

**Abstract**

This study investigates the impact of environmental adaptations of reproductive biology on gene flow and speciation processes in salamanders of the genera *Salamandra* and *Neurergus*.

Chapter 1 describes the successful cloning of polymorphic microsatellite loci for *Salamandra salamandra* by using a PCR based enrichment protocol. In contrast to classical protocols, repeated enrichments and subsequent hybridization with a (GATA)<sub>10</sub> probe yielded 8 polymorphic tetra nucleotide loci for *S. salamandra*.

Chapter 2 focusses on habitat specific adaptive divergence of pond and stream reproducing populations of *S. salamandra* near Cologne. Field data on the abundance of potential food organisms and stomach content of the salamander larvae demonstrated a distinctly lower amount of food in the ponds than in the streams. Pond larvae were larger at hatching and metamorphosed in the field at a smaller size than the larvae from the stream-dwelling populations. Common environment experiments of both types confirmed the smaller size and reduced body weight of pond larvae when food was limited, whereas stream larvae needed up to three times longer to finish metamorphosis. The predominant role of environmental plasticity causing differences in life history traits such as metamorphosis is challenged by significant differences of pond and stream breeding populations under common environmental conditions. The fact that pond and stream breeding are derived postglacially from an identical founder lineage suggests, that fastly evolved differences are rather selective advantageous habitat specific adaptations.

By including several populations from adjacent areas monophyletic origin of pond and stream reproducing *S. salamandra* in the Kottenforst, a forest near Bonn, is suggested in chapter 3 on the basis of 11 microsatellite loci. Strong association of nuclear gene flow either with pond or stream adaptations under fully sympatric conditions and weak support of isolation by distance favors the view that fire salamanders of the Kottenforst are in the process of incipient speciation under sympatric conditions.

Molecular analysis of stream and pond breeding Near East *Neurergus* species in chapter 4 stress the longtime influence of environmental adaptation on speciation, but also on external morphology and behaviour. Molecular analysis of mitochondrial DNA and nuclear coded allozymes of all extant *Neurergus* species suggest that pond breeding of *N. kaiseri* is the result of an intrageneric switch of reproductive biology of a monophyletic stream breeding lineage more than 5 million years ago. The evolution of ecotypes within *Neurergus* is an example of how a habitat switch is paralleled by a dramatic change in larval and adult morphology, while remaining in the original habitat results in morphological stasis.

## Zusammenfassung

Die vorliegende Studie untersucht den Einfluß lebensraumspezifischer Anpassungen der Reproduktionsbiologie auf Genfluß und Artbildungsprozesse bei Salamandern der Gattungen *Salamandra* und *Neurergus*.

In Kapitel 1 wird die erfolgreiche Klonierung polymorpher Mikrosatelliten-Loci für *Salamandra salamandra* anhand einer PCR-basierten Anreicherungs-methode beschrieben. Im Gegensatz zu bisherigen Methoden gelang es mit dieser Methode, durch wiederholte PCR-Amplifikationen und anschließende Hybridisierung mit einer  $(GATA)_{10}$  Sonde 8 polymorphe Tetra-Nukleotid-Loci zu isolieren.

Kapitel 2 befaßt sich mit der adaptativen Aufspaltung von sich in Stillgewässern und Bächen fortpflanzenden *S. salamandra* Populationen bei Köln. Abundanzdaten möglicher Futtertiere im Freiland und Mageninhaltsuntersuchungen zeigten eine relative Futterknappheit in bewohnten Stillgewässern im Vergleich zu den Bächen. Das Geburtsgewicht der Stillgewässer-Larven war größer als das der Bach-Larven, zudem war die Metamorphosegröße der Stillgewässer-Larven geringer. Common Environment Experimente bestätigten diese Trends: unter Futtermangel reduzierten die Stillgewässer-Larven drastisch ihre Metamorphose-Größe und -Gewicht. Die Bach-Larven brauchten dreimal solange für das Erreichen der Metamorphose. Der starke Einfluß phänotypischer Plastizität auf Life History Traits wie die Metamorphose wird durch die signifikanten Unterschiede der Stillgewässer- und Bach-Populationen unter einheitlichen ökologischen Bedingungen in Frage gestellt. Da sich Stillgewässer- und Bach-Populationen auf eine gemeinsame postglaziale Gründerlinie zurückführen lassen, handelt es sich eher um vorteilhafte genetisch fixierte lebensraumspezifische Anpassungen.

In Kapitel 3 wird der monophyletische Ursprung sich in Stillgewässern oder Bächen fortpflanzender Feuersalamander aus dem Kottenforst nahe Bonn unter Einbezug angrenzender Populationen auf der Basis von 11 Mikrosatelliten-Loci nachgewiesen. Unter sympatrischen Bedingungen ist der nukleare Genfluß stark mit der Anpassung an Stillgewässer bzw. an Bäche korreliert, wobei geographische Entfernung keinen Einfluß auf den Genfluß hat. Dies legt nahe, daß es sich bei *S. salamandra* im Kottenforst um einen unmittelbaren Artbildungsprozess unter sympatrischen Bedingungen handelt.

Die molekulare Analyse von sich in Bächen und Stillgewässern fortpflanzenden *Neurergus* im Nahen Osten in Kapitel 4 zeigt die Langzeitauswirkung lebensraumspezifischer Anpassungen auf Artbildung, Morphologie und Verhalten. Die Reproduktion von *N. kaiseri* in Stillgewässern ist das Resultat einer gattung-internen Umstellung einer monophyletischen Bach-Linie vor mehr als 5 Millionen Jahren und steht mit drastischen morphologischen Anpassungen an den Lebensraum in Verbindung.