

wicklung einer motorischen Nervenbahn, die im Hinterbein der Maus den Streck- und Beugermuskel steuert, wiesen sie nach, daß der Teil der Nervenbahn, der den Beugermuskel versorgt, verstärkt den Rezeptor *ret* bildet. Diese Axone wanderten in die Bereiche des Beines, in denen die Forscher besonders viel von dem Faktor GDNF fanden, das also in einer zeitlich abgestimmten Weise von den umgebenden Zellen zur Verfügung gestellt wird. Schalteten die Wissenschaftler das GDNF/*ret*-System genetisch aus, so wanderten die Axone in die falsche Richtung. Da die Muskeln nun in der weiteren Entwicklung neurologisch falsch verschaltet wurden, konnte sich die geborene Maus nicht koordiniert bewegen.

Frühere Versuche der Forscher zeigten bereits die analoge Wirksamkeit eines anderen Signal-Rezeptor-Systems (*EPHRIN/eph*-System). Interessanterweise funktionieren *EPHRIN/eph* und *GDNF/ret* jedoch unabhängig voneinander – das heißt, die Signalfaktoren eines Systems werden auch gebildet, wenn das andere blockiert ist. Aber *ein* funktionierendes Signal-Rezeptor-System allein reicht nicht aus, daß sich die Fortsätze der Nervenzellen richtig orientieren, beide müssen parallel wirksam sein.

Neben dem Erstaunen über die Genialität wirft dieses biochemische Navigationssystem Fragen zu dessen evolutionärer Entstehung auf. Warum und wie schuf die Natur gleich zwei Signalwege mit gleicher Funktion im Verlauf der Evolution? Nur gemeinsam in Aktion macht ihre Existenz Sinn, ihre Entstehung muß aber unabhängig voneinander durch zufällige Veränderungen ihrer codierenden Gene auf unterschiedlichen Chromosomen verstanden werden. Welche Selektionsdrücke halfen, dieses genetisch getrennt gelegene und regulierte System zu erhalten, funktionell zu verknüpfen und zu perfektionieren? Fragen, auf die es auch für Rüdiger KLEIN nicht einmal hoffnungsvolle Spekulationen, geschweige denn solide Antworten gibt. „Wir sind erst ganz am Anfang, die einzelnen feinen Mechanismen zu verstehen, die dafür sorgen, daß

unser Bewegungsapparat so perfekt mit Nervenzellen verbunden und gesteuert wird. Da das menschliche Nervensystem auf den gleichen Signalsystemen basiert, könnte diese Studie auch helfen, seine Entwicklung besser zu verstehen.“

[KRAMER E, KNOTT L, SU F, DESSAUD E, KRULL CE, HELMBACHER F & KLEIN R (2006) Cooperation between GDNF/Ret and ephrinA/EphA4 Signals for Motor-Axon Pathway Selection in the Limb. *Neuron* 50, 35-47; <http://www.wissenschaft-online.de/abo/ticker/831113>] HU

Aga-Kröte mit schnellen Beinen

In der zuletzt überhitzten Atmosphäre der Auseinandersetzung um Evolution wurde häufig die Aga-Kröte als „Stütze“ für die Evolutionstheorie angeführt. Der „Spiegel“ wartete sogar mit der Meldung auf, daß die Australier durch diese „Gift-Kröte“ die Evolution derzeit „live zu spüren“ bekämen (www.spiegel.de/wissenschaft/erde/0,1518,401145,00.html). Was hat sich ereignet?

Vor 70 Jahren wurde diese bis zu 2 kg schwere Kröte (*Bufo marinus*) aus Venezuela zur Schädlingsbekämpfung in Australien eingeführt. Wie so oft waren auch hier die ökologischen Folgen dieser Einschleppung kaum absehbar. Die Tiere erwiesen sich als Meister der Ausbreitung und sind längst ihrerseits zu einer schwer bekämpfbaren Plage geworden. Nach ein paar Jahren bildeten die Kröten längere Beine aus. Untersuchungen zeigten, daß die Tiere, die sich an der Spitze der Ausbreitungsfront befanden, die längsten Beine hatten (PHILLIPS et al. 2006).

Die Verlängerung der Beine erklärt die Schnelligkeit der Ausbreitung jedoch nicht alleine. Vielmehr kommt eine Verhaltensänderung im Ausbreitungsverhalten hinzu, die dazu führte, daß die Kröten sich nach 2-3 Jahrzehnten 5mal so schnell ausbreiteten als zu Beginn. Mittlerweile stoßen sie 50 km pro Jahr vor. Von diesen geradezu blitzschnellen Veränderungen sind die Wissenschaftler überrascht und schlagen Alarm: Eingeschleppte Arten, die in neue Lebensräume vordringen, müßten schnellstens bekämpft werden, bevor das ökologische Gleichgewicht nachhaltig gestört wird.

Diese Veränderungen sind allerdings weit davon entfernt, *pauschal* als Stütze für die Evolutionstheorie gelten zu können, handelt es sich doch um ein offenkundiges Beispiel von Mikroevolution. Daß Anpassungsfähigkeit und ökologische Flexibilität zu den Grundeigenschaften des Lebens gehört, ist vielfach experimentell belegt und auch nicht strittig; die Aga-Kröte liefert ein weiteres beeindruckendes Beispiel dafür. Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang das stark veränderte Ausbreitungsverhalten unter geänderten ökologischen Bedingungen. Ist das ökologische Gleichgewicht gestört, werden offenbar Mechanismen einer schnelleren Ausbreitung abgerufen.

Die Aga-Kröte hat wegen ihrer giftigen Haut im

Abb. 1: Im Tierpark in Chemnitz hat eine Aga-Kröte soeben eine Maus verspeist und schiebt sich den zu langen Schwanz in ihr Maul. Foto: Uwe Meinhold/ddp



neuen Lebensraum kaum Feinde. Lediglich zwei Schlangenarten haben es – ebenfalls schnell – geschafft, ihrer Herr zu werden (PHILLIPS & SHINE 2004). Ihre Köpfe sind kleiner und ihr übriger Körper größer als zuvor. Deshalb können sie nur kleinere, weniger giftige Kröten fressen, deren Gift im größeren Körper nicht so wirkungsvoll ist. Auch das ist Variation von Vorhandenem – Mikroevolution; und sie kann schnell verlaufen. 20 Generationen reichten den Schlangen offenbar bereits aus. Das kann nur so schnell gehen, wenn das nötige Potential genetisch schon bereitgestellt ist, so daß Selektion in kurzer Zeit wirksam werden kann.

[PHILLIPS BL, BROWN GP, WEBB JK & SHINE R (2006) Invasion and the evolution of speed in toads. *Nature* 439, 803; PHILLIPS BL & SHINE R (2004) Adapting to an invasive species: Toxic cane toads induce morphological change in Australian snakes. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 101, 17150-17155] RJ

Ameisen: Zunahme an Vielfalt bereits vor fossilem Nachweis

Ameisen (Hymenoptera: Formicidae) gehören zu den dominanten Organismengruppen von Landlebensräumen und nehmen eine Schlüsselrolle in den ökologischen Gefügen ein. Sie weisen eine große Artenvielfalt auf und sind auch fossil in großer Zahl bekannt. Umfangreiche molekulare Analysen einer Forschergruppe der Harvard Universität werden im Sinn einer Monophylie gedeutet, d. h. man führt die Ameisen auf einen gemeinsamen Vorfahren zurück (MOREAU et al. 2006). 19 der 20 Unterfamilien der Formiciden wurden in die Untersuchungen einbezogen und Sequenzdaten von 4500 Basen aus 6 Gen-Regionen ausgewertet. Mittels Kalibrierung anhand fossiler Formen wird auf ein Mindestalter der Ameisen von 140 Millionen Jahren geschlossen (untere Unterkreide); das ist viel älter als bisher angenommen. Die ersten fossilen Nachweise datieren um 100 Millionen Jahre (Grenzbereich Untere/Obere Kreide). Unter den ältesten fossilen Ameisen treten neben basalen Formen auch solche mit Merkmalen „moderner“ Gruppen auf. Die Autoren schließen aus diesem Befund, daß es eine länger dauernde Frühgeschichte der Formicidae gegeben haben müsse. Die hauptsächliche Diversifikation (erhebliche Zunahme an Vielfalt) ist aber erst ab der Oberkreide (um 80 Millionen Jahre) bis zum Eozän (um 50 Millionen Jahre) fossil nachgewiesen. Das heißt: ein größerer Abschnitt, nämlich etwa ein Drittel bis die Hälfte der Geschichte der Ameisen ist fossil nicht oder nur schwach belegt – sie müssen also während dieser Zeit in geologisch nicht überlieferten Lebensräumen existiert haben (vgl. dazu STEPHAN 2002). Die Autoren vermuten einen Zusammenhang zwischen der Diversifikation der Ameisen mit der Ausbreitung der Angiospermen (= bedecktsamige Blütenpflanzen). Auch bei diesen wird eine längere nicht belegte Vorgeschichte vor dem fos-

silen Erscheinen angenommen.

[MOREAU CS, BELL CD, VILA R, ARCHIBALD SB & PIERCE NE (2006) Phylogeny of the Ants: Diversification in the Age of Angiosperms. *Science* 312, 101-104; STEPHAN M (2002) Der Mensch und die geologische Zeittafel. Holzgerlingen.] RJ

Einmal mehr: Morphologie und Moleküle im Konflikt

Ein häufig gebrauchtes, scheinbar schlagendes Argument für die „Tatsache“ einer allgemeinen Evolution ist die Übereinstimmung molekularer Ähnlichkeitsbäume mit „klassischen“ Stammbäumen, die anhand morphologischer (gestaltlicher) Merkmale aufgestellt wurden – besonders in populären Darstellungen. Die Fachliteratur spiegelt diese Einschätzung jedoch nicht wider. Im Gegenteil bringen molekulare Daten nicht selten sicher geglaubte Verwandtschaftsbeziehungen durcheinander. Dieses Schicksal scheint neuerdings auch die Beziehung zwischen den Tunikaten, den Cephalochordaten und den Wirbeltieren zu ereilen. Alle drei Gruppen bilden zusammen den Stamm der Chordatiere, die durch den Besitz eines elastischen Stützstabs (die Chorda) gekennzeichnet sind. Zu den Tunikaten (Manteltieren) gehören Salpen und Seescheiden; ein prominenter Vertreter der Cephalochordaten ist das Lanzettfischchen (*Amphioxus*; Abb. 1). Letzteres galt lange Zeit aufgrund der morphologischen Ähnlichkeiten ziemlich unangefochten als nächster Verwandter der Wirbeltiere.

Genau das wird durch umfangreiche molekulare Untersuchungen von DELSUC et al. (2006) in Frage gestellt. Die Forscher untersuchten 146 Gene des Zellkerns von 14 Deuterostomiern (zu

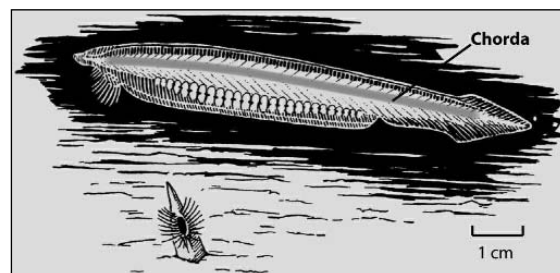


Abb. 1: Das etwa 8 cm lange Lanzettfischchen *Amphioxus*. Die Chorda ist ein elastischer Stützstab oberhalb des Darms, der auch in der Embryonalentwicklung der Wirbeltiere als erstes Stützorgan gebildet und im Laufe der Ontogenese durch die Wirbelsäule weitgehend ersetzt wird. Das glashelle Lanzettfischchen lebt im Sand der Meeresküsten (unten). (Nach PORTMANN 1976)

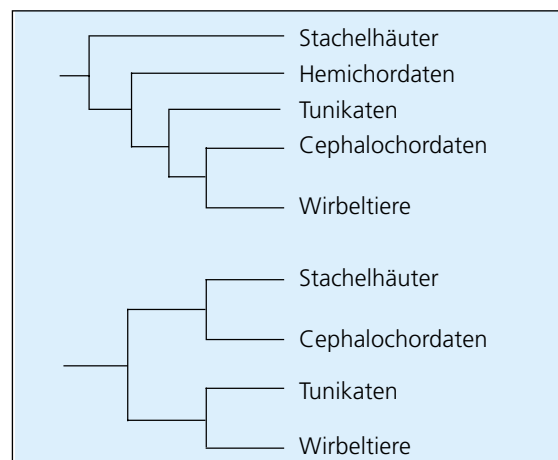


Abb. 2: Widersprüchliche Verwandtschaftsverhältnisse. Oben: Die klassische Lehrmeinung mit allmählicher Komplexitätszunahme; unten die Topologie nach den Daten von DELSUC et al. (Nach GEE 2006)