	340		80	50	1	0.5	80	10	30
W5.3	6	22.07.2022	Im Loch	Bözberg	2'655'000	1'261'000	468	20	36	95	90	0	0.3	30	40	10
W6.1	6	10.08.2022	Unterbuech	Thalheim	2'648'000	1'255'000	711	5	52	90	80	20	20	10	10	2
W6.2	6	10.08.2022	Unterbuech	Thalheim	2'648'000	1'255'000	697	5	30	80	70	20	20	15	30	2
W6.3	6	10.08.2022	Unterbuech	Thalheim	2'648'000	1'255'000	692	5	33	90	80	20	40	10	20	10
W7.1	6	10.08.2022	Schwand	Densbüren	2'648'000	1'256'000	624	20	30	80	10	50	40	40	40	20
W7.2	6	10.08.2022	Schwand	Densbüren	2'648'000	1'256'000	616	20	29	90	50	30	50	70	20	20
W7.3	6	10.08.2022	Schwand	Densbüren	2'648'000	1'256'000	621	260	21	80	20	55	50	5	60	40
W8.1	6	11.08.2022	Sandgrube	Wegenstetten	2'636'000	1'260'000	593	80	40	95	75	80	15	30	10	2
W8.2	6	11.08.2022	Sandgrube	Wegenstetten	2'636'000	1'260'000	587	80	14	85	20	0	75	5	10	2
W8.3	4	11.08.2022	Sandgrube	Wegenstetten	2'636'000	1'260'000	590	40	8	90	80	0	75	0.01	5	5
W9.1	4	11.08.2022	Eigerte	Zeiningen	2'632'000	1'264'000	488	340	0	95	0	0	90	25	20	5
W9.2	6	11.08.2022	Eigerte	Zeiningen	2'632'000	1'264'000	489	100	16	100	60	20	90	13	20	30
W9.3	4	11.08.2022	Eigerte	Zeiningen	2'632'000	1'264'000	491	100	20	95	70	15	50	80	10	25

Name	Cluster	Deckung Steine	Deckung Kies	Deckung Feinerde	Deckung Wasser	Maximale Vegetation Height	Maximales Mikrorelief	Bodentiefe Durchschnitt	pH-Wert	Sauerstoffgehalt	Leitfähigkeit	Temperatur	Horizontoskop	Quellgrösse m2	Quellbereich m2	Quellschüttung
O1.1	1	2	0	98	22	98	17	27.8	6.7	0.44	2.3	19.4	8.3	20	60	0.01
O1.2	1	0	50	50	2	100	10	36.4	6.7	5.83	2.38	20.6	9.7	20	60	0.01
O2.1	1	0	0	100	2	54	9	38.8	7.07	1.61	473	27.9	7.5	10	20	0.05
O2.2	1	0	0	100	0	62	13	51.8	zu wenig Wasser	zu wenig Wasser	zu wenig Wasser	zu wenig Wasser	7.5	10	20	0.05
O2.3	1	0	0	100	5	42	11	46	7.46	2.51	385	31.6	11.5	10	20	0.05
T1.1	3	70	15	15	10	100	26	11.4	7.55	8.58	605	10.4	1.4	2	20	0.1
T1.2	3	65	10	25	10	5	20	8.8	7.79	7.57	518	12.1	2.8	2	20	0.1
T1.3	3	65	25	10	25	27	22	26.2	7.46	9.79	621	10.1	1.8	2	20	0.1
T2.1	4	30	50	20	10	46	22	9.6	7.72	9.42	508	10.7	0	5	10	0.1
T2.2	4	50	20	30	15	41	11	4.6	8	9.49	493	12.9	0.3	5	10	0.1
T2.3	6	50	40	10	5	62	11	12.8	8.22	9.37	399	14	0	5	10	0.1
T3.1	5	70	10	20	50	2	13	2.6	8.23	9.03	487	13.6	0.2	5	20	0.1
T3.2	5	80	0	20	20	3	17	17.4	8.11	9.46	549	11.9	0.1	5	20	0.1
T3.3	6	50	0	50	20	74	32	3.8	8.31	9.27	466	14.3	0	5	20	0.1
T4.1	3	90	10	0	50	129	38	18.2	8.05	8.2	355	18.6	2.7	10	50	0.1
T4.2	3	90	5	5	75	135	30	10.6	8.06	9.29	430	13.1	1.3	10	50	0.1
T4.3	3	90	10	0	5	55	29	17.4	8.12	9.97	455	12	1.3	10	50	0.1
T5.1	6	90	10	0	70	4	32	9.4	8.12	9.39	516	15.2	0.1	15	30	0.1
T5.2	3	100	0	0	30	23	15	10.2	8.46	8.3	297	17.3	0.2	15	30	0.1
T5.3	6	100	0	0	40	11	6	16.8	8.24	2.24	328	16.9	0	15	30	0.1
T7.1	4	95	0	5	30	47	19	6.8	7.45	8.26	412	16.4	0.5	30	70	1
T7.2	4	95	5	0	20	52	25	4	7.61	8.25	498	16.8	0.5	30	70	1
T7.3	3	90	10	0	20	98	22	7	7.23	8.31	456	18	0.5	30	70	1
T8.1	4	90	5	5	25	43	28	4.4	7.59	9.1	517	7.9	0.6	5	30	0.1
T8.2	4	25	50	25	30	4	9	4	7.82	9.02	478	8.2	0.3	5	30	0.1
T8.3	3	40	40	20	45	24	15	1	7.67	9.27	529	8.7	0.1	5	30	0.1
T9.1	6	80	10	10	20	54	45	6.2	7.1	10.57	610	9	0.8	40	50	0.5
T9.2	4	90	5	5	15	5	31	7.8	7.1	10.64	609	9.2	0.7	40	50	0.5
T9.3	4	95	5	0	5	3	20	11.8	7.14	9.8	608	9.4	0.4	40	50	0.5
T10.1	6	70	20	10	70	8	30	3.8	7.01	5.45	492	17.3	0.1	20	80	0.1
T10.2	6	75	15	10	5	55	26	6	zu wenig Wasser	zu wenig Wasser	zu wenig Wasser	zu wenig Wasser	0	20	80	0.1
T10.3	6	30	20	50	25	7	26	6.8	6.9	7.09	589	14.8	0	20	80	0.1
W1.1	4	85	5	10	40	32	9	22.4	7.47	4.7	528	17.5	0.3	50	70	0.1
W1.2	4	10	40	50	60	45	7	25.8	7.57	3.39	517	18.3	0	50	70	0.1
W1.3	4	20	20	60	10	41	19	16.4	7.89	6.02	512	18.8	0	50	70	0.1
W2.1	4	20	0	80	30	39	24	14	7.37	3.52	408	18.1	0.1	10	50	0.1
W2.2	4	10	70	20	50	115	17	20.2	7.87	6.47	450	17	0.3	10	50	0.1
W2.3	4	10	40	50	60	65	10	14	7.63	4.06	373	17.8	0.2	10	50	0.1
W3.1	2	2	20	78	50	83	9	24	7.09	2.63	855	20.5	1.2	10	12	0
W3.2	2	10	10	80	10	26	15	12.4	7.3	4.02	859	21.2	1.2	10	12	0
W3.3	2	10	10	80	80	81	9	37.6	7.21	3.4	802	25.1	1.2	10	12	0
W4.1	5	5	0	95	20	22	21	27.6	7.22	7.7	507	12.6	0.2	5	10	0.01
W4.2	5	0	0	100	15	34	13	42.6	7.84	6.98	503	13.1	0.2	5	10	0.01
W4.3	5	0	0	100	10	17	5	31.6	zu wenig Wasser	zu wenig Wasser	zu wenig Wasser	zu wenig Wasser	0.2	5	10	0.01
W5.1	5	0	0	100	40	19	18	16.6	7.9	8.74	592	13.8	0.2	3	14	0.01
W5.2	6	70	10	20	20	2	32	3.8	9.97	9.87	579	14	0.3	3	14	0.01
W5.3	6	40	40	20	5	10	41	16.4	7.99	9.42	567	13	0.1	3	14	0.01
W6.1	6	5	50	45	20	53	9	29	6.94	4.76	589	16	0.7	20	50	0.1
W6.2	6	0	20	80	25	25	4	64.2	7.02	5.52	572	16.5	0.6	20	50	0.1
W6.3	6	0	5	95	10	52	18	66.6	7.15	4.92	541	16.9	0.6	20	50	0.1
W7.1	6	90	0	10	20	56	20	19.4	7.17	6.53	1763	15.3	0.4	5	10	0.2
W7.2	6	80	0	20	30	58	35	17.2	7.22	4.32	1407	15.2	0.3	5	10	0.2
W7.3	6	50	0	50	15	64	37	10.8	7.04	8.26	1745	15.1	0.4	5	10	0.2
W8.1	6	85	10	5	10	23	21	17.4	6.83	9.44	536	13.6	0.8	10	60	0.5
W8.2	6	0	0	100	50	18	5	35.8	6.2	0.25	363	16.6	1.2	10	60	0.5
W8.3	4	0	0	100	60	28	5	45.4	6.25	2.92	397	17.4	1.2	10	60	0.5
W9.1	4	40	0	60	2	163	37	29.8	zu wenig Wasser	zu wenig Wasser	zu wenig Wasser	zu wenig Wasser	0.6	2	10	0.1
W9.2	6	20	0	80	10	115	13	30.6	6.6	7.64	2086	14.5	1	2	10	0.1
W9.3	4	50	0	50	20	57	38	13.2	6.74	7.29	2044	17.2	2.5	2	10	0.1

Anhang 2 – Stetigkeitstabelle

Einheit	Schicht	Häufigkeit	1	2	3	4	5	6
Anzahl Plots		[%]	5	3	9	17	6	19
Gesamtdeckung der Vegetation [%]			73	30	84	74	87	86
Mittlere Artenzahl in 1 m ²			18	12	14	13	11	13
Diagnostische Arten Einheit 1								
<i>Juncus articulatus</i> aggr.	K	7	80**	.	.	.	.	.
<i>Caliergonella cuspidata</i>	M	8	80**	.	.	.	.	5
<i>Carex flacca</i>	K	15	100**	.	33	6	.	.
<i>Juncus cf. bulbosus</i>	K	5	60**	.	.	.	.	.
<i>Juncus inflexus</i>	K	5	60**	.	.	.	.	.
<i>Molinia caerulea</i>	K	5	60**	.	.	.	.	.
<i>Arrhenatherum elatius</i>	K	7	60**	.	11	.	.	.
<i>Ajuga reptans</i>	K	8	60**	.	.	6	.	5
<i>Campylium stellatum</i>	M	3	40**	.	.	.	.	.
<i>Tussilago farfara</i>	K	3	40**	.	.	.	.	.
<i>Potentilla reptans</i>	K	3	40**	.	.	.	.	.
<i>Plantago lanceolata</i> aggr.	K	3	40**	.	.	.	.	.
<i>Festuca arundinacea</i>	K	3	40**	.	.	.	.	.
<i>Holcus lanatus</i>	K	3	40**	.	.	.	.	.
Diagnostische Arten Einheit 2								
<i>Cardamine flexuosa</i>	K	10	.	100**	.	12	.	5
<i>Glyceria notata</i>	K	14	.	100**	.	29	.	.
<i>Juncus conglomeratus</i>	K	3	.	67**	.	.	.	.
<i>Carex nigra</i>	K	3	.	67**	.	.	.	.
<i>Veronica beccabunga</i>	K	20	.	100**	.	47	.	5
<i>Pohlia melanodon</i>	M	12	.	67**	.	18	.	11
<i>Equisetum telmateia</i>	K	10	.	67**	.	18	17	.
<i>Epilobium parviflorum</i>	K	8	40	67**	.	6	.	.
<i>Carex spec.</i>	K	2	.	33*	.	.	.	.
<i>Epilobium montanum</i>	K	2	.	33*	.	.	.	.
Diagnostische Arten Einheit 3								
<i>Bryum pseudotriquetrum</i>	M	20	.	33	78**	12	.	11
<i>Brachypodium sylvaticum</i>	K	29	.	.	78**	47	.	11
<i>Cf. Cerastium fontanum</i>	K	5	.	.	33*	.	.	.
Diagnostische Arten Einheit 4								
<i>Cratoneuron filicinum</i>	M	27	40	.	11	76**	.	.
Diagnostische Arten Einheit 5								
<i>Fagus sylvatica</i>	S	20	.	.	.	.	83**	42
<i>Abies alba</i> Mil	B	10	.	.	11	.	67**	5
<i>Corylus avellana</i>	S	10	.	.	22	.	67**	.
Diagnostische Arten Einheit 6								
-								
Begleitarten								
<i>Brachythecium rivulare</i>	M	56	.	33	33	76*	.	84*
<i>Oxalis acetosella</i>	K	14	.	.	.	6	17	37*
<i>Pellia endiviifolia</i>	M	32	.	.	11	47*	.	53*

<i>Veronica montana</i>	K	5	.	.	.	.	.	16*
<i>cf. Pedinophyllum interruptum</i>	M	5	.	.	.	.	.	16*
<i>Circaea lutetiana</i>	K	12	.	.	.	12	.	26*
<i>Primula elatior</i>	K	8	.	.	.	6	.	21*
<i>Dryopteris filix-mas</i>	K	8	.	.	.	6	.	21*
<i>Oxyrrhynchium cf. hians</i>	M	8	.	.	.	.	17	26*
<i>Fagus sylvatica</i>	B	44	.	.	22	47	67*	68*
<i>Carex pendula</i>	K	22	.	33	.	24	.	42*
<i>Picea abies</i>	B	7	.	.	.	6	.	16*
<i>Acer pseudoplatanus</i>	S	7	.	.	.	6	.	16*
<i>Eucladium verticillatum</i>	M	20	.	.	.	56*	.	.
<i>Fraxinus excelsior</i>	K	31	.	20	.	22	12	67*
<i>Plagiomnium undulatum</i>	M	17	.	.	.	22	12	17
<i>Glechoma hederacea</i>	K	5	.	.	.	.	6	.
<i>Rhizomnium punctatum</i>	M	5	.	.	.	.	6	.
<i>Apiaceae spec.</i>	K	2	.	.	.	.	.	.
<i>Asplenium viride Huds.</i>	K	2	.	.	.	.	.	.
<i>Carex cf. flava aggr.</i>	K	2	.	.	.	.	.	.
<i>Eurhynchium striatum</i>	M	2	.	.	.	.	.	.
<i>Ilex aquifolium</i>	K	2	.	.	.	.	.	.
<i>Mnium stellare</i>	M	2	.	.	.	.	.	.
<i>Sambucus ebulus</i>	K	2	.	.	.	.	.	.
<i>Thuidium tamariscinum</i>	M	2	.	.	.	.	.	.
<i>Brachythecium spec.</i>	M	2	.	.	.	.	.	.
<i>Bryum spec.</i>	M	2	.	.	.	.	.	.
<i>Didymodon tophaceus</i>	M	2	.	.	.	.	.	.
<i>Didymodon spadiceus</i>	M	7	.	.	.	.	.	17
<i>Galium odoratum</i>	K	7	.	.	.	.	.	17
<i>Aneura pinguis</i>	M	34	.	.	33	56*	29	.
<i>Rubus caesius</i>	K	12	.	20	.	.	12	.
<i>Acer platanoides</i>	B	5	.	.	.	11	.	.
<i>Fraxinus excelsior</i>	B	17	.	.	.	11	18	33
<i>Hedera helix</i>	K	42	.	.	.	67*	35	67*
<i>Solanum dulcamara</i>	K	3	.	.	.	.	6	.
<i>Ctenidium molluscum</i>	M	5	.	20*	.	.	.	.
<i>Fagus sylvatica</i>	K	32	.	.	67*	11	12	83*
<i>Oxyrrhynchium hians</i>	M	17	.	20	.	.	24	17
<i>Carex sylvatica</i>	K	14	.	.	.	.	12	50*
<i>Lamium cf. galeobdolon</i>	K	31	.	.	.	33	29	67*
<i>Acer pseudoplatanus</i>	B	39	.	.	.	44	47	67*
<i>Polystichum aculeatum</i>	K	5	.	.	.	11	.	17
<i>Fissidens adianthoides</i>	M	3	.	.	.	11	.	.
<i>Lonicera xylosteum</i>	K	3	.	.	.	11	.	.
<i>Epilobium roseum</i>	K	12	.	.	33*	.	18	.
<i>Phyllitis scolopendrium</i>	K	5	.	.	.	.	12	.
<i>Agrostis stolonifera</i>	K	8	.	20	.	.	12	.
<i>Corylus avellana</i>	B	8	.	.	.	33*	.	.
<i>Deschampsia cespitosa</i>	K	12	.	.	.	11	24	.
<i>Anemone nemorosa</i>	K	2	.	.	.	.	.	17*

<i>Ranunculus repens</i>	K	2	.	.	.	.	17*
<i>Sambucus nigra</i>	S	5	.	.	11	6	.
<i>Equisetum arvense</i>	K	7	40*	.	.	.	.
<i>Palustriella commutata</i>	M	68	60	33	89	82	33
<i>Ranunculus tuberosus</i> aggr.	K	3	20*	.	.	.	.
<i>Allium ursinum</i>	K	8	.	.	.	24*	.
<i>Abies alba</i>	K	7	.	.	33*	.	.
<i>Hedera helix</i>	B	5	.	.	22	.	17
<i>Caltha palustris</i>	K	2	.	.	.	6	.
Keimling 2	K	2	.	.	.	6	.
Keimling 3	K	2	.	.	.	6	.
Cf. <i>Lamium galeobdolon</i>	K	2	.	.	.	6	.
Cf. <i>Myosotis sylvatica</i>	K	2	.	.	.	6	.
<i>Ranunculus spec.</i>	K	2	.	.	.	6	.
<i>Rumex obtusifolius</i>	K	2	.	.	.	6	.
<i>Pohlia cf. wahlenbergii</i>	M	2	.	.	.	6	.
<i>Brachythecium rutabulum</i>	M	8	40*	.	.	.	33
<i>Abies alba</i>	S	5	.	.	11	.	33*
<i>Aconitum lycoctonum</i>	K	2	.	.	11*	.	.
<i>Asarum europaeum</i>	K	2	.	.	11*	.	.
Keimling 1	K	2	.	.	11*	.	.
<i>Neckera complanata</i>	M	2	.	.	11*	.	.
<i>Rubus fruticosus</i> aggr.	K	2	.	.	11*	.	.
<i>Sorbus aria</i>	B	2	.	.	11*	.	.
Cf. <i>Tomentypnum nitens</i>	M	2	.	.	11*	.	.
<i>Viburnum opulus</i>	S	2	.	.	11*	.	.
<i>Fissidens cf. dubius</i>	M	2	.	.	11*	.	.
<i>Ilex aquifolium</i>	S	2	.	.	11*	.	.
<i>Plagiomnium affine</i> aggr.	M	7	.	33*	11	6	.
<i>Festuca gigantea</i>	K	3	.	.	.	12*	.
<i>Impatiens noli-tangere</i>	K	3	.	.	.	12*	.
<i>Impatiens parviflora</i>	K	3	.	.	.	12*	.
<i>Petasites hybridus</i>	K	3	.	.	.	12*	.
<i>Sonchus oleraceus</i> aggr.	K	3	.	.	.	12*	.
<i>Fraxinus excelsior</i>	S	3	.	.	.	12*	.
<i>Rubus spec.</i>	K	7	.	33*	22	.	.
<i>Didymodon sinuosus</i>	M	2	.	.	.	.	17*
<i>Corylus avellana</i>	K	2	.	.	.	.	17*
<i>Daphne mezereum</i>	K	2	.	.	.	.	17*
<i>Picea abies</i>	S	2	.	.	.	.	17*
<i>Viburnum lantana</i>	K	2	.	.	.	.	17*
<i>Acer campestre</i>	B	3	.	.	11	6	.
<i>Taxus baccata</i>	B	3	.	.	11	6	.
<i>Lonicera xylosteum</i>	S	3	.	.	11	6	.
<i>Fragaria vesca</i>	K	3	.	.	11	6	.
<i>Ulmus glabra</i>	B	5	.	.	.	18*	.
<i>Valeriana officinalis</i> subsp. <i>Officinalis</i>	K	5	.	.	.	18*	.
<i>Geranium robertianum</i> subsp. <i>Robertianum</i>	K	36	.	33	56	65*	.
<i>Agrostis capillaris</i> aggr.	K	2	20*	.	.	.	.

<i>Campylium spec.</i>	M	2	20*	.	.	.	.
<i>Carex cf. pairae</i>	K	2	20*	.	.	.	.
<i>Festuca rubra</i>	K	2	20*	.	.	.	.
<i>Lolium perenne</i>	K	2	20*	.	.	.	.
<i>Medicago lupulina</i>	K	2	20*	.	.	.	.
<i>Mentha aquatica</i>	K	2	20*	.	.	.	.
<i>Pulicaria dysenterica</i>	K	2	20*	.	.	.	.
<i>Vicia cracca</i>	K	2	20*	.	.	.	.
<i>Amblystegiaceae spec.</i>	M	2	20*	.	.	.	.
<i>Aquilegia vulgaris</i>	K	2	20*	.	.	.	.
<i>Briza media</i>	K	2	20*	.	.	.	.
<i>Calliergon spec.</i>	M	2	20*	.	.	.	.
<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>	M	2	20*	.	.	.	.
<i>Achillea millefolium</i>	K	2	20*	.	.	.	.
<i>Centaurea jacea</i>	K	2	20*	.	.	.	.
<i>Geum cf. urbanum aggr.</i>	K	2	20*	.	.	.	.
<i>Prunella vulgaris</i>	K	2	20*	.	.	.	.
<i>Rubus corylifolius aggr.</i>	K	2	20*	.	.	.	.
<i>Cirsium palustre</i>	K	2	20*	.	.	.	.
<i>Anthoxanthum odoratum aggr.</i>	K	2	20*	.	.	.	.
<i>Aegopodium podagraria</i>	K	3	.	.	22*	.	.
<i>Cornus sanguinea</i>	K	3	.	.	22*	.	.
<i>Mycelis muralis</i>	K	3	.	.	22*	.	.
<i>Salix caprea</i>	B	3	.	.	22*	.	.
<i>Ligustrum vulgare</i>	K	3	.	.	22*	.	.
<i>Euonymus europaeus</i>	S	3	.	.	22*	.	.
<i>Petasites albus</i>	K	3	.	.	22*	.	.
<i>Rosa spec.</i>	K	7	.	.	.	24*	.
<i>Tilia platyphyllos</i>	B	5	.	.	22*	6	.
<i>Poa trivialis</i>	K	7	20	.	.	18	.
<i>Rumex acetosa</i>	K	3	.	33*	.	6	.
<i>Dicranella cf. varia</i>	M	5	.	33*	.	12	.
<i>Acer pseudoplatanus</i>	K	25	80*	33	.	24	50
<i>Eupatorium cannabinum</i>	K	19	20	.	44*	29	.
<i>Taraxacum officinale aggr.</i>	K	3	20	33*	.	.	.
<i>Ulmus spec.</i>	K	-12	20	.	22	12	.
<i>Brachythecium glareosum</i>	M	8	20	.	11	6	33*
<i>Carex remota</i>	K	8	20	33*	.	18	.
<i>Hypnum cupressiforme</i>	M	15	20	.	11	18	67*
<i>Vicia sepium</i>	K	18	21	.	.	18	.
<i>Viola hirta</i>	K	21	.	33*	.	6	.
<i>Viola reichenbachiana</i>	K	24	.	33*	.	12	.