

Aktivitäten der Schwimmwühle *Typhlonectes compressicauda* im Aquarium

ANGÉLIQUE HOMSCHIED & HARTMUT GREVEN

Mit 6 Abbildungen und 1 Tabelle

Abstract

Activities of the caecilian Typhlonectes compressicauda in the aquarium.

Activities of single specimens of the aquatic caecilian *Typhlonectes compressicauda* were quantified by night and during the day. The most time (74% on average) animals rested in their hiding places (e.g. holes in a brick), 26% of the time were used for shorter and longer activities; free swimming could rarely be observed. Breathing was arrhythmic and animals remained under water up to 99 minutes (at 24°C). As expected breathing frequency evaluated by the number of throat oscillations was increased at 28°C.

Key words: Gymnophiona: *Typhlonectes compressicauda*; activities; arrhythmic breathing.

Zusammenfassung

Quantitative Erhebungen der Aktivitäten einzeln gehaltener Schwimmwühlen (*Typhlonectes compressicauda*) während des Tages und der Nacht zeigen, daß die Tiere im Schnitt 74% der Zeit im Versteck (Lochstein) ruhen, 26% verteilen sich auf kurz- und längerfristige Aktivitäten. Freies Schwimmen ist selten zu beobachten. *T. compressicauda* atmet arrhythmisch und bleibt bei 24°C bis zu 99 Minuten unter Wasser. Erwartungsgemäß ist die Atemfrequenz (abgeschätzt anhand der Anzahl der Kehlszillationen) bei 28°C höher.

Schlagwörter: Gymnophiona: *Typhlonectes compressicauda*; Aktivitäten; arrhythmische Atmung.

1 Einleitung

Obleich vivipare Schwimmwühlen (Familie Typhlonectidae), vornehmlich *Typhlonectes compressicauda*, des öfteren im Aquarium gehalten und gezüchtet werden (u.a. MURPHY et al. 1977, EXBRAYAT et al. 1981, EXBRAYAT & LAURENT 1983, EXBRAYAT & DELSOL 1985, BILLO et al. 1985, KÖRBER 1987) und einschlägige Terrarienbücher Anweisungen für eine erfolgreiche Haltung dieser Tiere geben (u.a. HERRMANN 1994), sind genauere oder gar quantifizierende Verhaltensbeobachtungen an diesen Tieren spärlich.

Gerade bei Schwimmwühlen sind jedoch Beobachtungen an Tieren, die in menschlicher Obhut gehalten werden, oft die einzige unmittelbare Quelle,

etwas über ihre Lebensäußerungen zu erfahren, da sie im Freiland nur sehr versteckt in teilweise unzugänglichen Lebensräumen zu finden sind (u. a. MOODIE 1978, EXBRAYAT & DELSOL 1985; s. auch NUSSBAUM & WILKINSON 1989).

Im folgenden teilen wir daher einige Daten zu verschiedenen Aktivitäten mit, die an einzeln gehaltenen Exemplaren von *Typhlonectes compressicauda* erhoben wurden.

2 Material und Methoden

Versuchstiere waren drei männliche *Typhlonectes compressicauda* von 38 - 42 cm Gesamtlänge (Abb. 1). Die Tiere waren im November 1991 (ein Tier) und im November 1992 (zwei Tiere) im Löbbecke Museum und Aquazoo Düsseldorf geboren worden und wurden zunächst mit anderen Schwimmwühlen in einem Aquarium mit Sand und einem Wasserstand von etwa 20 cm gehalten. Später wurden sie für Untersuchungen zur Nahrungsaufnahme und zum Grabeverhalten in ein mit undurchsichtigen Lochplatten, in drei etwa gleich große Abteile geteiltes Aquarium (1,95 L × 0,5 B × 0,6 m H) mit einem Wasserstand von ca. 12 cm eingesetzt. Ein Lochstein, in dessen Löchern sich die Tiere bevorzugt aufhielten, vervollständigte die Einrichtung. Das Aquarium wurde von 7.00 morgens bis 19.00 Uhr abends mit einer Neonröhre (60 W) beleuchtet. Die Wassertemperatur betrug 24°C. Die Fütterung der Tiere erfolgte alle zwei Tage mit kleinen Regenwürmern, Stücken von Herzfleisch, Mückenlarven oder *Tubifex*. Die Tiere wurden täglich mehrere Stunden beobachtet und ihre Aktivitäten protokolliert oder mit einer Panasonic Videokamera (WVP-F10E, Zoom Objektiv 10,5 bis 126 mm) gefilmt. Bei diesen Aufnahmen lief eine digitale Zeitangabe mit.

Insgesamt wurden fünf Aktivitätsstufen unterschieden:

Ruhe (RH): Mehr oder weniger bewegungsloses Liegen in den Löchern des Steins mit gelegentlicher Lageveränderungen des Kopfes oder des hinteren Körperteils.

Kurzfristige Aktivität (KA): Einige Sekunden (bis maximal zwei Minuten) dauerndes langsames Kriechen durch die Löcher des Steins oder auf dem Sand mit anschließenden ebenso langen Ruhephasen. Längere Ruhephasen wurden unter RH (s.o.), längere Aktivitäten unter LA (s.u.) registriert.

Längerfristige Aktivität (LA): Langsames Kriechen oder Schlängeln über den Sand und durch die Löcher des Steins mit ständigem Kontakt des Körpers zum Substrat sowie Wühlaktivitäten.

Freies Schwimmen (FS): Schnelle Schlängelbewegungen im freien Wasser ohne engeren Kontakt zum Substrat oder zum Lochstein, seltener auch auf dem Sand.

Luftholen (LH): Alle Bewegungen, die notwendig waren, um mit dem Kopf die Wasseroberfläche zu erreichen und Luft zu holen, d.h. Verlassen des Verstecks, sowie Anheben des Kopfes oder des Vorderkörpers, Halten des Kopfes an der Wasseroberfläche bis zur Beendigung eines Atemvorganges

(s.u.), Absenken des Kopfes oder des Vorderkörpers, eventuell Wiederaufsuchen des Verstecks.

Da die Tiere häufig längere Zeiten ruhen oder aktiv sind und beide Tätigkeiten dann nur durch LH unterbrochen werden, wurden LH und andere Aktivitäten getrennt ausgewertet. Lag beispielsweise die Schwimmwühle zwei Stunden ruhig im Lochstein und hob während dieser Zeit dreimal ihren Kopf, um Luft zu holen, wurden die gesamten zwei Stunden als RH gewertet. Die Nahrungsaufnahme wurde, abhängig von der Heftigkeit der dabei auftretenden Bewegungen unter LA oder FS registriert.

Zur quantitativen Erfassung wurden die Aktivitäten einer Schwimmwühle jeweils an drei Tagen (16.1.; 17.1.; 19.1.1995 von 7.00 bis 19.00 Uhr) und drei Nächten (24.1.; 27.1.; 30.1.1995 von 19.00 bis 7.00 Uhr) im Aquarienteil mit Sandboden ununterbrochen beobachtet. An einem Tag (6.2.1995 von 7.00 bis 19.00 Uhr) wurden die Aktivitäten bei 28°C protokolliert.

Die graphische Auswertung erfolgte mit dem Programm Microsoft Excel Version 5.0.

3 Ergebnisse

3.1 Aktivitäten (ohne Luftholen)

In Abbildung 2 sind die prozentualen Anteile der verschiedenen Aktivitäten in den drei Nächten, in Abbildung 3 die der drei Tage und in Abbildung 4 die Aktivitäten über den gesamten Zeitraum dargestellt. Deutliche Unterschiede im prozentualen Anteil der verschiedenen Aktivitäten zwischen Tag und Nacht sind kaum zu erkennen. Lediglich in einer Nacht ruhte das Versuchstier überdurchschnittlich lange (Abb. 2b).

Die Tiere schwimmen nur relativ selten frei. Tagsüber ist dies meist während des Fütterns zu beobachten. Die 3% freies Schwimmen in Nacht 3 (Abb. 2c) sind darauf zurückzuführen, daß sich die Blindwühle zu diesem Zeitpunkt häutete und versuchte, Reste der Haut abzustreifen. Von den insgesamt 72 beobachteten Stunden fiel nur ein Prozent auf das freie Schwimmen, 7% auf kurzfristige Aktivitäten und 19% auf langfristige Aktivitäten (vgl. Abb. 4).

In den Abbildungen 5 und 6 wurden den einzelnen Aktivitäten willkürliche Zahlenwerte zugeordnet und diese gegen die Beobachtungszeit abgetragen (oberer Teil jeder Abbildung). Diese Darstellungsform zeigt zum einen, welche Aktivitäten wann stattgefunden haben, zum anderen erlaubt sie, die Aktivitäten mit der Häufigkeit der Kehloszillationen (unterer Teil jeder Abbildung) zu vergleichen. Die Aktivitäten nach den Fütterungszeiten (gekennzeichnet durch einen Pfeil) sind erkennbar höher (z.T. LA und FS bis zu 60 Minuten, vgl. Abb. 6c). Weiterhin scheinen vormittags Ruhephasen häufiger zu sein als nachmittags (Abb. 6a-c; vgl. aber LA zwischen 7.00 und 8.00 an Tag 3, Abb. 6c). Das freie Schwimmen am Tag 2 zwischen 18.38 und 18.44 Uhr (Abb. 6b) und in Nacht 3 (Abb. 5c) ist auf die Versuche, sich von Hautresten zu befreien, zurückzuführen (s.o.).

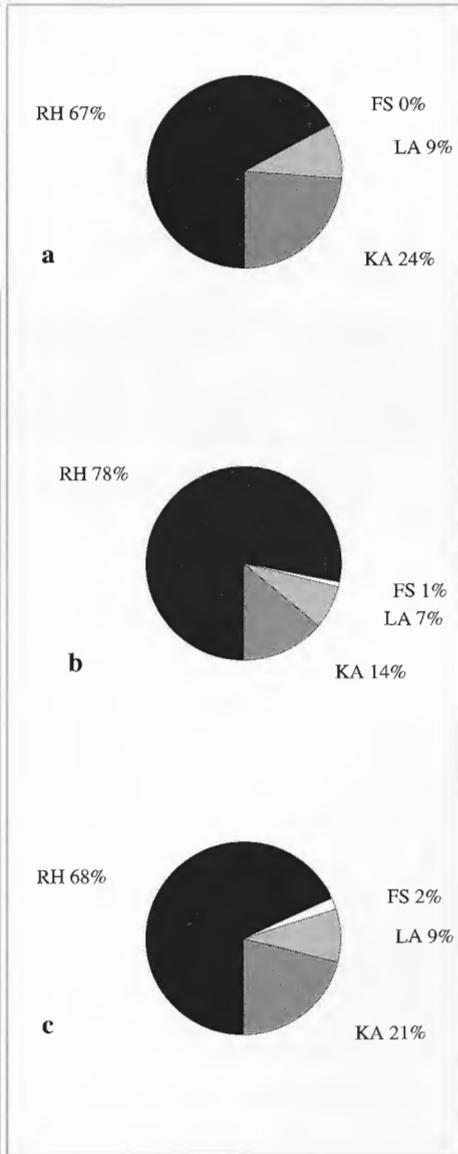
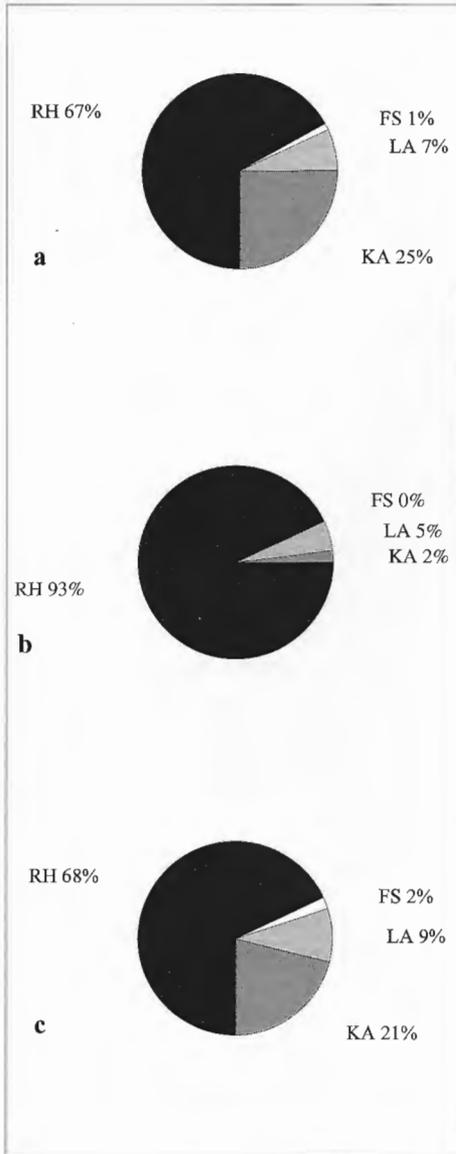


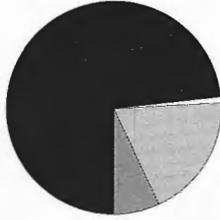
Abb. 2a-c. Aktivitäten (in %) von *T. compressicauda* während dreier Nächte (a, b, c), RH = Ruhe, KA = kurzfristige Aktivität, LA = längerfristige Aktivität, FS = freies Schwimmen.

Activities (in %) of *T. compressicauda* during three nights (a, b, c), RH = resting, KA = shorter activities, LA = longer activities, FS = free swimming.

Abb. 3a-c. Aktivitäten (in %) von *T. compressicauda* während dreier Tage (a, b, c). Abkürzungen s. Abb. 2.

Activities (in %) of *T. compressicauda* during three days (a, b, c). Abbreviations s. Fig. 2.

RH 74%



FS 1%

LA 19%

KA 7%

Abb. 4. Aktivitäten (in %) von *T. compressicauda* während des gesamten Beobachtungszeitraumes (3 Tage, 3 Nächte). Abkürzungen s. Abb. 2.

Activities (in %) of *T. compressicauda* during the whole period of observation (3 days, 3 nights). Abbreviations s. Fig. 2.

3.2 Luftholen und Atemfrequenz

T. compressicauda steigt in unterschiedlichen Zeitabständen an die Wasseroberfläche, um Luft zu holen. Die Tiere nehmen die Luft über die Nasenlöcher auf. Ein Öffnen des Mundes im Zusammenhang mit der Atmung wurde nie beobachtet. Bei einem Atemvorgang hebt das Tier den Kopf oder den vorderen Teil des Körpers an, durchstößt die Wasseroberfläche mit der Schnauzenspitze und hält ein oder zwei Nasenlöcher aus dem Wasser. Nach Durchstoßen der Wasseroberfläche dauert es 3 - 5 Sekunden, bis die ersten Oszillationen der erkennen sind. Danach zählt man unabhängig von der Temperatur ungefähr 1-3 Kehloszillationen pro Sekunde. Jeweils ein Heben und Senken der Kehle wurde als ein Atemzug gewertet. Es muß jedoch offenbleiben, ob dabei immer die Lunge ventiliert wird.

Beim Atmen sucht das Tier mit dem Körper Halt am Stein oder an der Aquarienwand. Mit Beendigung des Atemvorgangs ist häufig zu beobachten, daß *T. compressicauda* ihren Vorderkörper langsam und ohne erkennbare

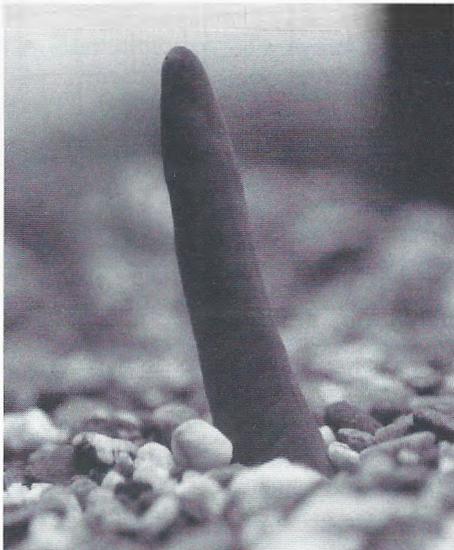


Abb. 1. *Typhlonectes compressicauda* in einem Aquarium mit Kies als Bodengrund.
Typhlonectes compressicauda in an aquarium with gravel as substratum.

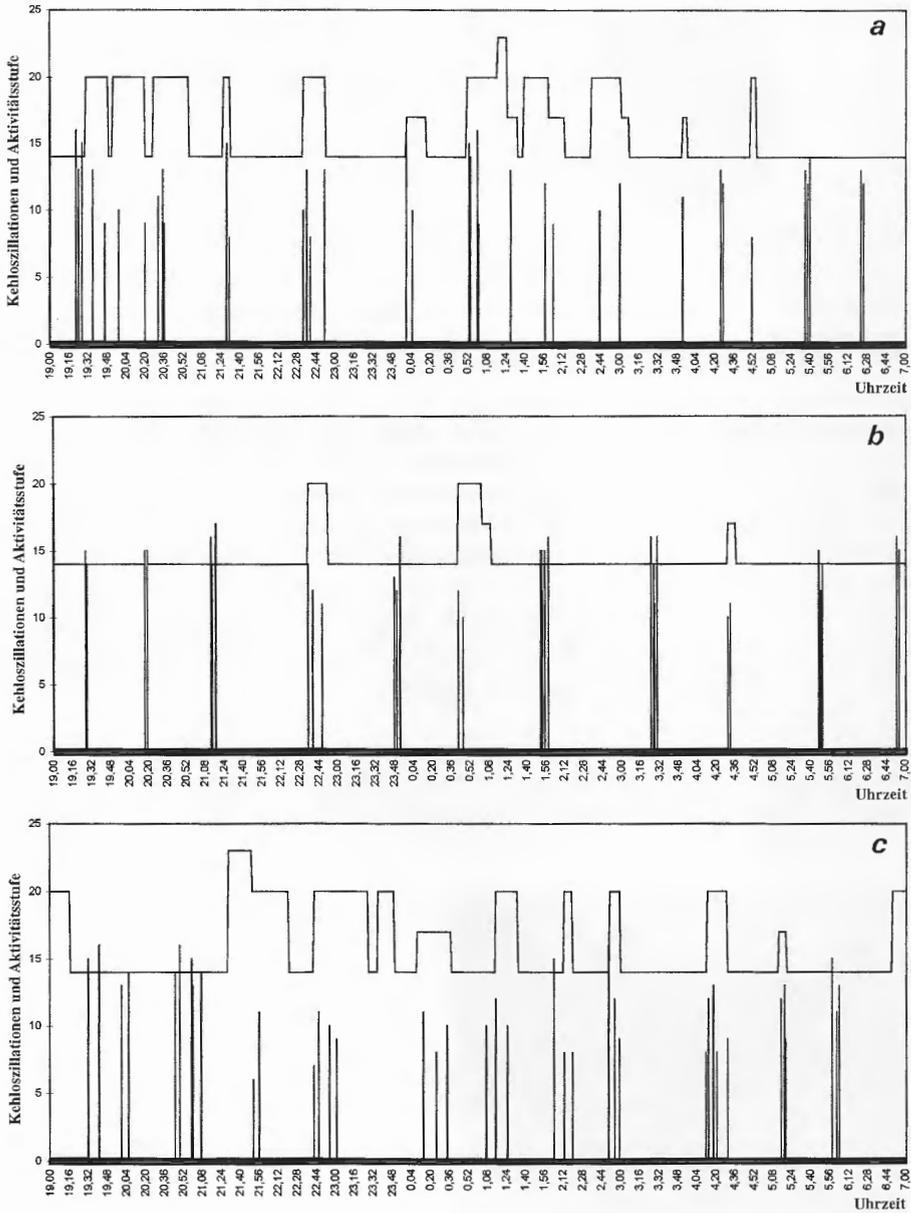


Abb. 5a-c. Aktivitäten (oberer Teil jeder Abbildung, willkürliche Zahlenwerte für einzelne Aktivitätsstufen: RH = 14, KA = 17, LA = 20, FS = 23) und Atemfrequenz (unterer Teil jeder Abbildung, Anzahl der Kehloszillationen pro Atemvorgang) von *T. compressicauda* während dreier Nächte (a, b, c).

Activities (upper part of each figure, arbitrary numerical values of different levels of activity: RH = 14, KA = 17, LA = 20, FS = 23) and breathing frequency (lower part of each figure, number of throat oscillations per breathing episode) of *T. compressicauda* during three nights (a, b, c).

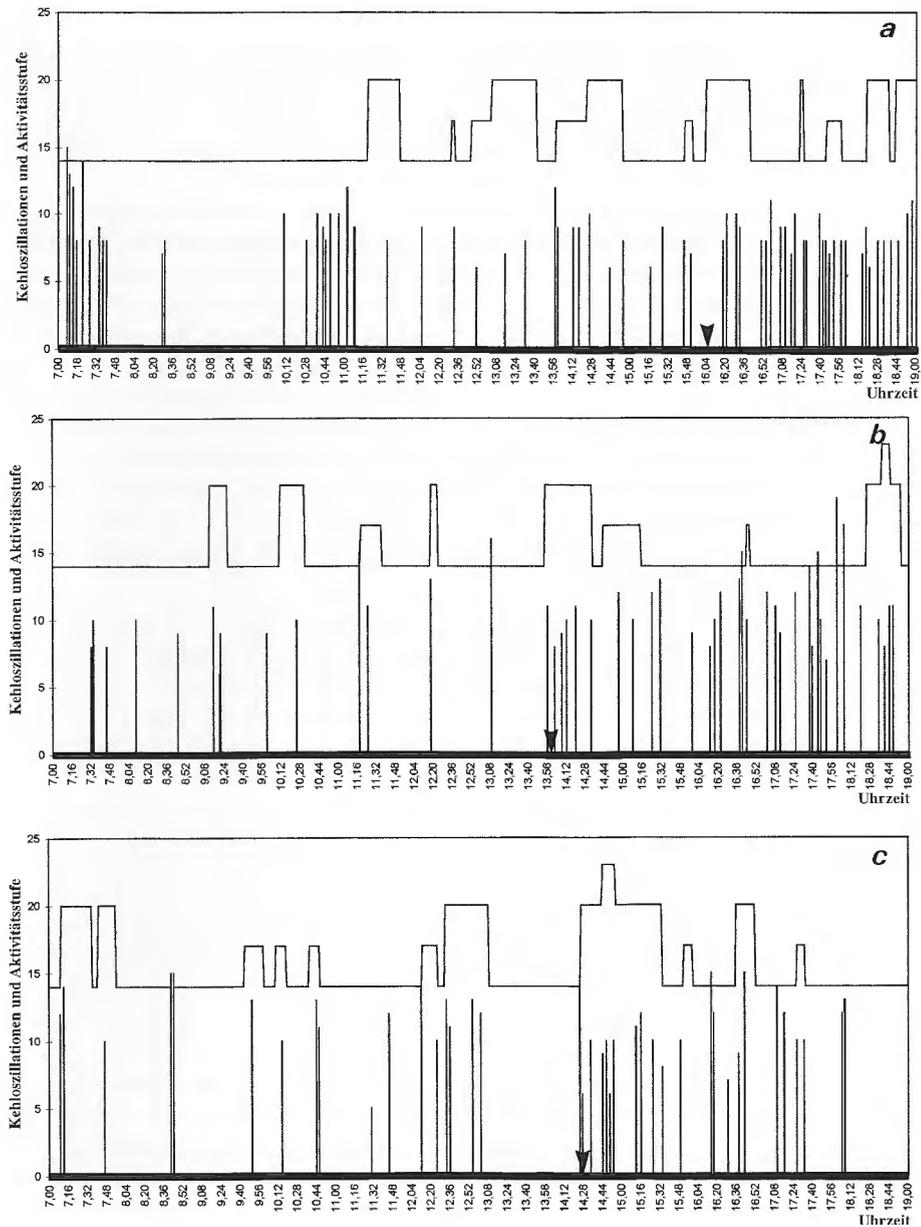


Abb. 6a-c. Aktivitäten (oberer Teil jeder Abbildung, willkürliche Zahlenwerte für einzelne Aktivitätsstufen: RH = 14, KA = 17, LA = 20, FS = 23) und Atemfrequenz (unterer Teil jeder Abbildung, Anzahl der Kehlsozillationen pro Atemvorgang) von *T. compressicauda* während dreier Tage (a, b, c).

Activities (upper part of each figure, arbitrary numerical values: RH = 14, KA = 17, LA = 20, FS = 23) and breathing frequency (lower part of each figure, number of throat oscillations per breathing episode) of *T. compressicauda* during three days (a, b, c).

Bewegungen zu Boden sinken läßt. Danach kommt es dann häufig zu einem erneuten Anheben des Kopfes und Luftholen, d.h. zu einem weiteren Atemvorgang (Abb. 5, 6). Ist der Wasserstand höher als 12 cm und können sich die Tiere nirgends anlehnen, müssen sie freischwimmend zur Wasseroberfläche gelangen, um Luft zu holen. Beim Atemvorgang führt der dann senkrecht nach unten zeigende Körper langsame wellenförmige Bewegungen aus.

Aus den Abbildungen 5 und 6 wird deutlich, daß sich die Versuchstiere oft über eine Stunde unter Wasser aufhielten. Maximal registrierten wir bis zu 99 Minuten. Nach einem längeren Aufenthalt unter Wasser folgen häufig mehrere Atemvorgänge hintereinander. Auch während der Fütterungszeiten wird häufig Luft geholt. Die Daten in Tabelle 1 lassen vermuten, daß die Intensität der Atmung von der Tageszeit abhängig ist. Die durchschnittliche Anzahl der Atemvorgänge in der Nacht ist um etwa 1/3 niedriger als am Tage. Allerdings ist die Standardabweichung relativ hoch. Auch die Anzahl der Kehloszillationen ist nachts um etwa 20% reduziert. Betrachtet man jedoch die durchschnittliche Anzahl der Kehloszillationen pro Atemvorgang liegt der Nachtdurchschnitt bei 12,2, der Tagesdurchschnitt bei 10,2. Das heißt, es wird in der Nacht zwar seltener Luft geholt, aber bei einem Atemvorgang sind durchschnittlich mehr Kehloszillationen zu zählen.

Bei einer Erhöhung der Wassertemperatur um 4 °C auf 28 °C (das Tier konnte sich mehrere Tage an diese Temperatur gewöhnen) steigen die Kehloszillationen (Gesamtzahl 1129) und Atemvorgänge (Gesamtzahl 93). Die durchschnittliche Anzahl der Kehloszillationen pro Atemvorgang liegt bei 12,2; hohe absolute Werte von 16 bis 20 Kehloszillationen pro Atemvorgang sind jedoch häufiger als bei der niedrigeren Temperatur.

4 Diskussion

T. compressicauda lebt im Freiland in der Uferregion von Flüssen in wassergefüllten Schlammröhren von 30 bis 60 cm Tiefe, die die Tiere zu mehreren nutzen. Die unmittelbare Umgebung der Tiere ist hier oft durch Sauerstoffarmut und hohe CO₂-Konzentrationen gekennzeichnet (TOEWS & MACINTYRE 1977). Der Eingang zu diesem Verstecken liegt meist in Höhe des Wasserspiegels (MOODIE 1978).

Schlamm als Bodengrund wird Schwimmböden in Aquarien selten geboten (sie wären dann fast nie zu sehen). Ein Kompromiß zwischen der Haltung auf Schlamm und der gelegentlich empfohlenen Haltung ohne jeden Bodengrund, jedoch mit Röhrensystemen als Verstecke (u.a. HERRMANN 1994) ist wohl feiner Sand (vgl. auch EXBRAYAT & DELSOL 1985), in dem sich die Tiere nach unserer Erfahrung nur dann eingraben, wenn sie sich an der Aquariwand, an Steinen oder anderen Gegenständen abstützen können. Erfolgreiche Haltung und Fortpflanzung, selbst in spartanisch eingerichteten Becken, sprechen für die hohe Anpassungsfähigkeit dieser Gymnophionen.

Unter den von uns gewählten Bedingungen entfalten die Tiere tagsüber und nachts vergleichbare Aktivitäten, so daß eine Bevorzugung bestimmter Zeiten nicht zu erkennen ist. Während der (unregelmäßigen) Fütterungszeiten ist

	Atemvorgänge	Kehloszillationen	Kehloszillationen pro Atemvorgang
Nacht 1	36	429	11,9
Nacht 2	30	410	13,7
Nacht 3	38	436	11,5
Durchschnitt Nacht	34,7 ± 3,4	425 ± 10,98	12,2 ± 0,97
Tag 1	67	602	9
Tag 2	47	513	10,9
Tag 3	40	448	11,2
Durchschnitt Tag	51,3 ± 11,44	521 ± 63,12	10,2 ± 0,99
Durchschnitt Tag und Nacht	43,0 ± 11,86	473 ± 66,01	11,0 ± 1,44

Tab. 1. Absolute und mittlere Anzahl sowie Standardabweichung der Atemvorgänge, Kehloszillationen und mittlere Anzahl von Kehloszillationen pro Atemvorgang von *T. compressicauda* während dreier Tage und Nächte bei 24°C.

Number (absolute, mean) and standard deviation of breathing episodes, throat oscillations and mean throat oscillations per breathing episode of *T. compressicauda* during three days and three nights at 24°C.

jedoch eine gesteigerte Unruhe festzustellen. Die Fütterung ändert also, wie bei anderen Tieren auch, die Tagesrhythmik (vgl. ASCHOFF et. al. 1982). Im Aquarium verbringen die einzeln gehaltenen Schwimwühlen etwa ein Drittel ihrer Zeit in Ruhe, der Rest verteilt sich auf kurzzeitige oder längere Kriechbewegungen. Das ist nicht unbedingt eine Folge der Einzelhaltung, sondern auch bei den Schwimwühlen zu beobachten, die im Lössbecken Museum und Aquazoo zu mehreren im Schauaquarium gehalten werden (Beobachtungen bisher nicht quantifiziert).

Im natürlichen Biotop verlassen die Tiere nach Auskunft von Fischern kurz nach Sonnenuntergang ihre Verstecke und suchen im flachen Wasser der Uferregion nach Nahrung, wahrscheinlich verschiedene Arthropoden einschließlich Garnelen (MOODIE 1978), oder dringen in die Netze der Fischer ein, um dort tote Fische zu fressen (EXBRAYAT & DELSOL 1985). Diese Zeit ist offenbar eine Periode gesteigerter Aktivität. Von einer ausgeprägten Nachtaktivität der aquatischen Larven der thailändischen Blindwühle *Ichthyophis kohtaoensis* berichten auch CAPRON DE CAPRONA & HIMSTEDT (1985).

Die Aktivitäten dieser ektothermen Tiere könnten auch durch Temperaturschwankungen beeinflusst werden (vgl. ASCHOFF et. al. 1982). Die von uns gewählten Wassertemperaturen von 24 °C (bei dieser Temperatur werden die Tiere im Lössbecken Museum und Aquazoo seit Jahren gehalten) und 28 °C liegen z. T. unter den in der Natur gemessenen Werten (etwa 30 °C; vgl. EXBRAYAT & LAURENT 1983).

Vor allem freies Schwimmen ist unter den von uns gewählten Haltungsbedingungen äußerst selten, zumal auch das normalerweise gereichte Futter auf den Boden fällt, so daß zu seiner Aufnahme Schwimmen ebenfalls nicht erforderlich ist. Freies Schwimmen tritt vielleicht bei der Paarungseinleitung (Beobachtungen dazu liegen bisher nicht vor; vgl. MURPHY et. al. 1977, BILLO et. al. 1985), bei der Häutung (s.o.), beim Luftholen (wenn der Wasserstand sehr hoch ist) und bei generellem „Unwohlsein“ (z. B. wenn sich kein Versteck im Aquarium befindet) auf. Im Freiland schwimmen die Tiere während der Nahrungssuche, auch dann, wenn sie mit Fischstücken geködert werden (MOODIE 1978)

Obwohl die Tiere erstaunlich lange unter Wasser bleiben können – im Aquarium bei 25 °C spontan bis zu 40 Minuten, gezwungenermaßen sogar 150 Minuten (GONCALVES & SAWAYA 1978); wir registrierten ohne Zwang bis zu 99 Minuten – , werden alle Aktivitäten durch das unregelmäßige Aufsteigen zur Wasseroberfläche unterbrochen, wo die Tiere Sauerstoff aufnehmen. Sie atmen also wie viele Amphibien arrhythmisch (BOUILIER 1988). Trotz langer Tauchzeiten wird der Sauerstoffbedarf offenbar weitgehend – nach SAWAYA (1947) etwa zu 94% – über die Lunge gedeckt. Diese ist sehr groß, beginnt nahe der Mundhöhle, teilt sich unterhalb des Herzventrikels in zwei Flügel, die sich fast bis zur Kloake erstrecken (TOEWS & MACINTYRE 1978) und reich durchblutet sind (BENNETT & WAKE 1974, GREVEN & CLEMEN 1987). Die nicht auffallend stark kapillarisierte Haut spielt nur dann für die Sauerstoffaufnahme eine Rolle, wenn sich die Tiere längere Zeit unter Wasser aufhalten; sie dient darüberhinaus der CO₂-Abgabe (SAWAYA 1947, GONCALVES & SAWAYA 1977).

Weitere Anpassungen an O₂-Armut und CO₂-Reichtum im natürlichen Lebensraum (s.o.) sind die große Blutmenge (ca. 25% des Körpergewichts), die viel Hämoglobin enthaltenden (11,28 mg/100 ml Blut) Erythrozyten sowie dessen hohe Affinität zu Sauerstoff und die geringe pH-Sensitivität (TOEWS & MACINTYRE 1977, 1978; s. auch GARLICK et. al. 1979). Diese Anpassungen gelten offensichtlich auch für terrestrische Gymnophionen (vgl. WOOD et. al. 1975)

Ein vermehrter Sauerstoffbedarf (indirekt aus der Häufigkeit des Aufsteigens und der Kehloszillationen erschlossen) während und nach bestimmten Aktivitäten und nach Erhöhung der Wassertemperatur unterstreicht die Sauerstoffversorgung primär über die Lunge und die bekannte Korrelation zwischen metabolischer Umsatzrate und Temperatur. Zudem senken steigende Temperaturen die Löslichkeit von Sauerstoff im Wasser und vermindern die Hämoglobin-Sauerstoff-Affinität (vgl. ECKERT 1993).

Daß die Tiere während des Ruhens relativ selten aufsteigen, um Luft zu holen, ist auf die geringere Stoffwechselrate und den dadurch bedingten geringeren Sauerstoffbedarf zurückzuführen. Inwieweit aquatische Blindwühlen Energie in Form von Adenosintriphosphat (ATP) durch anaerobe Stoffwechselprozesse gewinnen, ist unbekannt. Die westafrikanische terrestrische Blindwühle *Geotrypetes seraphini* greift bei sehr raschen Bewegungen (Flucht ins Versteck, Beutefang etc.) offenbar auf anaerobe Energiegewinnung zurück, ist aber sehr schnell ermüdbar (BENNETT & WAKE 1974).

Wir wollen in Zukunft Gruppen von Schwimmwühlen halten und beobachten, welchen Einfluß intraspezifische Aktionen, vor allem auch bei der Fortpflanzung, auf die oben geschilderten Aktivitäten haben (vgl. dazu auch die Anmerkungen bei BILLO & et. al. 1985).

Danksagung

Wir danken ganz herzlich dem Direktor des Löbbecke Museums und Aquazoons, Düsseldorf, Herrn Dr. W. GETTMANN, dem Leiter der dortigen herpetologischen Abteilung Herrn Dr. H. BOSCH und den Herren ENDERS, JUSCHKA und WEINAND für die Bereitstellung der Tiere, für einen Beobachtungsraum sowie für praktische Hilfe.

Schriften

- ASCHOFF, J., S., DAAN & G.A. GOOSS (eds.) (1982): Vertebrate circadian system, structure and physiology. – Berlin, Heidelberg (Springer-Verlag), 363 S.
- BENNETT, A.F. & M.H. WAKE (1974): Metabolic correlates of activity in the caecilian *Geotrypetes seraphini*. – Copeia, Lawrence, **1974**: 764-769.
- BILLO, R.R., J.O. STAUB & D.G. SENN (1985): Vivipare Apoda (Amphibia; Gymnophiona), *Typhlonectes compressicauda* (DUMÉRIL & BIBRON, 1841): Kopulation, Tragzeit und Geburt. – Amphibia - Reptilia, Leiden, **6**: 1-9.
- BOUTILLIER, R.G. (1988): Control of arrhythmic breathing in bimodal breathers: Amphibia. – Can. J. Zool., Ottawa, **66**: 6-19.
- CAPRON DE CRAPONA, D. & W. HIMSTEDT (1985): Das aquatische Verhalten der Blindwühle *Ichthyophis kohtaoensis* TAYLOR, 1960 (Gymnophiona: Ichthyophidae). – Salamandra, Frankfurt /M., **21**: 192-196.
- ECKERT, R. (1993): Tierphysiologie. – (2. Aufl.) Stuttgart (George Thieme), 724 S.
- EXBRAYAT, J.-M. & M. DELSOL (1985): Reproduction and growth of *Typhlonectes compressicauda* – a viviparous gymnophione. – Copeia, Lawrence, **1985**: 950-955.
- EXBRAYAT, J.-M., M. DELSOL & J. FLATIN (1981): Premières remarques sur la gestation chez *Typhlonectes compressicauda* (DUM. et BIBRON, 1841), amphibiens apodes vivipares. – C.R. Acad. Sci, Serie III, Paris, **292**: 417-420.
- EXBRAYAT, J.-M. & M.-T. LAURENT (1983): Quelques observations concernant le maintien en élevage de deux Amphibiens apodes: *Typhlonectes compressicaudus* et un *Ichthyophis*: Reproduction de *Typhlonectes compressicaudus* – Bull. Soc. Herp. Fr., Paris, **26** : 27.
- GARLICK, R. L., B. J. DANS, M. FARMER, H. J. FYHN, V. E. H. FYHN, R. W. NOBLE, D. A. POWERS, A. RIGGS & R. E. WEBER (1979): A fetal-maternal shift in the oxygen equilibrium of hemoglobin from the viviparous caecilian *Typhlonectes compressicauda*. – Comp. Biochem. Physiol., Oxford, **62A**: 239-244.
- GONCALVES, A.A. & P. SAWAYA (1977): Oxygen uptake by *Typhlonectes compressicauda* related to the body weight. – Comp. Biochem. Physiol., Oxford, **61A**: 141-143.
- GREVEN, H. & G. CLEMEN (1987): Notes on lung ultrastructure of *Typhlonectes compressicauda* DUMÉRIL & BIBRON (Gymnophiona). – Proc. Fourth Ord. Gen. Meet. SEH. Nijmegen, **1987**: 163-166.
- HERRMANN, H.-J. (1994): Amphibien im Aquarium. – Stuttgart (Eugen Ulmer Verlag), 167S.
- KÖRBER, U. (1987): Nachzucht der Schwimmwühle *Typhlonectes compressicauda*. – DATZ, Stuttgart, **40**: 368-370.
- MOODIE, G.E.E. (1978): Observations on the life history of the caecilian *Typhlonectes compressicauda* (DUMÉRIL and BIBRON) in the amazon basin. – Can. J. Zool., Ottawa, **56**: 1005-1008.

- MURPHY, J. B., H. QUINN & J. A. CAMPBELL (1977): Observations on the breeding habits of the aquatic caecilian *Typhlonectes compressicaudus*. – Copeia, Lawrence, **1977**: 66-69
- NUSSBAUM, R.A. & M. WILKINSON (1989): On the classification and phylogeny of caecilians (Amphibia: Gymnophiona), a critical review. – Herpetol. Monographs, Pittsburgh, **3**:1-42.
- SAWAYA, P. (1947): Metabolismo respiratorio de anfibio Gymnophiona, *Typhlonectes compressicauda* (DUM. et BIBR.). – Bolm. Fac. Filos. Cienc., Univ. Sao Paulo, (Zool.), Sao Paulo, **12**:51-56.
- TOEWS, D. & D. MACINTYRE (1977): Blood respiratory properties of a viviparous amphibian. – Nature, London, **266**: 464-465.
- (1978): Respiration and circulation in an apodan amphibian. – Can. J. Zool., Ottawa, **56**:998-1004.
- WOOD, S. C., R. E. WEBER, G. M. O.MALOY & K. JOHANSEN (1975): Oxygen uptake and blood respiratory properties of the caecilian *Boulengerula taitanus*. – Resp. Physiol., Amsterdam, **24**: 355-363.

Eingangsdatum: 29. August 1995

Verfasser: ANGÉLIQUE HOMSCHEID & Prof. Dr. H. GREVEN (Adresse für Korrespondenz), Institut für Zoomorphologie und Zellbiologie der Heinrich-Heine Universität Düsseldorf, Universitätsstr. 1, D-40225 Düsseldorf.