



Tintenfisch

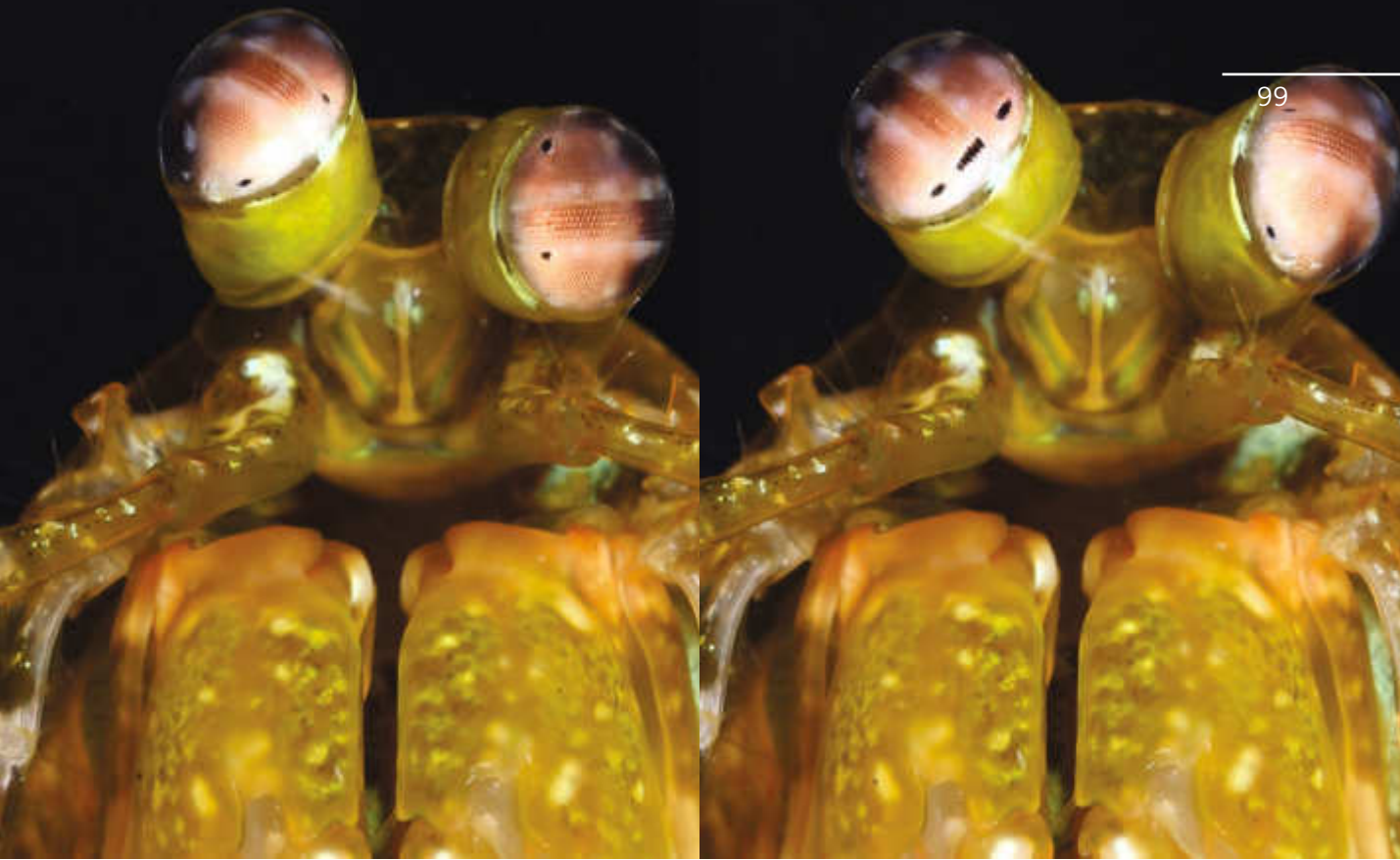
Gewöhnlicher Tintenfisch (*Sepia officinalis*)



Wie schon auf S. 39 erwähnt, sind die Augen der Fangschreckenkrebe geradezu phänomenal hoch entwickelt und denen anderer Krebstiere, ja vermutlich sogar den Augen der meisten anderen Tiere in ihrer Komplexität weit überlegen. Bei einigen Arten können die Präzisionsinstrumente aus bis zu 10 000 Einzelaugen (Ommatidien) bestehen. Das Mittelband kann nicht nur über 100 000 Farben, sondern auch ultraviolettes und polarisiertes Licht analysieren.

Fangschreckenkrebs (*Odontodactylus spec.*)

J. Marshall et al. **Behavioural evidence for polarisation vision in stomatopods reveals a potential channel for communication** (1999): *Current Biology* 9 (14): 755-758
T.-H. Chiou et al. **Circular Polarization Vision in a Stomatopod Crustacean** (2008): *Current Biology*. 18, S. 429
J. Marshall, M. F. Land, C. A. King, T. W. Cronin **The compound eyes of mantis shrimps (Crustacea, Hoplocarida, Stomatopoda) in Compound eye structure: The detection of polarized light** (1991): *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* 334: 57-84.



Räumliches Sehen mit nur einem Auge

Das Auge eines Fangschreckenkrebses (am Beispiel von *Odontodactylus scyllarus*) ist ganz ähnlich dem anderer Krebse mit Appositionsaugen gebaut. Der in der Mitte liegende Bereich aus sechs Ommatidienreihen teilt das Auge in eine obere und untere Hemisphäre. Die optischen Achsen der sechs Reihen sind exakt parallel nach vorne ausgerichtet, während die ersten Reihen der oberen und unteren Sphäre leicht nach innen geneigt sind und sich überkreuzen. Außen liegende Reihen verlaufen parallel zu den Mittelreihen und noch weiter anliegende Reihen sind nach außen geneigt. Durch diese einmalige Konstruktion im Tierreich sieht der Krebs mit nur einem Auge ein Dreifachbild und kann somit räumlich sehen. Während die obere und untere Hemisphäre zur Erkennung von Formen und Bewegung dienen, ist der hochkomplexe Sensor mit seinen sechs Ommatidienreihen für die Farbwahrnehmung und Erkennung von Polarisation verantwortlich. Das Sichtfeld dieses Sensors ist nicht besonders groß und beträgt nur etwa 10-15 Grad. Durch die unabhängig voneinander bewegbaren Augen kann der Krebs mit einem Auge die Form abtasten und mit dem anderen die Farberkennung und Polarisation darüber legen.

Polarisiertes Licht sehen und interpretieren

Tiere, die die besondere Fähigkeit besitzen, das Ausrichtungsmuster der Wellen wahrzunehmen, können zum Beispiel selbst bei bedecktem Himmel erkennen, wo die Sonne steht: Je nach Sonnenstand ändert sich das Polarisationsmuster des Lichts in der Atmosphäre. Daran orientieren sich zum Beispiel Honigbienen. Ein bislang unbekanntes Sehmuster ist bei Fangschreckenkrebsen (*Stomatopoda*) entdeckt worden, nämlich zirkular polarisiertes Licht wahrzunehmen. Solches Licht könnte man sich als eine Art Spirale vorstellen, bei der sich in Ausbreitungsrichtung des Lichtes die Polarisationssebene dreht. Die Krebse können sogar zwischen links- und rechtspolarisiertem Licht unterscheiden, was beim Sexualverhalten eine Rolle spielt und von anderen Tieren nicht wahrgenommen wird. Technische Polarisationsfilter leisten diese essentielle Funktion in DVD und CD-Spielern und zum Teil auch in Kameras. Jedoch arbeiten diese künstlichen Filter meist nur für eine Farbe von Licht, während die der Fangschreckenkrebsaugen fast perfekt über das ganze Sehspektrum arbeiten, von beinahe Ultraviolett bis Infrarot. Ähnliche Reflexionsmuster kennt man bisher nur noch bei einem mexikanischen grünen Blatthornkäfer (*Chrysina gloriosa*).

Sehen acht Augen besser als zwei?

Vom Facettenauge zum Linsenauge

Terrestrische Spinnentiere stammen von im Meer lebenden Vorfahren ab, die bei der Eroberung des Landes vermutlich bereits im Silur ihre Facettenaugen rückgebildet haben. Übrig blieben zunächst nur noch je fünf Linsen, die ihrerseits bereits mehrere fusionierte Ommatidien waren. Später reduzierten diese frühen Vorläufer die Anzahl auf nur noch drei solcher kleiner Linsenaugen. Sie brachten aber das größere Paar Medianaugen mit, sodass die Mehrzahl der ursprünglichsten Arachniden, nämlich die Skorpione, insgesamt acht Augen haben. Das Paar Medianaugen entwickelten sie aber schnell zu ihrem eigentlichen Sehorgan, während die lateral gelegenen kleinen Linsen lediglich für Hell-Dunkel-Wahrnehmung und vor Allem für Bewegungssehen verwendet werden (vgl. S. 105 rechts unten) und der Beutewahrnehmung dienen.

Haupt- und Nebenaugen

Die eigentlichen Spinnen (Araneae) haben genau dieses Set an Augen beibehalten. Sie besitzen demnach ein Paar Medianaugen, die wie bereits bei den anderen Arachniden zu den eigentlichen leistungsstärkeren Sehorganen geworden waren. Sie heißen bei den echten Spinnen Hauptaugen oder vordere Medianaugen, während die anderen sechs – drei auf jeder Vorderkörperseite – Nebenaugen genannt werden. Sie können allerdings je nach Spinnengruppe sehr unterschiedlich auf diesem verteilt sein, wodurch viele Familien anhand ihrer Augenstellungen charakterisiert werden können. Ein Paar von ihnen liegt oft neben den Medianaugen und wird daher vordere Lateralaugen genannt.

Springspinnen: Inverse Retina und eine lange Brennweite

Im Aufbau unterscheiden sich Haupt- und Nebenaugen u. A. dadurch, dass die Retina in den Nebenaugen oft invers, in den Hauptaugen immer evers ist. Die inverse Retina ist stets gekoppelt mit dem Besitz eines *Tapetum lucidum*, sodass diese Augen das Licht reflektieren können. Springspinnen besitzen in ihren Hauptaugen vier Sehzellentypen (Tetrachromat), die zudem auch sehr zahlreich sind. Die stark vergrößerten und nach



Bunte Springspinne aus Thailand (*Siler semiglaucus*)

F. G. Barth **Sinne und Verhalten - Aus dem Leben einer Spinne** (2000): Springer Verlag, Berlin, S. 424
 D. Neuhofer, R. Machan, A. Schmid **Visual perception of motion in a hunting spider** (2009): J. Exp. Biol. 212(17): 2819-23
 T. Nagata, et al. **Depth Perception from Image Defocus in a Jumping Spider** (2012): Science 335 (no. 6067): 469-471

vorne ausgerichteten Hauptaugen besitzen große Glaskörper, wodurch eine lange Brennweite erzeugt wird.

Vier Netzhautschichten für Farben & Entfernungsschätzung

Die Linse fokussiert auf die vier untereinander liegenden Netzhautschichten in Abhängigkeit von der Wellenlänge des Lichtes. Die unterste und die darüberliegende Netzhaut sind grün-empfindlich. Das Grünbild wird jedoch nur auf der untersten scharf dargestellt. Der Unschärfeunterschied zwischen diesen beiden Netzhäuten erlaubt eine Entfernungsbeurteilung.

Räumliches Sehen durch Bewegung der Retina

Springspinnen können durch Drehung des Vorderkörpers ihre Blickrichtung sichtbar ändern. Zusätzlich kann die Retina durch drei Muskelpaare so bewegt werden, dass die Springspinne ihr Gesichtsfeld der Hauptaugen erweitern kann, sich dieses mit dem der Seitenaugen überschneidet und so räumliches Sehen zulässt. Das scharfe und farbige Bild von Beute oder Partner wird ab einer Entfernung von mehr als 10 cm gesehen. Diese Spinnen können Entfernungsschätzungen dadurch machen, dass sie, wie wir mit unseren Augen, die Unterschiede zwischen nah unscharf und ferner unscharf gegenüber der Schärfeebene

verrechnen. Spinnen sehen daher mit ihren acht Augen zusammen deutlich mehr als mit nur zwei.

Zusammenspiel der Augen

Zwischen den acht Augen gibt es so etwas wie eine Aufgabenteilung. So kann durch Bewegung der Retina mit Hilfe von sechs Muskeln ein interessantes Objekt, das von den anderen Augen gesehen wird, zusätzlich abgetastet und analysiert werden.

Bei vielen anderen Spinnen ist der Sehsinn nicht so wichtig

Nicht alle Spinnen haben solch prominente Hauptaugen. Je nach Lebensweise, tag- oder nachtaktiv, Lauerjäger im Netz oder auf Blüten, können diese acht Augen sehr verschieden groß und angeordnet sein. Im Bild ist eine Krabbenspinne zu sehen, die auf Blüten lauert und Nektar saugende Insekten bei Berührung blitzartig ergreift. Ihre Augen spielen dabei eine untergeordnete Rolle, sodass selbst die Hauptaugen sehr klein sind. Auch Vogelspinnen haben lediglich winzige Augen, da sie anhand eines über dem Boden mit zahlreichen Stolperfäden gespannten Gespinnsts sehr schnell ihre Beute lokalisieren und mit ihren Giftklauen ergreifen können.



Veränderliche Krabbenspinne
(*Misumena vatia*)