

Röntgenologische und computertomographische Untersuchungen zur Darstellung einer fossilen *Paleotestudo angustihyoplastralis* GEMEL, 2002

von

Michaela GUMPENBERGER* und Richard GEMEL**

GUMPENBERGER, M. & GEMEL, R. (2002): Röntgenologische und computertomographische Untersuchungen zur Darstellung einer fossilen *Paleotestudo angustihyoplastralis* GEMEL, 2002. — Beitr. Paläont., 27: 395–398, 18 Abb., Wien.

Zusammenfassung

Die fossile Landschildkröte *Paleotestudo angustihyoplastralis* GEMEL, 2002 (vgl. GEMEL 2002, dieser Band) aus dem Karpatium (Untermiozän) des Korneuburger Beckens (Teiritzberg 001/X/C, Niederösterreich; genaue Fundstellenbeschreibung vgl. SOVIS, 1998) wird mit Röntgenbildern und 3D-rekonstruierten computertomographischen Darstellungen abgebildet und diskutiert. Die Möglichkeiten dieser bildgebenden Verfahren werden erörtert und vor allem die Dichtemessungen an rezenten Tieren im Vergleich zum Fossilmaterial hervorgehoben. In den Bildlegenden erfolgen ergänzende Hinweise.

Summary

Radiographs, sagittal and parasagittal CT-scans and 3-D reconstructions from the new species of tortoise, *Paleotestudo angustihyoplastralis* GEMEL, 2002 (GEMEL, this volume) from the Karpatian (Lower Miocene) of the Korneuburg Basin (Teiritzberg 001/X/C, Lower Austria; a detailed description of the locality is given in SOVIS, 1998) are presented and discussed. The possibilities of these diagnostic imaging techniques as well as the densitometry of living animals in comparison to fossil material are demonstrated. Additional comments are given with the figures.

Schlüsselwörter

Zoologie – Paläontologie – Fossilien – Reptilia – Testudines – Testudinidae – *Paleotestudo angustihyoplastralis* GEMEL, 2002 – Röntgen – Computertomographie

Key Words

Zoology – Palaeontology – fossils – Reptilia – Testudines – Testudinidae – *Paleotestudo angustihyoplastralis* GEMEL, 2002 – radiography – computed tomography

Anschriften der Verf.:

* Dr. Michaela Gumpenberger, Universitätsklinik für Röntgenologie der Veterinärmedizinischen Universität Wien, Veterinärplatz 1, A-1210 Wien.

** Richard Gemel, Naturhistorisches Museum Wien, Herpetologische Sammlung, Burgring 7, A-1014 Wien.

Einleitung

Die röntgenologische Untersuchung ist ein konventionelles bildgebendes Verfahren, um knöcherne Strukturen oder versteinerte Fossilien zu untersuchen. Dabei können bereits im Mikroröntgenverfahren Strukturen von Fossilien dargestellt werden, die beim freipräparierten Fossil zunächst nicht erkennbar sind, wie J. HABERSETZER bei Messeler Fossilien eindrucksvoll demonstriert (vgl. KOENIGSWALD & STORCH 1998). Allerdings kommt es durch die zweidimensionale Projektion des Objektes auf den Film zu Überlagerungsartefakten. Im Vergleich dazu hat die Computertomographie (CT) als röntgenologisches Schnittbildverfahren den Vorteil, daß sie eine überlagerungsfreie Darstellung ermöglicht. Eine Röntgenquelle und ein Strahlendetektor kreisen um den Patiententisch. Dabei durchdringen Röntgenstrahlen das Gewebe. Die Gewebedichten werden am Bildschirm als unterschiedliche Graustufen wiedergegeben. Die ermittelten Dichtewerte werden in Hounsfield Units (HU) angegeben (z.B.: Wasser: 0 HU, Gas: –1000 HU, Knochen: > +1000 HU). In der Veterinärmedizin wird die CT bei Vögeln und Reptilien als nicht invasive Methode für die Diagnose von Erkrankungen des Skeletts und der inneren Organe erfolgreich eingesetzt (GUMPENBERGER & HENNINGER, 2001). Es werden hierfür 1 bis 5 mm dicke kontinuierliche oder sich überlappende Schichten in transversalen, sagittalen oder auch horizontalen Ebenen verwendet.

Die dreidimensionale Rekonstruktion der CT-Schnitte erlaubt darüber hinaus eine anschauliche Darstellung der Form und erweitert so erheblich die traditionellen Methoden der Fossilbeschreibung und -darstellung mittels Fotografien, Zeichnungen und Text. Bereits SCHLEICH (1981) wies auf das Problem hin, daß Darstellungen eines ausgeglätteten und in der Ebene projizierten Panzers dem Betrachter meist ein Bild vermitteln, das von der wahren Panzerform stark abweicht. Er benutzt eine Prismenprojektion in der Zeichenebene mit Hilfe eines Luftbildumzeichners, um zu einer anschaulicheren räumlichen Darstellung von Schildkrötenfossilien zu gelangen.

Die CT perfektioniert dieses Verfahren und gibt außerdem Aufschlüsse über die inneren Strukturen des Objektes, ohne daß dieses zerstört oder geöffnet werden muß. Anhand des Panzers der fossilen Landschildkröte *Paleotestudo angustihyoplastralis* GEMEL, 2002 soll mit ausgewählten Bildern das Ergebnis dieser Methode vorgestellt werden. Das vorliegende Fossil gehört zu den seltenen

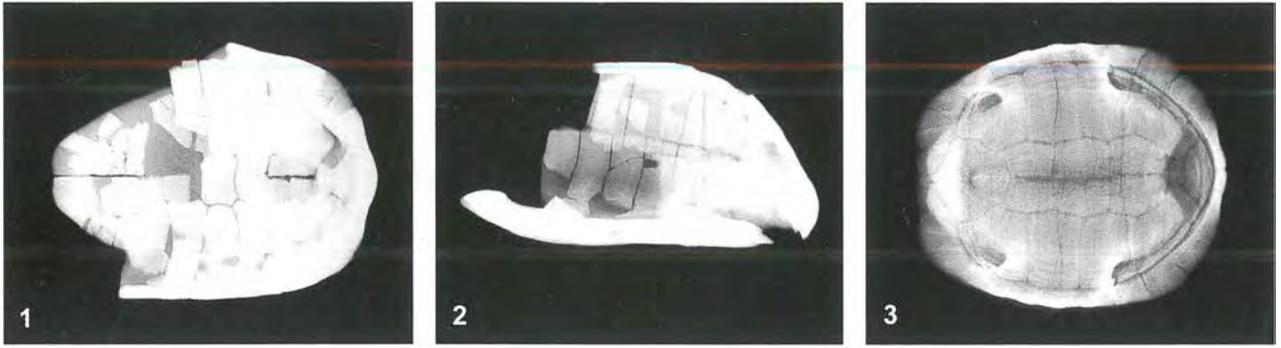


Abb. 1: *Paleotestudo angusthyoplastralis* GEMEL, 2002 (Teiritzberg 001/X/C; Sammlung NHMW): Röntgenaufnahme des Panzers im dorso-ventralen Strahlengang mit einem fein zeichnenden Film-Foliensystem: Die ursprünglichen Reste und die Ergänzungen sind zu erkennen. Die Versteinerungen der Knochenplatten zeichnen sich durch ihre grobporige Struktur aus, während sich die Kittmasse homogen darstellt. Die Knochennähte (Synostosen) zwischen einzelnen Platten sind eindeutig abgrenzbar.

Abb. 2: *Paleotestudo angusthyoplastralis* GEMEL, 2002 (Teiritzberg 001/X/C; Sammlung NHMW): Röntgenaufnahme des Panzers in Lateralansicht mit einem fein zeichnenden Film-Foliensystem. Die ursprünglichen Reste und die Ergänzungen sind zu erkennen.

Abb. 3: *Testudo hermanni* GMELIN, 1789 (rezent): Röntgenaufnahme des Panzes im dorso-ventralen Strahlengang mit einem fein zeichnenden Film-Foliensystem zum Vergleich.

Funden, bei denen eine weitgehende Restaurierung möglich war, weshalb es sich in besonderer Weise für eine dreidimensionale Rekonstruktion eignet. Die digitale Speicherung ermöglicht es darüber hinaus, die Bilddaten jederzeit abzufragen und neu zu bearbeiten.

Material und Methode

Das Präparat wurde zunächst mit einem feinzeichnenden Film-Folien System (Mammographiekassetten und -folien Kodak Min R 2000, Firma Eastman Kodak Company, Rochester, NY) in dorso-ventraler und sagittaler Ebene röntgenologisch untersucht (Abb. 1, 2). Anschließend wurde das Fossil mit einem Spiralcomputertomographen (Hispeed GE) sagittal in 1 Millimeter dicken aufeinanderfolgenden Schnitten geschichtet (Abb. 14-18). Die einzelnen Schnitte wurden in einem modifizierten Knochenfenster gesichtet und anschließend dreidimensional rekonstruiert. Das 3D-Modell wurde wiederum mehrfach angeschnitten, um den Situs einzelner anatomischer Besonderheiten zu verdeutlichen (Abb. 4-13).

Nähere Angaben zum Untersuchungsobjekt finden sich im vorangehenden Beitrag (GEMEL, 2002; dieser Band).

Ergebnis

Die Bilder zeigen, daß alle diagnostisch wichtigen Merkmale (Axillarstrebe rechts, Inguinalstreben, Epiplastralippe, rechte Brücke vom Axillar- bis Inguinalbereich sowie die weiteren Elemente des Plastrons, die Elemente des Carapax, Pygale, Suprapygalia, außerdem Teile der Peripheralia, Teile der Pleuralia und Teile der Neuralia) in Form von "Versteinerungen" (sensu THENIUS, 1962) erhalten sind und nur symmetrisch mit einer Kittmasse (Gips) ergänzt wurden.

Dichtemessungen ergaben für das "Knochenmark" der Versteinerung 1100 bis 1300 HU, für die "Compacta" der

Versteinerung durchschnittlich 2800-2900 HU und für die Klebmasse (Gips) 520-620 HU.

Diskussion

Schildkrötenpanzer erweisen sich als besonders gut geeignet, um mittels CT in räumlicher Projektion dargestellt zu werden, so daß Form und Gestalt wiedergegeben werden können. Derartige Darstellungen können nicht nur als wertvolle Ergänzung zu Beschreibungen fungieren, sondern durch ihren Informationsgehalt auch beitragen, lange Textpassagen zu reduzieren. Darüber hinaus sind die gespeicherten Daten für eine spezifische, spätere Bearbeitung – z.B. für Vergleiche mit anderen Fossilresten – jederzeit abrufbar. Ähnlich geeignete Objekte wären rezente und fossile Schädel von Vertebraten, aber auch große Evertebraten wie Gastropoden und Bivalven, besonders solche mit Leitfossilcharakter. Mit 1 mm Schichtdicke sind allerdings größtmäßig nach unten Grenzen gesetzt. So können zum Beispiel Mikrofossilien nicht erfaßt werden.

Die Knochendichte des Panzers von lebenden Schildkröten kann innerhalb einer Art schwanken und ist von klimatisch-ökologischen Faktoren (Wachstumsgeschwindigkeit) abhängig. Die Knochendicke des Panzers kann dabei auch durch Parasiten verändert werden (ZANGERL, 1969). Umstritten ist, ob und inwieweit der Panzer der weiblichen Tiere während der Eibildung als Mineralspeicher fungiert (SUZUKI, 1963). Es konnten jedoch bei ganzjährig beobachteten, mehrere Gelege produzierenden Weibchen röntgenologisch keine Unterschiede in der Knochendichte des Panzers festgestellt werden (GUMPENBERGER, 1996). Da röntgenologische Dichteunterschiede erst ab einem Kalziumverlust von etwa 30% nachgewiesen werden können, dürften sich solche Schwankungen und Unterschiede der Knochenstruktur des Panzers bei rezenten Schildkröten in einem relativ kleinen Rahmen bewegen.

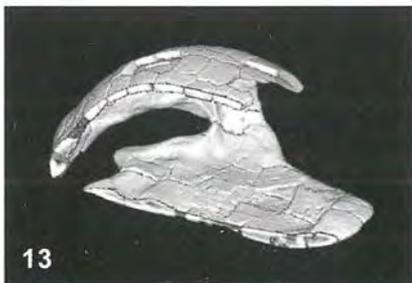
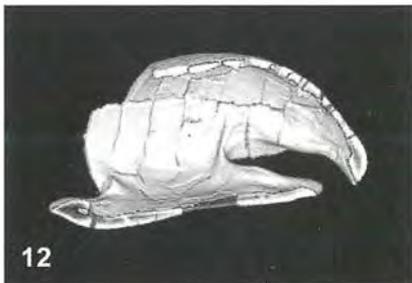
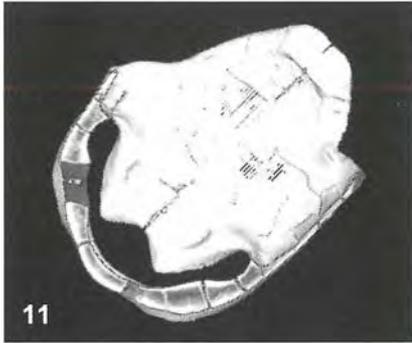
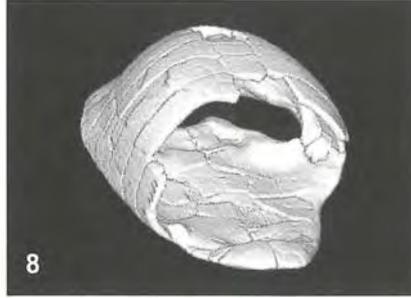
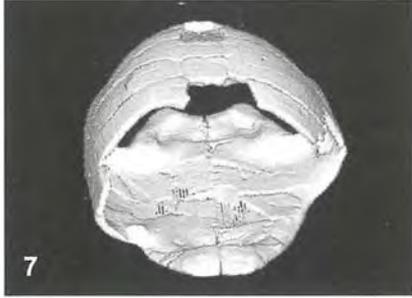
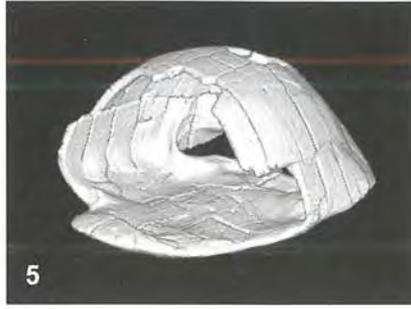
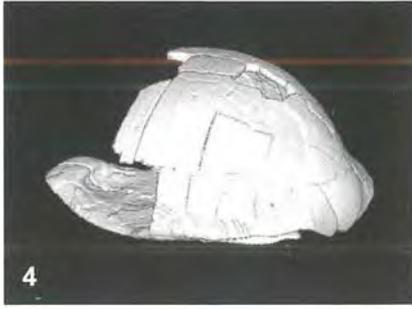


Abb. 4-13: *Paleotestudo angustihyoplastralis* GEMEL, 2002 (Teiritzberg 001/X/C; Sammlung NHMW): Rekonstruktion des Panzers

Abb. 4: Laterale Ansicht. In Struktur und Form deutlich erkennbar sind Epiplastrallippen und Pygalregion. Zu erkennen auch die Hornschildabdrücke von den Vertebralia 3 und 4. Der Plastron-Vorderlappen ist im distalen Bereich nur wenig aufwärts gewölbt.

Abb. 5: Ansicht von schräg oben und links vorne. In Struktur und Form sind deutlich erkennbar: Panzerwölbung, rechte Peripheralia in visceraler Sicht, rechte Inguinalstrebe.

Abb. 6: Ansicht von schräg oben und links vorne. In Struktur und Form deutlich erkennbar sind der Basisteil der rechten Axillarstrebe, der Winkel zwischen dem dorsalen und dem ventralen Anteil der rechten Peripheralia und die Verbindung der Neuralia 4 und 5 mit den Pleuralplatten.

Abb. 7: Ansicht von schräg oben und von vorne in der Medianebene. In Struktur und Form sind deutlich erkennbar: Plastron-Vorderlappen mit dorsalen Hornschildabdrücken der Gularia, Inguinalstreben und Plastron-Hinterlappen mit Hautsaumrinne und Schwanzmulde.

Abb. 8: Ansicht von schräg oben und schräg vorne links. In Struktur und Form sind deutlich erkennbar: Form des rechten Panzerrandes, Plastron-Synostosen in visceraler Sicht: Die hypo-xiphiplastrale Synostose verläuft kaudal im Abstand zu den Inguinalstreben.

Abb. 9: Ansicht von schräg unten rechts. In Struktur und Form deutlich erkennbar sind: Hintere Panzeröffnung mit rechter Brücke und Form der (rechten) Peripheralia 10 und 11.

Abb. 10: Ansicht von hinten in der Medianebene. Zu erkennen sind die unsymmetrische Panzerwölbung, das Pygale mit den Suprapygalia 1 und 2 und das Neurale 8. Die Form des Pygale und die Synostose zwischen dem Pygale und den elften Peripheralia sind deutlich dargestellt.

Abb. 11: Plastron in visceraler Sicht. Die davor liegenden Teile des Carapax wurden entfernt. Dadurch ist der Gesamtblick auf die dorsale Plastron-Oberfläche möglich. Der schmale Plastron-Vorderlappen ist deutlich zu erkennen.

Abb. 12: Viscerale Sicht auf die rechte Panzerseite. Die linke Plastron- und Carapaxhälfte wurden entfernt und erscheinen im Parasagittalschnitt. In Struktur und Form deutlich erkennbar sind die Ausprägung der Inguinalstrebe, Höhe der Peripheralia, Pygale und Epiplastrallippe im Querschnitt.

Abb. 13: Sicht von schräg oben und schräg rechts auf die viscerele Panzerseite (Brücke). Teile der rechten Carapax- und Plastronteile wurden entfernt und erscheinen im Parasagittalschnitt. Die Pleuralia sind im Querschnitt zu erkennen und zeigen die Krümmung zur Panzer-Hinterseite (Pygalregion).

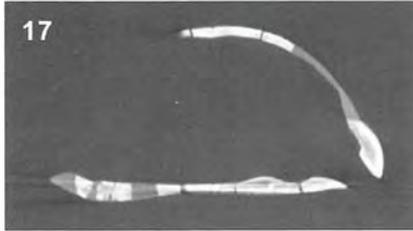
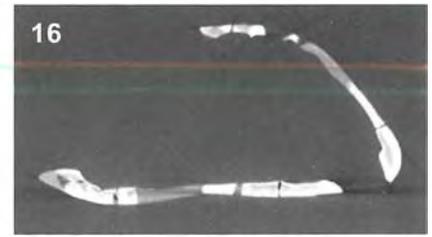
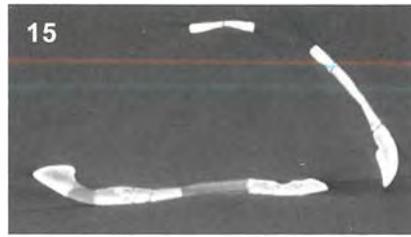
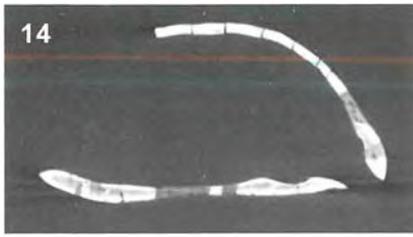


Abb. 14-18: *Paleotestudo angustihyoplastralis* GEMEL, 2002 (Teiritzberg 001/X/C; Sammlung NHMW):

Sagittale und parasagittale CT-Schnitte des Panzers: Krümmungsgrad des Carapax, Krümmung des Plastron-Vorderlappens, die Ausprägung der Epiplastra und der Epiplastralippe, der Xiphiplastra und des Pygale sind zu erkennen. Die dunklen Stellen sind Kittmasse.

Abb. 14: Sagittalschnitt links paramedian

Abb. 15: Sagittalschnitt in der Medianebene

Abb. 16: Sagittalschnitt rechts paramedian

Abb. 17: Sagittalschnitt rechts paramedian

Abb. 18: Sagittalschnitt rechts paramedian

Alle Aufnahmen wurden von Dr. M. GUMPENBERGER, Universitätsklinik f. Röntgenologie, Veterinärmedizinische Universität Wien (Vorstand Prof. Dr. E. MAYRHOFER) angefertigt.

In der CT weisen lebende Griechische Landschildkröten *Testudo hermanni* GMELIN, 1789 je nach Mineralisationsgrad eine Markdichte von 150-550 HU und eine Compactadichte von 800-1200 HU auf. Säugetierknochen zeigen im allgemeinen eine etwas geringere Knochendichte (z.B. Hund: Knochenmark 180-350 HU; Compacta 250-800 HU; Zähne ca. 1200 HU; Felsenbein ca. 1800 HU). JONES et al. (1998) konnten an einem fossilen Dinosaurierei Dichten von 1700-2020 HU und an einem weiteren Schalenfragment eines Dinosauriereies 1870-1920 HU feststellen. Auffallend ist der Unterschied der Knochendichte von wildlebenden rezenten Schildkröten im Vergleich zur Dichte der Versteinerung des fossilen Panzerrestes aus dem Untermiozän des Korneuburger Beckens: letzterer weist eine bis zu 10x höhere Dichte auf!

Inwieweit die ermittelten Dichten auch von der Fossilart, dem geologischen Alter, der Einbettungssituation oder anderen Fossilisationsparametern abhängig sind, könnte nur mit weiteren CT-Untersuchungen geklärt werden.

Literatur

- GEMEL, R., (2002): Weitere Schildkrötenreste aus dem Karpatium des Korneuburger Beckens (Untermiozän; Niederösterreich) — Beitr. Paläont. 27: 373-393, 1 Taf., 8 Abb., Wien.
- GUMPENBERGER, M. (1996): Untersuchungen am Harntrakt und weiblichen Genitaltrakt von Schildkröten mit Hilfe bildgebender Diagnostik. — Diss. Vet. Med. Univ. Wien; 122 S.
- GUMPENBERGER, M., HENNINGER, W. (2001): The Use of Computed Tomography in Avian and Reptile Medicine. — Sem. in Avian and Exotic Pet Medicine 10 (4): 174-180.
- JONES, J. C., GREENBERG, W., AYERS, S. (1998): Computed tomographic evaluation of dinosaurier egg shell integrity. — Vet. Radiol. Ultrasound 39: 133-136.
- KOENIGSWALD, W. v., STORCH G. (ed.) (1998): Messel - Ein Pompeji der Paläontologie. — thorbecke SPECIES Band 2 (Thorbecke), Sigmaringen, 151 S.
- SCHLEICH, H. H. (1981): Jungtertiäre Schildkröten Süddeutschlands unter besonderer Berücksichtigung der Fundstelle Sandelzhausen. — Courier Forschungsinstitut Senckenberg, 48, 372 S., 5 Karten, 19 Taf., Frankfurt/Main.
- SOVIS, W. (1998): Die Fundorte und Aufschlüsse im Karpat des Korneuburger Beckens. — Beitr. Paläont. 23: 27-56, Wien.
- SUZUKI, H. K. (1963): Studies on the osseous system on the slider turtle: 351-410. — In: WHIPPLE, H. E. (ed.): Comparative biology of calcified tissue. — Ann. N. Y. Ac. Sci. 109.
- THENIUS, E. (1962): Niederösterreich im Wandel der Zeiten. Grundzüge der Erd- und Lebensgeschichte von Niederösterreich (2. Aufl.). — (NÖ Landesmuseum), Wien, 126 S.
- ZANGERL, R. (1969): The turtle shell: 311-339. — In: GANS, C. (ed.): Biology of the reptilia (Academic Press), London, New York.