

Beispiel eines CCM-Papers

Projekt-Kurztitel: CCM-Papers

Arbeitstitel englisch: "Threatened Newts and Salamanders of the Old World, Captive Care Management"

Arbeitstitel deutsch: "Gefährdete Molch- und Salamanderarten der Alten Welt, Richtlinien für Erhaltungszuchten"

Ambystoma mexicanum

(SHAW G. & R. P. NODDER, 1798)

Axolotl

von CHRISTINA ALLMELING, DGHT, AG-Urodela, Molchregister

Erstbeschreibung:

SHAW G. & R. P. NODDER (1798): Nat. Miscell., 9: Tafel 342 und 343.

Diagnosis:

Der Körper ist gedrungen, am Kopf, Rücken und den Flanken dunkelgraubraun marmoriert mit unterschiedlich großen dunklen und hellen Flecken und Punkten. Der Bauch ist heller. Unklar ist, ob im natürlichen Habitat davon deutlich abweichende Farbvarianten auftreten. Der breite Kopf ist abgeflacht und besitzt beidseitig drei mittelgroße dunkelbraungraue äußere Kiemenäste. Der untere Kiemenast ist der kürzeste und der obere der längste. Dahinter befinden sich mit Knorpelzähnen besetzte Kiemenspalten (WISTUBA & CLEMEN, 1998).

Seitlich zeigen die Tiere ausgeprägte Rippenfurchen. Die Extremitäten sind kräftig. Der abgeflachte kräftige Schwanz besitzt ober- und unterseitig einen breiten Hautsaum. Dieser setzt sich, niedriger werdend, über den Rücken nach vorn bis kurz hinter dem Kopf fort. Die Schwanzlänge beträgt in der Regel weniger als die Kopf-Rumpflänge. Die kleinen Augen liegen oben seitlich am Oberschädel. Das Maul ist breit und unterständig.

Das Axolotl verharrt in einem Dauerlarvenstadium (Neotenie oder auch Paedogenesis). Die Geschlechtsreife tritt bereits im Larvenstadium ein. (FIORINI, 1987). GOULDS (1977) beschreibt die Neotenie als Ergebnis einer verzögerten somatischen Entwicklung bei gleichzeitig normal verlaufender Entwicklung der reproduktiven Systeme.

Der Effekt wird durch eine Dysfunktion der Hypophysen-Schilddrüsenachse hervorgerufen. Er bewirkt das Fehlen des Schilddrüsenhormons, das für die vollständige Entwicklung nötig ist (BETTIN & WISTUBA 2003).



Abb. 1: Kopf eines adulten Axolotl. Foto: ALLMELING

Status der Unterarten:

Von *Ambystoma mexicanum* wurden keine Unterarten beschrieben. Es existiert allerdings eine Reihe von Farbmorphen, die großteils auf die züchterische Tätigkeit zurückgehen (Domestikationseffekt). Auch unter den ersten Importen befanden sich bereits weißliche Tiere.

Farbmorphen:

Wildtyp: Beim Wildtyp finden sich alle drei Pigmentzelltypen. Die Tiere erscheinen graubraun. Ihre dunkle Grundfarbe wird durch Melanophoren verursacht, in Kombination mit Xanthophoren bildet sich ein Ockergrün oder Branton, wodurch es zu leicht unterschiedlichen individuellen Erscheinungsformen kommen kann. Der silbrige Glanz, hauptsächlich im Schwanz- bzw. Flossensaum, aber auch des Auges, wird durch Iridophoren bewirkt.

Melanoid: Melanoide Tiere sind fast schwarz. Sie bilden keine Iridiophoren. Daher fehlt ihnen der silbrige Glanz. Im Gegensatz zum dunklen Wildtyp haben sie dunkle Augen ohne glänzende Iris.

Weißlinge: Sie haben einen farblosen Körper, dunkle Augen und einige dunkle Pigmente auf Kopf und Rücken.

Axantisch: Tiere, die keine Xanthophoren bilden. Sie unterscheiden sich optisch kaum von sehr dunklen Wildtypen.

Axantische Albinos: Sie sind weiß mit einem leicht metallischen Glanz

Pigmentlose Albinos: Tiere völlig ohne Pigmente. Man bezeichnet sie auch als Melano-Axanthische Albinos.

Weißlings-Albinos: Ist dass Allel d kombiniert mit dem Allel für fehlende Melanophoren a, ergibt sich ein Albino der sich kaum von pigmentlosen Albino unterscheidet.

Gold-Albinos (Humphrey-Axolotl): Diesem Albino fehlen lediglich die Melanophoren (Melanin und Eumelanin, ein schwarz-braunes Pigment) alle anderen Pigmente sind vorhanden. Die Tiere erscheinen goldgelb, haben gelbe Augen und rote Kiemen. Diese Farbvariante wurde durch künstliche Hybridisierung mit *Ambystoma tigrinum* erreicht, da reinerbige Axolotl mit selektiv fehlenden Melanophoren nicht auftreten.

Melano-Albinos: Tiere, die weder Melanophoren noch Iridiophoren besitzen, erscheinen leicht gelblich, da noch Xanthophoren vorhanden sind.

Sand/ Kupferfarbend (Copper): Dunkel sandfarbene Tiere, Grundton Ocker bis Kupfer. Rötlich bis bräunliche Fleckung teilweise auch axanthisch, Augen gold bis dunkelbraun, Genetik nicht bekannt.



Abb. 2: Farbmorphen des Axolotl. Oben hellwild, unten links **Gold-Albinos** (Humphrey-Axolotl), unten rechts Weißling. Foto: ALLMELING (3 x)/GROSSE



Abb. 3: Farbmorphen des Axolotl, wildfarbene Tiere. Foto: ALLMELING



Abb. 4: Farbmorphen des Axolotl, Weißling mit Augenpigmenten. Foto: GROSSE

Verbreitung:

Terra typica: Xochimilco- und Chalco See.

Ambystoma mexicanum lebt als endemische Art ausschließlich im Xochimilco- und Chalco See. Heute sind nur noch dessen Reste am südöstlichen Ende, unweit von Mexico City, als Resthabitat vorhanden (FREYTAG, 1970, ZUCCINI & GONSCHOREK, 1983). Diese bilden ein labyrinthartiges Kanalsystem, das über

150 Kilometer lang ist. Ursprünglich war dieses System Teil eines Komplexes aus fünf Seen. Der Xochimilco See ist der letzte Rest eines einst ausgedehnten Feuchtgebietes, das in einem vulkanischen Becken in der Region von Mexico City entstanden ist. Dieses abflusslose System wurde aus einem Netz von Quellen, Regenwasser und Schmelzwasser der umliegenden vulkanischen Berge gespeist. Die Seen selbst liegen auf einem Karstplateau.

Habitat:

Der natürliche Lebensraum von *Ambystoma mexicanum* besteht aus einer Vielzahl sumpfiger Bereiche und Kanäle, die nicht breiter als etwa 300 Meter und maximal 10 Meter tief sind (ZUCCHI & GONSCHOREK, 1983). Ob außerhalb des Xochimilco-Sees noch weitere Populationen existieren, ist nicht bekannt, aber unwahrscheinlich (BRANDON, 1989).

Zwischen 1995-1996 erfasste eine Erhebung im Xochimilco-See an 12 Messstellen noch 76 Tiere (GRIFFITHS et al., 2003). Das Einbringen von Goldfischen und Barschen stellt in Kombination mit dem Habitatverlust eine zusätzliche unkalkulierbare Gefahr für die Molche dar (ZUCCHI & GONSCHOREK 1983, KOENIG 2008).

Die Wassertemperatur in Xochimilco steigt selten über 20° C. Im Winter liegt die Temperatur bei 6-7° C. Im Jahresdurchschnitt bei 14° C. Algenwachstum in circa einem Meter Tiefe filtert das Sonnenlicht und sorgt für relativ gemäßigte Temperaturschwankungen. Der Sauerstoffgehalt des Wassers liegt im Januar am höchsten mit durchschnittlich 18 mg/Liter. Am tiefsten ist er im Juli bei durchschnittlich 6 mg/Liter. Zwischen 1996 und 1997 wurde an unterschiedlichen Messpunkten der pH-Wert im Gewässer erhoben. Diese Messungen ergaben im Durchschnitt einen pH-Wert von 8,0 im Oktober 96, leicht ansteigend auf 8,5 im Juli 1997 (MARTÍNEZ-ARROYO & JÁUREGUI, 2000).

Nahrung:

Im Xochimilco See vorhandene kleinere Fische, Fischbrut, Insekten, Insektenlarven, Würmer, Garnelen und noch weitere Krebstierchen gehören zum natürlichen Futterspektrum (LAFRENTZ, 1930).

Fortpflanzung:

Über die Fortpflanzung im natürlichen Habitat ist wenig bekannt. Allein GADOW (1903) nennt als Fortpflanzungszeit den Februar.

Haltung im Aquarium:

Ausgewachsene Tiere können eine Größe von 25 cm leicht überschreiten und erreichen ein Gewicht von bis zu 300 g. Daher sollen für die Haltung von Axolotl nach DGHT Richtlinien Becken ab einer Kantenlänge von 80 cm Länge benutzt werden. Für 5 Tiere ist ein Aquarium von mindestens 1 m Länge (z.B. 200 l = 100 x 40 x 50 cm) empfehlenswert. Bei Laborhaltung werden allerdings meist deutlich kleinere Beckengrößen beschrieben. Für eine Gruppe von drei Tieren werden zum Beispiel Wassermengen von knapp 40 Liter (10 Gallonen) angegeben (GRESENS, 2004).

Eine EU Richtlinie der Kommission der Europäischen Gemeinschaften KOM(2008)543 zum Schutz für wissenschaftliche Zwecke verwendeten Tiere gibt folgende Angaben:

Tab. 1: EU Richtlinie zur Haltung von Axolotl.

Körperlänge Maul bis Kloake (cm)	minimale Wasseroberfläche (cm ²)	Wasseroberfläche für jedes zusätzliche Tier (cm ²)	Min. Wassertiefe	Besttemperatur
< 10	262,5	50	13	15°C - 22°C
10 - 15	525	110	13	15°C - 22°C
15 - 20	875	200	15	15°C - 22°C
20 - 30	1837,5	440	15	15°C - 22°C
> 30	3150	800	20	15°C - 22°C

In letzter Zeit werden auch in Laboratorien zunehmend größere Behältnisse bevorzugt.

Medizinischen Hochschule Hannover: 80 x 30 x 30 cm Becken für kleine Gruppen (MENGER et al., 2009); Universitätsklinikum Münster: 100 x 40 x 40 cm für ein Zuchtpaar oder maximal 3 nicht züchtende adulte Tiere.

Eine Beheizung des Aquariums ist nicht notwendig. Im Gegensatz zur Beleuchtung ist eine Filteranlage durchaus zu empfehlen, da Axolotl einen beträchtlichen Nahrungsumsatz aufweisen. Die durch die Pumpe entstehende Strömung sollte eher gering bleiben, da die Tiere an Ruhigwasser angepasst sind. Eine Beschattung und eine Vielzahl von Versteckmöglichkeiten (Röhren, Steinbauten etc.) kommen dem Bedürfnis nach einer verborgenen Lebensweise nach.

Ein Bodengrund ist nicht erforderlich (GROSSE 2006a,b), allerdings für ein optisch ansprechendes Aquarium mit Bepflanzung zu empfehlen.

Axolotl nehmen bei der Nahrungsaufnahme vom Boden durch Saugschnappen geringe Mengen an Bodengrund auf, welcher bei ungeeigneter Größe zu Verstopfungen führen kann. Idealerweise wählt man ein möglichst abgerundetes feines Bodensubstrat (WISTUBA, 2008). Die Körnungsgröße sollte bei juvenilen Exemplaren zwischen 5 und 18 cm bei maximal 3 mm und bei adulten Tieren bei maximal 5 mm liegen. Auch Filtermatten als Bodengrund haben sich bewährt und werden zum Beispiel in Forschungseinrichtungen erfolgreich eingesetzt (MENGER et al. 2009). Hierbei besteht nicht die Gefahr einer Verstopfung durch Aufnahme von Bodengrund und sie kommen dem humusreichen Verhältnissen im natürlichen Habitat in der biologischen Wirkung am nächsten.

Der Einhaltung der geeigneten Wassertemperatur sollte genaue Beachtung geschenkt werden.

Als Richtwerte dienen die Temperaturen des natürlichen Habitats. Diese liegen im Sommer bei höchstens 20° C und im Winter bei 6-8° C (MARTÍNEZ-ARROYO & JÁUREGUI, 2000). Temperaturen über 20° C führen zu Stress und vermehrter Krankheitsanfälligkeit. Dies vor allem durch Reduzierung der Sauerstoffversorgung über Haut und Kiemen bei Werten über 23° C ab (WISTUBA, 2008). Für die Haltung bedeutet dies einen Temperaturbereich von 12-23° C anzubieten. 25° C sollten nicht überschritten werden; Temperaturen über 20°C dürfen nur für kurze Zeiträume bestehen. Unterhalb von 2° C verfällt das Axolotl in eine Art Kältestarre, überlebt jedoch unbeschadet. Eine Temperaturabsenkung auf 6-8° C wird bei Infektionen zur Stoffwechselreduktion und stressfreien Behandlung empfohlen. (GRESENS, 2004).



Abb. 5: Mobiler Mattenfilter im Aquarium. Foto: ALLMELING

Für Axolotl ist ein pH-Wert zwischen 7,5 und 8 optimal, 6,5 – 8,5 ist möglich. (Werte von 3,5 – 5 und 10,5 – 12 sind für Axolotl tödlich (BRAND & FREYTAG, 1959)). Die Wasserhärte sollte bei mindestens 7° GH liegen. Die organische Belastung sollte so gering wie möglich gehalten werden. Als Obergrenze für den Nitritwert gelten 0,5mg/l (MEREDITH & WHITEMAN, 2008, ZAVALA-AGUIRRE et al. 2007).

Axolotl reagieren empfindlich auf Kupfer und Schwermetalle im Wasser (MARKICH et al., 2003, HOME & DUNSON, 1995)

Wasseraufbereiter auf der Basis von Chelatoren wie DMSO und EDTA können unverträglich für Amphibien sein (PAYS et al., 2006, LAPPENBUSCH & WILLIS, 1971). Axolotl, die in mit Chelatoren aufbereitetem Wasser aufgezogen wurden, zeigten Symptome der „Short toes Mutation“ (SATO & CHERNOFF, 2007), die auf eine Nierenschädigung deutet.

Ernährung im Aquarium

Adulte Axolotl sollten etwa alle 3-4 Tage gefüttert werden. Eine Fastenzeit von 14 Tagen wird problemlos bei kühleren Temperaturen ertragen. Axolotl sind als Lauerjäger Opportunisten und fressen das, was von ihnen überwältigt werden kann. Im natürlichen Habitat gehören kleinere Fische, Fischbrut, Insekten, Insektenlarven, Würmer, Garnelen und weitere Krebstierchen zur normalen Futterquelle (LAFRENZ 1930). Für die Fütterung im Aquarium eignet sich zusätzlich hochwertiges, vollextrudiertes Pelletfutter, mit einem hohen Gehalt an Fisch- und Fischölanteilen (GRESENS, 2004).

Das Futter sollte grundsätzlich auf den Boden sinken, da Axolotl ihre Nahrung hauptsächlich vom Grund aufnehmen oder direkt vorbeischwimmende Nahrung wie kleine Fische, Käfer, Wasserkrebse oder Mückenlarven sehr geschickt

fangen.

Als weitere Nahrungsquelle dienen z.B. Regenwürmer oder kleine Streifen Geflügelleber und Geflügelherz. Säugetierfleisch wird von Axolotl schlecht verdaut. Übertrieben reichhaltige Fütterung kann zu Organerkrankungen wie Fettleber oder systemischen Magendarminfektionen führen (MUTSCHMANN 1998). Es sollte möglichst abwechslungsreich gefüttert werden, einseitige Fütterung kann zu Mangelerscheinungen führen.

Jungtiere sollten bis zu einer Größe von ca. 12 cm täglich bis zweitägig gefüttert werden. Wachstumsbedingt weisen Jungtiere einen höheren und schnelleren Nahrungsumsatz auf (GRESENS, 2004). Zu lange Futterpausen sollten in dieser Zeit vermieden werden, um Kannibalismus zu vermeiden. (COLLINS & CHEEK, 1983).

Fortpflanzung im Aquarium:

Ambystoma mexicanum zeigt auch bei aquaristischer Haltung eine deutlich ausgeprägte saisonale Reproduktion. Das Ablaichen findet im Winter und Frühjahr statt. Vermutlich sind die Photoperiodik und die im Vergleich zum Freiland höheren Haltungstemperaturen für die Ablaichzeiten in den Wintermonaten verantwortlich. ARMSTRONG et al. (1989) beschreiben ebenfalls eine markante Saisonalität bei jahreszeitlich wechselnden Temperaturen. Im Gegensatz dazu ist unter konstanten Laborbedingungen hinsichtlich Temperatur und Photoperiodik kein saisonaler Reproduktionszyklus zu beobachten (MILTNER & ARMSTRONG, 1983).

Das paarungsbereite weibliche Tier initiiert durch die Absonderung eines Pheromons die Einleitung des Paarungsakts. (EISTHEN, 2006). Das männliche Tier nimmt das Pheromon mit dem Jacobschen Organ im Maul war. Beim reproduktionsfähigen Männchen kommt es in Folge zu einer deutlichen Schwellung im Kloakalbereich. Dies steht im Zusammenhang mit der Produktion der Spermatophoren. Spermatophoren sind Samenpakete, welche am Bodengrund abgesetzt werden und der Spermienübertragung dienen. Durch diese Begattungsform werden weniger Spermien benötigt als bei einer äußeren Befruchtung. Gleichzeitig werden durch einen Blutdruckanstieg die Kiemen und die Haut stärker durchblutet. Nach einer entsprechenden Umwerbung des Weibchens werden die Spermatophoren abgesetzt. Diese werden chemotaktisch vom Weibchen wahrgenommen und letztlich über die Kloake aufgenommen. Dabei kann das Weibchen Spermatophoren von mehreren Männchen aufnehmen. Die eigentliche Befruchtung der Eier findet im Körper des weiblichen Axolotls statt (STOCUM et al., 2003).

Die Weibchen sind in der Lage, Spermien in Samentaschen (Spermatheken) mehrere Monate befruchtungsfähig aufzubewahren.

Der Ernährungszustand der Weibchen spielt bei der Fortpflanzung nur eine untergeordnete Rolle. Schlanke wie kräftigere Tiere laichen ab. Allerdings produzieren schwerere Tiere größere Eimengen und laichen häufiger ab. Adipöse Weibchen neigen zu Infektionen im Ovarienbereich und zu Leberproblemen. Eine übermäßige Zufuhr von Nahrung gilt es daher unbedingt zu vermeiden.

Meist beginnen die Weibchen 12 – 24 Stunden nach der Spermatophorenaufnahme mit der Eiablage. Hierzu halten sie sich mit den Hinterbeinen an Pflanzen und diversen Einrichtungsgegenständen fest und drücken die Kloakenöffnung daran. Dabei kleben sie die Eier einzeln in kleinen

Abständen fest. Die Eier eines Geleges verkleben dann anschließend wenn die Gallerten quellen.

Entwicklung im Aquarium:

Viele adulte Axolotl neigen dazu, die Eier zu fressen. Deshalb sollte diese in ein anderes Becken separiert werden, was durch Umsetzen der Adulti oder durch Umsetzen des Laichs erreicht werden kann. Das Becken sollte belüftet werden, ein regelmäßiger Teilwasserwechsel ist empfehlenswert.

Die Hälterung der Eier erfolgt am besten bei einer Temperatur zwischen 16 bis 19 ° C. Kältere Temperaturen sind möglich, zögern den Schlupf der Larven aber deutlich heraus; höhere Temperaturen dagegen beschleunigen die Embryonalentwicklung und den Schlupf (GROSSE 1997). Die Larven sind aber dann oftmals zu klein und noch unterentwickelt. Auch sind solche Larven meist empfindlicher als kühler gezeitigte.

Die Abfolge der Entwicklungsstadien lässt sich in Form von Normentafeln darstellen (GROSSE 1997). Die Entwicklung der Eier verläuft wie bei allen Schwanzlurchen in drei Phasen Die Embryonalphase findet im Ei statt. Die Larvalphase beginnt mit dem Schlupf der Larven, der beim Axolotl verglichen mit anderen Schwanzlurcharten relativ spät im Stadium der Entwicklung der Vorderextremität erfolgt. Über weitere Entwicklungs- und Wachstumsprozesse entsteht rasch eine fertige Larve.



Abb. 6: Embryonen kurz vor dem Schlupf, wildfarbene Tiere, Grosse-Stadium 27. Foto: GROSSE

Die dritte Phase, die Metamorphose ist beim Axolotl bekanntlich unterdrückt, kann aber künstlich induziert werden.

Nach ca. 15 bis 20 Tagen schlüpfen die Larven meist innerhalb von 48 Stunden aus den Eiern. Die Maulspalte öffnet sich erst ein bis zwei Tage nach dem Schlupf. Bis dahin zehren die Larven vom Dottersack, der sich hell abzeichnet. Ein Umsetzen der Larven in diesem frühen Entwicklungsstadium ist ungünstig, da es hierbei zu Schleimhautverletzungen kommen kann. Es ist daher besser, das Aufzuchtbecken so groß zu wählen, dass die Larven wenigstens in den ersten Wochen darin verbleiben können. Eine Filterung mit

niedriger Durchflussgeschwindigkeit und/oder eine Belüftung sind zu empfehlen. Die obligaten Teilwasserwechsel mit gleichzeitigem Absaugen des Mulms sollten nicht vernachlässigt werden. Hierbei ist vorsichtig vorzugehen, da Axolotllarven kaum Tendenz zeigen, zu flüchten und deshalb leicht unbeabsichtigt abgesaugt werden können.

Chemische Zusätze und Metalle wie Kupfer im Aufzuchtswasser sind zu vermeiden (HOME & DUNSON, 1995).

Der Geruchssinn der Larven bildet sich erst ab dem Zeitpunkt der Beinbildung aus. Davor reagieren die Larven nur auf Bewegungsreize. Daher muss bis zu einer Larvengröße von ca. 3 cm entsprechend kleines Lebendfutter angeboten werden. Hierfür eignen sich vor allem frisch geschlüpfte Artemianauplien oder feines Tümpelfutter (GRESENS, 2004), das jedoch mit Parasiten kontaminiert sein kann. Im Handel erworbene Daphnien sind häufig mit Hefe gefüttert worden. Sie müssen vor dem Verfüttern mehrere Tage gewässert werden, da sie sonst zu Verdauungsproblemen sowie Verpilzung führen können. Die Fütterung der noch kleinen Larven sollte anfangs ein- bis zwei Mal am Tag erfolgen. Ab Sichtbarwerden der Vorderbeine kann man dem Lebendfutter klein geschabtes Frostfutter wie rote oder schwarze Mückenlarven beimengen. Dabei ist auf die Erhaltung der Wasserqualität zu achten.



Abb. 7: Freischwimmende Larven mit Vorderbeinen, hellwildfarbene Tiere, Grosse-Stadium 36. Foto: GROSSE

Erst wenn die Larven ohne Zögern Frostfutter aufnehmen und die Fütterung kontrolliert erfolgen kann, können sie in ein Aquarium mit Bodengrund umgesetzt werden.

Ab einer Größe von ca. 5 bis 6 cm kann das Futterangebot auf Bachflohkrebse, Süßwassergarnelen, kleinere Insekten, Wasser bewohnende Wirbellose, Süßwasserfische wie Friedfische sowie kleine Lachszuchtpellets erweitert werden. Jungtiere von anderen Amphibien wie zum Beispiel Froschquappen sollten wegen ihres hohen Thyroxinanteils unbedingt vermieden werden, da dies eine Metamorphose auslösen kann.

Bis zu einer Larvengröße von ca. 6 cm wird täglich gefüttert. Bis 15 cm zwei bis drei Mal wöchentlich. Danach nur noch ca. ein bis zwei Mal pro Woche.

Die Larven müssen nach Größe selektiert werden, da es ansonsten zu Kannibalismus kommt. Sichtbarrieren wie Schwimmpflanzen oder synthetische Wolle und permanentes Futterangebot können diese Gefahr zwar reduzieren, aber nicht vollständig beseitigen.

Normaler Weise erreicht die Spätlarve mit 9 Monaten die Geschlechtsreife.



Abb. 8: Ungewandelter Axolotl (nach Fütterung mit Schilddrüse vom Schweine), wildfarbenes Tier. Foto: GROSSE

Regeneration

Die Regeneration abgetrennter Körperteile, wie Beinen und Kiemenästen ist ein besonderes Phänomen, dass sich nur bei Urodelen und hier den pädomorphen Neotenen findet, da sie partiell larval bleiben. Beim Axolotl ist die Regenerationsfähigkeit jedoch besonders ausgeprägt, weshalb die Art auch im Blickfeld des sehr aktuellen neuen Teilgebietes der regenerativen Medizin (REIMERS et al., 2006) steht. Die Wissenschaft versucht, das unterliegende Prinzip zu erforschen und, wenn möglich, für den Menschen nutzbar zu machen.

Der biologische Sinn des ausgeprägten Regenerationsvermögens ist bislang nicht abschließend geklärt. Vermutlich liegt er in dem Fehlen von Abwehr- und Fluchtstrategien begründet. Der wesentliche Teil der Lebewesen (so auch wir Menschen) entwickelte die unterschiedlichsten Strategien, um Verletzungen zu vermeiden.

Die Tiere regenerieren Verletzungen rasch und zeigen dabei meist keine Wachstumsdefizite. Somit dürften derartige Verletzungen das Wohlergehen des Tieres nur mäßig einschränken. Möglicherweise ist dabei auch das Schmerzempfinden deutlich reduziert. Bei optimaler Versorgung (Hygiene) besteht also kein Grund zur Beunruhigung, wenn derartige Beißereien passieren. Die Physiologie der Art ist auf diesen Fall vorbereitet.

Conservation Status:

IUCN (Red List) Status: Vulnerable (VU) CITES: Appendix II

Other International Status: EU - Artenschutzabkommen vom 1. Juni 1997, Anhang B.

Für die innergemeinschaftliche Beförderung und Vermarktung von Anhang B-Arten ist eine CITES-Bescheinigung nicht vorgeschrieben; der Besitzer kann ein solches Tier abgeben, wenn der Adressat über die entsprechende Sachkunde verfügt. Damit der rechtmäßige Erwerb nachgewiesen werden kann, muss der neue Besitzer über entsprechende Belege verfügen. In jedem Fall sollte die Herkunft des Tieres oder, soweit für das betreffende Exemplar ein CITES-Dokument ausgestellt wurde, ein Bezug zu diesem im Kaufvertrag festgehalten und vom bisherigen Halter in einer schriftlichen Erklärung bestätigt werden. Für

die Ausfuhr aus der europäischen Gemeinschaft ist ein CITES-Dokument als Legalitätsnachweis für den rechtmäßigen Erwerb auf jeden Fall erforderlich.

Literatur:

- ARMSTRONG, J. B. & G. M. MALACINSKI (1989): Developmental Biology of the Axolotl. - Oxford University Press: 336 pp.
- BETTIN, C. & WISTUBA, J. (2003): Ist Spontanmetamorphose bei *Ambystoma mexicanum* (SHAW 1798) (Caudata: Ambystomatidae) möglich? - Salamandra 39: 61-64
- BRANDON, R., J. ARMSTRONG & G. MALACINSKI (1989): Natural history of the axolotl and its relationship to other ambystomid salamanders. - Developmental Biology of the Axolotl. New York, NY: Oxford University Press: 13-21.
- BRANDT, H. J. & G. E. FREYTAG (1950): die tödlichen pH-Werte für den Axolotl (*Siredum mexicanum*). - Mitt. Mus. Naturk. Vorges. Magdeburg 2 (12): 129-132.
- COLLINS, J. P. & J. E. CHEEK (1983): Effect of Food and Density on Development of Typical and Cannibalistic Salamander Larvae in *Ambystoma tigrinum nebulosum*. - 1. ZOOLOG. 23: 77-84.
- DGHT (Deutsche Gesellschaft für Herpetologie und Terrarienkunde e.V.)(2006): Sachkundenachweis Terraristik. – Selbstverlag, Rheinbach.
- EISTHEN H.L. & T.D. WYATT (2006): The vomeronasal system and pheromones. - Curr Biol, 16: 73-74.
- FIORINI, P. (1987): Allgemeine und vergleichende Embryologie der Tiere. - Springer Verlag Berlin: 429 pp.
- FREYTAG, G. E. (1970): Schwanzlurche und Blindwühlen. - In B. GRZIMEK (Ed.), Grzimeks Tierleben. - Enzyklopädie des Tierreiches, Kindler Verlag Zürich, Volume 5, Fische 2. Lurche: 313 - 358.
- GADOW, H. (1903): The Mexican Axolotl. Nature, 67: 330 – 332.
- GOULDS, S. J. (1977): Ontogeny and phylogeny. - Harvard University Press, Cambridge. 500 pp.
- GRESENS, J. (2004): An Introduction to the Mexican Axolotl (*Ambystoma mexicanum*). - Lab Animal, Volume 33, No. 9: 41-47.
- GRIFFITHS, R. A., V. GRAUE & I. G. BRIDE (2003): The Axolotls of Lake Xochimilco: The Evolution of a Conservation Programme. -Axolotl News, Issue 30: 12-18.
- GROSSE, W.-R. (1982): Aquatile Amphibien - Pflege und Zucht des Axolotl. - Elaphe, Jhg. 1982 (2): 24-28.
- GROSSE, W.-R. (1997): Die Nutzungs von Standards und Tafeln zur Feldbestimmung des Entwicklungsstadiums einheimischer Amphibienlarven. - S: 349-364. - In K. HENLE & M. VEITH (Hrsg): Naturschutzrelevante Methoden der Feldherpetologie.- Mertensiella 7.
- GROSSE, W.-R. (2006a): Amphibien. – S. 427-540. – In: W.E. ENGELMANN (Hrsg): Zootierhaltung. Tiere in menschlicher Obhut. – Frankfurt /Main (Verlag Harry Deutsch).
- GROSSE, W.-R. (2006b): Amphibiengehege. – S. 45-49. – In: W.E. ENGELMANN (Hrsg): Zootierhaltung. Tiere in menschlicher Obhut. – Frankfurt /Main (Verlag Harry Deutsch).

- HOME, M. T. & W. A. DUNSON (1995): Effects of Low pH, Metals, and Water Hardness on Larval Amphibians. - Arch. Environ. Contam. Toxicol. 29: 500-505.
- KOENIG, R. (2008): Sanctuaries Aim to Preserve a Model Organism's Wild Type. - Science 5. Volume 322, 5907: 1456 – 1457.
- LAFRENTZ, K. (1930): Untersuchungen über die Lebensgeschichte mexikanischer *Ambystoma*-Arten. - Abh. Ber. Mus. Natur. Heimatk. Magdeburg 4, 2: 91-127.
- LAPPENBUSCH, W. L. & D. L. WILLIS (1971): Acute toxicologic effects of dimethyl sulfoxide on the rough-skinned newt (*Taricha granulosa*). - Toxicol. Appl. Pharmacol. 18: 141-150.
- MARKICH, S. J., P. L. BROWN & R. A. JEFFREE (2003): The Effects of pH and Dissolved Organic Carbon on the Toxicity of Cadmium and Copper to a Freshwater Bivalve: Further Support for the Extended Free Ion Activity Model. - Lim. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 45: 479–491.
- MARTÍNEZ-ARROYO, A. & E. JÁUREGUI (2000): On the environmental role of urban lakes in Mexico City Urban Ecosystems. - Volume 4, (2): 145-166.
- MENGER, B., S. JAHN, C. ALLMELING, K. REIMERS, F. MUTSCHMANN, I. D. JACOBSEN & P.M.VOGT (2009): Therapie eines malignen Melanosarkoms durch Resektion und Vollhaut-Transfer bei einem Axolotl (*Ambystoma mexicanum*). - Kleintierpraxis 54: 149-154.
- MEREDITH, C. S. & H. H. WHITEMAN (2008): Effects of nitrate on embryos of three amphibian species. - Bull Environ Contam. Toxicol. 80 (6): 529-33.
- MILTNER, MJ. & J.B. ARMSTRONG (1983): Spermatogenesis in the Mexican axolotl, *Ambystoma mexicanum*. – J. exp. Zool. 227: 255-263.
- MUTSCHMANN, F. (1998): Erkrankungen der Amphibien, Parey Verlag Berlin: 352 pp.
- PAYS, A., E. HUBERT & J. BRACHET (2006): A Comparison between Organomercurial- and Progesterone - Induced Maturation in Amphibian Oocytes Differentiation. - Volume 8 Issue 1-3: 79–95.
- REIMERS K., M. ABU QARN, C. ALLMELING, V. BUCAN & P.M. VOGT (2006): PM. Identification of the non-specific cytotoxic cell receptor protein 1 (NCCRP1) in regenerating axolotl limbs. – J. Comp. Physiol. 176 (7): 599-605.
- SATO, K. & E. A. G. CHERNOFF (2007): The short toes mutation of the axolotl Development. - Growth & Differentiation, Volume 49 Issue 6: 469 – 478.
- SHAW G. & R. P. NODDER (1798): Nat. Miscell., 9: Tafel 342 und 343.
- STOCUM, D. L., L. D. HOLLY, J. NYE, J. A. CAMERON & E. CHERNOFF (2003): What We Know About Urodele (Especially Axolotl) Early Development: A Review of Gamete Formation and Fertilization. - Axolotl News, Issue 30: 4-11.
- WISTUBA, J. & CLEMEN G (1998): Changes of the lingual epithelium in *Ambystoma mexicanum*. - Eur. J. Morphol. 36(4-5): 253-265.
- WISTUBA, J. (2008): Axolotl, Natur und Tier Verlag 2. Auflage 2008. ZAVALA-AGUIRRE, J. L., O. TORRES-BUGARIN & A. L. ZAMORA-PEREZ (2007): Aquatic ecotoxicology approaches in Western Mexico. – J. Environ. Sci. Health. A. Tox. Hazard Subst. Environ. Eng. 42(10): 1503-11.
- ZUCCHI, H. & R. GONSCHOREK (1983): Zur Biologie, insbesondere zur Verhaltenbiologie des Axolotls *Ambystoma mexicanum* (SHAW, 1789). - Salamandra 19 (3): 123-140.

Eingangsdatum: 15.7.2009

Autor:

CHRISTINA ALLMELING, DGHT, AG-Urodela, Molchregister,
allmeling@axolotlkolonie.de

Redaktion:

G. SCHULTSCHIK, info@salamanderland.at; für die Fassung der Ausgabe Halle
2009 W.-R. GROSSE

Lektorat: J. WISTUBA

Temporary translation

Ambystoma mexicanum

(SHAW G. & R. P. NODDER, 1798)

Axolotl

First description:

SHAW G. & R. P. NODDER (1798): Nat. Miscell., 9: Tafel 342 und 343.

Phenotype:

The body is stocky, the head, back and flanks are of dark grey-brown colour with mottled darker and lighter spots. The belly is of lighter colour. Whether colour variants occur in the natural habitat is unclear. The head is broad and flattened with three dark grey-brown middle-sized external gills on each side. The ventral gills are shortest and the dorsal ones the longest. Vertical gill rifts with cartilage ridges are located caudally of the external gills (WISTUBA & CLEMET, 1998).

Prominent rip grooves protrude laterally. The extremities are stocky, the vertically flattened tail is extended dorsally and ventrally into a broad skin fringe. This skinny fringe – becoming lower - extends dorsally over the length of the back to the head. The tail is generally shorter than the length of head and torso. The small eyes are located dorso-laterally at the head. The mouth is wide and inferiorly positioned. The axolotl remains in a larval stage (neoteny or paedogenesis), in which it reaches sexual maturity.

(FIORINI, 1987). GOULDS (1977) describes the neoteny as the result of delayed somatic development with concomitant normal development of the reproductive organs.

This effect is caused by a dysfunction of the pituitary-thyroid-axis. This leads to an underproduction of thyroid hormones which are required for metamorphosis.

Subspecies:

No subspecies have been described for *Ambystoma mexicanum*. However, several colour variants exist which are thought to be derived of breeding programmes in captivity (domestication effect). White individuals were already described among the first imported animals.

Colour variants:

Wild type: Wild type animals appear grey-brown. They express three types of pigment cells. Melanophores are responsible for darkish colour; in combination with xanthophores brown to greenish colour develops. Different amounts and distributions of melanophores and xanthophores lead to individual differences in

colouring. Iridiophores express a silvery pigment which leads to silvery spots mainly at the tail and the tail fringe but also colours the iris.

Melanoid: Melanoid animals lack iridiophores and thus appear nearly black. They lack the silvery spots and silvery pigmentation of the iris.

White: Migration of melanophores is disturbed in white animals (allele d). Thus, the body appears white with occasionally dark pigmented spots on head and back.

Axanthic: Animals lacking xanthophores. They are nearly undistinguishable from dark wild type animals.

Axanthic albinos: Animals lacking melanophores and xanthophores, white with metallic shimmer.

Unpigmented albinos: Animals lacking all three types of pigment cells. Also termed melano-acanthic albinos.

White albinos: Lacking melanophores (allele a) in combination with disturbed migration of melanophores (allele d). Nearly undistinguishable from unpigmented albinos.

Golden albinos (Humphrey-axolotl): Lacking melanophores but iridiophores and xanthophores are present and normally distributed. Animals are goldish-yellow in colour, yellow eyes and red gills. This colour variant was derived from *Ambystoma tigrinum* hybrids as pure bred axolotls selectively lacking melanophores are unknown.

Melano-albinos: Animals lacking both melanophores and iridiophores; appear yellowish due to xanthophores.

Sand/ Copper: Genetic background unknown. Animals are dark sand-coloured with spots ranging from ochre to reddish. Some are axanthic. The eyes are golden to dark brown.

Natural distribution:

Terra typica: Lake Xochimilco and Lake Chalco.

Ambystoma mexicanum is endemic for lake Xochimilco and lake Chalco, forming a labyrinthine system of canals of 150 km length. Nowadays the axolotl is only found in the southeastern fringes of the canal system (FREYTAG, 1970, ZUCCINI & GONSCHOREK, 1983).

The canal system originally consisted of five lakes as part of an extensive wetland area covering the volcanic valley of Mexico City. The wetlands were fed by springs, rain water and melting water from the surrounding volcanic mountains. The lakes themselves lie on a karst plateau.

Habitat:

The natural habitat consists of a labyrinth of swampy areas and canals which are not wider than 320 m and 1 to 10 m deep (ZUCCHI & GONSCHOREK, 1983). It appears unlikely that populations exist outside of Lake Xochimilco (BRANDON, 1989).

A survey conducted 1995-1996 found a total of 76 animals in Lake Xochimilco (GRIFFITHS et al., 2003). In addition to the loss of the natural habitat, the introduction of goldfish and perch poses a further, incalculable threat to the natural axolotl population (ZUCCHI & GONSCHOREK, 1983, KOENIG 2008).

The water temperature in Lake Xochimilco rarely exceeds 20°C. The annual average is 14°C, in winter temperature drops to 6-7°C. Growth of algae filters the sunlight within the first meter of depth and thus prevents temperature

increase in summer. The oxygen levels are highest in January reaching 18 mg/l and lowest in July with 6 mg/l. Measurements of pH ranged from pH 8.0 in October 1996 to pH 8.5 in July 1997 (MARTÍNEZ-ARROYO & JÁUREGUI, 2000).

Food:

Small fish, fish spawn, insects, insect larvae, worms and shrimp found in Lake Xochimilco serve as natural food (LAFRENTZ, 1930).

Breeding:

Little is known about breeding in the natural habitat. GADOW (1903) mentions February as natural breeding season.

Husbandry in captivity:

As adult animals reach and exceed lengths of 25 cm and 300 g weight, tanks used for keeping axolotl should have a minimum length of 80 cm (husbandry guidelines of the DGHT; see below). Up to five animals can be kept in a tank of 100 cm length (100 x 40 x 50 cm).

Under laboratory conditions smaller tank sizes are described. For example, groups of three animals are housed in 40 Liter tanks (GRESENS, 2004). However, recently larger tank sized are also described for laboratory axolotl (Medical School Hannover: 80 x 30 x 30 cm tanks for small groups, MENGER et al., 2009; Medical School Münster: 100 x 40 x 40cm for one breeding pair).

Heating and artificial light is not necessary. In contrast, water filtering is mandatory as axolotl produce a significant amount of waste. As the animals are adapted to stagnant water, the current caused by the filtering system should be minimized. As axolotl are "sit and wait" predators, swimming plants and caves providing hiding places should be supplied.

Ground cover is not required by axolotl but a prerequisite for show tanks containing plants. As axolotl take up gravel due to their suck-swallow feeding habit, small rounded gravel is preferred. The gravel size should not exceed 3 mm for juveniles and 5 mm for adults to prevent constipation (WISTUBA, 2008).

Filtering mats as ground cover have been successfully used and are applied in some laboratory facilities (MENGER et al., 2009). They provide sufficient biological filtering while avoiding the risk of constipation and mimic the natural habitat rich in humus.

Water temperature in captivity should stay within the temperature range of the natural habitat (6-8°C in winter, maximum of 20 °C in summer; MARTÍNEZ-ARROYO & JÁUREGUI, 2000). Temperatures exceeding 20°C cause stress and increased susceptibility to infections. Notably, the oxygen supply via gills and skin is reduced at temperatures exceeding 23°C (WISTUBA, 2008). Thus, water temperatures should be kept in the range of 12 to 23°C. 25°C can be acceptable for very short periods but must never be exceeded. Below 2°C axolotl hibernate but survive without problems. Temperature reduction down to 6 to 8°C is recommended to reduce metabolic activity and stress during disease treatment (GRESENS, 2004).

The optimal pH range for axolotl 7.5 to 8.0, pH 6.5 to 8.5 is tolerable (pH below 5 and above 10.5 are lethal; BRAND & FREYTAG, 1959). Axolotl prefer hard water. Organic waste and nitrogen should be kept to a minimum; nitrite should not exceed 0.5mg/l (MEREDITH & WHITEMAN, 2008, ZAVALA-AGUIRRE et al. 2007).

Axolotl are sensible to copper and heavy metal ions (MARKICH et al., 2003, HOME & DUNSON, 1995), water conditioners based on chelators like DMSO and

EDTA can be toxic for amphibia (PAYS et al., 2006, LAPPENBUSCH & WILLIS, 1971). Axolotl raised in water containing chelators show symptoms of the „Short toes Mutation“ (SATO & CHERNOFF, 2007) indicating kidney damage.

Nutrition in captivity:

Adult axolotl should be fed twice a week. Fasting for up to two weeks is well tolerated at lower temperatures. In their natural habitat axolotl are opportunistic lurking predators who prey on everything which can be taken up. In nature, their prey consists of small fish, fish spawn, insects, insect larvae, worms, shrimp and other crustaceae (LAFRENZ 1930) which can be likewise fed in captivity. Suitable food in captivity additionally includes fully extruded pellets rich in fish and fish oil (GRESENS, 2004).

As axolotl are ground feeder, the food should sink to the tank bottom. Live prey is captured cunningly as it swims by.

Furthermore, earthworms and poultry liver and heart can be fed. Meat and pork cannot be well digested. Excessive feeding can lead to organ failure such as fatty liver or gastrointestinal infections (MUTSCHMANN 1998).

Juveniles should be fed more often as they have higher nutritional requirements (GRESENS, 2004). Up to a size of 12 cm feeding twice daily is recommended. Prolonged fasting of juveniles should be avoided to prevent cannibalism (COLLINS & CHEEK, 1983).

Breeding in captivity:

Ambystoma mexicanum shows seasonal reproductive activity. Spawning in captivity generally occurs in winter and spring. Spawning in winter is probably caused by increased temperatures indoors compared to the natural habitat and might be influenced by photoperiodics. Distinct seasonality triggered by temperature differences has likewise been described by ARMSTRONG et al. (1989). Under laboratory conditions where temperature and light is kept constant around the year, breeding does not depend on season (MILTNER & ARMSTRONG, 1983).

The receptive female initiates copulation by secretion of a pheromone (EISTHEN, 2006), which is sensed by males with the vomeronasal organ. Mature males respond by cloacal swelling correlating with the production of spermatophores. Increased blood pressure leads to increased perfusion of the skin and gills. After courting the female the males deposit spermatophores on the ground. The female locates these chemotactically and incorporates them into the cloacae. During mating the female can take up spermatophores of different males. The fertilization of eggs occurs within the female body (STOCUM et al., 2003).

Females are capable of storing spermatophores in specialised pouches (spermatheca) for up to several months.

The nutritional status of the female does not influence spawning, both lean and well nourished females produce eggs. However, heavier animals tend to produce more eggs and spawn more frequently. Since adipositas can cause ovary infections and liver damage, excessive feeding should nonetheless be avoided in breeding females.

Spawning of eggs generally starts 12 to 24 hours after spermatophore uptake. The female tightly embraces plants and objects with their hind legs, presses the cloacae against the surfaces and attaches eggs individually in short distance. The eggs' jelly can stick to each other, creating strings of eggs.

Larval development in captivity:

Adult axolotl tend to feed on their own eggs. Thus, eggs should be separated, either by removing the adults or by placing the eggs into a separate tank. The tank containing the eggs should be ventilated and regular water exchange is recommended.

Eggs develop best at a temperature of 16°C to 19°C. Lower temperatures are possible but prolong the time until hatching. Higher temperatures lead to faster hatching but larvae are often small and underdeveloped at hatching. These larvae also tend to be more susceptible to disease compared to larvae raised at lower temperatures.

Larvae start to hatch more or less synchronously within 48 hours after 15 to 20 days. The first one to two days larvae feed on their yolk sack until the mouth opens. It is not recommended to handle larvae during this early stage as the mucosa is easily damaged. Therefore, the tank used for hatching should be large enough to accommodate the larvae for the first weeks. Using a filter with low current or ventilation is recommended. Water should be changed regularly and organic waste should be removed. As larvae do not show an escape reflex, water and waste removal has to be done with care to avoid accidental injury to the larvae. For cleaning purposes, it is recommended not to use any bottom substrate.

Chemical water conditioners and metal ions like copper are harmful for larvae and should be avoided (HOME & DUNSON, 1995).

The sense of smell only develops at the time when the first legs appear (at approximately 3 cm body length). Prior to that, larvae only react to optical stimuli such as movement. Thus, young larvae have to be fed with living prey. Artemia larvae or small fresh water crustaceans are suitable food for young larvae (GRESENS, 2004). Commercially available daphniae are often fed with yeast which can lead to digestive problems in axolotl larvae. Thus, daphnae should be kept in clean water for several days before they are fed to the axolotls. When the front legs appear, frozen food such as grated bloodworms and mosquito larvae can be included into the diet. Due to their high nutritional requirements larvae should be fed one to two times daily; excess food must be removed after each feeding.

When larvae feed well on unmoving food such as frozen bloodworms, the amount of food offered can be adjusted to the actual amount taken up and the axolotl larvae can be moved to a tank with ground substrate.

When the larvae reach a size of 5 to 6 cm, larger crustacea such as fresh water shrimp, small insects, fresh water invertebrates, fresh water fish and pellets can be offered. Juvenile amphibians must not be fed to axolotl as the high thyroxin content could induce metamorphosis. At this stage, larvae are fed once per day.

Axolotl of 10 cm to 15 cm body length should be fed two to three times per week; larger animals are fed one to two times per week.

As axolotl larvae prey on smaller siblings, larvae should be group according to body size to prevent cannibalism. Ad libitum feeding and provision of hiding places such as plants can reduce the risk of cannibalism but do not prevent it in all cases.

Regeneration:

Regeneration of lost limbs and gills is a special ability found in several lower vertebrates and urodeles. It is especially prominent in the axolotl which has

made this species to one of the favourite model organisms in regenerative medicine (REIMERS et al., 2006). Scientists aim to understand the principles and mechanisms underlying the axolotls regenerative abilities to apply it to human medicine.

The biological relevance and evolutionary mechanisms leading to the distinct regenerative abilities of the axolotl are poorly understood. One explanation is the absence of defense and flight strategies in the axolotl. Most animals and also human beings have developed complex strategies to avoid injuries. In contrasts, juvenile axolotl try to feed on everything, including siblings. Attacks on siblings are common and attacked animals do not appear to defend themselves or to flee. Thus, juvenile axolotls regularly loose limbs or gills but regrow them without obvious signs of pain, distress or growth retardation. Regeneration abilities appear to complement for the lack of avoidance strategies.

Thus, under adequate hygenic conditions wounds generally heal well and limbs regenerate without complications.

Conservation Status:

IUCN (Red List) Status: Critically Endangered B2ab(iii,v) 2006

CITES: Appendix II

Other International Status: EU - Artenschutzabkommen vom 1. Juni 1997, Anhang B.

Conservation action : This species is protected under the category Pr (Special protection) by the Government of Mexico and is in process of being amended to a higher risk category. Although this species is currently on CITES Appendix II, it is currently under the process of "Periodic Review of species included in CITES Appendices".

Autor:

CHRISTINA ALLMELING, 2009, DGHT, AG-Urodela, Molchregister, allmeling@axolotlkolonie.de