

keiten parallel zur galaktischen Scheibe bestimmt werden (siehe Abb. 2). Dabei erhielten die Astronomen 38 weiße Zwerge, die außerhalb der 2σ -Grenze (94 km/s) lagen (σ = Standardabweichung). Die Standardverteilung stammt von der gemessenen Geschwindigkeitsverteilung „alter“ Sterne in der Scheibe. Da Objekte mit Eigenbewegungen kleiner als $3''/y$ (Bogensekunden pro Jahr) kaum beobachtet werden können, sei es klar, daß auf der linken Hälfte des Diagramms nur so wenig weiße Zwerge zu finden seien. Die so gefundenen 38 Halo-Zwerge ergeben dann eine Dichte von $1,3 \cdot 10^{-4}$ Sonnenmassen/parsec³. Das ist etwa das Zehnfache der im sichtbaren Halo zu erwartenden weißen Zwerge. Deshalb müßten sie zur Dunklen Materie des Halos gehören, von dem sie dann 2% der Dichte ausmachen.

In einem im Oktober 2001 veröffentlichten Artikel argumentieren REID et al. (2001) dagegen, die gefundenen weißen Zwerge gehörten zu schon bekannten sichtbaren Populationen von Sternen und betrachten die angeführten Argumente als zu schwach, um eine so radikale These begründen zu können. Sie bemerken, daß ein Großteil der Zwerge sich an den 2σ -Grenzen befindet und nur wenige sich entgegen der Scheibenrotation bewegen. Außerdem finden sie keinen Beleg für die Unvollständigkeit der Beobachtungen hinsichtlich der linken Seite von Abb. 2. Sie argumentieren deshalb, daß die meisten der weißen Zwerge den Hochgeschwindigkeitsschwanz der rotierenden Scheibe ausmachen. Durch Vergleich mit M-Zwergen (Hauptreihensterne vom M-Typ) erhalten sie unter Verwendung der Sternentwicklungstheorie eine Abschätzung der Dichte von sehr schnellen weißen Zwergen, die grob mit den von OPPENHEIMER et al. berechneten übereinstimmt. Die retrograd sich bewegendes Sterne seien dagegen durchaus im Rahmen dessen, was mit dem sichtbaren Halo zu erwarten sei.

Schlußfolgerung. Neben einigen Fällen, wo Dunkle Materie nicht gefunden wurde, gibt es also einige Befunde, wo sie möglicherweise nachgewiesen wurde. Braune Zwerge scheiden als mögliche Kan-

didaten für Dunkle Materie aus. Auch in der galaktischen Scheibe ist sie nicht (nennenswert) nachweisbar. Die Suche nach Gravitationslinsen hat einige Objekte nachweisen können, die einen deutlichen Anteil an der gesuchten Dunklen Materie liefern könnten. Allerdings kann noch nicht ausgeschlossen werden, daß die Linsen in den Magellanschen Wolken liegen und somit keine Dunkle Materie im Halo der Milchstraße darstellen. Dabei scheidet ein ganz aus Machos bestehender Halo von Dunkler Materie bereits jetzt aus. Die beobachteten weißen Zwerge sind möglicherweise der erste direkte Fund von Dunkler Materie, machen aber bisher nur 2% aus, und es ist nicht klar, ob sie eventuell doch zu bisher bekannten Sternen gehören.

Damit bleibt die gesuchte Dunkle Materie bis jetzt weiter im Dunkeln.

Oliver Beck

Literatur

- ALCOCK C et al. (2000) The MACHO Project: Microlensing results from 5.7 years of large Magellanic Cloud observations. *Astrophys. J.* 542, 281-307. [MACHO]
- CRÉZÉ, M. et al. (1998) The distribution of nearby stars in phase space mapped by Hipparcos. *Astronomy + Astrophysics* 329, 920-936.
- GLANZ J (1996) Is the Dark Matter Mystery Solved? *Science* 271, 595-596.
- GLANZ J (1998) A Dark Matter candidate loses its luster. *Science* 281, 332-333.
- HELLEMANN, A. (1997) Galactic Disk contains no Dark Matter. *Science* 278, 1230.
- MILSZTAJN A & LASSERRE T (2001) Not enough stellar mass Machos in the Galactic Halo. *Nucl. Phys. (Proc. Suppl.) B* 91, 413-419. [EROS]
- OPPENHEIMER BR (2001) Direct Detection of Galactic Halo Dark Matter. *Science* 292, 698-702.
- REID IN et al. (2001) High-velocity white dwarfs: thick disk, not dark matter. *Astrophys. J.* 559, 942-947.
- SAHU KC & SAHU MS (1998) Spectroscopy of Macho 97-SMC-1: self-lensing within the small magellanic cloud. *Astrophys. J.* 508, L147-150.
- SINCELL M (2001a) Astronomers glimpse Galaxy's heavy halo. *Science* 291, 2293-2294.
- SINCELL M (2001b) Critics of 'Halo Matter' Outrace the Preses. *Science* 292, 618-619.
- TINNEY CG (1999) Brown dwarfs: the stars that failed. *Nature* 397, 37-40.

Primitiv oder fortschrittlich?

Neue Befunde an fossilen Schildkröten stellen bisherige Vorstellungen auf den Kopf

„Schon durch ihren kennzeichnenden Panzer bilden die Schildkröten (Testudines) eine so deutlich in sich abgeschlossene Kriechtierordnung, daß

man sie schwerlich mit anderen Tieren verwechseln kann.“ Mit diesen einleitenden Worten beschreibt „Grzimeks Tierleben“ die ausgespro-

chen isolierte und markante Stellung dieser ungewöhnlichen Tiere. Neben dem typischen Panzer gelten als spezielle, abgeleitete Merkmale der verstärkte Schädel, das Fehlen von Zähnen und die Lage des Beckengürtels innerhalb des Brustkorbs. Der Körperbau ist so einzigartig, daß nur wenige Merkmale benutzt werden können, um die Schildkröten mit irgendwelchen anderen Tiergruppen zu verbinden und daraus Hinweise auf mögliche stammesgeschichtliche Beziehungen zu entnehmen. Entsprechend uneins sind sich die Evolutionsbiologen in dieser Frage. Da Schildkröten kein Schläfenfenster besitzen, d. h. anapsid sind (vgl. Abb. 2), bestand bislang jedoch Übereinstimmung in der Einschätzung, daß diese Tiergruppe von anapsiden Reptilien abzuleiten sei. Der geschlossene Schädel gilt allgemein als Primitivmerkmal, folglich wurden die Schildkröten von Formen abgeleitet, die an der Basis der Reptilien stehen. Diskutiert wurde auch, ob sich die Schildkröten statt von primitiven Reptilien von den Uramphibien abgezweigt haben (www.senckenberg.uni-frankfurt.de/expo/9912.htm).

Neue Studien. Doch selbst dieser Minimalkonsens von der Primitivität des Schädelbaus ist mittlerweile sowohl durch neue morphologische als auch durch molekulare Studien gründlich in Frage gestellt worden. ZARDOYA & MEYER (1998; 2001) haben die komplette mitochondriale DNA sowie Kern-DNA der Schildkröten analysiert. Demnach erscheinen die Schildkröten als Schwestergruppe der Archosaurier, zu welchen Krokodile und Vögel gestellt werden (Abb. 3), oder als Schwestergruppe der Krokodile. Aus diesen Analysen geht gleichermaßen weiter hervor, daß die Krokodile überraschenderweise mit den Schildkröten enger verwandt sind als mit Eidechsen, denen sie gestaltlich deutlich ähnlicher sind. Daraus folgt, daß der anapside Schädelbau der Schildkröten nicht mehr als Primitivmerkmal interpretiert werden kann; viel-

Vom „Primitivmerkmal“ zum „fortschrittlichen“ Merkmal: der Schädelbau der Schildkröten

mehr muß jetzt angenommen werden, daß die Schildkröten von diapsiden Formen (mit zwei Schläfenfenstern, vgl. Abb. 2) abzuleiten sind und ihr Schädel sekundär wieder geschlossen wurde.

Auch aufgrund von neuen morphologischen Studien, bei denen auch fossile Formen einbezogen wurden, sind die Schildkröten von diapsiden Formen abzuleiten. Allerdings bilden – im Gegensatz zu den molekularen Befunden – die Schildkröten zusammen mit den Lepidosauriern (*Tuatara*, Eidechsen und Schlangen) eine monophyleti-

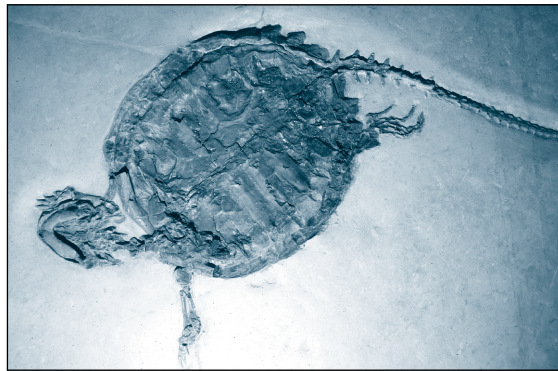


Abb. 1: Portrait einer Schildkröte

sche Gruppe (ZARDOYA & MEYER 2001, 196). Morphologie und Moleküle passen also nicht zusammen – ein häufig anzutreffendes Bild.

Fossilien. Die isolierte Position der Schildkröten wird auch durch den Fossilbefund hervorgehoben, denn „ganz plötzlich, quasi aus dem Nichts, scheinen sie aufgetaucht zu sein; es wurden bis heute kaum Fossilien von Übergangsformen gefunden“ (www.uni-bonn.de/Aktuelles/Pressemitteilungen/pm02/pm0117-02.html). Erste Fossilfunde sind aus der Obertrias (auf 215 Ma datiert) bekannt. Seither hat sich der Bauplan der Schildkröten kaum verändert (ZARDOYA & MEYER 2001, 193). Aufgrund von morphologischen Analysen ist nach ZARDOYA & MEYER (2001, 195) die Linie, die zu den Schildkröten führte, in die Unter- bis Mitteltrias (auf ca. 245-235 Ma datiert) zu stellen, also 20-30 Ma vor dem ersten fossilen Nachweis von Schildkröten. Nach der bisherigen Vorstellung von der Primitivität des anapsiden Schädelbaus der Schildkröten wären ihre Vorläufer bereits im Oberperm zu erwarten (auf 255 Ma datiert).

Schlußfolgerungen. Die Studien zur Phylogenie der Schildkröten zeigen zum einen beispielhaft: Es ist den Merkmalen an sich nicht anzusehen, ob sie „primitiv“ oder „fortschrittlich“ sind. Diese Charakterisierungen ergeben sich auf der Basis phylogenetischer Hypothesen; sie können jederzeit grundlegend revidiert werden – wie im Falle der Einstufung des Schädelbaus der Schildkröten.

Zum zweiten hat sich herausgestellt, daß bei Zugrundelegung verschiedener Merkmalskomplexe unterschiedliche phylogenetische Abfolgen resultieren, also Merkmalswidersprüche auftreten.

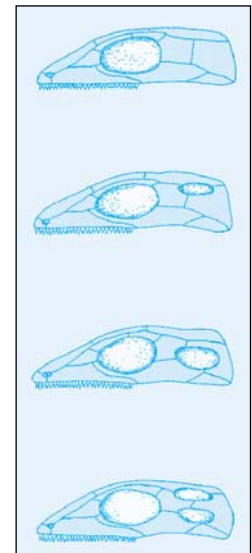
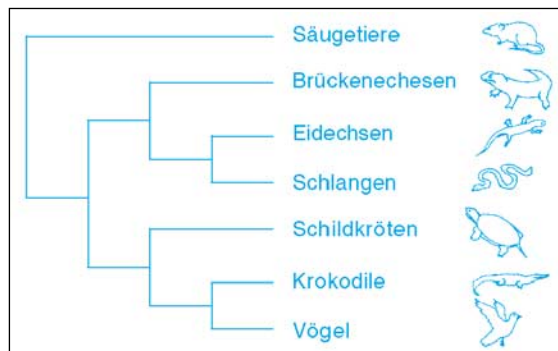


Abb. 2: Verschiedene Typen des Schläfenfensters bei Reptilien. Der Typ des Schläfenfensters dient zur Klassifikation. (Nach ROMER & PARSONS 1991)

Abb. 3: Neue Hypothese zur Stellung der Schildkröten innerhalb der heute lebenden Amnioten. Näheres im Text. (Nach ZARDOYA & MEYER 2001).

Drittens besteht – in evolutionstheoretischer Interpretation – eine deutliche zeitliche Lücke zwischen dem aufgrund von phylogenetischen Studien (Merkmalsanalysen) erwarteten ersten fossilen Auftreten und dem tatsächlichen Nachweis von Fossilfunden – im Falle der Schildkröten sind es je nach zugrundegelegter Phylogenie 20-40 Millionen Jahre (ZARDOYA & MEYER 2001, 195, 196). Auch dieser Befund ist verbreitet anzutreffen (vgl. STEPHAN 2002).

Und schließlich: Die markante morphologische Lücke zwischen Schildkröten und anderen Reptilien ist durch Fossilformen bislang nicht überbrückt.

Reinhard Junker

Literatur

- ROMER AS & PARSONS TS (1991) Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere. Hamburg.
STEPHAN M (2002) Der Mensch und die geologische Zeittafel. Holzgerlingen.
ZARDOYA R & MEYER A (1998) Complete mitochondrial genome suggests diapsid affinities of turtles. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 95, 14226-14231.
ZARDOYA R & MEYER A (2001) The evolutionary position of turtles revised. Naturwissenschaften 88, 193-200.

Neues zur Systematik und Evolution der Kernobstgewächse (Rosaceae: Maloideae)

Die Kernobstgewächse umfassen etwa 24-30 Gattungen mit insgesamt etwa 2000 Arten. Bekannte Vertreter sind z.B. Apfel, Birne, Eberesche, Weißdorn, Mispel und Quitte. Es sind alles Holzpflanzen, die als gemeinsames Merkmal die Apfelfrucht besitzen. Systematisch gesehen stellen sie die Unterfamilie Maloideae innerhalb der Familie der Rosaceae (= Rosengewächse) dar. Aufgrund ihrer vielfältigen Verbindungen durch Kreuzungen, ihrer Einheitlichkeit (Apfelfrucht, Chromosomenzahl $x = 17$) und ihrer guten Abgrenzung nach außen wurden sie als Beispiel für einen Grundtyp vorgestellt (KUTZELNIGG 1993).

Zu den Rosaceen gehören noch folgende Unterfamilien: Spiraeoideae (= Spierstrauchgewächse mit z.B. *Spiraea* = Spierstrauch und *Quillaja* = Seifenbaum), Rosoideae (= Rosengewächse i.e.S. mit z.B. *Rosa* = Rose, *Fragaria* = Erdbeere, *Geum* = Nel-

kenwurz) und Prunoideae (= Steinobstgewächse mit z.B. *Prunus* = Pflaume, Kirsche, Mandel usw.).

Da die Kernobstgewächse von erheblicher wirtschaftlicher Bedeutung sind, ist über diese Pflanzengruppe viel gearbeitet worden, und so wurden in den letzten Jahren auch molekularbiologische Methoden zum Einsatz gebracht, die durch Vergleich verschiedener Gene die Verwandtschaftsbeziehungen aufzuklären versuchen (EVANS & CAMPBELL 2002, CAMPBELL et al. 1995, MORGAN et al. 1994). Die Ergebnisse bestätigen die bereits aufgrund morphologischer und chemischer Charakteristika festgestellte Gleichartigkeit der Maloideengattungen ebenso wie die vergleichsweise große Verschiedenartigkeit der beiden Unterfamilien Spiraeoideae und Rosoideae.

Seit einiger Zeit wird im Hinblick auf bestimmte klassische Merkmale (z.B. der Blütenform und Ausprägung der Frucht) diskutiert, ob gewisse Vertreter der Unterfamilie der Spierstrauchgewächse (Spiraeoideae) zu den Maloideae verschoben werden sollten. Es handelt sich um einige in Amerika beheimatete Gattungen aus der Verwandtschaft der Seifenbäume (Tribus Quillajeae s.l.), nämlich *Kageneckia* (Abb. 1), *Lindleya* und *Vauquelinia*. Sie wurden traditionellerweise nicht zu den Maloideae gestellt, vor allem weil sie nicht die typische Apfelfrucht, sondern trockene Öffnungsfrüchte besitzen. Doch war aufgefallen, daß die Pflanzen eine von den übrigen Spiraeoideae ($x = 9$) abweichende Chromosomenzahl aufweisen (*Kageneckia* und *Lindleya* $x = 17$, *Vauquelinia* $x = 15$), und daß auch die Entwicklung der Fruchtblätter (Karpelle) sehr den Verhältnissen der Kernobstgewächse

Abb. 1: *Kageneckia spec.*, Vertreter einer südamerikanischen Gattung, die bisher zur Rosaceen-Unterfamilie der Spierstrauchgewächse gezählt wurde, aber vielleicht zu den Kernobstgewächsen gestellt werden muß. Man beachte die 5 Balgfrüchte, wie man sie – allerdings von Fruchtfleisch umgeben – auch beim Apfel findet. (Foto: R. C. EVANS)

