



ÜBERWINT

Anpassungen an kalte Klima- bedingungen

Text und Fotos von Beat Akeret

Welcher Terrarianer würde nicht gerne dem kalten mitteleuropäischen Winter mit seinen kurzen, sonnenarmen Tagen und langen, dunklen Nächten entfliehen? Wie ein Zugvogel im Herbst nach Afrika fliegen oder sich einfach in der hintersten Ecke seiner Wohnung verkriechen und dort friedlich dösend auf bessere Zeiten warten? Zumindest für berufstätige Menschen dürften solche Gedanken Tagträume bleiben. In den USA ist ein „Zugvogelverhalten“ jedoch gerade bei älteren Menschen weit verbreitet. Für die vielen Pensionäre, die jedes Jahr den Winter in ihren Wohnmobilen in Florida, den Wüstenregionen des Südwestens oder in Süd-Kalifornien verbringen, wurde sogar ein eigener Ausdruck geprägt: „Snowbirds“, „Schneevögel“.



Ob dieser Grasfrosch (*Rana temporaria*) durch die Winterruhe noch etwas verwirrt ist, dass er sich eine Erdkröte (*Bufo bufo*) als Partnerin gesucht hat?

WINTERRUHE

Winterfell, Winterschlaf und Winterruhe

Die meisten von uns werden sich auch im nächsten Winter wieder warm anziehen und tapfer durch den Schnee stapfen. Genau wie wir ziehen sich auch manche Tiere im Winter warm an: Hirschen, Rehen und Wildschweinen wächst im Herbst ein dickes Winterfell. Wer sich eine Katze hält, kennt dieses Phänomen: Die Tiere bekommen im Spätherbst deutlich längere Haare und eine oftmals dichte, wärmedämmende Unterwolle, die sie vor der Kälte schützt. Im Frühjahr fällt ein Teil dieser Haare dann wieder aus und bringt manches Frauchen oder Herrchen zur Verzweiflung, wenn es von allen Teppichen und dem gesamten Mobiliar die Katzenhaare entfernen muss.

Die Mehrzahl der Tiere aus gemäßigten Zonen verbringt das Winterhalbjahr an einem geschützten Ort. Igel, Siebenschläfer, Mäuse, manche Fledermausarten und Murmeltiere verkriechen sich in Höhlen, hohlen Baumstämmen oder an anderen geschützten Stellen. Sie bewegen sich kaum noch und sparen Energie. Dadurch müssen sie viel weniger fressen und können den futterarmen Winter überstehen. Während des Winterschlafs senken sie Körpertemperatur und Herzschlag stark ab. Igel atmen im Normalfall rund 50 Mal, während des Winterschlafs dagegen nur noch ein- bis zweimal pro Minute. Die Herzfrequenz sinkt von rund 200 auf fünf Schläge pro Minute. Winterschlaf bedeutet aber nicht Tiefschlaf. Zwischendurch wachen die Tiere auf. Dann ändern sie ihre Schlafposition und geben Kot und Urin ab. Sie fressen aber in der Regel nichts. Werden die Winterschläfer mehrfach gestört, kann das tödlich für sie sein, weil sie übermäßig Energie verbrauchen und die gespeicherten Reserven unter Umständen nicht bis zum kommenden Frühling reichen.

Eine Winterruhe halten Eichhörnchen, Maulwürfe, Dachse und Braunbären, aber auch manche Vögel wie Mauersegler oder Ziegenmelker. Tiere, die eine Winterruhe einlegen, senken ihre Körpertemperatur nicht so stark ab wie die Winterschläfer.

Außerdem wachen sie häufiger auf und suchen gelegentlich nach Nahrung. Eichhörnchen verlassen dabei sogar ihren Kobel und suchen nach vergrabenen Nahrungsvorräten. Braunbären verbringen in Skandinavien, Sibirien oder Alaska bis zu sieben Monate in ihren Überwinterungshöhlen. In Mittel- und Osteuropa, wo die Winter nicht so lang und streng sind, verlassen sie während der Winterruhe mehrfach ihre Höhlen. Im warmen Zoo, wo es genügend Futter gibt, halten Braunbären oftmals überhaupt keine Winterruhe.

Kältestarre

Im Gegensatz zu den warmblütigen Säugern und Vögeln fallen die kaltblütigen Fische und die wechselwarmblütigen Amphibien, Reptilien und Gliederfüßler bei tiefen Temperaturen in eine Kältestarre (Torpidität). Mit der sinkenden Körpertemperatur verlangsamen sich ihre Körperfunktionen immer mehr, bis sie schließlich fast zum Erliegen kommen. Dabei folgen die Stoffwechselfunktionen der sog. „RGT-Regel“. RGT steht für „Reaktionsgeschwindigkeit-Temperatur“. Diese Faustregel besagt, dass sich die Geschwindigkeit chemischer Reaktionen bei einer Temperaturerhöhung um 10 °C annähernd verdoppelt bzw. bei einer Temperaturreduktion um 10 °C halbiert. Für biochemische Stoffwechselreaktionen stimmt die RGT-Regel je nach Organismus und Zelltyp zwischen etwa 0 und 40–45 °C recht gut, wobei jedoch die wenigsten Arten den gesamten Bereich ausnützen können. Während viele Amphibien bereits bei Temperaturen um 0 °C aktiv sind und somit auch Stoffwechselaktivitäten besitzen, können für sie bereits 25–30 °C letal sein. Umgekehrt sterben viele Säuger, wenn ihre Körpertemperatur über einen längeren Zeitraum unter 25 °C sinkt. Die Obergrenze, bis zu der die RGT-Regel ihre Gültigkeit behält, wird durch das Denaturieren der Zellproteine definiert. Jeder kennt den Effekt, wenn man ein rohes Ei in eine heiße Pfanne schlägt: Durch die Hitze wird das

zuvor flüssige Eiklar fest und weiß. Diese Veränderungen treten ein, weil die hohe Temperatur in der Pfanne dazu führt, dass sich die dreidimensionale Struktur und damit auch die Eigenschaften der Proteine (Eiweiße) im Eiklar verändern. Proteine können als biologische Katalysatoren ihre biochemische Funktion jedoch nur erfüllen, wenn sie die richtige 3D-Struktur besitzen. Selbst kleinste Veränderungen können ihre Funktionsfähigkeit beeinflussen. Kommt es bei hohen Temperaturen zur Hitze-denaturierung, so können die Proteine die biochemischen Stoffwechselreaktionen nicht mehr katalysieren, und der Stoffwechsel kommt zum Erliegen. Beim Menschen liegt die kritische Temperatur im Bereich von ca. 40–43 °C. Fieber über 40 °C ist deshalb gefährlich. Manche Reptilien ertragen aber auch noch deutlich höhere Temperaturen. PAULISSEN (1987) gibt als kritische Maximaltemperaturen für Rennechsen (*Cnemidophorus sexlineatus*)

49,8–51,0 °C an und PIANKA (1994) fand in der Großen Victoria-Wüste in Australien einen Trauerwaran (*Varanus tristis*) mit einer Körpertemperatur von 47,3 °C – der höchste je bei einem frei lebenden Wirbeltier gemessene Wert!

Unterhalb von 0 °C gefriert das Wasser im Körper, sofern nicht durch besondere Vorkehrungen, wie einen erhöhten Salz-, Zucker-, Glycerin- oder Proteingehalt in den Zellen, der Gefrierpunkt noch um einige Celsiusgrade reduziert werden kann. Spätestens wenn das Wasser in den Zellen gefriert, kommen die lebenswichtigen Stoffwechselreaktionen zum Erliegen. Durch die Bildung von Eiskristallen können irreversible Schäden in den Zellen auftreten. Manche Amphibienarten überleben jedoch sogar diese Eisbildung in den Zellen. So kann der nordamerikanische Waldfrosch (*Rana sylvatica*) bis zu fünf Tage bei Körpertemperaturen von -6 °C überleben. Rund 30 % der Flüssigkeit in seinem Körper gefrieren dabei.

Gelbbauchunken (*Bombina variegata*) können in mit nassem Moos gefüllten Kleinterrarien im Kühlschrank überwintert werden



Junge Niederkalifornische Klapperschlange (*Crotalus enyo*) in ihrer Überwinterungsbox



Ein hoher Glycerin- und Traubenzuckergehalt schützt die wichtigsten Gewebe vor Schäden durch gefrierendes Wasser (SINSCH 1998). Da gefrorenes Wasser physiologisch nicht verfügbar ist, verhält sich eine teilweise gefrorene Zelle ähnlich wie eine teilweise ausgetrocknete. Es verwundert somit nicht, dass der Waldfrosch nicht nur außergewöhnlich kälte- und gefrierunempfindlich ist, sondern dass bei dieser Art auch eine hohe Dehydrationsresistenz nachgewiesen werden konnte, d. h. eine große Widerstandskraft gegen Wasserverluste und Austrocknung (SCHMID 1965). Während der Winterstarre sondert der Waldfrosch keinen Harn ab, und der Harnstoffgehalt seines Blutes kann um das Fünffache ansteigen. Dadurch verliert er nicht nur weniger Flüssigkeit, er steigert gleichzeitig auch die Frostresistenz, weil der hohe Harnstoffgehalt den Gefrierpunkt des Blutes senkt.



Der Atlas-Taggecko (*Quedenfeldtia trachyblepharus*) lebt im Hohen Atlas in Höhen von bis zu 4000 m ü. d. M., wo oft monatelang Schnee liegt.

Noch frostresistenter als der Waldfrosch ist der Sibirische Winkelzahnmolch (*Salamandrella keyserlingii*) aus dem nördlichen Russland. In den Überwinterungsquartieren dieser Schwanzlurche wurden mancherorts -18 bis -23 °C gemessen. In einem Versuch wurden die Molche über einen längeren Zeitraum bei -35 bis -40 °C überwintert, ohne dass offensichtliche Schäden auftraten (BERMAN et al. 1984). Nach SZCZERBAK & KOVALIKH (1973) soll ein Sibirischer Winkelzahnmolch, nachdem er 90 Jahre im Permafrostboden eingeschlossen war, sogar wieder aufgetaut und zum Leben erweckt worden sein.

Im Gegensatz zum Winterschlaf wird die Kältestarre zwingend von fallenden Temperaturen eingeleitet, wobei mit zunehmendem Absinken der Temperatur die Stoffwechselprozesse im Körper nach und nach abnehmen. Wenn es sehr kalt wird, erstarren die Körper von Amphibien, Reptilien und anderen nicht „warmblütigen“ Tieren. Sie verfallen jedoch nicht wie Säuger im Winterschlaf in einen schlafartigen Zustand. Bei der Kältestarre bleiben die Augen zumeist offen. Bei der Überwinterung (Hibernation) von Gelbbauchunken (*Bombina variegata*) im Kühlschrank in mit feuchtem Moos gefüllten Kunststoffboxen versuchten die Tiere sich jeweils im Zeitlupentempo im Moos zu verstecken, wenn ich zur Kontrolle den Deckel öffnete. Niederkalifornische Klapperschlangen (*Crotalus enyo*) „rasselten“ selbst bei 3 °C in ihren Überwinterungskisten ganz langsam, wenn ich die Boxen bei den regelmäßigen Kontrollen bewegte. Auch andere Amphibien und Reptilien schienen gemäß meinen Beobachtungen selbst während der Überwinterung



Auf den höchsten Gipfel des Hohen Atlas in Marokko sind selbst im Sommer schattige Felshänge mit Schnee bedeckt.

eine gewisse Aktivität zu zeigen. Vom nordamerikanischen Molch *Hydromantes platycephala* ist bekannt, dass er sogar bei -2 °C noch aktiv ist (SINSCH 1998).

Bei der Kältestarre werden alle Lebensvorgänge fast vollständig zurückgefahren, sodass die Tiere bei kritisch tiefen Temperaturen nicht „aufwachen“, sondern den Kältetod sterben. Nahrung wird während der Starre nicht aufgenommen. Die Tiere zehren von ihren Energiereserven, die sie sich z. B. in Form von Speckschichten während des Sommers angeeignet hatten. Aufgrund der stark reduzierten Stoffwechselvorgänge ist ihr Energieverbrauch in der Winterstarre jedoch nur minimal, die Herz- und Atemfrequenz sind sehr gering.

Der entscheidende Faktor, ob ein Amphibium oder Reptil in eine Winterstarre fällt, ist die tiefe Temperatur. Die Tatsache, dass manche Arten aus gemäßigten Regionen im Zimmerterrarium trotz fehlender Abkühlung im Winter eine Ruhephase einschalten, könnte ein Hinweis sein, dass auch endogene Faktoren wie Hormone für die Winterruhe mitverantwortlich sind. Eine kühle Überwinterung scheint außerdem den Hormonhaushalt vieler Amphibien und Reptilien im darauf folgenden Frühjahr zu beeinflussen, denn manche Arten beginnen ihre Fortpflanzungsaktivitäten oftmals unmittelbar nach dem Abschluss der Überwinterung. Von vielen Arten ist bekannt, dass sich eine Hibernation positiv auf die Reifung von Eizellen und Spermien auswirkt und auch andere paarungsauslösende Faktoren, wie z. B. der Eigengeruch, positiv beeinflusst werden können. Die Nachzucht mancher Amphibien und Reptilien gelingt deshalb ohne eine adäquate Überwinterung kaum.

Klimavoraussetzungen

Eine mehrere Wochen bis Monate andauernde Phase im Lauf des Jahres mit tiefen Temperaturen charakterisiert das Klima der gemäßigten Zonen. Kühle bis kalte Winter sind typisch für Mittel- und Nordeuropa, weite Gebiete in Zentral- und Nordasien sowie für große Teile Nordamerikas. Winter gibt es aber auch auf der Südhalbkugel, wie im südlichen Südamerika, in Südaustralien, Tasmanien und im Süden von Neuseeland. In Gebirgsregionen, die näher am Äquator liegen, können ebenfalls lang anhaltende Kältephasen auftreten, oft sogar mit ergiebigen Schneefällen. So gibt es z. B. in der Sierra Nevada in Süd-Spanien, im Hohen Atlas

in Marokko, in den Snowy Mountains in Südost-Australien und in den Anden Skigebiete und Wintersportgebiete. Selbst im ausgesprochen armen Lesotho in den Drakensbergen (südliches Afrika) ist derzeit eine Skiarena in Planung. Und wo man Ski fahren kann, da muss es kalt und schneesicher sein. Doch auch dort leben Amphibien und Reptilien, so etwa in den Hochgebir-



Drachenberg-Gürtelschweife (*Cordylus [Pseudocordylus] melanotus*) leben in den Drakensbergen (Südafrika) in Regionen mit recht kalten Wintern.

In den höheren Lagen der Drakensberge im südlichen Afrika kann, trotz tropisch anmutender Vegetation mit Baumfarnen, der Winter so kalt sein, dass die hier lebenden Reptilien eine Winterruhe halten.

gen Marokkos der Atlas-Taggecko (*Quedenfeldtia trachyblepharus*) und die Atlas-Zwergotter (*Vipera monticola*), in den Snowy Mountains der Schneeskink (*Egernia guthega*), der Gebänderte Felsenskink (*Egernia montana*) und das Corroboree-Scheinkröschchen (*Pseudophryne corroboree*), in den Drakensbergen der Drachenberg-Gürtelschweif (*Cordylus melanotus subviridis*) und der Langzehen-Waldsteigerfrosch (*Leptopelis xenodactylus*) oder in den Anden die Hochgebirgsleguane (*Phymaturus* spp.). Amphibien und Reptilien aus diesen Gebirgsregionen müssen, genauso wie Arten aus höheren Breitengraden, in der Lage sein, sich durch eine Überwinterung vor den ungünstigen Witterungsbedingungen zu schützen.

Je nach Breitengrad und Tierart dauert die Hibernation unterschiedlich lange. In der Mittelmeerregion nimmt sie oft nur wenige Wochen in Anspruch oder kann gar ganz ausfallen. In der Schweiz und in Süddeutschland überwintern unsere einheimischen Amphibien und Reptilien je nach Region und Tierart etwa von Oktober bis März/April. Waldklapperschlangen (*Crotalus horridus*) in den Appalachen (USA) überwintern zwischen 170 und 268 Tage, d. h. die Tiere verbringen im Extremfall fast drei Viertel des Jahres in ihren Winterverstecken (RUBIO 1998)! Manche Anuren wie Grasfrösche (*Rana temporaria*), Springfrösche (*Rana dalmatina*) oder Erdkröten (*Bufo bufo*) können umgekehrt oft bereits Ende Januar oder Anfang Februar an ihren Laichgewässern beobachtet werden, selbst wenn diese stellenweise noch von Eis bedeckt sind.



Bei der künstlichen Überwinterung (Brumation) von Amphibien und Reptilien sollte man versuchen, sich den natürlichen Gegebenheiten anzupassen. Tiere aus hohen Breitengraden überwintert man länger als Individuen aus wärmeren Zonen. NIETZKE et al. (1998) erwähnen folgende Faustregel: Arten aus dem Mittelmeerraum zwei Monate, aus Mitteleuropa 5–7 Monate und solche aus Nord-Europa 6–8 Monate. Ich persönlich überwintere zumindest Jungtiere in der Regel deutlich weniger lang, um Ausfälle zu vermeiden und den Tieren im Lauf eines Jahres eine längere Wachstumsphase zu gewähren.

Überwinterungsplätze

Wo Tiere überwintern, hängt von vielen Faktoren ab. Große Arten benötigen entsprechend geräumige Versteckplätze, während kleine Tiere selbst in feinen Ritzen und Spalten Platz finden. Allen geeigneten Überwinterungsverstecken gemeinsam ist, dass sie den Tieren Schutz vor ungünstigen Witterungseinflüssen bieten müssen. Insbesondere eine tiefe Wintertemperatur ist ein kritischer Faktor für das Überleben. Gute Überwinterungsplätze müssen deshalb kühl, aber dennoch frostsicher sein.

Viele Amphibien vergraben sich im Winter entweder im Boden oder im Schlamm am Grund von Gewässern – diese dürfen jedoch keinesfalls bis zum Grund durchfrieren –, oder sie suchen Mäusegänge, tiefe Felsspalten oder ähnliche Verstecke auf, um dort in Winterstarre zu fallen. Wichtig ist bei den Amphibien-Überwinterungsplätzen, dass sie eine hohe Feuchtigkeit aufweisen oder gar ausgesprochen nass sind, damit die Tiere dort nicht austrocknen.

Vergleichbare Verstecke suchen auch Reptilien auf, jedoch mit dem Unterschied, dass deren Überwinterungsplätze meist eher trocken bis mäßig feucht sind. Manche Schlangen versammeln sich alljährlich in großer Zahl immer wieder in denselben Überwinterungshöhlen, um gemeinsam die kalte Jahreszeit zu überdauern, wobei oftmals sogar mehrere Schlangenarten gemeinsam angetroffen werden können – manchmal sogar mit Amphibien, Schildkröten und anderen Tieren vergesellschaftet. Von Prärieklapperschlangen (*Crotalus viridis*) ist bekannt, dass manche Überwinterungshöhlen in Wyoming und in Süd-Dakota seit Tausenden von Jahren genutzt werden – vermutlich schon lange, bevor Menschen in prähistorischer Zeit diese Gegenden besiedelten (RUBIO 1998).

Im Frühjahr kommen die gemeinsam überwinternden Tiere mancherorts alle gemeinsam aus ihren Verstecken. Besonders eindrücklich sind Massenüberwinterungen bei manchen Strumpfbandnattern (z. B. *Thamnophis sirtalis parietalis*; HALLMEN & CHLEBOWY 2001) und Klapperschlangen (z. B. *Crotalus atrox*, *C. viridis*; RUBIO 1998). Doch auch aus Europa sind Massenüberwinterungsplätze bekannt. So erwähnt BIELLA (1983) eine Stelle in Bulgarien, wo 1.100 Hornvipern (*Vipera ammodytes*) gemeinsam überwinterten!

Vorbereitungen auf die Überwinterung

In der Natur beginnt der Winter nicht von einem Tag auf den anderen. Vielmehr werden im Herbst die Tage nach und nach kürzer, und die Temperatur sinkt langsam. Wechselwarme Tiere werden träger und fressen weniger oder gar nichts mehr. Bis zum Beginn der Überwinterung können sie ihren Darm entleeren und so gefährlichen Fäulnisprozessen vorbeugen.



Manche Höhlen im mittleren Westen der USA werden seit vielen tausend Jahren von Prärieklapperschlangen (*Crotalus viridis*) zur Überwinterung genutzt



Schreckensklapperschlangen (*Crotalus horridus*) können bis zu 9 Monate im Jahr in der Winterruhe verbringen

Schreckensklapperschlangen (*Crotalus horridus*) können bis zu 9 Monate im Jahr in der Winterruhe verbringen



Will man seine Terrarientiere künstlich überwintern, so darf man sie nicht einfach aus dem gut geheizten Terrarium nehmen, in eine Überwinterungskiste packen und an einen kühlen Ort stellen! Mit großer Wahrscheinlichkeit würden dies die meisten nicht überleben. Vielmehr sollte man im Lauf mehrerer Wochen langsam die Beleuchtungsdauer und die Temperatur reduzieren. In dieser Zeit werden die Amphibien oder Reptilien nicht mehr gefüttert. Tiere aus dem Freiland kann man für 1–2 Wochen ebenfalls in ein Zimmerterrarium überführen, um eine vollständige Darmentleerung zu ermöglichen. Gerade bei Landschildkröten hat es sich bewährt, sie in dieser Zeit mehrfach in handwarmem Wasser zu baden, bis sie nach ein paar Tagen keinen Kot mehr ins Wasser absetzen. Die vollständige Darmentleerung ist wichtig, weil im Darm verbleibende Reste bei der stark reduzierten Temperatur und der damit einhergehenden Verringerung der Stoffwechselaktivitäten nicht zu faulen beginnen dürfen! Denn dies wäre für die überwinternden Tiere lebensgefährlich.

Nicht alle Arten darf man bis kurz vor der Überwinterung füttern. Ich habe bei meinen Gefleckten Klapperschlangen (*Crotalus mitchelli pyrrhus*) die Erfahrung gemacht, dass sie mehrere Monate benötigen, um ihren Darm vollständig zu entleeren, und nur bei sehr hohen Temperaturen das Futter problemlos verdauen. Anfang September importierte Wildfänge konnten bis zum darauf folgenden Frühjahr nicht zur Nahrungsaufnahme bewegt werden. Selbst bei Nachzuchten musste ich feststellen, dass sie bereits im September die Nahrungsaufnahme einstellten. Heute werden meine Tiere Mitte August das letzte Mal gefüttert. Ab Ende Oktober senke ich die Temperatur und die Beleuchtungsdauer langsam ab. Von Ende Dezember bis Anfang April schalte ich das Licht in den Terrarien aus – abgesehen von einer kleinen 20-W-Glühlampe, die täglich rund zwei Stunden brennt. Die Lufttemperatur im Terrarium beträgt in dieser Zeit etwa 10–15 °C. Gelegentlich wärmen sich die Schlangen unter der Glühlampe auf. Und auch im Frühjahr füttere ich erst wieder, wenn die Temperatur im Terrarium ganztägig bei 30 °C oder darüber liegt. Meine Schlangen bekommen ihr erstes Futter in der Regel Mitte Mai. Seit ich in dieser Weise verfare, habe ich kaum noch Probleme mit der Haltung dieser Klapperschlangenart. ❄️

Bereits Ende Januar können Grasfrösche (*Rana temporaria*) an ihren Fortpflanzungsgewässern angetroffen werden.



Eine Gefleckte Klapperschlange (*Crotalus mitchelli pyrrhus*) „sonnte“ sich während der Winterruhe unter einer schwachen Glühlampe

Literatur

- BERMAN, D.L., A.N. LEIRICH & E.I. MICHAILOVA (1984): Über die Überwinterung des Sibirischen Winkelzahnmolches, *Hynobius keyserlingii*, im oberen Kolima. – *Zhurnal Evol. Bioch. Physiol.* 3: 323–327 (in Russisch).
- HALLMEN, M. & J. CHLEBOWY (2001): *Strumpfbandnattern*. – Natur und Tier - Verlag, Münster, 191 S.
- NIETZKE, G., P.M. KORNACKER, A. NÖLLERT & H. SCHMIDT (1998): *Die Terrarientiere 2*. – Ulmer Verlag, Stuttgart, 366 S.
- PAULISSEN, M.A. (1987): Optimal foraging and intraspecific diet differences in the lizard *Cnemidophorus sexlineatus*. – *Oecologia* 71(3): 495–497.
- PIANKA, E.R. (1994): Comparative ecology of *Varanus* in the Great Victoria Desert. – *Austral. J. Ecol.* 10: 395–408.
- RUBIO, M. (1998): *Rattlesnake. Portrait of a predator*. – Smithsonian Inst. Press, Washington & London, 240 S.
- SCHMID, W.D. (1965): Some aspects of the water economies of nine species of amphibians. – *Ecology* 46: 261–269.
- SINSCH, U. (1998): Thermoregulation. – In: HOFRICHTER, R. (Hrsg.) (1998): *Amphibien. Evolution, Anatomie, Physiologie, Ökologie und Verbreitung, Verhalten, Bedrohung und Gefährdung*. – Natur Buch Verlag, Augsburg, 264 S.

