

Wiederbesiedlungspotential zweier
Unio crassus (PHILIPSSON 1788)
Populationen im Ortenaukreis

Diplomarbeit

Fakultät für Biologie, Institut für Biologie I (Zoologie)
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Br.



Leitung: Prof. Dr. Gerhard Bauer

Vorgelegt von
Kerstin Geigenbauer

Freiburg, März 2010

Inhalt

1	Einleitung	4
1.1	Allgemeines und Systematik	4
1.2	Gefährdung von <i>Unio crassus</i>	4
1.3	Lebensweise	5
1.4	Fortpflanzung	6
1.5	Habitatansprüche	8
1.6	Ziel dieser Arbeit	9
2	Material und Methoden	10
2.1	Das Untersuchungsgebiet	10
2.1.1	Alte Rench	11
2.1.2	Renchflutkanal (RFK)	14
2.2	Fischbestand und Glochidienbefall	16
2.3	Untersuchung der <i>Unio crassus</i> Populationen	17
2.3.1	Muschelsuche	17
2.3.2	Markierung und Vermessung	18
2.3.3	Bestimmung der Populationsgrößen	19
2.3.3.1	Problematik der vollständigen Erfassung einer Population	19
2.3.3.2	Capture-Recapture Verfahren	19
2.3.3.3	Populationsberechnung	20
2.3.4	Altersbestimmung	20
2.3.5	Größenklassen	22
2.3.6	Wachstumsanalysen	22
2.3.6.1	Bestimmung der Wachstumskonstanten und der asymptotischen Länge	22
2.3.7	Untersuchungen zur Trächtigkeit	23
2.3.8	Alterschätzung an Leerschalen	24
2.4	Gewässeruntersuchungen	25
2.4.1	Physikalisch-chemische Parameter	25
2.4.2	Gewässervermessungen	25
2.5	Statistik	26
3	Ergebnisse	27
3.1	Untersuchung der Fischfauna	27
3.1.1	Fischbestand Alte Rench	27
3.1.2	Fischbestand Renchflutkanal	27
3.1.3	Glochidienbefall an Döbeln	29
3.1.3.1	Zusammenhang zwischen Fischlänge und Glochidienbefall	31
3.2	Untersuchung der <i>Unio crassus</i> Populationen	32
3.2.1	Bedingungen während der Muschelsuche	32
3.2.1.1	Alte Rench	32
3.2.1.2	Renchflutkanal	32
3.2.2	Berechnung der Populationsgröße	33
3.2.2.1	Alte Rench	33
3.2.2.2	Renchflutkanal	33
3.2.3	Altersstruktur	34

3.2.3.1	Alte Rench	34
3.2.3.2	Renchflutkanal	35
3.2.3.3	Vergleich der Alterstrukturen	35
3.2.4	Größenklassen	36
3.2.4.1	Alte Rench	36
3.2.4.2	Renchflutkanal	37
3.2.4.3	Vergleich der Größenklassen	37
3.2.5	Wachstumsanalyse	38
3.2.5.1	Ford-Walford Plot Alte Rench	38
3.2.5.2	Ford-Walford-Plot Renchflutkanal	39
3.2.5.3	Vergleich der k-Werte mit anderen Populationen	40
3.2.6	Untersuchung der Trächtigkeit	41
3.2.7	Alterschätzung an Leerschalen	42
3.2.7.1	Alte Rench	42
3.2.7.2	Renchflutkanal	42
3.3	Gewässeruntersuchungen	44
3.3.1	Physikalisch-chemische Untersuchungen	44
3.3.2	Vermessungen	44
4	Diskussion	45
4.1	Untersuchung der Fischfauna	45
4.1.1	Wirtsfischartenspektrum und Spezifität von <i>Unio crassus</i>	45
4.1.2	Alte Rench	46
4.1.2.1	Fischbestand	46
4.1.3	Renchflutkanal	46
4.1.3.1	Fischbestand und -dichte	46
4.1.3.2	Wirtsfischbestand und -dichte	47
4.1.3.3	Wirtsfischarten im RFK	47
4.1.3.4	Glochidienbefall an Döbeln	48
4.1.3.4.1	Immunisierung und Glochidienbefall	49
4.2	Untersuchung der <i>Unio crassus</i> Populationen	50
4.2.1	Populationsgröße	50
4.2.1.1	Alte Rench	50
4.2.1.2	Renchflutkanal	50
4.2.2	Regeneration der Populationen	51
4.2.2.1	Alte Rench	51
4.2.2.1.1	Umsiedelung 2002	51
4.2.2.1.2	Vorgang der Wiederbesiedelung	51
4.2.2.2	Renchflutkanal	53
4.2.2.2.1	Bisamfraß	53
4.2.3	Altersuntersuchungen	54
4.2.3.1	Maximalalter in Alte Rench und Renchflutkanal	54
4.2.3.2	Alterstruktur Alte Rench	54
4.2.3.3	Alterstruktur Renchflutkanal	55
4.2.3.4	Durchschnittsalter	55
4.2.4	Längenwachstum	55
4.2.4.1	Vergleich der Populationen	55
4.2.5	Wachstumsanalysen	56
4.2.5.1	k-Werte	56
4.2.5.2	Zusammenhang zwischen Alter, Länge und Wachstumsgeschwindigkeit	57
4.2.6	Geschlechterverhältnis und Reproduktion	57
4.2.7	Vergleich der Tot- und Lebendfunde	58
4.2.8	Einfluss physikalisch - chemischer Parameter	59
4.2.9	Habitatqualität	61
4.2.9.1	Alte Rench	61
4.2.9.2	Renchflutkanal	62
4.2.9.3	Vergleich der Gewässer	62
4.3	Fazit	63

5	Zusammenfassung	65
6	Literatur	67

1 Einleitung

1.1 Allgemeines und Systematik

Die Bachmuschel *Unio crassus* gehört zu den Unionoidea (Großmuscheln). Die Mitglieder dieser Ordnung werden auch als Najaden bezeichnet. Ihre Vorliebe für sauberes Wasser und die filtrierende Ernährungsweise, die einen Beitrag zur Selbstreinigung der Gewässer leistet, führte zu diesem klangvollen Namen (LEWANDOWSKI & STANCYKOWSKA 1975). Er ist den antiken Fluss- und Quellnymphen entliehen, die für die Reinheit des Wassers bürgten.

Innerhalb der Najaden lässt sich die Überfamilie der Unionoidea (Flussmuschelähnliche) in die Margaritiferidae (Flussperlmuscheln) und die Unionidae (Flussmuscheln) unterteilen, denen die Gattung *Unio* angehört. Diese umfasst in Mitteleuropa neben der Bachmuschel noch zwei weitere Arten. *Unio pictorum* (Malermuschel) und *Unio tumidus* (Aufgeblasene Flussmuschel) können, wie die ebenfalls der Familie der Unionidae zugehörigen Teichmuscheln der Gattung *Anodonta*, auch in stehenden Gewässern leben (HOCHWALD 1997). *Unio crassus* hingegen ist auf fließendes Wasser angewiesen. Selten findet man sie in Brandungszonen von Seen (HÄBLEIN & STOCKER 1977).

Aufgrund der verschiedenen Schalenformen, die *Unio crassus* in benachbarten Gewässern und zum Teil sogar im gleichen Gewässer aufweist, wurden bis in das 19. Jahrhundert hinein unzählige Lokalformen beschrieben, deren systematische Bedeutung unklar war (HOCHWALD 1997). Seit Beginn des 20. Jahrhunderts hat man sich in Mitteleuropa auf drei geographische Rassen geeinigt: *Unio c. crassus*, *U. c. cytherea* und *U. c. nanus (=batavus)* (KOBELT 1908, NESEMANN 1993). Die Unterscheidungen werden durch rassotypische Merkmale, z.B. Körperform, Lage und Korrosionsgrad des Wirbels und Schalenlänge begründet. Es wird und wurde jedoch vielfach bezweifelt, dass diese Merkmale genetisch fixiert sind (HOCHWALD 1997).

1.2 Gefährdung von *Unio crassus*

Alle sieben Vertreter der in Deutschland vorkommenden Najaden sind in ihrem Bestand bedroht (LANG 1998) und durch die Bundesartenschutzverordnung (BArtSchV) § 1 besonders geschützt. Insbesondere *Unio crassus* hat einen bemerkenswerten Niedergang von der einstmalig häufigsten *Unio* (GEYER 1927) zur

am stärksten vom Aussterben bedrohten Unionoida neben der Flussperlmuschel durchgemacht (WÄCHTLER 1989). Noch zu Beginn des letzten Jahrhunderts war *Unio crassus* allgemein verbreitet und sehr häufig (ISRAEL 1913). Sie trat teilweise in solchen Massen auf, dass sie als Schweine- und Hühnerfutter genutzt wurde (KOBELT 1908). Allerdings wurde ihr nicht diese Nutzung zum Verhängnis, sondern die vielfachen anthropogen bedingten Eingriffe in ihren Lebensraum. Generelle Wasserverschmutzung, Gewässerbegradigungen und -unterhaltungen, Überlagerung durch Feinsediment als Folge von Erosion und Eutrophierung sowie Prädation durch Neozoen stellen eine massive Bedrohung dar (MAAß 1987, ZIMMERMANN 2000). Dies führte dazu, dass der Gesamtbestand in Deutschland um etwa 90 % im Vergleich zu seiner ehemaligen Verbreitung geschrumpft ist (ZETTLER & JUEG 2001). Deshalb steht *Unio crassus* sowohl auf der Roten Liste Deutschlands 1995 (JUNGBLUTH & VON KNORRE 1995) als auch auf der Roten Liste Baden-Württembergs 2008 in der Kategorie 1 (vom Aussterben bedrohte Arten) (LUBW 2008). Zusätzlich ist *Unio crassus* durch die europäische Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (Richtlinie 92 / 43 EWG) geschützt, in welcher sie in Anhang II als "streng zu schützende Art von gemeinschaftlichem Interesse" aufgeführt ist. Durch Bestandserhebungen durch die LfU Karlsruhe im Jahr 1999 kennt man in Baden-Württemberg etwas mehr als 30 zusammenhängende Populationen, die insgesamt nicht über 100.000 Tiere umfassen. Bundesweit gesehen hat Baden-Württemberg damit aber eine besondere Verantwortung für die langfristige Erhaltung dieser Art (LUBW 2008).

1.3 Lebensweise

Wie alle Najaden ernährt sich *Unio crassus* als Filtrierer von Detritus und Kleinstlebewesen. Adulte Tiere verharren dazu, meist bis zu zwei Dritteln ihrer Länge im Sediment eingegraben, an einem Platz mit günstigen Lebens- bzw. Ernährungsbedingungen und wechseln ihren Standort nur selten (MAAß 1987 LECHNER 1997, HOCHWALD & BAUER 1990). Dabei sind sie auf ihrem muskulösen Fuß durchaus in der Lage, in einem Zeitraum von vier Wochen bis zu fünf Meter zurücklegen, z.B. um Wasserstandsschwankungen auszugleichen (LANG 1998).

1.4 Fortpflanzung

Unio crassus ist streng getrennt geschlechtlich (ENGEL 1990, HOCHWALD 1997, LANG 1998). Die Fortpflanzungsperiode erstreckt sich von April bis Juli (HOCHWALD 1997). Die äußeren Kiemenblätter sind bei weiblichen *Unio crassus* zu Bruttaschen ausgebildet, in welche die ovulierten Eizellen aus den Gonaden verlagert werden (MAAß 1987, HOCHWALD & BAUER 1990). Die männlichen Muscheln geben die Spermien ins freie Wasser und nur ein Bruchteil davon wird von flussabwärts sitzenden Weibchen mit dem Atemwasser eingestrudelt. Die Befruchtung findet vermutlich in den Kiemen der Weibchen statt (HOCHWALD & BAUER 1990). Für eine erfolgreiche Befruchtung müssen die Muscheln dicht genug beieinander sitzen, damit die Spermien vom Wasser nicht zu stark verdünnt werden. Eine Population darf folglich eine kritische Individuendichte nicht unterschreiten (HOCHWALD 1997).

Die befruchteten Eier entwickeln sich zu parasitären Larven (Glochidien). Wenn diese reif sind, werden sie ins freie Wasser abgegeben (Abb.1) (ZIMMERMANN 2000). Reife *Unio crassus*-Glochidien sind 0,2 mm groß und besitzen bereits wie die adulten Tiere zwei Schalenhälften. Ihre Organausstattung beschränkt sich auf Strukturen zur Anheftung an Wirtsfischgewebe (MAAß 1987). Bei *Unio crassus* werden schubweise zwischen 9000 und 16000 Glochidien innerhalb ein bis zwei Tagen ausgestoßen (BEDNARCZUK 1986, ENGEL & WÄCHTLER 1989, ENGEL 1990, HOCHWALD 1997). Die Überlebensdauer der freien Larve, die sich nicht selbständig bewegen kann, beträgt drei (MAAß 1987) bis sechs Tage (ENGEL 1990). Innerhalb dieses Zeitraumes muss das Glochidium passiv den Weg zu einem geeigneten Wirtsfisch gefunden haben. Diesen benötigen *Unio crassus*-Glochidien für ihre Metamorphose zur Jungmuschel (MAAß 1987). Die Muttertiere geben die Glochidien nicht einfach nur in die Strömung ab. VICENTINI (2005) konnte *Unio crassus* Weibchen dabei beobachten, wie sie sich an die Uferlinie bewegten und von dort, halb aus dem Wasser ragend, einen Wasserstrahl in die Mitte des Baches spritzten. Bei 29 von 31 Individuen, die VICENTINI untersucht wurden, enthielt der Wasserstrahl Glochidien. Durch dieses Verhalten, so wird vermutet, wird die Absinkstrecke der Glochidien zum Gewässergrund verlängert. Dies vergrößert die Wahrscheinlichkeit, mit einem Wirtsfisch in Kontakt zu kommen. Außerdem werden durch die Störung der Wasseroberfläche tagaktive Fische angelockt.

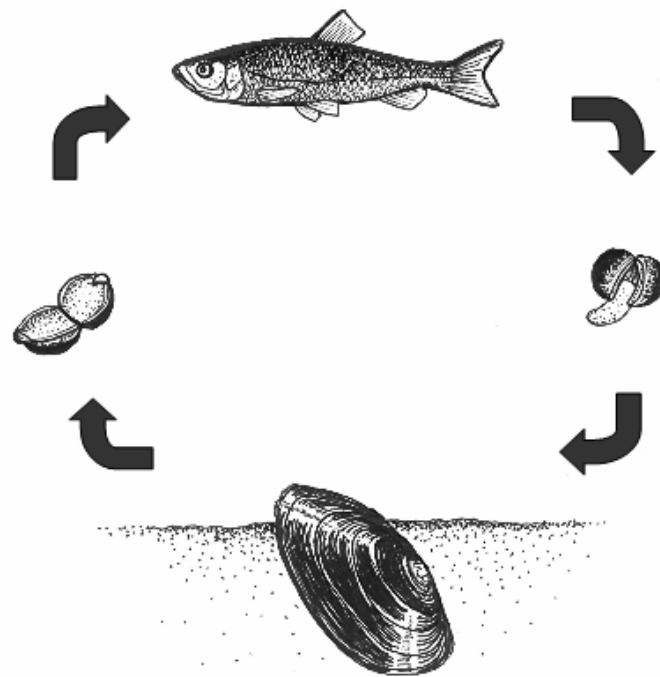


Abbildung 1: Lebenszyklus von *Unio crassus*: Muschel-♀ stößt nach der Befruchtung reife Glochidien aus, die sich an den Kiemen eines Wirtsfischs anheften. Nach einer parasitären Phase von 3-4 Wochen fällt die voll entwickelte Jungmuschel vom Wirtsfisch ab und gräbt sich in das Sediment ein, wo sie zur adulten Muschel heranwächst.

Dies steigert die Chancen der Muschellarven, durch das Atemwasser in die Kiemen von Wirtsfischen zu gelangen. Durch teilweise minütliches Ausspritzen können bereits abgesunkene Glochidien durch Bewegungen der angelockten Fische erneut aufwirbelt werden. Sobald die Glochidien Kontakt zu Wirtsfischgewebe haben, heften sie sich an (MAAß 1987). Dies ist neben Epithel in den Kiemen auch an Flossenrändern, Barteln, Fischlippen oder Kiemendeckeln möglich (HARMS 1908). Die Anheftung erfolgt nicht wirtsspezifisch (BISCHOFF 1987). Allerdings wird das Glochidium nur bei geeigneten Wirtsfischen im Sinne einer Wundheilung von Wirtsgewebe umwachsen und kann innerhalb dieser Zyste die Metamorphose zur Jungmuschel vollziehen (MAAß 1987). Die parasitäre Phase dauert mindestens 25 (MAAß 1987) bzw. 27 Tage (BEDNARCZUK 1986). Vollständig umgewandelte Jungmuscheln fallen vom Fisch ab (Abb. 1) und führen zwei bis fünf Jahre lang ein verborgenes Leben im Interstitial.

1.5 Habitatansprüche

Man findet *Unio crassus* bevorzugt im flachen, ufernahen Bereich (HOCHWALD 1990b) wie z.B. in Buchten und anderen strömungsarmen Abschnitten, wo der Bodengrund den Tieren das Eingraben ermöglicht (NAGEL 2002). Die Strömungsgeschwindigkeiten sollten an diesen Stellen einerseits niedrig genug sein, so dass eine gewisse Substratstabilität vorliegt, andererseits aber hoch genug, um starke Sedimentation zu verhindern (VANNOTE & MINSHALL 1982). Deshalb finden sich verhältnismäßig wenige Muscheln mitten im Flussbett in der offenen Strömung (MENTZEN 1926).

Laut BROWN & BANKS (2001) ist für *Unio crassus* die Substratstabilität gleichermaßen bedeutsam wie die Sedimentstruktur. Adulte Individuen bevorzugen fein- bis mittelsandigen, generell sandig-kiesigen bis leicht schlammigen Untergrund (HOCHWALD 1990b). Die Jungmuscheln dagegen benötigen ein offenporiges Substrat aus Kies und Sand, in dem eine ausreichende Sauerstoffversorgung gewährleistet ist (HOCHWALD & BAUER 1988). Daher meiden sie schlammigen Untergrund, wie man ihn in verschmutzten Bächen und Flüssen häufig findet (PATZNER & MÜLLER 2001). Wenn das Lückensystem durch Abwässereinleitung und Eutrophierung mit feinem organischem Material zugesetzt wird, schaffen die sauerstoffzehrenden Abbauprozesse eine für Jungmuscheln lebensfeindliche Umgebung (BAUMGÄRTNER & HEITZ 1995). In solchen Gewässern ist es zwar noch möglich, adulte *Unio crassus* zu finden, ihre Fortpflanzung ist jedoch unterbunden, da die Jungmuscheln nicht überleben können (HOCHWALD & BAUER 1988). Schlechte Gewässergüte führt somit zur Überalterung von *Unio crassus*-Beständen und damit zwangsläufig zum Zusammenbruch solcher Populationen (ISRAEL 1913, ENGEL 1990). Dies hängt maßgeblich mit dem Nitratgehalt des besiedelten Gewässers zusammen, der einen kritischen Faktor für Jungmuscheln darstellt (HOCHWALD 1988).

1.6 Ziel dieser Arbeit

Die Risiken, einen geeigneten Wirtsfisch gar nicht erst zu erreichen, durch dessen Immunreaktion abzusterben, auf ungeeignetes Substrat vom Wirtsfisch abzufallen oder Fraßfeinden zum Opfer zu fallen, kompensiert *Unio crassus* mit der Produktion großer Larvenmengen, durch Mehrfachträchtigkeiten und durch die hohe Lebenserwartung der adulten Muscheln (BAUER 2001). Diese haben, nach beinahe vollständiger Ausrottung des Fischotters (*Lutra lutra*), keine natürlichen Raubfeinde mehr (HOCHWALD 1990a). Allerdings nutzt der ursprünglich aus Nordamerika stammende Bisam (*Ondatra zibethicus*) Flussmuscheln als proteinhaltige Nahrungsergänzung. An naturnahen Gewässern erschweren Ufergehölze dem Bisam oftmals die Anlage von Bauten (HOCHWALD 1990a). Künstliche Gewässer dagegen bieten dem Nager ideale Lebensbedingungen, gerade wenn sie wie am Renchflutkanal (RFK) von breiten Schilfgürteln gesäumt werden. An diesem Hochwasserentlastungskanal im Ortenaukreis (Abb. 2) befindet sich ein bedeutendes Vorkommen von *Unio crassus*, welches schon mehrfach Gegenstand populationsökologischer Untersuchungen war (HIRSCHBERG 2002, RÖCK 2006a, 2006b, 2008). Dadurch konnte 2005 festgestellt werden, dass der Bestand durch den Bisam empfindlich dezimiert worden war (RÖCK 2006b). Im Jahr 2006 wurde deshalb eine Bisambekämpfung initiiert.

Im gleichen Untersuchungsgebiet wurde an der Alten Rench an einem weiteren Gewässerabschnitt die vorhandene Teilpopulation untersucht (Abb. 2 und 3). Hier war 2002 eine naturnahe Umgestaltung vorgenommen worden, bei der vor Beginn der Bauarbeiten der *Unio crassus*-Bestand abgesammelt und umgesiedelt worden war.

Ziel dieser Arbeit ist es zu zeigen, ob und in welchem Umfang sich die beiden Populationen wiedereinstellen bzw. erholen konnten. Um die Vitalität der beiden Bestände beurteilen zu können, wurden sowohl verschiedene populationsökologische Parameter aufgenommen als auch der Fischbestand im RFK untersucht. Darüber hinaus wurden in beiden Gewässern die physikalischen und chemischen Bedingungen, die Strukturqualität und damit die Eignung als Habitat für *Unio crassus* untersucht.

2 Material und Methoden

2.1 Das Untersuchungsgebiet

Die beiden untersuchten Gewässerabschnitte befinden sich im Renchsystem im Ortenaukreis / Baden-Württemberg, nördlich von Offenburg (Abb. 2).

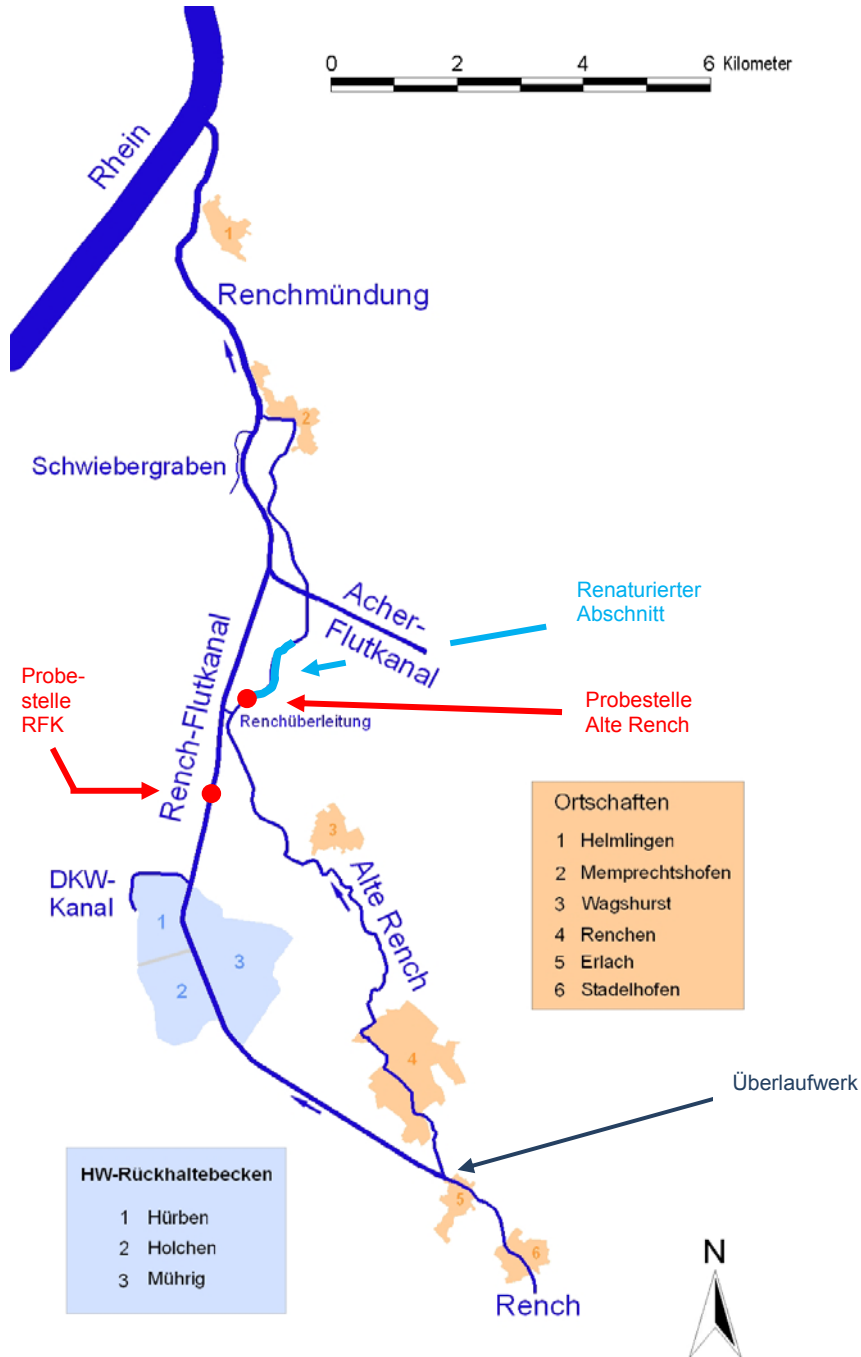


Abbildung 2: Das Untersuchungsgebiet mit den Probestellen an Alter Rench und RFK. Der hellblaue Abschnitt an der Alten Rench wurde 2002 renaturiert (Quelle: S. Röck, verändert).

2.1.1 Alte Rench

Die Rench ist einer der zahlreichen Nebenflüsse des Rheins. Sie entspringt auf 930 m ü. NN bei Bad Griesbach im Schwarzwald und mündet bei Rheinau / Helmlingen in den Rhein. Sie ist 54,6 km lang, wovon 33 km auf den Oberlauf, 16,4 km auf die Alte Rench und 5,2 km auf die Rench-Mündung entfallen. Ihr Einzugsgebiet umfasst rund 423 km² und ist geologisch von Gneis und Granit geprägt. Die hohen Niederschläge von bis zu 2000 mm/Jahr und der undurchlässige Untergrund des Schwarzwaldes führen zu einem Hochwasserabfluss von etwa 250 m³/s (Mittlerer Abfluss: 5,396 m³/s, F. KÜNEMUND, mdl. Mittl.). Seit 1968 werden Hochwässer komplett durch den RFK abgeleitet. Es verbleiben nur maximal 20 m³/s im alten Flussbett, welches ab dem Überlaufwerk als „Alte Rench“ bezeichnet wird (Abb.2). Im Jahre 2002 wurde ein 1300 m langer Abschnitt der Alten Rench auf der Gemarkung Renchen und Achern (Mösbach) naturnah umgestaltet (ab Renchüberleitung, Abb. 2 und Abb.3). Dieser Bereich war Anfang der 1930er Jahre begradigt und im Trapezprofil mit gepflasterter Sohle und Böschung ausgebaut worden. Die durchgehende Hochwassersicherung, die eine eigendynamische Entwicklung der Alten Rench unmöglich macht, wurde im Zuge der Umgestaltung vollständig entfernt und es wurden durch Modellierung einer Niederwasserrinne und einer geschwungenen Linienführung weitgehend naturnahe Strukturen geschaffen (Abb. 4). Durch die Erweiterung der Gewässerparzelle um 7 m auf jeder Seite können Sohlabbrüche und Anlandungen nun zugelassen werden, ohne den Hochwasserschutz zu vernachlässigen (JEHLE 1999, GEWÄSSERDIREKTION SÜDLICHER OBERRHEIN / HOCHRHEIN 2002).

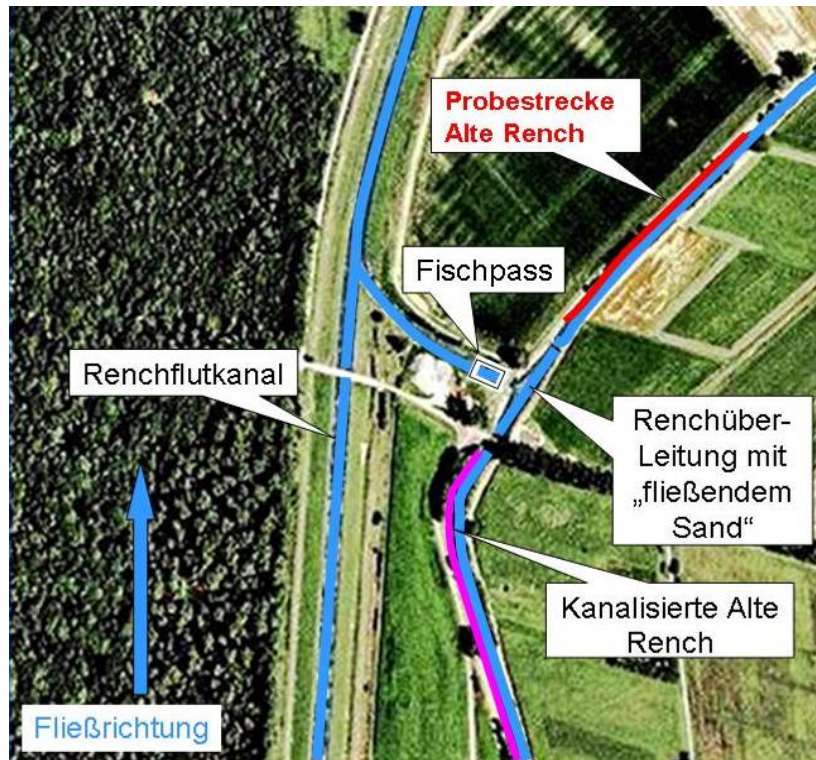


Abbildung 3: Die Situation an der Renchüberleitung. Die Alte Rench ist im pink eingefärbten Bereich noch immer kanalisiert. Die Probestrecke ist rot eingefärbt und markiert den Anfang des renaturierten Abschnittes. Zwischen den beiden Abschnitten findet sich eine Überleitung in den RFK. In diesem Bereich ist die Strömung sehr stark und das Sediment stark verwirbelt. Ein Fischpass verbindet Alte Rench und Renchflutkanal seit 2002. Im pink eingefärbten Bereich oberhalb der Brücke wurde Stichprobenartig nach *Unio crassus* gesucht (Quelle: www.google.de).



Abbildung 4: Die Probestelle an der Alten Rench kurz nach der Umgestaltung 09.2002. Unten im Bild sieht man die Schleuse (Quelle: B. Walser, verändert).

Der untersuchte Gewässerabschnitt an der Alten Rench beginnt unterhalb der Schleuse an der Überleitung zum RFK am Süden der Renaturierungs-Strecke und war 200m lang (Abb. 4). Ein Vergleich der Abb. 5 und 6 verdeutlicht die positive Strukturveränderung.



Abbildung 5: Die Alte Rench ab der Schleuse bei der Überleitung zum RFK vor der Umgestaltung (1999) mit Flussbausteinen als Uferbefestigung. Blick gen Nord-Ost in Fließrichtung (Quelle: B. Walser).



Abbildung 6: Dieselbe Stelle wie in Abb. 5 nach der Umgestaltung (04.2009). Die roten Pfeile deuten auf Strukturaufwertungen wie den geschwungenen Lauf und Anlandungen und Abbrüche.

2.1.2 Renchflutkanal (RFK)

Vor dem Ausbau der Oberrheingewässer wurden bei schweren Hochwasser-Ereignissen bis zu 80% des Oberrheingrabens überschwemmt. Dies erschwerte eine landwirtschaftliche Nutzung und auch den Siedlungsbau erheblich. Durch die Acher-Rench-Korrektur (AREKO) zwischen 1936 und 1967, deren Kernstück der RFK darstellt, entspannte sich die Lage (BURKHART & WALSER 1998, RÖCK 2008). Der RFK ist damit ein künstliches Gewässer. Er beginnt in der Ortschaft Erlach, wo ein Überlaufwerk bis zu 230 m³/s Hochwasser aufnehmen kann (Abb. 2). Nur maximal 20 m³/s verbleiben in der Alten Rench. Wie Mitte des 20. Jahrhunderts üblich, ist der RFK im Doppeltrapez-Profil mit gepflastertem Mittelwasserbett ausgebaut. Die drei Meter hohen Dämme und das Vorland werden extensiv als Grünland bewirtschaftet. Nach einer Länge von 14,7 km vereinigen sich RFK und Alte Rench zur Renchmündung und fließen in den Rhein (Abb. 2).

Um das Abflussprofil zu erhalten, ist im RFK eine intensive Unterhaltung wie die Räumung des Mittelwasserbettes in bestimmten Zeitabständen unabdingbar (RÖCK 2008). Ostseitig sind die Befestigungsstrukturen von ca. 20 Jahre alten Sandauflandungen mit Röhrichtbewuchs überdeckt. Das westliche Ufer wurde im März 2009 teilgeräumt (Abb. 7 und 8). Am RFK wurde ebenfalls ein 200 m langer Abschnitt untersucht (km 11+400 bis km 11+600).

Alte Rench und RFK sind aufgrund des Vorkommens von *Unio crassus* und weiterer FFH-Arten Teil des Schutzgebietnetzwerks NATURA 2000.



Abbildung 7: Der RFK im Mai 2009. Blick gen Süden entgegen der Fließrichtung. Die westseitige Räumung, hier rechts im Bild, gibt den Blick auf den nackten Steinversatz frei.



Abbildung 8: Der RFK im Juni 2009. Blick gen Norden in Fließrichtung. Das Schilf am geräumten Uferbereich westseitig kommt wieder hoch.

2.2 Fischbestand und Glochidienbefall

Am 22.06.2009 wurde am RFK eine Elektrofischung durch den Staatlichen Fischereiaufseher des Regierungsbezirks Freiburg, Felix Künemund, durchgeführt. Dazu wurde der 200 m lange Probereich mit einem tragbaren Gleichstromgerät gegen die Strömung abgegangen (Abb. 9). Alle Fische wurden gezählt und bestimmt. Da der Termin innerhalb der Fortpflanzungszeit von *Unio crassus* zwischen April und Juli lag, kann mit der Untersuchung von Wirtsfischen eine Aussage zur Vitalität der Population gemacht werden. Insgesamt 44 Döbel (*Leuciscus cephalus*) wurden vor Ort getötet und auf Eis zur weiteren Analyse ins Labor transportiert. Dort wurden sie vermessen und unter dem Binokular an Kiemen und Flossen auf eine Infektion mit Glochidien untersucht (Abb. 10).



Abbildung 9: Elektrofischung im RFK mit einem tragbaren Gleichstromgerät.

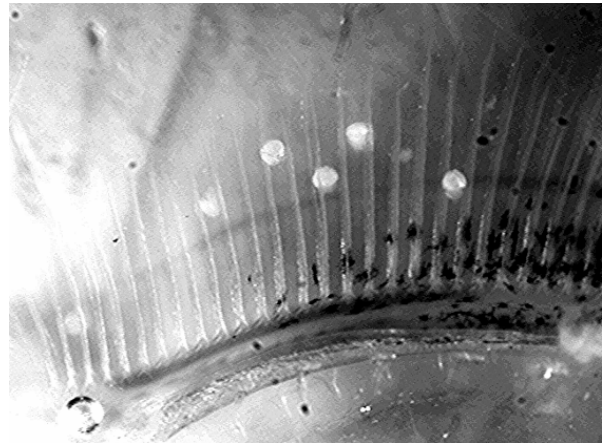


Abbildung 10: Glochidien an Kiemen eines Döbels (Größe der Glochidien: 200 µm)

Dazu wurden die Kiemen herauspräpariert und in Petrischalen mit 10-prozentiger Kalilauge (KOH) gelegt, die nochmals verdünnt wurde. Dies diente dazu, den Schleim zu lösen, der sich schon wenige Stunden nach dem Tod gebildet hatte und ein Erkennen der Glochidien unmöglich gemacht hätte. Die Flossen der Fische wurden abgetrennt und ebenfalls unter dem Binokular nach Glochidien abgesucht.

2.3 Untersuchung der *Unio crassus* Populationen

2.3.1 Muschelsuche

Um die Muscheln im Gewässer zu finden, wurde die Sohle beider Probestrecken in Alter Rench und RFK mit bloßem Auge oder in tieferen Bereichen mit Hilfe eines Sichtkastens - einer Kunststoffkiste mit eingesetztem Plexiglasboden - untersucht (Abb.11.).



Abbildung 11: Muschelsuche mit dem Sichtkasten im RFK.

Es bedarf einiger Übung, um *Unio crassus* in ihrem Lebensraum zu entdecken, da aufgrund der vergrabenen Lebensweise meist nur die Ein- und Ausströmöffnung ihre Anwesenheit verrät (Abb. 12 und 13).



Abbildung 12: Ein- und Ausströmöffnung einer adulten *Unio crassus* im Sand des RFKs.



Abbildung 13: Atemöffnungen von *Unio crassus* im RFK, gut erkennbar in den Sandauflagen.

Bei Störungen, wie aufgewirbeltem Sediment oder plötzlichem Schattenwurf, verschließt die Bachmuschel ruckartig ihre Ein- und Ausströmöffnung und ist nicht mehr zu sehen. Es ist ratsam, die Muscheln bei Sonnenschein zu suchen. Ein bedeckter Himmel oder Regen schmälern den Sucherfolg erheblich, da die Muscheln am Gewässergrund schlechter auszumachen sind.

2.3.2 Markierung und Vermessung

Die Muscheln wurden mit einem weißen Lackstift (Edding 750) markiert. Sie wurden dazu auf der rechten Seite mit einem Tuch abgetrocknet und anschließend mit einer Nummer versehen (Abb. 14). Nachdem die Farbe einige Minuten an der Luft getrocknet war, wurden die Muscheln in einen mit Wasser gefüllten Sichtkasten gelegt (Abb. 15). An allen Muscheln wurden mit einer Schieblehre Länge, Höhe und Dicke gemessen und notiert (Abb. 16). Danach wurden sie wieder an ihre Fundorte gebracht.



Abbildung 14: Markierung der Muscheln. Die Tiere wurden auf der zu markierenden Seite abgetrocknet und beschriftet.



Abbildung 15: Hälterung der markierten Muscheln in einem mit Wasser gefüllten Sichtkasten.

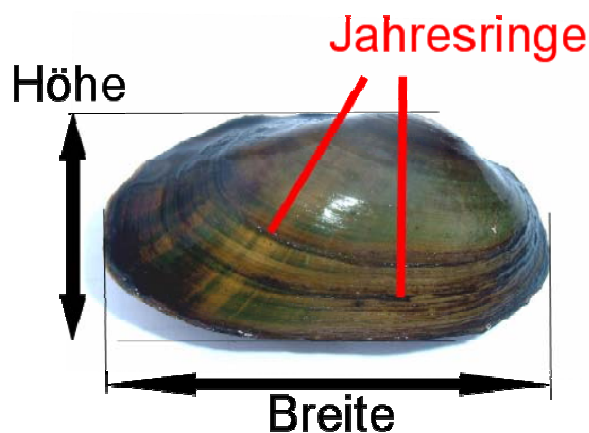


Abbildung 16: Vermessung von *U. crassus*. Zusätzlich zu Höhe und Breite wurde auch die Dicke der Tiere am breitesten Punkt gemessen (auf der Abb. nicht gezeigt). Deutlich sind die Jahresringe zu erkennen.

2.3.3 Bestimmung der Populationsgrößen

2.3.3.1 Problematik der vollständigen Erfassung einer Population

An beiden Probestrecken sollte die Populationsgröße bestimmt werden. Gerade in größeren Gewässern ist es jedoch unmöglich, alle im Gewässer befindlichen Muscheln zu erfassen. Populationsgrößen können deshalb nur abgeschätzt werden. Vor allem die Jungmuscheln sind grundsätzlich schwieriger zu finden, da sie eine viel kleinere Ein- und Ausströmöffnung haben als die adulten Muscheln und im Interstitial eingegraben sein können (HOCHWALD & BAUER 1990, ZAHNER-MEIKE 2000). Junge Exemplare von *Unio crassus* sind schon bis zu 35 cm tief unter der Gewässersohle im Lückensystem gefunden worden (BAUMGÄRTNER & HEITZ 1995). Deshalb wurde bei den Aufnahmen zu dieser Arbeit nach Möglichkeit zusätzlich mit den Händen im Sediment nach Jungmuscheln gesucht. Trotzdem wurden wahrscheinlich viele junge Muscheln übersehen.

2.3.3.2 Capture-Recapture Verfahren

Um die Größe der Populationen in beiden Probegewässern näherungsweise bestimmen zu können, wurde ein Capture-Recapture-Verfahren angewandt. Hierfür wurde je eine Begehung vorgenommen, bei der die gefundenen Muscheln eingesammelt, markiert, vermessen und wieder an ihren Fundort gebracht wurden. Dies wurde, wenn möglich, zwei Wochen später bei ähnlicher Witterung wiederholt. Sofern dies die Wasserstände oder die Witterung nicht zuließen, erfolgte die Wiederholungsuntersuchung erst vier Wochen nach der vorausgegangenen Erhebung. Die Untersuchungen fanden immer bei ähnlichen äußeren Bedingungen bezüglich Wetter, Wasserstand und Anzahl der beteiligten Personen statt. Bei allen Untersuchungen wurde immer entgegen der Strömung gesucht.

Am RFK wurde die 200 m lange Untersuchungstrecke aufgrund des großen Muschelvorkommens in zwei 100 m Teilstrecken geteilt. Diese Teilstrecken wurden separat untersucht und deren Ergebnisse addiert. Insgesamt gab es am RFK damit zwei Capture-Recapture-Untersuchungen, die in vier Einzeluntersuchungen unterteilt waren.

2.3.3.3 Populationsberechnung

Mithilfe des **Lincoln-Index** wurde die Populationsgröße abgeschätzt.

$$\frac{N}{c} = \frac{m}{r} \rightarrow N = \frac{(m \times c)}{r}$$

N: geschätzte Individuenzahl der Gesamtpopulation

m: Gesamtzahl der markierten Tiere nach dem ersten Fang

c: Gesamtzahl der gefangenen Tiere beim zweiten Fang

r: Zahl der markierten Wiederfänge beim zweiten Fang

2.3.4 Altersbestimmung

Bei allen gefundenen Muscheln wurde das Alter bestimmt. Im Winter verlangsamt *Unio crassus*, wie alle Unionoida in den gemäßigten Breiten (McCUAIG & GREEN 1988), die Ablagerung von Kalk am Schalenrand, während die äußere organische Schalenhaut weiter wächst. Dadurch nimmt die Dichte der Zuwachsstreifen auf der Schale zu, und bei einer hellen Grundfarbe wird ein dunkel abgesetzter Ring sichtbar (NAGEL 2002), der als Jahresring abgelesen werden kann (Abb.16 und Abb.17).

In den ersten Lebensjahren wachsen die Muscheln schnell, wodurch die Jahresringe gut zu erkennen sind. Bei älteren Muscheln hingegen findet kein starker Zuwachs mehr statt. Dies führt dazu, dass die äußeren, dicht beieinander liegenden Jahresringe schwer auseinander zu halten sind (MENTZEN 1926). Wenn diese Ringe nun gezählt werden, sind die resultierenden Altersschätzungen stets untere Grenzwerte, die im Einzelfall wesentlich überschritten werden können (FALKNER 1986, NAGEL 1991). Alte Muscheln sind zudem oft sehr dunkel. Die jugendliche Färbung, in den Worten von MENTZEN (1926) ein „gelbliches Grün, oft mit grünen Streifen geziert“ (Abb. 17 und Abb.18), wandelt sich durch Ablagerungen im Laufe der Jahre zu „eintönigem Braun oder Schwarz“, wodurch die Jahresringe noch schwerer zu erkennen zu sind. Zudem sind gerade alte Muschelschalen oft stark korrodiert, was dazu führt, dass einige frühe Ringe nicht mehr sichtbar sind (Abb. 19).



Abbildung 17: Junge *Unio crassus* sind oft grünlich, die Jahresringe sind gut zu erkennen, Muscheln aus dem RFK.



Abbildung 18: Eine zehnjährige und drei einjährige *Unio crassus* aus der Alten Rench



Abbildung 19: Korrodierte Schale einer alten *Unio crassus* aus dem RFK.

Durch Wachstumsstörungen können sich außerdem Strukturen ausbilden, die den dunklen Winterringen sehr ähnlich sind (MUTVEI & WESTERMARK 2001). Sie können als Scheinringe das Ergebnis verfälschen (NEGUS 1966). McCUAIG & GREEN (1983) beschreiben diese „Pseudoannuli“ als leicht identifizierbar, da sie dünn und unvollständig erscheinen und sich außerdem in Textur und Farbe von den Jahresringen unterscheiden. In der vorliegenden Arbeit wurden nur voll ausgebildete, ununterbrochene Ringe gezählt.

Laut HOCHWALD & BAUER (1990) lässt sich das Mindestalter von *Unio crassus* durch Auszählen der Jahresringe trotz aller Schwierigkeiten hinreichend genau bestimmen.

2.3.5 Größenklassen

Die Häufigkeiten der verschiedenen Größenklassen wurden zur Diskussion der Zuverlässigkeit der Alterseinschätzung herangezogen. Die Muscheln wurden in Größenklassen (0-10 mm, 10-20 mm.... 60-70 mm Schalenlänge) eingeteilt.

2.3.6 Wachstumsanalysen

Auch die Länge der Jahresringe birgt Informationen: Einmal gebildet, verändern sie ihre Größe nicht mehr und geben Aufschluss darüber, wie groß eine Muschel in einem bestimmten Alter war. Deshalb eignen sie sich für Wachstumsanalysen (SIGLE 2001). Zu diesem Zweck wurde an einigen Individuen beider Teilpopulationen und an allen Leerschalen die Länge der Jahresringe gemessen (Abb.20).

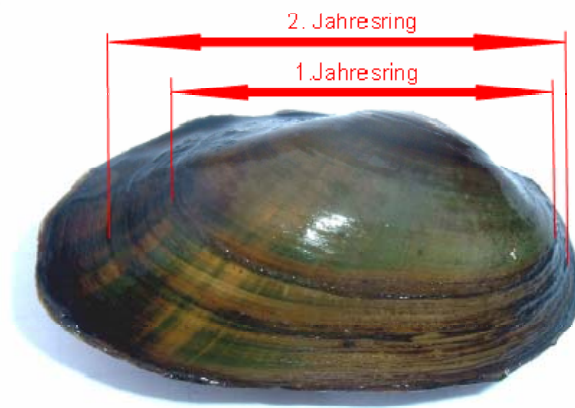


Abbildung 20: Vermessung der Jahresringe.

2.3.6.1 Bestimmung der Wachstumskonstanten und der asymptotischen Länge

Das Schalenwachstum der Najaden verläuft in der Regel asymptotisch. Die Zuwachsrate ist in den ersten Lebensjahren sehr groß und nimmt mit steigendem Alter ab, bis die Tiere ihre Endgröße erreicht haben.

Mithilfe des Ford-Walford-Plots wurden für beide Teilpopulationen die Wachstumskonstante k und die asymptotische Länge L_{∞} ermittelt. Hierbei wurde die Länge eines Jahresringes zum Zeitpunkt $t(L_t)$ gegen die Länge des Jahresringes im darauf folgenden Jahr $(L_t + 1)$ aufgetragen. Daraus ergab sich eine Punktwolke, durch die eine Regressionsgerade gelegt wurde, die sich wiederum mit der Geraden $x = y$ in dem Punkt schneidet, an dem die asymptotische Endlänge L_{∞} liegt (WALFORD 1946).

Die Gleichung der Regressionsgeraden lautet

$$y = a + bx$$

mit

a = y -Achsenabschnitt

b = Steigung

damit ist die asymptotische Endlänge

$$L_{\infty} = \frac{a}{(1-b)}$$

Beim Schnittpunkt der Regressionsgeraden und der Geraden $y = x$ ist $L_t = L_t + 1$, an dieser Stelle findet also kein Wachstum statt. L_{∞} ist somit die durchschnittliche asymptotische Länge einer Population.

Die Wachstumskonstante k errechnet sich aus der Steigung der Regressionsgeraden:

$$k = -\ln(b)$$

Die Wachstumskonstante k beschreibt das durchschnittliche Wachstum einer Muschel innerhalb der betrachteten Population. Sie kann als Maß für die Wachstumsgeschwindigkeit herangezogen werden. Je größer k ist, desto schneller wachsen die Muscheln, desto steiler ist die Wachstumskurve und desto rascher wird die Endlänge L_{∞} erreicht.

2.3.7 Untersuchungen zur Trächtigkeit

An beiden Gewässern wurden die Bachmuscheln innerhalb der Fortpflanzungszeit von April bis Juli auf Trächtigkeit untersucht. Jeweils an einem Termin im April, am RFK zusätzlich an zwei Terminen in Juni und Juli, wurden dazu stichprobenartig einzelne Muscheln vorsichtig mit einer speziellen Muschelzange geöffnet und nachgesehen, ob die äußeren Kiemen geschwollen waren, die Muschel also trächtig war. Laut HOCHWALD (1997) haben Kiemen, die mit unreifen Eiern gefüllt sind, eine matte, grießähnliche Oberfläche und es ist eine charakteristische, regelmäßige weiße Streifung zu erkennen. Kiemen, in denen sich bereits weit entwickelte Glochidien befinden, haben eine durchscheinende, glänzende Oberfläche und weisen unregelmäßig breite, rötlichbraune Streifen auf (Abb. 21). Bei Muscheln, die

nicht trüchtig sind, sind die Kiemen flach und ohne besondere Strukturierung. Damit konnten trüchtige und nichttrüchtige Muscheln eindeutig unterschieden werden. Aufgrund der Markierungen war sichergestellt, dass keine Muschel doppelt gewertet wurde.



Abbildung 21: Der Pfeil deutet auf die geschwollenen Kiemen mit dunkler Streifung bei einer trüchtigen *Unio crassus* (Quelle: S. Röck)

2.3.8 Alterschätzung an Leerschalen

Bei jeder Begehung der Gewässer wurde auch nach Leerschalen gesucht. An Muschelschalen, die noch gut erhalten waren, wurden im Labor die Jahresringe vermessen. Die gefundenen Leerschalen lassen sich innerhalb jeder Altersklasse mit den Lebendfunden ins Verhältnis setzen. Zum Teil lassen sie Rückschlüsse auf die Todesursache zu, z. B. durch Kratzspuren an den Schalen, die der Bisam verursacht.

2.4 Gewässeruntersuchungen

2.4.1 Physikalisch-chemische Parameter

An Alter Rench und RFK wurden an 14 bzw. 18 Terminen zwischen April und September 2009 vor Ort die Parameter Sauerstoffgehalt, Leitfähigkeit, pH - Wert und Wassertemperatur mit entsprechenden Messelektroden (Oxical - SL, Tetracon 325, pH-electrode senfix 41) der Firma WTW gemessen. Außerdem wurde die Fließgeschwindigkeit in beiden Gewässern an mehreren Tagen direkt unter der Wasseroberfläche in 10 cm, 20 cm, 30 cm und, wenn der Wasserstand es zuließ, in 40 cm Tiefe mit einem Flügelmessgerät der Firma Schiltknecht (MiniAir 2) aufgenommen. Diese Werte wurden anschließend gemittelt. An beiden Gewässern wurde zudem für mehrere Tage der BSB₅ - Wert bestimmt und zusätzlich mehrfach Wasserproben aus beiden Gewässern entnommen und gekühlt ins Labor gebracht, wo sie bis zur weiteren Verarbeitung eingefroren wurden. Später wurden die Proben mit einem Spektroquant-System der Firma MERCK (SQ 118) auf ihren Gehalt der Ionen Chlorid, Ammonium, Calcium, Nitrat, Nitrit und ortho-Phosphat untersucht. Zur zusätzlichen Bewertung wurde der Chemische Index (CI) verwendet (BACH 1986). Mithilfe dieses multiplikativen Index kann aus mehreren Parametern (dem jeweiligen Mittelwert des Ionengehalts des Probewassers, des BSB₅, des pH-Wertes und der Wassertemperatur) die Güteklasse bestimmt werden. Hierfür werden den verschiedenen Parameter jeweils gewichtete Funktionswerte zugeordnet, die anschließend miteinander multipliziert werden. Der Wert des CI ist eine dimensionslose Zahl zwischen 0 und 100, die sich den Güteklassen gegenüberstellen lässt (Tab. 1) (BACH 1980).

Tab. 1: Zuordnung des CI zu den Güteklassen (LECHNER 1997)

CI	100-83	< 83-73	< 73-56	< 56-44	< 44-27	< 27-17	< 17-0
Güteklasse	I	I - II	II	II - III	III	III - IV	IV

2.4.2 Gewässervermessungen

Am RFK wurde an mehreren Stellen die Gewässerbreite mit einem Maßband ausgemessen, um die Dichte der Fischbesiedlung berechnen zu können.

2.5 Statistik

Die Daten wurden im Tabellenkalkulationsprogramm Excel 6.0 verwaltet und sowohl mit dessen Hilfe als auch mit SPSS Version 10.0 für Windows statistisch ausgewertet. Die Grafiken wurden mit Excel 6.0 und SigmaPlot 8.0 erstellt. Die Photographien und anderen Abbildungen wurden mit Microsoft Picture It! Foto 7.0 bearbeitet.

Abkürzungen:

p: Irrtumswahrscheinlichkeit

hierbei gilt:	$p < 0,001^{***}$	das Ergebnis ist hochsignifikant
	$0,001 \leq p < 0,01^{**}$	das Ergebnis ist signifikant
	$0,01 \leq p < 0,05^*$	das Ergebnis ist schwach signifikant

3 Ergebnisse

3.1 Untersuchung der Fischfauna

3.1.1 Fischbestand Alte Rench

In der Alten Rench wurde keine Elektrofischung durchgeführt. Nach MÜRLE & ORTLEPP (2004) sind im Renchsystem von den ursprünglich 35 vorhandenen Fischarten wieder 34 anzutreffen, sowie zusätzlich vier gebietsfremde Arten. Unter anderem sind Döbel (*Leuciscus cephalus*), Flussbarsch (*Perca fluviatilis*), Rotauge (*Rutilus rutilus*) und Schneider (*Alburnoides bipunctatus*) als dominante Arten in der Alten Rench aufgeführt.

3.1.2 Fischbestand Renchflutkanal

Im RFK wurden bei der Elektrofischung 944 Fische aus 11 Arten gefangen und bestimmt (Tab. 2). Dies entspricht einer Fischdichte von 0,7 Ind / m² (Tab.3). Von den gefangenen Fischen gehörten 102 Individuen den Arten Döbel (*Leuciscus cephalus*), Dreistachlicher Stichling (*Gasterosteus aculeatus*), Elritze (*Phoxinus phoxinus*) oder Hasel (*Leuciscus leuciscus*) an (Tab. 2), und können damit als Wirtsfische von *Unio crassus* angesprochen werden (BEDNARCCZUK 1986, MAAß 1987, ENGEL 1990). Dies entspricht einem Wirtsfischanteil von 10,8%. Auf die Gewässerfläche bezogen lag die Wirtsfischdichte damit bei 0,08 Ind / m² (Tab.3) Bachschmerle (*Barbatula barbatula*), Bitterling (*Rhodues sericeus amarus*) und Gründling (*Gobio gobio*) stellten den größten Teil der Fischpopulation (Abb. 22).

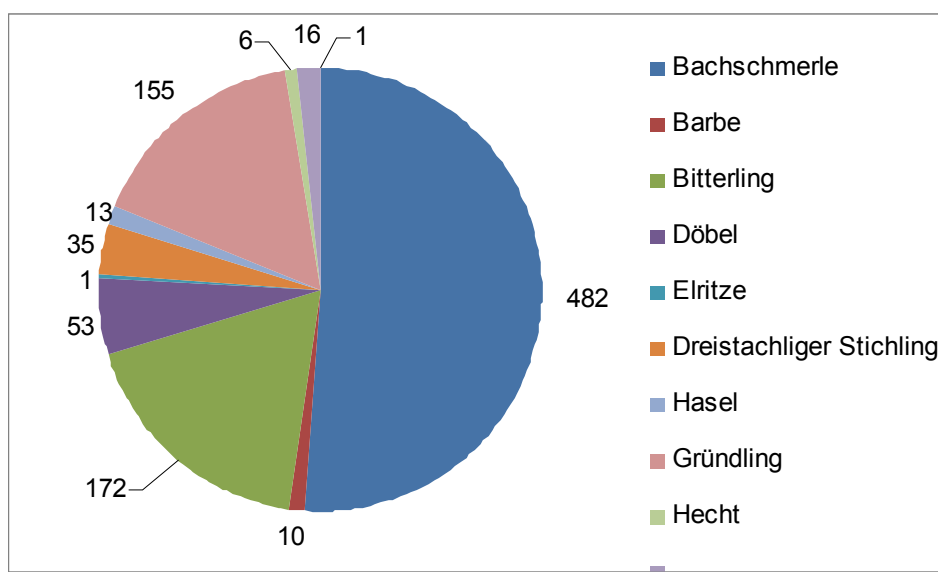


Abbildung 22: Anteile der verschiedenen Fischarten bei der Elektrofischung am 22.06.2009.

Ergebnisse

Tab. 2: Ergebnis der Elektrofischung. Die rot eingefärbten Arten dienen *Unio crassus* als Wirtsfische (BEDNARCCZUK 1986, MAAß 1987, ENGEL 1990, LECHNER 1997)

Fischarten		Gesamtzahl
Bachschmerle	(<i>Barbatula barbatula</i>)	482
Barbe	(<i>Barbus barbus</i>)	10
Bitterling	(<i>Rhodeus sericeus amarus</i>)	172
Döbel	(<i>Leuciscus cephalus</i>)	53
Dreistachliger Stichling	(<i>Gasterosteus aculeatus</i>)	35
Elritze	(<i>Phoxinus phoxinus</i>)	1
Gründling	(<i>Gobio gobio</i>)	155
Hasel	(<i>Leuciscus leuciscus</i>)	13
Hecht	(<i>Esox lucius</i>)	6
Rotauge	(<i>Rutilus rutilus</i>)	16
Schneider	(<i>Alburnoides bipunctatus</i>)	1
GESAMT		944

Tab. 3: Ergebnisse der Elektrofischung am RFK am 22.06.2009: Zahl der gefangenen Fische, eingeteilt in Wirtsfische, andere Fische und Gesamtzahl, außerdem der Wirtsfischanteil, die allgemeine Fischdichte und die Wirtsfischdichte.

Zahl der gefangenen Fische			Wirtsfischanteil (%)	Fischdichte (Ind / m ²)	Wirtsfische (Ind / m ²)
Anzahl Wirtsfische	Anzahl andere Fische	Gesamt			
102	842	944	10,8	0,7	0,08

3.1.3 Glochidienbefall an Döbeln

Von den 53 gefangenen Döbeln waren 8 Individuen Fischbrut und wurden im Gewässer belassen. An 38 der anderen 44 untersuchten Döbel wurden Glochidien nachgewiesen. Dies entspricht einem Anteil von 86,4%. Von den insgesamt 270 Glochidien wurden 15 (5,6%) an den Flossen der Döbel gefunden. Dies steht im Gegensatz zu HIRSCHBERG (2002), die bei ihren Untersuchungen an Wirtsfischen im RFK keine Glochidien an Flossen fand. HOCHWALD (1997) bezeichnet *Unio crassus* als deutlichen Kiemenparasit, der als Glochidium an Flossen häufiger abstirbt.

Die meisten Glochidien befanden sich jedoch an den Kiemen der Fische (Abb.10, S.16). An den Lippen der untersuchten Döbel ließen sich dagegen überhaupt keine Muschellarven feststellen. Einige der Glochidien waren bereits encystiert.

Die untersuchten Döbel waren zwischen 3,44 cm und 15,73 cm groß (Abb. 25). In Abbildung 23 und 24 erkennt man, dass die zwischen 6 und 16 cm großen Döbel am stärksten befallen waren. Die kleinen Döbel zwischen 2 cm und 4 cm waren überhaupt nicht mit Glochidien infiziert. Im Bereich der 6 cm - 8 cm Größenklasse wurden an 94,7% der Fische Muschellarven gefunden. Die 8 bis 14 cm großen Döbel waren zu 100% befallen. Bei den 14 bis 16 cm großen Döbeln gab es anteilig eine Abnahme des Befalls (Abb. 24).

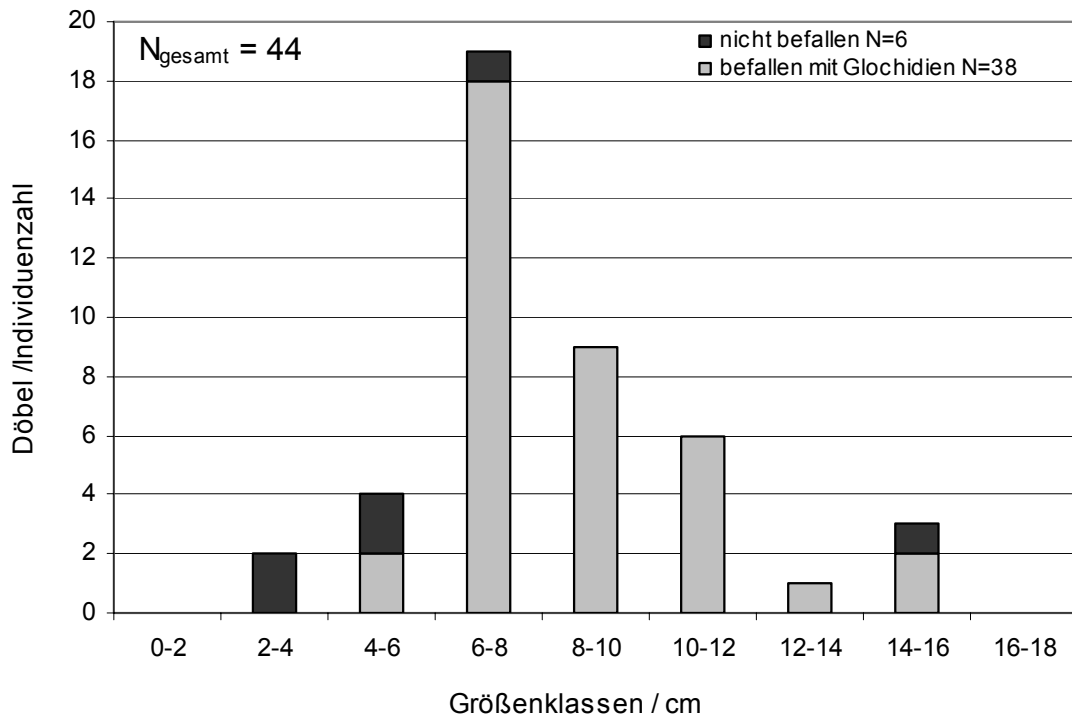


Abbildung 23: Anteil der mit Glochidien befallenen Döbel innerhalb der verschiedenen Größenklassen.

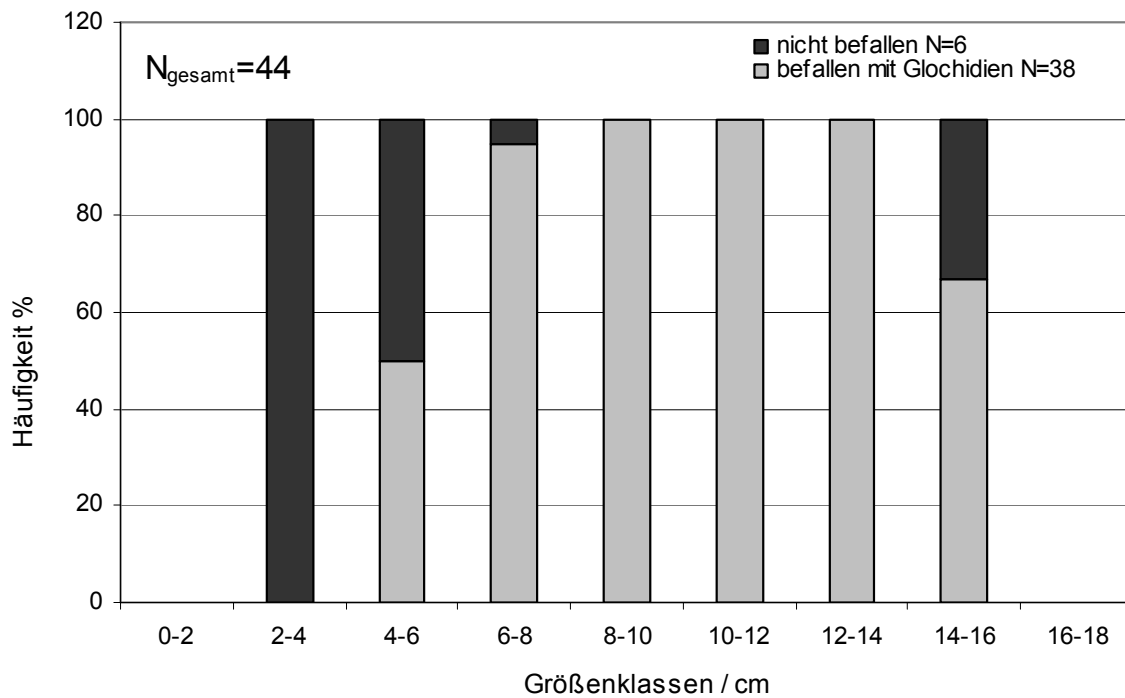


Abbildung 24: Prozentualer Anteil des Befalls mit Glochidien innerhalb der verschiedenen Größenklassen der Döbel.

3.1.3.1 Zusammenhang zwischen Fischlänge und Glochidienbefall

Bei den größeren Döbeln wurden bis zu 42 Glochidien pro Individuum festgestellt (Abb.25). Mithilfe der Rangkorrelation nach Spearman wurde untersucht, ob ein Zusammenhang zwischen Länge der infizierten Döbel und der Glochidienzahl festgestellt werden kann. Hierbei ergab sich ein Korrelationskoeffizient von 0,520**, das heißt, es gab einen positiven Zusammenhang zwischen Döbel-Länge und Glochidienzahl.

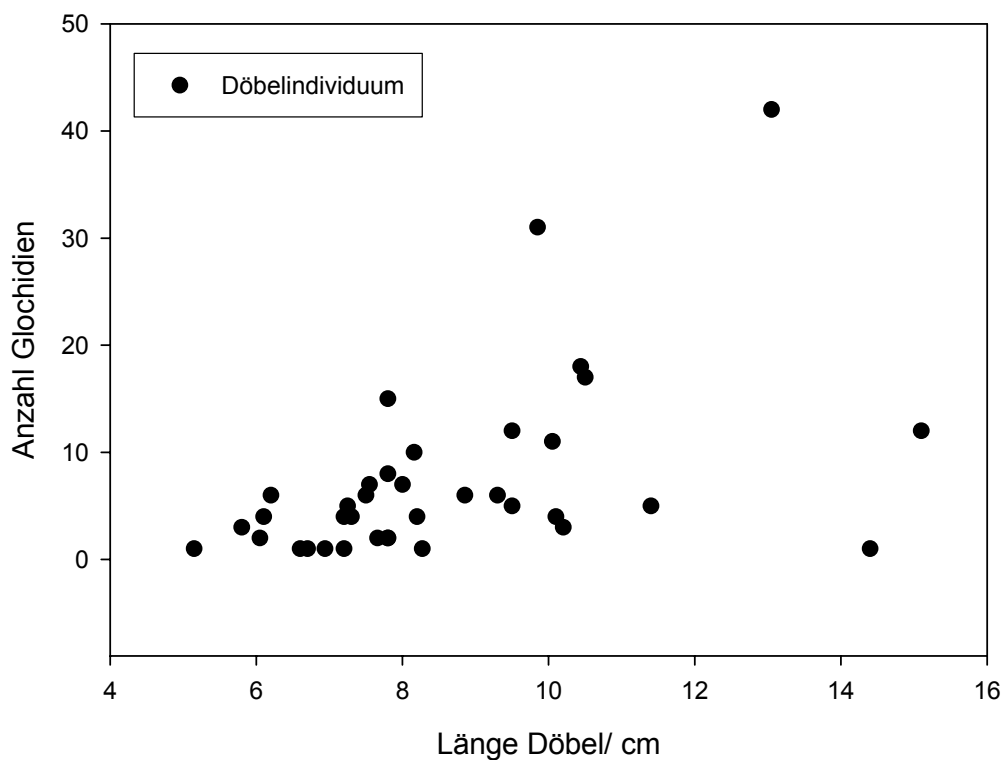


Abbildung 25: Streudiagramm Döbel-Länge vs. Glochidienzahl.

3.2 Untersuchung der *Unio crassus* Populationen

3.2.1 Bedingungen während der Muschelsuche

3.2.1.1 Alte Rensch

Aufgrund der Wassertrübung war die Suche in Bereichen mit größerer Wassertiefe erschwert. Zu Beginn der jeweils ganztägigen Untersuchungen verursachten die Gehölze am Ostufer Schatten, wodurch die Muschelsuche an diesem Ufer beeinträchtigt wurde. Dies wurde dadurch deutlich, dass, wenn die Muscheln nach Abschluss der Untersuchung zurückgesetzt wurden, in diesem Bereich öfters Muscheln entdeckt wurden, die am Vormittag übersehen worden waren. Überhängende Ufergehölze oder gestürzte Bäume erschwerten die Muschelsuche am Gewässerrand zum Teil so sehr, dass einige wenige Bereiche nicht abgesucht werden konnten (Abb.6, S.13). Dies waren jedoch gerade auch solche Stellen, an denen sich Treibgut und Detritus Auflagen von bis zu einem Meter Dicke bildeten und wenige bis keine *Unio crassus* zu vermuten waren. Es konnten teilweise nur die Uferbereiche abgesucht werden, da in der Gewässermitte auch bei verhältnismäßig niedrigem Wasserstand große Tiefen und hohe Fließgeschwindigkeiten vorherrschten. Zwar sind üblicherweise in solch stark überströmten Bereichen in der Gewässermitte keine Muscheln zu finden (NAGEL 2002, BRIM-BOX 2002), vereinzelt werden sie aber dennoch zur Gewässermitte hin angetroffen.

3.2.1.2 Renschflutkanal

Durch das flache Profil und die geringe Wassertiefe konnte die Gewässersohle im RFK im Uferbereich und zur Gewässermitte hin systematisch abgesucht werden. Das Sohlsediment besteht im RFK hauptsächlich aus Sand. In solch homogenem Substrat lassen sich die Ein- und Ausstromöffnungen von *Unio crassus* sehr gut ausmachen (Abb. 10 und Abb. 11, S.17).

3.2.2 Berechnung der Populationsgröße

3.2.2.1 Alte Rench

Die Populationsgröße wurde mit dem **Lincoln-Index** berechnet.

200 m Alte Rench :

$$N = \frac{118 \cdot 143}{49} = 344,37 \approx 344$$

Die geschätzte Individuenzahl an der 200 Meter umfassenden Probestelle an der Alten Rench betrug **344**.

3.2.2.2 Renchflutkanal

Die Populationsgrößen wurden mit dem **Lincoln-Index** für beide Teilstrecken separat berechnet, das Ergebnis anschließend addiert:

erste 100 m:

$$N_1 = \frac{257 \cdot 336}{178} = 485,12 \approx 485$$

zweite 100 m:

$$N_2 = \frac{373 \cdot 275}{157} = 653,344 \approx 653$$

Gesamt 200 m:

$$N_1 + N_2 = 485 + 653 = N_{\text{gesamt}} = 1138$$

Die geschätzte Individuenzahl an der 200 Meter umfassenden Probestelle am RFK betrug **1138**.

3.2.3 Altersstruktur

Durch die Altersschätzung konnten die gefundenen Muscheln an RFK und Alter Rench in Altersklassen eingeteilt und die Teilpopulationen somit bezüglich ihrer Altersstruktur bewertet und verglichen werden.

3.2.3.1 Alte Rench

Zur Analyse der Altersklassenverteilung wurden für die Alten Rench alle Individuen aus den Capture-Recapture-Untersuchungen und 46 weiterer Individuen einbezogen. Die vierjährigen Muscheln stellten in der Alten Rench beinahe ein Drittel der Population, die drei- bis sechsjährigen Muscheln machten damit insgesamt über 82% der gefundenen Muscheln aus. Insgesamt 21 Exemplare, und damit 8% der Muscheln waren unter drei Jahre alt. Der Altersdurchschnitt lag damit bei $\bar{X} = 4,47$ Jahren. Die ältesten gefundenen Muscheln waren 11 Jahre alt (Abb. 26).

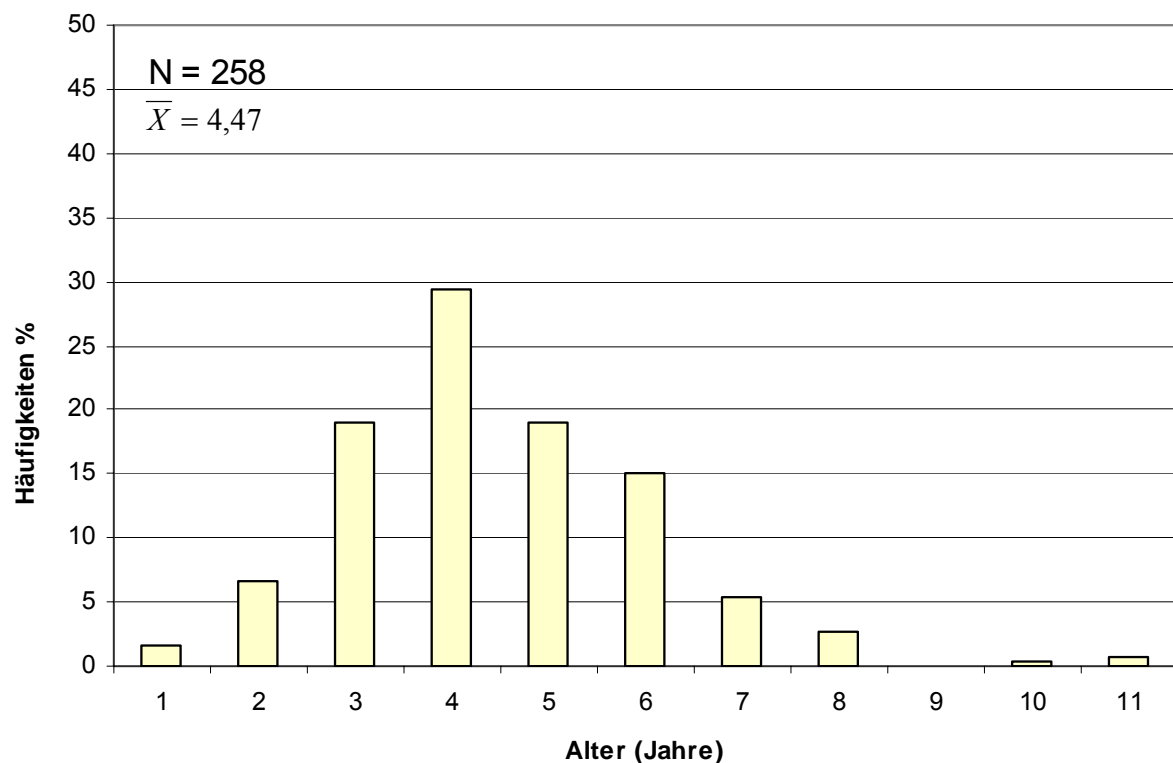


Abbildung 26: Altersklassenverteilung innerhalb der *Unio crassus*-Population an der Alten Rench.

3.2.3.2 Renschflutkanal

Das Durchschnittsalter lag im RFK bei $\bar{X} = 4,70$ Jahren. Die drei- bis sechsjährigen *Unio crassus* machten über 88% der gefundenen Muscheln, die unter dreijährigen 2,4% des Bestandes aus. Mit zunehmendem Alter nahmen die Häufigkeiten der gefundenen Muscheln aufgrund der natürlichen Mortalität wieder ab. Die ältesten Muscheln waren 10 Jahre alt (Abb. 27).

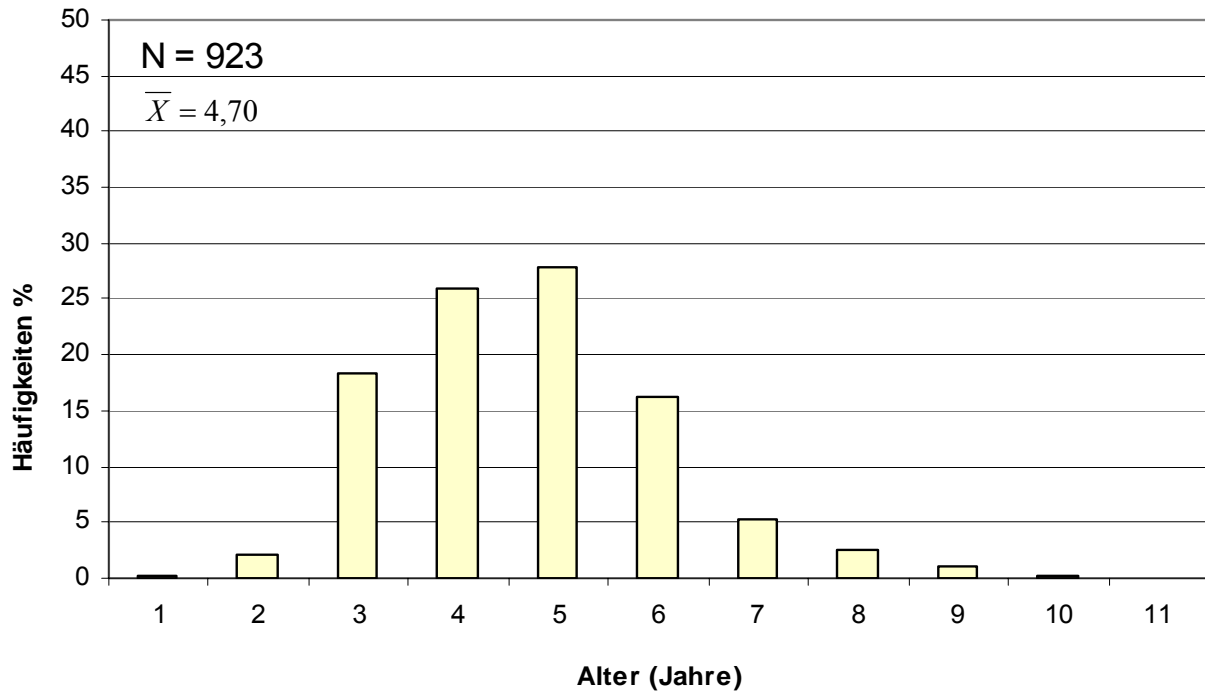


Abbildung 27: Altersklassenverteilung innerhalb der *Unio crassus*-Population am RFK.

3.2.3.3 Vergleich der Alterstrukturen

Der statistische Vergleich der Alterstrukturen der beiden *Unio crassus*-Populationen mit dem χ^2 - Test zeigt, dass sie hoch signifikant unterschiedlich sind mit

$$p = 0,000 \text{ ***}$$

$$\chi^2 = 25,851$$

$$FG = 6.$$

3.2.4 Größenklassen

Bei 921 Individuen von *Unio crassus* im RFK und bei 261 Individuen in der Alten Rench wurden die Schalenlänge gemessen und die Muscheln in Größenklassen eingeteilt.

3.2.4.1 Alte Rench

Es zeigte sich, dass die 40 bis 50 mm langen Individuen knapp 74% der gefundenen Muscheln ausmachten (Abb. 28). 20 - 30 mm und 30 - 40 mm große Muscheln stellten rund 1% bzw. knapp 5% der Population. Die 50 - 60 mm großen *Unio crassus*-Individuen machten mit 18,4% den zweitgrößten Anteil des Bestandes aus. Die längsten Muscheln waren zwischen 60 und 70 mm groß; ihr Anteil betrug 1,5%. In der Alten Rench wurden keine Muscheln unter 20 mm Größe gefunden (Abb. 28). Die Durchschnittsgröße lag bei $\bar{X} = 46,28$ mm. Die längste Muschel in der Alten Rench war 66,0 mm lang.

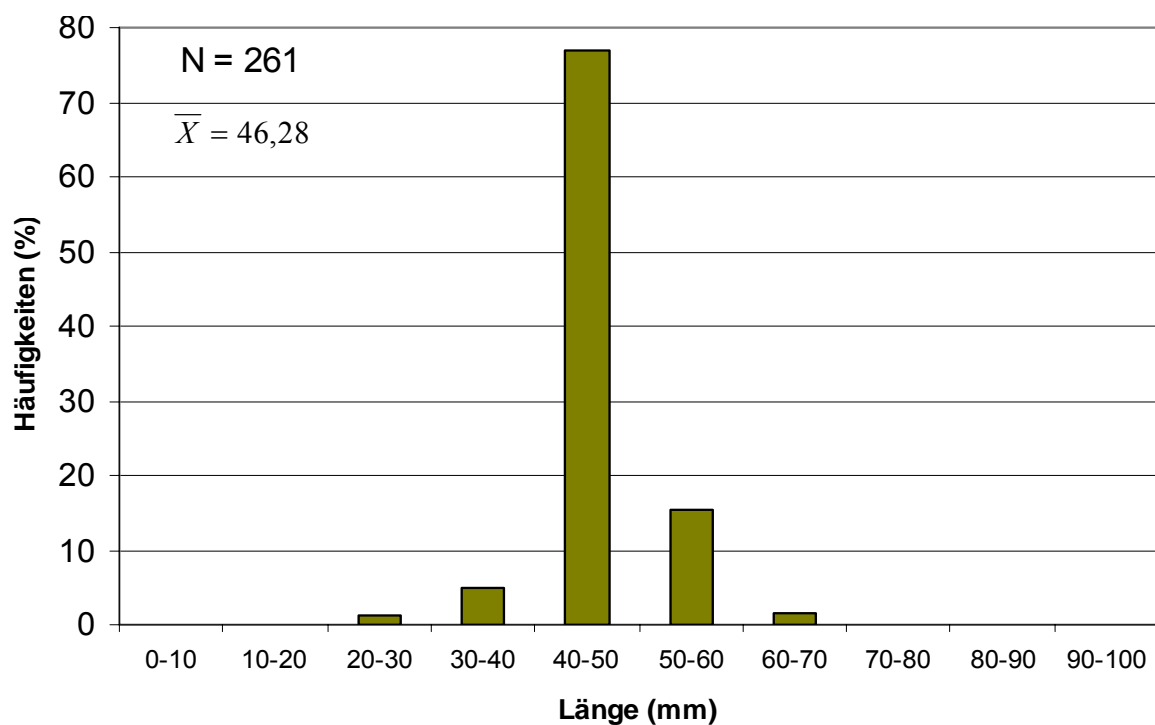


Abbildung 28: Verteilung der Größenklassen innerhalb der *Unio crassus*-Population an der Alten Rench.

3.2.4.2 Renchflutkanal

Die Durchschnittslänge der gefundenen Muscheln lag bei $\bar{X} = 47,93$ mm. Wie in Abb. 29 ersichtlich, machten die Muscheln mit 40 - 50 mm Schalenlänge mit 57% den größten Anteil der gefundenen Tiere aus. Die 50 - 60 mm großen Muscheln stellten 30% der Population. Die drittgrößte Fraktion waren mit 10% die 30 bis 40 mm langen Exemplare. Vergleichsweise selten wurden Muscheln unter 30 mm (0,5%) und von 60 - 70 mm (1,5 %) gefunden (Abb. 29). Die längste Muschel war 68,8 mm lang.

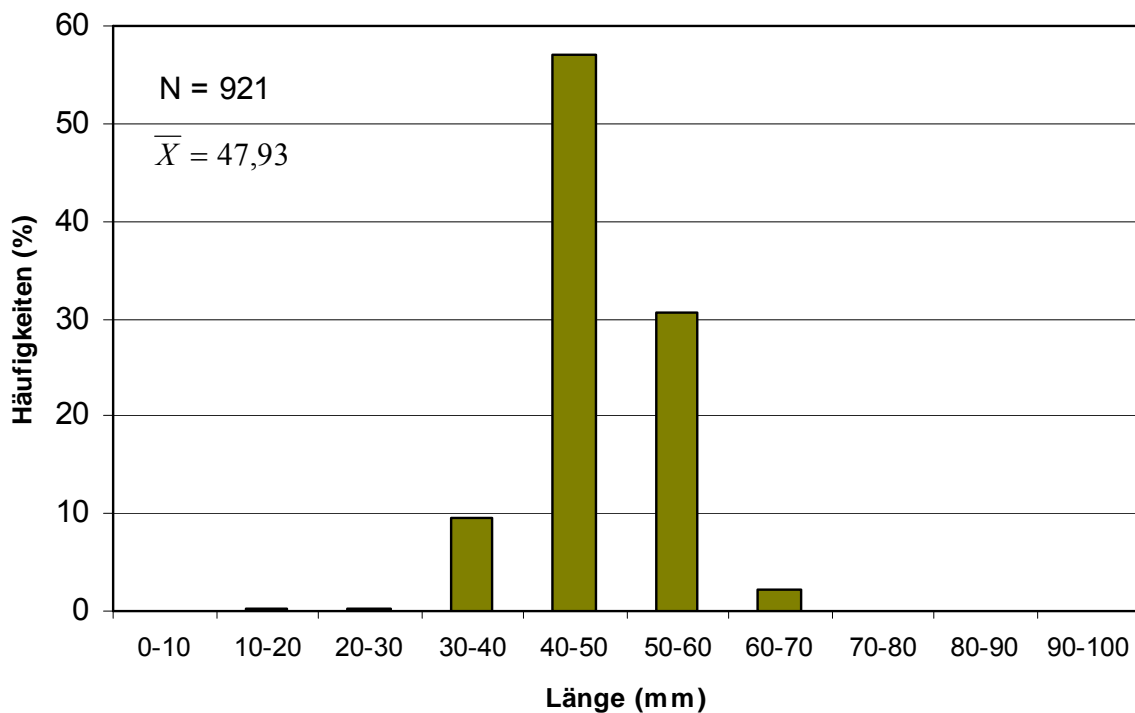


Abbildung 29: Verteilung der Größenklassen innerhalb der *Unio crassus*-Population am Renchflutkanal

3.2.4.3 Vergleich der Größenklassen

Der statistische Vergleich der Größenklassen innerhalb der beiden *Unio crassus*-Populationen mit dem χ^2 - Test zeigt, dass sie hoch signifikant unterschiedlich sind mit

$$p = 0,000 \text{ ***}$$

$$\chi^2 = 25,721$$

$$FG = 2.$$

3.2.5 Wachstumsanalyse

Mithilfe des Ford-Walford-Plots wurden für beide Populationen die Wachstumskonstante k und die asymptotische Länge L_∞ ermittelt (Abb. 30 und Abb. 31). Beim Schnittpunkt der Regressionsgeraden und der Geraden $y = x$ findet kein Wachstum statt. L_∞ ist somit die theoretische durchschnittliche asymptotische Länge einer Population.

3.2.5.1 Ford-Walford Plot Alte Rench

Für die Population an der Alten Rench zeigte sich, dass die beobachtete Maximallänge L_{max} mit 66,0 mm größer war als die asymptotische Länge L_∞ mit 51,36 mm. Die Wachstumskonstante lag bei $k = 0,6044$ (Abb. 30).

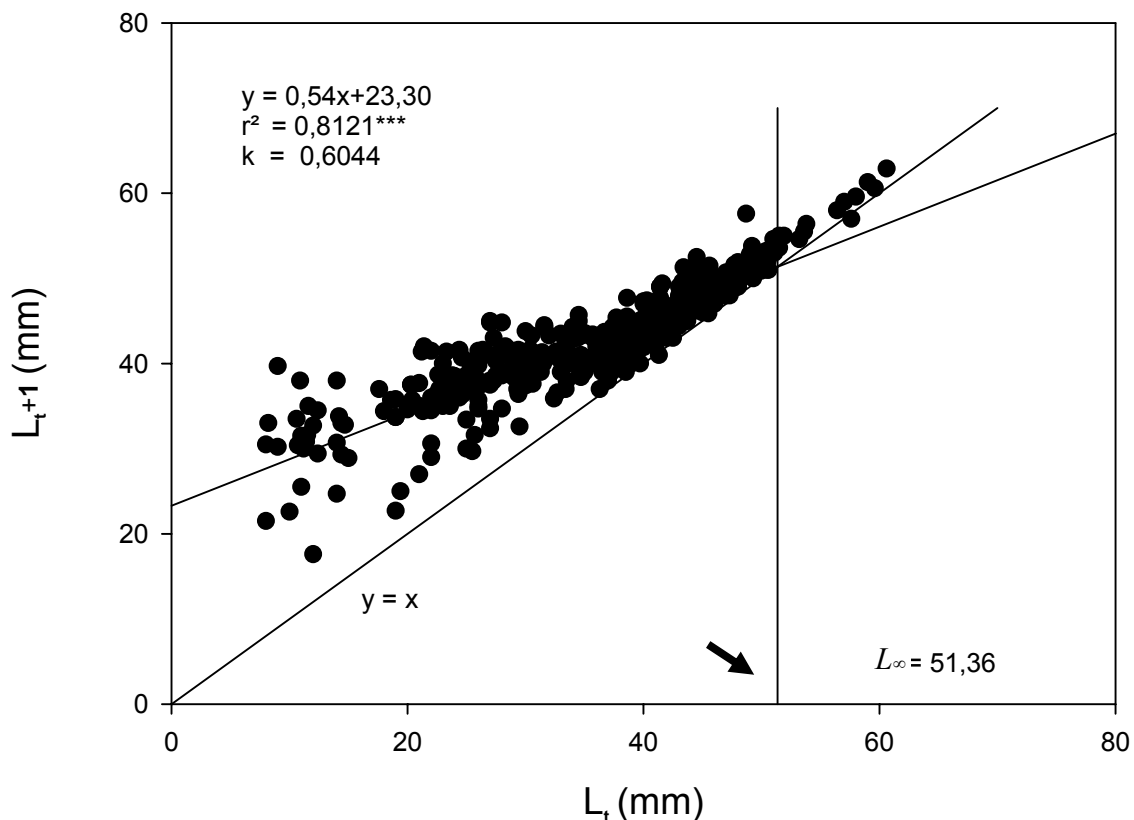


Abbildung 30: Ford-Walford-Plot für die Alte Rench. Der Pfeil markiert den Schnittpunkt der Regressionsgeraden mit der Geraden $y=x$ und damit die asymptotische Endlänge.

3.2.5.2 Ford-Walford-Plot Renschflutkanal

Auch die Ergebnisse am RFK zeigten, dass sich die tatsächliche Maximallänge $L_{max} = 68,8$ mm um 9,73 mm von der theoretischen asymptotischen Maximallänge $L_{\infty} = 59,15$ mm unterschied. Die Wachstumskonstante lag bei $k = 0,4703$ (Abb.31).

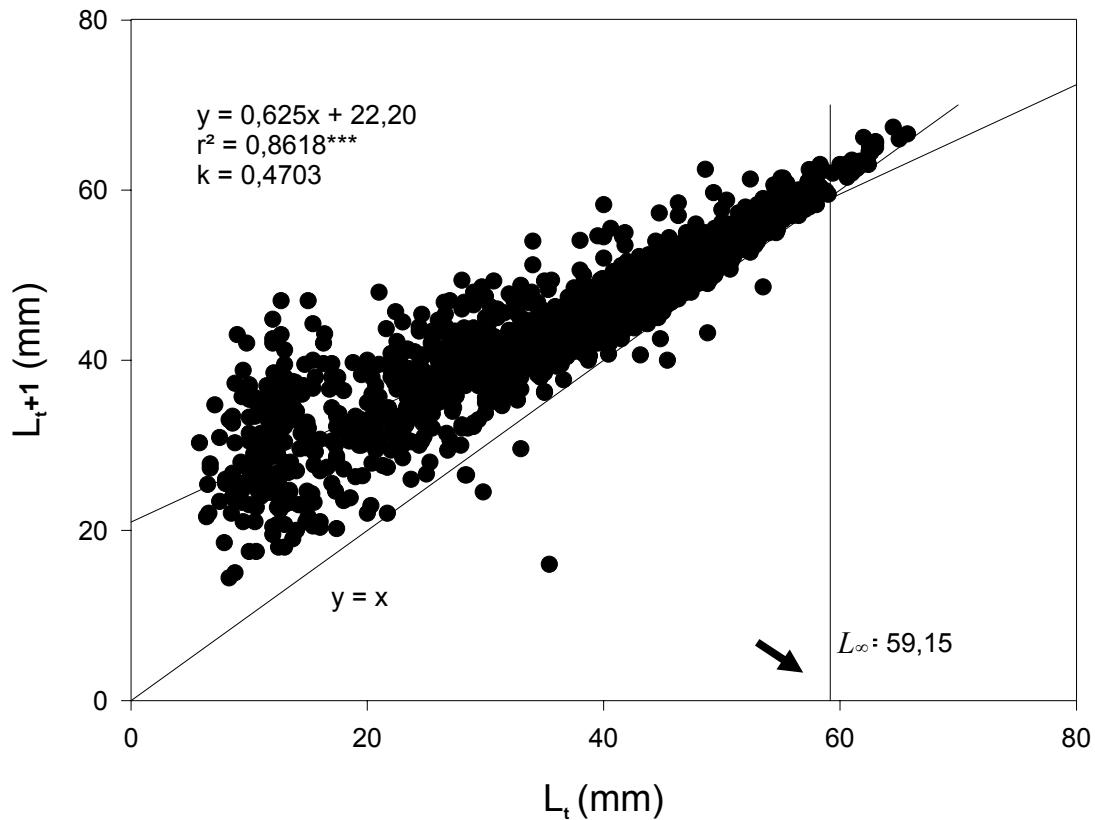


Abbildung 31: Ford-Walford-Plot für den RFK. Der Pfeil markiert den Schnittpunkt der Regressionsgeraden mit der Geraden $y=x$ und damit die asymptotische Endlänge.

3.2.5.3 Vergleich der k -Werte mit anderen Populationen

Der Vergleich der k -Werte von Alter Rench und RFK mit den k -Werten anderer *Unio crassus* Populationen verdeutlicht, dass beide Bestände vergleichsweise hohe Werte und damit ein schnelles Wachstum aufweisen (Abb. 32).

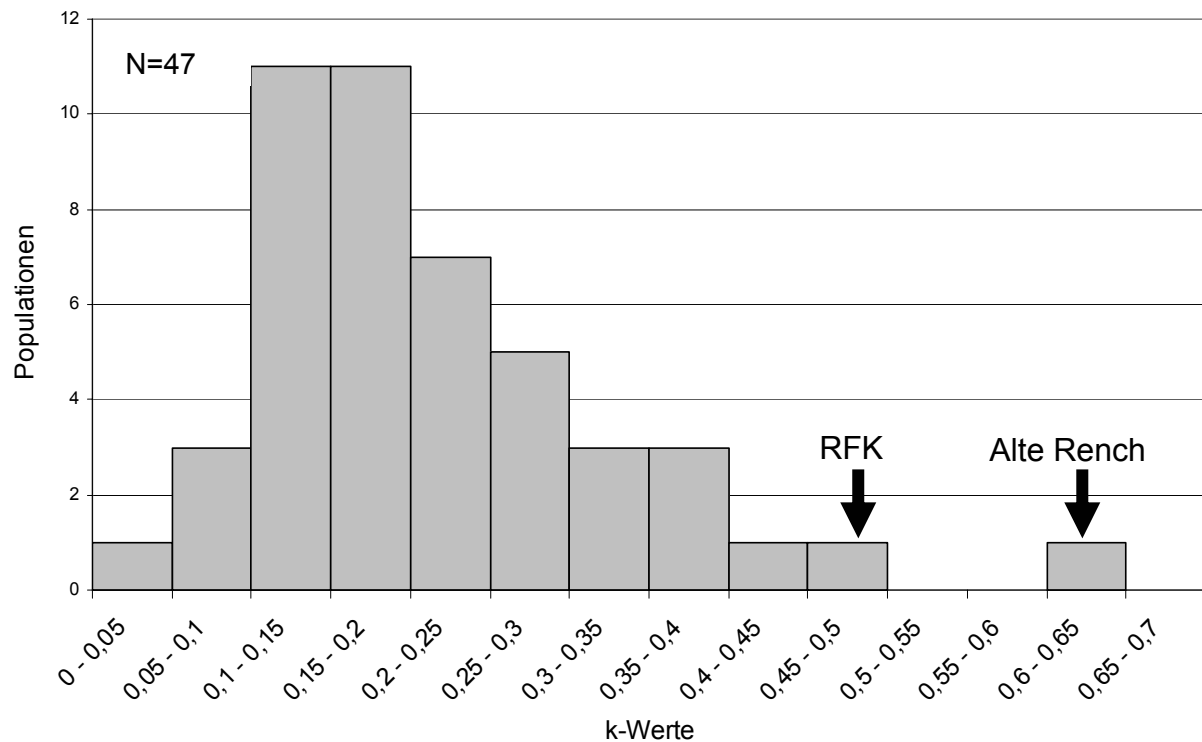


Abbildung 32: Häufigkeitsverteilung der k -Werte aus verschiedenen *Unio crassus* Populationen (HOCHWALD 1990, LANG 1998, LECHNER 1998, PFEIFFER 2004, RHIZHINASHVILI 2007, RÖCK 2008) und den Werten von 2009.

Nach HOCHWALD (1990) liegen in den von ihr untersuchten Bachmuschelbeständen in Bayern die k -Werte zwischen 0,047 und 0,308. LECHNER (1998) fand in Hessen Populationen im mittleren Bereich mit $k=0,149$ und $k=0,196$ vor. In baden-württembergischen *Unio crassus*-Populationen finden sich höhere k -Werte (LANG 1998, PFEIFFER 2004). Die Wachstumskonstante aus der Alten Rench liegt mit $k=0,60$ im sehr hohen Bereich. Der im Rahmen dieser Arbeit ermittelte k -Wert im RFK liegt mit 0,47 deutlich über den Ergebnissen von PFEIFFER (2004) und RÖCK (2008) die jeweils $k=2,85$ bzw. $k=0,35$ im RFK ermittelten

3.2.6 Untersuchung der Trächtigkeit

An der Alten Rench wurden 2009 an einem Termin im April 27 *Unio crassus*-Individuen auf Trächtigkeit untersucht. Dabei ergab sich ein Anteil trächtiger Muscheln von 42,4% (Abb. 33). Am RFK wurden bei 158 Muscheln an drei Terminen (14.4., 17.6. und 29.6) die Kiemen untersucht. Davon waren 44,5% trächtig (Abb. 33). Diese Individuen können definitiv als Weibchen angesprochen werden.

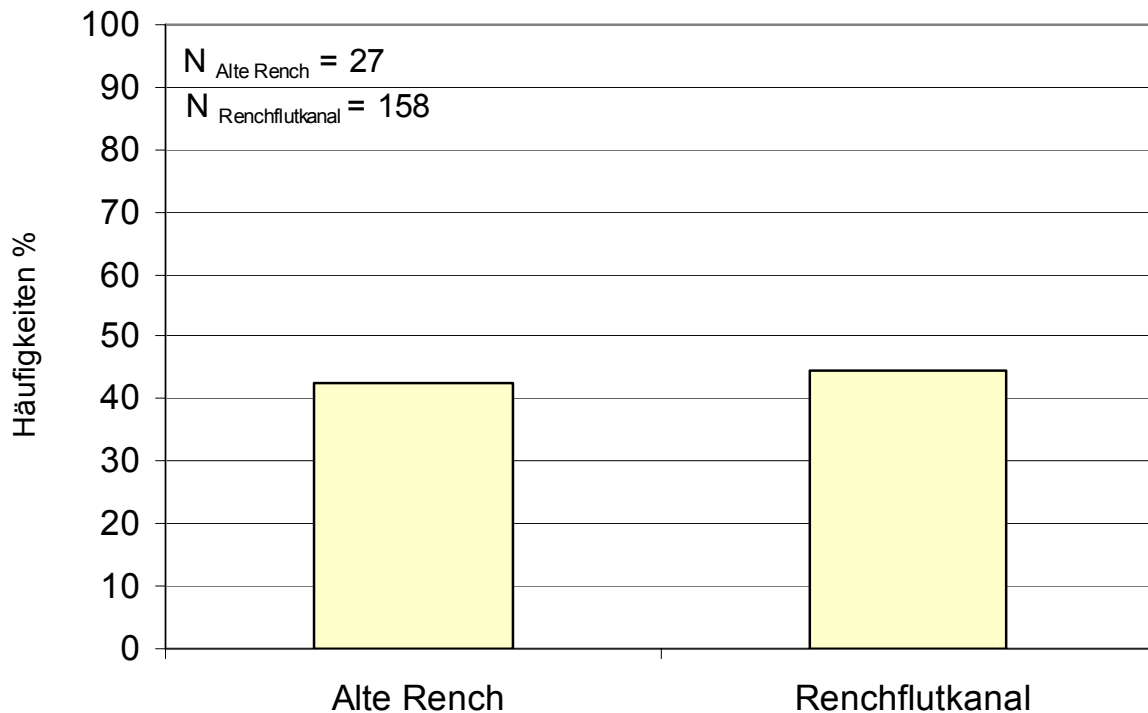


Abbildung 33: Prozentsatz trächtiger Muscheln in der jeweiligen Population: Alte Rench: 42,5%, Renchflutkanal: 44,5%, $N_{\text{gesamt}} = 185$

Durch die Markierungen wurde außerdem festgestellt, dass von vier Muscheln, die noch am 17. bzw. 29.6. trächtig gewesen waren, am 20.7. drei bereits alle Glochidien abgegeben hatten und eine immer noch trächtig war.

3.2.7 Alterschätzung an Leerschalen

3.2.7.1 Alte Rench

An der Alten Rench wurden keine Leerschalen gefunden.

3.2.7.2 Renchflutkanal

Die 199 Leerschalen, die am RFK gefunden wurden, steckten hauptsächlich zwischen Schilfstängeln des Uferbewuchses oder lagen am Gewässergrund. Nur 135 der gefundenen Leerschalen waren in einem ausreichend guten Zustand, dass an ihnen das Alter an den Jahresringen abgeschätzt werden konnte (Abb. 34). Die anderen 64 Leerschalen waren, vor allem an Schalenrand und Schloss, stark korrodiert. Deshalb war es nicht möglich, an ihnen das Alter festzustellen. Verglichen mit den Lebendfunden sind vergleichsweise wenig Leerschalen gefunden worden, 12,8% der Gesamtpopulation (Abb. 34).

Beim Vergleich der Anteile von Leerschalenfunden innerhalb der Altersklassen fällt auf, dass in den höheren Altersklassen ab 6 Jahren mit jedem Jahr die Mortalität stieg (Abb. 35). Von den zwei- und dreijährigen Muscheln waren 9% bzw. 10,5% abgestorben. Der Anteil toter *Unio crassus* sank bei den dreijährigen Muscheln auf 7,7%, bei den Vierjährigen sogar auf 3,7%. Nach dieser Phase geringerer Mortalität stieg der Anteil von Leerschalen von 23,3% bei den sechsjährigen bis auf 80% bei den zehnjährigen Muscheln.

Ergebnisse

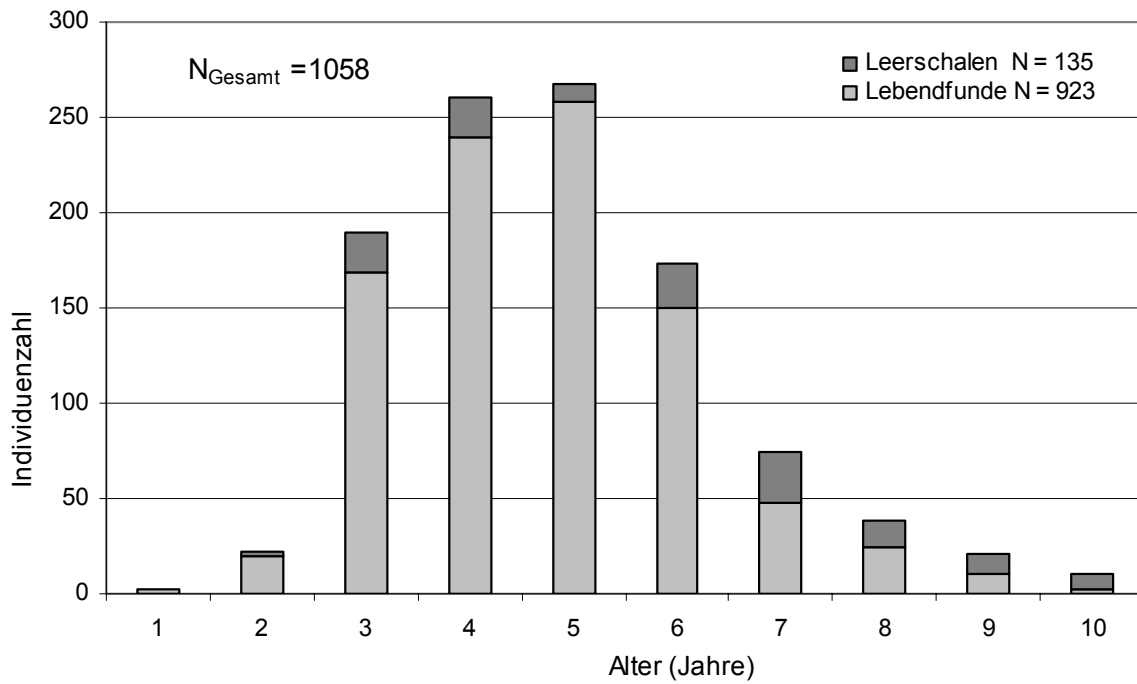


Abbildung 34: Lebend- und Totfunde innerhalb der Altersklassen am RFK.

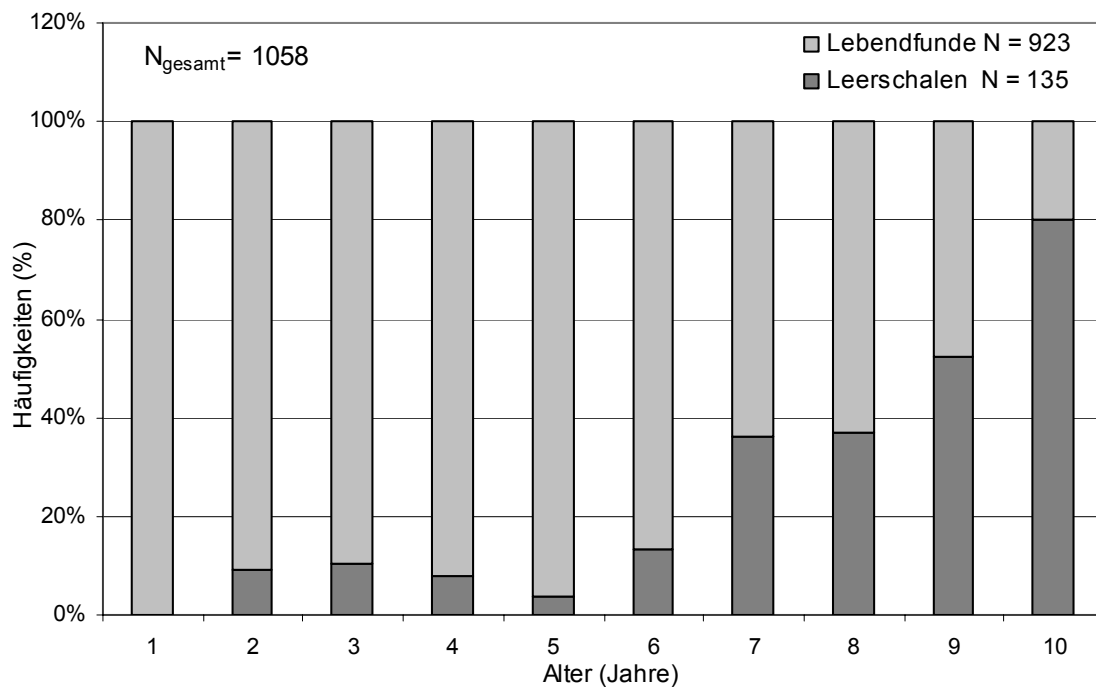


Abbildung 35: Lebend- und Totfunde am RFK prozentual innerhalb der Altersklassen

3.3 Gewässeruntersuchungen

3.3.1 Physikalisch-chemische Untersuchungen

In der Alten Rench und dem RFK wurden verschiedene Parameter entweder in der freien Welle aufgenommen oder später im Labor anhand von Wasserproben untersucht (Tab. 4).

Tab. 4: Ergebnisse der chemisch / physikalischen Untersuchung an beiden Probegewässern (Durchschnittswerte 04.-09. 2009)

	pH-Wert	Leitfähigkeit μS/cm	O ₂ mg/l	O ₂ %	Temp. °C	Fließgeschwindigkeit m/s	BSB ₅ mg/l	NH ₄ mg/l	Ca mg/l	Cl mg/l	NO ₃ mg/l	NO ₂ mg/l	P(PMB) mg/l
Alte Rench	7,2	129,3	8,5	89,4	16,7	0,46	1,50	0,07	13,06	10,04	5,26	0,08	0,08
RFK	7,4	340,6	8,7	91,1	17,5	0,35	1,57	0,05	32,94	12,04	3,29	0,05	0,08

Die in der Alten Rench und dem RFK gemessenen Temperaturen waren mit 16,7°C und 17,5°C verhältnismäßig hoch (Tab. 7). Die Höchstwerte in der freien Welle lagen bei 20,4 °C in der Alten Rench und 22,5°C im RFK. Mithilfe des Chemischen Index (CI) konnte für die Alte Rench und den RFK die Gewässergüte bestimmt werden. Beide Gewässer entsprechen Güteklasse I-II.

3.3.2 Vermessungen

An mehreren Stellen des Probeabschnitts am RFK wurde die Breite der Gewässerrinne ausgemessen. Durch Sandauflagen am Ufer, die mit Schilf bewachsen sind, ist eine geschwungene Linienführung vorhanden. Dadurch gibt es in dem künstlichen Gewässer eine Variation der Gewässerbite (Abb. 7 und Abb.8, S. 15) (RÖCK 2008). Wie Tabelle 5 zu entnehmen ist, lag die Gewässerbite zwischen 5,1 m und 8,2 m. Mit der durchschnittlichen Gewässerbite und der Länge der Probestelle konnte die ungefähre Gewässeroberfläche berechnet werden.

Tab. 5: Gewässerbite am RFK

Messstelle	Breite (m)
1	7,2
2	5,8
3	5,1
4	8,2
5	7,1
Durchschnitt	6,68

$$200 \text{ m} \times 6,68 \text{ m} = 1336 \text{ m}^2 \text{ Wasserfläche}$$

4 Diskussion

4.1 Untersuchung der Fischfauna

4.1.1 Wirtsfischspektrum und Spezifität von *Unio crassus*

Unio crassus liegt bei der Wirtsfischspezifität zwischen dem sehr engen Spektrum der Flussperlmuschel *Margaritifera margaritifera* und dem sehr variablen Wirtsfischspektrum der Teichmuscheln der Gattung *Anodonta* (HARMS 1908, ENGEL 1990). Sie gehört damit bezüglich der Wirtsfischspezifität zu den anspruchsvollen Vertretern der Unionidae in Deutschland (BEDNARCZUK 1986, MAAß 1987, HOCHWALD 1997, ZETTLER & JUEG 2007). Ihre Abhängigkeit von bestimmten Fischarten macht sie sehr empfindlich in Bezug auf Zusammensetzung oder Veränderungen der Fischfauna. Wenn z. B. standortfremde Fische aus anderen Ursprungsgewässern eingesetzt werden, wie es Praxis in vielen Angelvereinen ist, kann dies zum Aussterben einer Muschelpopulation führen. Oftmals kann *Unio crassus* Individuen einer bestimmten Fischart, die im Wohngewässer ansässig ist, als Wirt nutzen, fremde Vertreter der gleichen Art jedoch nicht (HOCHWALD 1997).

Laut HAAG & WARREN 1998 hängen Unterschiede in der Muschelbesiedlung stärker von der Fischbesiedlung als von der Ausprägung des Habitats ab. Deshalb ist eine Untersuchung der Fischfauna unerlässlich, um genaue Aussagen über die Vitalität einer Flussmuschelpopulation treffen zu können.

In der Literatur werden Döbel (*Leuciscus cephalus*), Elritze (*Phoxinus phoxinus*) und Groppe (*Cottus gobio*) als mögliche Wirtsfische für *Unio crassus* aufgeführt. Auch Rotfeder (*Scardinius erythrophthalmus*), Hasel (*Leuciscus leuciscus*) und Dreistachliger Stichling (*Gasterosteus aculeatus*) konnten unter kontrollierten Bedingungen als potentielle Wirtsfische ermittelt werden (BEDNARCZUK 1986, MAAß 1987, ENGEL 1990, HOCHWALD 1997).

4.1.2 Alte Rench

4.1.2.1 Fischbestand

Von den durch MÜRLE & ORTLEPP (2004) festgestellten Fischarten ist der Döbel definitiv als Wirtsfisch von *Unio crassus* zu betrachten (BEDNARCZUK 1986, MAAß 1987, ENGEL 1990, HOCHWALD 1997). HIRSCHBERG konnte 2002 bei einer Elektrofischung im RFK an dem einzigen gefangenen Schneider zwar Glochidienbefall feststellen. Die Datenlage ist damit jedoch noch nicht ausreichend, um die Rolle der Art als Wirtsfisch für *Unio crassus* im Renchsystem beurteilen zu können. Flussbarsch und Rotaugen sind in der Literatur nicht als Wirtsfisch von *Unio crassus* aufgeführt (BEDNARCZUK 1986, MAAß 1987, ENGEL 1990, HOCHWALD 1997).

4.1.3 Renchflutkanal

4.1.3.1 Fischbestand und -dichte

Der für diese Arbeit ermittelte Fischbestand und auch die Fischdichte stellen Momentaufnahmen dar. Dadurch, dass die meisten Fische nicht standortsgebunden sind, sondern in Revieren mehr oder weniger weit umherstreifen, können die Ergebnisse von Elektrofischungen tages- und jahreszeitlich stark variieren. Außerdem stellen Begehung und Motorenlärm während der Elektrofischung Störungen dar, die viele Fische vertreiben. Diese Individuen können nicht erfasst werden und sind in den Ergebnissen nicht repräsentiert. Bei den Begehungen für das Capture-Recapture-Verfahren konnten regelmäßig ca. 30 bis 40 cm große Döbel beobachtet werden. Bei der Elektrofischung dagegen war der größte Döbel nur 15,73 cm lang (Abb. 25, S.31). Laut F. KÜNEMUND (Mündl. Mittl.) sind gerade Döbel lärmempfindlich, fliehen bei Elektrofischungen frühzeitig und sind damit grundsätzlich schwierig zu erfassen.

Im Jahre 2002 wurde im Rahmen einer Staatsexamensarbeit (HIRSCHBERG 2002) im gleichen Probeabschnitt des RFK eine Elektrofischung durchgeführt. Dabei wurden insgesamt 671 Fische gefangen. Dies sind 273 Fische weniger als im Rahmen dieser Arbeit festgestellt wurden. Die Fischdichte lag mit 1,13 Ind / m² im Jahr 2002 jedoch deutlich höher als den Untersuchungen 2009 (0,7 Ind / m²) (Tab.3, S.28). Dies liegt daran, dass durch Unterhaltungsmaßnahmen im März 2009, die dem Hochwasserschutz dienen, das Abflussprofil des RFK erweitert wurde wie in

Abbildung 7 und 8 (S.15) deutlich wird. Die Gewässeroberfläche, mit deren Hilfe die Fischdichte errechnet wird, war dadurch 2009 deutlich größer als im Jahre 2002. Während HIRSCHBERG (2002) eine durchschnittliche Gewässerbreite von 2,98 m ermittelte, war sie bei den Untersuchungen für diese Arbeit mit durchschnittlich 6,68 m wesentlich größer (Tab.5, S.44). Dadurch ist die errechnete Fischdichte 2009 geringer als 2002, obwohl mehr Individuen gefangen wurden.

4.1.3.2 Wirtsfischbestand und -dichte

Die Wirtsfischdichte im RFK erscheint mit 0,08 Ind / m² verglichen mit dem Ergebnis von HIRSCHBERG (2002), welches bei 0,32 Ind / m² lag, eher niedrig (Tab. 3, S.28). Dies kann mit der einseitigen Räumung zusammenhängen, bei der indirekt auch Sohlstrukturen und damit der Lebensraum der Fische beeinträchtigt wurden.

HOCHWALD (1988) fand in bayerischen Muschelgewässern Wirtsfischdichten von 0,03 bis 0,50 Ind / m². Damit ist die vorgefundene Wirtsfischdichte 2009 im RFK zwar niedrig, aber verglichen mit den Ergebnissen von HOCHWALD im Normalbereich.

4.1.3.3 Wirtsfischarten im RFK

Vier der 11 Fischarten, die bei der Elektrobefischung festgestellt wurden, werden von *Unio crassus* als Wirt genutzt.

Die Elritze wurde schon mehrfach als Wirtsfisch für *Unio crassus* identifiziert (MAAß 1986, LECHNER 1997). Da sie bei meinen Untersuchungen im RFK nur mit einem Individuum, bei einer früheren Untersuchung mit zwei Individuen vertreten war (HIRSCHBERG 2002), kann ihre Bedeutung als Wirtsfisch im RFK als gering eingeschätzt werden (Tab.2, S.28).

Es wurden 35 Dreistachlige Stichlinge gefangen. Dieser Fisch gilt aufgrund von Laboruntersuchungen ebenfalls als Wirt für *Unio crassus* (ENGEL 1990, HOCHWALD 1997). 2002 wurden 23 Dreistachlige Stichlinge untersucht, bei allen wurde Glochidienbefall festgestellt. Daher ist anzunehmen, dass der Dreistachlige Stichling im RFK einen bedeutenden Wirtsfisch darstellt, wie dies schon HIRSCHBERG (2002) vermutete.

ENGEL (1990) wies auch an Haseln einen erfolgreichen Befall durch *Unio crassus* nach. Bei der Elektrobefischung zu dieser Arbeit wurden 13 Hasel dokumentiert, im Gegensatz zu HIRSCHBERG (2002), die keine Hasel fing (Tab.2, S.28). Gerade die Untersuchung der Haseln wäre besonders interessant gewesen, um ihre Bedeutung als Wirtsfisch im RFK zu klären.

Gründling, Barbe, Bachschmerle, Rotaugen und Schneider wurden im RFK angetroffen, durften allerdings ebenfalls nicht untersucht werden. Alle diese Arten waren 2002 positiv auf ihren Glochidienbefall getestet worden. Dieser war jedoch unterschiedlich ausgeprägt: Gerade bei Barbe und Gründling konnte eine relativ hohe Infektionsrate festgestellt werden (HIRSCHBERG 2002). Grundfische gelten jedoch aufgrund früherer Untersuchungen als schwierig zu infizieren, auch der frühzeitige Abwurf von Glochidien wurde beobachtet (BEDNARCZUK 1986, MAAß 1987, ENGEL 1990, HOCHWALD 1997). Im Jahr 2002 konnten am RFK jedoch encystierte Glochidien an einer Barbe festgestellt werden (HIRSCHBERG 2002). Ob die Barbe damit eine Bedeutung als Wirtsfisch im RFK hat, bleibt offen.

HOCHWALD (1997) vermutet, dass manche Fischarten lokal als Wirtsfisch von *Unio crassus* genutzt werden, die andernorts bedeutungslos sind. Deshalb ist es auch denkbar, dass *Unio crassus* im RFK andere Wirtsfische nutzt als bisher in der Literatur aufgeführt. Dies bedarf jedoch zusätzlicher Untersuchungen.

Es wurden außerdem 166 Bitterlinge im RFK gefangen. Diese FFH-Art hat zwar keine Bedeutung als Wirtsfisch für *Unio crassus*, ist jedoch trotzdem mit ihr ökologisch verbunden. Bitterlinge treten nur dort auf, wo es große Muschelpopulationen gibt, da sie als Brutparasiten Großmuscheln als Kinderstube nutzen (MILLS & REYNOLDS 2001). Bei den Trächtigkeituntersuchungen am RFK konnte der Befall von *Unio crassus* mit Bitterlingsbrut festgestellt werden.

4.1.3.4 Glochidienbefall an Döbeln

Der Fischpächter des RFK erteilte nur für die Entnahme der Döbel eine Erlaubnis.

Der Döbel ist als Wirtsfisch von *Unio crassus* mehrfach bestätigt (MAAß 1986, HOCHWALD 1988), auch für den RFK (HIRSCHBERG 2002). In der vorliegenden Arbeit war von den 44 entnommenen Döbeln mit 86,4% ein Großteil der Fische mit Glochidien befallen (Abb.23 und Abb. 24, S.30). Dies zeugt von einer großen Bedeutung des Döbels als Wirtsfisch im RFK. Die Tatsache, dass einige der Glochidien bereits encystiert waren und die hohe Befallsrate sprechen zudem für eine erfolgreiche Reproduktion von *Unio crassus*.

4.1.3.4.1 Immunisierung und Glochidienbefall

Fische, die außerhalb des natürlichen Wirtsfischspektrums von *Unio crassus* liegen, reagieren mit einer Immunreaktion auf den Glochidienbefall und stoßen die Parasiten ab. Doch auch Wirtsfische zeigen nach dem ersten Befall mit Glochidien teilweise Immunreaktionen (HOCHWALD 1997). Wenn sie erneut von Glochidien befallen werden, ist deren Mortalität höher, weil die Glochidien vor abgeschlossener Metamorphose zur Jungmuschel, teilweise auch schon vor der Encystierung, abgestoßen werden. Laut BAUER (2001) sind solche Immunreaktionen die Hauptursache der hohen Mortalitätsraten während der parasitären Phase. Es wäre deshalb zu erwarten, dass Döbel mit zunehmender Länge einen schwächeren Glochidienbefall zeigen, da mit zunehmendem Alter die Wahrscheinlichkeit steigt, bereits infiziert gewesen zu sein. Es konnte zwar ein Zusammenhang zwischen der Länge der infizierten Döbel und der Glochidienzahl festgestellt werden. Allerdings wurden mehr Glochidien an den Döbeln gefunden je länger und damit älter diese waren (Abb.25, S.31). Dies überrascht nicht, da sich mit zunehmender Größe der Döbel auch eine größere Oberfläche für die Glochidien zum Anheften findet. Das ist solange der Fall, bis die Fische ein Alter erreicht haben, in dem sie zum zweiten Mal in ihrem Leben befallen werden und nun eine Immunreaktion auftritt. Da keine Döbel größer als 16 cm gefangen wurden, kann jedoch keine Aussage zur Abnahme der Glochidieninfektion mit steigendem Alter gemacht werden. Die gefangenen Döbel waren vermutlich alle nach der Fortpflanzungsperiode von *Unio crassus* 2008 geschlüpft (F. KÜHNEMUND, mündl. Mitt.) und hatten noch keine Möglichkeit, eine Immunisierung gegen Glochidien zu entwickeln.

4.2 Untersuchung der *Unio crassus* Populationen

4.2.1 Populationsgröße

4.2.1.1 Alte Rench

Bereits im Jahre 1997 war durch RUPP eine Besiedlung der Alten Rench durch *Unio crassus* festgestellt worden. Allerdings wurde nur stichprobenartig untersucht und keine Populationsgröße bestimmt.

Das Ergebnis der Untersuchungen zur Populationsgröße 2009 zeigt, dass sich innerhalb der letzten sieben Jahre eine Wiederbesiedlung vollziehen konnte und dass die neu geschaffenen Strukturen einen geeigneten Lebensraum für *Unio crassus* darstellen. Durch die erschwerten Suchbedingungen (Kapitel 3.2.1.1) kann davon ausgegangen werden, dass das Muschelvorkommen größer ist als es das Ergebnis dieser Arbeit mit 344 Individuen vermittelt.

4.2.1.2 Renchflutkanal

Am RFK sind bereits in den vergangenen Jahren Untersuchungen an der Muschelpopulation im selben Probeabschnitt durchgeführt worden. HIRSCHBERG schätzte den Bestand im Jahr 2002 durch Capture-Recapture-Untersuchungen auf 2944 Individuen. RÖCK (2003) stellte auf dieselbe Weise 2353 *Unio crassus* fest. Bei weiteren derartigen Untersuchungen im Jahre 2005 konnten bei zwei Beprobungen jedoch nur noch 560 bzw. 623 Individuen ermittelt werden (RÖCK 2008). Mit dem Ergebnis von 1138 Individuen im Jahre 2009 hat sich der Bestand beinahe verdoppelt. Durch die günstigen Suchbedingungen kann davon ausgegangen werden, dass dieses Ergebnis weitgehend der tatsächlichen Bestandesgröße entspricht.

4.2.2 Regeneration der Populationen

4.2.2.1 Alte Rench

4.2.2.1.1 Umsiedelung 2002

Vor Beginn der Bauarbeiten 2002 wurden alle auffindbaren Muscheln umgesiedelt. Die abgesammelten Muscheln wurden teilweise in den RFK, vor allem aber in die noch kanalisierte Alte Rench flussaufwärts, oberhalb der Renchüberleitung zum RFK eingesetzt (R.JEHLE, mündl. Mittl.) (Abb. 3, S.12). Dort wurden sie nicht durch die baubedingte Sedimentation beeinträchtigt und waren außerdem der gewohnten Gewässerchemie ausgesetzt.

Es gibt keine Dokumentation darüber, wie viele Muscheln insgesamt aus den 1300 m der Alten Rench abgesammelt wurden, weswegen keine sicheren Vergleiche mit der aktuellen Bestandsgröße gezogen werden können.

4.2.2.1.2 Vorgang der Wiederbesiedelung

Es ist unwahrscheinlich, dass der alte Muschelbestand nach der Umsetzung flussabwärts gewandert ist. Laut NAGEL (2002) ist *Unio crassus* „nur in begrenztem Maße in der Lage, ungünstigen Verhältnissen auszuweichen oder aktiv neue Habitate aufzusuchen.“ Zur Fortpflanzungszeit konnte ENGEL (1993) eine erhöhte Mobilität beobachten. Auch nach Substratumlagerungen kann *Unio crassus* kleinräumig einen günstigeren Standort aufsuchen (LANG 1998). Üblicherweise verbleibt die Bachmuschel jedoch über Jahre im gleichen Gewässerabschnitt (ENGEL 1993).

Zwischen dem Abschnitt, in den die Muscheln 2002 umgesiedelt wurden, und dem umgestalteten Probeabschnitt gibt es bei der Renchüberleitung einen ca. 100 m langen Bereich, in denen bei einer Begehung für diese Arbeit nur eine einzige Muschel gefunden wurde (Abb.3, S.12). Auch RUPP fand in diesem Bereich 1997 bei guten Sichtverhältnissen keine Muscheln vor. In diesem Bereich sind Auflagen von „fließendem Sand“ in der Gewässermitte zu finden, der von der Strömung verwirbelt wird, und in dem *Unio crassus* keine Chance hat, Fuß zu fassen (COLLING 2003). Steinschüttungen, in denen die Muscheln Rückzug fänden, gibt es keine. Prinzipiell wirkt dieser Bereich als Wanderhindernis zwischen der alten Population oberhalb der Überleitung und der Population, die sich im renaturierten Bereich wieder eingestellt hat.

Wahrscheinlich geschah die Wiederausbreitung von *Unio crassus* durch mit Glochidien infizierte Fische. Im Jahre 2002 wurde neben der naturnahen Umgestaltung auch ein Fischaufstieg an der Renchüberleitung gebaut. Dieser ermöglicht es den Fischen vom RFK in die Alte Rench aufzusteigen. So konnten theoretisch, zusätzlich zu den Fischen, die vom *Unio crassus*-Bestand im oberen Bereich der Alten Rench infiziert waren, auch infizierte Fische aus dem relativ dicht besiedelten RFK die Muscheln wieder ausbreiten. Laut RUPP (Mündl. Mittl.) ist die Aufstiegshilfe nicht optimal funktionstüchtig, für den Döbel jedoch geeignet.

Wären bei der Umgestaltung alle Muscheln abgesammelt worden bzw. den anschließenden Umgestaltungsmaßnahmen zum Opfer gefallen, so dürften die Individuen in der Alten Rench ein Höchstalter von sieben Jahren haben. Da es jedoch unmöglich ist, alle Jungmuscheln zu finden, ist der Verbleib einiger Exemplare im Sediment als sicher anzusehen. Wären alle Muscheln entfernt worden, hätte frühestens im Frühjahr 2003 eine Neubesiedlung durch Glochidien erfolgen können. Die Altersstruktur, die 2009 aufgenommen wurde, zeigt jedoch, dass zehn Muscheln gefunden wurden, die sich nicht erst nach 2003 über Glochidien neu angesiedelt haben konnten (Abb.26, S.34). Sie waren bei den Aufnahmen zu dieser Arbeit acht, zehn, und elf Jahre alt. Es kann ausgeschlossen werden, dass diese Individuen vom oberen Renchabschnitt aktiv flussabwärts gewandert sind. Es ist zwar möglich, dass Individuen durch „Katastrophendrift“ im Rahmen von Hochwasserereignissen an neue Standorte gelangen. Über eine Länge von über 100 m ist dies jedoch fraglich. Es ist wahrscheinlicher, dass einige Individuen die Baumaßnahmen in von den Arbeiten wenig beeinträchtigten Bereichen überlebt haben. Sie waren zu diesem Zeitpunkt ein, drei und vier Jahre alt. Es überrascht, dass sieben damals Einjährige überlebt haben, gelten diese doch als besonders empfindlich gegenüber Sedimentation bzw. Sauerstoffmangel, wie er bei Bauarbeiten im Flussbett vorübergehend auftreten kann (BAUER & WÄCHTLER 2001). Wahrscheinlich stellte sich die Population sowohl durch verbliebene Muscheln als auch durch eine Ausbreitung durch Wirtfische wieder ein.

4.2.2.2 Renchflutkanal

4.2.2.2.1 Bisamfraß

RÖCK fand 2005 mehrere Haufen von Leerschalen am Ufer des RFK vor. An einigen der insgesamt 555 leeren Muschelschalen wurden Biss- und Kratzspuren festgestellt, die auf Bisamfraß hinwiesen (RÖCK 2006a).

Der Bisam, der 1905 durch die Pelzindustrie in Osteuropa eingeführt wurde und 1914 Deutschland erreichte, stellt eine große Bedrohung für *Unio crassus* dar. Seine hohe Vermehrungsrate und seine sehr gute Anpassungs- und Ausbreitungsfähigkeit machen ihn zu einem Überlebenskünstler, der sich entlang der Fließgewässerläufe ungehindert in ganz Europa ausbreiten konnte. Der Bisam lebt vorwiegend vegetarisch. In Notzeiten, wie dem Winter, greift er jedoch auch auf eiweißreiche Nahrung wie die Bachmuschel zurück (ZAHNER-MEIKE 2000). Für große, individuenreiche Muschelpopulationen stellt ein Fraßdruck durch den Bisam offenbar keine große Gefahr dar (NEVES & ODOM 1989). Die Bachmuschelbestände sind jedoch durch anthropogen bedingte Lebensraumverschlechterungen bereits stark in Mitleidenschaft gezogen. Der zusätzliche Faktor des Individuenverlustes durch den Bisam stellt damit eine ernste Bedrohung dar. *Unio crassus* hat kaum Feindvermeidungsverhalten entwickelt und ist der Prädation durch den Bisam schutzlos ausgeliefert (ZAHNER-MEIKE & HANSON 2001).

Um den *Unio crassus*-Bestand am RFK vor weiteren Bestandseinbußen zu schützen, wurde 2006 durch das Regierungspräsidium Freiburg 2006 eine Bekämpfung des Bisams initiiert, mit dem Ziel die Bestände am RFK bzw. der Alten Rench einzudämmen (RÖCK 2006b). Durch Dammbauarbeiten am RFK wurde der Bisam 2009 zusätzlich gestört. Beides scheint den Bisam soweit vertrieben zu haben, dass sich die *Unio crassus*-Population innerhalb von drei Jahren von rund 600 auf geschätzt über 1100 Individuen beinahe verdoppeln konnte. Diese rasche Erholung, die angesichts des Entwicklungszyklus von *Unio crassus* zu schnell erscheinen mag, kann daran liegen, dass der Bisam gröbenselektiv frisst (ZAHNER-MEIKE 2000). RÖCK (2006b) fand in den Leerschalenhaufen am RFK anteilig mehr größere Schalen und stellte eine Verschiebung innerhalb der lebenden Population hin zu jüngeren Muscheln fest. Die Jungmuscheln, die zur Zeit des Bisamfraß im Sediment verborgen und durch ihre geringe Größe für den Bisam nicht attraktiv waren, konnten nachdem die Bejagung des Bisams einsetzte, ungestört aufwachsen.

4.2.3 Altersuntersuchungen

4.2.3.1 Maximalalter in Alter Rench und Renchflutkanal

Die Lebenserwartung von *Unio crassus* wird für Deutschland gemeinhin mit 7 bis 15 (MENTZEN 1926, HOCHWALD 1990), an anderer Stelle mit 15 bis 25 Jahren angegeben (LfU 1995). Teilweise kann dieses Alter jedoch erheblich überschritten werden (LECHNER 1997). In Südschweden sind schon 50 Jahre alte *Unio crassus* Individuen gefunden worden (BJÖRK 1962).

Die Individuen in den untersuchten Populationen haben mit 11 Jahren in Alter Rench und 10 Jahren im RFK (13 Jahren bei RÖCK (2008)) (Abb. 26 und Abb. 27, S. 34 - S.35), eine für *Unio crassus* geringe Lebenserwartung. Die durchschnittliche individuelle Lebensdauer innerhalb einer Muschelpopulation hängt eng mit der Temperatur des Lebensraums und dem damit verbundenen Stoffwechsel zusammen (LfU 1995, HOCHWALD 1997). Alte Rench und RFK sind beide als vergleichsweise warme und nährstoffreiche Flachlandgewässer einzustufen. In solchen warmen Gewässern erreicht *Unio crassus* üblicherweise nur ein Alter um die 10 Jahre, wie es im Untersuchungsgebiet der Fall ist (LfU 1995, COLLING 2003).

4.2.3.2 Alterstruktur Alte Rench

Jungmuscheln sind schwer zu entdecken. Dies erklärt, dass nur wenige im ersten und zweiten Lebensjahr befindliche Muscheln gefunden wurden (Abb.26, S.34). Es kann davon ausgegangen werden, dass wesentlich mehr Muscheln dieses Alters in der Alten Rench vorhanden sind. Auch die Dreijährigen, die zum Teil noch eine verhältnismäßig geringe Schalengröße aufweisen, sind vermutlich unterrepräsentiert aufgefunden worden. Angesichts der steigenden Schalengröße mit zunehmendem Alter werden die Muscheln, je älter sie werden, leichter durch optische Suche oder durch Durchwühlen des Sediments aufgefunden. Ab den vierjährigen Individuen, die anteilig die größte aufgefundene Größenklasse darstellten, entsprechen die Fundzahlen vermutlich den realen Anteilen im Gesamtbestand. Die älteren Jahrgänge ab sieben Jahren nahmen naturgemäß wegen der steigenden Mortalität mit zunehmendem Alter stark ab (ZAHNER-MEIKE 2000). Die vorgefundene Alterstruktur in der Alten Rench deutet auf einen vitalen Bestand mit genügend Jungmuscheln hin. Die Tatsache, dass keine neunjährigen *Unio crassus* in der Alten Rench gefunden wurden kann auf Zufall begründet sein oder an Fehlern bei der Alterseinschätzung liegen (Abb.26, S.34,).

4.2.3.3 Alterstruktur Renchflutkanal

Im RFK sind mit 2,4% gegenüber 8% in der Alten Rench prozentual weniger junge Muscheln unter drei Jahren gefunden worden (Abb.26 und 27, S.34 - S.35). Durch die besseren Suchbedingungen im RFK wäre eher eine höhere Fundrate als in der Alten Rench zu vermuten. Entweder, es waren anteilig weniger junge Muscheln unter drei Jahren vorhanden, was für eine schlechtere Gewässerqualität als in der Alten Rench sprechen würde, oder es wurden viele Jungmuscheln übersehen, was eher wahrscheinlich ist. Dadurch, dass die Untersuchungen im RFK früher als die in der Alten Rench gemacht wurden, kann ein gewisser Übungseffekt dazu geführt haben, dass in der Alten Rench anteilig mehr ein- bis zweijährige und damit kleine Muscheln gefunden wurden. Auch im RFK kann davon ausgegangen werden, dass die jungen Muscheln bis drei Jahren unterrepräsentiert aufgefunden wurden. Die Verteilung der Altersklassen lässt auch hier auf eine vitale Alterstruktur schließen (Abb.27, S. 35).

4.2.3.4 Durchschnittsalter

Das Durchschnittsalter der gefundenen Muscheln zeigt, dass der Bestand an der Alten Rench mit 4,5 Jahren etwas jünger ist als die Population am RFK mit 4,7 Jahren. Grundsätzlich handelt es sich um vergleichsweise junge *Unio crassus*-Populationen. Eine Überalterung der Bestände, wie sie für *Unio crassus* europaweit eine akute Gefahr darstellt (HOCHWALD & BAUER 1990, LECHNER 1997, COLLING 2003), ist in naher Zukunft nicht zu erwarten (Abb.26 und 27, S.34 - S.35).

4.2.4 Längenwachstum

4.2.4.1 Vergleich der Populationen

Der Vergleich der Altersstrukturen mit der Verteilung der Größenklassen macht deutlich, dass sich das etwas geringere Durchschnittsalter in der Alten Rench auch in der Größenklassenverteilung widerspiegelt.

Die längste gefundene *Unio crassus* war im RFK mit 68,8 mm nur 2,8 mm größer als die längste Muschel in der Alten Rench. Auch im Durchschnitt war der *Unio crassus*-Bestand im RFK nicht nur etwas älter, die Muschelindividuen waren auch etwas größer als in der Alten Rench (Abb.28 und Abb.29, S. 36 - S.37). Da zwischen Alter und Schalenlänge eine positive Korrelation besteht, liefern die Ergebnisse einen Hinweis auf die Korrektheit der Altersbestimmungen.

In *Unio crassus*-Populationen ist es üblich, dass nach einem Maximum im mittleren Längenbereich die Anzahl der Muscheln pro Längenklasse wieder abnimmt. Eine Abnahme der Muschelanteile ab einem hohen Längenklassenbereich, in dieser Untersuchung ab 50-60 mm, entspricht der natürlich zunehmenden Mortalität (ZAHNER-MEIKE 2000) (Abb.28 und Abb.29, S.36 - S.37)).

4.2.5 Wachstumsanalysen

4.2.5.1 *k*-Werte

BAUER (1992) wertet bei seinen Untersuchungen an der Flussperlmuschel den Wachstumskoeffizienten k als Ausdruck der Stoffwechselrate. Der Koeffizient k drückt außerdem aus, mit welcher Wachstumsrate die Individuen einer Population eine theoretische Maximallänge erreichen. Temperatur, Strömung und Eutrophierung eines Gewässers können Einfluss auf die Wachstumsgeschwindigkeit haben (NEGUS 1966, BAUER 1991). Der Wachstumskoeffizient k korreliert negativ mit dem durchschnittlichen Maximalalter der Individuen innerhalb einer Population, deshalb gilt: Je größer der Wachstumskoeffizient, desto kurzlebiger ist die Population im Durchschnitt (BAUER 1991, HOCHWALD 1990, LECHNER 1997).

Laut HOCHWALD (1988, 1997) gelten diese Zusammenhänge ebenso für *Unio crassus*. Dies wird durch die vorliegende Arbeit bestätigt. In der Alten Rench und dem RFK liegen die Wachstumskonstanten mit $k= 0,604$ bzw. $k= 0,470$ vergleichsweise im hohen Bereich (HOCHWALD 1997) (Abb. 32, S.40). Dies steht im Einklang mit dem verhältnismäßig geringen Maximalalter von 11 bzw. 10 Jahren (Abb. 26 und 27, S.34 - S.35) und zeugt von einem schnellen individuellem Wachstum (LECHNER 1997).

RÖCK (2008) stellte im RFK einen k -Wert von 0,35 fest. Da in das Ergebnis von RÖCK 4083 Individuen einbezogen wurden, ist es als zuverlässiger als das Ergebnis dieser Arbeit anzusehen, für welches die Jahresringe von nur 83 Individuen verwendet wurden. Bei PFEIFFER (2004) war die Stichprobengröße noch geringer.

Es ist zu vermuten, dass der hohe k -Wert an der Alten Rench, für welchen 95 Individuen vermessen wurden, bei umfangreicheren Untersuchungen ebenso niedriger hätte ausfallen können.

4.2.5.2 Zusammenhang zwischen Alter, Länge und Wachstumsgeschwindigkeit

In anderen Populationen erreicht *Unio crassus* eine größere Maximallänge. ZAHNER-MEIKE (2000) berichtet erst von einer Abnahme der Längensklassenanteile ab 70 bis 80 mm. Auch die Unterschiede zwischen Maximalgrößen in Muschelpopulationen hängen unter anderem mit der Wassertemperatur und der damit verbundenen Stoffwechselrate zusammen. Daneben werden auch Nährstoffversorgung und Gewässerchemismus als Ursache für diese Unterschiede angegeben (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT 1992).

Laut (HOCHWALD 1997) übertreffen langsamwüchsige Populationen in kühleren Gewässern schnellwüchsige Populationen im Maximalalter und der maximalen Schalenlänge. COLLING (2003) jedoch schreibt, dass zwei Ökotypen existieren: eine relativ klein bleibende, langsam wüchsige Form nährstoffarmer Bäche, die über 20 Jahre alt wird, zum anderen eine große und schnellwüchsige Form nährstoffreicher Gewässer, die nicht älter als 12 Jahre alt wird und vor allem in Flüssen zu finden ist.

Dem widersprechen die Ergebnisse dieser Arbeit. Die untersuchten Bestände in der Alten Rench und im RFK sind mit 46,28 mm und 47,93 mm durchschnittlicher Länge im Vergleich zu LECHNER (1997), die Durchschnittslängen von bis zu 68,61 mm feststellte, als eher kleinwüchsig einzuschätzen. Ihre vergleichsweise geringes Maximalalter und die nachgewiesene hohe Wachstumsgeschwindigkeit entsprechen den Annahmen von HOCHWALD. Die Individuen der untersuchten Populationen im Renchsystem sind als vergleichsweise klein, kurzlebig und schnellwüchsig einzustufen.

4.2.6 Geschlechterverhältnis und Reproduktion

Das Geschlechter-Verhältnis liegt in *Unio crassus*-Populationen bei 1:1 (BEDNARCZUK 1986, HOCHWALD & BAUER 1990, ENGEL 1990, HOCHWALD 1997, LECHNER 1997, LANG 1998). Selbst in ausgedünnten Restbeständen, bei denen die Befruchtung am Mangel an männlichen Muscheln scheitert, findet im Gegensatz zur Flussperlmuschel keine Umwandlung zum Zwitter statt (HOCHWALD 1997).

An Alter Rench und RFK waren jeweils über 40% der untersuchten Muscheln trächtig und damit definitiv Weibchen (Abb. 33, S.41). Da bei *Unio crassus* Mehrfachträchtigkeit auftritt und die Tiere nicht alle synchron trächtig sind, kann von

einer insgesamt höheren Trächtigkeitsrate ausgegangen werden (ENGEL 1990, HOCHWALD 1988).

In der Alten Rench war die jüngste trächtige Muschel vier Jahre alt und 42 mm lang. Durch die Hochwasserlage im Sommer 2009 und die damit verbundene kleine Stichprobengröße bei der Trächtigkeitsuntersuchung konnten nur wenige Muscheln untersucht werden. Die Wahrscheinlichkeit junge, trächtige Muscheln zu finden war deshalb geringer als im RFK.

Die jüngste trächtige *Unio crassus* im RFK war zwei Jahre alt und 42 mm lang. Da ENGEL (1990) angibt, dass die Anzahl der bei einem Trächtigkeitsschub entlassenen Glochidien stark von der Größe abhängt, kann angenommen werden, dass selbst sehr junge Tiere bei entsprechender Größe eine Bedeutung für die Erhaltung des Gesamtbestandes haben können. Auch HOCHWALD (1997) fand bei ihren Untersuchungen in bayerischen *Unio crassus* Gewässern zweijährige Muscheln, die bereits trächtig waren. Da es sich in Alter Rench und RFK um Populationen mit einer geringen durchschnittlichen Lebenserwartung handelt, ist es denkbar, dass die Geschlechtsreife entsprechend früher einsetzt. Es ist möglich, dass sich am RFK aus diesem Grund die Population rasch erholen konnte, da die verbliebenen Jungmuscheln bald geschlechtsreif wurden und den Bestand mit wiederaufbauen konnten.

4.2.7 Vergleich der Tot- und Lebendfunde

An der Alten Rench gibt es im Gegensatz zum RFK keine flachen Uferbereiche mit Schilfbewuchs, wo sich Leerschalen sammeln können. Außerdem ist die Fließgeschwindigkeit höher als im RFK. Bei Hochwasser werden deshalb abgestorbene Muscheln schneller flussabwärts transportiert. Dies trug mit hoher Wahrscheinlichkeit dazu bei, dass in der Alten Rench keine Leerschalen gefunden wurden.

Am RFK waren Leerschalen aus jeder Altersklasse zu finden, mit Ausnahme der einjährigen Muscheln (Abb.34, S.43). Wenn es schon Probleme bereitet, lebende Jungmuscheln zu finden (HOCHWALD 1997), ist es noch schwieriger, die Leerschalen sehr kleiner Muscheln im Sediment zu entdecken. Hinzu kommt, dass sich kleine Leerschalen schneller zersetzen als die mächtigeren Schalen adulter Tiere. Es ist jedoch davon auszugehen, dass sehr viele einjährige Jungmuscheln absterben. ZIMMERMANN (2000) vermutet sogar, dass die Mortalität der

Jungmuscheln im ersten Lebensjahr, selbst unter günstigsten Voraussetzungen, weit über 90% liegt. Sie sind in dieser Zeit möglicherweise einem hohen Prädationsdruck durch die Larven von Wasserinsekten, Krebsen und anderen Tiergruppen ausgesetzt (HOCHWALD 1997).

Es wurde gezeigt, dass im RFK Muscheln in jeder Altersklasse sterben (ENGEL 1990). Verglichen mit den Lebendfunden sind jedoch verhältnismäßig wenig Leerschalen aufgefunden worden (Abb.34, S.43). Es ist jedoch davon auszugehen, dass viele Leerschalen mit Hochwasser abgetrieben wurden. Aussagen darüber, wann die Tiere abgestorben sind und wie lange sich die Leerschalen im Sediment bzw. in der Uferregion zwischen den Halmen befanden, lassen sich kaum treffen. Bei den 64 stark verwitterten Schalen, die nicht in die Altersschätzung miteinbezogen werden konnten, ist es jedoch wahrscheinlich, dass sie vor 2009 starben. Bei den prozentualen Anteilen toter Individuen innerhalb der Altersklassen ließ sich eine Zunahme bei den zwei- und dreijährigen Muscheln erkennen. Bei den vier- und fünfjährigen Muscheln nehmen die Totfunde ab. Es könnte sein, dass zufällig mehr Leerschalen innerhalb dieser Altersklassen verdriftet wurden oder dass im Jahr 2009 weniger Tiere in diesem Alter starben. Danach stieg der Anteil der Totfunde kontinuierlich an. Bei den neunjährigen Muscheln wurde die Hälfte der gefundenen Tiere tot aufgefunden, bei den zehnjährigen 80% (Abb.35, S.43). Dies entspricht einer zunehmenden Mortalität mit steigendem Alter (ZAHNER-MEIKE 2000). Im Gegensatz zu RÖCK (2006a), wurden keine Kratzspuren an den Schalen gefunden, die eindeutig auf Bisamfraß hinwiesen.

4.2.8 Einfluss physikalisch - chemischer Parameter

Die Temperaturwerte wurden an mehreren Tagen zu verschiedenen Tageszeiten protokolliert und anschließend gemittelt. Sie sind also nicht durch die Mittelung von Tagesgängen, die mit Temperaturloggern aufgenommen wurden, entstanden, sondern repräsentieren Werte, wie sie tagsüber punktuell in der freien Welle angetroffen wurden. Es handelt sich also nicht um Durchschnittswerte für den Lebensraum, da nächtliche Temperaturen nicht miteinbezogen wurden (Tab.4, S.44). Die relativ hohen Temperaturen in der Alten Rench und dem RFK passen zu dem schnellen individuellem Wachstum, welches die Muscheln in beiden Populationen aufweisen (Kapitel 5.1.5.2.). Die Höchstwerte in der freien Welle lagen bei 20,4 °C in der Alten Rench und 22,5°C im RFK. Allerdings schließt ENGEL (1990) die

Wassertemperatur als direkt beeinträchtigenden Faktor aus, da er auch an Standorten mit jungen Muscheln Spitzenwerte von über 20°C maß.

Der Nitratgehalt eines Gewässers spielt für *Unio crassus* eine entscheidende Rolle. HOCHWALD (1997) stellte einen Zusammenhang zwischen abnehmender Vitalität von *Unio crassus*-Beständen und zunehmendem Nitratgehalt im Wohngewässer fest. Es existiert außerdem eine negative Beziehung zwischen dem Maximalalter einer Population und der Nitratkonzentration (BAUER 1992). Der Grenzwert für eine intakte Muschelpopulation liegt bei 8 - 10 mg/l (LECHNER 1997). Die gemessenen Werte in den untersuchten Gewässern liegen mit 3,29 mg/l im RFK und 5,26 mg/l in der Alten Rench deutlich darunter. Ammonium und Nitrit, welche mit Nitrat über Nitrifikationsvorgänge in Verbindung stehen, sind in solch geringer Konzentration festgestellt worden, dass ein toxischer Einfluss auf *Unio crassus* ausgeschlossen werden kann (Tab.4, S.44). Ammonium wird im Verlauf der Selbstreinigung von Fließgewässern über Nitrit zu Nitrat oxidiert. Der umgekehrte Prozess der Denitrifikation spielt im Sediment eine Rolle (HOCHWALD 1997). Hier kann es zu Nitritfreisetzungen kommen, die auf Jungmuscheln tödlich wirken. HOCHWALD (1997) gibt den Nitratgehalt in der freien Welle als möglichen Indikator für Gewässerbelastung und vor allem Interstitialverschlämmung an. Aufgrund der geringen Nitratbelastungen, die in der freien Welle gemessen wurden, vor allem aber wegen der Jungmuschelfunde in beiden Gewässern, kann angenommen werden, dass das Sediment im Untersuchungsgebiet nicht mit Nitrit oder Ammonium belastet ist.

Der geringere Nitratwert im RFK (Tab.4, S.44) hängt wahrscheinlich mit der extensiven Bewirtschaftung der Hochwasserdämme zusammen, bei der auf Düngung verzichtet wird (RÖCK 2008, NAGEL 2002). Neben der Alten Rench sind Maisfelder anzutreffen, die konventionell bewirtschaftet werden. Die Landwirtschaft ist im Allgemeinen der Hauptverursacher des Eintrags von Stickstoffverbindungen in unsere Fließgewässer (HOCHWALD 1997).

Die Gewässergüte ist ein entscheidendes Kriterium für *Unio crassus*. Stabile Bestände benötigen eine Gewässergüte von I-II, höchstens II (SCHMIDT 1990, COLLING 2003). Beide UntersuchungsGewässer wurden mit einer Gewässergüte von I-II bewertet, sind damit gering belastet und stellen bezüglich der Wasserqualität einen geeigneten Lebensraum für *Unio crassus* dar.

4.2.9 Habitatqualität

4.2.9.1 Alte Rench

Im Bereich, in den die Muscheln 2002 eingesetzt wurden und der noch heute kanalisiert ist, wurden zwei Einzelbegehungen vorgenommen (Abb. 3, S.12). Hierbei zeigte sich, dass Sand als das von *Unio crassus* bevorzugte Substrat aufgrund der kanalisiertem Struktur hauptsächlich in der Gewässermittle zu finden ist. Durch die relativ hohe Fließgeschwindigkeit ist der Sand ständig in Bewegung und lagert sich um. Flussmuscheln benötigen jedoch eine gewisse Substratstabilität (VANNOTE & MINSHALL 1982), um sich eingraben zu können und nicht verdriftet, bzw. frei gespült zu werden. Im Uferbereich, der von *Unio crassus* bevorzugt wird (HOCHWALD 1990b), ist in diesem Bereich der Alten Rench hauptsächlich Detritus zu finden. Der Austritt von Schwefelwasserstoff verrät, dass hier zumindest Jungmuscheln keinen geeigneten Lebensraum vorfinden. An einigen Stellen wurden adulte *Unio crassus* Individuen in Steinschüttungen für die Ufersicherung gefunden. Hier kann sich zwischen den Flussbausteinen Feinsediment absetzen, in dem sich auch die Muscheln befinden. Laut R. JEHLE (mdl. Mitt.) war vor der Umgestaltung die Situation im untersuchten Bereich der Alten Rench dieselbe. *Unio crassus* kam nur punktuell bei Steinschüttungen im Strömungsschatten der Flussbausteine vor. Auch nach der Renaturierung sind im untersuchten Abschnitt Steinschüttungen vorhanden. Diese sind nun aber nicht mehr die einzigen Strukturen, die *Unio crassus* in der Alten Rench erfolgreich besiedeln kann. Wie Abbildung 4 (S.12) zu entnehmen ist, wurden durch die Renaturierung kleine Buchten und strömungsarme Bereiche geschaffen. In diesen Uferkolken kann sich Sand und Feindetritus zu kleinen Bänken sammeln, in denen teilweise Ansammlungen von zehn bis zwanzig dicht beieinander sitzenden *Unio crassus*-Individuen angetroffen werden können (ZETTLER et al. 1994). Dadurch, dass Abbrüche an der Alten Rench inzwischen zugelassen werden, sind Steilwände entstanden, an denen, vor allem am Böschungsfuß, die Muscheln im tonigen Substrat tief eingegraben stecken, wie es schon MENTZEN (1926) beschreibt. An anderer Stelle sitzt *Unio crassus* im Uferbereich in Hohlkehlen unter Ufergehölzen (ENGEL 1990). Es gibt im untersuchten Abschnitt an der Alten Rench allerdings auch immer wieder Bereiche, an denen keine einzige *Unio crassus* zu finden ist, vor allem wegen dicker Detritusablagerungen. Dies entspricht aber den naturgegebenen Bedingungen, da in keinem natürlichen Fließgewässer auf gesamter Länge

dieselben Substratverhältnisse anzutreffen sind. VANNOTE & MINSHALL (1982) beschreiben, dass aufgrund der Abhängigkeit von bestimmten Substratbedingungen und Fließgeschwindigkeiten Muscheln natürlicherweise ungleichmäßig („patchy“) verteilt sind. Das bedeutet, dass an geeigneten Stellen viele Muscheln dicht beisammen sitzen, während in weniger geeigneten Bereichen nur einzelne oder gar keine Individuen zu finden sind.

4.2.9.2 Renchflutkanal

Im RFK ist Sand das dominierende Substrat. In den Auflandungen, die die Steinbefestigungen überdecken, befinden sich im Uferbereich kleine Buchten, die nahezu gleichmäßig über die 200 m Probestrecke verteilt sind (Abb.7 und Abb.8, S.15). In den hier vorhandenen Sandbänken finden sich große Ansammlungen von *Unio crassus*, teilweise dicht gedrängt. Außerdem sitzt *Unio crassus* hier, ebenso wie in der Alten Rench, zwischen Flussbausteinen. Selten findet man die Bachmuschel im RFK im Kies. Anderes Substrat ist kaum anzutreffen.

Auf der im März 2009 unterhaltenen westlichen Uferseite wurden anteilig deutlich weniger Muscheln gefunden als auf der östlichen Seite. Laut RÖCK (2008.) war diese Seite schon vor der Unterhaltung spärlicher besiedelt als die östliche, da sie steiler war und die Muscheln sich hier im Hang eingraben mussten (RÖCK 2008). Mit der Unterhaltung wurden die Sandauflagen im westlichen Uferbereich entfernt. Dadurch konnte die Strömung zusätzlich Sediment abtragen, was das Muschelhabitat wesentlich verändert hat (RÖCK 2008). Diese Eingriffe in das Substrat waren so tiefgreifend, dass schätzungsweise nur ein Zehntel der gesammelten Muscheln auf der unterhaltenen Seite zu finden war.

4.2.9.3 Vergleich der Gewässer

Am RFK wurde mit einer geschätzten Bestandesgröße von 1138 Individuen eine über dreifach so große Population auf 200 m angetroffen wie an der Alten Rench. Dies mag zum einen an den schwierigeren Suchbedingungen in der Alten Rench liegen, zum anderen aber auch an deren heterogeneren Struktur.

Obwohl der RFK ein künstliches Gewässer mit einer geringen Substrat- und Strukturvielfalt ist, scheint er, gemessen an der Besiedlungsdichte, *Unio crassus* ein besseres Habitat darzustellen als die Alte Rench. Der Sand und die mit der geringeren Fließgeschwindigkeit verbundene Substratstabilität ermöglichen *Unio crassus* eine hohe Besiedlungsdichte. Allerdings ist zu vermuten, dass die

Fundquote noch größer hätte ausfallen können, wäre das linke Ufer nicht im März unterhalten worden. Falls demnächst die rechte Uferseite teilgeräumt wird, so sollte dies unbedingt noch schonender vonstatten gehen, oder die Muscheln müssen vorher abgesammelt werden.

Schon RUPP schätzte 1997 aufgrund von Stichproben die Besiedlungsdichte in der Alten Rench geringer ein als diejenige im RFK. Allerdings lassen der oberflächliche Strukturvergleich mit dem kanalisiertem Bereich der Alten Rench und die Stichproben, die hier gemacht wurden, erkennen, dass sich der Lebensraum für *Unio crassus* durch die naturnahe Umgestaltung deutlich verbessert hat. Es bleibt abzuwarten, wie sich die Population in den nächsten Jahren entwickelt und ob sich ein Bestandszuwachs zeigt.

Der Bau der Fischtreppe, die nun Alte Rench und RFK oberhalb der Renaturierung verbindet (Abb.3, S.12), ist auch für *Unio crassus* als Verbesserung zu bewerten. Die Durchgängigkeit der Gewässersysteme, wie sie gemäß der EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) gefordert wird, wirkt sich positiv auf die Populationsstruktur der Fische, und damit auch auf die der Muscheln aus. Nur in durchgängigen Gewässern haben Wirtsfische die Möglichkeit zu wandern und Glochidien zu verbreiten. Dies ist für den Austausch zwischen verschiedenen Muschel-Teilpopulationen (VAUGHN 1997) und auch für Wiederbesiedlungen durch Glochidien an Wirtsfischen unerlässlich. Habitatsverbesserungen für die Wirtsfische stellen immer auch Verbesserungen der Reproduktionsbedingungen für *Unio crassus* dar.

4.3 Fazit

Die vitale Altersstruktur mit Jungmuscheln die beide *Unio crassus*-Populationen aufweisen zeugt von einer für *Unio crassus* geeigneten Wasser- und Strukturqualität in beiden Gewässern. Dass sie sich nach Bestandseinbrüchen relativ rasch erholt haben, steht im Zusammenhang mit der relativ hohen individuellen Wachstumsgeschwindigkeit in beiden Beständen. Diese könnte unter anderem mit der vergleichsweise hohen Wassertemperatur in beiden Gewässern zusammenhängen (Tab.4, S.44).

Am RFK hat die Bekämpfung des Bisams zu einer Erholung der Population geführt und ist damit als positiv für *Unio crassus* zu bewerten.

Allerdings sollten zukünftig, da sich *Unio crassus* hauptsächlich im Uferbereich aufhält, im RFK die Muschelbestände vor Unterhaltungsmaßnahmen, gerade wenn sie das Ufer und nicht das Mittelwasserbett betreffen, abgesammelt werden.

Die naturnahe Umgestaltung in der Alten Rench stellt für *Unio crassus* eindeutig eine Verbesserung der Lebensumstände und Reproduktion dar. Damit ist geplante Renaturierung flussaufwärts, die als Ausgleichsmaßnahme für die Dammbauarbeiten am RFK dienen soll (R. JEHLE, Mündl. Mittl.), sehr zu begrüßen.

Die Fischfauna und ihr Befall mit Glochidien müssten, vor allem in der Alten Rench, noch eingehender untersucht werden, um sichere Aussagen über das im Renchsystem von *Unio crassus* genutzte Wirtsfischspektrum zu treffen.

Die Bestandesgröße von mindestens 344 Tieren in der Alten Rench und die annähernde Verdopplung des Bestandes im RFK seit der Bekämpfung des Bisams auf über 1000 Individuen auf 200 m zeugen von einem hohen Wiederbesiedlungspotential von *Unio crassus* bei geeigneten Habitatbedingungen. Voraussetzung hierfür scheinen jedoch eine, wenn auch kleine, Spenderpopulation zu sein, die im Gewässer verblieben ist und den Bestand wieder aufbauen kann. Außerdem ist davon auszugehen, dass die Passierbarkeit der Gewässer durch Fischtreppen etc. eine Wiederbesiedelung begünstigt, gerade wenn *Unio crassus*-Bestände an anderer Stelle im Gewässersystem vorhanden sind.

5 Zusammenfassung

Die Bachmuschel *Unio crassus* ist in Deutschland und Baden-Württemberg vom Aussterben bedroht. Die Ursache hierfür ist anthropogen bedingte Lebensraumverschlechterung. Über das Regenerationspotential von Beständen ist wenig bekannt. An zwei Fließgewässerabschnitten an Alten Rench und Renchflutkanal bei Offenburg im Ortenaukreis wurde untersucht, ob und wie stark sich zwei *Unio crassus*-Populationen in definierten Zeiträumen nach Bestandseinbrüchen erholen konnten.

In der Alten Rench war 2002 eine naturnahe Umgestaltung vorgenommen worden, vor deren Beginn alle Muscheln abgesammelt und unter anderem flussaufwärts umgesiedelt worden waren. Innerhalb von drei Jahren stellte sich im 200 m langen Untersuchungsabschnitt ein Bestand von 344 Individuen ein.

Im RFK war der *Unio crassus*-Bestand durch Bisamfraß (*Ondatra zibethicus*) an einer definierten Probestelle von 200 m Länge von geschätzten 2944 Individuen im Jahr 2002 auf ca. 600 Individuen im Jahr 2005 dezimiert worden. Die Bekämpfung des Bisam ab 2006 führte dazu, dass sich der *Unio crassus*-Bestand bis 2009 auf geschätzte 1138 Individuen beinahe verdoppeln konnte.

Durch Begutachtung der Kiemen innerhalb der Fortpflanzungszeit zeigte sich, dass in beiden Beständen über 40% der Muscheln trächtig waren. Dies weist auf ein ausgewogenes Geschlechterverhältnis und eine hohe Befruchtungsrate hin.

Beide Populationen besitzen eine vitale Altersstruktur mit Jungmuscheln und stellen stabile, sich reproduzierende Bestände dar. Durch Vermessungen der Schale und Wachstumsanalysen wurden in den Beständen ein schnelles individuelles Wachstum und eine verhältnismäßig geringe maximale Lebenserwartung nachgewiesen.

Der Fund von Jungmuscheln belegt, dass die Wasser-, Substrat- und Strukturqualität beider Gewässer für die Fortpflanzung von *Unio crassus* geeignet ist. Ersteres konnte durch physikalisch/chemische Wasseranalysen bestätigt werden.

Durch Stichproben im noch immer kanalisierten Bereich nahe der Probestrecke an der Alten Rench wurde festgestellt, dass die naturnahe Umgestaltung im Probeabschnitt eine Lebensraumaufwertung für *Unio crassus* darstellt.

Im RFK wurde durch eine Elektrofischerei der Fischbestand untersucht. Hierbei wurden vier Wirtsfischarten festgestellt. An 86% der entnommenen Döbel wurden Glochidien gefunden, was zusätzlich auf eine erfolgreiche Reproduktion hinweist.

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass sich *Unio crassus*-Populationen mit hoher individueller Wachstumsrate bei geeigneten Habitatsbedingungen nach Bestandseinbrüchen erholen bzw. wiedereinstellen können. Voraussetzung hierfür ist neben guter Wasser-, Substrat-, und Strukturqualität eine geeignete Wirtsfischfauna. Außerdem muss eine, wenn auch kleine, Spenderpopulation im Gewässer verblieben sein, die den Bestand wieder aufbauen kann.

6 Literatur

- BACH, E. (1980): Ein chemischer Index zur Überwachung der Wasserqualität von Fließgewässern. - Deutsche Gewässerkundliche Mitteilung 4/5; 102-106.
- BAUER, G. (1989): Die bionomische Strategie der Flußperlmuschel. - Biologie in unserer Zeit 3: 69-75.
- BAUER G. (1992): Variation in the life span and the size of the freshwater pearl mussel. - Journal of Animal Ecology 61:425-436.
- BAUER, G. (2001): Factors affecting Naiad Occurrence and Abundance. I: BAUER, G. & WÄCHTLER, K.(HRSG.) (2001): Ecology and Evolution of the Freshwater Mussels Unionoida. - Ecological Studies Vol. 145. – Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- BAUMGÄRTNER, D. & HEITZ, S. (1995): Großmuscheln – Lebensweise, Gefährdung und Schutz. - Arbeitsblätter zum Naturschutz 21: 39 S.
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (Hrsg.) (1992): Kartierung der Bachmuschel (*Unio crassus*) in Bayern (1988-1990). – Materialien des Bayer. Landesamtes f. Wasserwirtschaft Nr. 6 (Februar 1992): 1-34 (Teil I), 5-231 (Probestellenprotokolle 1988), 1-228 (Probestellenprotokolle 1989),5-80 (Probestellenprotokolle 1990), L1-L15 (Anhang).
- BEDNARCZUK, J. (1986): Untersuchungen zu Wirtsfischartenspektrum und Entwicklung der Bachmuschel *Unio crassus*. – Dissertation an der Tierärztlichen Hochschule Hannover. 39 S.
- BISCHOFF, A. I-M. (1987): Ökologische Beziehungen zwischen Fischen und Muscheln. – Dissertation an der Tierärztlichen Hochschule Hannover. 125 S.
- BJÖRK, S. (1962): Investigations on *Margaritifera margaritifera* and *Unio crassus* – Limnologic Studies in Rivers in South Sweden. - Acta Limnologica 4: 1-109.
- BOGAN, A. E. (1993): Freshwater Bivalve Extinctions (Mollusca: Unionoida): A Search for Causes. - American Zoologist, 33: 599-609.
- BRIM-BOX, J., DORAZIO, R. M., et al. (2002): Relationships between streambed substrate characteristics and freshwater mussels (Bivalvia: Unionidae) in Coastal Plain streams - Journal of the North American Benthological Society 21 (2): 253-260.
- BURKHARDT, B. & WALSER, B. (1998): Die Acher- Rench –Korrektion. Umsetzung von Gewässerentwicklungsmaßnahmen in einem Flachgewässersystem. – Gewässerdirektion Südlicher Oberrhein/Hochrhein, Bereich Offenburg, 12 S. + Anhang.
- COLLING, M. (2003): Das Europäische Schutzgebiet NATURA 2000- Ökologie und Verbreitung von Arten der FFH-Richtlinie in Deutschland – *Unio crassus* (PHILIPPSON) – Schriftenreihe für Landschaft u. Naturschutz, Heft 69/ Band 1:649-707.

- ENGEL, S. (1990): Untersuchungen zur Autökologie von *Unio crassus* (PHILIPSSON) in Norddeutschland. - Dissertation Univ. Hannover, 213 S. + Anhang.
- ENGEL, H. (1993): Über das Wanderungsverhalten adulter Süßwassermuscheln *Unio crassus* PHILIPSSON 1788 und *Anodonta anatina* (LINNAEUS 1758). – Schriften Malakozoologie 6: 69-78, Taf. 12.
- FALKNER, G. (1986): Untersuchungen zum Vorkommen und zur Populationsstruktur von *Unio crassus* im Haselbach bei Krumbach (Lkr. Günzburg) als Grundlage künftiger Artenschutzmaßnahmen: 39 S. + Anhang.
- GEYER, D. (1927): Unsere Flussmuscheln und die alten Flussläufe Deutschlands.- Aus der Heimat 40: 363-369.
- Gewässerdirektion Südlicher Oberrhein/Hochrhein Bereich Offenburg (2002): Ökologische Verbesserungsmaßnahmen Alte Rench Gemarkung Mösbach und Renchen Kurzinformation- Alte Rench unterhalb Bannfurter Brücke: 3 S.
- HAAG, W. R. & WARREN, M. L. (1998): Role of ecological factors and reproductive strategies in structuring freshwater mussel communities - Canadian Journal of Fisheries & Aquatic Sciences 55 (2): 297-306.
- HÄBLEIN, L. & STOCKER, H. (1977). Die Weichtierwelt von Bayerisch Schwaben. Berichte der naturforschenden Gesellschaft Augsburg, 110, 72-77.
- HARMS, W. (1908): Die postembryonale Entwicklung von *Unio pictorum* und *Unio tumidus*. - Zoologischer Anzeiger 32: 693-703.
- HOCHWALD, S. (1988): Untersuchungen zur Populationsökologie und Fortpflanzungsbiologie der Bachmuschel *Unio crassus* Phil. 1788 - Universität Diplomarbeit am Lehrstuhl Tierökologie I der Univ. Bayreuth.
- HOCHWALD, S. (1990a): Bestandsgefährdung seltener Muschelarten durch den Bisam (*Ondatra zibethica*) - Schriftreihe Bayerisches Landesamt für Umweltschutz 97: 113-114.
- HOCHWALD, S. (1990b): Populationsparameter der Bachmuschel (*Unio crassus* Phil. 1788) im Sallingbach (Landkreis Kehlheim) - Schriftreihe Bayerisches Landesamt für Umweltschutz 97: 51-59.
- HOCHWALD, S. (1997): Das Beziehungsgefüge innerhalb der Größenwachstums- und Fortpflanzungsparameter bayerischer Bachmuschelpopulationen (*Unio crassus* PHIL. 1788) und dessen Abhängigkeit von Umweltparametern. – Dissertation aus dem Lehrstuhl für Tierökologie I der Univ. Bayreuth, 166 S. + Anhang.
- HOCHWALD, S. & BAUER, G. (1988): Gutachten zur Bestandssituation und zum Schutz der Bachmuschel *Unio crassus* (Phil.) in Nordbayern - Fischer & Teichwirt 12: 366-371.

- HOCHWALD, S. & BAUER, G. (1990): Untersuchungen zur Populationsökologie und Fortpflanzungsbiologie der Bachmuschel *Unio crassus* (PHIL.) 1788 - Schriftreihe Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (Heft 97): 31-50.
- ISRAEL (1913): Biologie der europäischen Süßwassermuscheln. - Stuttgart, (K.G. Lutz), 89 S. und zahlreiche Tafeln.
- JEHLE, R. (1999) Ökologische Verbesserungsmaßnahmen an der Alten Rench-Dokumentation, Gewässerdirektion Südlicher Oberrhein/Hochrhein, Bereich Offenburg: 8 S.
- JUNGBLUTH, J.H. & VON KNORRE, D. (1995): Rote Liste der Binnenmollusken (Schnecken (Gastropoda) und Muscheln (Bivalvia)) in Deutschland. 5. (revidierte und erweiterte) Fassung 1994. – Mitteilung der deutschen Malakozoologischen Gesellschaft 56/57: 1-17.
- LANG, K. (1998): Die Bachmuschel *Unio crassus* (Philipsson 1788) im Niederbach: Bestandsituation, Fortpflanzungsbiologie und Wanderverhalten - Universität Diplomarbeit, Univ. Freiburg, Fachbereich Zoologie.
- LAYZER, J. B. & MADISON, L. M. (1995): Microhabitat Use by Freshwater Mussels and Recommendations for Determining Their Instream Flow Needs - Regulated Rivers-Research & Management 10: 329-345.
- LECHNER, S. (1997): Populationsökologische Untersuchungen der Bachmuschel *Unio crassus* (PHILIPSSON, 1788) im Einzugsgebiet der hessischen Kinzig. –Diplomarbeit am Lehrstuhl Ökologie, Morphologie und Evolutionsbiologie der Univ. Freiburg: 86 S. + Anhang
- LEWANDOWSKI, K. & STANCYKOWSKA, A. (1975): The Occurrence and Role of Bivalves of the Family Unionidae in Mikolajskie Lake, Ekol. Pol. 23/2, S.317-334.
- LfU (Hrsg.) (1995): Muscheln.–München, Text und Konzeption:ÖKON GmbH, Lohhof; 29 S.
- LUBW (2008) Rote Liste und Artenverzeichnis der Schnecken und Muscheln Baden Württembergs - Naturschutz-Praxis Artenschutz 12: 185 S.
- MAAß, S. (1987): Untersuchungen zur Fortpflanzungsbiologie einheimischer Süßwassermuscheln der Gattung *Unio* - Universität Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover. 107 S.
- McCUAIG, J. M. & GREEN, R. H. (1983): Unionid Growth-Curves Derived from Annual Rings - a Baseline Model for Long Point Bay, Lake Erie - Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 40 (4): 436-442.
- MENTZEN, R. (1926): Bemerkungen zur Biologie und Ökologie der mitteleuropäischen Unioniden – Archiv für Hydrobiologie 17: 381-394.

- MILLS, S. C. & REYNOLDS, J. D. (2002): Host species preference by bitterling *Rhodeus sericeus*, spawning in freshwater mussels and consequences for offspring survival - *Animal Behaviour* 63: 1029-1036.
- MUTVEI, H. & WESTERMARK, T. (2001). How Environmental Information Can Be Obtained from Naiad Shells. In: *Ecology and evolution of the freshwater mussels Unionoida*. G. Bauer & Waechtler, K., Springer-Verlag. 367-379.
- NEVES, R. J. & ODOM, M. C. (1989): Muskrat predation on endangered freshwater mussels in Virginia - *Journal of Wildlife Management* 53 (3): 934-941.
- NAGEL, K.-O. (1991): Gefährdete Flussmuscheln in Hessen - 1. Wachstum, Reproduktionsbiologie und Schutz der Bachmuschel (*Bivalvia: Unionidae: Unio crassus*) - *Zeitschrift für angewandte Zoologie* 78: 205-218.
- NAGEL, K.-O. (2002): Muschel, Mensch und Landschaft - *Naturschutz und Landschaftsplanung* 34 (9): 261-269.
- NEGUS C. L. (1966): A quantitative study of the growth and production of unionid mussels in the river Thames at Reading - *Journal of Animal Ecology* 35: 513-532.
- NESEMANN, H. (1993): Zoogeographie und Taxonomie der Muschel-Gattungen *Unio* PHILIPSSON 1788, *Pseudanodonta* BOURGUIGNAT 1877 und *Pseudunio* HAAS 1910 im oberen und mittleren Donausystem (*Bivalvia, Unionidae, Margaritiferidae*). – *Nachrichtenblatt der Ersten Vorarlbergischen Malakologischen Gesellschaft* 1: 4-10.
- PATZNER, R. A. & MÜLLER, D. (2001). Effects of Eutrophication on Unionids. In: *Ecology and evolution of the freshwater mussels Unionoida*. G. Bauer & Waechtler, K., Springer-Verlag. 327-335.
- PFEIFFER, M (2004): Variabilität bionomischer Komponenten bei *Unio crassus* (Philipson 1788)- Diplomarbeit, Universität Freiburg:59 S. + Anhang.
- RIZHINASHVILI, A.L. (2007): On the Relationship between Absolute and allometric Shell Growth in unionid Mussels (*Bivalvia, Unionidae*) from European Russia – *Zooplankton, Zoobenthos and Zooperiphyton* 1: S. 241-247
- RÖCK, S. (2006a): Die *Unio crassus* Population im Rench-Flutkanal- Ein Zustandsbericht- Institut für Landespflege, Universität Freiburg, S.10
- RÖCK, S. (2006b): Bisammanagement und Monitoring der *Unio crassus* Population am Rench-Flutkanal- Institut für Landespflege, Universität Freiburg, S.11
- RÖCK, S. (2008): Naturqualität und Bewertung künstlicher Gewässer am Beispiel zweier Flutkanäle in der Oberrheinebene - *Culterra* 53: 180 S. + Anhang
- RP Freiburg & LFV Baden e.V. (2004): Fischökologisch bedeutende Gewässer im Regierungsbezirk Freiburg. bearb.: U. Mürle u. J. Ortlepp, 67 S., Öschelbronn und Freiburg, 2004.

- SCHMIDT, H. (1990): Entwicklung eines Artenhilfsprogramms für die beiden Großmuschelarten Flussperlmuschel (*Margaritifera margaritifera* L. 1758) und Bachmuschel (*Unio crassus* Phil. 1788) - Schriftreihe Bayerisches Landesamt für Umweltschutz 97: 5-13.
- SIGLE, C. (2001): Variabilität bionomischer Komponenten bei *Anodonta* (LAMARCK 1799) - Diplomarbeit, Universität Freiburg, S. 58 + Anhang.
- VAUGHN, C. (1997): Regional patterns of mussel species distributions in North American rivers - *Ecography* 20 (2): 107-115.
- VICENTINI, H. (2005): Unusual spurting behaviour of the freshwater mussel *Unio crassus* - *Journal of Molluscan Studies* 71: 409-410.
- VANNOTE, R. L. & MINSHALL, W. G. (1982): Fluvial processes and local lithology controlling abundance, structure, and composition of mussel beds – *Proceedings of the National Academie of Science* 79: 4103-4107.
- WÄCHTLER, K., BUDDENSIEK, V. & DETTMER, R. (1989): Das letzte Refugium der Flussperlmuschel. - *Forschung - Mitteilungen der DFG* 3: 20 -21.
- WALFORD, L. A. (1946): A New Graphic Method of Describing the Growth of Animals - *Biological Bulletin* 90 (2): 141-147.
- ZAHNER-MEIKE, E. (2000): Die Gefährdung der großen Süßwassermuscheln durch den Bisam (*Ondatra zibethicus*) – *Mitteilungen des badischen Landesvereins für Naturkunde und Naturschutz* 17 (3): 525-540.
- ZAHNER-MEIKE, E. & HANSON, J. M. (2001). Effect of Muskrat Predation on Naiads. In: *Ecology and evolution of the freshwater mussels Unionoida*. G. Bauer & Waechter, K., Springer-Verlag. 163-184.
- ZETTLER, M. L., KOLBOW, D. & GOSSELCK, F. (1994): Die Unioniden im Warnow-Einzugsgebiet unter besonderer Berücksichtigung der Bachmuschel (*Unio crassus* PHILIPSSON 1788 (Mollusca: Bivalvia).– *Naturschutzarbeit in Mecklenburg-Vorpommern* 37 (2): 30-39.
- ZETTLER, M. L. & JUEG, U. (2001); Die Bachmuschel (*Unio crassus*) in Mecklenburg-Vorpommern – *Naturschutz in Mecklenburg-Vorpommern* 44 (2): 9-16.
- ZETTLER, M. L. & JUEG, U. (2007): The situation of the freshwater mussel *Unio crassus* (PHILIPPSON 1788) in north-east Germany and its monitoring in terms of the EC Habitats Directive – *Mollusca* 25 (2): 165-174.
- ZIMMERMANN, U.; GÖRLACH, J.; ANSTEEG, O.; BÖSSNECK, U. (2000): Bestandstützungsmaßnahme für die Bachmuschel (*Unio crassus*) in der Milz (Landkreis Hildburghausen). – *Landschaftspflege und Naturschutz in Thüringen* 37: 11-16.

Danksagung

Zunächst möchte ich Dr. Sandra Röck für die Bereitstellung dieses angewandten Themas, die Einführung in die Freilandarbeit und das Korrekturlesen meiner Arbeit danken. Sie hatte stets ein offenes Ohr für alle meine Fragen.

Ich bedanke mich bei Prof. Bauer für die Übernahme der Leitung meiner Arbeit und das mehrfache Korrekturlesen.

Bei Caro Sigle möchte ich mich für den Beistand im Labor und die Hilfe bei der Auswertung bedanken.

Ute Schneider-Ritter, Bernd Walser und Felix Kühnemund vom RP Freiburg gaben mir, vor allem zu Beginn der Arbeit, viele hilfreiche Informationen und Tipps. Dafür meinen herzlichsten Dank.

Ein Dank geht auch an Basti, Eirini, Cora und David für ihre Hilfe im Freiland. Außerdem an meine Mutter, Holger, Jupp und Helena für das Korrekturlesen.

Ich danke David, dass er mich durch alle Höhen und Tiefen begleitet und immer wieder aufgebaut hat.

Abschließend danke ich meinen Eltern, die mir das Studium ermöglicht und mich in jeglicher Hinsicht unterstützt haben. Auch durch das Ausleihen ihres PKW, der bei den Aufnahmen zu dieser Arbeit erheblich strapaziert wurde.

Anhang

ANHANG A	II
Physikalisch-chemische Untersuchungen	II
ANHANG B	V
Untersuchung der Fischfauna	V
Artenspektrum Renschflutkanal	V
Glochidienbefall	VI
Spearman Rangkorrelation	VI
ANHANG C	VII
Statistik/Vergleich der Alterstrukturen mit dem χ^2 -Test	VII
ANHANG D	VIII
Statistik/Vergleich der Größenklassen mit dem χ^2 -Test	VIII

Anhang A

Physikalisch-chemische Untersuchungen

Tabelle I: Ergebnisse der physikalisch/ chemischen Gewässeruntersuchungen an der Alten Rench.

Alte Rench								
Datum	Uhrzeit	pH-Wert	Temp. °C	Leitfähigkeit	O ₂ mg/l	O ₂ %	Fließgeschwindigkeit m/s	BSB ₅
14.04.2009	17:41	8,2	14,3	113	11,15	112	0,49	.
22.04.2009	10:00	6,95	12,6	124	10,58	130,7	0,46	.
23.04.2009	11:34	7,11	12,8	132	11,35	109,4	0,64	.
18.05.2009	10:50	6,88	15,5	114	8,92	90,1	0,62	2,76
03.06.2009	18:00	7,82	20,1	166	8,4	94	.	.
17.06.2009	15:00	7,1	17	110	8,03	83,4	0,29	.
09.07.2009	12:09	6,27	14,5	84	8,3	80,2	0,41	2,015
13.07.2009	18:00	7,73	19	122	7,09	77,2	0,47	1,13
16.07.2009	13:10	6,55	17,1	91	7,8	80,3	.	1,49
20.07.2009	17:30	6,95	16,3	98	7,5	76,2	.	1,04
22.07.2009	10:30	6,92	17,2	111	6,81	71,61	0,9	0,33
30.07.2009	11:05	6,81	20,4	162	8,67	95,5	0,22	1,725
05.08.2009	11:15	7,18	19	170	8,95	98,1	0,38	.
18.09.2009	10:25	6,73	17,4	215	5,05	53,3	0,18	.
Mittelwert Ø		7,17	16,60	129,40	8,47	89,43	0,46	1,50

Tabelle II: Ergebnisse der physikalisch/ chemischen Gewässeruntersuchungen am Renchflutkanal.

Renchflutkanal								
Datum	Uhrzeit	pH-Wert	Temp. °C	Leitfähigkeit	O ₂ mg/l	O ₂ %	Fließgeschwindigkeit m/s	BSB ₅
14.04.2009	11:00	7,67	13,50	440,00	9,97	96,60	0,46	.
07.05.2009	09:45	7,70	13,40	482,00	10,53	101,60	0,32	.
13.05.2009	10:45	7,59	16,10	439,00	9,65	99,00	0,34	.
18.05.2009	10:50	7,55	16,00	417,00	7,81	79,60	.	1,28
20.05.2009	10:45	7,63	16,80	452,00	8,92	92,30	2,78	2,85
03.06.2009	10:20	7,80	17,60	449,00	8,52	90,20	.	.
05.06.2009	09:45	7,89	15,00	440,00	8,25	83,10	0,17	1,75
17.06.2009	10:40	7,36	18,20	226,00	7,24	77,10	0,40	.
22.06.2009	09:50	8,00	16,80	394,00	8,62	89,40	0,15	.
29.06.2009	09:30	7,66	20,60	437,00
09.07.2009	13:16	6,07	15,90	95,00	7,41	74,70	0,47	2,21
13.07.2009	13:00	7,68	21,30	367,00	7,92	90,10	.	1,49
16.07.2009	11:30	6,58	16,70	102,00	7,45	76,60	0,54	1,18
20.07.2009	10:35	6,50	15,00	114,00	7,01	69,80	0,88	0,79
22.07.2009	10:20	7,01	19,10	240,00	5,19	57,10	0,10	0,33
30.07.2009	16:21	7,46	22,50	350,00	13,67	157,30	0,17	2,28
05.08.2009	15:30	7,96	22,10	355,00	12,55	144,40	0,33	.
18.09.2009	15:00	7,69	18,40	331,00	7,64	69,90	0,26	.
Mittelwert Ø		7,43	17,5	340,6	8,727	91,11	0,35	1,572

Tabelle III: Analysen der Wasserproben an der Alte Rench.

Alte Rench						
Datum	NH ₄ ⁺ mg/l	Ca mg/l	Cl ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	NO ₂ ⁻ mg/l	P(PMB) mg/l
14.04.2009	0,034	8	8,3	7,4	0,029	0,04
	0,064	11	8,5	8,1	0,028	0,04
22.04.2009	0,097	6	5,9	1,4	0,027	0,07
	0,062	7	5,3	4,6	0,029	0,05
23.04.2009	0,037	15	10,8	7,5	0,036	0,07
	0,034	18	9,9	2,5	0,033	0,06
18.05.2009	0,103	8	8,2	7,3	0,065	0,09
	0,124	11	8,5	8,5	0,066	0,15
03.06.2009	0,117	10	12,5	7,3	0,085	0,12
	0,112	11	12,1	7,6	0,083	0,12
17.06.2009	0,11	17	7,7	5,1	0,079	0,12
	0,101	5	7,5	5,6	0,76	0,1
13.07.2009	0,049	15	8,9	4,3	0,002	0,07
	0,044	16	8,5	3,9	0,004	0,1
16.07.2009	0,044	12	9,8	4,7	0,024	0,07
	0,032	10	10,1	5,7	0,024	0,06
20.07.2009	0,057	8	5,8	6,3	0,021	0,05
	0,069	12	5,8	4,3	0,025	0,06
22.07.2009	0,051	9	7,5	4,6	0,025	0,06
	0,056	8	7,1	4,1	0,028	0,08
30.07.2009	0,082	5	12,4	4,7	0,046	0,07
	0,078	11	12,3	6,5	0,059	0,08
05.08.2009	0,075	15	12,4	4,8	0,046	0,07
	0,076	28	12,2	6,5	0,043	0,07
18.09.2009	0,093	20	18,3	2,6	0,137	0,1
	0,089	30	17,6	1,9	0,136	0,11
Mittelwert Ø	0,075	12,8	9,9	5,1	0,078	0,08

Tabelle IV: Analysen der Wasserproben am Renchflutkanal.

Renchflutkanal						
Datum	NH ₄ ⁺ mg/l	Ca mg/l	Cl ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	NO ₂ ⁻ mg/l	P(PMB) mg/l
14.04.2009	0,027	24	14,1	11	0,038	0,04
	0,032	34	15,6	10,7	0,045	0,1
18.05.2009	0,287	38	13,2	12,3	0,121	0,23
	0,281	33	13,3	8	0,122	0,19
20.05.2009	0,074	57	16	5	0,083	0,06
	0,075	56	16,3	3,7	0,096	0,05
03.06.2009	0,119	40	17,1	6,1	0,055	0,13
	0,082	34	16,6	5,9	0,049	0,1
05.06.2009	0,071	39	15,5	4,2	0,059	0,09
	0,06	44	15,6	5,4	0,06	0,2
17.06.2009	0,054	16	7,8	5,5	0,051	0,12
	0,052	22	7,9	4,3	0,044	0,1
22.06.2009	0,083	70	15,6	0,8	0,023	0,08
	0,075	67	15,7	2,4	0,025	0,02
29.06.2009	0,033	36	15,4	0,4	0,045	0,05
	0,057	53	16	5,9	0,04	0,06
09.07.2009	0,053	8	5,6	1,6	0,063	0,1
	0,051	15	5,7	2,2	0,046	0,08
13.07.2009	0,044	43	15,3	1,5	0,042	0,03
	0,101	36	14,7	1,6	0,034	0,05
16.07.2009	0,05	12	9,3	4,7	0,024	0,07
	0,037	10	10,1	5,7	0,024	0,06
20.07.2009	0,002	4	6,6	3,6	0,036	0,05
	0,013	5	6,7	1,3	0,038	0,05
22.07.2009	0,031	50	9,4	4,1	0,061	0,13
	0,037	48	9,3	4,1	0,069	0,11
30.07.2009	0,042	35	14	0,6	0,07	0,08
	0,043	22	13,5	1,5	0,084	0,09
05.08.2009	0,043	37	14,2	3,2	0,04	0,05
	0,059	41	13,5	2,4	0,065	0,03
18.09.2009	0,026	41	10,8	1,6	0,006	0,05
	0,027	47	12,8	2,1	0,007	0,12
Mittelwert Ø	0,066	34,9	12,6	4,2	0,052	0,09

Anhang B

Untersuchung der Fischfauna

Artenspektrum Renchflutkanal

Tabelle V: Ergebnisse der Elektrofischung: Größenklassen und Artenzusammensetzung am Renchflutkanal.

Art	Wissenschaftlicher Name	Brut	Anzahl innerhalb Größenklassen			
			0 - 5 cm	5 - 10 cm	10 - 20 cm	Gesamt
Bachschmerle	<i>Barbatula barbatula</i>		187	295		482
Barbe	<i>Barbus barbus</i>			5	5	10
Bitterling	<i>Rhodeus sericeus amarus</i>	6	166			172
Döbel	<i>Leuciscus cephalus</i>	8	1	31	13	53
Dreistachliger Stichling	<i>Gasterosteus aculeatus</i>		31	4		35
Elritze	<i>Phoxinus phoxinus</i>			1		1
Gründling	<i>Gobio gobio</i>			142	13	155
Hasel	<i>Leuciscus leuciscus</i>		10	1	2	13
Hecht	<i>Esox lucius</i>			2	4	6
Rotauge	<i>Rutilus rutilus</i>		14	2		16
Schneider	<i>Alburnoides bipunctatus</i>			1		1
Gesamt						944

Glochidienbefall

Tabelle VI: Länge und Höhe und Glochidienzahlen der untersuchten Döbel.

Döbel <i>Leuciscus cephalus</i>		Glochidien		
Länge	Höhe	Flossen	Kiemen	Gesamt
3,44	0,4	.	.	.
3,9	0,5	.	.	.
4,5	0,6	.	.	.
5,1	0,6	.	.	.
5,15	0,7	.	1	1
5,8	0,9	.	3	3
6,05	1	.	2	2
6,1	0,99	.	4	4
6,2	1,3	.	6	6
6,33	1	.	.	.
6,6	1	1	.	1
6,7	1	.	1	1
6,94	1,3	.	1	1
7,2	1,5	1	.	1
7,2	1,4	.	4	4
7,25	1,7	.	5	5
7,3	1,5	.	4	4
7,5	1,55	.	6	6
7,55	1,5	.	7	7
7,66	1,635	.	2	2
7,8	1,94	1	14	15
7,8	1,66	1	7	8
7,8	1,7	.	2	2
7,8	1,76	2	.	2
8	1,7	.	7	7
8,16	2,02	.	10	10
8,2	1,9	.	4	4
8,27	1,9	.	1	1
8,855	1,6	.	6	6
9,2	2	.	.	.
9,3	1,7	.	6	6
9,5	1,66	.	5	5
9,5	1,7	1	11	12
9,85	2,3	1	30	31
10,05	2,2	.	11	11
10,1	2,075	.	4	4
10,2	1,854	1	2	3
10,44	1,99	.	18	18
10,5	2,1	2	15	17
11,4	2,44	2	3	5
13,05	2,44	.	42	42
14,4	2,94	1	.	1
15,1	3,3	1	11	12
15,73	2,3	.	.	.
Gesamt				270

Spearman Rangkorrelation

Tabelle VII: Zusammenhang zwischen Döbellänge und Glochidienzahl, nicht parametrische Korrelationen (Tabelle erstellt mit SPSS).

Korrelationen				
			VAR00003	VAR00004
Spearman-Rho	VAR00003	Korrelationskoeffizient	1,000	,520**
		Sig. (2-seitig)	.	,000
		N	44	44
	VAR00004	Korrelationskoeffizient	,520**	1,000
		Sig. (2-seitig)	,000	.
		N	44	44

** . Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

Anhang C

Statistik/Vergleich der Alterstrukturen mit dem χ^2 -Test

Tabelle VIII: Kreuztabelle, Probestelle 1 entspricht RFK, Probestelle 2 entspricht Alter Rench (Tabelle erstellt mit SPSS).

Probestelle * Alter Kreuztabelle

			Alter							Gesamt
			1-2	3	4	5	6	7	8-1	
Probestelle	1,00	Anzahl	22	169	240	258	150	48	36	923
		% von Probestelle	2,4%	18,3%	26,0%	28,0%	16,3%	5,2%	3,9%	100,0%
		% von Alter	51,2%	77,5%	75,9%	84,0%	79,4%	77,4%	80,0%	78,2%
2,00	Anzahl	21	49	76	49	39	14	9	257	
		% von Probestelle	8,2%	19,1%	29,6%	19,1%	15,2%	5,4%	3,5%	100,0%
		% von Alter	48,8%	22,5%	24,1%	16,0%	20,6%	22,6%	20,0%	21,8%
Gesamt	Anzahl	43	218	316	307	189	62	45	1180	
		% von Probestelle	3,6%	18,5%	26,8%	26,0%	16,0%	5,3%	3,8%	100,0%
		% von Alter	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Tabelle IX: Ergebnisse des χ^2 -Test (Tabelle erstellt mit SPSS).

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	25,851 ^a	6	,000
Likelihood-Quotient	23,051	6	,001
Anzahl der gültigen Fälle	1180		

a. 0 Zellen (,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 9,37.

Anhang D

Statistik/Vergleich der Größenklassen mit dem χ^2 -Test

Tabelle X: Kreuztabelle, Probestelle 1 entspricht RFK, Probestelle 2 entspricht Alter Rench, die Größenklassen wurden in drei Klassen (0-40, 40-50, 50-70 mm) zusammengefasst (Tabelle erstellt mit SPSS).

Probestelle * Größenklassen Kreuztabelle

			Größenklassen			
			0-40	40-5	50-7	Gesamt
Probestelle 1	Anzahl		94	525	303	922
	% von Probestelle		10,2%	56,9%	32,9%	100,0%
	% von Größenklassen		30,2%	92,9%	98,7%	77,9%
2	Anzahl		217	40	4	261
	% von Probestelle		83,1%	15,3%	1,5%	100,0%
	% von Größenklassen		69,8%	7,1%	1,3%	22,1%
Gesamt	Anzahl		311	565	307	1183
	% von Probestelle		26,3%	47,8%	26,0%	100,0%
	% von Größenklassen		100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Tabelle XI: Ergebnisse des χ^2 -Test (Tabelle erstellt mit SPSS).

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	5,624E2	2	,000
Likelihood-Quotient	535,792	2	,000
Anzahl der gültigen Fälle	1183		

a. 0 Zellen (,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 67,73.