

Zur Fortpflanzungsbiologie von *Neurergus crocatus* und *Neurergus strauchii barani**

SEBASTIAN STEINFARTZ

Mit 13 Abbildungen und 4 Tabellen

Abstract

On the reproductive biology of Neurergus crocatus and Neurergus strauchii barani

For the first time, captive breeding of *Neurergus crocatus* COPE, 1862 and *N. strauchii barani* ÖZ, 1994 is described, including details on maintenance and care for the young. The key factor for the breeding success was a change of the maintenance conditions between terrestrial (August to late February) and aquatic (rest of the year). A temperature difference of about 10°C between rest and activity period is important. A 23°C water temperature during some weeks in summer was tolerated. *N. crocatus* laid 200+ eggs (average), *N. s. barani* only 80 - 90. *N. crocatus* larvae metamorphosed after 5 - 6 months, *N. s. barani* after 7 - 8 months. Data on the forward extension of the tail/dorsal fin show a marked difference between the *N. s. barani* larvae and those of three other forms, among them *N. s. strauchii*; the former show characters both of the pond type and of the mountain-brook type. Other features of the *N. s. barani* larvae underline the distance to both *N. s. strauchii* and three *N. spec. inc.* larvae from Adana.

Key words: Caudata: Salamandridae: *Neurergus crocatus*, *Neurergus strauchii barani*; first record of breeding; husbandry; morphometric differences.

Zusammenfassung

Die Erstnachzuchten von *Neurergus crocatus* COPE, 1862 und *N. strauchii barani* ÖZ, 1994 werden beschrieben. Entscheidender Faktor für die erfolgreiche Zucht war die Unterteilung des Jahresrhythmus in eine rein terrestrische Haltung (von August bis Mitte Februar) und anschließende aquatische Haltung während der Fortpflanzungsperiode. Wichtig ist ein Temperaturunterschied von etwa 10°C zwischen Ruhe- und Aktivitätsperiode. Wassertemperaturen bis zu 23°C einige Wochen lang in den Sommermonaten wurden toleriert.

Durchschnittlich legten die Weibchen von *N. crocatus* mindestens 200 Eier, von *N. s. barani* lediglich 80 - 90 Eier. *N.-crocatus*-Larven benötigen bis zur Metamorphose etwa 5 - 6 Monate, die Larven der *N. s. barani* bis zu acht Monate.

Bezüglich der Larvalmorphologie unterscheiden sich die *N. s. barani* deutlich von den übrigen *Neurergus*-Arten. Eine Einstufung als Tümpel- oder Bergbach-Typ ist nicht möglich, da sie Merkmale beider Typen aufweisen.

Ein Vergleich von zehn Larven der *N. s. barani* mit Tieren aus Adana (*N. sp. inc.*) ergibt keine Ähnlichkeit. Auch unterscheiden sie sich deutlich von denen der *N. s. strauchii*.

*Mit dieser Arbeit gewann Herr STEINFARTZ einen der beiden 1. Preise des ALFRED-A.-SCHMIDT-Preises im Jahr 1993.

Schlagworte: Caudata: Salamandridae: *Neurergus crocatus*, *Neurergus strauchii barani*; Erstnachzucht; Haltung; morphometrische Daten.

1 Einleitung

Nach morphologischen Merkmalen erkannten SCHMIDTLER & SCHMIDTLER (1975) die vier folgenden *Neurergus*-Arten an: *N. crocatus*, *N. strauchii*, *N. microspilotus* und *N. kaiseri* (vgl. LEVITON et al. 1992). Die oben genannte Arbeit sowie die Untersuchungen an *N. strauchii* (vgl. SCHMIDTLER & SCHMIDTLER 1970) geben auch die inhaltsreichsten Angaben zur Biologie der Gattung. Neuere Arbeiten von HALLER (1989) und SCHOLZ (1994) benutzen osteologische Daten als systematisches Kriterium und unterstreichen die enge Verwandtschaft der Gattung *Neurergus* zu *Triturus*. SPARREBOOM & ARNTZEN (1989) streifen den ethologischen Aspekt bei der Fortpflanzung. Molekulargenetische Untersuchungen zur Verwandtschaftsanalyse fehlen vollständig. In seinem aktuellen Revisionsartikel gibt SCHMIDTLER (1994) einen Überblick des derzeitigen Kenntnisstandes. Auch heute noch zählt die Gattung *Neurergus* zu den am wenigsten bekannten Salamandriden.

In terraristischer Hinsicht ist die Gattung eher stiefmütterlich behandelt worden, was nicht zuletzt dadurch bedingt ist, daß die Tiere schwer zu beschaffen sind. Lange Zeit galten die bergbachbewohnenden Salamander als schwer haltbar (vgl. VILLWOCK 1961, NADER 1970, SCHMIDTLER & SCHMIDTLER 1975), da die Tiere meistens nach kurzer Zeit starben. FLECK (1982) war der erste, dem eine gezielte Nach- und Aufzucht von *N. strauchii* gelang. Auch bei HAKER (1986) etablierte sich die Haltung und Zucht bis zur F2-Generation, wobei regelmäßig eine zuvor unbekannte „Goldstaub“-Farbmutante auftrat. Über die drei übrigen *Neurergus*-Arten, *N. microspilotus*, *N. kaiseri* und *N. crocatus*, liegen keine Zuchtberichte vor.

Ziel dieser Arbeit ist es, die Methodik zur gezielten Nachzucht von *N. crocatus* und *N. s. barani*, einer neu beschriebenen Unterart von *N. strauchii*, aufzuzeigen und anhand des daraus vorhandenen Larvenmaterials einen direkten Parallelvergleich zwischen beiden Arten für den Zeitraum nach der Eiablage bis zur Metamorphose zu dokumentieren.

2 Herkunft der Tiere

Die von mir seit August 1991 gepflegten 1 ♂ und 2 ♀♀ *N. crocatus* (Abb. 1) wurden von RADSPIELER et al. im April 1991 in der Nähe von Aqrah (Nord-Irak) gesammelt. Die Tiere bewohnten dort einen perennierenden Bach ohne Vegetation. Dieser Fundort liegt ganz in der Nähe des von NADER (1970) beschriebenen Vorkommens von *N. crocatus* bei Aqrah. RADSPIELER et al. fanden die Tiere zwischen 500 - 900 m ü.NN. Die von NADER (1970) angegebene Wassertemperatur von 16,5°C für Mitte Mai dürfte zur damaligen Fangzeit im April niedriger gewesen sein. Bei diesem Import handelte es sich um mehrere Tiere, die in Deutschland an verschiedene Salamander-Liebhaber verteilt wurden.

Fast alle Tiere erlagen jedoch einer nicht weiter untersuchten Epidemie innerhalb weniger Monate; glücklicherweise konnte ich meine Zuchtgruppe als einzige am Leben erhalten.

Die acht (3 ♂♂, 5 ♀♀) *N. s. barani*, die Öz 1994 als eigene Unterart beschrieben hat, stammen direkt von der Terra typica und wurden während der Entdeckungsexkursion Mitte April 1992 dort gesammelt. Der fast 2000 m ü. NN gelegene Fundort stellt einen „typischen“ *Neurergus*-Fundort dar. Das Fortpflanzungsgewässer ist ein perennierender Bach mit ruhigen Abschnitten und im wesentlichen vegetationsfrei. Flache Steine bieten den Salamandern Versteckmöglichkeiten, die auch vermutlich als Eiablageplätze genutzt werden. In der Umgebung des Fortpflanzungsgewässers kann Vegetation in Form von einigen Bäumen (vor allem *Populus* sp. und *Salix* sp.) vorhanden sein oder vollkommen fehlen. Nach SCHMIDTLER (1994) ähnelt der Fundort in seinem morphologischen und vegetationskundlichen Charakter den Fundorten von *N. s. strauchii* bei Bitlis (Ost-Türkei).

3 Haltung

Die beiden *Neurergus*-Arten werden zur Fortpflanzungszeit rein aquatisch und zur Ruhezeit rein terrestrisch in Vollglasbecken gehalten. Was FLECK (1982) als Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Nachzucht angibt, nämlich eine deutliche Zäsur zwischen Wasser- und Landaufenthalt in Form einer rein terrestrischen Haltung zwischen den aquatischen Fortpflanzungsperioden, halte auch ich für eine gezielte Nachzucht als unerlässlich. Ich halte die Bergbachsalamander (bis zu drei Tieren in der Konstellation 1 ♂ und 2 ♀♀ pro Behälter) von Mitte August bis Mitte Februar in 60×30×30cm (L×B×H) großen gazebespannten Glasbecken. In den leicht sandhaltigen, nicht zu schweren Lehm als Bodenschicht drückte ich flache Steinplatten (vor allem Kalkgestein) so, daß Höhlen entstanden. Darüber sind flache Rindenstücke in bis zu drei Lagen geschichtet, bedeckt von einer Lage Moos. Durch diese Einrichtung erreichte ich eine Zonierung in Feuchtigkeitsgradienten, die von den Salamandern wahlweise besetzt werden. Der Lehm sollte feucht, aber nie naß sein, höchstens einmal für kurze Zeit. Als Indikator kann die Haut der Tiere dienen: die richtige Feuchtigkeit des Substrates ist dann gegeben, wenn keine größeren Partikel an der Haut haften bleiben. Im Gegensatz zu der glänzenden Haut der *Salamandra*-Arten erscheint die Haut der *Neurergus*-Arten während der Landphase eher stumpf und trocken; Wassertropfen perlen an der Haut regelrecht ab. Zusammen mit den fungizid wie herbizid wirkenden Hautgiften stellt die „trockene“ Haut auf diese Weise einen wirksamen Schutz gegen Infektionen dar. Immer wenn ein Tier erkrankte, begann die Haut zuerst an einigen Stellen zu nassen, bevor sie dann zu offenen Geschwüren aufbrach.

Während der Landphase beleuchte ich die Behälter mit 20 W-Leuchtstoffröhren (Warmton) bis zu 9 h täglich und fütterte die Tiere weiter mit Regenwürmern und Heimchen. Die Temperatur schwankt in dieser Periode zwischen 10 und 14°C.



Abb. 1. Weibchen von / Female of / *Neurergus crocatus*.

Ab Mitte Februar/Anfang März bis Mitte August werden die Tiere jeweils in 1 ♂, 2 ♀♀- oder 2 ♂♂, 3 ♀♀-Gruppen in 80×30×40 cm (L×B×H) großen Aquarien untergebracht. Der Aufbau besteht nur aus Steinen und ist vegetationsfrei. Ich benutze als Bodengrund mittelgroßen Kies, über den ich Steinplatten (vor allem Kalk- und Bundsandstein) so schichte, daß unter Wasser ein Lückensystem entsteht (Bergbach-Charakter). Der bis zu 25 cm hohe Wasserstand schließt gerade über der obersten Steinplatte ab. Die *Neurergus* bewegen sich nach meinen Beobachtungen eher kletternd, schreitend in den Becken, daher ist eine Schwimmfläche nur im dem Betrachter zugewandten Teil des Aquariums vorhanden.

Für äußerst wichtig halte ich eine starke und strömungsverursachende Durchlüftung und gleichzeitige Wasserumwälzung. Jedes Becken wird mittels eines Eheim-Außenfilters gereinigt, wobei ein zusätzlicher Pumpenkopf im Becken selber für die nötige Wasserumwälzung sorgt. Darüberhinaus versuche ich, mittels eines Ausströmers einen möglichst hohen Sauerstoffgehalt des Wassers zu erreichen. Vor allem für eine optimale Ei- und Larvalentwicklung ist ein möglichst hoher Sauerstoffgehalt des Wassers ein kritischer Parameter.

Die Becken werden mit denselben Leuchtstoffröhren, die ich auch während der Landphase benutze, jetzt aber bis zu 12 h täglich, beleuchtet. Die Wassertemperatur schwankt zwischen 14°C in den Monaten Februar und März (also zur Paarungs- und Eiablagezeit) und bis zu 23°C in den Monaten Juli und August. Der Nachteil der Filter- und Umwälzeinrichtungen liegt darin, daß sie durch ihre Eigenwärme die Wassertemperatur erhöhen. Mit Sicherheit liegen Temperaturwerte über 20°C über denen im natürlichen Habitat, wenn man die Werte von NADER (1970) Mitte Mai, also am Ende der Fortpflanzungszeit, mit 16 - 17°C zugrunde legt.

Sobald die Larven aus den Eiern geschlüpft sind, isoliere ich sie von den Elterntieren. Die Larven setze ich dann in Plastikwannen (60×30 cm Grundfläche) mit 2 - 4 cm hohem Wasser, das mit Sauerstoff durchströmt wird. Auf diese



Abb. 2. Männchen von *Neurergus strauchii barani*; deutlich sichtbar ist der blausilberne Schwanzseitenstreifen.

Male of *Neurergus strauchii barani* with the silver-blue coloured lateral stripe on the tail.

Weise kann ich einmal in der Woche das Wasser schnell und problemlos wechseln. Als erste Nahrung erhalten die Larven klein gehackte Tubifex. Sobald sie an Größe zugenommen haben, füttere ich vorzugsweise Wasserflöhe, ersatzweise Tubifex. Haben die Larven die spätere Zeichnung der Imagines angenommen und stehen kurz vor der Metamorphose, können die Tiere leicht ertrinken. Aus diesem Grunde richte ich für sie eine Übergangszone ein, in der sie vom Wasser gerade noch bedeckt sind und jederzeit problemlos Luft schnappen können. Ganz von allein kriechen die Larven dann vollständig an Land. Die Haltung der Jungtiere entspricht der der Adulti an Land, nur die



Abb. 3. Eierlegendes Weibchen von *N. strauchii barani*.

Female *N. strauchii barani* laying eggs.

Behälter sind kleiner und übersichtlicher. Zweckvoll sind kleine Plexiglasbecken (30×30 cm Grundfläche), die am Grunde einen geringen Wasserstand von bis zu 1 cm aufweisen. Durch darüber geschichtete Rindenstücke erreiche ich verschiedene Feuchtigkeitsgradienten. In einem solchen Becken sollten nicht mehr als fünf Jungtiere untergebracht sein. Als Futter reiche ich den Jungtieren vitaminisierte Heimchen und Regenwürmer entsprechender Größe.

4 Fortpflanzung

4.1 Paarungsverhalten

N. strauchii scheint die einzige *Neurergus*-Art zu sein mit einem Sexualdimorphismus hinsichtlich der Färbung. Sowohl die Männchen der Nominatform (vgl. SCHMIDTLER & SCHMIDTLER 1970, 1975) als auch von *N. s. barani* zeigen einen blausilbernen Schwanzlateralstreifen (vgl. Abb. 2). Interessanterweise tritt die Färbung schon an Land auf und signalisiert mit dem synchronen Anschwellen der Kloake die Fortpflanzungsbereitschaft der Männchen.

Das Paarungsverhalten von *N. s. barani* und *N. crocatus* habe ich mit einer Videokamera dokumentiert, es soll im Hallidayschen Sinne (vgl. HALLIDAY 1977) beschrieben und interpretiert werden. Zur Zeit gibt SCHMIDTLER (1994) die detailreichsten Angaben, die eine nahe Verwandtschaft der Gattung *Neurergus* mit den *Triturus*-Arten auch in ethologischer Sicht andeuten.

4.2 Eier

Insgesamt pflanzten sich die beiden *N. crocatus*-Weibchen in drei aufeinanderfolgenden Jahren (1992, 1993 und 1994) fort, während es mir nur einmalig 1993 gelang, daß zwei Weibchen der *N. s. barani* Eier legten. 1994 hatte ich mehrere Paarungen beobachtet, und zumindest ein Weibchen hatte mit Sicherheit Laichansatz, doch es kam zu keiner Eiablage.

Interessanterweise unterschieden sich beide Arten konstant in der Menge abgelegter Eier: über 200 Eier pro Weibchen bei den *N. crocatus* und 80 - 90 Eier bei den *N. s. barani*. Die *N. crocatus* legten also doppelt so viele Eier wie *N. s. barani*! Im gleichen Rahmen liegen die Daten für *N. s. strauchii* mit mindestens 75 Eiern bei FLECK (1982, Terrarium) und 110 Eiern bei SCHMIDTLER & SCHMIDTLER (1970, Freilandbeobachtung). Für die Beurteilung des Adaptions-typs (nach NOBLE 1955) an das jeweilige Fortpflanzungsgewässer spielen Eizahl und Eigröße unter anderem eine wichtige Rolle (vgl. Diskussion).

Bei beiden Arten legten die Weibchen die Eier in für *Neurergus* typischer Weise in Kolonien unter flache Steinplatten (Abb. 3). Vereinzelt wurden auch einzelne Eier an die Aquarienwand geheftet, was ich aber auf Platzmangel zurückführe, denn die günstigen Stellen unter Steinen waren bereits besetzt. Im Gegensatz zu den Beobachtungen von FLECK (1982) entwickelten sich abgelöste Eier bei mir komplikationslos weiter. Kannibalismus seitens der Eltern beobachtete ich nicht.



Abb. 4. Typischer Aufbau eines *Neurergus*-Eies (12 Tage alt).

Typical structure of an egg of *Neurergus* (12 days old).

Abbildung 4 zeigt den Aufbau eines 12 Tage alten *N.-crocatius*-Eies. Mit bloßem Auge lassen sich drei Hüllen erkennen, was auch dem generalisierten Aufbau eines Amphibieneies nach DUELLMAN & TRUEB (1986) entspricht. Der Kerndurchmesser kurz nach der Eiablage war bei den *N. s. barani* mit 2,6 - 3,0 mm signifikant größer als bei den *N. crocatius* mit 1,8 - 2,0 mm. Kurz nach der Eiablage bewirken osmotische Vorgänge ein Aufquellen der Eihülle, was nach DUELLMAN & TRUEB (1986) unabhängig vom Sauerstoffgehalt des Wassers geschieht. Auch nach dem Aufquellen bleibt der Größenunterschied gewahrt, wobei die Eier von *N. s. barani* jetzt einen Gesamtdurchmesser von bis zu 9 mm, die *N.-crocatius*-Eier bis zu 6 mm erreichen können. Die Weibchen beider Arten legten ihre Eier im März meistens in einem Zeitraum von drei Wochen, wobei sie einen Großteil der Eier nach 4 - 5 Tagen in einer zusammenhängenden Kolonie anhefteten.

KUOHN (1978) beschreibt detailliert die Embryonalentwicklung von *Triturus alpestris*. Eine mikroskopische Untersuchung auf diesem Niveau konnte ich leider nicht durchführen. Inwieweit sich die Embryonalentwicklung der *Neurergus* von den nah verwandten *Triturus* unterscheidet, kann ich also nicht beurteilen.

Wie schon erwähnt, stellt der Sauerstoffgehalt des Wassers einen kritischen Parameter für die Embryonalentwicklung dar. Ich konnte bei den Eiern von *N. crocatius* und *N. s. barani* eine direkte Absorption von Luftbläschen an der äußeren Eihülle beobachten, wie das Abbildung 5 zeigt; es ist anzunehmen, daß der Sauerstoff langsam ins Ei diffundiert. Ebenso ist interessant, daß die Eier in der Kolonie auch untereinander durch Gallerte verbunden sind (vgl. Abb. 6). Meiner Meinung nach liegt der Hauptzweck dieses engen Verbundes des Geleges und der Eier untereinander darin, vor allem der Abdrift im Fließgewässer entgegenzuwirken, denn ein Ei ist einzeln der Strömung viel stärker ausgesetzt als in einer Kolonie. Ein weiteres erwähnenswertes Phänomen ist das Auftreten von mehreren Eiern in einer einzigen Eihülle bei *N. crocatius*, ein



Abb. 5. Sauerstoffabsorbierung an der Eioberfläche.

Absorbence of oxygen on the surface of the egg.



Abb. 6. Zwei Eier im Gallert-Verbund.

Two eggs joined with jelly.

Phänomen, das bisher ausschließlich bei dieser Art bekannt wurde (NADER 1970). Abbildung 7 zeigt eine solche Hülle mit drei Eiern. Wie man sieht, verläuft die Entwicklung der einzelnen Eier normal. In einem Fall beobachtete ich sogar vier Eier in einer Hülle. Die äußere Eihülle wird vom Ovidukt gebildet (vgl. DUELLMAN & TRUEB 1986); bei *N. crocatus* könnte es aufgrund der hohen Eizahlen zu einer so gedrängten Situation kommen, daß mehrere Eier in einer Hülle vereint werden.

4.3 Entwicklung

Bei einer durchschnittlichen Temperatur von 16°C schlüpfen die meisten Larven nach 25 - 27 Tagen aus den Eiern.

Die Dauer von der Eiablage bis zur Metamorphose ist bei *N. crocatus* mit 5-6 Monaten deutlich kürzer als bei *N. s. barani* mit 8 Monaten, wobei die Aufzucht unter gleichen Bedingungen (Futter, Temperatur, usw.) stattfand. Die Temperatur in den Larvenaufzuchtbehältern schwankte zwischen 14°C im

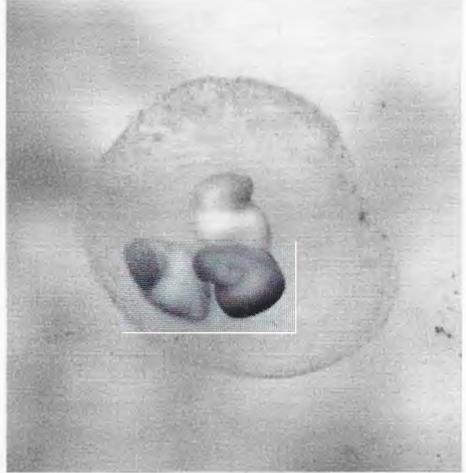


Abb. 7. Drei Eier in einer Eihülle (10 Tage alt) von *N. crocatus*.

Three ovums of *N. crocatus* (10 days old) in one jelly envelope.

Monat April und 23°C in den Hochsommermonaten Juli und August. Mit 17 - 18°C lag die Wassertemperatur in der restlichen Entwicklungszeit zwischen den Extremwerten.

Die Larven beider Arten metamorphosierten erst nach völliger Umfärbung des Körpers. Etwa zwei Wochen vor der Metamorphose änderte sich die graue Larvenfarbe (Abb. 8) mit den fleischfarbenen; später (ab circa drei Monate) gelben Flecken abrupt in die schwarz-gelb kontrastierte Zeichnung der Landtiere. Interessant ist die große Ähnlichkeit zum Farbkleid des Feuersalamanders, denn Larven und Jungtiere zeigen die für *Salamandra salamandra* charakteristischen gelben Flecken auf der Beinwurzel (vgl. Abb. 9 und 11). Mit Rückbildung der Kiemen und des Schwanzsaumes bereiten sich die Tiere auf den Übergang zum Land vor. Meistens findet die erste Häutung noch im Wasser statt. Bevor sie sich jedoch völlig auf die terrestrische Lebensweise umstellen, verbleiben sie in einer gerade ihren Körper bedeckenden Flachwasserzone, aus der sie jederzeit den Kopf heben können, um nach Luft zu schnappen (vgl. Haltung). Mir fiel auf, daß die *N. s. barani* deutlich länger in dieser Übergangszone verblieben als die *N. crocatus*.



Abb. 8. Larve von *N. strauchii barani*, 38 Tage alt.

38 days old larva of *N. s. barani*.

Datum	TL	KRL	KB	KB/KRL	KB/TL
16.05.93	20,15	10,85	3,80	0,350	0,189
16.05.93	15,85	10,00	3,00	0,300	0,189
29.06.93	22,85	13,30	3,90	0,290	0,171
29.06.93	27,85	18,20	4,20	0,231	0,151
29.06.93	21,20	13,60	3,55	0,261	0,167
30.06.93	26,95	14,60	4,25	0,290	0,158
30.06.93	25,85	14,60	4,65	0,318	0,180
30.06.93	28,80	16,30	4,40	0,270	0,153
30.06.93	24,75	13,70	3,80	0,277	0,154
15.07.93	31,00	16,45	4,55	0,277	0,147
21.09.93	45,40	23,35	5,95	0,255	0,131
21.09.93	50,60	24,95	6,00	0,240	0,119
21.09.93	45,00	24,75	6,00	0,242	0,133
21.09.93	47,00	24,10	5,60	0,232	0,119
21.09.93	43,55	23,60	5,50	0,233	0,126
25.11.93	52,90	28,60	7,15	0,250	0,135
25.11.93	57,10	28,60	7,60	0,266	0,133
25.11.93	54,55	28,85	7,20	0,250	0,132
25.11.93	49,55	25,80	6,50	0,252	0,131
n. bek.	62,15	32,40	7,90	0,244	0,127

Tab. 1. Wachstum der *N. crocatus*-Larven. Die Eier wurden am 12.3. gelegt, die Larven schlüpften ab Mitte April. Abkürzungen siehe Tab. 3.

Growth of *N. crocatus* larvae; eggs laid March 12th, first larvae hatched mid April. For abbreviations see Tab. 3.

Interessant ist hier zu erwähnen, daß auch *N.-s.-barani*-Larven im natürlichen Habitat lange Larvalstadien durchlaufen und auch überwintern können (vgl. SCHMIDTLER 1994).

Im Terrarium konnte ich immer wieder beobachten, daß Tiere, die relativ lang im Wasser verblieben waren, später an Land eine vergleichsweise zügigere und kräftigere Entwicklung nahmen als Tiere, die das Wasser früher verlassen hatten.

Die vorhandenen Größen- und Proportionsunterschiede zwischen beiden Arten (vgl. Larvenmorphologie) während der Larvalphase gehen im Laufe der Entwicklung der metamorphosierten Tiere verloren.

4.4 Larvenmorphologie

Für eine Entwicklungsdokumentation unter Berücksichtigung morphologischer Aspekte wurden Tiere der beiden Arten an den jeweiligen Daten (vgl. Tab. 1 und 2) im Jahr 1993 abgetötet und in Alkohol (70%ig) fixiert. Augen-

Datum	TL	KRL	KB	KB/KRL	KB/TL
16.05.93	23,9	14,5	4,1	0,283	0,172
16.05.93	—	13,0	3,2	0,246	—
05.06.93	25,0	14,9	4,5	0,302	0,121
05.06.93	27,9	15,1	4,2	0,278	0,151
23.06.93	25,9	12,8	4,1	0,320	0,150
30.06.93	36,2	19,2	5,9	0,300	0,163
30.06.93	36,2	19,2	5,9	0,297	0,157
30.06.93	35,8	19,3	5,7	0,293	0,158
09.10.93	56,6	28,1	7,7	0,274	0,136
09.10.93	46,7	23,2	7,1	0,304	0,151
09.10.93	51,4	29,1	8,0	0,273	0,155
13.10.93	57,6	26,2	6,1	0,233	0,106
13.10.93	51,5	29,1	7,9	0,271	0,154
24.10.93	54,9	27,8	8,4	0,302	0,153
24.10.93	59,1	30,8	8,8	0,286	0,149
24.10.93	58,6	31,0	9,1	0,294	0,155
24.10.93	50,1	28,4	7,7	0,272	0,154

Tab. 2. Wachstum der Larven von *N. strauchii barani*. Die Eier wurden am 4.3. gelegt, die Larven schlüpfen ab 4.4. Abkürzungen siehe Tab. 3.

Growth of *N. strauchii barani* larvae; eggs laid March 4th, first larvae hatched April 4th. For abbreviations see Tab. 3.

fällig ist der morphologische Unterschied in den Körperproportionen (vgl. Abb. 10). Die Larven von *N. s. barani* machen einen wuchtigeren, breiterköpfigeren Eindruck als die eher schlanken, langgestreckten Larven von *N. crocatus*. Um diesen äußeren Eindruck zu quantifizieren, korrelierte ich die Daten der Totallänge (TL) und der Kopfrumpflänge (KRL) mit der Kopfbreite (KB). Lineare Regression lieferte die Ausgleichsgeraden der Meßwerte in den Abbildungen 12 und 13. Deutlich wird hier, daß die Kopfbreite im Verhältnis zur Totallänge und Kopfrumpflänge bei *N. s. barani* im Laufe der larvalen Entwicklung stärker zunimmt als bei *N. crocatus*, denn in beiden Fällen ist die Steigung der Geraden bei *N. s. barani* steiler.

Für eine weitere Charakterisierung der Larvalmorphologie hat der Schwanzsaum (vgl. NOBLE 1955) eine zentrale Bedeutung. SCHMIDTLER & SCHMIDTLER (1975) geben für die Relation Rückensaumlänge / Interaxiallänge (Rückensaumlänge gemessen von den inneren Insertionsstellen der Hinterbeine bis zum proximalen Ende) für die einzelnen *Neuregerus*-Arten folgende Werte und Beobachtungen an: *N. s. strauchii*: 0,2 - 0,6, wobei der Rückensaum nur selten die Rückenmitte erreicht; *N. crocatus*: 1,0 - 1,1, wobei der Rückensaum die Rückenmitte deutlich überragt; *N. microspilotus*: 0,7 - 0,9, Saum überragt die Rückenmitte; *N. kaiseri*: 0,8 - 1,1, Saum überragt die Rückenmitte deutlich.



Abb. 9. Larve von *N. crocatus*, 3 Monate alt.
3 months old larva of *N. crocatus*.

Ich führte die gleichen Messungen durch und erhielt folgendes Ergebnis: der Quotient schwankte bei den *N. crocatus* zwischen 0,9 und 1,06, bei den *N. s. barani* sogar zwischen 0,9 und 1,1. In beiden Fällen ragte der Rückensaum deutlich über die Rückenmitte. Zudem ist der Schwanzsaum bei den *N. s. barani* deutlich höher ausgebildet als bei den *N. crocatus*, was ich aber nicht quantifizierte.

Aufgrund des vorhandenen Larvenmaterials von *N. s. barani* verglich ich meine Daten (vgl. Tab. 4, Spalte E) mit denen von SCHMIDTLER & SCHMIDTLER (1970) für drei weiter nicht bestimmte *N. sp. inc.* aus Adana (Tab. 4, Spalte B; vgl. hierzu MERTENS 1952, FREYTAG 1957: Abb. 7a - c), *N. s. strauchii* aus Sürüm (Tab. 4, Spalte A) sowie zwei Populationen von *N. crocatus* (Tab. 4, Spalten C



Abb. 10. Vergleich der Larven beider Arten;
oben: *N. strauchii barani*, unten: *N. crocatus*.
Comparison of the larvae of the two species;
above: *N. strauchii barani*, below: *N. crocatus*.



Abb. 11. Jungtier von / Juvenile of / *N. crocatus*.

Expl.	TL	IL	KL	KB	VL	HL
1	58,25	14,60	10,70	8,10	10,80	10,25
2	54,55	13,20	10,75	8,65	10,30	8,40
3	58,35	13,50	11,95	8,80	8,30	9,30
4	58,30	15,10	10,80	8,35	10,00	8,60
5	59,95	14,50	9,80	8,60	7,30	8,50
6	50,30	12,10	10,00	7,40	7,80	7,90
7	54,40	14,30	11,50	7,90	8,80	9,15
8	54,50	12,90	10,75	7,70	8,95	9,10
9	54,60	14,55	10,00	7,95	8,90	9,40
10	57,40	14,20	11,45	8,90	9,70	10,20
\bar{x}	56,36	13,90	10,68	8,24	9,15	9,08

Expl.	TL/IL	(VL+HL)/IL	IL/KL	KL/HL	HL/KB
1	3,99	1,44	1,36	1,04	1,27
2	4,13	1,42	1,23	1,28	0,97
3	4,32	1,35	1,13	1,28	1,06
4	3,86	1,23	1,40	1,26	1,03
5	4,13	1,09	1,48	1,15	0,99
6	4,16	1,30	1,21	1,27	1,07
7	3,80	1,26	1,36	1,15	1,16
8	4,22	1,40	1,20	1,18	1,18
9	3,96	1,26	1,44	1,07	1,18
10	4,04	1,40	1,24	1,12	1,14
\bar{x}	4,06	1,32	1,31	1,18	1,11

Tab. 3. Morphometrische Daten der Larven von *N. strauchii barani*. TL = Gesamtlänge, KRL = Kopfrumpflänge, KB = Kopfbreite, IL = Interaxiallänge: Raum zwischen den Insertionsstellen von Vorder- und Hinterbeinen, KL = Kopflänge: Abstand zwischen Schnauzenspitze und Kiemenspalte, VL = Vorderbeinlänge, HL = Hinterbeinlänge.

Morphometric data of the *N. strauchii barani* larvae. TL = total length, KRL = head-body length, KB = head width, IL = interaxial length: distance between the points of insertion of the arm and hind leg, KL = head length: distance between the tip of the snout and the branchial cleft, KB = head width, VL = length of the front leg, HL = length of the hind limbs.

und D). Die Daten für die 10 Exemplare von *N. s. barani* gibt Tabelle 3 wieder. Aus dem direkten Vergleich der Daten für die fünf verschiedenen Populationen zeigen die *N. s. barani* weder nähere Beziehungen zu den *N. sp. inc.* aus Adana (was bei einer so nahen örtlichen Beziehung von *barani* und den *sp. inc.*-Tieren zu erwarten wäre) noch zu den *N. s. strauchii* aus Sürüm. Dagegen besteht morphometrisch eine vergleichsweise große Ähnlichkeit zwischen den beiden

	A <i>N.str.str.</i> (Surüm)	B <i>N.sp.inc.</i> (Adana)	C <i>N.croc.</i> (Balcha)	D <i>N.croc.</i>	E <i>N.str.barani</i> (Germav)
TL	61,33	62,00	52,70	71,50	56,36
TL/IL	3,71	4,28	4,15	4,21	4,06
(VL+HL)/IL	0,99	1,43	1,39	1,52	1,32
IL/KL	1,80	1,57	1,90	2,02	1,31
KL/HL	1,12	0,83	0,69	0,70	1,18
HL/KB	1,04	1,55	1,59	1,55	1,11

Tab. 4. Morphometrischer Vergleich: A-D = Daten aus SCHMIDTLER & SCHMIDTLER (1970), E = Mittelwert aus Tab. 3. Abkürzungen siehe Tab. 3.

Morphometric comparison: A-D = data from SCHMIDTLER & SCHMIDTLER (1970), E = average of Tab. 3. For abbreviations see Tab. 3.

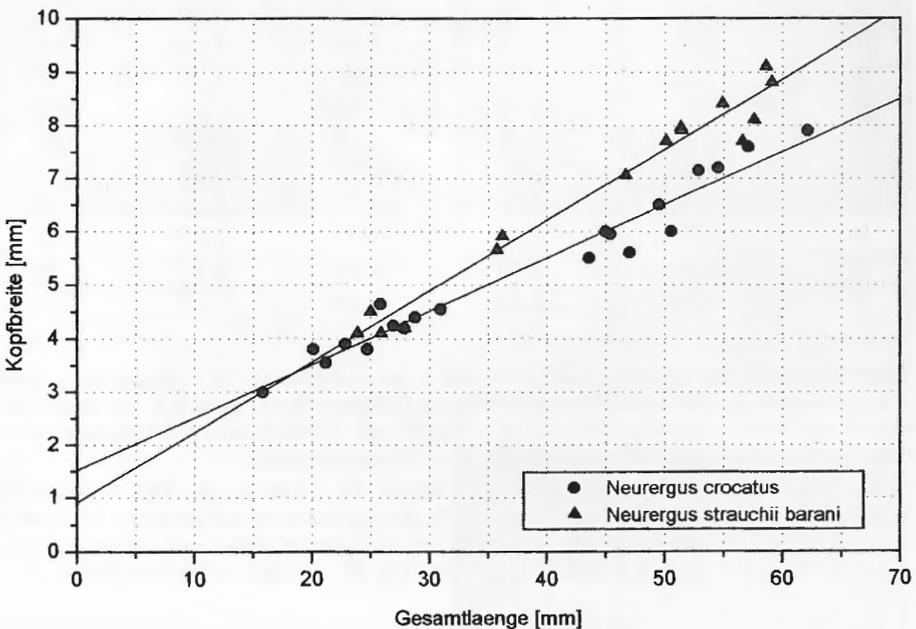


Abb. 12. Relative Zunahme der Kopfbreite im Verhältnis zur Gesamtlänge von *N. crocatus* und *N. s. barani*. Lineare Regression: *N. crocatus*: $y = 1,52 + 0,10 x$; Korrelationskoeffizient: 0,98, Standardabweichung: 0,30. *N. strachii barani*: $y = 0,91 + 0,13 x$; Korrelationskoeffizient: 0,98, Standardabweichung: 0,32.

Growth of head-width relative to total body size of *N. crocatus* and *N. s. barani*. Linear regression: see German text.

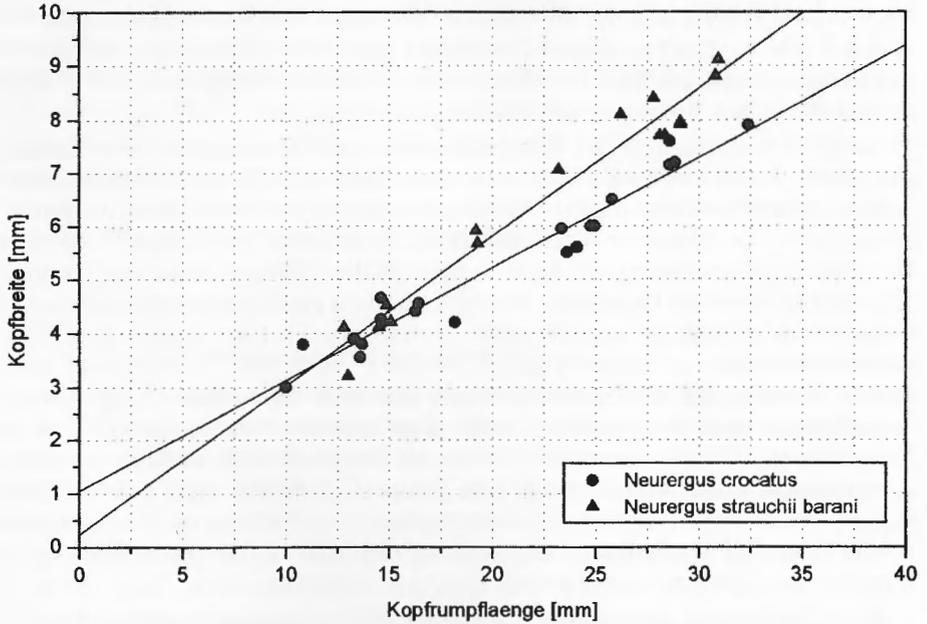


Abb. 13. Relative Zunahme der Kopfbreite im Verhältnis zur Kopfrumpflänge. Lineare Regression: *N. crocatus*: $y = 1,04 + 0,21 x$; Korrelationskoeffizient: 0,97, Standardabweichung: 0,34. *N. trauchii barani*: $y = 0,24 + 0,28 x$; Korrelationskoeffizient: 0,98, Standardabweichung: 0,38.

Growth of head-width relative to head-body size. Linear Regression: see German text.

N.-crocatus-Populationen (vgl. TL/IL, KL/HL und HL/KB) und *N. sp. inc.* herstellen. Auch äußerlich erinnern die Tiere (vgl. FREYTAG 1957: Abb. 7a - c) eher an *N.-crocatus*-Larven kurz vor der Metamorphose (vgl. Diskussion).

5 Diskussion

Die *Neurergus* zeigten eine erstaunliche Temperaturtoleranz während des Wasseraufenthalts, wobei Temperaturen bis zu 23°C erreicht wurden. Es ist anzunehmen, daß die Temperatur während der Ruhe- und Aktivitätsperioden (Ruheperiode: 12°C, Aktivitätsperiode: 23°C) über der im natürlichen Lebensraum lag. NADER (1970) gibt für das Wasser eines von *N. crocatus* bewohnten Baches Ende Mai eine Temperatur von 16,5°C an. Mit Sicherheit liegt dieser Fundort, im Nordirak gelegen, im Frostbereich. Daten über Temperaturwerte während der Winterruhe liegen nicht vor. Es ist anzunehmen, daß die *N. crocatus* bei unter 10°C hibernieren. Der Temperaturunterschied zwischen Winter und Sommer würde demnach bei mindestens 7 - 9°C liegen gegenüber 10 - 11°C bei meiner Haltung. Legt man die Maximalwerte der Temperaturspannen von 9°C (Freiland) und 11°C (Terrarium) zu Grunde, so beträgt der

Unterschied lediglich 2°C. Mir scheint für eine erfolgreiche Nachzucht das strikte Einhalten einer niedrigen Temperatur gar nicht so notwendig zu sein wie der Temperaturunterschied zwischen Ruhe- und Aktivitätsperiode, wie er auch unter natürlichen Bedingungen auftritt.

Aufgrund der Länge des Rückensaumes, der Kiemenform und anderer morphologischer Merkmale kann man nach NOBLE (1955) wasserbewohnende Larven generell zwei verschiedenen Adaptionstypen zuordnen: dem „mountain-brook larva“ (= Bergbach-Typ) und dem „pond-larva“ (= Tümpel-Typ); der Bergbach-Typ verkörpert die Anpassungen an das Fließgewässer, der Tümpel-Typ eher an stehende Gewässer. Weiterhin besteht ein Trend unter fließwasserbewohnenden Urodelen, relativ große, dotterreiche Eier im Vergleich zu Stillwasserbewohnern zu bilden (vgl. NUSSBAUM 1985, 1987). Aufgrund ihrer kurzen Kiemen, der niedrigen und relativ kurzen Schwanzsäume (vgl. Larvalmorphologie) und ihrer relativ großen Eier charakterisieren SCHMIDTLER & SCHMIDTLER (1970) *N. s. strauchii* (Sürüm) als Bergbach-Typ, wobei *N. crocatus*, *N. microspilotus* und *N. kaiseri* eher zum Tümpel-Typ überleiten (vgl. SCHMIDTLER & SCHMIDTLER 1975). Größere Eizahlen verbunden mit kleineren Eiern und eine relativ schnelle Larvalentwicklung im Vergleich zu *N. s. barani* scheinen bei *N. crocatus* die Tendenz zum Tümpel-Typ zu bestätigen.

Mein Ziel war es, eine solche Zuordnung für *N. s. barani* zu finden. Für den Bergbach-Typ sprechen die relativ großen Eier, die in der Größenordnung von *N. s. strauchii* liegen. Andererseits zeigen die *N. s. barani* deutliche Merkmale des Tümpel-Typs; so ist die relative Länge des Rückensaumes deutlich größer als bei *N. s. strauchii* und eher wie bei *N. crocatus* angelegt. Auch die relativ buschigen Kiemen und der wenig abgesetzte Kopf lassen die *N. s. barani* als Tümpel-Typ erscheinen. Meiner Meinung nach spiegelt sich in der relativ starken Zunahme der Kopfbreite im Verhältnis zur Körperlänge ein für Fließwasserbewohner eher hinderliches Merkmal wieder (vgl. THIESMEIER 1994). Sogar die Larven von *N. crocatus* zeigen dieses Merkmal nicht so markant. Die Ausprägung dieser adaptiven Merkmale drückt generell keine verwandtschaftlichen Beziehungen aus, denn schon die deutlichen Unterschiede in der Larvalmorphologie (vgl. Tab. 4) zwischen *N. s. strauchii* und *N. s. barani* zeigen, daß beide Formen wohl in unterschiedlichem Grade ans Fließgewässer angepaßt sind. Allein die Größe der Eier scheint noch ein gemeinsames, von den übrigen Arten trennendes Merkmal bezüglich der Fließwasser-Adaption zu sein. Versuche in der Fließrinne (THIESMEIER, mündl. Mitt.) stufen *N. crocatus* eher als typischen Fließwasserbewohner ein, denn sein Verhalten glich dem von *Euproctus platycephalus*, der mit seinem hechtförmigen Kopf und langgestreckten Körper den „Prototyp“ des Bergbach-Typs darstellt. Wie man sieht, ist es nicht so einfach, die *Neurergus*-Larven, und gerade auch *N. s. barani*, einem Typ zuzuordnen. Es scheint, als ob sich die einzelnen *Neurergus*-Formen unter einer eigenen Dynamik entwickelt hätten, wobei die einzelnen Populationen auch verschiedene Grade der Anpassung erreicht haben und diesbezüglich noch evolvieren. Das finden wir auch bei anderen Merkmalen: *Neurergus* zeigen ein für tümpelbewohnende Schwanzlurche typisches Paarungsverhalten, bewohnen aber Bergbäche (vgl. SCHMIDTLER & SCHMIDTLER 1970). Das Paarungs-

verhalten wäre, so betrachtet, den *Neurergus* noch als verwandtschaftliches Flachlandrelikt erhalten geblieben.

Die morphometrischen Daten der drei Larven von *N. sp. inc.* aus Adana weichen deutlich von denen für *N. s. barani* ab, wobei sie mit denen für *N. crocatus* eher übereinstimmen. Auch die äußere Erscheinung erinnert eher an *N. crocatus*, was ja schon SCHMIDTLER & SCHMIDTLER (1975) anführten. Eine Fundortverwechslung, wie sie FRANZEN (1984) für die *N. sp. inc.* aus Burdur plausibel machte, wird für mich immer wahrscheinlicher.

6 Dank

Mein besonderer Dank gilt JAN WEBER (Braunschweig) und MARGIT MENGES (Braunschweig), die mir bei der Textverarbeitung sehr hilfreich waren. Für inhaltliche Ratschläge danke ich den Herren J.F. SCHMIDTLER (München) und Dr. B. THIESMEIER (Bochum). Auch meinen Eltern KLAUS und MARION STEINFARTZ möchte ich für die Unterstützung meines Interesses danken.

Schriften

- ARNTZEN, J.W. & M. SPARREBOOM (1989): A phylogeny for the old world newts, genus *Triturus*: biochemical and behavioural data. – J. Zool., London, **219**: 645-664.
- DUELLMAN, W.E. & L. TRUEB (1986): Biology of Amphibians. – New York (Mc Graw-Hill Publishing Company), 670 S.
- FLECK, J. (1982): Erstnachsicht des Türkischen Bergbachmolches *Neurergus strauchii*. – Salamandra, Frankfurt am Main, **18**(3/4): 138-149.
- FRANZEN, M. (1984): Anmerkungen zu *Neurergus sp. inc.* aus Burdur (West-Anatolien). – Salamandra, Bonn, **20**: 275-276.
- FREYTAG, G.E. (1957): Bemerkungen über den salamanderartigen Bergmolch *Neurergus crocatus*. – Abh. Ber. Naturde. Vorgesch. Magdeburg, **10**: 39-57.
- HAKER, K. (1986): Nachzucht in zweiter Generation des türkischen Bergbachmolches *Neurergus strauchii*. – Salamandra, Bonn, **22**: 286-287.
- HALLER, M. (1989): Vergleichende anatomische Untersuchungen an einigen Urodelen Eurasiens (Amphibia: Urodela: Salamandridae, Proteidae). – Dipl.-Arb. Zool., Ludwigs Max.-Univ. München, 121 S.
- HALLIDAY, T.R. (1977): The courtship behaviour of European newts – an evolutionary perspective. – S. 185-232 in: TAYLOR, D.H. & S.I. GUTTMAN (Ed.): The Reproductive Biology of Amphibians. – New York (Plenum).
- KUOHN, M. (1978): Die Embryonalentwicklung des Bergmolches. Teil 1: Materialbeschaffung, Beobachtung, Präparation, das Molchei und die Furchungsteilungen. – Mikrokosmos **67**(3): 87-93. Teil 2: Die Herausbildung der Körpergestalt. – Mikrokosmos, Stuttgart, **67**(4): 116-123.
- MERTENS, R. (1978): Amphibien und Reptilien aus der Türkei. – Rev. Fac. Sci., Istanbul, B, **17**(1): 41-75.
- NADER, I.A. (1970): The newt *Neurergus crocatus* in Iraq. – Bull. Biol. Res. Centre, Baghdad, **4**: 3-12.
- NOBLE, G.K. (1955): The Biology of the Amphibia. – New York (Dover Public.), 577 S.
- NUSSBAUM, R.A. (1985): The evolution of parental care in salamanders. – Misc. Publ. Mus. Zool. Univ. Michigan, Ann Arbor, **169**: 1-50.

- (1987): Parental care and egg size in salamanders: an examination of the safe harbour hypothesis. – Res. Popul. Ecol. **29**: 27-44.
- ÖZ, M. (1994): A new form of *Neurergus strauchii* (Urodela, Salamandridae) from Turkey. – Tr. J. Zool., Ankara, **18**: 115-117.
- SCHMIDTLER, J.F. (1994): Eine Übersicht neuerer Untersuchungen und Beobachtungen an der vorderasiatischen Molchgattung *Neurergus*. – Abh. Ber. Naturkde. Vorges. Magdeburg, **17**: 193-198.
- SCHMIDTLER, J.J. & J.F. SCHMIDTLER (1970): Morphologie, Biologie und Verwandtschaftsbeziehungen von *Neurergus strauchii* aus der Türkei. – Senckenb. biol., Frankfurt/M., **51**: 42-53.
- (1975): Untersuchungen an westpersischen Bergbachmolchen der Gattung *Neurergus*. – Salamandra, Frankfurt/M., **11**(2): 84-98.
- SCHOLZ, K. P. (1994): Stammbaum der Familie Salamandridae aufgrund von Balzverhalten, äußerer Morphologie und Skelettmerkmalen. – elaphe n.F., Rheinbach, **2**(1): 51-52.
- THIESMEIER, B. (1994): Trophische Beziehungen und Habitatpräferenzen sympatrisch lebender *Salamandra salamandra*- und *Chioglossa lusitanica*-Larven. – Abh. Ber. Naturkde., Magdeburg, **17**: 119-126.
- VILLWOCK, W. (1961): Notizen über *Neurergus crocatus*. – Aquar.- u. Terrar.- Z., Stuttgart, **14**: 225, 246-248.

Eingangsdatum: 11. September 1993

Verfasser: SEBASTIAN STEINFARTZ, Aueteichstraße 42, D-38442 Wolfsburg.