

**Revitalisierungs-Kapazität hochspezialisierter Makrozoobenthos-
Gemeinschaften**

Inauguraldissertation

zur

Erlangung der Würde eines Doktors der Philosophie

vorgelegt der

Philosophisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät

der Universität Basel

von

Valeria Viktoria Gusich

aus Trausdorf an der Wulka (Österreich)

Basel, 2015

Originaldokument gespeichert auf dem Dokumentenserver der Universität Basel

edoc.unibas.ch

Genehmigt von der Philosophisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät auf Antrag von Prof. Dr. Peter Nagel und PD Dr. Hans-Jürgen Hahn.

Basel, den 18.6.2013

Prof. Dr. Jörg Schibler
Dekan der Philosophisch-
Naturwissenschaftlichen Fakultät

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Modellökosystem Süßwasserquelle.....	1
1.2	Aktueller Forschungsstand	2
1.3	Zielsetzung der Arbeit	5
1.4	Untersuchungshypothesen.....	7
2	Untersuchungsgebiet	9
2.1	Lage des Untersuchungsgebietes und untersuchte Quellen	9
2.2	Untersuchte Quellen.....	9
2.3	Klima	11
2.4	Geologie	12
2.5	Quellentypen.....	14
2.5.1	Limnokrene (Tümpelquelle):	14
2.5.2	Helokrene (Sicker- oder Sumpfquelle):	14
2.5.3	Rheokrene (Sturzquelle):.....	14
2.5.4	Alluviale Rheokrene:	15
3	Methoden.....	16
3.1	Untersuchungszeitraum	16
3.2	Chemisch-physikalische Analyseverfahren.....	17
3.2.1	Voruntersuchung Röserental.....	17
3.2.2	Parameter der Kolonisation von Mesokosmen durch Aufwärtswanderung und kleinräumige Verbreitung der Familie Chironomidae	17
3.3	Versuchsaufbau und Methodik zur Voruntersuchung Röserental	19
3.3.1	Substrat	20
3.3.2	Schüttung	20
3.3.3	Die Makrozoobenthosbesammlung	20
3.3.3.1	Surber-Sampler.....	21
3.3.3.2	Emergenzfalle.....	21
3.4	Versuchsaufbau und Methodik zur Kolonisation von Mesokosmen durch Aufwärtswanderung	22
3.4.1	Mesokosmen	23
3.4.2	Substrattypen	24
3.4.3	Fließrinnen.....	26
3.4.4	Die Makrozoobenthosbesammlung.....	26
3.4.4.1	Surber-Sampling	28
3.4.4.2	Ernährungstypen	28
3.5	Versuchsaufbau und Methodik zur kleinräumigen Verbreitung der Familie Chironomidae	29
3.5.1	Mesokosmen	30
3.5.2	Substrattypen	31
3.5.3	Die Makrozoobenthosbesammlung.....	33
3.6	Statistik.....	34
3.6.1	Statistik Voruntersuchung Röserental.....	34
3.6.2	Statistik Kolonisation von Mesokosmen durch Aufwärtswanderung.....	35
3.6.3	Statistik kleinräumige Verbreitung der Familie Chironomidae	36
4	Erfassung der Referenzdaten.....	37
4.1	Hypothesen und strategisch-methodischer Ansatz	37
4.2	Methoden.....	39
4.3	Resultate	39
4.3.1	Abiotische Bedingungen der Gewässer.....	39
4.3.2	Umweltfaktoren.....	44
4.3.3	Fauna.....	45
4.4	Diskussion.....	50
4.4.1	Diskussion der abiotischen Bedingungen der Gewässer	50
4.4.2	Diskussion der Umweltfaktoren	53
4.4.3	Diskussion der Fauna	54
4.5	Schlussfolgerungen	54
5	Besiedelung steriler Quelllebensräume durch Aufwärtswanderung von Makrozoobenthos.....	56

5.1 Hypothesen und strategisch-methodischer Ansatz	56
5.2 Methoden.....	59
5.3 Resultate	60
5.3.1 Abiotische Bedingungen der Gewässer	60
5.3.2 Taxazahlen und Dominanzstrukturen in den ersten drei Besiedelungsmonaten	63
5.3.3 Taxazahlen und Dominanzstrukturen im Jahresverlauf	66
5.3.5 Mikroskalige Verbreitung.....	76
5.4 Diskussion.....	81
5.4.1 Diskussion zum Einsatz der Mesokosmen	81
5.4.2 Diskussion der abiotischen Bedingungen der Gewässer	82
5.4.3 Diskussion der Taxa und Dominanzstrukturen in den ersten drei Besiedelungsmonaten	83
5.4.4 Diskussion der Taxa und Dominanzstrukturen im Jahresverlauf	84
5.4.5 Diskussion zur Analyse der Fauna nach Ernährungstypen.....	85
5.4.6 Diskussion zur mikroskaligen Verbreitung.....	86
5.5 Schlussfolgerungen	87
6 Besiedelung steriler Quelllebensräume durch flugfähige Stadien der Familie Chironomidae	88
6.1 Einleitung mit den zu testenden Hypothesen.....	88
6.2 Methoden.....	90
6.3 Resultate	91
6.3.1 Abiotische Bedingungen der Gewässer.....	91
6.3.2 Taxazahlen und Dominanzstrukturen im Jahresverlauf	93
6.3.3 Taxazahlen und Dominanzstrukturen in den Substrattypen	97
6.3.4 Taxazahlen und Dominanzstrukturen in der Gewässertiefe.....	115
6.3.5 Ernährungstypen.....	115
6.3.6 Unterfamilie: Tanypodinae.....	118
6.3.6.1 <i>Apsectrotanypus trifascipennis</i> (ZETTERSTEDT 1838)	118
6.3.6.2 <i>Krenopelopia binotata</i> (WIEDEMANN 1817).....	118
6.3.6.3 <i>Macropelopia nebulosa</i> (MEIGEN 1804)	119
6.3.6.4 <i>Macropelopia notata</i> (MEIGEN 1818).....	120
6.3.6.5 <i>Trissopelopia longimana</i> (STAEGER 1839)	121
6.3.6.6 <i>Zavrelimyia cf. signatipennis</i> (KIEFFER 1924)	121
6.3.7 Unterfamilie: Orthoclaadiinae	123
6.3.7.1 <i>Brillia bifida</i> (KIEFFER 1909).....	123
6.3.7.2 <i>Chaetocladius (Chaetocladius) cf. dentiforceps</i> (EDWARDS 1929)	124
6.3.7.3 <i>Chaetocladius (Chaetocladius) piger</i> (GOETGHEBUER 1913).....	124
6.3.7.4 <i>Chaetocladius (Chaetocladius) vitellinus</i> -Gruppe (KIEFFER 1908).....	125
6.3.7.5 <i>Chaetocladius (Chaetocladius) perennis</i> (MEIGEN 1830)	125
6.3.7.6 <i>Corynoneura lobata</i> EDWARDS 1924.....	126
6.3.7.7 <i>Heleniella ornatocollis</i> (EDWARDS 1929)	126
6.3.7.8 <i>Parametriocnemus cf. stylatus</i> (SPARCK 1923).....	127
6.3.7.9 <i>Paratrissocladius excerptus</i> (WALKER 1856)	128
6.3.8 Unterfamilie: Chironominae.....	129
6.3.8.1 <i>Krenopsectra fallax</i> REISS 1969.....	129
6.3.8.2 <i>Micropsectra apposita/notescens</i> (WALKER 1856).....	129
6.3.8.3 <i>Micropsectra roseiventris</i> (KIEFFER 1909)	130
6.3.8.4 <i>Micropsectra pallidula</i> MEIGEN 1830	130
6.3.8.5 <i>Micropsectra radialis</i> GOETGHEBUER 1939.....	131
6.3.8.6 <i>Polypedilum (Polypedilum) albicorne</i> (MEIGEN 1838)	132
6.3.8.7 <i>Stempellinella brevis</i> (EDWARDS 1929)	132
6.3.8.8 <i>Stempellinella flavidula</i> (EDWARDS 1929)	133
6.4 Diskussion.....	134
6.4.1 Diskussion zum Einsatz der Mesokosmen	134
6.4.2 Diskussion der Taxazahlen und Dominanzstrukturen der Chironomiden im Jahresverlauf	134
6.4.3 Diskussion der Taxazahlen und Dominanzstrukturen der Chironomiden in den Substrattypen.....	137
6.4.4 Diskussion der Taxazahlen und Dominanzstrukturen der Chironomiden in den Gewässertiefeklassen	138
6.4.5 Diskussion zur Analyse der Chironomiden nach Ernährungstypen	139
6.5 Schlussfolgerungen	139

7 Schlussfolgerungen	140
8 Zusammenfassung	143
9 Danksagung	146
10 Abkürzungsverzeichnis	147
11 Literaturverzeichnis.....	148
11.1 Zitierte Literatur.....	148
11.2 Verwendete Bestimmungsliteratur.....	153
12 Anhang	154
12.1 Einzellisten Fauna	155
12.2 Neue Art die bei der Studie entdeckt und beschrieben wurde	159

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Das Untersuchungsgebiet zeigt die natürlichen Quellen 1-4 (NQ1-4) und die Lage des Pumphauses im Röserental, im Kanton Basel-Land, Schweiz. Ausschnitt aus geo.admin.ch 1:25000, © Daten: swisstopo.	10
Abbildung 2: Werte der monatlichen Niederschlagssummen nach der Klimastation Basel/Binningen (316 m.ü.M.).	11
Abbildung 3: Geologischer Atlas 1:25.000 (KOGIS, 2013)	13
Abbildung 4: Skizze der Experimentanordnung der Probenentnahme im April, Juli und Dezember 2007, Probenentnahmenstelle entlang der Quelle.....	20
Abbildung 5: Skizze der Feldexperimentanordnung zeigt den Aufbau zwischen natürlichen Quellen (NQ), Pumpstation, künstlichen „Aufwärtswanderungs-“Quellen (AQ), Fließrinne (schwarz), Migrationsquelle (MQ) und Bach. Graue Streifen: natürliche Quellbäche und Röserenbach; schwarze Pfeile: Fließrichtung; gestrichelte Linien: im Boden vergrabene Quellwasserzufuhr.	23
Abbildung 6: AQ1 (Quelle für Aufwärtswanderung) mit einer Fließrinne von 10 m. Roter Pfeil: Ort der Einwanderung des Makrozoobenthos aus dem Quellbach, der sogenannten Migrationsquelle (MQ1).	24
Abbildung 7: Faunaboxen mit Substrattypschaalen und Fließrinnen, A) 3D-Seitenansicht der Faunenbox, roter Pfeil: Wanderung des Makrozoobenthos, Blauer Pfeil: Fließrichtung des Quellwassers, oben mit einer Gaze 1 mm verschlossen, B) Aufsicht (Rinne in schwarz). C) Anordnung der Substrattypen (1-6) in jeder künstlichen Quelle (AQ1-AQ4) (siehe Kapitel 3.4.2, Seite 24).	25
Abbildung 8: Substrattypschaale in eigene Untersuchungsschale gesetzt. Die Substrattypschaale mittels 3D-Raster in sechs Kammern unterteilt. Ab 9.12.2008 fanden die Untersuchungen unter dem Binokular in einem Bauhofwagen statt.....	27
Abbildung 9: Skizze der Feldexperimentanordnung zeigt den Aufbau zwischen natürlichen Quellen (NQ), 1. Serie der „Flugquellen“ (F), 2. Serie der „Flugquellen“ (f) und Bach. Graue Streifen: natürliche Quellbäche und Röserenbach; schwarze Pfeile: Fließrichtung; gestrichelte Linien: im Boden eingebettete Schläuche.....	29
Abbildung 10: F1, F2 und f1 gespeist mit Quellwasser der NQ1. Blauer Pfeil: mit Thuja abgedeckte Schläuche. Roter Pfeil: Ort der Einwanderung.	30
Abbildung 11: Faunaboxen mit Substrattypschaalen und Fließrinnen, A) 3D-Seitenansicht der Faunenbox, roter Pfeil: Einwanderung des Makrozoobenthos im Flugstadium durch Eiablage von oben, Blauer Pfeil: Fließrichtung des Quellwassers, mit Gaze abgeschlossen um keine Aufwärtswanderung über Abfluss zu ermöglichen, B) Draufsicht (Rinne in schwarz), C) Anordnung der Substrattypen (1-6) in jeder künstlichen Quelle (F1/f1-F4/f4).	32
Abbildung 12: Probenentnahmen in % nach Großgruppen aufgeteilt.	42
Abbildung 13: NMDs - der untersuchten Quellen auf den faunistischen Daten. Untersuchungen im 21. April, 18. Juli und 19. Dezember 2007. Transformiert: Quadratwurzel, Ähnlichkeits-Matrix: Bray-Curtis-Koeffizient, Faktor: Auftreten von Steinen > 10 cm: ▲: < 20 %, ■: > 20 - < 30 %, ▼: > 30 %.....	45
Abbildung 14: PCA – der Makrozoobenthosdaten vom 21. April, 18. Juli und 19. Dezember 2007; korreliert mit Umweltfaktoren: Steine > 10 cm, Detritus, Gewässertiefe, Probenentnahme entlang der Quelle und Niederschlag (7 Tage-Durchschnitt), vierstelliger Code der Proben siehe Tabelle 2 (Seite 19)..	47
Abbildung 15: PCA – der Emergenzdaten (vom 21. April bis 30. Dezember 2007 – gemittelt nach Monaten); korreliert mit Schüttung, Wassertemperatur, pH-Wert, Gewässertiefe, Lufttemperatur (4 Wochenmittelwert) und Niederschlag (4 Wochenmittelwert).	48
Abbildung 16: NMDs - der Emergenzdaten vom 21. April bis 30. Dezember 2007; Transformiert: $\log(x+1)$, Ähnlichkeits-Matrix: Bray-Curtis-Koeffizient.....	49
Abbildung 17: Monatliche Mittelwerte der Luft- (—) und Wassertemperatur in den Mesokosmen (AQ; ▲), natürliche Quellen (NQ; □) und in Migrationsquellen (MQ; ×) zwischen 18. April 2008 und 6. April 2009.....	60
Abbildung 18: Artenzahl der Gesamtdaten auf 1000 cm ² hochgerechnet und nach Aufwärtswanderungsquelle (AQ1-4) im Jahresverlauf geordnet.	67
Abbildung 19: Ähnlichkeitsindizes der Artzusammensetzung (nach SØRENSEN) innerhalb und zwischen den Migrationsquellen, auf Basis von vier Einzeldaten pro Monat. Schwarze Linie: NQ1 und NQ2 mit Migrationsquellen Quellbach, graue Linie: NQ3 und NQ4 mit Migrationsquelle Röserenbach.	67

Abbildung 20: Ähnlichkeitsindizes nach Artenzusammensetzung (nach SØRENSEN) innerhalb und zwischen den Migrationswegen. Schwarze Linie: NQ1 und NQ3 mit 10 m Migrationsweg, graue Linie: NQ2 und NQ4 mit 20 m Aufwärtswanderung.....	68
Abbildung 21: Anzahl der Werte der Ernährungstypen (in allen vier Mesokosmen – ohne Chironomidae) für das Untersuchungsjahr 2008/2009. Die Daten werden nach Jahreszeiten gesplittet:	73
Abbildung 22: Anzahl der Werte der Ernährungstypen (in allen vier Mesokosmen – ohne Chironomidae) für das Untersuchungsjahr 2008 bis 2009. Die Daten nach Substrattypen geordnet. Anteile der Ernährungstypen gewichtet nach Moog (2002).....	75
Abbildung 23: NMDs – der Aufwärtswanderungsquellen von April 2008 bis März 2009. Transformiert: Quadratwurzel; Ähnlichkeits-Matrix: Bray-Curtis-Koeffizient, Faktor: Aufwärtswanderungs-quellen (▼ = AQ1; ▲ = AQ2; ■ = AQ3; □ = AQ4), siehe Tabelle 15 (Seite 70).....	76
Abbildung 24: NMDs - der Ernährungstypen nach Fauna Aquatica Austriaca (Moog, 2002) von April 2008 bis März 2009. Monate in Zahlen angegeben. Transformiert: Quadratwurzel, Ähnlichkeits-Matrix: Bray-Curtis-Koeffizient.....	77
Abbildung 25: NMDs - der sechs Substrattypen auf den faunistischen Daten. Untersuchungen vom April 2008 bis März 2009. Transformiert: Quadratwurzel, Ähnlichkeits-Matrix: Bray-Curtis-Koeffizient.....	78
Abbildung 26: Individuen der Gesamtdaten auf 1000 cm ² hochgerechnet und nach Substrattyp im Jahresverlauf geordnet.	79
Abbildung 27: Individuenanzahl von <i>Gammarus fossarum</i> auf 1000 cm ² hochgerechnet und nach Substrattyp im Jahresverlauf geordnet.	79
Abbildung 28: Individuenanzahl der Chironomidae, auf 1000 cm ² hochgerechnet und nach Substrattyp im Jahresverlauf geordnet.	80
Abbildung 29: Individuenanzahl der Räuber, auf 1000 cm ² hochgerechnet und nach Substrattyp im Jahresverlauf geordnet.	80
Abbildung 30: Monatliche Mittelwerte der Lufttemperatur (—) und Wassertemperatur in den künstlichen Quellen 1. Serie (F; ▲), 18. April 2008 bis 23. März 2009 und der 2. Serie (f; ×), 30. Juni 2008 bis 6. April 2009 und natürlichen Quellen (NQ; □).....	91
Abbildung 31: Artennachweis der Larven- und Puppenspezies, geordnet nach Unterfamilien und Serien.	94
Abbildung 32: Individuennachweis der Larven- und Puppenspezies, geordnet nach Unterfamilien und Serien.	94
Abbildung 33: Ernährungstypen der Larvendaten, geordnet nach Jahresverlauf. n. = keinem Ernährungstyp zuordenbar.....	116
Abbildung 34: Ernährungstypen der Larvendaten, geordnet nach Mesokosmen der 1. und 2. Serie. n. = keinem Ernährungstyp zuordenbar.	117
Abbildung 35: Ernährungstypen der Larvendaten, geordnet nach Substrattypen. n. = keinem Ernährungstyp zuordenbar.....	117

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Parameter die bei jeder Makrozoobenthosbesammlung festgehalten werden.	17
Tabelle 2: Vierstelliger Code der Proben.	19
Tabelle 3: Substrattypen. Substrate wurden aus dem Röserental vor der Installation in die Mesokosmen gesiebt, im Labor von biotischem Material befreit und in sechs Typen klassifiziert. Anschließend wurden sie in den Mesokosmen platziert.	26
Tabelle 4: Erläuterung zu den Substrattypen. Substrate wurden aus dem Röserental vor der Installation in die Mesokosmen gesiebt, im Labor von biotischem Material befreit und in sechs Typen klassifiziert. Anschließend wurden sie in den Mesokosmen platziert.	31
Tabelle 5: Klassifikation der Umweltfaktoren.	35
Tabelle 6: Dominanzen nach ENGELMANN (1978)	36
Tabelle 7: Jahresmittelwerte der Umweltparameter, gemessen zwischen 21. April bis 30. Dezember 2007, 14-tägig; Standardabweichungen in Klammern.	40
Tabelle 8: Übersicht der Makrozoobenthos Taxa im Untersuchungsjahr 2007. Alle Exemplare, die am 21. April, 18. Juli und 19. Dezember mit Surper-Sampler gesammelt und pro Längenzonierung zusammengefasst; ■ <5 Exemplare, ■ ■ 5-10 Exemplare, ■ ■ ■ 11-50 Exemplare, ■ ■ ■ ■ > 50 Exemplare. Die Einteilung in diese Klassen erfolgt nach FAUNA EUROPAEA (2013), Nomenklatur nach LINNAEUS 1758.	41
Tabelle 9: Phänologie der adulten Arten an den Emergenzstandorten natürlicher Quellen im Untersuchungsjahr 2007. Emergenzfallen zwischen dem 21. April und 30. Dezember 2007 aufgestellt und wöchentlich geleert.	42
Tabelle 10: Jahresmittelwert der Umweltparameter, gemessen zwischen 18. April 2008 und 6. April 2009; Standardabweichungen in Klammern (für Abkürzungen siehe Abbildung 5, Seite 23).	61
Tabelle 11: Individuen und Arten des Makrozoobenthos. Gesamtdaten nach Mesokosmen nach den ersten vierzehn Untersuchungswochen geordnet.	63
Tabelle 12: Dominanzstrukturen der ersten vierzehn Untersuchungswochen, gemessen fünfmal pro Woche vom 18. April bis 18. Juli 2008 (nach ENGELMANN, 1978).	65
Tabelle 13: Anzahl der Taxa und Individuen der ersten vierzehn Untersuchungswochen nach Substrattypen geordnet.	66
Tabelle 14: Individuen- und Artenanzahl des Makrozoobenthos. Daten nach Substrattypen nach den ersten vierzehn Untersuchungswochen geordnet.	66
Tabelle 15: Artenliste des Makrozoobenthos, Nachweise im Untersuchungsjahr vom 8. April 2008 bis 6. April 2009; AQ von 930,90 cm ² auf 1000 cm ² umgerechnet. Die Klassifizierung der Artenliste basiert auf dem System nach FAUNA EUROPAEA (2013).	70
Tabelle 16: Jahresmittelwert der Umweltparameter, gemessen 1. Serie (F1 - F4, NQ1, NQ2 und NQ3), zwischen 18. April, 2008 bis 23. März, 2009 und 2. Serie (f1 – f4), vom 30. Juni, 2008 bis 6. April 2009; Standardabweichungen in Klammern (Abkürzungen siehe Abbildung 9, Seite 29).	92
Tabelle 17: Taxaliste.	93
Tabelle 18: Individuen-/Arten-/Unterfamilienanzahl der Chironomidae. Larven- und Puppengesamtdaten nach Mesokosmen, im Jahresverlauf nach Monaten geordnet. Mesokosmen der 1. Serie graue Farbe, die der 2. Serie hellblau markiert.	95
Tabelle 19: Erklärung der Dominanzen nach ENGELMANN (1978)	95
Tabelle 20: Hauptarten (> 3,20 % der Dominanzabundanzen) der Gesamtdaten im Jahresverlauf (April 2008 bis März 2009) ausgewertet nach ENGELMANN (1978).	96
Tabelle 21: Erläuterung zu den Substrattypen.	97
Tabelle 22: Individuen-/Arten-/Unterfamilienanzahl der Chironomidae. Larven- und Puppengesamtdaten nach Substrattypen - im Jahresverlauf nach Monaten geordnet und in 1. und 2. Serie aufgeteilt. Faunaboxen der 1. Serie grau, die der 2. Serie hellblau markiert. (Siehe oben)	97
Tabelle 23: Hauptarten von Substrattyp 1 (> 3,20 % der Dominanzabundanzen) der Gesamtdaten im Jahresverlauf (April 2008 bis März 2009) ausgewertet nach ENGELMANN (1978).	109
Tabelle 24: Hauptarten von Substrattyp 2 (> 3,20 % der Dominanzabundanzen) der Gesamtdaten im Jahresverlauf (April 2008 bis März 2009) ausgewertet nach ENGELMANN (1978).	110
Tabelle 25: Hauptarten von Substrattyp 3 (> 3,20 % der Dominanzabundanzen) der Gesamtdaten im Jahresverlauf (April 2008 bis März 2009) ausgewertet nach ENGELMANN (1978).	111

Tabelle 26: Hauptarten von Substrattyp 4 (> 3,20 % der Dominanzabundanzen) der Gesamtdaten im Jahresverlauf (April 2008 bis März 2009) ausgewertet nach ENGELMANN (1978).	112
Tabelle 27: Hauptarten von Substrattyp 5 (> 3,20 % der Dominanzabundanzen) der Gesamtdaten im Jahresverlauf (April 2008 bis März 2009) ausgewertet nach ENGELMANN (1978).	113
Tabelle 28: Hauptarten von Substrattyp 6 (> 3,20 % der Dominanzabundanzen) der Gesamtdaten im Jahresverlauf (April 2008 bis März 2009) ausgewertet nach ENGELMANN (1978).	114
Tabelle 29: Individuen- und Artenanzahl der Chironomidae, geordnet nach Unterfamilien. Larven- und Puppengesamtdaten nach Wassertiefenklassen (Klasse 1: < 2 cm; Klasse 2: < 3 cm; Klasse 3: > 3 cm) aufgeteilt. Wassertiefenklassen die 1. Serie grau, die der 2. Serie hellblau markiert.	115
Tabelle 30: Hauptarten der Gewässertiefeklassen (> 3,20 % der Dominanzabundanzen) der Gesamtdaten (1. und 2. Serie), ausgewertet nach ENGELMANN (1978).....	115
Tabelle 31: Einteilung der Chironomidentaxa (Larven) nach dem Zeitpunkt der Besiedelung.....	136

1 Einleitung

1.1 Modellökosystem Süßwasserquelle

Der durchschnittliche Schweizer verbraucht 160 Liter Wasser pro Tag. Im Jahr 2010 waren das 941 Millionen Kubikmeter Wasser, die von der Wasserversorgung zur Verfügung gestellt werden. Davon werden 2 % als Trinkwasser genutzt (SvGW, 2013). Diese setzen sich zu 40 % aus Grundwasser, 20 % Seen und zu 40 % aus Quellen und Hausbrunnen zusammen. Die Trinkwasserversorgung in Basel-Stadt wird durch zwei Grundwasserwerke nämlich durch das Grundwasserwerk Hardwasser AG mit 49 % und das Grundwasserwerk Lange Erlen 51 % gewährleistet. Die Wassergüte von Trinkwasserquellen wird streng überwacht, denn Quellen, die als Trinkwasser genutzt werden, fallen unter das Trinkwassergesetz (Art. 17 Wasserversorgung des Landesgesetzes). 38 % des Trinkwassers brauchen keine Aufbereitung, davon entfallen 22 % auf das Quellwasser. In Basel-Land wurden 1864 rund 40 Jura Quellen an die öffentliche Wasserversorgung angeschlossen.

Trotz zunehmender Bevölkerung nimmt der Wasserbedarf in der Schweiz pro Person und Tag ab. Ursache dafür ist die ausgereifte Technologie der Wassersparprogramme. Daher ist seit 2003 in Basel die Einspeisung der Juraquellen eingestellt.

Bisher wurden die meisten Quellen mit ganzjähriger Schüttung für die Trinkwasserversorgung genutzt. Für die Trink- und Löschwassergewinnung gibt es derzeit andere Möglichkeiten, wie zum Beispiel die Seen- und Flusswasseraufbereitungsanlagen, sodass viele gefasste Quellen wieder vom Wasserversorgungsnetz abgehängt werden.

Da Quellen eine wichtige Verbindung zwischen dem Grundwasser und dem Oberflächenwasser bilden, sind sie eine einzigartige ökologische Nische. Sie bieten Vorteile zur Untersuchung von Revitalisierungen an. Bei Revitalisierungsmaßnahmen dieser neu geöffneten Quellen ist es notwendig zu wissen, über welche Wege und mit welcher Besiedelungsgeschwindigkeit und Substratpräferenz sie von Makrozoobenthos neu bevölkert werden. Die vorliegende Arbeit ist ein Beitrag im Rahmen der Renaturierungsökologie (NIEHOFF, 1996; OTT, 2008; ZERBE & WIEGLEB, 2009). Das Ziel ist hier, das geschädigte Ökosystem in einen hochwertigen Zustand zu bringen. Vorbild ist ein nach naturschutzfachlichen Kriterien erstelltes Leitbild. Hier stellt sich die Frage nach der Vergleichbarkeit von neu- oder wiederhergestellten Ökosystemen und Leitbild - bisweilen nach vorangegangener vollständiger Vernichtung von Quellen.

Ökologische Untersuchungsstrategien bezüglich der Vulnerabilität (Verletzlichkeit) der Ausgangssysteme sind entscheidend für das Grundlagenwissen der Eigenschaften, die die Wiederherstellung fördern (STOCK, 2005; KROPP et al.; 2009, REISS, 2011). Für die Erforschung dieser Eigenschaften eignet sich besonders ein Ökosystem, das klein, überschaubar, isoliert und stark gefährdet ist sowie potentiell als bedroht gilt. In solch einem Ökosystem muss eine Selbstorganisation durch ein Zusammenspiel von Stabilisierung und Destabilisierung auftreten können (PHILIPP & FORSTER, 2000). Dieses Ökosystem liegt genau an der Grenze zwischen Stabilität und Instabilität. Das bedeutet, dass jahreszeitliche Ereignisse oder auch Extremereignisse wie zum Beispiel Hochwasser als Folge eine Veränderung des Ökosystems hat. Derlei Ökosysteme sind zum Beispiel Binnensalzstellen, Felswände, Trockenrasen in Mitteleuropa, Höhlen-Lebensgemeinschaften aber auch Süßwasserquellen.

Zur Untersuchung solcher Ökosysteme eignen sich besonders Freilandexperimente. Diese haben den Vorteil, dass alle Gewässerorganismen beständig der Quellenwasserbeschaffenheit und allen Umwelteinflüssen ausgesetzt sind, die im Labor schwer nachgestellt werden können. Dadurch ist die Vergleichbarkeit mit natürlichen Quellen und ihren Organismen im Jahresverlauf gegeben. Ein weiterer Vorteil der Freilandexperimente sind die Aufbaukosten, die im Allgemeinen günstiger sind als im Labor.

1.2 Aktueller Forschungsstand

Quellen sind natürliche Grundwasseraustritte an der Erdoberfläche und damit eine besondere Erscheinungsform des Grundwassers. Lebensgemeinschaften von Quellen galten lange als stabil, weil man auch die Quelle als Lebensraum für relativ stabil ansah (Temperatur, Schüttung, Substrat, et cetera).

Als Pioniere der Quellenforschung gelten STINY (1933), THIENEMANN (1924), GEIJSKES (1935) und ILLIES (1961). Diese Forscher schufen Grundlagen für aktuelle Untersuchungen der Quell- und Grundwasserfauna.

Untersuchungen an zerstörter oder periodisch trockenfallender Wildbäche (PHILIPP & FORSTER, 2000) zeigen ein unregelmäßiges Verhalten in der Messung einzelner Systemelemente. Falls tatsächlich eine große Dynamik festgestellt werden kann - eventuell auch mit Zufallseffekten - dann ist das ein erster Hinweis auf potentiell gute Voraussetzungen für Wiederbesiedelungen, zum Beispiel zerstörter oder periodisch trockenfallender Wildbäche (PHILIPP & FORSTER, 2000).

Aus naturwissenschaftlicher Sicht ist auch die Quellfauna in ihrer Artenzusammensetzung sehr beachtenswert und in ihren funktionellen Gruppen und ihren Lebensformen hoch diversifiziert. Es ergibt sich in der Regel eine Quellfauna, die sich aus Grundwassertieren, hochgewanderten Bacharten, Stillwasserformen und sogar Ubiquisten zusammensetzt. In europäischen Quellen leben circa 1.500 aquatische Arten, von denen 465 eng an die Quellen gebunden sind (ILLIES, 1978).

Als typische Quellenbesiedler gelten Vertreter der Planarien, Schnecken, Larven von Steinfliegen, Käfern, Köcherfliegen, Mücken und Fliegen. Sie haben sich an die besonderen Verhältnisse der Quellen angepasst und nutzen sie als permanente Nische.

Neuere Arbeiten werden vor allem in Deutschland und in der Schweiz durchgeführt, aber auch in Österreich. In Bayern wurde das „Aktionsprogramm Quellen in Bayern“ ins Leben gerufen (PROJEKTGRUPPE AKTIONSPROGRAMM QUELLEN, 2004). Die Deutsche Gesellschaft für Limnologie gründete 2002 den Arbeitskreis „Lebensraum Grundwasser“, aus dem sich eine Arbeitsgruppe „AG Quellen“ entwickelte. Aber auch Studien im Nationalpark Berchtesgaden zählen zu den Langzeituntersuchungen der Quellenforschung (GERECKE & FRANZ, 2005).

Ausführliche Untersuchungen an Quellen und Fließgewässern über deren aquatische Fauna und Vegetation fanden in den Bayerischen Alpen am Hohen Trauchberg statt (GERECKE et al., 2011).

In Basel ist das MGU - Forschungsprojekt (Mensch Gesellschaft Umwelt) „Quellen: Trinkwasserspender und Lebensraum“ entstanden (NAGEL et al., 2004).

Untersuchungsgegenstand waren die Quellen in den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Land. Weitere Studien über faunistisch-ökologische Untersuchungen an Quellen im Basler Umland wurden von KÜRY (1994), ZOLLHÖFER (1997, 1999) und VON FUMETTI (2014) durchgeführt. Neuerste Untersuchungen zum Thema Renaturierung und Inventarisierung von Quellen wurden zwischen 2010 und 2013 in den Kantonen Basel-Land und Graubünden untersucht (LUBINI et al., 2014).

In Österreich wird seit 1991 im Nationalpark Kalkalpen ein laufend erweitertes Quellmonitoring durchgeführt (WEIGAND, 1999). Bei diesem Programm „Karstquellen-Monitoring“ wird besondere Aufmerksamkeit auf den Einfluß der Almwirtschaft auf die Quellen gelegt.

Kenntnisse zu Besiedlungsmustern und zu Aufwärtswanderungen einzelner Arten (Migrationen) sind essentielle Voraussetzungen, um Vulnerabilität und Potential insbesondere bei Revitalisierungen abschätzen zu können.

1.3 Zielsetzung der Arbeit

Die Dauer der Wiederbesiedelung von Quellen nach Revitalisierungsmaßnahmen ist unterschiedlich und von speziellen Bedingungen abhängig. Neubesiedelungen beziehungsweise Wiederbesiedelungen in Quellen geben Aufschluss über die populationsökologischen Bedingungen in Fließgewässern (SCHÖNBORN, 1992; PHILIPP & FORSTER, 2000).

Zahl und Zusammenspiel der verschiedenen Faktoren üben Einfluss auf das Ökosystem Quelle aus. Die vorliegende Untersuchung versucht, einige dieser Faktoren zu erfassen. Diese Ergebnisse dienen als Grundlage zur Charakterisierung und Bewertung zur Besiedelung der natürlichen Quellen. Da ist zum Beispiel das Substrat, das für viele Makrozoobenthos auch als Nahrungsnische dient. Ein weiterer Faktor für eine Quellbesiedelung sind die petrologischen Verhältnisse des Grundwassers und dessen Temperatur (FISCHER, 1993). MALMQVIST & HOFFSTEN (2000) und VON FUMETTI (2004) führen die Schüttung als Hauptparameter der Quellbesiedelung an. Auch weitere Parameter, wie zum Beispiel Exposition, Beschattung und die Größe des Einzugsgebietes können als Einflussfaktoren auf die Fauna nicht ausgeschlossen werden (LINDEGAARD et al., 1998; VON FUMETTI, 2004). Die Besiedelung von Quellen durch Makrozoobenthos ist aber nicht nur von abiotischen sondern auch von biotischen Faktoren abhängig. So wirken sich die Ernährungstypen und die inter- und intraspezifische Konkurrenz in einem kleinräumigen Habitat stark auf den Aufbau einer Tiergesellschaft aus (CANTRELL & MCLACHLAN, 1977; CANTONATI et al., 2012). Weiters ist eine mehr oder minder zufällige Besiedelung keineswegs ausgeschlossen (SCHMID, 1993). Auch gibt es an mitteleuropäischen Quellen immer noch Lücken bezüglich der tatsächlichen Zusammensetzung der Biodiversität. Weitere Unsicherheitsfaktoren sind nicht nur die Funktion sondern auch die Struktur dieser aquatischen Ökosysteme und somit die wasserbaulichen Massnahmen mit den ökologischen Begleitplanungen bei Revitalisierungen. Während dieser Studie wurden die Arten *Gordionus violaceus* (BAIRD, 1853) und *Gordionus bageli* (SCHMIDT-RHAESA & GUSICH, 2010)(Nematomorpha) für die Schweiz neu entdeckt und beschrieben (SCHMIDT-RHAESA & GUSICH, 2010; siehe Kapitel 12.2).

Das Ziel der Arbeit ist es, weitere wissenschaftliche Grundlagen zu erarbeiten, um die Kolonisierung nach einem Jahr durch Makrozoobenthos zu untersuchen. Ein wichtiger Punkt dazu ist die Voruntersuchung von Quellen des gleichen Typs. Hier soll eine Soll-Referenzliste für Quellen, die neu zu besiedeln sind, zum Vergleich herangezogen werden. Präsenzen

einzelner Arten im Jahresverlauf sind zu erarbeiten. Am Ende soll eine Quellfauna, die eine ursprüngliche Lebensgemeinschaft in einer intakten Quelle bildet, abgeleitet werden können. Dies ist umso wichtiger, als heute bereits ein großer Teil der Schweizer Quellen gefasst und somit die ursprüngliche Lebensgemeinschaft vernichtet ist. In den letzten Jahren gibt es zunehmend Ansätze, Fließgewässer auch bis zu ihrer Quelle zu „revitalisieren“. Naturschutzfachlich ist dabei von Bedeutung, ob eine solche Renaturierung überhaupt möglich ist. Daher ist die Vulnerabilität beziehungsweise die Empfindlichkeit der Quellen zu ermitteln. Die Gewässerschutzverordnung von 1998 (GSCHV) beinhaltet die Vulnerabilität als Kriterium in den Grundwasserschutzzonen. Diese Schutzzonen, stellen auch für Quellen eine präventive Schutzmassnahme dar. Die vier Kriterien der GSCHV sind die Ausbildung des oberflächennahen Felsbereichs, wie Epikarst und Auflockerungszone, die Ausbildung der Deckschicht, die Versickerungsverhältnisse und die Ausbildung des Karstsystems oder der Trennflächensysteme. Zwar ist die Vulnerabilität keine Grösse die direkt messbar ist, sie lässt sich aber über andere Parameter indirekt ableiten. Laut Intergovernmental Panel on Climate Change Definition (IPCC, 2007) setzt sich die Vulnerabilitätsbewertung auf Auswirkungen der Klimaänderungen aus Exposition (z.B. Niederschlag und Temperatur), Sensitivität (Empfindlichkeit Mensch-Umwelt-Systems) und Anpassungskapazität (z.B. ökologische Ressourcen, Know-How der Technologie) zusammen.

Bei beiden Strategien der GSCHV (Wiederherstellung und Schutz) sind Kenntnisse der hierfür relevanten grundlegenden ökologischen Verhältnisse dieser hochspezialisierten Lebensgemeinschaften unabdingbar. Wiederbesiedelung durch Makrozoobenthos spielt daher auch im natürlichen oder wenig gestörten Habitat eine ökologisch wichtige Rolle (PHILIPP & FORSTER, 2000).

Daraus ergeben sich folgende wissenschaftliche Fragestellungen:

- Welche räumliche und zeitliche Dynamik kennzeichnen solche verinselten und ökologisch spezialisierten Lebensgemeinschaften?
- Welche dieser Muster sind potentiell förderlich oder hinderlich für Revitalisierungsprozesse?
- Können künstlich geschaffene Quellen im Freiland die ökologischen Funktionen einer natürlichen Quelle ersetzen?

1.4 Untersuchungshypothesen

Um diese Fragen beantworten zu können, werden im Einzelnen folgende Hypothesen getestet:

a) Die mikroskalige Verbreitung von Lebensgemeinschaften innerhalb einer Quelle und im Quellbach unterliegt einer zeitlichen Dynamik.

Eine räumliche und zeitliche Ist-Zustandserhebung der Quellen und deren Quellbäche werden angestrebt. Erfasst wird das Vorkommen der einzelnen Arten. Konkret bedeutet das, dass an vier natürlichen Quellen drei Mal im Jahr (April, Juli und Dezember 2007) Probenentnahmen erfolgen. Diese Makrozoobenthosserhebungen sind kleinräumig, mit kleinen Abständen zueinander, angelegt. Daraus ergibt sich eine Artenliste (Soll-Referenz), die die kolonisierenden Arten der Mesokosmen durch Aufwärtswanderung durch ihre Präsenz im Jahresverlauf erfüllen. Die Daten der Emergenzfallen werden durch die Arten der Ordnungen Trichoptera und Plecoptera ergänzt.

b) Innerhalb eines naturräumlich definierten Quellgebiets unterscheiden sich die Lebensgemeinschaften einzelner Quellen und Quellbäche in ihrer Diversität und Dynamik.

Im Vergleich zu anderen Untersuchungen werden bei dieser Arbeit vier Quellen gleichen Typs dreimal im Jahr immer an den gleichen Probenentnahmestellen untersucht. Die Umweltfaktoren und Makrozoobenthosgemeinschaften werden innerhalb einer Quelle, aber auch zwischen den Quellen geprüft. Dazu werden pro Quelle fünf bis sechs Probendurchgänge entnommen und verglichen. Die Probenstellen werden mittels ANOSIM-Test auf ihre Ähnlichkeit untersucht.

c) Am Beispiel einer natürlichen Quelle lassen sich die einzelnen Parameter für den Bau künstlicher Quellen analysieren und auswerten.

Dazu werden Makrozoobenthos und bevorzugte Fließgeschwindigkeit, Gewässertiefe, Substratgröße, Detritus, sowie Schüttung von jeder Probenentnahmestelle vermessen und vermerkt. Ausgewertet werden die Daten mittels Principal Components Analysis (PCA) die nach biozönotischen Gemeinsamkeiten sucht und sie gewichtet. Davor werden sie durch BioEnv (PRIMER) mit den Umweltdaten korreliert. Das Ergebnis sind Faktoren mit dem größten Einfluss auf die Makrozoobenthosbesiedelung. Dies hat zu Folge, dass die Daten für bauliche Nachbildungen von Quellen herangezogen werden können.

d) Die Diversität (= Artenzusammensetzung, Häufigkeitsverteilung der einzelnen Arten und Entwicklungsstadien) von Lebensgemeinschaften innerhalb einer Quelle und dem Quellbach unterliegt einer annualen Dynamik.

Mit Hilfe der nichtmetrischen multidimensionalen Skalierung (NMDs) lässt sich die annuelle Dynamik der Quellorganismen und deren Umweltbedingungen anschaulich darstellen und auswerten.

e) Die Dynamik in Struktur und Funktion der Lebensgemeinschaften resultiert aus unterschiedlichen Fähigkeiten einzelner Arten zur Neubesiedelung von Quellen.

f) Die Dynamik in Struktur und Funktion der Lebensgemeinschaften von solchen neugeschaffenen Lebensräumen resultiert aus unterschiedlichen Fähigkeiten von Chironomidae zur Neubesiedelung von Quellen.

Dazu werden künstliche Quellen im Freiland (Mesokosmen) gebaut. Diese Quellen werden ein Jahr lang auf Makrozoobenthosbesiedlung und diverse Faktoren untersucht. Untersucht wird erstens der Neubesiedelungsweg des Makrozoobenthos - durch aktive Aufwärtswanderung gegen die Fließrichtung. Zweitens wird der Neubesiedelungsweg durch Eiablage an acht künstlich gebauten Quellen gleichen Typs untersucht. Anhand der Chironomiden (Zuckmücken) findet eine Untersuchung der Besiedelung einer Vielzahl von Umweltfaktoren statt. Einzelne Chironomidenarten werden mit den Umweltfaktoren beschrieben und mit Ergebnissen anderer Arbeiten ergänzt.

Die Testergebnisse erlauben dann die Überprüfung folgender übergeordneter Hypothese:

Kleinräumig verbreitete, inselförmig isolierte und hochspezialisierte Quellen- und Lebensgemeinschaften sind nach vollständiger Vernichtung potentiell zu einer Restauration in Form einer Renaturierung (oder Revitalisierung, das heißt strukturell und funktional mit der Ausgangsgemeinschaft vergleichbar) in der Lage.

2 Untersuchungsgebiet

2.1 Lage des Untersuchungsgebietes und untersuchte Quellen

Die vorliegende Studie wurde im Röserental, ein Tal nahe der Stadt Liestal, südöstlich von Basel, Schweiz, durchgeführt (Schweizer Landeskoordinaten CH1903+/LV95: 619.150/260.325 Latitude/Longitude). Topographisch befinden sich alle untersuchten Quellen im Kalkgestein. Das Röserental ist durch den Röserenbach geprägt. Dieser hat seinen Ursprung östlich des Gempenplateaus bei Disliberg. Zuflüsse sind das Schauenburgbächlein und viele im Umkreis liegende Quellen (GEIJSKES, 1935). Der Röserenbach fließt verrohrt unterhalb der Stadt Liestal in die Ergolz und mündet bei Augst in den Rhein.

Die Arbeit wurde in der Nähe dreier natürlicher Quellen in einem Oberlauf nahe dem Bach durchgeführt. Die Quellen befinden sich in einem künstlich angelegten 30-jährigen Thujawald und in einem Mischwald auf einer Höhe von 380 bis 481 m. Das Quellensubstrat ist aus biotischen Komponenten wie Totholz, Wurzeln, Geröll, Moosen und Laub sowie aus Ton, Sand und Steinen zusammengesetzt. Die Quellen werden durch denselben Grundwasserkörper gespeist.

2.2 Untersuchte Quellen

Die Auswahl der Untersuchungsquellen beruht auf praktischen Überlegungen wie einem einfachen Zugang während des ganzen Jahres, der morphologischen Struktur des Geländes, und - am wichtigsten - einer hohen Dichte an natürlichen Quellen im Tal. Bedingung für die Auswahl einer Quelle ist, dass sie zum selben Quelltyp, nämlich zum Typus alluviale Rheokrene, gehört (siehe Kapitel 2.5, Seite 13). Frühere Untersuchungen zeigten, dass die Quellen eine ganzjährige Schüttung haben (VON FUMETTI et al., 2007).

Für diese Studie wurden vier Quellen in der Schweiz des Kantons Basel-Land, Stadt Liestal, ausgewählt (Abbildung 1). Durch diese Referenzuntersuchung soll - im Gegensatz zu vielen anderen Untersuchungen, die sich mit Quellen befassen - gezeigt werden, dass sich die Quellen nicht unterscheiden. Die Wahl in Bezug auf diese vier Quellen hatte diverse praktische Überlegungen wie zum Beispiel einen einfachen Zugang während des ganzen Jahres, den morphologischen Untergrund des Geländes, das Schüttungsverhalten, die Temperatur und - als wichtigstes Thema - ähnliche Tierartengemeinschaften.

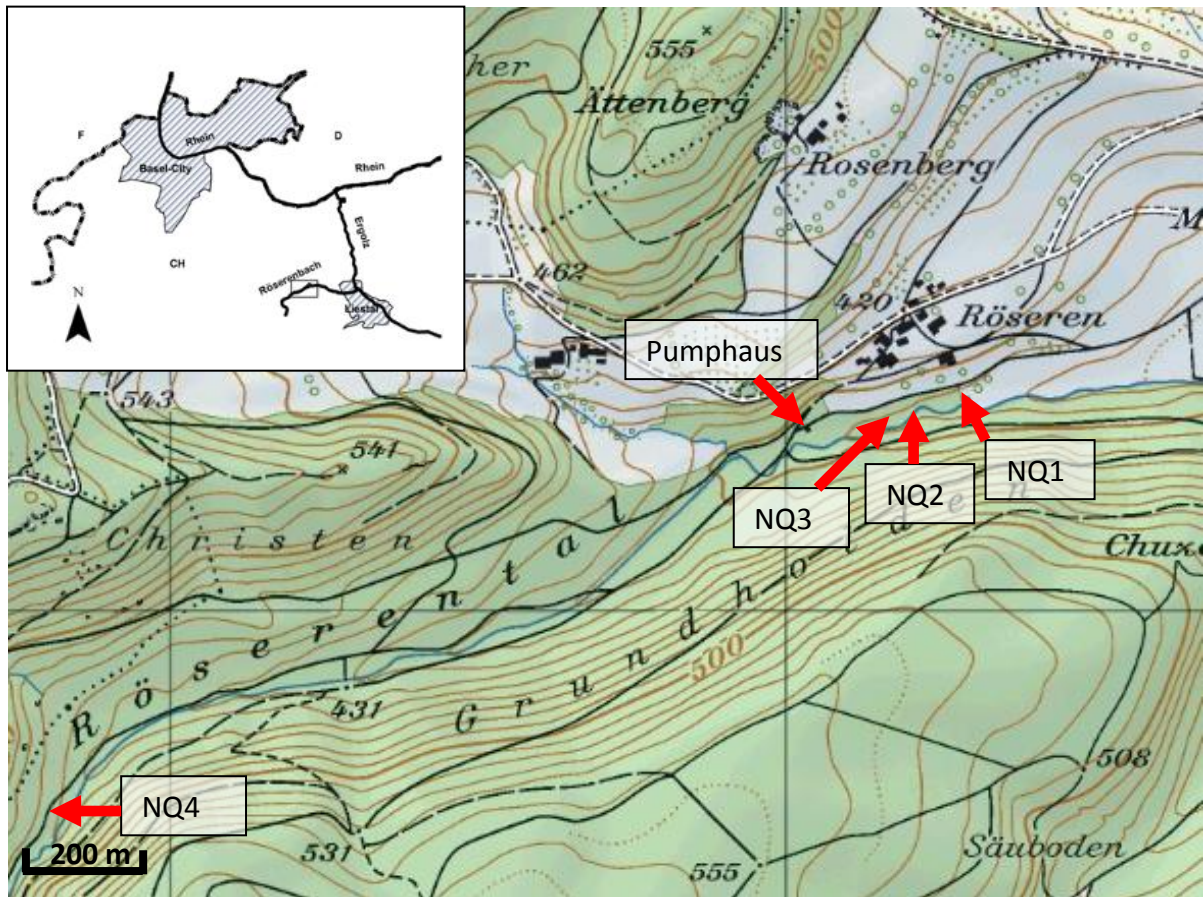


Abbildung 1: Das Untersuchungsgebiet zeigt die natürlichen Quellen 1-4 (NQ1-4) und die Lage des Pumphauses im Rösereental, im Kanton Basel-Land, Schweiz. Ausschnitt aus geo.admin.ch 1:25000, © Daten: swisstopo.

Die natürlichen Quellen 1-3 (NQ1-3) befinden sich in einem Thujawald und die natürliche Quelle 4 (NQ4) in einem Mischwald (Abbildung 1). Die NQ1-3 sind auf einer Höhe von 380 m. Der Waldboden ist vollständig durch das Grundwasser getränkt und zeigt, neben Wildtierbeeinträchtigungen, auch anthropogene Aktivitäten begünstigt durch die naheliegende Straße und das Pumphaus der Stadt Liestal. Auf der anderen Seite der Straße befindet sich eingezäuntes Weideland, welches im Sommer von Rindern beweidet wird. NQ4 liegt auf einer Höhe von 481 m und mündet nach 15 m Quellbach in den Röserebach. Der Waldboden ist durch die ständige Anwesenheit von Grundwasser weich. Im Gegensatz zu den NQ1-3 gibt es hier keine Anzeichen von Aktivitäten von Menschen oder Tieren doch grenzt auch hier eine Forststrasse an. Bei allen Quellen besteht die Umgebungsvegetation aus Bärlauch (*Allium ursinum* L.) und Sumpfdotterblume (*Caltha palustris* L.). Das Substrat der Quellen setzt sich aus biotischen Komponenten wie Totholz, Wurzeln, Geröll, Moos und Laub sowie abiotische Komponenten wie Ton, Sand und Steinen zusammen.

2.3 Klima

Die Klimadaten sind aus der zum Untersuchungsgebiet Röserental am nächsten liegenden Klimastation Basel/Binningen für die Jahre 2007 bis 2009 entnommen (Abbildung 2). Die Niederschlagssumme 2007 beträgt 931 mm. Der niederschlagsreichste Monat ist der August (200 mm), gefolgt vom Juni (181 mm), die niederschlagsärmsten Monate sind April (2 mm) und Oktober (5 mm). Im darauf folgenden Jahr 2008 beträgt die Niederschlagssumme 925 mm. Niederschlagsreichste Monate sind September (135 mm), Oktober (127 mm) und – vergleiche mit 2007 - auch April (122 mm). Niederschlagsärmste Monate 2008 - mit je 19 mm - sind Februar und November, aber sogar – vergleiche mit 2007 – der Juni mit 38 mm Niederschlag. Die gesamte Jahresniederschlagsmenge von 2009 beträgt 818 mm. Niederschlagsreichste Monate sind Juli (98 mm) und Dezember (123 mm), die geringsten Niederschläge fielen im Jänner (20 mm) und April (18 mm).

Die Jahresmitteltemperaturen der Jahre 2007 (11,4 °C), 2008 (10,7 °C) und 2009 (11,0 °C) zeigen sehr ähnliche Werte. Die Luftfeuchtigkeit ist von 2007 bis 2009 mit 63 % gleichbleibend. Die Sonnenscheindauer aller drei Jahre zusammen ergeben 5.447 Stunden. Beachtenswert ist die große Anzahl von 28 Tagen mit einer Schneedecke im Jahr 2009. In den Jahren 2007 und 2008 dagegen nur 10 und 17 Tage. Die höchste Schneelage in den drei Jahren wurde am 18.12.2008 mit 18 cm gemessen.

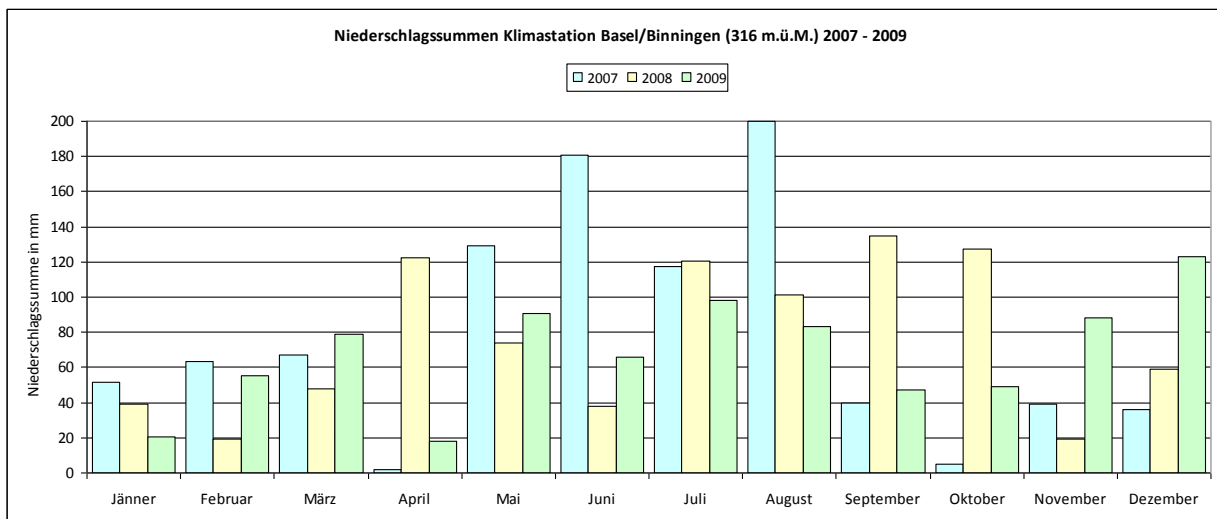


Abbildung 2: Werte der monatlichen Niederschlagssummen nach der Klimastation Basel/Binningen (316 m.ü.M.).

2.4 Geologie

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im Schweizer Jura. Dieses einheitliche Gebiet kennzeichnet sich durch leicht geneigte, parallel übereinander liegende und ungefaltete Gesteinsschichten, die durch Erosion entstanden sind. Daher wird dieser Teil des Jura auch Tafeljura genannt. Gebildet wurde es im Mesozoikum geprägt durch Kalk-, Mergel und Tonsedimenten. In diesem Sektor des Tafeljuras treten die Schichten von Unterem-Dogger bis Unterem-Malm auf. Aufgrund des Geologischen Atlas findet ein Übergang zwischen tonigen, undurchlässigen Gesteinen (Opalinuston und Oxfordton, Unterer Dogger) und kalkigen, gut durchlässigen Gesteinen (Hauptrogenstein, Rauracien), statt (Abbildung 3). Die Schichten bilden zusammen eine flache Platte (LABHART, 2005). Der im Quartär gebildete Grundwasserleiter aus Gehänge- und Blockschutt prägt das Röserental. Darüber befindet sich eine Alluvialebene gebildet durch Ablagerungen von Partikeln aus Gestein und Schlamm. Weiters ist das Röserental durch zahlreiche tektonische Verwerfungen und Transversalverschiebungen geprägt. Das bedeutet, dass neben den Untersuchungsquellen auch noch andere zahlreiche gefasste und ungefasste Quellen auftreten. Besonders eine Untersuchungsquelle (NQ4) befindet sich in einem Rutschgebiet, das die Untersuchung vor allem in den Wintermonaten erschwerte.

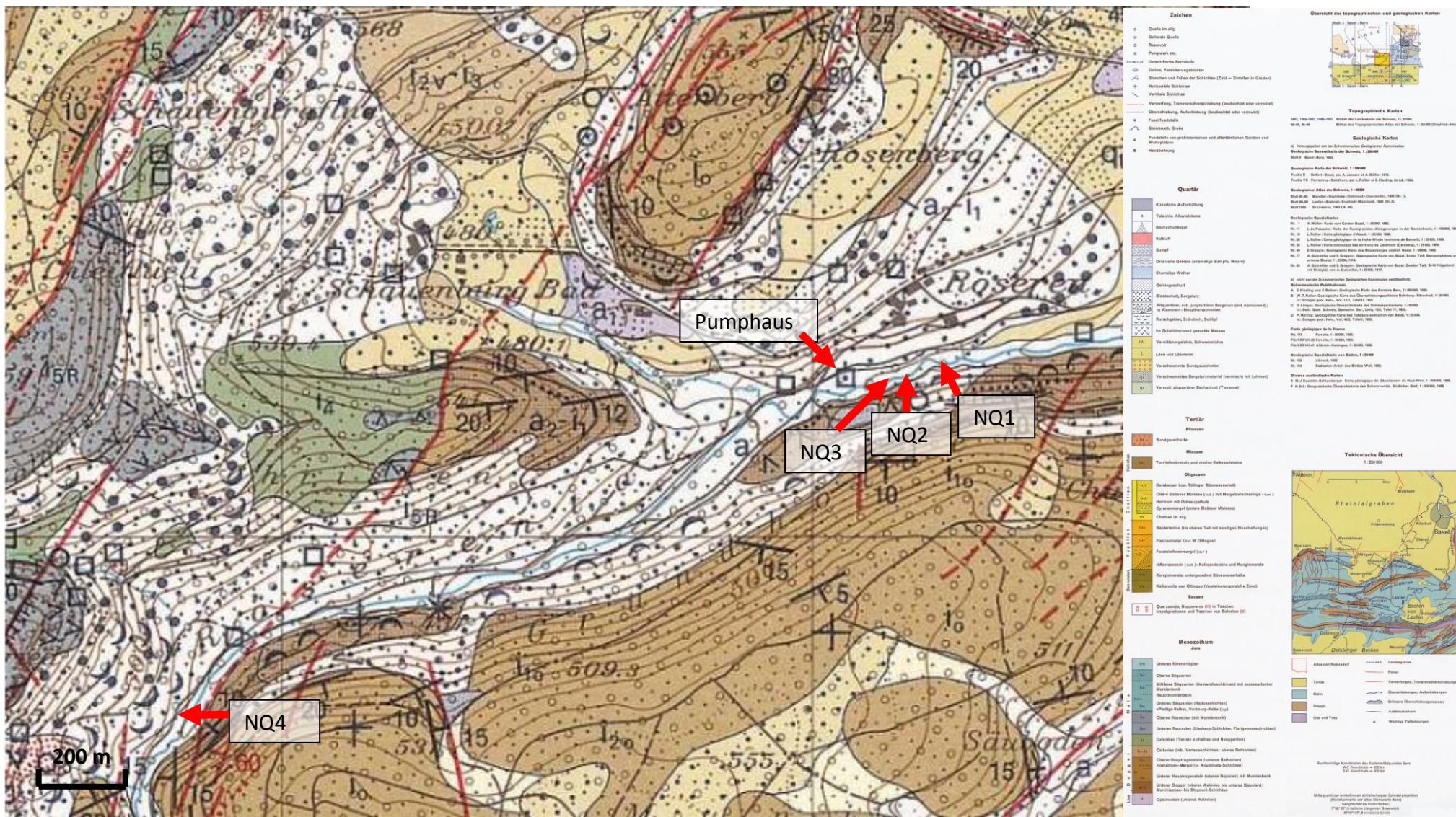


Abbildung 3: Geologischer Atlas 1:25.000 (Kogis, 2013)

2.5 Quelltypen

Die Akratopegen (Quellen, die wenig feste Stoffe enthalten), im Gegensatz zu Thermal- und Mineralquellen, werden in Quelltypen unterschieden. Diese Unterscheidung erfolgt nach ihrem Abflussverhalten und wird in drei Hauptkategorien unterteilt (STEINMANN, 1915; THIENEMANN, 1924). Diese sind die Limnokrene, die Helokrene und die Rheokrene. Seit ZÖLLHÖFER (1999) gilt diese Einteilung als überholt. Die derzeitige Klassifizierung beschreibt ein statistisches Dreieck in dem sich alle Quelltypen mehr oder weniger bewegen (VON FUMETTI & NAGEL, 2011).

2.5.1 Limnokrene (Tümpelquelle):

Der Wasseraustritt ähnelt einem kleinen See, Weiher beziehungsweise Tümpel. Das Grundwasser tritt aus einer kleinen beckenartigen Vertiefung aus dem Boden und füllt diese auf. Durch das Überlaufen bildet sich ein Quellbach (THIENEMANN, 1924). Da die Fließgeschwindigkeit aufgrund reichen Pflanzenwuchses gering ist, kann sich viel organisches Material - wie Blätter, Totholz und sonstiges feines organisches Material - ablagern (ZÖLLHÖFER, 1997). Der Untergrund ist meist verschlammt und sandig (THIENEMANN, 1954). Bei den vorkommenden Organismen handelt es sich um lenitische Gesellschaften, echte Quellarten fehlen hier (ZÖLLHÖFER, 1999).

2.5.2 Helokrene (Sicker- oder Sumpfquelle):

In diesem Quellentyp sickert das Wasser mit einer sehr langsamen Fließgeschwindigkeit aus der Erde und lagert sich mit Schlamm an, wobei sich ein Sumpf bildet (STEINMANN, 1915; THIENEMANN, 1924). Dennoch liegt die Vermutung nahe, dass Helokrenen im Jura durch Wildtiere (z.B. Wildschweine) aber auch durch anthropogene Einflüsse entstanden sind. So ist durch Entwaldung und Beweidung aus einer ehemaligen linearen Quelle oder Rheokrene eine Helokrene entstanden (ZÖLLHÖFER, 1997). Daher ist es nicht selten, dass eine Mischform aus Helokrene und Rheokrene auftritt, die nicht eindeutig einem Typus zugeordnet werden kann.

2.5.3 Rheokrene (Sturzquelle):

Das austretende Wasser bei rheokrenen Quellen fließt das ganze Jahr nahezu konstant ab. Aufgrund des Schüttungsverhaltens ist das Substrat steinig, kiesig und vegetationsarm. In Rheokrenen hält sich nur wenig Detritus; auch sind in rheokrenen Quellen kaum Pflanzen zu

finden (ZOLLHÖFER, 1999). Ein spezieller Untertyp einer Rheokrene ist die alluviale Rheokrene, die Untersuchungsschwerpunkt der vorliegenden Arbeit ist.

2.5.4 Alluviale Rheokrene:

Eine alluviale Rheokrene weist sich durch große Strukturdiversität aus (ZOLLHÖFER, 1997). Sie ist eine Rheokrene, die ein Vorkommen von Ton, Schluff, Sand, Kieselsteinen, größeren Steinen, Kalk und Kalk-Sinter und somit die größte Substratdiversität der untersuchten Quellen im Mittelland und Jura der Schweiz aufweist (ZOLLHÖFER, 1999). Im Quellmund (Bereich des Quellaustrittes) ist das Substrat in ständiger Bewegung. Die Schüttung in alluvialen Rheokrenen kann stark variieren, ist jedoch innerhalb einer Quelle sehr stabil und zeigt während des Jahres nur geringe Schwankungen. Die Schüttung ist während des ganzen Jahres konstant (ZOLLHÖFER, 1997).

3 Methoden

3.1 Untersuchungszeitraum

Das erste Untersuchungsjahr im Röserental ist geprägt vom Erfassen der Referenzdaten der natürlichen Quellen. Die Probenentnahme erfolgt dreimal im Jahr 2007, am 21. April, 18. Juli und 19. Dezember. Zur Ergänzung der Artenliste werden zusätzlich Emergenzfallen zwischen dem 21. April und 30. Dezember 2007 aufgestellt und wöchentlich geleert. Der Untersuchungsbeginn wird mit Anfang April, dem Zeitpunkt der Schneeschmelze gewählt, da ab diesem Zeitpunkt die Installation des Freilandexperiments (im zweiten Untersuchungsjahr) möglich ist.

Das zweite Untersuchungsjahr im Röserental beinhaltet zwei Freilandexperimente, bei denen Mesokosmen gebaut werden für Analysen der:

1. Kolonisation von Mesokosmen durch Aufwärtswanderung
2. Kolonisation von Mesokosmen durch Flug

1. Der Versuchsaufbau „Kolonisation von Mesokosmen durch Aufwärtswanderung“ wird fünfmal pro Woche, vom 18. April bis 18. Juli 2008, nach Makrozoobenthos untersucht. Dies entspricht 62 Untersuchungstagen. Vom 19. Juli 2008 bis zum 6. April 2009 wird einmal pro Woche untersucht; dies ergibt 38 Untersuchungstage; was für das ganze Untersuchungsjahr 100 Untersuchungstage ausmacht. Zusätzlich erfolgen am 20. April, 2. Juli und 10. November 2008 Probenentnahmen im Röserenbach.

2. Die Kolonisation von Mesokosmen durch Flug „Kleinräumige Verbreitung der Familie Chironomidae“ wird in zwei Serien aufgeteilt. Die 1. Serie wird zwischen 18. April 2008 und 23. März 2009 durchgeführt. Hier finden die Probenentnahmen in den ersten drei Wochen fünfmal pro Woche statt, danach nur noch 14-tägig. Das sind für die 1. Serie insgesamt 46 Untersuchungstage.

Die 2. Serie startete am 30. Juni 2008 und endete am 6. April 2009. Hier finden die Probenentnahmen ausschließlich 14-tägig statt. Die 2. Serie beinhaltet 20 einzelne Untersuchungen.

3.2 Chemisch-physikalische Analyseverfahren

3.2.1 Voruntersuchung Röserental

Die Lufttemperatur und die Wassertemperatur werden kontinuierlich mit einem Datenlogger (HOBO Wasser Temp Pro, onset, USA) vom 20. März bis 21. Dezember 2007 in Intervallen von 15 Minuten gemessen. Platziert ist das Meßgerät auf dem Waldboden zwischen NQ2 und NQ3. Weitere Umweltdaten wie Sonnenexposition oder Niederschläge werden vom Klimaverein Basel (KLIMABASEL, 2013), Messstation Basel/Binningen (Schweizerischer Landeskoordinaten CH1903: 610.850/265.620 Latitude/Longitude) erhoben.

Die alluvialen rheokrenen Quellen werden im April, Juli und Dezember 2007 immer an den gleichen Probenentnahmestellen untersucht. Dazu werden die Untersuchungsstellen dauerhaft markiert (vergleiche Kapitel 3.3, Seite 19).

Zusätzlich werden vor Ort pH-Werte (WTW, pH 330), Sauerstoff (WTW, Oxi 340), Leitfähigkeit (WTW, LF 330), Wassertemperatur (WTW, pH 330), Schüttung, Fließgeschwindigkeit und Gewässertiefe (Zollstock) gemessen. Diese Untersuchungen finden an den natürlichen Quellen in zweiwöchigen Intervallen statt. Die Fließgeschwindigkeit wird mittels eines Laufrades in m/s (Miniair, Schildknecht) gemessen.

3.2.2 Parameter der Kolonisation von Mesokosmen durch Aufwärtswanderung und kleinräumige Verbreitung der Familie Chironomidae

Bei jeder Makrozoobenthosbesammlung werden die in der Tabelle 1 angeführten Daten direkt vor Ort gemessen.

Tabelle 1: Parameter die bei jeder Makrozoobenthosbesammlung festgehalten werden.

Parameter	Gerät	Massstab / Einheit	Natürliche Quellen	Faunabox (Aufwärtswanderung)	Migrationsquellen	Faunabox (Eiablage)
Lufttemperatur	WTW-Gerät	° C		x		x
Wassertemperatur	WTW-Gerät	° C	x	x	x	x
pH-Wert	WTW, pH 330	pH	x	x	x	x
Leitfähigkeit	WTW, LF 330	µS/cm	x	x	x	x
Sauerstoffgehalt	WTW, Oxi 340	mg/l	x	x	x	x
Gewässertiefe	Zollstock	cm		x	x	x
Strömung	Sohnahe Flügelmessung in den Quellrastern (siehe Kapitel 3.3, Seite 19)	m/s		x		x

Darüber hinaus wird Gesamthärte (Merck Nr. 1.08039.0001, titrimetrische Methode, ° dH.) und Karbonathärte gemessen (Merck Nr. 1.08048.0001, titrimetrische Methode, ° dH, SBV: mg l⁻¹). Diese werden an jeder Probestelle monatlich, jeweils in der ersten Woche des Monats, vor Ort ermittelt.

3.3 Versuchsaufbau und Methodik zur Voruntersuchung Röserental

Ausgehend von der Feststellung, dass jede Probenentnahme Auswirkungen auf die Ökologie der Quellen und somit auf die darauf folgenden Untersuchungen hat, wird die Probenentnahme auf einmal pro Quartal beschränkt. Die Probenentnahmestellen wurden mit Holzstäben dauerhaft markiert (Abbildung 4). Jede Quelle wird im Quellmund 5 m und 10 m unterhalb der Quelle untersucht.

Innerhalb dieser Abschnitte werden die einzelnen Probenstellen entsprechend der aktuellen Quelle definiert. Laut den Ergebnissen VON FUMETTI et al. (2007) beginnt 5 m unterhalb des Quellaustrittes der Quellbach. Aufgrund der kleinräumigen Größe, wird nur eine Probe an der Quelle entnommen, während 5 m unterhalb zwei Proben und 10 m unterhalb des Quellmundes zwei oder drei Proben gemacht werden.

Die einzelnen Messstellen sind mit einem vierstelligen Code versehen (Tabelle 2). Der erste Code ist der erste Buchstabe des Monats der Probenentnahme. Die zweite Ziffer ist die Quellnummer, die dritte die Längenzonierung entlang der Quelle und die vierte Ziffer die Probenentnahmestelle. Zum Beispiel ist D122 eine Probe, die im Dezember, der NQ1 5 m unterhalb der Quelle, an der zweiten seitlichen Probenentnahmestelle entnommen wurde.

Tabelle 2: Vierstelliger Code der Proben.

Erste Code	Zweite Code	Dritter Code	Vierter Code
Probenentnahmemonat	Quelle	Längenzonierung	Probenentnahmestelle
A: 21. April J: 18. Juli D: 19. Dezember	1: NQ1 2: NQ2 3: NQ3 4: NQ4	1: direkt im Quellmund 2: 5 m unterhalb des Quellmundes 3: 10 m unterhalb des Quellmundes	1: erste Probenentnahmestelle 2: zweite Probenentnahmestelle 3: dritte Probenentnahmestelle

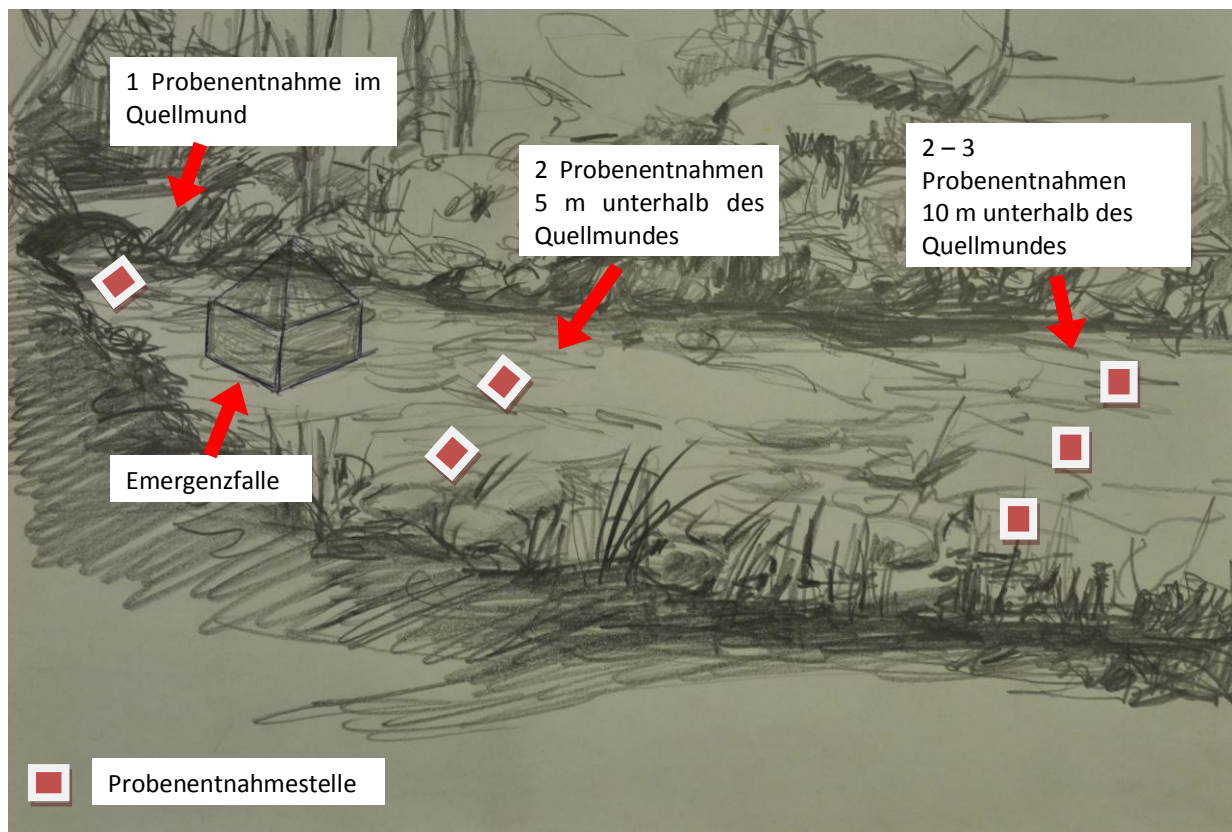


Abbildung 4: Skizze der Experimentanordnung der Probenentnahme im April, Juli und Dezember 2007, Probenentnahmenstelle entlang der Quelle.

3.3.1 Substrat

Die Substratzusammensetzung wurde in jeder Quelle und in jeder Probenentnahmestelle von Auge (in %) geschätzt. Die biotischen Substrate bestehen aus Moos, Wurzeln, Blättern, Totholz und Makrophyten. Der Gesamtanteil dieser Fraktionen ergibt 100 %. Die abiotischen Substrate sind als Ton, Sand, Steine von 1 cm Durchmesser, Steine von 5-10 cm und Steine > 10 cm definiert. Auch hier ergibt die Summe 100 %.

3.3.2 Schüttung

Die Schüttungsmessung erfolgte nach ZOLLHÖFER (1997). Dabei wurde ein Kunststoffbeutel, je nach Schüttungsintensität der Quelle, 15 beziehungsweise 30 Sekunden zum Quellmund gehalten. Die aufgefangene Wassermenge wird mit einem geeichten Behälter abgemessen und auf einen Liter pro Minute hochgerechnet. Diese Methode eignet sich bei alluvialen Rheokrenen.

3.3.3 Die Makrozoobenthosbesammlung

Die Besammlung wurde mit Surber-Sampler, Hand und Emergenzfalle erfasst. Die Bestimmung des Makrozoobenthos wurde so weit wie möglich auf Artniveau durchgeführt. Diese erfolgte mit dem Binokular (Zeiss, Stemi DV4). Die dazu verwendete

Bestimmungsliteratur ist in Kapitel 11.2 angeführt. Das Probenmaterial liegt als Referenzsammlung am Institut für Biogeographie vor.

3.3.3.1 Surber-Sampler

Die Proben entlang der Quellen wurden mit einem Surber-Sampler (10 x 10 cm, 600 µm Maschenweite) genommen. Große Steine wurden nicht mit dem Surbersampler gesammelt sondern handverlesen, gemessen und wieder an ihren ursprünglichen Platz gelegt. Das gesammelte Material wurde vor Ort in Kunststoffbehältern sortiert und in 70%igem Äthanol konserviert. Das Makrozoobenthos wurde im Labor identifiziert. Nur *Polycelis felina* wird vorort untersucht (siehe Kapitel 3.4.4.1, Seite 27).

3.3.3.2 Emergenzfalle

Darüber hinaus wurde jede Quelle mit einer Emergenzfalle (30 x 30 cm) versehen (BALTES, 2000). Je eine Falle wurde in den vier Quellen, 2 m unterhalb des Quellmunds platziert (Abbildung 4, Seite 20). Die Fallen wurden wöchentlich geleert und monatlich ausgewertet. Diese Emergenzuntersuchung wird als zusätzliches Verfahren zur Vervollständigung der Quellartenliste des Makrozoobenthos herangezogen.

3.4 Versuchsaufbau und Methodik zur Kolonisation von Mesokosmen durch Aufwärtswanderung

Für die experimentelle Untersuchung wurden eigens aquatische Mesokosmen (AQ) konstruiert. Die Literaturrecherche ergab, dass keine vergleichbaren Untersuchungen an Quellen gemacht wurden. Ein Mesokosmos ist eine künstlich geschaffene Umwelt, an der Beobachtungen oder experimentelle Untersuchungen vorgenommen werden (Abbildung 5). Drei der Mesokosmen wurden an zwei natürlichen Quellen (NQ1 und NQ3), zwecks Wasserversorgung, angeschlossen. Dabei wurden zwei Entfernungen, die es einzuwandern galt, berücksichtigt. Diese waren 10 m und 20 m, um den Nachweis der maximal möglichen Migrationskapazitäten innerhalb der künstlichen Quelle zu erbringen. AQ1 wurde Wasser aus natürlichen Quellen NQ1 zugeführt. AQ2 und AQ3 wurden von NQ3 gespeist. Der vierte Mesokosmos (AQ4) wurde von einem öffentlichen Pumphaus der Gemeinde Liestal gespeist. Dieses Pumphaus gewährleistet die Trinkwasserversorgung der Bewohner der umliegenden Siedlung. Das Quellwasser stammt aus dem angrenzenden Frenkendorf und wird bei der Trinkwasseraufbereitung mit Chlor versetzt. Eine Umleitung eines Teils des Wassers in der Pumpstation garantiert, dass das Quellwasser frei von Chlor und somit unbehandelt der AQ4 zur Verfügung steht. Zwar stammt dieses Quellwasser nicht aus der umliegenden Region, aber aus demselben Grundwasserspeicher. Die Wasserversorgung zu AQ4 wurde konstant auf 2 l/min gehalten.

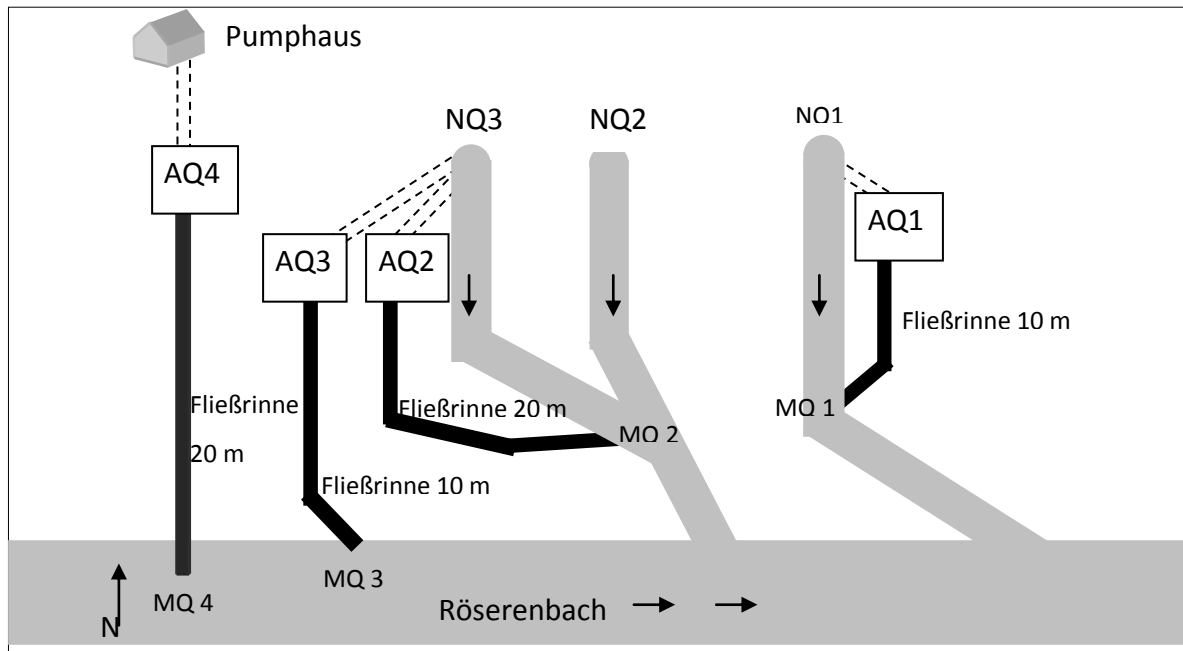


Abbildung 5: Skizze der Feldexperimentanordnung zeigt den Aufbau zwischen natürlichen Quellen (NQ), Pumpstation, künstlichen „Aufwärtswanderungs“-Quellen (AQ), Fließrinne (schwarz), Migrationsquelle (MQ) und Bach. Graue Streifen: natürliche Quellbäche und Röserenbach; schwarze Pfeile: Fließrichtung; gestrichelte Linien: im Boden vergrabene Quellwasserzufuhr.

3.4.1 Mesokosmen

Vier Mesokosmen werden aus Dachrinnen und Faunaboxen angefertigt und an natürliche Quellen angeschlossen (Abbildung 6, Seite 24). In diese Mesokosmen werden sechs verschiedene Substrattypen eingebaut. Das Substrat dazu stammt aus dem Röserental, das vor Ort gesiebt und im Institutslabor autoklaviert (Sterilisationsmethode mit feuchter Hitze) wird. Dies wird getan, um eventuelle Dauerstadien (zum Beispiel Eier) auszuschliessen, aber auch um die Besiedelung durch Nahrungsangebote nicht zu verfälschen, indem die Tiere angelockt werden (siehe Kapitel 3.4.2, Seite 24).

Ein Mesokosmos wurde mit Wasser aus der Pumpstation gespeist. In der AQ4 konnte eine eigens angefertigte Düse eine Schüttung von 2 l/min gewährleisten.

Die anderen drei Mesokosmen werden durch einen Trichter (Aus Plastik mit einem Durchmesser von 15 cm) und einen Schlauch (Aus Plastik mit einem Durchmesser 4 cm, Länge AQ1 = 2 m, AQ2 und AQ3 = 4 m, AQ4 = 30 m), der das Wasser der natürlichen Quelle in die Faunabox (Savic Co.; 50,5 x 30,5 x 18,0 cm) leitet, gespeist (Abbildung 7, Seite 25, A-C). Die Trichter wurden mit einer Gaze (500 µm) und einem Gitter (Maschenweite 2 mm) versehen, um eine Einwanderung in die Faunaboxen über den Quellmund zu verhindern. Verbunden wurden Trichter, Schlauch und Faunabox mittels Schlauchbriden (Edelstahl, rostfrei; 32 - 50 x 9 mm).

Die Innenflächen jeder Faunabox wurden mit Sandpapier aufgeraut, um besseren Halt für das Makrozoobenthos zu bieten. Anschliessend wurde sie im Waldboden, in einer Tiefe von 30 cm platziert, um die Anpassung an die Bodentemperatur zu ermöglichen. Die Schläuche wurden mit Erde und lokalem Thujaholz (mit Moos bewachsen) abgedeckt, um den Effekt der Lufttemperatur auf die Wassertemperatur zu mildern. Um eine Kontamination zu verhindern - mit Waldstreu, anderen Ablagerungen, Tieren und so weiter - wurden die Faunaboxen mit Gaze (1 mm Maschenweite aus Plastik) abgedeckt.

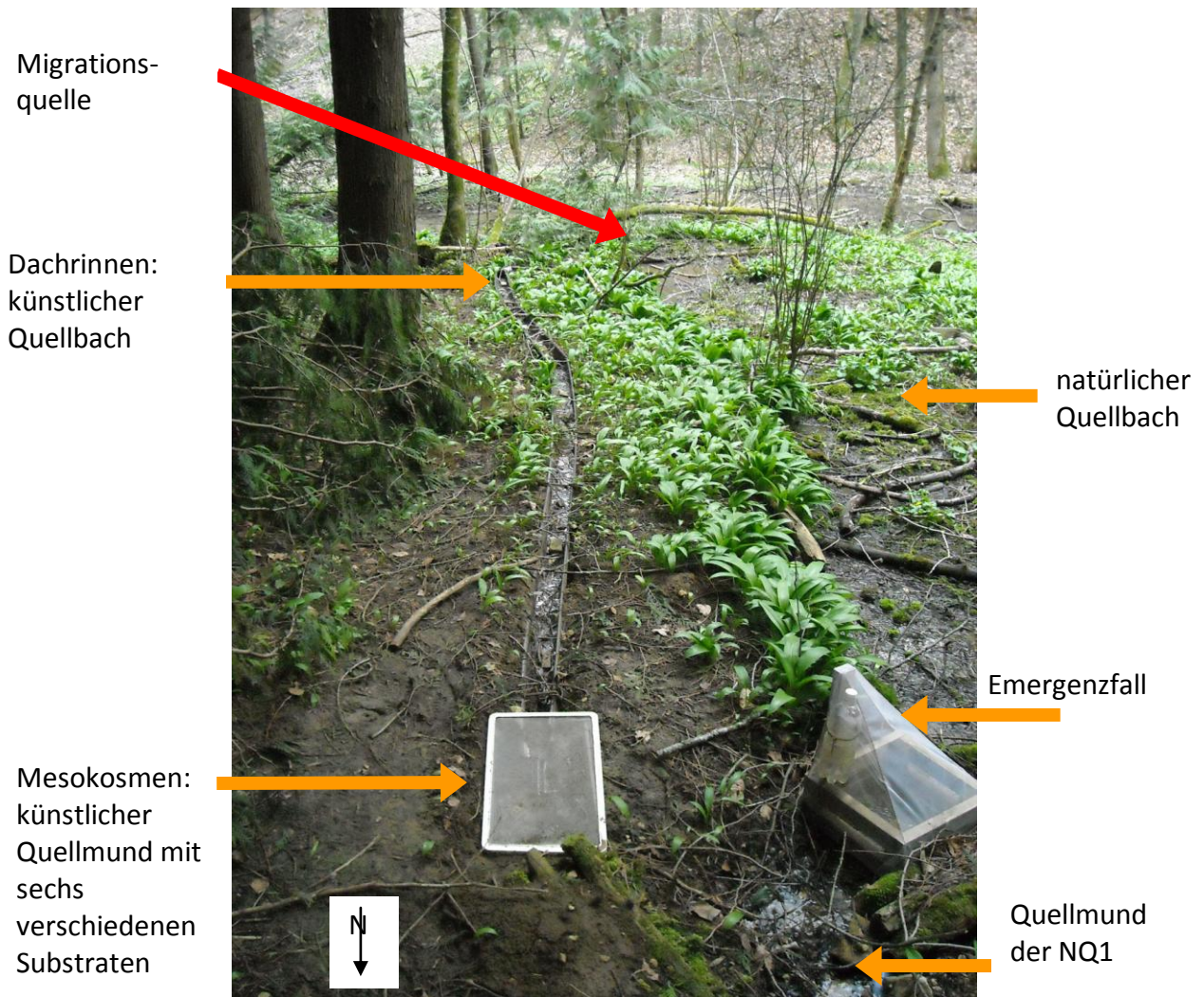


Abbildung 6: AQ1 (Quelle für Aufwärtswanderung) mit einer Fließrinne von 10 m. Roter Pfeil: Ort der Einwanderung des Makrozoobenthos aus dem Quellbach, der sogenannten Migrationsquelle (MQ1).

3.4.2 Substrattypen

Der Boden jeder Faunabox wurde mit sechs Kunststoffschalen (14,5 x 10,7 x 2,0 cm) mit verschiedenen Substraten befüllt. Diese sechs verschiedenen Substrattypen wurden pro Faunabox eingesetzt. Allerdings wurden die Substrate in jeder Faunabox in einem vorher definiertem Muster aufgestellt, um eine Besiedelung von Substraten, die günstig platziert sind, auszuschliessen.

Diese sechs Substrattypen sind in Tabelle 3 (Seite 26) dargestellt. Die Fläche einer zweidimensionalen Projektion eines Substrattyps beträgt somit 155,15 cm² und die erfasste besiedelbare Gesamtfläche pro Mesokosmos beträgt 930,9 cm². Alle Zahlen in den Artenlisten wurden auf 1.000 cm² umgerechnet. Jede Substrattypschaale war mit zwei Reihen von Löchern (Durchmesser 0,5 cm) im Abstand von 0,5 cm voneinander entfernt perforiert, um den Austausch von Wasser und Wirbellosen zwischen Substrattypen zu ermöglichen (Abbildung 7, Seite 25, roter Pfeil).

Innen- und Außenflächen der Substrattypschaale sind mit Sandpapier aufgeraut. Steine für die Substrattypschaalen sind aus dem Röserenbach gesiebt und für die sechs Typen gleich vor Ort sortiert, in 70%igem Äthanol für 24 Stunden eingelegt und autoklaviert. Detritus, Totholz und Laub wird aus der Umgebung der Quellen entnommen und unter einer Stereolupe auf Tiere und Pflanzen untersucht. Jede Faunabox enthielt sechs Substrattypen 1 bis 6; die je nach AQ unterschiedlich angeordnet waren (Abbildung 7, C). Diese Anordnung blieb während der gesamten Untersuchung unverändert. Die Steine wurden so angeordnet um positionsbedingte Besiedlungsmuster auszuschliessen.

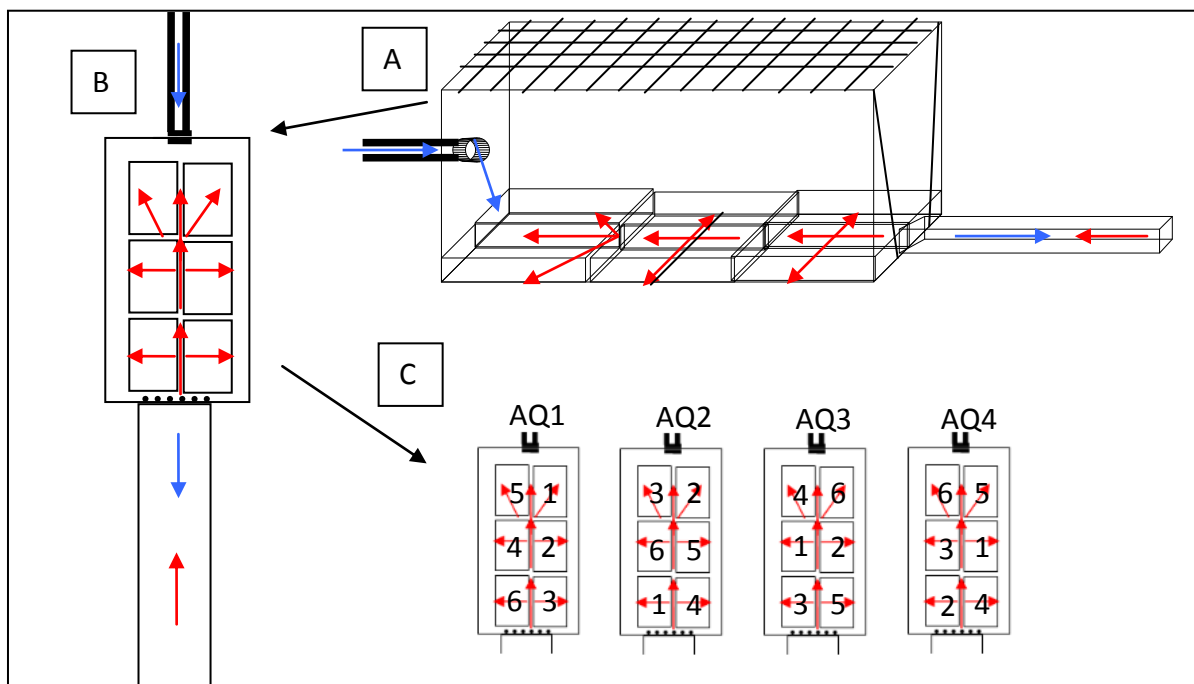


Abbildung 7: Faunaboxen mit Substrattypschaalen und Fließbrinnen, A) 3D-Seitenansicht der Faunabox, roter Pfeil: Wanderung des Makrozoobenthos, Blauer Pfeil: Fließrichtung des Quellwassers, oben mit einer Gaze 1 mm verschlossen, B) Aufsicht (Rinne in schwarz). C) Anordnung der Substrattypen (1-6) in jeder künstlichen Quelle (AQ1-AQ4) (siehe Kapitel 3.4.2, Seite 24).

Tabelle 3: Substrattypen. Substrate wurden aus dem Röserental vor der Installation in die Mesokosmen gesiebt, im Labor von biotischem Material befreit und in sechs Typen klassifiziert. Anschließend wurden sie in den Mesokosmen platziert.

Substrattyp	Substrat
1	Steine > 10 cm
2	Steine 1 – 10 cm
3	Steine < 1 cm
4	Steine > 10 cm, mit Detritus
5	Steine > 10 cm, mit Totholz
6	Steine > 10 cm, mit Falllaub

3.4.3 Fließrinnen

Als Fließrinnen wurden Dachrinnen aus Kunststoff (200 x 12,5 x 7 cm) gewählt. Durch die leichte Formbarkeit des Materials konnten sie sich gut auf das unebene Gelände anpassen. Die Fließrinnen ermöglichten den Invertebraten eine Aufwärtswanderung aus den Migrationsquellen (MQ, siehe Abbildung 5 und Abbildung 6, B). Ihre Innenflächen wurden mit Sandpapier aufgeraut und Substrat wurde entsprechend eines natürlichen Quellbaches vorgenommen. Im März 2008 wurde Trägermaterial aus dem Röserenbach circa 300 m vor der Untersuchungsstelle aufgenommen, von Hand in drei Korngrößen (> 10 mm, 10 mm - 1 mm, 1 mm - 0,063 mm) gesiebt und anschließend im Labor autoklaviert. Die drei Korngrößen wurden, zu je 1 kg pro 2 m² Fließrinnen, mit SikaBond AT-14 (Sika; Lösemittelfreier, elastischer und feuchtigkeitshärtender Klebstoff) fixiert. Eine Sandfraktion - als lockeres, besiedelbares Substrat - fehlte somit aus technischen Gründen. Abhängig vom Relief des Geländes wurde die Dachrinne, soweit möglich, in den Waldboden eingesetzt.

Das Design der Studie (Abbildung 5, Seite 23) ist deshalb so konzipiert, um eine Analyse der möglichen Auswirkungen der Quelle der Migration (Quellbäche MQ1, MQ2 gegenüber Röserenbach bei MQ3, MQ4) und des Abstandes zwischen Dachrinne Eintrag und künstlicher Quelle (Fließrinnenlänge 10 m für AQ1 und AQ3; Fließrinnenlänge 20 m für AQ2 und AQ4) auszuwerten.

3.4.4 Die Makrozoobenthosbesammlung

An allen 100 Untersuchungstagen wurde jede Faunabox der vier Mesokosmen, mit ihren sechs Substrattypen, in situ untersucht. Vom 18. April bis 8. Dezember 2008 fand dies im Freien unter einer Plane statt, später in einem Bauhofwagen (Abbildung 8, Seite 27). Dabei wurden alle Substrattypen in eine eigene Untersuchungsschale gegeben. Die Substrattypen wurden einzeln untersucht, mittels eines Rasters der entsprechend dem Gesichtsfeld des Binokulars (Zeiss, Stemi DV4) in sechs Kammern unterteilt ist (Abbildung 8). Dieser Raster war notwendig, um mobile Arten, die auch eine positive Rheotaxis aufweisen (zum Beispiel

Gammarus fossarum und *Polycelis felina*), besser unter dem Mikroskop zu erkennen und während der Untersuchung in ihrer Mobilität einzuschränken. Immer, wenn es mindestens drei Tiere pro Schale von einem bestimmten Taxon gab, wurde die dritte, sechste, neunte (und so weiter) Probe in 70%igem Äthanol fixiert und so weit wie möglich auf das genauest mögliche taxonomische Niveau bestimmt. An jedem Probenentnahmeterrin wurden die Tiere gezählt, bestimmt und dokumentiert (siehe Kapitel 11.2, Seite 153). Pro Substrattypenschale wurden 30 Minuten Untersuchungszeit vorgesehen, folglich standen drei Stunden pro künstlicher Quelle für die faunistische Untersuchung zur Verfügung.

Auf die Bestimmung der Oligochaeta wurde verzichtet, da das erste Untersuchungsquartal zeigte, dass es nicht möglich war, sie lebend ins Labor mitzunehmen, da sie im Labor speziell präpariert werden mussten.

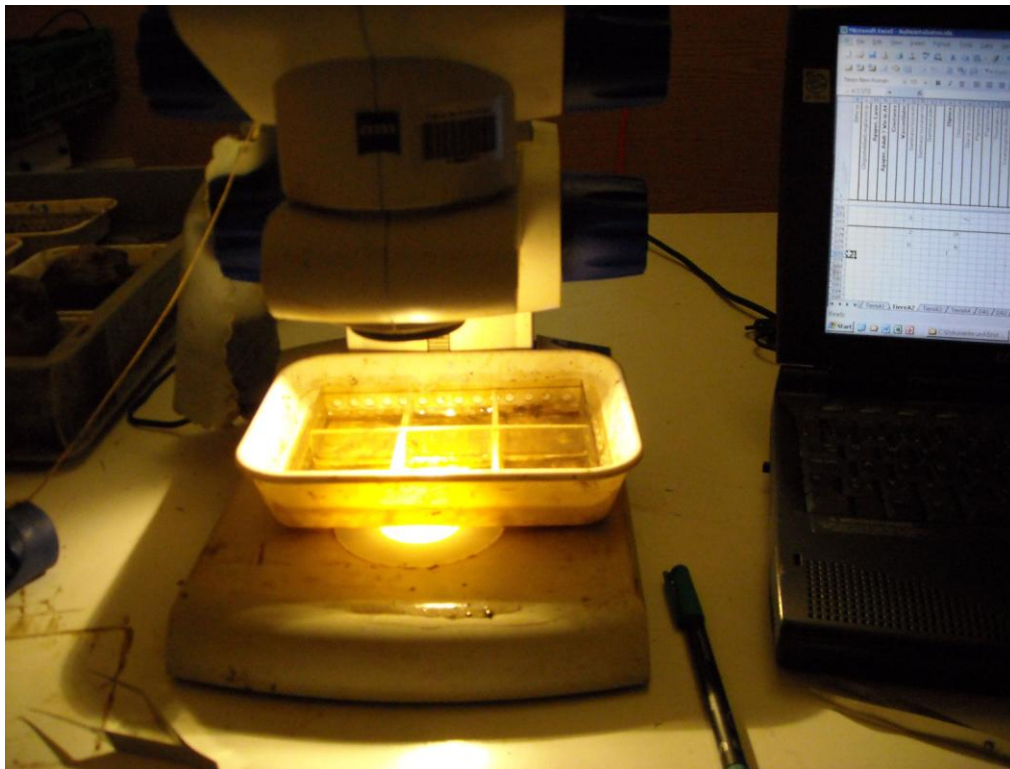


Abbildung 8: Substrattypschaale in eigene Untersuchungsschale gesetzt. Die Substrattypschaale mittels 3D-Raster in sechs Kammern unterteilt. Ab 9.12.2008 fanden die Untersuchungen unter dem Binokular in einem Bauhofwagen statt.

3.4.4.1 Surber-Sampling

Der Rösenbach wurde mittels Surber-Sampling 200 m stromaufwärts des Untersuchungsgebietes, einmal pro Quartal (20. April, 2. Juli und 10. November 2008) für 30 Minuten, mit einem Surber-Sampler (10 x 10 cm; 600 µm Maschenweite) untersucht. Bei dieser Methode wird das aufgewirbelte Material zusammen mit den Organismen durch die Strömung in den Surber-Sampler gespült (siehe auch Kapitel 3.3.3.1, Seite 21).

Die Proben wurden im Labor unter dem Binokular so weit möglich auf Artniveau durchgeführt. Die dazu verwendete Bestimmungsliteratur ist in Kapitel 11.2 (Seite 153) angeführt.

3.4.4.2 Ernährungstypen

Die einzelnen Arten haben artspezifische Mundwerkzeuge. Sie sind morphologisch und taxonomisch unterscheidbar. Je nach Entwicklungsstadium erlauben die Mundwerkzeuge Rückschlüsse auf die Nahrungsquelle. JUNGWIRTH et al. (2003) unterteilt die Arten in unterschiedliche Ernährungstypen. Die Gruppe der Zerkleinerer hat ihre Nahrungsquelle in Falllaub, Pflanzengewebe und CPOM (coarse particulate organic matter, > 1 mm). Die Weidegänger können mit ihren Mundwerkzeugen Aufwuchsalgen und Moos von bewachsenen Steinen abweiden. Aktive Filtrierer erzeugen durch rhythmische Bewegung eine Strömung, um aus der Umgebung organische Nährstoffe aufzunehmen, während Passive Filtrierer bereits strömendes Wasser filtrieren. Detritusfresser sind meist Indikatorarten für organisch belastetes Abwasser. Sie graben sich im Feinsubstrat des Gewässers ein. Die Nahrungsquelle der Minierer sind Wasserpflanzenblätter, Algen- und Wasserpflanzenzellen. Holzfresser zersetzen Totholz. Räuber sind aktive Arten die Jagd auf zum Beispiel jüngere Artgenossen oder Muschelkrebse machen. Parasiten benutzen einen Wirt als Nahrung. Die Einstufung in Sonstige erfolgt, wenn die Art in keine der oben genannten Ernährungstypen einstuftbar ist. MOOG (2002) gewichtet diese Frestypen in der Fauna Aquatica Austriaca. Nicht numerisch bewertete Taxa - zum Beispiel Chironomidae (unbestimmt) - wurden nicht zugeordnet und fehlen daher in der Berechnung. Das Auftreten der einzelnen Ernährungstypen verdeutlicht die Zusammensetzung der Biozönosen in den Substrattypen. Eine Auswertung der Ernährungstypen nach Jahreszeiten wird zur Analyse verwendet.

3.5 Versuchsaufbau und Methodik zur kleinräumigen Verbreitung der Familie Chironomidae

Das Studiendesign wurde basierend auf den Daten 2007 gewählt. Drei natürliche Quellen wurden für diese Untersuchung herangezogen (NQ1, NQ2, NQ3). Der Feldversuch (1. Serie) mit vier Mesokosmen (F1 – F4) wurde zwischen 18. April 2008 und 23. März 2009 durchgeführt. Das Versuchsdesign sah eine weitere Installation vor (2. Serie), die mit vier Mesokosmen

(f1 – f4) ein Quartal später, zwischen 30. Juni 2008 und 6. April 2009, entwickelt wurde.

Die Mesokosmen F1, F2, f1 und f2 wurden mit Wasser aus der natürlichen Quelle NQ1 (den natürlichen Quellen NQ1) gespeist; F3 und f3 von NQ2, F4 und f4 von NQ3 (Abbildung 9).

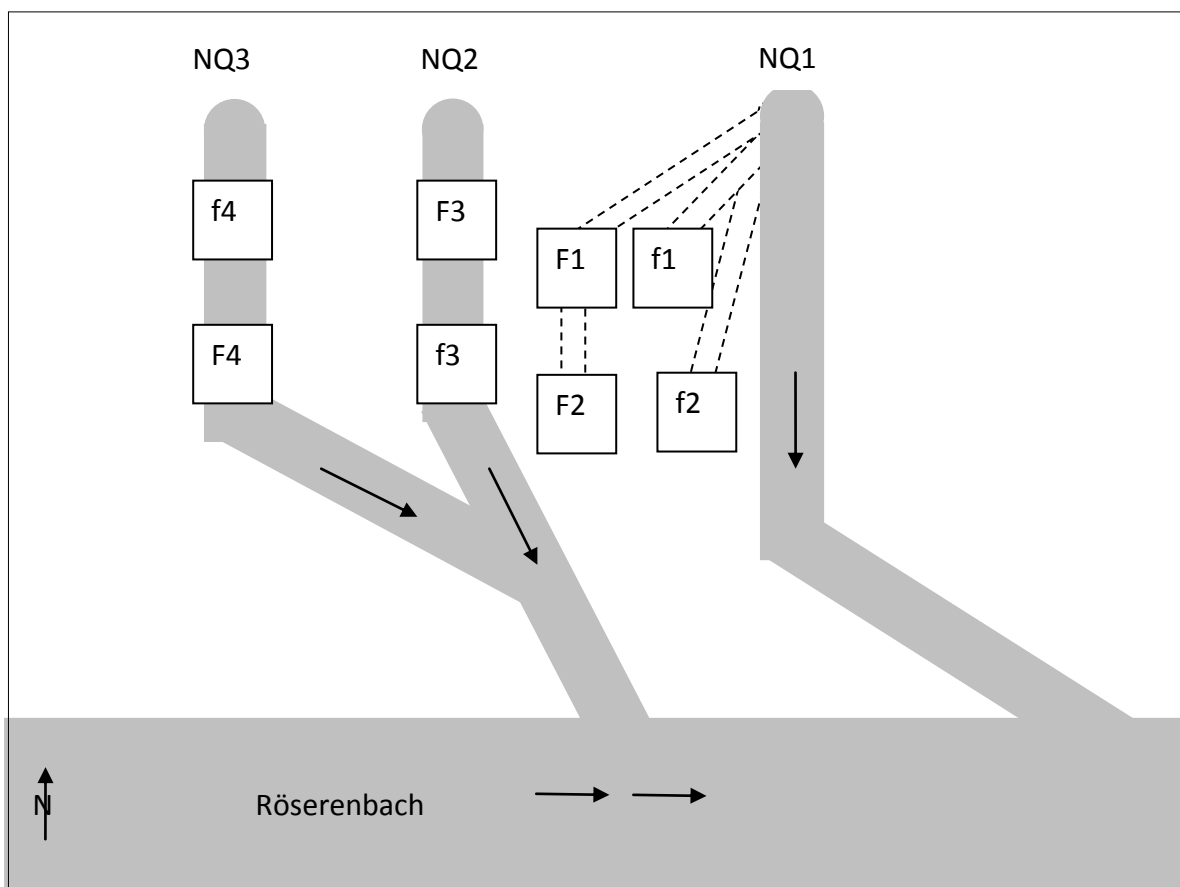


Abbildung 9: Skizze der Feldexperimentanordnung zeigt den Aufbau zwischen natürlichen Quellen (NQ), 1. Serie der „Flugquellen“ (F), 2. Serie der „Flugquellen“ (f) und Bach. Graue Streifen: natürliche Quellbäche und Röhrenbach; schwarze Pfeile: Fließrichtung; gestrichelte Linien: im Boden eingebettete Schläuche.

3.5.1 Mesokosmen

Folgende Mesokosmen sind durch das Anzapfen austretenden Grundwassers von natürlichen Quellen gespeist: F1, F2, f1 und f2. Mittels eines Trichters und eines Schlauches (Durchmesser 4 cm, Länge F1, f1 = 6 m, F2, f2 = 10 m) wird die Faunabox mit Quellwasser gespeist. Die Faunabox wurde im Boden in einer Tiefe von 30 cm fixiert, wobei die Schläuche mit Erde und Stücken von lokaler, mit Moos bewachsener *Thuja* bedeckt sind. Mesokosmen - F3, F4, f3 und f4 - wurden in die Quellbäche platziert. Jeder Mesokosmos ist eine Faunabox (Savic Co.; 50,5 x 30,5 x 18,0 cm), die als künstlicher Quellmund dient. In diese Boxen wurden sechs verschiedene Substrattypen eingesetzt, dies sind 1: Steine > 10 cm, 2: Steine 1-10 cm, 3: Steine < 1 cm, 4: Steine > 10 cm mit Detritus, 5: Steine > 10 cm mit Totholz, 6: Steine > 10 cm mit Falllaub. Detritus, Totholz und Falllaub wurden im Röserental im Quellumland gesammelt, unter dem Binokular auf Organismen untersucht und unter die Steine gelegt, damit sie nicht weggeschwemmt werden konnten. Das Substrat ist aus dem Röserenbach geholt und zuvor im Labor autoklaviert worden (siehe Kapitel 3.4.2, Seite 24).

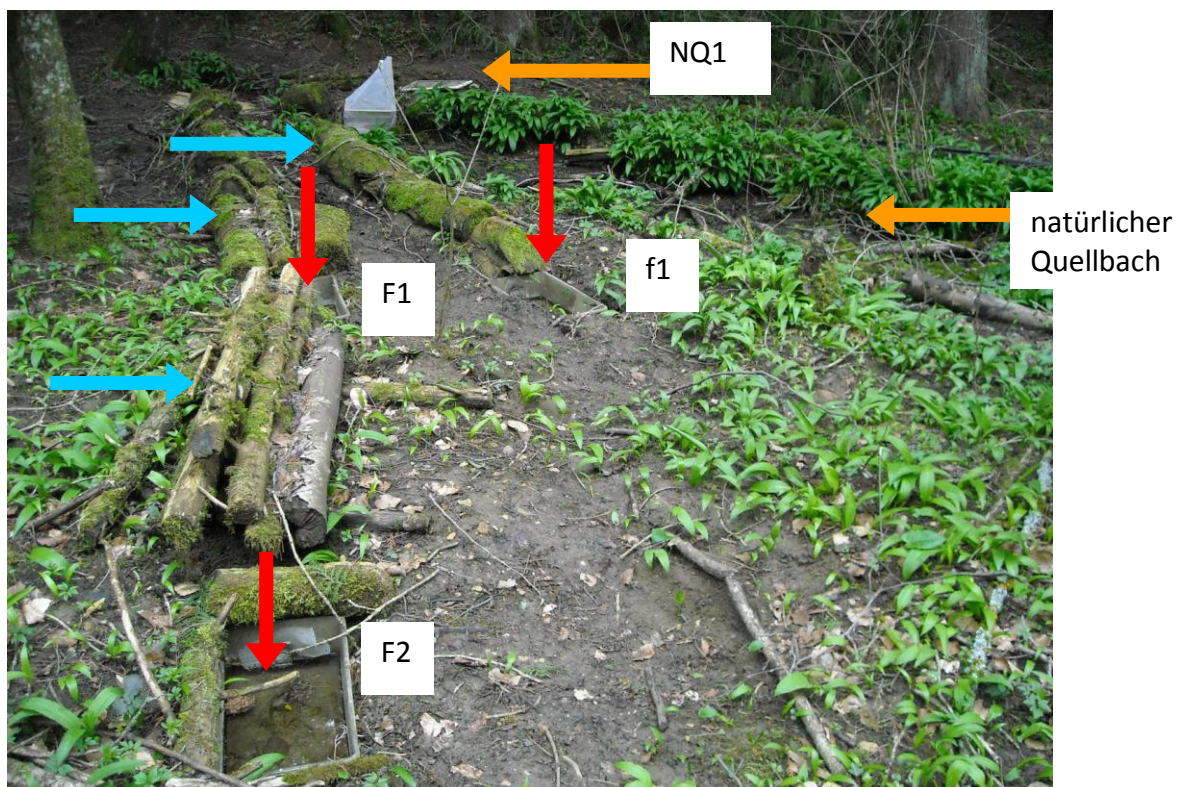


Abbildung 10: F1, F2 und f1 gespeist mit Quellwasser der NQ1. Blauer Pfeil: mit *Thuja* abgedeckte Schläuche. Roter Pfeil: Ort der Einwanderung.

3.5.2 Substrattypen

Es wurde dasselbe Untersuchungsdesign wie bei der „Kolonisation von Mesokosmen durch Aufwärtswanderung“ verwendet (Kapitel 3.4.2, Seite 24). Hier wurden ebenfalls sechs verschiedene Substrattypen pro Faunabox eingesetzt. Ebenso wurden die Substrattypen in jeder Faunabox anders platziert, um eine Besiedelung von Substrattypen, die günstig platziert sind, auszuschliessen (Tabelle 4).

Genauso wurde auch die Artenliste mit der besiedelbaren Gesamtfläche pro Mesokosmos von 930,9 cm² auf 1.000 cm² umgerechnet. Auch hier waren die Substrattypschaalen perforiert, um den Austausch von Wasser und Tieren zwischen Substrattypen zu ermöglichen (Abbildung 11, Seite 32, roter Pfeil). Alle Mesokosmen enthielten sechs Substrattypen 1 bis 6; die je nach Faunabox unterschiedlich angeordnet sind (Abbildung 11, C). Diese Anordnung blieb während der gesamten Untersuchung unverändert.

Tabelle 4: Erläuterung zu den Substrattypen. Substrate wurden aus dem Röserental vor der Installation in die Mesokosmen gesiebt, im Labor von biotischem Material befreit und in sechs Typen klassifiziert. Anschließend wurden sie in den Mesokosmen platziert.

Substrattyp	Substrat
1	Steine > 10 cm
2	Steine 1 – 10 cm
3	Steine < 1 cm
4	Steine > 10 cm, mit Detritus
5	Steine > 10 cm, mit Totholz
6	Steine > 10 cm, mit Falllaub

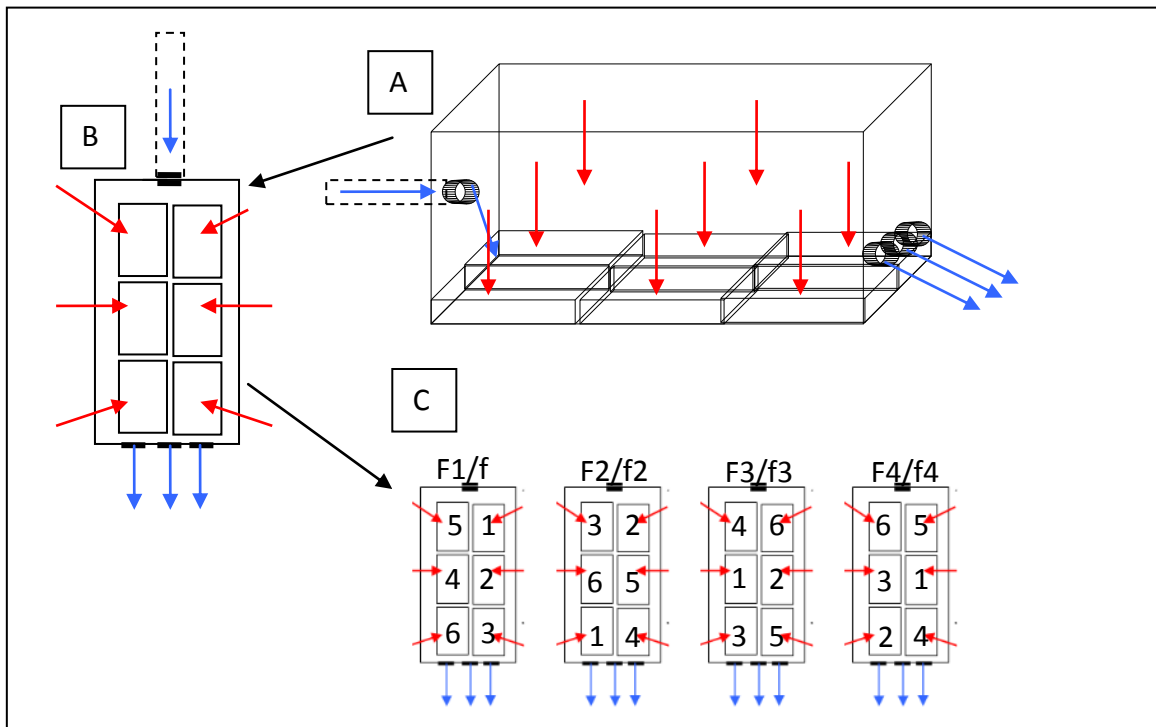


Abbildung 11: Faunaboxen mit Substrattypschaalen und Fließrinnen, A) 3D-Seitenansicht der Faunenbox, roter Pfeil: Einwanderung des Makrozoobenthos im Flugstadium durch Eiablage von oben, Blauer Pfeil: Fließrichtung des Quellwassers, mit Gaze abgeschlossen um keine Aufwärtswanderung über Abfluss zu ermöglichen, B) Draufsicht (Rinne in schwarz), C) Anordnung der Substrattypen (1-6) in jeder künstlichen Quelle (F1/f1-F4/f4).

3.5.3 Die Makrozoobenthosbesammlung

Der Freilandversuch „kleinräumige Verbreitung der Familie Chironomidae“ wurde in zwei Serien aufgeteilt. In der 1. Serie (F-Faunaboxen) wurde zwischen 18. April 2008 und 23. März 2009 jede Faunabox der vier Mesokosmen (1. Serie, F-Faunaboxen) mit ihren sechs Substrattypen in situ untersucht. Hier fanden die Probenentnahmen in den ersten drei Wochen fünfmal pro Woche statt, danach nur noch 14-tägig. Die 2. Serie (f-Faunaboxen) startete am 30. Juni 2008 und endete am 6. April 2009. Hier fanden die Probenentnahmen 14-tägig statt.

Ab dem 9. Dezember 2008 fanden die Untersuchungen in einem Bauhofwagen statt, davor wurde im Freien beprobt. Ob im Freien oder im Bauhofwagen, immer wurden alle Substrattypschaalen in eine eigene Untersuchungsschale gesetzt. Dabei wurden die Substrattypen einzeln untersucht und mittels eines Rasters, der entsprechend dem Gesichtsfeld des Binokulars (Zeiss, Stemi DV4) in sechs Kammern unterteilt war, untersucht (Abbildung 8, Seite 27). Dies diente zur Einschätzung der gleichmäßigen Probenentnahme.

Mittels eines Kaffeelöffels wurde 1/3 der Substrattypschaale in 70%igem Äthanol fixiert und mit Dr. Berthold Janecek gemeinsam auf Artniveau bestimmt. Die Chironomidae wurden den Ernährungstypen nach Fauna Aquatica Austriaca zugeordnet (Moog, 2002). Das andere Makrozoobenthos wurde ebenfalls in 70%igem Äthanol konserviert und im Labor taxonomisch ausgewertet (siehe Kapitel 11.2, Seite 153).

3.6 Statistik

3.6.1 Statistik Voruntersuchung Röserental

Die Daten-Analysen (ANOSIM, PCA, NMDS und BioEnv) wurden mit PRIMER 6,0 (CLARKE & WARWICK, 2001) durchgeführt.

Der ANOSIM-Test ist ein statistischer Test, der die Ähnlichkeit von zwei oder mehr Gruppen von Proben analysiert. Die Nullhypothese (H_0) nimmt an, dass es keine Unterschiede zwischen den Gruppen gibt. Die Teststatistik R liegt zwischen 0 und 1 und ist nahe Null, wenn die Nullhypothese wahr ist. Ein Wert nahe 1 zeigt, dass es einen Unterschied zwischen den Gruppen gibt. In dieser Studie wurden die Daten nach Bray-Curtis-Koeffizienten für den ANOSIM Test umgewandelt.

Bei der Principal Components Analysis (PCA) wird innerhalb der einzelnen Probenentnahmestellen und deren Artenlisten nach biozönotischen Gemeinsamkeiten gesucht. Hier werden Variablen mithilfe einer Komponentenmatrix auf ihre Wichtigkeit im Zusammenhang zwischen den Datensätzen ermittelt. Jede Probestelle und somit jede Taxaliste wird aufgrund ihrer Ähnlichkeit zu anderen Probenentnahmen in einem dreidimensionalen Raum unter orthogonaler Rotation dargestellt. Die Variablen sind z-transformiert und standardisiert, um den Pearson Korrelationskoeffizienten zu berechnen. Die euklidische Distanz wird verwendet, um den Abstand zwischen den Proben zu definieren.

Zusätzlich ist es mit der Funktion BioEnv des Programms PRIMER möglich, faunistische und Umweltdaten miteinander zu korrelieren. Man kann auf diese Weise ermitteln, welcher Einflussfaktor auf die Fauna wirkt. Hierfür werden für die faunistischen Daten und die Umweltdaten jeweils Ähnlichkeitsmatrizen erstellt. Die Umweltvariablen-Kombination mit dem größten ρ (ρ liegt zwischen -1 und 1) erklärt die Unterschiede in der Faunen-zusammensetzung in den Quellen.

Für die faunistischen Daten der Bray-Curtis-Ähnlichkeit wurde für die Berechnung die Ähnlichkeitsmatrix verwendet. Für die statistischen Analysen der Faktoren mittels BioEnv-Verfahren wurden Strömung, Wassertiefe, Vorkommen der Steine > 10 cm und Detritus klassifiziert (Tabelle 5, Seite 35).

Tabelle 5: Klassifikation der Umweltfaktoren.

Umweltfaktoren	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4
Fließgeschwindigkeit [m/s]	<0,8	≥ 0,8 – 1,5	≥ 1,6 – 2,4	≥ 2,5
Gewässertiefe [cm]	≤ 2	> 2 - ≤ 3	> 3	-
Vorkommen der Steine >10 cm [%]	≤ 20	> 20 - ≤ 30	> 30	-
Detritus [%]	≤ 10	> 10 - 29	≥ 30 - 39	≥ 40

Die NMDs ist ein nicht-metrischer Algorithmus der die Ähnlichkeit der Proben als relative Abstände in einem graphischen Diagramm zeigt. Es basiert auf der Ähnlichkeitsmatrix zu Bray-Curtis-Koeffizienten. Die Reihen der Ähnlichkeiten sind grafisch dargestellt. Die Werte liegen zwischen 0 und 1, wobei 0 bedeutet, dass die Probenentnahmen keine Ähnlichkeit in der Taxaliste haben und 1 eine völlige Übereinstimmung darstellt. Die faunistischen Daten werden mittels der Wurzel zum Quadrat transformiert, um die Wirkung von Arten mit hoher Abundanz zu verringern. In einem mehrdimensionalen Scatterplot werden die Probenentnahmen arrangiert. Wobei die Symbole (Punkte, Dreiecke und Quadrate) mit ähnlicher Fauna eng beieinander liegen. Die Symbole sind meist farblich mit zum Beispiel Substrattypen, Quellennummer, und so weiter überlagert. Diese gehen aber nicht in die Berechnung der Distanzen ein.

3.6.2 Statistik Kolonisation von Mesokosmen durch Aufwärtswanderung

Die Abundanzen der Arten wurden von 930,90 cm² umgerechnet und auf Individuen auf 1.000 cm² angegeben.

Um die Ähnlichkeit zweier Lebensgemeinschaften im Jahresverlauf nachzuweisen wird der Ähnlichkeitsquotient nach SØRENSEN angewandt. Dazu wurden die monatlichen Koeffizienten nach SØRENSEN berechnet (Ähnlichkeitsindex: $SI = 2a/2a+b+c$).

Dabei bezeichnete a die Anzahl gemeinsamer Arten der beiden Proben 1 und 2, b und c stand für die Arten, die in den einzelnen Untersuchungsproben vorkamen. Die S-Werte bis 0,39 werden als niedrige Ähnlichkeit eingestuft, ab 0,40 – 0,69 gilt eine mittlere Ähnlichkeit und ab 0,70 - 1,00 eine hohe Ähnlichkeit (DANECKER, 1986).

Zur Analyse der Unterschiede zwischen den Migrationsquellen und den Fließrinnenlängen wird ANOSIM verwendet. Dieser statistische Test analysiert die Ähnlichkeit von zwei oder mehr Gruppen von Proben. Die Nullhypothese (H0) gibt an, dass es keine Unterschiede zwischen den Gruppen gibt. Ein Wert nahe 1 zeigt einen Unterschied zwischen den Gruppen. In dieser Studie werden Daten nach Bray-Curtis-Koeffizienten für den ANOSIM Test umgewandelt.

Die Nichtmetrische multidimensionale Skalierung (NMDs) ist ein nicht-metrischer Algorithmus. Dieser zeigt die Ähnlichkeit zwischen den faunistischen Daten der vier Quellen und ihrem relativen Abstand in einem graphischen Diagramm. Ausgangspunkt ist die Ähnlichkeits-Matrix auf Bray-Curtis-Koeffizienten. Die Reihen der Ähnlichkeiten werden dann in eine grafische Darstellung umgewandelt. Die Sample-Daten aus dieser Studie wurden in Quadratwurzeln transformiert, um die Wirkung von Arten mit hoher Dichte zu verringern.

3.6.3 Statistik kleinräumige Verbreitung der Familie Chironomidae

Die Abundanzen der Chironomiden werden als tatsächlich gefundene Individuen auf 930,90 cm² angegeben. Die Bearbeitung der Präsenz-, Absenzdatensätze erfolgte durch Anwendung der Tabellenkalkulations-Software MS Excel und ihren statistischen Analyse-Funktionen.

Beim Freilandexperiment wurde die Dominanzstruktur der Chironomidenfauna berechnet. Dazu wurde die Individuenzahl einer Art durch die Individuenanzahl aller Arten dividiert und mit Hundert multipliziert (MÜHLENBERG, 1993). Die Klassifikation der Dominanzen erfolgt nach ENGELMANN (1978). Da noch kein Erwartungswert in den einzelnen Standorten vorliegt und die Mesokosmen mit niedriger Gewässertiefe um eine starke Uferstruktur für die Eiablage angelegt werden, wird eine Klassifizierung für Bodenarthropoden herangezogen. Die eudominanten, dominanten und subdominanten Arten werden als Hauptarten bewertet, während die rezedenten, subrezedenten und sporadischen Arten als Begleitarten definiert sind (Tabelle 6). Die Berechnung der Dominanzen wird im Jahresverlauf monatlich betrachtet. Weiterhin werden die Umweltparameter Fließgeschwindigkeit, Gewässertiefe und Substrattyp vergleichend dargestellt.

Tabelle 6: Dominanzen nach ENGELMANN (1978)

Anteil der Art in %	Klassifikation	Bewertung
32,00 – 100,00	eudominant	Hauptart
10,00 – 31,99	dominant	Hauptart
3,20 – 9,99	subdominant	Hauptart
1,00 – 3,19	rezedent	Begleitart
0,32 – 0,99	subrezedent	Begleitart
< 0,32	sporadisch	Begleitart

4 Erfassung der Referenzdaten

4.1 Hypothesen und strategisch-methodischer Ansatz

Zahlreiche abiotische Faktoren üben Einfluss auf das Fehlen beziehungsweise das Vorkommen einzelner Arten aus. Bisherige Studien, wie zum Beispiel von VON FUMETTI et al. (2006) und GATHMANN & WILLIAMS (2006) zeigen, dass dies von der Temperatur und den geologischen Verhältnissen des Grundwassers abhängen kann. Aber auch die Schüttung wird oft als Hauptparameter der Quellbesiedelung angeführt. Weitere Parameter, wie zum Beispiel Exposition, Beschattung und die Größe der Quelle, können als Einflussfaktoren auf die Fauna nicht ausgeschlossen werden.

In den Referenzdaten, die 2007 ermittelt wurden, werden Tierarten und deren Vorkommen in ihrem Lebensraum beschrieben. Die Gewichtung liegt in der Analyse von Präsenz-, Absenzdatensätzen der einzelnen Arten beziehungsweise Gattungen und der Untersuchung der einzelnen Parameter. Des Weiteren wurden auch die Besiedlungsdichten und ihre Stellung im Quelllebensraum erforscht. Dazu wurden Quellen auf ihre Organismen hin untersucht. Folgende Frage wird gestellt: Welche Arten des Makrozoobenthos sind an den Lebensraum Quelle gebunden und welche treten im weiteren Verlauf des Quellbaches auf?

Es gilt also folgende Hypothesen zu testen:

- a) Die mikroskalige Verbreitung von Lebensgemeinschaften innerhalb einer Quelle und im Quellbach unterliegt einer zeitlichen Dynamik.
 - ⇒ Dazu werden zu verschiedenen Jahreszeiten vier Quellen beprobt.

- b) Innerhalb eines naturräumlich definierten Quellgebiets unterscheiden sich die Lebensgemeinschaften einzelner Quellen und Quellbäche in ihrer Diversität und Dynamik.
 - ⇒ Quellen gleichen Typs (alluviale Rheokrenen) werden erforscht und verglichen.

- c) Die Diversität von Lebensgemeinschaften innerhalb einer Quelle und im Quellbach unterliegt einer annualen Dynamik.
 - ⇒ Die annuelle Dynamik der Quellorganismen und deren Umweltbedingungen werden ermittelt.

- d) Am Beispiel einer natürlichen Quelle lassen sich die einzelnen Parameter für die Gestaltung künstlicher Quellen analysieren und auswerten.
- ⇒ Dazu werden bevorzugte Fließgeschwindigkeit, Gewässertiefe, Substratgröße, Detritus, sowie Schüttung des Makrozoobenthos ermittelt. Die Ergebnisse dienen für den Bau einer künstlichen Quelle im Freiland.

4.2 Methoden

Im ersten Untersuchungsjahr im Röserental fand die Erfassung der Referenzdaten an vier Quellen statt. Im Quellmund und Quellmundbereich wurden die Wassertemperatur und die Lufttemperatur kontinuierlich mit einem Datenlogger vom 20. März bis 21. Dezember 2007 in Intervallen von 15 Minuten gemessen. Zusätzlich wurden vor Ort pH-Werte, Sauerstoff, Leitfähigkeit, Wassertemperatur, Schüttung, Fließgeschwindigkeit und Gewässertiefe gemessen. Diese Untersuchungen fanden an den Quellen in zweiwöchigen Intervallen statt (siehe Kapitel 3.2.1, Seite 17).

Die Probenentnahme erfolgte am 21. April, 18. Juli und 19. Dezember 2007 und erfolgte in den dafür markierten Probenentnahmestellen mittels eines Surber-Samplers (siehe Kapitel 3.3, Seite 19). Die Bestimmung des Makrozoobenthos wurde so weit wie möglich auf Artniveau durchgeführt. Zur Ergänzung der Artenliste wurden zusätzlich Emergenzfallen zwischen dem 21. April und 30. Dezember 2007 aufgestellt und wöchentlich geleert (siehe Kapitel 3.3.3, Seite 20). Die Statistik zu dieser Quellenuntersuchung ist im Kapitel 3.6.1 (Seite 34) erklärt.

4.3 Resultate

4.3.1 Abiotische Bedingungen der Gewässer

Die Schüttung der Quellen zeigte während des Jahres nur geringe Schwankungen. Die höchste Schüttung fand im September (15,9 l/min, NQ4) und die niedrigste im Mai (0,64 l/min, NQ2) statt. Die Schüttung war am höchsten in NQ2 (mit 1,27 l/min) und am niedrigsten in NQ3 (6,66 l/min) (Tabelle 7, Seite 40). Die Wassertemperatur lag zwischen 8,8 °C (April) und 13,9 °C (Juli). Die höchste Wassertemperatur wurde in der NQ1 gemessen und die niedrigste in der NQ4. Die jährlichen Mittelwerte von pH-Wert und Leitfähigkeit wurden gleich in den NQ1-3 und etwas niedriger in NQ4 gemessen. Der Sauerstoffgehalt war in den NQ1-3 auch fast gleich, etwas höher in NQ4 (Tabelle 7).

Tabelle 7: Jahresmittelwerte der Umweltparameter, gemessen zwischen 21. April bis 30. Dezember 2007, 14-tägig; Standardabweichungen in Klammern.

Quellen	Wassertemperatur [°C]	Leitfähigkeit [µS/cm]	pH	Sauerstoff [%]	Schüttung [l/min]
NQ1	11.8 (0.97)	442.50 (16.65)	7.3 (0.2)	89.2 (7.4)	4.8 (1.8)
NQ2	11.1 (0.96)	438.00 (24.64)	7.3 (0.2)	88.9 (8.6)	1.9 (1.3)
NQ3	10.9 (0.52)	426.67 (22.41)	7.3 (0.2)	90.5 (11.9)	6.7 (2.3)
NQ4	9.9 (0.66)	348.13 (15.10)	7.0 (1.5)	93.5 (11.5)	6.2 (3.4)

Bereits im Feld ergab sich der Eindruck, dass die Crustacea zu jeder Jahreszeit dominieren, gefolgt von Trichoptera und Diptera (Tabelle 8, Seite 41). In den 100 Probenentnahmen, die in vier Mesokosmen (mit je sechs Substrattypen) stattfanden, wurden insgesamt 1303 Individuen dokumentiert. Das sind 36 Taxa (Tabelle 8). Die durchschnittliche Anzahl der Taxa in jeder Quelle betrug 23,75 (Spannweite: 22 bis 25 Taxa; SD = 1,26), während die durchschnittliche Anzahl der Proben 327,50 war (Spannweite: 169 bis 522 Taxa; SD = 146,66). *Gammarus fossarum* (Amphipoda) war in allen Quellen und in allen Proben nachweisbar und zeigte die höchste Abundanz (494 Exemplare). Ebenfalls häufig angetroffen wurde *Synagapetus dubitans* (144 Exemplare). Crustacea und Trichoptera dominierten. Im Juli enthielt jede Probe über 69 % diese Taxa (Abbildung 12, Seite 42). Die Abundanz der Crustacea und Trichoptera variiert stark; sie sind das ganze Jahr über präsent (Tabelle 8, Seite 41). *Crunoecia irrorata* (Trichoptera), *Leuctra braueri* (Plecoptera), einige Diptera (Psychodidae, *Thaumalea* spp.), sowie einige Coleoptera (*Elodes marginata*, *Longitarsus* spp.) waren nur ein einziges Mal vertreten.

Gammarus fossarum, *Synagapetus dubitans* und Chironomidae zeigten hohe Abundanz an der Quelle im Quellmund. Keine der Arten trat ausschließlich am Quellmund auf. Die Probenentnahmestellen 5 m unterhalb des Quellmundes enthielt die höchste Artenanzahl. Einige Arten wurden erst 10 m unterhalb des Quellmundes gefunden und das auch häufig nur mit einem Exemplar: *Elodes marginata* (Coleoptera), Limoniidae und *Thaumalea* spp. (Diptera), *Leuctra braueri* (Plecoptera) und *Crunoecia irrorata* (Trichoptera). Der Artenmangel nach KOTHE (1962) im Quellmund für das ganze Untersuchungsjahr für NQ1 betrug 45 %, 42 % für die NQ2, 67 % für die NQ3 und 33 % für NQ4.

Tabelle 8: Übersicht der Makrozoobenthos Taxa im Untersuchungsjahr 2007. Alle Exemplare, die am 21. April, 18. Juli und 19. Dezember mit Surper-Sampler gesammelt und pro Längenzonierung zusammengefasst; ■ <5 Exemplare, ■ ■ 5-10 Exemplare, ■ ■ ■ 11-50 Exemplare, ■ ■ ■ ■ > 50 Exemplare. Die Einteilung in diese Klassen erfolgt nach FAUNA EUROPAEA (2013), Nomenklatur nach Moog (2002).

Artenliste - natürliche Quellen	Untersuchungsjahr 2007	Quellen	Quellmund	5 m unterhalb des Quellmundes	10 m unterhalb des Quellmundes	
Acari						
Oribatida (unident.)	April, Juli, Dezember	1, 3, 4	■	■	■	
Turbellaria						
<i>Polycelis felina</i> (DALYELL, 1814)	April, Juli, Dezember	1, 2, 3, 4	■	■ ■ ■	■ ■	
Oligochaeta (unident.)						
<i>Eiseniella tetraedra</i> SAVIGNY, 1826	April, Juli, Dezember	1, 2, 3, 4	■	■ ■ ■	■ ■	
Oligochaeta (unident.)	April, Juli, Dezember	1, 2, 3, 4	■ ■	■ ■	■ ■ ■	
Gastropoda						
<i>Bythiospeum</i> spp.	Juli	1, 4	■	■		
<i>Bythinella</i> spp.	April, Juli	1, 2, 3	■	■	■	
Amphipoda						
<i>Gammarus fossarum</i> KOCH, in PANZER, 1835	April, Juli, Dezember	1, 2, 3, 4	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	
<i>Gammarus pulex</i> LINNAEUS, 1758	April, Juli	1, 3, 4		■ ■ ■	■	
Ephemeroptera						
<i>Baetis</i> spp.	Juli	4	■	■		
Plecoptera						
<i>Nemoura</i> spp.	April, Juli, Dezember	1, 2, 3, 4	■	■ ■ ■	■ ■ ■	
<i>Leuctra</i> spp.	Juli	4		■	■	
<i>Leuctra braueri</i> KEMPNY, 1898	Dezember	4			■	
Odonata						
<i>Cordulegaster bidentata</i> SELYS, 1843	April, Juli	1, 2, 3, 4	■	■ ■ ■	■ ■ ■	
Coleoptera						
<i>Elodes marginata</i> FABRICIUS, 1798	Dezember	4			■	
<i>Elmis</i> spp. (larvae)	April, Juli, Dezember	1, 2, 3	■	■ ■ ■	■ ■	
<i>Longitarsus</i> spp. (larvae)	April	3			■	
Trichoptera						
<i>Sericostoma personatum</i> KIRBY & SPENCE, 1826	April, Dezember	1, 2, 3, 4		■	■	
<i>Synagapetus dubitans</i> McLACHLAN, 1879	April, Juli, Dezember	1, 2, 3, 4	■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	
<i>Potamophylax nigricornis</i> (PICTET, 1834)	April, Juli, Dezember	1, 2, 3, 4	■	■ ■ ■	■ ■ ■	
<i>Potamophylax luctuosus</i> (PILLER & MITTERPACHER, 1783)	Juli, Dezember	2, 3, 4	■ ■	■	■ ■	
<i>Crunoecia irrorata</i> (CURTIS, 1834)	Juli	3			■	
<i>Rhyacophila pubescens</i> PICTET, 1834	Dezember	3		■		
<i>Tinodes unicolor</i> PICTET, 1834	Dezember	2, 3	■	■	■	
Limnephilidae (unident.)	Juli, Dezember	1, 2, 3, 4	■	■ ■	■	
Diptera						
Chironomidae (unident.)	April, Juli, Dezember	1, 2, 3, 4	■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■	
<i>Dixa maculata</i> MEIGEN, 1818	April, Juli, Dezember	1, 2, 4	■	■ ■	■ ■	
Ptychopteridae (unident.)	April, Juli, Dezember	1, 2, 3	■	■ ■ ■	■ ■ ■	
Psychodidae (unident.)	Dezember	3		■		
<i>Thaumalea</i> spp.	April	1			■	
Ceratopogonidae (unident.)	April, Juli, Dezember	1, 2, 3	■	■	■	
Empididae (unident.)	Dezember	1		■		
Limoniidae (unident.)	April, Dezember	1, 2, 3, 4	■	■	■	
<i>Simulium</i> spp.	April, Dezember	1, 4		■	■	
Gesamtsumme der Individuen pro Probennahme entlang der Quelle				147	639	517
Taxanzahl/Standort				21	28	28

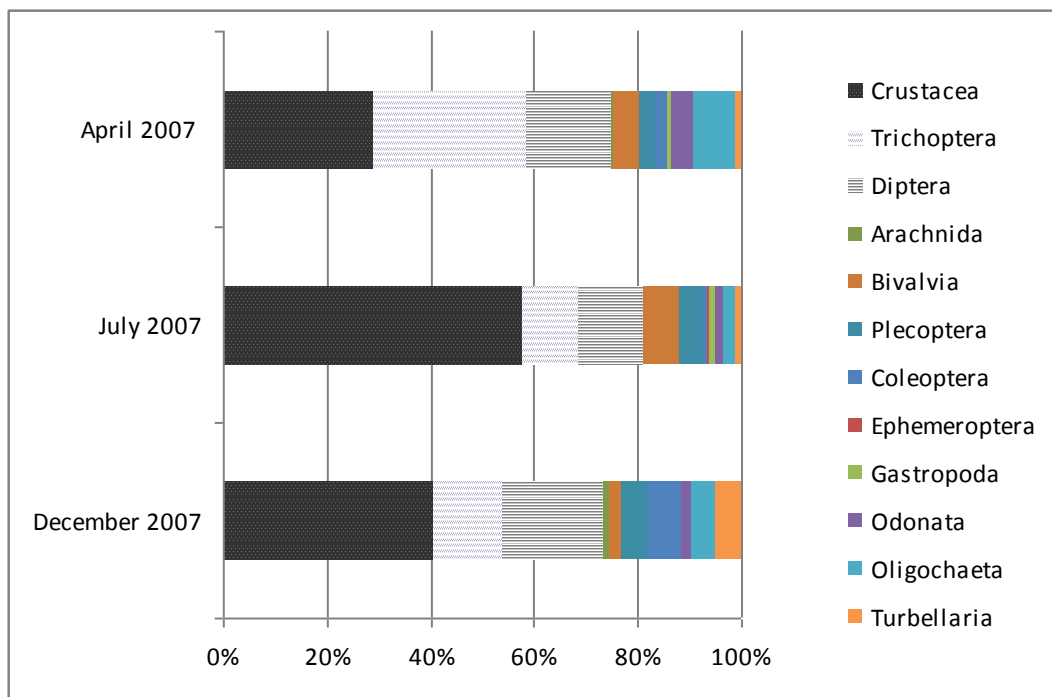


Abbildung 12: Probenentnahmen in % nach Großgruppen aufgeteilt.

Dominant in the samples are represented by *Synagapetus dubitans*, Ptychopteridae (Diptera), *Cordulegaster bidentata* and *Eiseniella tetraedra* in April. *Gammarus fossarum* is with strong presence in July to be encountered. Species with strong presence in the winter month December are *Potamophylax nigricornis*, *Nemoura* spp., Chironomidae, *Dixa maculata*, *Elmis* spp. and *Polycelis felina*. The remaining species show over the course of the investigation similar frequency distributions.

Both orders Trichoptera and Plecoptera were sampled using emergence traps and identified in the adult stage at the species level (Table 9).

Tabelle 9: Phänologie der adulten Arten an den Emergenzstandorten natürlicher Quellen im Untersuchungsjahr 2007. Emergenzfallen zwischen dem 21. April und 30. Dezember 2007 aufgestellt und wöchentlich geleert.

PLECOPTERA	NQ1	NQ2	NQ3	NQ4	Total	Emergenz 2007
Leuctridae						
<i>Leuctra braueri</i> KEMPNY 1898			1	8	9	April - November
Nemouridae						
<i>Nemoura marginata</i> PICTET 1836	8	8	7	7	30	April - Juli
<i>Protonemura risi</i> JACOBSON & BIANCI 1905				1	1	August
Perlodidae						
<i>Perlodes microcephalus</i> PICTET 1833				1	1	August
TRICHOPTERA						
Glossosomatidae						
<i>Synagapetus dubitans</i> McLACHLAN 1879	37	21	36	4	98	April - November
Lepidostomatidae						
<i>Crunoecia irrorata</i> CURTIS 1834	3	1			4	September
Limnephilidae						
<i>Potamophylax nigricornis</i> PICTET 1834	2	3	1	4	10	Juni, August

Philopotamidae						
<i>Wormaldia occipitalis</i> PICTET 1834			3		3	Juni, September
Polycentropodidae						
<i>Plectrocnemia brevis</i> McLACHLAN 1871	1				1	Mai
<i>Plectrocnemia conspersa</i> CURTIS 1834	1				1	August
<i>Plectrocnemia geniculata</i> McLACHLAN 1871	5	1	8		14	April, Juni - August
Pschomyiidae						
<i>Tinodes unicolor</i> PICTET 1834			1		1	April
Rhyacophilidae						
<i>Rhyacophila pubescens</i> PICTET 1834	1			2	3	April, Juni - August
TOTAL	58	34	57	27	176	

Mittels der vier Emergenzfallen wurden 176 Exemplare gefangen; 9 Trichoptera und 4 Plecoptera-Arten (Tabelle 9). Trichopteren zeigten ihr höchstes Vorkommen während der Sommermonate (Juni bis August), zum Beispiel *Synagapetus dubitans* mit 98 Individuen. Als zweithäufigste Art war *Nemoura marginata* (Plecoptera) von Mai bis August anzutreffen.

Am Ende der Untersuchungszeit war die durchschnittliche Anzahl der Makrozoobenthos-Taxa pro Quelle 6,75 (Spannweite: 5 bis 8 Taxa; SD = 1,26) und die durchschnittliche Anzahl der Proben pro Quelle wurde mit 44 festgehalten (Spannweite: 27 bis 58 Taxa; SD = 15,85).

Die durchschnittliche Anzahl der Taxa in den Emergenzfallen, der Trichoptera und Plecoptera, die je Probe gefunden wird, betrug 4,38 (Spannweite: 1 bis 8 Taxa; SD = 2,39), während die durchschnittliche Anzahl der Proben 22 war (Spannweite: 1 bis 63 Taxa; SD = 19,57). Taxa- und Probenanzahl hatten beide ihr Maximum während der Sommermonate (Juni bis August). *Synagapetus dubitans* erreichte die maximale Anzahl bei 98 Proben. Im Gegensatz dazu wurde nur ein einziges Exemplar im November gefunden. Die Art war besonders stark in NQ1 bis NQ3 vertreten. In NQ4 wurden nur vier Exemplare beobachtet. *Nemoura marginata* (Plecoptera) und *Potamophylax nigricornis* (Trichoptera) wurden ebenfalls in allen Quellen gefunden, während die Arten der Plecoptera (*Protonemura risi*, *Perlodes microcephalus*) ausschließlich in NQ4 präsent waren.

Die zweithäufigste Art war *Nemoura nemourata* (Plecoptera) mit insgesamt 30 Proben. Diese Art wurde in allen Quellen von Mai bis August beobachtet.

Von folgenden Arten wurde nur ein einziges Exemplar entdeckt: *Plectrocnemia conspersa* (Trichoptera), *Plectrocnemia brevis* (Trichoptera), *Tinodes unicolor* (Trichoptera), *Protonemura risi* (Plecoptera) und *Perlodes* spp. (*microcephala*) (Plecoptera).

4.3.2 Umweltfaktoren

Die Ergebnisse der BioEnv Verfahren zeigen, dass Detritus, Steine, Gewässertiefe, Niederschläge und Längsprofil den größten Einfluss ($\rho = 0.413$, $p = 0,01$) auf die Quellfauna aufweisen. Die Faktoren im Zusammenhang mit Hydrologie, sowie Schüttung und Fließgeschwindigkeit sind weniger wichtig.

Die ANOSIM Verfahren aller Proben, in Quellmund, 5 m und 10 m unterhalb des Quellmundes gruppiert, zeigten Unterschiede zwischen dem Makrozoobenthos im Quellmund und 5 m unterhalb des Quellmundes ($\rho = 0.212$, $p = 0,009$). Die ANOSIM Auswertung für 5 m und 10 m unterhalb des Quellmundes ergab keine signifikanten Unterschiede ($\rho = 0,013$, $p = 0,287$). Sie zeigten eine hohe Ähnlichkeit in ihrer Artenzusammensetzung. Die ANOSIM Auswertung nach Substrat zeigte, dass Steine > 10 cm und Detritus als Gruppe schwach signifikant sind ($\rho = 0,326$, $p = 0,004$; beziehungsweise $\rho = 0,256$, $p = 0,002$).

Die ANOSIM Gruppierung aller faunistischen Proben mittels Durchflussklassen und durch Niederschlagsklassen ergab keine signifikanten Unterschiede ($\rho = 0,105$, $p = 0,007$; $\rho = 0,117$, $p = 0,001$).

NQ4 unterschied sich in Bezug auf Umweltfaktoren von den anderen Quellen. Ein ANOSIM zwischen NQ4 (als erste Testgruppe) und NQ1-3 (kombiniert als zweite Testgruppe) zeigte signifikante Unterschiede der Makrozoobenthos-Gemeinschaften ($\rho = 0,238$, $p = 0,001$). Ein ANOSIM aller Proben nach Saison gruppiert wies Unterschiede zwischen den Proben der verschiedenen Jahreszeiten auf ($\rho = 0,117$, $p = 0,001$). Die NMDs zeigte, dass Proben von April mit den anderen Monaten nicht übereinstimmten (Abbildung 13). Die Lage der NQ4 belegte den Einfluss der Steine > 10 cm.

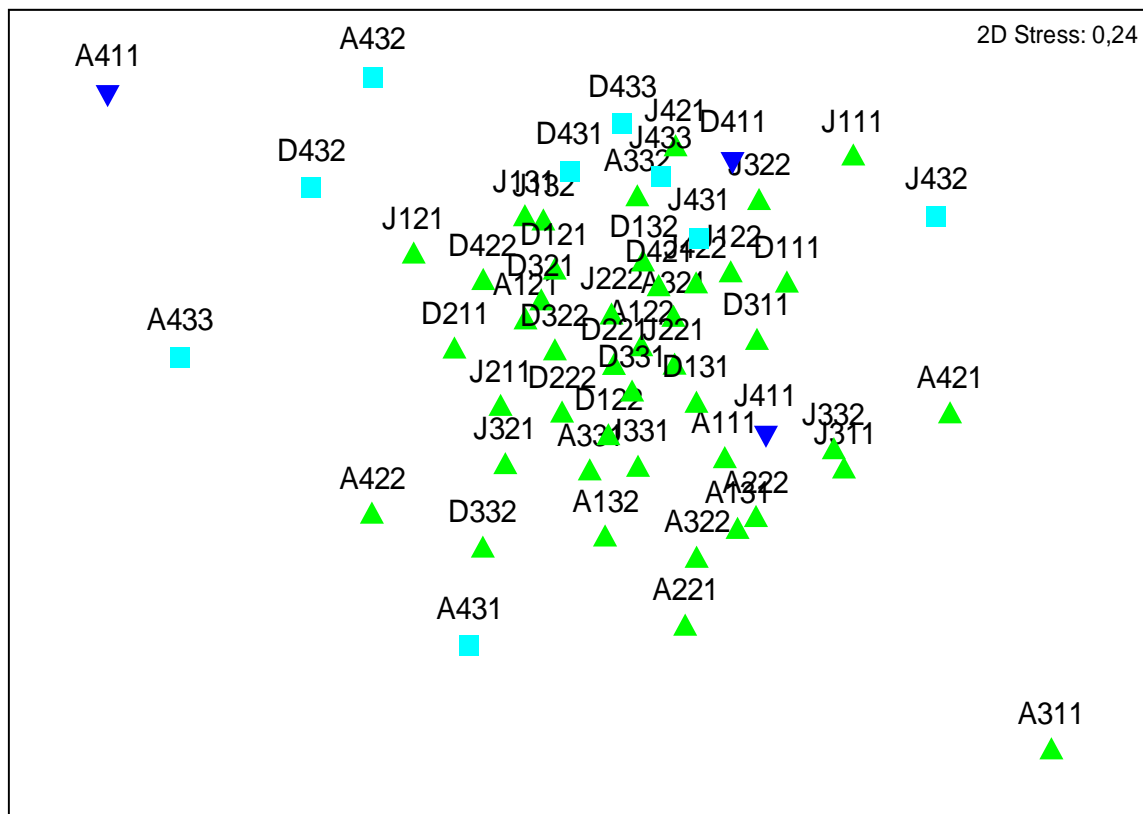


Abbildung 13: NMDs - der untersuchten Quellen auf den faunistischen Daten. Untersuchungen im 21. April, 18. Juli und 19. Dezember 2007. Transformiert: Quadratwurzel, Ähnlichkeits-Matrix: Bray-Curtis-Koeffizient, Faktor: Auftreten von Steinen > 10 cm: ▲: $\leq 20\%$, ■: > 20 - $\leq 30\%$, ▼: > 30%.

4.3.3 Fauna

Die Ergebnisse zeigen, dass biotische Substrate einen geringen Einfluss auf das Makrozoobenthos haben. Die Faktoren im Zusammenhang mit Wasser, Schüttung und Fließgeschwindigkeit sind von geringerer Bedeutung. Die abiotischen Faktoren wie Steine, Gewässertiefe, Regen und Längsprofil zeigen den größten Einfluss ($\rho = 0.413$, $p = 0,01$).

Die ANOSIM-Verfahren zeigten einen größeren Unterschied zwischen den Populationen des Quellmundes und 5 m unterhalb des Quellmundes ($\rho = 0.212$, $p = 0,01$) als zwischen den Populationen der Probenentnahmestellen von 5 m und 10 m unterhalb des Quellmundes ($\rho = 0,013$ und $p = 28,7$). Diese Ergebnisse bestätigten eine besondere Artengemeinschaft direkt im Quellmund, während ähnliche Lebensgemeinschaften 5 m und 10 m unterhalb des Quellmundes herrschen.

Folgende Arten zeigten eine starke Abundanz im Quellmund: *Gammarus fossarum*, *Synagapetus dubitans* und Chironomidae. Es gibt keine Art, die ausschließlich eine Präsenz im Quellmund aufwies. Die Probenentnahmestellen 5 m unterhalb des Quellmundes zeigten die höchste Populationsdichte aller natürlichen Quellen. Arten wie die Coleoptera (*Longitarsus*

spp., *Elodes marginata*), Diptera (Limoniidae und *Thaumalea* spp.), Plecoptera (*Leuctra braueri*) und Trichoptera (*Crunoecia irrorata*) zeigten eine exklusive Präsenz 10 m unterhalb des Quellmundes, wenn auch nur vereinzelt.

Die ANOSIM Verfahren zeigten einen größeren Unterschied in der Population der verschiedenen Fließgeschwindigkeitsklassen als innerhalb einer Klasse ($\rho = 0,105$, $p = 0,01$). Darüber hinaus zeigte ANOSIM einen größeren Unterschied in der Population der verschiedenen Niederschlagsklassen, als innerhalb einer Klasse ($\rho = 0,117$, $p = 0,01$). Auch zwischen den Klassen zeigte ANOSIM einen größeren Unterschied beim Substrat Steine > 10 cm ($\rho = 0,326$, $p = 0,01$). NQ4 unterscheidet sich in Bezug auf Umweltfaktoren von den anderen Quellen ($\rho = 0,238$, $p = 0,001$).

Bei der PCA (Abbildung 14, Seite 47) wurden anhand des BioEnv Verfahrens die statistisch wichtigsten Umweltfaktoren ermittelt, nämlich Steine > 10cm, Detritus, Gewässertiefe, Probenentnahme entlang der Quelle und Niederschlag (7 Tage-Durchschnitt). Die ersten beiden Hauptkomponenten (PC1 und PC2) erklären 58,5 % der Varianz in den ursprünglichen Proben. Die ersten drei Komponenten erklären 78,5 %. Die erste Komponente stellt Detritus, Steine- und Probenentnahme entlang der Quelle auf der negativen Achse dar, während die zweite Komponente Gewässertiefe entlang der x-Achse darstellt.

Die NMDs zeigte, dass einige Proben von April sich von den anderen Proben stark unterscheiden. Die Probe A211 fehlt in der Abbildung 14, denn sie ist aufgrund fehlenden Makrozoobenthos mit den anderen Proben nicht vergleichbar und würde die Darstellung verzerren.

Die Proben zeigten die Umweltfaktoren der Steine > 10 cm, Wassertemperatur, Lufttemperatur (4 Wochenmittelwert) und Niederschlag (4 Wochenmittelwert) als die wichtigsten durch das BioEnv Verfahren geschätzten ($\rho = 0,394$, $p = 0,01$).

Environment

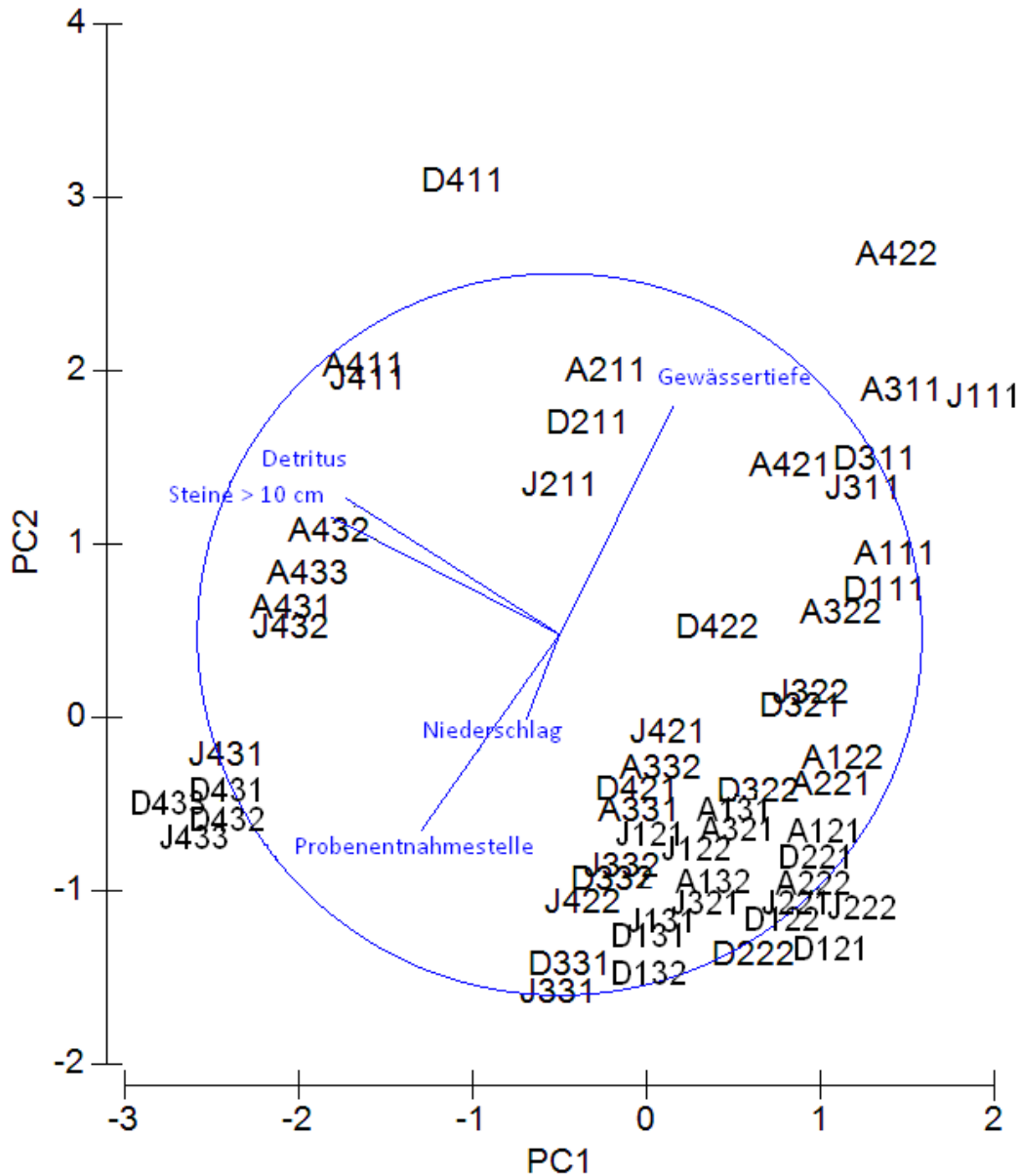


Abbildung 14: PCA – der Makrozoobenthosdaten vom 21. April, 18. Juli und 19. Dezember 2007; korreliert mit Umweltfaktoren: Steine > 10 cm, Detritus, Gewässertiefe, Probenentnahme entlang der Quelle und Niederschlag (7 Tage-Durchschnitt), vierstelliger Code der Proben siehe Tabelle 2 (Seite 19).

Die ANOSIM Verfahren (Primer 6,0) zeigten einen größeren Unterschied in der Population der verschiedenen Fließgeschwindigkeitsklassen als innerhalb einer Klasse ($p = 0,105$, $p = 0,007$). Darüber hinaus wies ANOSIM einen größeren Unterschied in der Population bei verschiedenen Wassertemperaturen (gerundet auf ganze Zahl) als innerhalb der gleichen Wassertemperatur auf ($p = 0,128$, $p = 0,05$). Des weiteren testete die Population Unterschiede bei verschiedenen Lufttemperaturen (gerundet auf ganze Zahl) für die $p = 0,165$, $p = 0,01$. Schließlich ging der Test von verschiedenen Niederschlagsklassen für $p = 0,114$, $p = 0,001$ aus.

Der PCA (Abbildung 15) wurde anhand der statistisch wichtigsten Umweltfaktoren des BioEnv Verfahrens ermittelt, nämlich die Schüttung, Wassertemperatur, pH-Wert, Gewässertiefe, Lufttemperatur (4 Wochenmittelwert) und Niederschlag (4 Wochenmittelwert). Die ersten beiden Hauptkomponenten (PC1 und PC2) erklären 77,5 % der Varianz in den ursprünglichen Proben. Die erste Komponente stellt die Lufttemperatur und den Niederschlag auf der negativen Achse dar. Die zweite Komponente stellt Wassertemperatur entlang der positiven Achse und Gewässertiefe entlang der negativen Achse dar.

Die NMDs Ordination zeigt keine deutlichen Cluster (Abbildung 16). Insbesondere die Proben mit je vier Quellen sind nicht gruppiert. Darüber zeigen die Winter Proben der NQ1-3 keine eindeutige Beziehung zu den Proben im Frühjahr und Sommer. Anders bei NQ4, hier zeigen die Proben im Mai und Juni eine Beziehung zueinander.

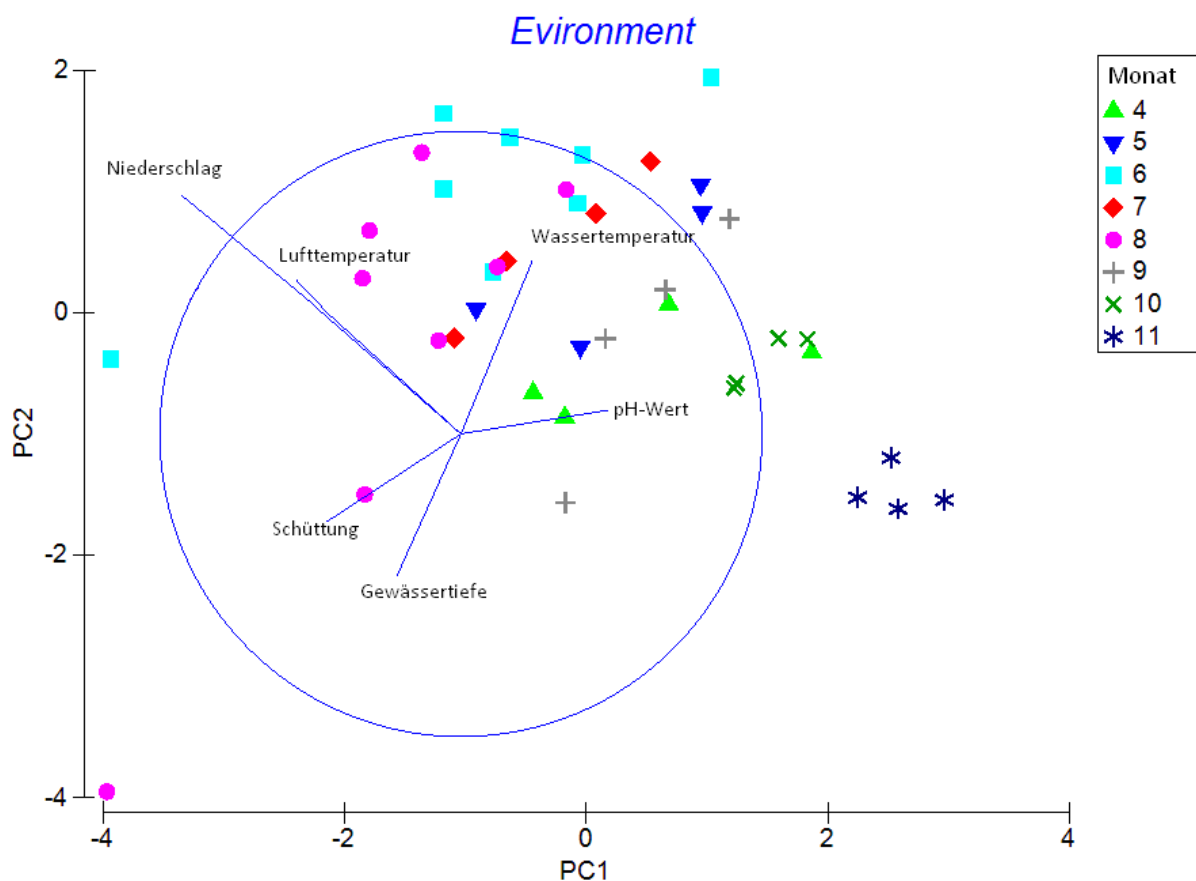


Abbildung 15: PCA – der Emergenzdaten (vom 21. April bis 30. Dezember 2007 – gemittelt nach Monaten); korreliert mit Schüttung, Wassertemperatur, pH-Wert, Gewässertiefe, Lufttemperatur (4 Wochenmittelwert) und Niederschlag (4 Wochenmittelwert).

Abundance

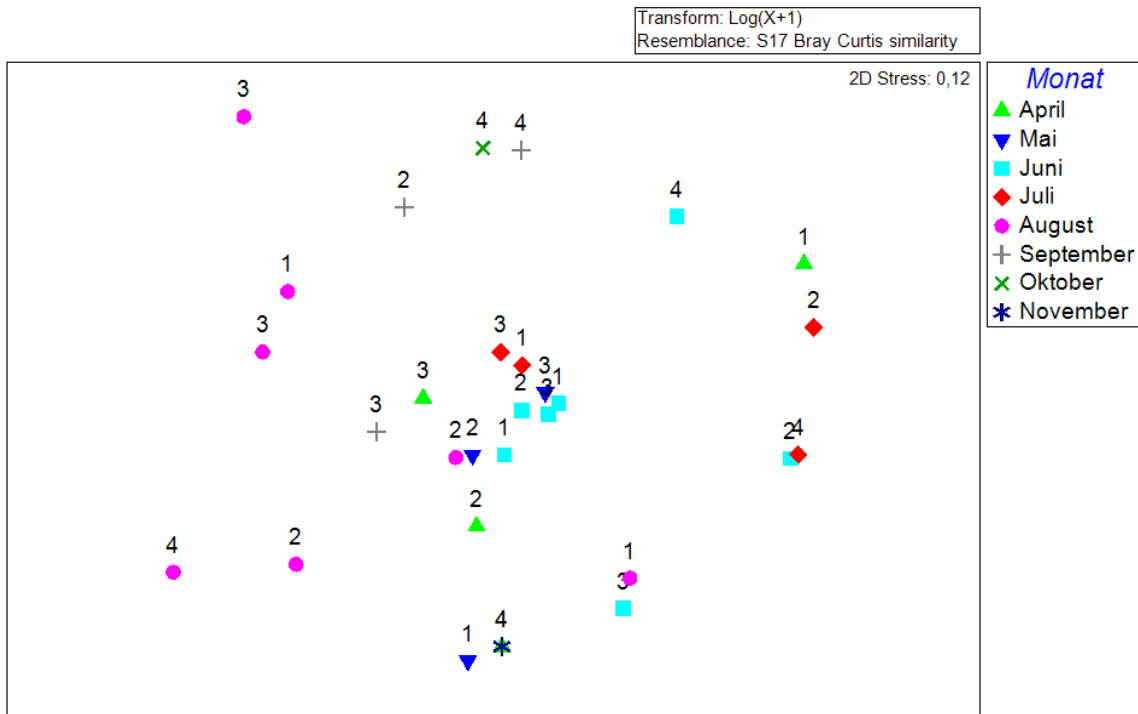


Abbildung 16: NMDs - der Emergenzdaten vom 21. April bis 30. Dezember 2007; Transformiert: $\log(x+1)$, Ähnlichkeits-Matrix: Bray-Curtis-Koeffizient.

4.4 Diskussion

4.4.1 Diskussion der abiotischen Bedingungen der Gewässer

Der Einfluss des Substrats und der physikalisch-chemischen Parameter auf die Zusammensetzung der Makrozoobenthosgemeinschaft in Quellen sind bereits ausführlich dokumentiert (HAHN, 2000; ILMONEN & PAASIVIRTA, 2005). Diese Studien legen nahe, dass der Anteil an großen Steinen und Geröll von besonderer Bedeutung für die Besiedelung von Quellen ist. Detritus besteht hauptsächlich aus FPOM (fine particulate organic matter, ca. 0,45 – 1 mm) und ist die wichtigste Nahrungsquelle für die aktiven und passiven Filtrierer. Die Bedeutung des feinen organischen Materials wurde zum Beispiel für Quellen in Finnland, unabhängig vom Quelltyp, dokumentiert (ILMONEN & PAASIVIRTA, 2005), weiters für Rheokrenen in Spanien (BARQUIN & DEATH, 2009).

Neben Detritus wird auch Totholz und Falllaub als wichtige Nahrungsquelle erkannt, obwohl ihr Einfluss auf die Makrozoobenthos-Gemeinschaft statistisch kaum von Bedeutung ist. Dies korrespondiert mit der konstant hohen Präsenz von *Gammarus fossarum*. Als Zerkleinerer spielt *Gammarus fossarum* eine Schlüsselrolle in der Nahrungskette durch den Verzehr von CPOM (coarse particulate organic matter, > 1 mm) und die Bereitstellung von FPOM für die Detritivoren. Es wird erwartet, dass die erste Besiedelung nach einer kurzfristigen Störung (zum Beispiel durch ein Hochwasserereignis) relativ leicht von den unterläufigen Bereichen des Bachoberlaufs erfolgen kann. Allerdings erkannte ELLIOT (2003) in einem Bach in England eine relativ langsame Verbreitung und eine relativ geringe Anzahl von Individuen von Bachflohkrebsen.

Es wird durch die vorliegende Studie bestätigt, dass auch Steine mit einem Durchmesser von > 10 cm Durchmesser ein wichtiges Substrat darstellen - durch Strukturierung der Quelle mittels Schaffung von Uferstrukturen und als feste Unterlage für die Weibchen zur Eiablage, was wichtig für Insektengruppen wie Trichoptera Plecoptera und Chironomiden ist. Zum Beispiel sind die krenophilen Arten *Synagapetus dubitans* in allen Quellen sehr häufig. Als Larve ist *Synagapetus dubitans* ein Weidegänger und benötigt große Steine als Nahrungsunterlage und als Lebensraum. Als Adulttier benötigt diese Köcherfliege die Steine als Substrat für die Eiablage. Die Substrattypen und deren Standort innerhalb der Quellen haben einen großen Einfluss auf die Gemeinschaft der Evertebraten (ANGRADI, 1999; HAHN, 2000; DUMNICKA et al., 2007). Idealerweise bieten die unterschiedlichen Substrate als Mosaik Lebensräume und Nahrung für viele Arten (DUMNICKA et al., 2007). Zwei wichtige Aspekte sind

somit Voraussetzungen für die Besiedelung: Nahrung (als FPOM und CPOM) und Raum (Steine, Moose).

Die zeitlichen und räumlichen Schwankungen in der Artenzusammensetzung waren weniger ausgeprägt als erwartet. Die häufigsten Arten, *Gammarus fossarum* und *Synagapetus dubitans*, traten in allen Quellen, bei jeder Probenentnahmenstelle auf. Auch Larven von Chironomiden sind in allen Längsprofilen zu jeder Jahreszeit nachweisbar. Sie besiedeln alle Mikrohabitate von Quellen. Einige Arten sind kaltstenotherm und an den Lebensraum einer Quelle angepasst (ORENDT, 2000; STAUDACHER & FÜREDER, 2006). Einige Chironomidae, zum Beispiel *Brillia bifida*, werden von THIENEMANN (1954) zum „Grundstock der mitteleuropäischen Quellfauna“ gezählt. Doch für eine Beurteilung ihrer ökologischen Relevanz wäre eine Bestimmung auf Artniveau erforderlich (ROSSARO et al., 2006). NQ4 unterscheidet sich stark von NQ1-3. Einzelne Arten wie *Elmis* spp. und *Bythinella* spp. konnten nur in den NQ1-3 festgestellt werden. Dies ist auf die verschiedenen Einzugsgebiete der NQ4 zurückzuführen. Eine intensiv genutzte Wiese mit Vieh befindet sich 20 m oberhalb der NQ1-3, das heißt innerhalb ihres Einzugsgebietes. Ein Eintrag von Nährstoffen in die NQ1-3 wurde bereits dokumentiert, ein Einfluss dieses Eintrags auf die Quellfauna kann nicht ausgeschlossen werden. Die Auswertung der Umweltparameter zeigt deutlich, dass sich die NQ4 von den NQ1-3 unterscheidet. Die Artenzusammensetzung spiegelt die starke abiotische Ähnlichkeit der NQ1-3 mit nahezu gleichem pH, Sauerstoff, Temperatur und Leitfähigkeit während des ganzen Jahres wider; außerdem ist der Lebensraum hier ähnlich strukturiert. Das Fehlen von *Pisidium* spp. und *Bythinella* spp. in NQ4 kann auch durch den Mangel an FPOM – Nahrungsquelle für beide Organismen (BRAUN, 1994) – verursacht sein.

Innerhalb einer einzigen Quelle kann aufgrund der ‚Faunakomposition‘ zwischen oberer und unterer Quellenzonierung unterschieden werden. Einzelne Taxa zeigen in der Längenzonierung innerhalb einer Quelle Präferenzen. Die krenobionten Arten *Crunoecia irrorata* (Trichoptera) und *Thaumalea* spp. (Diptera) sind 10 m unterhalb des Quellmundes aufgetreten, obwohl ein Vorkommen direkt an der Quelle zu erwarten gewesen wäre, denn die abiotische Variabilität steigt schon nach wenigen Metern. Allerdings beschrieben auch andere Studien ein Auftreten von *Crunoecia irrorata* im Unterlauf (WARMKE & HERING, 2000). Die Art ist daher in allen Quellen nicht auf den Quellmund beschränkt; im Sommer bietet sich vielleicht, aufgrund der hohen Menge an verwesendem organischen Material, eine optimale Nahrungsquelle sowie Material für den Aufbau der hölzernen Köcher. Die saisonale

Variabilität der Makrozoobenthosgemeinschaft entsteht durch Umweltfaktoren wie den Niederschlag und die Dauer der Sonneneinwirkung.

Im Gegensatz zu anderen Studien (SMITH & WOOD, 2002; VON FUMETTI et al., 2006) sind hydrologische Faktoren (wie Schüttung) weniger wichtig. Dies ist auf die Tatsache zurückzuführen, dass die untersuchten alluvialen Rheokrenen eine mehr oder weniger gleichmäßige Schüttung und Fließverhalten aufweisen. Die Quellen zeigen eine extrem niedrige Schüttungsvariabilität in allen Quellen das ganze Jahr über. Andere Studien befassen sich mit Quellen unterschiedlicher Schüttung beziehungsweise unterschiedlichem Schüttungsverhalten im Jahresverlauf (MALMQVIST & HOFFSTEN, 2000; SMITH et al., 2003; MORI & BRANCELI, 2006).

Die meisten anderen Studien zum gleichen Thema wählen Quellen unterschiedlicher Typen (HAHN, 2000; ORENDT, 2000; SMITH et al., 2003; MORI & BRANCELI, 2006), während bei der vorliegenden Studie bewusst sehr ähnliche Quellen, mit nahezu den gleichen ökologischen Eigenschaften, gewählt werden. Aufgrund der Ähnlichkeit aller Proben aus den verschiedenen Quellen wird die Artenliste als Referenz für eine schwach anthropogen beeinträchtigte alluviale Rheokrene angenommen. Sie dient als Grundlage für die von April 2008 bis April 2009 stattgefundenen Freilandexperimente.

Die Planung der Experimente ‚Kolonisation von Mesokosmen durch Aufwärtswanderung‘ und ‚Kleinräumige Verbreitung der Familie Chironomidae‘ setzt voraus, dass das Wiederbesiedlungspotenzial von Makrozoobenthos nach einem Störungsereignis potenziell hoch ist (HUSTON, 1994). Störungen in Ökosystemen, wie zum Beispiel Schüttungsvariabilität, finden in einer geringen Anzahl von spezialisierten Arten im Quellmund ihren Ausdruck (WILLIAMS & WILLIAMS, 1993; MEYER & MEYER, 2000; MEYER et al., 2003; VON FUMETTI et al., 2006; BAFU, 2011; LENCIONI et al., 2012). Der Austausch von einzelnen Arten zwischen den Gewässerabschnitten hängt von ihren Verbreitungsfähigkeiten ab (ELLIOT, 2003). In Quellen mit einer kontinuierlichen Schüttung kommen eher uni- und semivoltine Arten vor (WILLIAMS, 1996). Eine lange Entwicklungsdauer im Larvenstadium hat die Libelle *Cordulegaster bidentata*, die aufgrund ihrer hohen Ansprüche als ein Indikator für intakte Quellen gilt. Quellen mit einer intermittierenden Schüttung weisen regelmäßig eine ‚schlechte‘ Artenzusammensetzung auf (MEYER et al., 2003), bestehend hauptsächlich aus r-Strategen, bi-

und polyvoltinen Arten und/oder Arten mit einer sehr langen Flugperiode (MEYER & MEYER, 2000). AQ1-3, die in ihrer Schüttung von der Schüttung der natürlichen Quellen abhängig sind, zeigen hohe Individuenzahlen von *Gammarus fossarum*. Die Erwartung, dass eine rasche Besiedelung durch krenobionte beziehungsweise krenophile Arten stattfindet, besonders in Quellen mit ganzjähriger konstanter Schüttung, die mit einer hohen Anzahl von spezialisierten Arten besiedelt ist, konnte nicht nachgewiesen werden.

4.4.2 Diskussion der Umweltfaktoren

Die Gewässertiefe und die Niederschlagsintensität werden als die wichtigsten Umweltfaktoren errechnet. Zu beachten ist auch, dass die Schüttung eine sehr kleine jährliche Schwankung zeigt. Andere Studien werden in der Regel an hochdiversen Quellen durchgeführt.

In den meisten Quelluntersuchungen werden die Quellen nur einmal pro Jahr beprobt (SMITH et al., 2003; MORI & BRANCELI, 2006; VON FUMETTI et al., 2006; MALMQVIST & HOFFSTEN, 2000). Die vorliegende Arbeit unterscheidet sich von vielen anderen Quelluntersuchungen durch mehrmalige Probenentnahme an der gleichen Untersuchungsstelle. Hier wird dreimal im Jahr untersucht. Die Makrozoobenthosdaten werden zwischen den Quellen und innerhalb einer Quelle untersucht.

Unter den biotischen Faktoren scheint der Detritus die wichtigste Nahrungsquelle zu sein. Das organische zerfallende Material bietet Nahrung und Lebensraum für den Ernährungstyp Zerkleinerer.

Die BioEnv. Methode zeigt Detritus als wichtigen biotischen Faktor in einer Quelle. Neben Totholz und abgestorbenen Blättern der Quellumgebung, die ebenfalls Teil der Nahrung sind aber nicht den wichtigsten Faktor darstellen. Detritus scheint eine größere Bedeutung für die gesamte Population der Quellen (BARQUIN & DEATH, 2009) zu haben. Die Tierarten mit den höchsten Dichten, *Gammarus fossarum* und *Synagapetus dubitans*, werden sowohl zu den Weidegängern als auch zu den Zerkleinerern gezählt (MOOG, 2002). *Gammarus fossarum* wird als Ubiquist eingestuft, während *Synagapetus dubitans* als krenophil gilt.

Steine mit einem Durchmesser von > 10 cm steigen über das Wasser und vergrößern die Uferoberfläche. Diese Steine bieten mehr Möglichkeiten für die Eiablage, was für viele Wasserinsekten, insbesondere Vertreter der Plecoptera, Trichoptera und Diptera, sehr wichtig ist. Die Substrattypen und ihre Positionen innerhalb der Quelle haben daher einen großen Einfluss auf die Makrozoobenthosgemeinschaft (ANGRADI, 1999; DUMNICKA et al., 2007;

HAHN, 2000; MARZIALI et al., 2010). FISCHER (1993) beschreibt Niederschläge als wichtigen Faktor für den "hygropetrischen Wasserfilm", der als Rückzugsort vor Störungsereignissen - wie zum Beispiel Hochwasser- oder Trockenperioden - für krenobionte (*Crunoecia irrorata*) und krenophile (*Synagapetus dubitans*) Arten dient.

Der Mangel an *Bythinella* spp. in der NQ4 und in der NQ3 im Dezember ist durch die hohe Schüttung und das Fehlen von feinkörnigem Schlamm erklärbar (BRAUN, 1994). Ein weiterer Grund für das Fehlen von *Bythinella* spp. in allen vier Quellen im Dezember ist, dass sie schwer im juvenilen Stadium taxonomisch erfasst werden kann (JUNGBLUT, 1996).

4.4.3 Diskussion der Fauna

Die Wassertemperaturen in rheokrenen Quellen sind nahezu konstant und variieren üblicherweise nur bis zu 1 °C. Eine höhere Temperatur ist dennoch der wichtigste Faktor für das Schlüpfen der Larven. Höhepunkte der Emergenzen können in den Sommermonaten vor allem in den Morgen- und in den Nachmittagsstunden beobachtet werden, abhängig von den Taxa (FÜREDER et al., 2005). Die hohe Lufttemperatur ermöglicht holometabolen Gruppen - wie Trichoptera und Plecoptera - ihre Flügel für höhere Mobilität nach dem Schlüpfen zu trocknen. Dies hilft ihnen auch, sich gegen Raubtiere zu schützen.

4.5 Schlussfolgerungen

Die mikroskalige Verbreitung von Lebensgemeinschaften in der Quelle und ihrem Quellbach zeigen deutliche Präferenzen in der räumlichen und zeitlichen Istzustandserhebung. Die räumliche Untersuchung der Quelle zeigt deutlich einen Unterschied in der Besiedelung durch Makrozoobenthos im Quellmund und unterhalb des Quellmundes. Im Bereich des Quellaustrittes ist die Arten- und Individuenanzahl niedriger als 5 m und 10 m unterhalb des Quellmundes. Im Jahresverlauf wird das Makrozoobenthos durch *Gammarus fossarum* (Crustacea), *Synagapetus dubitans* (Trichoptera) und Chironomidae (Diptera) dominiert. Im April ist das Verhältnis ausgewogen, im Juli dominieren die Crustacea, die im Dezember von Diptera verdrängt werden. Die Lebensgemeinschaften zeigen eine Präferenz für abiotische Faktoren. Diese Faktoren sind bei den Probenentnahmestellen 5 und 10 m unterhalb des Quellaustrittes, Substratgröße, Gewässertiefe und der Niederschlag. Wenn auch hier klare Untersuchungsergebnisse die einzelnen besiedelungsbestimmenden Faktoren bestätigen, so darf nicht übersehen werden, dass für die Besiedelungsdynamik stets ein Komplex unterschiedlicher abiotischer und biotischer Faktoren verantwortlich ist.

So ist die Substratgrösse nicht der ausschlaggebende Faktor für die Substratpräferenz. Strömung, Schüttung, Sauerstoffgehalt und pflanzlicher Bewuchs stehen nämlich mit der Substratpräferenz einer Art in enger Beziehung. Da durch Bestimmungsschwierigkeiten die Larven nicht immer auf Artniveau identifiziert werden konnten, wird in den Ordnungen Trichoptera und Plecoptera die Artenliste durch Emergenzfänge ergänzt. Diese Liste stellt eine Soll-Referenz für die im Jahr darauf folgende Untersuchung dar.

Die Untersuchung von vier Quellen gleichen Typs (alluviale Rheokrene) in der gleichen Region zeigten folgende Vorteile: Die Vergleichbarkeit der Daten untereinander und die Ausarbeitung der besiedelungsbestimmenden Faktoren. Diese Übereinstimmung der Daten gibt Richtwerte für die bauliche Nachbildung von alluvialen Rheokrenen im Freiland. Diese Richtwerte beziehen sich auf die Simulation des Quellmundes und Quellbaches. Die Ergebnisse zeigen, dass der Quellmund mit Substrat, das größer als 10 cm ist und einer Gewässertiefe zwischen 2 – 3 cm, sowie einem Quellbach, der mindestens 10 m unterhalb des Quellaustrittes beginnt, den besten Besiedlungserfolg zeigt (ELSER, 2001; HILDREW & TOWNSEND, 1976).

5 Besiedelung steriler Quelllebensräume durch Aufwärtswanderung von Makrozoobenthos

5.1 Hypothesen und strategisch-methodischer Ansatz

Im Krenal hat das Makrozoobenthos mehrere Möglichkeiten, um Populationen zu entwickeln, zu zerstreuen, um zu kolonisieren, zu besiedeln und gleichzeitig einen Driftausgleich zu gewährleisten. Diese sind (a) kompensatorische Flucht, (b) Drift aus dem Grundwasser, (c) in-situ Vervielfältigung, (d) interstitielle Zuwanderung aus dem Flussbett, (e) Verbreitung durch größere Organismen (Zoochorie), und vor allem (f) aktive Migration (ZOLLHÖFER, 1999).

Die letztere Form der Verbreitung, die aktive Aufwärtswanderung auf benthischen Substraten, tritt mit großer Wahrscheinlichkeit als Folge von Nahrungsknappheit, inter- oder intraspezifischer Konkurrenz auf. Damit können die Tiere schnell auf vorübergehende oder dauerhafte Veränderungen in ihrer Umwelt reagieren. Diese Verbreitung ermöglicht die schnelle Kolonisierung neuer oder zuvor leerer aquatischer Lebensräume (ELLIOTT, 2003). Für Arten ohne flugfähiges Lebensstadium, zum Beispiel *Gammarus fossarum*, ist die Aufwärtswanderung oft der einzige Weg, um sich gegen die Fließrichtung zu verbreiten.

Nach ihren jeweiligen Anpassungen in Bezug auf das reproduktive und/oder potenzielle Verbreitungsgebiet sind die Organismen entweder als r- oder K-Strategen (MACARTHUR & WILSON, 1967) eingestuft. Mit ihren kurzen individuellen Lebensspannen, aber hohen Nachkommenszahlen und großer Neigung sich zu zerstreuen, sind r-Strategen als "opportunistische" Kolonisatoren zu betrachten. K-Strategen hingegen sind durch lange Entwicklungszeiten und eine niedrige Nachkommenszahl gekennzeichnet. Sie sind normalerweise in stabilen Ökosystemen anzutreffen, besitzen wenig Neigung zur Verbreitung und werden daher überwiegend als stationäre Tiere betrachtet. Wenn die Phasen einer Erstbesiedelung vorbei sind, zeigt eine Zunahme der K-Strategen den Beginn einer relativ stabilen Lebensgemeinschaft.

Die Wassertemperatur ist in vielen Fließgewässerzonierungskonzepten ein grundlegendes Kriterium und stellt somit ein wesentliches Merkmal des Krenals dar. Selbst kleinste Veränderungen der Wassertemperatur können sich, ungeachtet der Ursache, auf das Makrozoobenthos in Quellen auswirken. Nach einem Modell von MILNER & PETTS (1994)

können Lebensgemeinschaften durch eine Kombination von Wassertemperatur und Stabilität bestimmt werden. Eine Gruppe von Zeigerorganismen erlaubt Rückschlüsse auf den Lebensraum und somit auf eine intakte Quelle (LODS-CROZET et al., 2001; MAIOLINI & LENCIONI, 2001). Als solche Organismen gelten Chironomidae, Ephemeroptera, Plecoptera und Trichoptera.

Ökosystemstörungen, die die Wassertemperatur sowie das Abflussregime beeinflussen, lassen vermuten, dass vor allem kaltstenotherme Bewohner direkt im Grundwasseraustritt, dem Quellmund, betroffen sind (WILLIAMS & WILLIAMS, 1993; MEYER & MEYER, 2000; MAIOLINI & LENCIONI, 2001; MEYER et al., 2003; VON FUMETTI et al., 2006; GATHMANN & WILLIAMS, 2006; VON FUMETTI & NAGEL, 2012).

Quellen mit mehrjähriger Schüttung zeigen konstante Wassertemperaturen und Evertebratengesellschaften mit uni- bis semivoltinen Arten, zum Beispiel Odonata (ERMAN & ERMAN, 1995; WILLIAMS, 1996). Allerdings können stabile Lebensräume durch eine Veränderung von Wassertemperatur, starke Niederschläge oder Schüttung aus dem Gleichgewicht geraten (FISCHER et al., 1998).

Makrozoobenthosarten, die ein großes Potential für eine schnelle Besiedelung von neuem Substrat besitzen, sind an verschiedenen Gewässern untersucht worden (MEIJERING, 1972; HILDREW & TOWNSEND, 1976; WILLIAMS, 1980; LANCASTER et al., 1990; WINTERBOTTOM et al., 1997). Substrate und ihre Korngröße wurden bei Chironomidae als weiterer wichtiger Einfluss auf Besiedelung nachgewiesen (RAE, 2004; GALAS, 2005). So bauen einige wenige Arten der Chironomidae wie Trichoptera Köcher und sind auf feinkörniges Substrat angewiesen. Das Substrat und seine Beschaffenheit bietet dem Makrozoobenthos aber auch Schutz, zum Beispiel vor Räubern, vor starken Strömungen und anderen Störungen (CANTONATI et al., 2012). Das Substrat ist aber auch wichtig für die Eiablage, und sein Bewuchs an der Oberfläche ist eine Nahrungsquelle (MINSHALL, 1984). Die Substratpräferenz ändert sich aber auch im Lebenszyklus einer benthischen Tierart (MACKAY, 1977).

Viele Untersuchungen, die sich mit Aufwärtswanderung von Makrozoobenthos in Fließgewässern beschäftigen, erfassen und untersuchen in der Regel sowohl Aufwärtswanderung als auch Drift (HILDREW & TOWNSEND, 1976; WILLIAM & HYNES, 1976; ELSEY, 2001; FENOGLIO et al., 2002). Einige Untersuchungen zum Thema Aufwärtswanderung sind

artspezifisch und geben daher keine relevante Aussage über die Aufwärtswanderung des Makrozoobenthos (LEHMANN, 1967; SÖDERSTRÖM, 1987).

Renaturierung von Süßwasserquellen umfasst den Bau einer sterilen Quelle als Lebensraum. Es gibt nur sehr begrenzte Erfahrungen über die Kolonisierungsmuster sowie Lebensraumprognosen (STOCK, 2005; KROPP et al., 2009). Der Revitalisierungsansatz unterstellt, dass sich bei solchen neugeschaffenen Lebensräumen durch natürliche Kolonisierung ein Naturraum und standortgerechte Lebensgemeinschaften entwickeln. Das Ziel der Studie ist ein Beitrag zum Verständnis, welche Faktoren der räumlichen und zeitlichen Dynamik potentiell nützlich oder nachteilig für die Sanierung der erfassten Quellen oder anderweitig zerstörter Quellökosysteme sind oder sein können.

Es galt folgende Hypothesen zu testen:

- e) Die Dynamik in Struktur und Funktion der Lebensgemeinschaften resultiert aus unterschiedlichen Fähigkeiten einzelner Arten zur Neubesiedelung von Quellen.
 - ⇒ Dazu werden vier künstliche Quellen im Freiland installiert und die Besiedelung durch Makrozoobenthos beobachtet.

Die vorliegende Studie leistet somit einen Beitrag zur Überprüfung dieser Hypothese durch ein Freilandexperiment während eines Untersuchungsjahres, um die Muster der Makrozoobenthoskolonisierung an künstlich gebauten Quellen durch Aufwärtswanderung zu erfassen. Dies erfordert einen experimentellen Ansatz zusätzlich zu den vergleichenden Untersuchungen von bestehenden Quellgemeinschaften. Dabei konzentriert sich dieser Teil der Arbeit auf Besiedlungsmuster, während alle anderen Kolonisationswege, außer Migration durch Aufwärtswanderung, ausgeschlossen werden.

5.2 Methoden

Basal ist die Voruntersuchung der vier Quellen im Röserental 2007; bei dieser Untersuchungsserie fanden sich ähnliche Faunenzusammensetzung und Umweltparameter. An den erwähnten Quellen wurden dreimal im Jahr, an verschiedenen Stellen der Quelle, faunistische Proben entnommen. Die häufigsten Arten waren *Synagapetus dubitans* und *Gammarus fossarum*. Diese faunistischen Daten wurden im Zusammenhang mit den Umweltfaktoren analysiert. Dabei zeigen die Faktoren Detritus, Steine > 10 cm, Gewässertiefe, Niederschlag und Längenzonation den grössten Einfluss auf die Faunazusammensetzung. Weiters zeigte die Voruntersuchung, dass 5 m unterhalb des Quellaustrittes die Taxazahl am höchsten ist. All diese Ergebnisse wurden bei der Planung für die vorliegende Studie miteinbezogen (siehe Kapitel 4, Seite 37).

Das zweite Untersuchungsjahr im Röserental beinhaltet zwei Freilandexperimente. In diesem Kapitel wird die Kolonisation von Mesokosmen durch Aufwärtswanderung beschrieben.

Der Versuchsaufbau Kolonisation von Mesokosmen durch Aufwärtswanderung wird fünfmal pro Woche, vom 18. April bis 18. Juli 2008, nach Makrozoobenthos untersucht. Ab dem 19. Juli 2008 bis 6. April 2009 wird einmal pro Woche untersucht (siehe Kapitel 3.2, Seite 17). Parameter die bei jeder Makrozoobenthosbesammlung festgehalten werden sind Lufttemperatur, Wassertemperatur, Leitfähigkeit, pH-Wert, Sauerstoffgehalt, Gewässertiefe und Strömung. Zusätzlich werden einmal im Monat an jeder Probestelle Gesamthärte und Karbonathärte gemessen (siehe Kapitel 3.2.2, Seite 17).

Für die experimentelle Untersuchung wurden eigens aquatische Mesokosmen (AQ) konstruiert. Diese bestand aus einer Faunabox und einer Fließrinne (siehe Kapitel 3.4.1, Seite 23). Jede Faunabox enthielt sechs verschiedene Substrattypen die auf ihre Makrozoobenthosbesiedelung untersucht wurden (siehe Kapitel 3.4.2, Seite 24 und Kapitel 3.4.4, Seite 26). Die Fließrinnen ermöglichten den Invertebraten eine Aufwärtswanderung aus den Migrationsquellen (MQ). Dabei wurden zwei Entfernungen, die es für das Makrozoobenthos einzuwandern galt, berücksichtigt. Diese waren 10 m und 20 m, um den Nachweis der maximal möglichen Migrationskapazitäten innerhalb der künstlichen Quelle zu erbringen (siehe Kapitel 3.4.3, Seite 26).

Drei der Mesokosmen wurden an zwei natürlichen Quellen (NQ1 und NQ3), zwecks der Wasserversorgung, angeschlossen. Der vierte Mesokosmos (AQ4) wurde von einem

öffentlichen Pumphaus der Gemeinde Liestal gespeist. Die Methodenbeschreibung dazu ist dem Kapitel 3.4 (Seite 22) zu entnehmen. Die Statistik zu dieser Quelluntersuchung wird in Kapitel 3.6.2 (Seite 35) dargelegt.

5.3 Resultate

5.3.1 Abiotische Bedingungen der Gewässer

Die Jahreslufttemperatur variiert im Untersuchungsjahr von 1,6 bis 21,9 °C. In den Sommermonaten zeigt die Lufttemperatur höhere Werte als die Wassertemperatur aller natürlichen Quellen und Mesokosmen. In den Wintermonaten ist es, erwartungsgemäß, umgekehrt; da ist die Lufttemperatur niedriger als die Wassertemperatur (Abbildung 17).

Die Graphen für AQ1 und AQ2 sind ähnlich; folglich entspricht die Wassertemperatur in den Mesokosmen jener der natürlichen Quellen. In AQ3 und AQ4 sowie im Röserenbach (MQ3, MQ4) verlaufen die Graphen gleich und nahe beieinander.

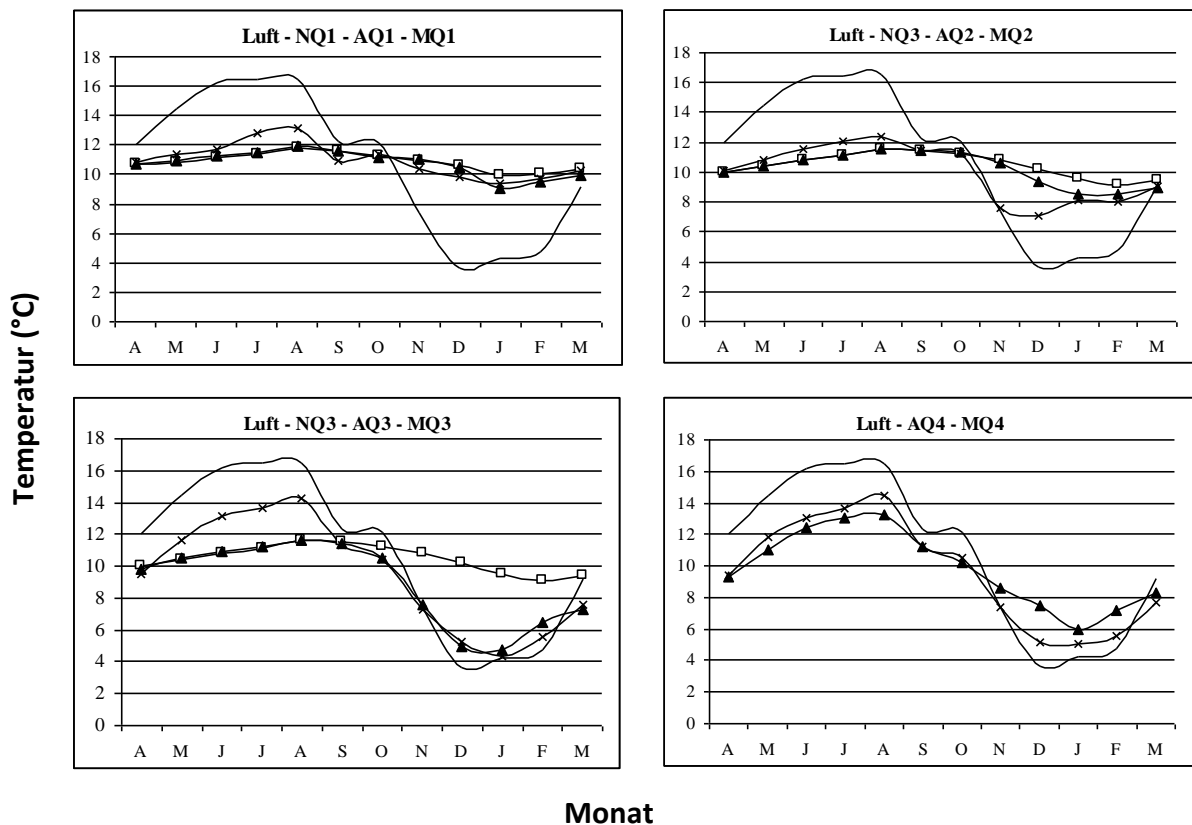


Abbildung 17: Monatliche Mittelwerte der Luft- (—) und Wassertemperatur in den Mesokosmen (AQ; ▲), natürlichen Quellen (NQ; □) und in Migrationsquellen (MQ; ×) zwischen 18. April 2008 und 6. April 2009.

Die physikalischen Parameter der Mesokosmen (AQ) werden mit dem der natürlichen Quellen verglichen (Tabelle 10). Ausnahme ist nur der pH-Wert in MQ3 und MQ4, der im Röserenbach höher ist. Dies wird der Bioaktivität von Algen im Röserenbach zugeschrieben (siehe Tabelle 10, Umweltparameter Sauerstoffgehalt). Die Daten zum Schüttungsverhalten sind Schätzungen, da eine korrekte Messung aus methodischen Gründen nicht exakt möglich ist. Der Jahresmittelwert der Schüttung der NQ1 beträgt 9,52 l/min (Minimum/Maximum: 1,22 - 32,84 l/min). In NQ3 beträgt der mittlere Wert 10,09 l/min (Minimum/Maximum: 3,40 - 29,70). Die Pumpstation wurde auf eine konstante Schüttung von 2 l/min eingestellt.

Die Migrationsquellen MQ3 und MQ4 zeigen in den monatlichen Mittelwerten eine hohe Standardabweichung. Der Vollständigkeit halber sei hier auf das Fehlen der NQ2 in der Abbildung 17 (Seite 60) hingewiesen, die für die Mesokosmenuntersuchung reserviert ist. AQ2 und AQ3 speisen sich aus derselben Quelle und zeigen dennoch unterschiedliche Werte.

Tabelle 10: Jahresmittelwert der Umweltparameter, gemessen zwischen 18. April 2008 und 6. April 2009; Standardabweichungen in Klammern (für Abkürzungen siehe [Abbildung 5](#), Seite 23).

Quelle	Wasser- temperatur [°C]	Leitfähigkeit [µS/cm]	pH	Sauerstoff [%]	Wasser- tiefe [cm]	Fließge- schwindig- keit [m/s]	Gesamt- härte [°dH]	Karbonat- härte [°dH]
NQ1	10.9 (0.5)	579.40 (25.31)	7.4 (0.1)	95.7 (14.2)			15.22 (0.69)	13.52 (0.35)
AQ1	10.9 (0.7)	579.92 (24.58)	7.2 (0.1)	89.8 (11.6)	4.2 (1.2)	0.11 (0.20)	15.56 (0.59)	13.42 (0.81)
MQ1	11.3 (1.1)	570.79 (26.06)	7.6 (0.2)	99.7 (14.6)	1.9 (0.7)		15.64 (0.59)	13.51 (1.15)
NQ3	10.5 (0.6)	552.00 (29.20)	7.2 (0.2)	91.1 (11.1)			14.65 (0.70)	13.15 (1.03)
AQ2	10.4 (0.9)	551.98 (29.65)	7.2 (0.2)	90.0 (11.9)	4.4 (0.6)	0.18 (0.24)	15.07 (1.20)	13.20 (1.24)
AQ3	9.7 (2.1)	538.78 (50.58)	7.2 (0.2)	80.0 (20.2)	6.3 (1.2)	0.09 (0.18)	14.70 (1.24)	12.67 (0.80)
MQ2	10.7 (1.3)	535.37 (43.21)	7.6 (0.1)	101.4 (13.1)	1.6 (0.5)		14.69 (0.84)	12.76 (0.79)
MQ3	10.7 (3.1)	479.25 (37.07)	7.9 (0.1)	97.1 (15.1)	6.0 (5.3)		13.71 (0.52)	12.76 (0.79)
AQ4	10.6 (2.2)	467.77 (22.30)	7.5 (0.2)	104.3 (12.5)	1.2 (0.5)	0.55 (0.15)	14.15 (0.73)	12.60 (0.82)
MQ4	10.8 (3.0)	477.11 (37.65)	7.9 (0.2)	101.2 (12.9)	6.1 (3.4)		13.85 (1.06)	13.36 (0.85)

Vergleicht man die Umweltparameterdaten mit dem Vorjahr 2007 (siehe Kapitel 4, Seite 37), zeigen die NQ1 und NQ3 gleichartige Werte in pH, Sauerstoff und Wassertemperatur. Deutliche Unterschiede zeigen die Daten jedoch in Leitfähigkeit und Schüttung (Tabelle 10). Im Jahr 2007 ist die Leitfähigkeit in NQ1 um 136,90 µS/cm und in NQ3 um 125,33 µS/cm niedriger. Im selben Jahr ist die Schüttung der NQ1 mit 4,75 l/min um 4,77 l/min und die NQ3 mit 3,43 l/min niedriger als in den Jahren 2008 und 2009. Die Gesamthärte zeigt erhöhte Standardabweichungen in AQ2, AQ3 und MQ4, erklärbar durch die Weichmacher des Umweltklebers.

5.3.2 Taxazahlen und Dominanzstrukturen in den ersten drei Besiedelungsmonaten

AQ1-4 sind bereits in der 1. Woche besiedelt (Tabelle 11). In AQ1 finden sich in den ersten drei Monaten 13 Taxa mit insgesamt 3.537 Individuen. Die höchste Taxazahl (7) wird in der 12. Woche nachgewiesen. In AQ2 kommen in den drei Monaten 13 Taxa mit insgesamt 1.850 Individuen vor. Die höchste Taxazahl (9) findet sich in der 14. Woche. In AQ3 werden in den ersten drei Monaten 14 Taxa mit insgesamt 4.446 Individuen dokumentiert. Die höchste Taxazahl ist 8 in der 5. Woche. AQ4 wird erst ab der 3. Woche besiedelt. Sie hat in den ersten drei Monaten eine Taxaanzahl von 19, mit insgesamt 306 Individuen. Sie ist somit der artenreichste, aber der individuenärmste Mesokosmos.

Tabelle 11: Individuen und Arten des Makrozoobenthos. Gesamtdaten nach Mesokosmen nach den ersten vierzehn Untersuchungswochen geordnet.

Quellen	1. Woche	2. Woche	3. Woche	4. Woche	5. Woche	6. Woche	7. Woche	8. Woche	9. Woche	10. Woche	11. Woche	12. Woche	13. Woche	14. Woche
AQ1	5/2	11/3	9/4	17/4	40/3	305/3	346/3	386/3	693/4	119/3	120/6	273/7	579/5	634/6
AQ2	5/3	35/3	26/4	27/5	62/5	45/7	90/6	230/6	232/7	188/5	251/8	127/7	198/6	334/9
AQ3	3/2	68/5	122/5	136/7	167/8	277/6	271/6	241/8	331/7	274/5	548/7	610/7	699/6	699/6
AQ4			14/3	23/6	25/8	18/7	27/6	19/7	27/8	28/9	30/9	23/8	43/10	29/7

Die Darstellung der Dominanzstruktur in den ersten vierzehn Wochen zeigt, dass die Untersuchungsbehälter von Makroinvertebraten angenommen und kolonisiert werden (Tabelle 12, Seite 65). Bereits am Tag Null, beim Versuchsaufbau, wurden an der Installation AQ3 die ersten Gammariden in den Fließrinnen beobachtet. Am ersten Untersuchungstag (das heißt nach 11 Stunden) immigrierten *Gammarus fossarum*, *Polycelis felina* und *Ecdyonurus venosus* in die Faunaboxen und somit in die Mesokosmen. Die ersten Larven von *Salamandra salamandra* folgten am 2. Tag. Zur Hauptart der ersten drei Monate zählt *Gammarus fossarum*. In der ersten Untersuchungswoche ist er, gemeinsam mit *Polycelis felina*, als eudominant dokumentiert. Danach ist *Gammarus fossarum* in den ersten Wochen allein eudominant vertreten. *Polycelis felina* stellt in den ersten fünf Wochen eine Hauptart in der Besiedelung der Mesokosmen; ab dann wird sie eine Begleitart, die als rezedent klassifiziert wird. Ab der 2. Woche sind *Nemoura* spp., Chironomidae und Limnephilidae vertreten. *Nemoura* spp. bildet die erste Plecoptera, die in den Mesokosmen nachweisbar ist. In den ersten drei Monaten stellt sie eine Begleitart dar, die rezedent, subrezedent bis sporadisch auftritt. Die Chironomidae und die Limnephilidae schwanken zwischen der Klassifizierung als Begleitart und Hauptart. *Drusus annulatus* (Trichoptera) erscheint von der

3. bis zur 8. Woche als Hauptart, die dominant bis subdominant auftritt. Ab der 9. Woche verändert sie sich in eine rezedente Begleitart. Die übrigen Taxa zählen zu den Begleitarten, die weniger als 0,32 % an der wöchentlichen Gesamtabundanz in den ersten drei Monaten haben.

Tabelle 12: Dominanzstrukturen der ersten vierzehn Untersuchungswochen, gemessen fünfmal pro Woche vom 18. April bis 18. Juli 2008 (nach ENGELMANN, 1978).

1. Woche	2. Woche	3. Woche	4. Woche	5. Woche	6. Woche	7. Woche	8. Woche	9. Woche	10. Woche	11. Woche	12. Woche	13. Woche	14. Woche
Eudominant <i>G. fossarum</i> <i>Polycelis felina</i>	Eudominant <i>G. fossarum</i> Dominant <i>Polycelis felina</i>	Eudominant <i>G. fossarum</i> Dominant <i>Drusus annulatus</i>	Eudominant <i>G. fossarum</i> Dominant Chironomidae <i>Drusus annulatus</i>	Eudominant <i>G. fossarum</i> Dominant Chironomidae <i>Drusus annulatus</i>	Eudominant <i>G. fossarum</i>	Eudominant <i>G. fossarum</i>	Eudominant <i>G. fossarum</i>	Eudominant <i>G. fossarum</i>	Eudominant <i>G. fossarum</i>	Eudominant <i>G. fossarum</i> Dominant Chironomidae	Eudominant <i>G. fossarum</i> Dominant Chironomidae	Eudominant <i>G. fossarum</i>	Eudominant <i>G. fossarum</i>
Subdominant <i>Ecdyonurus venosus</i>	 Rezedent <i>Ecdyonurus venosus</i> Subrezedent Chironomidae <i>Eiseniella tetraedra</i> Limnephilidae <i>Nemoura</i> spp. Oligochaeta	Subdominant Chironomidae <i>Polycelis felina</i> Rezedent <i>Bythinella</i> spp. <i>Ecdyonurus venosus</i> <i>Nemoura</i> spp. Subrezedent <i>Anacaena</i> sp. Limnephilidae Oligochaeta	Subdominant <i>Bythinella</i> sp. <i>Polycelis felina</i> Rezedent <i>Ecdyonurus venosus</i> Limnephilidae <i>Nemoura</i> spp. Subrezedent <i>Dugesia gonocephala</i> Oligochaeta <i>Tinodes unicolor</i>	Subdominant <i>Bythinella</i> sp. Limnephilidae <i>Polycelis felina</i> Rezedent <i>Bythinella</i> spp. Chironomidae Limnephilidae <i>Polycelis felina</i> Subrezedent <i>Elmis</i> sp. <i>Helodes</i> sp. (Larve) <i>Rhyacophila pubescens</i>	Subdominant <i>Drusus annulatus</i> Rezedent <i>Bythinella</i> spp. Chironomidae Limnephilidae <i>Polycelis felina</i> Sporadisch <i>Agabus</i> sp. (Larve) <i>Ecdyonurus venosus</i> <i>Helodes</i> sp. (Larve) <i>Hydraena</i> sp. (Larve) <i>Nemoura</i> spp.	Subdominant <i>Drusus annulatus</i> Rezedent <i>Bythinella</i> spp. Chironomidae Limnephilidae <i>Polycelis felina</i> Subrezedent <i>Hydraena</i> sp.	Subdominant <i>Drusus annulatus</i> Rezedent <i>Bythinella</i> spp. Chironomidae Limnephilidae <i>Polycelis felina</i> Subrezedent <i>Hydraena</i> sp. <i>Polycelis felina</i>	Subdominant Chironomidae Rezedent <i>Drusus annulatus</i> Limnephilidae <i>Polycelis felina</i> Subrezedent <i>Bythinella</i> spp. <i>Gordius violaceus</i> Sporadisch Chrysomelidae/ <i>Longitarsus</i> sp. <i>Dugesia gonocephala</i> <i>Hydraena</i> sp.	Subdominant Chironomidae Limnephilidae Rezedent <i>Drusus annulatus</i> <i>Polycelis felina</i> Subrezedent <i>Bythinella</i> spp. <i>Gordius violaceus</i> <i>Hydraena</i> sp.	Subdominant Limnephilidae Rezedent <i>Drusus annulatus</i> <i>Polycelis felina</i> Subrezedent <i>Gordius violaceus</i> Limnephilidae Sporadisch Agabus, Larve Arachnida <i>Bythinella</i> sp. <i>Elmis</i> sp. <i>Helodes</i> sp. (Larve) <i>Hydraena</i> sp. <i>Plectrocnemia conspersa</i> <i>Rhyacophila pubescens</i>	Subdominant Chironomidae Limnephilidae Rezedent <i>Drusus annulatus</i> <i>Polycelis felina</i> Subrezedent <i>Gordius violaceus</i> Sporadisch Agabus, Larve <i>Anacaena</i> spp. Arachnida <i>Bythinella</i> spp. <i>Eiseniella tetraedra</i> Empididae (Clinocera) <i>Hydraena</i> sp. Stratiomyidae <i>Tinodes unicolor</i>	Subdominant Chironomidae Limnephilidae Rezedent <i>Drusus annulatus</i> <i>Polycelis felina</i> Subrezedent <i>Gordius violaceus</i> Sporadisch Agabus, Larve <i>Anacaena</i> spp. Arachnida <i>Bythinella</i> spp. <i>Bythiospeum</i> sp. <i>Hydraena</i> sp. Stratiomyidae	Subdominant Chironomidae Rezedent <i>Drusus annulatus</i> <i>Polycelis felina</i> Subrezedent <i>Gordius violaceus</i> Sporadisch Arachnida <i>Bythinella</i> spp. Ceratopogoninae (Bezzia) <i>Ecdyonurus venosus</i> Empididae <i>Hydraena</i> sp. (Larve)

Die höchste Taxaanzahl wird im Substrattyp 4 mit 20 Arten dokumentiert (Tabelle 13). Wie auch in allen anderen Substrattypen dominieren hier ebenfalls *Gammarus fossarum*. In der 11. Woche sind auch die Chironomidae und die Limnephilidae ebenfalls notiert, die individuenreich sind.

Vergleicht man die Individuen- und Artenanzahl, so gilt für alle Substrattypen, dass die 9. der 14. Woche am ähnlichsten ist (Tabelle 14).

Tabelle 13: Anzahl der Taxa und Individuen der ersten vierzehn Untersuchungswochen nach Substrattypen geordnet.

Substrattyp	Taxa	Individuen
1	17	1.061
2	17	1.562
3	9	1.580
4	20	1.156
5	18	3.656
6	17	1.562

Tabelle 14: Individuen- und Artenanzahl des Makrozoobenthos. Daten nach Substrattypen nach den ersten vierzehn Untersuchungswochen geordnet.

Substrattyp	1. Woche	2. Woche	3. Woche	4. Woche	5. Woche	6. Woche	7. Woche	8. Woche	9. Woche	10. Woche	11. Woche	12. Woche	13. Woche	14. Woche
1	1/1	15/3	21/5	20/5	44/7	60/6	65/6	67/7	105/7	50/4	145/8	133/9	161/8	174/8
2	4/2	26/2	23/3	39/7	54/6	138/8	125/6	158/6	144/7	92/8	145/8	167/8	183/5	264/7
3	2/1	5/2	6/2	21/4	40/6	103/6	144/5	103/5	167/6	104/4	156/7	198/6	256/6	275/5
4		18/3	33/4	25/4	46/6	59/7	72/7	120/7	136/8	78/5	107/7	127/6	152/9	183/9
5	2/2	28/3	65/8	56/8	57/8	221/6	248/8	376/9	608/7	213/7	274/8	260/7	603/9	645/8
6	4/3	22/4	23/6	42/6	53/7	64/6	80/6	52/7	123/6	72/7	122/11	148/9	164/8	155/9

5.3.3 Taxazahlen und Dominanzstrukturen im Jahresverlauf

Die Individuenanzahl steigt von April bis Juni an. AQ4 zeigt eine deutlich geringere Individuenanzahl als die anderen drei Quellen. In der Artenanzahl zeigt sich jedoch kein großer Unterschied (Abbildung 18, Seite 67). Die Unterschiede der Artenzusammensetzung in NQ1 bis NQ4 in Abhängigkeit von der Migrationsquelle weisen bei der Besiedelung im Jahresverlauf einen gegenläufigen Trend zwischen Quellbach und Röserenbach auf (Abbildung 19, Seite 67). Im August aber dokumentieren beide Graphen einen Rückgang in den Lebensgemeinschaften. Die Artenzusammensetzung in Abhängigkeit von den Migrationswegen zeigt einen fast gleichsinnigen Kurvenverlauf. Die Unterschiede zwischen den Migrationswegen bedeuten eine leichte Verzögerung der Artenzusammensetzung im Jahresverlauf der 20 m zum 10 m Migrationsweg (Abbildung 20, Seite 68).

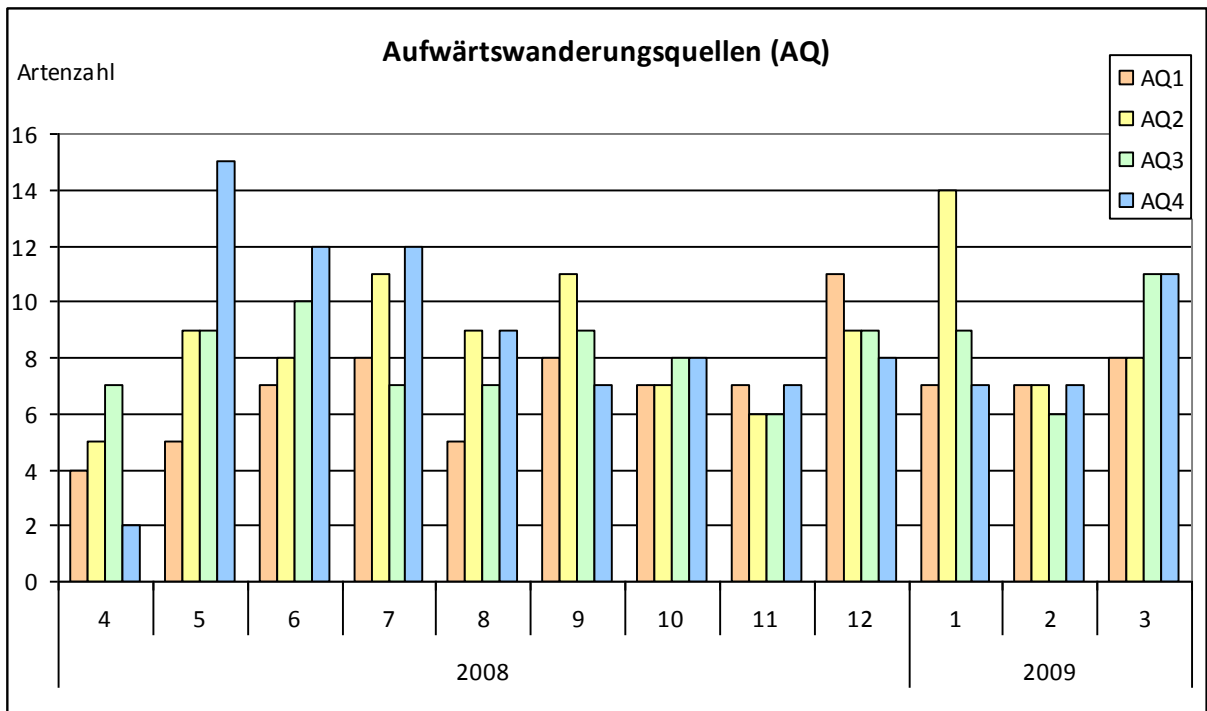


Abbildung 18: Artenzahl der Gesamtdaten auf 1000 cm² hochgerechnet und nach Aufwärtswanderungsquelle (AQ1-4) im Jahresverlauf geordnet.

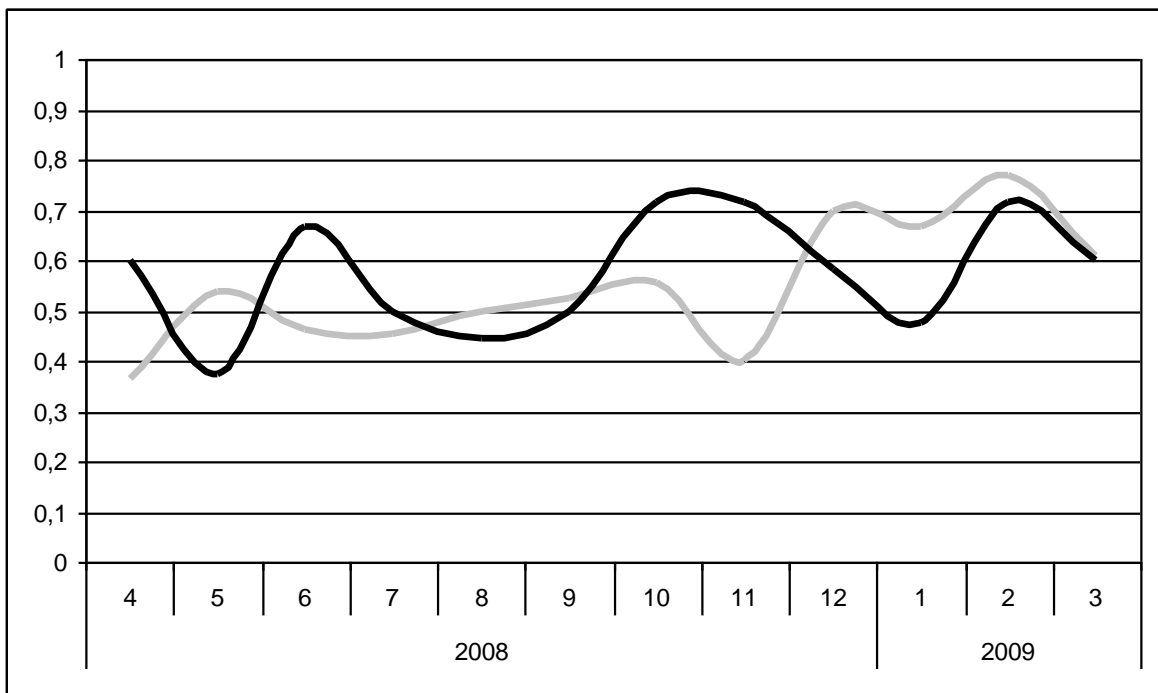


Abbildung 19: Ähnlichkeitsindizes der Artzusammensetzung (nach SØRENSEN) innerhalb und zwischen den Migrationsquellen, auf Basis von vier Einzeldaten pro Monat. Schwarze Linie: NQ1 und NQ2 mit Migrationsquellen Quellbach, graue Linie: NQ3 und NQ4 mit Migrationsquelle Röserenbach.

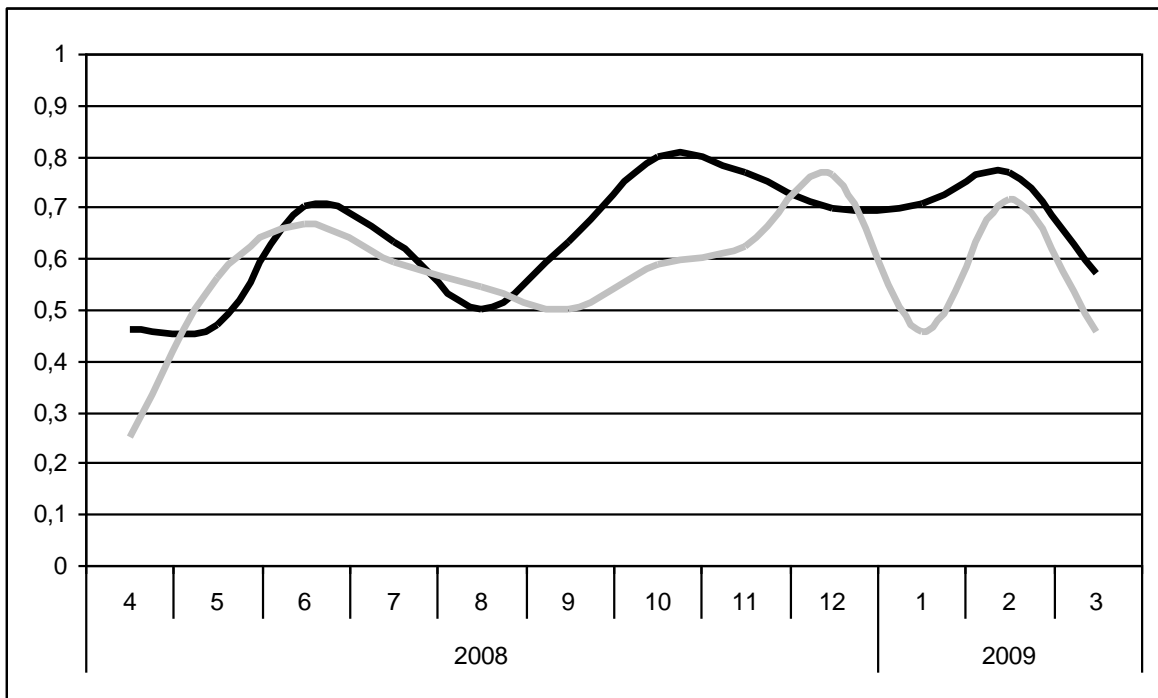


Abbildung 20: Ähnlichkeitsindizes nach Artenzusammensetzung (nach SØRENSEN) innerhalb und zwischen den Migrationswegen. Schwarze Linie: NQ1 und NQ3 mit 10 m Migrationsweg, graue Linie: NQ2 und NQ4 mit 20 m Aufwärtswanderung.

In den vier Mesokosmen sind 38 Arten (elf Ordnungen) nachgewiesen (Tabelle 15, Seite 70). Das sind 95 % der bei MQ1 und MQ2 vorkommenden Taxa, bei denen eine Aufwärtswanderung in die Mesokosmen nachweisbar ist. Die monatlichen Mittelwerte der benthischen Dichte für alle Mesokosmen zwischen 18. April 2008 und 6. März 2009 reichen von 0 bis 104 Individuen (umgerechnet auf 1000 cm²). Insgesamt wurden in allen vier Mesokosmen (AQ) 43.068 Individuen gesichtet und dokumentiert. Die meisten der gefundenen Taxa sind Trichoptera, welche durch neun Arten vertreten sind. Die Diptera hingegen sind durch acht Arten vertreten.

Die dominanten Besiedler der Mesokosmen (84 %) sind *Gammarus fossarum* (53 %) und Chironomidae (unbestimmt) (31 %). Andere häufige Organismen sind Milben, *Anacaena* sp., *Bythinella* spp., *Nemoura* spp., *Polycelis felina*, Limnephilidae (unbestimmt) und *Rhyacophila pubescens*. Tiere die zwar im Vorjahr 2008 in der Voruntersuchung nachgewiesen worden sind, aber in den Mesokosmen nicht als Einwanderer dokumentiert werden, sind Ptychopteridae, *Thaumalea* spp., *Crunoecia irrorata*, *Wormaldia occipitalis*, *Plectrocnemia brevis*, *Longitarsus* spp. und *Leuctra* spp. Das ganze Untersuchungsjahr werden *Polycelis felina*, *Gammarus fossarum*, *Nemoura* sp. und Chironomidae nachgewiesen.

Alle in der Tabelle 15 (Seite 70) dargestellten Arten wurden zunächst nach ihrem Vorkommen in AQ1-4 notiert. Basierend auf dieser Liste werden alle Arten auf ihr Vorkommen im Untersuchungsjahr 2007 in den natürlichen Quellen (NQ1-4) verglichen (Tabelle 8, Seite 41) und in fünf Kategorien unterteilt.

A) Arten, die in den natürlichen Quellen (2007) und in den Mesokosmen (2008/2009) nachgewiesen werden:

Polycelis felina, *Eiseniella tetraedra*, *Bythiospeum* spp., *Bythinella* spp., *Gammarus fossarum*, *Nemoura* spp., *Cordulegaster bidentata*, *Elmis* spp. (Larven), *Synagapetus dubitans*, *Potamophylax nigricornis*, *Rhyacophila pubescens*, *Tinodes unicolor*, *Dixa maculata*;

Nicht auf Artniveau aber in der Voruntersuchung in den natürlichen Quellen und in den Mesokosmen vertreten: Empididae (unbestimmt), Limoniidae (unbestimmt), Psychodidae (unbestimmt), Chironomidae (unbestimmt), Simuliidae (unbestimmt).

B) Arten die in den natürlichen Quellen (2007) und in den Mesokosmen (2008/2009), sowie im Röserenbach (2008/2009) nachgewiesen werden:

Eiseniella tetraedra, *Bythinella* spp., *Gammarus fossarum*, *Nemoura* spp., *Elmis* spp., Limnephilidae (unbestimmt), *Synagapetus dubitans*, Chironomidae (unbestimmt), Simuliidae (unbestimmt).

C) Arten die 2007 in den natürlichen Quellen präsent sind, aber in den Mesokosmen (2008/2009) nicht zum Nachweis gelangten:

Baetis spp., *Leuctra* spp., *Elodes marginata*, *Sericostoma personatum*, *Potamophylax luctuosus*, *Crunoecia irrorata*, Ptychopteridae (unbestimmt), *Thaumalea* spp..

D) Die folgende Taxa wurden sowohl im Röserenbach als auch in den Mesokosmen nachgewiesen - beides im Untersuchungsjahr 2008/2009:

Dugesia gonocephala, Oligochaeta (unbestimmt), *Bythiospeum* spp., *Ecdyonurus venosus*, *Rhitrogena* spp., *Isoperla* spp., Scirtidae spp., *Drusus annulatus*, *Melampophylax mucoreus*, Empididae (unbestimmt), Limoniidae (unbestimmt).

E) Die Arten, die 2007 in den natürlichen Quellbächen aber nicht im Röserenbach nachgewiesen werden:

Polycelis felina, *Cordulegaster bidentata*, *Potamophylax nigricornis*, *Rhyacophila pubescens*, *Plectrocnemia conspersa*, *Plectrocnemia geniculata*, *Ceratopogeninae*, *Dixa maculata*, Psychodidae (unbestimmt).

Tabelle 15: Artenliste des Makrozoobenthos, Nachweise im Untersuchungsjahr vom 8. April 2008 bis 6. April 2009; AQ von 930,90 cm² auf 1000 cm² umgerechnet. Die Klassifizierung der Artenliste basiert auf dem System nach FAUNA EUROPAEA (2013).

Artenliste - Aufwärtsfaunabox	Nachweise im Untersuchungsjahr April 2008 - März 2009	AQ1	AQ2	AQ3	AQ4	Total
Turbellaria						
<i>Polycelis felina</i> (DALYELL 1814)	Ganzjährig	179	655	227	1.415	2.476
<i>Dugesia gonocephala</i> (DUGÉS 1830)	Frühling				3	3
Oligochaeta						
<i>Eiseniella tetraedra</i> (SAVIGNY 1826)	Frühling/Sommer			1	1	2
Oligochaeta (unbestimmt)	Frühling/Herbst/Winter	13		25	2	40
Gordea						
<i>Gordius violaceus</i> (BAIRD 1853)	Frühling/Sommer/Herbst	1		1	68	70
Gastropoda						
<i>Bythiospeum</i> spp.	Sommer/Herbst/Winter		6	3	1	10
<i>Bythinella</i> spp.	Ganzjährig	11	31	199		241
Amphipoda						
<i>Gammarus fossarum</i> KOCH, in PANZER 1835	Ganzjährig	10.272	4.543	8.228	322	23.365
Ephemeroptera						
<i>Ecdyonurus venosus</i> (FABRICIUS 1775)	Frühling/Sommer		42	1		43
<i>Rhitrogena</i> spp.	Winter		9			9
Plecoptera						
<i>Nemoura</i> spp.	Ganzjährig	14	405	23	62	504
<i>Isoptera</i> spp.	Winter				1	1
<i>Perlodes microcephalus</i> (PICTET 1833)	Winter				1	1
Odonata						
<i>Cordulegaster bidentata</i> SELYS 1843	Frühling/Herbst	6				6
Coleoptera						
<i>Agabus guttatus</i> (adult) (PAYKULL 1798)	Herbst			1		1
<i>Agabus</i> sp., (Larve)	Frühling/Sommer		2		8	10
<i>Anacaena</i> sp., (Larve)	Ganzjährig				41	41
<i>Elmis</i> spp., (Larve)	Frühling/Sommer/Winter	9	1		3	13
<i>Helodes</i> sp., (<i>H. marginata</i>) (Larve)	Frühling / Sommer/Winter	2	2	3	4	11
<i>Hydraena</i> sp., (Larve)	Frühling / Sommer		14		46	60
<i>Scirtidae</i> spp., (Larve)	Winter	2				2

Fortsetzung Tabelle 15 auf folgender Seite

Fortsetzung von Tabelle 15

Artenliste – Aufwärtsfaunabox	Nachweise Untersuchungsjahr April 2008 - März 2009	im AQ1	AQ2	AQ3	AQ4	Total
Trichoptera						
<i>Drusus annulatus</i> (STEPHENS 1837)	Ganzjährig	188	46	589	68	891
Limnephilidae (unbestimmt)	Ganzjährig	77	669	444	46	1.236
<i>Melampophylax mucoreus</i> (HAGEN 1861)	Winter		1			1
<i>Synagapetus dubitans</i> MCLACHLAN 1879	Herbst/Winter		81	4		85
<i>Potamophylax nigricornis</i> (PICTET 1834)	Herbst/Winter	4		10		14
<i>Rhyacophila pubescens</i> PICTET 1834	Ganzjährig	16	3	3		22
<i>Plectrocnemia conspersa</i> CURTIS 1834	Sommer			1		1
<i>Plectrocnemia geniculata</i> MCLACHLAN 1871	Sommer	1				1
<i>Tinodes unicolor</i> PICTET 1834	Frühling /Sommer/Winter	2			24	26
Diptera						
Ceratopogeninae (Bezzia)	Sommer		1			1
Chironomidae (unbestimmt)	Ganzjährig	1.685	5.127	7.000	25	13.837
<i>Dixa maculata</i> MEIGEN 1818	Sommer/Herbst/Winter		2		17	19
Empididae (unbestimmt)	Sommer	2		1		3
Limoniidae (unbestimmt)	Winter		3			3
Psychodidae (unbestimmt)	Sommer		1			1
Simuliidae (unbestimmt)	Frühling				1	1
Stratiomyidae (unbestimmt)	Frühling /Sommer/Herbst	3	5		9	17
Individuensumme pro Mesokosmos		12.487	11.649	16.764	2.168	43.068
Taxaanzahl pro Mesokosmos		19	22	19	22	38

5.3.4 Analyse der Fauna nach Ernährungstypen

Die Darstellung der Ernährungstypen in Abhängigkeit von den Jahreszeiten ist eine weitere Möglichkeit zur Analyse der Besiedelungsstruktur innerhalb der Zoozönose. Die Ernährungstypen wurden in unterschiedliche Gruppen eingeteilt (siehe Tabelle 2, Seite 25).

Zerkleinerer, Weidegänger, Aktiver Filtrierer, Passiver Filtrierer, Detritusfresser, Minimierer, Holzfresser, Räuber, Parasiten und Sonstige nach MOOG (2002). Die Vergabe von 10 Punkten ermöglicht eine Gewichtung der einzelnen Art bei den Ernährungstypen ausgewertet nach der Jahreszeit (siehe Kapitel 12.1, Tabelle 2). Nicht numerisch bewertete Taxa, zum Beispiel Chironomidae (unbestimmt), wurden nicht zugeordnet und werden daher nicht berücksichtigt.

So zeigen die Daten aller vier Mesokosmen deutlich die Absenz von Minimierern, Holzfressern und Sonstigen. Die Abbildung 21 (Seite 73) beruht auf der Anzahl der Werte der Ernährungstypen für das Untersuchungsjahr 2008 bis 2009. Die Daten werden nach Frühling (20.3.2008 – 20.06.2008), Sommer (21.8.2008 – 21.9.2008), Herbst (22.9.2008 – 20.12.2008) und Winter (20.12.2008 – 19.3.2009) dargestellt.

Bereits zu Untersuchungsbeginn, also im April 2008, zeigen die Mesokosmen 47 % Zerkleinerer, 22 % Räuber, 17 % Detritusfresser und 14 % Weidegänger. Dieses Ranking der Ernährungstypen hat sich bis zum Untersuchungsende 2009 nur geringfügig geändert.

Den höchsten Anteil über das ganze Untersuchungsjahr zeigen die Zerkleinerer. So ist ihr Anteil im Frühling 46 %, steigt im Sommer auf 55 % an, fällt im Herbst auf 35 % ab und steigt im Winter wieder auf 41 % an. Die führenden Zerkleinerer sind *Gammarus fossarum*, Limnephilidae, aber auch *Nemoura* spp. .

Im Frühling zeigen die Mesokosmen 46 % Zerkleinerer an. An zweiter Stelle rangieren die Parasiten und Detritusfresser mit je 13 %. An dritter Stelle kommen die Weidegänger mit 11 % gefolgt von den Räubern mit 10 %. An vierter Stelle stehen die Passiven Filtrierer mit 6 % und an fünfter Stelle die Aktiven Filtrierer mit 1 %.

Im Sommer ist die Position der Zerkleinerer mit 55 % im Untersuchungsjahr am höchsten. Auch der prozentuelle Anteil von Detritusfressern und Aktiven Filtrierern ist im Vergleich zu den Frühlingsdaten gestiegen.

Im Herbst sinkt der Zerkleinereranteil, während der Räuberanteil auf 27 % steigt. Auch der Anteil der Aktiven Filtrierer steigt an und zwar auf 8 %. Die Passiven Filtrierer sind im Herbst abwesend.

In den Wintermonaten sind auch wieder die Passiven Filtrierer mit 1 % in den Mesokosmen vertreten. Der Anteil der Zerkleinerer nimmt auf 41 % zu.

Fast gleichbleibend ist der Wert der Weidegänger: er sinkt von 11 % im Frühling auf 8 % im Herbst und Winter.

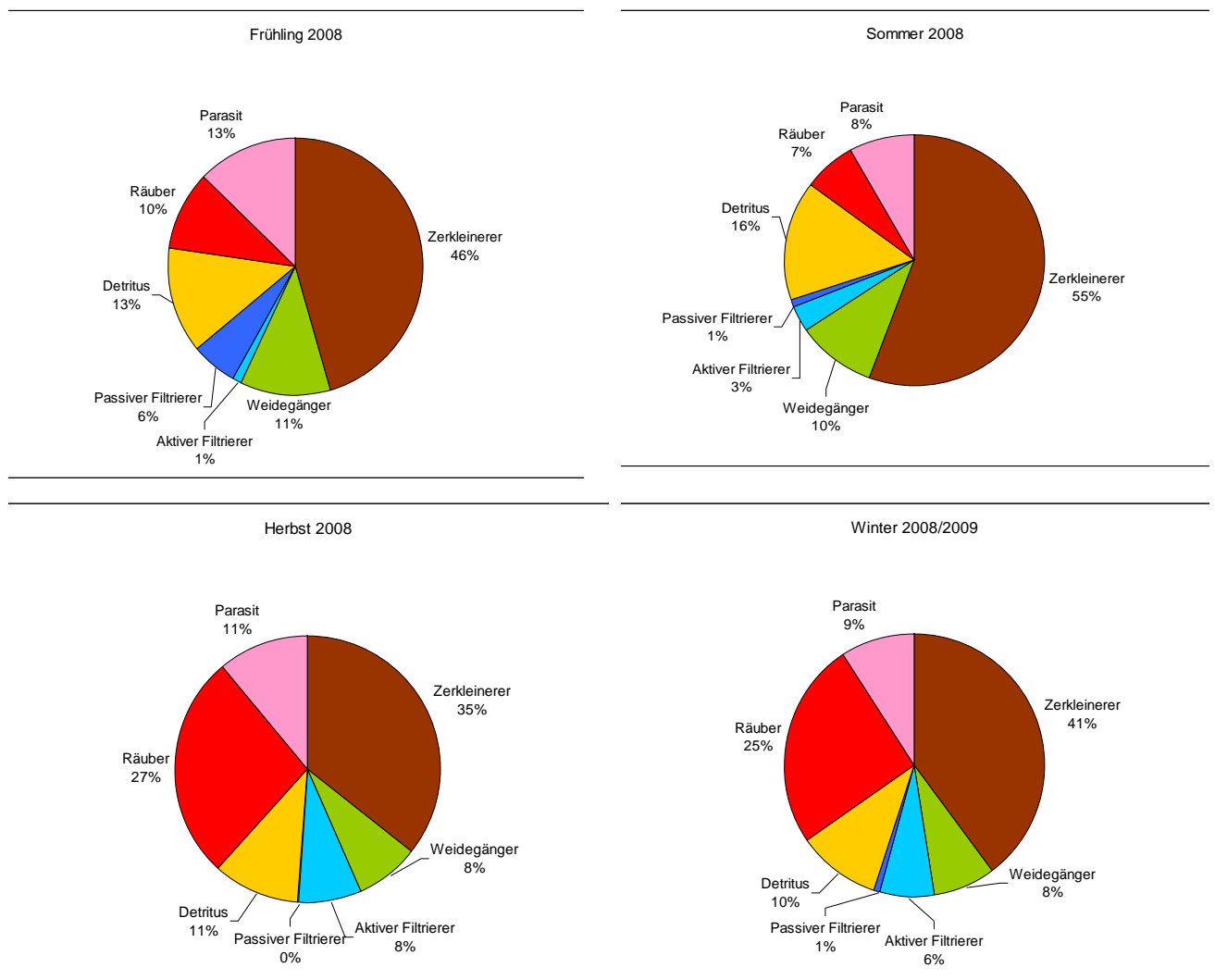


Abbildung 21: Anzahl der Werte der Ernährungstypen (in allen vier Mesokosmen – ohne Chironomidae) für das Untersuchungsjahr 2008/2009. Die Daten werden nach Jahreszeiten gesplittet: Frühling (20.3.2008 – 20.06.2008), Sommer (21.8.2008 – 21.9.2008), Herbst (22.9.2008 – 20.12.2008) und Winter (20.12.2008 – 19.3.2009). Anteile der Ernährungstypen gewichtet nach Moog (2002).

Die Abbildung 21 beruht auf der Anzahl der Werte der Ernährungstypen für das Untersuchungsjahr April 2008 bis März 2009, gesplittet nach Substrattyp. Die Verteilung der Ernährungstypen nach dem Fundort Substrattyp erlaubt eine Analyse der

Substrattyppräferenz in der Besiedelung neuer Standorte (siehe Abbildung 22, Seite 75). In allen Substrattypen dominieren die Zerkleinerer.

Vergleicht man die Substrattypen mit Steinen > 10 cm untereinander, so zeigt sich ein ähnliches Bild im Substrattyp 1 (Steine > 10 cm) und Substrattyp 4 (Steine > 10 cm, mit Detritus). Den höchsten Wert erreichen die Zerkleinerer, gefolgt von den Räufern, dann den Parasiten und Detritusfressern, gefolgt von den Weidegängern, den Aktiven Filtrierern – und schließlich, als geringsten Anteil, die Passiven Filtrierer.

Anders ist das bei Substrattyp 5 (Steine > 10 cm, mit Totholz) und Substrattyp 6 (Steine > 10 cm, mit Falllaub). In beiden ist der Anteil der Zerkleinerer am höchsten, doch ist er im Substrattyp 5 (mit Totholzanteil) noch um 33 % höher als im Substrattyp 6 (mit Falllaubanteil). Dafür ist im Substrattyp 6 der Anteil an Räufern um 12 % (vor allem durch die Präsenz von *Polycelis felina* und Limnephilidae), sowie der Anteil der Aktiven Filtrierer (durch die Präsenz von *Dixa* sp.) um 8 % höher.

Im Substrattyp 3 treten keine Parasiten auf, während in Substrattyp 6 die Parasiten 15 % Anteil besitzen.

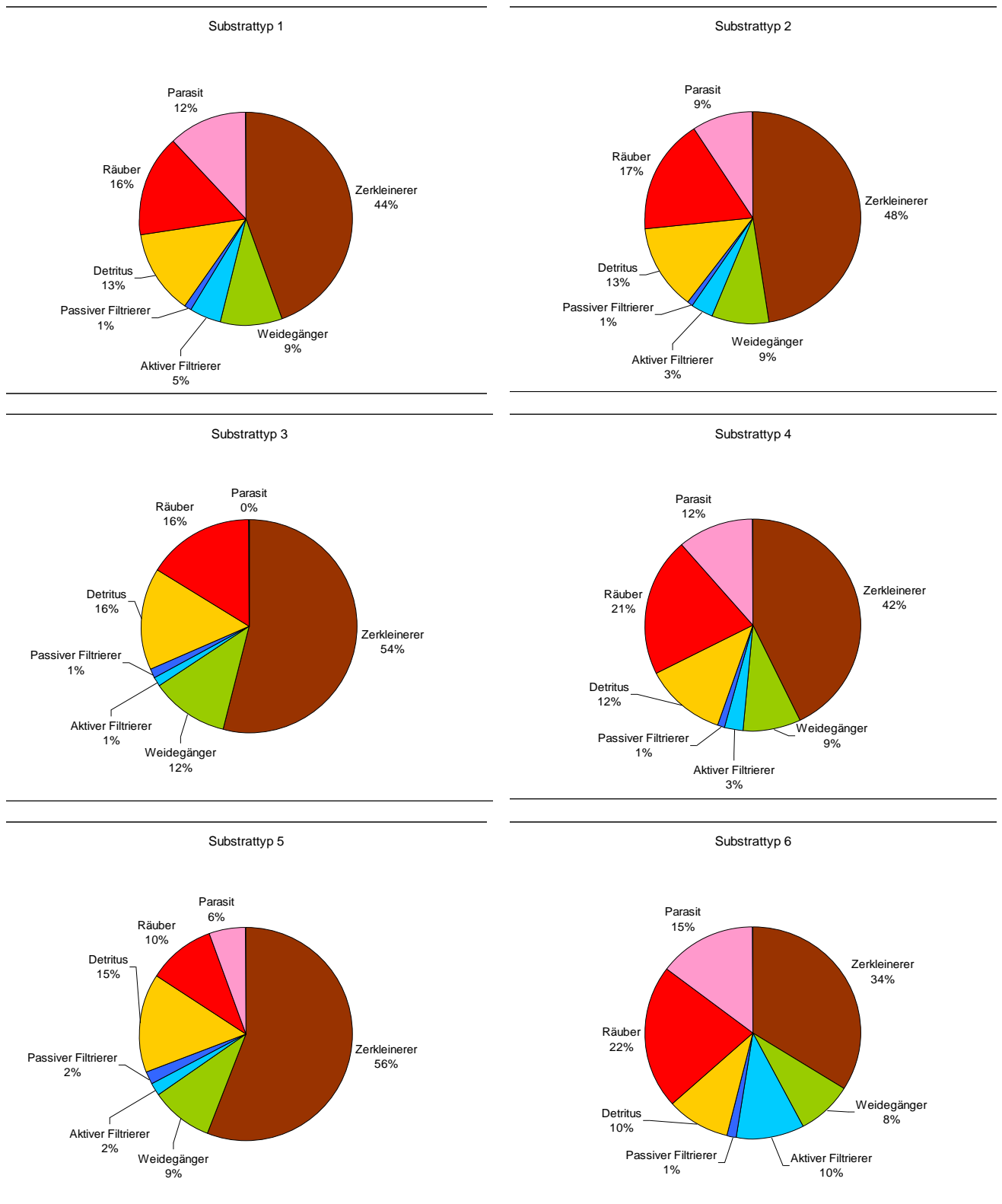


Abbildung 22: Anzahl der Werte der Ernährungstypen (in allen vier Mesokosmen – ohne Chironomidae) für das Untersuchungsjahr 2008 bis 2009. Die Daten nach Substrattypen geordnet. Anteile der Ernährungstypen gewichtet nach Moog (2002).

5.3.5 Mikroskalige Verbreitung

Die NMDs zeigt, dass sich Proben von AQ4 von den anderen (Abbildung 23) unterscheiden. Die faunistische Zusammensetzung ist unter den Aufwärtswanderungsquellen in den Wintermonaten am ähnlichsten. So sind die Taxa in AQ4 in den Monaten September bis März sehr ähnlich. In AQ1 bilden die Monate Oktober, November, Dezember, Februar und März in der Faunazusammensetzung eine ähnliche Gruppe. Die Auswertung zeigt eine ähnliche Verteilung der Fauna in den Monaten September bis März in AQ2. AQ3 enthält eine ähnliche Fauna von November bis März.

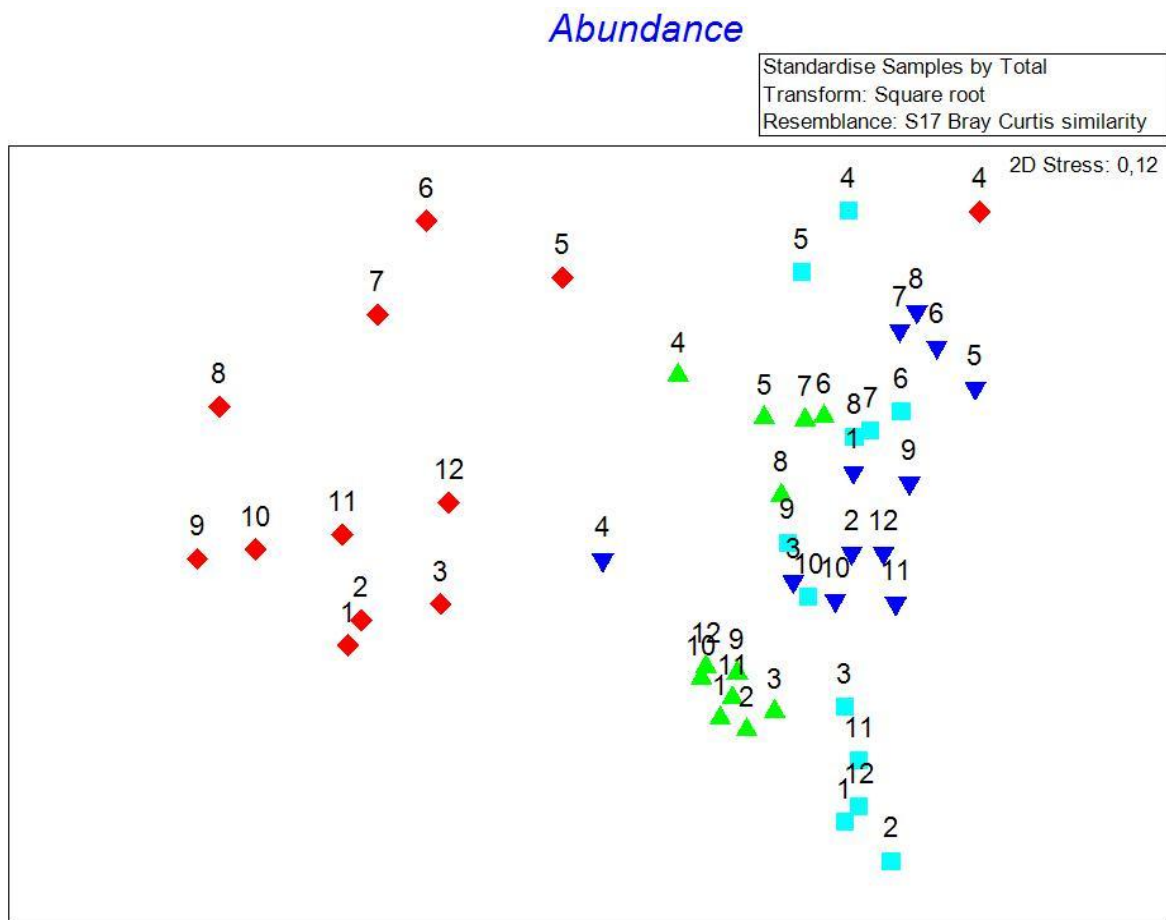


Abbildung 23: NMDs – der Aufwärtswanderungsquellen von April 2008 bis März 2009. Transformiert: Quadratwurzel; Ähnlichkeits-Matrix: Bray-Curtis-Koeffizient, Faktor: Aufwärtswanderungsquellen (▼ = AQ1; ▲ = AQ2; ■ = AQ3; ◆ = AQ4), siehe Tabelle 15 (Seite 70).

Das ANOSIM Verfahren zeigt, dass die Probenentnahmen der AQ1 und AQ2 höchst signifikant ähnlich sind (beide mit Migrationsquelle Quellbach) ($\rho = 0,124$, $p = 0,001$), besonders im Oktober und November. Die Probenentnahmen der AQ3 und AQ4 (beide mit Migrationquelle Röserenbach) weist erst ab September bis März Ähnlichkeiten auf ($\rho = 0,494$, $p = 0,001$). AQ1

und AQ2 bieten Ähnlichkeiten in monatlichen Umgebungsbedingungen ($\rho = 0,088$, $\rho = 0,001$) während AQ3 und AQ4 sich hochsignifikant unterscheiden ($\rho = 0,742$, $\rho = 0,001$).

Auch nach ANOSIM sind die monatlichen Probenentnahmen von AQ1 und AQ3 (Wanderungsstrecke 10 m; Migrationsquellen MQ1 und MQ3) sehr ähnlich ($\rho = 0,037$, $\rho = 0,001$), während AQ2 und AQ4 (Wanderungsstrecke 20 m; Migrationsquellen MQ2 und MQ4) sich hoch signifikant unterscheiden ($\rho = 0,416$, $\rho = 0,001$). Analog zeigt das ANOSIM Verfahren für Ähnlichkeit der Umweltbedingungen kaum einen Unterschied bei AQ1 und AQ3 ($\rho = 0,369$, $\rho = 0,001$), während große Unterschiede zwischen AQ2 und AQ4 in den Umweltbedingungen vorhanden sind ($\rho = 0,741$, $\rho = 0,001$).

Die NMDs der Ernährungstypen weist auf eindeutige Weise darauf hin, dass die faunistische Zusammensetzung am ähnlichsten unter Weidegängern, Zerkleinerern und Detritusfressern gegeben ist (Abbildung 24). So ist der Unterschied im Juni bei den Passiven und Aktiven Filtrierern in den Sommermonaten Juni und Juli enorm.

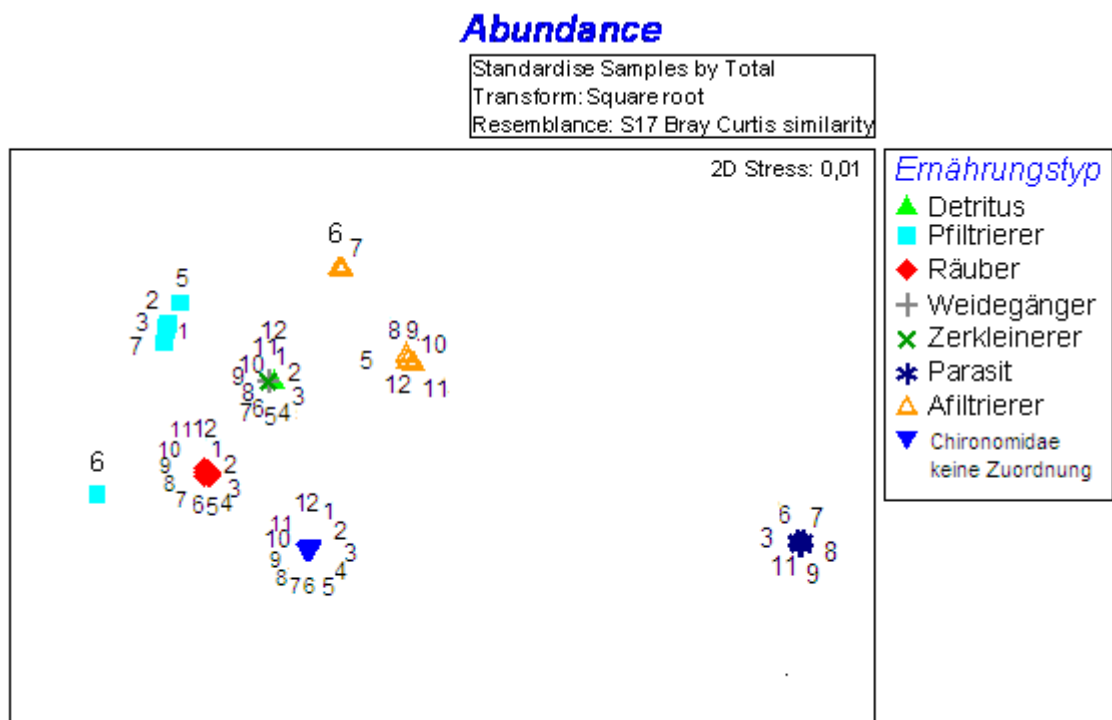


Abbildung 24: NMDs - der Ernährungstypen nach Fauna Aquatica Austriaca (Moog, 2002) von April 2008 bis März 2009. Monate in Zahlen angegeben. Transformiert: Quadratwurzel, Ähnlichkeits-Matrix: Bray-Curtis-Koeffizient.

Alle Substrattypen wurden im Laufe des Jahres besiedelt. Eine ANOSIM Analyse aller Proben durch Substrattypen gruppiert ergibt keinen statistischen Unterschied zwischen den

Populationen der verschiedenen Jahreszeiten ($\rho = 0,009$, $p = 0,001$). Die NMDs Ordination demonstriert auch eindeutig, dass Proben von April bis September sich bemerkenswert von den Proben von Oktober bis März unterscheiden und zwar in allen Substrattypen (Abbildung 25).

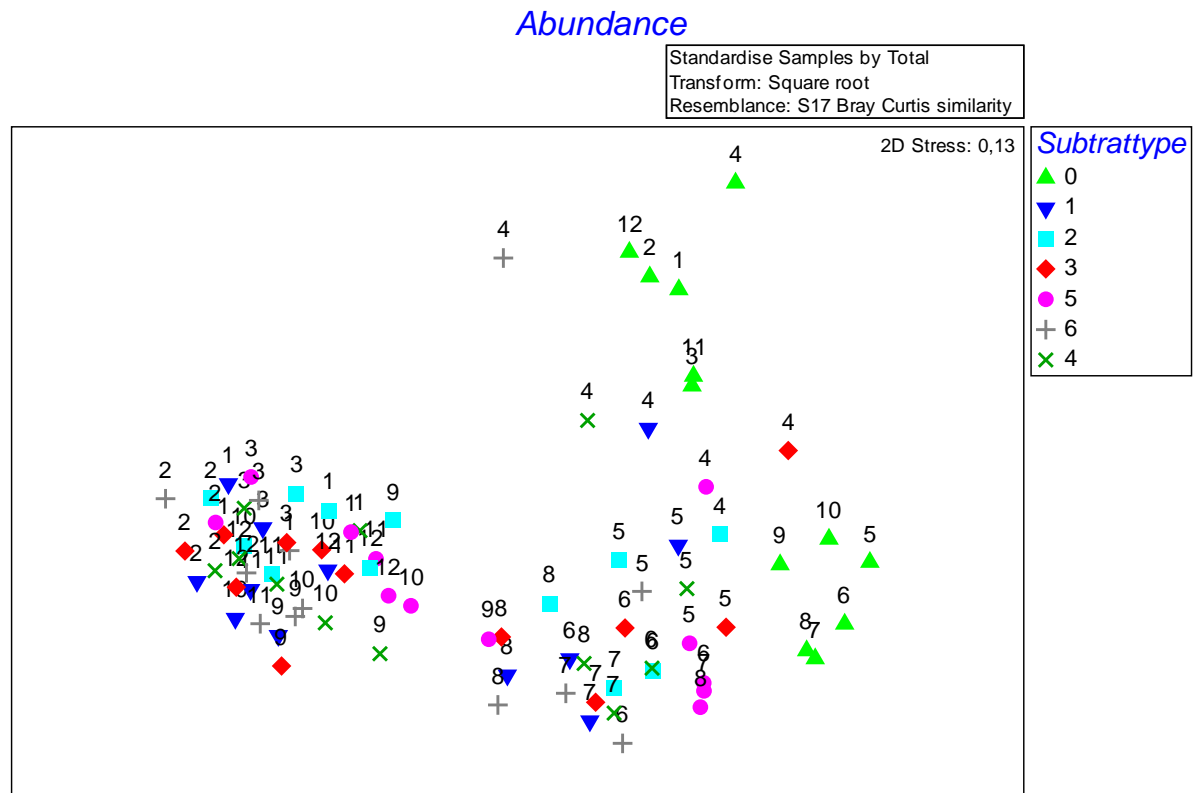


Abbildung 25: NMDs - der sechs Substrattypen auf den faunistischen Daten. Untersuchungen vom April 2008 bis März 2009. Transformiert: Quadratwurzel, Ähnlichkeits-Matrix: Bray-Curtis-Koeffizient.

Höchste Abundanzen zeigen sich am Substrattyp 5 (Steine > 10 cm, mit Totholz), besiedelt durch *Gammarus fossarum* im August (Abbildung 26, Seite 79). *Gammarus fossarum* dominiert in allen Substrattypen, daher sind die Kolonisierungsmuster für die meisten Makrozoobenthostiere sehr ähnlich (Abbildung 27, Seite 79). Die Mitglieder des Chironomidae besiedeln alle Substrattypen, aber dennoch ist eine Vorliebe für große Steine (> 10 cm) auffallend (Abbildung 28, Seite 80). Ab September zeigen die Chironomidae eine deutliche Präsenz im Substrattyp 1 (Abbildung 28). Die Substrattyppräferenz der Räuber ist nicht eindeutig ersichtlich, unverkennbar ist aber ein Anstieg der Individuenzahl während des Untersuchungsjahres (Abbildung 29, Seite 80).

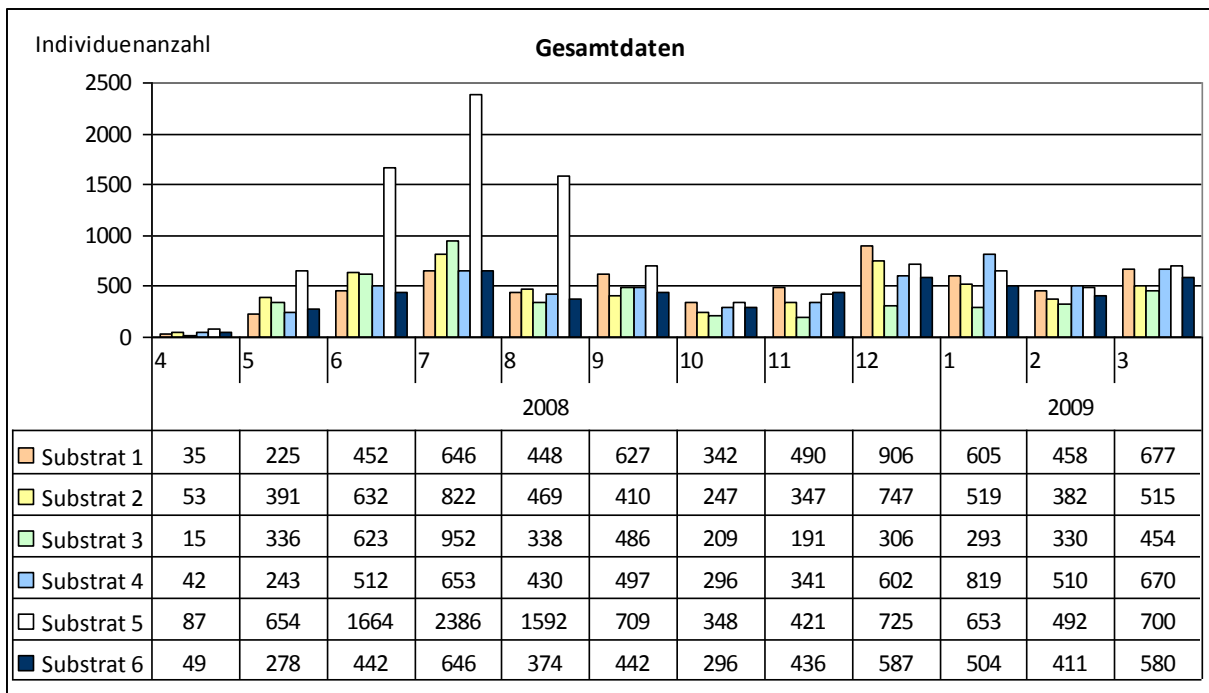


Abbildung 26: Individuen der Gesamtdaten auf 1000 cm² hochgerechnet und nach Substrattyp im Jahresverlauf geordnet.

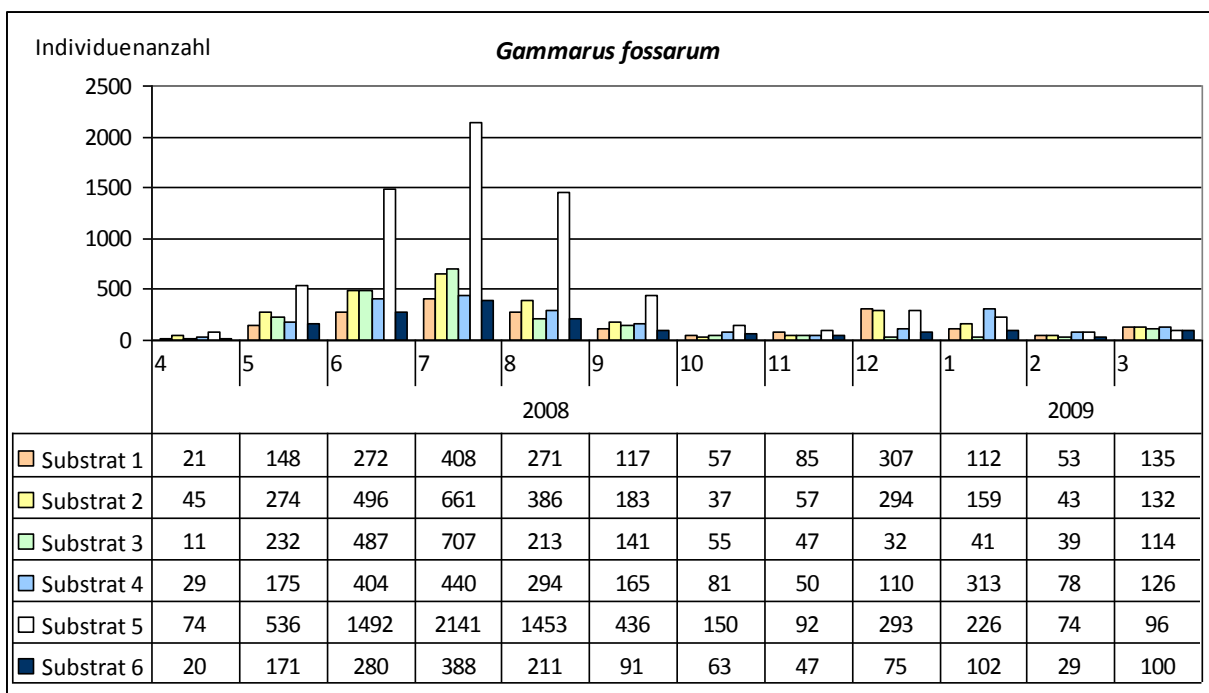


Abbildung 27: Individuenanzahl von *Gammarus fossarum* auf 1000 cm² hochgerechnet und nach Substrattyp im Jahresverlauf geordnet.

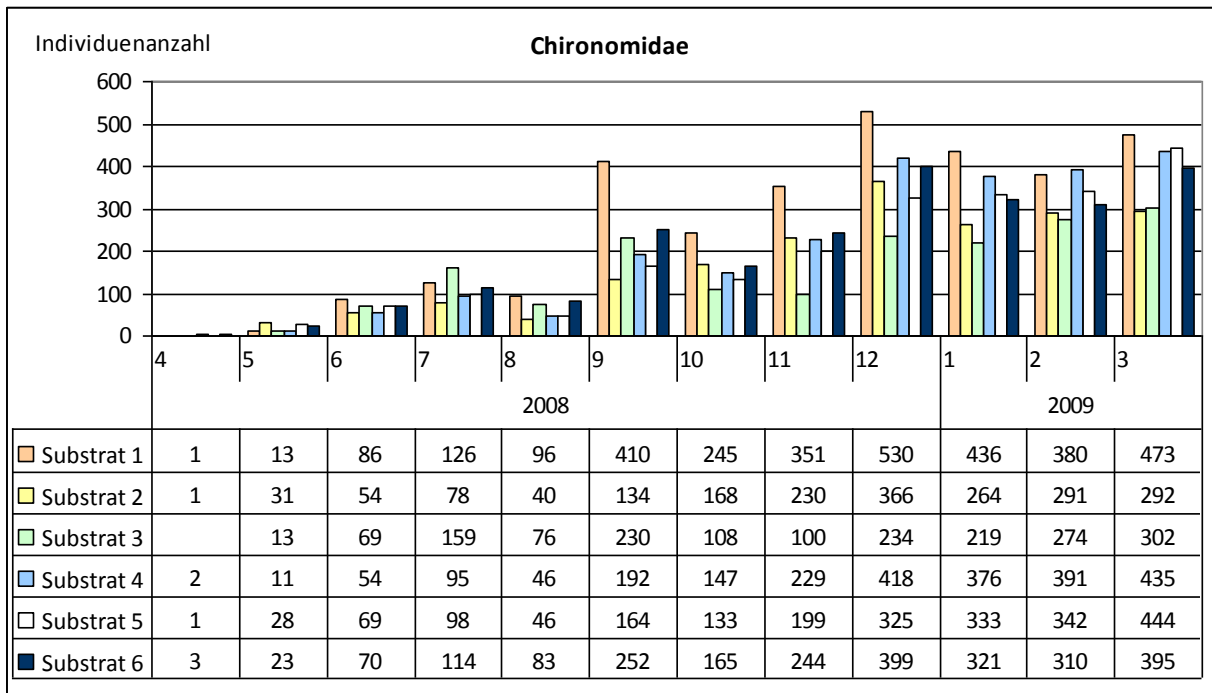


Abbildung 28: Individuenanzahl der Chironomidae, auf 1000 cm² hochgerechnet und nach Substrattyp im Jahresverlauf geordnet.

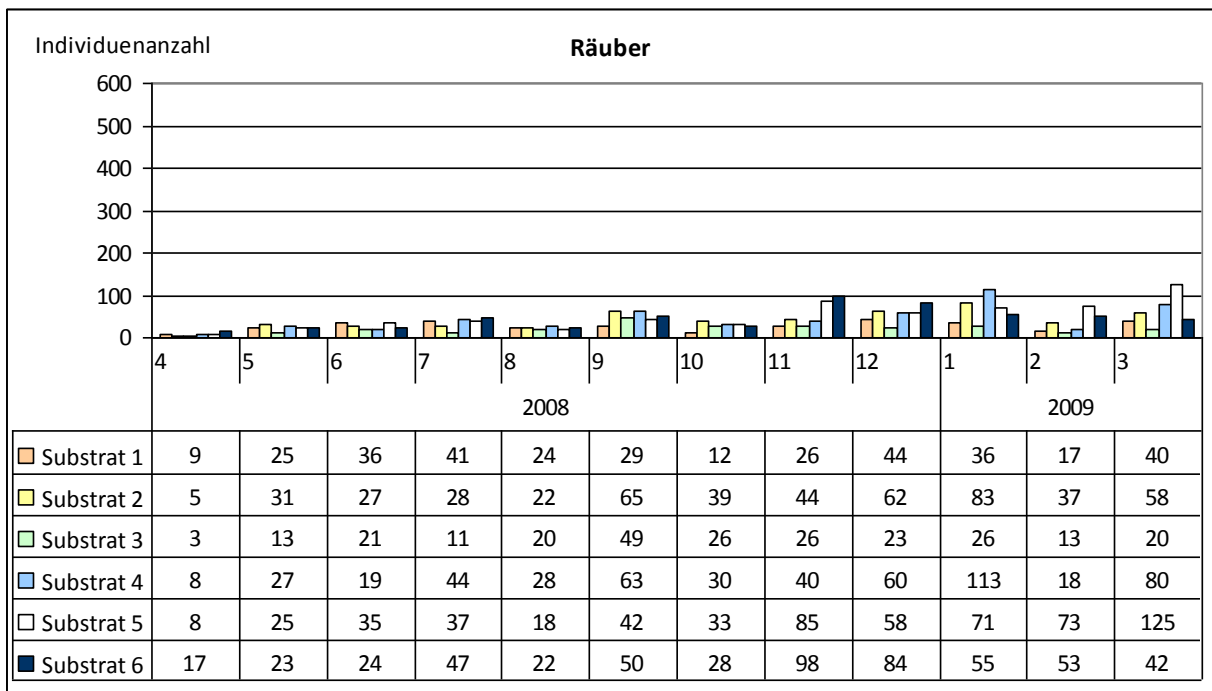


Abbildung 29: Individuenanzahl der Räuber, auf 1000 cm² hochgerechnet und nach Substrattyp im Jahresverlauf geordnet.

5.4 Diskussion

5.4.1 Diskussion zum Einsatz der Mesokosmen

Die meisten Studien beschäftigen sich mit verschiedenen Ausbreitungsbewegungen, die durch Umweltfaktoren ausgelöst werden (BISHOP & HYNES, 1969; GORE, 1979; WILLIAMS & HOGG, 1988). Die vorliegende Arbeit untersucht den Besiedelungseffekt, der durch Kolonisierung der Mesokosmen erfolgt. Im Krenal erfolgt die Verbreitung und Besiedelung von Makrozoobenthos durch Aufwärtswanderung sehr schnell (ZOLLHÖFER, 1999). Alle Makrozoobenthos-Organismen haben eine zeitliche Dynamik zur Neubesiedelung von Quellen. Die Arten, die sich auf dem Gewässerboden stromaufwärts verbreiten, sind nicht in jedem Fall hinreichend bekannt. So ist es nicht immer sicher, dass die auswärtswandernden Arten aus dem Röserenbach oder aus Quellbächen stammen. Eine Eiablage und Larvenentwicklung in den Fließrinnen ist nicht auszuschließen. Ein Beispiel dafür ist die Trichoptera *Drusus annulatus*. Eine Gallerte, circa 10 cm von der Faunabox in die Fließrinne abgelegt, entwickelte sich und die Larven, sobald sie sich einen Köcher gebaut hatten, haben die Substrattypen in den Mesokosmen besiedelt.

Der Bau von Mesokosmen im Freiland erwies sich für die Beobachtung von Aufwärtswanderung nur bedingt geeignet, da viele der eingewanderten Tiere nur temporär in den Mesokosmen blieben und jederzeit in die Migrationsquellen zurückdriften konnten. Um ausschließlich die Aufwärtswanderung zu untersuchen, stattete LEHMANN (1967) die Einwanderungsboxen mit einem Elektroschockgerät aus. Das Gerät sendet Elektroschocks für fünf Minuten im 20-Minuten-Takt aus. Das Ergebnis ist, dass die Tiere dadurch in die Mitte der Schale durch den Wasserstrom gespült und zwischen den Leitblechen im Fangsieb aufgefangen werden.

Das Ökosystem Quelle ist sehr klein und daher gegenüber anderen Fließgewässern oft sehr instabil (WILLIAMS, 1997). Zur Analyse der spezialisierten Lebensgemeinschaft zu unterschiedlichen Beobachtungszeiten wurde in regelmäßigen Abständen untersucht, aber nur jedes dritte Tier pro Taxon als Belegexemplar in 70%igem Äthanol fixiert. Dadurch wird der Artbestand der Quelle kaum beeinträchtigt. Allerdings bedeutet dieser regelmäßige Eingriff Stress für die Tiere, was ebenfalls zur Beeinträchtigung des Quellökosystems führt. ZOLLHÖFER (1999) hat pro Untersuchung im Herbst und Frühjahr in jeder Quelle zehn Proben genommen. Er hat andererseits nur wenige Belegexemplare pro Taxon in Äthanol fixiert und

die anderen gefangenen Tiere wieder in die Quelle gesetzt. Dadurch wird die Population der Quelle wenig beeinträchtigt.

Alle vier Mesokosmen sind durch Aufwärtswanderung besiedelt. Einen großen Unterschied bildet AQ4, die ihr Quellwasser direkt vom Pumphaus bezieht.

Der Einbau der Fließrinnen eliminiert jeglichen Einfluss des hyporheischen Interstitials als eine Quelle der Kolonisatoren. Nach TITTIZER et al. (1990) besitzt dieses Refugium, beziehungsweise dieser Entwicklungsstandort für viele aquatische Organismen ein erhebliches Potenzial zur Ökosystem-Regeneration nach einer Störung. Die verfügbaren Migrationsquellen und ihre Umgebung haben große Auswirkungen auf die Kolonisation. In der vorliegenden Studie unterschied sie sich in Besiedelungswegen. Erstens die Immigration aus Quellen und zweitens die aus dem Röserenbach. Natürlich kann Kolonisierung nur stattfinden, wenn die Wege zwischen Einwanderungsquellen das ganze Jahr stets passierbar sind. Alle Barrieren, wie Rohrleitungen, behindern die Wanderungsaktivitäten der Organismen und somit die Entwicklung einer ökologischen Stabilität.

5.4.2 Diskussion der abiotischen Bedingungen der Gewässer

Die Umweltparameter zwischen den natürlichen Quellen und den Mesokosmen zeigen Unterschiede. Diese sind gering in Bezug auf andere Quelltypen. Das lässt den Schluss zu, dass eine Besiedelung einer „natürlichen“ Quelle simuliert wird. Bei der Konstruktion der Mesokosmen wurde vor allem auf die Wassertemperatur geachtet. ERMAN & ERMAN (1995) haben eine stabile Quelle mit einer konstanten Wassertemperatur untersucht, deren Varianz im Jahresmittelwert unter 2 C° liegt. VON FUMETTI et al. (2007) unterscheiden rheokrene Quellen in Eukrenal und Hypokrenal aufgrund der Temperatur.

Die Wassertemperatur der Quellen zeigt deutlich, dass sie im Frühling wärmer sind als der Röserenbach. Keine großen Standardabweichungen weisen die Mesokosmen mit Quellbachanschluss auf. AQ2 und AQ3 speisen sich aus derselben natürlichen Quelle und zeigen dennoch unterschiedliche Temperaturdaten. Ende Oktober 2008 bis Anfang Januar 2009 sind durch starke Regenereignisse geprägt. AQ3 ist, durch ihre Exposition im Freiland, auch mit der Faunabox stark in Mitleidenschaft geraten. Durch einen Dammbau wurde das Hochwasser größtenteils umgeleitet. Daher entsprechen die Werte eher den Temperaturdaten des Röserenbaches. AQ4 lag im Gelände etwas höher und das Hochwasser betraf hier die Fließrinnen. In diesem Falle ist der fehlende Temperaturunterschied zum Röserenbach in der Zuleitung zu suchen. Diese verläuft unterhalb der Forststrasse von der Frenkendorfer Quellfassung bis zum Pumphaus Röserenbach. Im Pumphaus wurde das

Quellwasser nicht gemessen; darauf musste aufgrund rechtlicher Vorschriften des Lebensmittelgesetzes verzichtet werden. NQ2 wurde aufgrund ihrer geringen Schüttung für die Beobachtung nur für das Feldexperimente „Kolonisation von Mesokosmen durch Flug“, reserviert.

Die Leitfähigkeit beschreibt die Konzentration der freien Ionen und beschreibt den Gesamtsalzgehalt. Dieser liegt, nach Geologie und Boden, zwischen 100 und 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (KLEE, 1990). Diese Veränderung ist durch den Eintrag von Streusalz an der nahe gelegenen Forststrasse möglich.

5.4.3 Diskussion der Taxa und Dominanzstrukturen in den ersten drei Besiedelungsmonaten

Der wesentliche Unterschied zwischen der vorliegenden Feldstudie der Aufwärtswanderungsbewegung und verwandten Arten von Experimenten liegt in der Langzeitbeobachtung von aufwärtswandernden Organismen in vivo. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Dokumentation und Analyse der Struktur und Verteilung der neuen Kolonisation, sowohl saisonal als auch räumlich. WARD (1992) bezeichnet die Migration als typische Überlebensstrategie ohne Veränderung des Stoffwechsels. LANCASTER (1990) und WINTERBOTTOM et al. (1997) analysierten den "Mobilität Index": einen Bewegungsindex, der die Aktivität von Makrozoobenthos beschreibt.

Eine weitere Überlebensstrategie nach WARD (1992), ist mit einer deutlichen Stoffwechseleränderung und in der Regel mit einer Aktivitätseinschränkung verbunden. Studien mit nicht migrierenden Arten untersuchten MÜLLER (1970) und WÜNNENBERG (1990).

Die Primärbesiedelung hängt von der Beweglichkeit der jeweiligen Art ab. In unserer Studie sind die meisten mobilen Taxa (in der angegebenen Reihenfolge): Chironomidae, Limnephilidae und *Gammarus fossarum*. Auch ein leichter saisonaler Anstieg der Wassertemperatur führt zur erhöhten Mobilität, zum Beispiel bei *Gammarus fossarum*. Es ist denkbar, dass eine Abnahme der Wassertemperatur im Herbst den Beginn der reproduktiven Pausen bei Gammariden auslöst (LEHMANN, 1967; LADEWIG, 2004).

SALTVEIT et al. (1994) dokumentiert die höchste Individuenzahl für kaltstenotherme Chironomidae, wie zum Beispiel *Micropsectra* sp., im Juni. Eine Abhängigkeit erscheint da aber schlecht korreliert und würde noch genauere Untersuchungen erfordern. Es wurden zwar immer positive Werte berechnet, aber auch ein negativer Wert wäre ein Zeichen von Mobilität.

5.4.4 Diskussion der Taxa und Dominanzstrukturen im Jahresverlauf

Die primäre Kolonisation durch Aufwärtswanderung von Makrozoobenthos an den vier Mesokosmen fand bereits am ersten Tag mit *Gammarus fossarum* statt. Er wird in der Literatur immer wieder als klassischer r-Strategie mit großer Verbreitungsfähigkeit beschrieben. Seine stromaufwärts gerichtete Geschwindigkeit kann 37,6 m/h betragen (MEIJERING, 1972). BUTLER & HOBBS (1982) konnten keine Korrelation zwischen Aufwärtswanderung und Fließgeschwindigkeit nachweisen.

Gammarus fossarum ist bekanntlich die vorherrschende Spezies in allen Mesokosmen. Bei der Beobachtung der Fließrinnen konnte festgestellt werden, dass sich die Tiere an den Seiten der Rinnen hocharbeiten. Bei Kontrollen unter den Steinen fand sich vielerorts ein Agglomerat von Tieren, die oft bei einer Fließgeschwindigkeit von 0,29 m/s weggespült wurden. Auch wurde überlegt die Tiere mit Kongorot in den Mesokosmen zu füttern, um die einwandernden von den driftenden Tieren zu unterscheiden. Wegen der Gefahr der Verfälschung der Daten mittels Anlockung durch Futter wurde diese Idee verworfen.

Eine hohe Individuenzahl ist in den Sommermonaten im Substrattyp Steine > 10 cm mit Totholz registriert. LEHMANN (1967) fand im Jahresverlauf eine große Variation im Geschlechterverhältnis von *Gammarus fossarum*. Während die weiblichen Tiere im Sommer dominieren ist die Männchenanzahl in den Wintermonaten höher. Möglicherweise löst eine Verringerung der Wassertemperatur im Herbst den Beginn der reproduktiven Pausen in den Gammariden aus (LEHMANN, 1967; LADEWIG, 2004).

Die Primärbesiedelung hängt von der Mobilität der jeweiligen Art ab. In dieser Studie sind die am meisten mobilen Taxa (in der angegebenen Reihenfolge am ersten Untersuchungstag): *Gammarus fossarum*, *Polycelis felina* und *Ecdyonurus venosus*. Auch ein leichter saisonaler Anstieg der Wassertemperatur führt zu erhöhter Mobilität, zum Beispiel bei *Gammarus fossarum*.

LANCASTER et al. (1990) nennen *Leuctra nigra* einen langsamen Kolonisierer. Die Präsenz in den Untersuchungsergebnissen 2007 und die Absenz von Daten 2008/2009 bestätigen dies. *Crunoecia irrorata* wird nicht in der Faunabox registriert, obwohl sie im Vorjahr präsent war. Denn die konstante Schüttung ist wichtig, damit sich eine quelltypische Faunengemeinschaft ausbilden kann (DANKS & WILLIAMS, 1991). Als typische Leitart in alluvialen Rheokrenen ist ihr Fehlen ein Zeichen, dass die Schüttungsstärke für diese Trichoptere nicht optimal ist

(MALMQVIST & HOFFSTEN, 2000). Auch *Synagapetus dubitans* ist das ganze Jahr über in den natürlichen Quellen dominant: in den Mesokosmen erfolgt eine – sporadische - Besiedelung erst ab Herbst. Eine weitere Erklärung für deren spätes Auftreten ist aber auch, dass die Substrate autoklaviert wurden, so dass sich erst in der Untersuchungszeit nach und nach Nahrung für Weidegänger entwickeln konnte.

5.4.5 Diskussion zur Analyse der Fauna nach Ernährungstypen

Die Quellspezialisten gehören den unterschiedlichsten Ernährungstypen an. Mit der Ernährungstypenanalyse lassen sich Angaben zur Lebensgemeinschaft machen, denn von der Quelle bis zu Mündung ändert sich das Nahrungsangebot für das Makrozoobenthos ständig. Ist es im Quellbereich eher das Falllaub und Totholz, so ist es im Bachverlauf der Algenbewuchs und die Ufervegetation. Somit sind im Krenal durch den Eintrag allochthonen Materials hauptsächlich Filtrierer und Zerkleinerer anzutreffen (MEYER, 1995). Im Unterlauf sind eher Filtrierer und Sedimentfresser vorzufinden. Die Zerkleinerer sind in den Mesokosmen im gesamten Jahr dominierend. Während in Helokrenen die Substratfresser, Zerkleinerer und Detritusfresser vorherrschen, ist in Rheokrenen der Anteil an Weidegängern und Filtrierern größer (HAHN, 2000). Am Ende dieser Periode war die Zusammensetzung der Population noch instabil, aber Vertreter der verschiedenen funktionellen Ernährungstypen waren bereits vorhanden. Nach VON FUMETTI (2006) leben in Quellen mit einer starken Schüttung Weidegänger, während in Quellen mit schwacher Schüttung Detritivore dominieren. Anteile von Generalisten und r-Strategen waren rückläufig, die von K-Strategen und Spezialisten erhöht auffindbar (MILNER & PETTS, 1994; LODS-CROZET et al., 2001).

In der vorliegenden Studie wurde der Status quo in natürlichen Quellen zunächst 2007 erhoben und als Referenz verwendet. Der Unterschied zu den Mesokosmen war groß. Die Köcherfliege *Synagapetus dubitans* zum Beispiel war in den natürlichen Quellen dominant, besiedelte aber bis zum Herbst nicht die Mesokosmen.

Im Laufe des Jahres verringerten sich die Unterschiede zwischen den Lebensgemeinschaften, was besonders im Winter auffällig war. Die Jahreszeiten zeigten erheblichen Einfluss auf die Besiedelung der Mesokosmen. Die Art des Substrates ist ein wichtiger Faktor für den Kolonisationsprozess in Fließgewässern (SARRIQUET et al., 2007).

5.4.6 Diskussion zur mikroskaligen Verbreitung

Nach dem Modell von MILNER & PETTS (1994) ist die „Downstream“-Zonierung von Makrozoobenthosgesellschaften ein Effekt von Wassertemperatur und Gewässerstabilität.

Um Rückschlüsse auf Gewässerstabilität der Habitate zu ziehen, eignen sich als Zeigerorganismen Chironomidae (MAIOLINI & LENCIONI, 2001). Basierend auf diesem Modell zeigen LODS-CROZET et al. (2001), dass die Quelle bei einer Wassertemperatur, deren Maximum 4 °C nicht übersteigt, vor allem von Diamesinae besiedelt wird. Diese Gewässer mittlerer Stabilität werden aber auch von Orthocladiinae, Baetidae, Taeniopterygidae und Drusinae besiedelt.

Einige Arten haben bei Substratbewegungen eine große lokomotorische Aktivität, zum Beispiel *Gammarus fossarum*. Im Gegensatz dazu zeigen *Salamandra salamandra* während des Metamorphosestadiums (SEMLITSCH, 1987), *Ecdyonurus venosus* (Ephemeroptera) (KELLER, 1975) und köchertragende Trichoptera während der Untersuchung und bei Berührung kein Fluchtverhalten. In den Faunaboxen und Dachrinnen konnte aber ein Erkundungsverhalten festgestellt werden.

Eine Schwankung in Abundanz und Substrattyppräferenz ist im Untersuchungsjahr zu beobachten.

Dies erlaubt eine Zuordnung zu folgenden zwei Typen:

Typ A) Das Taxon wird in allen Substrattypen nachgewiesen. Neben den Larven von Chironomidae sind dies auch Trichoptera (Limnephilidae). Bei den Chironomidenlarven erfolgt eine Besiedelung aller Substrate (ROSSER & PEARSON, 1995). Nach RAE (2004) ist die Wahl der Substratgröße von der Körpergröße abhängig: durch die großen Poren steht dem Individuum auch ein größerer Lebensraum zur Verfügung (RAE, 2004). Mit über 15.000 Arten weltweit und etwa 1.200 europäischen Arten sind die Chironomidae aber nicht nur die artenreichste Familie des Süßwassers überhaupt sondern auch die artenreichsten Bewohner der Fließgewässer. Chironomidae stellen eine ernährungsphysiologische Gruppe dar, die alle Substrate mehr oder weniger gleichmäßig besiedelt.

Type B) Das Taxon kommt in allen Substrattypen vor aber wechselt den Substrattyp im Jahr. Hierher gehört *Gammarus fossarum*, die dominanteste Art im Substrattyp > 10 cm mit Totholz. Erschwert wird die Migrationsverbreitung der Organismen durch den Inselcharakter

der großen Steine in den Dachrinnen bei zu geringer Schüttung. Das geschieht in den Sommermonaten in NQ1, an die noch zusätzlich Mesokosmen (siehe Kapitel 6, Seite 88) angeschlossen wurden. Aber der Eintrag von organischem Material (Laub und Totholz) durch das Umland begünstigt einen „bottom-up effect“ bei einer Wiederbesiedelung (WALLACE et al., 1997). Dass der Einfluss des chlorierten Wassers, das durch den Überlauf vom Pumphaus in den Röserenbach gelangt, oberhalb der Migrationsquellen MQ3 und MQ4, einen Einfluss auf die Besiedelung hat, wird ausgeschlossen (LAYTON & VOSHELL, 1991).

Dugesia gonocephala, *Oligochaeta* (unbestimmt), *Bythiospeum* spp., *Ecdyonurus venosus*, *Rhithrogena* spp., *Isoperla* spp., *Scirtidae* spp., *Drusus annulatus*, *Melampophylax mucoreus*, Empididae (unbestimmt) und Limoniidae (unbestimmt) sind vom Röserental in die Fließrinnen bis in die Faunaboxen gewandert.

5.5 Schlussfolgerungen

Das Feldexperiment „Kolonisation von Mesokosmen durch Aufwärtswanderung“ macht klar, dass die Frage nach dem Zeitpunkt eines abgeschlossenen Kolonisierungsprozesses anhand der aktiven, stromaufwärts gerichteten Wanderung sehr komplex ist. Die eingewanderten Arten stimmen nicht vollständig mit der Artenliste der natürlichen Quellen aus dem Vorjahr überein. Daher ist eine große Artenvielfalt in der Immigrationsquelle eher als Besiedlungsbeginn zu betrachten und noch keine Garantie für eine rasche und stetig fortschreitende Kolonisierung.

Die Ergebnisse zeigen, dass der zeitlich optimale Untersuchungsbeginn für die Erfassung einer neu entstandenen Quelle im Sommer liegt. Ein Nachteil dieser Freilanduntersuchung ist, dass sie nicht wiederholbar ist, da jeder Mesokosmos individuell besiedelt wird. Dennoch erfolgt die Besiedlung in einer bestimmten Reihenfolge. Der Idealzustand - Präsent-/Absenttaxa in den natürlichen Quellen - wurde in den Mesokosmen selbst nach einem Jahr nicht erreicht. Das heißt, dass nach einer Störung beziehungsweise einem Nachbau der „Soll“- Zustand alleine durch Aufwärtswanderung nicht erreicht werden kann. Acht Arten besiedelten die Mesokosmen nicht. Besonders die Absenz der Köcherfliege *Crunoecia irrorata* zeigt, dass eine laufende Störung einen Einfluss auf die Neubesiedlung hat. Bei der Aufwärtswanderung stellen sich sehr schnelle Besiedlungserfolge vor allem bei Generalisten, r-Strategen, aber auch bei einzelnen K-Strategen ein. Das Besiedlungsmuster nach einer Nullserie ist sehr stark vom Vernetzungsgrad und den stabilen Lebensgemeinschaften im Umland abhängig. An ihr konnte eine niedrige Individuenanzahl aber ein Ansteigen der Taxazahl beobachtet werden.

6 Besiedelung steriler Quelllebensräume durch flugfähige Stadien der Familie Chironomidae

6.1 Einleitung mit den zu testenden Hypothesen

Viele quellökologische Studien befassen sich mit den einzelnen Quellbewohnern als Indikatoren für den Zustand einer Quelle (BORNHAUSER, 1913; THIENEMANN, 1924; STINY, 1933; GEIJSKES, 1935; KÜRY, 1991; ZOLLHÖFER 1997; BOTOSANEANU, 1998; LINDEGAARD et al., 1998; SMITH et al., 2003). Diese wissenschaftlichen Arbeiten umfassen neben den Inventaren der Quellbewohner auch gewässermorphologische Daten.

Viele Köcherfliegenarten (Trichoptera) sind brauchbare Indikatoren für eine Reihe von Umweltfaktoren (GRAF et al., 2002). Eine besonders bekannte Gattung ist *Crunoecia*. (So heißt übrigens auch die Zeitschrift der Gesellschaft für Quellökologie und Quellschutz.)

Die Zuckmücken (Chironomidae) eignen sich in vielen Fällen sehr gut als Zeigerorganismen. Die in mehreren Publikationen und Internetartikeln erwähnte Zahl von 5.000 Arten weltweit dürfte eher eine untere Grenze darstellen. Bei einer Schätzung kommen Kenner viel mehr auf circa 15.000 Arten (ARMITAGE et al., 1995). Die Chironomidae sind jedenfalls die artenreichste Insektenfamilie der Fließgewässer (zum Beispiel PLATZER-SCHULTZ, 1974). Auch in der gut dokumentierten Liste der österreichischen Gewässertiere (Fauna Aquatica Austriaca) repräsentieren die Zuckmücken die Gruppe mit der höchsten Artenvielfalt (MOOG, 2002). Es gibt kaum einen Süßwasserlebensraum den sie nicht bewohnen. Unter den *Diamesa*-Arten (Diamesinae) dringen mehrere Arten bis in die Gletscherbäche, ja sogar bis unter das Eis der Gletschertore, aber auch in stehende Gewässer der nivalen Zone vor. Clunioninae (etwa *Thalassomyia*) und einige *Tanytarsini* (besonders *Pontomyia*) besiedeln sogar das Salzwasser, wobei die letztgenannte Gattung bis in 30 m Tiefe von Korallenriffen vordringen kann.

Terrestrische Arten kommen vor allem in der Unterfamilie Orthoclaadiinae (hauptsächlich Tribus Metriocnemini) vor (CRANSTON, 1995).

Bekannte klimatische und ökologische Rekorde werden ebenfalls durch CRANSTON (1995) zusammengefasst. Im Gletscherbereich des Himalayas werden noch bei 5.600 m Seehöhe Chironomidae angetroffen. Larven von *Sergentia* leben im tiefsten und ältesten See der Welt, dem Baikalsee, noch im Abyssal von über 1.000 m Tiefe. Im Hazensee, auf Ellesmere Island (81° 49' N), existiert noch eine ziemlich diverse Zuckmückengemeinschaft.

Quellchironomidae sind eine aussagekräftige Faunenkomponente, über die es wenige Studien gibt. Ihr Lebenszyklus beginnt natürlich mit dem Eistadium, welches, nach THIENEMANN'S

Angaben (1954), je nach Wassertemperatur 2,5 bis 6 Tage dauert. Dies ist jedoch eine zu große Vereinfachung, da Eier, je nach der Temperatur, auch bedeutend länger für ihre Entwicklung brauchen können, etwa bis zu 119 Tage (PINDER, 1995).

Die Eizahl pro Gallerte beträgt bei kleineren Arten 20 - 30, bei größeren circa 2.000 Eier (THIENEMANN, 1954; PINDER, 1995). Nach dem Eistadium folgen vier Larvenstadien, wobei das vierte Stadium meist am längsten dauert und daher wissenschaftlich am besten dokumentiert ist. Fast selbstverständlich ist die männliche Imago generell das am besten bekannte Stadium, während die weibliche Imago wohl erst durch die Initiative SÆTHERS (1977) mit größerer Aufmerksamkeit behandelt worden ist. Bald nach der Kopulation findet die Eiablage auf der Wasseroberfläche statt.

Natürlich findet die Eiablage auch an Quellen und Quellbächen statt. Diese Art der Besiedelung von Quelllebensräumen ist durch ontogenetisch fixierte Faktoren beeinflusst (BRITTAIN & EIKELLAND, 1988). Die Entfernung, Ursprungsquelle der Kolonisatoren, Wassertemperatur und Substratzusammensetzung, Schüttung, Gewässertiefe und Fließgeschwindigkeit üben dabei großen Einfluss aus (BISHOP & HYNES, 1969; GORE, 1979; BRITTAIN & EIKELLAND, 1988; WILLIAMS & HOGG, 1988).

Die vorliegende Arbeit analysiert die Präsenz von Chironomidae, die – im Regelfall auf Artniveau bestimmt - in ihrer räumlichen und jahresperiodischen Verteilung in einer künstlichen Quelle nachweisbar sind. Die Studie untersucht die Besiedelung einer Quelle über den Besiedelungsweg der Eiablage durch Adulttiere anhand der Larven. Dafür wurden im Freiland Mesokosmen für ein ganzes Untersuchungsjahr konstruiert. Diese acht Quellen werden zu unterschiedlichen Zeitpunkten eingerichtet. Vier davon fließen zwölf Monate und beginnen im Frühjahr. Die restlichen vier werden drei Monate später, im Sommer, installiert. An den Mesokosmen werden 14-tägig die Fauna aufgenommen und die physikochemischen Parameter analysiert. Mit den erhobenen Daten wird ein Überblick über die Mesokosmen und ihre Chironomidenarten geboten: Welche Chironomidae besiedeln neu entstandene Quellen? Ab wann kolonisiert eine Art eine Quelle und hat diese eine Präferenz beim Besiedelungsbeginn, im Substrattyp und Gewässertiefe? Ist der Entstehungszeitpunkt einer Quelle ausschlaggebend für ihre Besiedelung durch Chironomidae?

Es gilt folgende Hypothesen zu testen:

- f) Die Dynamik in Struktur und Funktion der Lebensgemeinschaften von solchen neugeschaffenen Lebensräumen resultiert aus unterschiedlichen Fähigkeiten von Chironomidae zur Neubesiedelung von Quellen.

=> Dazu werden zu zwei verschiedenen Jahreszeiten je vier künstliche Quellen im Freiland installiert. Die Makrozoobenthosbesiedelung, die durch die Eiablage der Chironomiden stattfindet, wird ein Jahr lang dokumentiert.

Ziel ist es, zu testen, ob die Ermittlung einer Besiedelungspräferenz, geordnet nach Species, für die oben genannten Fragestellungen anwendbar ist.

6.2 Methoden

Der Versuch „kleinräumige Verbeitung der Familie Chironomidae“ wurde in zwei Serien aufgeteilt. Die 1. Serie mit vier Mesokosmen (F1 – F4) wurde zwischen 18. April 2008 und 23. März 2009 durchgeführt. Hier fanden die Probenentnahmen in den ersten drei Wochen fünfmal pro Woche statt, danach nur noch 14-tägig. Die 2. Serie mit vier Mesokosmen (f1 – f4) startete am 30. Juni 2008 und endete am 6. April 2009; die Probenentnahmen fanden 14-tägig statt (siehe Kapitel 3.2, Seite 17).

Bei jeder Makrozoobenthosbesammlung wurden Lufttemperatur, Wassertemperatur, Leitfähigkeit, pH-Wert, Sauerstoffgehalt, Gewässertiefe und Strömung dokumentiert. Zusätzlich wurden einmal im Monat an jeder Probestelle Gesamthärte und Karbonathärte gemessen (siehe Kapitel 3.2.2, Seite 17).

Die Mesokosmen F1, F2, f1 und f2 wurden mit Wasser aus der natürlichen Quelle NQ1 gespeist; F3 und f3 von NQ2, F4 und f4 von NQ3 (siehe Abbildung 9, Seite 29). In Kapitel 3.5 (Seite 29) ist der Versuchsaufbau der Mesokosmen ausführlicher beschrieben. Die Statistik zu dieser Quellenuntersuchung ist im Kapitel 3.6.3 (Seite 36) dargelegt.

Für die Bearbeitung der ökologischen Schwerpunkte innerhalb der einzelnen Arten wird eine Literaturanalyse durchgeführt. Die Angaben über Ernährungstyp und längenzonale Verteilung nach biozönotischen Regionen wird aus der Fauna Aquatica Austriaca entnommen (JANECEK et al., 2002 a - c). Angaben zur Verbreitung sind SÆTHER & SPIES (2004) und STUR & WIEDENBRUG (2006) entnommen. Aussagen zur Ökologie der einzelnen Arten leiten sich aus der jeweiligen angeführten Literatur, sowie eigenen Beobachtungen ab.

6.3 Resultate

6.3.1 Abiotische Bedingungen der Gewässer

Die Jahreslufttemperatur variiert im Untersuchungsjahr 2008/2009 von 1,6 bis 21,9 °C. Im Sommer ist die Lufttemperatur höher als die Wassertemperatur, im Winter ist die Umgebungstemperatur erwartungsgemäß niedriger als die Wassertemperatur, was für alle natürlichen Quellen und Mesokosmen gilt (Abbildung 30). Die Wassertemperaturdaten zeigen in den Faunaboxen beinahe übereinstimmende Werte mit denen der natürlichen Quellen. Ausnahmen sind F1 und F2 im Januar, Februar und März. Die Mesokosmen sind bis zu 2 °C kälter als NQ1.

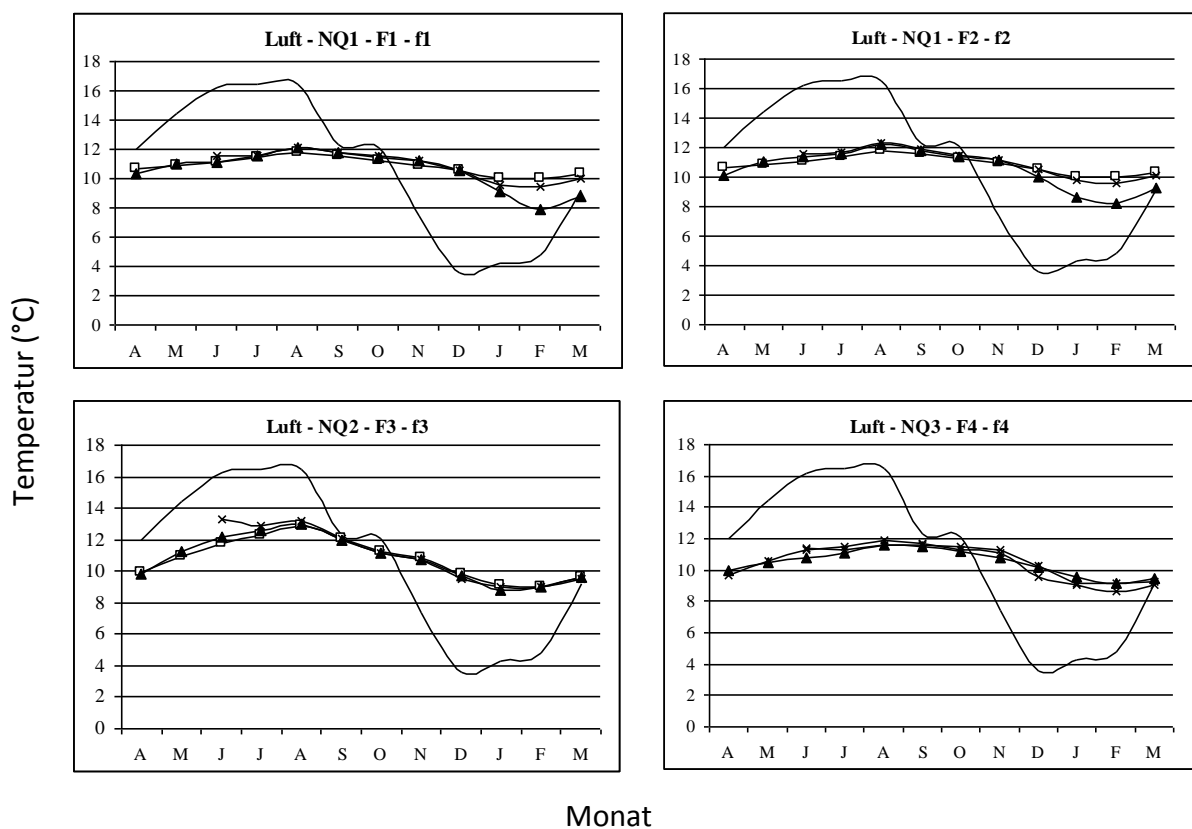


Abbildung 30: Monatliche Mittelwerte der Lufttemperatur (—) und Wassertemperatur in den künstlichen Quellen 1. Serie (F; ▲), 18. April 2008 bis 23. März 2009 und der 2. Serie (f; ×), 30. Juni 2008 bis 6. April 2009 und natürlichen Quellen (NQ; □)

Die Umweltparameter dienen auch zur schnellen Kontrolle der Mesokosmen sowie ihrer Installation und zeigen, ob Reparaturen notwendig sind (Tabelle 16, Seite 92). In den Mesokosmen liefern die Umweltparameter der 1. und 2. Serie nahezu identische Werte wie in jenen natürlichen Quellen, aus denen sie gespeist werden. Ausnahme ist der Sauerstoffgehalt, der in den Mesokosmen beider Serien deutlich niedriger ist, vor allem in f3.

Alle Mesokosmen haben Jahresmittelwerte der Tiefen von über 3 cm. Aufgrund der Daten der (Vorjahres)-Untersuchung 2007 soll in den Mesokosmen eine Gewässertiefe von circa 2 - 3 cm eingehalten werden. Die Gewässertiefe ist freilich, je nach Faunabox, in unterschiedlichem Maße von den Witterungsverhältnissen und somit vom Abfluss abhängig. Während und nach Niederschlägen sind in den Mesokosmen erhöhte Gewässertiefewerte zu messen, da die Ausflussgaze durch einen Satz von Feinsubstraten einen gleichbleibenden Abfluss verhindert (siehe Abbildung 11, Seite 32).

Die Auswertung der Fließgeschwindigkeit zeigt, dass die Werte aller Mesokosmen unter 0,8 m/s liegen. In F4 und f3 wurde eine mittlere Jahres-Fließgeschwindigkeit von unter 0,1 m/s festgestellt.

Der Jahresmittelwert der Schüttung NQ1 beträgt 9,52 l/min (Minimum/Maximum: 1,22 - 32,84 l/min). In der NQ2 liegt der Jahresmittelwert bei 3,68 l/min (Minimum/Maximum: 0,78 - 14,08 l/min). In NQ3 ist der Jahresmittelwert 10,09 l/min (Minimum/Maximum: 3,40 - 29,70 l/min).

Vergleicht man die Umweltparameterdaten mit 2007 (siehe Tabelle 7, Seite 40), zeigen NQ1 und NQ3 kongruente Werte im pH, Sauerstoff und in der Wassertemperatur. Deutliche Unterschiede zeigen die Daten in der Leitfähigkeit und der Schüttung.

2007 ist die Leitfähigkeit in NQ1 um 136,90 µS/cm, in NQ2 um 139,79 µS/cm und in NQ3 um 125,33 µS/cm niedriger. Die Schüttung ist in diesem Jahr in NQ1 um 4,77 l/min, in der NQ2 um 1,76 l/min und in NQ3 mit 3,43 l/min niedriger als im Jahr 2008/2009.

Tabelle 16: Jahresmittelwert der Umweltparameter, gemessen 1. Serie (F1 - F4, NQ1, NQ2 und NQ3), zwischen 18. April, 2008 bis 23. März, 2009 und 2. Serie (f1 – f4), vom 30. Juni, 2008 bis 6. April 2009; Standardabweichungen in Klammern (Abkürzungen siehe Abbildung 9, Seite 29).

Quelle	Wasser-temperatur [°C]	Leitfähigkeit [µS/cm]	pH	Sauerstoff [%]	Wasser-tiefe [cm]	Fließ-geschwindig-keit [m/s]	Gesamt-härte [°dH]	Karbonat-härte [°dH]
NQ1	10.9 (0.5)	579.40 (25.31)	7.2 (0.1)	95.68 (14.20)	-	-	15.22 (0.69)	13.52 (0.35)
F1	10.6 (1.0)	580.07 (22.00)	7.3 (0.2)	91.10 (13.39)	4.2 (1.0)	0.22 (0.27)	15.04 (1.62)	12.87 (1.09)
f1	10.9 (0.9)	577.74 (18.79)	7.2 (0.2)	89.21 (7.90)	3.9 (0.8)	0.11 (0.19)	15.36 (0.72)	13.60 (0.88)
F2	10.5 (1.0)	581.26 (16.62)	7.3 (0.2)	88.57 (17.58)	4.7 (1.1)	0.11 (0.20)	14.89 (0.74)	13.35 (0.81)
f2	11.0 (0.9)	577.89 (17.33)	7.2 (0.2)	91.68 (10.08)	3.2 (1.2)	0.19 (0.24)	15.31 (0.48)	13.69 (0.98)
NQ2	10.8 (1.4)	577.79 (16.18)	7.2 (0.2)	94.48 (12.10)	-	-	15.64 (0.76)	13.47 (0.73)
F3	10.7 (1.3)	578.05 (17.71)	7.3 (0.2)	83.19 (13.88)	4.1 (0.8)	0.06 (0.15)	15.11 (0.85)	13.40 (0.87)
f3	10.6 (1.0)	574.37 (23.04)	7.3 (0.2)	77.42 (19.05)	3.1 (0.5)	0.01 (0.05)	15.78 (0.86)	13.84 (0.87)
NQ3	10.5 (0.6)	546.13 (27.25)	7.3 (0.2)	91.14 (11.12)	-	-	14.65 (0.70)	13.15 (1.03)
f4	10.6 (1.0)	545.30 (25.74)	7.4 (0.2)	83.24 (17.80)	3.7 (1.3)	0.16 (0.21)	14.67 (0.91)	12.76 (0.65)
F4	10.3 (1.0)	548.42 (23.00)	7.2 (0.2)	85.37 (8.72)	4.6 (1.0)	0.07 (0.16)	14.67 (0.85)	13.02 (0.85)

6.3.2 Taxazahlen und Dominanzstrukturen im Jahresverlauf

Insgesamt wurden 9.209 Individuen des Makrozoobenthos, davon 7.649 Chironomidae dokumentiert. Unter den Chironomidae wurden vier Unterfamilien mit zusammen 44 Arten, beziehungsweise Taxa, nachgewiesen (Tabelle 17). Die Daten setzen sich vor allem aus Larven- aber auch aus Puppennachweisen zusammen. Die Artenanzahl der Orthoclaadiinae ist mit 19 am höchsten. Artenarm sind die Prodiamesinae, bei denen nur die sehr verbreitete *Prodiamesa olivacea* zum Nachweis gelangte. Im Feldexperiment wurden die Mesokosmen zu unterschiedlichen Zeiten im Untersuchungsjahr installiert. Die Boxen sind in zwei Serien geteilt. Die 1. Serie wurde von 18. 4. 2008 bis 23. 3. 2009 untersucht. Diese Serie beinhaltet 4.689 Individuen, das ist eine Taxazahl von 36, dokumentiert in 46 Untersuchungstagen. Die 2. Serie startete am 30. 6. 2008 und dauerte bis 6. 4. 2009; hier wurden in 20 Untersuchungstagen 2.960 Individuen aus 38 Taxa notiert (Abbildung 31, Seite 94). Die Chironominae sind mit 5.291 die individuenreichste Unterfamilie (Abbildung 32, Seite 94). Das liegt vor allem an der *Microtendipes pedellus*-Gruppe (eine unter den weder artenreichen noch besonders häufigen Chironomini) und an *Micropsectra radialis* (unter den recht artenreichen Tanytarsini), die hier dominieren.

Tabelle 17: Taxaliste

Tanypodinae
<i>Ablabesmyia (Ablabesmyia) phatta</i> (EGGER 1863)
<i>Apsectrotanypus trifascipennis</i> (ZETTERSTEDT 1838)
<i>Conchapelopia pallidula</i> (MEIGEN 1818)
<i>Krenopelopia binotata</i> (WIEDEMANN 1817)
<i>Krenopelopia binotata/nigropunctata</i> FITTKAU 1962
<i>Macropelopia nebulosa</i> (MEIGEN 1804)
<i>Macropelopia notata</i> (MEIGEN 1818)
<i>Trissopelopia longimana</i> (STAEGER 1839)
<i>Zavrelimyia cf. signatipennis</i> (KIEFFER 1924)
<i>Zavrelimyia</i> sp.
Prodiamesinae
<i>Prodiamesa olivacea</i> (MEIGEN 1818)
Orthoclaadiinae
<i>Brillia bifida</i> (KIEFFER 1909)
<i>Chaetocladius (Chaetocladius) cf. dentiforceps</i> (EDWARDS 1929)
<i>Chaetocladius (Chaetocladius) piger</i> (GOETGHEBUER 1913)
<i>Chaetocladius (Chaetocladius) vitellinus</i> -Gruppe (KIEFFER 1908)
<i>Chaetocladius (Chaetocladius) perennis</i> (MEIGEN 1830)
<i>Corynoneura cf. lobata</i> EDWARDS 1924
<i>Eukiefferiella brevicar</i> (KIEFFER 1911) aggregat
<i>Heleniella ornatocollis</i> (EDWARDS 1929)
<i>Heleniella serratosioi</i> RINGE 1976
<i>Limnophyes</i> spp.
<i>Metriocnemus (Metriocnemus) fuscipes</i> (MEIGEN 1818)
<i>Parametriocnemus boreoalpinus</i> GOWIN & THIENEMANN 1942
<i>Parametriocnemus cf. stylatus</i> (SPARCK 1923)
<i>Paraphaenocladus impensus</i> (WALKER 1856)

<i>Paratrissocladius excerptus</i> (WALKER 1856)
<i>Psectrocladius sordidellus/limbatellus</i> -Gruppe
<i>Rheocricotopus (Rheocricotopus) effusus</i> (WALKER 1856)
<i>Rheocricotopus (Rheocricotopus) fuscipes</i> (KIEFFER 1909)
<i>Tvetenia calvescens</i> (EDWARDS 1929)
Chironominae
Fragment
<i>Krenopsectra fallax</i> REISS 1969
<i>Micropsectra apposita/notescens</i> (WALKER 1856)
<i>Micropsectra roseiventris</i> (KIEFFER 1909)
<i>Micropsectra notescens</i> (WALKER 1856)
<i>Micropsectra pallidula</i> MEIGEN 1830
<i>Micropsectra radialis</i> GOETGHEBUER 1939
<i>Microtendipes pedellus</i> -Gruppe (DE GEER 1776)
<i>Polypedilum (Polypedilum) albicorne</i> (MEIGEN 1838)
<i>Polypedilum (Polypedilum) pedestre</i> (MEIGEN 1830)
<i>Polypedilum</i> sp.
<i>Stempellinella brevis</i> (EDWARDS 1929)
<i>Stempellinella flavidula</i> (EDWARDS 1929)
Tribe Tanytarsini

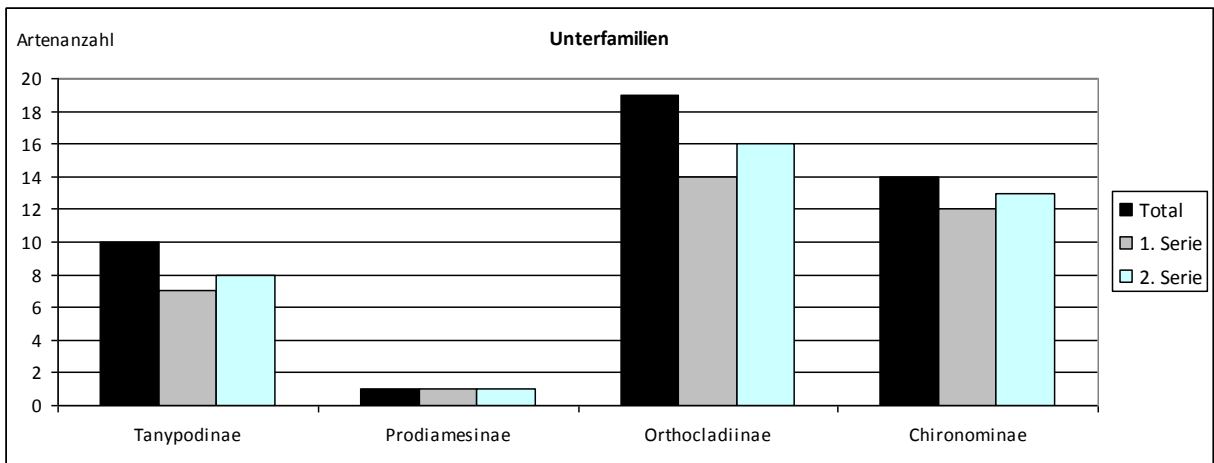


Abbildung 31: Artennachweis der Larven- und Puppdaten, geordnet nach Unterfamilien und Serien.

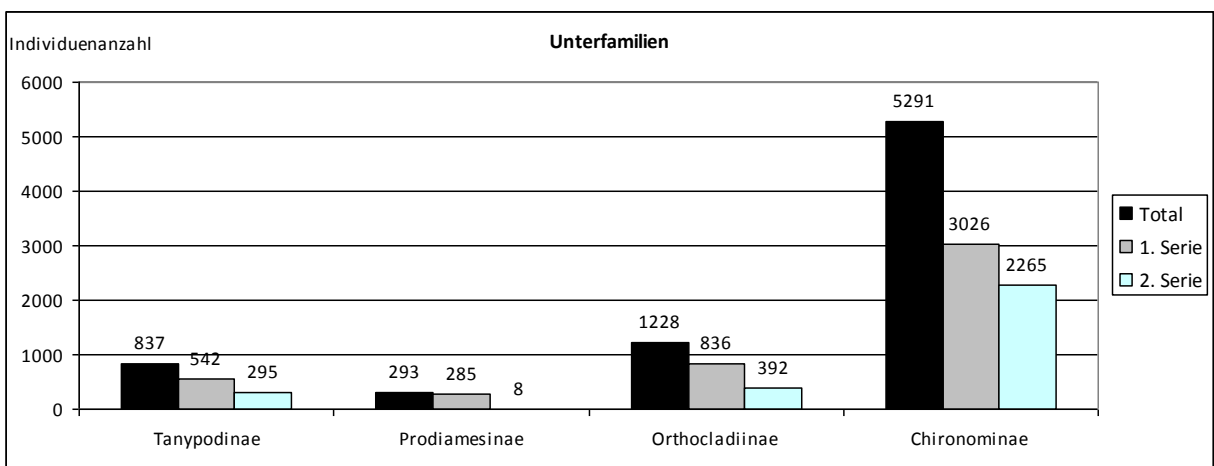


Abbildung 32: Individuennachweis der Larven- und Puppdaten, geordnet nach Unterfamilien und Serien.

In F2 und F3 waren die ersten Larven bereits 14 Tage nach Untersuchungsbeginn anzutreffen. Der Besiedelungsbeginn der meisten Mesokosmen war der 28. Tag.

In den Mesokosmen f3 und f4 wurden keine Prodiamesinae nachgewiesen. In allen übrigen Mesokosmen fanden sich alle vier Unterfamilien. Sie sind die einzigen Mesokosmen mit 16 Arten. Bereits im April sind F2 und F3 durch Chironomidaenlarven besiedelt. Die höchste Taxazahl in den Mesokosmen der 1. Serie hat F1 im Juni, nämlich 15 Arten. In der 2. Serie hat f3 die höchsten Werte, 16 Arten im August und auch im März (Tabelle 18, Seite 95).

Tabelle 18: Individuen-/Arten-/Unterfamilienanzahl der Chironomidae. Larven- und Puppengesamtdaten nach Mesokosmen, im Jahresverlauf nach Monaten geordnet. Mesokosmen der 1. Serie graue Farbe, die der 2. Serie hellblau markiert.

Faunabox	Start 1. Serie 4	5	Start 2. Serie 6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
F1		131/9/3	123/11/3	53/9/4	57/12/4	42/9/4	51/8/3	85/11/3	132/10/3	64/9/3	30/13/3	74/10/3
f1				29/2/1	48/11/3	32/9/3	62/8/4	103/11/3	232/13/3	102/10/3	64/6/2	148/12/3
F2	5/3/1	147/7/2	65/13/3	37/10/4	31/11/4	37/8/3	96/12/4	98/12/3	221/13/3	116/12/3	26/5/2	102/12/4
f2					34/8/4	40/11/3	33/8/3	74/7/2	216/8/3	111/9/3	64/7/3	167/16/3
F3	5/1/1	130/1/1	133/8/4	432/8/4	173/12/4	102/14/4	125/10/4	209/11/4	260/11/4	90/7/3	78/12/4	99/11/4
f3				13/5/2	123/16/3	90/15/3	53/10/3	67/9/3	204/14/3	126/11/3	92/10/3	160/14/3
F4		4/2/2	55/10/3	56/8/3	54/11/4	44/12/4	80/9/3	91/6/2	273/10/2	128/9/3	83/10/3	162/13/4
f4				3/3/2	85/14/3	61/8/3	57/6/2	36/5/3	72/9/3	45/9/3	25/5/3	109/11/3

Die Auswertung der Dominanzstrukturen nach Monaten zeigt, dass die Orthoclaadiinae die Erstbesiedler sind (Tabelle 19 und Tabelle 20). Unter diesen ist die *Chaetocladius (Chaetocladius) vitellinus*-Gruppe eudominant, während *Brillia bifida* und *Chaetocladius (Chaetocladius) cf. dentiforceps* als dominant angegeben sind. Im Juni kommen auch Prodiamesinae (*Prodiamesa olivacea*) und Chironominae hinzu. Gleich zum Besiedelungsbeginn wird diese zu einer subdominanten Hauptart, ab November ist sie bis zum Untersuchungsende als Begleitart präsent. Vertreter aller vier Unterfamilien als Hauptarten sind ab August bis November zu beobachten. In den Wintermonaten gehören lediglich Chironominae zu den Hauptarten - darunter auch die *Microtendipes pedellus*-Gruppe, die sich aus mehreren Arten zusammensetzen könnte. Diese Gruppe zeigt sich in ihrer Präsenz stets als Haupttaxon, während bei anderen Arten meist ein Wechsel von Hauptart zur Begleitart und umgekehrt stattfindet.

Tabelle 19: Erklärung der Dominanzen nach ENGELMANN (1978)

Anteil der Art in %	Klassifikation	Bewertung
32,00 – 100,00	eudominant	Hauptart
10,00 – 31,99	dominant	Hauptart
3,20 – 9,99	subdominant	Hauptart
1,00 – 3,19	rezedent	Begleitart
0,32 – 0,99	subrezedent	Begleitart
< 0,32	sporadisch	Begleitart

Tabelle 20: Hauptarten ($\geq 3,20\%$ der Dominanzabundanzen) der Gesamtdaten im Jahresverlauf (April 2008 bis März 2009) ausgewertet nach ENGELMANN (1978).

April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Jänner	Februar	März
				Tanypodinae <i>Macropelopia notata</i>	Tanypodinae <i>Macropelopia notata</i>	Tanypodinae <i>Macropelopia notata</i>	Tanypodinae <i>Macropelopia notata</i>				Tanypodinae <i>Krenopelopia binotata</i> <i>Trissopelopia longimana</i> <i>Zavreliomyia cf. signatipennis</i>
		Prodiamesinae <i>Prodiamesa olivacea</i>	Prodiamesinae <i>Prodiamesa olivacea</i>	Prodiamesinae <i>Prodiamesa olivacea</i>	Prodiamesinae <i>Prodiamesa olivacea</i>	Prodiamesinae <i>Prodiamesa olivacea</i>	Prodiamesinae <i>Prodiamesa olivacea</i>			Prodiamesinae <i>Prodiamesa olivacea</i>	
Orthoclaadiinae <i>Brillia bifida</i>	Orthoclaadiinae <i>Brillia bifida</i>	Orthoclaadiinae <i>Brillia bifida</i>	Orthoclaadiinae <i>Brillia bifida</i>	Orthoclaadiinae <i>Brillia bifida</i>	Orthoclaadiinae <i>Brillia bifida</i>	Orthoclaadiinae <i>Chaetocladius (Chaetocladius) vitellinus-Gruppe</i>	Orthoclaadiinae <i>Brillia bifida</i>				Orthoclaadiinae <i>Psectrocladius sordidellus/limbatellus-Gruppe</i>
<i>Chaetocladius (Chaetocladius) cf. dentiforceps</i>	<i>Chaetocladius (Chaetocladius) cf. dentiforceps</i>	<i>Chaetocladius (Chaetocladius) vitellinus-Gruppe</i>	<i>Chaetocladius (Chaetocladius) vitellinus-Gruppe</i>		<i>Paratrissocladius excerptus</i>						
<i>Chaetocladius (Chaetocladius) vitellinus-Gruppe</i>	<i>Chaetocladius (Chaetocladius) vitellinus-Gruppe</i>										
		Chironominae <i>Micropsectra apposita/notescens</i> <i>Micropsectra radialis</i>	Chironominae <i>Macropelopia notata</i> <i>Micropsectra radialis</i>	Chironominae <i>Micropsectra pallidula</i> <i>Micropsectra radialis</i> <i>Microtendipes pedellus-Gruppe</i> <i>Polypedilum (Polypedilum) albicorne</i>	Chironominae <i>Micropsectra pallidula</i> <i>Micropsectra radialis</i> <i>Microtendipes pedellus-Gruppe</i> <i>Polypedilum (Polypedilum) albicorne</i>	Chironominae <i>Micropsectra pallidula</i> <i>Micropsectra radialis</i> <i>Microtendipes pedellus-Gruppe</i>	Chironominae <i>Micropsectra apposita/notescens</i> <i>Micropsectra pallidula</i> <i>Micropsectra radialis</i> <i>Microtendipes pedellus-Gruppe</i>	Chironominae <i>Micropsectra apposita/notescens</i> <i>Micropsectra pallidula</i> <i>Micropsectra radialis</i> <i>Microtendipes pedellus-Gruppe</i>	Chironominae <i>Micropsectra apposita/notescens</i> <i>Micropsectra radialis</i> <i>Microtendipes pedellus-Gruppe</i>	Chironominae <i>Micropsectra apposita/notescens</i> <i>Micropsectra radialis</i> <i>Microtendipes pedellus-Gruppe</i>	Chironominae <i>Micropsectra radialis</i> <i>Microtendipes pedellus-Gruppe</i> <i>Polypedilum (Polypedilum) albicorne</i>

6.3.3 Taxazahlen und Dominanzstrukturen in den Substrattypen

Bei einem Vergleich der Substrattypen zeigt sich im Substrattyp 4 und 5 der 1. Serie (Tabelle 21 und Tabelle 22) eine rasche Besiedelung. In den Substrattypen 2, 4, 5 und 6 der 1. Serie gibt es bereits ab Juni alle 4 Unterfamilien. In den Mesokosmen F3 und f4 tritt *Prodiamesa olivacea* – einzige nachgewiesene Art der Prodiamesinae - im Jahresverlauf nicht auf und somit sind nur drei Unterfamilien präsent. Die höchsten Artenzahlen in der 2. Serie finden sich im März im Substrattyp 3. Die höchste Individuenanzahl (213) wird im Dezember im Substrattyp 6 in der 1. Serie erreicht.

Tabelle 21: Erläuterung zu den Substrattypen.

Substrattyp	Substratbeschreibung
1	Steine > 10 cm
2	Steine 1 – 10 cm
3	Steine < 1 cm
4	Steine > 10 cm, mit Detritus
5	Steine > 10 cm, mit Totholz
6	Steine > 10 cm, mit Falllaub

Tabelle 22: Individuen-/Arten-/Unterfamilienanzahl der Chironomidae. Larven- und Puppengesamtdaten nach Substrattypen - im Jahresverlauf nach Monaten geordnet und in 1. und 2. Serie aufgeteilt. Faunaboxen der 1. Serie grau, die der 2. Serie hellblau markiert. (Siehe oben)

Substrattyp	Start 1.Serie 4	5	Start 2. Serie 6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
1		52/4/2	74/9/3	55/6/3	51/13/4	43/9/3	45/11/3	89/13/4	123/13/4	61/9/3	33/6/3	70/10/4
1				10/5/2	34/11/4	36/9/3	39/8/4	46/7/3	119/11/3	65/8/3	55/7/3	95/15/3
2		83/6/2	49/10/4	93/7/4	45/9/4	32/9/4	52/8/4	63/8/3	111/11/4	49/7/3	32/9/3	57/9/3
2				3/3/1	33/9/3	33/7/3	29/7/3	34/7/3	103/12/3	42/5/2	30/8/3	67/12/3
3		49/5/2	44/9/3	89/8/4	47/11/4	21/8/4	34/10/4	56/10/3	103/12/3	47/9/3	31/10/4	48/11/4
3					33/9/3	31/6/3	27/5/3	38/7/3	99/10/3	73/6/3	52/3/1	178/18/3
4	5/3/1	61/6/2	57/9/4	97/8/4	46/8/4	53/12/4	64/7/4	57/9/3	150/13/4	81/14/4	45/10/4	86/14/4
4				2/2/2	78/11/3	48/7/3	38/6/3	51/6/3	103/12/3	86/9/3	42/7/3	119/13/3
5	5/1/1	81/7/2	79/10/4	110/9/4	62/10/4	39/6/3	78/9/4	90/8/3	186/13/4	67/11/3	30/8/3	100/12/4
5				6/3/1	56/10/3	40/9/2	40/8/3	45/4/2	132/16/3	40/5/3	28/5/3	54/11/3
6		86/6/3	73/9/4	134/12/4	64/10/4	37/9/4	79/11/4	128/12/4	213/13/4	93/9/3	46/10/3	76/14/4
6				4/2/1	56/11/3	35/8/3	32/8/3	66/11/3	168/14/3	78/10/3	38/7/3	71/15/3

Die Substrattypen 1 bis 6 sind durch die Präsenz und Dominanz einzelner Chironomidae im Untersuchungsjahr bestimmt. Im Folgenden wird in jedem Substrattyp auf Hauptarten (Dominanzen nach ENGELMANN, 1978) im Untersuchungsjahr eingegangen (Tabelle 19, Seite 95).

Der **Substrattyp 1** (Steine > 10 cm) ist ab Mai durch Orthoclaadiinae, aber auch durch Chironominae besiedelt (Tabelle 23, Seite 109).

Die Orthoclaadiinae sind mit vier Hauptarten im Substrat vertreten.

Brillia bifida zeigen eine Präsenz von Mai bis Januar. Eine eudominante Hauptart ist sie im Mai und Juni, von Juli bis November hingegen subdominant.

Chaetocladius (Chaetocladius) cf. dentiforceps zeigt seine Präsenz im Mai, Juni, Dezember, Januar und März. Im Mai ist sie eine dominante und im Juni eine subdominante Hauptart. Die verbleibenden Monate stellt sie eine rezedente Begleitart dar.

Chaetocladius (Chaetocladius) vitellinus-Gruppe sind von Mai bis August und im Oktober nachweisbar. Im Mai ist die Art (sofern es sich stets um die gleiche Art handelt) eine eudominante Hauptart, die im Juni dominant und im Juli, August und Oktober subdominant auftritt.

Paratrissocladius excerptus zeigt eine Präsenz im Juli, September, Februar und März. Im September zeigt er sich als subdominante Begleitart. In den anderen Monaten ist die Art rezedent.

Chironominae sind mit Hauptarten ab Mai bis März dokumentiert.

Micropsectra apposita/notescens tritt von Mai, Juni und August bis März auf. Eine subdominante Hauptart ist sie im Mai, August und November bis Februar, ansonsten tritt sie als eine rezedente Begleitart auf.

Micropsectra radialis ist von Juni bis März präsent und zu dieser Zeit eine Hauptart. Von Juni bis September und von Dezember bis März ist sie sogar als eudominant bewertet.

Micropsectra pallidula zeigt eine Präsenz von Juni bis Januar. Im Juli zeigt sich die Art als eine dominante Hauptart, während sie im September, Oktober und Dezember eine subdominante Hauptart ist.

Krenopsectra fallax sind von August bis Oktober und von Dezember bis Januar präsent. Im August und Oktober ist *Krenopsectra fallax* eine subdominante Hauptart.

Microtendipes pedellus-Gruppe ist, im Substrattyp 1, von August bis März nachweisbar. Von Oktober bis Dezember zeigt sie sich als eine eudominante Hauptart, eine dominante Hauptart ist sie im September und Januar bis März.

Polypedilum (Polypedilum) albicorne ist im Oktober eine subdominante Hauptart, im September eine rezedente Begleitart, während vom Oktober jegliche Larvennachweise

fehlen. Erst wieder im November und Dezember zeigt die Art - rezedent und subrezedent - Präsenz. Im März ist sie eine subdominante Hauptart.

Tanypodinae sind, mit vier Hauptarten, von Juni bis Oktober und März dokumentiert. *Zavreliomyia cf. signatipennis* ist die erste Tanypodinae, die den Substrattyp 1 besiedelt. Sie ist im Juni als subdominante Hauptart, im August bis Oktober und im Dezember bis Februar als rezedente Begleitart vertreten. Im März stellt sie eine dominante Hauptart dar.

Macropelopia notata sind von Juli bis März notiert. Im August und September sind die Larven eine dominante Hauptart, die im Juli und Oktober subdominant ist. Die restlichen Monate zeigt *M. notata* sich als eine rezedente oder subrezedente Begleitart.

Krenopelopia binotata ist im November und Januar bis März in den Daten notiert. Im März ist sie eine dominante Hauptart, die die restlichen Präsenzmonate rezedent und subrezedent als Begleitart auftritt. *Trissopelopia longimana* liegt von August bis März vor. Im März ist die Art eine subdominante Hauptart, die ansonsten als Begleitart (rezedent und subrezedent) auftritt.

Prodiamesinae sind – wie oben erwähnt bloß mit *Prodiamesa olivacea* - im August, Oktober bis Dezember und im März vertreten. Im August und Dezember sind sie subdominante und im November eine dominante Hauptart.

Substrattyp 2 (Steine 1 – 10 cm) ist ab Mai bloß durch Orthoclaadiinae besiedelt (

Tabelle 24, Seite 110).

Brilla bifida, eine ubiquitäre Art, ist gleich zum Untersuchungsbeginn eine eudominante Hauptart und kommt in den restlichen Monaten des Untersuchungsjahres im Substrat 2 als dominante oder subdominante Hauptart vor. Im Oktober tritt sie zum letzten Mal als eine rezedente Begleitart auf.

Chaetocladus vitellinus-Gruppe ist gleich zu Beginn des Freilandexperimentes, von Mai bis August, eine eudominante Hauptart. In den restlichen Untersuchungsmonaten ist sie eine dominante und schließlich eine subdominante Hauptart. Ab Oktober sind die Orthoclaadiinae mit *Parametriocnemus stylatus* – als eine subdominante Hauptart - im Substrat vertreten. Die Art bevorzugt sandige und schlammige Böden und zeigt eine deutliche Präferenz für diesen Substrattyp.

Im März tritt *Paratrissocladius excerptus* als subdominante Hauptart auf, sie bevorzugt dann ebenfalls sandige, schlammige Böden.

Der Vertreter der Unterfamilie Prodiamesinae - gemeint ist wieder *Prodiamesa olivacea* - tritt ab Juni bis August und im Dezember als subdominante oder dominante Hauptart auf. Im September und Oktober ist *P. olivacea* eine Begleitart, die nur noch rezedent und subrezedent auftritt.

Chironominae sind ab Juni bis März dokumentiert.

Micropsectra radialis wird von Juni bis März als eudominante oder dominante Hauptart angetroffen.

Tanypodinae sind ab Juli bis November und dann von Jänner bis März vertreten.

Macropelopia notata ist ab Juni bis März präsent, tritt dann aber von Juli bis September, November und März als subdominante oder dominante Hauptart auf.

Trissopelopia longimana und *Zavrelimyia cf. signatipennis* zählen erst im März zu den Hauptarten.

Die ersten Larvennachweise im **Substrattyp 3** (Steine < 1 cm) finden sich im Mai - Orthoclaadiinae und Chironominae (Tabelle 25, Seite 111).

Orthoclaadiinae sind im Substrattyp 3, die von Mai bis Oktober und im März als Hauptarten vorkommen.

Brillia bifida ist im Mai eine eudominante Hauptart und später, in den Monaten Juni und Juli, dominant. Im August und Oktober ist sie eine subdominante Hauptart. Im Substrattyp 3 tritt sie das ganze Jahr nie als Begleitart auf.

Chaetocladius vitellinus-Gruppe sind gleich im Mai eine eudominante Hauptart, im Juni und Juli eine dominante Hauptart und im August schließlich eine rezedente Begleitart. *Chaetocladius (Chaetocladius) cf. dentiforceps* ist eine subdominante Hauptart, mit Auftreten im Mai und Juni. Sie ist zwar bis zum Ende des Freilandexperimentes nachweisbar aber als eine Begleitart.

Chaetocladius (Chaetocladius) perennis ist im Juni eine subdominante Hauptart, die im Substrattyp 3 weder als Haupt- noch als Begleitart vorkommt.

Paratrissocladus excerptus ist als subdominante Hauptart nur im August im Substrattyp 3 nachweisbar.

Psectrocladius sordidellus/limbatellus-Gruppe ist im März eine dominante Hauptart beziehungsweise Hauptgruppe und kommt als Begleitart in diesem Substrat nicht vor.

Chironominae sind ab Mai bis März dokumentiert. Als Primärbesiedler ab Mai und Juni tritt *Micropsectra apposita/notescens* als dominante und subdominante Hauptart auf. Von Juni bis September ist die im Schlamm von Quellen lebende Art eine rezedente Begleitart (THIENEMANN, 1954), ab Oktober bis Februar eine subdominante Hauptart, die im März zu einer Begleitart wird.

Micropsectra pallidula ist eine subdominante und dominante Hauptart, die ab Juni den Substrattyp 3 besiedelt, von der jedoch im Juli und Februar keine Larvennachweise aufgezeichnet sind. Zu Ende des Feldexperimentes ist sie eine subrezedente Begleitart. Eine weitere Art, die im Juni im Substrattyp 3 auftritt, ist *Micropsectra radialis*. Sie ist hier eine eudominante Art, bevorzugt aber - laut vielen Angaben in der Literatur - das Profundal (JANECEK & CONTRERAS-LICHTENBERGER, 2002 c).

Microtendipes pedellus-Gruppe tritt ab August bis März im Substrattyp auf. In den Monaten Oktober bis Dezember tritt sie als eine eudominante Hauptart auf, die aber auch dominant und subdominant dokumentiert ist.

Polypedilum (Polypedilum) albicorne besiedelt ab Juli den Substrattyp und ist ab August eine subdominante Hauptart. Sie ist das ganze Untersuchungsjahr über eine subrezedente oder rezedente Begleitart, die im März wieder zu einer subdominanten Hauptart wird.

Prodiamesa olivacea ist von Juli bis Oktober eine dominante und subdominante Hauptart im Substrattyp 3. Im Februar und März ist sie eine Begleitart, die rezedent und subrezedent auftritt.

Tanypodinae sind ab Juli bis November und im März als Hauptarten dokumentiert.

Zavrelimyia cf. signatipennis ist ein Primärbesiedler - ab Juni - und zeigt das ganze Untersuchungsjahr Präsenz. Im Substrattyp 3 ist diese kaltstenotherme Art in den Monaten Juni, Juli, September und Oktober eine subdominante Hauptart.

Macropelopia notata besiedelt ab Juli den Substrattyp und ist das ganze Jahr nachweisbar, im Juli, August und September ist sie eine subdominante und dominante Hauptart, die während der restlichen Untersuchungszeit zu einer rezedenten Begleitart wird.

Macropelopia nebulosa besiedelt ab August den Substrattyp 3 und ist eine subdominante Hauptart. Larvennachweise gibt es bis März - als rezedente oder subrezedente Begleitart.

Krenopelopia binotata findet sich im November, Dezember und März. Im November und März ist *Krenopelopia binotata* eine subdominante Hauptart, schließlich im Dezember eine subrezedente Begleitart.

Der **Substrattyp 4** (Steine > 10 cm, mit Detritus) ist mit Orthoclaadiinae besiedelt (Tabelle 26, Seite 112).

Orthoclaadiinae sind mit drei Arten bereits im April vertreten und sind bis März in diesem Substrat als Haupt- oder Begleitart präsent.

Brillia bifida zeigt sich im Mai als eine eudominante Hauptart, die in den Monaten Juni und Juli dominant vertreten ist. Im August und Oktober repräsentiert sie eine subdominante Hauptart.

Chaetocladus (Chaetocladus) cf. dentiforceps ist im April und Mai eine dominante Hauptart und im Juni eine subdominante Hauptart, die restlichen Monate tritt sie als eine rezedente oder subrezedente Begleitart auf.

Chaetocladus (Chaetocladus) vitellinus-Gruppe ist im Mai und Juni eine eudominante Hauptart. Im Juli und August ist die Art eine rezedente oder subrezedente Begleitart und wird im Oktober wieder zu einer dominanten Hauptart. In den restlichen Monaten wurden keine Larven mehr nachgewiesen.

Paratrissocladus excerptus ist im September und März eine subdominante Hauptart. Im August und Februar ist sie eine subrezedente oder rezedente Begleitart.

Chaetocladus (Chaetocladus) piger tritt im Substrattyp 4 nur als subdominante Hauptart im März auf.

Prodiamesa olivacea - Prodiamesinae - besiedelt von Juli bis März. Als dominante oder subdominante Hauptart ist sie im Juni bis August, Oktober, November und Februar dokumentiert.

Chironominae sind ab Juni bis März nachgewiesen. *Micropsectra apposita/notescens* und *Micropsectra radialis* sind die ersten Chironominae, die im Substrattyp 4 nachweisbar sind. Die Larven der *Micropsectra apposita/notescens* sind im Juni subdominante Hauptarten und treten bis November als subrezedente oder rezedente Begleitarten auf. Im Dezember, Februar und März sind sie subdominante Hauptarten.

Micropsectra pallidula tritt im Substrattyp 4 ab Juni als rezedente Begleitart auf, dann ab August bis Oktober als subdominante und dominante Hauptart. Im November ist sie eine rezedente Begleitart, die im Dezember zu einer subdominanten Hauptart wird. Im Januar tritt sie als eine rezedente Begleitart auf, die später nicht mehr im Substrattyp 4 präsent ist.

Microtendipes pedellus-Gruppe zeigt sich ab August bis März als Hauptart, die in den Monaten Oktober bis Januar eudominant ist.

Polypedilum (Polypedilum) albicorne tritt ab Mai als Begleitart im Substrattyp 4 auf; ab Juli und August ist sie subdominante Hauptart; in den restlichen Monaten des Freilandexperimentes präsentiert sie sich als Begleitart.

Tanypodinae sind im Substrattyp 4 ab Juli bis März dokumentiert, von Juli bis Oktober und von Jänner bis März zählen sie zur Kategorie Hauptart.

Macropelopia notata ist ab Juli bis Oktober eine dominante und subdominante Hauptart, ab November bis März eine rezedente Begleitart.

Krenopelopia binotata tritt als subrezedente Begleitart erstmalig im August auf. Im September ist sie eine subdominante Hauptart, die bis Januar als Begleitart in den Daten präsent ist; ab Februar und März ist sie eine subdominante Hauptart im Substrattyp 4. *Zavrelimyia cf. signatipennis* ist ab Juni als rezedente Begleitart dokumentiert, bis Dezember tritt sie als eine rezedente oder subrezedente Begleitart auf, die im Januar und Februar eine subdominante Hauptart im Substrattyp 4 repräsentiert.

Trissopelopia longimana präsentiert ab Juli in den Daten eine rezedente Begleitart, von August bis Oktober gibt es keine Larvennachweise, ab November tritt sie als subrezedente Begleitart auf, die ab März eine subdominante Hauptart ist.

Substrattyp 5 (Steine > 10 cm, mit Totholz) treten ab April Orthocladiinae als Besiedeler auf (Tabelle 27, Seite 113).

Orthocladiinae sind von April bis März dokumentiert.

Chaetocladius (Chaetocladius) vitellinus-Gruppe ist Primärbesiedler. Die *Chaetocladius*-Gruppe zeigt sich im April und Mai als eine eudominante und im Juni und Juli als eine dominante Hauptart. Im September und Oktober ist sie eine rezedente Begleitart. Bis zum Untersuchungsende im März gibt es keine Larvennachweise mehr.

Brillia bifida ist ab Mai bis März als Larve präsent. Eine eudominante Hauptart ist sie im Mai, im Juni ist *B. bifida* dominant und im Juli, November, Januar und Februar eine subdominante Hauptart. In den Monaten September, Oktober, Dezember und März zeigen die Larvenfunde rezedente oder subrezedente Begleitartenpräsenz.

Chaetocladius (Chaetocladius) cf. dentiforceps ist ab Mai als eine dominante Hauptart im Substrat vertreten. In den Monaten Juni, Juli, August, Oktober, Dezember und März tritt sie als rezedente oder subrezedente Begleitart auf.

Corynoneura lobata ist ab Mai als rezedente Begleitart verzeichnet. Im Juni ist diese Art im Substrattyp 5 eine subdominante Hauptart. Larvennachweise gibt es auch noch in den Monaten Juli, September und Oktober; sie deuten auf eine rezedente oder subrezedente Begleitart.

Paratrissocladus excerptus scheint ab August als rezedente Begleitart in den Daten auf. Im September steigt der Larvenanteil und *P. excerptus* wird zu einer subdominanten Hauptart. In den Monaten Jänner und Februar sind ebenfalls Larvenfunde verzeichnet, die auf eine subrezedente oder rezedente Begleitart deuten.

Parametriocnemus stylatus wird als Larve im Dezember als eine rezedente Begleitart und im Jänner als subdominante Hauptart dokumentiert.

Die Unterfamilie Prodiamesinae ist *Prodiamesa olivacea* im Juni bis August als subdominante und im Oktober als dominante Hauptart dokumentiert. Im Dezember und März ist die Art als rezedente Begleitart vertreten.

Chironominae sind ab Juni bis März dokumentiert.

Micropsectra radialis sind von Mai bis März nachweisbar. Im Mai ist sie eine rezedente Begleitart. Ab Juni bis März ist sie eine Hauptart, die im Juli, August und Dezember bis März eudominant auftritt. Im Oktober tritt sie als subdominante Hauptart auf.

Krenopsectra fallax ist im August eine subdominante Hauptart, die auch in den Monaten September und Dezember als rezedente Begleitart auftritt.

Micropsectra pallidula sind im Substrattyp 5 von Juni bis Februar präsent. Ab August zeigt sich die Art als subdominante Hauptart, die im September dominant und ab Oktober bis Februar subdominant ist. Im Januar und Februar ist sie eine rezedente Begleitart; im März tritt sie nicht auf.

Microtendipes pedellus-Gruppe ist von August bis März eine Hauptart, im Oktober und November eudominant.

Polypedilum (Polypedilum) albicorne sind von Juli bis März präsent. Im September weist die Larvenpräsenz auf eine eudominante Hauptart hin; im August und März zeigt sich *P. albicorne* als subdominante Hauptart. Als eine subrezedente Begleitart tritt sie im August und Januar auf, die restlichen Monate präsentiert sie sich rezedent.

Micropsectra apposita/notescens ist von Mai bis Juli und von November bis März notiert. Im Januar und Februar ist sie eine subdominante Hauptart, in den übrigen Monaten eine rezedente oder subrezedente Begleitart.

Stempellinella flavidula sind im August als subrezedente Begleitart und im März als subdominante Hauptart vertreten.

Tanypodinae sind ab Juli bis November und dann im Februar und März dokumentiert. Fünf Arten zeigen sich im Substrattyp 5 im Jahresverlauf dominant.

Macropelopia notata tritt als erste Tanypodinae im Jahresverlauf auf. Sie ist von Juli bis März nachgewiesen. Die höchste Larvendichte erreicht sie im August und ist damit eine dominante Hauptart. Im Juli, September bis November und Februar tritt sie als subdominante Hauptart auf. Im Dezember, Januar und März ist sie eine rezedente Begleitart.

Zavrelimyia cf. signatipennis zeigt sich im Juli subdominant und im März dominant. Im Juni und August, sowie November und Februar ist sie rezedent.

Krenopelopia binotata ist eine subdominante Hauptart, die im Dezember und Januar eine rezedente Begleitart darstellt.

Macropelopia nebulosa tritt als eine rezedente Begleitart im Juni und Oktober auf. Im Dezember ist sie eine subrezedente Begleitart, die im März als eine subdominante Begleitart auftritt.

Trissopelopia longimana ist im August eine rezedente, im Oktober bis Dezember eine subrezedente Begleitart, im März eine subdominante Hauptart.

Der **Substrattyp 6** (Steine > 10 cm, mit Falllaub) ist ab Mai mit Orthocladiinae besiedelt (Tabelle 28, Seite 114).

Orthocladiinae sind das ganze Untersuchungsjahr präsent; keine Hauptarten sind im Dezember und Februar dokumentiert. Im Substrattyp 6 lassen sich fünf Orthocladiinae als Hauptarten bewerten. Die ersten Larvennachweise finden sich im Mai.

Eine davon ist *Brillia bifida* die von Mai bis Februar unterschiedliche Dominanzen zeigt. Im Mai, August und September ist die Art dominant, im Juni, November und Januar ist sie eine subdominante Hauptart, im Juli, Dezember und Februar eine rezedente und im Oktober eine subrezedente Begleitart.

Chaetocladius (Chaetocladius) cf. dentiforceps zeigt Präsenz im Mai, Juli, August, November und Dezember. Im Mai ist die Art eine dominante und im November eine subdominante Hauptart. In den restlichen Monaten ist sie subrezedente oder rezedente Begleitart. *Chaetocladius (Chaetocladius) vitellinus-Gruppe* ist von Mai bis August, Oktober und November als Larve präsent. Sie ist im Mai und Juni eine eudominante Hauptart, die im Juli zu einer subdominanten Hauptart und im August zu einer rezedenten Begleitart wird. Im September sind keine Larven nachgewiesen, im Oktober ist die Art eine subdominante Hauptart und zeigt sich im November als subrezedente Begleitart.

Paratrissocladus excerptus ist im September, Oktober und März präsent. Im September zeigt sich *P. excerptus* als eine subdominante Hauptart, ansonsten ist die Art eine subrezedente Begleitart.

Parametrioctenemus stylatus zeigt Präsenz im Dezember als subrezedente und im Januar als rezedente Begleitart. Im März ist sie eine subdominante Hauptart.

Chironominae sind ab Mai bis März im Substrattyp 6 dokumentiert. Fünf Arten sind in ihrer Dominanz als Hauptarten zu bewerten.

Eine davon ist *Micropsectra pallidula*; ihre Präsenz erstreckt sich von Juni bis Januar. Im August ist sie eine dominante und im Juni und von September bis November eine subdominante Hauptart. Die restlichen Monate (Juli und Januar) ist sie eine rezedente oder subrezedente Begleitart.

Micropsectra radialis ist von Juni bis März als Larve im Substrattyp 6 als Hauptart vertreten. Eine eudominante Hauptart ist sie im Juli, August, Dezember, Januar und Februar.

Microtendipes pedellus-Gruppe ist ab August bis März präsent. Als eudominante Hauptart tritt sie im Oktober und November auf. Im September und von Dezember bis März ist sie eine dominante Hauptart.

Polypedilum (Polypedilum) albicorne ist von Juni bis März als Larve nachweisbar. Im August, Dezember, Januar und März ist die Hauptart dominant.

Micropsectra apposita/notescens ist von Juni bis Januar und im März als Larve dokumentiert. Von November bis Januar ist die Art eine subdominante Hauptart.

Krenopsectra fallax ist von Januar bis Februar eine subdominante Hauptart und im März als rezedente Begleitart präsent.

Stempellinella flavidula zeigt nur im März eine Präsenz als subdominante Hauptart.

Prodiamesinae mit *Prodiamesa olivacea* ist ab Juli bis November und Februar als Hauptart dokumentiert. Im Juli und November zeigt sie sich als eine dominante Hauptart. Von August bis November und Februar ist sie eine subdominante Hauptart.

Tanypodinae sind mit drei Hauptarten ab Juni bis November und im März dokumentiert.

Zavrelimyia cf. signatipennis ist ab Juni als subdominante Hauptart in den Daten verzeichnet, keine Larvennachweise gibt es im Juli; ab August bis Oktober tritt sie als eine rezedente Begleitart auf. Im November ist die Art nicht nachgewiesen. Von Dezember bis Februar scheint sie als eine rezedente Begleitart auf, wird aber im März zu einer dominanten Hauptart.

Macropelopia notata ist von Juli bis März als Larve im Substrattyp 6 nachweisbar. Im Juli und August ist sie eine subdominante und im September eine dominante Hauptart. Im Oktober und November ist die Art eine subdominante Hauptart, dann bis Februar eine rezedente Begleitart. Im März tritt sie wieder als eine subdominante Hauptart auf.

Krenopelopia binotata zeigt sich von August bis Oktober und im Dezember als rezedente oder subrezedente Begleitart. Im März ist sie eine subdominante Hauptart.

Tabelle 23: Hauptarten von Substrattyp 1 ($\geq 3,20\%$ der Dominanzabundanzen) der Gesamtdaten im Jahresverlauf (April 2008 bis März 2009) ausgewertet nach ENGELMANN (1978).

April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Jänner	Februar	März
		Tanypodinae <i>Zavrelimyia cf. signatipennis</i>	Tanypodinae <i>Macropelopia notata</i>	Tanypodinae <i>Macropelopia notata</i>	Tanypodinae <i>Macropelopia notata</i>	Tanypodinae <i>Macropelopia notata</i>					Tanypodinae <i>Krenopelopia binotata</i> <i>Trissopelopia longimana</i> <i>Zavrelimyia cf. signatipennis</i>
				Prodiamesinae <i>Prodiamesa olivacea</i>			Prodiamesinae <i>Prodiamesa olivacea</i>	Prodiamesinae <i>Prodiamesa olivacea</i>			
	Orthoclaadiinae <i>Brillia bifida</i>	Orthoclaadiinae <i>Brillia bifida</i>	Orthoclaadiinae <i>Brillia bifida</i>	Orthoclaadiinae <i>Brillia bifida</i>	Orthoclaadiinae <i>Brillia bifida</i>	Orthoclaadiinae <i>Brillia bifida</i>	Orthoclaadiinae <i>Brillia bifida</i>				
	<i>Chaetocladius (Chaetocladius) cf. dentiforceps</i>	<i>Chaetocladius (Chaetocladius) cf. dentiforceps</i>	<i>Chaetocladius (Chaetocladius) vitellinus-Gruppe</i>	<i>Chaetocladius (Chaetocladius) vitellinus-Gruppe</i>	<i>Paratrissocladius excerptus</i>	<i>Chaetocladius (Chaetocladius) vitellinus-Gruppe</i>					
	<i>Chaetocladius (Chaetocladius) vitellinus-Gruppe</i>	<i>Chaetocladius (Chaetocladius) vitellinus-Gruppe</i>									
	Chironominae <i>Micropsectra apposita/notescens</i>	Chironominae <i>Micropsectra radialis</i>	Chironominae <i>Micropsectra pallidula</i> <i>Micropsectra radialis</i>	Chironominae <i>Krenopsectra fallax</i> <i>Micropsectra apposita/notescens</i> <i>Micropsectra radialis</i> <i>Microtendipes pedellus-Gruppe</i> <i>Polypedilum (Polypedilum) albicorne</i>	Chironominae <i>Micropsectra pallidula</i> <i>Micropsectra radialis</i> <i>Microtendipes pedellus-Gruppe</i>	Chironominae <i>Krenopsectra fallax</i> <i>Micropsectra pallidula</i> <i>Micropsectra radialis</i> <i>Microtendipes pedellus-Gruppe</i>	Chironominae <i>Micropsectra apposita/notescens</i> <i>Micropsectra radialis</i> <i>Microtendipes pedellus-Gruppe</i>	Chironominae <i>Micropsectra apposita/notescens</i> <i>Micropsectra pallidula</i> <i>Micropsectra radialis</i> <i>Microtendipes pedellus-Gruppe</i>	Chironominae <i>Micropsectra apposita/notescens</i> <i>Micropsectra radialis</i> <i>Microtendipes pedellus-Gruppe</i>	Chironominae <i>Micropsectra apposita/notescens</i> <i>Micropsectra radialis</i> <i>Microtendipes pedellus-Gruppe</i>	Chironominae <i>Micropsectra radialis</i> <i>Microtendipes pedellus-Gruppe</i> <i>Polypedilum (Polypedilum) albicorne</i>

Tabelle 24: Hauptarten von Substrattyp 2 ($\geq 3,20$ % der Dominanzabundanzen) der Gesamtdaten im Jahresverlauf (April 2008 bis März 2009) ausgewertet nach ENGELMANN (1978).

April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Jänner	Februar	März
			Tanypodinae <i>Macropelopia notata</i>	Tanypodinae <i>Macropelopia notata</i>	Tanypodinae <i>Macropelopia notata</i>	Tanypodinae <i>Krenopelopia binotata</i> <i>Macropelopia notata</i>	Tanypodinae <i>Macropelopia notata</i> <i>Trissopelopia longimana</i>		Tanypodinae <i>Krenopelopia binotata</i>	Tanypodinae <i>Trissopelopia longimana</i> <i>Zavreliomyia cf. signatipennis</i>	Tanypodinae <i>Krenopelopia binotata</i> <i>Macropelopia notata</i> <i>Trissopelopia longimana</i> <i>Zavreliomyia sp.</i> <i>Zavreliomyia cf. signatipennis</i>
		Prodiamesinae <i>Prodiamesa olivacea</i>	Prodiamesinae <i>Prodiamesa olivacea</i>	Prodiamesinae <i>Prodiamesa olivacea</i>				Prodiamesinae <i>Prodiamesa olivacea</i>			
	Orthoclaadiinae <i>Brillia bifida</i> <i>Chaetocladius (Chaetocladius) cf. dentiforceps</i> <i>Chaetocladius (Chaetocladius) vitellinus-Gruppe</i>	Orthoclaadiinae <i>Brillia bifida</i> <i>Chaetocladius (Chaetocladius) vitellinus-Gruppe</i>	Orthoclaadiinae <i>Chaetocladius (Chaetocladius) vitellinus-Gruppe</i>	Orthoclaadiinae <i>Brillia bifida</i> <i>Chaetocladius (Chaetocladius) vitellinus-Gruppe</i>	Orthoclaadiinae <i>Brillia bifida</i>	Orthoclaadiinae <i>Parametrioctenemus stylatus</i>	Orthoclaadiinae <i>Brillia bifida</i> <i>Chaetocladius (Chaetocladius) cf. dentiforceps</i>			Orthoclaadiinae <i>Brillia bifida</i>	Orthoclaadiinae <i>Paratrissocladius excerptus</i>
		Chironominae <i>Micropsectra apposita/notescens</i> <i>Micropsectra radialis</i>	Chironominae <i>Micropsectra radialis</i>	Chironominae <i>Micropsectra pallidula</i> <i>Micropsectra radialis</i> <i>Microtendipes pedellus-Gruppe</i>	Chironominae <i>Micropsectra pallidula</i> <i>Micropsectra radialis</i> <i>Microtendipes pedellus-Gruppe</i> <i>Stempellinella flavidula</i>	Chironominae <i>Micropsectra pallidula</i> <i>Micropsectra radialis</i> <i>Microtendipes pedellus-Gruppe</i>	Chironominae <i>Micropsectra apposita/notescens</i> <i>Micropsectra radialis</i> <i>Microtendipes pedellus-Gruppe</i>	Chironominae <i>Micropsectra apposita/notescens</i> <i>Micropsectra pallidula</i> <i>Micropsectra radialis</i> <i>Microtendipes pedellus-Gruppe</i>	Chironominae <i>Micropsectra apposita/notescens</i> <i>Micropsectra radialis</i> <i>Microtendipes pedellus-Gruppe</i>	Chironominae <i>Micropsectra apposita/notescens</i> <i>Micropsectra radialis</i> <i>Microtendipes pedellus-Gruppe</i>	Chironominae <i>Micropsectra radialis</i> <i>Microtendipes pedellus-Gruppe</i> <i>Polypedilum (Polypedilum) albicorne</i>

Tabelle 25: Hauptarten von Substrattyp 3 ($\geq 3,20\%$ der Dominanzabundanzen) der Gesamtdaten im Jahresverlauf (April 2008 bis März 2009) ausgewertet nach ENGELMANN (1978).

April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Jänner	Februar	März
		Tanypodinae <i>Zavreliomyia cf. signatipennis</i>	Tanypodinae <i>Macropelopia notata</i> <i>Zavreliomyia cf. signatipennis</i>	Tanypodinae <i>Macropelopia notata</i>	Tanypodinae <i>Macropelopia notata</i> <i>Zavreliomyia cf. signatipennis</i>	Tanypodinae <i>Macropelopia nebulosa</i> <i>Zavreliomyia cf. signatipennis</i>	Tanypodinae <i>Krenopelopia binotata</i>				Tanypodinae <i>Krenopelopia binotata</i> <i>Zavreliomyia cf. signatipennis</i>
			Prodiamesinae <i>Prodiamesa olivacea</i>	Prodiamesinae <i>Prodiamesa olivacea</i>	Prodiamesinae <i>Prodiamesa olivacea</i>	Prodiamesinae <i>Prodiamesa olivacea</i>					
	Orthoclaadiinae <i>Brillia bifida</i> <i>Chaetocladius (Chaetocladius) cf. dentiforceps</i> <i>Chaetocladius (Chaetocladius) vitellinus-Gruppe</i>	Orthoclaadiinae <i>Brillia bifida</i> <i>Chaetocladius (Chaetocladius) cf. dentiforceps</i> <i>Chaetocladius (Chaetocladius) vitellinus-Gruppe</i> <i>Chaetocladius perennis</i>	Orthoclaadiinae <i>Chaetocladius (Chaetocladius) vitellinus-Gruppe</i>	Orthoclaadiinae <i>Brillia bifida</i> <i>Paratrissocladus excerptus</i>	Orthoclaadiinae <i>Brillia bifida</i>	Orthoclaadiinae <i>Chaetocladius (Chaetocladius) vitellinus-Gruppe</i>					Orthoclaadiinae <i>Psectrocladius sordidellus/limbatellus-Gruppe</i>
	Chironominae <i>Micropsectra apposita/notescens</i>	Chironominae <i>Micropsectra apposita/notescens</i> <i>Micropsectra notescens</i> <i>Micropsectra pallidula</i> <i>Micropsectra radialis</i>	Chironominae <i>Micropsectra radialis</i>	Chironominae <i>Micropsectra pallidula</i> <i>Micropsectra radialis</i> <i>Microtendipes pedellus-Gruppe</i> <i>Polypedilum (Polypedilum) albicorne</i>	Chironominae <i>Micropsectra pallidula</i> <i>Microtendipes pedellus-Gruppe</i>	Chironominae <i>Micropsectra apposita/notescens</i> <i>Micropsectra pallidula</i> <i>Microtendipes pedellus-Gruppe</i>	Chironominae <i>Micropsectra apposita/notescens</i> <i>Micropsectra pallidula</i> <i>Micropsectra radialis</i> <i>Microtendipes pedellus-Gruppe</i>	Chironominae <i>Micropsectra apposita/notescens</i> <i>Micropsectra pallidula</i> <i>Micropsectra radialis</i> <i>Microtendipes pedellus-Gruppe</i>	Chironominae <i>Micropsectra apposita/notescens</i> <i>Micropsectra pallidula</i> <i>Micropsectra radialis</i> <i>Microtendipes pedellus-Gruppe</i>	Chironominae <i>Micropsectra apposita/notescens</i> <i>Micropsectra radialis</i> <i>Microtendipes pedellus-Gruppe</i>	Chironominae <i>Micropsectra radialis</i> <i>Microtendipes pedellus-Gruppe</i> <i>Polypedilum (Polypedilum) albicorne</i>

Tabelle 26: Hauptarten von Substrattyp 4 ($\geq 3,20$ % der Dominanzabundanzen) der Gesamtdaten im Jahresverlauf (April 2008 bis März 2009) ausgewertet nach ENGELMANN (1978).

April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Jänner	Februar	März
			Tanypodinae <i>Macropelopia notata</i>	Tanypodinae <i>Macropelopia notata</i>	Tanypodinae <i>Krenopelopia binotata</i> <i>Macropelopia notata</i>	Tanypodinae <i>Macropelopia notata</i>			Tanypodinae <i>Zavrelimyia cf. signatipennis</i>	Tanypodinae <i>Krenopelopia binotata</i>	Tanypodinae <i>Krenopelopia binotata</i> <i>Trissopelopia longimana</i> <i>Zavrelimyia cf. signatipennis</i>
		Prodiamesinae <i>Prodiamesa olivacea</i>	Prodiamesinae <i>Prodiamesa olivacea</i>	Prodiamesinae <i>Prodiamesa olivacea</i>		Prodiamesinae <i>Prodiamesa olivacea</i>	Prodiamesinae <i>Prodiamesa olivacea</i>			Prodiamesinae <i>Prodiamesa olivacea</i>	
Orthoclaadiinae <i>Brillia bifida</i>	Orthoclaadiinae <i>Brillia bifida</i>	Orthoclaadiinae <i>Brillia bifida</i>		Orthoclaadiinae <i>Brillia bifida</i>	Orthoclaadiinae <i>Paratrissocladius excerptus</i>	Orthoclaadiinae <i>Chaetocladius (Chaetocladius) vitellinus-Gruppe</i>	Orthoclaadiinae <i>Brillia bifida</i>		Orthoclaadiinae <i>Brillia bifida</i>		Orthoclaadiinae <i>Chaetocladius (Chaetocladius) piger</i> <i>Paratrissocladius excerptus</i>
<i>Chaetocladius (Chaetocladius) cf. dentiforceps</i>	<i>Chaetocladius (Chaetocladius) cf. dentiforceps</i>	<i>Chaetocladius (Chaetocladius) cf. dentiforceps</i>									
<i>Chaetocladius (Chaetocladius) vitellinus-Gruppe</i>	<i>Chaetocladius (Chaetocladius) vitellinus-Gruppe</i>	<i>Chaetocladius (Chaetocladius) vitellinus-Gruppe</i>									
		Chironominae <i>Micropsectra apposita/notescens</i>	Chironominae <i>Micropsectra radialis</i>	Chironominae <i>Micropsectra pallidula</i>	Chironominae <i>Micropsectra pallidula</i>	Chironominae <i>Micropsectra pallidula</i>	Chironominae <i>Micropsectra radialis</i>	Chironominae <i>Micropsectra apposita/notescens</i>	Chironominae <i>Micropsectra radialis</i>	Chironominae <i>Micropsectra apposita/notescens</i>	Chironominae <i>Micropsectra apposita/notescens</i>
		<i>Micropsectra radialis</i>	<i>Polypedilum (Polypedilum) albicorne</i>	<i>Micropsectra radialis</i> <i>Microtendipes pedellus-Gruppe</i> <i>Polypedilum (Polypedilum) albicorne</i>	<i>Micropsectra radialis</i> <i>Microtendipes pedellus-Gruppe</i>	<i>Micropsectra radialis</i> <i>Microtendipes pedellus-Gruppe</i>	<i>Microtendipes pedellus-Gruppe</i>	<i>Micropsectra pallidula</i> <i>Micropsectra radialis</i> <i>Microtendipes pedellus-Gruppe</i>	<i>Microtendipes pedellus-Gruppe</i>	<i>Micropsectra radialis</i> <i>Microtendipes pedellus-Gruppe</i>	<i>Micropsectra radialis</i> <i>Microtendipes pedellus-Gruppe</i> <i>Polypedilum (Polypedilum) albicorne</i>

Tabelle 27: Hauptarten von Substrattyp 5 ($\geq 3,20$ % der Dominanzabundanzen) der Gesamtdaten im Jahresverlauf (April 2008 bis März 2009) ausgewertet nach ENGELMANN (1978).

April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Jänner	Februar	März
			Tanypodinae <i>Macropelopia notata</i>	Tanypodinae <i>Macropelopia notata</i>	Tanypodinae <i>Macropelopia notata</i>	Tanypodinae <i>Macropelopia notata</i>	Tanypodinae <i>Macropelopia notata</i>			Tanypodinae <i>Macropelopia notata</i>	Tanypodinae <i>Krenopelopia binotata</i>
			<i>Zavrelimyia cf. signatipennis</i>								<i>Macropelopia nebulosa</i>
											<i>Trissopelopia longimana</i>
											<i>Zavrelimyia cf. signatipennis</i>
		Prodiamesinae <i>Prodiamesa olivacea</i>	Prodiamesinae <i>Prodiamesa olivacea</i>	Prodiamesinae <i>Prodiamesa olivacea</i>		Prodiamesinae <i>Prodiamesa olivacea</i>					
Orthoclaadiinae <i>Chaetocladius (Chaetocladius) vitellinus-</i> Gruppe	Orthoclaadiinae <i>Brillia bifida</i>	Orthoclaadiinae <i>Brillia bifida</i>	Orthoclaadiinae <i>Brillia bifida</i>	Orthoclaadiinae <i>Brillia bifida</i>	Orthoclaadiinae <i>Paratrissocladius excerptus</i>		Orthoclaadiinae <i>Brillia bifida</i>		Orthoclaadiinae <i>Brillia bifida</i>	Orthoclaadiinae <i>Brillia bifida</i>	
	<i>Chaetocladius (Chaetocladius) cf. dentiforceps</i>	<i>Chaetocladius (Chaetocladius) vitellinus-</i> Gruppe	<i>Chaetocladius (Chaetocladius) vitellinus-</i> Gruppe	<i>Paratrissocladius excerptus</i>				<i>Parametricnemus stylatus</i>			
	<i>Chaetocladius (Chaetocladius) vitellinus-</i> Gruppe	<i>Corynoneura lobata</i>									
		Chironominae <i>Micropsectra radialis</i>	Chironominae <i>Micropsectra radialis</i>	Chironominae <i>Krenopsectra fallax</i>	Chironominae <i>Micropsectra pallidula</i>	Chironominae <i>Micropsectra pallidula</i>	Chironominae <i>Micropsectra pallidula</i>	Chironominae <i>Micropsectra pallidula</i>	Chironominae <i>Micropsectra apposita/notescens</i>	Chironominae <i>Micropsectra apposita/notescens</i>	Chironominae <i>Micropsectra radialis</i>
				<i>Micropsectra pallidula</i>	<i>Micropsectra radialis</i>	<i>Micropsectra radialis</i>	<i>Micropsectra radialis</i>	<i>Micropsectra radialis</i>	<i>Micropsectra radialis</i>	<i>Micropsectra radialis</i>	<i>Microtendipes pedellus-</i> Gruppe
				<i>Micropsectra radialis</i>	<i>Microtendipes pedellus-</i> Gruppe	<i>Microtendipes pedellus-</i> Gruppe	<i>Microtendipes pedellus-</i> Gruppe	<i>Microtendipes pedellus-</i> Gruppe	<i>Microtendipes pedellus-</i> Gruppe	<i>Microtendipes pedellus-</i> Gruppe	<i>Polypedilum (Polypedilum) albicorne</i>
				<i>Microtendipes pedellus-</i> Gruppe	<i>Polypedilum (Polypedilum) albicorne</i>						<i>Stempellinella flavidula</i>
				<i>Polypedilum (Polypedilum) albicorne</i>							

Tabelle 28: Hauptarten von Substrattyp 6 ($\geq 3,20$ % der Dominanzabundanzen) der Gesamtdaten im Jahresverlauf (April 2008 bis März 2009) ausgewertet nach ENGELMANN (1978).

April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Jänner	Februar	März
		<u>Tanypodinae</u> <i>Zavrelimyia</i> cf. <i>signatipennis</i>	<u>Tanypodinae</u> <i>Macropelopia</i> <i>notata</i>	<u>Tanypodinae</u> <i>Macropelopia</i> <i>notata</i>	<u>Tanypodinae</u> <i>Macropelopia</i> <i>notata</i>	<u>Tanypodinae</u> <i>Macropelopia</i> <i>notata</i>	<u>Tanypodinae</u> <i>Macropelopia</i> <i>notata</i>				<u>Tanypodinae</u> <i>Krenopelopia</i> <i>binotata</i>
											<i>Macropelopia</i> <i>notata</i>
											<i>Zavrelimyia</i> cf. <i>signatipennis</i>
			<u>Prodiamesinae</u> <i>Prodiamesa</i> <i>olivacea</i>	<u>Prodiamesinae</u> <i>Prodiamesa</i> <i>olivacea</i>	<u>Prodiamesinae</u> <i>Prodiamesa</i> <i>olivacea</i>	<u>Prodiamesinae</u> <i>Prodiamesa</i> <i>olivacea</i>	<u>Prodiamesinae</u> <i>Prodiamesa</i> <i>olivacea</i>			<u>Prodiamesinae</u> <i>Prodiamesa</i> <i>olivacea</i>	
	<u>Orthoclaadiinae</u> <i>Brillia bifida</i>	<u>Orthoclaadiinae</u> <i>Brillia bifida</i>	<u>Orthoclaadiinae</u> <i>Chaetocladius</i> (<i>Chaetocladius</i>) <i>vitellinus</i> - Gruppe	<u>Orthoclaadiinae</u> <i>Brillia bifida</i>	<u>Orthoclaadiinae</u> <i>Brillia bifida</i>	<u>Orthoclaadiinae</u> <i>Chaetocladius</i> (<i>Chaetocladius</i>) <i>vitellinus</i> - Gruppe	<u>Orthoclaadiinae</u> <i>Brillia bifida</i>		<u>Orthoclaadiinae</u> <i>Brillia bifida</i>		<u>Orthoclaadiinae</u> <i>Parametrioctenemus</i> <i>stylatus</i>
	<i>Chaetocladius</i> (<i>Chaetocladius</i>) cf. <i>dentiforceps</i>	<i>Chaetocladius</i> (<i>Chaetocladius</i>) <i>vitellinus</i> - Gruppe			<i>Paratrissocladius</i> <i>excerptus</i>		<i>Chaetocladius</i> (<i>Chaetocladius</i>) cf. <i>dentiforceps</i>				
	<i>Chaetocladius</i> (<i>Chaetocladius</i>) <i>vitellinus</i> -Gruppe										
		<u>Chironominae</u> <i>Micropsectra</i> <i>pallidula</i>	<u>Chironominae</u> <i>Micropsectra</i> <i>radialis</i>	<u>Chironominae</u> <i>Micropsectra</i> <i>pallidula</i>	<u>Chironominae</u> <i>Micropsectra</i> <i>pallidula</i>	<u>Chironominae</u> <i>Micropsectra</i> <i>pallidula</i>	<u>Chironominae</u> <i>Micropsectra</i> <i>apposita/notescens</i>	<u>Chironominae</u> <i>Micropsectra</i> <i>apposita/notescens</i>	<u>Chironominae</u> <i>Krenopsectra fallax</i>	<u>Chironominae</u> <i>Krenopsectra</i> <i>fallax</i>	<u>Chironominae</u> <i>Micropsectra</i> <i>radialis</i>
		<i>Micropsectra</i> <i>radialis</i>		<i>Micropsectra</i> <i>radialis</i>	<i>Micropsectra</i> <i>radialis</i>	<i>Micropsectra</i> <i>radialis</i>	<i>Micropsectra</i> <i>pallidula</i>	<i>Micropsectra</i> <i>radialis</i>	<i>Micropsectra</i> <i>apposita/notescens</i>	<i>Micropsectra</i> <i>radialis</i>	<i>Microtendipes</i> <i>pedellus</i> -Gruppe
				<i>Polypedilum</i> (<i>Polypedilum</i>) <i>albicorne</i>	<i>Microtendipes</i> <i>pedellus</i> -Gruppe	<i>Microtendipes</i> <i>pedellus</i> - Gruppe	<i>Micropsectra</i> <i>radialis</i>	<i>Microtendipes</i> <i>pedellus</i> -Gruppe	<i>Micropsectra</i> <i>radialis</i>	<i>Microtendipes</i> <i>pedellus</i> - Gruppe	<i>Polypedilum</i> (<i>Polypedilum</i>) <i>albicorne</i>
							<i>Microtendipes</i> <i>pedellus</i> -Gruppe	<i>Polypedilum</i> (<i>Polypedilum</i>) <i>albicorne</i>	<i>Polypedilum</i> (<i>Polypedilum</i>) <i>albicorne</i>		<i>Stempellinella</i> <i>flavidula</i>

6.3.4 Taxazahlen und Dominanzstrukturen in der Gewässertiefe

Die Individuen- und Artenanzahl der Chironomidae zeigen eine starke Präsenz in der Gewässertiefe über 3 cm (Tabelle 29). Hauptarten in allen Gewässertiefenklassen sind *Brillia bifida*, *Micropsectra radialis* und *Microtendipes pedellus*-Gruppe (Tabelle 30).

Tabelle 29: Individuen- und Artenanzahl der Chironomidae, geordnet nach Unterfamilien. Larven- und Puppengesamtdaten nach Wassertiefenklassen (Klasse 1: ≤ 2 cm; Klasse 2: ≤ 3 cm; Klasse 3: > 3 cm) aufgeteilt. Wassertiefenklassen die 1. Serie grau, die der 2. Serie hellblau markiert.

Gewässertiefenklassen	Tanypodinae	Prodiamesinae	Orthoclaadiinae	Chironominae
1		2/ 1		
1	21/ 5		83/11	115/ 7
2	27/ 5	2/ 1	14/ 5	89/ 5
2	153/ 6		121/12	819/12
3	515/ 7	281/ 1	822/13	2937/12
3	121/ 7	8/ 1	188/12	1331/11
Total	837/10	293/ 1	1228/19	5291/14

Tabelle 30: Hauptarten der Gewässertiefenklassen ($\geq 3,20$ % der Dominanzabundanzen) der Gesamtdaten (1. und 2. Serie), ausgewertet nach ENGELMANN (1978).

Gewässertiefenklasse 1	Gewässertiefenklasse 2	Gewässertiefenklasse 3
Tanypodinae <i>Krenopelopia binotata</i>	Tanypodinae <i>Krenopelopia binotata</i>	Tanypodinae <i>Macropelopia notata</i>
Orthoclaadiinae <i>Brillia bifida</i> <i>Psectrocladius</i> <i>sordidellus/limbatellus</i> -Gruppe	Orthoclaadiinae <i>Brillia bifida</i>	Prodiamesinae <i>Prodiamesa olivacea</i>
Chironominae <i>Micropsectra radialis</i> <i>Microtendipes pedellus</i> -Gruppe <i>Polypedilum (Polypedilum) albicorne</i>	Chironominae <i>Micropsectra pallidula</i> <i>Micropsectra radialis</i> <i>Microtendipes pedellus</i> -Gruppe <i>Polypedilum (Polypedilum) albicorne</i>	Orthoclaadiinae <i>Brillia bifida</i> <i>Chaetocladius (Chaetocladius) vitellinus</i> -Gruppe
		Chironominae <i>Micropsectra apposit/notescens</i> <i>Micropsectra pallidula</i> <i>Micropsectra radialis</i> <i>Microtendipes pedellus</i> -Gruppe

6.3.5 Ernährungstypen

Bei der Betrachtung der Ernährungstypen ist mit 5.394 Individuen der Ernährungstyp Detritusfresser in allen Mesokosmen und allen Substrattypen dominant. Im Jahresverlauf dominiert in allen Monaten der Detritusfresser (Abbildung 33, Seite 116). Im Dezember steigt der Wert in der Faunabox F3 sehr stark an (Abbildung 34, Seite 117). Im Ernährungstyp Räuber lässt sich erst ab Juni (Abbildung 33) ein deutlicher Unterschied zwischen den Präsenzdaten der Mesokosmen der 1. und der 2. Serie feststellen (Abbildung 34). Ab März steigt der Anteil der Räuber sehr stark an (Abbildung 33). Mehr als die Hälfte der Individuenanzahl ist in der 1. Serie, der Rest der Individuen in der 2. Serie festzustellen. Die Gesamtindividuenanzahl der Chironomidae zeigen in allen Substrattypen eine gleichmäßige

Verteilung (Abbildung 35, Seite 117). Es gibt auch Chironomidae, die keinem Ernährungstyp zuzuordnen sind, da es aufgrund der taxonomischen Bestimmung keine eindeutige Artzuweisung gibt.

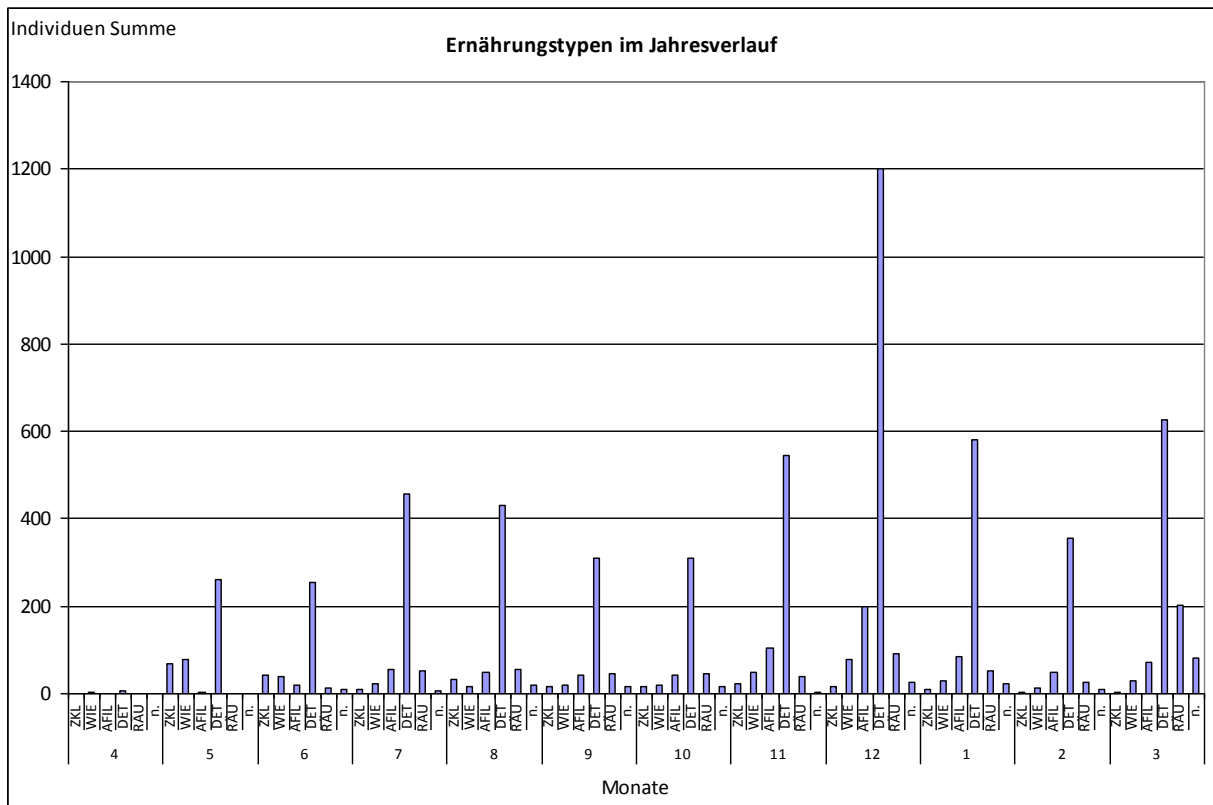


Abbildung 33: Ernährungstypen der Larvendaten, geordnet nach Jahresverlauf. n. = keinem Ernährungstyp zuordenbar.

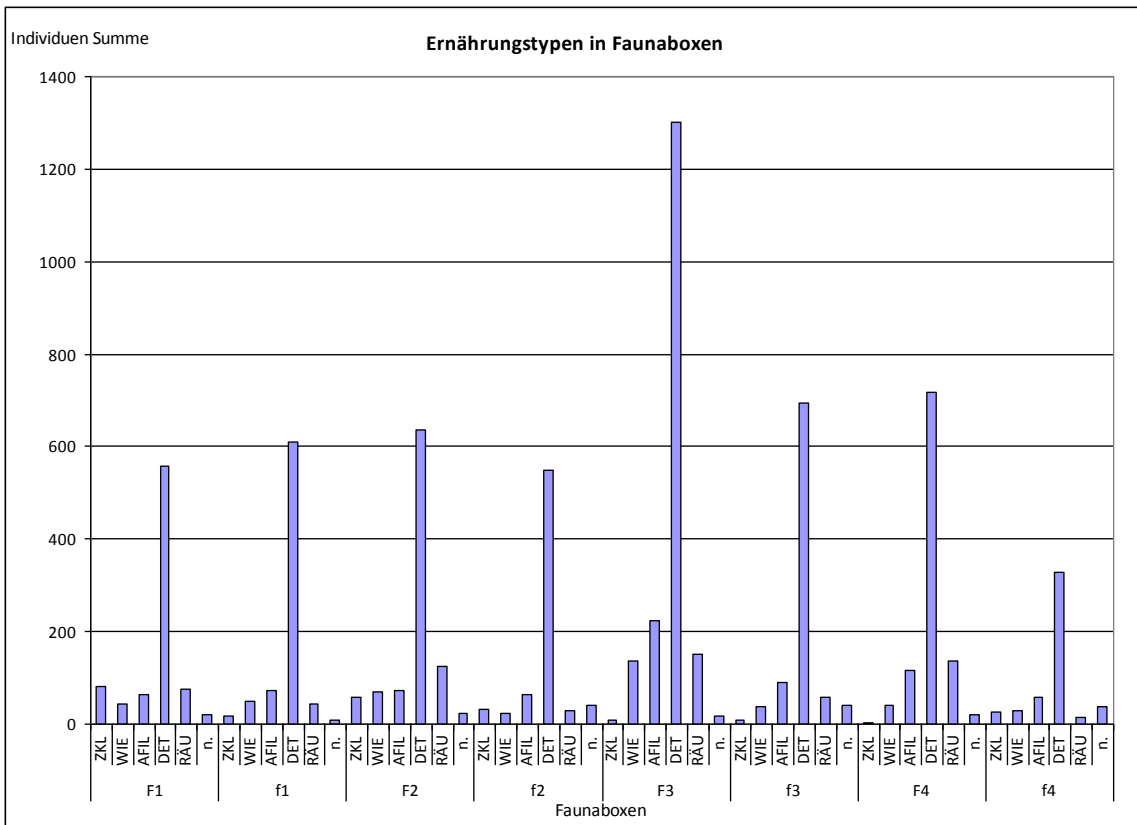


Abbildung 34: Ernährungstypen der Larvendaten, geordnet nach Mesokosmen der 1. und 2. Serie. n. = keinem Ernährungstyp zuordenbar.

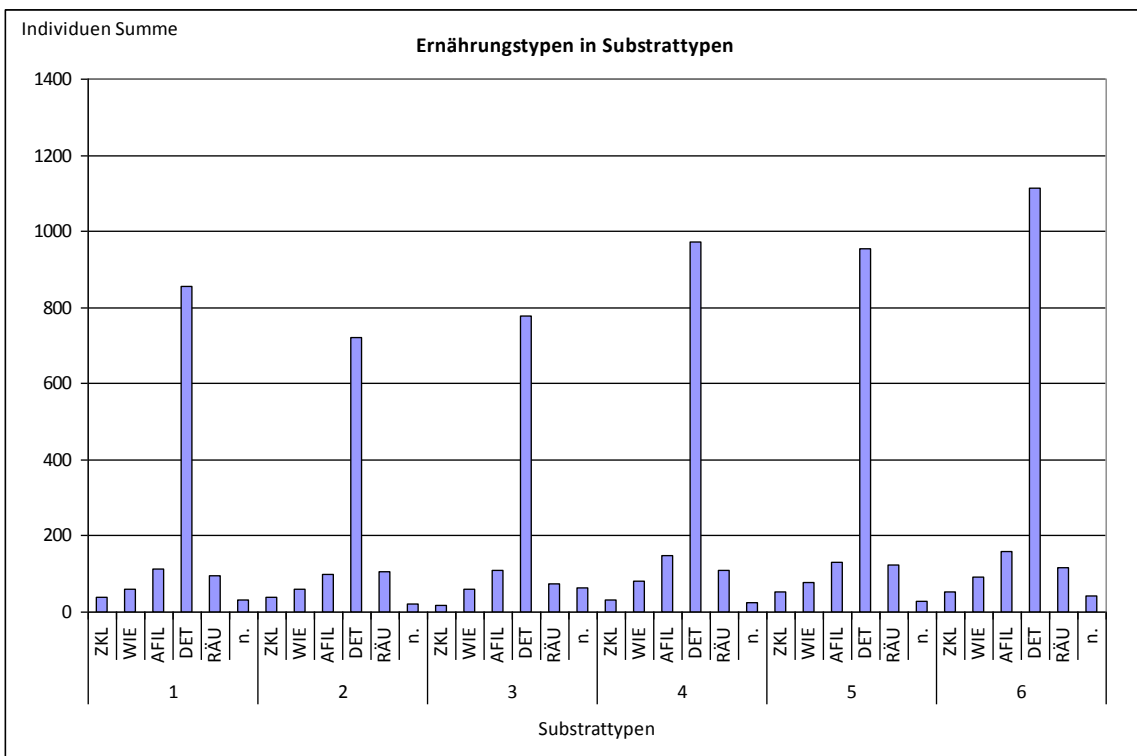


Abbildung 35: Ernährungstypen der Larvendaten, geordnet nach Substrattypen. n. = keinem Ernährungstyp zuordenbar.

6.3.6 Unterfamilie: Tanypodinae

Bei den Tanypodinae sind 9 Arten (Larven, teilweise auch Puppen) nachweisbar. Auf sechs Arten, die wichtig für den Lebensraum Quelle sind, wird genauer eingegangen.

6.3.6.1 *Apsectrotanypus trifascipennis* (ZETTERSTEDT 1838)

Vorkommen Larven: 28 Individuen in F3 und in F4.

Untersuchungsjahr: Ab Juli 2008 bis März 2009. Sie ist eine Begleitart, die sporadisch und subrezedent auftritt.

Substrattyp: 1-6; relativ gleichmäßig besiedelt.

Wassertemperatur: zwischen 8,8 - 12 °C.

Gewässertiefe: 3 - 6 cm.

Fließgeschwindigkeit: 0,00 – 0,45 m/s.

Schüttung: variiert von 1,22 – 14,08 l/min.

Ökologie: Als Ernährungstyp ist *A. trifascipennis* vorwiegend als Räuber, aber im jungen Larvenstadium auch als Detritusfresser eingestuft (JANECEK et al., 2002 a).

Die längenzonale Verbreitung besteht vom Hypokrenal bis Epipotamal aber auch im Profundal und Litoral wurden Larven nachgewiesen (FITTKAU, 1971; LEHMANN, 1971; JANECEK et al., 2002 a,).

A. trifascipennis ist eine kaltstenotherme Art, die kalte Quellen und Fließgewässer bewohnt. Sie gilt als stenoxybiont und recht kaltstenoterm (FITTKAU, 1962; FITTKAU, 1971). Sie kann auch in sauberen Staubereichen vorkommen (JANECEK et al., 2002 a). Flugzeiten von Mai bis Oktober sind an der Fulda dokumentiert (LEHMANN, 1971).

6.3.6.2 *Krenopelopia binotata* (WIEDEMANN 1817)

Vorkommen Larven: 133 Larven in f3 und f4, vereinzelt in f2.

Untersuchungsjahr: Mitte August ist sie erstmals in f3, in den Substrattypen 2 und 4, mit je einer Larve nachweisbar. Sie ist eine Begleitart, die im Jahresverlauf rezedent und subrezedent auftritt. Die meisten Individuenfunde gibt es in den Wintermonaten. Im März tritt sie, erstmals im Untersuchungsjahr, subdominant auf.

Substrattyp: In allen vorhandenen Substraten nachweisbar; höchste Individuenzahl im Substrattyp 2.

Wassertemperatur: 8,8 - 13,3 °C, höchste Individuenzahl liegt bei unter 10 °C.

Gewässertiefe: Die höchsten Individuenzahlen sind zwischen 2,5 – 3,5 cm Gewässertiefe dokumentiert, vereinzelt finden sich auch Individuen bei 1,5 cm, aber auch in 4,5 cm Gewässertiefe.

Fließgeschwindigkeit: 0,00 – 0,04 m/s.

Schüttung: Die Funde lassen auf eine große Individuenzahl bei 7,00 l/min schließen.

Ökologie: Als Ernährungstyp wird *K. binotata* als Räuber eingestuft (JANECEK et al., 2002 a).

Die längenzonale Verbreitung erstreckt sich vom Eukrenal bis Epirhital. Schon der Gattungsname deutet auf einen Quellbewohner. Dennoch sind sogar Vorkommen im Seenlitoral dokumentiert (JANECEK et al., 2002 a). GOETHGHEBUERTS (1936) fand *K. binotata* in belgischen Kanälen, Teichen und Tümpeln, bei einem pH > 7. Auch im vorliegenden Experiment sind die Nachweise bei einem pH \geq 7 dokumentiert.

An natürlichen Quellen ist beinahe immer ein hygropetrischer Ort vorhanden, aber in der vorliegenden Studie simuliert eine Faunabox den Quellmund und eine echte hygropetrische Stelle fehlt daher. Nachweise aus Quellen sind im Fuldaquellgebiet dargestellt. THIENEMANN (1954) zählt *K. binotata* zum „Grundstock der mitteleuropäischen Quellfauna“. An der Fulda wurde eine Flugzeit von Mai bis August beobachtet (LEHMANN, 1971).

6.3.6.3 *Macropelopia nebulosa* (MEIGEN 1804)

Vorkommen Larven: 32 Individuen, nachgewiesen in F1, F4 und f3.

Vorkommen Puppen: Ein weiblicher Puppenfund ist im Juni in F4 im Substrattyp 5 dokumentiert.

Untersuchungsjahr: Die Larven sind von Mai 2008 bis März 2009 nachgewiesen. *M. nebulosa* ist eine Begleitart, die sporadisch und subzedent auftritt.

Substrattyp: Die Art fehlt im Substrattyp 2, sonst ist sie in allen Substrattypen vertreten. Die meisten Individuen finden sich im Substrattyp 3.

Wassertemperatur: 8,8 – 11,6 °C; bei 9,6 – 9,8 °C wurden allein 16 Individuen nachgewiesen.

Gewässertiefe: Eine Dominanz bei einer Gewässertiefe von 3,0 – 3,5 cm.

Fließgeschwindigkeit: 0,00 – 0,04 m/s werden bevorzugt besiedelt.

Schüttung: 1,23 – 14,04 l/min; die Daten lassen keine klaren Ergebnisse über eine Präferenz der Schüttung zu.

Ökologie: *M. nebulosa* ist vorwiegend als Räuber, aber auch als Detritusfresser eingestuft (JANECEK et al., 2002 a). Ihr Vorkommen erstreckt sich vom Eukrenal bis ins Epipotamal, aber auch im Litoral und Profundal findet sich, laut Fauna Aquatica Austriaca, diese Art (JANECEK et al., 2002 a). Laut FITTKAU (1962) ist sie aber in Quellen oder Bächen in der Ebene - mit

Mittelgebirgscharakter – vorzufinden, da sie eher kaltstenothermen und polyoxybionten Charakter zeigt. Während sie in der Ebene in Quellen und Quellbächen vorkommt, ist sie im Mittelgebirge im Litoral der Seen anzutreffen. Hier besiedeln an ihrer Stelle *Macropelopia notata* die Quellen, während *M. nebulosa* in Limnokrenen eher vereinzelt auftritt. Vereinfachend muss vermerkt werden, dass *M. nebulosa* innerhalb der Gattung – mit ihren starken ökologischen Aufspaltungen - noch relativ euryök ist. Dies fällt besonders auch bei der Saprobität auf (SI: 2,3) (JANECEK et al., 2002 a). Die Flugzeit ist je nach Verbreitungsgebiet im Frühling/Sommer und Herbst (FITTKAU, 1962).

6.3.6.4 *Macropelopia notata* (MEIGEN 1818)

Vorkommen Larven: 412 Individuen - in allen acht Mesokosmen vorhanden. Am dichtesten ist sie mit 108 Individuen in F3 besiedelt. In keiner der Mesokosmen der 2. Serie kann die Individuenzahl der 1. Serie aufgeholt werden. Die ersten Larven werden im Juni in F4 gefunden. Im Juli zeigen sich alle Mesokosmen der 1. Serie besiedelt. In der 2. Serie treten ab August in f2 und f3 erste Larven auf.

Substrattyp: Alle sind gleichmäßig besiedelt.

Untersuchungsjahr: Sie ist als Larve von Juni bis März nachweisbar. Ab Juli gilt sie als Hauptart, die subdominant bis November auftritt.

Wassertemperatur: 8,1 – 13,3 °C, wobei eine Gewichtung der Daten bei 11 – 13 °C liegt.

Gewässertiefe: In 4 – 5 cm werden die meisten Larven dokumentiert.

Fließgeschwindigkeit: Eine Präferenz von 0,00 – 0,08 m/s wird durch 335 Individuennachweise bestätigt. Die Auswertung der Larvenfunde mit den Schüttungsdaten ergibt kein eindeutiges Ergebnis.

Schüttung: 1,07 – 14,84 l/min .

Ökologie: Als Ernährungstyp gilt *M. notata* vorwiegend als Räuber, daneben auch als Detritusfresser. Ihr Vorkommen liegt im Eukrenal und Hypokrenal sowie vereinzelt im Litoral (JANECEK et al., 2002 a). GEIJSKES (1935) dokumentiert sie im Röserenbach, dem im Untersuchungsgebiet liegenden Quellbach. Vorwiegend zu finden ist die kaltstenotherme und krenobionte Art in Rheokrenen mit hygropetrischen Stellen. Substratpräferenz ist auf großen Steinen dokumentiert (LENCIONI et al., 2011). Besonders die Saprobiewerte zeigen, dass die Art ökologisch stark von *M. nebulosa* unterschieden ist (x: 2 o: 4 β: 4 - - G: 2) SI: 1,2 (JANECEK et al., 2002 a).

6.3.6.5 *Trissopelopia longimana* (STAEGER 1839)

Vorkommen Larven: Insgesamt sind 94 Individuen nachgewiesen. Alle Mesokosmen der 1. Serie (F1 –F4) sind besiedelt, die der 2. Serie sind in f1 und f2 belegt.

Vorkommen Puppen: Eine Puppe weiblich wird Anfang Juni in F4, Substrattyp 6, nachgewiesen.

Substrattyp: In allen Substratypen nachweisbar. In F1 hohe Individuenzahl im Substrattyp 4.

Untersuchungsjahr: Von Juni bis zum Untersuchungsende zeigt sich eine Präsenz der Larven: Die höchsten Individuenzahlen sind in den Wintermonaten, vor allem im März, mit 36 Individuen dokumentiert. *T. longimana* ist eine subdominante Hauptart.

Wassertemperatur: 7,3 – 12,4 °C.

Gewässertiefe: 4 – 5 cm.

Fließgeschwindigkeit: 0,00 – 0,04 m/s.

Schüttung: 28 Individuen bei 7,20 l/min, Einzelfunde von 1,22 – 14,84 l/min dokumentiert.

Ökologie: Laut Fauna Aquatica Austriaca wird *T. longimana* als Räuber eingestuft (JANECEK et al., 2002 a). Die längenzonale Verbreitung liegt vom Eukrenal bis Metarhital sowie im Litoral. Das Vorkommen im Litoral ist in nordskandinavischen Seen dokumentiert. In Europa ist das Vorkommen auf Quellen, Bäche und hygropetrische Stellen beschränkt (THIENEMANN, 1954; FITTKAU, 1962). LENCIONI et al. (2011) findet *Trissopelopia* sp. im Sand von Helokrenen. *T. longimana* ist somit in Europa rheobiont bis krenophil. Ihre bisher bekannten Funde kommen aus der Paläarktis (SÆTHER & SPIES, 2004).

6.3.6.6 *Zavreliomyia cf. signatipennis* (KIEFFER 1924)

Vorkommen Larven: 232 Larven sind in allen Mesokosmen beider Serien vertreten. Die ersten Larvenfunde werden im Juni in F3 und F4 belegt. Die Mesokosmen der 1. Serie sind durch deutlich höhere Individuennachweise als die der 2. Serie belegt.

Vorkommen Puppen: Zwei weibliche Puppen, je eine in F4 im Substrattyp 5 und eine in f3 im Substrattyp 1 verzeichnet. Eine Puppe männlich wird Anfang Oktober in f3 im Substrattyp 1 dokumentiert.

Untersuchungsjahr: Juni bis März als Larve nachgewiesen. Diese rezedente Begleitart tritt im März als dominante Hauptart hervor.

Substrattyp: Kommt in allen Substratypen ohne eindeutige Präferenz vor.

Wassertemperatur: Die Auswertung nach der Wassertemperatur ergibt einen Abstand von 8,10 – 12,00 °C; die Daten lassen keine weitere Interpretation der Wassertemperatur zu.

Gewässertiefe: Dominieren bei 3 – 5 cm, vereinzelt sind Larven auch bei 5,5 cm anzutreffen.

Fließgeschwindigkeit: 0,00 – 0,04 m/s.

Schüttung: 7,20 l/min mit 67 Individuen.

Ökologie: Als Ernährungstyp ist *Z. signatipennis* ein Räuber. Die längenzonale Verbreitung laut Fauna Aquatica Austriaca zeigt ein Vorkommen vom Eukrenal bis ins Epirhitral (JANECEK et al., 2002 a). *Z. signatipennis* gilt als kaltstenotherme und krenobionte bis krenophile Art (FITTKAU, 1962). Ihre Substratpräferenz ist in sandigem, schlammigem Boden und schwach überströmten Bachabschnitten. Diese Art meidet Moosbiotope (THIENEMANN, 1954).

6.3.7 Unterfamilie: Orthoclaadiinae

Innerhalb der Unterfamilie der Tanypodinae sind 19 Arten mit ihrem Larven- und Puppensatz für die Auswertungsmethode geeignet. 9 Arten davon werden in ihrer kleinräumigen Verbreitung geprüft.

6.3.7.1 *Brillia bifida* (KIEFFER 1909)

Vorkommen Larven: In allen Mesokosmen der 1. und 2. Serie zusammen sind 432 Larven nachweisbar. Die 2. Serie ist mit f3 und f4 besiedelt.

Vorkommen Puppen: Puppen werden im Mai (drei Puppen männlich, Substrattyp 2 und 5; drei Puppen weiblich, Substrattyp 1 und 4), Juni (vier Puppen männlich, Substrattyp 2, 4 und 5; 14 Puppen weiblich, Substrattyp 1 - 6), August (eine Puppe männlich, Substrattyp 4; 2 Puppen weiblich, Substrattyp 4 und 6), September (eine Puppe männlich, Substrattyp 6; eine Puppe weiblich, Substrattyp 2), Oktober (zwei Puppen weiblich, Substrattyp 6), November (eine Puppen weiblich, Substrattyp 5) und Dezember (eine Puppe weiblich, Substrattyp 1) dokumentiert.

Untersuchungsjahr: Die ersten Larven werden bereits im April in F2 verzeichnet und sind bis zum Untersuchungsende nachweisbar. Ab Juni sind Larven in allen Mesokosmen der 1. Serie nachzuweisen. Die höchste Individuenzahl im Jahresverlauf herrscht im Mai, in den Mesokosmen F1 und F2. Diese Mesokosmen haben auch die höchste Individuenzahl, vergleicht man die Boxen untereinander. In den ersten drei Monaten ist *B. bifida* in den Mesokosmen dominant vertreten. Ihre Dominanz nimmt im Jahresverlauf ab. Ab Dezember ist sie in den monatlichen Dominanzauswertungen eine Begleitart.

Substrattyp: Alle Substrattypen werden besiedelt; höchste Anzahl im Substrattyp 5; schwach besiedelt ist der Substrattyp 3.

Wassertemperatur: Die meisten Larven werden zwischen 10,9 – 11,6 °C gefunden.

Gewässertiefe: 25 % der Larven treten bei einer Gewässertiefe von 5 cm auf.

Fließgeschwindigkeit: 0,00 - 0,04 m/s.

Schüttung: 0,78 – 21,88 l/min.

Ökologie: *B. bifida* gilt beim Ernährungstyp als Zerkleinerer und Detritusfresser und bevorzugt grobes organisches Substrat. Diese Art der Orthoclaadiinae ist nach längenzonaler Verbreitung vom Eukrenal bis ins Epipotamal sowie im Litoral verbreitet (JANECEK et al., 2002 b). Laut THIENEMANN (1954) zählt die *B. bifida* zum „Grundstock der mitteleuropäischen Quellfauna“ – und ist auch in der vorliegenden Untersuchung eine wichtige Quellart. Jedenfalls verträgt die

Art auch beträchtliche organische Verunreinigungen (Sabrobienindex 1,8; 20 % der Funde im α -mesosaprobien Milieu) und gilt als euryoxybiont. Von der Temperatur hingegen gilt sie als kaltstenotherm, ist mäßig rheophil und wohl auch phytorheophil (JANECEK et al., 2002, c). In Quellen wurde eine Flugzeit von Mai bis Oktober beobachtet, während in der Fulda eine Flugzeit von März bis Mai dokumentiert wird (LEHMANN, 1971; STUR & WIEDENBURG, 2006). Diese Vermutung lässt sich durch die weiblichen Puppenfunde im November und Dezember belegen - da die weiblichen Tiere eine längere Flugzeit aufweisen als die Männchen. Biogeographisch ist die Art in der Paläarktis verbreitet.

6.3.7.2 *Chaetocladius (Chaetocladius) cf. dentiforceps* (EDWARDS 1929)

Vorkommen Larven: In der 1. Serie sind alle Mesokosmen besiedelt. In der 2. Serie sind es f1 und f2. Insgesamt sind 151 Individuen dokumentiert.

Untersuchungsjahr: Die erste Larve wird Mitte April nachgewiesen, ab Mai nimmt die Individuenanzahl stark zu: 65 Individuen. In ihrer Dominanzstruktur zeigt sich *Ch. cf. dentiforceps* als Hauptart, die im April und Mai dominant nachweisbar ist. Zwar sind Larven bis zum Untersuchungsende in jedem Monat nachweisbar aber die Anzahl schwankt stark – und *Ch. cf. dentiforceps* wird nach der Dominanzklassifizierung zu einer rezedenten Begleitart.

Substrattyp: Alle Substrattypen sind besiedelt, es ist aber eine deutliche Bevorzugung von Substraten die Steine > 10 cm feststellbar.

Wassertemperatur: 10,5 – 10,9 °C.

Gewässertiefe: 3,5 – 5,5 cm.

Fließgeschwindigkeit: 0,00 - 0,64 m/s.

Schüttung: 2,68 - 21,88 l/min.

Ökologie: Als Ernährungstyp ist die Art Detritusfresser und Weidegänger. Die längenzonale Verbreitung erstreckt sich vom Hypokrenal bis ins Metarhitral (JANECEK et al., 2002 b). Die Art ist in hygropetrischen Lebensräumen mit Vorliebe auch im Moos anzutreffen (LENCIONI et al., 2011).

6.3.7.3 *Chaetocladius (Chaetocladius) piger* (GOETGHEBUER 1913)

Vorkommen Larven: In f1 und f2 der 2. Serie wurden 12 Individuen nachgewiesen.

Untersuchungsjahr: Die Daten zeigen eine Larve im November und elf Larven im März. *Ch. piger* ist in den Gesamtdaten eine Begleitart.

Substrattyp: Die Daten zeigen eine Substratpräferenz für den Substrattyp 4.

Wassertemperatur: 10,1 °C.

Gewässertiefe: 2 – 4 cm.

Fließgeschwindigkeit: 0,04 m/s.

Schüttung: 7,20 – 9,48 l/min dokumentiert.

Ökologie: Diese Art ist vom Ernährungstyp vorwiegend ein Detritusfresser aber auch ein Weidegänger. Ihre Präferenz in der längenzonalen Verbreitung umspannt einen engen Bereich - vom Epirhital bis ins Hyporhital. Die Art bevorzugt hier Seichtwasser (JANECEK et al., 2002 b).

Ihre Substratpräferenz ist im Schlamm von Rheokreenen (LENCIONI et al., 2011). Die Mesokosmen der 2. Serie bieten, wahrscheinlich aufgrund einer schnelleren Verschlammung, einen geeigneten Lebensraum für die Art.

6.3.7.4 *Chaetocladus (Chaetocladus) vitellinus*-Gruppe (KIEFFER 1908)

Vorkommen Larven: Insgesamt werden 397 Individuen verzeichnet. In den Mesokosmen der 1. Serie finden sich ab Mai durchwegs Larven. Von der 2. Serie wird f1 ab Juli mit Larven besiedelt.

Untersuchungsjahr: Die ersten Larven treten bereits im April - in F2 und F3 - auf. Die höchste Individuenzahl (n=185) findet sich im Mai, gefolgt vom Juni (n=95). Die Larvennachweise enden im November. *Ch. vitellinus*-Gruppe ist von April bis Juli und im Oktober eine eudominante bis subdominante Hauptart.

Substrattyp: Bei der Betrachtung der Substrattypenauswertung zeigt sich eine relativ gleichmäßige Besiedelung durch die Larven.

Wassertemperatur: 10,4 – 13,3 °C.

Gewässertiefe: 4,5 – 5,5 cm.

Fließgeschwindigkeit: meiste Larvenfunde bei 0,00 – 0,08 m/s.

Schüttung: 0,78 – 30,88 l/min; keine Schüttungspräferenz der Larven.

Ökologie: Diese Art ist vom Ernährungstyp vorwiegend ein Detritusfresser, aber auch ein Weidegänger und bewohnt Seichtwasser (JANECEK et al., 2002 b). Die Gruppe besteht aus mehreren Arten.

6.3.7.5 *Chaetocladus (Chaetocladus) perennis* (MEIGEN 1830)

Vorkommen Puppen: Vier Puppen männlich.

Untersuchungsjahr: Die Puppen werden in den Monaten Juni, November und Dezember dokumentiert. Ihre Dominanz in der Untersuchung ist sporadisch, und *Ch. perennis* ist eine Begleitart.

Substrattyp: 2, 3 und 6.

Wassertemperatur: 10,5 – 11,7 °C.

Gewässertiefe: 4 cm.

Fließgeschwindigkeit: 0,04 – 0,22 m/s.

Schüttung: 2,96 – 9,48 l/min.

Ökologie: Die Art ist vom Ernährungstyp her vorwiegend ein Detritusfresser, außerdem auch ein Weidegänger (JANECEK et al., 2002 b). Sie bewohnt seichte Gewässer und zeigt eine Substratpräferenz auf großen Steinen in Quellen (LENCIONI et al., 2011).

6.3.7.6 *Corynoneura lobata* EDWARDS 1924

Vorkommen Larven: Larvenfunde gibt es insgesamt in fünf von acht Mesokosmen, und zwar 21 Individuen; sie finden sich in F2, F3, f1, f2 und f3. Der erste Larvenfund ist Ende Mai. Im Dezember und Januar wurde *C. lobata* nicht nachgewiesen.

Untersuchungsjahr: Nachweisbar vom Mai bis November sowie im Februar und März - als Begleitart in der Gesamtuntersuchung.

Substrattyp: 1, 2, 3, 5 und 6.

Wassertemperatur: 9 – 12,9 °C.

Gewässertiefe: 1,5 – 7,5 cm.

Fließgeschwindigkeit: 0,00 – 0,31 m/s.

Schüttung: 0,80 – 9,08 l/min.

Ökologie: Die krenophile Art ist Detritusfresser und Weidegänger. Sie ist vom Eukrenal bis ins Hypopotamal verbreitet (JANECEK et al., 2002 b). Ihre Verbreitung gilt als holarktisch. Als Substratpräferenz sind große Steine dokumentiert (LENCIONI et al., 2011). Die Art gilt als ubiquär und ist somit auch in vielen Fließgewässern der Holarktis verbreitet. An den Quellen im Nationalpark Berchtesgaden ist die Flugzeit von Mai bis Oktober (STUR & WIEDENBRUG, 2006).

6.3.7.7 *Heleniella ornaticollis* (EDWARDS 1929)

Vorkommen Larven: Fünf Larvenfunde in f3.

Untersuchungsjahr: Mitte August und Ende März sporadisch dokumentiert.

Substrattyp: 1 und 4.

Wassertemperatur: 9,8 – 13,3 °C.

Gewässertiefe: 2,5 – 3,5 cm.

Fließgeschwindigkeit: 0,00 – 0,04 m/s.

Schüttung: 1,36 - 6,92 l/min.

Ökologie: Von Ernährungstyp ist *H. ornatcollis* ein Detritusfresser. Laut THIENEMANN (1954) eine stenotherme und rheophile Art, die laut Fauna Aquatica Austriaca vom Eukrenal bis ins Hyporhithral vorkommt (JANECEK et al., 2002 b). An Quellen sind Flugzeiten von Mai bis Oktober beobachtet, an Flüssen ist die Emergenz bis September dokumentiert (LEHMANN, 1971; STUR & WIEDENBRUG, 2006).

6.3.7.8 *Parametriocnemus cf. stylatus* (SPARCK 1923)

Vorkommen Larven: In den Mesokosmen F1, F2, f1, f2 und f3 sind 38 Individuen dokumentiert.

Untersuchungsjahr: Der erste Larvenfund stammt vom Juni (F1, Substrattyp 4). Larven werden in den Monaten Juni, August, Oktober, Dezember und Januar bis März - als sporadische und subrezedente Begleitart - dokumentiert.

Substrattyp: in 1 – 6 gleichmäßig verteilt.

Wassertemperatur: 7,3 – 12,4 °C.

Gewässertiefe: 0,5 - 6 cm.

Fließgeschwindigkeit: 0 – 0,54 m/s.

Schüttung: 1,55 – 14,84 l/min.

Ökologie: Diese Art gilt als weit verbreitet. THIENEMANN (1954) zählt die Art zum „Grundstock der europäischen Quellfauna“. Teilweise bestätigt wird dies auch von der Fauna Aquatica Austriaca, die ein Vorkommen vom Eukrenal bis Metapotamal aber auch im Litoral verzeichnet. Im Gegensatz zu ihrem Verwandten *P. boreoalpinus* ist die Art aber eher als euryöke Fließgewässerart denn als typische Quellart einzuschätzen (GOWIN & THIENEMANN, 1942). Ferner ist „*P. stylatus*“ eher ein Larventyp zu dem noch mehrere Arten zählen.

Vom Ernährungstyp her wird *P. cf. stylatus* als Detritusfresser und Weidegänger beschrieben (JANECEK et al., 2002 b). Larvenfunde in Sand und Schlamm sind auch ausschlaggebend für die Einstufung zum Ernährungstyp Sedimentfresser (DITTMAR, 1955). *P. cf. stylatus* gilt als eurytherm und rheophil. Quellen im Nationalpark Berchtesgaden und Nachweise im Rohrwiesenbach zeigen eine Flugzeit von März bis Oktober (RINGE, 1974; STUR & WIEDENBRUG, 2006). In den Quellen von Berchtesgaden wird sogar eine Hauptflugzeit im Früh- und Spätsommer festgestellt. RÖSER (1980) stellt an einem Mittelgebirgsbach drei Hauptflugzeiten fest, eine Frühling-, Sommer- und Herbstflugzeit.

6.3.7.9 *Paratrissocladius excerptus* (WALKER 1856)

Vorkommen Larven: Die Mesokosmen der 1. Serie sind alle mit Larvenfunden dokumentiert. In der 2. Serie ist f3 und f4 besiedelt. Insgesamt sind 68 Individuen nachgewiesen.

Vorkommen Puppen: Eine Puppe, weiblich, ist im März 2009 (F4, Substrattyp 2) nachgewiesen.

Untersuchungsjahr: Die ersten Larven sind im Juli in f3 und F4 belegt. Die Funde stammen aus den Monaten Juli, August, September, Oktober, Januar, Februar und März. Der sonst immer als Begleitart dokumentierte *P. excerptus* wird im September zu einer subdominanten Hauptart.

Substrattyp: Die Larven zeigen in allen Typen eine relativ gleichmäßige Besiedelung.

Wassertemperatur: 7,3 – 13,3 °C.

Gewässertiefe: 3 – 4 cm.

Fließgeschwindigkeit: 0,0 – 0,54 m/s.

Schüttung: 1,07 – 12,32 l/min, keine Schüttungspräferenz.

Ökologie: *P. excerptus* ist ein Detritusfresser. Die Art ist vom Metarhital bis hin ins Metapotamal verbreitet (JANECEK et al., 2002 b). Als Substratpräferenz ist Schlamm dokumentiert (LENCIONI et al., 2011).

6.3.8 Unterfamilie: Chironominae

Innerhalb der Unterfamilie der Chironominae sind 14 Arten mit Larven- und/oder Puppensätzen in den Mesokosmen nachweisbar. Die wichtigsten Arten werden charakterisiert - auch wenn einige davon eher selten in den Daten vertreten sind.

6.3.8.1 *Krenopsectra fallax* REISS 1969

Vorkommen Larven: Larven werden in allen Mesokosmen der 1. Serie nachgewiesen. Von der 2. Serie sind f3 und f4 besiedelt.

Untersuchungsjahr: Die ersten acht von 51 Larven werden Mitte August nachgewiesen. Bis zum Untersuchungsende ist *K. fallax* - mit Ausnahme des Novembers - als Begleitart präsent.

Substrattyp: 1, 3, 4, 5 und 6.

Wassertemperatur: 7,3 – 13,3 °C.

Gewässertiefe: 2,5 - 6 cm.

Fließgeschwindigkeit: 0,00 - 0,08 m/s.

Schüttung: 1,08 – 14,08 l/min.

Ökologie: Die längenzonale Verbreitung reicht vom Eukrenal bis ins Epirhithral (JANECEK & CONTRERAS-LICHTENBERGER, 2002 c). Schon der Name verweist auf (überwiegend) eine Quellart. Die Fauna Aquatica Austriaca klassifiziert diese Art nicht in einem bestimmten Ernährungstyp.

6.3.8.2 *Micropsectra apposita/notescens* (WALKER 1856)

Vorkommen Larven: Aufgrund der Larvengröße/-alters nicht bestimmbar. Einzelne Puppenfunde können eindeutig den beiden Arten zugeordnet werden. Die 252 Larvenindividuen besiedeln alle Mesokosmen der 1. und 2. Serie; die Tiere sind ab Mai 2008 bis zum Untersuchungsende im März 2009 nachweisbar.

Untersuchungsjahr: Ab Juni gibt es die ersten Larvennachweise: es sind bereits alle Mesokosmen der 1. Serie besiedelt. Im Juni sowie November bis Februar als Hauptart (Haupttaxon) dokumentiert.

Substrattyp: 1 – 6.

Wassertemperatur: 7,3 – 13,3 °C.

Gewässertiefe: 1,0 – 8,0 cm.

Fließgeschwindigkeit: 0,00 - 0,59 m/s.

Schüttung: 0,78 – 14,84 l/min.

Micropsectra apposita Puppenfunde: Zwei Puppen, männlich, und zwei Puppen, weiblich, im Juni 2008 und März 2009. Die Daten sind bei einer Wassertemperatur von 8,8 – 11,1 °C, einer

Gewässertiefe von 3,5 – 5,0 cm, einer Fließgeschwindigkeit von 0,00 - 0,04 m/s und einer Schüttung von 6,80 und 11,76 l/min aufgenommen worden.

Micropsectra notescens Puppenfunde: Eine Puppe, männlich, und sechs Puppen, weiblich, im Juni 2008 und März 2009. Die Daten werden bei einer Wassertemperatur von 8,4 – 11,5 °C, einer Gewässertiefe von 3,0 – 5,0 cm, einer Fließgeschwindigkeit von 0,00 - 0,55 m/s und einer Schüttung von 4,88 - 10,52 l/min aufgenommen.

Ökologie: Vom Ernährungstyp vorwiegend Detritusfresser, aber auch Weidegänger. Die Fauna Aquatica Austriaca verzeichnet eine längenzonale Verbreitung von Hypokrenal bis Epipotamal aber auch ein Vorkommen im Litoral (JANECEK & CONTRERAS-LICHTENBERGER, 2002 c). Laut THIENEMANN (1954) lebt diese Art im Schlamm von Quellen; sie wird weiters in Bächen, Gräben, Flüssen, Tümpeln, Teichen, Seen und Binnensalzseen dokumentiert und ist in ganz Europa verbreitet.

6.3.8.3 *Micropsectra roseiventris* (KIEFFER 1909)

Vorkommen Larven: Eine Larve in f3.

Untersuchungsjahr: Im Oktober 2008 als sporadische Begleitart.

Substrattyp: 6.

Wassertemperatur: 11,5 °C.

Gewässertiefe: 3 cm.

Fließgeschwindigkeit: 0,00 m/s.

Schüttung: 1,23 l/min.

Ökologie: Der Ernährungstyp ist vorwiegend Detritusfresser, aber auch Weidegänger und Aktiver Filtrierer (JANECEK & CONTRERAS-LICHTENBERGER, 2002 c). Die längenzonale Verbreitung besteht vom Eukrenal bis Hyporhital sowie im Litoral. Die Art wird in Quellen des Nationalparks Berchtesgaden nachgewiesen (STUR & WIEDENBURG, 2006). Laut THIENEMANN (1954) wurde in einem Gartenbecken, das jedes Jahr geleert und vier Jahre untersucht wurde, die Art in zwei Untersuchungsjahren nachgewiesen. Diese Art ist in Quellen an Zahl oft eher selten aber für das Krenal recht typisch. Sie ist in Europa verbreitet.

6.3.8.4 *Micropsectra pallidula* MEIGEN 1830

Vorkommen Larven: Die 272 Larvenindividuen besiedeln alle Mesokosmen der 1. und 2. Serie und sind ab Juni 2008 bis zum Untersuchungsende im März 2009 nachweisbar.

Untersuchungsjahr: Beginn der Daten im Juni bis Ende März und ab August bis Dezember als subdominante Hauptart dokumentiert.

Substrattyp: 1 – 6.

Wassertemperatur: 7,3 – 13,3 °C; die höchste Individuenzahl findet sich bei 11. 6 °C.

Gewässertiefe: 1,5 – 8,5 cm.

Fließgeschwindigkeit: 0,00 - 0,56 m/s.

Schüttung: 1,23 – 14,84 l/min.

Vorkommen Puppen: zehn Puppen, männlich und eine Puppe, weiblich, im Juni, August, September und Oktober 2008 sowie im Januar und Februar 2009. Die Puppen werden vor allem in der Faunabox F1, aber auch vereinzelt in F2 und f4 nachgewiesen. Alle Substrattypen sind besiedelt. Die Daten werden bei einer Wassertemperatur von 8,5 – 11,9 °C, einer Gewässertiefe von 3,0 – 6,0 cm, einer Fließgeschwindigkeit von 0,00 - 0,53 m/s und einer Schüttung von 2,68 - 12,84 l/min aufgenommen.

Ökologie: Sie ist überwiegend Detritusfresser, daneben auch Weidegänger und Aktiver Filtrierer. Die längenzonale Verbreitung reicht vom Hypokrenal bis ins Hyporhital (JANECEK & CONTRERAS-LICHTENBERGER, 2002 c). Die Larven leben im Schlamm des Quellgebietes. Laut LEHMANN (1971) liegt die Flugzeit an der Fulda von Mai bis November. *M. pallidula* kommt in ganz Europa vor.

6.3.8.5 *Micropsectra radialis* GOETGHEBUER 1939

Vorkommen Larven: 2.646 Larven wurden in allen Mesokosmen der 1. und 2. Serie nachgewiesen.

Untersuchungsjahr: Die ersten Larvennachweise sind Mitte Mai in F1 - hier noch als Begleitart dokumentiert. Bis zum Untersuchungsende März 2009 treten die Larven als eudominante bis subdominante Hauptart auf.

Substrattyp: Dokumentiert wird die Larve in allen Substrattypen ohne dass auf eine Präferenz hingewiesen wird.

Wassertemperatur: 7,3 – 13,3 °C.

Gewässertiefe: 0,5 - 8 cm.

Fließgeschwindigkeit: 0,00 - 0,65 m/s.

Schüttung: 0,78 – 14,84 l/min.

Vorkommen Puppen: zwei Puppen, männlich und acht Puppen, weiblich, sind im Juni, August, September und Oktober 2008 sowie im Februar und März 2009 dokumentiert. Die Puppen werden vor allem in der Faunabox f3 angetroffen, daneben gibt es einen Einzelfund in F2. Sie sind in den Substrattypen 1, 2, 3 und 5 belegt. Die Daten sind bei einer Wassertemperatur von

8,9 – 13,0 °C, bei einer Gewässertiefe von 3 – 5 cm, einer Fließgeschwindigkeit von 0,00 - 0,04 m/s und einer Schüttung von 1,41 - 14,08 l/min aufgenommen.

Ökologie: Die Art gilt als Detritusfresser aber auch als Aktiver Filtrierer. Die Hauptverbreitung ist aus dem Litoral und Profundal bekannt aber vereinzelt gibt es dokumentierte Funde im Epirhithral (JANECEK & CONTRERAS-LICHTENBERGER, 2002 c).

6.3.8.6 *Polypedilum (Polypedilum) albicorne* (MEIGEN 1838)

Vorkommen Larven: Die Mesokosmen der 1. und 2. Serie weisen 178 Larvenfunde auf.

Untersuchungsjahr: Zum ersten Larvennachweis kommt es in F4 bereits Anfang Mai. In der 2. Serie sind ab August alle Mesokosmen gleichzeitig besiedelt. In den Monaten August, September und März ist *P. albicorne* eine subdominante Hauptart.

Substrattyp: Bei der Substrattypenauswertung der Larven zeigt sich in den einzelnen Typen eine relativ gleichmäßige Besiedelung.

Wassertemperatur: Daten der Larvenfunde ergeben Temperaturen von 8,4 – 13,3 °C.

Gewässertiefe: 3,0 – 4,5 cm.

Fließgeschwindigkeit: 0,0 – 0,54 m/s.

Schüttung: 1,07 – 16,32 l/min, Präferenz bei 7,00 l/min.

Ökologie: Als Ernährungstyp ist die Art nicht in der Fauna Aquatica Austriaca eingestuft. Die längenzonale Verbreitung erstreckt sich vom Eukrenal bis ins Epirhithral (JANECEK & CONTRERAS-LICHTENBERG, 2002 c).

6.3.8.7 *Stempellinella brevis* (EDWARDS 1929)

Vorkommen Larven: 10 Larven werden in den Mesokosmen der 2. Serie, f1 und f4, nachgewiesen.

Untersuchungsjahr: Alle Larvenfunde treten sporadisch im März auf.

Substrattyp: 2, 3, 4 und 6.

Wassertemperatur: 9,0 – 10,1 °C.

Gewässertiefe: 2,0 – 4,5 cm.

Fließgeschwindigkeit: 0,00 – 0,27 m/s.

Schüttung: 6,80 – 7,20 l/min.

Ökologie: Die längenzonale Verbreitung zeigt ein Vorkommen vom Eukrenal bis ins Hypokrenal sowie im Litoral und Profundal (JANECEK & CONTRERAS-LICHTENBERG, 2002 c). Laut LEHMANN (1971) fand er die Art an der Fulda im sandig schlammigen Sediment im Bereich

langsamer Wasserströmung. Für die köchertragende Art wird eine Flugzeit von Mai bis Juli dokumentiert (LEHMANN, 1971).

6.3.8.8 *Stempellinella flavidula* (EDWARDS 1929)

Vorkommen Larven: 16 Larven werden in den Mesokosmen F3 und f3 dokumentiert.

Untersuchungsjahr: In den Monaten August, September und März als sporadische und subrezedente Begleitart nachweisbar.

Substrattyp: 1, 2, 4, 5 und 6.

Wassertemperatur: 8,8 – 13,0 ° C.

Gewässertiefe: 2,5 – 5,0 cm.

Fließgeschwindigkeit: 0,00 – 0,04 m/s.

Schüttung: 1,41 - 6,92 l/min.

Ökologie: Die Art wird in Quellen des Nationalparks Berchtesgaden nachgewiesen (STUR & WIEDENBRUG, 2006). Die Flugzeit ist an den Berchtesgadener Quellen im Juni, September und Oktober. Diese köchertragende Art der Chironominae ist in ganz Mitteleuropa verbreitet.

6.4 Diskussion

Die Untersuchung der Mesokosmen zeigt, dass die Chironomidenbesiedelung durch die Faktoren Jahreszeit, Substratbeschaffenheit und Gewässertiefe beschrieben werden können. Fließgeschwindigkeit, Schüttung und Wassertemperatur lassen nur mässig bis gar keine Interpretation zur Chironomidenbesiedelung an Quellen in dem Feldexperiment zu.

Arbeiten, die sich über die Bedeutung dieser Umweltfaktoren und deren Auswirkung auf die Verteilung der Chironomiden befassen, bestätigten aufgrund ihrer Beobachtungsergebnisse, dass sich Chironomidae als Zeigerorganismen eignen (BISHOP & HYNES, 1969; WILLIAMS, 1976; GORE, 1979; WILLIAMS & HOGG, 1988; BRITTAIN & EIKELLAND, 1988; PINDER, 1995; KUBIKOVA et al., 2012).

6.4.1 Diskussion zum Einsatz der Mesokosmen

Die Aussagefähigkeit der Untersuchungsmethode hängt von der physikalischen Ungleichheit der Wassertemperatur, des pH-Werts, der Leitfähigkeit, des Sauerstoffgehalts und der Gewässertiefe bei jeder Beprobung zwischen den natürlichen Quellen und den Mesokosmen ab. Es ist nicht klar, wie viele Jungtiere die Maschenweite von 500 µm durch die Gaze vom Quellzufluss als Drift passiert haben. Mit Sicherheit kann gesagt werden, dass vereinzelt *Gammarus fossarum* auf diesem Weg in die Mesokosmen gelangt ist. Daher liegt die Vermutung nahe, dass auch Chironomiden auf diesem Weg in die künstlichen Untersuchungsquellen gelangt sind. Es gilt auch zu bedenken, dass eine Abdriftung der Chironomiden-Larven durch die Absperrung der Faunaboxen, also den künstlichen Quellabfluss, mittels einer Gaze von 500 µm verhindert wird. Dies sabotiert auch eine Einwanderung durch aufwärtswandernde Makrozoobenthos. Somit war es den Chironomiden nur im flugfähigen Entwicklungsstadium möglich, die Mesokosmen zu verlassen.

6.4.2 Diskussion der Taxazahlen und Dominanzstrukturen der Chironomiden im Jahresverlauf

Die Besiedelung durch Chironomiden im Jahresverlauf ist vom Entwicklungszyklus der einzelnen Art abhängig. Neben der genetischen Präposition der Entwicklungsstadien werden sie auch durch Umweltbedingungen, z.B. Wassertemperatur, beeinflusst. So ist bei univoltinen Arten jedes Entwicklungsstadium von der Temperatur abhängig, während es bei multivoltinen Arten Kalt- und Warmwassergeneration gibt (REMPEL & HARRISON, 1987). Aber auch die Präsenz von Kohorten trägt zur Besiedelung bei. In den Mesokosmen zeigt die Unterfamilie der Orthoclaadiinae die höchste Artenanzahl, während die Chironominae die

höchste Individuenanzahl aufweisen und zwar gemeinsam mit den Chironomini und den Tanytarsini, die bedeutende Quellformen sind. Die Prodiamesinae besiedeln die Mesokosemen mit einer Art. Tanypodinae sind individuenarm und artenarm. Auch zeigt sich ein deutlicher Unterschied zwischen den Mesokosmen mit Beginn des Experimentes im Frühling und jenen, bei denen die Besiedelung erst im Sommer anfängt. Frühjahrsarten wären somit auch die ersten Besiedler. Nach den Ergebnissen der Haupt- und Begleitarten lassen sich gegenüber dem Jahresverlauf die Taxa in Erstbesiedler/Frühlingsarten, in Zweitbesiedler/Sommerarten, Drittbesiedler/Herbstarten und Viertbesiedler/Winterarten einteilen (Tabelle 31, Seite 136). Die Besiedelung der Mesokosmen im Frühling (1. Serie) erfolgt noch im selben Monat durch Arten der Unterfamilie Orthoclaadiinae, die für ihren multivoltinen Entwicklungszyklus bekannt sind. Auch in der Fulda zeigen sich Orthoclaadiinae hauptsächlich im Frühjahr (LEHMANN, 1971). So ruft die Erstbesiedelung ein Artenmaximum hervor, das in den Sommermonaten noch anhält. Im Herbst dagegen kommen nur vereinzelt neue Arten dazu. Erst im Winter findet wieder eine Besiedelung durch neue Taxa statt. *Zavrelimyia cf. signatipennis* ist ein Räuber, der in den Mesokosmen als später Erstbesiedler gilt (Tabelle 31). Erhöhte Abundanzen zeigt die Art jedoch in den Wintermonaten. Da *Z. cf. signatipennis* häufiger in der 2. Serie zu belegen war, liegt die Vermutung nahe, dass sie vor allem ein kaltstenothermer und krenobionter Primärbesiedler in den Sommermonaten ist (FITTKAU, 1962). *Stempellinella brevis* bevorzugt sandig schlammiges Sediment im Bereich langsamer Wasserströmung. Für die köchertragende Art der Tanytarsini wird eine Flugzeit von Mai bis Juli dokumentiert (LEHMANN, 1971). *Micropsectra notescens*-Gruppe, eine „normale“, das heißt röhrenbauende Art der Tanytarsini, erweist sich in den Daten als typischer Zweitbesiedler mit individuenreichem Vorkommen während der Sommermonate. SALTVEIT et al. (1994) dokumentiert die höchste Individuenzahl für die eher kaltstenotherme *Micropsectra* sp. im Juni. Zusammenfassend lässt sich bestätigen, dass die 2. Serie es schafft die Artenzahl der 1. Serie in kürzester Zeit aufzuholen, allerdings nicht die Individuenzahl. Dies liegt möglicherweise an Diatomeen als Primärproduzent in den Mesokosmen.

Tabelle 31: Einteilung der Chironomidentaxa (Larven) nach dem Zeitpunkt der Besiedelung.

Erstbesiedler /Frühlingsarten	Zweitbesiedler /Sommerarten	Drittbesiedler /Herbstarten	Viertbesiedler /Winterarten
<p><u>Tanypodinae</u> <i>Macropelopia nebulosa</i></p> <p><i>Zavrelimyia cf. signatipennis</i></p>	<p><u>Tanypodinae</u> <i>Apsectrotanypus trifascipennis</i></p> <p><i>Krenopelopia binotata</i></p> <p><i>Macropelopia notata</i></p> <p><i>Trissopelopia longimana</i></p>		<p><u>Tanypodinae</u> <i>Ablabesmyia (Ablabesmyia) phatta</i></p> <p><i>Conchapelopia pallidula</i></p> <p><i>Krenopelopia binotata/nigropunctata</i></p>
<p><u>Prodiamesinae</u> <i>Prodiamesa olivacea</i></p>			
<p><u>Orthoclaadiinae</u> <i>Brillia bifida</i></p> <p><i>Chaetocladius dentiforceps</i>-Gruppe</p> <p><i>Chaetocladius vitellinus</i>-Gruppe</p> <p><i>Corynoneura lobata</i></p>	<p><u>Orthoclaadiinae</u> <i>Heleniella serratosioi,</i></p> <p><i>Parametricnemus stylatus</i></p> <p><i>Paratrissocladus excerptus</i></p> <p><i>Rheocricotopus fuscipes</i></p>	<p><u>Orthoclaadiinae</u> <i>Chaetocladius piger</i></p> <p><i>Tvetenia calvescens</i></p>	<p><u>Orthoclaadiinae</u> <i>Psectrocladius sordidellus/limbatellus</i>-Gruppe</p>
<p><u>Chironominae</u> Tanytarsini <i>Micropsectra apposita/notescens</i></p> <p><i>Micropsectra pallidula</i></p> <p><i>Micropsectra radialis</i></p>	<p><u>Chironominae</u> Tanytarsini <i>Krenopsectra fallax</i></p> <p><i>Micropsectra notescens</i>-Gruppe</p> <p><i>Stempellinella flavidula</i></p>		<p><u>Chironominae</u> Tanytarsini <i>Stempellinella brevis</i></p>
<p><u>Chironomini</u> <i>Polypedilum albicorne</i></p>	<p><u>Chironomini</u> <i>Microtendipes pedellus</i>-Gruppe</p>		

6.4.3 Diskussion der Taxazahlen und Dominanzstrukturen der Chironomiden in den Substrattypen

Das Substrat mit seiner Größe und Beschaffenheit ist je nach Entwicklungsstadium der Chironomiden unterschiedlich (MACKEY, 1977). So dieht es eher als Schutz und Nahrungsquelle im Larvenstadium. So ist es als kleine Uferstruktur für die Eiablage im Adultstadium wichtig. Die Substratgröße wirkt sich auch auf die Geschiebestabilität in einer Quelle und somit auf ihre Besiedelung aus. Studien zeigen die Substratabhängigkeit des Makrozoobenthos (MINSHAL & MINSHALL, 1977). Die individuenreichste Besiedelung fand im Substrat < 1 cm im Dezember statt.

Da die Larven im vierten Larvenstadium auf Artniveau bestimmt werden, gelten folgende Aussagen für dieses Entwicklungsstadium: Die artenreichste Besiedelung fand im Substrat < 1 cm und Steine > 10 cm mit Falllaub im März statt. Mit der Untersuchung innerhalb des Jahres nahm auch die an schluffig sandigem Material zu, das sich zwischen den Lückenräumen der großen Substrate ablagerte. Durch die Methode der Makrozoobenthosentnahme (1/3 Entnahme) wurde auch das schluffig sandige Material entnommen und die Substrate durch das Einsetzen neu verschlemmt. Es gilt auch zu beachten, dass sich die Ergebnisse auf ein Einkornsubstrat (Substrat nur aus einem Material und einer Größe bestehend) beziehen, die so in den natürlichen Quellen selten vorkommen. Die Chironomiden können, aufgrund ihrer Besiedelung der Substrate im Jahresverlauf, in drei Typen eingeteilt werden:

Typ A: Dieser Besiedelungstyp zeichnet sich dadurch aus, dass er ein besonders breites Spektrum von Substratgemischen bewohnt. Die folgenden Arten werden zur gleichen Untersuchungszeit in allen Substrattypen gefunden:

Tanypodinae: *Apsectrotanypus trifascipennis*, *Krenopelopia binotata*, *Macropelopia notata*, *Trissopelopia longimana*, *Zavreliomyia cf. signatipennis*.

Prodiamesinae: *Prodiamesa olivacea*.

Orthocladiinae: *Brillia bifida*, *Chaetocladius cf. dentiforceps*, *Chaetocladius dentiforceps*-Gruppe, *Chaetocladius vitellinus*-Gruppe, *Parametriocnemus cf. stylatus*, *Paratrissocladius excerptus*.

Chironominae: *Micropsectra apposita/notescens*, *Micropsectra cf. notescens*, *Micropsectra pallidula*, *Micropsectra radialis*, *Microtendipes pedellus*-Gruppe, *Polypedilum albicorne*.

Typ B: Mitglieder dieser Art treten fast überall - außer in einem speziellen Substrattyp – auf (Substratvermeidung).

Nicht auf Steinen < 1 cm: *Parametriocnemus stylatus*, *Stempellinella flavidula*.

Nicht auf Steinen von 1-10 cm: *Krenopsectra fallax*, *Macropelopia nebulosa*.

Nicht auf Steinen > 10 cm, mit Detritus: *Corynoneura lobata*.

Typ C: Taxa verengt ihre anfänglich breite Verteilung während des Untersuchungsjahres auf einen einzigen Substrattyp (Substratpräferenz).

Steine < 1 cm: *Psectrocladius sordidellus/limbatellus*-Gruppe.

Steine 1-10 cm: *Ablabesmyia phatta*, *Micropterna lateralis*, *Plectrocnemia conspersa*.

Steine > 10 cm, mit Detritus (POM): *Paraphaenocladus impensus*, *Polypedilum pedestre*.

Steine > 10 cm, mit Totholz: *Krenopelopia binotata/nigropunctata*, *Macropelopia* sp. .

Steine > 10 cm, mit Falllaub: *Conchapelopia pallidula*, *Eukiefferiella brevicar*-agg., *Micropsectra fusca*.

Die Orthoclaadiinae besiedeln als erste alle Substrate. Die individuenreichste Art ist *Brillia bifida*. Sie besiedelt bereits im Juni alle Mesokosmen. Von Bedeutung ist, dass dieser Ubiquist im Dezember zu einer Begleitart wird und seine höchste Anzahl in grossen Steinen mit Totholz zeigt. Aber auch die Chironominae *Micropsectra radialis* ist in allen Substrattypen das ganze Jahr über vertreten. RIERADEVALL et al. (1999) konnten nachweisen, dass die Art weiche sandige Böden bevorzugt. Dies könnte durch die niedrige Strömungsgeschwindigkeit und die zunehmende Verschlammung der Faunaboxen begünstigt worden sein.

Bei Typ C ist zu beachten, dass es sich vorwiegend um Arten handelt, die als Viertbesiedler-/Winterarten in den Daten auftreten.

6.4.4 Diskussion der Taxazahlen und Dominanzstrukturen der Chironomiden in den Gewässertiefeklassen

Wie bereits in Kapitel 4 beschrieben, zählt die Gewässertiefe zu den Umweltfaktoren, die das räumliche und zeitliche Besiedlungsmuster am meisten bestimmen. In jedem Substrat wurde mittels Zollstock die Gewässertiefe über den Mesokosmenboden gemessen.

Für die meisten Chironomidenarten stellt die Quellsohle einen besiedelbaren Lebensraum dar aber auch die Uferstruktur ist entscheidend für ein individuenreiches Vorkommen – vor allem für die Eiablage. Ein individuenreiches Vorkommen bis 2 cm Tiefe ist für die *Psectrocladius sordidellus/limbatellus*-Gruppe kennzeichnend, während Arten wie *Krenopelopia binotata*

und *Polypedilum (Polypedilum) albicorne* Präferenz für Gewässertiefen von bis 2 cm und bis 3 cm zeigen. Arten, die mindestens in einer Gewässertiefe von 2 cm aber auch in über 3 cm individuenreich vorkommen und daher tiefenunabhängig sind, sind *Micropsectra radialis*, *Microtendipes pedellus*-Gruppe, *Brillia bifida* und *Micropsectra pallidula*. Chironomiden, die erst über 3 cm ein individuenreiches Vorkommen zeigen, sind *Macropelopia notata*, *Prodiamesa olivacea*, *Chaetocladius (Chaetocladius) vitellinus*-Gruppe und *Micropsectra apposita/notescens*.

6.4.5 Diskussion zur Analyse der Chironomiden nach Ernährungstypen

Im Mai steigt der Anteil der Detritusfresser stark an und bleibt bis zum Untersuchungsende vorne. Im Oktober steigt der Anteil der Aktiven Filtrierer an, was zur Folge hatte, dass der Anteil der Räuber im folgenden Monat anstieg.

6.5 Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse und die daraus abzuleitenden Befunde der einzelnen Chironomidenarten sind allerdings problematisch, da es sich um punktuelle Beobachtungen und nicht unbedingt um allgemeingültige Aussagen zum Lebensraum Quelle handelt. Insgesamt werden 44 Arten nachgewiesen. Elf Arten davon treten als Erstbesiedler in den ersten drei Monaten auf.

Substratwahlversuche im Freiland zeigen, dass 18 Arten ein breites Spektrum von Substratgrößen bewohnen. Elf Arten zeigen Substratpräferenzen; da es sich dabei aber bei vier Arten um Besiedler der Wintermonate handelt, können nur sieben Arten als echte Substrattypbewohner bezeichnet werden. Dabei sind besonders einige röhrenbauende Tanytarsini-Arten von bestimmten Korngrößen abhängig. Die Gewässertiefe in den Mesokosmen ist stark durch Niederschlag, Quellschüttung und Abfluss der Faunaboxen beeinflusst und konnte nicht aktiv reguliert werden. Sieben Arten zeigen Gewässertiefenpräferenz.

Der Entstehungszeitpunkt einer Quelle, das heißt ob Frühling oder Sommer, scheint keinen Einfluss auf den Besiedlungserfolg der Quellen zu haben.

7 Schlussfolgerungen

Quellen sind für einige Makrozoobenthosarten die einzigen Lebensräume. Sie sind aber sensible Ökosysteme, die schnell auf Störungen reagieren. Die Vulnerabilität einer Quelllebensgemeinschaft ist dementsprechend hoch. Arten mit besonderen Habitatsansprüchen (wie etwa der Temperatur) sind auch stark von diesen abhängig. Aufgrund der Zusammensetzung der Makrozoobenthosgemeinschaften kann bei einer Quelle eine obere und eine untere Zone unterschieden werden. Diese Zonierung ist nicht konstant und verändert sich saisonal.

Im Sinne eines Monitoring-Designs zeigte sich, dass die quantitative Freilanduntersuchung sich für die Erfassung von seltenen Arten eignet, sofern die Tiere im Larvenstadium auf Artniveau bestimmbar sind. Durch die Untersuchung der Mesokosmen ist ein großes Artenspektrum gegeben. Raumkonkurrenz gibt es bei dieser Untersuchung sowohl natürlich - durch auftretende Räuber -, als auch künstlich - durch die wöchentliche Untersuchung, bei der die Umweltbedingungen durch Substratentnahme verändert werden.

Freilandexperimente mit einer Laufzeit bis über ein Jahr sind sehr aufwendig durchzuführen. Die künstlichen Quellen und ihre Nahtstellen wurden aufgrund von Wildtierwechsel und ansteigendem Wasserstand in den Emigrationsquellen laufend ausgebessert.

Um die mikroskalige Verbreitung von Lebensgemeinschaften in ihrer Dynamik im Jahr zu verstehen, ist nicht zwingendermaßen das Substrat alleine der ausschlaggebende Faktor, sondern auch das Nahrungsangebot, zum Beispiel die Bildung von Kieselalgen auf unbesiedeltem Substrat.

Während dieser Studie wurden vier alluviale Rheokrene näher untersucht. Alle vier untersuchten Sturzquellen hatten zueinander gemäß der Versuchsanordnung große Ähnlichkeit: Sie waren alle im Quellmund mit grossen Steinen (> 10 cm) ausgestattet und hatten 5 und 10 m unterhalb des Quellmundes eine höhere Individuen- und Artenzahl als im Quellmund. Es ließ sich erwartungsgemäß keine Art feststellen, die ausschließlich im Quellmund präsent war, sondern waren alle im Quellmund festgestellten Arten in jeder Quelle auch 5 und 10 m unterhalb des Quellmundes vorhanden. Somit waren die 5 und 10 m Probeentnahmestellen gute Emigrationsstellen. Dominante Arten in alluvialen Rheokrenen waren *Gammarus fossarum*, *Synagapetus dubitans* und Chironomidae.

Ihre Lebensgemeinschaft ist, wie bereits vorher angedeutet, durch das Substrat, die Gewässertiefe, den Niederschlag, die Strömung, die Schüttung, den Sauerstoffgehalt und den

pflanzlichen Bewuchs gekennzeichnet. Basierend auf den Ergebnissen des ersten Untersuchungsjahres wurden diese in den Mesokosmen, die im zweiten Untersuchungsjahr angelegt wurden, umgesetzt. Ziel der Untersuchungen im zweiten Jahr war es, die aktive Aufwärtswanderung und die Kompensationsflüge des im ersten Untersuchungsjahr bestimmten Makrozoobenthos festzustellen.

In diesem zweiten Untersuchungsjahr zeigte sich die höchste Immigrationsrate in den Sommermonaten. Die Wanderungsaktivität der Tiere wurde auch durch erhöhte Wassertemperaturen in den Emigrationsstellen ausgelöst. Damit die Immigranten im Quellmund bleiben, müssen auch Nahrungsquellen und Raum zur Verfügung stehen. Ausschlaggebend ist weiters die Substratgröße, die je nach Entwicklungsstadium von Makrozoobenthos als Rückzugsort bei Störungsereignissen bis zur Eiablage bei holometaboler Entwicklung bedeutsam ist.

Kenntnisse zu Besiedlungsmustern und zu Aufwärtswanderungen einzelner Arten (Migrationen) sind essentielle Voraussetzungen, um die Vulnerabilität insbesondere bei Revitalisierungen abschätzen zu können. So sind einige Arten schnelle und dominante Besiedler, während andere Arten selbst nach einem Untersuchungsjahr nicht nachzuweisen sind. *Gammarus fossarum* und *Synagapetus dubitans* waren beide in den natürlichen Quellen dominant vertreten. *Gammarus fossarum* war bereits in der ersten Untersuchungswoche in allen vier Mesokosmen nachweisbar, während *Synagapetus dubitans* den Lebensraum der Mesokosmen im Herbst und Winter mittels Eiablage besiedelte. Die Chironomiden besiedelten die Mesokosmen 14 Tage nach Installierung. Alle Chironomiden haben ein Flugstadium, daher wurde erwartet, dass die Besiedelung aller Mesokosmen nur auf diese Weise stattfindet. Dies wurde anhand von Chironomiden im Larvenstadium in den 8 nachgebauten Quellen untersucht. 11 Arten konnten als Erstbesiedler in den ersten drei Monaten nachgewiesen werden. Überraschenderweise zeigte sich jedoch, dass in den natürlichen Quellen Arten vorkamen, die in den künstlichen Quellen fehlten z. B. *Crunoecia irrorata*. Auch der Zeitpunkt der Revitalisierung einer Quelle, ob Frühling oder Sommer, scheint keinen Einfluss auf den Besiedlungserfolg von Quellen zu haben.

Für eine erfolgreiche Revitalisierung ist die Erreichbarkeit und Vernetzung in einem Quellenverbund Voraussetzung.

Nach den nun vorliegenden Ergebnissen können künstlich geschaffene Quellen im Freiland eine natürliche Quelle also nur bedingt ersetzen. Eine vollständige Besiedlung wurde in den Mesokosmen nach einem Jahr nicht erreicht.

Weiters hat die Untersuchung gezeigt, dass abhängig von Substrat und Jahreszeit vor allem die vorher genannten Makrozoobenthos-Arten die unterschiedlichen Mesokosmen – wie bereits oben beschrieben - zu unterschiedlichen Zeiten besiedeln.

Als Besiedlungsmuster ließ sich anhand der Untersuchungsergebnisse feststellen, dass sich zuerst *Gammarus fossarum*, *Polycelis felina* danach die Chironomidae (Orthocladiinae) und die Limnephilidae (*Drusus annulatus*) ansiedeln. Überraschenderweise kam es zu keiner Besiedelung durch die Quellart *Crunoecia irrorata*.

Eine Intensivierung der Besiedlung ließe sich durch Optimierung der Uferstruktur herbeiführen. Ziel sollte es sein, eine Oberflächenvergrößerung des Uferbereiches zu schaffen, womit die (Wieder)Besiedlung acceleriert würde.

Ein Vergleich der Arten in Hinsicht auf die Besiedlung von Quellen mit der Literatur ergab viel Übereinstimmung, zeigte aber auch, dass bislang nur geringe Kenntnisse vorliegen. Weitere Studien über kleinräumige Verbreitungen von Quellarten sind daher notwendig, um hochspezialisierte Quellen- und Lebensgemeinschaften auf ihr Potential in der Renaturierung zu erforschen.

8 Zusammenfassung

In den Jahren 2007 bis 2009 wurden im Rösental (Schweiz, Kanton Basel-Land) vier Rheokrenen und zwölf künstlich gebaute Quellen untersucht. Diese Untersuchungsstandorte unterschieden sich in den diversen Umweltfaktoren nicht gravierend.

Ziel der Untersuchung war es, natürliche Quellen auf ihr Artenspektrum zu untersuchen und von verschiedenen Umweltfaktoren jene ausschlaggebenden Einflüsse zu ermitteln, die für die Besiedelung von neu entstandenen bzw. revitalisierten Quellen von Bedeutung sind.

Hierbei besonders, die zeitliche Dynamik der mikroskaligen Verbreitung von Lebensgemeinschaften innerhalb einer Quelle und im Quellbach zu beobachten sowie die Diversität und Dynamik der Quell-Lebensgemeinschaften festzustellen, um danach Mesokosmen zu aufgrund der vorher erhaltenen Parameter zu errichten. Diese Mesokosmen sollten die Fähigkeit einzelner Arten zur Neubesiedlung von Quellen zeigen was durch aktive Aufwärtswanderung gegen die Fließrichtung einerseits und durch Eiablage der Chironomiden andererseits erfolgte.

Dazu wurden nur Quellen des gleichen Typs (alluviale Rheokrene) untersucht und das Vorkommen von quelltypischen Arten erforscht. Die Ergebnisse dieser Voruntersuchungen sollten ein leitbildbezogenes Bewertungsverfahren und somit Referenzdaten liefern.

Anschließend war geplant, ausgehend von den Ergebnissen, künstliche Quellen vor Ort zu bauen und die Besiedelung ein Jahr lang zu beobachten. Diese Mesokosmen wurden auf das Substrat, die Gewässertiefe, den Niederschlag, die Strömung, die Schüttung, den Sauerstoffgehalt und den pflanzlichen Bewuchs gebaut und gemessen. Die Analysen beziehen sich auf Besiedelung sowie Wiederbesiedlungspotentiale und -strategien ausgewählter Makrozoobenthos-Organismen.

Zur Erfassung des Makrozoobenthos wurden drei Methoden angewandt:

1. Für die Voruntersuchung an den natürlichen Quellen wurden im Jahr 2007 drei mal - immer an der gleichen Stelle - mit einem Surber-Sampler Proben entnommen. Dafür wurden die Probenentnahmestellen dauerhaft markiert. Zusätzlich wurden in jeder Quelle Emergenzfallen aufgestellt und wöchentlich geleert.
2. Bei der Freilanduntersuchung wurden die Mesokosmen vom 18. April bis 18. Juli 2008 fünfmal pro Woche und vom 19. Juli 2008 bis 18. April 2009 wöchentlich auf Makrozoobenthos untersucht, um Wanderungen (aufwärts) nachzuweisen. Beim Auftreten von mindestens drei Tieren pro Substrat wurde das dritte, sechste, neunte

und so weiter, Tier in 70%igem Äthanol fixiert und wenn möglich auf Artniveau bestimmt.

3. Die Freilanduntersuchung „Kleinräumige Verbreitung der Familie Chironomidae“ wurde an zwei (unterschiedlichen) Terminen gestartet. Die 1. Serie wurde vom 18. April bis 23. März 2009 und die 2. Serie vom 30. Juni bis 6. April 2009 untersucht. Bei jeder Serie wurden 14tägig 1/3 des Substrattyps in 70%igem Äthanol fixiert und die Tiere dann auf Artniveau im Labor bestimmt.

Im ersten Teil der Arbeit wurde eine Ist-Zustandserhebung von natürlichen Quellen durchgeführt. Die Erhebung der natürlichen Quellen zeigt, dass die Substratgröße, die Temperatur, die Gewässertiefe sowie überhaupt die Probenentnahmestelle 5 und 10 m unterhalb des Quellmundes den größten Einfluss auf das Makrozoobenthos haben. Arten mit der höchsten Individuenanzahl waren *Gammarus fossarum* (Crustacea), *Synagapetus dubitans* (Trichoptera) und Chironomidae (Diptera). Emergenzdaten der Trichoptera und Plecoptera vervollständigen die Artenliste in der Voruntersuchung. Diese Liste stellt eine Soll-Referenz für die Besiedelung durch die einzelnen Arten in den Freilanduntersuchungen dar.

Im zweiten Teil der Arbeit wurde die Immigration auf zwei Wegen untersucht:

- a) Mesokosmenbesiedelung durch Aufwärtswanderung - stromaufwärtsgerichtete Bewegung des Makrozoobenthos und
- b) Mesokosmenbesiedelung durch Eiablage der Chironomidae. Dafür wurden eigens Mesokosmen entwickelt; je nach Fragestellung wurden die Immigrationswege dementsprechend ausgebaut. Bei der Immigration durch Aufwärtswanderung musste eine Fließrinne gebaut werden, die den Tieren eine stromaufwärtsgerichtete Bewegung ermöglicht. Zuzug durch Eiablage ist feststellbar, wenn Aufwärtswanderungswege blockiert werden.

Als Erstbesiedler - in den ersten drei Monaten - treten Arten mit hoher Mobilität auf. Dominantes Auftreten hatte zu Beginn der Untersuchung *Gammarus fossarum* und Chironomidae. Präsent, aber schwächer vertreten, waren *Polycelis felina*, *Gordius violaceus*, *Drusus annulatus* und Limnephilidae (unbestimmt).

Bei der Besiedelung durch a) Aufwärtswanderung aquatischer Stadien wurde festgestellt, dass die Besiedlung künstlicher Quellen innerhalb eines Jahres durch folgende Arten erfolgt: *Polycelis felina*, *Eiseniella tetraedra*, *Bythiospeum* spp., *Bythinella* spp., *Gammarus fossarum*, *Nemoura* spp., *Cordulegaster bidentata*, *Elmis* spp. (Larven), *Synagapetus dubitans*, *Potamophylax nigricornis*, *Rhyacophila pubescens*, *Tinodes unicolor*, *Dixa maculata*;

Empididae (unbestimmt), Limoniidae (unbestimmt), Psychodidae (unbestimmt), Chironomidae (unbestimmt) und Simuliidae (unbestimmt).

Vom Ernährungstyp überwiegt der Anteil an Zerkleinerern an Individuenanzahl und wird von *Gammarus fossarum* dominiert. Die Einwanderungstrecke zeigt eine Übereinstimmung der Ergebnisse bei 10 m Besiedlungsweg, allerdings treten bei 20 m Unterschiede in den Ergebnissen auf. Gründe für die Unterschiede liegen auch in den veränderten Umweltbedingungen des Röserenbaches und Quellbaches, die einander als Migrationsquellen gegenübergestellt werden. Während die Analyse der mikroskaligen Verbreitung sehr stark von der dominanten Art *Gammarus fossarum* abhängt, die ihre Substratpräferenz im Substrat 5 zeigt, weisen die Chironomiden und der Ernährungstyp Räuber eine gleichmäßige Verteilung im Substrat auf.

Bei der Mesokosmenbesiedelung durch Eiablage der Chironomidae zeigen sich von den 44 Arten, die nach einem Jahr eine künstliche Quelle besiedeln, 11 Arten als Erstbesiedler. Diese Erstbesiedler sind vor allem Arten der Unterfamilie Orthocladiinae. *Brillia bifida* ist bereits im Juni in allen Mesokosmen nachweisbar. Eine hohe Anzahl von Chironomiden lässt in den Ergebnissen Substratpräferenz erkennen. 18 Arten werden in mehr oder weniger allen Substraten nachgewiesen.

Die Untersuchung in Hinsicht auf den optimalen Zeitpunkt zur Besiedlung steriler Quellen ergab, dass ein Artenmaximum in den Frühling/Sommermonaten und in den Wintermonaten zu beobachten ist. Zahlreiche seltenere Arten traten in den Mesokosmen auf. Namentlich: *Krenopelopia binotata*, *Trissopelopia longimana*, *Macropelopia notata*, *Zavrelimyia* (cf.) *signatipennis*, *Chaetocladius* (cf.) *dentiforceps*, *Krenopsectra fallax*, *Micropsectra pallidula*, *Micropsectra radialis*, *Micropsectra fusca*: selten, aber in Quellen wichtig, *Stempellinella flavidula* und *Stempellinella brevis*.

Die Ergebnisse der Ernährungstypenanalyse zeigen, dass der Detritusfresser Pionier im Untersuchungsjahr ist. Dabei erweisen sich die Aktiven Filtrierer und Räuber als Antagonisten. Eine Literaturrecherche von ausgewählten Chironomidenarten ergänzt die Untersuchungsergebnisse.

9 Danksagung

Meinem Doktorvater Herrn Univ. Prof. Dr. Peter Nagel, Institut für Biogeographie an der Universität Basel, danke ich für sein Vertrauen zur Bearbeitung dieses Themas, für seine hilfsbereite und freundschaftliche Betreuung sowie für die Überlassung eines Arbeitsplatzes am Institut.

Ich danke für die finanzielle Unterstützung der „Freiwillige Akademische Gesellschaft“ und der Stiftung Emilia Guggenheim-Schnurr.

Der Gemeinde Frenkendorf danke ich für die kostenlose Bereitstellung des Quellwassers.

Dem Unternehmen Sika AG möchte ich für die kostenlose Bereitstellung des umweltfreundlichen Klebers Sika Bond AT-14 danken. Brunnenmeister Hans Flüeler der Stadt Liestal danke ich für die Umbauten des Pumphauses Röserental, sowie für die Bereitstellung des Bauhofwagens für wissenschaftliche Untersuchungen in den Wintermonaten.

Herrn Dr. Berthold Janecek danke ich für die Chironomidenbestimmung und für fachliche, sowie freundschaftliche Hilfe. Herrn Dr. Peter Martin und Herrn Dr. Heinz Schatz danke ich für die Bestimmung der Milben. Dr. Michèle Glasstetter-Reutimann, Dr. Peter Reutimann und Dr. Tom Gonser danke ich für ihre fachlichen Anregungen und Bereitstellung ihrer Fachliteratur. Dr. Stefanie von Fumetti danke ich für ihre Hilfe beim Aufbau der Freilanduntersuchung im Röserental und für fachliche Anregungen.

Ich danke allen Kollegen des Instituts für Biogeographie an der Universität Basel, die mich bei meiner Arbeit unterstützt haben.

Dr. Michel Brancucci danke ich für den Kontakt zur Universität Basel; durch ihn wurden mir immer wieder neue Horizonte eröffnete.

Herzlichen Dank meiner Schwester, meinem Schwager und Msgr. Dr. Hans Salzl die zum Gelingen dieser Arbeit durch ihre Hilfsbereitschaft beigetragen haben.

Mein besonderer Dank gilt meinen Eltern, die mich all die Jahre unterstützt haben.

10 Abkürzungsverzeichnis

AQ.....	Quelle für Aufwärtswanderung
CPOM	coarse particulated organic matter
F	Flugwanne der 1. Serie, Untersuchungszeitraum 18. April 2008 - 23. März 2009
f	Flugwanne der 2. Serie, Untersuchungszeitraum 30. Juni 2008 - 6. April 2009
FPOM	fine particulated organic matter, ca. 0,45 – 1 mm
m. ü. M.	Meter über Adria
MQ	Migrationsquelle
n.	keinem Ernährungstyp zuordenbar
NMDs.....	nonmetric multidimensionale Skalierung
NQ	natürliche Quelle

11 Literaturverzeichnis

11.1 Zitierte Literatur

- ANGRADI, T. R. (1999): Fine sediment and macroinvertebrate assemblages in Appalachian streams: a field experiment with biomonitoring applications. *Journal of the North American Benthological Society*. 18: 49-66.
- ARMITAGE, P. D., P. S. CRANSTON & L. C. V. PINDER (1995). *The Chironomidae: Biology and Ecology of Non-biting Midges*. New York, Chapman and Hall.
- BAFU (2011): Liste der Nationalen Prioritären Arten. Arten mit nationaler Priorität für die Erhaltung und Förderung, Stand 2010. Bundesamt für Umwelt, Bern, Umwelt-Vollzug Nr. 1103: 132 S.
- BALTES, B. (2000): Einfluss der Gewässerversauerung auf aquatische Insekten. *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Allgemeine und Angewandte Entomologie* 12: 231-236.
- BARQUIN J. & R. G. DEATH (2009): Physical and chemical differences in karst springs of Cantabria, northern Spain: do invertebrate communities correspond? *Aquatic Ecology* 43: 445-455.
- BISHOP, J. E. & H. B. N. HYNES (1969): Upstream movements of the benthic invertebrates in the Speed River, Ontario. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 26: 279-297.
- BORNHAUSER, K. (1913): Die Tierwelt der Quellen in der Umgebung Basels. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie Suppl* 5(3):1-90.
- BOTOSANEANU, L. (1998): On several Hydropsyche from Iran - with description of a new species (Trichoptera: Hydropsychidae). *Entomologische Zeitschrift* 108:496-500.
- BRAUN, G. (1994): *Pisidium personatum*. Portrait einer Kleinmuschel der Quellen. *Crunoecia* 3: 83-88.
- BRITAIN, J. E. & T. J. EIKELLAND (1988): Invertebrate drift – A review. *Hydrobiologia* 166: 77-93.
- BUTLER, M.J., IV & H.H. HOBBS III. (1982). Drift and upstream movement of invertebrates in a springbrook community ecosystem. *Hydrobiologia* 89: 153-159.
- CANTONATI, M.; FÜREDER, L.; GERECKE, R.; JÜTTNER I. & E. J. COX (2012). Crenic habitats, hotspots for freshwater biodiversity conservation: toward an understanding of their ecology. *Freshwater Science* 31: 463-480.
- CANTRELL, M. A. & A. J. MCLACHLAN (1977): Competition and chironomid distribution patterns in a newly flooded lake - *Oikos* 29: 429 - 433.
- CLARKE, K. R. & R. M. WARWICK (2001): Change in marine communities. An approach to statistical analysis and integration, 2nd edition. PRIMER-E, Plymouth.
- CRANSTON IN ARMITAGE, P. D., P. S. CRANSTON & L. C. V. PINDER (1995). *The Chironomidae: Biology and Ecology of Non-biting Midges*. New York, Chapman and Hall.
- DANECKER, E. (1986): Makrozoobenthos-Proben in der biologischen Gewässeranalyse. – *Wasser und Abwasser* 30: 325 – 405.
- DANKS, H.V. & D.D. WILLIAMS. 1991. Arthropods of springs, with particular reference to Canada: synthesis and needs for research. pp. 203-217 in D.D. WILLIAMS AND H.V. DANKS (Eds), *Arthropods of springs, with particular reference to Canada*. *Memoirs of the Entomological Society of Canada*, pp. 156. 217.
- DITTMAR, H. (1955): Ein Sauerlandbach. Untersuchungen an einem Wiesen- Mittelgebirgsbach. *Archiv für Hydrobiologie* 50: 305 - 552.
- DUMNICKA, E., GALAS, J. & P. KOPERSKI (2007): Benthic Invertebrates in Karst Springs: Does Substratum or Location Define Communities? *International Review of Hydrobiology* 92: 452-464.
- ELLIOTT, J. M. (2003): A comparative study of the edispersal of 10 species of stream invertebrates. *Freshwater Biology* 48: 1652-1668.
- ELSER, P. (2001): Assessing Small-scale Directional Movements of Benthic Invertebrates in Streams by Using a Multidirectional Cage Trap. *Limnologia* 31: 119-128.
- ENGELMANN, H.D. (1978): Dominanzklassifizierung von Bodenarthropoden. *Pedobiologia* 18: 378-380.
- ERMAN, N. A. & D. C. ERMANN (1995): Spring Permanence, Trichoptera species richness, and the role of drought. *Journal of the Kansas Entomological Society Supplement* 68: 50-64.
- FAUNA EUROPEA (2013): <http://www.faunaeur.org/> (15.5.2013)
- FENOGLIO, S., AGOSTA, P., BO, T. & M. CUCCO (2002): Field experiments on colonization and movements of stream invertebrates in an Apennine river (Visone, NW Italy). *Hydrobiologia* 474: 125-130.
- FISCHER, J. (1993): Hygropetrische Faunenelemente als Bestandteile naturnaher Quellbiotope. *Crunoecia* 2: 69-77.
- FISCHER, J., FISCHER, F., SCHNABEL, S., WAGNER, R. & H. W. BOHLE (1998): Spring fauna of the Hessian Mittelgebirge. Population structure, adaptive strategies, and relations to habitats of the macroinvertebrates, as exemplified by springs in the Rheinisch metamorphic shield and in the East-Hessian sandstone plate. In: Botosaneanu, L. (Ed.), *Studies in Crenobiology. The Biology of Springs and Springbrooks*. Blackhuys Publishers, Leiden, pp. 183-199.

- FITTKAU, E. J. (1962): Die Tanypodinae (Diptera, Chironomidae). - Abhandlungen zur Larvalsystematik der Insekten 6: 1-453.
- FÜREDER, L., WALLINGER, M. & R. BURGER (2005): Longitudinal and seasonal pattern of insect emergence in alpine streams. *Aquatic Ecology* 39: 67-78.
- GALAS, J. (2005): Human impact on physical and chemical properties of springs from cracow.czestochowa upland (southern poland). *Polish Journal of Ecology* 53 (3): 329-341.
- GATHMANN, F. O. & D. D. WILLIAMS (2006): Insect emergence in Canadian coldwater springs: spatial and temporal patterns, and species-environment relationships. *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology* 42 (3): 143-156.
- GEIJSKES, D.C. (1935): Faunistisch-ökologische Untersuchungen am Röserenbach bei Liestal im Balse Tafeljura. Beiträge zur Ökologie der Mittelgebirgsbäche. *Tijdschrift voor Entomologie* 78: 249 - 382.
- GERECKE, R.; HECKES, U.; HESS, M. & E. MAUCH (2011): Limnologische Untersuchungen von Fließgewässern und Quellen am Hohen Trauchberg, Ostallgäu/Bayerische Alpen. *Lauterbornia* 73: 23-148.
- GERECKE, R. & H. FRANZ (2005): Quellen im Nationalpark Berchtesgaden - Lebensgemeinschaften als Indikator des Klimawandels. *Forschungsbericht* 51. 272 Seiten
- GOETHGHEBUERTS, M. (1936): Les Ceratopogonides et les Chironomides de Belgique au point de vue hydrobiologique. - *Bulletin & annales de la Société royale belge d'entomologie* 76: 69-76.
- GORE, J. A. (1979): Patterns of initial benthic recolonization of a reclaimed coal strimined river channel. *Canandian Journal of Zoology* 57: 2429-2439.
- GOWIN, F. & A. THIENEMANN (1942): Zwei neue Orthoclaadiinen-Arten aus Lunz (Niederdonau). *Chironoiden aus dem Lunzer Seengebiet. VII. Zoologischer Anzeiger, Jena* 140.
- GRAF, W.; GRASSER, U. & J. WARINGER (2002): Trichoptera. In: Moog, O. (Ed.), 1995. *Fauna Aquatica Austriaca, Lieferung 2002, Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.*
- GSCHV (1998): Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998 (GSchV, SR 814.201).
- HAHN, H. J. (2000): Studies on Classifying of Undisturbed Springs in Southwestern Germany by Macrobenthic Communities. *Limnologica* 30: 247-259.
- HILDREW, A. G. & C. R. TOWNSEND (1976): The distribution of two predators and their prey in an iron-rich stream. *Journal of Animal Ecology* 45: 41-57.
- HOFFSTEN, P. O. & B. MALMQVIST (2000): The Macroinvertebrate fauna and haydrogeology of spring in central Sweden. *Hydrobiologia* 436: 91-104.
- MALMQVIST, B. & P. O. HOFFSTEN (2000): Macroinvertebrate taxonomic richness, community structure and nestedness in Swedish streams. *Archiv für Hydrobiologie* 150: 29-54.
- HUSTON, M. A. (1994): *Biological diversity: the coexistence of species on changing landscapes.* Cambridge University Press, Cambridge.
- ILLIES, J. (1961): Versuch einer allgemeinen biozönotischen Gliederung der Fließgewässer. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie*, 46: 205-213.
- ILMONEN, J. & L. PAASIVIRTA (2005): Benthic macrocrustacean and insect assemblages in relation to spring habitat characteristics: patterns in abundance and diversity. *Hydrobiologia* 533: 99-113.
- IPCC (2007): Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. In: *Klimaänderung 2007: Wissenschaftliche Grundlagen. Beitrag der Arbeitsgruppe I zum Vierten Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderung (IPCC), SOLOMON, S., D. QIN, M. MANNING, Z. CHEN, M. MARQUIS, K.B. AVERYT, M.TIGNOR UND H.L. MILLER, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom und New York, NY, USA. Deutsche Übersetzung durch ProClim-, österreichisches Umweltbundesamt, deutsche IPCC-Koordinationsstelle, Bern/Wien/Berlin, 2007.*
- JANECEK, B. F. & R. CONTRERAS-LICHTENBERGER (2002 c): Chironomidae. In: Moog, O. (Ed.), 2002. *Fauna Aquatica Austriaca. Lieferung 2002. Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft, Wien.*
- JANECEK, B. F., MOOG, O. & W. ORENTH (2002 a): Tanypodinae. In: Moog, O. (Ed.), 2002. *Fauna Aquatica Austriaca. Lieferung 2002. Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft, Wien.*
- JANECEK, B. F., MOOG, O., MORITZ, C. & R. SAXL (2002 b): Orthoclaadiinae. In: Moog, O. (Ed.), 2002. *Fauna Aquatica Austriaca. Lieferung 2002. Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft, Wien.*
- JUNGBLUT, J. H. (1996): Zur Bionomie von *Bythinella dunkeri* (von Frauenfeld 1857) (Mollusca: Gastropoda: Prosobranchia: Hydrobiidae) und nahverwandter Arten. *Crunoecia* 5: 51-58.
- JUNGWIRTH, M., HAIDVOGL, G., MOOG, O., MUHAR, S. & S. SCHMUTZ (2003): *Angewandte Fischökologie an Fließgewässern. – Facultas Universitätsverlag, Wien: 552 S.*
- KELLER, A. (1975): Die Drift und ihre ökologische Bedeutung. Experimentelle Untersuchung an *Ecdyonurus venosus* (Fabr.) in einem Fließwassermodell. *Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie* 37: 294-331.

- KLIMABASEL (Klimaverein Basel) (2013): www.klimabasel.ch (15.5.2013).
- KLEE, O. (1990): Wasser untersuchen: Einfache Analysemethoden und Beurteilungskriterien. Quelle + Meyer Verlag, Heidelberg.
- KOGIS (Bundesamt für Landestopografie - Koordination, Geoinformation und Services) (2013): <http://map.geo.admin.ch/> (15.5.2013).
- KOTHÉ, P. (1962): Der "Artenfehlbetrag", ein einfaches Gütekriterium und seine Anwendung bei biologischen Vorfluteruntersuchungen. Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen 6: 60-65.
- KROPP, J.; ROITHMEIER, O.; HATTERMANN, F.; RACHIMOW, C.; LÜTTGER, A.; WECHSUNG, F.; LASCH, P.; CHRISTIANSEN, E.S.; REYER, C.; SUCKOW, F.; GUTSCH, M.; HOLSTEN, A.; KARTSCHALL, T.; WODINSKI, M.; HAUF, Y.; CONRADT, T.; ÖSTERLE, H.; WALTHER, C.; LISSNER, T.; LUX, N.; TEKKE, V.; RITCHIE, S.; KOSSAK, J.; KLAUS, M.; COSTA, L.; VETTER, T. & M. KLOSE (2009): Klimawandel in Sachsen-Anhalt. Verletzlichkeiten gegenüber den Folgen des Klimawandels, Endbericht des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung (PIK) im Auftrag des MLU Sachsen-Anhalt, Magdeburg.
- KUBIKOVA, L.; PROKOP, O.S.; TICHA, K.; DOUDA, K.; MACIAK, M. & M. BILY (2012): The influence of mesoscale habitat conditions on the macroinvertebrate composition of springs in a geologically homogeneous area. *Freshwater Science*, 31 (2). S. 668-679.
- KÜRY, D. (1994): Die Wirbellosenfauna der Fließgewässer in der Region Basel. – Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft Basel, 104: 19-44. Basel.
- LABHART, T.P. (2005): Geologie der Schweiz, h.e.p. Verlag AG, Ott Verlag, 7. Auflage, Bern.
- LADEWIG, V. (2004): Der Einfluss von hormonell wirksamen Umweltchemikalien auf die Populationsökologie von *Gammarus fossarum*. Ph.D. Thesis, Fakultät für Forst-, Geo- und Hydrowissenschaften der Technischen Universität, Dresden.
- LANCASTER, J. (1990): Predation and drift of lotic macroinvertebrates during colonization. *Oecologia* 85: 48-56.
- LANCASTER, J., HILDREW A. G. & C. R. TOWNSEND (1990): Stream flow and predation effects on the spatial dynamics of benthic invertebrates. *Hydrobiologia* 203: 177-190.
- LAYTON, R. J. & J. R. VOSHELL (1991): Colonization of new experimental ponds by benthic macroinvertebrates. *Environmental Entomology* 20: 110-117.
- LEHMANN, J. (1971): Die Chironomiden der Fulda (systematische, ökologische und faunistische Untersuchungen). - *Archiv für Hydrobiologie, Suppl.* 37: 466-555.
- LEHMANN, U. (1967): Drift und Populationsdynamik von *Gammarus pulex/fossarum*. – *Zeitschrift Morphologie Ökologie Tiere* 60: 227 – 274.
- LENCIONI, V., MARZIALI, L. & B. ROSSARO (2011): Diversity and distribution of chironomids (Diptera, Chironomidae) in pristine Alpine and pre- Alpine springs (Northern Italy) Lencioni, V., Marziali, L. & B. Rossaro (2011): Diversity and distribution of chironomids (Diptera, Chironomidae) in pristine Alpine and pre- Alpine springs (Northern Italy). *Journal of Limnology* 70, Suppl. 1.
- LENCIONI, V., MARZIALI, L. & B. ROSSARO (2012): Chironomids as bioindicators of environmental quality in mountain springs *Freshwater Science*, 2012, 31(2), 525-541.
- LINDEGAARD, C., BRODERSEN, K. P., WIBERG-LARSEN P. & J. SKRIVER (1998): Multivariate analyses of macrofaunal communities in Danish springs and Springbrooks. In: Botosaneanu, L. (Ed.), *Studies in Crenobiology. The Biologie of Springs and Springbrooks*. Blackhuys Publishers, Leiden, pp. 201-219.
- LODS-CROZET, B., CASTELLA, E., CAMBIN, D., ILG, C., KNISPEL, S. & H. MAYOR-SIMEANT (2001): Macroinvertebrate community structure in relation to environmental variables in a Swiss glacial stream. *Freshwater Biology* 46: 1641-1661.
- LUBINI, V., STUCKI P. & H. VICENTINI (2014): Bewertung von Quell-Lebensräumen in der Schweiz. Entwurf für ein strukturelles und faunistisches Verfahren. Bericht im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU.
- MACARTHUR, R. H. & E. O. WILSON (1967): The theory of island biogeography. Princeton, N. J., Princeton Uni. Press.
- MACKAY, R. J. (1977): Behavior of Pycopsyche (Tichoptera: Limnephilidae) on mineral substrat in laboratory streams. *Ecology* 50: 191-195.
- MAIOLINI, B. & V. LENCIONI (2001): Longitudinal distribution of macroinvertebrate assemblages in a glacially influenced stream system in the Italian Alps. *Freshwater Biology* 46: 1625-1639.
- MARZIALI, L., LENCIONI, V. & B. ROSSARO (2010). Chironomids (Diptera: Chironomidae) from 108 Italian Alpine springs. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie* 30: 1467-1470.
- MEIJERING, M. P. D. (1972): Experimentelle Untersuchungen zur Drift und Aufwanderung von Gammariden in Fließgewässern. *Archiv für Hydrobiologie* 70: 133-205.
- MEYER, E. I. (1995): Eine Frage des Maßstabes: Welche Faktoren und Prozesse bestimmen die Struktur von Lebensgemeinschaften in Fließgewässern? *Gaia* 4 (3): 137-145.
- MEYER, A. & E. I. MEYER (2000): Discharge regime and the effect of drying on macroinvertebrate communities in a temporary karst stream in East Westphalia (Germany). *Aquatic Sciences* 62: 216-231.

- MEYER, A., MEYER, E.I. & C. MEYER (2003): Lotic communities of two small temporary karstic stream systems (East Westphalia, Germany) along a longitudinal gradient of hydrological intermittency. *Limnologia* 33: 271-279.
- MILNER, A. M. & G. E. PETTS (1994): Glacial rivers: physical habitat and ecology. *Freshwater Biology* 32: 295-307.
- MINSHALL, G. W. (1984): Aquatic insect-substratum relationships. Resh, V.H. & ROSENBERG, D.M. The ecology of aquatic insects: 358-400. New York.
- MINSHALL, G. W. & I. N. MINSHALL (1977): Microdistribution of benthic invertebrates in a Rocky Mountain (US) stream. *Hydrobiologia* 55: 231-249.
- MOOG, O. (2002): Fauna Aquatica Austriaca. 2. Lieferung. Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- MORI, N. & A. BRANCEJ (2006): Macroinvertebrate communities of karst springs of two river catchments in the Southern Limestone Alps (the Julian Alps, NW Slovenia). *Aquatic Ecology* 40: 69-83.
- MÜHLENBERG, M. (1993): Freilandökologie. (3. Auflage). Quelle & Meyer, Heidelberg, Wiesbaden: 512 S.
- MÜLLER, J. M. (1970): Formen der Dormanz bei Insekten: *Nova Acta Leopoldina*, N.F. 35, 7-27.
- NIEHOFF, N. (1996): Ökologische Bewertung von Fließgewässerlandschaften – Grundlage für Renaturierung und Sanierung. Springer, Berlin.
- OLABARRIA, C. (2002): Role of colonization in patch-temporal patchiness of microgastropods in coralline turf habitat. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 274: 121-140.
- ORENDT, C. (2000): The chironomid communities of woodland springs and spring brooks, severely endangered and impacted ecosystems in a lowland region of eastern Germany (Diptera: Chironomidae). *Journal of Insect Conservation* 4: 79-91.
- OTT, K. (2008): Die Rolle der Umweltethik zwischen Grundlagenreflexion und Politikberatung. In: Zichy, M., Grimm, H. (Hrsg.): Praxis in der Ethik. Zur Methodenreflexion in der anwendungsorientierten Moralphilosophie. Berlin: DeGruyter, 277-302.
- PHILIPP, A. & R. B. FORSTER (2000): Die Rekolonisationsdynamik der wirbellosen Bodenfauna eines intermittierenden Flysch-Wienerwaldbaches. *Wissenschaftlichen Mitteilung Niederösterreichischen Landesmuseum* 13: 7-30.
- PLATZER-SCHULTZ, I. (1974): Unsere Zuckmücken: Chironomidae. - Wittenberg Lutherstadt: Ziemsen.
- RAE, J. G. (2004): The colonization response of lotic chironomid larvae to substrate size and heterogeneity. *Hydrobiologia* 524: 115-124.
- REISS, M. (2011): Substratpräferenz und Mikrohabitat-Fauna-Beziehung im Eukrenal von Quellgewässern, Dissertation.
- RIERADEVALL, M., BONADA N. & N. PRAT (1999): Substrate and depth preferences of macroinvertebrates along a transect in a Pyrenean high mountain lake (Lake Redó, EN Spain). *Limnetica*, 17: 127-134.
- RINGE, F. (1974): Chironomiden - Emergenz 1970 in Breitenbach und Rohrwiesenbach. *Schlitzer produktionsbiologische Studien* (10). *Archiv für Hydrobiologie Supplement* 45: 212 - 304.
- ROSSARO, B., LENCIONI, V., BOGGERO, A. & L. MARZIALI (2006): Chironomids from Southern Alpine running waters: ecology, biogeography. *Hydrobiologia* 562:231-246.
- ROSSER, Z. C. & R. G. PEARSON (1995): Responses of rock fauna to physical disturbance in two Australian tropical rainforest streams. *Journal of the North American Benthological Society* 14: 183-196.
- SÆTHER, O. A. & M. SPIES (2004): Fauna Europaea: Chironomidae in: de Jong, H. (ed.) Fauna Europaea: Diptera Nematocera. Fauna Europaea version 1.2. www.faunaeur.org
- SALTVEIT, S. J., BREMNES, T. & J. E. BRITAIN (1994): Effect of a changed temperature regime on the benthos of a norwegian regulated River. *Regulated Rivers: Research and Management* 9: 93-102.
- SARRIQUET, P. E., BORDENAVE, P. & P. MARMONIER (2007): Effects of bottom sediment restoration on interstitial habitat characteristics and benthic macroinvertebrate assemblages in a headwater stream. *River Research and Applications* 23: 815-828.
- SCHMIDT-RHAESA A. & V. V. GUSICH (2010). A new *Gordionus* Müller, 1927 from Switzerland (Nematomorpha, Gordiidae). *Revue suisse de Zoologie* 117(1), 77-82.
- SEMLITSCH, R. D. (1987): Density-dependent growth and fecundity in the salamander *Ambystoma talpoideum*. *Ecology* 68: 1003-1008.
- SMITH, H. & P. J. WOOD (2002): Flow permanence and macroinvertebrate community variability in limestone spring systems. *Hydrobiologia* 487: 45-58.
- SMITH, H., WOOD, P. J. & J. GUNN (2003): The influence of habitat structure and flow permanence on invertebrate communities in karst spring systems. *Hydrobiologia* 510: 53-66.
- SÖDERSRÖM, O. (1987): Upstream movements of invertebrates in running water – a review. *Archiv für Hydrobiologie* 111: 197-208.
- STAUDACHER, K. & L. FÜREDER (2006): Habitat Complexity and Invertebrates in Selected Alpine Springs (Schütt, Carinthia, Austria). *International Review of Hydrobiology* 92/4-5, 465-479.

- STEINMANN, P. (1915): Praktikum der Süßwasserbiologie. Teil 1: Die Organismen des fließenden Wassers, Sammlung naturwissenschaftlicher Praktika, Berlin: Borntraeger, 1–184.
- STINY, J. (1933): Die Quellen. Die geologischen Grundlagen der Quellenkunde für Ingenieure aller Fachrichtungen sowie für Studenten der Naturwissenschaften. Springer, Wien.
- STUR E. & S. WIEDENBURG (2006). In: Gerecke, R. & H. Franz (Eds.), Quellen im Nationalpark Berchtesgaden - Lebensgemeinschaften als Indikator des Klimawandels. Forschungsbericht 51. Berchtesgaden.
- SVGW (2013): http://www.trinkwasser.ch/dt/frameset.htm?html/wasserversorgung/nav_wvs.html~leftFrame (15.5.2013)
- THIENEMANN, A. (1924): Hydrobiologische Untersuchungen an Quellen. Archiv für Hydrobiologie 14, 151–190.
- THIENEMANN, A. (1954): Chironomus, Leben, Verbreitung und wirtschaftliche Bedeutung der Chironomiden. - Die Binnengewässer 20, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- TITZER, T., SCHÖLL, F. & M. SCHLEUTER (1990): Beitrag zur Struktur und Entwicklungsdynamik der Benthalfauna des Rheins von Basel bis Düsseldorf in den Jahren 1986/1987. Limnologie aktuell 1: 293-323. Stuttgart.
- VON FUMETTI, S. (2014): Naturnahe Quellen und ihre Lebensgemeinschaften – zehn Jahre Forschung im Röserental bei Liestal. Regio Basiliensis 55(3), 101-114.
- VON FUMETTI, S., NAGEL, P., SCHEIFFHACKEN, N. & B. BALTES (2006): Factors governing macrozoobenthic assemblages in perennial springs in north-western Switzerland. Hydrobiologia 568: 467-475.
- VON FUMETTI, S., NAGEL, P. & B. BALTES (2007): Where a springhead becomes a springbrook – a regional zonation of springs. Fundamental an Applied Limnology 169 (1): 37-48.
- VON FUMETTI, S. & P. NAGEL (2011). A first approach to a faunistic crenon typology based on functional feeding groups. Journal of Limnology 70 (1): 147-154.
- VON FUMETTI, S. & P. NAGEL (2012). Discharge variability and its effect on faunistic assemblages in springs. Freshwater Science 31: 647-656.
- WALLACE, J. B., EGGERT, S. L., MEYER, J. L. & J. R. WEBSTER (1997): Multiple Trophic Levels of a Forest Stream Linked to Terrestrial Litter Inputs. Science 277, 102-104.
- WARD, J. V. (1992): Aquatic insect – Ecology; 1 Biology and Habitat. Wiley & Sons, Canada.
- WARMKE, S. & D. HERING (2000): Composition, microdistribution and food of the macroinvertebrate fauna inhabiting wood in low-order mountain streams in Central Europe. Internat. Rev. Hydrobiol. 85(1): 67-78.
- WEIGAND, E. (1999): Biodiversität in alpinen Karstquellsystemen (Nationalpark Kalkalpen, Österreich). Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL), Tagungsband 1998 (Klagenfurt), Tutzing, Band I, 149-153.
- WELLBORN, G. A., SKELLY, D. K. & E. E. WERNER (1996): Mechanisms creating community structure across a freshwater habitat gradient. Annual Review of Ecology and Systematics 27: 337-363.
- WILLIAMS, D. D. (1980): Temporal patterns in recolonization of stream benthos. Archiv für Hydrobiologie 90: 1, 56-74.
- WILLIAMS, D. D. (1996): Environmental constraints in temporary fresh waters and their consequences of the insect fauna. Journal of the North American Benthological Society 15/4, 634-650.
- WILLIAMS, D. D. & I. D. HOGG (1988): Ecology and production of invertebrates in a Canadian coldwater spring-springbrook system. Holarctic Ecology 11: 41-54.
- WILLIAMS, D. D. & H. B. N. HYNES (1976): The recolonization mechanisms of stream benthos. Oikos 27, 265-272.
- WILLIAMS, D. D. & N. E. WILLIAMS (1993): The upstream/downstream movement paradox of lotic invertebrates: aquantitative evidence from a Welsh mountain stream. Freshwater Biology 30, 199-218.
- WINTERBOTTOM, J. H., ORTON, S. E. & A. G. HILDREW (1997): Field experiments on the mobility of benthic invertebrates in a southern English stream. Freshwater Biology 38, 37-47.
- WÜNNENBERG, W. (1990): Physiologie des Winterschlafs. Parey, Hamburg.
- ZERBE S. & G. WIEGLEB (HRSG.) (2009): Renaturierung von Ökosystemen in Mitteleuropa. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 498 S.
- ZOLLHÖFER J.M. (1997): Quellen – die unbekanntten Biotope: erfassen, bewerten, schützen. Bristol Stiftungsserie Band 6, Flück-Wirth Verlag, Teufen, Schweiz. 153 pp.
- ZOLLHÖFER, J. M. (1999): Spring biotopes in northern Switzerland: habitat heterogeneity, zoobenthic communities and colonisation dynamics. Ph.D. Thesis, Swiss Federal Institute of Science and Technology, Zürich.

11.2 Verwendete Bestimmungsliteratur

Literatur die eine Zuordnung der in Artenliste Anhang Tabelle 3 angeführten Arten. Ausnahme bilden die Chironomiden. Die Bestimmung der Chironomide erfolgte durch Dr. Berthold Janecek. Bestimmungsmerkmale und Zitate sind durch ihn zu erfahren.

- AUBERT, J. (1959): Plecoptera; *Insecta Helvetica* 1; Imprimerie la Concorde, Lausanne.
- BELLMAN, H. (1988): *Leben in Bach und Teich*. Steinbachs Naturführer. Mosaik Verlag. München.
- BOETERS, H. D. (1998): *Mollusca: Gastropoda: Risssooidea*. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag.
- BUHOLZER, H. (1978): *Larvenmorphologie und Verbreitung der schweizerischen Rhyacophila-Arten (Trichoptera, Rhyacophilidae)*. Dissertation Eidgenössische Technische Hochschule Zürich.
- DISNEY, R. H. L. (1975): *A key to British Dixidae*, Freshwater biological association.
- EGGERS, T. O. & A. MARTENS (2001): *Bestimmungsschlüssel der Süßwasser-Amphipoda (Crustacea)*. Dinkelscherben, *Lauterbornia* 42: 1-68.
- EISELER, B. (2005): *Bildbestimmungsschlüssel für die Eintagsfliegenlarven der deutschen Mittelgebirge und des Tieflandes*. Dinkelscherben, *Lauterbornia* 53: 1-112.
- ELLIOT, J. M., HUMPECH, U. H. & T. T. MACAN (1988): *Larvae of the British Ephemeroptera*, Freshwater biological association.
- ENGELHARD, W. (1989): *Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher? Pflanzen und Tiere unserer Gewässer*. Kosmos; Franckh'sche Verlagshandlung. Stuttgart. 270 S.
- HOLLAND, D. G. (1972): *A key to the larvae, pupae and adults of the British species of Elminthidae*. Freshwater Biological Association Science Publication 26. Ambleside.
- GLEDHILL, T., SUTCLIFFE, D. & W. D. WILLIAMS (1993): *British freshwater Crustacea: Malacostraca. A key with ecological notes*. Freshwater Biological Association Science Publication 52. Ambleside.
- GLÖER, P. & C. MEIER-BROOK (1998): *Süßwassermollusken*. Neustadt, Deutscher Jugendbund für Naturbeobachtung.
- GLÖER, P. (2002): *Die Süßwassergastropoden Nord- und Mitteleuropas*. Hetlingen, Conch Books.
- HYNES, H. B. N. (1984): *Adults and nymphs of British stoneflies (Plecoptera)*, Freshwater biological association.
- ILLIES, J. (1955): *Steinfliegen oder Plecoptera*. In: DAHL, F. (Hrsg.). *Die Tierwelt Deutschlands*. 43 Teil: 1–150, Jena, Gustav Fischer Verlag.
- KLAUSNITZER, B. (1996): *Käfer um und am Wasser*. 2. überarbeitete Auflage, Neue Brehm-Bücherei, Band 567.
- MALICKY, H. (1983): *Atlas of European Trichoptera*. The Hague, Boston, London.
- NAGEL, P. (1989): *Bildbestimmungsschlüssel der Saprobien, Makrozoobenthon*. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag. 69.
- PITSCH, T. (1993): *Zur Larvaltaxonomie, Faunistik und Ökologie mitteleuropäischer Fließgewässer-Köcherfliegen (Insecta: Trichoptera)*. Schriftenreihe des Fachbereichs Landschaftsentwicklung Sonderheft S8, Technische Universität Berlin.
- SHELLENBERG, A. (1942): AMPHIPODA. In: DAHL, F. (Hrsg.): *Die Tierwelt Deutschlands*. 40. Jena. Fischer.
- SCHMEDTJE, U. & F. KOHMANN (1988): *Bestimmungsschlüssel für die Saprobier-DIN-Arten (Makroorganismen)*. München, Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft.
- SMITH, K. G. V. (1989): *An introduction to the immature stages of British flies*. London, Royal Entomological Society of London.
- STUEDEMANN, D., LANDOLT, P., SARTORI, M., HEFTI, D. & I. TOMKA (1992): *Ephemeroptera*. In: *Insecta Helvetica (Fauna)* 9 Fribourg.
- TOBIAS, W. & D. TOBIAS (1981): *Trichoptera Germanica*. Courier Forschungsinstitut Senckenberg Nr. 49.
- WARINGER, J. & W. GRAF (1997): *Atlas der österreichischen Köcherfliegen unter Einschluss der angrenzenden Gebiete*. Wien, Facultas-Universitätsverlag.
- WILCKE, D. E. (1967): *Oligochaeta*. In: brohmer. P., Ehrmann, P., Ulmer, G. & H. Shiemenz (Hrsg.) *Die Tierwelt Mitteleuropas*. 1. Band, Leipzig Quelle & Meyer.

12 Anhang

Tabelle 1: Anhang Kapitel 4 Fundnachweise nach Probestellen geordnet.

Tabelle 2: Anhang Kapitel 5 Gesamtübersicht aller Makrozoobenthos nach Ernährungstyp nach Moog (2002).

Tabelle 3: Gesamtartenliste von 2007 bis 2009 in natürlichen Quellen und künstlichen Quellen im Röserental gesammelt. Die Literatur, die zur Bestimmung der einzelnen Arten beziehungsweise zur niedrigsten taxonomischen Stufe herangezogen wird, ist in Kapitel 11.2 Verwendete Bestimmungsliteratur angeführt (vergleiche Tabelle 8, Tabelle 15 und Tabelle 17).

12.1 Einzellisten Fauna

Tabelle 1: Anhang Kapitel 4 Fundnachweise nach Probestellen geordnet.

Probenahme	Apr 07												Jul 07												Dez 07																													
	1				2				3				4				1			2			3			4																												
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3																											
Quelle																																																						
Längenprofil	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3																											
Probenahme im Längenprofil	1	1	2	1	2	1	1	2	1	2	1	1	2	1	2	1	1	2	1	2	1	1	2	1	2	1	1	2	1	2																								
Polycelis felina	1	1			1			1					2							1	1			1	2	2	1	1	1			2	2			1	9																	
Eiseniella tetraedra					2	2	1	3	1	3	1					1								1	2	1	1	1	1																									
Oligochaeta (unident.)	1									1	3	6	1	1	1	1	4	2		2								1	1			1	2																					
Bythiospeum spp.															1								1																															
Bythinella spp.		1													1	1																																						
Gammarus fossarum	5	9	10	5	5	1	3	17	1	8	19	2	1	1		2	1	16	9	34	6	11	7		3	5	14	16	3	4	36	19	11	28	13	11	5	26	8	4	11	5		13	12	21	9	1	12	5	9			
Gammarus pulex							5					3			4	1																																						
Baetis sp.																																																						
Nemoura sp.	1	3	1				3		2							3	3										1	4	3		1	2	1	4	1	3	1	1	1			1	2											
Leuctra spp.																																																						
Leuctra braueri																																																						
Cordulegaster bidentata				2	2	1	2		3			1	2	1			1														1				1				1	1	2	1	1											
Elodes marginata																																																						
Elmis spp. (larve)							2	2	1	3									4												1	17	1		4	5			1															
Longitarsus spp. (larve)									1																																													
Sericostoma personatum				2					1			1																																										
Synagapetus dubitans	16		1	18	15	4	9	2	16	6					1				2	3	4						3	1			7	1	1		1	17	6	1	3	1		4	1											
Potamophylax nigricornis				4					1			1	2					1				1								2	2	1		1	2			1	2			1				3								
Potamophylax luctuosus																																																						
Crunoecia irrorata																																																						
Ryacophila pubescens																																																						
Tinodes unicolor																																																						
Limnephilidae (unident.)														1	1			2	2																																			
Chironomidae (unident.)	4	4		1			3	3	3					4	2	4	6	1	1	1		1	4			2	1	1	1	1	2	8	3			1	9	5	3	5	8	1	2	3	1									
Dixa maculata					1									2				1																																				
Ptychopteridae (unident.)	1	23	2	2	2																																																	
Psychodidae (unident.)																																																						
Thaumalea spp.				1																																																		
Ceratopogeninae					1																																																	
Empididae																																																						
Limoniidae (unident.)																																																						
Simulinidae																																																						
Ostracoda							6	1				8			3	9			22	12			1																															
Pisidium spp.	1	2	1	1	4					8					1		6	3	1	2	1						5		7	2																								
Oribatida (unident.)	1													1																																								

Tabelle 2: Anhang Kapitel 5 Gesamtübersicht aller Makrozoobenthos nach Ernährungstyp nach Moog (2002).

Ernährungstyp	Zerkleinerer	Weidegänger	Aktiver Filtrierer	Passiver Filtrierer	Detritus	Räuber	Parasit	keine Zuordnung
<i>Agabus guttatus</i>						1,07		
<i>Agabus</i> sp., Larve						9,67		
<i>Anacaena</i> sp.		20,41			20,41			
<i>Bythinella</i> spp.		240,63						
<i>Bythiospeum</i> spp.		10,74						
Ceratopogeninae						1,07		
Chironomidae								13837,15
<i>Cordulegaster bidentata</i>						6,45		
<i>Dixa maculata</i>			13,54		5,80			
<i>Drusus annulatus</i>	89,05	712,43			89,05			
<i>Dugesia gonocephala</i>						3,22		
<i>Ecdyonurus venosus</i>		21,48			21,48			
<i>Eiseniella tetraedra</i>					2,15			
<i>Elmis</i> spp.		12,89						
Empididae (unbestimmt)						3,22		
<i>Gammarus fossarum</i>	16355,14	2336,45			4672,90			
<i>Gordius violaceus</i>							69,82	
<i>Helodes marginata</i>					11,82			
<i>Hydraena</i> sp.		60,16						
<i>Isoperla</i> spp.	0,11	0,11			0,11	0,75		
Limnephilidae	617,36	246,75			125,04	247,29		
Limoniidae (Ormosia)					3,22			
<i>Melampophylax mucoreus</i>	0,11	0,86				0,11		
<i>Nemoura</i> spp.	352,67				151,14			
Oligochaeta					39,75			
<i>Perlodes microcephalus</i>		0,21				0,86		
<i>Plectrocnemia conspersa</i>				0,11		0,97		
<i>Plectrocnemia geniculata</i>				0,11		0,97		
<i>Polycelis felina</i>						2476,10		
<i>Potamophylax nigricornis</i>	8,38	2,79				2,79		
Psychodidae		0,54			0,54			
<i>Rhitrogena</i> spp.		8,59						
<i>Rhyacophila pubescens</i>						22,56		
Scirtidae spp.					2,15			
Simuliidae (unbestimmt)				1,07				
Stratiomyidae (unbestimmt)	5,16	5,16	1,72		5,16			
<i>Synagapetus dubitans</i>		67,89			16,97			
<i>Tinodes unicolor</i>		20,63		2,58	2,58			
Total	17427,97	3768,72	15,25	3,87	5170,27	2777,10	69,82	13837,15

Tabelle 3: Gesamtartenliste von 2007 bis 2009 in natürlichen Quellen und künstlichen Quellen im Röserental gesammelt. Die Literatur, die zur Bestimmung der einzelnen Arten beziehungsweise zur niedrigsten taxonomischen Stufe herangezogen wird, ist in Kapitel 11.2 Verwendete Bestimmungsliteratur angeführt (vergleiche Tabelle 8, Tabelle 15 und Tabelle 17). Nomenklatur nach Moog (2002).

Gesamtartenliste (2007 - 2009)

Acari	
Oribatida (unbestimmt)	<i>Elmis</i> spp. (Larve)
Turbellaria	<i>Helodes</i> sp. (<i>H. marginata</i>) (Larve)
<i>Polycelis felina</i> (DALYELL 1814)	<i>Hydraena</i> sp. (Larve)
<i>Dugesia gonocephala</i> (DUGÉS 1830)	<i>Longintarsus</i> spp. (Larve)
Oligochaeta	<i>Elodes marginata</i> FABRICIUS 1798
<i>Eiseniella tetraedra</i> (SAVIGNY 1826)	<i>Scirtidae</i> spp. (Larve)
Oligochaeta (unbestimmt)	Trichoptera
Gordea	Rhyacophilidae
<i>Gordius violaceus</i> (BAIRD 1853)	<i>Rhyacophila pubescens</i> PICTET 1834
Gastropoda	Glossosomatidae
<i>Bythiospeum</i> spp.	<i>Synagapetus dubitans</i> MCLACHLAN 1879
<i>Bythinella</i> spp.	Philopotamidae
Amphipoda	<i>Wormaldia occipitalis</i> PICTET 1834
<i>Gammarus fossarum</i> KOCH, in PANZER 1835	Pschomyiidae
<i>Gammarus pulex</i> LINNAEUS 1758	<i>Tinodes unicolor</i> PICTET 1834
Ephemeroptera:	Polycentropodidae
<i>Baetis</i> spp.	<i>Plectrocnemia brevis</i> MCLACHLAN 1871
<i>Ecdyonurus venosus</i> (FABRICIUS 1775)	<i>Plectrocnemia conspersa</i> CURTIS 1834
<i>Rhitrogena</i> spp.	<i>Plectrocnemia geniculata</i> MCLACHLAN 1871
Plecoptera	Lepidostomatidae
Leuctridae	<i>Crunoecia irrorata</i> CURTIS 1834
<i>Leuctra braueri</i> KEMPNY 1898	Limnephilidae
<i>Leuctra</i> spp.	<i>Drusus annulatus</i> (STEPHENS 1837)
Nemouridae	<i>Potamophylax nigricornis</i> PICTET 1834
<i>Nemoura marginata</i> PICTET 1836	<i>Potamophylax luctuosus</i> PILLER & MITTERPACHER 1783
<i>Protonemura risi</i> JACOBSON & BIANCI 1905	<i>Melampophylax mucoreus</i> (HAGEN 1861)
<i>Nemoura</i> spp.	Limnephilidae (unbestimmt)
Perlodidae	Diptera
<i>Perlodes microcephalus</i> (PICTET 1833)	Ceratopogeninae (Bezzia)
<i>Isoperla</i> spp.	Chironomidae (unbestimmt)
Odonata	Tanypodinae
<i>Cordulegaster bidentata</i> SELYS 1843	<i>Ablabesmyia</i> (<i>Ablabesmyia</i>) <i>phatta</i> (EGGER 1863)
Coleoptera	<i>Apsectrotanypus trifascipennis</i> (ZETTERSTEDT 1838)
<i>Agabus guttatus</i> (adult) (PAYKULL 1798)	<i>Conchapelopia pallidula</i> (MEIGEN 1818)
<i>Agabus</i> sp., (Larve)	<i>Krenopelopia binotata</i> (WIEDEMANN 1817)
<i>Anacaena</i> sp., (Larve)	<i>Krenopelopia binotata/nigropunctata</i> FITTKAU 1962
	<i>Macropelopia nebulosa</i> (MEIGEN 1804)

Macropelopia notata (MEIGEN 1818)

Trissopelopia longimana (STAEGER 1839)

Zavrelimyia cf. signatipennis (KIEFFER 1924)

Zavrelimyia sp.

Prodiamesinae

Prodiamesa olivacea (MEIGEN 1818)

Orthoclaadiinae

Brillia bifida (KIEFFER 1909)

Chaetocladius (Chaetocladius) cf. dentiforceps (EDWARDS 1929)

Chaetocladius (Chaetocladius) piger (GOETGHEBUER 1913)

Chaetocladius (Chaetocladius) vitellinus-Gruppe (KIEFFER 1908)

Chaetocladius (Chaetocladius) perennis MEIGEN 1830

Corynoneura cf. lobata EDWARDS 1924

Eukiefferiella breviceps (KIEFFER 1911) aggregat

Heleniella ornaticollis (EDWARDS 1929)

Heleniella serratosioi RINGE 1976

Limnophyes spp.

Metriocnemus (Metriocnemus) fuscipes (MEIGEN 1818)

Parametriocnemus boreoalpinus GOWIN & THIENEMANN 1942

Parametriocnemus stylatus (SPARCK 1923)

Paraphaenocladus impensus (WALKER 1856)

Paratrissocladus excerptus (WALKER 1856)

Psectrocladius sordidellus/limbatellus-Gruppe

Rheocricotopus (Rheocricotopus) effusus (WALKER 1856)

Rheocricotopus (Rheocricotopus) fuscipes (KIEFFER 1909)

Tvetenia calvescens (EDWARDS 1929)

Chironominae

Krenopsectra fallax REISS 1969

Micropsectra apposita/notescens (WALKER 1856)

Micropsectra roseiventris (KIEFFER 1909)

Micropsectra notescens (WALKER 1856)

Micropsectra pallidula MEIGEN 1830

Micropsectra radialis GOETGHEBUER 1939

Microtendipes pedellus-Gruppe (DE GEER 1776)

Polypedilum (Polypedilum) albicorne (MEIGEN 1838)

Polypedilum (Polypedilum) pedestre (MEIGEN 1830)

Polypedilum sp.

Stempellinella brevis (EDWARDS 1929)

Stempellinella flavidula (EDWARDS 1929)

Tribe Tanytarsini

Dixa maculata MEIGEN 1818

Empididae (unbestimmt)

Limoniidae (unbestimmt)

Psychodidae (unbestimmt)

Simuliidae (unbestimmt)

Stratiomyidae (unbestimmt)

12.2 Neue Art die bei der Studie entdeckt und beschrieben wurde

Schmidt-Rhaesa A, Gusich VV 2010. A new *Gordionus* Müller, 1927 from Switzerland (Nematomorpha, Gordiidae). *Revue suisse de Zoologie* 117(1), 77-82.

REVUE SUISSE DE ZOOLOGIE 117 (1): 77-82; mars 2010

A new *Gordionus* MÜLLER, 1927 from Switzerland (Nematomorpha, Gordiida)

Andreas SCHMIDT-RHAESA¹ and Valeria Viktoria GUSICH²

¹Zoological Museum and Biocenter Grindel, University Hamburg, Martin-Luther-King-Platz 3, 20146 Hamburg, Germany.

E-mail: andreas.schmidt-rhaesa@uni-hamburg.de

²Institute of Biogeography (NLU), University of Basel, St. Johannis-Vorstadt 10, CH-4056 Basel, Switzerland. E-mail: valeria.gusich@unibas.ch

A new *Gordionus* MÜLLER, 1927 from Switzerland (Nematomorpha, Gordiida). - To date only three species of freshwater Nematomorpha (Gordiida) are known from Switzerland. We report here the finding of two further species, the common species *Gordionus violaceus* (BAIRD, 1853) and a new species, *G. bageli* sp. n., in Switzerland. A diagnostic character for this species is the ring-shaped form of the adhesive warts, structures that are found on the ventral side of males, anterior to the cloacal opening.

Keywords: Nematomorpha - Gordiida - new species - Switzerland - *Gordionus*.

INTRODUCTION

About one hundred species of freshwater horsehair worms (Nematomorpha, Gordiida) are known from Europe (Schmidt-Rhaesa, 1997). Diversity and faunistics of horsehair worms in Central Europe are comparatively well known from Germany, Austria, France and Italy (Schmidt-Rhaesa 1997, 2009), but very few records refer to Switzerland. Only three species have been reported: *Gordius villoti* ROSA, 1882 ("Jura", Camerano 1888), *Gordionus alpestris* VILLOT, 1885 ("Jura", Camerano 1888) and *Paragordius tricuspoidatus* (DUFOUR, 1828) (Frauenfeld, Kanton Thurgau, Heinze, 1937). We report here records of *Gordionus violaceus* and of one new species, *Gordionus bageli* sp. n.

MATERIAL AND METHODS

Physical characteristics like water temperature (WTW, pH 330), oxygen (WTW, Oxi 340), conductivity (WTW, LF 330), pH-value (WTW, pH 330), water depth (folding rule) and flow rate (MiniAir, Schildknecht) were registered during each sampling (Table 1). The oxygen concentration seems to be very high for sources. This can be explained on one hand by the strong presence of green algae and on the other hand by the fact that measurements have been made in the afternoon only.

TABLE 1: Measurement of water in artificially constructed springs in the forested Rösental, near the city of Liestal, Switzerland.

Species	<i>Gordionus bageli</i> sp. n.		<i>Gordionus violaceus</i> (BAIRD, 1853)		
	14 July 2008	1 Dec. 2008	16 May 2008	20 June 2008	27 Oct. 2008
Water temperature [°C]	11.4	10.7	11.7	12.1	10.2
Oxygen [%]	89	105	87	109	100
Conductivity [μ S/cm]	526	591	596	482	494
pH-value	7.1	7.1	7.1	7.3	7.4
Water depth [cm]	4.4	4.1	4.9	1.1	0.9
Flow rate [m/s]	0.19	0.15	0.01	0.58	0.01

The reported specimens were fixed in ethanol (70%). Pieces of the cuticle and/or the posterior end were prepared for Scanning Electron Microscopy (SEM). Pieces were dehydrated in an ethanol series of increasing concentration, critical-point dried and coated with gold in a sputter coater. Observation took place using a LEO SEM 1524 at 10 kV. Digital images were taken.

Collecting circumstances: The species here described and discussed have been collected during fieldwork as part of the Ph.D. thesis of the second author. Collections were made in springs of the Rösental, a valley situated near the city of Liestal (Kanton Basel-Land). Geologically, the area forms part of the Jura Plateau which is here expressed as Table Jura. The springs are located in a *Thuja* plantation surrounded by managed forest of mainly native trees at an elevation of 380 m. The forest soil is waterlogged by groundwater and shows tracks of wildlife (wild boar, roe deer) and anthropogenic activities (trampling, forestry work). The main aim of the field work was to study the colonisation of artificially constructed freshwater springs by macro-invertebrates (Gusich *et al.*, in preparation).

RESULTS AND DISCUSSION

Gordionus bageli sp. n.

Figs 1-2

HOLOTYPE: One male from the forested Rösental near Liestal (Swiss National Coordinates Lat/Long: CH1903; 619.150/260.325) in the Table Jura. Found in artificial springs constructed near natural springs in a *Thuja* plantation, surrounded by a managed forest of native deciduous trees, 14 July, 2008, leg. V. Gusich. Deposited in the Zoological Museum Hamburg, Germany, accession number ZMH V13278.

PARATYPE: One male, same locality and same sampling details as the holotype, 1 Dec. 2008, leg. V. Gusich. Deposited in the Museum of Natural History in Basel, Switzerland, accession number NMB 2a.

DIAGNOSIS: *G. bageli* sp. n. differs from all other congeneric species by the ring-like shape of the anterior warts on the ventrum in males.

DESCRIPTION: Both males are moderately long and very thin, measuring 110 and 220 mm in length, 0.3 and 0.35 mm in diameter, respectively. The worms are entirely white in colour, a black collar at the anterior end or darker stained ventral and/or dorsal lines are not present.

The posterior end contains structures typical for males of the genus *Gordionus*. The ventral cloacal opening is slightly oval, it is surrounded by short spines which seem to be lacking on the posterior side of the opening (Fig. 1D-E). Anterolateral of

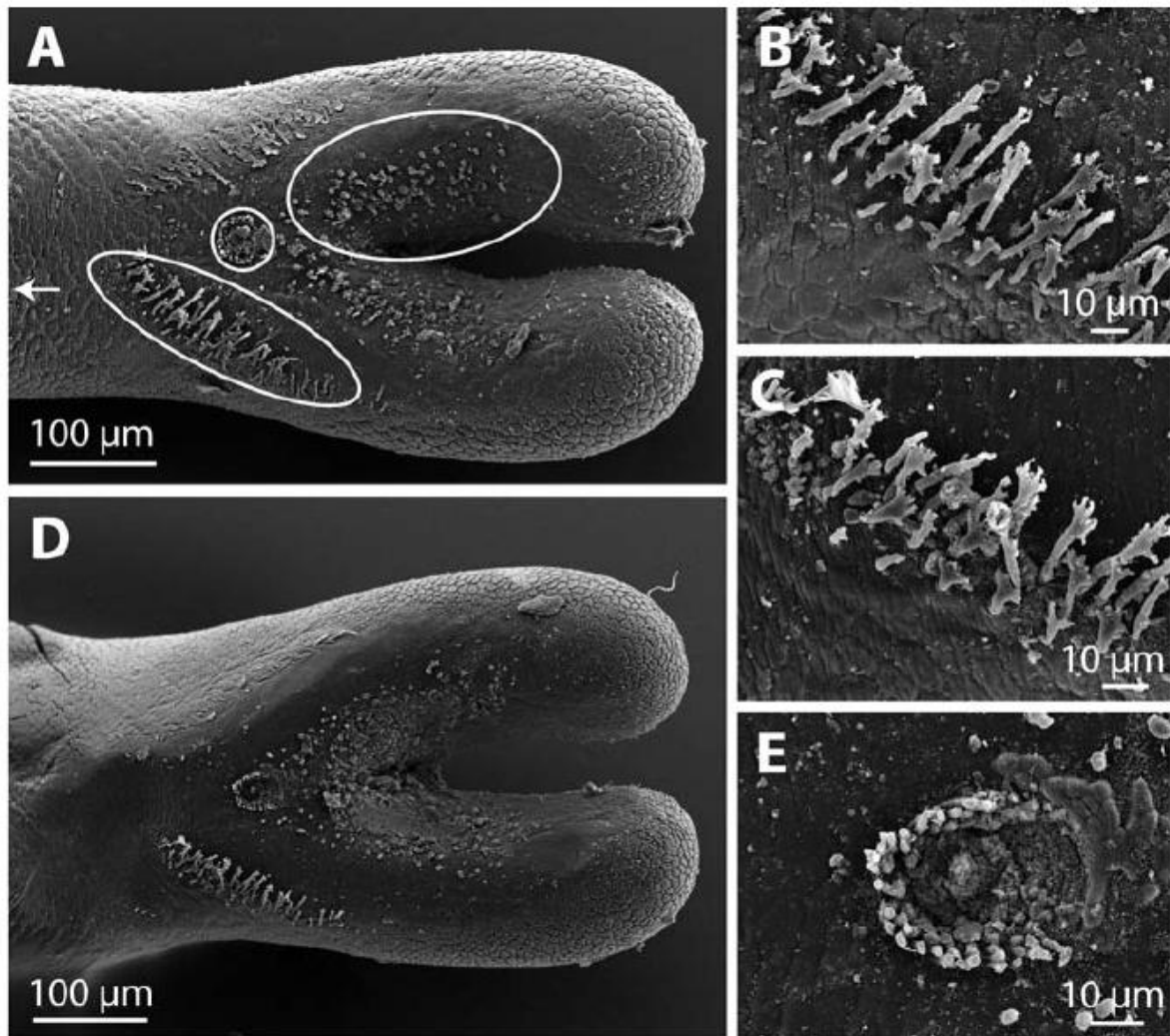


FIG. 1

Gordionus bageli sp. n. (A) Ventral view of posterior end of holotype specimen. Circle: position of cloacal opening. Ovals: precloacal row of bristles and postcloacal spines. Arrow: position of adhesive warts anterior of the region shown in the figure. (B-C) Apically branched bristles from the precloacal rows from holotype (B) and paratype (C) specimens. (D) Posterior end of paratype specimen. (E) Magnification of cloacal opening with circumcloacal spines.

the cloacal opening are paired rows of bristles (Fig. 1A-D). These bristles are longest in the center of the row and decrease in size towards both ends. Most bristles are strongly branched apically (Fig. 1B-C). Posterior of the cloacal opening are conical spines, these extend onto the inner side of the tail lobes for about 2/3 of their length (Fig. 1A-D). In the ventral region anterior of the rows of bristles, distinctive adhesive warts are present. They roughly form a ring (resembling a bagel) (Fig. 2A-B). The cuticle contains polygonal areoles that are separated by narrow interareolar grooves (Fig. 2C-D). There are no structures in the interareolar grooves, the material pictured (e.g. Fig. 2C) is contaminated. Quite rarely, the megareolar pattern is found (Fig. 2D). This pattern describes the position of a short tubercle in the centre of the broad side of two neighbouring areoles (Schmidt-Rhaesa, 2002).

ETYMOLOGY: The name derives from the circular structure of the adhesive warts, looking like a bagel.

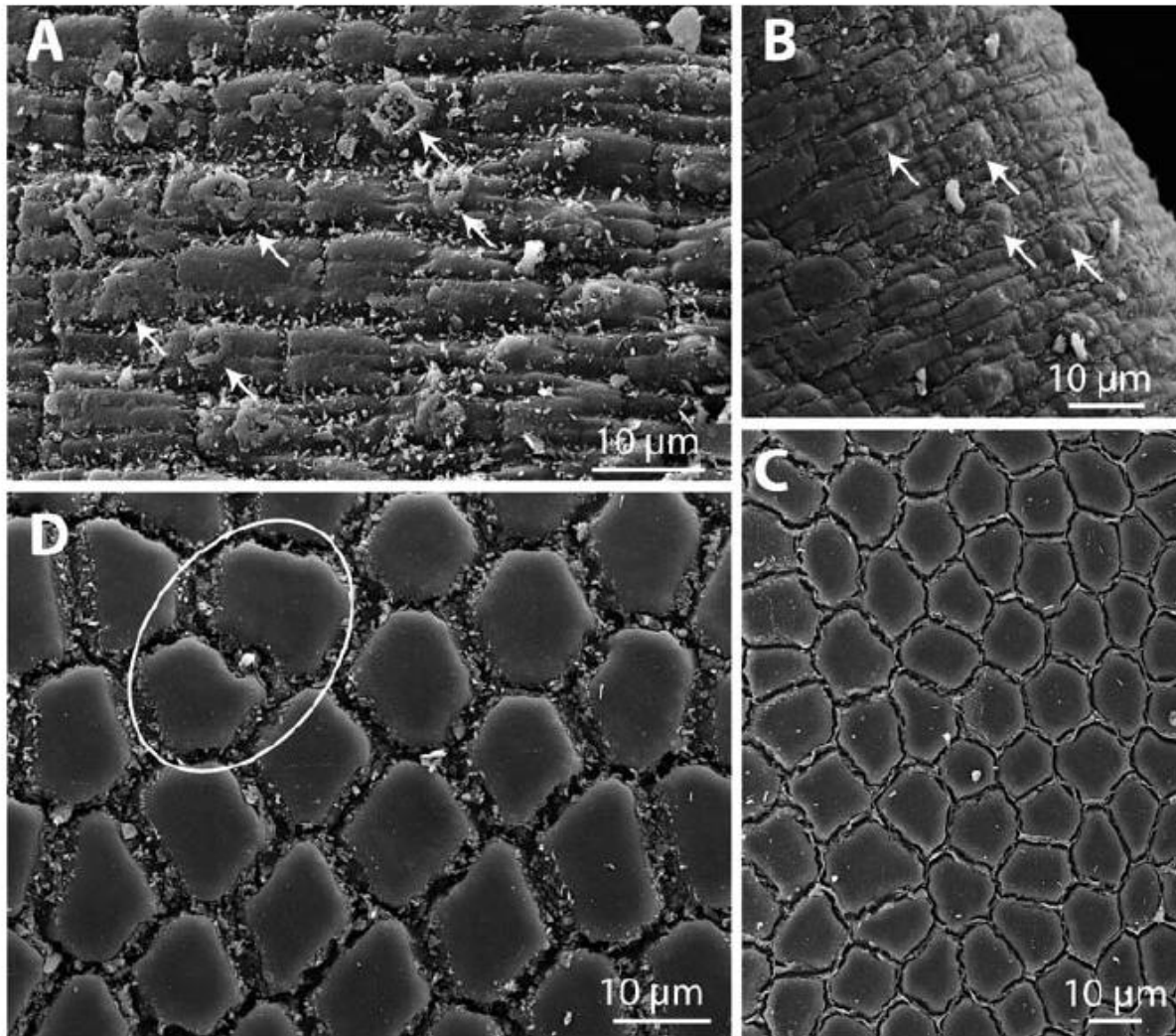


FIG. 2

Gordionus bageli sp. n. (A-B) Adhesive warts (arrows) on the ventral cuticle of holotype (A) and paratype (B) specimens. (C-D) Areoles on the cuticle at midbody region. Oval (in D): arrangement of areoles in a megareolar pattern.

DISCUSSION: Anterior warts were first termed “Greifwarzen” by Müller (1926). He also found these structures on the ventral cuticular surface of the posterior end and assumed an adhesive function during copulation. There are no published observations from copulating *Gordionus* species, leaving open the question whether these structures are really involved in copulation. Adhesive warts can have different shapes. Those ones that have been studied by SEM are elongate, parallel to the longitudinal axis of the worm and have a keel (de Villalobos *et al.*, 2001 and Schmidt-Rhaesa, 2001, 2002 for *G. violaceus* (Baird, 1853); Schmidt-Rhaesa *et al.*, 2003 for *G. lineatus* (Leidy, 1851) and *G. sinepilosus* Schmidt-Rhaesa, Hanelt & Reeves, 2003; Schmidt-Rhaesa & Cieslak, 2008 for *G. barbatus* Schmidt-Rhaesa & Cieslak, 2008), others may be more conical (Schuurmans Steekhoven, 1943 for *G. alpestris*) or angled (Müller, 1926, for *G. lunatus* MÜLLER, 1927), but ring-shaped adhesive warts have not been reported and are therefore diagnostic for *G. bageli* sp. n.

The white colour of both male individuals can be interpreted in different ways. During their parasitic phase the worms are white, the cuticle usually turns brown briefly before emergence of the host, probably by some tanning processes in the adult cuticle that has replaced the thin larval cuticle (Schmidt-Rhaesa, 2005). Therefore it can be assumed that white or light specimens collected in the field represent young specimens in which the cuticle is not finally developed. However, there appear also to be species in which the cuticle remains very light in colour throughout life, such as *G. lineatus* (Schmidt-Rhaesa *et al.*, 2003).

Müller (1926) suspected adhesive warts to be diagnostic for the genus *Gordionus*, but they have not been described from a number of species. This may be due to overlooking these structures, but in some cases they appear to be truly absent. Additionally, adhesive warts have been found in one species from a different genus, *Beatogordius abbreviatus* (Villot, 1874) (Schmidt-Rhaesa & Bryant, 2004), making their evaluation as diagnostic for *Gordionus* questionable.

Gordionus violaceus (BAIRD, 1853)

NEW DISTRIBUTION RECORD: Three males were found in Röserental near Liestal. Site and sampling details as for *G. bageli* sp. n. (see above). Sampling dates: 16 May, 20 June and 27 October 2008, leg. V. Gusich.

REMARKS: *Gordionus violaceus* is a species widespread in Europe (Schmidt-Rhaesa, 1997) and also present in North America (Schmidt-Rhaesa *et al.*, 2003). It is likely that this species is highly polymorphic, ranging from specimens showing areoles completely isolated from each other to different grades of fusion of areoles (Schmidt-Rhaesa, 2001), a pattern that was regarded as typical for a separate species, *G. wolterstorffii* (CAMERANO, 1888). The newly reported specimens from Switzerland reflect this diversity in cuticular structure showing either isolated areoles or fused areoles.

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank the municipal authorities of Liestal and Frenkendorf for permission to conduct our studies in the area, and Professor Peter Nagel, NLU – Basel, for his support during the research of the junior author.

REFERENCES

- CAMERANO, L. 1888. Ricerche sopra i gordii d'Europa e descrizione di due nuove specie. *Bollettino dei Musei di Zoologia ed Anatomia Comparata della Reale Università di Torino* 3, No. 42: 1-10.
- HEINZE, K. 1937. Die Saitenwürmer (Gordioidea) Deutschlands. Eine systematisch-faunistische Studie über Insektenparasiten aus der Gruppe der Nematomorpha. *Zeitschrift für Parasitenkunde* 9: 263-344.
- MÜLLER, G. W. 1926. Über Gordiaceen. *Zeitschrift für Morphologie und Ökologie der Tiere* 7: 134-220.
- SCHMIDT-RHAESA, A. 1997. Nematomorpha. In: SCHWOERBEL, J. & ZWICK, P. (eds.). Süßwasserfauna von Mitteleuropa, Vol. 4/4. *Gustav Fischer Verlag, Stuttgart*, 124 pp.
- SCHMIDT-RHAESA, A. 2001. Variation of cuticular characters in the Nematomorpha: studies on *Gordionus violaceus* (BAIRD, 1853) and *G. wolterstorffii* (CAMERANO, 1888) from Britain and Ireland. *Systematic Parasitology* 49: 41-57.

- SCHMIDT-RHAESA, A. 2002. Are the genera of Nematomorpha monophyletic taxa? *Zoologica Scripta* 31: 185-200.
- SCHMIDT-RHAESA, A. 2005. Morphogenesis of *Paragordius varius* (Nematomorpha) during the parasitic phase. *Zoomorphology* 124: 33-46.
- SCHMIDT-RHAESA, A. 2009. Nematomorpha (Saitenwürmer). In: Endemiten - Kostbarkeiten in Österreichs Tier- und Pflanzenwelt. RABITSCH, W. & ESSL, F. (eds.). *Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten und Umweltbundesamt GmbH, Klagenfurt und Wien*: 381-383.
- SCHMIDT-RHAESA, A. & BRYANT, M. S. 2004. Filling the Gondwana gaps: new species and new reports of the genus *Beatogordius* (Nematomorpha) from Australia and Madagascar. *Systematic Parasitology* 57: 173-181.
- SCHMIDT-RHAESA, A. & CIESLAK, A. 2008. Three new species of *Paragordionus* and *Gordionus* (Nematomorpha, Gordiida) from Spain and Turkey, with comments on the taxon *Semigordionus*. *Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zoologischen Museum und Institut* 105: 13-22.
- SCHMIDT-RHAESA, A., HANELT, B. & REEVES, W. 2003: Redescription and compilation of Nearctic freshwater Nematomorpha (Gordiida), with the description of two new species. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 153: 77-117.
- SCHURMANS STECKHOVEN, J. H. 1943. Contribution a l'étude des gordiides de la fauna Belge. *Bulletin du Musée Royal d'Histoire Naturelle de Belgique* 19: 1-28.
- VILLALOBOS DE, L. C., RIBERA, I. & BILTON, D. T. 2001. First data of Iberian Nematomorpha, with redescription of *Gordius aquaticus* LINNAEUS, *G. plicatulus* HEINZE, *Gordionus wolterstorffii* (CAMERANO) and *Paragordius tricuspoidatus* (DUFOUR). *Contributions to Zoology* 70: 73-84.