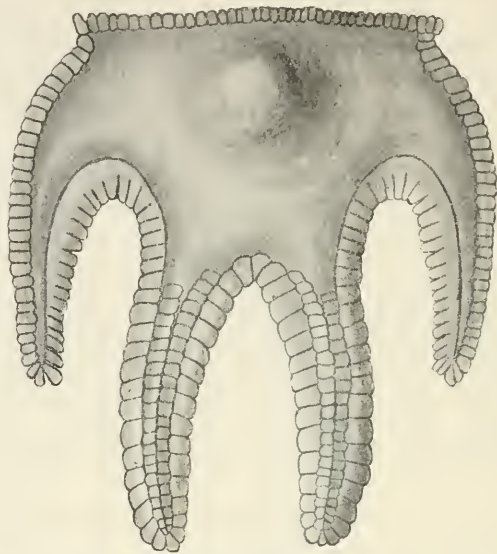


Bei genauer mikroskopischer Untersuchung gewährte ich an 2 Exemplaren Reste von gegliederten Organen; bei dem einen einen gegliederten Stiel mit sich an denselben anlegenden Platten (wie bei einem



Furca bohemica Barr. Restauriertes, dreimal vergrößertes Exemplar. Aus dem Untersilur Böhmens.

Scalpellum), bei dem andern auch einen gegliederten Stiel und sechs fingerförmige Ausläufer.

Dies macht es wahrscheinlich, daß die *Furca* ein Pluteus eines Crinoiden gewesen ist; denn Crinoiden-Stengelglieder wurden in denselben Schichten der Etage *D. d₂* auf derselben Lokalität gefunden.

6. Über die Wirkungsweise der Nesselkapseln von Hydra.

Von Otto Toppe.

(Aus dem zool. Institut der Universität Rostock.)

(Mit 7 Figuren.)

eingeg. 13. November 1908.

So verschiedenartige und einander widersprechende Ansichten über die Wirkungsweise der Nematocysten und den Mechanismus ihrer Entladung geäußert worden sind, alle beruhen sie fast ausschließlich auf unsrer Kenntnis vom Bau der Nesselkapseln, während praktische Versuche, die allein die Lösung dieser Streitfrage hätten herbeiführen können, nur ganz gelegentlich und vereinzelt angestellt wurden. Selbst mit Untersuchungen über den Bau der Nesselorgane beschäftigt, unter-

ließ ich keine Gelegenheit, auch das Experiment heranzuziehen und speziell durch Verfüttern der verschiedensten Beutetiere an unsre Süßwasserpolypen, die Wirkungsweise und Funktion der einzelnen Kapselarten festzustellen. Die eingehende Schilderung meiner Versuche nebst deren Ergebnisse wird an anderer Stelle erfolgen, hier seien nur aus den letzteren einige Punkte herausgegriffen, denen, wie ich glaube, ein allgemeineres Interesse zukommt.

Die großen birnförmigen Nesselorgane, die durch ihre Stilette vor den andern Cnidenarten ausgezeichnet sind, finden sich vereinzelt am ganzen Polypenkörper, mit Ausnahme der Fußscheibe, sind aber besonders zahlreich auf den Tentakeln anzutreffen. Da letztere beim Fange von Beutetieren die Hauptrolle zu spielen haben, deutet

Fig. 1.

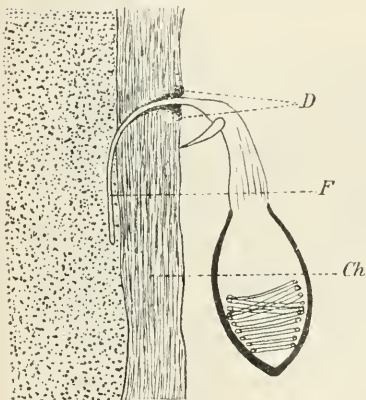


Fig. 2.

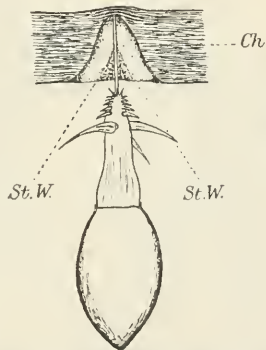


Fig. 3.

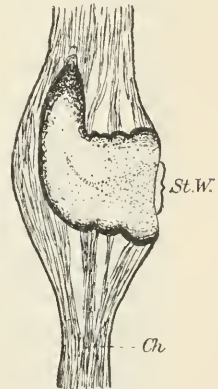


Fig. 1. Schnitt durch eine *Corethra*-Larve. Der Nesseladen (*F*) ist durch die Chitinlamelle (*Ch*) hindurchgeschlagen und in die inneren plasmatischen Gewebe der Larve eingedrungen. In der Umgebung des Fadens ist das Chitin durch Einwirkung des Nesselsecrets aufgelöst worden (*D*).

Fig. 2. Der Nesseladen ist in der Chitinschicht stecken geblieben. Das Chitin ist im weiten Umkreise zersetzt worden. Inmitten der eigentlichen Delle befindet sich die durch das Bohren der Stilette geschaffene Höhle (*St. W.*).

Fig. 3. Eine besonders große Delle. Die Chitinmembran (*Ch*) ist durch den Stoß der auftreffenden Kapsel zerrissen und durch das ausströmende Secret zersetzt worden.

das Vorkommen an dieser Stelle darauf hin, daß die erwähnte Nesselkapselart vor allem mit dem Beuteerwerb in Beziehung stehen muß, während das Vorhandensein an den übrigen Körperregionen gleichzeitig für eine Verwendung als Verteidigungswaffe spricht.

Untersucht man nun ein Tier, z. B. eine Culicidenlarve, die man von einer *Hydra* hat ergreifen lassen, unter dem Mikroskope, so sieht man außerordentlich viele große Nesselorgane an ihrer Oberfläche haften. Alle Kapseln sitzen mit dem vor den Stiletten liegenden Abschnitt des

Achsenkörpers dem sogenannten konischen Zwischenstücke der Cuticula des Beutetieres direkt auf. An der Auftreffstelle eines jeden Nesselorgans zeigt die Chitinschicht des beschossenen Tieres eine dellenförmige Vertiefung, deren Inhalt sich in gleicher Weise wie das Kapselsecret färben läßt. Vom Faden selbst ist in den meisten Fällen zunächst nichts wahrzunehmen, sofern man nicht Schnitte durch ein mit vielen Nesselorganen bedecktes Tier anfertigt. Einen solchen habe ich in Fig. 1 von einer *Corethra*-Larve wiedergegeben, die an der abgebildeten Stelle von einer großen Nesselkapsel getroffen ist, deren Schlauch in diesem Falle die Chitinlamelle durchdrungen hat. Im vorderen Abschnitt der Wunde sieht man die stark gefärbte Delle (*D*) und kann durch diese und die Cuticula (*Ch*) hindurch den Faden (*F*) der äußerlich ansitzenden Kapsel verfolgen. Der Schlauch ist in die weichen plasmatischen Gewebe nicht weit eingedrungen, sondern hat sich fast rechtwinkelig zur Aufschlags-ebene der Kapsel der Chitinlamelle an ihrer Innenseite angelegt. Durch diesen Schnitt und durch viele andre wird bewiesen, daß der Faden sehr wohl imstande ist, die dicke chitinöse Membran eines Beutetieres zu durchdringen, daß dagegen die weichen äußeren Gewebe auffallenderweise dem Eindringen des Fadens einen größeren Widerstand entgegenzusetzen, eine Erscheinung, die weiter unten im Verein mit andern ihre Erklärung finden wird.

Allein es ist nicht allzu häufig, daß der Schlauch die Chitinschicht völlig durchschlägt. Die Regel beim Wirken der großen Nesselkapseln ist die, daß sie in die Cuticula wohl eindringen, sie aber nicht durchbohren. In der Figur 2 habe ich eine derartige Stelle mit anhaftender Kapsel wiedergegeben, wie man sie in Unzahl an den mit großen Cniden beschossenen Beutetieren auffindet. Deutlich erkennt man inmitten der Delle den Faden, welcher in einem solchen Falle stets eine geradlinige Verbindung der Kapsel mit der tiefsten Stelle der Delle bildet. In seltenen Fällen kann er auch in der letzteren knäuel förmig aufgewunden sein.

Ob der Faden durch die Cuticula des Beutetieres nun hindurch geschlagen ist oder nicht, jene eigenartige Delle, die typisch ist für das Wirken der großen Nesselorgane, ist stets vorhanden. Ich werde den Ausdruck »Delle« beibehalten, obwohl er genau genommen nicht ganz korrekt ist. Eine wirkliche Vertiefung, die meistens die Form eines Trichters hat, ist nur in der Mitte der großen scheinbaren Delle vorhanden (Fig. 2 u. 3 *St. W.*). Es ist dies die Wunde, die die Stilette der explodierenden Cnide auf mechanische Weise im Chitin bohrten, um dem sich ausstülpenden Faden einen Angriffspunkt zu schaffen. Wird der Schlauch in diese Vertiefung hineingestoßen, so ergießt sich auch sofort aus den in seiner Wandung stets vorhandenen Poren das

Nesselsecret¹. Wie nun aus meinen Versuchen und Schnittbildern auf das bestimmteste hervorgeht, haben gerade die chemischen Veränderungen, die der ausströmende Kapselinhalt auf die benachbarten Chitinteile ausübt, den wesentlichsten Anteil an der Bildung und Gestaltung der Delle. Infolge seiner Einwirkung wird das Chitin an der betreffenden Stelle in eine körnige Masse umgewandelt, welche sich färberisch ganz verschieden verhält von den benachbarten Chitinteilen und dadurch leicht den Eindruck einer mit Secret erfüllten tiefen Höhlung erweckt. Überdies besitzt die Delle auch die Neigung, bei der Schnittführung sich aus dem Verbande des Chitinpanzers herauszulösen, ein Beweis, daß die Chitinmasse durch das Nesselsecret zersetzt wurde. Außerdem hängt die Gestalt der Delle von der Beschaffenheit der beschossenen chitinösen Cuticula ab. Je härter diese ist, desto runder und kleiner die Form der Delle, je weicher sie sich zeigt, desto unregel-

Fig. 4.

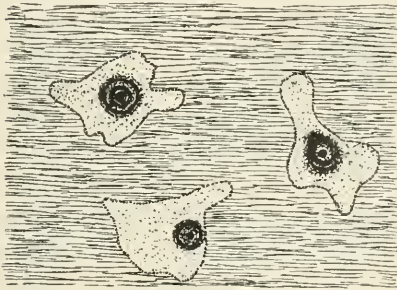


Fig. 5.

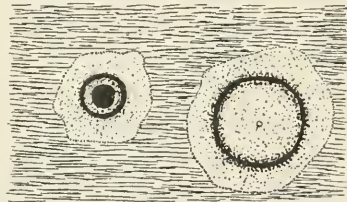


Fig. 4. Drei Dellen in einer wenig widerstandsfähigen Chitinmembran in der Ansicht von oben. Die dunklen Konturen zeigen den tiefsten Punkt der Delle an, wo große Secretmassen das Chitin ringförmig angriffen.

Fig. 5. Eine harte Chitinhülle mit 2 Dellen. Inmitten der größeren der durchschnittenen Nesselschlauch.

mäßiger und größer der Umriß der Wunde. Fig. 4 zeigt drei Dellen in einer weichen, Fig. 5 solche in einer harten Chitinmembran in der Ansicht von oben.

Weil das Secret nur dem Chitin gegenüber seinen zersetzenden Einfluß geltend macht, dagegen plasmatische Gewebe fast gar nicht angreift, kann auch der schmiegsame Faden nicht weit in letztere eindringen; also ist ein »Durchstechen« des Beutetieres durch einen Nesselschlauch so gut wie ausgeschlossen.

¹ Den Nachweis der Poren habe ich an mit Methylenblau gefärbten lebenden Cnidern erbringen können, an denen man das tief blau gefärbte Secret in Tropfenform aus den seitlichen Poren, wie auch aus der Öffnung an der Spitze des Schlauches hervortreten sieht.

Die Explosion der großen Nesselorgane geht folgendermaßen vor sich: Ein vorüberschwimmendes Tier berührt das Cnidocil einer großen Nematocyste und veranlaßt dadurch eine Explosion der betreffenden Cnide. Die Länge des Cnidocils ist stets eine konstante und steht mit der Länge des die Stilette tragenden Halsstückes in einem konstanten Verhältnis, das so geregelt ist, daß die Beute in dem Augenblick, in dem sie das Cnidocil einer großen Nematocyste berührt, auch gerade von der Kapsel die richtige Entfernung hat, in der die Stilette ihre vollste Kraft entfalten können. Dann bohrt sich der durch das Zusammenlegen der drei Stilette gebildete Dolch in die Cuticula der Beute ein; er wird aber bald durch das weitere Umstülpen des konischen Zwischenstückes, welches mit Spiralreihen von in gleicher Weise wie die Stilette wirkenden und auch wie diese zu je drei zusammengelegten Borsten besetzt ist, auseinander getrieben. Unterstützt wird das Vordringen der großen wie der kleinen Stacheln durch eine verhältnismäßig leicht zu konstatierende drehende Bewegung des Halsstückes. Bis jetzt konnte das Einbohren der Kapselteile ungehindert vor sich gehen, weil immer noch die Spitzen der kleinen Borsten die Wunde vertiefen konnten. Dem nachfolgenden glatten Fadenabschnitt fehlen aber besondere Bohreinrichtungen; infolgedessen macht sich in dem Moment der beginnenden Umkrepelung des Fadens in die Wunde ein gewisser Widerstand bemerkbar, der die Kapsel mit dem Stachelapparat aus der Delle heraushebt, wie Fig. 2 demonstriert. Dieser Rückstoß erfährt eine Hemmung, einerseits durch den *Hydra*-Tentakel selbst, dem die betreffende Kapsel normalerweise eingefügt bleibt, anderseits dadurch, daß nach der Ausstülpung einer kurzen Fadenstrecke sofort Secret sich in die Wunde ergießt, welches vermöge seiner klebrigen Eigenschaften den Schlauch sofort mit der Beute fest verklebt. Das Secret, das auch im Lumen des eingestülpten Fadens vorhanden war und mit denselben Eigenschaften wie das in der Kapsel aufgespeicherte ausgerüstet ist, tritt beim Umstülpen des Schlauches nach außen aus und löst im Verein mit dem aus den Poren ausströmenden Bläscheninhalt das umgebende Chitin auf. Dadurch gibt es dem Faden die Möglichkeit, selbst durch eine ziemlich dicke Chitinmembran hindurch bis in die plasmatischen Gewebe des Beutetieres hinein einzudringen.

Ist der Faden, wie es die Regel bildet, in der Cuticula der Beute haften geblieben, ohne sie zu durchdringen, so ist eine Einwirkung des Secretes auf den Organismus der Beute von vornherein ausgeschlossen. Ist der Schlauch dagegen in die inneren Gewebe eingedrungen, so kann nur dann eine augenblickliche Lähmung des Tieres eintreten, wenn das Secret auf einen Muskel oder Nerven ausgespritzt wurde. Wie aus Fig. 1 und andern hervorgeht, wird fast das gesamte in der Kapsel enthaltene

Secret schon in der Delle abgelagert, ob also das wenige, welches ins Innere der Beute hineingelangt, zu ihrer Immobilisierung hinreicht, ist sehr zweifelhaft. Irgendwelche Zerfallerscheinungen, die das eingedrungene Secret innerhalb der plasmatischen Gewebe hätte hervorrufen können, konnte ich nicht wahrnehmen. Es ist auch auf mangelhafte Beobachtung zurückzuführen, wenn behauptet wird, daß alle Tiere, die von einer *Hydra* ergriffen wurden und dann wieder freigekommen sind, immer den Einwirkungen des giftigen Secretes der Nesselorgane erliegen sollen. Nach meinen Untersuchungen scheinen sich die losgerissenen Beutetiere, falls sie einigermaßen widerstandsfähig sind, nicht viel aus den in ihrer Cuticula haftenden Kapseln zu machen, selbst wenn einzelne Schläuche bis in die inneren Organe vorgedrungen sind.

Die Wirkungsweise der großen Nesselorgane ist fast rein mechanisch. Das betreffende Tier setzt mit seiner großen Oberfläche sehr viele

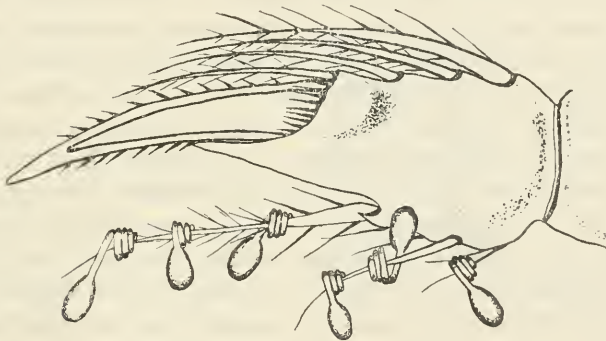


Fig. 6. Fuß eines *Cyclops* mit den kleinen birnförmigen Kapseln eines Polypen, welche die einzelnen Borsten und Härchen fest umschlungen haben.

Cniden in Aktion. Jede einzelne Kapsel verbindet sich fest mit der Chitinschicht der Beute, und zwar so innig, daß die großen Nesselorgane noch an den aus dem Gastralraum ausgestoßenen unverdaulichen Chitinteilen der erjagten Tiere auffindbar sind. Die Bläschen sind ihrerseits fest in ihre Deckzelle eingelassen und werden von ihrem Cnidoblasten umhüllt, der mit der Stützlammelle in direkter Verbindung steht. Diese drei Momente zusammen bewirken das Festhalten der Kapsel im Tentakel, so daß sie einem ziemlich heftigen Zuge widerstehen kann. Letzterer wird zwar vom festgehaltenen Beutetier auf die Kapseln ausgeübt, kann aber für die einzelne nicht sehr stark sein, weil er gleichzeitig auf eine ganze Anzahl von Bläschen verteilt wird. Mithin ist durch das Wirken der großen Nesselorgane das Beutetier fest mit dem Tentakel der in Frage kommenden *Hydra* verbunden. Der betreffende Arm

braucht sich nur zu kontrahieren und dadurch die Beute dem Munde zuzuführen. Hat die Proboscis erst das Tier erfaßt, so ist ein Entrinnen ausgeschlossen. Mithin ist die Beute überwältigt, ohne daß das Secret durch seine Giftigkeit hätte zu wirken brauchen.

Nebenbei sei hier bemerkt, daß die Beute weder von den Tentakeln in den Mund hineingestopft wird, noch daß die Proboscis sich ruckweise über das gefangene Tier hinüberschiebt. Dagegen kriecht sie langsam über das erjagte Individuum hinweg und preßt dabei alle ihr entgegenstehenden Extremitäten und Borsten durch ihren Druck fest an den Körper der Beute an.

Die Nesselkapseln, die Tentakel und das erjagte Tier immer noch miteinander verbinden, werden durch das Vorrücken der Proboscis aus ihrem Gewebsverbände, teils mit, teils ohne die zugehörige Bildungszelle, herausgezogen, wandern mit der Beute in den Gastralraum, werden aber nicht mit verdaut, sondern zugleich mit den unzersetzen Chitinteilen des Tieres, noch an diesen haftend, per os wieder ausgestoßen.

Wie aus dem Gesagten hervorgeht, stellen die großen Nesselorgane der *Hydra* eine Waffe dar, die selten versagt und in ihren Wirkungen fast unheimlich ist, vorausgesetzt, daß das beschossene Tier eine glatte Oberfläche hat. In einem Falle aber müssen sie versagen, wenn ihnen nämlich nur eine kleine Angriffsfläche geboten wird. Dies tritt ein, wenn ein an allen Körperteilen mit Borsten ausgestattetes Tier mit diesen das Cnidocil der großen Nematocysten berührt. Das Explodieren des letzteren wäre dann ja aus naheliegenden Gründen zwecklos. Hier setzt nun die Wirkung der kleinsten Nesselorgane der *Hydra* ein, deren Faden, wie bekannt, sich nach dem Ausstülpfen korkzieherförmig umlegt. Letzterer umschlingt sofort die Borste, die den Reiz auf das Cnidocil ausübte, und hält sie fest, begünstigt durch die an der Innenseite des Schlauches befindlichen Härchen, die die Reibung mit dem festgehaltenen Gegenstande vergrößern und dadurch ein Abgleiten verhindern (Fig. 6). Die zum Faden gehörige Kapsel wird in gleicher Weise wie die großen Nesselorgane von dem Tentakelgewebe festgehalten, so daß allein durch die Wirksamkeit der kleinsten Nesselorgane ein solches Tier, z. B. ein Kruster, leicht bezwungen werden kann.

Das Cnidocil der kleinen birnförmigen Nematocysten muß auf einen andern Reiz reagieren, wie das der großen Nesselorgane. Es übertrifft das der letzteren Kapselart bedeutend an Länge, es müßten also, wenn irgend ein Tier die Oberfläche des Hydrententakels berührt, zuerst die Cnidocile der kleineren Cnidocyten angestoßen werden, und als Folge davon viele kleine Nesselapparate explodieren. Die Beobachtung zeigt aber, daß bei glatten Beutetieren nur die großen Cniden entladen werden. Daraus geht hervor, daß das Cnidocil der kleinen Nesselorgane

nur auf einen besonderen Reiz hin in Funktion tritt, und diese wird unter normalen Bedingungen nur dann ausgelöst, wenn der reizleitende Apparat von der Borste eines vorüberschwimmenden Tieres berührt wird.

Auf andern Gebiete liegt die Wirksamkeit der cylindrischen Nematocystenart der Süßwasserpolyphen. Die in Frage kommende Kapselform ist außerordentlich secretreich; der von vielen Poren durchsetzte Schlauch ist glatt und zeigt kein scharf abgegrenztes Halsstück, das innere Bläschen geht also direkt in den dünnen Faden über.

Will eine *Hydra* sich fortbewegen, so setzt sie sich zuerst mit den Tentakeln oder auch mit der Proboscis fest. Auf beiden Körperteilen kommt aber besonders die cylindrische Kapsel vor. Sie ist es auch in der Tat allein, auf die in letzter Linie das Festhalten der Tentakel oder der Proboscis beruht. Eingehende Beobachtungen haben gezeigt, daß an einem festgehefteten Arme immer ein oder mehrere cylindrische Kapseln explodiert sind (Fig. 7 cK).

Der Inhalt des Bläschens ist aus den Poren und aus der oberen Öffnung des umgestülpten Fadens ausgetreten und hat vermöge seiner stark ausgeprägten Klebrigkeit den Schlauch sofort an seiner Unterlage festgeheftet. Dadurch ist auch der Tentakel fixiert, denn gerade diese Kapsel wird äußerst energisch von ihrer Deckzelle festgehalten. Wie Fig. 7 zeigt, kann das umgebende Protoplasma durch das Abliegen des Tentakels von der Anheftungsstelle oft fadenförmig ausgezogen werden, ohne daß das

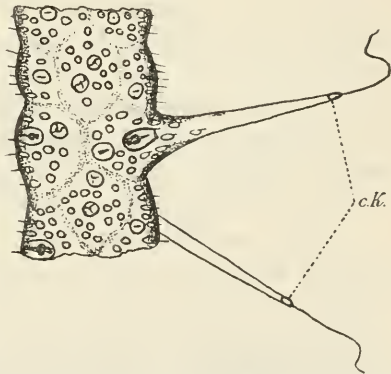


Fig. 7. Teil eines Hydrententakels mit zwei explodierten cylindrischen Cniden (c. K). Diese haben sich mit ihrem Faden an einer Unterlage festgeheftet.

Bläschen freigegeben wird, oder der dazu gehörige Schlauch zerreißt oder losläßt; ja es kann vorkommen, daß der ganze Polyp nur von einem einzigen Nesselfaden festgehalten wird. Hat die *Hydra* mit Hilfe der cylindrischen Nematocysten einen oder mehrere Tentakel oder auch die Proboscis angeheftet, so läßt sie mit der Fußscheibe los, um diese dann in der Nähe der fixierten Körperstellen wieder niederzusetzen. Dann befreien sich die Arme durch besonders heftigen Ruck von den festhaltenden Kapseln, setzen sich an andrer Stelle wieder fest, und dasselbe Spiel wiederholt sich so lange, bis der Polyp einen ihm zugänglichen Ort erreicht hat.

Rostock, den 11. November 1908.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zoologischer Anzeiger](#)

Jahr/Year: 1908

Band/Volume: [33](#)

Autor(en)/Author(s): Toppe Otto

Artikel/Article: [Über die Wirkungsweise der Nesselkapseln von Hydra.
798-805](#)