



Hochschule Anhalt

Anhalt University of Applied Sciences

Fachbereich Landwirtschaft,
Ökotoxikologie und
Landschaftsentwicklung

Bachelorarbeit

Untersuchungen von Makrozoobenthos an Kalktuffquellen im Eichsfeld (Thüringen)



vorgelegt von: Sarah Müller
(Matr.-Nr.: 4063842)

geboren am: 01.01.1996

Studiengang: Naturschutz und Landschaftsplanung (B. Sc.)

1. Gutachter: Prof. Dr. Erik Arndt

2. Gutachter: Dipl.-Biologe Arne Willenberg

Abgabe am: 27.02.2020

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich zunächst Prof. Dr. Erik Arndt für die Vergabe dieses interessanten Themas und die fachliche Betreuung danken. Auch gilt mein Dank Arne Willenberg vom Naturpark Eichsfeld-Hainich-Werratal, der stets mit Ratschlägen und wertvollen Informationen zum Gelingen dieser Arbeit beitrug sowie aussagekräftiges Bildmaterial zur Verfügung stellte.

Des Weiteren möchte ich mich bei Antje Ehrle von der Natura 2000-Station Unstrut-Hainich/Eichsfeld für ihre Unterstützung und informativen Erläuterungen bedanken sowie bei Jella Schnirch, die bei den den Beprobungen sowie Vorbestimmungen der erfassten Taxa eine Hilfe war.

Mein besonderer Dank gilt auch den externen Determinierern, die mit der Bestimmung und Nachkontrolle verschiedener Taxa maßgeblich die Ausführungen dieser Arbeit ermöglicht haben: Claus Orendt, Helke Gröger-Arndt, Ulrich Bössneck, Dirk Mattern, Dirk Böhme und Michael Seifert.

Vielen Dank!

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	6
Tabellenverzeichnis.....	7
Abkürzungsverzeichnis.....	7
1 Einleitung.....	9
1.1 Einführung zum Thema.....	9
1.2 Zielstellung.....	10
2 Lebensraum Kalktuffquelle.....	11
3 Untersuchungsgebiet und untersuchte Gewässerabschnitte.....	14
3.1 Geographische Lage, naturräumliche Einordnung und Flächennutzung.....	14
3.2 Geologie und Böden.....	15
3.3 Klima.....	15
3.4 Hydrologie.....	16
3.5 Schutzgebiete.....	16
3.6 Untersuchte Gewässerabschnitte.....	16
4 Methodik.....	27
4.1 Untersuchungsdesign.....	27
4.2 Determination.....	29
4.3 Physikalisch-chemische Parameter.....	29
4.4 Auswertung.....	29
5 Ergebnisse.....	31
6 Diskussion.....	34
6.1 Methodendiskussion.....	34
6.2 Ergebnisdiskussion.....	34
6.2.1 Autökologische Einschätzung.....	34
6.2.2 Makrobenthische Gesellschaft im Vergleich.....	44
6.2.3 Fazit und Ausblick.....	47
7 Zusammenfassung.....	49
8 Literaturverzeichnis.....	51
8.1 Literaturquellen.....	51
8.2 Internetquellen.....	56
9 Anhang.....	59
10 Selbstständigkeitserklärung.....	61

Abbildungsverzeichnis

Alle Fotos stellen Aufnahmen des Autors dar, sofern nicht anders erwähnt.

Titelblatt:

Hochschule Anhalt Logo

Quelle:

<https://www.hs->

[anhalt.de/fileadmin/Dateien/Presse/Medienvertreter/Logo/Logo_HSA_a_o_Standorte.pdf](https://www.hs-anhalt.de/fileadmin/Dateien/Presse/Medienvertreter/Logo/Logo_HSA_a_o_Standorte.pdf)

(abgerufen am: 21.11.2019)

Foto links - Saugraben Nebenquelle

Foto mitte - *Niphargus schellenbergi*; Foto: A. Willenberg

Foto untere mitte - *Crenobia alpina*; Foto: A. Willenberg

Foto rechts - Grießbach 2. Nebenquelle

Abb. 1: Krenalbereich einer Kalktuffquelle	11
Abb. 2: Krenophile Steinfliegenlarve der Gattung <i>Nemoura</i> (Foto: A. Willenberg).....	11
Abb. 3: Kalktuffbildung auf Moospolstern eines abfließenden Baches	12
Abb. 4: <i>Palustriella commutata</i> (Foto: J. Schnirch)	12
Abb. 5: Übersichtskarte des Freistaates Thüringen, rot markiert das Gebiet des Eichsfeldes, rot gestrichelt das Areal der untersuchten Quellgewässer (Kartengrundlage: ESRI World Topographic Map)	14
Abb. 6: Geologische Übersichtskarte des Landkreises Eichsfeld (angepasste Darstellung über QGIS 2.18.19; verwendetes Kartenwerk: GÜK800Th; © 2019 Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz; Lizenz: dl-de/by-2-0, Lizenztext unter www.govdata.de/dl-de/by-2-0).....	15
Abb. 7: Räumliche Lage der Quellen im Landkreis Eichsfeld; orange – in die Auswertung eingehende Quellen; blau –von der Auswertung ausgeschlossene Quelle (Kartengrundlage: ESRI World Imagery)	17
Abb. 8: Hauptquelle des Grießbaches (Foto: J. Schnirch)	18
Abb. 9: Erste Nebenquelle des Grießbaches (Foto: J. Schnirch)	19
Abb. 10: Zweite Nebenquelle des Grießbaches	20
Abb. 11: Krenalbereich der Nebenquelle „Rosoppe“ (Foto: J. Schnirch)	21
Abb. 12: Krenalbereich der Hauptquelle des Saugrabens.....	22
Abb. 13: Oben links: Quellbereich mit abfließendem Bach, oben rechts: Oberste Wasseraustrittsstelle (Foto: J. Schnirch), Unten links: Unterhalb der Laubschicht hervortretendes Grundwasser (Foto: J. Schnirch), Unten rechts: Sinterterassen des abgeleiteten Baches	23
Abb. 14: Oben links: Umfeld der Helokrene Mackenrode, Oben rechts: Abfließender Bach mit Wildschweinsuhle, Unten links: Morastiger Bereich, Unten rechts: Grundwasseraustritt	24
Abb. 15: Trockengefallene Sohle	25
Abb. 16: Krenalbereich des Kümmelgrabens	25
Abb. 17: Kanonenbahn-Radweg mit Küllstedter Tunnel	26
Abb. 18: Verrohrter Quellbach parallel zum Radweg	26
Abb. 19: Krenalnähste offene Wasserstelle vor dem Küllstedter Tunnel	26
Abb. 20: <i>Crenobia alpina</i> (Foto: A. Willenberg)	34

Abb. 21: <i>Dugesia gonocephala</i> (Foto: A. Willenberg)	35
Abb. 22: <i>Pisidium personatum</i> (Foto: A. Willenberg)	36
Abb. 23: <i>Gammarus pulex</i> (Foto: A. Willenberg)	37
Abb. 24: <i>Niphargus schellenbergi</i> (Foto: A. Willenberg)	37
Abb. 25: <i>Baetis rhodani</i> (Foto: A. Willenberg).....	38
Abb. 26: Cordulegaster bidentata am 23.06.2018 (Foto: E. Arndt)	38
Abb. 27: <i>Pyrrhosoma nymphula</i> (Foto: J. Schnirch)	39
Abb. 28: <i>Isoperla</i> sp. (Foto: A. Willenberg)	39
Abb. 29: <i>Gerris thoraicus</i> (Foto: A. Willenberg)	40
Abb. 31: <i>Sialis fuliginosa</i> (Foto: A. Willenberg)	40
Abb. 32: <i>Agabus</i> sp. (Foto: A. Willenberg)	40
Abb. 33: <i>Plectrocnemia conspersa</i> (Foto: A. Willenberg).....	41
Abb. 34: <i>Oxycera</i> sp. (Foto: A. Willenberg)	42

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Zeitlicher Überblick der Probenahmen	27
Tab. 2: Auflistung aller festgestellten Taxa, rot = krenobiont, grau = krenophil, Ad. = Adult; Aktueller Gefährdungsstatus nach Rote Liste Deutschland, Thüringen (RL D/ TH).....	31
Tab. 3: Übersichtstabelle der Individuenzahlen der nachgewiesenen Taxa getrennt nach Quellgewässer und Erfassungsjahr.....	32
Tab. 4: Erfasste Taxa der Rheokrene Hübental vom 15.05.2019	59

Abkürzungsverzeichnis

ENL-Projekt	-	Förderinitiative Ländliche Entwicklung in Thüringen, Programm „Entwicklung von Natur und Landschaft“
KTQ	-	Kalktuffquelle
LRTs	-	Lebensraumtypen nach Anhang I der FFH-RL
MW	-	Maschenweite
Naturpark EHW	-	Naturpark Eichsfeld-Hainich-Werratal
SAC-Gebiete	-	Special Area of Conservation

1 Einleitung

1.1 Einführung zum Thema

Mit der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (Richtlinie 92/43/EWG des Europäischen Rates vom 21. Mai 1992) und ursprünglichen Vogelschutzrichtlinie (Richtlinie 79/409/EWG), aufgehoben durch 2009/147/EG entstand die Grundlage für das europäische kohärente Schutzgebietssystem „NATURA 2000“. Hintergrund für die Entstehung dieses zusammenhängenden Netzes war der enorme Biodiversitätsrückgang durch anthropogene Schädwirkungen in den vorangegangenen beiden Jahrhunderten, welcher Handlungsbedarf bot (EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2004).

Dabei begründet sich die Schutzwürdigkeit der Biodiversität in ihrer Komplexität und Mannigfaltigkeit, da sie ein eng verwobenes Netz aus zahlreichen Verflechtungen und Abhängigkeiten darstellt (BfN, o.J.a), welches es zu bewahren gilt. Diese Komplexität zeigt sich vor allem in der gegenseitigen Einflussnahme und den diversen Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Bestandteilen der biologischen Vielfalt, welche sich aus genetischer Vielfalt, Artenvielfalt sowie Ökosystemvielfalt zusammensetzt. Im Rahmen der europäischen Naturschutzpolitik finden alle drei Bestandteile Beachtung. Vordergründig äußert sich das in der Zielstellung und den Schutzgegenständen der FFH-Richtlinie. Denn nach Artikel 2 der Richtlinie ist das primäre Ziel die Sicherung und der Schutz der europäischen Artenvielfalt durch Erhaltung natürlicher Lebensräume sowie der wildlebenden Tier- und Pflanzenarten. Weitergehend soll eine europaweite Vernetzung dieser Lebensräume erfolgen, um ökologische Wechselbeziehungen und natürliche Ausbreitungs- und Wiederbesiedlungsprozesse zu fördern (FAUNA-FLORA-HABITAT-RICHTLINIE.DE, o.J.) Grundlage dafür bilden die Schutzgegenstände der Anhänge I und II der FFH-RL (Lebensraumtypen sowie Tier- und Pflanzenarten von gemeinschaftlichem Interesse), für deren Erhaltung besondere Schutzgebiete (SAC-Gebiete) im europäischen Netzwerk NATURA 2000 ausgewiesen werden müssen. In den Anhängen befinden sich insgesamt 231 Lebensraumtypen und über 1000 Tier- und Pflanzenarten, welche aufgrund ihrer europaweiten Gefährdung und Verbreitung von gemeinschaftlicher Bedeutung sind (BfN, o.J.b).

In Deutschland findet man 93 Lebensraumtypen vor, deren Vorkommen sich unter anderem auf über 4500 FFH-Gebiete im Bundesgebiet verteilt (DEUTSCHLANDS NATUR, 2019). Unter den LRTs befinden sich mehrere prioritäre LRTs, deren Erhalt aufgrund ihrer geringen natürlichen Ausdehnung im europäischen Gebiet besonderer Verantwortung zukommt. Dazu zählt der LRT 7220* der „Kalktuffquellen (Cratoneurion)“, welchem aufgrund seines kleinflächigen und EU-weit seltenen Vorkommens die besonders hohe Verantwortung der Mitgliedsstaaten zuteil wird (ELLMAUER, 2005). In Deutschland ist der Lebensraumtyp überwiegend in kalkhaltigen Bereichen der Mittelgebirge, im Nordostdeutschen Tiefland sowie im Alpenvorland vorzufinden. Er definiert sich als „Sicker-, Sturz- oder Tümpelquellen mit kalkhaltigem Wasser und Ausfällungen von Kalksinter (Kalktuff) in unmittelbarer Umgebung des Quellwasseraustritts im Wald oder im Freiland. Häufig sind kalkverkrustete Moosüberzüge des

Cratoneurion. Eingeschlossen sind auch Quellbäche, soweit Kalktuffbildungen vorliegen“ (BfN, 2012). Des Weiteren obliegt dieser Quellentyp in Deutschland als Biotop von besonderer Bedeutung dem Schutz des §30 BNatSchG, der primär Handlungen verbietet, „die zu einer Zerstörung oder einer sonstigen erheblichen Beeinträchtigung (...)“ der im Paragraphen genannten Biotope, bspw. Quellbereiche, führen können.

1.2 Zielstellung

Dieser Quellentyp ist hydrochemisch als auch vegetationskundlich deutlich charakterisiert, während für die Fauna bisher nur wenige Untersuchungen vorliegen (BÜSCHER & MARTIN, 2016). Als Anhaltspunkte können unter anderem die Beschreibungen aus dem Baumbergegebiet durch BEYER (1932), aus dem Schweizer Jura und Mittelland durch ZOLLHÖFER (1997), ZOLLHÖFER et al. (2000), aus der Fränkischen Alb durch FOECKLER & SCHMIDT (2007) und teils aus Schleswig-Holstein durch MARTIN & WISCHNIOWSKY, (2014) dienen. BEYER (1932, S. 140) kommt dabei zu dem Schluss, dass der hohe Kalkgehalt des Wassers neben dem Fehlen von Arten auch zu einer „maximalen Entwicklung von calcophilen und dem Auftreten calcobionter Arten“ beiträgt. ZOLLHÖFER (1997) äußert infolge seiner Untersuchungen ebenfalls eine Verarmung der Fauna sowie teils MARTIN & WISCHNIOWSKY (2014) bei vergleichenden Untersuchungen zwischen Kalktuffquellen (KTQ) und Nicht-KTQ in Schleswig-Holstein. Dem gegenüber führten FOECKLER & SCHMIDT (2007) in Bayern an zahlreichen KTQ Untersuchungen durch und konnten in deren Ergebnis je Quelle im Schnitt 24 Taxa erfassen.

Mit der hier vorliegenden Bachelorarbeit soll ein weiterer faunistischer Beitrag geschaffen werden, um die Besiedlung von KTQ näher zu beschreiben. Sie beinhaltet erstmalige MZB-Erfassungen von Thüringer Kalktuffquellen und soll im Ergebnis einen faunistischen Überblick für diese Gewässer schaffen. Dabei soll folgenden Forschungsfragen nachgegangen werden: Wie setzt sich die Quellzooönose in den untersuchten KTQ zusammen? Welche Gemeinsamkeiten aber auch Unterschiede treten in der Quellzooönose im Vergleich zu anderen KTQ- sowie Nicht-KTQ-Untersuchungen auf? Dazu wurden acht verschiedene Kalktuffquellstandorte und -typen im Thüringer Landkreis Eichsfeld betrachtet. Zusätzlich erfolgte eine Entnahme von Wasserproben, um die hydrochemischen Parameter der Quellgewässer analysieren zu können. Die Beprobungen und Ausarbeitungen im Rahmen dieser Arbeit fanden in Zusammenarbeit mit Mitarbeitern der Natura 2000-Station Unstrut-Hainich/ Eichsfeld und des Naturparks Eichsfeld-Hainich-Werratal (EHW) statt. Die Wildtierland Hainich gGmbH ist dabei Träger der Natura 2000-Station sowie des im Untersuchungsgebiet durchgeführten ENL-Projektes „Optimierung von Kalktuffquellen auf den Muschelkalkplatten in West- und Nordthüringen“, welches durch die Kooperationspartner Naturpark EHW und ThüringenForst Unterstützung erfährt. Ziel des ENL-Projektes ist die flächendeckende Erfassung und Bewertung von KTQ im Projektgebiet sowie die Entwicklung eines Maßnahmenkataloges, welcher für die Aufwertung oder Renaturierung der Quellen genutzt werden soll. Im Rahmen des Projektes wurden über 90 Kalktuffquellen hinsichtlich ihres Vorkommens und Zustandes erfasst. An einigen dieser Quellgewässer fanden bereits teils faunistische Beprobungen statt.

2 Lebensraum Kalktuffquelle

Ihrer symbolischen Bedeutung nach werden Quellen oft mit dem „Ursprung“ oder der „Geburt“ gleichgestellt (KUPTZ-KLIMPEL, 2015) und in der Tat stellen sie den Ausgangspunkt oberirdisch fließender Gewässer dar. Vordergründig handelt es sich bei Quellen (Abb. 1) jedoch um ein verbindendes Biotop (Ökoton), das den Übergangsbereich zwischen Grund- und Oberflächenwasser darstellt. Diese Verbindungsstelle zweier Lebensräume begründet die hohe Anzahl von wechselwirkenden Faktoren auf den Krenalbereich, welcher sowohl von den relativ stabilen Eigenschaften des Grundwassers als auch von den vielfältig auf ein Fließgewässer einwirkenden Außenfaktoren bestimmt wird (MARTIN et. al, 2015).



Abb. 1: Krenalbereich einer Kalktuffquelle



Abb. 2: Krenophile Steinfliegenlarve der Gattung *Nemoura* (Foto: A. Willenberg)

Infolgedessen ergeben sich je nach Gebiet und Quellentyp vielfältige Lebensraumbedingungen, welche über die Zusammensetzung der vorkommenden Flora und Fauna entscheiden (ebd.). Allgemein setzt sich die Quellfauna unter anderem aus folgenden Taxa zusammen: Turbellaria, Nematoda, Gastropoda, Oligochaeta, Bivalvia, Crustacea, Diptera, Trichoptera, Ephemeroptera, Plecoptera (Abb. 2), Coleoptera und Odonata (ebd.). Beachtenswert ist dabei die faunistische Besiedlungszonation einer Quelle in ihrer Längszonierung, welche durch die Lebensräume Stygal, Land/ Wasser-Ökoton, Krenal und Rhithral bestimmt wird (ZOLLHÖFER, 1997). Infolgedessen kann sich die Quellfauna letztlich aus Arten all dieser Lebensräume zusammensetzen. Somit können neben den spezialisierten Krenobionten im Quellbereich auch Stygobionten vorkommen, die bspw. durch organische Drift aus dem Grundwasser gespült wurden sowie Arten des Land/ Wasser-Ökotons und Rhithrals, die ihren Verbreitungsschwerpunkt eigentlich in den jeweilig anderen Lebensräumen haben. (MARTIN et. al, 2015; ZOLLHÖFER, 1997). Stygobionten können allerdings auch gezielt in Quellbereichen vorkommen, denn von manchen Arten sind tagesperiodische Wanderungen zwischen Grundwasser und Quelle bekannt (ZAENKER & REISS, o.J.). Faunistisch interessant ist neben der Längszonierung einer Quelle auch ihr Querschnitt mit seinen verschiedenen Teillebensräumen und den daran angepassten Arten (ZOLLHÖFER, 1997). Zu diesen Teillebensräumen gehören bspw. die hygropetrischen Bereiche, mit ihren dünn-schichtig überrieselten Steinen und der darauf lebenden *Fauna hygropetrica*, der abnehmende Feuchtigkeitsgradient mit der an ihm entlang lebenden *Fauna liminaria* sowie der Übergangsbereich zur terrestrischen Fauna mit seinen hygrophilen Landarten, wie z.B. Arthropoden, Anneliden und Mollusken (ZOLLHÖFER, 1997; MARTIN et al., 2015).



Abb. 3: Kalktuffbildung auf Moospolstern eines abfließenden Baches

Zu den prägenden abiotischen Parametern einer Quelle gehört unter anderem die hydrogeologische Beschaffenheit des hinter dem Krenal liegenden Grundwasserleiters, welcher Einfluss auf die Wassertemperatur, Wasserqualität sowie Abflussmenge nimmt und die eng damit verknüpfte Hydrologie, die über die Beständigkeit und Schwankungsbreite der Quellschüttung bestimmt (MARTIN et al. 2015). Das quellspeisende Grundwasser selber zeichnet

sich durch eine gleichbleibende Temperatur aus, welche der Jahresmitteltemperatur der Luft einer Gegend entspricht (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, 2018) sowie durch erhöhte CO_2 - und geringe O_2 - Gehalte. Des Weiteren ist dieses Wasser unter natürlichen Verhältnissen durch geringe Nährstoffbelastungen geprägt (DOERPINGHAUS, 2003).

Bedingt durch die Abhängigkeit der Wasserqualität (u. a.: pH-Wert, Leitfähigkeit, Wasserhärte) von den jeweiligen hydrogeologischen Gegebenheiten des Grundwassereinzugsgebietes einer Quelle kann diese durch verschiedene chemische Prozesse beeinflusst werden. So kommt es in Gegenden mit kalkreichen Gesteinen durch CO_2 -angereichertes Grundwasser zu Lösungsprozessen von Calciumcarbonat (CaCO_3) aus dem vorkommenden Kalkgestein. Infolge veränderter Druck- und Temperaturverhältnisse beim Grundwasseraustritt erfolgt das Entweichen von CO_2 aus dem Wasser. Zusätzlich entziehen Pflanzen (v. a. Algen, Moose) durch Photosynthese das Gas aus dem Wasser. So führt das ausgasende CO_2 zu einer Verschiebung des Hydrogencarbonatengehalts (ZOLLHÖFER, 1997). Infolgedessen es zur Fällung von unlöslichem CaCO_3 kommt, das nach einigen Metern im ablaufenden Bach (Abb. 3) in Form von Kalkablagerungen sichtbar wird (ebd.). Die vorzufindenden Kalkablagerungen werden je nach Beschaffenheit in Kalktuff oder Kalksinter unterschieden (UNIVERSITÄT ERLANGEN, 2009). Kalktuff ist ein Gestein von zerreibbarer, wenig fester und löchriger Substanz, welches unter Beteiligung assimilierender Pflanzen (biogene Fällung) entsteht (ebd.). Dem gegenüber zeichnet sich Kalksinter durch eine lückenlose, aus Karbonatkristallen aufgebaute Gesteinsstruktur aus und entsteht infolge chemisch/ physikalischer Kalkfällung aus karbonathaltigen Wasser (abiogene Fällung) (ebd.). Das Krenal sowie der ablaufende Bach dieser sogenannten Kalktuffquellen werden häufig von den charakteristischen Starknervmoosarten, wie z.B.:



Abb. 4: *Palustriella commutata* (Foto: J. Schnirch)

Palustriella commutata (Abb. 4) und *Cratoneuron filicinum* besiedelt. Durch deren biogene Entkalkung vergrößern sich die Tuffablagerungen mit der Zeit immer mehr, da sich das gefällte CaCO_3 an den Unterseiten der vorkommenden Moospolster anlagert, wodurch diese Seite abstirbt und das Moos nach oben hin weiterwächst und der Prozess von vorn beginnen kann (WEBER, 2006).

Für die Zoozönose von Kalktuffquellen ergeben sich somit besondere Lebensbedingungen. Der hohe Kalkgehalt des Quellwassers führt einerseits zum Ausschluss von Arten, andererseits kann er das Vorkommen von Spezialisten begünstigen. Diese Aufteilung findet sich beispielsweise bei quellbewohnenden Trichopteren wieder. Nach MAIER & LINNENBACH (2001) kommt die Art *Parachiona picicornis* nur in kalkfreien Quellen vor, während die Arten *Rhyacophila hirticornis* oder *Rhyacophila pubescens* an kalkhaltige Quellgewässer gebunden sind. Ein weiteres prägendes Merkmal der Kalktuffquellen bzw. ihrer ablaufenden Bäche ist das teils durch Kalkablagerungen versiegelte Interstitial (ENGELHARDT et. al, 2008, S. 267; z.n. DÜRRENFELD, 1978), welches als Ökoton zwischen Oberflächen- und Grundwasser eigentlich wichtige Lebens- und Rückzugsräume für Organismen bietet. Nach BEYER (1932) verwehren die Kalkausfällungen besonders sessilen Puppenstadien aufgrund der Versinterungsgefahr einen Aufenthalt in den betroffenen Bereichen. Das gefällte Calciumcarbonat lagert sich allerdings auch auf anderen vorkommenden Wasserorganismen ab (ZOLLHÖFER, 1997). Dabei kann es unter anderem bei Insekten zur Behinderung der Respiration oder sogar zum Absterben von Organismen kommen, wenn diese die wachsenden Kalkkrusten auf ihrem Körper nicht ausreichend schnell entfernen können, wie z.B.: durch Häutung bei *Gammarus* (ZOLLHÖFER, 1997; ENGELHARDT et. al, 2008; z.n. DÜRRENFELD 1978). Beachtenswert ist allerdings, dass sich im Krenal und den ersten Metern des abfließenden Baches dieser Quellen keine oder nur schwach entwickelte Kalkablagerungen befinden, weshalb der Bereich der Besiedlung von unversinterten Rheokrenen gleichen kann (ZOLLHÖFER, 1997). Dieses oberhalb der Kalksinterterrassen liegende Areal wird von ZOLLHÖFER (1997) als höher besiedelt beschrieben, hingegen die Terrassen vor allem durch das Fehlen von Arten gekennzeichnet sind.

Wie bereits in 1.2 beschrieben ist über die Fauna von Kalktuffquellen bisher relativ wenig bekannt. Im Rahmen der in 1.2 genannten Untersuchungen traten unter anderem Amphipoden, Larven der Diptera, Trichoptera sowie Plecoptera in den Quellen regelmäßig auf. BEYER (1932) benennt infolge seiner Beprobungen bspw. *Riolus*-Arten, *Rheotanytarsus*-Larven und *Tinodes*-Larven als typische Vertreter der Kalksinterfauna. ZOLLHÖFER (1997, ZOLLHÖFER et al. 2000) bezeichnet demgegenüber *Pedicia*, *Pericoma calcilega* und *Salamandra s. terrestris* als Leitarten. *Salamandra s. terrestris* bzw. dessen Larven wurden auch in Kalktuffquellen der Fränkischen Alb mehrfach nachgewiesen (vgl. FOECKLER & SCHMIDT, 2007). Die Anforderungen an das Larvalhabitat des Feuersalamanders, welche nach einem kühlen Gewässer mit oligotrophen Verhältnissen (ENGELHARDT, 2008) verlangt, werden durch diesen Quellentyp durchaus erfüllt. Dem gegenüber sind von anderen Arten bereits Präferenzen hinsichtlich dieses Lebensraumtyps bekannt. Dabei handelt es sich einerseits um die Gestreifte Quelljungfer (*Cordulegaster bidentata*), welche laut BELLMANN (2007) besonders Quellaustritte mit Kalktuffablagerungen bevorzugt. Andererseits gelten die Larven der krenobionten Köcherfliege *Rhyacophila pubescens* als typische Bewohner versinterter Gewässer (POTTGIESSER, 2018).

3 Untersuchungsgebiet und untersuchte Gewässerabschnitte

Die im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Quellgewässer befinden sich im Thüringer Landkreis Eichsfeld, welcher im folgenden Kapitel überblicksartig vorgestellt wird. Dabei werden die geographischen, naturräumlichen, geologischen, klimatischen und hydrologischen Eigenschaften des Gebietes näher betrachtet sowie dem Untersuchungsgebiet räumlich vorhandene und naheliegende Schutzgebiete des Naturschutzes benannt.

3.1 Geographische Lage, naturräumliche Einordnung und Flächennutzung

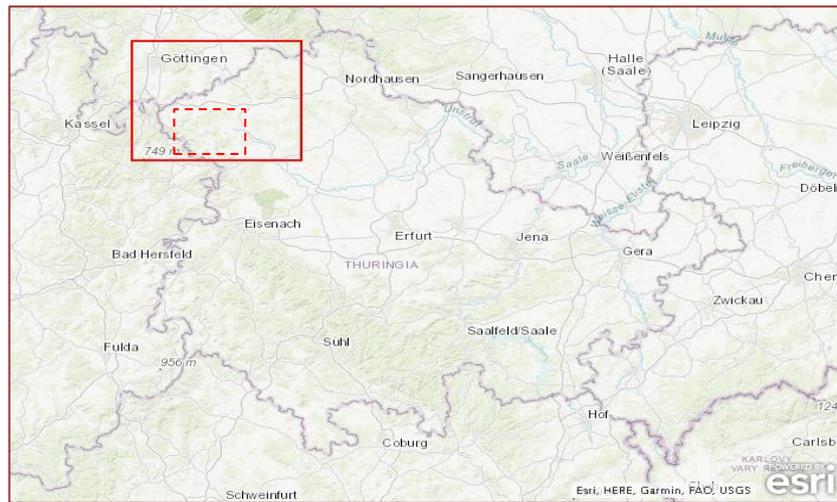


Abb. 5: Übersichtskarte des Freistaates Thüringen, rot markiert das Gebiet des Eichsfeldes, rot gestrichelt das Areal der untersuchten Quellgewässer (Kartengrundlage: ESRI World Topographic Map)

Die Region des Eichsfeldes liegt anteilig im Nordwesten Thüringens und stellt ein historisches ehemals bedeutsames Herrschaftsgebiet dar. Ihr sind der thüringische Landkreis Eichsfeld, einige daran angrenzende Gemeinden des Unstrut-Hainich-Kreises sowie das niedersächsische Untereichsfeld zugehörig (RÖHLING & SEIDEL, 2008).

Alle untersuchten Quellgewässer liegen innerhalb des Landkreises Eichsfeld, welcher unmittelbar an die Bundesländer Hessen und Niedersachsen angrenzt (Abb. 5). Er befindet sich im Randbereich der naturräumlichen Haupteinheit des Thüringer Beckens (und seinen Randplatten) und grenzt dabei an das Osthessische sowie Niedersächsische Bergland an (BfN, 2009). Auf Ebene des Freistaates wird das Eichsfeld vier vorkommenden Naturräumen zugeordnet: Zum einen gehört es den Muschelkalk-Platten und -Bergländern an, welche sich im nördlichen Gebiet auf den Naturraum Ohmgebirge-Bleicheröder Berge beschränken, sich im südlichen Bereich des Landkreises jedoch durch die Naturräume Hainich-Dün-Hainleite und Werrabergland-Hörselberge fortsetzen (TLUBN, o.J. b). Zum anderen wird der Landkreis von den Buntsandstein-Hügelländern bestimmt, genauer vom Naturraum Nordthüringer Buntsandsteinland (ebd.). Nördlich daran anliegend befindet sich der Zechsteingürtel des Südharzes, während die Hainich-Dün-Hainleite östlich in das Innerthüringer Ackerhügelland übergeht (ebd.). Die Fläche des Landkreises wird vorrangig von den Nutzungstypen Landwirt-

schaft (59,6%) und Wald (29,5%) bestimmt (TLUBN, o.J. e). Dabei nimmt die Grünlandnutzung, welche Teile des Untersuchungsgebietes prägt, rund ein Viertel der landwirtschaftlichen Nutzung ein und bestimmt Teile der Landschaft (TLUBN, o.J. f).

3.2 Geologie und Böden

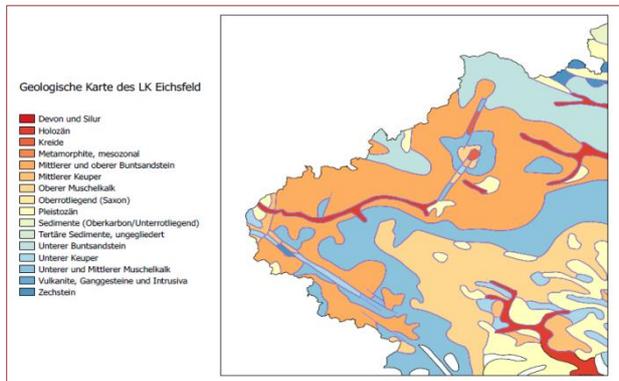


Abb. 6: Geologische Übersichtskarte des Landkreises Eichsfeld (angepasste Darstellung über QGIS 2.18.19; verwendetes Kartenwerk: GÜK800Th; © 2019 Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz; Lizenz: dl-de/by-2-0, Lizenztext unter www.govdata.de/dl-de/by-2-0)

Der geologische Untergrund des Untersuchungsgebietes wird größtenteils von den vorkommenden Muschelkalkhöhenzügen (z.B.: Dün, Oberes Eichsfeld, Hainleite) bestimmt, welche die nordwestlichen Randplatten des Thüringer Beckens bilden (Abb. 6). Dabei erreicht der Muschelkalk in diesem Gebiet eine Mächtigkeit von bis zu 220 m (FRANKE, o.J. a). Die Höhenzüge setzen sich im Einzelnen aus Oberem, Mittlerem und Unterem Muschelkalk zusammen. Einen weiteren prägenden Bestandteil des geologischen Untergrundes

bildet der Buntsandstein, welcher im Gebiet regelmäßig auftritt. Dieser Buntsandstein bildet den Sockel der im Gebiet liegenden Muschelkalkhöhenzüge, denn die im Erdmittelalter (Trias) zunächst abgelagerten Buntsandsteinschichten wurden folglich durch Muschelkalkschichten überlagert (persönl. Mitteilung WILLENBERG, 2020). Infolge von langwieriger Erosion trat der Buntsandstein an vielen Stellen wieder zu Tage und das ganz besonders an den Füßen der Muschelkalk-Tafelberge (ebd). Das Untersuchungsgebiet liegt unmittelbar in der Eichen-berg-Gotha-Saalfelder Störungszone des Thüringer Beckens, welcher landschaftliche Strukturen, wie z.B.: die Weidenbach-Mackenröder Senke angehören (FRANKE, o.J. c).

3.3 Klima

Der Landkreis Eichsfeld befindet sich im Thüringer Klimabereich „Zentrale Mittelgebirge und Harz“, welcher sich im Vergleich zu Gesamthüringen durch ein kühles und bei West- und Nordwestwetterlagen feuchtes Klima auszeichnet (TLUBN, o.J. c).

Im langjährigen Mittel (1971-2010) ergab sich für den Landkreis Eichsfeld eine Jahresmitteltemperatur von 6,9 bis 9,2°C, welche den durchschnittlichen Werten des Freistaates entspricht (TLUBN, o.J. d). Der Landkreis befindet sich vorwiegend in einer Luvlage, was in den exponierten Höhenzügen des Mackenröder Waldes, des Ohmgebirges und des nordwestlichen Hainichs begründet liegt (TLUBN, o.J. g). Die Jahressumme an Niederschlag liegt im Bereich von 701 bis 1.094 mm, wobei die höchsten Niederschlagswerte (1000 bis 1100 mm jährlich) im Norden des Landkreises vorkommen. Die Ursache dafür ist die Luvlage des Harzes (ebd.). Über den Zeitraum eines Jahres sind die Winter als besonders niederschlagsreich hervorzuheben. Des Weiteren werden die freien Lagen des Landkreises vorwiegend von südsüdwestlichem Wind geprägt (item, o.J. d).

3.4 Hydrologie

Die hydrogeologischen Eigenschaften des Landkreises werden im Süden von Kalksteinen bestimmt, wodurch das Gebiet durch eine gute bis teilweise sehr gute Grundwasserführung charakterisiert ist (TLUBN, o.J. g). Die vom Buntsandstein dominierten Bereiche weisen je nach Gebiet eine mittelmäßige bis sehr gute Grundwasserführung auf (ebd.). Die Grundwasserneubildung des Kreises ist, gewichtet nach den Flächenanteilen der Teileinzugsgebiete, vergleichsweise hoch mit 156 mm pro Jahr (ebd.). Das jährliche Thüringer Mittel liegt bei 111 mm (ebd.).

Die Entwässerung des Landkreises erfolgt im östlichen Teil über die Unstrut, Wipper sowie Helme. Die beiden zuletztgenannten münden außerhalb des Landkreises in die Unstrut. Die Unstrut mündet wiederum in die Saale, welche in die Elbe übergeht (ebd.). Der nordwestliche Teil wird über die Leine (und Hahle, Eller, Rhume) zur Aller und Weser entwässert und der südwestliche Teil über die Zuflüsse der Werra zur Weser (ebd.).

3.5 Schutzgebiete

Der Landkreis Eichsfeld weist durch seine besonderen landschaftlichen Strukturen eine Vielzahl von verschiedenen Schutzgebieten im Sinne des Naturschutzes aus. Den flächenmäßig größten Anteil nimmt dabei der südlich gelegene Naturpark „Eichsfeld-Hainich-Werratal“ ein, dessen nördliche Bereiche durch die Hochlagen des Muschelkalkberglandes und die dazugehörigen Tallagen geprägt ist (TLUBN, o.J. h). Ergänzt wird diese Kulturlandschaft durch artenreiche Laubwälder sowie Acker- und Weideflächen, welche in ihrer Gesamtheit eine strukturreiche Landschaft entstehen lassen. Die im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Quellgewässer befinden sich alle innerhalb des Naturparkgebietes. Weitere im Landkreis gelegene größere Schutzgebiete sind sechs Naturschutzgebiete, drei Landschaftsschutzgebiete, teilweise anteilig 13 FFH-Gebiete sowie fünf Vogelschutzgebiete (ebd.).

Außerdem führt an der außerthüringischen Grenze des Landkreises Eichsfeld deckungsgleich ein besonderes Schutzgebiet von nationaler Bedeutung entlang: Das Grüne Band. Es liegt entlang der ehemals innerdeutschen Grenze und stellt den längsten Biotopverbund der Bundesrepublik dar (NATURPARK EHW, o.J.). Das Grüne Band zeichnet sich durch eine besonders hohe Artenvielfalt aus, welche in der dortigen Strukturvielfalt begründet liegt. Diese entstand infolge jahrelanger ungestörter Entwicklung der Natur entlang des Grenzstreifens. Thüringen hat im vergangenen Jahr das Grüne Band als Nationales Naturmonument ausgewiesen (ebd.).

3.6 Untersuchte Gewässerabschnitte

Im Rahmen dieser Arbeit wurden insgesamt neun Quellen im südlichen Bereich des Landkreises Eichsfeld beprobt. Die Auswahl der Gewässer erfolgte infolge der Vorschläge von Frau Franziska Döll, welche zu Beginn des ENL-Projektes verantwortliche Mitarbeiterin war. Im folgenden Abschnitt werden alle Untersuchungsgewässer steckbriefartig vorgestellt.

Dabei wird unter anderem auf die vorgefundenen Standorteigenschaften, die Quellentypisierung, die chemischen Wasserparameter, den Grad der Versinterung sowie vorgefundene Besonderheiten eingegangen. Des Weiteren werden die in dieser Arbeit verwendeten Abkürzungen für die jeweiligen Quellgewässer benannt. In **Abb. 7** ist die räumliche Lage der untersuchten Quellen innerhalb des Landkreises abgebildet. Die Reihenfolge der vorgestellten Gewässer orientiert sich an ihrer Lage im Untersuchungsgebiet sowie am Vorhandensein von untersuchten Haupt- und Nebenquellen, sodass die Quellen von Norden an mit ihren Hauptquellen beginnend beschrieben werden.

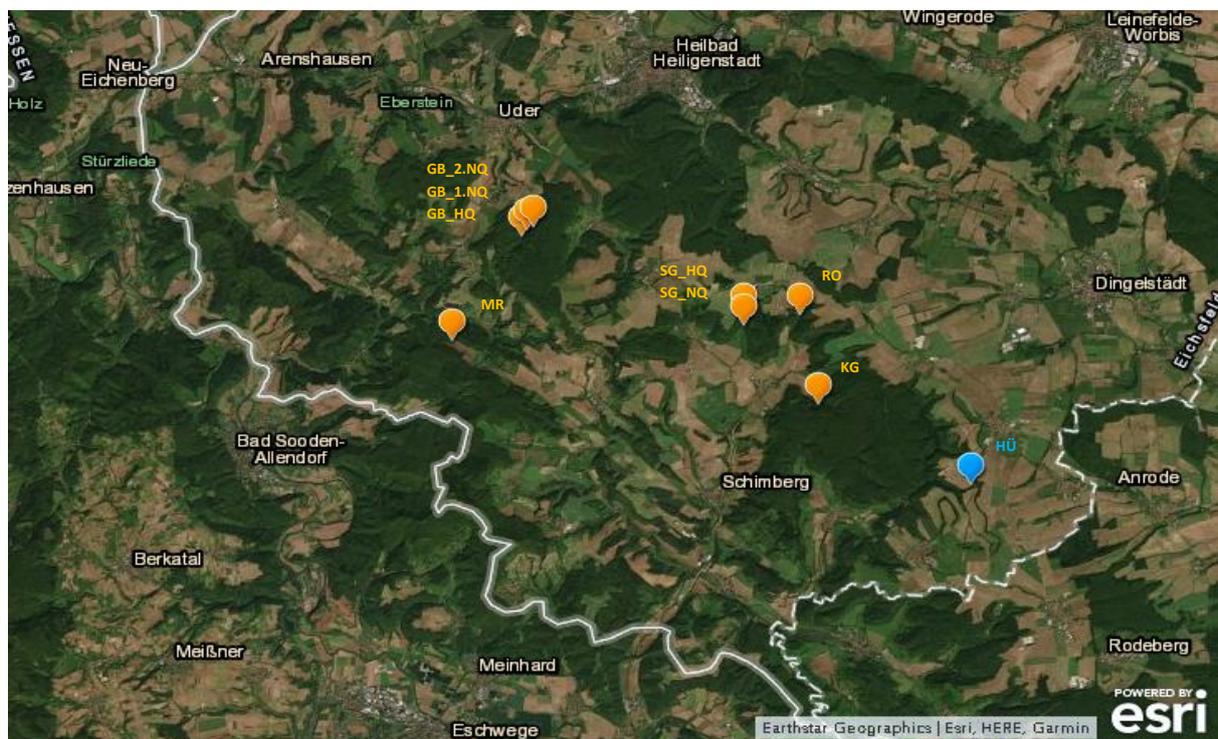


Abb. 7: Räumliche Lage der Quellen im Landkreis Eichsfeld; **orange** – in die Auswertung eingehende Quellen; **blau** – von der Auswertung ausgeschlossene Quelle (Kartengrundlage: ESRI World Imagery)

Grießbach Hauptquelle (GB_HQ)



Abb. 8: Hauptquelle des Griebaches (Foto: J. Schnirch)

Beschreibung:

Die Hauptquelle des Griebaches (Abb. 8) befindet sich inmitten des FFH-Gebietes „Lengenberg - Knappberg - Katzenstein“. Ihr Quellbereich liegt im unteren Bereich eines Talhangs, welcher von Buchenwald bewachsen ist. Die angrenzende Tallage wird als Intensivgrünland genutzt. Nennenswert sind vereinzelte Moospolster im Bereich des abfließenden Baches. Im weiteren unmittelbaren Bachlauf sind keine Versinterungen erkennbar gewesen.

Bei der Beprobung am 03.07.2019 wurde ein Steinrutsch in der Krenalöffnung vorgefunden, welcher diese halb bedeckte.

Aufnahmedatum:	28.04.2018; 23.06.2018; 15.05.2019; 03.07.2019	Phosphat:	0 mg/l
Koordinaten:	51°19'45.59"N 10° 4'56.96"E	Nitrat:	3,2 mg/l
FFH-Gebiet:	4626-301	Sulfat:	9,2 mg/l
Nächste Gemeinde:	Lenterode	Calcium	83,1 mg/l
Quellentyp:	Rheokrene	pH- Wert:	7,01
Umfeldvegetation:	Buchenwald		

Grießbach 1. Nebenquelle (GB_1.NQ)



Abb. 9: Erste Nebenquelle des Grießbaches (Foto: J. Schnirch)

Beschreibung:

Die erste Nebenquelle des Grießbaches liegt (Abb. 9) etwa 250 m nordöstlich von der Hauptquelle und besitzt daher ähnliche Standorteigenschaften, wobei eine höhere Entfernung zum Intensivgrünland vorliegt. Der Krenalbereich und abfließende Bach sind durch Moospolsterstrukturen geprägt. Vor Ort waren im anliegenden Bachverlauf keine Versinterungen ersichtlich, jedoch lagen im weiteren Gebiet teilweise sehr starke, partiell wasserfallartige Kalktuffablagerungen vor.

Anzumerken ist die schwankende Wasseraustrittshöhe während der Untersuchungen, welche am 03.07.2019 einen Meter weiter hangabwärts lag als am 15.05.2019.

Aufnahmedatum:	13.04.2018; 23.06.2018; 15.05.2019; 03.07.2019	Phosphat:	0 mg/l
Koordinaten:	51°19'51.92"N 10°5'4.88"E	Nitrat:	7,9 mg/l
FFH-Gebiet:	4626-301	Sulfat:	13,9 mg/l
Nächste Gemeinde:	Lenterrode	Calcium:	71,1 mg/l
Quellentyp:	Rheokrene	pH- Wert:	6,85
Umfeldvegetation:	Buchenwald		

Grießbach 2. Nebenquelle (GB_2.NQ)



Abb. 10: Zweite Nebenquelle des Grießbaches

Beschreibung:

Bei der zweiten Nebenquelle des Grießbaches (Abb. 10) handelt es sich um eine anthropogen angestaute Limnokrene, deren Durchlass zu hoch angelegt wurde, um einen regelmäßigen Abfluss zu gewährleisten (DÖLL, 2018). Im dahinterliegenden Bachbereich sind deutliche, gut ausgebildete Versinterungen vorhanden. Das nähere Umfeld des Gewässers ist in Form einer Lichtung offengehalten und wird von Kraut- und Staudenfluren sowie von Gehölzen geprägt (u.a.: *Rubus* sp.). Zwischen dem Tümpel und dem abführenden Bach befindet sich ein Forstweg. Einige Bereiche dieses Baches wiesen deutliche, stufenartige Versinterungen auf. Die Limnokrene wird einerseits von einer nahe dem Ufer befindlichen Rheokrene mit schwacher Schüttung gespeist als auch unterirdisch durch zuströmendes Grundwasser, welches an mehreren Stellen aus dem Gewässergrund austritt. Die Quelle im Uferbereich wies vereinzelte Moospolsterstrukturen auf. Der Tümpel selber ist von einem massiven *Myriophyllum/ Characeen*-Vorkommen geprägt. Des Weiteren handelt es sich bei dieser Limnokrene um ein Reproduktionsgewässer von Faden- und Teichmolch sowie des Feuersalamanders (persönl. Mitteilung WILLENBERG, 2019).

Aufnahmedatum:	13.04.2018; 23.06.2018; 15.05.2019; 03.07.2019	Phosphat:	0 mg/ l
Koordinaten:	51°19'54.63"N 10°5'14.20"E	Nitrat:	13,2 mg/ l
FFH-Gebiet:	4626-301	Sulfat:	26,7 mg/ l
Nächste Gemeinde:	Lutter	Calcium:	87,4 mg/ l
Quellentyp:	Limnokrene	pH- Wert:	6,89
Umfeldvegetation:	Krautflur, Aufwuchs junger Gehölze, Fichtenforst, Buchenwald		

Rosoppe Nebenquelle (RO)



Abb. 11: Krenalbereich der Nebenquelle „Rosoppe“ (Foto: J. Schnirch)

Beschreibung:

Die Rheokrene „Rosoppe“ (Abb. 11) befindet sich im nördlichen Bereich des FFH-Gebietes „Ibenkuppe - Thomasbrücke - Östlicher Westerwald“. Dieses Quellgewässer liegt nahe der L1007 zwischen Martinfeld und Flinsberg. Es handelt sich um eine Nebenquelle, welche zusammen mit anderen gebietsnahen Quellen in das Fließgewässer „Rosoppe“ führt. Ihre Hauptquelle war trockenengefallen, sodass nur noch die Nebenquellen eine Schüttung aufwiesen (persönl. Mitteilung WILLENBERG, 2019). Das direkte Umfeld des Gewässers war von einer dominierenden Brennesselflur (*Urtica dioica*) geprägt, welche Hinweis auf eine stoffliche Belastung des Grundwassers gab. Die gemessenen erhöhten Nitratwerte bestätigten diese Annahme. Ursprung der erhöhten Nitratwerte könnte die räumlich nah stattfindende Grünlandbewirtschaftung sein.

Der Krenalbereich und unmittelbar abfließende Bach waren nur durch vereinzelte Moosstrukturen und fehlende Versinterungen charakterisiert.

Aufnahmedatum:	15.05.2019; 03.07.2019	Phosphat:	0 mg/ l
Koordinaten:	51°18'25.81"N 10°11'51.70"E	Nitrat:	69,5 mg/ l
FFH-Gebiet:	4727-320	Sulfat:	76,5 mg/ l
Nächste Gemeinde:	Flinsberg	Calcium:	69,2 mg/ l
Quellentyp:	Rheokrene	pH- Wert:	7,75
Umfeldvegetation:	Brennesselflur		

Saugraben Hauptquelle (SG_HQ)



Abb. 12: Krenalbereich der Hauptquelle des Saugrabens

Beschreibung:

Die Hauptquelle des Saugrabens (Abb. 12) befindet sich im Nordwesten des FFH-Gebietes „Ibenkuppe - Thomasbrücke - Östlicher Westerwald“. Sie liegt von Buchenwald umgeben nahe eines bachparallel verlaufenden Forstweges. Das direkte Umfeld des Krenalbereiches war durch das vermehrte Vorkommen verschiedener Strauchartiger (z.B. *Sambucus nigra*) geprägt, welche einen hohen Lichteinfall ermöglicht haben. Diese Rheokrene wies eine relativ hohe Schüttung auf und war im Krenalbereich und abfließenden Bach durch regelmäßig auftretende Moospolster strukturiert. Allerdings wurde im unmittelbaren Bereich keine Sinterbildung vorgefunden. Die direkte Wasseraustrittsstelle war teilweise durch Totholz verdeckt. In dieser Quelle wurden die dritthöchsten Nitratwerte nachgewiesen, welche vermutlich auf, die oberhalb des Waldgebietes, landwirtschaftlichen Nutzflächen bei Bernterode zurückzuführen sind (persönl. Mitteilung WILLENBERG, 2020). Das Waldgebiet steht dort auf Unterem Muschelkalk (ebd.). Somit muss das versickernde Wasser der landwirtschaftlichen Flächen lediglich diese Muschelkalkschicht passieren, welche jedoch zu keiner ausreichenden Reinigung des Wassers führt (ebd.).

Aufnahmedatum:	24.04.2019; 03.07.2019	Phosphat:	0 mg/ l
Koordinaten:	51°18'22.3"N 10°10'26.7"E	Nitrat:	37,9 mg/ l
FFH-Gebiet:	4727-320	Sulfat:	39,5 mg/ l
Nächste Gemeinde:	Bernterode	Calcium:	79,9 mg/ l
Quellentyp:	Rheokrene	pH- Wert:	7,01
Umfeldvegetation:	Buchenwald		

Saugraben Nebenquelle (SG_NQ)



Abb. 13: Oben links: Quellbereich mit abfließendem Bach, oben rechts: Oberste Wasseraustrittsstelle (Foto: J. Schnirch), Unten links: Unterhalb der Laubschicht hervortretendes Grundwasser (Foto: J. Schnirch), Unten rechts: Sinterterassen des abgeleiteten Baches

Beschreibung:

Die Nebenquellen des Saugrabens (Abb. 13) befinden sich ca. 250 m südlich der vorher beschriebenen Hauptquelle. Im Aufnahmejahr 2019 wies dieser Standort drei Krenale (Rheokrenen) mit Schüttung auf. Das nahe Umfeld des Quellbereiches war einerseits von großflächigen komplexen Moospolsterstrukturen geprägt. Andererseits war es offensichtlich anthropogen beeinflusst. Das Quellwasser der Rheokrene unter den Buchenwurzeln wird durch einen rohrartigen Abfluss über eine Steinkante in den abfließenden Bach geleitet. Des Weiteren wurde das ablaufende Wasser der Haupt- und Nebenquellen durch einen in die Bachsohle eingebrachten Betonblock teilweise abgeleitet und durch ein Rohr unterhalb des anliegenden Weges in einen angestauten Teich geführt. Auf dieser Umleitungsstrecke war der ablaufende Bach über einige Meter durch deutliche Sinterterassen geprägt. Im Rahmen des Renaturierungsprojektes wurden die Verbauungen zugunsten eines renaturierten Abflusses sowie einer offenen Furt, welche die Verrohrung unterhalb des Weges ersetzt, entfernt (persönl. Mitteilung WILLENBERG, 2020).

Aufnahmedatum:	23.06.2018; 24.04.2019; 03.07.2019		
Koordinaten:	51°18'14.80"N 10°10'28.85"E	Phosphat:	0 mg/ l
FFH-Gebiet:	4727-320	Nitrat:	13,0 mg/ l
Nächste Gemeinde:	Bernterode	Sulfat:	21,9 mg/ l
Quellentyp:	Rheokrene	Calcium:	74,8 mg/ l
Umfeldvegetation:	Buchenwald	pH- Wert:	7,04

Mackenrode (MR)



Abb. 14: Oben links: Umfeld der Helokrene Mackenrode, Oben rechts: Abfließender Bach mit Wildschweinsuhle, Unten links: Morastiger Bereich, Unten rechts: Grundwasseraustritt

Beschreibung:

Die Helokrene „Mackenrode“ (Abb. 14) befindet sich im nordwestlichen Bereich der Weidenbach-Mackenröder Senke und bildet einen auslaufenden Feuchtbereich des angrenzenden Buchenwaldes. Das Umfeld der Quelle wird von einer landwirtschaftlichen Nutzfläche (Weizenanbau) und Waldrandstrukturen geprägt, während das Gewässer durch eine Schwarzerlengruppe strukturiert wird. Ummantelt wurde der Bereich von einem Schilfgürtel. Vor Ort konnten mehrere Grundwasseraustritte angetroffen werden, welche allerdings nur eine geringfügige Schüttung aufwiesen. Des Weiteren war eine regelmäßige Nutzung der Helokrene durch Wildschweine erkennbar. Die Tiere nutzen diese als Rückzugshabitat (Suhle), was an den zertretenen, vertieften morastigen Strukturen sichtbar war. Ebenfalls waren sogenannte Malbäume vorhanden, an welchen sich die Sauen vorzugsweise nach dem Suhlen reiben. Im naheliegenden Bereich waren keine Kalkablagerungen ersichtlich.

Aufnahmedatum:	28.04.2018; 23.06.2018 24.04.2019; 03.07.2019		
Koordinaten:	51°17'59.00"N 10° 3'12.25"E	Phosphat:	- mg/l
FFH-Gebiet:	-	Nitrat:	- mg/l
Nächste Gemeinde:	Mackenrode	Sulfat:	- mg/l
Quellentyp:	Helokrene	Calcium:	- mg/l
Umfeldvegetation:	Erlenbaumgruppe, Getreidemonokultur	pH- Wert:	-

Kümmelgraben (KG_NQ)



Abb. 15: Trockengefallene Sohle



Abb. 16: Krenalbereich des Kümmelgrabens

Beschreibung:

Die Rheokrene „Kümmelgraben“ (Abb. 16) liegt im östlichen Teil des FFH-Gebietes „Ibenkuppe - Thomasbrücke - Östlicher Westerwald“. Sie befindet sich in einer Mulde inmitten eines Buchenwaldes, unweit von einem Forstweg entfernt. Die Hänge der Mulde waren nur teilweise durch Gehölze bestanden. Innerhalb der Mulde wurden regelmäßig Holzstümpfe aufgefunden, welche vermutlich von vor Ort stattgefundenen Forstarbeiten stammen. Der Quellbereich und abfließende Bach wiesen regelmäßig auftretende Moosstrukturen auf und waren von auftretendem Totholz geprägt. Jedoch waren im unmittelbaren Bachverlauf keine Versinterungen festzustellen.

Bei der Beprobung am 03.07.2019 schien der Wasseraustritt unterhalb einer früheren, höhergelegenen Austrittsstelle zu Tage zu treten, da im oberen Bereich eine gesteinsreiche, scheinbar bis vor kurzem überspülte Gewässersohle vorhanden war (Abb. 15).

Aufnahmedatum:	14.04.2018; 23.06.2018; 24.04.2019; 03.07.2019		
Koordinaten:	51°16'58.95"N 10°12'20.57"E	Phosphat:	0 mg/ l
FFH-Gebiet:	4727-320	Nitrat:	8,3 mg/ l
Nächste Gemeinde:	Martinfeld	Sulfat:	29,5 mg/ l
Quellentyp:	Rheokrene	Calcium:	53,3 mg/ l
Umfeldvegetation:	Buchenwald	pH- Wert:	7,43

Hübental (HÜ)



Abb. 17: Kanonenbahn-Radweg mit Küllestedter Tunnel



Abb. 18: Verrohrter Quellbach parallel zum Radweg



Abb. 19: Krenalnähste offene Wasserstelle vor dem Küllestedter Tunnel

Beschreibung:

Die Quelle „Hübental“ befindet sich ca. zwei Kilometer südwestlich der Gemeinde Küllestedt inmitten des Küllestedter Tunnels. Dieser Tunnel ist ein Streckenabschnitt der ehemaligen Bahnstrecke Leinefelde-Treysa (VERGESSENE-BAHNEN.DE, o.J.), welcher mittlerweile der Nutzung als Kanonen-Radwanderweg und Draisinenstrecke dient. Durch den Ausbau zum Radwanderweg kam es zu Veränderungen der Quellwasserführung. In Abb. 19 ist der erste mögliche Zugang zum Gewässer am Westausgang des Tunnels dargestellt. Das Quellwasser fließt in verbauten Fassungen unterirdisch aus dem Tunnel und passiert dabei die abgebildete Öffnung. Der Ausbau des Radweges führte des Weiteren zu einer vollständigen Verrohrung des Quellbaches, welcher erst nach ca. 100 m wieder offen in einer Sohle abfließen kann (Abb. 17, Abb. 18). Im weiteren Verlauf des Baches traten deutliche, teils wasserfallartige Versinterungen auf (Abb. 3), welche durch zahlreiche Moospolster charakterisiert waren.

Aufnahmedatum:	15.05.2019	Phosphat:	0 mg/ l
Koordinaten:	51°15'31.87"N 10°16'06.21"E	Nitrat:	47,0 mg/ l
FFH-Gebiet:	-	Sulfat:	87,2 mg/ l
Nächste Gemeinde:	Küllestedt	Calcium:	84,3 mg/ l
Quellentyp:	verbaut	pH- Wert:	7,22
Umfeldvegetation:	verbaut		

4 Methodik

4.1 Untersuchungsdesign

Die Beprobungen des Makrozoobenthos erfolgten über einen Zeitraum von zwei Jahren (2018-2019) und verteilten sich auf insgesamt sieben Geländetage. Die Untersuchungen fanden zwischen April und Juli statt. Somit wurde der empfohlene Untersuchungszeitraum nach MEIER et al. (2006) zwischen Februar und August für Probenahmen von MZB aus Gewässern im Tiefland oder Mittelgebirge berücksichtigt. Die Tab. 1 verschafft einen Überblick über die genauen Termine und jeweils untersuchten Quellgewässer.

Tab. 1: Zeitlicher Überblick der Probenahmen

Gewässer/ Datum	13.04.2018	14.04.2018	28.04.2018	23.06.2018	24.04.2019	15.05.2019	03.07.2019
GB_HQ			X	X		X	X
GB_1.NQ	X			X		X	X
GB_2.NQ	X			X		X	X
RO						X	X
SG_HQ					X		X
SG_NQ				X	X		X
MR			X	X	X		X
KG		X		X	X		X
HÜ						X	

Die Beprobungen im Erfassungsjahr 2018 wurden unter anderem von Erik Arndt, Helke Gröger-Arndt und Sarah Westphal durchgeführt. Die Ergebnisse (erfasste Taxa, Anzahl) der untersuchten Quellen und quellnahen Bereiche mit Kalkablagerungen wurden dem Autor dieser Arbeit in tabellarischer Form übermittelt. Aus diesem Untersuchungsjahr war die Probe des Kalksinterbereiches der Nebenquelle des Saugrabens nicht mehr auffindbar. Im Erfassungsjahr 2019 lag der Fokus der Beprobungen allein auf den Krenalbereichen. Nur am Gewässer SG_HQ wurden im April die quellnahen Bereiche mit Kalkablagerungen untersucht, aufgrund des Vorhandenseins und der Erstaufnahme des Gewässers. Die Erfassungen im April 2019 wurden ebenfalls von Erik Arndt durchgeführt. Die dabei fixierten Organismen wurden zur Determination dem Autor dieser Arbeit ausgehändigt. Die Aufnahmetermine im Mai und Juli 2019 wurden unter anderem durch Erik Arndt, Arne Willenberg, Jella Schnirch und dem Autor dieser Arbeit ausgeführt. Dabei wurden insgesamt drei weitere Gewässer (SG_HQ, RO, HÜ) erstmals beprobt.

Die Beprobung der Quellen erfolgte unter Berücksichtigung der Kartieranleitung für FFH-LRTs „Bewertung des Erhaltungszustandes der Lebensraumtypen nach Anhang I der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie in Deutschland“ nach SACHTELEBEN et al. (2010), welche auf die Ausprägungsstufen der lebensraumtypischen Habitatstrukturen und das charakteristische Artinventar eingeht.

Bei den Beprobungen der Kalksinterstufen und des abfließenden Baches wurde auf die Kartierungshinweise des BfN (2012) Bezug genommen, in denen es heißt: „Die Zuordnung eines Vorkommens zu diesem Lebensraumtyp erfolgt bei erkennbarer Kalktuff-Bildung. Die Abgrenzung umfaßt alle direkt zur Quelle gehörenden Bereiche sowie die von der entsprechenden Vegetation (Cratoneurion) eingenommene Fläche, auch wenn diese sich am Quellbach bis in den Oberlauf des Fließgewässers entlangzieht. Punktuelle und fragmentarische Vorkommen in Kalkflachmoorkomplexen werden dem Lebensraumtyp 7230 zugeordnet und nicht separat erfasst.“

Die Probenahme des Makrozoobenthos orientierte sich an der Arbeitsanleitung der GESELLSCHAFT FÜR QUELLÖKOLOGIE (1993), welche im Band 15 der Schriftenreihe des Nationalparks Harz „Quellen im Harz“ von SCHINDLER et al. (2017) erläutert wird. Aufgrund des Vorkommens verschiedener Quellentypen (Rheo-, Limno-, Helokrene) wurde jeweils ein angepasstes Vorgehen bei der Beprobung angewendet. Die Dauer einer faunistischen Beprobung wurde im Zuge dieser Arbeit auf einen zeitlichen Rahmen von 30 Minuten festgelegt und umfasste folgende Vorgehensweisen:

Im abströmenden Bereich der **Rheokrenen** wurde ein Auffangsieb (Durchmesser (\varnothing) und Maschenweite (MW) je nach Krenalgröße angepasst, \varnothing : ≤ 18 cm; MW: 1-1,5 mm) bis zur Hälfte seines Durchmessers im Substrat fixiert. Anschließend konnte im darüber liegenden Krenal das vorliegende Substrat mittels Spitzhacke etappenweise umgelagert werden, wodurch das abtreibende Material triftbedingt im Kescher aufgefangen wurde. Nach einigen Durchgängen wurde das aufgefangene Substrat in eine Weißschale mit Wasser gegeben, in welcher dieses auf Makrozoobenthos durchsucht wurde. Für die spätere Bestimmung der vorkommenden Organismen wurden 2-10 Belegexemplare jeder Morphospecies in beschriftete Gläschen mit 80%igen Ethanol fixiert. Die restlichen in der Weißschale befindlichen Individuen wurden ausgezählt, notiert und lebend wieder in das Gewässer zurückgesetzt. Nach Beendigung der Probenahme wurden die umgelagerten Substrate in ihre ursprüngliche Lage zurückgeführt, um Veränderungen im Krenal möglichst gering zu halten. Die Vorgehensweise musste bei der Quelle HÜ aufgrund des in einem Tunnel liegenden Krenalbereiches und verbauten Quellbaches angepasst werden. Dort wurde sowohl an der krenalnächsten offenen Wasserstelle (Abb. 19) als auch im unmittelbaren Bereich des austretenden Quellbaches (Abb. 18) beprobt.

Im Fall der **Limnokrene** erfolgte die faunistische Beprobung mithilfe eines Handkeschers (\varnothing : ca. 45 cm, MW: 500 μ m), welcher über einige Meter in der Tiefe variierend durch den ufernahen Gewässerbereich geführt wurde. Bedingt durch die Länge des Holzstabes konnte das vorkommende Substrat (Laub, Makrophyten, Schlamm) bis auf ca. 1 - 1,50 m vom Ufer entfernt beprobt werden. Anschließend wurde der Kescher mehrfach in einer mit Wasser gefüllten Weißschale geleert und das Material auf gefangene Organismen untersucht. Die weitere Vorgehensweise ist identisch mit der vorher Beschriebenen.

Aufgrund der geringen Schüttung der untersuchten **Helokrene** musste aus den dortigen Krenalbereichen schlammiges Substrat entnommen und im naheliegenden Quellbach mit-

hilfe der Weißschale aufgeschwemmt werden. Das in der Weißschale befindliche Material wurde wie bereits beschrieben untersucht.

Bei Vorhandensein von krenalnahen Moospolstern wurden diese vorsichtig entfernt und über einer Weißschale hinsichtlich vorkommender Organismen (v.a.: Coleopteren) ausgeklopft. Anschließend erfolgte eine Platzierung der Moospolster am Ursprungsort. Des Weiteren erfolgte an Standorten mit geeigneter Vegetation (GB_2.NQ, MR) ein Abkeschern der ufernahen Vegetation hinsichtlich adulter Trichopteren, Plecopteren sowie Sialidae.

4.2 Determination

Die Determination der 2019 erfassten Organismen oblag dem Autor. Die Vorbestimmung der Ephemeroptera sowie Plecoptera erfolgte mittels SCHMEDITJE & KOHMANN (1992) und wurde von Jella Schnirch unterstützt. Andere Teile des Materials wurden in Zusammenarbeit mit extern herangezogenen Spezialisten bestimmt oder nachbestimmt: Claus Orendt (Chironomidae, Ephemeroptera, Plecoptera), Erik Arndt (Coleoptera, *Niphargus*), Michael Seifert (Odonata), Ulrich Bössneck (*Pisidium*), Dirk Böhme (Plecoptera), Helke Gröger-Arndt (Trichoptera, Larven) sowie Dirk Mattern (Trichoptera, Adult). Eine Bestimmung bis zur Art war nicht in allen Fällen möglich.

Vom Autor wurde zur Determination die folgende Bestimmungsliteratur verwendet: FAASCH (2015) fand bei der Bestimmung der Dipterenlarven Anwendung, SCHMEDITJE & KOHMANN (1992) wurde für Oligochaeta, Turbellaria und Sialidae verwendet, mit EGGERS & MARTENS (2001) wurden die Amphipoden bestimmt, BELLMANN (1993) fand bei den Odonatalarven Anwendung sowie BÄHRMANN (2008) bei den Heteroptera, Gastropoda und Arachnida. Während der Bestimmungen wurde vom Autor das Binokularmikroskop „NexiusZoom“ von Euromex mit 4,5-fach Zoom verwendet.

4.3 Physikalisch-chemische Parameter

Im Frühjahr 2019 wurden von allen Quellstandorten einmalig Wasserproben aus den Krenalbereichen entnommen, um die Wasserqualität der Gewässer zu untersuchen. Die Proben wurden im Labor der Hochschule Anhalt hinsichtlich ihres pH-, Nitrat-, Phosphat-, Calcium- sowie Sulfatwertes analysiert. Die Calciumwerte wurden dabei mittels AAS (Atomabsorptionsspektrometrie) ermittelt. Für die Helokrene MR sind keine Wasserparameter vorliegend, da aufgrund der geringen Schüttung keine Probenahme möglich war.

4.4 Auswertung

In die Auswertung fließen die Ergebnisse aller untersuchten Quellen, bis auf die der Quelle HÜ, ein. Dieses Quellgewässer wurde aufgrund seines in einem Tunnel gelegenen Krenals und verbauten Quellbaches von weiteren Untersuchungen und der Gesamtauswertung ausgeschlossen. Eine Auflistung der vor Ort gefundenen Taxa erfolgt aus diesem Grund im Anhang in Tab. 4. Die Darstellung der Ergebnisse der anderen acht Quellgewässer erfolgt je Untersuchungsgewässer nach Jahren getrennt in tabellarischer Form. Die einzelnen Werte

der Quellen 2018 setzen sich aus den Fängen des Krenals und quellnaher Bereiche mit Kalkablagerungen zusammen. Während die Ergebnisse 2019 ausschließlich den Krenalbereichen zuzuordnen sind. Eine Ausnahme bildet SG_HQ, welche 2019 auch an den Sinterstufen untersucht wurde.

Des Weiteren setzen sich die einzelnen Werte aus der Summe der fixierten Belegexemplare und den ausgezählten Individuen aus der Weißschale zusammen. Die ausgezählten Individuen gingen jedoch nur in die Auswertung mit ein, wenn sie einem Taxon eindeutig zugeordnet werden konnten. Die nicht eindeutig zuordenbaren Exemplare wurden nur in der Gesamtindividuenzahl berücksichtigt. Gefundene Puppenstadien von Trichoptera wurden komplett außen vorgelassen. Im Fall von *Cordulegaster bidentata* und *Pyrrhosoma nymphula* wurden Sichtungen bzw. bei den Untersuchungen entstandene Fotoaufnahmen miteinbezogen. Eine vergleichende statistische Auswertung der Fänge fand aufgrund der verschiedenen Quellentypen und der geringen Anzahl an untersuchten Quellen nicht statt.

Die Zuordnung der Arten hinsichtlich der Kategorie „krenobiont“ oder „krenophil“ erfolgt infolge des Vergleichs verschiedener Literaturangaben. Die Benennung des aktuellen Gefährdungszustandes erfolgt nach der Roten Liste Deutschland (Stand: 2016) sowie den jeweils aktuellen Roten Listen Thüringens zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Arbeit.

5 Ergebnisse

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen wurden 85 verschiedene Taxa erfasst. Davon konnten 59 Taxa bis zur Art, vier bis zu einer Artengruppe, 20 bis zur Gattung und zwei bis zur Familie bestimmt werden. Tab. 2 listet alle taxonomischen Gruppen mit den erfassten Taxa zusammenfassend auf und hebt dabei die krenobionten sowie krenophilen Arten als auch den aktuellen Gefährdungsstatus nach den Roten Listen Deutschlands und Thüringens hervor.

Tab. 2: Auflistung aller festgestellten Taxa, rot = krenobiont, grau = krenophil, Ad. = Adult; Aktueller Gefährdungsstatus nach Rote Liste Deutschland, Thüringen (RL D/ TH)

<p>Strudelwürmer, Würmer, Egel <i>Crenobia alpina</i> <i>Dugesia gonocephala</i> <i>Eiseniella tetraedra</i></p>	<p><i>Nemoura cinerea</i> (Ad.) Nemouridae (Ad.) Perlodidae <i>Protonemura</i> sp.</p>	<p><i>Potamophylax nigricornis</i> <i>Rhyacophila praemorsa</i>-Gruppe <i>Rhyacophila pubescens</i> RL 3/ 1 <i>Sericostoma personatum</i> <i>Stenophylax permistus</i> <i>Synagapetus dubitans</i> RL 3/ 2 <i>Wormaldia occipitalis</i></p>
<p>Muscheln, Schnecken <i>Galba truncatula</i> <i>Pisidium casertanum</i> <i>Pisidium personatum</i></p>	<p>Wasserwanzen <i>Gerris thoraicus</i> <i>Notonecta</i> sp.</p>	
<p>Spinnentiere <i>Argyroneta aquatica</i> RL 3/ 2</p>	<p>Großflügler <i>Sialis fuliginosa</i> <i>Sialis lutaria</i></p>	<p>Zweiflügler <i>Anopheles</i> sp. <i>Atylotus</i> sp. <i>Beris</i> sp. <i>Brillia bifida</i> <i>Chironomus</i> sp. <i>Conchapelopia</i> sp. <i>Diamesa incallida</i> <i>Dicranota</i> sp. <i>Dixa maculata</i> <i>Macropelopia</i> sp. <i>Micropsectra</i> sp. <i>Microtendipes chloris</i>-Gruppe <i>Oxycera pardalina</i> <i>Paratanytarsus</i> sp. <i>Pedicia</i> sp. <i>Ptychoptera lacustris</i> <i>Tanytarsus</i> sp. <i>Thaumalea</i> sp. <i>Tipula (Savtshenkia)</i> sp.) <i>Tipula maxima</i> <i>Tonnoiriella</i> sp. <i>Ulomyia</i> sp.</p>
<p>Krebstiere <i>Gammarus pulex</i> <i>Niphargus schellenbergi</i></p>	<p>Wasserkäfer <i>Agabus bipustulatus</i> (Ad.+Larve) <i>Agabus guttatus</i> <i>Anacaena globulus</i> <i>Elodes minuta</i>-Gruppe (Larve) <i>Haliplus confinis</i> RL -/ R <i>Haliplus flavicollis</i> <i>Helophorus brevipalpis</i> <i>Helophorus grandis</i> <i>Helophorus obscurus</i> <i>Ilybius fuliginosus</i> <i>Odeles marginata</i>-Gruppe <i>Scirtes hemisphaericus</i> (Larve)</p>	
<p>Eintagsfliegen <i>Baetis rhodani</i> <i>Cloeon dipterum</i> <i>Ecdyonurus venosus</i> (Ad.) <i>Rhithrogena semicolorata</i></p>	<p>Köcherfliegen <i>Allogamus uncatu</i> RL -/ 3 <i>Chaetopteryx major</i> RL V/ 3 <i>Chaetopteryx villosa</i> <i>Crunoecia irrorata</i> <i>Drusus annulatus</i> RL V/ - <i>Limnephilus lunatus</i> <i>Melampophylax mucoreus</i> RL -/ 3 <i>Micropterna nycterobia</i> RL V/ - <i>Plectrocnemia conspersa</i> <i>Plectrocnemia geniculata</i> RL V/ - <i>Potamophylax luctuosus</i></p>	
<p>Libellen <i>Aeshna cyanea</i> <i>Anax imperator</i> <i>Coenagrion puella</i> <i>Cordulegaster bidentata</i> (Ad.) RL 3/ R <i>Ischnura elegans</i> <i>Pyrhosoma nymphula</i> (Ad.) <i>Sympetrum fonscolombii</i> <i>Sympetrum sanguineum</i></p>		
<p>Steinfliegen <i>Brachyptera risi</i> <i>Isoperla</i> sp. <i>Leuctra</i> sp. <i>Nemoura</i> sp.</p>		

Insgesamt konnten 14 krenobionte und 18 krenophile Taxa nachgewiesen werden, welche somit als quell- und quellnahn bewohnende Taxa 37,6% der erfassten Gesamtfaua ausmachen.

In den untersuchten Quellen wurden elf Rote-Liste Arten erfasst. Darunter ist eine nach der Rote-Liste Thüringen „vom Aussterben bedrohte“ Art, zwei „stark gefährdete“, drei „gefährdete“ Arten sowie zwei als „extrem selten“ eingestufte Arten. Von denen gelten nach der Roten Liste Deutschland vier Taxa als „gefährdet“ und eine Art steht auf der Vorwarnliste. Außerdem sind drei weitere Arten allein auf der Vorwarnliste nach der Roten-Liste Deutschland geführt.

Infolge der 2018 und 2019 stattgefundenen Beprobungen konnten in den acht Quellgewässern insgesamt 1703 Individuen erfasst werden, welche wie bereits beschrieben 85 verschiedenen Taxa zugeordnet werden konnten. Von diesen 85 Taxa wurden 40 im ersten Erfassungsjahr und 45 weitere Taxa im Jahr darauf dokumentiert. Einen detaillierten Überblick liefert die Tab. 3, welche die jeweiligen Individuenzahlen getrennt nach den Quellgewässern und dem Erfassungsjahr aufführt.

Tab. 3: Übersichtstabelle der Individuenzahlen der nachgewiesenen Taxa getrennt nach Quellgewässer und Erfassungsjahr

Taxon	Gewässer		GB_HQ		GB_1.NQ		GB_2.NQ		SG_HQ		SG_NQ		KG_NQ		RO		MR	
	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2019	2018	2019		
Turbellaria																		
<i>Crenobia alpina</i>	16	7	1				2			5	28	7	36	16		1		
<i>Dugesia gonocephala</i>									41									1
Annelida																		
<i>Eiseniella tetraedra</i>				2							1			2			3	
Mollusca																		
<i>Galba truncatula</i>								2										1
<i>Pisidium cosertanum</i>										2								
<i>Pisidium personatum</i>																1		2
Arachnida																		
<i>Argyroneta aquatica</i>							1											
Crustacea																		
<i>Gammarus pulex</i>	13	97	68	11	107	26	33	4	41	55	47	77	8	55				
<i>Niphargus schellenbergi</i>				5		1	1					1	2					
Ephemeroptera																		
<i>Baetis rhodani</i>								10						2				
<i>Cloeon dipterum</i>						46												
<i>Ecdyanurus venosus</i> (Ad.)	4																	
<i>Rhithrogena semicolorata</i>								3						1				
Odonata																		
<i>Aeshna cyanea</i>						8												
<i>Anax imperator</i>						4												
<i>Coenagrion puella</i>						21												
<i>Cordulegaster bidentata</i>															1		1	
<i>Ischnura elegans</i>						1												
<i>Pyrrhosoma nymphula</i>						1												
<i>Sympetrum fonscolombii</i>						1												
<i>Sympetrum sanguineum</i>						3												
Plecoptera																		
<i>Brachyptera risi</i>								1										
Perlidae											1							
<i>Isoperla</i> sp.								3										
<i>Leuctra</i> sp.								5			1							1
<i>Nemoura cinerea</i> (Ad.)											3	2						
<i>Nemoura</i> sp.								2			1	1						
Nemouridae (Ad.)								1					1					
<i>Protonemura</i> sp.		2						1				1	4					

Taxon	Gewässer		GB_HQ		GB_1.NQ		GB_2.NQ		SG_HQ	SG_NQ		KG_NQ		RO	MR	
	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019	
Heteroptera																
<i>Gerris thoraicus</i>					4	6										
<i>Notonecta spec.</i>						8										
Megaloptera:																
<i>Sialis fuliginosa</i>	1										2					
<i>Sialis lutaria</i>						3										
Coleoptera																
<i>Agabus bipustulatus</i>						1										
<i>Agabus bipustulatus</i> (Larve)						1									1	
<i>Agabus guttatus</i>														1		
<i>Anacaena globulus</i>														1		
<i>Eiodes minuta</i> -Gruppe (Larve)						2										
<i>Haliphus confinis</i>						2										
<i>Haliphus flavicollis</i>						1										
<i>Helophorus brevipalpis</i>										2						
<i>Helophorus grandis</i>														1		
<i>Helophorus obscurus</i>								1	2							
<i>Ilybius fuliginosus</i>						2										
<i>Odeles marginata</i> -Gruppe						12									1	
<i>Scirtes hemisphaericus</i> (Larve)									1							
Trichoptera																
<i>Allogamus uncatatus</i>	1															
<i>Chaetopteryx major</i>														2		
<i>Chaetopteryx villosa</i>														11		
<i>Crunoecia irrorata</i>																4
<i>Drusus annulatus</i>											2			3		
<i>Limnephilus lunatus</i>						3										
<i>Melampophylax mucoreus</i>	1										3	1	2			
<i>Micropterna nycterobia</i>	3		17					9	3	16	7	3	6	1		
<i>Plectrocnemia conspersa</i>			1					12			10		11	1	3	
<i>Plectrocnemia geniculata</i>	7	4		4						2		6			2	
<i>Potamophylax luctuosus</i>	2										1					
<i>Potamophylax nigricornis</i>	2		1											1		
<i>Rhyacophila praemorsa</i> -Gruppe								1								
<i>Rhyacophila pubescens</i>										3						
<i>Sericostoma personatum</i>	1							1								4
<i>Stenophylax permistus</i>	2										1					
<i>Synagapetus dubitans</i>	2													1		
<i>Wormaldia occipitalis</i>								20								
Diptera																
<i>Anopheles sp.</i>						11										
<i>Atylotus sp.</i>															1	
<i>Beris sp.</i>																1
<i>Brillia bifida</i>					2		1						7			
<i>Chironomus sp.</i>	1				1											
<i>Conchapelopia sp.</i>					4											
<i>Diamesa incallida</i>									7							
<i>Dicranota sp.</i>									1							1
<i>Dixa maculata</i>										2	5			1	1	
<i>Macropelopia sp.</i>						2										
<i>Microspectra sp.</i>					3											
<i>Microtendipes chloris</i> -Gruppe						3										
<i>Oxycera pardalina</i>										1					1	
<i>Paratanytarsus sp.</i>						1										
<i>Pedicia sp.</i>	1		1		1	3				1					1	
<i>Ptychoptera lacustris</i>			1												18	2
<i>Tanytarsus sp.</i>				1	3			1								
<i>Thaumalea sp.</i>								1								
<i>Tipula (Savtshenkia sp.)</i>													1			
<i>Tipula maxima</i>			5						1	1	1	2		2	1	
<i>Tonnoiriella sp.</i>																1
<i>Ulomyia sp.</i>						3								1		

6 Diskussion

6.1 Methodendiskussion

Die im Rahmen dieser Untersuchungen angewandte Methodik deckt, in Form des Krenals und der anliegenden Moospolster, wesentliche Bestandteile einer Quelle ab. Allerdings setzt sich dieser Lebensraum, wie in Kapitel 2 beschrieben, aus einer Vielfalt von kleinflächigen Teillebensräumen zusammen, welcher jeder für sich eine angepasste Fauna vorzuweisen hat. Innerhalb dieser Fauna können auch weitere quelltypische Taxa vertreten sein. So sind bspw. von der nachgewiesenen Gattung *Pedicia* krenobionte Arten bekannt, die eine semi-terrestrische Lebensweise im Umfeld von Quellen besitzen. Dazu zählt *Pedicia rivosa*, die im Totholz oder in der feuchten Laubstreu naturnaher Quellen vorkommt (SCHINDLER et al., 2017).

Eine Erfassung aller vorkommenden Arten ist trotz mehrfacher Beprobungen nicht möglich. Jedoch ist infolge der auf das Krenal und die Moospolster beschränkten Beprobungen davon auszugehen, dass weitere vorkommende Arten nicht erfasst wurden. Daher wäre eine Erweiterung der Beprobungen auf die Strukturen der angrenzenden Teillebensräume (z.B. quellnahes Falllaub, Totholz) unter erhöhtem Zeitaufwand empfehlenswert, um die Zahl der erfassten Taxa zu steigern und letztlich einen ausführlicheren faunistischen Überblick über den Lebensraum gewinnen zu können. Allerdings ist es vordergründig immer erachtenswert, dass die durchgeführten Beprobungen keine nachhaltigen Schäden an diesem wertvollen und sensiblen Lebensraum hinterlassen.

6.2 Ergebnisdiskussion

6.2.1 Autökologische Einschätzung

In diesem Teilkapitel erfolgt ein Einblick in die Autökologie der erfassten Taxa, sortiert nach den systematischen Gruppen. Dabei werden die nachgewiesenen Arten hinsichtlich ihres Vorkommens in Quellen oder quellnahen Bereichen näher betrachtet sowie bekannte Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Organismen vorgestellt.

Turbellaria

Im Rahmen der Untersuchungen konnten zwei Vertreter dieser Ordnung erfasst werden: *Crenobia alpina* (Abb. 20) und *Dugesia gonocephala* (Abb. 21). Bei dem krenobionten Alpenstrudelwurm handelt es sich um eine arktisch-alpine, kaltstenotherme sowie rheophile Art (SCHMEDITJE & KOHMANN, 1992), welche bevorzugt in Quellen mit kalkhaltigem Wasser anzutreffen ist (BREHM, 1930, GRABOW, 2000). Das Temperaturoptimum dieses Glazialreliktes liegt bei maximal 8°C, während Temperaturen über 15°C langfristig nicht vertragen werden (SCHMEDITJE & KOHMANN, 1992). *C. alpina* lebt in unbelasteten Gewässern an der Unterseite von Steinen und ernährt



Abb. 20: *Crenobia alpina* (Foto: A. Willenberg)

sich karnivor hauptsächlich von *Gammarus pulex* (ebd.). Sie erreicht beim Beutefang relativ hohe Kriechgeschwindigkeiten und kann deswegen auch in nahrungsärmeren Bereichen existieren (BAUMANN et al., 2016). Ihre Existenz in versiegenden Quellen kann sich *C. alpina* durch den Rückzug ins Grundwasser sichern, in welchem die Planarie überdauert (BEYER, 1932). In den unversinterten Bereichen von Kalktuffquellen ist *C. alpina* regelmäßig anzutreffen (ZOLLHÖFER, 1997, FOECKLER & SCHMIDT, 2007), was sich auch in den Thüringer Quellen widerspiegelt, da die Art in sieben von acht Quellgewässern nachgewiesen werden konnte.

Demgegenüber ist *Dugesia gonocephala* ein typischer Bewohner des wärmeren Hyporhithrals, der in sauberen Gewässern mit einer Jahresmitteltemperatur von 12-16°C vorkommt (SCHMEDITJE & KOHMANN, 1992). Nach BREHM (1930) wird diese Planarie ebenfalls als kalkliebend beschrieben. So konnte die Art unter anderem in Hohlräumen von Sinterkrusten eines Baches beobachtet werden (BEYER, 1932). Vordergründig ist *D. gonocephala* allerdings auf und unter



Abb. 21: *Dugesia gonocephala* (Foto: A. Willenberg)

Steinen, Holzstrukturen sowie zwischen Laub zu finden (ebd.). *D. gonocephala* ernährt sich ebenfalls karnivor und frisst vor allem Gammariden sowie Insektenlarven (SCHMEDITJE & KOHMANN, 1992). Aufgrund ihrer relativ langsamen Kriechgeschwindigkeit ist diese Art auf eine ausreichende Beutepopulation in ihrem Habitat angewiesen (BAUMANN et al., 2016). Generell haben sich in schnellfließenden Bachläufen entlang des Temperaturgradienten drei Planarienarten eingemischt. Die Quellen und Oberläufe werden wie bereits beschrieben von der kaltstenothermen Planarie *C. alpina* besiedelt, im Mittellauf kommt bei Temperaturen zwischen 9-13°C *Polycelis felina* vor und den Unterlauf besiedelt *D. gonocephala* bei Temperaturen von 12-16°C (SCHMEDITJE & KOHMANN, 1992). Ohne die mittellaufbewohnende Planarie *Polycelis felina* treffen die Verbreitungsgebiete von *C. alpina* und *D. gonocephala* flussabwärts des Öfteren aufeinander (WHITTON, 1975). Dabei konnte WILHELMI (1904) temperaturbedingte Besiedlungsmuster in einem Quellbach feststellen und stellte die Vermutung auf, dass die Koexistenz oder das getrennte Vorkommen beider Arten in Quellbachbereichen von witterungsbedingten Temperaturwechseln abhängig sein könnte. So beobachtete er nach gleichbleibend kühlen Temperaturen ein gemeinsames Auftreten von *C. alpina* und *D. gonocephala* in einem Quellbach. Infolge eines Temperaturanstieges konnte die kaltstenotherme *C. alpina* einige Zeit später jedoch nur noch zurückgezogen und streng getrennt von *D. gonocephala* im obersten Bachlauf vorgefunden werden (ebd.).

Allerdings konnten dem gegenüber beide Arten auch vergesellschaftet im Krenal von Kalktuffquellen nachgewiesen werden (vgl. FOECKLER & SCHMIDT, 2007). In den untersuchten Thüringer Quellen konnten *D. gonocephala* in zwei von acht Quellgewässern nachgewiesen werden. Direkt miteinander vergesellschaftet wurden beide Arten jedoch nicht erfasst. Allerdings konnte innerhalb eines dieser Quellgewässer ein Jahr zuvor auch ein Individuum von *C. alpina* nachgewiesen werden.

Annelida: Oligochaeta

Laut ZOLLHÖFER (1997) kommen unter den Wenigborstern keine Quellspezialisten vor. In den Untersuchungen konnten Oligochaeten nur vereinzelt erfasst werden. Auch generell kommt diese taxonomische Gruppe in Quellen eher sporadisch vor und wenn, dann vordergründig als Ubiquisten und Sedimentfresser in feinmaterial- und schlammreichen Quellen, wie z.B. der mehrfach nachgewiesene *Eiseniella tetraedra* (SCHINDLER, 2004). Dieser epigäisch lebende Wurm zeigt eine amphibische Lebensweise, welche die Bindung an eine hohe Bodenfeuchtigkeit widerspiegelt (LUTHARDT et al., 2011; HÖSER, 2012). Gelegentlich ist er in auch in Moosstrukturen anzutreffen (GRABOW, 2000).

Mollusca

Das Vorkommen von Mollusken in Quellen ist zum Teil vom Kalkgehalt des Wassers abhängig (SCHINDLER, 2004). Jedoch konnten Weichtiere nur in wenigen Quellgewässern nachgewiesen werden. Als einziger Vertreter der Gastropoda wurde die krenophile Art *Galba truncatula* erfasst, welche unter anderem in der Helokrene vertreten war. Laut FELDMANN (1972) hält sich die Art sogar bevorzugt in Quellsümpfen auf. Aufgrund ihrer amphibischen Lebensweise ist sie in der Lage



Abb. 22: *Pisidium personatum* (Foto: A. Willenberg)

das Wasser auch für längere Zeit zu verlassen, um sich an ufernahen Pflanzen aufzuhalten oder um gegebenenfalls nach Ersatzhabitaten zu suchen (WALTER, 1992). Muscheln waren in den Quellen nur durch zwei Arten der Gattung *Pisidium* vertreten. Einerseits konnte die kaltstenotherme Quellart *Pisidium personatum* (Abb. 22) nachgewiesen werden, welche als kalkbedürftig gilt (MEIER-BROOK, 1975). Des Weiteren wurde in einer Quelle *Pisidium casertanum* erfasst. Diese eurytope Süßwassermuschel ist typisch für Kleingewässer und weist eine Toleranz gegenüber verschiedenen Extrembedingungen auf, wie z.B.: Nahrungs- und Kalkarmut (ebd.). Innerhalb ihres Habitats kommt sie auch mit einem Minimum an Schlamm aus (ebd.).

Arachnida

Die in Deutschland als gefährdet eingestufte *Argyroneta aquatica* stellt die einzige dauerhaft aquatisch lebende heimische Spinnenart dar (GRABOW, 2000). Sie kommt vordergründig in pflanzenreichen Stillgewässern vor, kann aber auch in langsam fließenden Gewässern angetroffen werden (ebd.). *A. aquatica* konnte einmalig in der Limnokrene, welche als einziges Untersuchungsgewässer diese Habitatansprüche erfüllt, in Form eines juvenilen Individuums nachgewiesen werden. Diese Art zeichnet sich durch ihre besondere Lebensweise aus. Sie lebt Unterwasser in, zwischen filigran beblätterten Makrophyten angelegten, Luftglocken, welche regelmäßig mit frischem Sauerstoff aufgefüllt werden müssen (ENGELHARDT, 2008). Dafür muss sie stets an die Wasseroberfläche, um den Luftvorrat in ihrem Hinterteil aufzufüllen (GRABOW, 2000). Diesen Luftvorrat transportiert sie in die Luftglocken, um diese zu erneuern (ebd.). Des Weiteren sind diese Luftglocken von Spinn- und Alarmfäden umgeben. Dabei dienen erstere der Fortbewegung und die zweitgenannten lassen die Spinne über Vibrationen Beutetiere wahrnehmen, wie z.B.: Insektenlarven (ebd.). Diese Art konnte auch

in weiteren characeenreichen und oligotrophen Gewässern des Eichsfeldes und Naturparks EHW nachgewiesen werden (persönl. Mitteilung WILLENBERG, 2020).

Crustacea

Die Ordnung der Crustacea ist in Quellen vor allem durch die Gattung *Gammarus* vertreten, welche in diesem Lebensraum eine bedeutende ökologische Rolle als Zerkleinerer einnimmt (SCHINDLER et al., 2017). In Quellen sind hauptsächlich zwei Arten anzutreffen, deren Verbreitung von der Höhenlage des Lebensraums abhängig ist (MEYER, 1999). So werden die Quellen der Mittelgebirge und des Alpenraums vordergründig von *G. fossarum* besiedelt (SCHINDLER, 2004, REISS,



Abb. 23: *Gammarus pulex* (Foto: A. Willenberg)

2011), während in Tieflandquellen eher *G. pulex* vorzufinden ist (MARTIN & RÜCKERT, 2011). Nach MEYER (1999) können *G. fossarum* und *G. pulex* in Bächen zwischen 100 m ü.NN und 450 m ü.NN miteinander vergesellschaftet vorkommen, während über 450 m ü.NN nur noch *G. fossarum* anzutreffen sei. Natürlich ist diese Höhenzonierung von Ausnahmen geprägt. So konnten beide Arten bspw. in Harzer Quellen bis zu einer Höhe von 700 m ü.NN miteinander vergesellschaftet nachgewiesen werden (vgl. SCHINDLER, 2017). Aufgrund der Nachweise in diesen sauren Quellgewässern ist die Angabe einiger Autoren (BREHM, 1930, SCHMEDTJE & KOHMANN, 1992), dass *G. pulex* eine Bindung an einen hohen Kalkgehalt im Wasser aufweist, auch als kritisch anzusehen und es gilt diesbezüglich vielmehr seine relativ große ökologische Potenz zu betonen.

In den untersuchten Thüringer Kalktuffquellen (\emptyset : ca. 370 m ü.NN) konnte allein *G. pulex* nachgewiesen werden und das als quantitativ am stärksten vertretene (37,7% der Gesamtindividuenzahl) sowie in nahezu allen Quellgewässern vorkommende Art. Dieser Flohkrebs ernährt sich von lebenden und abgestorbenen Pflanzenteilen sowie teilweise von verwesenden Insekten und Krebstieren (SCHMEDTJE & KOHMANN, 1992).

Des Weiteren können gelegentlich Vertreter der Gattung *Niphargus* in Quellen aufgefunden werden. Am häufigsten treten dabei die Arten *N. aquilex*, *N. puteanus* und *N. schellenbergi* auf (ZAENKER & REISS, o.J.). Die meisten Vertreter dieser Gattung sind reine Stygobionten, während einige sowohl als stygo- und krenobiont bezeichnet werden. Da von manchen Grundwasserflohkrebsen bekannt ist, dass sie das Grundwasser nachts zur Nahrungsaufnahme verlassen



Abb. 24: *Niphargus schellenbergi* (Foto: A. Willenberg)

und über den Tag wieder Schutz im Grundwasserkörper suchen (ebd.). Zu den stygo- und krenobionten Höhlenflohkrebsen gehört auch der mehrfach in den untersuchten Thüringer Quellen nachgewiesene *Niphargus schellenbergi* (Abb. 24), dessen Nahrung sich aus kleinen Pflanzenteilen und anderen Kleintieren zusammensetzt (ebd.). Somit steht er teilweise in Nahrungskonkurrenz mit *Gammarus pulex*. Laut SCHINDLER (2004) kommt es infolge dieser Konkurrenz beider Arten in Quellen oft zum Ausschluss von *Niphargus*. Dem gegenüber berichtet BEYER (1932) von aktiven Angriffen seitens *Gammarus* auf *Niphargus*, welche neben

mangelnder Deckung (bspw. fehlendes Laub) in Krenalbereichen Grund für das partielle Vorkommen von *Niphargus* in Quellen sein könnten. In den untersuchten Thüringer Quellen wurde *N. schellenbergi* 2019 insgesamt in fünf Quellen nachgewiesen. Dabei kam er in vier Fällen in geringen Abundanzen mit *G. pulex* vergesellschaftet vor.

Ephemeroptera

Eintagsfliegenlarven kommen in Quellen zwar gelegentlich vor, allerdings stellt dieser Gewässerabschnitt aufgrund seiner geringen organischen Eigenproduktion keinen optimalen Lebensraum für diese überwiegenden Weidegänger dar (STANICZEK, 2003). Das äußert sich in der geringen Artenvielfalt der Ephemeroptera in Quellen (ebd.). In den untersuchten Eichsfelder Quellen wurden Arten der Familien Heptageniidae und Baetidae nachgewiesen. Die zur Erstgenannten gehörende Art *Rhithrogena semicolorata* ist eine für Bergbäche typische Art, welche aufgrund ihres Vorzuges von kaltem Wasser und steinigem Grund aber auch oft in Quellregionen vorkommen kann (SCHMEDITJE & KOHMANN, 1992; ZOLLHÖFER, 1997). Sie konnte in zwei Quellen nachgewiesen werden, die diese Bedingungen erfüllt haben. Des Weiteren konnten mehrere Imagines der Art *Ecdyonurus venosus* in einer Quelle erfasst werden. *E. venosus* bewohnt schnell fließende, steinige Bäche und zeigt gegenüber Verschmutzungen eine relative Toleranz (SCHMEDITJE & KOHMANN, 1992). Die zur zweiten Familie gehörende Art *Baetis rhodani* (Abb. 25) wurde in zwei Quellen erfasst, stellt allerdings eine nahezu in allen Fließgewässern vertretene Art dar (ebd.). Außerdem konnte in der Limnokrene eine Großzahl von *Cloeon dipterum*-Larven nachgewiesen werden, welche als pflanzenreicher Wassertümpel die Habitatsprüche dieser Art perfekt widerspiegelte (ebd.).



Abb. 25: *Baetis rhodani* (Foto: A. Willenberg)

Odonata

Im Rahmen der Untersuchungen konnten fünf Großlibellen- und drei Kleinlibellenarten erfasst werden. An der Helokrene konnte in beiden Untersuchungsjahren die in Thüringen extrem seltene *Cordulegaster bidentata* (Abb. 26) nachgewiesen werden. Während der Beprobungen 2019 konnte ein Exemplar sogar bei der Eiablage im schlammigen Substrat der Helokrene beobachtet und somit auch ein Reproduktionsnachweis erbracht werden. Infolge des Libellenmonitoring (Stand: 2011, 2018) im Naturpark Eichsfeld-Hainich-Werratal und im Nationalpark Hainich sind weitere Nachweise dieser Art bekannt. Dabei konnte *C. bidentata* in drei weiteren kalksinterreichen Waldbächen erfasst werden, welche nördlich bzw. südwestlich von den Untersuchungsgewässern dieser Arbeit liegen. Im Jahr 2018 konnten an den betreffenden Gewässern zunächst nur Imagines nachgewiesen werden, 2019 jedoch auch Larven (persönl. Mitteilung WILLENBERG, 2020). Diese krenobionte Art ist besonders typisch für Quellbereiche mit Kalktuffablagerungen (BELLMANN, 2007). Die restlichen Arten wurden



Abb. 26: *Cordulegaster bidentata* am 23.06.2018 (Foto: E. Arndt)

allesamt in der Limnokrene nachgewiesen. Darunter waren die Larven von *Aeshna cyanea* vertreten, welche typischerweise in kleinen Stillgewässern anzutreffen sind (BELLMANN, 2007). Die Art an sich gilt als recht anspruchslos und anpassungsfähig (ebd.). Des Weiteren konnten Larven von *Anax imperator* erfasst werden, welche vordergründig in pflanzenreichen Tümpeln und Teichen vorkommen (ebd.). Von der Gattung *Sympetrum* konnten die Larven von zwei Arten nachgewiesen werden. Dazu gehört *S. fonscolombii*, welche ursprünglich aus dem Mittelmeerraum stammt, hier nun aber unter anderem in Kiesgrubentümpeln zu finden ist (BELLMANN, 2007) und die zweite Art, *S. sanguineum*, die in Stillgewässern verschiedensten Typs vorkommen kann (GRABOW, 2000). Unter den nachgewiesenen Zygopterenlarven sind *Coenagrion puella* und *Ischnura elegans* zu nennen, welche die häufigsten Kleinlibellenarten Deutschlands darstellen (BELLMANN, 2007). Beide Arten treten regelmäßig in stehenden Gewässern auf (GRABOW, 2000). Typisch für pflanzenreiche Kleingewässer ist die in Form einer Imago erfasste *Pyrrhosoma nymphula* (Abb. 27), welche aber auch in langsam fließenden Bächen und Gräben vorkommen kann (BELLMANN, 2007).



Abb. 27: *Pyrrhosoma nymphula* (Foto: J. Schnirch)

Plecoptera

Aufgrund ihrer schwach entwickelten Kiemenanhänge sind Plecopterenlarven auf sauerstoffreiches Wasser angewiesen (MARTIN, 2015). Aus diesem Grund kommen sie vor allem in Quellbereichen, Bächen sowie Flüssen vor (ebd.). In Quellen treten Steinfliegen oft in hohen Arten- und Individuenzahlen auf, was vermutlich damit zu begründen ist, dass Quellgewässer einen präferierten Eiablageort auch für Arten darstellen, die als ältere Larven driftbedingt in quellferneren Abschnitten leben (ebd., S. 89; z.n. Weinzierl & Graf, 2006). Diese Annahme kann mit dem von MÜLLER (1965, S. 95) beschriebenen „colonization cycle“ gestützt werden, nach dem die Imagines von aquatischen Insekten eine bachaufwärts gerichtete Flugtendenz aufweisen, um ihre Eier unter anderem in quellnahen Gewässerabschnitten abzulegen. Von diesen Eiablageorten beginnend erfolgt eine bachabwärts gerichtete Verteilung der Larven im gesamten, den Ansprüchen der jeweiligen Art, entsprechenden Gewässerbereich (ebd.). Diese beschriebenen Tendenzen konnten bei Ephemeroptera, Trichoptera, Sialidae sowie Plecoptera, besonders deutlich bei den Arten *Isoperla grammatica*, *Leuctra fusca* und *Nemoura borealis* im mittelschwedischen Fluss Ammerån beobachtet werden (THOMAS, 1966, S. 78; z.n. ROOS, 1957). Unter den in Thüringen erfassten Gattungen sind bspw. *Nemoura*, *Leuctra* sowie *Protonemura* zu nennen, von denen einige Arten als krenophil beschrieben werden (SCHINDLER et al., 2017). Des Weiteren konnten Individuen der Gattung *Isoperla* (Abb. 28) in einer Quelle nachgewiesen werden. Diese Gattung ist generell für Mittelgebirgsbäche typisch (KRISKA & TITTIZER, 2009). Einmalig konnte *Brachyptera risi* erfasst werden, die als häufigste Taeniopterygide des europäischen Flachlandes gilt (SCHMEDITZ & KOHMANN, 1992).



Abb. 28: *Isoperla* sp. (Foto: A. Willenberg)

Heteroptera

Wasserwanzen wurden nur in der Limnokrene nachgewiesen. Dabei handelte es sich um mehrere Individuen von *Gerris thoraicus* (Abb. 29) und zahlreiche Exemplare der Gattung *Notonecta*. Alle erfassten Wanzen sind eurytop oder für Stillgewässer typisch und sind somit nicht als quelltypisch anzusehen (SCHINDLER, 2004). Die meisten Arten leben auf der Wasseroberfläche und ernähren sich vom Anflug (ebd.).



Abb. 29: *Gerris thoraicus* (Foto: A. Willenberg)

Megaloptera

Im Rahmen der Untersuchungen konnten *Sialis fuliginosa* (Abb. 30) und *S. lutaria* nachgewiesen werden. *S. fuliginosa* ist unter anderem in schnell fließenden Bächen und Flüssen anzutreffen (SCHMEDITJE & KOHMANN, 1992) und ernährt sich hauptsächlich von Plecopteren- und Chironomidenlarven (ebd.). Diese Art wurde in zwei Rheokrenen und der Helokrene erfasst. *Sialis lutaria* konnte typischerweise nur in der Limnokrene erfasst werden, da ihre Larven vor allem im Schlamm meist stehender oder langsam fließender Gewässer vorzufinden sind (ebd.). Die Larven ernähren sich vorrangig von Chironomidenlarven und Oligochaeten (ebd.). Die Imagines der Sialidae sind im Frühsommer bis Sommer in der umgebenden Ufervegetation zahlreich vorzufinden und vermeiden es möglichst zu fliegen (KRISKA & TITTIZER, 2009; ENGELHARDT, 2008). Stattdessen bewegen sie sich in der Vegetation größtenteils kriechend vorwärts (ENGELHARDT, 2008).



Abb. 30: *Sialis fuliginosa* (Foto: A. Willenberg)

Coleoptera

Im Zuge der Untersuchungen konnten zwölf Arten nachgewiesen, von denen drei krenophil sind. Dazu gehört ein Vertreter der Gattung *Agabus* (Abb. 31), nämlich *A. guttatus*, welcher zumeist in montanen Quellen und Bächen lebt (SCHMEDITJE & COLLING, 1996). Diese kaltstenotherme Art ist relativ schlecht an die Strömung angepasst und wird daher als schlechter Schwimmer beschrieben (ebd.). Der ebenfalls krenophile *Anacaena globulus* ist regelmäßig in Quellgebieten anzutreffen, aber auch in Bächen oder stehenden Gewässern, wie z.B. Grundwassertümpeln (ebd.). Er konnte einmalig in einer Rheokrene erfasst werden. Nach SCHINDLER et al. (2017) ist die Gattung *Elodes* sehr häufig in naturnahen Quellen vorzufinden. Sie kommt aber auch in Quellbächen vor, wie z.B.: die krenophile *Elodes minuta*-Gruppe, welche während der Untersuchungen allerdings nur in der Limnokrene nachgewiesen werden konnte (ebd.). Zwei Vertreter der Gattung *Haliplus* konnten ebenfalls in der Limnokrene erfasst werden. Deren Arten gelten als typische Bewohner stehender oder langsam fließender Gewässer mit Makrophytenvorkommen (KRISKA & TITTIZER, 2009). Darunter vertreten ist auch der in



Abb. 31: *Agabus* sp. (Foto: A. Willenberg)

Thüringen als extrem selten gelistete *H. confinis*, dessen Larven sich als Algenfresser von Characeen ernähren (SCHMEDITJE & COLLING, 1996). Characeen bilden unter anderem auch die Nahrungsgrundlage für die Larven von *H. flavicollis*, welcher typisch für nährstoffarme Stillgewässer mit Makrophytenvorkommen ist (ebd.). In den beprobten Eichsfelder Quellen konnten außerdem Vertreter der *Odeles marginata*-Gruppe nachgewiesen werden. Die bspw. zugehörige Art *O. marginata* wird als krenophile Art beschrieben, die vordergründig in Rheo- und Rheohelokrenen anzutreffen ist (MARTIN & RÜCKERT, 2011). Die restlichen erfassten Arten sind überwiegend für Stillgewässer typisch oder besiedeln als Ubiquisten diverse Gewässertypen.

Trichoptera

Die Köcherfliegen stellen mit 18 Taxa die zweitgrößte taxonomische Gruppe innerhalb der Untersuchungen dar. Laut der „Zonalen Verteilung von mitteleuropäischen Köcherfliegenarten in fließenden und stehenden Gewässern“ nach WARINGER & GRAF (2011, S. 453-460) handelt es sich dabei um sechs krenobionte und neun krenophile Taxa. Bei den drei weiteren Arten liegt der Verbreitungsschwerpunkt im Rhithral. Unter den krenobionten Arten befindet sich unter



Abb. 32: *Plectrocnemia conspersa* (Foto: A. Willenberg)

anderem die in Thüringen vom Aussterben bedrohte *Rhyacophila pubescens*, deren Vorkommen stark an bergige Regionen mit Kalksteinuntergrund gebunden ist (ENGELHARDT, 2009). In diesen Regionen kommt die Art nur in Kalksinterbächen vor und wird daher als typischer Bewohner von Gewässern mit Sinter- oder Tuffablagerungen beschrieben (HAASE, 1998; MALICKY, 2014; POTTGIESSER, 2018). MAIER & LINNENBACH (2001) schreiben dieser Art konkret eine Bindung an kalkhaltige Quellen zu. Im Rahmen dieser Untersuchungen konnten sowohl Larven als auch eine Imago von *R. pubescens* in einer Rheokrene nachgewiesen werden. Die ebenfalls krenobionte *Synagapetus dubitans* wurde in den untersuchten Quellen nur in einem Untersuchungsgewässer nachgewiesen. Das Gewässer erfüllte die Ansprüche dieser in Thüringen stark gefährdeten Art sehr gut, da sie als Weidegänger Steinoberseiten bewohnt und an diesen Algenaufwüchse abweidet (WARINGER & GRAF, 2011, S. 364; z.n. OTTER, 1989). Weitere krenobionte Taxa sind *Crunoecia irrorata*, *Plectrocnemia geniculata*, *Potamophylax nigricornis* sowie *Wormaldia occipitalis*. Hervorzuheben ist dabei *C. irrorata*. Nach SCHMEDITJE & KOHMANN (1992) kommt diese Art in verschiedensten Quellentypen vor, unter anderem auch in Sinterquellen. WARINGER & GRAF (2011, S. 380; z.n. ILMONEN, 2008; NIELSEN, 1942; WARINGER & GRAF, 1996) beschreiben ein häufiges Vorkommen in semiaquatischen Bereichen gut beschatteter Sumpfwälder, was sich im Zuge der Thüringer Untersuchungen auch bestätigt hat, da die Art allein in der Helokrene bei Mackenrode nachgewiesen werden konnte. Des Weiteren ist von *C. irrorata* in Quellen ein semiaquatisches Auftreten beobachtet worden, unter anderem zwischen Laubblättern oder an beмоosten Holzstücken (BEYER, 1932; HOHMANN, 2011). Die Nahrung von *C. irrorata* setzt sich hauptsächlich aus Blättern und vermoderndem Holz zusammen (WARINGER & GRAF, 2011, S. 380; z.n. NIELSEN, 1942; SATTLER, 1957). Die Puppen sitzen an Moosstrukturen oder Wurzeln

von ufernah wachsenden Pflanzen (ebd.).

Unter den nachgewiesenen krenophilen Arten gelten *Allogamus uncatus* und *Chaetopteryx major* in Thüringen als gefährdet. *A. uncatus* ist eigentlich für Bäche der höheren Mittelgebirge und Alpen typisch (HAASE et al., 2004), *C. major* kommt laut SCHMEDITJE & COLLING (1996) von der Quellregion bis in das Epirhithral vor und *E. madida* ist vor allem in schnell fließenden Gewässern der zentraleuropäischen Mittelgebirge vertreten (WAGNER & HÖCHST, 2001). Die weiteren erfassten krenophilen Arten gelten in Thüringen als ungefährdet. Dazu gehören *Drusus annulatus* und *Micropterna nycterobia*, welche vor allem schnell fließende Quellausläufe und sauerstoffreiche, kalte Quellbachbereiche bewohnen (SCHINDLER et al., 2017). *Plectrocnemia conspersa* (Abb. 32) sowie *Potamophylax luctuosus* beschränken ihr Vorkommen nicht nur auf Quellen, sondern sind als Arten der Oberläufe anzusehen (SCHINDLER et al., 2017). Die *Rhyacophila praemorsa*-Gruppe hat ihren Verbreitungsschwerpunkt in anthropogen unbeeinflussten, relativ sauberen Quellen und Bächen (WARINGER & GRAF, 2011). *Sericostoma personatum* ist unter anderem für schnell fließende Bachbereiche typisch, kommt aber auch in entsprechenden Flüssen und an Seeufern mit Wellenschlag vor (ELLIOTT, 1969). Von dieser Art konnten sowohl Larven als auch eine Imago erfasst werden. *Stenophylax permistus* wird nach PEISSNER & KAPPUS (1998) als bachbewohnende Art beschrieben.

Die meisten Arten der nachgewiesenen typischen Rhithralbewohner werden in Thüringen als ungefährdet geführt. Dazu zählen *Chaetopteryx villosa* sowie *Limnephilus lunatus*. Wobei *L. lunatus* seinen Verbreitungsschwerpunkt im Litoral von Fließ- und Stillgewässern hat (WARINGER & GRAF, 2011). Besonders nennenswert ist *Melampophylax mucoreus*, die in drei Quellen nachgewiesen werden konnte. Einerseits gilt sie im Freistaat als gefährdet. Andererseits wird diese Art als typischer Bewohner versinterter Gewässer beschrieben (POTTGIESSER, 2018). Für *M. mucoreus* ergeben sich aus der Besiedlung dieses Extremlebensraums nach KOCK et al. (2006) durchaus Vorteile. Bei Aufzuchtsexperimenten mit diesem Weidegänger konnte im direkten Vergleich auf kalkverkrusteten Gesteinsoberflächen ein schnelleres Larvenwachstum beobachtet werden, als auf glatten unversinteren Gesteinsoberflächen (ebd.). Hintergründig ist das vermutlich auf die rauere Oberfläche zurückzuführen, die im Vergleich zu glatten unverkrusteten Gesteinsoberflächen das Algenwachstum unterstützt (ebd.).

Diptera

Dipterenlarven weisen je nach Art eine terrestrische, semi-aquatische, hygropetrische oder rein aquatische Lebensweise auf. In aquatischen Substraten sind Diptera somit nur als Larven oder Puppen anzutreffen, was sich erschwerend auf die genaue Bestimmung auswirkt, da die meisten Zweiflügler nur als Imagines bis auf Artniveau bestimmbar sind (MARTIN et al., 2015). Aus diesem Grund wurden in vielen Fällen nur Angaben bis auf Familien- oder Gattungsniveau gemacht. Weitere Defizite liegen bei Beschreibungen zu Lebensweise und Ökologie vieler



Abb. 33: *Oxycera* sp. (Foto: A. Willenberg)

Arten vor. Da größtenteils bis auf Gattungsniveau bestimmt wurde und es teils fehlende Rote-Liste-Status gibt, erfolgen keine Angaben zum Gefährdungsstatus.

Die Dipteren stellten im Rahmen dieser Arbeit mit 25 nachgewiesenen Taxa die artenreichste taxonomische Gruppe dar. Darunter sind vier krenobionte und drei krenophile Arten vertreten. In Quellen treten vor allem Chironomiden sehr häufig und artenreich auf (STAUDACHER & FÜREDER, 2006; MARZIALI et al., 2010). Aus europäischen Kaltwasserquellen sind laut LINDEGAARD (1995) über 200 Chironomiden-Arten bekannt, von denen er zu seiner Zeit dreizehn Arten als krenobiont und 37 als krenophil benannte. In den untersuchten Thüringer Kalktuffquellen konnten neun Arten bzw. Gattungen erfasst werden, unter denen eine krenobionte und eine krenophile Art vertreten ist. Die krenobionte *Diamesa incallida* kommt allein in kalten Quellen vor (ROSSARO & LENCIONI, 2015). Während *Brillia bifida* als krenophile Art typischerweise in Quellen und ihren Bächen angetroffen werden kann (MOLLER PILLOT, 2013). Von der Gattung *Macropelopia* sind ebenfalls krenophile Arten bekannt, wie z.B.: *M. nebulosa* (Schmedtje & Colling, 1996). Die Gattung *Conchapelopia* kommt schwerpunktmäßig im Rhithral vor, gelegentlich aber auch in Quellen (ebd.). Die restlichen Gattungen sind zumeist in Gewässern aller Art zu finden.

Als einzige Gattung der Culicidae konnte in der Limnokrene *Anopheles* nachgewiesen werden, welche nach SCHMEDITJE & COLLING (1996) in verschiedenen ruhigen Gewässertypen anzutreffen ist, unter anderem auch in Quelltümpeln. Ebenfalls nur durch eine Art vertreten, war die Familie der Dixidae. *Dixa maculata* wird als krenophile Art beschrieben (SCHMEDITJE & COLLING, 1996; RÜCKERT et al., 2007). Von den beiden erfassten Gattungen *Pedicia* und *Dicranota* aus der Familie der Pediciidae sind die Arten der Erstgenannten nach SCHMEDITJE & COLLING (1996) mindestens als krenophil zu bezeichnen. Dem gegenüber kommt *Dicranota* vordergründig in sauberen Waldbächen zwischen zerfallendem Laub, aber auch in schlammigen Substraten von Flüssen oder Teichen vor (ebd.). Die krenobionte Psychodiden-Gattung *Tonnoiriella* ist nach FAASCH (2015) in Quellen zwischen Laubstrukturen zu finden. Aus der Gattung *Ulomyia* sind ebenfalls krenobionte Arten bekannt, wie z.B. *U. fuliginosa* (WAGNER & WEBER, 2013). Von sechs weiteren Dipterenfamilien konnten Vertreter nachgewiesen. So wurde in der untersuchten Helokrene zahlreiche Exemplare von *Ptychoptera lacustris* vorgefunden, die laut Literatur ihren Verbreitungsschwerpunkt genau in solchen Sickerquellen und Quellsümpfen hat (SCHMEDITJE & COLLING, 1996). Sie kann aber auch im Schlamm langsam fließender Bäche oder Sümpfe angetroffen werden (ebd.). Vertreter der Stratiomyidae (Abb. 33) sind häufig im Krenal anzutreffen, aber auch in Stillgewässern und Sümpfen vorkommend (SCHMEDITJE & COLLING, 1996). Dabei hervorzuheben ist die nachgewiesene krenobionte Art *Oxycera pardalina*, welche für das Krenal und hygropetrische Zone als typisch angesehen wird (ebd.). SCHINDLER (2004) äußert gegenüber der Gattung *Oxycera* den Verdacht typisch für Quellen mit hohen Leitfähigkeiten und pH-Werten zu sein.

Die aquatischen Arten der Gattung *Beris* kommen regelmäßig in Quellen und Sümpfen vor (ebd.), so konnte sie auch nur in der Helokrene erfasst werden. Einziger Vertreter der Tabanidae war die Gattung *Atylotus*, die jedoch für Uferbereichen von Bächen, Teichen oder Kanälen typisch ist (FAASCH, 2015). Die Larven der Gattung *Thaumalea* zählen zu den klassischen Mitgliedern der *Fauna hygropetrica*, welche vordergründig im Umfeld von Quellen,

aber auch in der vom Spritzwasser feucht gehaltenen Umgebung von Bergbächen vorkommen (SCHMEDITJE & COLLING, 1996). Laut Literatur kann *Tipula maxima* als Larve sowohl eine semiaquatische als auch rein aquatische Lebensweise aufweisen (ebd.). Dabei kann sie hauptsächlich in feuchten Laubschichten, quellnahen Mooskissen, aber auch schlammigen Flachwasserbereichen oder in der Sohle von Bächen vorgefunden werden (ebd.). Demgegenüber kommt *Tipula (Savtshenkia)* nach FAASCH (2015) vor allem in Moospolstern von Mooren sowie in Bächen vor.

6.2.2 Makrobenthische Gesellschaft im Vergleich

Im Vergleich zu anderen KTQ- und Nicht-KTQ-Untersuchungen weist die makrobenthische Gesellschaft der beprobten Thüringer Kalktuffquellen einige Gemeinsamkeiten aber auch Unterschiede auf. In diesem Abschnitt werden nur die wesentlichen Gemeinsamkeiten und Unterschiede aufgeführt.

Turbellaria

Die Klasse der Turbellaria ist in Kalktuffquellen besonders häufig in Form der Alpenplanarie (*Crenobia alpina*) vertreten (vgl. ZOLLHÖFER, 1997, FOECKLER & SCHMIDT, 2007), so auch in den untersuchten Thüringer Rheokrenen. Die in 6.2.1 erläuterten hohen Ansprüche dieser Art werden durch diesen Quellentyp sehr gut erfüllt. Die zweite nachgewiesene Planarienart *Dugesia gonocephala* ist in Kalktuffquellen nur gelegentlich anzutreffen (vgl. FOECKLER & SCHMIDT, 2007). Mitunter wurde sie von BEYER (1932) in versinteren Bachbereichen angetroffen, in welchen sie die Hohlräume der Sinterkrusten besiedelte. Diese Beobachtung gewissermaßen stützend, konnte *D. gonocephala* auch in den Eichsfelder Quellen einmalig auf kalküberlagerten Bereichen beobachtet werden.

Mollusca

In den beprobten Quellen des Eichsfeldes konnte ein Vertreter der Gastropoden erfasst werden: *Galba truncatula*, welche nur in geringen Abundanzen in einer Rheokrene und einer Helokrene nachgewiesen werden konnte. Dieser Trend zeigt sich auch in anderen Kalktuffquelluntersuchungen (vgl. FOECKLER & SCHMIDT, 2007). Die erfassten Vertreter der Gattung *Pisidium* (*P. casertanum* und *P. personatum*) konnten ebenfalls nur in sehr geringen Abundanzen nachgewiesen werden. Von *Pisidium casertanum* wurde lediglich ein Exemplar in einer Rheokrene erfasst. Und in Form von drei Individuen konnte *Pisidium personatum* einzig in der Helokrene nachgewiesen werden. Dieses vereinzelt Vorkommen in Kalktuffquellen wurde auch von FOECKLER & SCHMIDT (2007) festgestellt. Dem gegenüber beschreibt ZOLLHÖFER (1997) eine Besiedlung durch *Pisidium personatum* mit hohen Abundanzen in diesem Quellentyp. Generell kommen in Quellen beide Arten regelmäßig vor (vgl. ZETTLER & GLÖER, 2006, KUBÍKOVÁ et al., 2011, NESEMANN, 2014). Allerdings bevorzugt *Pisidium personatum* in Quellen eher lenitische Bereiche mit schlammigem Weichsubstraten (HAHN, 2000), was sich im Rahmen dieser Untersuchungen gewissermaßen bestätigt hat, da die Art allein in der Helokrene nachgewiesen werden konnte. Des Weiteren gilt sie als kalkbedürftig (SCHMEDITJE & COLLING,

1996). Die Mackenröder Helokrene weist durch ihr überwiegend weiches Substrat und den speziellen Wasserchemismus somit günstige Habitatbedingungen auf. Laut KUBÍKOVÁ et al. (2011) kommt es in Quellen jedoch teils zu einer höheren Beeinflussung des Pisidien-Vorkommens durch den Substratanteil als durch die vorherrschende Wasserchemie.

Crustacea

Amphipoden der Gattung *Gammarus* kommen in Kalktuffquellen in dominierend hohen Abundanzen vor (vgl. ZOLLHÖFER, 1997, ZOLLHÖFER et al., 2000, FOECKLER & SCHMIDT, 2007), so auch in den meisten untersuchten Thüringer Quellen. Dabei ist allerdings ein entscheidender Unterschied zu anderen Untersuchungen anzumerken, denn im Zuge der hier beschriebenen Beprobungen konnte allein *Gammarus pulex* nachgewiesen werden, während in anderen Untersuchungen nur *Gammarus fossarum* vorzufinden war (ebd.). Die Ursache für diese Abweichung liegt höchstwahrscheinlich in den verschiedenen Höhenstufen der Untersuchungsgebiete. Im Gegensatz zu den durchschnittlich auf 500 m ü.NN liegenden Quellgewässern liegen die Thüringer Quellen im Schnitt bei ca. 370 m ü.NN. Das Vorkommen von *G. fossarum* und *G. pulex* ist wie bereits in 6.2.1 beschrieben gewissermaßen an eine Höhenzonierung gebunden. Sodass das alleinige Vorkommen von *G. pulex* in den untersuchten Quellen des Eichsfeldes dahingehend erklärt werden könnte. Allerdings ist es nicht auszuschließen, dass in den zahlreichen, im Rahmen dieser Arbeit, nicht beprobten Kalktuffquellen des Eichsfeldes *G. fossarum* vorkommend sein könnte. Generell wird das Überleben dieser Gattung in den KTQ und vor allem auf den Kalksinterterassen durch ihre regelmäßigen Häutungen begünstigt, welche zumeist ein rechtzeitiges Entledigen der sich ablagernden Kalkkrusten ermöglichen (ZOLLHÖFER et al., 2000).

Ephemeroptera

Mit nur vier nachgewiesenen Arten ist die Ordnung der Eintagsfliegen in den untersuchten Quellen des Eichsfeldes innerhalb der erfassten Gesamtfaua relativ unterrepräsentiert. Selbiges zeigen auch andere Untersuchungen an diesem Quellentyp (vgl. ZOLLHÖFER, 1997, FOECKLER & SCHMIDT, 2007). Allerdings liegt das vordergründig nicht an dem Quellentyp der Kalktuffquellen, sondern vermutlich eher an der generell geringen Artenvielfalt von Eintagsfliegen im Krenal von Gewässern (STANICZEK, 2003). Da die Larven überwiegend Weidegänger sind, stellen Quellen aufgrund ihrer geringen organischen Eigenproduktion für diese keine bedeutenden Lebensräume dar (ebd.).

Odontata

In Kalktuffquellen ist vor allem die charakteristische *Cordulegaster bidentata* regelmäßig anzutreffen (FOECKLER & SCHMIDT, 2007). Trotz des relativ kleinen Untersuchungsrahmens dieser Arbeit konnte diese seltene Art in beiden Erfassungsjahren in Form einer Imago an der untersuchten Helokrene erfasst werden. Dabei konnte einmalig ein Reproduktionsnachweis (Eiablage) beobachtet werden. Die insgesamt hohe Zahl von Libellenarten bzw. deren Larven im Rahmen dieser Arbeit ist auf die beprobte Limnokrene zurückzuführen, welche mit ihren

Habitatstrukturen und Lebensbedingungen für bedeutend mehr Arten ein Reproduktionsgewässer darstellt als andere Quellentypen.

Plecoptera

Nennenswert ist das regelmäßige Vorkommen der Plekopteren-Gattungen *Leuctra*, *Nemoura* und *Protonemura* in Kalktuffquellen (vgl. ZOLLHÖFER, 1997, ZOLLHÖFER et al., 2000, FOECKLER & SCHMIDT, 2007), so auch in den beprobten Quellen des Eichsfeldes. In anderen Untersuchungen fiel dabei besonders die Gattung *Nemoura* durch eine 100%ige Stetigkeit innerhalb beprobter KTQ auf (vgl. ZOLLHÖFER et al., 2000, MARTIN & WISCHNIOWSKY, 2014). Allerdings kommen Vetreter der genannten Gattungen generell relativ häufig in Quellen vor (SCHMEDTJE & COLLING, 1996). Einzelne Arten scheinen allerdings durchaus Präferenzen gegenüber Kalksinterquellen aufzuweisen, so berichtet EIDEL (1974) bspw. bei *Nemoura marginata* und *Protonemura intricata* von derartigen Beobachtungen. Insgesamt konnten in den Eichsfelder Kalktuffquellen vergleichend zu Quelluntersuchungen mit einem anderen Wasserchemismus weniger Taxa nachgewiesen werden (vgl. MAIOLINI & CAROLLI, 2011, SCHINDLER et al., 2017), sodass der hohe Kalkgehalt des Wassers durchaus eine limitierende Wirkung auf die Artenvielfalt der vorkommenden Plekopteren zu haben scheint. Zu dieser Schlussfolgerung kam auch BEYER (1932) infolge von Untersuchungen an nordrhein-westfälischen Kalksinter- und Kalktuffquellen des Baumbergegebietes.

Coleoptera

Mit zwölf nachgewiesenen Arten konnten in den beprobten Kalktuffquellen vergleichsweise viele Taxa erfasst werden. Im Rahmen von ZOLLHÖFERS (1997, ZOLLHÖFER et al., 2000) Untersuchungen kamen nur die Larven der Gattung *Helodes* in hohen Stetigkeiten vor. Dem gegenüber konnten FOECKLER & SCHMIDT (2007) in den Fränkischen KTQ 14 Taxa nachweisen. Darunter sind die zwei krenophilen Arten *Agabus guttatus* und *Anacaena globulus* vertreten, die ebenfalls in den Eichsfelder Quellen erfasst werden konnten. In schleswig-holsteinischen KTQ wiesen MARTIN & WISCHNIOWSKY (2014) ebenfalls *Agabus guttatus*, *Anacaena globulus* sowie *Odeles marginata* nach. Generell treten laut MARTIN et al. (2015, S. 91) in Quellen überwiegend „Arten von Familien auf, deren Vertreter auch aus Fließgewässerhabitaten bekannt sind“.

Trichoptera

Trichopteren wurden in den untersuchten Thüringer KTQ mit der zweithöchsten Taxazahl nachgewiesen. Dieser Trend zeigt sich auch bei den Untersuchungen von FOECKLER & SCHMIDT (2007). Im Vergleich zu dieser Untersuchung sind 15 gemeinsame Arten zu nennen, darunter vertreten die Kalkspezialisten *Rhyacophila pubescens* und *Melampophylax mucoreus*. Die hohe Taxazahl von Trichopteren in den untersuchten KTQ könnte einerseits damit begründet werden, dass diese Ordnung neben den Dipteren generell eine der taxonomischen Gruppen mit den meisten krenobionten und krenophilen Arten darstellt (GERECKE et al., 1997). Andererseits weist ein Großteil der Arten pH-Präferenzen im Wertebereich von 6 bis 8 bzw. einzelne Arten (z.B.: *Plectrocnemia conspersa*, *Drusus annulatus*) eine Toleranz gegenüber

einer großen Spanne innerhalb des pH-Wertebereiches auf (HOHMANN, 2011). In den Thüringer KTQ lagen die gemessenen pH-Werte in einem Bereich von 6,95 bis 7,75. Des Weiteren scheinen die Larven mancher Arten (z.B.: *Plectrocnemia conspersa*, *Sericostoma* sp.) versinterter Substrate innerhalb des Quellbaches teils bevorzugt zu besiedeln (vgl. BEYER, 1932). So konnten auch im Rahmen dieser Arbeit Larven von *P. conspersa* im versinterter Bereich von zwei Quellgewässern erfasst werden sowie einmalig eine Larve von *Sericostoma personatum*. In beiden Fällen lag die Besiedlung dieses besonderen Substrates jedoch nur in sehr geringen Abundanzen vor.

Diptera

Wie in 6.2.1 beschrieben, macht die Ordnung der Diptera einen dominierenden Anteil der Gesamttaxazahl in den untersuchten KTQ aus. Auch bei anderen KTQ-Untersuchungen machen die Zweiflügler einen größeren Teil der Gesamtfauuna aus (vgl. ZOLLHÖFER, 1997, ZOLLHÖFER et al., 2000, FOECKLER & SCHMIDT, 2007). In den beprobten Quellen des Eichsfeldes wurden die Gattungen *Pedicia* und *Tipula* in den meisten Quellen nachgewiesen. ZOLLHÖFER et al. (2000) benennt im Ergebnis seiner Untersuchungen im Schweizer Jura und Mittelland *Pedicia* sogar als charakteristische Gattung. FOECKLER & SCHMIDT (2007) fanden in Kalktuffquellen der Fränkischen Alb Taxa der Chironomidae, besonders Vertreter der Orthocladiinae, Tanyptodinae sowie Tanytarsini, aber auch Vertreter anderer Familien wie die Gattungen *Thaumalea* und *Tipula* regelmäßig vor. Generell kommen Dipteren in den europäischen Quellen unter den systematischen Gruppen am artenreichsten vor (GERECKE et al., 1997, REISS, 2011). Somit scheint das Vorkommen dieser Ordnung trotz des besonderen Wasserchemismus in Kalktuffquellen relativ unbeeinflusst zu sein. Zu diesem Schluss kam auch ZOLLHÖFER (1997, S. 61), der das Vorkommen im Vergleich zu anderen Quellentypen als „(...) in den sonst üblichen Dichten“ beschreibt.

6.2.3 Fazit und Ausblick

Im Ergebnis der vorliegenden Arbeit kann eine erste Einschätzung über die Zoozönose der Thüringer Kalktuffquellen geäußert werden. Im Rahmen der faunistischen Untersuchungen an acht Kalktuffquellen konnten insgesamt 85 verschiedene Taxa nachgewiesen werden. Diese Gesamttaxazahl wird zu über einem Drittel von quelltypischen (krenobionte und krenophile) Arten bestimmt. Dabei weisen die Dipteren und Trichopteren unter den untersuchten systematischen Gruppen die meisten krenobionten und krenophilen Taxa auf. Von den Dipteren kam die krenophile Gattung *Pedicia* in den Quellgewässern am regelmäßigsten vor und bei den Trichopteren die ebenfalls krenophile *Micropterna nycterobia*. Aber auch ausgesprochene Kalkspezialisten wie z.B.: *Rhyacophila pubescens* konnten nachgewiesen werden. Die beiden Ordnungen stellen insgesamt auch die artenreichsten systematischen Gruppen innerhalb der Untersuchungen dar. Relativ häufig sind auch Coleopteren an den Quellen anzutreffen, vor allem Arten aus den Familien der Dytiscidae, Scirtidae sowie Helophoridae, welche häufig in den quellnahen Moospolstern vorzufinden waren. Besonders nennenswert ist der Nachweis der Gestreiften Quelljungfer (*Cordulegaster bidentata*),

welche als Leitart dieses Quellentyps gilt. Die ansonsten vergleichsweise hohe Zahl an erfassten Libellenarten ist mit der untersuchten Limnokrene zu begründen, welche ein geeigneteres Reproduktionsgewässer für verschiedene Libellen darstellt als bspw. Rheokrenen. Quantitativ werden diese Quellen von dem Flohkrebs *Gammarus pulex* dominiert, der nahezu alle Gewässer in hohen Abundanzen besiedelt. Ebenfalls in nahezu allen Gewässern anzutreffen ist der kalkliebende Alpenstrudelwurm (*Crenobia alpina*).

Dem gegenüber scheint in den beprobten Eichsfelder KTQ eine Verarmung der taxonomischen Gruppen Mollusca und Plecoptera erkennbar zu sein. Bei den Mollusken äußert sich dies sowohl in einer geringen Artenzahl als auch in geringen Abundanzen. Bei den Plecopteren ist vordergründig die geringe Artenzahl im Vergleich zu Quellen mit anderem Wasserchemismus zu nennen. Allerdings können aufgrund des kleinen Untersuchungsrahmens diesbezüglich nur Mutmaßungen geäußert werden.

Insgesamt setzt sich die nachgewiesene Quellzoozönose der untersuchten KTQ größtenteils aus Taxa zusammen, die auch in anderen Quellen- oder Gewässertypen vorkommend sind. Somit hat es den Anschein, dass es keine kalktuffquelltypische Artengemeinschaft gibt. Allerdings konnte trotz des kleinen Untersuchungsrahmens ein mehrfacher Nachweis der Taxa *Cordulegaster bidentata* und *Pedicia* in den Eichsfelder Quellen erbracht werden, welcher die Benennung dieser Taxa als Leitarten bestärkt.

Aufgrund über 90 bekannter Kalktuffquellen im Nordwesten Thüringens ist eine Ausweitung der Untersuchungen unerlässlich, um die Fauna dieser Quellen weiter zu charakterisieren. Die Beprobung der hier behandelten acht Quellen verschafft nur einen kleinen faunistischen Überblick, sodass infolge der Beprobung weiterer Quellen im Gebiet mit anderen vorkommenden Arten zu rechnen ist. Des Weiteren könnten durch umfassendere Untersuchungen in diesem Gebiet Tendenzen über die Regelmäßigkeit von Arten in diesem Lebensraumtyp bestärkt oder abgeschwächt werden. Außerdem kann dieser faunistische Beitrag an andere KTQ-Untersuchungen anknüpfen und deren Ergebnisse ergänzen.

7 Zusammenfassung

Quellen stellen trotz ihrer zumeist kleinflächigen Ausdehnung einen besonders wertvollen und vielfältigen Lebensraum dar, was sich neben ihrer Vielfalt an Ausprägungsformen auch in der Vielzahl von Teillebensräumen begründet. Als verbindendes Ökoton zwischen Grund- und Oberflächenwasser unterliegt die Prägung dieses Biotops einer Vielzahl von Faktoren, wie z.B.: der Hydrogeologie des Grundwasserleiters, der Grundwassersituation oder auch der Hangneigung. So konnte es bspw. in kalksteinreichen Gebieten zur Ausbildung eines ganz speziellen Quellentyps kommen, nämlich dem der Kalktuffquellen (Cratoneurion). Dieser prioritäre Lebensraumtyp nach Anhang II der FFH-Richtlinie ist hydrochemisch als auch vegetationskundlich deutlich charakterisiert, während dem gegenüber bisher nur wenige faunistische Untersuchungen vorliegen (BÜSCHER & MARTIN, 2016).

Die hier vorliegende Arbeit thematisiert erstmalige Erfassungen von Makrozoobenthos aus Thüringer Kalktuffquellen und schafft in ihrem Ergebnis einen faunistischen Überblick, der eine grobe Charakterisierung der Quellgesellschaft erstmals möglich macht. Die Beprobungen und Ausarbeitung dieser Arbeit fanden in Kooperation mit Mitarbeitern des Naturpark Eichsfeld-Hainich-Werratal und der Natura 2000-Station Unstrut-Hainich/ Eichsfeld sowie im Zuge des ENL-Projektes „Optimierung von Kalktuffquellen auf den Muschelkalkplatten in West- und Nordthüringen“ statt. Über einen Erfassungszeitraum von zwei Jahren wurden acht Quellen innerhalb ihrer nach BfN (2012) definierten räumlichen Ausdehnung ein- bis viermal beprobt. Die Makrozoobenthos-Beprobungen haben sich dabei an der Arbeitsanleitung der GESELLSCHAFT FÜR QUELLÖKOLOGIE orientiert (1993).

Im Zuge der Untersuchungen konnten insgesamt 85 verschiedene Taxa nachgewiesen werden. Die Zoozönose der beprobten Quellen setzte sich dabei aus krenobionten und krenophilen Arten, aber auch aus stygobionten, rhithralen sowie ubiquitären Arten zusammen. Mit 32 Taxa machen die Quellspezialisten (krenobiont, krenophil) über ein Drittel der Gesamttaxazahl aus. Die meisten dieser quelltypischen Taxa gehören den Dipteren und Trichopteren an, welche mit 40 Taxa auch die Gesamttaxazahl dominieren. Unter den Dipteren ist die Familie der Chironomidae am artenreichsten vertreten, jedoch kam die Gattung *Pedicia* in den Quellen am regelmäßigsten vor. Bei den Trichopteren konnten die Arten *Micropterna nycterobia*, *Plectrocnemia conspersa* und *Plectrocnemia geniculata* in einem Großteil der Gewässer nachgewiesen werden. Des Weiteren kamen in den Quellen relativ oft Vertreter der Plecoptera und Coleoptera vor. Quantitativ dominierte jedoch der Flohkrebs *Gammarus pulex* nahezu alle Untersuchungsgewässer in hohen Abundanzen, in manchen Fällen vergesellschaftet mit wenigen Exemplaren des stygobionten *Niphargus schellenbergi*. Aufgrund des besonderen Wasserchemismus der Kalktuffquellen konnten auch ausgesprochene Kalkspezialisten, wie z.B. der Alpenstrudelwurm (*Crenobia alpina*) oder die Larven der Köcherfliege *Rhyacophila pubescens*, angetroffen werden. Letztere ist in Thüringen zugleich eine vom Aussterben bedrohte Art. Die untersuchten Quellen stellen aber auch für zahlreiche andere gefährdete Arten einen wertvollen Lebensraum dar. So konnten insgesamt elf Rote-Liste Arten nachgewiesen werden.

Eine Verarmung von Arten infolge des hohen Kalkgehalts im Wasser kann aufgrund des kleinen Untersuchungsrahmens dieser Arbeit nur ansatzweise beschrieben werden, so z.B. bei den Mollusken und Plecopteren. Innerhalb der Ausdehnung des Lebensraumstyps Kalktuffquelle tritt vor allem auf den versinterten Strecken auf, auf denen zwar der nahezu überall häufige *Gammarus pulex* anzutreffen ist, jedoch nur vereinzelt Dipteren-, Trichopteren-, Ephemeropteren- oder Pleocpterenlarven vorzufinden sind. Dabei kam die Köcherfliegenlarve *Micropterna nycterobia* auf den Bereichen mit Kalkablagerungen am häufigsten vor. In einem Fall wurde der versinterte Bereich zahlreich vom Dreieckstrudelwurm (*Dugesia gonocephala*) besiedelt.

Insgesamt liefern die Ergebnisse dieser Arbeit einen ersten faunistischen Einblick in die Besiedlung der Thüringer Kalktuffquellen und tragen auch zu einer allgemeinen faunistischen Beschreibung dieses Lebensraumstyps bei. Bekannte Tendenzen zum verstärkten Vorkommen von einzelnen Taxa in diesem Quellentyp konnten teilweise bestätigt werden, wie es bspw. bei der Gattung *Pedicia* und der Gestreiften Quelljungfer (*Cordulegaster bidentata*) der Fall ist. Jedoch sind fortführende und umfangreichere Untersuchungen dieser Quellen unverzichtbar, um die Besiedlung noch näher zu beschreiben und um bestehende Ergebnisse weiterführend ergänzen zu können.

8 Literaturverzeichnis

8.1 Literaturquellen

- Bährmann, R. (2008). *Bestimmung wirbelloser Tiere*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Bellmann, H. (1993). *Libellen - beobachten, bestimmen*. Augsburg: Naturbuchverlag.
- Bellmann, H. (2007). *Der Kosmos Libellenführer - Die Arten Mitteleuropas sicher bestimmen*. Stuttgart: Franck-Kosmos Verlags-GmbH & Co. KG.
- Bellstedt, R. (2011). Rote Liste der Wasserkäfer (Insecta: aquatische Coleoptera) Thüringens. *Naturschutzreport: Rote Listen Thüringens*, S. 179-188.
- Bellstedt, R., & Nixdorf, F. (2010). Rote Liste der Köcherfliegen (Insecta: Trichoptera) Thüringens. *Naturschutzreport: Rote Listen Thüringens*, S. 297-306.
- Beyer, H. (1932). Die Tierwelt der Quellen und Bäche des Baumbergegebietes - Abhandlungen aus dem Westfälischen Provinzial-Museum für Naturkunde. *Abhandlungen aus dem Westfälischen Provinzial-Museum für Naturkunde*, S. 9-187.
- Bössneck, U., & von Knorre, D. (2011). Rote Liste der Schnecken und Muscheln (Mollusca) Thüringens. *Naturschutzreport: Rote Listen Thüringens*, S. 75-82.
- Brehm, V. (1930). Quellen. In *Einführung in die Limnologie* (S. 62-68). Berlin: Verlag von Julius Springer.
- Brettfeld, R., & Zimmermann, W. (2010). Rote Liste der Eintagsfliegen (Insecta: Ephemeroptera) Thüringens. *Naturschutzreport: Rote Listen Thüringens*, S. 99-104.
- Büscher, T., & Martin, P. (2016). Kalktuffquellen im Offenland: ein faunistisch "überschätzter" FFH-Lebensraumtyp? *Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL) - Erweiterte Zusammenfassungen der Jahrestagung 2015 (Essen)*, S. 194-199.
- Doerpinghaus, A. (2003). Makrozoobenthos der Quellen. *Angewandte Landschaftsökologie Heft 58: Quellen, Sümpfe und Moore in der deutsch-belgischen Hocheifel*, S. 133-151.
- Döll, F. (Juli 2018). Übersicht Quellkartierung. *Projekt: Optimierung von Kalktuffquellen auf den Muschelkalkplatten in West- und Nordthüringen*.
- Eggers, T. O., & Martens, A. (2001). Bestimmungsschlüssel der Süßwasser-Amphipoda. *Lauterbornia* 42, S. 1-68.
- Eidel, K. (1974). Die Steinfliegen (Plecoptera) des Wutachgebietes. *Mitteilungen des badischen Landesvereins für Naturkunde und Naturschutz*, S. 135-143.
- Elliott, J. M. (1969). Life History and Biology of *Sericostoma personatum* Spence (Trichoptera). *Oikos* Vol. 20, No. 1, S. 110-118.

- Ellmayer, T. (2005). 7220* Kalktuffquellen (Cratoneurion). *Entwicklung von Kriterien, Indikatoren und Schwellenwerten zur Beurteilung des Erhaltungszustandes der Natura 2000-Schutzgüter. Band 3: Lebensraumtypen des Anhangs I der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie*, S. 333-339.
- Engelhardt, C. (2009). Phylogeny and phylogeography of the caddisfly *Rhyacophila pubescens*, PICTET1834, (Trichoptera), with special consideration of its habitat specificity. *Inaugural-Dissertation, Universität Duisburg-Essen*.
- Engelhardt, C. H., Pauls, S. U., & Haase, P. (2008). Population genetic structure of the caddisfly *Rhyacophila pubescens*, Pictet 1834, north of the Alps. *Fundamental and Applied Limnology/ Archiv für Hydrobiologie Vol. 173/2*, S. 165-176.
- Engelhardt, W. (2008). *Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher? - Pflanzen und Tiere unserer Gewässer*. Stuttgart: Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co. KG.
- Faasch, H. (2015). *Bestimmungshilfe für aquatische und semiaquatische Dipterenlarven*. Hardegen: Eigenverlag der DGL.
- Feldmann, R. (1972). Die Süßwassermollusken des Meßtischblattes Menden (Sauerland). *Dortmunder Beiträge zur Landeskunde - Naturwissenschaftliche Mitteilungen*, S. 45-55.
- Foeckler, F., & Schmidt, H. (2007). *Untersuchungen zur Effizienzkontrolle des LIFE-Natur-Projekts "Optimierung von Kalktuffquellen und des Umfelds in der Frankenalb"*. Kallmünz: ÖKON GmbH.
- Gerecke, R., Meisch, C., Stoch, F., Franz, H., & Acri, F. (1997). Eucrenon-hypocrenon ecotone and spring typology in the Alps of Berchtesgaden (Upper Bavaria, Germany). A study of microcrustacea (Crustacea: Copepoda, Ostracoda) and water mites (Acari: Halacaridae, Hydrachnellae). *In Botosaneanu L. (ed.), Studies in Cren*, 167-182.
- GfQ, Gesellschaft für Quellökologie und Quellschutz. (1993). *Hinweise zur Besammlung und Bewertung von Quellen*. Naturschutzzentrum Recklinghausen: LÖLF NRW.
- Glöer, P. (2002). *Die Süßwassergastropoden Nord- und Mitteleuropas - Bestimmungsschlüssel, Lebensweise, Verbreitung*. Hackenheim: ConchBooks.
- Grabow, K. (2000). *Farbatlas Süßwasserfauna Wirbellose*. Stuttgart: Eugen Ulmer GmbH & Co.
- Gruttke, H., Balzer, S., Binot-Hafke, M., Haupt, H., Hofbauer, N., Ludwig, G., et al. (2016). Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands. In *Naturschutz und Vielfalt 70; Band 4: Wirbellose Tiere (Teil 2)*. Bonn-Bad Godesberg: Bundesamt für Naturschutz.
- Haase, P. (1998). Köcherfliegen als Charakterarten colliner und submontaner Kalkbäche in den deutschen Mittelgebirgen. *Lauterbomia H. 34*, S. 113-119.
- Haase, P., Sundermann, A., Hering, D., Korte, T., Meier, C., Böhmer, J., et al. (2004). Operationelle Taxaliste für Fließgewässer in Deutschland. *Abschlussbericht - Anwendung und Erprobung neu entwickelter Verfahren zur Fließgewässerbewertung (Makrozoobenthos)*, S. A IV - 1-37.

- Hahn, H. J. (2000). Studies on Classifying of Undisturbed Springs in Southwestern Germany. *Limnologica* 30, S. 247-259.
- Hohmann, M. (2011). *Untersuchungen an Wasserinsekten im Nationalpark Harz (Sachsen-Anhalt) unter besonderer Berücksichtigung von Köcherfliegen (Insecta: Trichoptera)*. Kassel: kassel university press GmbH.
- Höser, N. (2012). Regenwürmer (Oligochaeta: Lumbricidae) in der Hangcatena. *N.F. Hercynia - Beiträge zur Erforschung und Pflege der natürlichen Ressource*, S. 193-208.
- Kock, C., Meyer, A., Spänhoff, B., & Meyer, E. I. (2006). Tufa Deposition in Karst Streams Can Enhance the Food Supply of the Grazing Caddisfly *Melampophylax mucoreus* (Limnephilidae). *International Review of Hydrobiology, Volume 91, Issue 3*, S. 242-249.
- Kriska, G., & Tittizer, T. (2009). *Wirbellose Tiere in den Binnengewässern Zentraleuropas - Ein Bestimmungsbuch*. Jena: Weissdorn-Verlag Jena.
- Kubíková, L., Simon, O. P., & Fricová, K. (2011). The occurrence of Pisidium species (Bivalvia: Sphaeriidae) in oligotrophic springs of the Blanice River catchment (Czech Republic) in relation to ecological conditions. *Biologia - Botany, Zoology and Cellular and Molecular Biology* 66 (2), S. 299-307.
- Lindegaard, C. (1995). Chironomidae (Diptera) of European Cold Springs and Factors Influencing Their Distribution. *Journal of the Kansas Entomological Society, Vol. 68, no. 2, Supplement: Special Publication Number 1: Biodiversity of Aquatic Insects and Other Invertebrates in Springs*, S. 108-131.
- Luthardt, V., Brauner, O., & Hoffmann, C. (2011). Entwicklung der Regenwurmzonose. *Lebensräume im Wandel - Ergebnisse der ökosystemaren Umweltbeobachtung im Biosphärenreservat Spreewald, Fachbeiträge des LUGV, Heft Nr. 122*, S. 55-57.
- Maier, K.-J., & Linnenbach, M. (2001). Quellen und Quellbäche - Das Krenal. *Naturschutz-Praxis, Arbeitsblätter 25: Köcherfliegen - Baukünstler und Bioindikatoren unserer Gewässer, 1. Auflage*, S. 13-14.
- Maiolini, B., & Carolli, M. (2011). Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera in springs in Trentino (south-eastern Alps). *Journal of Limnology. 70 (Suppl. 1)*, S. 122-133.
- Malicky, H. (2014). Lebensräume von Köcherfliegen (Trichoptera). *Denisia* 34, S. 1-280.
- Martin, P., & Rückert, M. (2011). Die Quellfauna Schleswig-Holsteins und ihre regionale Stenotopie. *Faunistisch-Ökologische Mitteilungen. 9*, S. 171-224.
- Martin, P., & Wischniowsky, L. (2014). Kalktuffquellen: Ein FFH-Lebensraum ohne Charakterarten in der Limnofauna? *Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL) - Erweiterte Zusammenfassungen der Jahrestagung 2013 (Potsdam-Berlin)*, S. 72-76.
- Martin, P., Gerecke, R., & Cantonati, M. (2015). Quellen. In H. Brendelberger, P. Martin, M. Brunke, & H. J. Hahn, *Limnologie Aktuell, Bd. 14: Grundwassergeprägte Lebensräume - Eine Übersicht*

- über Grundwasser, Quellen, das hyporheische Interstitial und weitere grundwassergeprägte Habitate* (S. 49-132). Stuttgart: Schweizerbart.
- Marziali, L., Lencion, V., & Rossaro, B. (2010). The chironomids (Diptera: Chironomidae) from 108 Italian Alpine springs. *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie Vol. 30, Part 9*, S. 1467–1470.
- Meier, C., Haase, P., Rolauffs, P., Schindehütte, K., Schöll, F., Sundermann, A., et al. (2006). Vorarbeiten zur Probenahme. In *Methodisches Handbuch Fließgewässerbewertung - Handbuch zur Untersuchung und Bewertung von Fließgewässern auf der Basis des Makrozoobenthos vor dem Hintergrund der EG-Wasserrahmenrichtlinie* (S. 3-4).
- Meier-Brook, C. (1975). Der ökologische Indikatorwert mitteleuropäischer Pisidium-Arten (Mollusca, Eulamellibranchiata). *Eiszeitalter und Gegenwart, Band: 26*, S. 190-195.
- Meyer, D. (1999). *Makroskopisch-biologische Feldmethoden zur Wassergütebeurteilung von Fließgewässern*. Hannover: Natur & Umwelt-Verlag.
- Moller Pillot, H. K. (2013). *Chironomidae Larvae, Vol. 3: Orthoclaadiinae: Biology and Ecology of the aquatic Orthoclaadiinae*. Zeist: KNNV Uitgeverij.
- Müller, K. (1965). Die Tagesperiodik von Fließwasserorganismen. *Zeitschrift für Morphologie und Ökologie der Tiere*, S. 93-142.
- Nesemann, H. (2014). Wandel der Muschelfauna der Untermain-Ebene in drei Jahrzehnten 1984-2014 (Bivalvia: Unionidae, Sphaeriidae, Corbiculidae, Dreissenidae) Teil I. Der Main und seine Zuflüsse. *Mitteilungen der deutschen malakozoologischen Gesellschaft*, S. 25 – 58.
- Ott, J., Conze, K.-J., Günther, A., & Lohr, M. (2015). Rote Liste und Gesamtartenliste der Libellen Deutschlands mit Analyse der Verantwortlichkeit, dritte Fassung, Stand Anfang 2012 (Odonata). *Libellula Supplement*, S. 395-422.
- Peissner, T., & Kappus, B. (1998). Zur Köcherfliegenfauna (Insecta, Trichoptera) der Jagst (Baden-Württemberg). *Lauterbonia H. 34*, S. 159-168.
- Petzold, F., & Zimmermann, W. (2009). Rote Liste der Libellen (Insecta: Odonata) Thüringens. *Naturschutzreport: Rote Listen Thüringens*, S. 105-110.
- Pottgiesser, T. (2018). *Die deutsche Fließgewässertypologie - Zweite Überarbeitung der Steckbriefe der Fließgewässertypen*. Essen: umweltbüro essen.
- Reiss, M. (2011). Substratpräferenz und Mikrohabitat-Fauna-Beziehung im Eukrenal von Quellgewässern. S. 22, 190.
- Röhling, H.-G., & Seidel, G. (2008). Geologische Übersicht über das Eichsfeld. In H. Heiland, L. Nolte, H.-G. Röhling, & S. Gerd, *Die Geologie des Eichsfeldes. Exkursionsführer zur 18. Jahreshauptversammlung (Vortrags- und Exkursionsveranstaltung) vom 16. bis 18. Mai. 2008 in Heilbad Heiligenstadt* (S. 5). Jena: Thüringischer Geologischer Verein e. V.

- Rossaro, B., & Lencioni, V. (2015). A key to larvae of species belonging to the genus *Diamesa* from Alps and Apennines (Italy). *European Journal of Environmental Sciences*, S. 62-79.
- Rückert, M., Wittrock, D., & Martin, P. (2007). Ganzjährige Emergenzuntersuchungen an drei ausgewählten Quellen in Schleswig-Holstein. *Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL) – Tagungsbericht 2006 (Dresden)*, S. 55-59.
- Sachteleben, J., Fartmann, T., Neukirchen, M., & Weddelling, K. (2010). Bewertung des Erhaltungszustandes der Lebensraumtypen nach Anhang I der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie in Deutschland. S. 45.
- Sander, F. W., Malt, S., & Sacher, P. (2001). Rote Liste der Webspinnen (Arachnida: Araneae) Thüringens, 2. Fassung. S. 55-63.
- Schindler, H. (2004). *Bewertung der Auswirkungen von Umweltfaktoren auf die Struktur und Lebensgemeinschaften von Quellen in Rheinland-Pfalz*. Dissertation, Universität Koblenz-Landau.
- Schindler, H., Stein, H., & Hahn, H.-J. (2017). *Quellen im Harz*. Wernigerode: Nationalparkverwaltung Harz.
- Schmedtje, U., & Colling, M. (1996). *Ökologische Typisierung der aquatischen Makrofauna*. München: Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft, Heft 4/96.
- Schmedtje, U., & Kohmann, F. (1992). *Bestimmungsschlüssel für die Saprobier-DIN-Arten (Makroorganismen)*. München: Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft.
- Staniczek, A. (2003). *Eintagsfliegen - Manna der Flüsse*. Stuttgart: Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde Serie C – Wissen für alle Heft 53, Staatliches Museum für Naturkunde Stuttgart und Gesellschaft zur Förderung des Naturkundemuseums.
- Staudacher, K., & Füreder, L. (2006). Die Entomofauna ausgewählter Quellen der Schütt (Kärnten). *Entomologica Austriaca* 13, S. 47-56.
- Thomas, E. (1966). Orientierung der Imagines von *Capnia atra* Morton (Plecoptera). *Oikos Vol. 17, No. 2*, S. 278-280.
- Wagner, R., & Höchst, M. (2001). Beiträge zum Lebenszyklus von *Ecclisopteryx madida* (Insecta, Trichoptera). *Lauterbornia* 40, S. 109-117.
- Wagner, R., & Weber, D. (2013). Schmetterlingsmücken (Insecta, Diptera, Psychodidae) aus Höhlen des Großherzogtums Luxemburg. In D. Weber, *Die Höhlenfauna Luxemburgs* (S. 287-296). Luxemburg: Musée National d'Histoire Naturelle.
- Walter, I. (1992). Aquatische Mollusken der Krems (Oberösterreich). *Linzer biologische Beiträge* 24/1, S. 253-274.
- Waringer, J., & Graf, W. (2011). *Atlas der mitteleuropäischen Köcherfliegenlarven*. Dinkelscherben: Erik Mauch Verlag.

- Weber, M. (2006). Erfassung, Bewertung und strukturelle Typisierung naturnaher Quellen im Schweizer Alpenraum. Diplomarbeit, Fachhochschule Eberswalde.
- Whitton, B. A. (1975). *River Ecology*. Berkeley and Los Angeles : University of California Press.
- Wilhelmi, J. (1904). Beiträge zur Kenntnis der Verbreitung und Biologie der Süßwasser-Tricladen. In E. Korschelt, *Zoologischer Anzeiger* (S. 355-365). Leipzig: Verlag von Wilhelm Engelmann.
- Zettler, M. L., & Glöer, P. (2006). Zur Ökologie und Morphologie der Sphaeriidaeder Norddeutschen Tiefebene. *Heldia - Münchner Malakologische Mitteilungen: Band 6: Sonderheft 8*, S. 1-61.
- Zollhöfer, J. M. (1997). *Quellen - die unbekanntesten Biotope im Schweizer Jura und Mittelland: erfassen - bewerten - schützen*. Bristol - Schriftenreihe Band 6; Bristol-Stiftung: Ruth und Herbert Uhl-Forschungsstelle für Natur- und Umweltschutz.
- Zollhöfer, J., Brunke, M., & Gonser, T. (2000). A spring typology integrating habitat variables and fauna. *Archiv für Hydrobiologie Supplemente, Monographical Studies*. 121, S. 349-376.

8.2 Internetquellen

- Baumann, B., Bäurle, W., Böttner, J., Beier, M., Beyer, I., Bergau, M., et al. (2016). *Realnische von Strudelwürmern*. Abgerufen am 21. Januar 2020 von https://static.klett.de/software/html5/natura_relaunch/tb05an101/tb05an101.html
- Bayerisches Landesamt für Umwelt. (2018). *Lebensraum Quelle*. Abgerufen am 30. November 2019 von <https://www.lfu.bayern.de/natur/quellen/lebensraum/index.htm>
- BfN, Bundesamt für Naturschutz. (1. Januar 2009). *Biogeografische Regionen und naturräumliche Haupteinheiten Deutschlands*. Abgerufen am 3. Dezember 2019 von https://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/themen/natura2000/Naturraeume_Deutschlands.pdf
- BfN, Bundesamt für Naturschutz. (13. Januar 2012). **Kaltuff-Quellen (Cratoneurion)*. Abgerufen am 26. November 2019 von <https://www.bfn.de/lrt/0316-typ7220.html>
- Deutschlands Natur. (2019). *Anhang I der FFH-Richtlinie*. Abgerufen am 24. November 2019 von <http://www.ffh-gebiete.de/natura2000/ffh-anhang-i/>
- Europäische Kommission. (9. Februar 2004). *MEMO/04/27*. Abgerufen am 26. November 2019 von https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/MEMO_04_27
- fauna-flora-habitatrichtlinie.de. (o.J.). *Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie*. Abgerufen am 24. November 2019 von <http://www.fauna-flora-habitatrichtlinie.de>
- Franke, D. (o.J. a). *Abb. 16 Heutige Verbreitung von Ablagerungen des Muschelkalk in Ostdeutschland*. Abgerufen am 6. Dezember 2019 von <http://www.regionalgeologie-ost.de/Einfuehrung.htm>

- Franke, D. (o.J. b). *Abb. 32 Geologie des Thüringer Beckens sensu lato*. Abgerufen am 5. Dezember 2019 von <http://www.regionalgeologie-ost.de/Einfuehrung.htm>
- Franke, D. (o.J. c). *Abb. 32.3 Saxonische Bruchstörungen im Bereich des Thüringer Beckens sensu lato (Auswahl) Darstellung ohne känozoische Bildungen*. Abgerufen am 6. Dezember 2019 von <http://www.regionalgeologie-ost.de/Einfuehrung.htm>
- Kuptz-Klimpel, A. (12. Dezember 2015). *Quelle*. Abgerufen am 27. November 2019 von <https://www.symbolonline.de/index.php?title=Quelle>
- Naturpark EHW. (o.J.). *Grünes Band im Naturpark Eichsfeld-Hainich-Werratal*. Abgerufen am 8. Dezember 2019 von <https://www.naturpark-ehw.de/der-naturpark/gruenes-band.html>
- TLUBN, Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz. (o.J. a). *Natura 2000*. Abgerufen am 24.. November 2019 von <https://natura2000.thueringen.de>
- TLUBN, Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz. (o.J. b). *Die Naturräume Thüringens*. Abgerufen am 3. Dezember 2019 von https://www.thueringen.de/imperia/md/images/tll/oekologie/kulturlandschaft/naturraumk arte_1000.jpg
- TLUBN, Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz. (o.J. c). *Die vier Thüringer Klimabereiche und ihre klimacharakteristischen Merkmale*. Abgerufen am 6. Dezember 2019 von http://www.tlug-jena.de/uw_raum/umweltregional/thueringen/09_klimabereiche.html
- TLUBN, Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz. (o.J. d). *Landkreis Eichsfeld - Klima/Luft*. Abgerufen am 6. Dezember 2019 von http://www.tlug-jena.de/uw_raum/umweltregional/eic/eic09.html
- TLUBN, Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz. (o.J. e). *Landkreis Eichsfeld - Geographie*. Abgerufen am 6. Dezember 2019 von http://www.tlug-jena.de/uw_raum/umweltregional/eic/eic02.html#sm04
- TLUBN, Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz. (o.J. f). *Standortbedingungen*. Abgerufen am 6. Dezember 2019 von http://www.tlug-jena.de/uw_raum/umweltregional/thueringen/06_lw_standortbedingungen.html
- TLUBN, Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz. (o.J. g). *Landkreis Eichsfeld - Wasserwirtschaft*. Abgerufen am 6. Dezember 2019 von http://www.tlug-jena.de/uw_raum/umweltregional/eic/eic08.html
- TLUBN, Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz. (o.J. h). *Landkreis Eichsfeld - Naturschutz*. Abgerufen am 8. Dezember 2019 von http://www.tlug-jena.de/uw_raum/umweltregional/eic/eic07.html
- TLUG, Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie. (2008). *Landnutzung 2008*. Abgerufen am 07. November 2019 von www.tlug-jena.de/uw_raum/umweltregional/thueringen/maps/landnutzung08.jpg

TLUG, Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie. (2012). *Naturräumliche Gliederung*.
Abgerufen am 06. November 2019 von http://www.tlug-jena.de/uw_raum/umweltregional/thueringen/maps/naturraeume.jpg

Universität Erlangen. (23. Februar 2009). *Die "Steinerne Rinne" am Berg südlich Erasbach/ Opf. - Zur Definition des Begriffes "Kalktuff"*. Abgerufen am 29. November 2019 von <http://www.angewandte-geologie.geol.uni-erlangen.de/eras02.htm>

vergessene-bahnen.de. (o.J.). *Leinefelde - Treysa (Kanonenbahn)*. Abgerufen am 20. Dezember 2019 von <http://www.vergessene-bahnen.de/Ex525.htm>

Zaenker, S., & Reiss, M. (o.J.). *Höhlenflohkrebs*. Abgerufen am 14. Januar 2020 von <https://rhoen.quellen-grundwasser.de/hoehlenflohkrebs.html>

9 Anhang

Tab. 4: Erfasste Taxa der Rheokrene Hübental vom 15.05.2019

Taxon	15.05.2019
Crustacea	
<i>Gammarus pulex</i>	7
<i>Niphargus schellenbergi</i>	2
Ephemeroptera	
<i>Rhithrogena semicolorata</i>	3
<i>Paraleptophlebia submarginata</i>	1
Plecoptera	
<i>Protonemura</i> sp.	2
Coleoptera	
<i>Anacaena globulus</i> (Ad.)	1
Diptera	
<i>Pedicia</i> sp.	1

10 Selbstständigkeitserklärung

Ich versichere, dass ich die hier vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, in gleicher oder ähnlicher Fassung noch nicht einem anderen Studiengang als Prüfungsleistung vorgelegt und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel und Quellen verwendet habe.

Ort, Datum

Vor- und Zuname