RANA	Sonderheft 4	199 - 209	Rangsdorf 2001

Untersuchungen zum Rückgang des Kammolchs (*Triturus cristatus*) im Schweizer Mittelland: Vergleich von Eimortalitätsraten und Einfluss von Nitrat auf die Entwicklung der Larven

Hannes Scheuber

Investigations on the decline of the crested newt (*Triturus cristatus*) in Switzerland: Comparison of egg mortality rates and influence of nitrate on larval development

Summary

Crested newt (*Triturus cristatus*) populations have been declining for many years in Switzerland. In the Central Plateau several populations have become extinct during the last two decades. Reasons for this phenomenon are unclear, but isolated populations are assumed to suffer increased egg mortality as a consequence of inbreeding. In this study Swiss and French populations were compared with regard to egg mortality. Adult newts caught from different ponds were mated in the laboratory and laid eggs were reared to hatching. Mortality rates were not significantly different between the two countries. Therefore increased egg mortality could be ruled out as the cause of the observed decline of crested newt populations in Switzerland.

In another experiment the influence of nitrate on the development of crested newt larvae was investigated. Nitrate concentrations lower than 20 mg/l did not affect growth rates of freshly hatched larvae during the first 18 days of development.

Key words: *Triturus cristatus*, egg mortality, Nitrate, larvae growth, amphibian decline.

Zusammenfassung

In der Schweiz ist der Kammolch (*Triturus cristatus*) eine stark rückläufige und in weiten Teilen vom Aussterben bedrohte Amphibienart. Besonders im Mittelland ist er in den letzten zwanzig Jahren an zahlreichen Standorten verschwunden. Die Ursachen wurden nicht befriedigend geklärt. Angesichts der starken Isolierung vieler Standorte und zweier Untersuchungen zur Eimortalität wurde eine Inzuchterscheinung vermutet. In der vorliegenden Arbeit wurde untersucht, ob eine erhöhte Eimortalität, als mögliche Folge einer Inzucht, für den Rückgang des Kammolchs im Schweizer Mittelland verantwortlich sein könnte. Dabei wurden Populationen des Schweizer Mittellandes mit Beständen des französischen Departements Mayenne, welches noch als sehr gutes Kammolchgebiet gilt, bezüglich der Eimortalität verglichen. Die von Weibchen im Labor abgelaichten Eier wurden bis zum Schlüpfen der Larven aufgezogen. Die beiden Untersuchungsgebiete unterschieden sich nicht signifikant in den festgestellten Mortalitätsraten. Somit kann eine erhöhte Eimortalität als Ursache für den Rückgang des Kammolchs ausgeschlossen werden.

In einem zweiten Experiment wurde der Einfluss von Nitrat auf die Entwicklung von Kammolch-Larven untersucht. Geringe Nitratkonzentrationen ($\leq$ 20 mg/l) hatten keinen Einfluss auf das Wachstum der frisch geschlüpften Larven.

Schlagwörter: *Triturus cristatus*, Eimortalität, Nitrat, Larvenwachstum, Amphibiensterben.

Einleitung

Der teilweise dramatische Rückgang von Amphibienpopulationen ist seit längerer Zeit als ein weltweites Problem erkannt (BLAUSTEIN & WAKE 1990, WAKE & MOROWITZ 1990, WAKE 1991). So verschieden die betroffenen Arten sind, so unterschiedlich sind auch die vermuteten und tatsächlichen Ursachen. Sie reichen von der Zerstörung geeigneter Lebensräume, über Gewässerverschmutzung bis hin zur globalen Reduktion der Ozonschicht (BLAUSTEIN & WAKE 1995). Verschiedene Arten scheinen außerdem empfindlich auf Nitrat und Nitrit zu reagieren (BAKER & WAIGHTS 1993, BAKER & WAIGHTS 1994, OLDHAM et al. 1997, MARCO et al. 1999). Dieser ganzen Entwicklung wird besondere Beachtung geschenkt, weil Amphibien wegen ihren physiologischen und verhaltensbiologischen Eigenschaften als Bioindikatoren für den allgemeinen Zustand eines Lebensraumes dienen. Deshalb ist alarmierend, dass vermehrt auch unberührte Gebiete, wie Nationalparks und Naturreservate betroffen sind.

Die Schweiz ist von diesem Phänomen nicht verschont geblieben. Wie Langzeitbeobachtungen zeigen, ist der Rückgang verschiedener Arten und zahlreicher Populationen heute Tatsache (GROSSENBACHER 1995, MEYER et al. 1998). Eine seit längerer Zeit stark rückläufige Art ist der Kammolch (*Triturus cristatus*). Bereits vor gut zehn Jahren war er im Mittelland selten und in seinem Bestand stark gefährdet (GROSSENBACHER 1988). In der Zwischenzeit sind weitere Bestände verlorengegangen (K. GROSSENBACHER, pers. Mitt.). Der Hauptgrund für diese Entwicklung ist vermutlich die Zerstückelung und der Verlust von naturnahen Feuchtgebieten, was mit einer zunehmenden Isolierung der noch bestehenden Populationen einhergeht.

Diese Zerstörung des Lebensraumes kann jedoch nicht als die alleinige Ursache für den überproportionalen Rückgang des Kammolchs angesehen werden, denn der Kammolch ist auch aus offensichtlich intakten Gebieten verschwunden (GROSSENBACHER 1988). Aus diesem Grund sind zu diesem Thema an der Universität Bern bereits zwei Diplomarbeiten entstanden:

JÄGGI (1993) untersuchte den Einfluss des Substrats auf das Balzverhalten und die Eientwicklung sowie die Laichgewässerqualität. GÖGGEL (1996) führte eine Studie zur Mortalität von Eiern und Larven in aktuellen und ehemaligen Kammolchgewässern hinsichtlich unterschiedlicher Wasserqualität durch. In den beiden im Labor und im Feld durchgeführten Arbeiten wurden keine befriedigenden Erklärungen für den Rückgang des Kammolchs gefunden. Sowohl die Bodenbeschaffenheit als auch die Laichgewässerqualität konnten aber als alleinige Ursachen ausgeschlossen werden.

Allerdings fand GÖGGEL (1996) bei einer Population (Menziken AG) eine überaus hohe Anzahl abgestorbener, nicht vitaler Eier, was auf eine Inzuchterscheinung hinweist. Dies scheint aus mehreren Gründen durchaus denkbar: Die genannte Population wurde vor ca. 20 Jahren aus nur drei Kammolchpärchen gegründet. Sie ist zudem vollständig von anderen Kammolchvorkommen isoliert. Durch die Populationsstruktur und das Paarungssystem, wie diese bei Amphibien vorkommen, sind zudem weitere Voraussetzungen für das Auftreten von Inzucht gegeben (WALDMAN & MCKINNON 1993). Eine daraus folgende Inzuchtdepression könnte eine hohe Eimortalität zur Folge gehabt haben, wie dies beispielsweise bei der Regenbogenforelle (GJERDE et al. 1983), der Kreuzotter (MADSEN et al. 1996) und bei

der Singammer (KELLER 1998) beobachtet wurde.

Die Vermutung lag nahe, dass andere isolierte Kammolchpopulationen im Schweizer Mittelland aus ähnlichen Gründen ebenfalls hohe Eimortalitätsraten aufweisen könnten. Wegen der Isolation und starken Bestandesfluktuationen, wie diese beim Kammolch vorkommen (ARNTZEN & TEUNIS 1993, COOKE 1995, COOKE 1997, ATKINS 1998, BAKER 1999), dürften verschiedentlich Flaschenhalssituationen entstanden sein. Eine dadurch verursachte Reduktion der genetischen Variabilität innerhalb betroffener Populationen kann zu Inzucht führen. Eine hohe Eimortalitätsrate als Folge einer Inzuchtdepression wirkt sich negativ auf die Populationswachstumsrate aus. Dies kann letztlich zum Rückgang oder gar zum Erlöschen von Beständen führen (GILPIN & SOULÉ 1986, FRANKHAM 1994), wie dies kürzlich bei Schmetterlingspopulationen gezeigt wurde (SACCHERI et al. 1998).

Im Teil A dieser Arbeit sollte festgestellt werden, ob eine hohe Eimortalität für den Rückgang des Kammolchs im Schweizer Mittelland in Frage kommt. Von Interesse war die Eimortalität vor dem Schwanzknospenstadium: Einerseits sterben die meisten Eier vor dem Blastulastadium ab, andererseits fallen von den danach überlebenden Larven 50 % einer Mortalität im Schwanzknospenstadium aufgrund eines obligatorischen Chromosomenheteromorphismus zum Opfer (MACGREGOR & HORNER 1980). In einem Aufzuchtversuch wurde die Eimortalität rückläufiger Populationen des schweizerischen Mittellandes mit jener großer französischer Bestände, welche vermutlich noch hohe genetische Variabilität aufweisen, verglichen.

In einem zweiten Teil B wurde der Einfluss von Nitrat auf die Entwicklung der Larven exemplarisch bei einer Population untersucht, denn MARCO et al. (1999) fanden bei nordamerikanischen Amphibienarten hohe Mortalitätsraten bei Nitratkonzentrationen, welche noch innerhalb der Toleranzwerte für Trinkwasser liegen und teilweise in Kammolchgewässern gemessen wurden (GÖGGEL 1996). Betrachtet werden sollten in erster Linie aber subletale Effekte niedriger Konzentrationen auf das Wachstum.

Methode

A. Das Untersuchungsgebiet des Mittellandes umfasste die Kantone Aargau, Bern und Fribourg. Folgende fünf Populationen wurden für die Untersuchung ausgewählt: Auried/Kleinbösingen (Kanton Fribourg), Elfenaureservat/Bern (Kanton Bern), Waldgrube Scheuren (Kanton Bern), Joner Schachen/Jonen (Kanton Aargau) und Schulhausweiher Menziken (Kanton Aargau). Als zweites Untersuchungsgebiet fiel die Wahl auf das französische Departement Mayenne, denn diese Region gilt als ein Gebiet mit noch sehr guten Kammolchvorkommen (ARNTZEN & DE WIJER 1989, WALLIS & ARNTZEN 1989). Zwei französische Standorte wurden in der Studie verwendet: Château Gontier und Châtres-la-Fôret. Der Fang fand in mehreren Aktionen im Frühjahr 1999 statt: Im Schweizer Mittelland erfolgte er zwischen dem 12. und 27. März. Einzig die Tiere aus Menziken wurden erst am 10. April in den Aufzuchtversuch eingesetzt. Die Fangaktion in Mayenne fand in den Nächten vom 16. und 17. März statt. Die für den Fang, die Haltung und den Import/Export notwendigen Bewilligungen wurden bei den in- und ausländischen Behörden eingeholt.

Für den Aufzuchtversuch wurden pro Standort drei bis fünf Weibchen und sechs bis zehn Männchen gefangen. Die Tiere wurden in Dreiergruppen (ein Weibchen mit zwei

Männchen) in separaten Aquarien in der Klimakammer des Naturhistorischen Museums Bern gehalten.

Die Molche wurden erst zusammengebracht, wenn komplette Dreiergruppen gebildet werden konnten.

Für die Haltung der adulten Tiere dienten Glasaquarien (30 cm x 50 cm x 30 cm). Diese waren auf den Längsseiten und auf der Rückseite mit Packpapier eingefasst. Als Substrat war eine 3 cm dicke Schicht Kies (Quarzsand Ø 2-3,2 mm) eingestreut. Darüber wurde Leitungswasser 20 cm hoch eingefüllt. Ein halbierter Blumentopf sorgte für eine Rückzugsmöglichkeit. Für die Eiablage wurden den Molchen pro Aquarium 10 Plastikstreifen (0,4-0,7 cm x 22 cm) aus Kehrichtsäcken angeboten. Die Streifen waren auf Pasteurpipetten, die als Gewicht dienten, aufgezogen und wurden vor dem Einsetzen mindestens 5 Minuten abgekocht, um eine Infektion der Eier durch eingetragene Pilzsporen zu verhindern. Die Temperatur in der Klimakammer wurde zu Beginn auf eine Temperatur von 11 °C, wie sie im Durchschnitt in den Herkunftsgewässern der Molche gemessen wurde, eingestellt und im Verlaufe der Untersuchung nur langsam erhöht. Der Beleuchtungsrhythmus entsprach ungefähr den natürlichen Lichtverhältnissen und wurde wöchentlich angepasst. Gefüttert wurden die Tiere jeden Tag entweder mit Regenwürmern oder mit Fliegenmaden, in Quantitäten, die jeweils praktisch restlos gefressen wurden. Für die Eier eines jeden Weibchens stand ein separates Aufzuchtbecken aus durchsichtigem Kunststoff (11,5 cm x 11,5 cm x 17,6 cm) zur Verfügung. Der Wasserstand betrug 10 cm. Zur Befestigung der Eiablagestreifen dienten Eisendrahtstücke, die quer über die Becken gespannt waren. Das Wasser wurde jeden zweiten Tag gewechselt.

Nach dem Fang wurden die Molche entsprechend dem experimentellen Ansatz umgehend in die Aquarien eingesetzt. Die Eiablagestreifen wurden jeden Tag auf vorhandene Eier untersucht. Dazu konnten die Streifen in den Aquarien gelassen werden. Waren Eier vorhanden, so wurde die ganze Pipette gegen eine neue ausgetauscht. Streifen mit Eiern wurden von der Pipette gelöst und in die entsprechenden Aufzuchtbecken transferiert. Unentwickelte oder abgestorbene Eier sowie geschlüpfte Larven wurden aus den Aufzuchtbecken entfernt und später in die Herkunftsgewässer der Elterntiere ausgesetzt.

B. Für das zweite Experiment wurden am 8. und 15. April 2000 14 weibliche und 14 männliche Kammolche aus der Population Menziken AG gefangen. Die Haltungs- und Aufzuchtbedingungen waren dieselben wie beim Aufzuchtversuch A, einzig wurden die Weibchen nur mit einem Männchen zusammengebracht. Die frisch geschlüpften Larven (8 pro Behandlung) wurden einzeln in 0,3 l-Plastik-Trinkbechern gehalten. Diese waren zur Hälfte mit der, der Behandlung entsprechenden Nitratlösung gefüllt. Die drei Behandlungsstufen betrugen 5, 12 und 20 mg/l N-NO_3. Für die Lösungen wurde nitratarmem Mineralwasser (Ulmeta 1,5 mg/l NO_3^-) Natriumnitrat zugegeben. Für die Kontrollreihe wurde hingegen Natriumchlorid beigemengt, um einen möglichen Effekt des Natriums zu erkennen. Der pH aller Versuchsreihen wurde mit Natriumcarbonat leicht gepuffert und lag bei 8,0. Die Lösungen wurden jeden zweiten Tag gewechselt, um die Akkumulierung von Exkrementen und toten Futtertieren zu verhindern. Die Larven wurden jeden zweiten Tag ad libitum mit Artemien-Nauplien gefüttert. Das Experiment dauerte 18 Tage. An den Tagen 0, 6, 12 und 18 nach dem Schlüpfen wurden die Larven unter einem Binokular

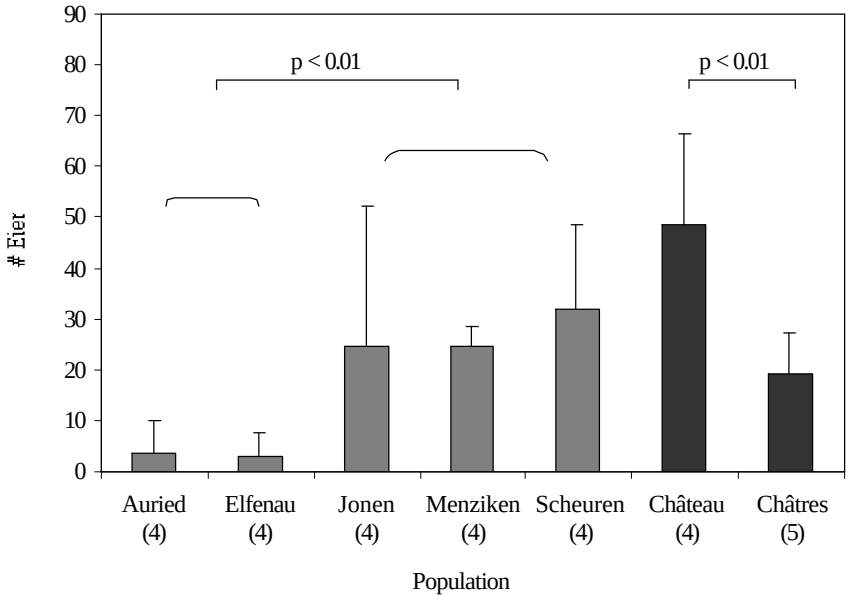

Abb. 1: Anzahl der gelegten Eier je Weibchen von Populationen aus der Schweiz (graue Säulen) und aus Frankreich (schwarze Säulen). Die Fehlersäulen entsprechen 1 SE vom Mittelwert. P-Werte für signifikante Unterschiede innerhalb der beiden Länder. Anzahl der Weibchen in Klammern.

Number of eggs laid by females of Swiss (grey bars) and French (black bars) populations. Error bars depict 1 SE of the mean. P-values for significant differences within the two countries. Number of females in brackets.

fotografiert. Anhand der Fotos wurde die Körperlänge (Schnauze bis Schwanzspitze) auf 0,1 mm genau bestimmt.

Resultate

A. Die Anzahl der pro Weibchen abgelegten Eier reichte von 0 (Auried und Elfenau) bis 69 (Château Gontier). Im Durchschnitt am wenigsten legten die Weibchen der Elfenau (2,4 Eier), am meisten (48,5 Eier) von jenen aus Château Gontier (Abb. 1). Die Körpergröße der Weibchen bestimmt bei Molchen, wie generell bei Amphibien, im wesentlichen die Gelegegröße (KAPLAN & SALTHE 1979, BAKER 1992). Deshalb wurde die Schnauze-Kloaken-Länge als Kovariate in die Varianzanalyse mit einbezogen. Zwischen den Untersuchungsgebieten gab es keinen Unterschied in der mittleren Anzahl Eier, doch sowohl im Mittelland als auch in Mayenne wurden nicht in allen Populationen gleich viele Eier abgelegt (Tab. 1). Die Weibchen des Aurieds und der Elfenau legten signifikant weniger Eier ab als die Weibchen der drei anderen Standorte (Contrast Analysis, t_{21}=4,24, $P_{einseitig}$< 0,001). Derselbe Unterschied war zwischen den Populationen von Châtres-la-Fôret und Château Gontier zu beobachten (Contrast Analysis, $F_{1,21}$=12,72, $P_{einseitig}$< 0,01). Eine lineare Regression der Anzahl Eier in Abhängigkeit der Schnauze-Kloaken-Länge der Weibchen (r=0,158,

Source of Variation	SS	df	F	P
Untersuchungsgebiet	1428	1	1,427	0,288
Population (U'gebiet)	4573	5	6,282	0,001
Länge Weibchen	1460	1	9,867	0,005
Error	3108	21		

Tab 1: Genestete Kovarianzanalyse für die Anzahl abgelegter Eier (Source of variation - Variabilitätsursache, SS - Quadratsumme, df - Freiheitsgrade, F - F-Wert, P - Irrtumswahrscheinlichkeit). Nested ANCOVA on egg production.

N=29, P=0,037) zeigte, dass einige Weibchen des Aurieds und der Elfenau im Verhältnis zu ihrer Grösse zu wenig Eier ablaichten. Aufgrund dieses Befundes wurden die Populationen Auried und Elfenau für die statistische Auswertung der Eimortalität nicht mehr verwendet. Die mittlere Eimortalität der Populationen variierte sehr stark und lag im Bereich von 79,4 % (Châtres-la-Fôret) und 2,0 % (Menziken) (Abb. 2). Bezüglich der Eimortalität gab es zwischen den Untersuchungsgebieten wiederum keinen Unterschied, doch die beiden französischen Populationen wiesen signifikant verschiedene Mortalitätsraten auf

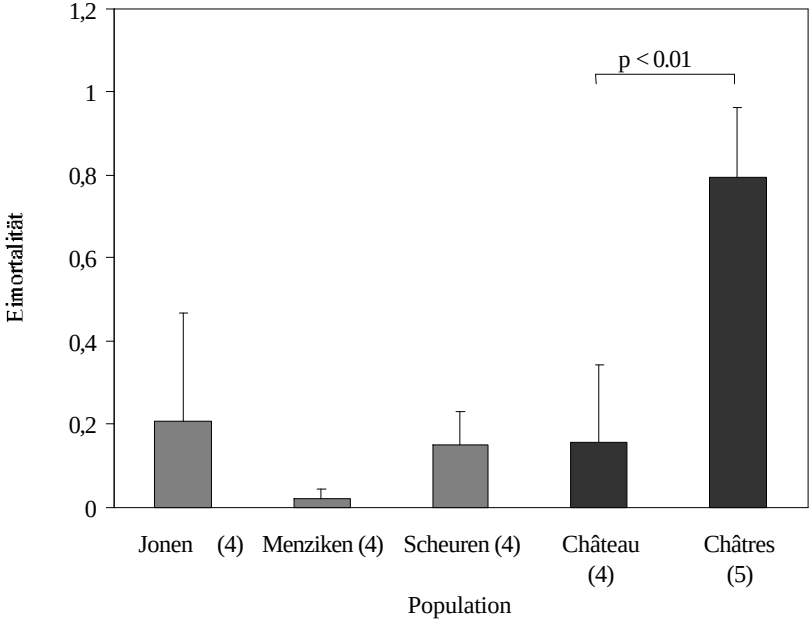

Abb. 2: Eimortalität der verbleibenden Populationen aus der Schweiz (graue Balken) und aus Frankreich (schwarze Balken). Die Fehlersäulen entprechen 1 SE vom Mittelwert. Angegeben ist der signifikante Unterschied zwischen den beiden französischen Populationen. Anzahl der Weibchen in Klammern.

Egg mortality rates of the three remaining Swiss (grey bars) and French (black bars) populations. Error bars depict 1 SE of the mean. P-value of the significant difference between the two French populations. Number of females in brackets

Source of variation	SS	df	F	P
Untersuchungsgebiet	0,596	1	1,784	0,274
Population (U'gebiet)	0,996	3	13,086	<0,001
Error	0,369	15		

Tab. 2: Genestete Varianzanalyse für die Eimortalität (Source of variation - Variabilitätsursache, SS - Quadratsumme, df - Freiheitsgrade, F - F-Wert, P - Irrtumswahrscheinlichkeit).
Nested ANOVA on egg mortality.

(Tab.2). Die Eimortalität von Châtres-la-Fôret war signifikant größer als jene von Château Gontier (Contrast Analysis, $F_{1,15}$=36,58, $P_{einseitig}$< 0,001).

B. Bei einer Mortalität von nahezu null (zwei Larven starben im Verlaufe des Experiments, jedoch nicht als Folge der Nitratbehandlung) wuchsen die Larven in den ersten 18 Tagen ihrer Entwicklung von anfänglich rund 11mm auf gut 20mm Körperlänge an (Abb. 3). Die Larven der Kontrolle und der verschiedenen Nitratbehandlungen unterschieden sich nicht signifikant in ihrem Längenwachstum (Tab. 3).

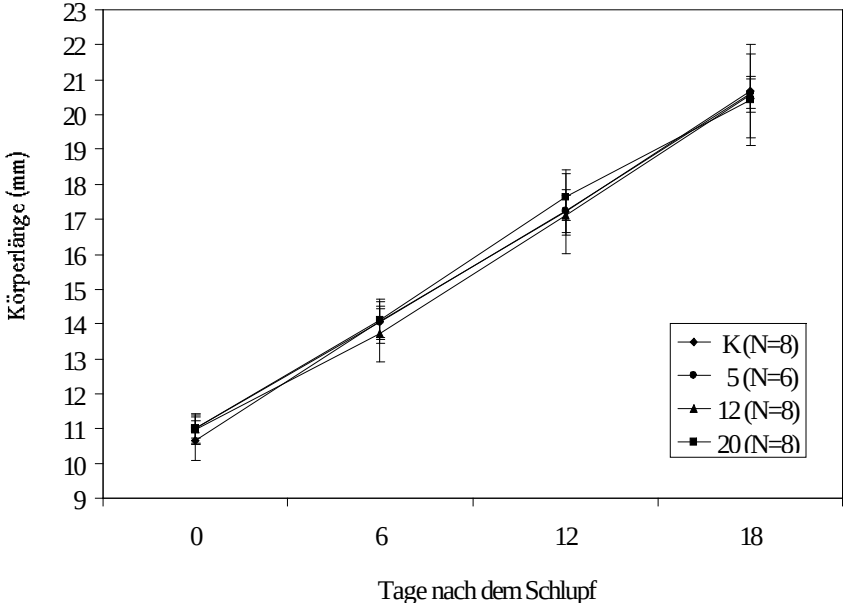

Abb. 3: Wachstum der Kammolch-Larven bei verschiedenen Nitratbehandlungen (5, 12, und 20 mg/l N-NO_3) und einer Kontrolle K während den ersten 18 Tagen der Entwicklung. Die Gesamtkörperlänge steigt von durchschnittlich 11 mm auf gut 20 mm an. Die Fehlersäulen entsprechen ±1 SE vom Mittelwert. Der Stichprobenumfang ist in der Legende angegeben.

Growth of crested newt larvae under different nitrate treatments (5, 12 and 20 mg/l N-NO_3) and a control K during the first 18 days of larval development. Total body length increases from 11mm to about 20mm on average. Error bars depict ±1 SE of the mean. Sample size is given in the legend.

Source of variation within subjects	SS	df	F	P
Körperlänge	1445,10	3	1130,84	< 0,001
Error	33,27	78		
between subjects				
Nitrat	5,13	3	0,59	0,63
Error	76,08	26		

Tab 3: Varianzanalyse mit Wiederholungen für das Larvenwachstum (Source of variation - Variabilitätsursache, SS - Quadratsumme, df - Freiheitsgrade, F - F-Wert, P - Irrtumswahrscheinlichkeit, within subjects - innerhalb der Behandlungsstufen, between subjects - zwischen den Behandlungsstufen).

Repeated measures ANOVA on larval growth.

Diskussion

A. Die Eiproduktion lag zum Teil weit unter der potentiellen Fruchtbarkeit von weiblichen Kammolchen (MIAUD 1990). Einige Weibchen dürften vor dem Fang einen Teil ihrer Eier bereits abgelaicht haben. Der durch den Fang und die Haltung im Labor verursachte Stress beeinträchtigte die Tiere zudem mit großer Wahrscheinlichkeit in ihrer Fortpflanzung. Möglicherweise kam es dadurch zu keiner oder nur geringen Eiablage der Weibchen der Schweizer Populationen Auried und Elfenau. Da diese Tiere als erste gefangen wurden, waren sie meist wohl noch unbefruchtet und es fand in der Folge im Labor keine erfolgreiche Verpaarung statt. Denkbar ist auch, dass die Individuen innerhalb der Populationen Auried und Elfenau eng miteinander verwandt sind und es im Zuge einer Inzuchtvermeidung durch Mechanismen der Verwandtenerkennung zu keiner Paarung kam (RALLS et al. 1986, WALDMAN & MCKINNON 1993). Die wenigen Eier, welche einzelne Weibchen trotzdem ablegten, wären von Spermien vom Vorjahr befruchtet worden, welche in der Spermatheca gespeichert waren (BENSON 1968). Offenbar pflanzen sich jedoch nicht alle adulten Kammolche fort, welche sich im Laichgewässer aufhalten. Der sich erfolgreich reproduzierende Anteil adulter Tiere eines Bestandes kann bisweilen nur 20% betragen (JEHLE & ARNTZEN 2001). Diese Beobachtung kann natürlich eine ausbleibende Fortpflanzung einiger Weibchen erklären.

Die beobachteten Eimortalitätsraten entsprachen im Mittel jenen der Untersuchungen von JÄGGI (1993) und GÖGGEL (1996). Einzig die Population aus Châtres-la-Fôret wies eine viel höhere Mortalitätsrate auf, obwohl sie als eine der besten Populationen im Departement Mayenne gilt (P. ARNTZEN, pers. Mitt.). Auffallend in dieser Beziehung war auch die geringe Eimortalität der Population Menziken, die in der Untersuchung von GÖGGEL (1996) signifikant höher war als bei allen anderen damals betrachteten Standorten. Es scheint somit, dass die Eimortalität von Jahr zu Jahr sehr stark variieren kann. Die hohe Eimortalität der Population von Châtres-la-Fôret ist möglicherweise aber auf die lange Dauer zwischen Fang und dem Eintreffen der Tiere in der Klimakammer zurückzuführen: Vier der fünf Weibchen wurden am 16. März gefangen, jedoch erst am 18. März in den Versuch eingesetzt. Dadurch blieben die Eier möglicherweise zu lange im Ovidukt und starben

noch vor der Eiablage ab (GÖGGEL 1996).

Eine hohe Eimortalität als Ursache für den Rückgang des Kammolchs im Mittelland kann mit großer Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden. Zwischen dem schweizerischen und dem französischen Untersuchungsgebiet gab es bezüglich der Eimortalität keinen signifikanten Unterschied. Auch zwischen den Populationen des Mittellandes traten keine signifikant unterschiedlichen Mortalitätsraten auf. Es scheint viel mehr, dass die Eimortalität von Jahr zu Jahr und auch von Population zu Population innerhalb eines Gebietes stark variieren kann. Das Schweizer Mittelland verfügt zwar im Gegensatz zum Departement Mayenne nur über wenige und meist isolierte Kammolchpopulationen, doch scheint dadurch die Eimortalität nicht höher zu sein.

Es ist nicht ausgeschlossen, dass die beobachteten Eimortalitätsraten teilweise durch Haltungseffekte bedingt waren. Auch die Annahme, dass eine Inzuchtdepression zu einer erhöhten Eimortalität geführt hat, hat sich nicht bestätigt. Die Population Menziken, welche am stärksten ingezüchtet sein sollte, wies die kleinste Eimortalität überhaupt auf. Angesichts der Tatsache, dass diese Population seit über 20 Jahren existiert, ist es möglich, dass die letalen Allele bereits durch die natürliche Selektion eliminiert worden sind (CHARLESWORTH & CHARLESWORTH 1987, WALDMAN & MCKINNON 1993). Eine genetische Untersuchung der Tiere wird Aufschluss über die Differenzierung innerhalb und zwischen den Populationen geben.

Eine mögliche Ursache für den Rückgang des Kammolchs könnte aber eine geringe Eiproduktion sein, wie sie bei den untersuchten Tieren des Aurieds und der Elfenau festgestellt wurde. Beim Kammolch ist bekannt, dass die Anzahl von Jungtieren von Saison zu Saison sehr stark schwanken kann (COOKE 1995, BAKER 1999). Pflanzt sich nun ein großer Teil einer Population derart schlecht fort, wirkt sich dies negativ auf die Populationswachstumsrate aus. Dauert ein solcher Zustand über mehrere Jahre an, kann der Bestand sehr stark zurückgehen, wenn nicht gar ganz verschwinden (GILPIN & SOULÉ 1986, FRANKHAM 1994). Es wäre also denkbar, dass einige Kammolchpopulationen im Mittelland aus diesem Grund in den letzten Jahren verschwunden sind.

B. Aufgrund der Ergebnisse anderer Studien (BAKER & WAIGHTS 1993, BAKER & WAIGHTS 1994, MARCO et al. 1999) ist das Resultat des Nitratexperiments eher überraschend, fanden doch MARCO et al. 1999 bei Larven von *Ambystoma gracile* bei einer Nitratkonzentration von 25 mg/l N-NO_3 nach 15 Tagen eine Mortalität von über 40 %. Offensichtlich scheint aber Nitrat in niedrigen Konzentrationen ($\leq$ 20 mg/l N-NO_3) beim Kammolch keinen negativen Einfluss auf das Wachstum der Larven während den ersten 18 Tagen, der wohl empfindlichsten Phase der Entwicklung, zu haben, geschweige denn auf die Überlebenswahrscheinlichkeit. Die Untersuchung wurde zwar nur an Larven einer einzigen Population durchgeführt, doch sind diese Tiere kaum an hohe Nitratkonzentrationen adaptiert, denn es wurden in diesem Teich nie Werte über 5 mg/l N-NO_3 gemessen.

Dank

Allen Helfern und Bewilligungsstellen, welche mich bei meiner Diplomarbeit unterstützt haben, sei an dieser Stelle nochmals herzlich gedankt. Für die Ermöglichung und Betreuung der Nitrat-Untersuchung gilt mein besonderer Dank MARCEL GÜNTERT und KARL HIRT.

Literatur

ARNTZEN, J. W. & P. DE WIJER (1989): On the distribution of the palaearctic newts (Genus *Triturus*) including the description of a five species pond in Western France.– Brit. Herp. Soc. Bull. **30**: 6-11.

ARNTZEN, J. W. & S. F. M. TEUNIS (1993): A six year study of the population dynamics of the crested newt (*Triturus cristatus*) following the colonization of a newly created pond.– Herp. Journal **3**: 99-110.

ATKINS, W. (1998): 'Catch 22' for the great crested newt: Observations on the breeding ecology of the great crested newt *Triturus cristatus* and its implications for the conservation of the species.– Brit. Herp. Soc. Bull. **63**: 17-26.

BAKER, J. M. R. (1992): Egg production in the smooth newt (*Triturus vulgaris*).– Herp. Journal **2**: 90-93.

BAKER, J. M. R. (1999): Abundance and survival rates of great crested newts (*Triturus cristatus*) at a pond in Central England: Monitoring individuals.– Herp. Journal **9**: 1-8.

BAKER, J. & V. WAIGHTS (1993): The effect of sodium nitrate on the growth and survival of toad tadpoles (*Bufo bufo*) in the laboratory.– Brit. Herp. Soc. Bull. **3**: 147-148.

BAKER, J. & V. WAIGHTS (1994): The effect of nitrate on tadpoles of the tree frog (*Litoria caerulea*).– Brit. Herp. Soc. Bull. **4**: 106-108.

BENSON JR., D. G. (1968): Reproduction in urodeles II. Observations on the spermatheca.– Experientia **24**: 853-854.

BLAUSTEIN, A. R. & D. B. WAKE (1990): Declining amphibian populations: a global phenomenon?– Trends Ecol. Evol. **5**: 203-204.

BLAUSTEIN, A. R. & D. B. WAKE (1995): The puzzle of declining amphibian populations.– Scientific American April 1995: 56-61.

CHARLESWORTH, D & B. CHARLESWORTH (1987): Inbreeding depression and its evolutionary consequences.– Ann. Rev. Ecol. Syst. **18**: 237-268.

COOKE, A. S. (1995): A comparison of survey methods for crested newts (*Triturus cristatus*) and night counts at a secure site, 1983-1993.– Herp. Journal **5**: 221-228.

COOKE, A. S. (1997): Monitoring a breeding population of crested newts (*Triturus cristatus*) in a housing development.– Herp. Journal **7**: 37-41.

FRANKHAM, R. (1994): Inbreeding and extinction: a threshold effect.– Conserv. Biol. **9**: 792-799.

GILPIN, M. E. & M. E. SOULÉ (1986): Minimum viable populations: The processes of species extinctions.- In: M. E. Soulé (Ed.): Conservation Biology: The science of scarcity and diversity.– Sunderland, Massachusetts.

GJERDE, B., K. GUNNES & T. GJEDREM (1983): Effect of inbreeding on survival and growth in rainbow trout.– Aquaculture **34**: 327-332.

GÖGGEL, W. (1996): Untersuchung zum Rückgang des Kammolches (*Triturus cristatus*, LAURENTI) in der Schweiz. Mortalität von Eiern und Larven in aktuellen und ehemaligen Kammolchgewässern.– Diplomarbeit Universität Bern.S.

GROSSENBACHER, K. (1988): Verbreitungsatlas der Amphibien der Schweiz.– Documenta Faunistica Helvetiae **7**, Schweizerischer Bund für Naturschutz, Basel, 207 S.

GROSSENBACHER, K. (1995): Observations from long-term population studies in Switzerland.– In: FROGLOG.– Declining Amphibian Populations Task Force, No 15, December 1995.

JÄGGI, CH. (1993): Untersuchungen zum Rückgang des Kammolchs (*Triturus cristatus*): Laichgewässerqualität und Experimente zum Einfluss des Substrats auf Balzverhalten und Eientwicklung.– Lizentiatsarbeit Universität Bern.

JEHLE, R. & J. W. ARNTZEN (2001): Ist der Kammolch (*Triturus cristatus*) genetisch gefährdet?– In: KRONE, A. (Hrsg.): Der Kammolch *(Triturus cristatus)* - Verbreitung, Biologie, Ökologie und Schutz.– RANA, Sonderheft 4: 193-198.

KAPLAN, R. H. & S. N. SALTHE (1979): The allometry of reproduction: an empirical view in salamanders.– Amer. Nat. **113**: 671-689.

KELLER, L. F. (1998): Inbreeding and its fitness effects in an insular population of song sparrows (*Melospiza melodia*).– Evolution **52** (1): 240-250.

MACGREGOR, H. C. & H. HORNER (1980): Heteromorphism for chromosome 1, a requirement for normal development in crested newts.– Chromosoma **76**: 111-122.

MADSEN, T., B. STILLE & R. SHINE (1996): Inbreeding depression in an isolated population of adders *Vipera berus*.– Biol. Conserv. **75**: 113-118.

MARCO, A., C. QUILCHANO & A. R. BLAUSTEIN (1999): Sensitivity to nitrate and nitrite in pond-breeding amphibians from the Pacific Northwest, USA.– Envtl. Toxicol. & Chem. **18**: 2836-2839.

MEYER, A. H., B. R. SCHMIDT & K. GROSSENBACHER (1998): Analysis of three amphibian populations with quarter-century long time-series.– Proc. R. Soc. Lond. B **265**: 523-528.

MIAUD, C. (1990): La dynamique des populations subdivisées: étude comparative chez trois Amphibiens Urodèles (*Triturus alpestris*, *T. helveticus* et *T. cristatus*).– Diplome de Doctorate, N° d'ordre 29-90, L'Université Claude Bernard-Lyon I, 205 p.

OLDHAM, R. S., D. M. LATHAM, D. HILTON BROWN, M. TOWNS, A. S. COOKE & A. BURN (1997): The effect of ammonium nitrate fertiliser on frog (*Rana temporaria*) survival.– Agric. Ecosyst. Env. **61**: 69-74.

RALLS, K., P. H. HARVEY & A. M. LYLES (1986): Inbreeding in natural populations of birds and mammals.– In: M. E. Soulé (Ed.): Conservation Biology: The science of scarcity and diversity.– Sunderland, Massachusetts.

SACCHERI, I., M. KUUSSAARI, M. KANKARE, P. VIKMAN, W. FORTELIUS & I. HANSKI (1998): Inbreeding and extinction in a butterfly metapopulation.– Nature **392**: 491-494.

WAKE, D. B. (1991): Declining amphibian populations.– Science **253**: 860.

WAKE, D. B. & H. J. MOROWITZ (1990): Declining amphibian populations – a global phenomenon? Findings and recommendations.– Alytes **9**: 33-42.

WALDMAN, B. & J. S. MCKINNON (1993): Inbreeding and outbreeding in fishes, amphibians and reptiles.– In: N. W. Thornhill (Ed.): The natural history of inbreeding and outbreeding: theoretical and empirical perspectives.– University of Chicago Press, Chicago.

WALLIS, G. P. & J. W. ARNTZEN (1989): Mitochondrial-DNA variation in the crested newt superspecies: Limited cytoplasmic gene flow among species.– Evolution **43** (1): 88-104.

Anschrift des Verfassers

Hannes Scheuber, Universität Bern, Ethologische Station Hasli, CH-3032 Hinterkappelen, e-mail: hannes.scheuber@esh.unibe.ch.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: RANA

Jahr/Year: 2001

Band/Volume: SH_4

Autor(en)/Author(s): Scheuber Hannes

Artikel/Article: Untersuchungen zum Rückgang des Kammolchs (Triturus cristatus) im Schweizer Mittelland: Vergleich von Eimortalitätsraten und Einfluss von Nitrat auf die Entwicklung der Larven 199-209