

Ist der Kammolch (*Triturus cristatus*) genetisch gefährdet?

Robert Jehle & J. W. Arntzen

Is the crested newt (*Triturus cristatus*) in genetic peril?

Summary

Genetic aspects are increasingly incorporated into conservation biological concepts, but have not yet been included into management plans for the crested newt (*Triturus cristatus*). On the basis of typical "effective" population sizes and the degree of population isolation, we argue that the genetic erosion of *T. cristatus* in human-altered landscapes is high, and that large-scale management plans should take genetic aspects into consideration.

Key words: Crested newt, *Triturus cristatus*, effective population size, degree of isolation, genetic erosion.

Zusammenfassung

Genetische Überlegungen werden zunehmend in naturschützerische Konzepte einbezogen, blieben in Schutzprogrammen für den Kammolch (*Triturus cristatus*) jedoch bislang unberücksichtigt. Ausgehend von der „effektiven“ Größe und dem Isolationsgrad typischer Populationen argumentieren wir, dass *T. cristatus* in fragmentierten Kulturlandschaften einer rapiden genetischen Erosion ausgesetzt ist und dass Maßnahmen zum Erhalt der innerartlichen genetischen Vielfalt in großräumigen Schutzkonzepten berücksichtigt werden sollten.

Schlagwörter: Kammolch, *Triturus cristatus*, effektive Populationsgröße, Isolationsgrad, genetische Erosion.

Einleitung

Die Naturschutzbiologie hat das Ziel, mit einer Kombination aus Grundlagenforschung und angewandten Managementmaßnahmen die Zerstörung natürlicher Lebensräume, die Ausrottung von Arten und den Verlust von genetischer Vielfalt zu verhindern (SOULÉ 1986, PRIMACK 1995). Obwohl diese drei Ebenen biologischer Diversität eng miteinander verknüpft sind, wird der genetischen Komponente in den letzten Jahren vermehrte Beachtung geschenkt (AVISE & HAMRICK 1996, SMITH & WAYNE 1996, HANSKI & GILPIN 1997, YOUNG & CLARK 2000). Durch menschliche Einflüsse im Rückgang befindliche Arten sind durch eine zunehmende Verkleinerung und Isolation ihrer Einzelpopulationen gekennzeichnet. Die Grundlagenforschung sagt voraus, dass beide Parameter zu einer Erosion der innerartlichen genetischen Vielfalt führen und Inzuchtphänomene sowie den Verlust der Anpassungsfähigkeit an sich ändernde Umweltbedingungen nach sich ziehen

(FRANKHAM 1995). Amphibien sind aufgrund ihrer spezifischen Lebensweise für solche Mechanismen besonders empfänglich (JEHLE & ARNTZEN, eingereicht) und eine Reduktion von Fitnessparameter wie Wachstumsraten wurde für Populationen in fragmentierten Landschaften bereits nachgewiesen (*Bufo bufo*: HITCHINGS & BEEBEE 1998, *B. calamita*: ROWE et al. 1999).

In Mittel- und Nordeuropa ist der Kammolch (*Triturus cristatus*) zu einer wichtigen Schirmart für den Erhalt von Kleingewässern geworden (z.B. BOOTHBY 1999, THIESMEIER & KUPFER 2000, siehe auch das Sonderheft des *Herpetological Journal*, 2000, Band 10). Obwohl vielfältige Maßnahmenkataloge zum Schutz von *T. cristatus* entwickelt wurden (z. B. GENT & BRAY 1994), blieben genetische Überlegungen bislang größtenteils unberücksichtigt. Neu etablierte molekulare Marker („Mikrosatelliten“) bieten für *T. cristatus* erstmalig einen leichten Zugang zu Information auf der Erbsubstanz DNA (KRUPA et al., eingereicht), wobei die benötigten Gewebeproben ohne langfristige negative Folgen für die untersuchten Individuen gesammelt werden können (ARNTZEN et al. 1999, JEHLE et al. 2000, JEHLE et al. 2001). Die vorliegende Arbeit erörtert, basierend auf der Größe und dem Isolationsgrad typischer Populationen, ob *T. cristatus* einer genetischen Verarmung unterliegt und ob genetische Befunde für zukünftige Managementmaßnahmen in Betracht gezogen werden sollen.

Die („effektive“) Größe von Kammolch-Populationen

Die mittlere Größe von freilebenden Tierpopulationen ist einer der wichtigsten Parameter für demographische Prozesse. *Triturus cristatus* ist oft die seltenste der in einem gegebenen Gebiet vorkommenden Arten seiner Gattung und besitzt Populationen mit relativ geringen Individuenzahlen. Eine mittlere Populationsgröße für *T. cristatus* anzugeben ist jedoch lediglich näherungsweise möglich. Mittels Fang-Wiederfang Methoden errechnete Größen von Kammolch-Populationen, für solche Studien werden in der Regel größere Populationen ausgewählt, bewegen sich zwischen ca. 20 und 1.400 Individuen, wohingegen bei faunistischen Bestandserhebungen in ca. 80 % aller Reproduktionsgewässer weniger als zehn Individuen gezählt wurden (vgl. Tab. 5.1. und 5.2. in THIESMEIER & KUPFER 2000). Die mittlere Individuenzahl von Kammolch-Populationen liegt wahrscheinlich in der Größenordnung von 100 Individuen, je nach Verbreitungsgebiet jedoch auch darunter. Betrachtet man die Größe einer Population aus evolutionsbiologischer Sicht, dann ist lediglich die Zahl derjenigen Individuen von Bedeutung, die sich erfolgreich fortpflanzt und die genetische Information an die nächste Generation weitergibt. In der populationsgenetischen Grundlagenforschung spricht man, gegenübergestellt zur tatsächlichen Größe, von der „effektiven“ Größe einer Population. Schafft es lediglich ein kleiner Teil der vorhandenen Individuen einer Kammolch-Population sich zu reproduzieren, findet eine genetische Verarmung isolierter Populationen in viel größerem Ausmaß statt, als eine im Freiland gemessene Populationsgröße vermuten lassen würde. Mittels eines Vergleichs von genetischen Merkmalshäufigkeiten verschiedener Generationen wurde festgestellt, dass die effektive Größe von zwei Kammolch-Populationen sowohl innerhalb eines Jahres als auch über mehreren Generation lediglich ca. 10-20 % der mittels Fang-Wiederfang Berechnungen ermittelten Werte der Gesamtpopulationen beträgt (JEHLE et al. 2001).

Verhaltensbiologische Mechanismen wie Partnerwahl der Weibchen können dazu führen, dass sich lediglich ein kleiner Anteil der sich im Reproduktionsgewässer aufhaltenden Männchen erfolgreich reproduziert. Eine zusätzliche Reduktion der effektiven Populationsgröße ist durch ökologische Parameter wie ein sinkender Wasserspiegel und das damit verbundene Austrocknen eines Teils der Eier oder durch Probleme beim Spermatophorenttransfer am verschlammten Gewässergrund denkbar (JEHLE et al. 2001).

Der Isolationsgrad von Kammolch-Populationen

Der Isolationsgrad von Amphibienpopulationen hängt vom Ausbreitungsvermögen der jeweiligen Art und der Distanz bzw. ökologischen Konnektivität zwischen den Reproduktionsgewässern ab. Über typische Ausbreitungsraten von *T. cristatus* bestehen aufgrund methodischer Schwierigkeiten noch erhebliche Wissenslücken. Für individuell erkannte adulte Individuen wurden über Zeiträume von ca. einem Jahr Migrationen von bis zu 1.290 m nachgewiesen (KUPFER 1998), während sich über einige Wochen telemetrierte Individuen maximal ca. 100 m vom Reproduktionsgewässer entfernten (JEHLE & ARNTZEN 2000, JEHLE 2000). Offen bleibt die Frage, inwiefern solche Migrationen für Ausbreitungsphänomene verantwortlich sind und welche Rolle das Juvenilstadium spielt (HAYWARD et al. 2000). Neugeschaffene Gewässer werden in Entfernungen von bis zu 400 m, bzw. 750 m von einem Ursprungsgewässer neubesiedelt (BAKER & HALLIDAY 1999, VAN DER SLUIS et al. 1999) und aufgrund von Befunden über eine wandernde Hybridzone wurde in einem mathematischen Voraussagemodell eine maximale Ausbreitungsrate von einem km pro Jahr angenommen (ARNTZEN & WALLIS 1991, HALLEY et al. 1996).

Vernetzte Reproduktionsgewässer, als Faustregel mindestens ein Gewässer pro Kilometer, sind für *T. cristatus* lediglich in Teilgebieten des Verbreitungsareals vorhanden (zum Beispiel in extensiv bewirtschafteten Teilen West-Frankreichs, ARNTZEN & WALLIS 1991). Ein großer Teil der Populationen in stark fragmentierten Kulturlandschaften, wie den Voralpentälern Süddeutschlands, Österreichs und der Schweiz, ist größtenteils als isoliert zu betrachten, auch wenn kleine Gruppen verbundener Reproduktionsgewässer teilweise noch vorhanden sind. Eine exakte Angabe zum durchschnittlichen Isolationsgrad von Kammolch-Populationen anzugeben hängt stark von der gegebenen Landschaft ab, ist jedoch über das gesamte Verbreitungsgebiet als hoch zu bezeichnen.

Ist *T. cristatus* genetisch gefährdet?

Eines der wichtigsten Konzepte der modernen Naturschutzbiologie umfasst das Definieren von sogenannten „Evolutionary Significant Units“ (ESU) innerhalb einzelner Arten (MORITZ 1994, CRANDALL et al. 2000). ESUs sind Populationen oder Gemeinschaften von Populationen, die bestimmte, einzigartige Einheiten jenseits von taxonomischen Hierarchien darstellen. Sie sind in der Regel von den restlichen Populationen der jeweiligen Art etwas isoliert und weisen daher spezifische Anpassungen an ihren Lebensraum auf. Das Definieren von ESUs dient zum Beispiel als Entscheidungshilfe zur Bestimmung besonders erhaltenswerter Populationen im gegebenen Verbreitungsgebiet einer Art. Trotz des im Vergleich zu anderen Amphibienarten bemerkenswert hohen Wissensstands über die Evolutionsökologie der Kammolch-Gruppe sind, im Gegensatz zu anderen europäischen

Schwanzlurchen (z.B. ALEXANDRINO et al. 1999), solche Überlegungen für *T. cristatus* bislang noch nicht angestellt worden.

Bei einer angenommen mittleren Populationsgröße von 100 adulten Individuen beträgt die mittlere effektive Größe von Kammolch-Populationen lediglich ca. 10-20 Individuen. Theoretische Modellrechnungen besagen, dass vollständig isolierte Populationen eine effektive Größe von mindestens 500-5.000 Individuen besitzen müssen, um ihre Überlebensfähigkeit über viele Generationen zu erhalten (LANDE 1995). Der Heterozygotiegrad, ein Maß für vorhandene genetische Vielfalt, wird nach einer Zahl von Generationen, die ca. 1,4 multipliziert mit der effektiven Populationsgröße entspricht, um die Hälfte reduziert (FRANKHAM 1995). Bei einer angenommenen Generationszeit von vier Jahren (JEHLE et al. 2001) und einer effektiven Populationsgröße von 20 Individuen ist dies bei *T. cristatus* in 112 Jahren der Fall und lediglich ein mehr oder weniger regelmäßig stattfindender Individuenaustausch zwischen einzelnen Gewässern kann eine derart rapide genetische Erosion verhindern.

Ob genetische Überlegungen bei naturschützerischen Maßnahmen für *T. cristatus* in Betracht gezogen werden sollen, ist primär eine Frage des Maßstabs. Um den Erhalt von Kammolch-Populationen an einem spezifischen Reproduktionsgewässer zu garantieren, muss primär ein artgerechtes Habitat erhalten werden (für umfassende Richtlinien siehe z.B. SEMMLITSCH 2000). Populationsökologische Befunde weisen jedoch darauf hin, dass genetische Aspekte für einen großräumigen und langfristigen Schutz von *T. cristatus* eine wichtige Rolle spielen. Aktive Maßnahmen zur Reduktion der genetischen Erosion wie Translokationen von Individuen zwischen Populationen und/oder Landschaften könnten in Zukunft zum dauerhaften Erhalt von Kammolch-Populationen beitragen, sollten jedoch nicht ohne eine Abwägung aller Vor- und Nachteile durchgeführt werden. Für *T. cristatus* besteht derzeit ein dringender Bedarf an Untersuchungen zu potentiellen negativen Auswirkungen einer Reduktion der genetischen Vielfalt auf individuelle Überlebens- und Fitnessraten.

Genetische Überlegungen besitzen relativ früh in einem Managementprogramm ihre größte Wirksamkeit, wenn das Vorhandensein einiger „gesunder“ Populationen im gesamten Verbreitungsgebiet noch eine Vielzahl von kreativen Lösungen zum Erhalt der innerartlichen genetischen Vielfalt zulässt. *Triturus cristatus* ist eine sich im Rückgang befindliche, jedoch (noch) nicht unmittelbar vom Aussterben bedrohte Tierart. Der Zeitpunkt wäre gut gewählt, um genetischen Überlegungen in umfassenden Schutzprogrammen zu berücksichtigen.

Literatur

- ALEXANDRINO, J., E. FROUFE, J. W. ARNTZEN & N. FERRAND (2000): Genetic subdivision, glacial refugia and postglacial recolonisation in the golden-striped salamander, *Chioglossa lusitanica* (Amphibia, Urodela).– *Molecular Ecology* **9**: 771-782.
- ARNTZEN J. W. & G. WALLIS (1991): Restricted gene flow in a moving hybrid zone of newts (*Triturus cristatus* and *T. marmoratus*) in western France.– *Evolution* **45**: 805-26.
- ARNTZEN, J. W., R. S. OLDHAM & A. SMITHSON (1999): Marking and tissue sampling effects on growth and survival in the newt *Triturus cristatus*.– *Journal of Herpetology* **33**: 567-576.

- AVISE, J. C. & J. L. HAMRICK (1996): Conservation Genetics: case histories from nature.– Chapman & Hall, New York, 328 pp.
- BAKER, J. M. R. & T. R. HALLIDAY (1999): Amphibian colonisation of new ponds in an agricultural landscape.– *Herpetological Journal* **9**: 55-63.
- BOOTHBY, J. (1999): Ponds and pond landscapes of Europe.– Pond Life Project, Liverpool. 256 pp.
- CRANDALL, K. A., O. R. P. BININDA-EMONDS, G. M. MACE & R. K. WAYNE (2000): Considering evolutionary processes in conservation biology.– *Trends in Ecology and Evolution* **15**: 290-295.
- FRANKHAM, R. (1995): Conservation genetics.– *Annual Reviews in Genetics* **29**: 305-327.
- GENT, A. & R. BRAY (Eds.) (1994): Conservation and management of great crested newts.– English Nature Science Report No. 20, English Nature, Peterborough, 158 pp.
- HALLEY, J., R. S. OLDHAM & J. W. ARNTZEN (1996): Predicting the persistence of amphibian populations with the help of a spatial model.– *Journal of Applied Ecology* **33**: 455-470.
- HANSKI, I. & M. E. GILPIN (Eds.) (1997): Metapopulation biology: ecology, genetics and evolution.– Academic Press, San Diego, 512 pp.
- HAYWARD, R., R. S. OLDHAM, P. J. WATT & S. M. HEAD (2000): Dispersion patterns of young great crested newts (*Triturus cristatus*).– *Herpetological Journal* **10**: 129-136.
- HITCHINGS S. & T. J. C. BEEBEE (1998): LOSS of genetic diversity and fitness in common toad (*Bufo bufo*) populations isolated by inimical habitat.– *Journal of Evolutionary Biology* **11**: 269-83.
- JEHLE R. & J. W. ARNTZEN (2000): Post-breeding migrations of newts (*Triturus cristatus* and *T. marmoratus*) with contrasting ecological requirements.– *Journal of Zoology, London* **251**: 297-306.
- JEHLE, R., P. BOUMA, M. SZTATECSNY & J. W. ARNTZEN (2000): High aquatic niche overlap in crested and marbled newts (*Triturus cristatus*, *T. marmoratus*).– *Hydrobiologia* **437**: 149-155.
- JEHLE, R. (2000): The terrestrial summer habitat of radio-tracked crested and marbled newts (*Triturus cristatus* and *T. marmoratus*).– *Herpetological Journal* **10**: 137-142.
- JEHLE, R., J. W. ARNTZEN, T. BURKE, A. P. KRUPA & W. HÖDL (2001): The annual number of breeding adults and the effective population size of syntopic newts (*Triturus cristatus*, *T. marmoratus*).– *Molecular Ecology*, im Druck.
- JEHLE, R. & J. W. ARNTZEN (eingereicht): High variation molecular markers in amphibian conservation biology.
- KUPFER, A. (1998) Wanderstrecken einzelner Kammolche (*Triturus cristatus*) in einem Agrarlebensraum.– *Zeitschrift für Feldherpetologie* **5**: 238-242.
- KNEITZ, S. (1998): Untersuchungen zur Populationsdynamik und zum Ausbreitungsverhalten von Amphibien in einer Agrarlandschaft.– Laurenti Verlag, Bochum, 237 S.
- KRUPA, A. P., D. DAWSON, L. GENTLE, R. JEHLE, J. W. ARNTZEN & T. BURKE (eingereicht): Isolation and characterisation of 31 microsatellite loci in the northern crested newt (*Triturus cristatus*), and cross-utility in the closely related species *T. marmoratus*.
- LANDE, R. (1995): Mutation and conservation.– *Conservation Biology* **9**: 782-791.
- MORITZ, C. (1994): Defining “evolutionary significant units” for conservation.– *Trends in Ecology and Evolution* **9**: 373-375.
- PRIMACK, R. B. (1995): Naturschutzbiologie.– Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 687 S.
- ROWE, G., T. J. C. BEEBEE & T. BURKE (1999): Microsatellite heterozygosity, fitness and demography in natterjack toads *Bufo calamita*.– *Animal Conservation* **2**: 85-92.
- SEMLITSCH, R. D. (2000): Principles for management of aquatic-breeding amphibians.– *Journal of Wildlife Management* **64**: 615-613.

- SMITH, T. B. & R. K. WAYNE (Eds.) (1996): Molecular genetic approaches in conservation.– Oxford University Press, New York, 453 pp.
- SOULÉ, M. E. (1986) Conservation biology: the science of scarcity and diversity.– Sinauer Associates, Sunderland, 475 pp.
- THIESMEIER, B. & A. KUPFER (2000): Der Kammolch - Ein Wasserdrache in Gefahr.– Laurenti Verlag, Bochum, 158 S.
- VAN DER SLUIS, T, R. J. F. BUGTER & C. C. VOS (1999): Recovery of the great crested newt (*Triturus cristatus* LAURENTI, 1769) in Twente, Netherlands.– In: BOOTHBY, J.: Ponds and pond landscapes of Europe.– Pond Life Project, Liverpool: 235-246.
- YOUNG, A. G. & G. M. CLARKE (Eds.) (2000): Genetics, demography and viability of fragmented populations.– Cambridge University Press, Cambridge, 438 pp.

Anschriften der Verfasser

- ROBERT JEHLÉ, Institut für Zoologie, Universität Wien, Athanstr. 14, A-1090 Wien, Österreich, e-mail: robert.jehle@univie.ac.at.
- J. W. ARNTZEN, Universidade do Porto, Unidade de Génética Animal e Conservação, Campus Agrário de Vairão, Rua de Monte, Crasto, 4480 Vila do Conde, Portugal, e-mail: j.w.artzent@chello.nl.