die Zweckmäßigkeit aus der Natur zu verbannen, so muss der Naturforscher ihn einschlagen. Solch ein Ausweg ist die Lehre von der natürlichen Zuchtwahl; folglich betreten wir ihn bis auf weiteres. Mögen wir immerhin, indem wir an diese Lehre uns halten, die Empfindung des sonst rettungslos Versinkenden haben, der an eine nur eben über Wasser ihn tragende Planke sich klammert. Bei der Wahl zwischen Planke und Untergang ist der Vorteil entschieden zugunsten der Planke."

Inzwischen ist uns in dem Hertz'schen Grundgesetz eine neue ungemein wertvolle Planke zugeschwommen. Und indem wir uns jetzt an zwei Planken klammern, dürfen wir wohl die Hoffnung hegen, uns sicher und auf alle Zeiten über Wasser zu halten. [35]

Über die Bedeutung der Flimmerbewegung für den Nahrungstransport bei den Actiniarien und Madreporarien.

Von Dr. Oskar Carlgren,
Dozent und Prosektor an der Hochschule zu Stockholm.

Obgleich man von dem ziemlich gleichartigen Aussehen des Anthozoenkörpers — ich sehe von solchen Actinienformen ganz ab, deren Tentakel verkümmert oder ganz reduziert sind — erwarten könnte, dass der Mechanismus für die Einführung der Nahrung und für die Ausführung der verbrauchten Partikeln überall binnen dieser Tiergruppe derselbe wäre, ergibt sich schon bei einer näheren Untersuchung weniger Formen, dass verschiedene Variationen dieses Mechanismus vorkommen. Ich teile hier einige Experimente mit, die ich während des letzten Sommers an der schwedischen zoologischen Station Kristineberg gemacht habe, um die Aufmerksamkeit auf diese Verhältnisse zu lenken; ich möchte jedoch vorausschicken, dass, was ich gegenwärtig zu erwähnen habe, nicht Anspruch auf Vollständigkeit macht, denn mehrere der untersuchten Formen halten sich während des Sommers nicht gut in Aquarien. Dies ist um so mehr bedauernswert, als es besonders für die Beobachtungen über die Umkehr der Cilienbewegung des Schlundrohrs bisweilen nötig scheint, die Tiere längere Zeit am Leben zu halten, weil die Reaktionen gegen denselben Stoff während verschiedenen Erregungszuständen verschieden verlaufen. Man muss daher mit der Möglichkeit rechnen, dass gewisse Reaktionen unter anderen für das Experimentieren günstigeren Umständen ein wenig anders verlaufen können, als ich es gefunden habe. Die Versuche sind mit acht Actiniarien, *Protanthea simplex* Carlgr., *Gonactinia prolifera* (M. Sars), *Halcampa duodecimcirrata* (M. Sars), *Bolocera longicornis* Carlgr., *Tealia coriacea* (Rapp), *Actinostola callosa* Verr.,

Metridium dianthus (Ellis) und *Sagartia riduata* (O. F. Müll.) und eine Madreporarie *Caryophyllia cyathus* (Lmk.) angestellt worden. Von diesen halten sich *Halcampa, Tealia, Metridium, Sagartia* und *Caryophyllia* in Aquarien gut, wesshalb auch die Beobachtungen an diesen Formen vollständiger sind als an den übrigen.

In betreff der Faktoren, die bei der Einführung der Nahrung und der Ausführung der verbrauchten Partikelchen bei den Actiniarien eine Rolle spielen, sind nur wenige Untersuchungen gemacht. Dass die Tentakel direkt durch Krümmung Nahrung zum Munde führen, ist natürlich seit langer Zeit wohl bekannt, aber über den Mechanismus der Einführung der Nahrung vom Mund ins Innere sind erst kürzlich einige Mitteilungen gemacht worden. Loeb[1]) und Nagel[2]) zeigten, dass peristaltische Bewegungen des Schlundrohrs dabei wirksam sind und Loeb[3]) vermutete, dass die Fortbewegung der zum Mund geführten Papierstückchen nach außen durch Flimmerbewegung stattfände, aber zuerst G. H. Parker[4]) wies durch verschiedene Versuche an *Metridium dianthus* nach, dass die Flimmerbewegung auch für die Einführung der Nahrung, wie für die Ausführung der verbrauchten Bestandteile von Bedeutung ist. Schließlich hat Vignon (in les Coelentérés von Delage und Hérouard, Traité de Zool. Concrète) einige Angaben über die Flimmerbewegung unter verschiedenen Bedingungen für *Sagartia parasitica (Calliactis Rondeletii)* mitgeteilt: Was die Madreporarien betrifft, so sind die Angaben auch sehr spärlich und beschränken sich auf einige Beobachtungen von Duerden[5]) über die Flimmerbewegung des Ektoderms bei einigen Arten. Unter solchen Umständen dürften meine Untersuchungen, wie unvollständig sie auch sind, nicht ohne Interesse sein.

Die beobachteten Formen können in betreff der Cilienbewegung des Ektoderms beim Transport der Nahrung und der Entleerung der unbrauchbaren Bestandteile in vier Gruppen eingeteilt werden. Die eine Gruppe fasst die ursprünglichen *Protanthea* und *Gonactinia*, die andere *Halcampa, Metridium* und *Sagartia*, die dritte *Caryophyllia* und die vierte *Tealia (Urticina), Bolocera* und *Actinostola* ein. Die Region, über der die Cilien verbreitet sind, ist am größten bei der ersten Gruppe, am kleinsten bei der letzten, auch spielen

---

1) Untersuchungen zur physiologischen Morphologie der Tiere. 1. Über Heteromorphose. Würzburg 1891, p. 69.

2) Experimentelle sinnesphysiologische Untersuchungen an Coelenteraten. Arch. f. gesamt. Physiol. Bd. 57, 1894, p. 540.

3) Zur Physiologie und Psychologie der Actiniarien. Arch. für gesamt. Phys. Bd. 59, p. 419.

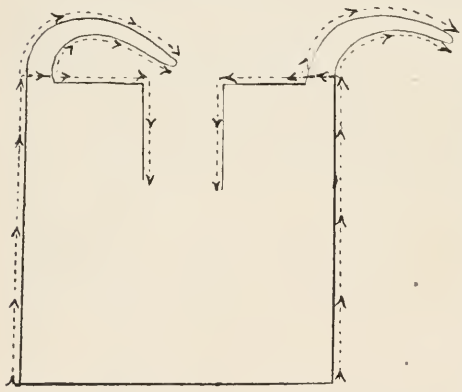
4) The reactions of Metridium to food and other substances. Bull. Mus. Comp. Zool. Harvard College. Vol. 29, Nr. 2, 1896.

5) Mem. Nat. Acad. Scienc. Vol. 87, Mem. 7, Washington 1902, p. 415.

bei der Einführung der Nahrung die Cilien bei der ersten eine überwiegende Rolle, während sie bei der letzten von mehr untergeordneter Bedeutung sind.

Wie ich gezeigt habe (z. B. in Ostafrikanische Actinien Mitt. Nat. Mus. Hamburg 17), gehören *Gonactinia* und *Protanthea* nicht nur zu den ursprünglichsten Actiniarien, die wir gegenwärtig kennen, sondern überhaupt zu den ursprünglichsten jetzt lebenden Anthozoen. Die Körperwand, die gewöhnlich bei den Actinien einen von den Tentakeln und der Mundscheibe abweichenden Bau hat, ist nämlich bei *Protanthea* und *Gonactinia* nicht von diesen Körperteilen differenziert. So trifft man bei diesen Formen in dem Ektoderm der drei erwähnten Körperpartien Muskeln, Ganglien- und Sinneszellen wie auch dünnwandige Nesselkapseln, die sonst in der Körperwand entweder ganz vermisst werden oder nur ausnahmsweise auftreten. Es ist interessant zu finden, dass auch die Cilienverteilung und die Cilienbewegung den primitiven Charakter der *Protanthea* bestätigt. Sowohl das Ektoderm der Körperwand als das der Tentakel, der Mundscheibe und des Schlundrohrs ciliert nämlich kräftig. In betreff der *Protanthea* geht die von den Cilien verursachte Strömung in der Körperwandregion von der proximalen (aboralen) Seite distalwärts, an den Tentakeln von der Basis zu der Spitze, an der Mundscheibe von der Peripherie zu dem Zentrum und an dem Schlundrohr von dem Mund proximalwärts, wie nebenstehende schematische Fig. 1 zeigt (die Pfeile geben hier die Richtung der Strömung an). Dieselben Strömungen verursacht das Ektoderm der *Gonactinia*, nur mit dem Unterschied, dass in der proximalsten Partie der Körperwand die Wasserströmung gegen die Fußscheibe geht. Karminkörnchen, die man an den proximalen Teil der Körperwand bei *Protanthea* fallen lässt, werden zum distalen Ende und von hier zwischen den Tentakeln zum Mund und schließlich in das Innere transportiert. Besonders leicht lässt sich dies demonstrieren, wenn die Tentakel abgerissen sind[1]).

Fig. 1.



1) *Protanthea* ist sehr verletzlich, besonders fallen die Tentakel an der Basis leicht ab, was jedoch nicht in Zusammenhang mit dem Vorhandensein eines Sphinkters steht.

Den Nahrungsimport dieser Tiere habe ich infolge oben angegebener Gründe nicht näher beobachten können. Ebenso habe ich keine Kenntnis von den Gegenständen, von denen *Protanthea* und *Gonactinia* leben. Der ganze Bau des Tieres und die verhältnismäßig schwachen Tentakel der Tiere deuten jedoch an, dass nur kleine Tierchen von dem Tier gefressen werden. Mit der von den Schlägen der Cilien verursachten Wasserströmung, die von der Körperwand und der Mundscheibe zum Mund und von hier ins Innere leitet, können leicht kleine Partikelchen fortgeführt werden ohne von den Tentakeln ergriffen zu werden. Die Tiere haben also ohne die Tentakel ein Mittel, die Nahrung in den Körper einzuführen. Dass jedoch auch diese eine Rolle für den Nahrungsimport spielen, dürfte wohl wahrscheinlich sein, obgleich es wohl unsicher ist, ob die gefasste und betäubte Beute direkt von den Tentakeln auf die Mundscheibe oder in den Mund abgeliefert wird. Fast mehr deutet die starke Cilierung der Tentakel darauf, dass die Beute, nachdem sie betäubt ist, von der Cilienströmung der Tentakel, die sich bei stärkeren mechanischen und wahrscheinlich wohl auch bei chemischen Reizungen nach innen biegen (Fig. 1 links) zu der Mundscheibe oder zu der Mundöffnung geführt wird. Ich glaube mich daher nicht zu irren, wenn ich ausspreche, dass der Nahrungsimport bei *Protanthea* und *Gonactinia* hauptsächlich mit Hilfe der Cilien geschieht. Ob peristaltische Bewegungen in dem Schlundrohr beitragen, den Nahrungsimport zu befördern, ist fraglich. Was besonders *Protanthea* betrifft, die ein sehr kurzes Schlundrohr hat, dürfte es kaum der Fall sein. Die Entleerung der Detrituspartikelchen habe ich nicht beobachtet.

Den zweiten Typus der Cilienbewegung findet man bei der mit abgerundetem, proximalem Körperende versehenen *Halcampa*, wie auch bei den zu der am höchsten stehenden Familien, *Sagartidae*, gehörenden Gattungen *Metridium* und *Sagartia*. Die drei oben angegebenen Repräsentanten dieser Genera zeigten alle die Übereinstimmung, dass keine Cilien an dem Ektoderm der Körperwand vorhanden waren, dass die Tentakelcilien wie bei den Protantheen von der Basis gegen die Spitze der Tentakel schlagen, dass aber die von den Cilien verursachte Wasserströmung an der Mundscheibe dagegen von dem Zentrum gegen die Peripherie geht. Gegenstände, die auf die Mundscheibe fallen und die nicht durch peristaltische Bewegungen des Schlundrohrs binnen dem Strömungskreis des Schlundrohrs kommen, wurden also von der Mundscheibe zu den Tentakelspitzen geführt und dort abgeliefert. Auch die Bewegung der Schlundrohrcilien ist bei zwei (wahrscheinlich bei allen drei) Arten dieselbe. Wenn Schlundrinnen vorhanden sind — bei *Halcampa* sind sie nämlich sehr schwach entwickelt und kaum von dem übrigen Schlundrohr zu unterscheiden — geht

die Strömung immer nach innen zu, in dem übrigen Schlundrohr nach der Beschaffenheit der Gegenstände, die in das Schlundrohr eingeführt werden, entweder nach außen oder nach innen, d. h. in dem Beginn des Schlundrohrs kommt eine Umkehr der Cilienbewegung vor, eine Beobachtung, die Parker (l. c.) vorher bei *Metridium marginatum* gemacht hat. Im einzelnen verhielten sich die drei Arten ein wenig verschieden gegen Karmin und Krabbenfleisch, was wohl wenigstens zum Teil mit dem verschiedenen Hungerzustand der untersuchten Tiere zusammenhang.

Was den Nahrungsimport bei *Halcampa* betrifft, so sind die Beobachtungen hierüber sehr unvollständig, weil diese Form bei Reizung der einen oder anderen Art die distalste Partie des Körpers in den proximalen Abschnitt auf einem Ruck plötzlich einstülpt. Kleine Karmin- und Sandkörnchen, die ich an der Mundscheibe fallen ließ, wurden zu der Tentakelspitze geführt; waren sie zu groß, um auf diese Weise fortgeführt zu werden, befreite sich das Tier davon mit einer plötzlichen Zuckung. Karminkörnchen, die mit dem Schlundrohr in Berührung kamen, wurden zu der Mundöffnung befördert, was am deutlichsten bei ausgestülptem Schlundrohr zu sehen war. Sowohl die Cilien der Tentakel als die der Mundscheibe und des Schlundrohrs schlagen lebhaft. Während die Mundscheibe und das Schlundrohr sich gegen Karmin indifferent verhielten, reagierten sie gegen kleine Leberstückchen von Krabben. Sobald solche mit der Mitte der Mundscheibe in Berührung kamen, öffnete sich der Mund. Das weitere Schicksal des Stückchens blieb mir bei allen von mir gemachten Versuchen verborgen, weil das Tier, sobald der Mund sich geöffnet hatte, sich mit einer Zuckung zusammenzog.

Meine Beobachtungen an *Metridium dianthus* stimmen gut mit Parker's an *M. marginatum* überein. Soweit ich sehe, wimpern die inneren Teile der Mundscheibe, was auch Parker bei seiner Art vermutet; doch ist die Wimperung hier schwach. Dagegen ist die Cilienbewegung der Tentakel und die des Schlundrohrs stark, besonders die des letzteren. Karminkörnchen, die ich an dem Schlundrohr fallen ließ, wurden augenblicklich von den Cilien aus dem Schlundrohr ausgeführt. Eine Umkehr der Cilienbewegung kommt indessen in dem Schlundrohr vor. Stückchen von Krabben- oder Fischfleisch wurden nämlich von den Schlundrohrcilien in das Körperinnere befördert. Jedoch ist war Reaktion nicht augenblicklich. Die Fleischstückchen wurden nämlich oft zu Beginn der Versuche wie die Karminkörnchen nach außen transportiert, zuerst nach wiederholter Berührung des Schlundrohrs mit den Stückchen wurde die Bewegungsrichtung der Cilien geändert und das Stückchen ins Innere geführt. Unter gewöhnlichen Umständen, d. h.

wenn das Tier nicht Nahrung einnimmt, geht ein kontinuierlicher Wasserstrom von dem aboralen Ende des Schlundrohrs bis zur Spitze der Tentakel. Die Cilien der Schlundrinnen bewegen sich kräftig, dadurch entsteht eine starke Wasserströmung, die wie gegesagt, immer von außen nach innen geht.

Während bei *Metridium* die Flimmerhaare in den Abschnitten des Schlundrohrs, außerhalb der Schlundrinnen, normalerweise nach außen schlagen, scheinen sie bei *Sagartia viduata* am öftesten in entgegengesetzter Richtung sich zu bewegen. An etwa 20 Exemplare dieser Art habe ich die Cilienbewegung untersucht. Ehe die Versuche angestellt wurden, hatten sich die Tiere eine Woche in einigen

Fig. 2. Fig. 3.

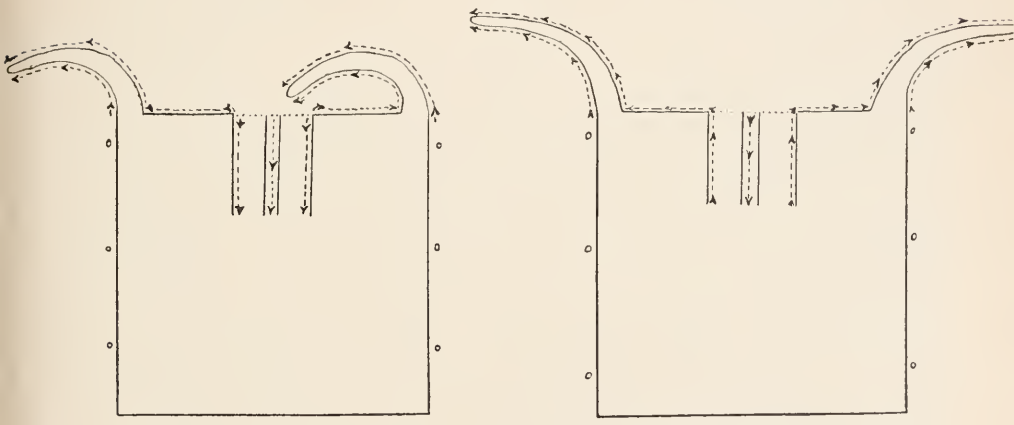


Fig. 2—3. Schema der von den ektodermalen Cilien verursachten Wasserströmung bei *Sagartia viduata*. — Die Pfeiler geben die Richtung der Strömungen an. — *o* bedeutet hier wie an den Fig. 4—6, dass das Ektoderm nicht bewimpert ist. In der Mitte des Schlundrohrs die eine Schlundrinne, in der die Strömung immer nach innen geht. Fig. 2 während des Nahrungsimports, Fig. 3 während der Ausführung der Nahrungsreste.

Glasschälchen in stillstehendem Wasser, das ein paarmal während dieser Zeit gewechselt wurde, befunden. Sie waren sehr empfindlich und reagierten für mechanische Reizung gut. Einzelne Karminkörnchen, die ich an der äußeren Partie der Mundscheibe und an den Tentakeln fallen ließ, wurden von der Cilienbewegung nach außen geführt, trafen sie dagegen die innere Partie der Mundscheibe in der Nähe des Schlundrohrs, wurden sie augenblicklich oder wenigstens recht bald durch eine Ausbuchtung des Schlundrohrs, die durch eine gleichzeitig geschehende Kontraktion der Mundscheibe an dieser Stelle mehr und mehr sich die Körnchen näherten, in der von der Cilienbewegung des Schlundrohrs verursachten, nach innen gehenden Wasserströmung eingezogen und ins Innere

geführt. Lässt man zahlreiche Karminkörnchen an der Mundscheibe fallen, wird die peristaltische Bewegung des Schlundrohrs heftiger und von einer plötzlichen Verkürzung und Krümmung der Tentakel nach innen begleitet. Es können also die Tentakel sich einstülpen, ohne dass die Karminkörnchen in Berührung mit den Tentakeln kommen, eine Beobachtung, die ich auch bei *Metridium* gemacht habe. Wahrscheinlich löst die Summation kleiner Reize, die durch die starken peristaltischen Bewegungen des Schlundrohrs verursacht wurden, die Einstülpung der Tentakel aus. Eine Umkehr der Cilienbewegung in dem Schlundrohr habe ich bei diesen Exemplaren nicht gesehen. Sie verschlangen nämlich mit gleicher Begehrlichkeit Karminkörnchen wie Stückchen von Krabbenfleisch, ja auch Zigarrenasche und Chininsulphat wurden von der Cilienströmung ins Innere geführt. Auch seitdem die Tiere mehrmals mit Krabbenfleisch gefüttert worden waren, wurden die Karminkörnchen von den Cilien des Schlundrohrs aboralwärts transportiert. Dagegen habe ich bei einem Exemplar dieser Art, das von einem Aquarium mit durchspülendem Wasser in eine Glasschale übergeführt wurde, eine Umkehr der Cilienbewegung gesehen. Die Karminkörnchen wurden hier im Gegensatz zu dem Verhältnis bei den vorher erwähnten Exemplaren durch die Cilienströmung des Schlundrohrs ausgeführt. Die Bewegung der Cilien war also hier umgekehrt gegen die in den vorigen Versuchen erwähnte (Fig. 3). Karminkörnchen, die an dem äußeren Teil der Mundscheibe fielen, verursachten auch keine oder nur eine sehr schwache Ausbuchtung des Schlundrohrs (in letzterem Fall war die Reaktion vorübergehend und leitete nicht zu einer Einführung der Körnchen in das Schlundrohr), dagegen verhielt sich Krabbenfleisch wie das Karmin in den vorigen Versuchen und wurde mit der Hilfe der Cilienbewegung des Schlundrohrs verschlungen. Eine Umkehr der Schlundrohrcilien nach dem verschiedenen physiologischen Zustand der Tiere wurde also auch hier wie bei *Metridium* deutlich konstatiert.

Wir haben bisher nur den Nahrungsimport kleiner Gegenstände von dem inneren Teil der Mundscheibe und von dem oralen Teil des Schlundrohrs geschildert. In der Natur dürfte es selten sein, dass die Nahrung direkt die inneren Partien der Mundscheibe und das Schlundrohr trifft, ohne dass sie von den Tentakeln gefasst worden ist. Gewöhnlich geschieht der Nahrungsimport wohl in der Weise, dass ein oder mehrere Tentakel nach der verschiedenen Größe der Reizung mit der gefangenen Beute nach dem Mund zu sich biegen, wonach die Cilienbewegung der Tentakel die Nahrung direkt zu der Mundöffnung oder zu der Nähe derselben transportieren. Sollten Nahrungspartikelchen an die äußere Partie der Mundscheibe fallen, wovon sie nicht von den peristaltischen Bewegungen des Schlundrohrs in die Mundöffnung geführt werden

können, sind sie jedoch nicht für das Tier verloren, denn die Cilien der Mundscheibe führen wieder die Partikelchen zu den Tentakeln (s. Fig. 2 rechts).

Die dritte und die vierte Gruppe stimmen in betreff des Baues der Organe, die im Dienste des Nahrungsimports stehen, insoweit überein, dass die Tentakel in Zusammenhang mit der starken Entwickelung der Nesselkapseln in diesen Teilen, ihre ektodermalen Cilien verloren haben, wofür die von den Tentakeln gefangene Beute nur durch direkte Überführung zu der Mundscheibe oder zu dem Mund kommen kann — ich sehe dann von dem glücklichen Zufall ganz ab, wenn die Nahrung nur durch ihre Schwere an die Mundscheibe oder an den Mund fällt. In anderen Hinsichten weichen sie voneinander ab, indem die Bewimperung bei *Caryophyllia* sonst fortwährend gut besteht, bei *Tealia*, *Bolocera* und *Actinostola* sehr reduziert ist.

Die Cilien des Ektoderms bei *Caryophyllia* (Fig. 4) schlagen sehr kräftig und verursachen eine lebhafte Wasserströmung. In betreff der Mundscheibe besteht ein Unterschied zwischen den inneren und den äußeren Partien. Die äußere Partie, die etwa an der Basis der inneren Tentakel beginnt, flimmert nach außen. Kleine Karminkörnchen werden schnell zwischen den basalen Tentakelteilen zu dem Rand der Mundscheibe und dann weiter von den kräftig nach unten flimmernden Cilien der Körperwand gegen die Fußscheibe zugeführt, eine Anordnung, deren Nutzen für das völlig ausgestreckte Tier nicht klar ist, deren Bedeutung aber für das in den Kalkbecher eingezogene Tier sicherlich darin besteht, die über den größten Teil der weicheren Teilen hervorragenden Kalkpartien von fremden Partikelchen rein zu halten. In eingezogenem Zustand flimmern auch, praktisch genommen, die Cilien allein von dem Zentrum gegen die Peripherie, denn die inneren Teile der Mundscheibe und das Schlundrohr liegen dann so tief im Innern, dass sie nicht den Körper nach außen begrenzen.

Die inneren (braungefärbten) Partien der Mundscheibe flimmern nach dem Schlundrohr zu. Kleine Karminkörnchen, die man an diesen Körperteil fallen lässt, werden augenblicklich zu dem Mund und von hier durch die Flimmerbewegung des Schlundrohrs ins Innere geführt. Die Reaktion ist dieselbe, wenn man statt Karmin, Krabbenfleisch oder Chinasulphat gebraucht. Eine Umkehr in der Bewegung der Cilien des Schlundrohrs habe ich nicht beobachtet. Es ist auch möglich, dass keine solche vorkommt. Nahrungsreste werden nämlich leicht bloß durch eine starke Zusammenziehung des Tieres, die einen starken Wasserstrom aus dem Innern durch das Schlundrohr presst, nach außen befördert. Es scheint mir auch, als ob die Mesenterialfilamente bei der Entleerung der verbrauchten Reste auch wirksam sind; sie sind nämlich sehr beweg-

lich und strecken sich bei dem Wegführen der Nahrungsreste weit nach oben. Die ektodermalen Teile des Schlundrohrs scheinen überall dieselbe Bewegung zu haben, auch sind keine Schlundrinnen differenziert.

Spielt die Flimmerbewegung bei der Einführung der Nahrung ins Innere eine wesentliche Rolle, so trägt auch peristaltische Bewegung des Schlundrohrs dazu bei. Dies sieht man, wenn größere Körnchen, die nicht von dem Flimmern fortbewegt werden, an die Mundscheibe gebracht werden. Das Schlundrohr erweitert sich nämlich dann in ähnlicher Weise wie bei *Sagartia* in derselben Zeit, in der sich der zwischen dem Körnchen und dem Schlund liegende Teil der Mundscheibe verkürzt. Diese Bewegung des Schlundrohrs hat zur Folge, dass das Körnchen in den von den

Fig. 4.

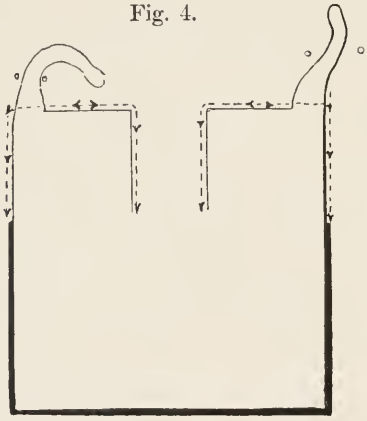


Fig. 4. Schema der von den ektodermalen Cilien verursachten Wasserströmung bei *Caryophyllia cyathus* während des Nahrungsimportes. Bezeichnungen wie in Fig. 2—3. Die schwarze, grobe Linie stellt den Kalkbecher vor.

Cilien des Schlundrohrs verursachten starken Wasserstrom eingeführt wird.

Weil die Wasserströmung in den äußeren Teilen der Mundscheibe kontinuierlich von dem Mund weggeht, müssen die Tentakeln die ersten Dienste bei der Nahrungsaufnahme leisten, denn nur selten dürfte es geschehen, dass Nahrungspartikelchen direkt an den inneren Teilen der Mundscheibe oder an den Mund fallen. Die Tentakeln sind auch, wie bekannt, sehr geeignet, die Nahrungspartikelchen zu greifen. Das Tentakelektoderm wimpert nicht, dagegen ist es mit zahlreichen warzenähnlichen Batterien von starken Nesselkapseln versehen. Die glatte Spitze der Tentakel, die kugelförmig abgerundet ist, enthält besonders große Nesselkapseln. Lässt man ein Karminkörnchen oder ein Stückchen Krabbenfleisch neben der Basis eines Tentakels fallen, so zieht der Tentakel sich stark zusammen. Unmittelbar folgt eine zwar schwächere, jedoch

starke Kontraktion der angrenzenden Tentakeln, die sich um das Körnchen herum legen. Dann folgt eine Kontraktion der Mundscheibe, so dass das Körnchen zu der braunfarbigen Mundscheibenpartie, die nach innen flimmert, übergeführt werden kann. Wird das Körnchen von den nach dem Mund schlagenden Cilien gefasst, gehen die Tentakeln zu ihrer ursprünglichen Stellung zurück. Geschieht es, dass das Körnchen nahe der Spitze des Tentakels angeheftet wird, dann krümmt sich die Spitze um das Körnchen herum, der Tentakel verkürzt sich[1]), biegt sich gegen die Mundscheibe, an deren inneren Partie das Körnchen abgegeben wird. Von der Mundscheibe wird das Körnchen entweder nur durch die Cilienbewegung, oder wenn es sich um ein größeres Körnchen handelt, durch peristaltisches Bewegen des Schlundrohrs zu dem Mund geführt.

Bei den Repräsentanten der vierten Gruppe, bei *Tealia*, *Bolocera* und *Actinostola*, ist die Bewimperung des Ektoderms sehr reduziert. Nicht nur, dass sie an der Körperwand und an den Tentakeln verschwunden sind, auch das ganze Mundscheibenektoderm, vielleicht mit Ausnahme des Mundrandes, flimmert nicht. Auch da, wo die ektodermalen Cilien nicht reduziert sind und zwar in dem Schlundrohr, ist die Bewimperung nicht stark. Für die Einführung der Nahrung spielen auch die Cilien eine untergeordnete Rolle. Nachdem die Nahrung von den Tentakeln, die mit außerordentlich großen und zahlreichen Nesselkapseln versehen sind, gefasst worden ist, muss sie zu der Mundöffnung oder zu der Nähe des Mundes geführt werden, um ins Innere transportiert werden zu können, denn Nahrungspartikelchen, die an dem größten Teil der Mundscheibe fallen, bleiben dort liegen und das Tier kann in diesem Zustand, wie Nagel treffend sagt (l. c. 1894 p. 531) „mit der Speise auf dem Munde verhungern". Wird die Nahrung in der Nähe des Mundes abgeliefert, streckt sich das Schlundrohr gegen die Nahrung aus wie bei *Caryophyllia* und *Sagartia* (wenigstens ist dies der Fall mit *Actinostola* und *Tealia*). Dann wird die Nahrung von den Cilien des Schlundrohrs gefasst und ins Innere sehr langsam befördert. Außer den Schlundrohrcilien, die für die Einführung kleiner Stückchen unzweideutig wirksam sind, spielen auch dabei peristaltische Bewegungen eine wesentliche Rolle. Besonders bei *Tealia*, der einzigen zu dieser Gruppe gehörenden Form, die ich in einem für Experimentieren günstigen Lebenszustand gehabt habe, sind die peristaltischen Bewegungen stark, auch wenn nur kleine Körnchen geschluckt werden. Wenn größere Stückchen, von welchen diese Formen gewöhnlich leben — *Actinostola* und

1) Wie im allgemeinen bei den Anthozoen wirken die Tentakel voneinander unberührt.

Bolocera lebt hauptsächlich von *Pandalus borealis* und anderen Tiefseekrabben — gefressen werden, dürften die peristaltischen Bewegungen für die Einführung von außerordentlicher Bedeutung sein, während die langsam schlagenden Cilien den Transport solcher Stückchen nur in geringer Masse befördern können.

Obgleich also die Cilien des Schlundrohrs für die Einführung der Nahrung und für das Wegführen der verbrauchten Partikelchen hier nicht dieselbe Rolle wie bei den drei übrigen Gruppen spielen, kommt doch eine Umkehr in der Bewegung der Cilien des Schlundrohrs auch bei dieser Gruppe vor. Sowohl bei *Artinostola* und *Tealia* habe ich dieselbe beobachtet. Bei den Versuchen an der ersten Form benutzte ich Karmin und Chinasulphat. Beim Beginn

Fig. 5. Fig. 6.

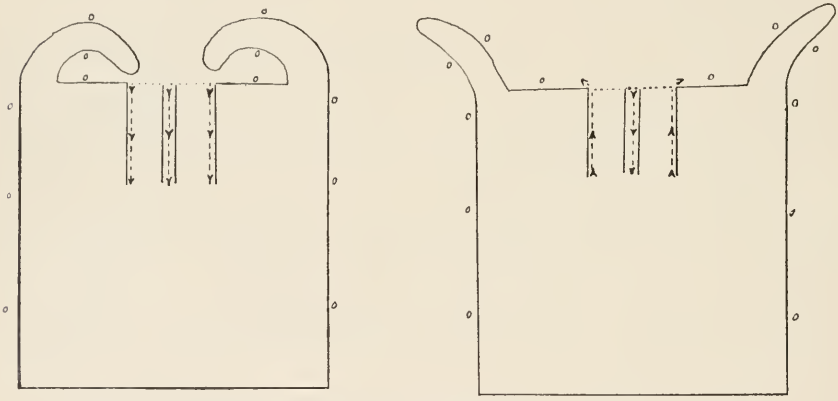


Fig. 5—6. Schema der von den ektodermalen Cilien verursachten Wasserströmung bei *Tealia coreacea*. Bezeichnungen wie in Fig. 2—3. — Fig. 5 während des Nahrungstransportes, Fig. 6 während der Ausführung der Nahrungsreste.

der Versuche wurde Karmin von der Mitte des Schlundrohrs nach oben geführt, später, wenn ich eine Mischung von Karmin und Chinasulphat brauchte, wurden die Körnchen nach unten transportiert. Bei den Versuchen an *Tealia* wurde Karmin und Krabbenfleisch angewandt. Die Umkehr der Cilien war wie bei den vorher erwähnten Formen beim Wechsel der Reizmittel nicht augenblicklich; es dauerte ziemlich lange, ehe das Tier empfand, dass ein Reizmittel anderer Art an das Schlundrohr gebracht worden war.

Eine Zusammenfassung meiner Beobachtungen ergibt folgendes Resultat.

A. In betreff der Verbreitung der Cilien des Ektoderms und der Richtung der Cilienschläge.

1. Die ursprüngliche, gleichmäßige äußere Bewimperung der Embryonen hat sich am besten bei den niedrig stehenden *Pro-*

tantheen erhalten, indem nicht nur die Mundscheibe und das Schlundrohr, sondern auch die Körperwand und die Tentakel mit ektodermalen Cilien versehen sind. Besonders ist dies der Fall mit *Protanthea*, wo auch die ursprüngliche Bewegungsrichtung der Cilien bleibt. Die Cilien der Körperwand schlagen nämlich nach oben, die der Mundscheibe nach innen, die des Schlundrohrs nach dem aboralen Ende zu und die der Tentakel von der Basis gegen die Spitze (Fig. 1). Dasselbe ist der Fall mit *Gonactinia* nur mit dem Unterschied, dass die Cilien des proximalsten Teils der Körperwand eine Wasserströmung gegen die Fussscheibe zu verursacht.

2. Bei *Halcampa*, *Metridium* und *Sagartia* sind die Cilien in dem Ektoderm der Körperwand geschwunden, dagegen gibt es ektodermale Cilien an der Mundscheibe, an dem Schlundrohr und an den Tentakeln. Das Bleiben der Cilien an den Tentakeln steht wie bei den *Protantheen* auch aller Wahrscheinlichkeit nach mit der verhältnismäßig schwachen Entwickelung der Nesselkapseln in dieser Region in innigstem Zusammenhang. Die Cilien der Tentakeln schlagen von der Basis gegen die Spitze, die der Mundscheibe von dem Zentrum gegen die Peripherie und die des Schlundrohrs je nach den physiologischen Verhältnissen von dem Mund gegen das Innere oder umgekehrt[1]) (Fig. 2, 3). (Bei *Halcampa* ist nur die Bewegung der aufwärts schlagenden Cilien von mir beobachtet.)

3. Bei *Caryophyllia* ist die Reduktion der ektodermalen Bewimperung anders als bei den in 2. erwähnten Formen verlaufen, indem die Cilien der Tentakel mit der Ausbildung der starken Nesselkapselbatterien verschwunden sind. Die Cilien bestehen dagegen an der Körperwand, an der Mundscheibe und an dem Schlundrohr fort. Die Cilien der Körperwand flimmern nach der Fußplatte zu, die der äußeren Partien der Mundscheibe nach außen, die der inneren nach innen und die des Schlundrohrs von dem Mund aboralwärts (Fig. 4).

4. Die Reduktion der Cilien im Ektoderm ist am größten bei den mit starken Nesselkapseln an den Tentakeln versehenen, von größeren Tieren lebenden Actiniarien der Gattungen *Tealia*, *Actinostola* und *Bolocera*. Die Cilien an dem Ektoderm der Körperwand, der Mundscheibe und der Tentakel sind verschwunden und nur die des Schlundrohrs persistieren. Die Cilien dieses Teils schlagen je nach den physiologischen Verhältnissen nach dem Körperinnern oder nach außen zu (Fig. 5, 6). (Bei *Bolocera* ist die Umkehr der Cilien nicht beobachtet, kommt aber wahrscheinlich vor.)

1) Zu dieser Gruppe gehört auch in betreff der Cilienanordnung die von Vignon (l. c. p. 475, Fig. 646—648) untersuchte *Calliactis (Sagartia)*, *Rondeletii (parasitica)*. Doch stimmt die Bewimperung der Mundscheibe mit der der *Caryophyllia* nicht überein.

5. Wenn eine Schlundrinne oder zwei vorhanden sind — den *Protantheen*, *Halcampa* und *Caryophyllia* fehlen differenzierte Schlundrinnen — ist das Ektoderm hier immer bewimpert. Die Cilien flimmern immer aboralwärts.

B. In betreff der Funktion der Cilien.

1. Alle Cilien des Ektoderms bei *Protanthea* wirken einheitlich, indem jeder nicht zu großer Gegenstand (Nahrungspartikelchen), der einen Punkt des Ektoderms trifft, ins Innere transportiert wird. In betreff der Tentakel gilt diese Behauptung nur in dem Fall, dass sie gegen den Mund zu gebogen sind (Fig. 1 links). Dasselbe ist der Fall mit *Gonaetinia*, nur mit dem Unterschied, dass der proximalste Teil der Körperwand nicht diese Funktion hat.

2. Alle ektodermalen Cilien, die der Schlundrinne ausgenommen, bei *Halcampa*, *Metridium* und *Sagartia* wirken unter gewissen Verhältnissen einheitlich. Dies ist der Fall, wenn verbrauchte Partikelchen durch die Cilienbewegung von der aboralen Partie des Schlundrohrs zu der Spitze der Tentakel geführt werden (Fig. 3) Während des Transports der Nahrung ins Innere dagegen führen die Cilien der Tentakel die Nahrung zu dem Mund und die des Schlundrohrs von hier in den coelenterischen Raum hinein, während die der Mundscheibe für den Nahrungsimport von keiner Bedeutung sind (oder von weniger Bedeutung, denn wenn ein Gegenstand nicht beim ersten Versuch das Schlundrohr erreicht, sondern von den Cilien der Mundscheibe nach außen geführt wird, kann der Versuch erneuert werden, weil die Cilien der Mundscheibe und die der Tentakel einheitlich gegen die Spitze der Tentakel schlagen) (Fig. 2, rechts).

3. Bei *Caryophyllia* spielen die Cilien des inneren Teiles der Mundscheibe und die des Schlundrohrs eine Rolle bei der Einführung der Nahrungspartikelchen, indem die Cilien an dem inneren Teil der Mundscheibe etwa von der Basis der inneren Tentakel gerechnet und die des Schlundrohrs einheitlich nach innen schlagen. Die kontinuierlich nach außen zu flimmernden Cilien der äußeren Partie der Mundscheibe und die der Körperwand haben den Zweck, teils durch den Mund ausgepresste verbrauchte Partikelchen von dem Tier wegzuführen, teils bei dem eingezogenen Tier wohl auch die über den größten Teil der weicheren Partien hervorschießenden Kalkteile von Detrituspartikelchen frei zu halten.

4. Die nach dem Körperinnern zu flimmernden Cilien bei *Tealia*, *Bolocera* und *Aetinostola* spielen eine, obgleich schwache Rolle bei der Einführung der Nahrung, die nach dem Mund zu flimmernden eine Rolle bei der Ausführung der verbrauchten Partikelchen.

5. Die immer aboralwärts gerichteten Schläge der Schlundrinnecilien führen einen frischen Wasserstrom ins Innere des Körpers ein.

C. In betreff des Nahrungsimports im allgemeinen.

1. Bei den *Protantheen* geschieht die Einführung der Nahrung wohl hauptsächlich durch die Cilienbewegung (vgl. B. 1). (Welche Rolle die Tentakel für den Nahrungstransport spielen, habe ich nicht beobachten können.)

2. Wenn ein Nahrungspartikelchen ein Tentakel bei *Metridium* und *Sagartia* trifft, folgt eine Kontraktion und Krümmung des Tentakels (oder nach der Größe der Reizung eine Einstülpung der angrenzenden Tentakeln oder aller Tentakeln) nach dem Mund zu. Dann wird das Stückchen durch die Cilienbewegung der Tentakel zu dem Mund geführt und von hier durch die Cilien des Schlundrohrs wie auch in geringerem Maße durch peristaltische Bewegungen desselben ins Innere transportiert. Wenn das Stückchen in der Nähe des Mundes abgeliefert wird, erweitert sich das Schlundrohr so viel, dass das Stückchen von der Cilienbewegung des Schlundrohrs ergriffen wird.

3. Die Nahrungsstückchen bei *Caryophyllia* werden von einem Tentakel (oder bei stärkerer Reizung von mehreren Tentakeln) gefasst, dann kontrahiert sich der Tentakel und krümmt sich gegen den Mund zu und gibt das Stückchen der inneren Partie der Mundscheibe oder dem Mund ab. Von hier wird das Stückchen durch die Cilienbewegung der Mundscheibe und des Schlundrohrs in den coelenterischen Raum geführt. Sind die Stückchen größer, so tragen auch peristaltische Bewegungen des Schlundrohrs dazu bei, die Nahrung in das Innere einzuführen.

4. Bei *Tealia* (wohl auch bei *Actinostola* und *Bolocera*) wurde die Nahrung (hauptsächlich größere Gegenstände) von den Tentakeln gefasst und dann von den Tentakeln zu dem Mundrand transportiert. Von hier wird sie hauptsächlich durch peristaltische Bewegungen des Schlundrohrs, in geringerem Maße durch die Flimmerbewegung desselben zu dem aboralen Ende des Schlundrohrs geführt.

D. In betreff der Ausführung der verbrauchten Partikelchen.

1. (Bei den *Protantheen* sind keine Beobachtungen gemacht.)

2. Bei *Metridium* und *Sagartia* werden kleine Nahrungsreste von den einheitlich schlagenden Cilien des Schlundrohrs, der Mundscheibe und der Tentakel von dem Körperinnern zu der Spitze der entfalteten Tentakel befördert (Fig. 3).

3. Bei *Caryophyllia* werden die Nahrungsreste von den Filamenten zu dem aboralen Teil des Schlundrohrs geführt und von hier durch eine starke Kontraktion des Tieres, die einen starken Wasserstrom durch das Schlundrohr auspresst, ausgeworfen. Fallen die Reste dann wieder auf das Tier, werden sie von den Cilien des äußeren Teils der Mundscheibe und von der Körperwand nach unten gegen die Fußplatte zu transportiert.

4. Bei *Tealia* und *Actinostola* werden kleine Nahrungsreste durch die Cilienbewegung des Schlundrohrs zu der Mundscheibe befördert. Von hier müssen sie durch die Kontraktionen des Körpers entfernt werden. Größere Stückchen dürften wohl hauptsächlich mit den nach außen gerichteten, in dem Schlundrohr verlaufenden Wasserstrom, der entsteht, wenn die Tiere sich heftig kontrahieren, ausgespült werden. Möglich ist es auch, dass peristaltische Bewegungen des Schlundrohrs für die Ausführung von Bedeutung sein können.

Es gibt also in betreff der Cilienverteilung der Einführung der Nahrung und der Ausführung der Nahrungsreste unter den Actiniarien und Madreporarien verschiedene Typen. Voraussichtlich wird eine nähere Untersuchung besonders von den stichodactylinen Actiniarien zeigen, dass die Typenreihe mit den hier oben geschilderten vier Typen nicht abgeschlossen ist.

Die moderne Hydrobiologie und ihr Verhältnis zu Fischzucht und Fischerei.

Von Dr. Otto Zacharias (Plön).

Man bezeichnet gegenwärtig denjenigen Teil der biologischen Forschung, welcher sich mit der Gesamtheit der im Wasser lebenden Organismen befasst und deren Lebensumstände nach allen Richtungen hin klarzustellen sucht, als „Hydrobiologie“. Ganz sachgemäß unterscheidet man zwischen einer ozeanischen Hydrobiologie und einer solchen, die sich bloß auf die Gewässer des Binnenlandes (Tümpel, Teiche, Seebecken, Flüsse) erstreckt. In diesem Aufsatze haben wir es vorwiegend nur mit letzterer zu tun und verwenden die allgemeine Bezeichnung darum stets nur im Sinne des nicht minder gebräuchlichen Ausdruckes „Limnobiologie“.

Wer einen Blick in die bibliographischen Verzeichnisse tut, der wird mit Überraschung wahrnehmen, dass die Hydrobiologie in beiderlei Sinne während des jüngst verflossenen Jahrzehnts einen sehr bemerkbaren Aufschwung genommen hat; man wird zweifellos konstatieren können, dass in allen Kulturländern ein außerordentlich reges Interesse für hydrobiologische Forschungen besteht, und dass — ganz abgesehen von der angestrebten praktischen Verwertung der erzielten Ergebnisse — die Anzahl der rein wissenschaftlichen Publikationen auf diesem neuen Gebiete von Jahr zu Jahr zugenommen hat[1]). Eine auch nur oberflächliche

---

1) Ich verweise in dieser Beziehung auf das XIV. Kapitel des XII. Bandes der Plön. Forschungsberichte (1905) und auf die fernerhin erscheinenden Fortsetzungen jenes Literaturverzeichnisses aus der Feder des Herrn Prof. v. Dalla Torre, (Innsbruck).

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Biologisches Zentralblatt

Jahr/Year: 1905

Band/Volume: 25

Autor(en)/Author(s): Carlgren Oskar

Artikel/Article: Über die Bedeutung der Flimmerbewegung fuÌˆr den Nahrungstransport bei den Actiniarien und Madreporarien. 308-322