



EAWAG

Eine Forschungsanstalt
des ETH-Bereichs



**Der Rote Sumpfkrebs im Schübelweiher
(Gemeinde Küsnacht ZH)**

Situationsanalyse und Vorschläge für Bekämpfungsmassnahmen

April 1997

**Sybille Borner, Theresa Büsser, Rik Eggen, Karl Fent, Andreas Frutiger, Thomas
Lichtensteiger, Rudolf Müller, Stephan Müller, Armin Peter, Hans R. Wasmer**

EAWAG, CH-8600 Dübendorf
Kontaktperson: Yvonne Uhlig, 01 823 53 92

Zusammenfassung

Der Ende der 80er Jahren in die Schweiz eingeschleppte Rote Sumpfkrebs bedroht und verdrängt durch sein aggressives Verhalten einheimische Krebsarten. Er überträgt zudem die Krebspest, ohne selbst davon betroffen zu sein. Er kann auch generell aquatische Ökosysteme beeinflussen. Seine Anpassungsfähigkeit an verschiedene Lebensraumbedingungen ist hoch, er kann z.B. problemlos Trockenperioden von bis zu einem Jahr überdauern. Dies ist auch einer der Hauptgründe, weshalb es bisher weltweit noch nie gelungen ist, ihn vollständig aus einem Gewässer zu eliminieren. Angesichts dieser Schwierigkeit wird man sich darauf beschränken müssen, die Krebspopulation auf einem möglichst tiefen Niveau zu halten. Der vorliegende EAWAG Bericht diskutiert die möglichen Bekämpfungsmassnahmen im Fall des Schübelweiher (Kanton Zürich) und kommt zu folgendem Schluss: «Als insgesamt erfolgreichste und umweltverträglichste Massnahme zur Bekämpfung des Roten Sumpfkrebsses erscheint eine Kombination von intensiver Befischung und Besatz mit Raubfischen.»

Der Rote Sumpfkrebs, welcher vermutlich Ende der 80er Jahre in die Schweiz eingeschleppt wurde, stellt eine Bedrohung für die einheimischen Krebsarten dar. Er kann auch Auswirkungen auf aquatische Ökosysteme haben. Durch sein aggressives Verhalten bedrängt er einheimische Arten und kann sie in einzelnen Gewässern sogar ausrotten. Er überträgt die Krebspest ohne selbst betroffen zu sein. Für einheimische Krebsarten endet die Krebspest praktisch immer tödlich. Heute ist der Rote Sumpfkrebs im Schübelweiher, im Rumensee und in einem Kleingewässer im Kanton Aargau nachgewiesen. Möglicherweise bestehen aber auch in anderen Gewässern kleine Populationen.

Der Rote Sumpfkrebs zeichnet sich durch eine sehr hohe Flexibilität und Anpassungsfähigkeit an seinen Lebensraum aus. Er baut 1–1.5 m lange Wohnröhren, in denen er trotz ungünstiger Verhältnisse (z.B. Trockenheit) bis zu einem Jahr und länger überdauern kann. Dies ist einer der Hauptgründe für seine Überlebensfähigkeit. Weltweit ist keine vollständige Ausrottung dokumentiert. In Fließgewässern und in stehenden Gewässern, die eine gut ausgebildete Population von Raubfischen haben und die eine kiesige Sohle oder keine Pflanzenbestände aufweisen, ist es allerdings wenig wahrscheinlich, dass der Rote Sumpfkrebs eine grosse dominierende Population aufbauen kann.

Heute gibt es in der Schweiz 3 einheimische und 4 eingeschleppte Krebsarten. Der einheimische *Edelkreb*s

weist die grösste Verbreitung auf (er kommt in 18 Kantonen vor), gefolgt vom eingeschleppten *Kamberkreb*s (in 10 Kantonen) und den einheimischen Arten *Dohlenkreb*s (in 9 Kantonen) und *Steinkreb*s (7 Kantone). Die drei eingeschleppten Arten *Galizierkreb*s (8 Kantone), *Signalkreb*s (5 Kantone) und *Roter Sumpfkreb*s (2 Kantone) sind am wenigsten verbreitet. Es wird vermutet, dass die Krebspest in 7 Kantonen vorkommt. Die eingeschleppten Krebsarten, welche die Krebspest übertragen können, stellen somit ein überregionales Problem dar.

Der Rumensee und der Schübelweiher sind als Naherholungs- und als Naturschutzgebiete bedeutungsvoll. Vier geschützte Weichtierarten der Roten Liste konnten bisher im Schübelweiher festgestellt werden. Der Schübelweiher ist im Inventar der Natur- und Landschaftsobjekte von überkommunaler Bedeutung als regionales Objekt aufgeführt und stellt ein wichtiges Amphibienlaichgewässer sowie ein Lebensraum für Libellen und weitere Wasserlebewesen dar. Es ist zu erwarten, dass der Rote Sumpfkrebs sich negativ auf das gesamte Schutzobjekt auswirkt. Die Population des *Roten Sumpfkreb*ses im Schübelweiher wird auf höchstens 10'000 Tiere geschätzt, was eine sehr geringe Besiedlungsdichte (unter 1 Tier/m²) darstellt. Die Nahrung, welche den Krebsen zur Verfügung steht, sowie die vorhandenen Raubfische lassen wahrscheinlich keine grössere Population zu. Die Krebspest kommt mit grosser Wahrscheinlichkeit im Schübelweiher vor.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, um den *Roten Sumpfkreb*s zu bekämpfen:

Chemische Bekämpfung, Trockenlegen des Gewässers (eventuell ergänzt durch Ausbaggern), gezielte Förderung der natürlichen Feinde, intensive Befischung durch den Menschen sowie Bekämpfung mit Lockstoffen. Weil es kaum gelingen kann, den *Roten Sumpfkreb*s gesamtschweizerisch vollständig auszurotten, sind Bekämpfungsmassnahmen grundsätzlich darauf auszurichten, die Populationen auf ein möglichst tiefes Niveau zu reduzieren und dann nachhaltig zu stabilisieren. Damit wird das Auswandern der Krebse über Land, das unter anderem eine Reaktion auf eine zu hohe Besiedlungsdichte im Gewässer darstellt, weitgehend unterbunden. Gleichzeitig wird so auch die Verbreitungsgefahr der Krebspest stark vermindert.

Die **chemische Bekämpfung** ist kostengünstig, hat aber eine Vielzahl von negativen Nebenwirkungen. Die meisten Gliedertiere (Insekten und Kleinkrebse) werden ebenfalls getötet. Die Behandlung muss periodisch wiederholt werden. Die Kenntnisse über die ökotoxikologischen Effekte sind lückenhaft. Das für den Einsatz vorgesehene

Fenthion wird im Wasser nur langsam abgebaut und die Abbaubarkeit im Sediment ist nur ansatzweise bekannt.

Falls der Schübelweiher für mindestens 2 Jahre **trockengelegt** oder nach dem Trockenlegen **ausgebaggert** wird, könnte der *Rote Sumpfkrebs* im Schübelweiher ausgerottet werden. Eine Wiederbesiedlung zu einem späteren Zeitpunkt kann damit aber nicht verhindert werden. Beide Massnahmen gelten als sehr massive, negative Eingriffe in das Ökosystem. Das Ausbaggern ist zudem sehr teuer.

Die Methode der Bekämpfung unerwünschter Krebspopulationen durch den **Einsatz von geeigneten Raubfischen** ist in Europa und Amerika schon mehrfach erfolgreich eingesetzt worden. Für den Schübelweiher eignet sich eine Förderung des Hecht- und Barschbestandes sowie die Einführung von Aalen. Eine solche biologische Bekämpfung weist relativ geringe ökologische Nebenwirkungen auf.

Mit einer **intensiven**, auf den *Roten Sumpfkrebs* ausgerichteten **Befischung**, die genügend rigoros durchgeführt wird, kann die Population praktisch ohne ökologisch nachteilige Nebenwirkungen dezimiert werden. Um sicherzustellen, dass die Zielsetzung erreicht wird, müssen die Fänge unbedingt präzise dokumentiert und die Aktion behördlich überwacht werden.

Wasservögel fressen zwar ab und zu Krebse. Ihre dezimierende Wirkung auf die Krebspopulationen wird aber als gering erachtet.

Über Möglichkeiten, den *Roten Sumpfkrebs* mit **Lockstoffen** zu bekämpfen, wie dies z.B. gegen den Borkenkäfer getan wird, bestehen bisher keinerlei Erfahrungen.

Alle Vor- und Nachteile der dargelegten Bekämpfungsmassnahmen sind gegeneinander abzuwägen. Die Alternativen «Chemische Bekämpfung» und «Trockenlegen des Gewässers» (mit oder ohne Ausbaggerung) sollten nur im Zusammenhang mit einer Sanierung des Schübelweihers weiter diskutiert werden, wenn eine lokale Eliminierung der roten Sumpfkrebse angestrebt werden **muss**. Bei einer isolierten, allein auf die Bestandesreduktion ausgerichteten Zielsetzung lehnt die EAWAG die beiden angeführten Methoden ab.

Die Kombination «Einsatz natürlicher Feinde» zusammen mit «intensiver Befischung» erscheint als Lösung dem Problem angemessen und wahrt die Verhältnismässigkeit der Auswirkungen in andern Bereichen.

Es wird angeregt, jedes weitere Vorgehen wissenschaftlich zu begleiten. Insbesondere sollen die verschiedenen

Populationen (Krebse und Raubfische) bezüglich ihrer Grösse, Altersstruktur und Entwicklung sorgfältig überwacht werden. Damit wird es möglich, die Wirkung der getroffenen Massnahmen zu quantifizieren und gegebenenfalls Korrekturen vorzunehmen. Zudem lassen sich mit einer wissenschaftlichen Überwachung wertvolle Erkenntnisse für zukünftige, vergleichbare Bekämpfungskaktionen gewinnen.

Inhalt

1. Ausgangslage	4
2. Der Rote Sumpfkrebs	5
2.1 Ursprung, kommerzielle Bedeutung und heutige Verbreitung	5
2.2 Biologie des <i>Roten Sumpfkrebse</i>	5
2.2.1 Lebensweise	5
2.2.2 Ernährung	5
2.2.3 Fortpflanzung	5
2.2.4 Ausbreitung	6
2.2.5 Natürliche Feinde des <i>Roten Sumpfkrebse</i>	6
2.3 Mögliche Auswirkungen des <i>Roten Sumpfkrebse</i> auf die Flora und Fauna	6
2.3.1 Auswirkungen auf die Populationen der einheimischen Krebsarten	6
2.3.2 Auswirkungen auf die ökologischen Wechselwirkungen in einem Gewässer	6
2.3.3 Träger von Parasiten	7
3. Krebsvorkommen und Krebspest in der Schweiz	7
3.1 Verbreitung der Krebsarten in der Schweiz	7
3.2 Gefährdung der einheimischen Krebsarten durch die Krebspest	7
4. Der «Fall Schübelweiher»	10
4.1 Der Schübelweiher und der Rumensee	10
4.1.1 Morphologie, Chemie und Physik	10
4.1.2 Heutige Nutzung	10
4.1.3 Bedeutung des Schübelweiher und des Rumensees als Naturschutzgebiete	11
4.2 Die Population des <i>Roten Sumpfkrebse</i> im Schübelweiher	11
4.3 Kommt die Krebspest im Schübelweiher vor?	11
4.4 Rechtslage	11
5. Bekämpfung des Roten Sumpfkrebse	13
5.1 Grundsätzliche Schlussfolgerungen	13
5.2 Möglichkeiten zur Bekämpfung des <i>Roten Sumpfkrebse</i>	13
5.2.1 Chemische Bekämpfung	13
5.2.2 Umgestaltung des Lebensraumes	15
5.2.3 Bekämpfung mit natürlichen Feinden	16
5.2.4 Intensive Befischung mit Reusen	18
5.2.5 Verringerung der Fruchtbarkeit des <i>Roten Sumpfkrebse</i>	18
6. Schlussfolgerungen	19
6.1 Bemerkungen zum weiteren Vorgehen	19
6.2 Umgang mit der Krebspest	19
6.3 Bedeutung der übrigen fremden Krebsarten in der Schweiz, Massnahmen	20
7. Anhang	21
7.1 Tabelle A1	21
7.2 Tabelle A2	22
7.3 Tabelle A3	22
7.4 Report von Prof. Dr. Jay Huner	23

1. Ausgangslage

In der Schweiz leben zur Zeit sieben verschiedene Arten Grosskrebse (Tab. 1). Drei davon, der **Edelkrebs**¹, der **Dohlenkrebs** und der **Steinkrebs** sind bei uns heimisch. Die anderen vier Arten, der **Galizierkrebs**, der **Signalkrebs**, der **Kamberkrebs** und der **Rote Sumpfkrebs** wurden bei uns im Verlaufe der letzten 150 Jahre eingeschleppt. Diese fremden Arten, insbesondere die drei letztgenannten, die alle ursprünglich in Amerika beheimatet waren, stellen für die einheimischen Krebse aus zwei Gründen eine ernsthafte Bedrohung dar:

- Sie können Träger der sog. Krebspest (eine für die einheimischen Krebsarten in der Regel tödlich verlaufende Pilzkrankheit) sein, gegen die sie selber in hohem Masse resistent sind. Sie stellen daher einen Vektor für diese Krankheit dar (für mehr Information zur Krebspest siehe Kapitel 3).
- Die eingeschleppten Arten, v.a. der **Rote Sumpfkrebs**, weisen ein ausgesprochen aggressives Verhalten auf. Der **Rote Sumpfkrebs** z.B. greift spontan andere Tiere, auch Krebse anderer Arten und eigene, schwächere Artgenossen, an und tötet sie. Beim Wettbewerb um dieselbe Beute geht er praktisch immer als Sieger hervor. Mit diesem aggressiven Verhalten werden die einheimischen Arten bedrängt. Wird die Population des **Roten Sumpfkrebses** zu gross, werden die anderen Krebsarten lokal sogar ausgerottet.²

1995 wurde erstmals der **Rote Sumpfkrebs** im Schübelweiher und im Rumensee (Gemeinde Küsnacht, Kanton Zürich) nachgewiesen. Es ist davon auszugehen, dass diese Population mit der Krebspest infiziert ist. Sie stellt somit eine ernste Bedrohung für die Populationen der einheimischen Krebsarten in den umliegenden Gewässern wie auch generell der aquatischen Ökosysteme dar.

Die Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (EAWAG) befasst sich schon seit langem mit der Problematik der bei uns eingeführten, fremden Fischarten (z.B. *Regenbogenforelle*, *Namaycush*, *Graskarpfen*). Die Bundesgesetzgebung verlangt, dass diese fremden Fischarten nicht in unsere Gewässer gehören. Das nun aktuelle Problem des **Roten Sumpfkrebses** ist damit wesensverwandt. Daher hat sich die EAWAG entschlossen, zum Problem **Roter Sumpfkrebs** die bis heute zur Verfügung stehenden wissenschaftlichen Kenntnisse zusammenzutragen und diese mit den Fischerei- und Jagdverwaltung des Kantons Zürich zu diskutieren als Entscheidungsgrundlage für deren weiteres Vorgehen beim Schübelweiher. Die Information soll auch anderen Interessierten zur Verfügung stehen.

Krebsart	einheimisch?	resistent gegen Krebspest?
<i>Edelkrebs</i>	ja (vgl. Fussnote 1)	nein
<i>Dohlenkrebs</i>	ja	nein
<i>Steinkrebs</i>	ja	nein
<i>Galizierkrebs</i>	nein	nein
<i>Signalkrebs</i>	nein	nicht vollständig
<i>Kamberkrebs</i>	nein	ja
<i>Roter Sumpfkrebs</i>	nein	ja

Tab. 1: Herkunft der verschiedenen Krebsarten und deren Resistenz gegenüber der Krebspest.

Der Bericht ist folgendermassen strukturiert: Zuerst geht es darum, das Problem zu definieren (Kapitel 2 bis 4). Dies geschieht, indem einerseits alle relevanten Fakten zur Biologie des **Roten Sumpfkrebses** sowie zur Krebspest wiedergegeben werden, und andererseits die aktuelle Verbreitungssituation des **Roten Sumpfkrebses** und der **Krebspest** dargestellt wird und die Bedrohung, die sich daraus für die einheimische Flora und Fauna ergibt, abgeschätzt wird. Auf der Basis dieser Grundlagen wird anschliessend (Kapitel 5.1) erläutert, welche Zielsetzungen angestrebt werden sollen. Danach werden verschiedene Massnahmen beschrieben, mit denen diese Zielsetzungen zu erreichen wären (Kapitel 5.2). Jede Variante wird bezüglich ihrer Vor- und Nachteile sowie ihrer Erfolgsaussichten diskutiert. Im letzten Teil werden die Schlussfolgerungen, die sich daraus ergeben, formuliert und es wird dargestellt, welches Vorgehen zur Bekämpfung des **Roten Sumpfkrebses** aus naturwissenschaftlicher und ökologischer Sicht zu empfehlen ist (Kapitel 6).

Im Bericht werden ausschliesslich die in der Umgangssprache gebräuchlichen Artnamen verwendet (*kursiv* geschrieben). Die entsprechenden wissenschaftlichen Namen sind im Anhang zusammengefasst (Tabelle A1). Ebenfalls im Anhang findet sich eine Zusammenstellung der Auswertung wissenschaftlicher Publikationen über Wechselwirkungen zwischen Fischen und Krebsen (Tabelle A2 und A3). Des weiteren findet sich im Anhang ein englischer Bericht von Prof. Dr. J. Huner³.

¹ Der **Edelkrebs** wurde schon im Mittelalter (als begehrte Delikatesse) in ganz Mitteleuropa verbreitet (Jean-Richard & Keller, 1994). Sein ursprüngliches Verbreitungsgebiet ist nicht bekannt. Er wird heute aber allgemein als einheimische Art betrachtet.

² Der aktuelle Wissenstand, inwieweit fremde Krebsarten in der Lage sind, die einheimischen Arten zu verdrängen, lässt eine eindeutige Beantwortung dieser Frage nicht zu. Das Problem wird zur Zeit an der Universität Zürich von Thomas Stucki im Rahmen einer Dissertation wissenschaftlich untersucht. Bis diese Frage hinreichend sicher geklärt ist, ist bei allenfalls zu treffenden Massnahmen aus Sicherheitsgründen davon auszugehen, dass die fremden Krebsarten, v.a. weil sie Träger der Krebspest sein können, eine ernsthafte Bedrohung für die einheimischen Krebsarten darstellen.

³ Prof. Huner, ein anerkannter Sumpfkrebs-Spezialist von Louisiana, wurde von der EAWAG eingeladen und verbrachte im Dezember 1996 eine gute Woche an der EAWAG.

2. Der Rote Sumpfkrebs

2.1 Ursprung, kommerzielle Bedeutung und heutige Verbreitung

Der *Rote Sumpfkrebs* stammt aus dem nordöstlichen Mexiko und dem südlichen Zentralamerika, wo er seit Menschengedenken eine geschätzte Delikatesse der dort lebenden Bevölkerung darstellt. In einigen Südstaaten der USA, z.B. Louisiana, wird er seit den 40er Jahren kommerziell gezüchtet.

Vorwiegend aus kommerziellen Gründen wurde der *Rote Sumpfkrebs* seither in verschiedene Teile der Erde, v.a. aber nach Asien und Europa, exportiert und dank seiner grossen Anpassungsfähigkeit und Konkurrenzstärke jeweils sehr erfolgreich angesiedelt. In **Europa** sind zur Zeit Vorkommen in folgenden Ländern bekannt: Portugal, Spanien, Italien, Frankreich, Deutschland, Holland, Grossbritannien, Schweiz.

2.2 Biologie des Roten Sumpfkrebse

2.2.1 Lebensweise

Der *Rote Sumpfkrebs* gehört, wie unsere einheimischen Grosskrebse, zur Ordnung der Zehnfusskrebse. Im Gegensatz zu den einheimischen Krebsen, die ausschliesslich in permanenten, stehenden und fliessenden Gewässern leben⁴, bevorzugt der *Rote Sumpfkrebs* stehende Gewässer, die periodisch trockenfallen. Die Tiere graben einfache oder verzweigte Wohnröhren, deren Ende zu Kammern erweitert werden. Die Bauten werden in der Uferzone der Gewässer angelegt (Abb. 1). In periodischen Gewässern werden diese Röhren vertikal gebaut, in permanenten Gewässern dagegen horizontal. Die Wohnröhren adulter Tiere sind etwa 1 bis 1.5 m tief bzw. lang, jene der jüngeren Tiere sind kürzer bzw. weniger tief. Ausserhalb der Trockenzeit verbringen die *Roten Sumpfkrebse* den Tag im Bau oder in anderen Verstecken. In der Dämmerung bzw. nachts verlassen sie diese und gehen auf Nahrungssuche. Weibchen mit Eiern verlassen die Wohnröhren kaum, deshalb können ab Mitte April Weibchen mit Eiern nur gelegentlich beobachtet werden.

Zu Beginn der Trockenzeit ziehen sich die Tiere in ihren Bau zurück und verschliessen diesen. Wenn sich im Bau kein freies Wasser befindet, überleben adulte Tiere bei



Abb. 1: Eingänge der Wohnröhren des Roten Sumpfkrebse. Bei einem Rundgang im Dezember 1996 wurden am Ufer des Schübelweihers an zwei Stellen derartige Eingänge entdeckt (Foto: A. Frutiger).

20–25 °C mindestens fünf bis sechs Monate. Bei niedrigeren Temperaturen und 100% Luftfeuchtigkeit kann die Überlebenszeit aber auch 1 Jahr oder noch länger betragen. Die Überlebenszeit der juvenilen Tiere ist kürzer als diejenige der adulten.

2.2.2 Ernährung

Der *Rote Sumpfkrebs* ist ein Allesfresser. Ganz junge, frisch geschlüpfte Krebse ernähren sich von Plankton, während die grösseren Tiere vor allem abgestorbenes, mit Mikroorganismen besiedeltes Pflanzenmaterial (z.B. Fallaub) und Kleinlebewesen (z.B. Insektenlarven, Schnecken, Würmer) fressen. Aber auch frisches Pflanzenmaterial wird von ihnen nicht verschmäht. Es ist sogar möglich, dass sie dabei ganze Pflanzenbestände eliminieren (Feminella & Resh, 1989). Dies ist allerdings v.a. auf das Abklemmen der Pflanzenstengel zurückzuführen und weniger darauf, dass die Wasserpflanzen effektiv gefressen werden (Ilhéu & Bernardo, 1994).

2.2.3 Fortpflanzung

Die Fortpflanzung des *Roten Sumpfkrebse* zeichnet sich durch eine ausgesprochen hohe Flexibilität aus. Diese stellt eine wesentliche Voraussetzung dafür dar, dass er in seinem ursprünglichen Lebensraum (temporäre, stehende Gewässer) überhaupt überleben kann. So schwankt z.B. die Grösse, bei der die Tiere geschlechtsreif werden, zwischen 4 und 12 cm (dies entspricht einem Gewicht von 3 bis 60 g). Die Grösse und der Zeitpunkt, bei denen die Geschlechtsreife erreicht wird, hängt stark von den herrschenden Umweltbedingungen ab. Unter günstigen Bedingungen (z.B. in Louisiana, USA) produziert ein im Juni geschlüpftes Krebsweibchen bereits im September des gleichen Jahres Eier. Dies trifft auch auf Populationen in Spanien zu (Guerra & Niño, 1990). Zur Vermehrungsrate der *Roten Sumpfkrebse* in der Schweiz liegen keine Angaben

⁴ Der *Steinkrebs* besiedelt nur fliessende Gewässer, während der *Edelkrebse* und der *Dohlenkrebse* in stehenden und fliessenden Gewässern gefunden werden.

vor. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass sich die Tiere wegen der hier herrschenden, niedrigeren Temperaturen deutlich langsamer entwickeln und höchstens eine Generation pro Jahr produzieren.

Je nach Alter und Umweltbedingungen produziert ein Weibchen pro Reproduktionszyklus zwischen 40 und 900 Eier. Die Jungen schlüpfen bei einer Temperatur von 20 °C nach ca. 25 Tagen (Sukô, 1956) im Bau der Mutter, wo die kräftigeren Jungtiere sogleich ihre schwächeren Geschwister auffressen (Hasiotis, 1990). Das Geschlechtsverhältnis beträgt normalerweise etwa 1:1. Die *Roten Sumpfkrebse* werden nicht älter als 2 bis 3 Jahre.

Die Populationsdichte des *Roten Sumpfkrebse*s kann je nach Umweltbedingungen und Nahrungsangebot in einem weiten Bereich variieren und bis zu 20 Tiere pro m² betragen. Die Dichte wird wesentlich durch die Anzahl der grössten in der Population lebenden Männchen kontrolliert (Figler et al., 1995; Huner, mündl. Mitteilung, 1996). Fällt dieser Kontrollfaktor weg, was bei einer selektiven Befischung der Krebspopulation mit Reusen der Fall sein kann, bewirkt dies eine Zunahme an reproduzierenden Krebsen, was im Endeffekt zu einer grösseren Population mit jedoch vergleichsweise kleineren Individuen führt.

2.2.4 Ausbreitung

Wenn die «Tragfähigkeit» des Lebensraumes (quasi das «Fassungsvermögen» (Odum, 1991), in der wissenschaftlichen Literatur meist mit «Carrying Capacity» bezeichnet) überschritten wird, d.h. wenn das verfügbare Futter den Bedarf der Population nicht mehr zu decken vermag, oder wenn die Besiedlungsdichte so hoch wird, dass sie zu Platzmangel führt, verlassen die Krebse ihr Gewässer auf der Suche nach Nahrung oder einem neuen Lebensraum. Daneben finden auch spontane Wanderungen statt, die der Verbreitung dienen. Wanderungen gibt es v.a. im Sommer bei feuchter Witterung.

2.2.5 Natürliche Feinde des *Roten Sumpfkrebse*s

Als natürliche Feinde des *Roten Sumpfkrebse*s sind in erster Linie gewisse Raubfische (nur in permanenten Gewässern) und eventuell Wasservögel zu nennen. In permanenten Gewässern, die keine dichten Pflanzenbestände (Refugialräume) aufweisen, vermögen räuberische Fische die Entstehung einer grossen Population des *Roten Sumpfkrebse*s wirkungsvoll zu verhindern. Wasservögel stellen für die Krebse v.a. während der terrestrischen Wanderungen eine Gefahr dar. Tauchende Wasservögel und Reiher können gelegentlich auch Krebse im Wasser erbeuten. Der Einfluss von Wasservögeln auf die Populationsentwicklung ist allerdings nicht dokumentiert und dürfte eher von untergeordneter Be-

deutung sein (detailliertere Angaben zum Einfluss der Fische und Vögel auf die Populationen des *Roten Sumpfkrebse*s finden sich im Kapitel 5.2.3).

2.3 Mögliche Auswirkungen des *Roten Sumpfkrebse*s auf die Flora und Fauna

2.3.1 Auswirkungen auf die Populationen der einheimischen Krebsarten

Der *Rote Sumpfkrebs* ist den einheimischen Krebsen aus mehreren Gründen überlegen:

- Bei einer direkten Begegnung zwischen einem *Roten Sumpfkrebs* und einem einheimischen Krebs ist der *Rote Sumpfkrebs* dank seiner aggressiveren Verhaltensweise überlegen.
- Da die einheimischen Krebse selbst keine Röhren (Verstecke) bauen, sind sie auf bereits vorhandene Strukturen als Unterschlupf angewiesen. Der *Rote Sumpfkrebs* hingegen kommt ohne derartige Strukturen aus. Dies gilt allerdings nur, wenn der Untergrund genügend Lehm enthält, so dass die Wohnröhren beim Bau nicht kollabieren.
- Seine Resistenz gegenüber der Krebspest ermöglicht ihm das Überleben auch in Gewässern, in denen die Krebspest vorhanden ist, während die einheimischen Krebsarten dort aussterben. Zudem ist er oft selbst Träger dieser Krankheit und damit in der Lage, indirekt eine Population einheimischer Krebse in kurzer Zeit zu vernichten.

Daraus ergibt sich, dass der *Rote Sumpfkrebs* in einem stehenden Gewässer, das einen für ihn einigermaßen geeigneten Untergrund aufweist (d.h. genügend lehmhaltig ist), und in dem keine Raubfische vorkommen, nach einer gewissen Zeit die anderen Krebsarten verdrängen wird. Dagegen ist in Gewässern mit kiesigem oder sandigem Untergrund sowie in Fliessgewässern eine Dominanz des *Roten Sumpfkrebse*s wenig wahrscheinlich.

2.3.2 Auswirkungen auf die ökologischen Wechselwirkungen in einem Gewässer

Der *Rote Sumpfkrebs* gehört, wie alle Zehnfusskrebse, verschiedenen trophischen Stufen an. Dies bedeutet, dass er gleichzeitig ein Primärkonsument (Pflanzenfresser), ein Räuber (Sekundär- oder Tertiärkonsument) und ein Verwerter von abgestorbenem Material (Destruent) ist (Momot, 1978). Diese vielseitige Ernährungsweise bringt es mit sich, dass Krebse andere Tierarten auf sämtlichen trophischen Stufen konkurrenzieren. Wie komplex die trophischen Beziehungen in einem Teich sein können, zeigt z.B. die Tatsache, dass Fische und Krebse gleichzeitig in Konkurrenz um dieselbe Nahrung stehen, sich aber auch direkt gegenseitig kontrollieren, indem die

Krebse Fischeier und junge oder tote Fische fressen, während grosse Fische wiederum den Jungkrebse zusetzen. *Rote Sumpfkrebse* fressen auch Amphibien und deren Laich.

Da Krebse auch Destruenten sind, beschleunigen sie den Abbau von totem, organischem Material (Detritus), was die Rezyklierung der Nährstoffe (z.B. Phosphor) fördert und damit die Produktivität eines Gewässers erhöhen kann. Bei einem Mangel an Detritus weichen die Krebse auf submerse (untergetauchte, wurzelnde Wasserpflanzen) oder semiaquatische Pflanzen oder auf Landpflanzen aus (Ilhéu & Bernardo, 1994). Durch das Abweiden von Pflanzenbeständen beeinflussen Krebse deren Artzusammensetzung und Diversität. Vom *Roten Sumpfkrebs* ist bekannt, dass er in gewissen Fällen den Bestand der Wasserpflanzen in seinem Gewässer vollständig entfernt hat (Feminella & Resh, 1989). Durch diese Weidetätigkeit wirken die Krebse dem Verlanden der Weiher entgegen (Spitz, 1972).

2.3.3 Träger von Parasiten

Wenn Gewässer mit Krebsbeständen in Naherholungsgebieten liegen, ist nicht auszuschliessen, dass Menschen oder Haustiere (v.a. Hunde) mit Krebsen in Kontakt kommen. Zudem werden einige Krebsarten (*Edelkrebs*, *Roter Sumpfkrebs*) als Delikatesse geschätzt. Weil alle Krebsarten (Decapoda) Träger von potentiell pathogenen Saugwürmern sein können, sollten Krebse, gleich welcher Art, keinesfalls roh gegessen werden. Entsprechend ist auch möglichst zu verhindern, dass z.B. Hunde, die einen Krebs erwischt haben, diesen fressen. Es ist in dieser Hinsicht besonders wichtig, dass die lokale Bevölkerung über diesen Umstand aufgeklärt wird.

3. Krebsvorkommen und Krebspest in der Schweiz

3.1 Verbreitung der Krebsarten in der Schweiz

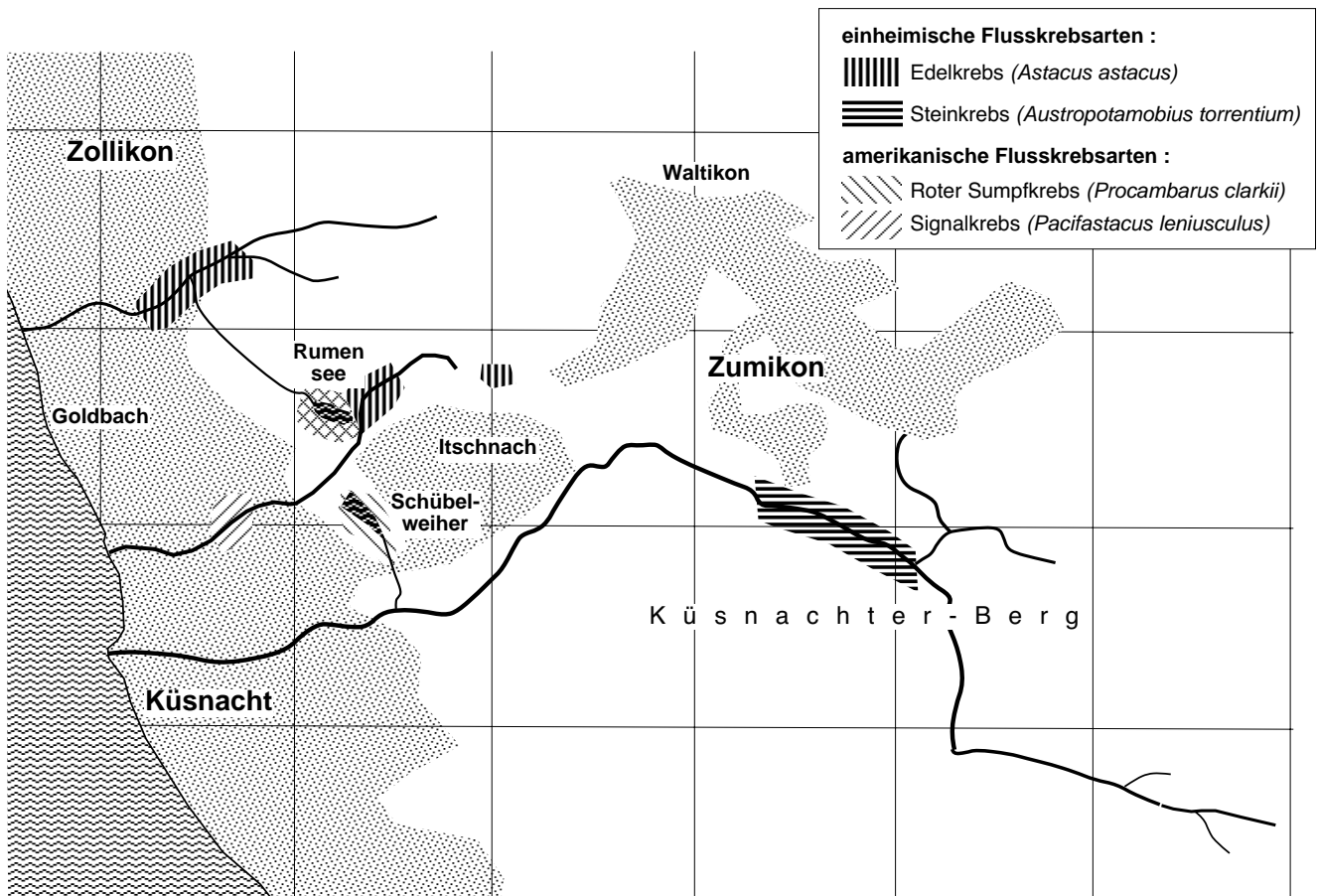
In der Tabelle 2 ist zusammengestellt, in welchen Kantonen welche Krebsarten leben. Da die Krebsvorkommen (noch) nicht in allen Kantonen systematisch erfasst wurden, ist es durchaus möglich, dass in einzelnen Kantonen noch weitere Krebsarten gefunden werden. Nachgewiesen sind Populationen des *Roten Sumpfkrebse* in Mellingen (Kanton Aargau), im Schübelweiher und im Rumensee, und ein Einzelfund im Katzensee (Kanton Zürich). Eine Übersicht über die Vorkommen der verschiedenen Krebsarten im Gebiet des Schübelweiher und des Rumensees zeigt die untenstehende Karte 1 (Stucki, 1996).

Im Zürichsee, in dem auch der *Galizierkrebs* vorkommt, wurden bis anhin keine *Roten Sumpfkrebse* nachgewiesen. Trotzdem kann nicht ganz ausgeschlossen werden, dass es dort bereits eine sehr kleine Population des *Roten Sumpfkrebse* gibt, die aber nur sehr schwer zu entdecken ist. Die Gefahr, dass er im Zürichsee eine starke Population aufbauen wird und sich von dort aus weiter ausbreitet, ist allerdings als gering einzuschätzen. Im Einzugsgebiet des Zürichsees gibt es jedoch analog dem Schübelweiher weitere Lebensräume (verschiedene Buchten im Frauenwinkel und der Kempratnerbucht, verschiedene Stauhaltungen der Limmat etc.) mit geeigneten Lebensraumverhältnissen, in denen der *Rote Sumpfkrebs* überleben kann. Der *Rote Sumpfkrebs* kann in permanenten Gewässern eine starke Population entwickeln, wenn keine Raubfische vorhanden sind oder ausgedehnte, dichte Wasserpflanzenbestände den Krebsen als Verstecke gegen die Predation dienen. Beide Bedingungen treffen für den Zürichsee nur vereinzelt zu.

3.2 Gefährdung der einheimischen Krebsarten durch die Krebspest⁵

In Europa tauchte die Krebspest 1880 erstmals in Italien auf. Von dort verbreitete sie sich durch Fischtransporte und touristische Aktivitäten in ganz Europa. Da alle drei in der Schweiz heimischen Krebsarten gleichermassen anfällig sind für die Krebspest, wurden deren Bestände zwischen 1880 und 1900 stark dezimiert. Seither haben

⁵ Die in diesem Abschnitt gemachten Aussagen sind, wo nichts anderes vermerkt, das Resultat eines Gesprächs mit dem renommierten Krebspest-Spezialisten Kenneth Söderhäll, Uppsala University, im Januar 1997.



Karte 1: Verbreitung der verschiedenen Krebsarten im Gebiet des Schübelweihers und des Rumensees (nach Stucki, 1996). Nach Meinung der Fischerei- und Jagdverwaltung befinden sich im Schübelweiher noch andere Krebsarten.

sie sich wieder erholt, obwohl immer wieder Fälle von Krebspest auftauchten. (BUWAL & Bundesamt für Veterinärwesen, 1989). In der Tabelle 2 ist zusammengestellt, wo die Krebspest in den letzten Jahren aufgetreten ist.

Der Erreger der Krebspest ist ein Pilz. Er kann mit dem fließenden Wasser sowie von wandernden Tieren (Krebse, Fische) und vom Menschen verbreitet werden.⁶ Wird eine Krebspopulation mit der Krebspest infiziert, führt dies je nach Umweltbedingungen und Sporenkonzentration meist innerhalb weniger Tage bis Wochen zum Tod aller Tiere dieser Population (Unestam & Weiss, 1970). Etwa eine bis zwei Wochen nach dem Zusammenbruch der Krebspopulation stirbt auch der Pilz aus, da er über kein Dauerstadium verfügt und nur auf Zehnfusskrebse überleben kann. Kommen aber neben einheimischen Krebsen auch fremde, resistente Krebsarten im entsprechenden Gewässer vor, ermöglichen diese das Überleben und damit die dauerhafte Anwesenheit des Pilzes im Gewässer.

ständiges Einwandern derselben wieder aufgebaut werden. In der Schweiz gelang dies zum Beispiel im Kanton Thurgau (pers. Mitteilung von A. Krämer, Fischereiverwalter, Kt. TG). Fürst (1990) hält allerdings fest, dass der Aufbau einer Edelkrebspopulation nach einem Ausbruch der Krebspest nur selten gelingt. Als Grund dafür wird vermutet, dass meistens einige Krebse und damit auch der Pilz überleben. Aus Schweden ist bekannt, dass sich kleine, mit der Krebspest infizierte Edelkrebspopulationen selbständig wieder erholen können, dass sie aber von der Krankheit jeweils wieder dezimiert werden, sobald die Population eine gewisse Grösse erreicht hat. Dieses «dynamische Gleichgewicht» scheint einigermassen stabil zu sein, jedenfalls wird es bereits seit Dutzenden von Jahren beobachtet.

⁶ Die Verbreitung durch den Menschen (Fischer) kann verhindert werden, indem Gerätschaften und Kleidung gut – am besten an der Sonne – getrocknet werden. Die Sporen und das Mycel sterben nach 30 Stunden bei 30 °C resp. nach 48stündigem Trocknen ab. (Smith & Söderhäll, 1984).

Kanton	Im Kanton nachgewiesene Krebsarten	Gewässer, Jahr und von der Pest betroffene Krebsart	Nachweis der Krebspest erbracht durch
Aargau	<i>Edelkrebs, Dohlenkrebs, Steinkrebs, Galizierkrebs, Signalkrebs, Roter Sumpfkrebs, evtl. Kamberkrebs</i>	Sins 1986, Hallwilersee 1995–96	Uni Bern
Appenzell Ausserrhoden	keine Krebsvorkommen bekannt	in den letzten Jahrzehnten keine Fälle	–
Appenzell Innerrhoden	<i>Edelkrebse</i>	keine	–
Baselland	<i>Edelkrebs, Steinkrebs</i>	keine	–
Baselstadt	<i>Edelkrebs</i>	–	–
Bern	<i>Edelkrebs, Dohlenkrebs, Kamberkrebs</i> (früher wahrscheinlich auch <i>Steinkrebs, Galizierkrebs</i> kommt seit 1986 nicht mehr vor)	Burgseeli: 1986, Galizierkrebs (Wiederbesatz mit <i>Edelkrebsen</i>). Burgseeli 1995 (Wiederaufbau läuft)	Uni Bern, 1986 eindeutig Krebspest, 1995 sehr wahrscheinlich wiederum Krebspest
Fribourg	<i>Edelkrebs, Kamberkrebs</i>	einzelne Fälle vor 1994	–
Genf	Genfersee: Galizierkrebs, Kamberkrebs, Signalkrebs ; sonst keine bekannt	–	–
Glarus	<i>Edelkrebs</i>	–	–
Graubünden	<i>Edelkrebs, Dohlenkrebs, Galizierkrebs</i>	keine	–
Jura	<i>Edelkrebs, Dohlenkrebs, Kamberkrebs</i>	evtl. 1 Fall 1995	–
Luzern	<i>Edelkrebs, Dohlenkrebs, Steinkrebs</i>	Zufluss zur Wigger 1991, <i>Dohlenkrebse</i>	FUS
Neuenburg	<i>Dohlenkrebs, Kamberkrebs</i> (Neuenburgersee)	–	–
Nidwalden	keine Krebsvorkommen bekannt	keine	–
Obwalden	Bestandesaufnahme vorgesehen.	keine	–
Schaffhausen	<i>Edelkrebs, Steinkrebs</i>	seit 1977 keine Fälle	–
Schwyz	<i>Edelkrebs, Kamberkrebs</i>	keine	–
Solothurn	–	–	–
St. Gallen	<i>Edelkrebs, Steinkrebs, Galizierkrebs</i>	möglicherweise 1989 in der Nähe der Hüttwiler Weiher (Kt. TG), sonst seit mindestens 19 Jahren nicht mehr.	Nein
Tessin	<i>Dohlenkrebs, Kamberkrebs</i> , evtl. weitere Arten	keine	–
Thurgau	<i>Edelkrebs, Steinkrebs, Galizierkrebs</i>	in allen 5 Hauptwiler Weihern, 1987/88. 1990 Besatz mit <i>Edelkrebsen</i> , heute starker Bestand; Aach, unterhalb von Amriswil, 1991	FUS FUS
Uri	<i>Edelkrebs</i>	keine	–
Waadt	<i>Edelkrebs, Dohlenkrebs, Galizierkrebs, Kamberkrebs, Signalkrebs</i>	in den 90er Jahren in der Flon d'Oron <i>Dohlenkrebse</i> . Die Population baut sich selbst wieder auf.	Uni Bern
Wallis	<i>Edelkrebs, Dohlenkrebs, Galizierkrebs, Kamberkrebs, Signalkrebs</i>	keine	–
Zug	<i>Edelkrebs, Steinkrebs, Galizierkrebs</i>	Zugersee 1996, Galizierkrebse	Uni Bern
Zürich	<i>Edelkrebs, (Dohlenkrebs), Steinkrebs, Roter Sumpfkrebs, Signalkrebs</i>	In den vergangenen Jahren in verschiedenen Gewässern: Schübelweiher, Rumensee, Türlensee, Husermersee, Katzensee, Waldweiher (Gattikon), Sternenweiher (Wädenswil)	alle Fälle Uni Bern Für den Schübelweiher existiert keine aktuelle Untersuchung

Tab. 2: Übersicht über die Krebsvorkommen und die von der Krebspest betroffenen Gewässer und Krebsarten (die eingeschleppten Arten sind mit *Fettschrift* hervorgehoben). Die Tabelle beruht auf einer Umfrage bei den kantonalen Fischereiverwaltungen. Da systematische Erhebungen z.T. fehlen, ist die Tabelle nicht vollständig.

4. Der «Fall Schübelweiher»

4.1. Der Schübelweiher und der Rumensee

4.1.1 Morphologie, Chemie und Physik

Sowohl der Rumensee als auch der Schübelweiher befinden sich auf dem Gebiet der Gemeinde Küsnacht, Kanton Zürich. Der Schübelweiher wurde 1846, der Rumensee 1723 angelegt. Beide dienten als Eisweiher und als Ausgleichsbecken für Industriebetriebe resp. eine Mühle (pers. Mitteilung von Herrn Rot, Gemeindeverwaltung Küsnacht). In der Tabelle 3 sind wichtige Daten zur Morphologie, Chemie und Physik beider Gewässer zusammengefasst. Die angeführten Daten dürften nach Aussage der Fischerei- und Jagdverwaltung nur noch bedingt auf die heutigen Verhältnisse übertragen werden.

Der **Rumensee** befindet sich etwas oberhalb des Schübelweihers und grenzt an einen Wald. Er ist von Schilf umsäumt, beherbergt aber keine wurzelnden, untergetauchten Wasserpflanzen. Der Rumensee wird mit Wasser aus dem Kusenbach gespiesen und entwässert auch wieder in diesen. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, das Rumenseewasser in den Salsterbach abzuleiten. Beide Bäche münden in den Zürichsee.

Der **Schübelweiher** liegt in einer Senke in landwirtschaftlich genutztem Gebiet. Schilfbestände und die Einzel-

bäume am Ufer des Schübelweihers lassen einen parkartigen Eindruck entstehen. Zwischen den teilweise freiliegenden Wurzeln von Bäumen, die am Ufer stehen, finden die Krebse, insbesondere die kleinen, gute Verstecke. Wie im Rumensee gedeihen auch im Schübelweiher keine wurzelnden, untergetauchten Wasserpflanzen. Der Schübelweiher wird vom Kusenbach gespiesen. Sein Ausfluss mündet in den Küsnachter Dorfbach, der ebenfalls in den Zürichsee fliesst.

Der Bachabschnitt zwischen der Fassungsstelle der Rumensee-Zuleitung und der Mündung des Abflusses führt während längeren Trockenperioden wenig oder gar kein Wasser. Die tiefer gelegene Fassungsstelle des Schübelweihers enthält daher zum grössten Teil Wasser aus dem Rumensee (Hürlimann & Schanz, 1988). Die erwähnte Verbindung zwischen dem Rumensee und dem Schübelweiher wurde Ende letzten Jahres vorläufig unterbrochen.

4.1.2 Heutige Nutzung

Beide Weiher werden vom Pächter fischereirechtlich genutzt. In den vergangenen Jahren wurden folgende Fischarten gefangen: *Hecht, Karpfen, Rotfeder, Schleie, Blikke, Barsch*.

Der Schübelweiher und der Rumensee sind mit Spazierwegen erschlossen und stellen für die Bevölkerung von Küsnacht und insbesondere für die Bewohner des nahegelegenen Altersheimes ein wichtiges Naherholungsgebiet dar.

	Schübelweiher			Rumensee		
	Minimum	Mittelwert	Maximum	Minimum	Mittelwert	Maximum
Oberfläche [m ²]	15'500			12 500		
Tiefe [m]	Mittelwert: 1.1, Maximum: 2.2			Mittelwert: 1.1, Maximum: 2.4		
Volumen [m ³]	16'000			14'000		
Temperatur [°C]			23			23
pH-Wert	7.7	7.9	8.3	7.8	8.1	8.4
Sauerstoff [mg/l]	3.3	7.1	12.0	2.1	9.8	15.1
Sauerstoffsättigung [%]	37	71	95	23	97	134
Nitrat-N [mg/l]	120	590	2000	3	29	185
Phosphat-P [mg/l]	<3	<3	<3	3	3	3
Zufluss/Sekunde [l/s]	1.1	3.5–4.0	43	1.1	4.0–4.5	40
Zufluss/Tag [m ³ /d]	<100	320	1372	<100	370	1676
Zufluss/Jahr [m ³ /a]		117'000			135'000	
theoretische Erneuerungszeit [d]		52			38	

Tab. 3: Morphologische und physikalische Daten des Schübelweihers und des Rumensees nach Hürlimann & Schanz (1988). Der Jahreszufluss wurde aus dem mittleren Tageszufluss berechnet.

4.1.3 Bedeutung des Schübelweiher und des Rumensees als Naturschutzgebiete

Beide Gewässer sind als Naturschutzgebiete von überkommunaler Bedeutung ausgeschieden (Küsnacht: Inventar der Natur- und Landschaftsschutzobjekte von überkommunaler Bedeutung, 1979). Für den Schübelweiher und den Rumensee wurden folgende zoologische Inventare erarbeitet: Amphibien (1990), Vögel (1985), Libellen (1983), Reptilien (1989, nur Rumensee). Die vorliegenden Inventare decken aber nur einen kleinen Teil der Fauna ab und sind z.T. nicht mehr aktuell. Insbesondere die Weichtiere wurden noch nicht systematisch erhoben. Bei einer Stichprobe im Schübelweiher wurden 1996 die folgenden drei regional gefährdeten Weichtierarten gefunden (P. Müller, persönliche Mitteilung, 1997): das *Zwergposthörnchen*, die *Spitze Blasenschnecke* (Bestimmung unsicher) und die *Malermuschel*. Eine weitere entdeckte Art, die *flache Mützenschnecke*, ist sogar landesweit gefährdet. Alle erwähnten Arten gehören der Kategorie 3 resp. 2 der Roten Liste an.

4.2 Die Population des Roten Sumpfkrebse im Schübelweiher

Der *Rote Sumpfkrebs* wurde Ende der 80er Jahre sowohl im Schübelweiher als auch im Rumensee von Unbekannten ausgesetzt, wahrscheinlich nachdem die vorher dort heimische Edelkrebspopulation wegen der Krebspest zusammengebrochen war. Trotz polizeilicher Untersuchungen konnte die Täterschaft nicht ermittelt werden. Seither hat sich der *Rote Sumpfkrebs* im Schübelweiher wesentlich stärker entwickelt als im Rumensee. 1995 wurden erstmals wandernde Tiere von Spaziergängern gesehen. Alarmiert durch diese Fundmeldungen wurde der *Rote Sumpfkrebs* durch die kantonale Fischerei- und Jagdverwaltung während des ganzen Sommers 1996 gezielt befishet. 1996 wurden keine wandernden Tiere mehr beobachtet (M. Straub, Chef Fischerei- und Jagdverwaltung, Kt. ZH, persönliche Mitteilung, 1997). Im Verlauf der Fangaktion wurden 1380 Individuen dieser Krebsart gefangen und vernichtet. Die vorhandenen Daten über die Fänge im Verlaufe des Sommers lassen nur eine sehr grobe Abschätzung der Grösse der gesamten Population zu. Nach J. Huner (mündliche Mitteilung, 1996) kann davon ausgegangen werden, dass die Population wahrscheinlich weniger als 10'000 Tiere umfasst (dies entspricht einer Biomasse von etwa 75–100 kg). Die Besiedlungsdichte wäre demnach im Mittel deutlich unter einem Tier pro m², was einen sehr geringen Wert darstellt. Für eine geringe Besiedlungsdichte spricht auch der Fangertrag von lediglich 34.5 kg (1380 Tiere mit einem geschätzten durchschnittlichen Gewicht von 25 g). Nach J. Huner (mündl. Mitteilung, 1996) könnte vom Schübelweiher ein Ertrag von mehreren 100 kg pro

Jahr erwartet werden. In einem ähnlichen Weiher in der Nähe von Paris erbeuteten Sportfischer sogar 1000 kg *Rote Sumpfkrebse* pro Hektar und Jahr.

Es wäre abzuklären, wie gross der Bestand an Roten Sumpfkrebse in der Tat ist und ob die Population allenfalls durch ein mageres Nahrungsangebot begrenzt ist. Es muss also der Frage nachgegangen werden, ob die Population des Roten Sumpfkrebse im Schübelweiher bereits bei der bestehenden Besiedlungsdichte die Kapazität des Lebensraumes erreicht hat und kaum mehr mit einem weiteren Wachstum der Population zu rechnen ist. Dabei wäre zu berücksichtigen, dass die im Schübelweiher bereits vorhandenen Raubfische einen Einfluss auf die Population des Roten Sumpfkrebse haben dürften.

4.3 Kommt die Krebspest im Schübelweiher vor?

Das Vorkommen der Krebspest im Schübelweiher und/oder im Rumensee ist bisher durch gezielte Untersuchungen nicht nachgewiesen worden. Der sichere Nachweis der Krebspest kann nur durch ein darauf spezialisiertes Labor erbracht werden und ist relativ aufwendig. Eine einfache und hinreichend aussagekräftige Nachweismethode wäre, *Edelkrebse* in einem Käfig im Schübelweiher zu exponieren und anschliessend zu untersuchen (Alderman et al., 1987).

Die unten aufgeführten Indizien lassen aber die Schlussfolgerung zu, dass die Krebspest mit grosser Wahrscheinlichkeit im Raum Schübelweiher vorkommt:

- Stucki (1996) fand im Salsterbach Ende September 1996 vier tote und drei lethargisch wirkende *Edelkrebse*. Das Verhalten der lebenden Tiere, fehlende Gliedmassen bei den toten Tieren und die gefundenen Pilzhyphen bewogen Stucki zur Annahme, dass diese *Edelkrebse* an der Krebspest erkrankt waren. Stucki bemerkte weiter, dass zu diesem Zeitpunkt die Verbindung vom Rumensee in den Salsterbach geöffnet worden war.
- Im Raume Schübelweiher werden bachabwärts von Gewässern, in denen fremde Krebsarten vorkommen, keine einheimischen Arten mehr gefunden, obwohl sie im Gebiet vorhanden sind (vgl. Karte 2).
- Die meisten Populationen des *Roten Sumpfkrebse* tragen den Krebspesterreger mit sich.

4.4 Rechtslage

Die EAWAG hat kein eigentliches Rechtsgutachten erstellt; sie hat lediglich die bestehenden Gesetze und

Verordnungen auf «Sumpfkrebs-relevante» Bestimmungen durchgesehen.

Das *Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz* regelt in Art. 23 die Zuständigkeit für die Beurteilung der Einfuhr landesfremder Tierarten. Gemäss den Strafbestimmungen (Art. 24c) werden Verstösse gegen die Bewilligung mit Busse bis zu SFr. 20'000.– bestraft.

In der Verordnung über den Natur- und Heimatschutz werden die Kantone mit einem sachgerechten und wirksamen Vollzug von Verfassung und Gesetz beauftragt.

Das *Bundesgesetz über die Fischerei* bestimmt in Artikel 1 (Zweckartikel), dass die natürliche Artenvielfalt und der Bestand einheimischer Fische, Krebse und Fischnährtiere sowie deren Lebensräume zu erhalten, zu verbessern oder nach Möglichkeit wiederherzustellen und dass bedrohte Arten und Rassen von Fischen und Krebsen zu schützen sind. Gemäss Art. 5 haben die Kantone Massnahmen zum Schutz der Lebensräume von gefährdeten Arten und Rassen zu ergreifen. Art. 6 unterstellt das Einführen und Einsetzen landesfremder Arten, Rassen und Varietäten von Fischen und Krebsen der Bewilligungspflicht durch den Bund. Die *Verordnung zum Bundesgesetz über die Fischerei* bestimmt, dass Massnahmen für den Schutz gefährdeter Arten und Rassen unter Berücksichtigung des schweizerischen und europäischen Gefährdungs- und Schutzstatus und der Art der lokalen Gefährdung durchzuführen sind. Sie regelt ausserdem das Verfahren bei der Bewilligung für das Einführen und Einsetzen fremder Fische und Krebse und definiert die gefährdeten Arten von Fischen und Krebsen. Im Anhang 1 werden der *Edelkrebs*, der *Dohlenkrebs* und der *Steinkrebs* als einheimische Arten aufgeführt; im Anhang 3 werden alle übrigen, im Anhang 1 nicht aufgeführten Zehnfusskrebse (also auch der *Rote Sumpfkrebs*) als «Art von Krebs, dessen Anwesenheit als unerwünschte Veränderung der Fauna gilt» erklärt.

In den oben erwähnten Gesetzen werden gemäss dem Vorsorgeprinzip Normen für die Ansiedlung fremder Arten festgelegt. Im Hinblick auf eine allfällige Nachsorge geben die gleichen Gesetze jedoch keine konkreten Hinweise darüber, welche Vorkehrungen bei einer illegal erfolgten Ansiedlung bzw. bei einer «unerwünschten Veränderung der Fauna» zu treffen sind.

Der Fall «Roter Sumpfkrebs» ist, nebst dem *Galizier-*, dem *Signal-*, dem *Kamberkrebs* und *anderer Tierarten* (z.B. *Waschbär*, *Sonnenbarsch*, *Regenbogenforelle* etc.) nur ein Beispiel aus einer Reihe ähnlicher Sachlagen. Daraus kann geschlossen werden, dass offensichtlich der Vollzug des Artenschutzes primär nach dem Vorsorgeprinzip praktiziert wird, und dass bei einer allfälligen

Nachsorge das Verhältnismässigkeitsprinzip zum Tragen kommt.

Im *Internationalen Übereinkommen über die biologische Vielfalt* von Rio de Janeiro vom 5. Juni 1992, in der Schweiz in Kraft getreten am 19. Februar 1995, hat sich die Schweiz allerdings verpflichtet, «soweit möglich und sofern angebracht die Einbringung nicht heimischer Arten, welche Ökosysteme, Lebensräume oder Arten gefährden, zu verhindern, diese Arten zu kontrollieren oder zu beseitigen». Dies gilt auch «in Anbetracht dessen, dass in den Fällen, in denen eine erhebliche Verringerung der biologischen Vielfalt oder ein erheblicher Verlust an biologischer Vielfalt droht, das Fehlen einer völligen wissenschaftlichen Grundlage nicht als Grund für das Aufschieben von Massnahmen zur Vermeidung oder weitestgehenden Verringerung einer solchen Bedrohung dienen sollte».

Eine Nachfrage beim Bundesgericht hat ergeben, dass in den vergangenen 15 Jahren keine Bundesgerichtsurteile in Zusammenhang mit Übertretungen des Fischereigesetzes (Art. 6.1a) bzw. des Natur- und Heimatschutzgesetzes (Art. 23) ausgesprochen worden sind. Sämtliche Ausführungen zum Abschnitt «Rechtslage» beziehen sich auf die Bundesgesetzgebung; auf eine vergleichende Analyse der kantonalen Gesetze wurde verzichtet.

5. Bekämpfung des Roten Sumpfkrebsses

5.1 Grundsätzliche Schlussfolgerungen

Aus dem bisher Dargestellten lassen sich die folgenden Schlussfolgerungen ableiten:

- a) Der *Rote Sumpfkrebs* stellt aus verschiedenen Gründen eine aktuelle und ernstzunehmende Bedrohung v.a. für die einheimischen Krebsarten wie auch ganze Ökosysteme dar, gegen die möglichst rasch geeignete Massnahmen zu treffen sind. Bezüglich des Schübelweihers vermutete Huner zwar, dass die Population des *Roten Sumpfkrebsses* die «Carrying Capacity» des Weihers möglicherweise erreicht hat und auf dem aktuellen Niveau bleiben wird. Trotzdem besteht weiterhin die Gefahr, dass er sich von dort aus ausbreitet und andere Gewässer besiedelt.⁷ Die Variante «nichts unternehmen» wäre somit verantwortungslos und sollte daher nicht in Betracht gezogen werden.
- b) Als optimales Ziel wäre die vollständige und gesamtschweizerische Ausrottung des *Roten Sumpfkrebsses* anzustreben. Dieses Ziel erscheint momentan unrealistisch, weil es mit keiner Massnahme zu erreichen sein dürfte. Selbst wenn es gelänge, den *Roten Sumpfkrebs* im Schübelweiher vollständig zu vernichten, wäre es möglich, dass er dort wieder (wenn auch illegal) ausgesetzt würde, oder dass er von selbst wieder einwandern könnte.
- c) Die Zielsetzung jeder Bekämpfungsmassnahme muss daher sein, die Population des *Roten Sumpfkrebsses* im Schübelweiher (wie auch in jedem anderen Gewässer, in dem er vorkommt) auf ein möglichst tiefes Niveau zu verringern und dort nachhaltig zu stabilisieren.
- d) Es gibt mehrere Alternativen, um diese Zielsetzung zu erreichen:
 - Chemische Bekämpfung
 - Umgestaltung des Lebensraumes des *Roten Sumpfkrebsses* dergestalt, dass die für ihn lebensnotwendigen Voraussetzungen nicht mehr oder zumindest nur noch teilweise gegeben sind.
 - Bekämpfung mit natürlichen Feinden
 - Intensive Befischung
 - Verringerung der Fruchtbarkeit
 - sowie Kombinationen dieser Massnahmen

In den folgenden Abschnitten werden jeweils zuerst die verschiedenen Bekämpfungsmethoden beschrieben.

Anschliessend werden die Vor- und Nachteile dieser Methoden diskutiert und bewertet. Bei der Bewertung wurden in erster Linie die Nachhaltigkeit der Massnahme, ihre Auswirkungen (Nebenwirkungen) auf das gesamte übrige Ökosystem, der vermutete Aufwand sowie die Erfolgsaussichten berücksichtigt.

5.2 Möglichkeiten zur Bekämpfung des *Roten Sumpfkrebsses*

5.2.1 Chemische Bekämpfung

a) Allgemeines

Zur chemischen Bekämpfung des *Roten Sumpfkrebsses* sollen Insektizide verwendet werden, die möglichst selektiv gegen Gliederfüssler (Krebse, Insekten) wirken. Andere Tiere, insbesondere Fische, Amphibien und Vögel, sollten möglichst wenig geschädigt werden. Organochlorverbindungen (z.B. Endrin) wirken unspezifisch auf alle Organismen und sind daher ungeeignet. Ebenfalls ungeeignet sind Pyrethroidinsektizide (z.B. Permethrin), da ihre Wirkung auf die Krebstiere nicht wesentlich stärker ist als diejenige auf andere Wasserorganismen. Organophosphate hingegen sind Substanzen, die relativ selektiv auf Gliederfüssler wirken. So wird z.B. Fenthion in der Fischzucht seit über 30 Jahren zur Bekämpfung von parasitischen Karpfen- und Lachsläusen (ebenfalls Krebstiere) eingesetzt. Stark vereinfacht lässt sich ihre Wirkungsweise folgendermassen beschreiben: Organophosphate sind Nervengifte. Sie stören das Regelsystem, mit dem Nervenreize von einer Nervenzelle zur nächsten weitergegeben werden. Als Überträgersubstanz einer Nervenreizung wirkt Acetylcholin. Diese wird am Ende der gereizten Nervenzelle ausgeschüttet, was sofort bei der Kontaktstelle (Synapse) der benachbarten Nervenzelle eine neue Nervenreizung auslöst. Sobald die Überträgersubstanz ihre Funktion (die Weitergabe der Reizung) erfüllt hat, wird sie von einem Enzym (Acetylcholinesterase) abgebaut. Organophosphate blockieren oder verlangsamen die Produktion dieses Enzymes. Dies führt zu einer permanenten Reizung der Nerven und damit zum Tod durch Muskelkrampf. Die selektive Wirkung der Organophosphate auf Gliederfüssler kommt dadurch zustande, dass diese Tiergruppe infolge einer Eigenheit ihres Stoffwechsels das Insektizid zu einer hochwirksamen Substanz umwandeln, während es von allen anderen Tiergruppen umgewandelt und veratmet wird (Escartin & Porte, 1996).

⁷ Die Ausbreitung des *Roten Sumpfkrebsses* kann durch Zäune, wie sie letzten Sommer sowohl um den Schübelweiher wie auch den Rumensee errichtet wurden, nicht verhindert werden, da der *Rote Sumpfkrebs* ein gewandter Kletterer ist und die kleinen Tiere durch die Maschen durchschlüpfen können.

Für die Bekämpfung des *Roten Sumpfkrebse*s im Schübelweiher hat die zuständige Behörde das Organophosphat Fenthion (Baytex) vorgesehen. Die Wirksamkeit des Fenthions ist umso grösser, je länger es im Wasser ist, d.h. vom *Roten Sumpfkrebs* aufgenommen werden kann. Fenthion adsorbiert jedoch stark an Partikeln am Seegrund (Sediment). Nach einem Einsatz würde daher die Fenthion-Konzentration im Wasser rasch sinken: Sie würde sich alle 1–3 Tage halbieren (O'Neill et al., 1989). Dieser Sorptionsprozess dominiert die anderen Eliminationsprozesse im Wasser wie z.B. den chemischen oder biologischen Abbau von Fenthion. Das Resultat wäre also, dass sich das meiste des eingesetzten Fenthions nach kurzer Zeit im Sediment befinden würde und nicht mehr im Wasser. Einmal am Seegrund sorbiert wird das Fenthion durch Diffusion und wahrscheinlich auch durch Bioturbation in tiefere Sedimentschichten transportiert (O'Neill et al., 1989). Biologische Abbauprozesse von Fenthion sind in sauerstoffhaltigem Sediment wesentlich (O'Neill et al., 1989; Cripe et al., 1989), im Schübelweiher enthält das Sediment jedoch schon nach wenigen Millimetern keinen Sauerstoff mehr. Daher ist die langsamere chemische Hydrolyse im Schübelweiher-Sediment wahrscheinlich der wichtigste Abbauprozess von Fenthion. Da das Verhalten von Fenthion aber stark von der Sedimentart abhängt, lassen sich aus der heutigen Literatur keine verlässlichen Aussagen über seine Abbaubarkeit im Schübelweiher-Sediment ableiten (Cripe et al., 1989).

Die Krebse werden bei einer Konzentration von 100 Mikrogramm Fenthion pro Liter Wasser innert 24–48 Stunden abgetötet. Das heisst, dass im Schübelweiher mindestens 1.6 kg Fenthion eingesetzt werden müssten (entspricht einer Anfangskonzentration 100 Mikrogramm pro Liter). Um diese für die Krebse letale Konzentration über 24–48 Stunden zu erhalten, müsste aufgrund der starken und raschen Sorption von Fenthion wahrscheinlich eine etwas grössere Menge eingesetzt werden. Die sehr geringe Löslichkeit von nur ca. 4.2 mg Fenthion pro Liter Wasser bei 20 °C (Perkow, 1992; Tomlin, 1994) stellt hohe Anforderungen an das Einmischen des Fenthions in das Weiherwasser. Es sollte vollständig gelöst ins Wasser eingebracht werden. Die sonst entstehende Emulsion würde aufgrund ihres höheren spezifischen Gewichtes (Fenthion ist ca. 20% schwerer als Wasser) noch rascher auf/in das Sediment absinken als vollständig gelöstes Fenthion. Wie sich eine solche Fenthion/Wasser-Emulsion auf/im Schübelweiher-Sediment verhalten würde, ist noch schwieriger vorauszusagen als für das in Lösung eingetragene Fenthion.

Um eine optimale Wirkung zu erzielen, muss das Fenthion nachts, wenn die Krebse am aktivsten sind, ausgebracht werden. Die Überlebensrate der Krebse kann gesenkt

werden, indem der Wasserspiegel vor dem Gifteinsatz angehoben wird. Die Luft wird dadurch aus den Krebsbauten verdrängt, was nach einiger Zeit zu einer niedrigen Sauerstoffkonzentration im Röhrenwasser führt und die Krebse veranlasst, aus ihren Röhren zu fliehen. Das Fenthion wird aber aufgrund seiner geschilderten Sorption nicht in die Wohnhöhlen vordringen, sondern vorher an den Röhrenwänden adsorbieren.

b) Vorteile

- Der Aufwand und die Kosten dieser Bekämpfungsmethode sind, auch wenn der Einsatz wiederholt werden muss, gering.
- Keine Beeinträchtigung der Amphibien-Laichstätte, Amphibienbestände und Fische.
- Pflanzenbestände nehmen keinen Schaden.
- Relativ kurze Ausführungszeit.

c) Nachteile

- Es ist wenig wahrscheinlich, dass es gelingt, mit einem einmaligen Insektizid-Einsatz den *Roten Sumpfkrebs* vollständig auszurotten. Dies ist bisher noch nie gelungen, obwohl Reisbauern und Fischzüchter weltweit versucht haben, ihn mit verschiedenen Giften (Endrin, Fenthion, Permethrin,...) auszurotten (Huner, mündl. Mitteilung, 1996). Um die Population des *Roten Sumpfkrebse*s längerfristig auf einem tiefen Niveau zu halten, müsste daher die Massnahme wiederholt werden.
- Fenthion ist v.a. wegen seiner Persistenz im Wasser (Halbwertszeit ca. 100 Tage [Perkow, 1992; Tomlin, 1994]) und der Ungewissheit über die Abbaugeschwindigkeit im Sediment ökotoxikologisch bedenklich.
- Fenthion adsorbiert an Trübstoffe im Wasser und über dem Seegrund und wird daher relativ schnell aus der Wassersäule entfernt. Im Sediment dagegen könnte es akkumuliert werden (Abbaugeschwindigkeit nur ansatzweise bekannt). Obwohl diesbezügliche Untersuchungen und Kenntnisse spärlich sind, muss mit einer Belastung der Fauna, v.a. derjenigen, die auf und im Benthal des Weiheres lebt, mit Fenthion über eine längere Zeitperiode gerechnet werden. Damit können allfällig chronisch-toxische Belastungen von Fischen, Amphibien und weiteren Tieren nicht ausgeschlossen werden.
- Wasser, das mit Organophosphaten belastet ist, stellt eine Gefährdung für Oberflächengewässer und das Grundwasser dar.
- Das Wissen über das umweltchemische Verhalten und die ökotoxikologischen Wirkungen von Fenthion und ähnlichen Substanzen ist nur ansatzweise vorhanden, insbesondere liegen wenig Angaben über die potentielle Schädigung von Fischlarven, Kaulquappen und adulten Amphibien vor. In drei Feldstudien in Frankreich an Weiheren sind jedoch keine sichtbaren Schäden bei Fischen, Fröschen und

Schnecken aufgetreten (Laurent, 1995). Andere Gliederfüssler (Makroinvertebraten) werden wie die Krebse vergiftet. Der Wiederaufbau eines Insektenbestandes erfolgt jedoch relativ rasch, da adulte Tiere vom Rumensee in den Schübelweiher einwandern können. Ein Verlust von Insektenlarven und Zooplankton hat vorübergehend negative Auswirkungen auf die Fische, da jede Art in gewissen Lebensphasen auf Zooplankton resp. Makroinvertebraten angewiesen ist. Viele der frisch geschlüpften Fischlarven würden wahrscheinlich verhungern, die älteren Fische würden diese futterarme Periode dank ihren Reserven überstehen.

- Die korrekte Einmischung von Fenthion ist schwierig und aufwendig.
- Neben dem *Roten Sumpfkrebs* werden auch alle anderen Gliedertiere (Insektenlarven, Kleinkrebse, Zooplankton) vernichtet.
- Im Fall des Schübelweihers besteht ein besonderes Problem darin, dass die *Roten Sumpfkrebse* während rund acht Jahren Zeit hatten, Röhren zu graben, in die sie sich zurückziehen können (siehe Abb.1). Es kann nicht davon ausgegangen werden, dass alle Krebse durch Anheben des Wasserstandes aus ihren Röhren getrieben werden können. Insbesondere die eiertragenden Weibchen halten sich vorwiegend in den Wohnröhren auf. Zudem adsorbiert Fenthion schnell an der Sedimentoberfläche und dringt daher nicht bis zu den Krebsen in den Röhren vor.
- Kleine Krebse verstecken sich gerne zwischen den Wurzeln der am Ufer wachsenden Bäume. Diese Wurzeln bilden ein System von Hohlräumen, welches vom Wasserkörper des übrigen Weihers abgeschildert ist. Daher ist es fraglich, ob Fenthion überhaupt in diese Zwischenräume vordringt, bevor es adsorbiert ist.
- In den USA darf Fenthion in der Aquakultur nicht mehr eingesetzt werden (Huner, mündliche Mitteilung, 1996). Auch in Europa sind Bestrebungen im Gange, die Verwendung von Fenthion möglichst zu verringern. So soll z.B. die Einleitung von Fenthion in die Nordsee um 50% reduziert werden (Erklärung Nr. 3 der Nordsee-Schutzkonvention, 1990). In Holland, Dänemark und Bulgarien ist der Einsatz von Fenthion vollständig verboten, und in Norwegen und Kanada darf es nur noch beschränkt («restricted use») eingesetzt werden (Umfrage des Department of Environment des UK z.Hd. der UN-ECE, Mai 1995).
- Der Einsatz von Giften ist auch aus psychologischen Gründen bedenklich, wird doch die Bevölkerung seit Jahren dazu angehalten, auf die Verwendung von Pestiziden möglichst zu verzichten.

5.2.2 Umgestaltung des Lebensraumes

Sehr spezialisierte und an spezielle Habitate angepasste Tiere können durch gezielte Veränderungen des Habi-

tates verdrängt werden. Der *Rote Sumpfkrebs* ist aber trotz seiner Spezialisierung auf periodische Gewässer ausgesprochen tolerant bezüglich anderen Habitatbedingungen (Huner & Barr, 1984). Er kann daher nur mit massiven Eingriffen in seinen Lebensraum ernsthaft zurückgedrängt werden.

Eine Umgestaltung des Lebensraumes, die genügend massiv ist, um den *Roten Sumpfkrebs* zu dezimieren, ist das Trockenlegen des Gewässers. Durch zusätzliches, anschliessendes Ausbaggern würde der Effekt noch verstärkt.

Trockenlegen des Gewässers

a) Allgemeines

Da der *Rote Sumpfkrebs* an periodisch austrocknende Gewässer angepasst ist und unter günstigen Bedingungen (z.B. relativ tiefe Temperaturen, wie sie bei uns herrschen) Trockenperioden von mehr als einem Jahr überstehen kann, wird er aus dem Schübelweiher nur entfernt, wenn dieser deutlich länger als 1 bis 1.5 Jahre trockengelegt wird. Das Wasser muss oberflächlich abgeleitet werden, wobei verhindert werden muss, dass Krebse und Sporen der Krebspest entweichen können.

Krebse sind frostempfindlich und könnten durch Gefrieren abgetötet werden. Da der Boden im Mittelland aber maximal 60 cm tief gefriert, ist selbst bei einem sehr kalten Winter die Chance gering, dass die *Roten Sumpfkrebse*, die sich auch in wesentlich tieferen Wohnröhren befinden können, im Winter erfrieren.

b) Vorteile

- Falls die Massnahme lange genug angewandt wird, d.h., falls der Schübelweiher für zwei Jahre trockengelegt wird, ist die Chance gross, dass der *Rote Sumpfkrebs* im Schübelweiher vollständig ausgerottet wird.
- Mit der Massnahme wird nicht nur der *Rote Sumpfkrebs*, sondern auch die Krebspest eliminiert.

c) Nachteile

- Wenn der Schübelweiher wieder gefüllt wird, entwickelt sich nach einer Zuwanderung oder einem abermaligen Einsatz des Roten Sumpfkrebsses eine analoge Population. In Kombination mit einer Sanierung des Weihers könnte langfristig jedoch eine Bestandesentwicklung im Schübelweiher erschwert werden.
- Das Austrocknen stellt einen massiven Eingriff dar, welcher alle Lebewesen in und um den Schübelweiher trifft. Da im Schübelweiher mindestens drei Weichtierarten der Roten Liste vorkommen, ist diese Massnahme fragwürdig.
- Es ist vorgängig zu klären, was mit den (evtl. laichbereiten) Amphibien und den Fischen im Schübel-

weiher geschehen soll. Die Fische könnten abgefischt werden, dürfen aber wegen der Krebspest nicht in andere Gewässer eingesetzt werden. Sie müssten verwertet oder vernichtet werden. Auch eine Umsiedlung der Amphibien ist wegen der Krebspest kaum möglich.

- Der Wert des Schübelweihers als Naherholungsgebiet ist während der Zeit, in der der Weiher trockengelegt ist, stark reduziert.
- Es ist unwahrscheinlich, dass der Weiher vollständig trockengelegt werden kann; Erfahrungen am Rumensee zeigen, dass Hangwasser vorhanden ist, welches ein vollständiges Austrocknen gar nicht ermöglicht.

Ausbaggern

a) Allgemeines

Das Ausbaggern des Schübelweihers nach der Trockenlegung stellt eine Möglichkeit dar die Zeitspanne ohne Wasser kurz zu halten. Um sicher zu sein, dass alle Krebse entfernt werden, müsste der Schübelweiher etwa 2 m tief ausgebaggert werden. Zudem sind 2 m vom angrenzenden Land zu entfernen, damit die horizontalen Wohnröhren des *Roten Sumpfkrebse* zerstört werden. Dies hätte zur Folge, dass Ufergehölze und Schilfbestand entfernt werden müssten. Für ein grosszügiges Ausbaggern spricht auch die Gefahr, dass die Krebse während der Absenkung des Wasserspiegels vertikale Röhren anlegen könnten.

Der Aushub würde mindestens 33'000 m³ umfassen. Wenn man mit denselben Kosten pro m³ Aushub rechnet, wie sie beim Ausbaggern des Rumensees vor 20 Jahren angefallen sind, ergibt sich für das Ausbaggern des Schübelweihers (ohne Berücksichtigung der Teuerung) ein Gesamtbetrag von ca. SFr. 700'000.– (20 Franken pro m³, Kosten Rumenseeausbaggerung 1984). Dazu kommen die Kosten für eine thermische Behandlung des Aushubs. Für ein vollständiges Abtöten der Krebse wäre eine solche unerlässlich. Es wäre zu überprüfen, unter welchen Bedingungen, eine Verwertung im Zementwerk realisierbar wäre (Verwertung als Rohmehlersatzstoff mit Brennstoffanteilen). Insbesondere für die schlammigen Anteile wäre als Alternative zum Zementwerk eine Sterilisation mit anschliessender landwirtschaftlicher Verwertung oder Deponierung denkbar. Es ist abzuklären, ob die Krebse im tonigen Material durch Sterilisation abgetötet werden. Der Schübelweiher würde nach dem Aushub wieder etwas angefüllt werden, was die Kosten nochmals steigen liesse. Idealerweise wird zum Anfüllen sandiges oder kiesiges Material verwendet, da die *Roten Sumpfkrebse* in diesem Substrat keine Röhren graben können. Wenn aus hydrologischen Gründen die Entfernung des Schlammes vorgesehen ist, würde diese Massnahme zu einer Verminderung der Polulation des *Roten Sumpfkrebse*s führen.

b) Vorteile

- Im Idealfall vollständige Vernichtung der *Roten Sumpfkrebse* und damit der Krebspest.

c) Nachteile:

- Massiver Eingriff.
- Sehr hohe Kosten.
- Die Massnahme müsste nach einer Zuwanderung oder abermaligen Einsatz von *Roten Sumpfkrebse*n wiederholt werden.
- Erhebliche nachteilige Nebenwirkungen sind zu erwarten (z.B. Lastwagenverkehr).
- Wenn der Aushub nicht unmittelbar sterilisiert wird, besteht die Gefahr, dass die *Roten Sumpfkrebse* beim Abtransport des Aushubmaterials grossräumig verschleppt werden.

5.2.3 Bekämpfung mit natürlichen Feinden

Die Bekämpfung von Schädlingen durch gezieltes Einsetzen und Fördern von natürlichen Feinden stellt eine moderne und in zunehmender Häufigkeit angewandte Massnahme v.a. in Agrar- und Forstökosystemen dar. Als Prädatoren gegen den *Roten Sumpfkrebs* kommen Fische und Vögel in Frage.

Fische

a) Allgemeines

Um die Beziehungen zwischen Fischen und Krebsen zu dokumentieren, wurde die internationale wissenschaftliche Literatur nach Publikationen durchsucht, die sich in irgendeiner Form mit der Beziehung Fisch-Krebs beschäftigen (eine Zusammenfassung der Ergebnisse befindet sich im Anhang in den Tabellen A2 und A3). Diese Literaturstudie ergab, dass einige Raubfische mit bodenorientierter Ernährungsweise wirkungsvolle Prädatoren gegen Krebse sein können. Sie sind je nach Gegebenheiten durchaus in der Lage, Krebspopulationen zu kontrollieren und auf einer niedrigen Dichte zu halten. Dies gilt auch bei grabenden Krebsarten wie dem *Roten Sumpfkrebs* (Elvira et al. 1996, Godinho & Ferreira 1994). Eine Ausrottung des *Roten Sumpfkrebse*s durch Raubfische kann aber nicht erwartet werden (Huner, mündl. Mitteilung, 1996).

Die Literatur über den Effekt von Fischen auf Krebse ist zu differenzieren nach aussereuropäischen, d.h. vor allem nordamerikanischen Fischen als Prädatoren (siehe Tabelle A3) und europäischen bzw. einheimischen Fischarten (siehe Tabelle A2).

Es muss festgehalten werden, dass der Raubfischbestand die übrigen Wasserlebewesen wie z.B. Friedfischarten und Amphibien reduzieren kann. Auch der Bruterfolg von verschiedenen Wasservögeln kann unter dem Raubfischbestand leiden.

In **Nordamerika** sind die Sonnenbarsche (z.B. *Micropterus salmoides*, *M. dolomieu*) die Hauptprädatoren der Krebse. Daneben sind es aber auch *Hechte* und Barscharten (*Perca flavescens*, *Stizostedion* sp.), welche Krebse fressen, ebenso gelegentlich *Aale*. Rabeni (1992) sowie Rach & Bills (1989) dokumentieren einen extrem starken Prädationsdruck der Fische auf die Krebspopulationen. Krebse sind offenbar in der Lage, die Gegenwart von Raubfischen zu erkennen und sich bei deren Anwesenheit im Gewässer vorsichtiger zu verhalten als wenn keine Raubfische vorkommen. Sogar die Anwesenheit von Nicht-Raubfischen verändert das Verhalten und Aktivitätsmuster der Krebse (Blake et al., 1994). Dennoch können Krebse keine hohen Bestandsdichten aufbauen, wenn die genannten Raubfische in genügender Dichte vorkommen. Hohe Krebsbestände sind für Gewässer mit Raubfischen somit ziemlich unwahrscheinlich, v.a. dann, wenn dichte Vegetation, die den Krebsen als Refugialräume dienen, fehlt.

In **Europa** sind die wichtigsten Krebsfeinde der *Barsch* und der *Aal*. Auch der *Hecht* und der *Zander* können Krebse dezimieren. Während der *Aal* als der grösste Feind des *Edelkrebse*s gilt, scheint der *Barsch* bei der Prädation z.B. des *Signalkrebse*s effizienter als der *Aal* zu sein (Blake & Hart 1995). In Spanien frisst der *Hecht* (der dort ebenfalls eingeführt wurde) grosse Mengen des *Roten Sumpfkrebse*s (Elvira et al. 1996). Insgesamt scheint der *Barsch* einer der effizientesten Räuber für amerikanische Krebse zu sein, da er vor allem die kleinen Krebse wirksam dezimiert, wenn er in genügend grosser Dichte vorkommt.

Nach H.P. Vogt, Stäfa (mündliche Mitteilung), kommen im Schübelweiher zur Zeit folgende Fischarten vor: *Hecht*, ferner *Karpfen*, *Rotfeder*, *Schleie*, *Blikke*, *Barsch*. Im Rumensee dürften im wesentlichen die gleichen Fischarten vorkommen.

Die für Fische kritischen Umweltfaktoren im Schübelweiher und Rumensee sind die Temperatur und der Sauerstoffgehalt. Hürlimann & Schanz (1988) stellten eine sommerliche Maximaltemperatur von ca. 23 °C bei sonnigem Wetter fest. Über die Wassertemperatur im Schübelweiher liegen jedoch keine gesicherten Daten vor. Die Letaltemperaturen (für 50% der Fische) betragen: *Aal*: 37 °C, *Hecht*: 32 °C, *Flussbarsch*: 31.4 °C. Die Sauerstoffkonzentration lag im Schübelweiher im Mittel des Jahres 1987 noch bei 7.1 mg/l und erreichte die tiefsten Werte im August, mit 3.3 mg/l in Bodennähe und 4.6 mg/l an der Oberfläche (Hürlimann & Schanz 1988). Diese Sauerstoffverhältnisse sind zwar nicht ideal für die vorkommenden Fische, scheinen aber deren Gedeihen nicht zu gefährden. Für diese Beurteilung spricht jedenfalls der heutige Fischbestand im Schübel-

weiher. Der *Hecht* stellt etwa gleiche Umweltansprüche wie der *Barsch*.

In sehr kalten Wintern ist damit zu rechnen, dass beide Weiher weitgehend zufrieren. Inwiefern dies negative Auswirkungen auf die Fischpopulationen haben könnte, ist nicht bekannt. Es darf aber davon ausgegangen werden, dass nicht kalte Winter, sondern warme Sommer kritische Phasen darstellen.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass ein Versuch mit *Aal*, *Hecht* und *Barsch* zur Kontrolle des *Roten Sumpfkrebse*s im Schübelweiher und Rumensee möglich ist.

b) Vorteile

- Relativ geringe Auswirkungen auf das übrige Ökosystem.
- Diese Bekämpfungsart fördert gezielt einen ökologischen Regelmechanismus, der vom Ökosystem bereits vorgegeben ist. Die Reduktion und Kontrolle des Krebsbestandes mit Raubfischen ist daher als eine «sanfte» Massnahme zu bezeichnen.
- Längerfristig stabilisierende Wirkung auf die Krebspopulation.
- Geringer Aufwand und geringe Kosten.

c) Nachteile

- Ein erhöhter Raubfischbestand hat Auswirkungen auf das Phyto- und Zooplankton.
- Der *Rote Sumpfkrebs* kann nicht vollständig ausgerottet werden.
- Die Krebspest wird nicht eliminiert.
- Der Fischbestand muss überwacht werden.
- Eine gewisse Dezimierung des Amphibienbestandes ist nicht auszuschliessen.

Vögel

a) Allgemeines

Seetaucher, *Lappentaucher*, *Reiher* und *Störche* fressen regelmässig, aber in kleinen Mengen, grössere, ausgewachsene Krebse. Ausnahmsweise fressen auch Greifvögel und Eulen Krebse. Die *Wasseramsel* dürfte gelegentlich frisch geschlüpfte Krebse fressen. Für keine Art gehören Krebse aber zur Hauptnahrung, Deshalb dürfte der Einfluss der Vögel auf die Krebspopulation nur gering sein (persönliche Mitteilung von N. Zbinden, Schweizerische Vogelwarte, Sempach 1997).

Europäische Publikationen über den Einfluss von Wasservögeln auf Krebse existieren kaum. Einzig aus dem Duero-Einzugsgebiet in Spanien ist bekannt, dass der *Graureiher* einen recht grossen Anteil von *Roten Sumpfkrebse*n als Nahrung aufnimmt (Peris et al. 1995).

b) *Vorteile*

- keine nachteiligen Auswirkungen auf das übrige Ökosystem.

c) *Nachteile*

- Einfluss der vorhandenen Vogel-Populationen auf die Krebspopulationen ist gering.
- Die Populationen der Vögel können durch vertretbare Massnahmen, z.B. durch die Schaffung von günstigen Standorten, kaum wesentlich vergrössert werden.

Da der Effekt der Wasservögel auf die Krebspopulationen gering ist, kann damit kaum eine Regulation bzw. Kontrolle der Krebse erreicht werden. Weil mit dieser Methode das angestrebte Ziel nicht zu erreichen ist, wird dieses Vorgehen nicht weiter berücksichtigt.

5.2.4 Intensive Befischung mit Reusen

a) *Allgemeines*

Die Krebse werden während des Sommers in konzentrierten Aktionen solange intensiv befishet, bis nur noch wenige Tiere gefangen werden. Dazu dürften jeweils etwa 4 aufeinanderfolgende Tage nötig sein (Huner, mündl. Mitteilung, 1996). Derartige Aktionen wären jährlich, evtl. auch 2 oder 3 mal jährlich nötig. Um eine optimale Wirkung zu erzielen, müssen die Reusen etwa in einer Dichte von 50 bis 60 Reusen/ha aufgestellt werden. Da die Grösse der Krebspopulation durch die grossen Männchen kontrolliert wird, muss sichergestellt werden, dass nicht nur die grössten, sondern die Mehrzahl der grossen Krebse aus der Population entfernt wird.

b) *Vorteile*

- Der Eingriff in das Ökosystem Schübelweiher ist klein, da die *Roten Sumpfkrebse* selektiv entfernt werden können.
- Die Methode ist, abgesehen vom Personalaufwand, kostengünstig.

b) *Nachteile*

- Wenn die Befischung nicht rigoros vorgenommen wird, kann der Effekt kontraproduktiv sein, d.h. zu einer Zunahme der Gesamtpopulation führen. Um sicherzustellen, dass die Zielsetzung erfüllt wird, müssen die Fänge unbedingt präzise dokumentiert und die Aktion behördlich überwacht werden.
- Kleine Krebse lassen sich aus zwei Gründen nicht mit Reusen fangen: Einerseits sind sie genügend klein, um aus den Reusen zu entweichen. Andererseits existiert kein Köder, mit dem sich die kleinen Krebse anlocken lassen. Eine intensive Befischung mit Reusen entfernt also nur die grossen Krebse aus der Population.
- Die intensive Befischung muss regelmässig wiederholt werden.

5.2.5 Verringerung der Fruchtbarkeit des *Roten Sumpfkrebse*

a) *Allgemeines*

Das Vorgehen wäre, dass die Krebse (Männchen oder Weibchen) entweder in Pheromonfallen gefangen würden, oder dass sie in ihrem Fortpflanzungsverhalten durch das Ausbringen von Pheromonen (Duft- bzw. Lockstoffe) gestört werden. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, dass die fertilen Männchen durch Besatz mit sterilen Männchen massiv konkurrenziert werden. Diese Prinzipien werden in Agrar- und Forstökosystemen bereits erfolgreich verwendet, um die Populationsgrösse der Schadinsekten auf einem tolerablen Niveau zu stabilisieren (z.B. gegen Borkenkäfer).

b) *Vorteile*

- Kaum negative Auswirkungen auf das übrige Ökosystem.

c) *Nachteile*

- Da dieses Bekämpfungsprinzip bisher noch nie gegen Krebse eingesetzt wurde, lassen sich keine Angaben über seine Wirksamkeit machen (Huner, mündliche Mitteilung, 1996).

Vor allem weil die Methode, so elegant sie theoretisch wäre, zur Zeit praktisch nicht durchführbar ist, da die benötigten Substanzen (Pheromone) nicht existieren, und da zudem die diesbezüglichen Kenntnisse (bzw. Wissenslücken) eine Bewertung nicht zulassen, wird dieses Vorgehen beim anschliessenden Vergleich der verschiedenen Methoden nicht berücksichtigt.

6. Schlussfolgerungen

Im Folgenden werden die verschiedenen Massnahmen miteinander verglichen.

Mit einer chemischen Bekämpfung, mit Austrocknen (mit oder ohne Ausbaggern) wird in kurzer Zeit der grösste Effekt auf die Krebspopulation erzielt. Zudem kann durch Trockenlegen des Schübelweiher auch die Krebspest eliminiert werden. Allen drei Massnahmen ist aber gemeinsam, dass sie nicht nur auf die Krebspopulation wirken, sondern auch viele andere, in den beiden letztgenannten Fällen sogar alle Lebewesen (auch die Rote-Liste-Arten) im Schübelweiher, negativ beeinflussen. Da nicht auszuschliessen ist, dass der *Rote Sumpfkrebs* wieder zuwandert oder erneut eingesetzt wird, müssten die Massnahmen periodisch wiederholt werden. Beim Austrocknen und Ausbaggern kommt hinzu, dass das Gebiet seinen Erholungswert über einen längeren Zeitraum verlieren würde.

Die Bestandesreduktion des *Roten Sumpfkrebses* mit Raubfischen oder durch intensive spezielle Befischung hat weniger nachteilige Nebenwirkungen auf das übrige Ökosystem («sanfte» Massnahme). Die Effekte sind allerdings nicht so radikal und der Erfolg der Massnahme stellt sich nicht so rasch ein wie mit der chemischen Bekämpfung oder dem Trockenlegen und Ausbaggern. Es ist anzunehmen, dass derartige Massnahmen von der Bevölkerung leicht akzeptiert werden.

Aufgrund der Abwägung der verschiedenen Vor- und Nachteile kommt die EAWAG zu folgender Empfehlung:

- Die Alternativen «Chemische Bekämpfung» und «Trockenlegen des Gewässers» (mit oder ohne Ausbaggern) sollten nur im Zusammenhang mit einer Sanierung des Schübelweiher weiter diskutiert werden, wenn eine lokale Eliminierung der *Roten Sumpfkrebse* angestrebt werden **muss**. Bei einer isolierten, allein auf die Bestandesreduktion ausgerichteten Zielstreben, lehnt die EAWAG die beiden angeführten Methoden ab.
- Der *Rote Sumpfkrebs* ist mit einer intensiven, speziell auf *Rote Sumpfkrebse* ausgerichteten Befischung, welche mit dem Einsatz und der gezielten Förderung natürlicher Feinde (*Hechte*, *Barsche* und *Aale*) kombiniert wird, zu bekämpfen.
- Es ist eine Vervollständigung der Dokumentation über den Ist-Zustand anzustreben.
- Es ist sicherzustellen, dass Schlüssel-Informationen über die Effekte der getroffenen Massnahmen beim Vollzug erhoben werden.

- Nach einer angemessenen Zeitperiode ist eine Erfolgskontrolle der getroffenen Massnahmen und eine Neu-urteilung der Sachlage vorzunehmen.
- Die Öffentlichkeit ist über die getroffenen Massnahmen sowie deren Erfolg regelmässig zu informieren.

6.1 Bemerkungen zum weiteren Vorgehen

- Weltweit wurde nach Möglichkeiten gesucht, den *Roten Sumpfkrebs* auszurotten. Bis heute ist in der Praxis keine Massnahme bekannt, die dieses Ziel erreicht (Huner, mündl. Mitteilung, 1996). Auch keine der hier vorgeschlagenen Methoden ermöglicht eine langfristig vollständige Elimination des *Roten Sumpfkrebses*. Daraus folgt, dass die Population des *Roten Sumpfkrebses* im Schübelweiher und im Rumensee langfristig überwacht werden muss, um sicherzustellen, dass die Population konstant niedrig bleibt. Das grundsätzliche Problem, dass unsere einheimischen Krebse durch fremde, eingeschleppte Arten bedroht werden, kann dadurch zwar nicht beseitigt werden, die Ausbreitungstendenz des *Roten Sumpfkrebses* wird jedoch wesentlich herabgesetzt, und auch die Sporenkonzentration der Krebspest im Wasser kann reduziert werden.
- Es gibt zur Zeit noch keinerlei Erfahrungen mit dem von der EAWAG vorgeschlagenen Vorgehen. Entsprechend bestehen erhebliche Unsicherheiten bezüglich des Effektes der Massnahmen. Insbesondere kann heute kaum quantifiziert werden, wie stark die Population des *Roten Sumpfkrebses* damit verringert werden kann, und wie rasch sich dieser Effekt einstellen wird. Aus diesem Grund ist eine Überwachung des Vorgehens zu empfehlen. Damit wird es möglich, die Massnahmen der aktuellen Entwicklung anzupassen. Weil die vorgeschlagenen Massnahmen keine irreversiblen Effekte haben, sind entsprechende Korrekturen jederzeit möglich, falls sie sich als nötig erweisen sollten.

6.2 Umgang mit der Krebspest

Die Krebspest stellt eine dauernde Gefahr für die einheimischen Krebse dar. Ihr Gefährdungspotential kann durch die folgenden Massnahmen reduziert werden:

- Die Populationen derjenigen Krebsarten, welche gegen die Krebspest resistent sind und sie übertragen können, sind möglichst klein zu halten. Damit kann sowohl die Sporenmenge wie auch das Auswanderungspotential (v.a. des *Roten Sumpfkrebses*) vermindert werden.
- Die Populationsgrösse der einheimischen Krebse sollte ebenfalls kontrolliert werden, denn Überpopulation

führt zu Stress und damit zu einer erhöhten Anfälligkeit für Krankheiten.

- Gewässer, in denen die Krebspest vorkommt, sollten vom übrigen Gewässersystem möglichst abgekoppelt werden. Damit wird die Ausbreitung der Krebse, welche die Krebspest übertragen können, erschwert und die Ausbreitung der Krebspest über das Wasser unterbunden.
- Die Bevölkerung sollte angemessen ausführlich über die Krebspest informiert, und Gewässer mit Krebspest sollten gekennzeichnet werden.
- **Längerfristig** gesehen stellt die Krebspest trotz ihrer Virulenz keine absolute Bedrohung für die einheimischen Krebsarten dar. Es ist nämlich davon auszugehen, dass sich längerfristig Stämme einheimischer Krebse bilden werden, welche gegen die Krebspest resistent und somit in der Lage sein werden, auch Gewässer, in denen die Krebspest vorkommt, zu besiedeln. Diese Entwicklung könnte auch in der Schweiz durch die gezielte Zucht und Verbreitung resistenter Tiere beschleunigt werden. Edelkrebse mit einer gewissen Resistenz wurden bereits gefunden und werden nun auch gezielt gezüchtet (persönliche Mitteilung Söderhäll 1997).

6.3 Bedeutung der übrigen fremden Krebsarten in der Schweiz, Massnahmen

Die ebenfalls aus Amerika stammenden Krebsarten *Kamberkrebs* und *Signalkrebs* sind in der Schweiz bereits wesentlich weiter verbreitet als der *Rote Sumpfkrebs*. Sie stellen daher für die einheimischen Krebse ebenfalls eine grosse Gefahr dar, da sie bisher überall in Europa, wo sie auftauchten, die einheimischen Arten verdrängt haben. Aus diesem Grund sollte eine Bekämpfung auch dieser fremden Krebsarten angestrebt werden.

- Nach Möglichkeit soll die Reduktion der Populationen fremder Krebsarten mit einer entsprechenden Information der Bevölkerung einhergehen. Insbesondere soll die Bevölkerung daran erinnert werden, keine Tier- und Pflanzenarten aus fremden Ländern nach Hause zu nehmen oder Haustiere irgendwelcher Art auszusetzen.

Verdankungen

Unser besonderer Dank gilt der Fischerei- und Jagdverwaltung des Kantons Zürich für die gewährte Einsicht in ihre Dokumente und die angenehme Zusammenarbeit. Prof. Dr. Jay Huner (University of Southern Louisiana, USA) und Prof. Dr. Kenneth Söderhäll (Uppsala University, Schweden) danken wir für ihre spontane Hilfe und bereitwillige Beantwortung unzähliger Detailfragen im Zusammenhang mit der Krebspest und der Biologie des *Roten Sumpfkrebse*s.

Danken möchten wir auch den kantonalen Fischereiverwaltungen für die Bereitstellung von Daten über die Krebspest und die Krebsvorkommen und allen beteiligten EAWAG-MitarbeiterInnen.

Literatur

- Alderman, D.J., Polglase, J.L., Frayling, M. 1987. *Aphanomyces astaci* pathogenicity under laboratory and field conditions. *Journal of fish diseases* 5, 1987.
- Blake, M.A. & Hart, P.J.B. 1995. The vulnerability of juvenile signal crayfish to perch and eel predation. *Freshwater Biol.* 33(2):233–244.
- Blake, M., Nyström, P. & Hart, P. 1994. The effect of weed cover on juvenile signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus* Dana) exposed to adult crayfish and non-predatory fish. *Ann. Zoologici Fennici* 31(3):297–306.
- Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bundesamt für Veterinärwesen, 1989. Merkblatt über die Krebspest (*Aphanomyces astaci*).
- Cripe, C.R., O'Neill, E.J., Woods, M.E., Gilliam, W.T., Pritchard, P.H. 1989. Fate of fenthion in salt-marsh environments: I. Factors affecting biotic and abiotic degradation rates in water and sediments. *Environ. Toxicol. Chem.* 8, 747–758.
- Elvira, B., Nicola, G.G. & Almodovar, A. 1996. Pike and red swamp crayfish: A new case on predator-prey relationship between aliens in central Spain. *J. Fish Biol.* 48 (3):437–446.
- Escartin, E.; Porte, C. (1996) Bioaccumulation, Metabolism, and biochemical Effects of the Organophosphorus Pesticide Fenitrothion in *Procambarus clarkii*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 15 (6), 915–920.
- Feminella, J.W., Resh, V.H. 1989. Submersed macrophytes and grazing crayfish: an experimental study of herbivory in a California freshwater marsh. *Holarctic Ecology* 12: 1–8. Copenhagen 1989.
- Figler, M.H., Finkelstein, J.E., Twum, M., Feeke, H.V.S. 1995. Intruding Male Red Swamp Crayfish, *Procambarus clarkii*, Immediately Dominate Members of Established Communities of Smaller, Mixed-Sex Conspecifics. *Aggressive Behavior*, Vol. 21: 225–236.
- Fürst, M. 1990. On the recovery of *Astacus astacus* L. populations after an epizootic of the crayfish plague (*Aphanomyces astaci* Shikora). *Papers from the Eight International Symposium on Astacology*. Baton Rouge, Louisiana, USA.
- Godinho, F.N. & Ferreira, M.T. 1994. Diet composition of largemouth black bass, *Micropterus salmoides* (Lacépède), in southern Portuguese reservoirs: Its relation to habitat characteristics. *Fisheries Management and Ecology* 1(2):129–137.
- Guerra, J.L., Niño, A.E. 1990. Ecology of red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*, Girard) in the central meseta of Spain. *Papers from the Eight International Symposium of Astacology*. Adelaide, Australia.
- Hasiotis, S.T. 1990: Notes on the burrow morphologies and nesting behaviors of adults and juveniles of *Procambarus clarkii* and *Procam-*

barus acutus acutus (Decapoda: Cambaridae). Papers from the eight International Symposium on Astacology. Baton Rouge, Louisiana, USA. Sweden.

Hürlimann, J., Schanz, F. 1988. Charakterisierung zweier verbundener Weiher mit kleinem Einzugsgebiet aufgrund von Planktonbiozönosen und Nährstoffbelastungen. Vierteljahresschrift der Naturforschenden Gesellschaft Zürich 133/4:205–224.

Ilhéu, M., Bernardo, J.M. 1994. Trophic ecology of red swamp crayfish *Procambarus clarkii* (Girard) – preferences and digestibility of plant foods. Papers from the 10th International Symposium of Astacology. Adelaide, Australia

Laurent, P.J. (1995): Eradication of unwanted crayfish species for astacological management purposes. Seiten 121–133 in: Freshwater crayfish VIII (Romaine, R.P. Ed.)

Momot, W.T. 1978: The dynamics of crayfish and their role in ecosystems. Am. Midl. Nat. no. 99:1, 20–31.

Odum, P. (1991): Prinzipien der Ökologie. Spektrum der Wissenschaft. Heidelberg, 305 S.

O'Neill, E.J., Cripe, C.R., Mueller, L.H., Connolly, J.P., Pritchard, P.H. 1989. Fate of fenthion in salt-marsh environments: II. Transports and biodegradation in microcosms. Environ. Toxicol. Chem. 8, 759–768.

Peris, S.J., Briz, F.J. & Campos, F. 1995. Shifts in the diet of grey heron (*Ardea cinerea*) in the Duero Basin, central-west Spain, following the introduction of exotic fish species. Folia Zoologica 44(2):97–102.

Perkow, W. 1992. Wirksubstanzen der Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel, 2. vollständig neu bearbeitete Auflage, Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.

Rabeni, C.F. 1992. Trophic linkage between stream centrarchids and their crayfish prey. Canadian J. Fisheries and Aquatic Sciences 49(8):1714–1721.

Rach, J.J. & Bills, T.D. 1989. Crayfish control with traps and largemouth bass. Progressive Fish-Culturist 51(3):157–160.

Smith, V., Söderhäll, K. 1984. Crayfish pathology: an overview. Papers from the Sixth International Symposium of Astacology. Lund, Sweden.

Spitzky, R. 1972: Crayfish in Austria, history and actual situation. Papers from the first international symposium on freshwater crayfish. Austria.

Stucki, Th. 1996: Amerikanische Krebsarten im Gebiet um den Schübelweiher und den Rumensee (Küsnacht, ZH) – Saison 1996. Uni Zürich, unveröffentlicht.

Sukô, T. 1956: Studies on the Development of the Crayfish. IV. The Development of Winter Eggs. The Science reports of the Saitama University (Japan). Series B. Vol. II, No. 2, :213–219.

Tomlin, C. Ed., 1994. The Pesticide Manual, Tenth Edition, Crop Protection Publications.

Unestam, T., Weiss, D.W. 1970: The host parasite relationship between freshwater crayfish and the crayfish disease fungus *Aphanomyces astaci*: responses to infections by a susceptible and resistant species. Journal of General Microbiology 60, 77–90.

7. Anhang

7.1 Tabelle A1

deutscher/ englischer Name	wissenschaftlicher Artnamen	Tiergruppe
Flache Mützen- schnecke	<i>Ferrissia wautieri</i>	Weichtiere
Zwergposthörnchen	<i>Gyraulus crista</i>	Weichtiere
Spitze Blasen- schnecke c.f.	<i>Physella c. f. acuta</i>	Weichtiere
Malermuschel	<i>Unio pictorum</i>	Weichtiere
Edelkrebs	<i>Astacus astacus</i>	Zehnfüsskrebse
Steinkrebs	<i>Austropotamobius torrentium</i>	Zehnfüsskrebse
Dohlenkrebs	<i>Austropotamobius pallipes</i>	Zehnfüsskrebse
Galizierkrebs	<i>Astacus leptodactylus</i>	Zehnfüsskrebse
Kamberkrebs	<i>Orconectes limosus</i>	Zehnfüsskrebse
Signalkrebs	<i>Pacifastacus lenius- culus</i>	Zehnfüsskrebse
Roter Sumpfkrebs	<i>Procambarus clarkii</i>	Zehnfüsskrebse
Aal	<i>Anguilla anguilla</i>	Knochenfische
Hecht	<i>Esox lucius</i>	Knochenfische
Karpfen	<i>Cyprinus carpio</i>	Knochenfische
Blikke	<i>Blicca björkna</i>	Knochenfische
Rotauge	<i>Rutilus rutilus</i>	Knochenfische
Rotfeder	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	Knochenfische
Schleie	<i>Tinca tinca</i>	Knochenfische
Flussbarsch, Egli	<i>Perca fluviatilis</i>	Knochenfische
Yellow Perch/ Gelbbarsch	<i>Perca flavescens</i>	Knochenfische
Zander	<i>Stizostedion sp.</i>	Knochenfische
Smallmouth Bass/ Schwarzbarsch	<i>Micropterus dolomieu</i>	Knochenfische
Largemouth Bass/ Forellenbarsch	<i>Micropterus salmoi- des</i>	Knochenfische
Rock Bass	<i>Ambloplites rupestris</i>	Knochenfische
Johnny Darter	<i>Etheostoma nigrum</i>	Knochenfische

Tab. A1: Zusammenstellung aller im Text verwendeten deutschen und englischen Tiernamen, die dazugehörigen wissenschaftlichen Artnamen sowie die systematisch Zugehörigkeit.

7.2 Tabelle A2

Fischart	Krebsart	Effekt	Land und Literatur
Hecht	<i>Procambarus clarkii</i>	dominanter Futterorganismus, wurde von <i>Hechten</i> intensiv gefressen	Spanien: Elvira et al. 1996
Barsch und Aal	<i>Pacifastacus leniusculus</i>	Laborversuch, <i>Barsche</i> sind effektivere Prädatoren als Aale	Irland: Blake & Hart 1995
Barsch und Aal	<i>Pacifastacus leniusculus</i>	Verhalten/Prädationsvermeidung	UK: Blake & Hart 1993
Barsch und Aal	<i>Astacus astacus</i> und <i>Pacifastacus leniusculus</i>	Aal und <i>Flussbarsch</i> sind Prädatoren: für das Management der Krebsbestände werden sie nicht bekämpft	Finnland: Westman 1992
Aal	<i>Astacus astacus</i> <i>Orconectes limosus</i>	<i>A. astacus</i> wird stärker gefressen als <i>O. limosus</i> , <i>O. limosus</i> wird nicht wesentlich eingeschränkt	Oesterreich und Deutschland: Tesch 1986
Aal	<i>Astacus astacus</i>	Aal ist ein effektiver Prädatör für <i>Edelkrebse</i>	Schweden: Svärdson 1972
Barsch	<i>Astacus astacus</i> und <i>Pacifastacus leniusculus</i>	beide wurden durch <i>Barsche</i> dezimiert	Schweden: Söderbäck 1992
Barsch	<i>Astacus astacus</i> und <i>Pacifastacus leniusculus</i>	hohe Prädation von <i>Barsch</i> auf <i>A. astacus</i>	Schweden: Söderbäck 1994
Barsch	<i>Astacus astacus</i> und <i>Pacifastacus leniusculus</i>	<i>A. astacus</i> geringes Kompetitionspotential, u.a. der Prädation durch Fische wegen	Schweden: Söderbäck 1995
Barsch	<i>Pacifastacus leniusculus</i>	Anwesenheit des <i>Barsches</i> beeinträchtigt Wachstum und Aktivität der jungen Krebse	Schweden: Appelberg & Odelström 1988
Fische, Nicht-Prädatoren	<i>Pacifastacus leniusculus</i>	Nicht-Prädatoren verändern Verhaltensmuster der Krebse ebenfalls	Irland: Blake et al. 1994
Fische allgemein	<i>Astacus astacus</i>	Beschreibung Prädationsvermeidung	Schweden: Appelberg et al. 1993
Smallmouth Bass	<i>Procambarus clarkii</i>	Futterpräferenz-Studie <i>P. clarkii</i> wird häufig konsumiert	Portugal: Godinho & Ferreira 1994.

Tab. A2: Europäische Arbeiten: total 13 Publikationen

7.3 Tabelle A3

Fischart	Krebsart	Effekt	Land und Literatur
Largemouth Bass	Orconectes-Arten	starke Prädation	USA: Garvey et al. 1994
Largemouth Bass	<i>Orconectes immunis</i>	Fang hat wenig Einfluss auf juvenile Krebse, Krebs-Population zu 98% reduziert, hauptsächlich durch <i>Largemouth Bass</i>	USA: Rach & Bills 1989
Smallmouth Bass und Rock Bass	Orconectes Arten	50% der Krebsbiomasse wird durch Fische konsumiert	USA: Rabeni 1992
Smallmouth Bass	Orconectes Arten	starke Prädation	USA: Mather & Stein 1993
Smallmouth Bass	<i>Orconectes propinquus</i>	Anwesenheit des Fisches beeinflusst Aktivität, Substratbenützung, Verhalten und Futteraufnahme der Krebse	USA: Stein & Magnuson 1976
Smallmouth Bass	<i>Orconectes propinquus</i>	Fisch-Prädatör wählt die Beute selektiv und beeinflusst die Mikroverteilung und das Verhalten der Krebse	USA: Stein 1977
Yellow Perch	<i>Orconectes virilis</i> und <i>Orconectes propinquus</i>	z.T. starke Prädation, besonders <i>O. virilis</i>	USA: Quinn & Janssen 1989
American Eel	diverse Krebse	Futterpräferenz-Studie, erste Präferenz: Benthos, zweite Präferenz: Fische und Krebse	USA: Lookabaugh & Angermeier 1992
Johnny Darter/ Smallmouth Bass	<i>Orconectes rusticus</i>	komplexe Interaktion	USA: Rahel & Stein 1988
Fische allgemein	Orconectes Arten	z.T. starke Prädation durch Fische, starke Prädation bei Jungkrebsen	USA: Didonato & Lodge 1993.
Fische allgemein	Astacidae und Cambaridae (<i>Orconectes virilis</i> , <i>O. rusticus</i> , <i>O. propinquus</i>)	Krebsdichte ist negativ korreliert mit Dichte der Fisch-Prädatoren	USA: Lodge & Hill 1994
Fische allgemein	<i>Orconectes rusticus</i>	Prädationsrisiko auf Sand höher als in Makrophyten und auf Kies	USA: Kersher & Lodge 1995

Tab. A3: Nordamerikanische Arbeiten: total 12 Publikationen.

7.4 Report von Prof. Dr. Jay Huner

Observations on the Exotic Crayfish Situation in Canton Zürich, Switzerland and Canton Aargau, Switzerland – December 1996 – with Special Reference to the Red Swamp Crayfish, *Procambarus clarkii* (Girard, 1852)

Jay V. Huner, P.O. Box 44509, Lafayette, Louisiana 70504 USA

(Note: The following comments are made based on my personal knowledge about crayfish biology and information presented to me by Swiss biologists. My Comments are in no way associated with my principal employer, the University of Southwestern Louisiana.)

Canton Zürich

Schübelweiher and Rumensee Ponds are small ponds of 1.55 ha (elongated rectangle) and 1.25 ha (square) in size, respectively. Rumensee Pond is located above the level of Schübelweiher Pond and formerly drained into it. Both ultimately discharge into Lake of Zürich. The two ponds are shallow having maximum depths of 2.2 and 2.4 m and maximum depths of 2.2 and 2.4 m, respectively. *Procambarus clarkii* has been present in Schübelweiher Pond for approximately 8 years. During the past warm season approximately 1380 crayfish were removed from the pond by commercial trapping. If these crayfish weighed about 25 g each, total biomass removed was approximately 34.5 kg. Twelve traps were used and trapping was conducted twice a week for 6 months. Initial size was 12.5 cm total length but declined to about 9.0 cm total length. *Procambarus clarkii* was discovered in Rumensee Pond in the past warm season. Some 7 or 8 specimen were removed from the pond. Several specimen of the signal crayfish *Pacifastacus leniusculus* were also caught in Rumensee Pond.

Both ponds are nature conservation units. Schübelweiher Pond is situated in a suburban area with a nearby senior citizens retirement complex. It is surrounded by a walking path and is in constant use. Rumensee Pond is situated in a wooded parkland. Both ponds are important recreation sites. Each is used by waterbirds including ducks (mallards and mergansers), cormorants, gulls, and grey herons. Besides waterbirds, vertebrate predators/competitors include several fish species such as roach, perch, and, possibly, pike.

The perimeter of Schübelweiher Pond showed extensive areas of undercut banks associated with willow tree roots and marshy areas dominated by emergent grasses and cattails. There was no evidence of crayfish burrows in these areas. Crayfish burrows were noted in two restricted areas where cut banks of clay were exposed.

Burrow openings were spaced 10–15 cm apart and were situated slightly above the water surface. No chimneys were noted.

The perimeter of Schübelweiher Pond has been surrounded by a square mesh (15 cm) fence approximately 0.5 m tall to contain the crayfish. The pond outfall has also been covered with a screen of the same mesh. Furthermore, the drainage inlet from Rumensee Pond has been diverted and the two ponds are no longer connected.

There is no rooted, aquatic vegetation in either pond. Macroenthos in Schübelweiher is said to be very sparse. *Procambarus clarkii* in Schübelweiher Pond were said to be moving out of the pond during the previous summer. Summer surface water temperatures in the ponds (June–July–August–September) are in the 20–23 C range. pH in both ponds is slightly alkaline (7.7–8.4), water is relatively hard (conductivity 328–578 us/cm), and the lowest oxygen levels are lowest levels being 2.1–3.3 mg/l. These conditions make both ponds suitable for *P. clarkii*.

Two forms of crayfish movements have been observed. Larger individuals have been encountered moving about randomly on land in the early morning. Groups of individuals have also been observed to be making directed movements upstream in the autumn apparently in response to water flowing into Schübelweiher Pond from Rumensee Pond during rainfall events. The crayfish have walked onto the road and were crushed by automobiles.

Canton Aargau

I visited two ponds in Canton Aargau. Melligen Pond is a limestone pit of approximately 2 ha, maximum depth of about 9 m. *Procambarus clarkii* is said to be well-established in the pond whose principal function is to serve as a retention area for petroleum products from a nearby tank farm should one of the tanks rupture. Baden Pond is an earthen pond of about 1 ha formed by damming a small stream in a valley. *Pacifastacus leniusculus* is said to be well-established in the pond whose main function is to serve as a fee fishing (angling) area.

The *P. clarkii* in Melligen Pond have been present some years, perhaps as many as 10. The pond is triangular-shaped with a discharge channel at its base through a high retaining dike. The two sides are forested to the waterline with roots to the waterline. The littoral area is shallow with much leaf litter. Any evidence of burrowing activity was obscured by tree roots. One obvious *P. clarkii* burrow was present at the water's edge in the discharge channel and the carapace of 10 cm total length *P. clarkii* was found nearby on the ground. It was apparent that

there were a number of burrow entrances that were obscured by fringing tree roots. I was told that the crayfish could be observed with a strong light at night during summer months. However, they were not «numerous». Red swamp crayfish have been observed moving downstream in the discharge stream both in the water and on land adjacent to the stream.

Mellingen Pond supports a sports fishery for pike, perch, and roach. I saw mallard ducks, cormorants, and a grey heron, during my visit. All of these species can be expected to eat *P. clarkii*. This predation pressure explains, no doubt, the reason why the overall density of *P. clarkii* is very «low», relatively speaking.

The *P. leniusculus* in Baden Pond have been present for a number of years. A small pond, no more than 0.1 ha is connected by a drainage channel (about 50–75 m long) to the larger pond. The signal crayfish population can best be described as being very sparse. During summer months, maximum catch per trap was said to be no more than 5 individuals and overall catch with a number of traps was no more than 25 or 30 individuals. Baden Pond is managed intentionally for sports fishing with pike, perch, tench, and roach. Predaceous waterbirds including cormorants and grey herons are present. These known crayfish predators are clearly responsible for keeping the signal crayfish densities at a low level in Baden Pond. The crayfish apparently persist in the protected confines of willow tree root systems around the pond fringe, burrows in the pond bank, and burrows in the channel connecting the two pond units.

Observations

1. Because barriers were placed around Schübelweiher Pond some years after *P. clarkii* became established in the pond, it is very likely that the crayfish has dispersed into Lake of Zürich. It is possible that *P. clarkii* dispersed upstream to Lake Rumensee, however, the distance between the two ponds is such that humans probably moved the crayfish to that pond. Adult *P. clarkii* can easily climb over the existing barrier fence around Schübelweiher Pond and subadults can pass through the mesh, especially at the outlet.

2. *Procambarus clarkii* may be approaching its carrying capacity in Schübelweiher Pond based on the scarcity of macrobenthos, a preferred food item, and the wandering of larger specimen away from the pond. Such wanderings are thought to involve dispersal activities and/or searching for terrestrial food. The crayfish are almost certainly preying on larval amphibians in the pond.

3. *Procambarus clarkii* numbers in Schübelweiher Pond are very low when compared to the numbers (and bio-

mass) that might be expected in warmer climates as in the case of a similar pond near Paris, France. The population was heavily exploited during 1996 but only 30–40 kg and fewer than 1500 specimen were caught. This suggests that maximum biomass then was less than 75–100 kg, if that much. It is difficult to believe that total numbers of all sizes and age class exceeded 10'000 individuals. This is likely the situation in Mellingen Pond, as well.

4. *Procambarus clarkii* is probably a prey item for resident fishes in Schübelweiher and Mellingen Ponds as well as mergansers, gulls, and herons. It is likely that crows, starlings, and larger forest birds also prey on crayfish that are wandering about on the land. This might explain the relatively low density of crayfish harvested from the pond. One could expect a trophically enriched pond such as Schübelweiher to generate crayfish yields (cumulative catches) of several hundred kg per ha. A similar pond in the vicinity of Paris, France has generated a sports fishery for *P. clarkii* that has yielded as much as 1'000 kg per ha per year.

5. Because Schübelweiher, Rumensee, and Mellingen Ponds have stable water levels, it is very likely that most of the crayfish burrows are of the lateral variety rather than subvertical variety associated with seasonally flooded wetlands elsewhere.

6. Can the *Procambarus clarkii* in Schübelweiher, Rumensee, and Mellingen Ponds be eradicated with toxicants?

It is highly unlikely that toxicants alone can be used to eradicate the crayfish in the two ponds. Fish culturists and rice farmers around the world have attempted to eradicate cambarid crayfishes, especially *P. clarkii* for most of this century. While some «control» of densities has been achieved, there has been no documentation of eradication. The problem seems to be two-fold. First, at any particular time, some *P. clarkii* will be protected in burrows into which toxicants cannot pass. Thus, there are invariably some crayfish present to restore the population in the pond. Second, crayfish are just as likely to be present in influent and effluent waterways and can easily reinvade the treated pond even if eradication is achieved.

Common toxicants that have been used to «control» crayfish have included calcium oxide (CaO – quick lime) and insecticides such as chlorinated hydrocarbons like endrin, organo-phosphates like methyl-parathion and fenthion (Baytex), and permethrin. Areas where insecticides have been used to control *P. clarkii* introductions including California (USA) and Spain have been unsuccessful. In the case of the Spain, extensive mortality of

wading birds was recorded when the birds consumed toxic quantities of moribund crayfish.

The toxicant fenthion was used to «control» crayfishes and predaceous aquatic insects in fish culture ponds in the USA for 3 decades. There were no known negative impacts on the applicators. Fingerling ponds would be filled shortly before they were to be stocked with fish fry or brood fish in the spring and treated with fenthion. Roughly, 10–14 days later the ponds would be fertilized to establish a zooplankton – macrobenthos food crop for fish fry. Fenthion clearly had no negative effect on the subsequent fish crops. However, fenthion was never «labeled» for use in aquaculture and can no longer be used in US aquaculture. The costs of securing a «label» to use fenthion for aquacultural purposes are such that it is highly unlikely that it will ever be approved for use in fish cultural operations.

7. Can the *Procambarus clarkii* in Schübelweiher, Rumen-see, and Mellingen Ponds be eradicated by draining the ponds?

Procambarus clarkii is a species that is adapted to life in seasonal wetland habitats. All specimen ranging from newly independent juveniles and mature adults can make burrows. At temperatures of 20–25 C, adults may survive 5–6 months in humid burrows with no free water and may survive in burrows with free water in them for 12 months. Because these crayfish must retreat to burrows during dry periods, they are capable of storing great quantities of organic reserves in their hepatopancreases. Juvenile and sub-adult crayfish can survive under the previously referenced conditions for shorter but still impressive periods of time. One might expect that the survival periods could be extended somewhat when ground temperatures are lower.

Procambarus clarkii is considered to be a warm-water crayfish. It has, however, acclimated to colder areas where water temperatures in excess of 21 C are experienced for several consecutive months. This crayfish does not seem to be able to persist in dewatered situations where the burrows freeze to the bottom. It is also incapable of excavating burrows unless there is free water in the burrow. A fish hatchery manager in central Ohio USA reported that *P. clarkii* was «all but eliminated» from hatchery ponds that were drained completely during the winter. The burrows, in this case, were of the sub-vertical rather than horizontal variety.

Because most *P. clarkii* juveniles recruit to open water in early spring, most young-of-the-year would likely be killed by application of a toxicant then. The toxicant should be applied at night when crayfish are most active.

The population could be monitored using small mesh sweep nets to determine when it was at its highest level and the toxicant could be applied to achieve maximal effect. Following application of the toxicant, the ponds should be drained and left dry through one winter to kill any crayfish that are in burrows. Because the ponds have more or less constant water levels, burrows are probably more or less horizontal and near the surface and, therefore, more vulnerable to freezing than typical *P. clarkii* burrows. It would be desirable to apply toxicants at night when crayfish are most active and to raise water levels to force as many crayfish as possible out of their burrows. (The water in *P. clarkii* burrows is often very low in oxygen. This forces the crayfish to construct burrows that include air space so that they may use atmospheric oxygen for respiration. Raising water levels may completely flood many burrows forcing more crayfish out of them.)

Caged control crayfish should be used to establish that the toxicant was effective. Various age groups of crayfish should be exposed to freezing conditions in simulated burrows to determine if expected field conditions will destroy them.

8. Can the native crayfish species *Astacus astacus* be introduced to replace *P. clarkii*?

If Switzerland represents an extreme location, in terms of thermal considerations, for *P. clarkii*, a coolwater crayfish such as *A. astacus* might be expected to displace it. In all crayfish populations studied to date, large males dominate. One might collect male *A. astacus* and conduct challenge tests in the laboratory to determine if they dominate similar *P. clarkii*. If *A. astacus* do demonstrate superiority then *A. astacus* could be introduced. Several points must be considered before this is attempted.

- *Pacifastacus leniusculus* will likely displace *A. astacus* if it is present in the system.
- Both *P. clarkii* and *P. leniusculus* are potential crayfish plague vectors (*Aphanomyces astaci*). If either species carries the crayfish plague in Schübelweiher, Rumen-see, or Mellingen Ponds, *A. astacus* will be eliminated.
- Regardless of the species of crayfish present in the three ponds, that species will act as a keystone predator and dominate the macroinvertebrate fauna and prey on amphibian larvae.

9. What is the likelihood of reintroductions or continued introductions of *P. clarkii* (other crayfishes)?

Procambarus clarkii is rapidly spreading through Europe. It is now established throughout France, Spain, and Portugal. Reproducing populations are reported in sev-

eral places in The Netherlands, Germany, and Italy. The species is widely available in pet shops and fish markets throughout Europe. Therefore, even where *P. clarkii* is eradicated, it can be easily obtained and reintroduced by «sympathetic» citizens.

There are over 400 crayfish species within three families, Astacidae (fewer than 20 species), Cambaridae (over 300 species), and Parastacidae (over 90 species). Several species of the following genera are distributed around the world alive as pets, scientific specimen and/or food – Astacidae – *Astacus* and *Pacifastacus*, Cambaridae – *Orconectes* and *Procambarus*, and Parastacidae – *Cherax*. One might expect, therefore, that living crayfishes would be continuously entering Switzerland with the inevitable likelihood of additional introductions.

10. What are the possibilities of *P. clarkii* being introduced successfully in Lake of Zürich?

Because *P. clarkii* has been present in Schübelweiher Pond for at least 8 years, it is very likely that this crayfish has been introduced into Lake of Zürich but *P. clarkii* has not been reported from the lake. This is not surprising because Lake of Zürich should be expected to be a very unfavorable environment for *P. clarkii*. There are many predaceous fishes and an indigenous population of *Astacus leptodactylus*, a European crayfish species well adapted for living in permanent lake systems. *Procambarus clarkii* is poorly adapted to living in permanent water bodies and thrives in them only in the absence of predaceous fish populations.

11. Is *P. clarkii* inherently «bad»?

Procambarus clarkii is not inherently «bad». It is a relatively aggressive freshwater crayfish with the capacity to reach sizes in excess of 50 g under favorable conditions although 20 g is a much more common size. *Procambarus clarkii* is, however, a keystone macrobenthic invertebrate that dominates its environment as does any crayfish species or combination of species. All crayfishes compete directly with fish fauna for food resources but are also prey species for the vertebrate community including fishes, waterbirds, amphibians, and semi-aquatic mammals especially the river otter. The burrowing habit of *P. clarkii* can lead to the damage, even destruction, of modest earthen dikes. Furthermore, *P. clarkii* must be assumed to be a vector for the crayfish fungus plague, *Aphanomyces astaci*, until proven otherwise. This fungus has led to the widespread elimination of native European crayfishes in many places. All crayfishes serve as intermediate hosts for helminth parasites of vertebrates especially mammals and birds. One trematode, *Paragonimus* spp., is a lung fluke transmitted by *P. clarkii*, that

is, depending on species, potentially pathogenic to man and his predaceous pets – cats and dogs. However, regardless of crayfish species, no crayfish should ever be eaten raw.

12. What happens if nothing/something is done about *P. clarkii* introductions in Switzerland?

NOTHING: If nothing is done about *P. clarkii* introductions in Switzerland, the populations that now exist will probably continue to persist at the low levels now observed. New introductions will occur from time to time as a consequence of human intervention and some dispersal. However, there are no known eradication mechanisms. The development of pheromone traps and introduction of sterile males into populations, two popular methods for controlling serious agricultural insect pests never eliminate the pests, they only reduce pest population sizes to tolerable levels.

SOMETHING: Something is defined as an attempt to destroy or reduce *P. clarkii* populations. If toxicants are applied and/or ponds and lakes drained, numbers will be temporarily reduced but the species is very unlikely to be eliminated. Based on reports of dispersal of *P. clarkii* from two ponds in Canton Zürich and Canton Aargau, the species has probably established a presence in small streams that would be even more difficult to treat with toxicants than permanent ponds.

Can *P. clarkii* populations be «controlled» by harvesting the crayfish?

Intensive harvesting *P. clarkii* of Schübelweiher Pond generated negligible numbers of edible crayfish, larger than 7.5 cm total length. Thus, it is clear that the total population is small relative to the species' overall expansion potential. Maximum yields of all crayfish species have always been obtained by intensive harvesting. Large, mature males dominate populations no matter what the density is. As a result, taking those dominant males out of the population permits increased survival of younger crayfish so absolute densities (and yields) increase even though the size of the harvested crayfish decreases.

13. Other exotic crayfishes in Switzerland.

Two additional North American crayfish species are well-established in Switzerland, the «striped» American crayfish, *Orconectes limosus*, and the signal crayfish, *Pacifastacus leniusculus*. Both species are crayfish plague vectors, well-adapted for life in cool to cold water, permanent water bodies, and have displaced native European crayfishes wherever they have interacted. There are

probably some thousands of *P. clarkii* in Switzerland. There are very likely many thousands of *P. leniusculus* and millions of *O. limosus*. (Please note that technically speaking, the European crayfish, *Astacus leptodactylus*, is an introduced crayfish species in Switzerland because it is not native to western Europe.)

14. Continued studies.

Crayfishes, regardless of species, are very important macro-benthic organisms that should be thoroughly studied in Switzerland. Every effort should be made to locate introduced species such as *P. clarkii* so that the populations may be characterized and further introductions discouraged if the authorities feel that is the appropriate course of action. Because *P. clarkii* is so widely introduced in Europe, it seems highly advisable that Swiss researchers travel to other countries to develop a clear perspective of the species' status in Europe. A meeting dealing with the introductions of exotic crayfishes into Europe is being organized by Italian astacologists. Dr. Paula Henttonen, President of the International Association of Astacology, may be contacted for additional information: PAULA.HENTTONEN@UKU.FI – Department of Applied Zoology, University of Kuopio, P.O.B. 1627, FIN-70220 Kuopio, Finland.

It would be especially interesting to determine if *P. clarkii* is maturing and spawning in one summer (growing season) as it would be expected to do in Spain and Louisiana or if the thermal situation in Switzerland is such that this «warm-water» species requires two summers to mature in Switzerland. The population dynamics of *P. clarkii* are little known at high latitudes and altitudes. Furthermore, it would be interesting to determine what the interaction is between *P. clarkii* and other species present in the region including the native *Astacus astacus*, *Austropotamobius pallipes*, *Austropotamobius torrentium*, and the introduced *Astacus leptodactylus*, *Orconectes limosus*, and *Pacifastacus leniusculus*. Laboratory challenge tests using mature males could provide baseline data very quickly and permit field tests to begin, if warranted, as quickly as possible.

Some Useful References

- Arrignon, J.C.V., J.V. Huner, P.J. Laurent, J.M. Griessinger, D. Lacroix, P. Gondouin, and M. Autrand. 1994. Warm-water Crustaceans. The Tropical Agriculturalist. Technical Centre for Agriculture and Rural Cooperation, A.J. Wageningen, The Netherlands – The MacMillan Press, Ltd., London and Basingstoke.
- Avery, J. and W. Lorio. 1996. Crayfish Production Manual. Louisiana Cooperative Extension Service Publication 2637, Louisiana State University, Baton Rouge, Louisiana USA.
- Eversole, A.J.M. Whetstone, and B.C. Sellers. 1996. Handbook of relative acute toxicity values for crayfish. South Carolina Sea Grant College Program, Clemson University, Clemson, South Carolina USA.
- Holdich, D.M. and R.S. Lowery. 1988. Freshwater Crayfish: Biology, Management, and Exploitation. Croom Helm, London and Sydney.
- Huner, J.V. 1994. Freshwater Crayfish Aquaculture in North America, Europe, and Australia. Families Astacidae, Cambaridae, and Parastacidae. Food Products Press, The Hayworth Press, Inc., New York, London, and Norwood (Australia).
- Huner, J.V. and J.E. Barr. 1991 (3rd edition). Red Swamp Crayfish: Biology and Exploitation. Louisiana Sea Grant Program, Louisiana State University, Baton Rouge, Louisiana USA.
- Momot, W.T. 1995. Redefining the role of crayfish in aquatic ecosystems. Reviews in Fisheries Science 3(1): 33–63.
- Crayfish News – The Official Newsletter of the International Association of Astacology. Contact: Permanent Secretariat, International Association of Astacology, P.O. Box 44650, University of Southwestern Louisiana, Lafayette, Louisiana 70504 USA.
- L'Astaciculteur de France – The Official Bulletin of the French Crayfish Association. Contact: Professor Pierre J. Laurent, Avonnex à Marin, F-74200 Thonon, France.

