

ZOOLOGIE

Die Tricks der Fühlerschlange

Eine kleine Wasserschlange überrumpelt ihre Beute mit höchst ausgeklügelten Techniken – und in atemberaubendem Tempo. Solche Raffinessen beherrscht sie schon von Geburt an.

Von Kenneth C. Catania

Der Name sagt es: Fühlerschlangen tragen vorn am Maul zwei Tentakel. Dieses Tier züngelt gerade.

KENNETH C. CARANIA

Wir Menschen bilden uns viel auf unser übertragendes Gehirn ein. Aber als Biologe hüte ich mich inzwischen davor, die Hirnleistungen anderer Geschöpfe zu unterschätzen, und mögen es angeblich noch so primitive, dumme Tiere sein. Oft haben mir Säugetiere hier schon verblüffende Lektionen erteilt, wie der Sternmull (siehe meinen Artikel »Die schnellste Nase der Welt«, SdW 12/2002, S. 54). Doch jetzt brachte mich ein kleines Reptil zum Staunen: die Tentakel- oder Fühlerschlange aus Südostasien.

Erpeton tentaculatus (teils auch als *E. tentaculatum* bezeichnet) lebt in Gewässern Thailands, Kambodschas und Südvietnams. Die Tiere werden 70 bis 90 Zentimeter lang, sind lebend gebärend und ernähren sich fast ausschließlich von Fischen. Das Auffälligste an dieser kleinen Schlange sind die beiden beschuppten, an Fühler erinnernden Fortsätze oben beidseits des Mauls, eine Besonderheit dieser Art.

Zum ersten Mal fiel mir das seltsame Reptil auf, als ich vor zehn Jahren wieder einmal den Washingtoner »National Zoo« besuchte, wo ich als Student oft gejobbt hatte. In einem ziemlich zugewucherten Aquarium im Reptilienhaus lag solch eine Schlange reglos im Wasser. Man konnte sie fast für

einen Pflanzenstängel halten. Genauer gesagt ähnelte sie einem vorn J-förmig gebogenen Stöckchen – die typische Lauerstellung einer hungrigen Fühlerschlange. Ich fragte mich damals, wozu ihr die beiden eigenartigen Tentakel vorn am Kopf wohl dienen mochten. Ob sie damit vielleicht Beute aufspürt? Doch als ich später die wissenschaftliche Literatur durchforstete, fand ich dazu nichts als ein paar Vermutungen. Offenbar hatte noch niemand diese Frage experimentell untersucht. Also nahm ich die Sache in Angriff.

Bei diesen Studien überraschten mich die Fühlerschlangen bald in unerwarteter Weise. Denn nicht nur die beiden Anhängsel am Maul entpuppten sich tatsächlich als einzigartige Hilfsinstrumente zum Fressen. Das Reptil beherrscht, wie ich bald entdeckte, auch mehrere unglaubliche Tricks, um Fische zu fangen. Da das bereits frisch geborenen, erst wenige Zentimeter langen Schlangen gelingt, kann dieses komplizierte Verhalten nicht gelernt sein. *Erpeton tentaculatus* liefert somit ein eindrucksvolles Beispiel dafür, dass die Evolution mitunter höchst aufwändige Verhaltensweisen hervorbringt.

Doch anfangs wollte ich ja nur herausfinden, ob die Kopfanhängsel wirklich Fühler darstellen – also dem Tier in irgendeiner Weise zur Orientierung dienen, wie ich vermutete. Dazu musste ich zunächst genauestens beobachten, wie die Tentakelschlangen überhaupt jagen. Das war allerdings schwierig, denn sie – und auch ihre Opfer – bewegen sich dabei unglaublich fix: Eine Attacke, einschließlich Fluchtreaktion des Fisches und kompletten Verschlingens der Beute, dauert gewöhnlich nur rund 40 Millisekunden: eine fünf- undzwanzigstel Sekunde. Ich musste eine Hochgeschwindigkeitskamera zu Hilfe nehmen. Damit filmte ich eine Reihe von Schlangen wieder und wieder mit 500 bis 2000 Bildern pro Sekunde beim Fressen.

Als ich diese Filme in Zeitlupe auswertete, wunderte ich mich, dass die doch eigentlich flüchtenden Fischchen recht oft direkt auf das Schlangenmaul zuschwammen und nicht selten sogar geradewegs hineinflitzten. Nun haben Fische eine Menge Feinde und stehen bei vielen räuberischen Arten ganz oben auf der Beuteliste. Entsprechend sind sie eigent-

AUF EINEN BLICK

HINTERLISTIGER KILLERINSTINKT

1 Die Fühlerschlange, eine kleine, für den Menschen nur schwach giftige Wasserschlange, lebt in Südostasien und ernährt sich von Fischen. Außerlich fallen ihre beiden **Tentakel** seitlich vor dem Maul auf – sie zeichnen diese Art aus.

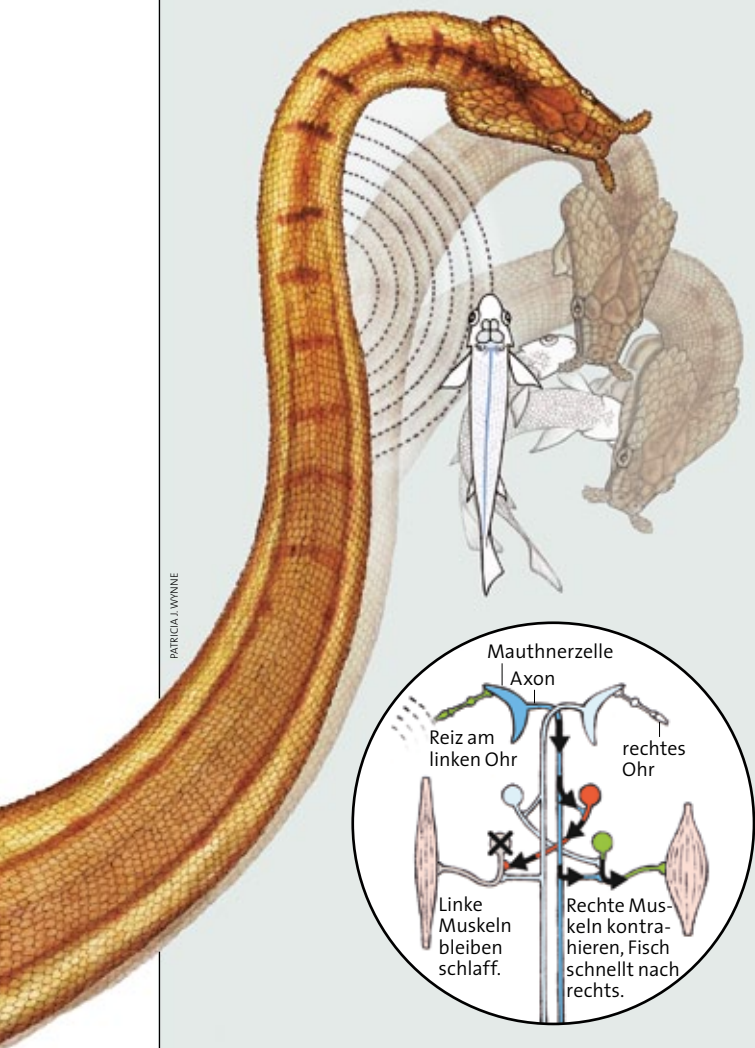
2 Die beiden Fühler vorn am Kopf dienen zur **Ortung von Beutefischen**. Mit ihrer Hilfe kann sich das Reptil, das meist reglos im Wasser lauert, selbst unter schlechten Sichtverhältnissen Nahrung beschaffen.

3 Zudem bedient sich die Schlange angeborener, höchst ausgefeilter Fangmethoden. Erst **hochfrequente Filmaufnahmen** zeigten, wie sie den Fluchtreflex von Fischen ausnutzt, damit sich die Beute selbst direkt in ihr Maul befördert.

Den Fluchreflex ausgenutzt

Fühler- oder Tentakelschlangen lauern ihrer Beute mit im Bogen gekrümmtem Vorderkörper auf, wobei sie reglos wie ein Pflanzenstängel im Wasser treiben. Für Beutefische ist das eine Falle. Durch eine Zuckung gegenüber ihrem Kopf erzeugt die Schlange eine Druckwelle, die den Fisch reflexhaft flüchten lässt. Die Fluchrichtung ist von der Schlange so berechnet, dass das Opfer auf ihr Maul zuschwimmt.

Noch unglaublicher sind ihre Fangmethoden, wenn der Fisch in ungünstiger Position zum Schlangenkopf steht. Auch dann schickt das Reptil das Opfer in die Flucht – doch es berechnet die Fluchrichtung voraus und stößt mit dem Kopf schon vorher an die richtige Stelle vor (Zeichnung).



Dank ihres Fluchreflexes können Fische blitzschnell entfliehen. Die beiden riesigen Mauthnerzellen in ihrem Hirnstamm sorgen dafür. Diejenige von ihnen, die zuerst erregt wird, löst den so genannten C-Start aus: Der Fisch krümmt sich sofort von der Gefahr weg und flitzt davon. Dieses Verhalten berechnen Fühlerschlangen bei ihren Attacken ein.

lich bestens dafür gerüstet, bei Gefahr blitzschnell zu reagieren und zu fliehen. Wenn ein Geräusch oder eine Wasserbewegung sie aufschreckt, setzt ihr Fluchreflex schon nach sechs bis sieben Millisekunden ein. Typischerweise machen sie dabei einen so genannten C-Start: Sie biegen den Körper sogleich direkt von der Gefahrenrichtung weg und schnellen dann fort. Wieso liefern sie sich den Fühlerschlangen trotzdem regelrecht aus?

Fallenbau mit dem eigenen Körper

Das Reptil, so entdeckte ich schließlich, stellt ihnen eine Falle – mit seinem eigenen Körper. Es attackiert nämlich hauptsächlich Fische, die sich gerade im Halbrund der J-Biegung von Kopf und Vorderkörper der Schlange aufhalten. Die sorgfältige Analyse der Filmaufnahmen ergab: Unmittelbar bevor die bis dahin reglose Schlange zuschnappt, zuckt bei ihr eine Körperpartie, die genau in Verlängerung der Linie von ihrem Maul zum Opfer liegt – also auf der von ihrem Kopf abgewandten Seite des Fisches. Dieser nimmt die vom Zucken ausgelöste Druckwelle wahr und flieht sofort vor der vermeintlichen Gefahr in die entgegengesetzte Richtung, somit direkt auf das offene Schlangenmaul zu. Dass die Druckwelle stark genug ist, um einen Fisch zu erschrecken, konnte ich mit einem Mikrofon nachweisen, mit dem ich das Geräusch unter Wasser aufzeichnete, während ich die Szene gleichzeitig mit einer Auflösung von 2000 Bildern pro Sekunde filmte.

Das Täuschungsmanöver der Schlange ist deswegen so tückisch, weil es ausgerechnet den natürlichen Fluchreflex von Fischen ausnutzt, der bereits nach wenigen Millisekunden einsetzt. Dieser basiert auf einem eigentlich höchst hilfreichen neuronalen Schaltkreis, der dafür sorgt, dass sich der Fisch von der Gefahr zur Seite wegbiegt und in dieser Richtung davonschnellt (siehe Verschaltungsschema im Kasten links). Dabei treten die beiden so genannten Mauthnerzellen in Aktion, zwei auffallend große Neurone im Hirnstamm von Fischen und auch Amphibien, je eins auf der rechten und auf der linken Seite. Sie heißen nach ihrem Entdecker, dem österreichischen Forscher Ludwig Mauthner (1840–1894). Ob ein Fluchreflex erfolgt und nach welcher Seite hin er gerichtet ist, machen die beiden riesigen Hirnzellen unter sich aus. Es gewinnt immer diejenige, die nach einem Reiz zuerst erregt wird – und das ist normalerweise jene auf der Gefahrenseite. Etwaige spätere Befehle der anderen Zelle werden dann sofort automatisch unterdrückt.

Kommt die Gefahr von links – zum Beispiel weil das linke Ohr ein Geräusch zuerst wahrnimmt –, registriert also die linke Mauthnerzelle die Meldung zuerst. Sie schickt daraufhin unverzüglich ein Signal an die motorischen Neurone der rechten Körperhälfte, denn das Axon (der weiterleitende Fortsatz) einer Mauthnerzelle kreuzt jeweils auf die andere Seite des Gehirns. Die erregten Motoneurone veranlassen sogleich die Muskeln der rechten Körperflanke, sich kräftig zusammenzuziehen. Gleichzeitig verhindern hemmende Nervenzellen, die zurück nach links kreuzen, dass Muskeln der linken Seite kontrahieren. Durch diesen ausgeklügelten,

strengen Reflex kann der Fisch gar nicht anders als nach rechts davonschnellen. Pech hat er nur, wenn genau in seiner Fluchtrichtung ein Schlangenmaul wartet. Er könnte die Reaktion im Übrigen gar nicht mehr korrigieren – das verhindern die automatischen Hemmsignale.

Die besondere Weise, wie Fühlerschlangen ihre Beute überwältigen, erklärt manche früheren, bisher unverständlichen Beobachtungen. Zum Beispiel wunderte sich 1999 John C. Murphy vom Field Museum of Natural History in Chicago darüber, wie unglaublich schnell die Schlange frisst. Er filmte sie dabei mit 30 Bildern pro Sekunde. Mitunter war ein Fisch schon von einem Bild zum nächsten spurlos verschwunden – und die Schlange wirkte, als wäre nichts gewesen. Schlangen können Fische am raschesten mit dem Kopf voran verschlingen. Meine Aufnahmen beweisen, dass ebendies Fühlerschlangen meistens gelingt. Auf den Bildern ist deutlich zu sehen: Auch wenn das Opfer dem Reptil nicht geradewegs ins Maul flitzt, bringt es sich durch die reflexartige Kehrtwende doch meist in eine Position, bei der es Kopf voran verschluckt wird.

Die hohe Geschwindigkeit dürfte nicht nur eine größere Anzahl von Beuteschlägen in kurzer Zeit erlauben – solche äußerst rasch beendeten Attacken erhöhen sicherlich auch die Tarnwirkung als scheinbar regloses Stöckchen, sowohl für die nächsten Opfer als auch die eigenen Fressfeinde. Andere bislang arglose potenzielle Beutefische in der Nähe sollten schließlich von dem ganzen Vorgang möglichst überhaupt nichts bemerken, genauso wenig wie die vielen größeren Räuber, die es in dem Lebensraum auch gibt.

Gemäß einem Motto des amerikanischen Psychologen Burrhus F. Skinner (1904–1990): »Lass alles andere stehen und liegen, wenn dir irgendwo etwas richtig Interessantes unterkommt«, schob ich zunächst die Studien über die Fühler zur Seite und erforschte stattdessen den Beutefang von Tentakelschlangen genauer. Wie vielseitig dieses Reptil ist und wie gut es verschiedene Situationen austariert, hatte ich allerdings nicht erwartet.

Gut geplant ist halb gefangen

Die eben beschriebene Fangmethode – bei der das Opfer dem praktisch reglosen Räuber mehr oder weniger direkt ins Maul schwimmt, ohne dass der seinen Kopf groß bewegen muss – funktioniert nur, wenn sich der Fisch sozusagen im Brennpunkt des von der Schlange geformten Bogens aufhält und dabei außerdem etwa parallel zu den Kiefern des Räubers ausgerichtet ist. Dann vermag ihn die Schlange so zu erschrecken, dass er genau auf ihr Maul zu abdreht. Einen Fisch, dessen Kopf schon vorher zu ihrem eigenen weist, kann sie aber nicht auf die gleiche Weise schnappen – er würde im Reflex nach rechts oder links ausbrechen. Für solche Fälle hat sie eine andere, noch eindrucksvollere Lösung parat (dargestellt in der Zeichnung im Kasten links): Sie berechnet Fluchtrichtung und -geschwindigkeit des Opfers im Voraus und schnell mit dem Kopf zeitlich passend so vor und herum, dass sie dem Flüchtling den Weg abschneidet. Auch in dieser Situa-



KENNETH C. CATANIA

Die beschuppten Fühler der Tentakelschlange sind im Rasterelektronenmikroskop deutlich zu erkennen. Sie sind hervorragende Ortungsorgane für geringe Wasserbewegungen – und somit hocheffiziente Fischdetektoren.

tion veranlasst sie zuerst mit einem Körperzucken einen Fluchtreflex weg von sich selbst. Das bringt den Fisch diesmal parallel zu ihrer Ausgangskopfhaltung. Aber schon bevor dieser sich überhaupt bewegt, stößt der Schlangenkopf bereits vor – und erwischt dann, wenn alles gut geht, den flüchtenden Fisch wiederum genau am Kopf.

So schnell, wie das Ganze geschieht, kann die Schlange unmöglich eine visuelle Rückmeldung über den wegschwimmenden Fisch einbeziehen. Ihr Bewegungsablauf in dieser Situation scheint demnach zuvor geplant zu sein. Dass dem tatsächlich so ist, zeigt sich, wenn der Fisch im Experiment einmal nicht die übliche Fluchtrichtung einschlägt. Die Attacke zielt dann trotzdem genau auf eine bestimmte Stelle der normalen Fluchtrichtung – und somit ins Leere.

Also führen die Angriffstricks nicht zwangsläufig in jedem Fall zum Erfolg. Manchmal schnappt die Schlange auch einfach nur zu, wenn sie sich das Opfer nicht vorher durch ein Körperzucken zutreiben kann. Meistens allerdings lauern Fühlerschlangen darauf, dass ein Fisch in die Falle geht, die sie mit ihrem Vorderkörper bilden. In dem Zusammenhang



MEHR WISSEN BEI
Spektrum.de



Die raffinierte Fangtechnik der
Fühlerschlange im Video:

www.spektrum.de/fuehlerschlange



Eine Fühlerschlange scheut keine Verrenkungen, um einen Fisch von vorn zu erwischen – die praktischste und vor allem schnellste Fressmethode.

beobachtete ich noch mehrere andere bemerkenswerte Angriffswesen mit offenbar vorher feststehendem Ablauf. Bei einer besonders akrobatischen Variante verdreht das Reptil seinen Kopf unter seinen eigenen Körper. Auch so erwischt es manches davonflitzende Opfer von vorn.

Erpeton tentaculatus beherrscht demnach verschiedene Fangstrategien und wählt jeweils die zur Situation passende. Wir fragten uns, ob eine Tentakelschlange solche Feinheiten erst mühsam lernen muss oder ob sie schon mit den passenden Verhaltensprogrammen geboren wird. Glücklicherweise bekamen einige unserer Tiere Junge. Als wir den unerfahrenen Nachwuchs, der anfangs nur zwei oder drei Zentimeter misst, beim Fischfangen filmten, zeigte sich klar: Fühlerschlangen können von Geburt an vorausberechnen, wohin der getäuschte Fisch sich normalerweise wenden wird, und richten ihre Attacke dorthin. Sowohl die Einschätzung des Fluchtwegs eines aufgeschreckten Fisches als auch die jeweils beste Überrumpelungstaktik für eine Situation ist ihnen anscheinend angeboren. Sogar Fangschläge mit unter den Körper gewundenem Kopf beobachteten wir schon bei den unerfahrenen Jungschlangen.

Schnelligkeit als Tarnstrategie

Wenn ein Tier ohne jede Lernerfahrung über derart raffinierte Verhaltensabläufe verfügt, spricht das für eine längere evolutionäre Vorgeschichte. Bei den Fühlerschlangen muss sich dieses Verhalten in seinen verschiedenen Formen über viele Generationen fischfangender Vorfahren herausgebildet haben, wobei die Attacken immer findiger wurden. Wir wissen zwar aus unseren Versuchen, dass eine Tentakelschlange durchaus auch aus Vorkommnissen lernen kann, doch die einzelnen Fangstrategien dürften ihr grundsätzlich angeboren sein. Insbesondere die noch unerfahrenen Jungtiere sind von Anfang an auf rasches, effektives Beuteschlagen angewiesen, das in der Umgebung möglichst kein Aufsehen erregt.

Unauffälligkeit steigert ihre Überlebenschancen. Im Grunde nutzt die Tentakelschlange einfach einen angeborenen Reflex von Fischen aus – den C-Start. Daran hat sie sich während ihrer Evolution hochpräzise angepasst. Die Fluchtrichtung eines Fisches ist vorhersagbar, wenn klar ist, woher der Schreckreiz kommt – und danach richtet sich die Schlange. Wer sich nun fragt, wieso denn die Fische nicht ihrerseits evolutionäre Gegenanpassungen hervorgebracht haben, dem sei mit dem amerikanischen Evolutionsforscher Stephen Jay Gould (1941–2002) geantwortet: Ein bestimmter Feind kann ein Schutzverhalten der potenziellen Beute für seine Zwecke verwenden, ohne dass die Beutetiere spezielle Maßnahmen gegen ihn entwickeln würden – sofern er selten genug vorkommt. Vor den meisten anderen Feinden hilft der C-Start auf einen Schreckreiz hin Fischen ja wirklich zu entkommen.

Und was ist mit den auffälligen Fühlern dieser Schlange? Über ihre Funktion haben meine Mitarbeiter Duncan Leitch, Danielle Gauthier und ich ebenfalls einiges herausgefunden. Die beiden Anhängsel stecken, wie wir erkannten, voller feiner Nervenendigungen. Anatomische und neurophysiologische Studien und Gehirnkartierungen erwiesen, dass sie höchst empfindliche Tast- oder Fühlorgane – Mechanorezeptoren – darstellen. Mit ihnen erkennt das Reptil an leichten Wasserbewegungen genau, wo sich etwas in der Nähe bewegt.

Zwar haben Fühlerschlangen offenbar sehr gute Augen und erkennen damit Beutefische. Doch sie können auch im Dunkeln, wenn sie nichts mehr sehen, ihre Opfer orten und erfolgreich zuschlagen. Als wir die Tiere nur bei Infrarotlicht filmten, das sie nicht wahrnehmen, erwischten sie die Fische trotzdem – sicherlich mit Hilfe der Tentakel. Das dürfte ihnen nachts und in trübem Wasser beim Jagen helfen, während sie sonst wohl Fühler und Augen zusammen einsetzen. ~

DER AUTOR



Kenneth C. Catania ist Professor für Biowissenschaften an der Vanderbilt University in Nashville (Tennessee). Der Neurobiologe erforscht hauptsächlich Sinnessysteme verschiedener Tiere.

QUELLEN

Catania, K.C.: Tentacled Snakes Turn C-Starts to Their Advantage and Predict Future Prey Behavior. In: Proceedings of the National Academy of Sciences USA 106, S. 11183–11187, 7. Juli 2009

Catania, K.C.: Born Knowing: Tentacled Snakes Innately Predict Future Prey Behavior. In: PLoS One 5, e10953, 16. Juni 2010

Catania, K.C. et al: Function of the Appendages in Tentacled Snakes (*Erpeton tentaculatus*). In: Journal of Experimental Biology 213, S. 359–367, Februar 2010

WEBLINK

Diesen Artikel sowie weiterführende Informationen finden Sie im Internet: www.spektrum.de/artikel/1124677