

Grenze entwickelten oder mindestens teilweise schon vorher mit den Dinos koexistierten. Molekulare und biogeographische Daten deuteten bisher bereits darauf hin, daß letzteres der Fall ist, doch der Fossilbefund sprach eher für ein spätes Auftreten der heutigen Vogelgruppen; demnach könnte das Aussterben der Dinosaurier das Auftreten der Vögel begünstigt haben. Ein Fossilfund aus der Oberkreide belegt nun jedoch erstmals die Existenz enger Verwandter heutiger Vögel zur Zeit der Dinosaurier. *Vegavis iaai*, so der Name der neuen Vogelart, wird zur Ordnung der Anseriformes gerechnet, zu welcher auch die Entenartigen gehören (das Fossil unterscheidet sich aber von heutigen Angehörigen dieser Ordnung). Aufgrund von Merkmalsvergleichen ergibt sich unter evolutionstheoretischen Voraussetzungen für *Vegavis* eine Stammbaumposition, die fünf Gabelungen unter den heutigen Vogelgruppen bereits vor der Kreide-Tertiär-Grenze erfordert. Daraus kann geschlossen werden, daß ein Großteil der Vogelordnungen vor dieser Grenze gelebt hat. Dafür wiederum fehlen bislang allerdings fossile Belege. Haben die Vögel damals vielleicht in geologisch nicht überlieferten Lebensräumen gelebt?

[CLARKE JA, TAMBUSSI CP, NORIEGA JI, ERICKSON GM & KETCHAM RA (2005) Definitive fossil evidence for the extant radiation in the Cretaceous. *Nature* 433, 305-308.] RJ

Linsenauge bei Quallen

Quallen gehören zu den Organismen, die weit unten im Stammbaum des Lebens angesiedelt werden. Als „primitive“ Tiere sollten sie auch primitive Organe haben, könnte man meinen. Daß dem nicht so ist, beweist *Tripedalia cystophora* (Abb. 1), eine nur ein Zentimeter große Würfelqualle aus dem Stamm der Nesseltiere (Cnidaria), die in tropischen Meeren lebt. Denn dieses filigrane Geschöpf besitzt entgegen aller Erwartungen Linsenaugen, die es mit den Wirbeltieraugen aufnehmen können, wie kürzlich Dan NILSSON und seine Kollegen von der schwedischen Universität Lund entdeckt haben.

An den Ecken des würfelförmigen Körpers befinden sich vier Sinneskörper, sog. Rhopalien (Abb. 2). Jeder hat sechs Augen, vier einfache Pigmentbecheraugen sowie zwei weitere, die sich nun als echte Linsenaugen herausgestellt haben. Sie sind zwar nur Bruchteile eines Millimeters groß, dennoch aber Linsenaugen von Fischen sehr ähnlich. Eines der beiden besitzt sogar eine Pupille, die in weniger als einer Minute auf wechselnde Lichtverhältnisse reagiert. Ebenso erstaunlich ist, daß der Brechungsindex der Linsen kontinuierlich von innen nach außen leicht absinkt, wodurch ihr Abbildungsfehler korrigiert wird. Damit sollten scharfe Bilder möglich sein; doch seltsamerweise liegt die Brennweite hinter der Netzhaut, so daß dennoch nur ein unscharfes Bild erzeugt werden kann. Das Rätsel wird noch größer, wenn man bedenkt, daß



Abb. 1: Würfelqualle *Tripedalia cystophora*. © 2005 Monterey Bay Aquarium Foundation. (Abdruck mit freundlicher Genehmigung)

die Tiere kein Zentralnervensystem, sondern nur einfache Nervenstränge besitzen. Daher ist unklar, wie sie die einkommenden Daten überhaupt verarbeiten. Wozu also der Aufwand mit Linse und Pupille? Hier scheint es noch eine Nuß zu knacken zu geben. Die Forscher vermuten, daß die unterfokussierten Augen quasi als Tiefpaßfilter die Wahrnehmung großer Objekte ermöglichen, während kleine Partikel unsichtbar bleiben. Doch das dürfte kaum die vollständige Antwort sein. In jedem Fall handelt es sich um ein weiteres erstaunliches Beispiel einer Konvergenz, hier zwischen Wirbeltier- und Quallenauge: „In fast jeder Hinsicht ähneln diese Linsenaugen denen von Tieren wie Fischen und Tintenfischen“, kommentiert WEHNER (2005). Dennoch ist diese weitgehende Ähnlichkeit nicht auf gemeinsame Vorfahren zurückführbar.

[WEHNER R (2005) Brainless eyes. *Nature* 435, 157-158; NILSSON D-E, GISLÉN L, COATES MM, SKOGH C & GARM A (2005) Advanced optics in a jellyfish eye. *Nature* 435, 201-205.] RJ



Abb. 2: Die Augen von *Tripedalia cystophora*: Obere und untere Linse, flankiert von zwei Paaren einfacherer Augen. Balken: 0,1 mm. (Aus NILSSON et al. 2005)

Seide nach Maß

Radnetzwebende Spinnen können die mechanischen Eigenschaften ihrer seidenen Fangnetze gezielt beeinflussen. Erhöht man künstlich das Gewicht von Spinnen, so erhöhen sie die Dicke ihrer Radialfäden. Auch die Spinnengeschwindigkeit hat einen Einfluß. Je schneller der Faden gesponnen wird, um so gleichmäßiger lagern sich die inneren Mikrostrukturen parallel zur Faser und erhöhen so die Festigkeit des Fadens. Eine neue Studie ergab, daß tropische Spinnen der Gattung *Nephila* (Abb. 1) sogar die chemische Komposition ihrer Seide beeinflussen können. Diese fingerlangen Spinnen weben große Radnetze von ca. einem Quadratmeter im Unterholz und fangen die verschiedensten Insekten. Je nach Standort unterschieden sich die Fasern der Netze in ihrer Zusammensetzung. Möglich wäre, daß die Spinnenpopulationen genetisch nicht einheitlich sind. Jedoch sind die Jungspinnen

Abb. 1: *Nephila*
(Foto:
Daniel ISRAELSSON)



sehr mobil, denn sie lassen sich an langen Spinnenfäden mit dem Wind an neue Orte treiben, und andere Studien ergaben keine genetischen Unterschiede der Populationen. Erst Laborversuche offenbarten, daß diese Spinnen ihre Seide an das Beutespektrum anpassen können. Mit Fliegen gefütterte Spinnen verwendeten mehr Prolin- und Glutamin-, aber weniger Alanin-Bausteine als die mit Grillen gefütterten. Die veränderten Aminosäure-Verhältnisse ändern die molekulare Feinstruktur der Fäden. Fliegen müssen daran gehindert werden, das Netz mit hoher Geschwindigkeit zu durchbrechen, daher sind die Fäden besonders reißfest. Grillen reißen durch ihr Gewicht eher Löcher ins Netz, verstricken sich dann aber in mehr und mehr Fäden, entsprechend sind die Fäden besonders dehnbar. Der Auslöser für diese Umstellung in der chemischen Zusammensetzung der Fäden ist völlig offen.

[Tso I-M, Wu H-C & HWANG I-R (2005) Giant wood spider *Nephila pilipes* alters silk protein in response to prey variation. *J. Exp. Biol.* 208, 1053-1061.] NW

Bionik: Euplectella – der perfekt konstruierte Tiefseeschwamm

Wer hätte gedacht, daß ausgerechnet ein Lebewesen der Tiefsee Bauingenieuren und Werkstoffspezialisten Anschauungsunterricht in Sachen Statik, Tragwerksbau und Glasfasertechnik erteilt? Seit einigen Jahren werden Gießkannenschwämme der Gattung *Euplectella* (Abb. 1) von Wissenschaftlern der Bell-Laboratories in Murray Hill (New Jersey), der University of California in Santa Barbara und vom Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung in Potsdam eingehend untersucht. Der Grund dafür ist das außergewöhnliche Skelett von *Euplectella aspergillum*, ein Schwamm, der hauptsächlich im Westpazifik in Tiefen bis zu 5000 Metern lebt. Elsa REICHMANIS, Leiterin der Materialforschung bei den Bell-Labs bemerkt fasziniert: „Diese Schwämme sind perfekt

geformt und besitzen exakt die richtige Menge an Material für eine optimale Konstruktion.“ Entdeckt wurden zunächst haarfeine „Bio-Glasfasern“, die in drei hierarchischen Ebenen aufgebaut sind. So entsteht ein mit organischem Kleber verbundenes Mikrolaminat aus Silikat-Nanopartikeln, einer Lamellenstruktur und konzentrisch angeordneten Glasschichten von wenigen Mikrometern Dicke. Diese Fasern wurden als hervorragende, bruch-sichere Lichtleiter erkannt, die dazu beitrugen, die kommerzielle Herstellung von Glasfasern zu verbessern. Doch damit nicht genug! Weitere vier Ebenen strukturellen Aufbaus mit jeweils unterschiedlichen mechanischen Konstruktionsprinzipien ergeben einen nahezu unzerbrechlichen, mehrere Dezimeter langen Kolben in Form eines netzartigen Fachwerks. Das Besondere dabei ist der hierarchische Aufbau über insgesamt sieben Ebenen verschiedener Größenordnungen vom Nanometer bis zum Zentimeter! Dabei wird die Sprödigkeit des Silikatglases durch den Faseraufbau optimal kompensiert und die „Fachwerkkonstruktion“ sorgt mit ihren diagonalen Streben für ausreichende Versteifung gegenüber ansetzenden Scherkräften. Eine zusätzliche Spiralstruktur verhindert das Zusammendrücken der Gesamt-Konstruktion. Beeindruckende Bilder von den Details dieser Konstruktion bietet die Arbeit von AIZENBERG et al. (2005). Selbst wenn einige berühmte Bauwerke wie Eiffelturm, Swiss Re Tower in London u.a. bereits mehrere hierarchische Konstruktions-ebenen aufweisen, sind sie doch im Vergleich mit dem *Euplectella*-Skelett einfach.

Im Bereich der Bionik werden permanent neue, erstaunliche Konstruktionen bei Lebewesen entdeckt und ihre Bedeutung für die Technik erkannt. In diesem Fall zeigt selbst ein scheinbar simpler Schwamm, daß Ingenieure noch jede Menge dazulernen können. Wenn es gelingt, Werkstoffe und Tragwerke nach dem Bauprinzip des Tiefseeschwammes zu optimieren, ist zu erwarten, daß zukünftige Bauwerke mit zusätzlicher Material- und Energieersparnis erstellt werden können, ohne daß ihre Stabilität darunter leidet. Mit jeder dieser erstaunlichen Entdeckungen stellt sich die Frage nach dem Konstrukteur dieser Lebewesen mit größerer Dringlichkeit.

Eine Präsentation dieser Arbeit in Spiegel-online schließt mit der Feststellung: „Sein vielleicht wichtigstes Geheimnis hat der Tiefseeschwamm allerdings nicht preisgegeben: wie es einem doch recht primitiven Organismus gelingt, eine derart komplexe Konstruktion überhaupt zu erschaffen.“ Ein erster Schritt zur Bearbeitung solcher Fragen könnte darin bestehen, mit dem Adjektiv „primitiv“ sparsamer umzugehen.

[AIZENBERG J, WEAVER JC, THANAWALA MS, SUNDAR VC, MORSE DE & FRATZL P (2005) Skeleton of *Euplectella* sp.: Structural Hierarchy from the Nanoscale to the Macroscale. *Science* 309, 275-278; <http://www.spiegel.de/wissenschaft/erde/0,1518,druck-364617,00.html>] WB