

Zur Durchlässigkeit von UV-Strahlen der Reptilien-Hornhaut (Ordnung Squamata)

GÜNTHER NIETZKE

Abstract

The passage of UV-rays was measured for 22 samples taken from sloughs of lizards and snakes. Percentages varied between 36 and 68 % according to position (back or belly) of scales, their size, structure and pigmentation. The values of nocturnal species tend to be higher than those of diurnal, pointing to a filtering function of the stratum corneum.

Key words: Squamata; skin; UV-ray intake.

Einführung und Meßmethode

In der veterinärmedizinischen und herpetologischen Literatur stößt man immer wieder auf Berichte über die Notwendigkeit der UV-Therapie.

Festgestellt wurde, daß bei den physiologisch bedingten Knochenerkrankungen der Reptilien und Amphibien, wie Rachitis, Osteomalazie und Osteoporose, ein Vitamin-D-Mangel zugrunde liegt. Die Erkrankungen können allerdings auch auf einen Calciummangel und ein Mißverhältnis zwischen Calcium und Phosphor in der Nahrung, zusammen mit einem gewissen Mangel an Protein zurückgeführt werden.

Immerhin hat sich gezeigt, daß eine therapeutische Wirkung durch eine UV-Bestrahlung unverkennbar ist (NIETZKE 1980). Man wird jedoch vergeblich nach genauen Angaben über eine Bestrahlungstechnik in der veterinärmedizinischen, terraristischen und aquaristisch-technischen Fachliteratur suchen (REICHENBACH-KLINKE & ELKAN 1977, MARCUS 1983, IPPEN et al. 1985, ISENBÜGEL & FRANK 1985, BOONMANN 1987, SAUER 1989, SCHOOP 1989).

Es ist bekannt, daß die UV-Strahlen — speziell im Wellenlängenbereich von 315 bis 350 nm — im Körper der Tiere die Vitamin-D-Synthese auslösen. Es ist jedoch völlig unbekannt, bei wie viel Prozent spektraler Durchlässigkeit (Transmission) der Haut, in welcher Bestrahlungseinheit und bei welcher Stärke der Strahlenbeleuchtung im Körper des behandelten Tieres die Vitamin-D-Synthese abläuft.

Nimmt man an, daß die Vitamin-D-Synthese im Körper eines Reptils genauso abläuft wie beim Menschen, spielt sich vereinfacht folgender Vorgang ab: Voraussetzung für die Bildung von Vitamin D über Vitamin D₃ ist das Provitamin 7-Dehydrocholesterin. Dieses entsteht im menschlichen Körper durch Dehydrie-

rung von Cholesterin. Das Provitamin wird zur Lederhaut transportiert und dort in einem bestimmten, von der Intensität der UV-Strahlung und der prozentualen Durchlassungsfähigkeit der Hornhaut (stratum corneum) abhängigen Maß in das Vitamin D3 (Cholecalciferol) umgewandelt. Es ist also eine photochemische Reaktion (BÄSSLER & LANG 1975, VOGEL & ANGERMANN 1971).

In die Leber transportiert, wird D3 zu 25-Hydroxycholecalciferol hydroxyliert. Es gelangt weiter in die Niere und wird zu 1 α , 25-Dihydroxycholecalciferol hydroxyliert. Dieser Stoff ist das wirksame D3, das zum einen aus dem Skelett zwar Calcium freisetzt, zum anderen aber auch eine Calciumausscheidung aus dem Körper verhindert. Das Calcium wird an neu entstehende Knorpelzellen weitergeleitet, um eine ausreichende Mineralisation des Knorpelgewebes, also die Knochenbildung, zu gewährleisten. Bei ausreichendem Nachschub an calcium- und phosphatreicher Nahrung geht der Prozeß mit Hilfe der UV-Strahlung fließend vor sich.

Das Fenster für den Einlaß der UV-Strahlen ist die Hornhaut. Während beim Menschen die Hornhaut sich nur durch die je nach Körperteil ausgebildete Dicke von 25 Millimikron (Unterarm) bis zu 240 Millimikron (Handteller) unterscheidet und bei allen Menschenrassen nahezu gleich ist, finden sich bei den Reptilien die unterschiedlichsten Formen der Ausbildung. Hier sind die Schuppen der Hornhaut glatt oder rauh, groß oder klein, durchsichtig oder pigmentiert. So ergibt sich bei der Vielfalt der Schuppenformen der Reptilien die Frage, ob hier Unterschiede in der spektralen Durchlässigkeit (Transmission) der Haut für die UV-Strahlung vorliegen. Wobei zunächst wichtig war zu wissen, wie viel Prozent der UV-Strahlen generell bei Reptilien durch die Hornhaut gehen, da hierüber noch keine spektrometrischen Messungen vorliegen.

Von folgenden Arten bekam ich Häutungsreste zur Verfügung gestellt (kl = kleine Schlangen = < 1 m Gesamtlänge; ta = tagaktiv, na = nachaktiv):

Schlangen:

<i>Amphiesma mairi</i> (kl, ta/na)	<i>E. rufodorsata</i> (ta/na)
<i>Boa c. constrictor</i> (na)	<i>Eryx colubrinus</i> (kl, na)
<i>Boaedon f. fuliginosus</i> (na)	<i>Lampropeltis triangulum</i> (ta)
<i>Coronella austriaca</i> (kl, ta)	<i>L. triangulum sinaloe</i> (ta)
<i>Dasypeltis scabra</i> (kl, na)	<i>Natrix cyclopion</i> (ta/na)
<i>Elaphe climacophora</i> (na)	<i>Ptyas korros</i> (ta/na)
<i>E. obsoleta rossalleni</i> (ta/na)	<i>Python regius</i> (na)

Echsen:

<i>Basiliscus plumifrons</i> (ta)	<i>Shinisaurus crocodilurus</i> (ta)
<i>Lanthanotus borneensis</i> (ta/na)	<i>Teratoscincus scincus</i> (na)
<i>Phelsuma laticauda</i> (ta/na)	<i>Uromastix acanthinurus</i> (ta)

Ich hatte die Möglichkeit, über die Herren Dr. SAUER und Dr. SCHRÖDER von der Osrsm GmbH, Abteilung Entwicklung/Anwendung, die übersandten Reptilien-Hornhäute (Exuvien der oben genannten Arten) spektrometrisch auf die Transmission von UV-Strahlen untersuchen zu lassen. Die Meßmethode war folgende (SCHRÖDER, briefl. Mitt., Zitat):

„Die Messungen erfolgten mit einem Beckmann-Spektralphotometer Typ DK-2. Als Strahlungsquelle dient eine Halogenglühlampe, deren Strahlung spektral zerlegt wird. Die Strahlung tritt einmal direkt durch ein Meßfenster in eine kleine Ulbricht'sche Kugel und erzeugt in der Kugel eine der spektralen Intensität der Lampe entsprechende spektrale Bestrahlungsstärke mit dem dazu proportionalen Photostrom, der zu 100 % gesetzt wird. Bei gleicher Wellenlänge wird der Strahl auf ein zweites Meßfenster umgelenkt, vor dem die Probe angebracht ist. Entsprechend der spektralen Transmission der Probe ergibt sich ein niedrigerer Photostrom am Empfänger. Der Quotient aus dem Photostrom mit der Probe und dem Photostrom der ungeschwächten Strahlung gibt direkt die Transmission bei der gemessenen Wellenlänge. Die Prozedur wird für alle Wellenlängen von 225 bis 350 nm durchgeführt.

Die Meßkugel wird eingesetzt, um den gesamten durch die Probe hindurchtretenden (auch in beliebige Richtungen gestreuten) Strahlungsfluß zu erfassen.“

Ergebnisse

Vergleicht man die Kurvenverläufe der Echsen mit denen der Schlangen, so ist festzustellen, daß fast alle Kurven die gleiche Tendenz des Kurvenverlaufes erkennen lassen, die einzelnen Werte der Transmission je Wellenlänge zum Teil jedoch sehr unterschiedlich sein können. Auf ein Minimum des Transmissionswertes bei Wellenlänge 225 nm folgt ein kleines Maximum bei 250 nm. Der Wert sinkt bei 275 nm wieder auf ein Minimum und steigt dann ziemlich gleichmäßig bis zum absoluten Maximum bei 350 nm. Weiter ist auffällig, daß etwa ab Wellenlänge 275 bis 325 nm die Transmissionskurven fast gebündelt verlaufen. Die über 350 nm hinausgehenden Wellenlängen gehen langsam in das sichtbare Licht über und sind für das anstehende UV-Problem ohne Bedeutung.

Da die Transmissionskurven der Hautproben der Reptilien deutliche Unterschiede aufwiesen, habe ich das Zahlenmaterial auf seine Unterschiede hin untersucht, wobei einschränkend festgestellt werden muß, daß bei insgesamt 22 Proben eine entscheidende Gesamtbeurteilung der Verhältnisse bei den squamaten Reptilien selbstverständlich nicht möglich ist.

Aus den verschiedenen Fragekomplexen heraus ergeben sich bestimmte Gegenüberstellungen von Transmissionskurven, die einen gewissen Aussagewert besitzen:

1. Rückenschuppen einer Echse zu den Rückenschuppen einer Schlange (Diagramm 1; Werte von je 1 Probe)
2. Rückenschuppen großer Schlangen zu den Rückenschuppen kleiner Schlangen (Diagramm 2; Mittelwerte von je 4 Proben)
3. Rückenschuppen tagaktiver Echsen zu den Rückenschuppen nachtaktiver Echsen (Diagramm 3; Mittelwerte von je 2 Proben)
4. Rückenschuppen tagaktiver Schlangen zu Rückenschuppen nachtaktiver Schlangen (Diagramm 4; Mittelwerte von je 2 Proben)

5. Große Rückenschuppen einer Echse zu deren kleinen Rückenschuppen (Diagramm 5; Werte von 1 Probe)
6. Große Bauchschuppen einer Schlange (*Python regius*) zu deren kleinen Rückenschuppen (Diagramm 6; Mittelwerte von 2 Proben)
7. Nicht pigmentierte Rückenschuppen von *Python regius* zu dessen pigmentierten Rückenschuppen (Diagramm 7; Werte von 1 Probe)

Als relativen Grenzwert der Bewertung für den niedrigsten Transmissionsunterschied habe ich — willkürlich — eine Transmission von 5 % gewählt. Irgendwelche Erfahrungswerte sind nicht bekannt, da Untersuchungen in dieser Richtung und mit der beschriebenen Methode nicht vorliegen.

Kurvendiskussion

Diagramm 1: Der Verlauf der Kurven Rückenschuppen einer Echse und Rückenschuppen einer Schlange zeigt die normale Tendenz: Minimum bei 225 nm und zweites Minimum bei 275 nm, steigende Werte bis 300 nm und zweites Maximum bei 350 nm. Zwei markante Stellen sind erkennbar: bei der Wellenlänge 275 nm mit 5,1 % und bei 325 nm mit 9,1 % relativem Unterschied beider Transmissionskurven. Der höchste Wert beider Proben, um 50 %, liegt bei 350 nm.

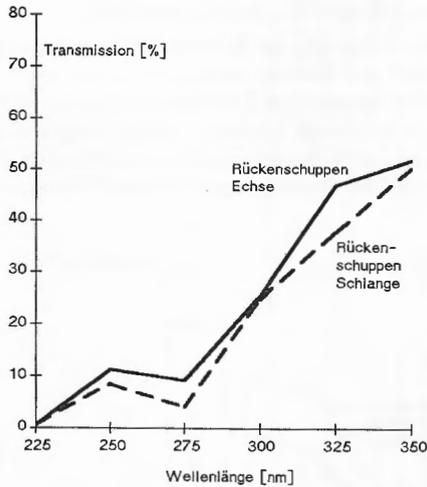


Diagramm 1

Diagramm 2: Bei den Kurven der Transmissionswerte der Rückenschuppen großer und kleiner Schlangen fällt besonders der Verlauf um 250 nm auf, da die Werte weit auseinander liegen, die Differenz beträgt 15 % (große Schlangen 18 %, kleine Schlangen 3 %). Bei Wellenlänge 350 nm beträgt sie nur noch 6 %, und das Verhältnis hat sich umgekehrt (kleine Schlangen 47 %, große Schlangen 41 %).

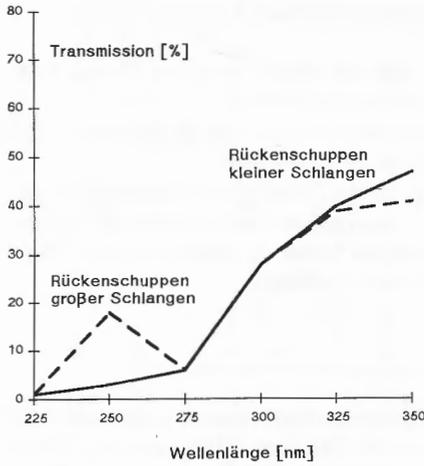


Diagramm 2

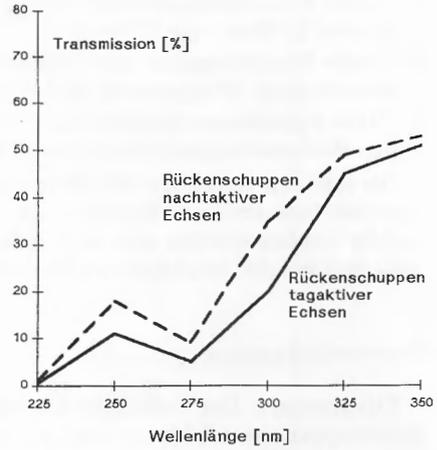


Diagramm 3

Diagramm 3: Die Kurven der Transmissionswerte der Rückenschuppen tagaktiver Echsen und nachtaktiver Echsen verlaufen normal, wobei die nachtaktiven Echsen durchgehend höhere Werte aufweisen als die tagaktiven Echsen. Die Differenzen betragen bei 250 nm 7%, bei 300 nm 15%.

Diagramm 4: Beim Vergleich der Werte tagaktiver Schlangen zu nachtaktiven Schlangen fällt auf, daß die Kurven nach dem Minimum bei 275 nm beginnen auseinanderzulaufen bis zur größten Differenz (13%) bei 325 nm, dann verlaufen sie nahezu parallel. Die höchsten Werte bei 350 nm liegen weit auseinander, 50% bei den nachtaktiven und 38% bei den tagaktiven Schlangen. Auch bei den Schlangen weisen die nachtaktiven Tiere generell höhere Werte auf als die tagaktiven.

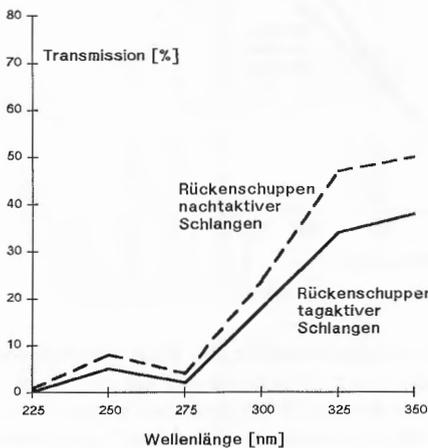


Diagramm 4

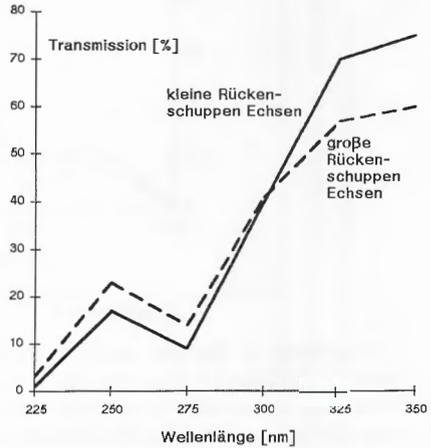


Diagramm 5

Diagramm 5: Von Interesse war der Vergleich der Transmissionswerte der großen Rückenschuppen einer Echse zu deren kleinen Rückenschuppen. Die beiden Kurven schneiden sich bei etwa 300 nm; darunter liegen die Werte der großen Schuppen höher, wenn auch mit maximal 6 % Unterschied nur geringfügig, darüber divergieren sie stark bis zum größten Unterschied von 15 % bei 350 nm (75 % bei kleinen Schuppen zu 60 % bei großen Schuppen).

Diagramm 6: Ein interessantes Ergebnis brachte der Vergleich der Transmissionswerte der großen Bauchschuppen der Riesenschlange, *Python regius*, zu ihren kleinen Rückenschuppen. So lagen die Werte der kleinen Rückenschuppen bei 250 nm mit 13 % und bei 300 nm mit 24 % um 7 und 13 % höher als die der großen Bauchschuppen. Ab Wellenlänge 325 nm kehrt sich das Bild um, und die Bauchschuppen liegen um 12 %, und um 21 % bei 350 nm höher als die Rückenschuppen. Die maximalen Werte sind hoch und sehr unterschiedlich: die großen Bauchschuppen 68 %, die kleinen Rückenschuppen 47 %.

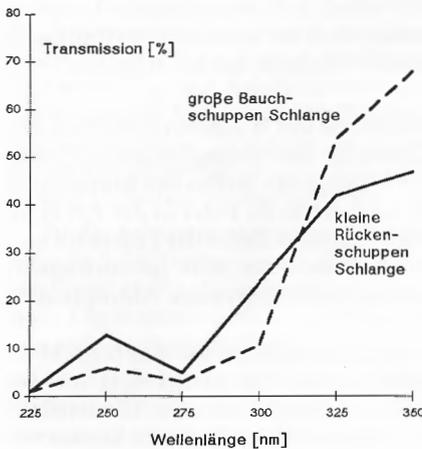


Diagramm 6

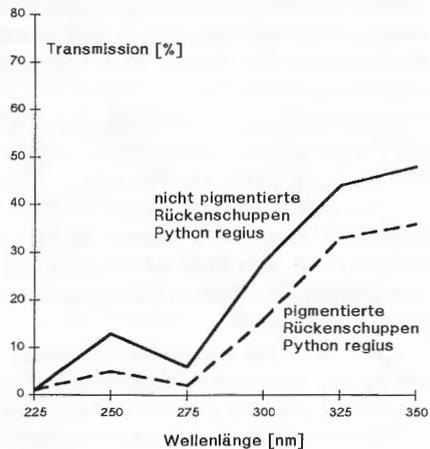


Diagramm 7

Diagramm 7: Als letzten Vergleich wählte ich die Transmissionsunterschiede der nicht pigmentierten Rückenschuppen von *Python regius* zu seinen pigmentierten Rückenschuppen. Hier war zu erkennen, daß die Pigmentierung die Filterwirkung verstärkt. Alle Werte der pigmentierten Schuppen lagen unter denen der nicht pigmentierten Schuppen, wobei bei Wellenlänge 250 nm eine um 8 %, bei 325 nm eine um 11 % und bei 350 nm eine um 12 % geringere Transmission für die pigmentierten Schuppen gemessen wurde. Die maximale Transmission der nicht pigmentierten Schuppen lag bei 48 % und der pigmentierten Schuppen bei 36 %.

Alkoholpräparate: Zusätzlich habe ich aus meiner Präparatesammlung von einigen in Brennspiritus konservierten Objekten (*Salamandra s. terrestris*, *Crocodylus* sp., *Eumeces schneideri*, *Gekko gekko*, *Phelsuma madagascariensis sundber-*

gi) Hautteile entnommen, die Fettreste entfernt und die Häute luftgetrocknet, so daß Hornhaut und Lederhaut intakt blieben. In allen Fällen wurden keine brauchbaren Werte ermittelt. Bei der Art der Konservierung und Aufbereitung der Objekte waren sie auch kaum zu erwarten. Auch eine Schuppe des Rückenpanzers von *Chelonoidis carbonaria* brachte keine auswertbaren Messungen, so daß alle Proben verworfen wurden.

Diskussion

Die vorliegende Untersuchung über die Transmission der Hornhaut der Reptilien deutet darauf hin, daß die Hornhaut in ihren verschiedenen Ausbildungen den Bereich der Wellenlängen von 225 bis 350 nm unterschiedlich stark filtert. Weitergehende Erkenntnisse können von den Ergebnissen kaum abgeleitet werden. Die physiologische Rolle der Lederhaut in diesem Zusammenhang und bei dieser Tiergruppe ist noch nicht geklärt. Ich meine, daß physiologische Untersuchungen über das Wirkungs- und Anwendungsmaß der einzelnen Wellenlängen Klarheit über die Vitamin-D-Synthese und UV-Therapie bei den Reptilien bringen könnte.

Beim Menschen ist die biologische Wirksamkeit des Wellenbereiches von 225 bis 350 nm in ihrer Abhängigkeit von der Dauer der Bestrahlung bekannt (MÜNCH & SCHRÖDER 1967). Die Hornhaut, die an verschiedenen Stellen des Körpers und zudem noch individuell unterschiedlich dick ist, wirkt als Filter in der Art einer passiven Absorption. Die unter der Hornhaut liegenden Zellen der Lederhaut und der weiteren Schichten lebender Zellen wirken ihrerseits aktiv (physiologisch) absorbierend im Sinne einer Eiweißabsorption beziehungsweise Absorption in freie Aminosäuren.

Als Grenze für eine positive Wirkung der UV-Bestrahlung hat man beim Menschen den Beginn der Hautrötung (Erythem) gesetzt. Sie ist abhängig von der Bestrahlungsstärke und ihrer Dauer; sie muß zum Beispiel mit einer Ultravitalux-Lampe von 1 000 lx auf 23 min beschränkt bleiben. Bei den Reptilien kennen wir keine dem Erythem vergleichbaren Warnsignale. Hier muß die Anwendungstechnik genau erarbeitet werden, um gesundheitsgefährdende Bestrahlungen zu vermeiden.

Dank

Den Herren Dr. SAUER und Dr. SCHRÖDER, Firma Osram GmbH, München, sei für die spektrometrischen Untersuchungen der Proben sehr herzlich gedankt. Ebenso danke ich Frau Dipl.-Biol. URSEL FRIEDERICH für ihre hilfreiche Manuskriptdurchsicht und Frau HEIKE NIETZKE für die Anfertigung der Diagramme. Für die Überlassung der Häutungsreste danke ich Frau UTE GRAS und den Herren HOHMANN, KULMUS, MÄGDEFRAU, MEYER, NEUMANN, SIMANOWSKI und WILMS.

Zusammenfassung

Von der Abteilung Entwicklung/Anwendung der Osram GmbH (Herren SCHRÖDER und SAUER) wurden 22 Reptilien-Häutungsreste (stratum corneum) spektrometrisch auf ihre Strah-

lungsdurchlässigkeit (Transmission) von UV-Strahlen (225 bis 350 nm) untersucht. Die übermittelten Meßergebnisse wurden vergleichend betrachtet. Die Häutungsreste zeigten unterschiedliche Transmissionen von maximal 36 bis 68 % je nach Reptilienart, Lage der Schuppen (Rücken, Bauch), Schuppenaufbau (pigmentiert, nicht pigmentiert) und Aktivitätszeit des Probanden (tags, nachts). Beachtenswert sind die stets auftretenden 2 Minima und 2 Maxima der Strahlungsdurchlässigkeit. Die Hornhaut wirkt also in ihren unterschiedlichen Ausbildungen als Filter gegenüber ungehinderter UV-Strahlung.

Schriften

- BÄSSLER, H. H. & K. LANG (1975): Vitamine. — Uni-Taschenbücher Nr. 507 (Arbeitsgemeinschaft der Verlage UTB), 84 S.
- BOONMANN, Y. (1987): De zin en unzin van UV-Licht. — *Iacerta*, 's-Gravenhage, 46 (2): 22-27.
- IPPEN, R., P. ZWART & H. R. SCHRÖDER (1985): Handbuch der Zootier-Krankheiten. Band Reptilien. — Berlin (Akademie-Verlag), 432 S.
- ISENBÜGEL, E. & W. FRANK (1985): Heimtierkrankheiten. — Stuttgart (Ulmer), 402 S.
- MARCUS, L. C. (1983): Amphibien und Reptilien in Heim, Labor und Zoo. — Stuttgart (Ferdinand Encke), 184 S.
- MÜNCH, W. & G. SCHRÖDER (1967): Über die Ermittlung der biologischen Wirkung der mit hoher Beleuchtungsstärke verbundenen UV-Strahlung. — *Techn.-wiss. Abh. Osram-Ges.*, München, 9: 313-328.
- NIETZKE, G. (1980): Die Terrarientiere. Band 1. — 3. Aufl., Stuttgart (Ulmer), 355 S.
- REICHENBACH-KLINKE, H. H. & F. ELKAN (1977): Krankheiten der Reptilien. — Stuttgart (G. Fischer), 288 S.
- SAUER, K. H. (1989): Richtige Aquarien- und Terrarienbeleuchtung. — Wuppertal (Engelbert Pfriem), 172 S.
- SCHOOP, E. (1989): Ultraviolett-Bestrahlung bei Reptilien. — *Aquar.- u. Terrar.-Z.*, Stuttgart, 42 (8): 470-471.
- VOGEL, G. & H. ANGERMANN (1971): dTV-Atlas der Biologie. Band 2. — München (dTV), 277-570.

Eingangsdatum: 25. Januar 1989

Verfasser: Dr. GÜNTHER NIETZKE, Friesentor 12, D-3200 Hildesheim-Einm.