Zeitschrift für Feldherpetologie 15: 1–13 März 2008

Kropfbildungen und Pädomorphose in einer Teichmolch-Population (*Lissotriton vulgaris*) in Nordrhein-Westfalen

THOMAS KORDGES[1], BURKHARD THIESMEIER[2], URBAN MÖLLER[3] & HARTMUT GREVEN[3]

[1]Ökoplan PG, Savignystraße 59, D-45147 Essen, thomas.kordges@oekoplan-essen.de; [2]Diemelweg 7, D-33649 Bielefeld, verlag@laurenti.de; [3]Universität Düsseldorf, Institut für Zoomorphologie und Zellbiologie, Universitätsstr. 1, D-40225 Düsseldorf, grevenh@uni-duesseldorf.de

Goitres and paedomorphosis in a smooth newt population (*Lissotriton vulgaris*) in Northrhine-Westphalia

In 2006 and 2007 a total of 57 paedomorphic smooth newts (*Lissotriton vulgaris*) were found in a pond located in a former factory site near Hattingen (NRW). Most individuals showed goitres of varying size. In specimens kept in the aquarium, goitres grew further and animals died. Goitres were generated by a massive enlargement of the tyroid; thyroid follicles contained no or only small amounts of colloid. The resulting different degrees of paedomorphosis are documented by the presence of Leydig cells in the epidermis, the incomplete remodelling of the palate and the presence of larval monocuspid and »transformed« bicuspid teeth on dentigerous bones, i. e. the vomer. Possible reasons of the observed goitres are totally unknown yet. To our knowledge this is the first report documenting goitres in *L. vulgaris*.

Key words: Amphibia, Urodela, Salamandridae, *Lissotriton vulgaris*, goitres, pädmomorphosis.

Zuammenfassung

Im Jahr 2006 und 2007 fanden wir in einem Tümpel auf einem ehemaligen Fabrikgelände in Hattingen (NRW) insgesamt 57 pädomorphe Teichmolche (*Lissotriton vulgaris*). Die meisten zeigten eine mehr oder weniger starke Kropfbildung, die sich bei vielen Tieren im Laufe der Aquarienhaltung noch verstärkte und dann meist den Tod zur Folge hatte. Die Tiere waren sehr viel größer als normale Larven. Die Kropfbildung wurde durch eine massive Vergrößerung der Schilddrüse verursacht, deren Follikel kein oder sehr wenig Kolloid besaßen. Die daraus resultierenden unterschiedlichen Grade von Pädomorphose sind anhand der Leydig-Zellen in der Epidermis, des nicht abgeschlossenen Umbaus des Munddachs und des z. T. auf den zahntragenden Knochen (u. a. Vomer) Vorhandenseins larvaler monocuspider und »metamorphosierter« bicuspider Zähne zu belegen. Über die Ursachen liegen uns keine Anhaltspunkte vor. Unseres Wissens ist dies der erste Nachweis von Kropfbildung beim Teichmolch.

Schlüsselbegriffe: Amphibia, Urodela, Salamandridae, *Lissotriton vulgaris*, Pädomorphose, Kropfbildung.

© Laurenti-Verlag, Bielefeld, www.laurenti.de

Einleitung

Für den Beginn und Verlauf der Metamorphose der Amphibien spielt die Schilddrüse (Thyreoidea) eine zentrale Rolle. Daher führt eine Beeinträchtigung dieser Hormondrüse zu Störungen im Metamorphoseverlauf, sodass die Tiere unter Umständen zeitlebens larvale Merkmale (z. B. Kiemen) beibehalten. Unabhängig davon, welche Ursachen dieser ausbleibenden oder nur partiellen Metamorphose zugrunde liegen, wird das Vorhandensein larvaler Merkmale bei Adulten als Pädomorphose bezeichnet (GOULD 1977).

Es gibt eine Reihe von Urodelen, die obligatorisch (z. B. Grottenolm, *Proteus anguinus*) oder auch fakultativ (z. B. verschiedene *Ambystoma*-Arten Nordamerikas und Mexikos) zeitlebens pädomorph bleiben. Das vollständige oder partielle Ausbleiben der Metamorphose muss also nicht zwangsläufig an einer Störung der Schilddrüsenfunktion gekoppelt sein. Ausschlaggebend können auch eine unterschiedliche Sensitiviät der verschiedenen Gewebe gegenüber dem Metamorphosehormon, ein Defekt auf der Ebene des übergeordneten Systems (Hypothalamus, Hypophyse) oder genetische Gründe sein (Übersicht bei BRUCE 2003). Gleichzeitig tritt Pädomorphose auch als umweltinduzierter Polymorphismus auf, der als Vorstufe einer intraspezifischen Artbildung zu interpretieren ist und keinen pathologischen Hintergrund hat (z. B. DENOËL et al. 2005).

Auch bei einheimischen Molchen (Salamandridae) treten immer wieder einzelne pädomorphe Individuen oder sogar Teil-Populationen auf (z. B. *Lissotriton vulgaris*: HARTWIG & ROTTMANN 1940; *Lissotriton helveticus*: VAN GELDER 1973, DENOËL 2006; *Mesotriton alpestris*: SELIŠKAR & PEHANI 1935, DENOËL et al. 2001, 2005), ohne dass erkennbare Störungen der Schilddrüsenfunktion deutlich wurden.

Funktionsstörungen der Schilddrüse sind oft von Kropfbildungen (Struma) begleitet (u. a. LIETZ & BÖKER 1981), die allerdings bei Urodelen bisher nur sehr selten gefunden wurden. DODD & CALLAN (1955) berichten über Kropfbildungen in einer Population von *Lissotriton helveticus* und VERAIN & CHIBON (1973) erzeugten bei *Pleurodeles waltl* spontan Kröpfe als sie die Tiere in jodarmem Wasser aufzogen. Offenbar scheint die Schilddrüse zumindest adulter Amphibien relativ unempfindlich gegen Kropf bildende (goitrogene) Substanzen zu sein, welche die Thyroxinsynthese inhibieren (s. Zitate in DODD & CALLAN 1955).

Im Folgenden berichten wir über pädomorphe Teichmolche (*Lissotriton vulgaris*) mit unterschiedlich großen Kröpfen, die wir in erstaunlich hoher Anzahl in den Jahren 2006 und 2007 in einem Tümpel in Nordrhein-Westfalen (Hattingen) gefunden haben, beschreiben den Habitus der Tiere, teilen einige morphometrische Daten mit und belegen Kropfbildung und Pädomorphose durch histologische und rasterelektronenmikroskopische Bilder.

Der Fundort und seine Besiedlungsgeschichte

Der Fundort liegt auf der ortsnahen Industriebrache einer ehemaligen Seilereifabrik in Hattingen-Blankenstein (Ennepe-Ruhr-Kreis, NRW, MTB 4509/3/4, 125 m üNN), die

Abb. 1: Das Untersuchungsgewässer im Jahr 2007.
The investigated pond in 2007.

nach dem Abriss der Betriebsgebäude und Sanierung des Geländes seit einigen Jahren abschnittsweise neu bebaut wird.

Im Zuge der Bauarbeiten ist auf dem Gelände im Herbst 2003 ein ganztägig sonnenexponierter, ausschließlich durch Niederschläge gespeister Tümpel entstanden, der je nach Wasserstand eine Fläche zwischen 40 und 80 m², bei einer Tiefe bis max. 0,5 m aufweist. Der Untergrund besteht aus anstehendem Fels (Ruhr-Sandstein). Aufgrund der Standortbedingungen ist das Gewässer weitgehend vegetationsfrei, sodass einzelne flutende Algenwatten sowie zahlreiche größere und kleinere Sandsteine als einzige Versteckplätze für die Amphibien und ihre Larven dienen. Das direkte Gewässerumfeld wird durch Rohbodenflächen und zunehmende Bautätigkeit geprägt und ist nicht öffentlich zugänglich (Abb. 1).

In den Jahren 2005 wurden in dem Tümpel erstmals einzelne Erdkröten sowie Teich- und Bergmolche durch einen Anwohner entdeckt. Die Besiedlung erfolgte sehr wahrscheinlich aus Privatgärten des weiteren Umfeldes. Neben den Amphibien wurden 2007 auch 13 Libellenarten nachgewiesen.

Methoden

Da eine Bebauung des Grundstückes anstand, wurden erstmalig am 8.8.2006 alle im Tümpel befindlichen Amphibien im Rahmen einer Rettungsaktion abgefangen und umgesetzt. Bei dieser Gelegenheit entdeckten wir die pädomorphen Molche. Alle gefangenen Tiere wurden mit einer Schieblehre vermessen und gewogen (Sartorius PT 200). Die pädomorphen Molche wurden anschließend zwecks weiterer Beobachtung in Aquarien umgesetzt und unter freilandähnlichen Bedingungen gehalten (unbeheizter Raum in einem Gartenhaus, Fensterplatz mit Tageslicht). Am 7.6.2007 wurde das Gewässer zum zweiten Mal abgefangen. Diesmal wurden auch die adulten, metamorphosierten Teichmolche gemessen und gewogen.

Lichtmikroskopie: Von frisch verendeten Tieren wurden Stücke von Haut sowie die gesamte Schilddrüse entweder in Bouin fixiert und in Paraplast eingebettet oder Teile davon in 0,1 M Cacodylsäure mit 2,5 % Glutaraldehyd fixiert, anschließend 1 h mit 1 % Osmiumsäure unter Zusatz von 1,5 % Hexacyanoferrat in 1 M Cacodylatpuffer nachfixiert und dann in Kunststoff eingebettet. Die in Paraplast eingebetteten Objekte wurden etwa 7 µm dick geschnitten und mit Hämatoxylin-Eosin gefärbt, die in Kunststoff eingebetteten 0,5 µm dick geschnitten und mit Toluidinblau-Borax gefärbt.

Aufhellungspräparate: Schädel wurden in gepuffertem Formol nach Lillie nachfixiert. Anschließend wurden Knochen und Knorpel mit Alcianblau und Alizarinrot nach der Methode von DINGERKUS & UHLER (1978) aufgehellt.

Rasterelektronenmikroskopie: Die zahntragenden Knochen wurden 2 Wochen in Leitungswasser mazeriert, anschließend von noch anhaftendem Gewebe gereinigt, an der Luft getrocknet, mittels Heißkleber auf einen Messinghalter geklebt, mit Gold bedampft und in einem Rasterelektronenmikroskop Leo (Fa. Zeiss) untersucht.

Ergebnisse

Fangzahlen und morphometrische Daten

Im August 2006 wurden 33 Bergmolch- sowie 137 Teichmolchlarven gefangen. Bei letzteren wurden neben 85 augenscheinlich normal entwickelten Larven und Tieren in der Metamorphose auch 52 großwüchsige pädomorphe Larven gefunden. Die beiden Kohorten ließen sich, vor allem anhand der Masse, gut unterscheiden. Die von uns als normal entwickelt eingestuften Tiere waren 27–59 mm lang und hatten eine Masse von 0,06 bis 0,81 g. Die zweite Larvengruppe, mit den pädomorphen Tieren, hatte eine Gesamtlänge von 71–89 mm und eine Masse von 1,63–2,56 g (Abb. 2).

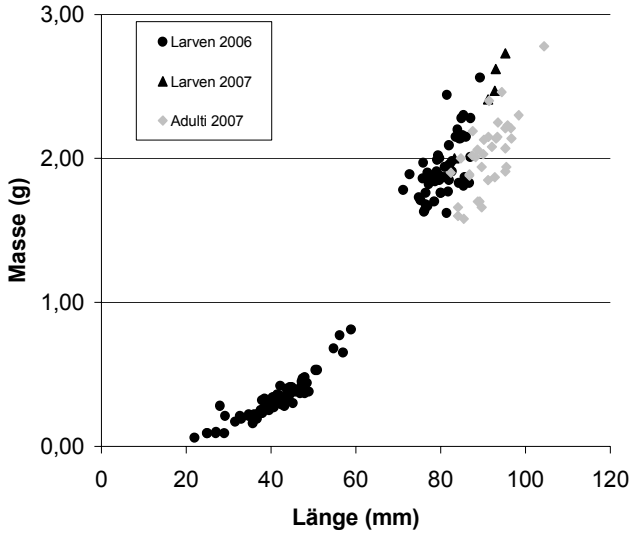

Abb. 2: Verhältnis Gesamtlänge zu Masse, der in 2006 und 2007 gefangenen adulten und larvalen Teichmolche.
Relationship of total length and mass of the smooth newts (adults and larvae) caught in 2006 and 2007.

Abb. 3: a. Normale und pädomorphe Larve mit Kropf. b. und c. Das einzige pädomorphe Tier, das sich deutlich erkennbar zu einem Männchen entwickelte. b. am 18.9.206, c. am 20.12.206. d. Pädomorphes Tier mit großem Kropf und starker Abmagerung. 28.10.2007. e. Metamorphosierter (oben) und pädomorpher Teichmolch (unten) am 7.6.2007. Fotos: B. THIESMEIER.

a. Metamorphic and paedomorphic smooth newts at 7.6.2007. b. and c. The only paedomorphic specimen, which developed to a male clearly (b. at 18.9.2006, c. at 20.12.2006). d. Paedomorphic specimen with large goitre and excessive loss of weight. 28.10.2007. e. Normally developed (above) and paedomorphic larva (below). 7.6.2007.

Bei der zweiten Fangaktion im Juni 2007 konnten neben 35 adulten metamorphosierten Teichmolchen nur noch 5 weitere pädomorphe Larven gefangen werden, die zwischen 83–95 mm lang und 2,00–2,73 g schwer waren. In Abbildung 2 sind auch die Massen und Längen der metamorphosierten Tiere aus dem Jahr 2007 berücksichtigt. Es zeigt sich, dass die pädomorphen und metamorphosierten Tiere in etwa gleich lang sind, die pädomorphen im Durchschnitt aber eine höhere Masse aufweisen.

Beschreibung und Entwicklung der Tiere

Schon bei der ersten Untersuchung der Tiere im August 2006 fiel uns auf, dass ein großer Teil der pädomorphen Molche leichte Schwellungen im Kehlbereich hatte, die teilweise rötlich gefärbt waren (Abb. 3a). Bei anderen Tieren waren kaum oder keine Schwellungen erkennbar (Abb. 3e).

Darüber hinaus zeigten die pädomorphen Tiere, abgesehen von ihrer Größe, keine auffälligen Unterschiede gegenüber normalen Larven und ließen mit ihren gut ausgebildeten Kiemen und schwach entwickelten Beinen vielmehr typische larvale Merkmale erkennen.

Einige der kleineren pädomorphen Larven waren relativ schlank, sehr schwach pigmentiert und wirkten dadurch fast durchscheinend und filigran. Die meisten waren hingegen oberseits gelblich-grau und unterseits weißlich. Weitere auffällige Färbungsunterschiede zu normal entwickelten Larven waren nicht festzustellen. Insgesamt wirkten die größeren Tiere etwas grauer, gegenüber den eher gelblich-beige bis sandfarben gefärbten normalen anderen Larven. Punkte oder Flecken waren nicht zu erkennen.

Im Laufe der Aquarienhaltung zeigten die pädomorphen Tiere normales Verhalten, fraßen regelmäßig und nahmen deutlich an Masse zu, wohingegen die Gesamtlänge fast unverändert blieb. Eine Reduzierung der Kiemen fand nicht statt; es wurden auch keine Versuche unternommen, das Wasser zu verlassen (z. B. durch den Aufenthalt auf angebotenen Korkinseln). Die Kehlschwellungen schienen die Larven in diesem Stadium nicht erkennbar zu beeinträchtigen, doch nahmen bei einigen Tieren deutlich zu.

Während der nächsten Monate verdunkelte sich die Grundfärbung der meisten Tiere im dorsolateralen Bereich, sodass sich ein zunehmend deutlicher Kontrast zur hellen ungefleckten Ventralseite der Larven ergab.

Nur ein Tier entwickelte ab Anfang September eine laterale Fleckenzeichnung (Abb. 3b, c), die es deutlich als Männchen auswies. In den ersten Wochen ähnelte es eher einem Faden- als einem Teichmolch und erst nach etwa zwei Monaten zeigten sich größere Flecken auf dem Bauch und den Seiten, die für Teichmolche charakteristisch sind. Das Männchen zeigte im Herbst 2006 Balzverhalten, indem es andere Larven im Aquarium mit dem Schwanz anwedelte. Ende Dezember 2006 ging das Tier wahrscheinlich an einer Pilzinfektion ein. Es zeigte eine nur leichte Kehlschwellung (Abb. 3b, c).

Im April 2007 kam es bei mindestens einem Tier zu einer Eiablage; die Eier entwickelten sich aber nicht. Zu diesem Zeitpunkt und in den Monaten davor, war kein erkennbares Männchen unter den Tieren.

Im Mai 2007 zeigte sich bei einem Tier mit mäßiger Kropfbildung eine zunehmende Reduzierung der äußeren Kiemen; parallel dazu wurde eine leichte ventrale Fleckung erkennbar, wie sie für Teichmolchweibchen üblich ist. Das Tier wandelte sich schließlich vollständig um und ging an Land.

Im Juni wurden zu den pädomorphen Tieren, die wir alle als Weibchen ansahen, versuchsweise normal metamorphosierte Männchen in Balzstimmung aus dem Untersuchungsgewässer hinzugesetzt. Obwohl die Männchen die pädomorphen Weibchen anbalzten, konnten keine Reaktionen der Weibchen beobachtet werden. Die Weibchen legten nachfolgend auch keine Eier ab.

Die im Juni 2007 gefundenen 5 pädomorphen Tiere stimmten in ihrem Äußeren mit den noch im Aquarium gehaltene Tieren aus dem Herbst 2006 gut überein, sodass wir davon ausgehen, dass es sich um Tiere handelte, die wir im Herbst 2006 übersehen hatten.

Im August 2007 zeigte ein weiteres Tier mit kleinen ventralen Flecken eine deutliche Kiemenreduktion, verblieb aber im Wasser. Das Tier wies einen starken Kropf auf, magerte stark ab und verstarb schließlich.

Im September/Oktober 2007 konnten wir bei einigen weiteren Tieren ebenfalls eine fortschreitende Kropfbildung beobachten. Sie führte dazu, dass die Tiere ganz offensichtlich in der Nahrungsaufnahme behindert waren, stark abmagerten und anschließend ebenfalls eingingen (Abb. 3d).

Epidermis

Die Epidermis der bisher untersuchten Tiere ist ein mehrschichtiges, allenfalls sehr schwach verhorntes Plattenepithel, in dessen mittlerem Bereich große, runde Leydig-Zellen liegen, die durch ein mit Eosin nicht anfärbbares Cytoplasma sowie einen zentral gelegenen oder randständigen Kern charakterisiert sind (Abb 4). Die Leydig-Zellen erreichen weder die Epidermisoberfläche, noch die Basallamelle des Epithels.

Abb. 4: Epidermis eines pädomorphen Tieres mit zahlreichen Leydig-Zellen (Stern).
Epidermis of a paedomorphic individual with numerous Leydig-cells (asterisk).

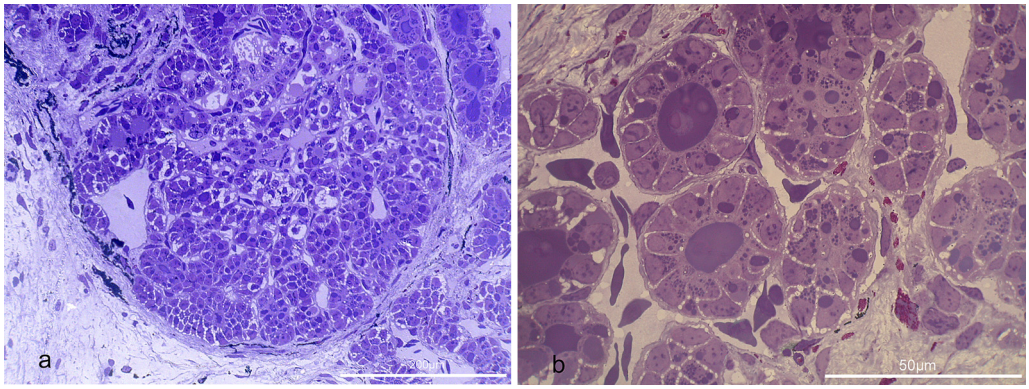

Abb. 5: a. Vergrößerte Schilddrüse; die meisten Follikel enthalten kein Kolloid; b. man beachte das kubische Epithel der kolloidhaltigen Follikel.
a. Enlarged thyroid gland with most follicles being empty; b. note the cuboidal epithelium of follicles containing colloid.

Schilddrüse

Wie bereits die unterschiedliche Größe der Kröpfe vermuten ließ, ist die Schilddrüse der Tiere z. T. extrem vergrößert und relativ stark durchblutet. Das histologische Bild zeigt zahlreiche Follikel mit überwiegend kubischem Epithel und meist sehr kleinem Lumen. Einige dieser Follikel sind mit Kolloid gefüllt (Abb. 5).

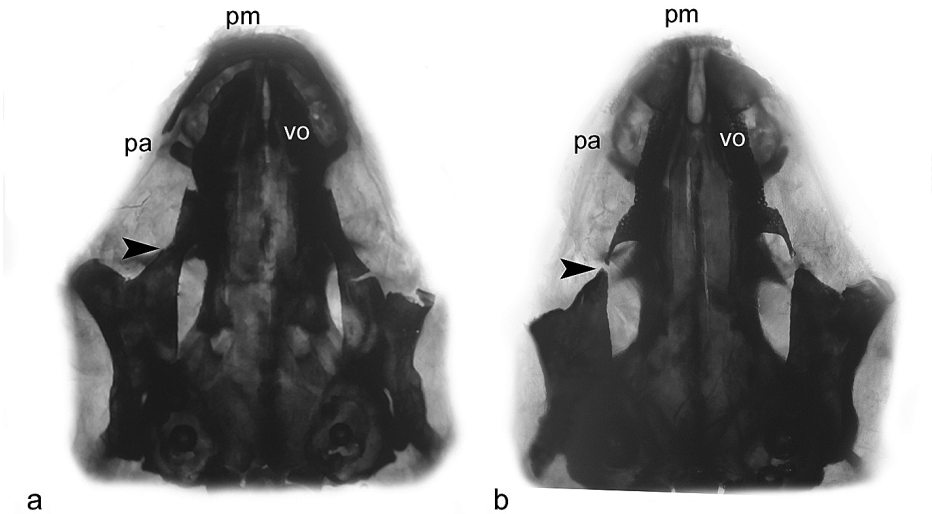

Abb. 6: Ventralansicht des Schädels (Aufhellungspräparat) zweier unterschiedlich weit entwickelter Exemplare. Man beachte (a) den intakten und (b) den bereits abgebauten mittleren Teil des Palatopterygoids (Pfeilspitze). pa = processus antorbitalis; pm = Praemaxillare; vo = Vomer.
Ventral aspect of the skull (transparencies) of two specimens differing in development. Note (a) the intakt and (b) the degraded middle portion of the palataopterygoid (arrowhead). pa = processus antorbitalis; pm = premaxilla; vo = vomer.

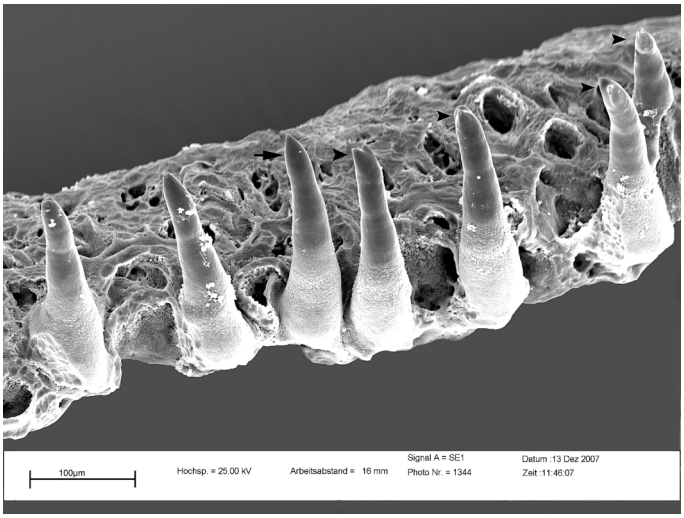

Abb. 7: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme eines Vomers mit ein- (Pfeil) und zweispitzigen (Pfeilspitzen) Zähnen.
Scanning electron microscopical picture of the vomer with unicuspid (arrow) and bicuspid (arrowheads) teeth.

Munddach und Bezahnung

Abbildung 6 zeigt zwei aufgehellte Oberschädel mit einem Blick auf das Munddach (Ventralansicht). Beide Exemplare besitzen bezahnte Prämaxillaria; die beiden Maxillaria – diese bilden zusammen mit den beiden Prämaxillaria den Oberkieferbogen beim Adultus – sind nicht vorhanden. In beiden Präparaten besitzen die Vomeres am inneren Rand eine Zahnzeile (auf den Abbildungen nicht sichtbar; vgl. aber Abb. 7), sind aber unterschiedlich gestaltet. Auffallend sind die Veränderungen des Palatopterygoids, das im ersten Fall noch intakt ist (Abb. 6a), im zweiten Fall jedoch in der Mitte (pterygopalatinale Knochenbrücke) abgebaut ist (Abb. 6b). Auf dem dem Vomer zugekehrten palatinalen Anteil sind zahlreiche nicht mehr von Zähnen besetzte Zahnloci sichtbar (Abb. 6).

Auf den bisher näher untersuchten zahntragenden Knochen finden sich in einer Zeile bicuspide und monocuspide Zähne nebeneinander. Diese sind nicht deutlich durch eine Ringnaht in Krone und Sockel geteilt (Abb. 7).

Diskussion

Kropfbildung ist bei Urodelen offenbar ein sehr seltenes Phänomen. Bemerkenswert an unseren Befunden ist 1) die große Menge von Individuen, die einen Kropf hatten, 2) die Tatsache, dass davon, bis auf eine Ausnahme, nur Weibchen betroffen waren, und 3) dass im selben Teich vorhandene Bergmolche keine Kropfbildung zeigten.

Nach unserer Kenntnis liegen Berichte über Kropfbildungen bei Urodelen aus dem Freiland nur für den Fadenmolch vor (DODD & CALLAN 1955). Die beiden Autoren

untersuchten in einem Teich in Schottland mehrer Jahre »hunderte von Molchen« und fanden in zwei aufeinander folgenden Jahre insgesamt drei »neotene« Fadenmolche ohne Kropf und in einem einzigen Jahr vier »neotene« mit Kropf: ein Männchen von 6–7 cm Länge mit deutlich sichtbaren sekundären Geschlechtsmerkmalen und drei Weibchen von 7–7,5 cm Länge mit unterschiedlich großen einseitigen oder zweigeteilten Kröpfen. Die Einstufung als neoten bzw. pädomorph erfolgte anhand der Kiemen und des typisch larvalen Kopfes. Die Schilddrüse war erwartungsgemäß stark vergrößert (Hyperplasie) und reich durchblutet (Hyperämie); ihre Follikel waren bedeutend kleiner als in normalen Schilddrüsen und nur wenige enthielten Kolloid. Nach Meinung der Verfasser handelte es sich dabei um gutartige Tumore, die möglicherweise durch goitrogene Substanzen hervorgerufen wurden, wie sie in manchen Gemüsen vorhanden sind (Sojabohne, *Brassica*-Arten; vgl. LIETZ & BÖCKER 1981). In der mit dem Fadenmolch vergesellschafteten Teichmolch-Population fanden sich weder pädomorphe Tiere, noch solche mit Kropf.

Weitere Fälle von Kropfbildung, wohl infolge vermehrter Stimulation durch TSH (Thyroidea stimulierendes Hormon), sind von *Pleurodeles waltl* bekannt. VERAIN & CHIBON (1973) haben bei dieser Art Kröpfe erzeugt, indem sie die Tiere in jodarmem Wasser aufzogen. Von diesen bildeten einige (ausschließlich Männchen) z. T. sehr große Kröpfe, die im Versuch extrem viel Jod aufnahmen. Histologisch zeichneten sich die veränderten Schilddrüsen ebenfalls durch eine starke Durchblutung und durch Follikel ohne Kolloidfüllung aus. Nach Zugabe von Jod normalisierte sich die Aktivität der Schilddrüse langsam.

Am ehesten sind die von uns gefundenen Verhältnisse mit den Ergebnissen von DODD & CALLAN (1955) vergleichbar, vor allem was die Struktur der Schilddrüse angeht. Es sollte vielleicht betont werden, dass die Schilddrüsen neotener Molche (ohne Kropf) solche Veränderungen wie sie von DODD & CALLAN (1955) sowie von uns geschildert worden sind, nicht zeigen (u. a. HARTWIG & ROTMANN 1940). Wir haben allerdings die Pädomorphose nicht nur am äußeren Erscheinungsbild der Tiere festgemacht. Generell larvale Verhältnisse sind am Vorhandensein der Leydig-Zellen in der Epidermis zu erkennen, die typischerweise erst in der Metamorphose verschwinden.

Dass die Metamorphose bei einigen Individuen bereits begonnen hatte, jedoch unterschiedlich weit fortgeschritten war, ist vor allem am Umbau des Munddachs und der Gaumenbezahnung zu erkennen. Bei *Lissotriton*-Arten beginnt sich erst im Verlauf der Metamorphose das Maxillare im Oberkiefer zu bilden. Bei allen Tieren, die wir untersuchen konnten, war dieser zahntragende Knochen noch nicht vorhanden, seine Bildung ist vom Metamorphosehormon abhängig (SMIRNOV & VASSILIEVA 2003). Vorher wird jedoch die pterygopalatinale Knochenbrücke abgebaut, die Pterygoid und bezahntes Palatinum verbindet, ein Vorgang der von manchen Autoren als der entscheidende Beginn der Metamorphose angesehen wird (z. B. REILLY 1987, REILLY & ALTIG 1996). Daraufhin verliert der palatinale Anteil des Pterygoids verliert seine Zähne und wird ebenfalls abgebaut. Auf dem Vomer wird aus dem ursprünglichen Zahnfeld eine einzige Zahnzeile. Die Zähne erhalten zudem die für Amphibienzähne typische Ringnaht zwischen Dentinkrone und Sockel und werden unter dem Einfluss des Metamorhosehormons zweispitzig (CLEMEN & GREVEN 1994; DAVIT-BÉAL et al. 2006). Bei den wenigen Tieren, die wir bisher untersuchen konnten, war die pterygo-

palatinale Knochenbrücke entweder intakt oder bereits abgebaut, die Vomerbezahnung z. T. einzeilig und die Zähne sowohl ein- als auch zweispitzig. Allerdings fehlte eine deutliche Ausprägung der Ringnaht (vgl. dazu CLEMEN & GREVEN 1979). Um zu klären, wie die im Munddach normalerweise exakte Abfolge von Veränderungen (vgl. CLEMEN & GREVEN 1979, SMIRNOV & VASSILIEVA 2003) bei den Tieren mit Kropfbildung gestört ist (vgl. die Untersuchungen an *Ambystoma mexicanum*, die mit goitrogenen Substanzen behandelt wurden: SMIRNOV & VASSILIEVA 2005), müssten allerdings mehr Tiere für eine Untersuchung zur Verfügung stehen.

Die von uns im Juni 2006 gefangenen pädomorphen Tiere rechnen wir im Wesentlichen der Fortpflanzungsperiode 2005 zu, wobei aber nicht auszuschließen ist, dass auch Tiere aus dem Jahrgang 2004 darunter waren. Die wenigen im Jahr 2007 gefundenen pädomorphen Tiere entstammten ebenfalls dieser Gruppe. Auffällig kleinere und damit jüngere pädomorphe Tiere konnten wir in 2007 nicht mehr finden. Es ist allerdings zu berücksichtigen, dass in 2006 alle gefangenen Larven bis etwa 60 mm Gesamtlänge in das Umsetzungsgewässer gebracht wurden. Nur die noch größeren und deutlich schwereren Larven wurden zur Beobachtung im Aquarium gehalten (s. Abb. 2). Da das Umsetzungsgewässer im Winter 2006/2007 austrocknete, konnte nicht mehr festgestellt werden, ob sich pädomorphe Tiere unter den eingebrachten Larven befanden. Wir gehen aber davon aus, da nach Literaturangaben die Gesamtlänge von Teichmolchlarven bis zur Metamorphose selten 40 mm übersteigt. Nur überwinterte Larven erreichen Gesamtlängen bis über 50 mm (Zusammenstellung bei SCHMIDTLER & FRANZEN 2004).

Da wir eine größere Anzahl pädomorpher Tiere auch über einen längeren Zeitraum halten konnten, war es möglich, ihre weitere Entwicklung zu beobachten. Bemerkenswert war, dass sich bei vielen Tieren im Laufe der Zeit die Kröpfe vergrößerten, sodass die Nahrungsaufnahme erheblich beeinträchtigt wurde, andere Tiere aber über die gesamte Haltungsperiode kaum Veränderungen zeigten und ein Tier sogar die Metamorphose beenden konnte.

Unklar ist, ob die pädomorphen Tiere in der Lage gewesen wären, sich fortzupflanzen. Die Tatsache, dass in einigen Weibchen die Oocyten bereits eine beträchtliche Größe erreicht hatten, der Ovidukt bereits Sekrete enthielt und dass in der Kloake eines pädomorphen Weibchens, das wir im Jahr 2007 im Tümpel fangen konnten, Spermien nachzuweisen waren, scheint dafür zu sprechen. Auch die beobachtete Eiablage eines oder mehrerer Tiere im Aquarium sowie das balzende Männchen sprechen dafür, dass zumindest die weniger vom Kropf beeinflussten pädomorphen Exemplare möglicherweise fortpflanzungsfähig waren.

Sieht man einmal von den Kröpfen bei *Pleurodeles waltl* ab, die durch Jodmangel hervorgerufen wurden (VERAIN & CHIBON 1973), ist nichts über die Ursache für die Kropfbildung bei Urodelen bekannt. Die Vermutung von DODD & CALLAN (1953), es könne sich in dem von ihnen untersuchten Fall um goitrogene Substanzen aus Pflanzen handeln, die mit Kaninchenkot ins Wasser gebracht worden seien, ist angesichts fehlender Untersuchungen eine reine Vermutung.

Der Tümpel in Hattingen befindet sich auf einem ehemaligen Industriegelände, dessen Boden vor den Baumaßnahmen saniert wurde, weil u. a. ölhaltige Rückstände und andere Schadstoffe festgestellt wurden (B. SÄLZER mündl. Mitt.). Wenn darunter

goitrogene Substanzen gewesen sein sollten, müssten diese vor allem temporär im Jahr 2005, eventuell auch schon im Jahr 2004, aufgetreten sein. Der Larvenjahrgang 2006 wurde augenscheinlich nicht negativ beeinflusst. Eine offene Frage bleibt auch, warum nur ein Teil der Teichmolchlarven betroffen war (im Jahr 2005 müssen erheblich mehr Teichmolchlarven im Gewässer gewesen sein, als die 57 pädomorphen Tiere, die wir im Jahr 2006 und 2007 finden konnten) und warum die Bergmolchlarven überhaupt nicht betroffen waren.

Danksagung

Unser Dank gilt Herrn BERT SÄLZER, einem aufmerksamen Anwohner, der uns auf den Tümpel hinwies und sich für dessen vorläufige Erhaltung einsetzte, der Hattinger-Wohnstätten-Genossenschaft, die als Bauträger zusagte, den Tümpel trotz beginnenden Baubetriebs möglichst lange zu erhalten und der Unteren Landschaftsbehörde des Ennepe-Ruhr-Kreises, die die Genehmigung zur Haltung der Tiere ausstellte und damit die Untersuchung erst ermöglichte.

Literatur

BRUCE, R. C. (2003): Life histories. In: SEVER, D. (ed.): Reproductive Biology and Phylogeny of Urodela: 477–525. – Enfield, USA (Science Publishers).

CLEMEN, G. & H. GREVEN (1979): Morphologische Untersuchungen an der Mundhöhle von Urodelen. V. Die Munddachbezahnung von *Triturus vulgaris* (L.) (Salamandridae: Amphibia). – Zoologische Jahrbücher für Anatomie und Ontogenie der Tiere 102: 170–186.

CLEMEN, G. & H. GREVEN (1994): The buccal cavity of larval and metamorphosed *Salamandra salamandra*: Structural and developmental aspects. – Mertensiella 4: 83–109.

DAVIT-BÉAL, T., F. ALLIZARD & J.-Y. SIRE (2006): Morphological variations in a tooth family through ontogeny in *Pleurodeles waltl* (Lissamphibia, Caudata). – Journal of Morphology 267: 1048–1065.

DENOËL, M. (2006): Seasonal variation of morph ratio in facultatively paedomorphic populations of the palmate newt *Triturus helveticus*. – Acta Oecologica 29: 156–170.

DENOËL, M., R. DUGUET, G. DZUKIC, M. KALEZIC & S. MAZZOTTI (2001): Biogeography and ecology of paedomorphosis in *Triturus alpestris* (Amphibia, Caudata). – Journal of Biogeography 28: 1271–1280.

DENOËL, M., P. JOLY & H. H. WHITEMAN (2005): Evolutionary ecology of facultative paedomorphosis in newts and salamanders. – Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society 80: 663–671.

DINGERKUS, G. & L. D. UHLER (1978): Enzyme clearing of alcian blue stained whole small vertebrates for demonstration of cartilage. – Stain Technology 52: 229–232.

DODD, J. M. & H. G. CALLAN (1955): Neoteny with goitre in *Triturus helveticus*. – Quarterly Journal of Microscopical Science 96: 121–128.

GELDER, J. J. VAN (1973): Ecological observations on Amphibia in the Netherlands II. *Triturus helveticus* Razoumowsky: migration, hibernation and neotey. – Netherlands Journal of Zoology 23: 86–108.

GOULD, S. J. (1977): Ontogeny and Phylogeny. – Cambridge, Mass. (Harvard University Press).

HARTWIG, H. & E. ROTMANN (1940): Experimentelle Untersuchungen an einem Massenauftreten von neotenen *Triton taeniatus*. – Wilhelm Roux´ Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen 140: 195–250.

LIETZ, H. & W. BÖCKER (1981): Schilddrüse. In: ALTENÄHR, E. et al. (eds): Pathologie der endokrinen Organe I: 295–416. – Heidelberg (Springer).

REILLY, S. M. (1987): Ontogeny of the hyobranchial apparatus in the salamanders *Ambystoma talpoideum* (Ambystomatidae) and *Notophthalmus viridescens* (Salamandridae): the ecological morphology of two neotenic strategies. – Journal of Morphology 191: 201–214.

REILLY, S. M. & R. ALTIG (1996): Cranial ontogeny in *Siren intermedia* (Caudata: Sirenidae): paedomorphic, metamorphic, and novel patterns of heterochrony. – Copeia 1996: 29–41.

ROSENBERG, M., LEWINSON, D. & M. R. WARBURG (1982): Ultrastructural studies of the epidermal Leydig cell in larvae of *Salamandra salamandra*. – Journal of Morphology 174: 275–281.

SCHMIDTLER, J. F. & M. FRANZEN (2004): *Triturus vulgaris* (Linnaeus, 1758) – Teichmolch. In: THIESMEIER, B. & K. GROSSENBACHER (Hrsg.): Handbuch der Reptilien und Amphibien Europas. Schwanzlurche IIB: 847–967. – Wiebelsheim (Aula).

SELIŠKAR, A. & H. PEHANI (1935): Limnologische Beiträge zum Problem der Amphibienneotenie (Beobachtungen an Tritonen der Triglavseen). – Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie 7: 263–294.

SMIRNOV, S. V. & A. B. VASSILIEVA (2003): Skeletal and dental ontogeny in the smooth newt, *Triturus vulgaris* (Urodela: Salamandridae): Role of thyroid hormone and its regulation. – Russian Journal of Herpetology 10: 93–110.

SMIRNOV, S. V. & A. B. VASSILIEVA (2005): Skull development in normal, TH-exposed, and goitrogen-treated Axolotls, *Ambystoma mexicanum*. – Russian Journal of Herpetology 12: 113–126.

VERAIN. A. & P. CHIBON (1973): Existence de goitres chez le triton *Pleurodeles waltlii*. Étude comparée du fonctionnement tyroidien d´amphibiens urodèles goitreux et sains. – Annales d´Endocrinologie, Paris 34: 689–709.

Eingangsdatum: 21.12.2007