

Aus der Biologischen Station Lunz a. See, N.-Ö.

Funktionsanalysen am Räderorgan von Rotatorien durch optische Verlangsamung.

Von

Otto Gossler, Wien.

Mit 5 Textabbildungen.

Die vorliegende Arbeit über das Räderorgan von Rotatorien erfolgte unter Verwendung eines von mir konstruierten Apparates zur direkten Auflösung und Beobachtung von schnell ablaufenden periodischen Bewegungen unter dem Mikroskop.

Die untersuchten Arten stammen aus dem Plankton der Lunzer Seen und die Untersuchungen selbst erfolgten in der Biologischen Station Lunz. Für das mir dabei zuteil gewordene Entgegenkommen möchte ich den Herren Prof. Otto *Storch*, Prof. Franz *Ruttner* und Frau Dr. A. *Ruttner-Kolisko* meinen ganz besonderen Dank aussprechen.

Methodik.

Nach dem Prinzip der Stroboskopie wurde eine von einem Elektromotor gedrehte Scheibe, die mit einem entsprechenden Schlitz versehen war, in den Strahlengang zwischen Mikroskopierlampe und Mikroskopspiegel gebracht, so daß sie den Lichtstrahl, der den Beobachter erreicht, periodisch unterbricht.

Die zu beobachtende periodische Bewegung, etwa der Schlag einer Zilie, verläuft in einer bestimmten Frequenz, z. B. 1200 Schläge in der Minute. Dreht sich nun die Scheibe ebenfalls mit einer Frequenz von 1200 Umdrehungen in der Minute und der Schlitz vermittelt, bei den vorhandenen apparativen Daten, pro Durchgang eine Bewegungsphase von ungefähr 0.002 sec, so erhält das Auge des Beobachters in der Minute 1200 Lichteindrücke zu je 0.002 sec. von der jeweils gleichen Bewegungsphase und dem Beobachter scheint dieselbe also still zu stehen.

Wird nun die Umdrehungszahl des Motors und damit der Scheibe um einen geringen Betrag, etwa um 120 Umdrehungen pro Minute, verlangsamt, so trifft der Lichteindruck immer auf eine Phase, die innerhalb des Bewegungsablaufes um 0.001 sec. später erfolgt als die vorangegangene.

In diesem Fall würde die Bewegung 50 mal verlangsamt.

Dadurch ist nun die Möglichkeit gegeben, solche Bewegungsvorgänge zu analysieren und einzelne Phasen herauszuzeichnen oder zu photographieren. Weiters ist es aber auch möglich, die Frequenz solcher Bewegungen nach der Umdrehungszahl der Scheibe zu bestimmen. Diese Methode wurde bei den vorliegenden Analysen angewandt und war bereits Inhalt einer früheren Publikation.

Bau und Funktion des Räderorgans von *Conochilus unicornis*.

Morphologie, Koloniebildung und Fortpflanzung dieser Art im Lunzer-Untersee wurde von *A. Kolisko* (1939) behandelt.

Das Räderorgan (Abb. 1) besteht zur Hauptsache aus einem von dorsal nach ventral geneigten und dort unterbrochenen Wimperkranz, an den sich das, um den hier dorsal verschobenen Mund liegende, fein bewimperte Bukkalfeld anschließt. Der periphere Wimperkranz ist nach den Überlegungen *Remane's* wohl als Trochus oder besser Paratrochus anzusprechen und zeigt einen, von außen unten nach oben innen gerichteten Wimperschlag. Weiter nach innen zu schließen sich syncytiale, polsterartige Bildungen an, die deutlich eine Rinne bilden. Sie haben wohl einmal die jetzt rückgebildeten Wimpern des Cingulums und Apikalbandes getragen, die nur mehr, von der dorsalsten Stelle des jetzigen Kopffeldes ausgehend, gegen den Mund hin ziehend und ihn erfüllend, erhalten geblieben sind.

Das leicht vorgewölbte Kopffeld trägt außerdem noch einen zapfenförmigen Taster, der mit zwei Borsten versehen ist, die aus verklebten Zilien bestehen. Er schließt sich etwas ventral an die Mundöffnung an.

In der kugelförmigen Gallerte der Kolonie nimmt jedes Individuum eine radiale Stellung ein. Jedes erzeugt für sich eine Wasserströmung, wobei das Wasser von allen Seiten tangential zu dem über die Gallerte ragenden Teil des Tieres hinströmt, während

das Abströmen in der verlängerten Achse des Tieres, längs des hornförmigen Tasters, erfolgt.

Der periphere Wimperkranz zeigt einen Schlagrhythmus, der, vom Apikalpol aus betrachtet, sich im Sinne des Uhrzeigers fort-pflanzt. Bei gewöhnlicher Beobachtung unter dem Mikroskop erkennt man nur mehr oder weniger verschwommene Zacken, die sich in der genannten Richtung bewegen.

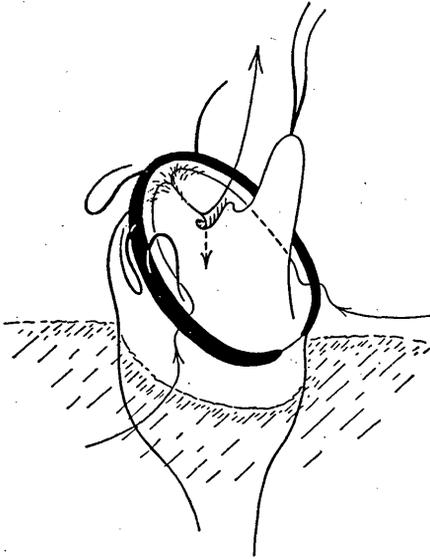


Abb. 1. *Conochilus unicornis*. Ansicht lateral von oben. Unterer Teil und Fuß stecken in der Gallerthülle. Links am Trochus ist der ungefähre Verlauf des Wimperschlaes angegeben, in der Mitte ist der bewimperte Mund sichtbar. Die Pfeile geben den Verlauf des Nahrungsstromes an.

Bei einer Auflösung mit geeigneter Frequenz erkennt man, daß sich jeder dieser Zacken aus sieben Einzelwimpern zusammensetzt, die einzelne aufeinanderfolgende Schlagphasen zeigen, wobei sich jede siebente Wimper in der gleichen Phase befindet. Schlagrichtung ist, wie schon erwähnt, von außen unten nach flach innen.

Der aktive Schlag erfolgt dabei ungefähr fünfmal so schnell als der Rückholschlag.

Bei der Beobachtung von der Seite zeigt sich weiterhin, daß die Ebene, in der die Wimper ihre Bewegung ausführt, nicht senkrecht zum Randwulst des Apikalfeldes steht, sondern mit einer gedachten senkrecht stehenden Ebene einen Winkel von ungefähr 30 Grad einschließt, der jedoch gegen dorsal hin abnimmt. Die Neigung erfolgt jeweils in der Richtung, daß der nach oben gerichtete Teil der Wimper vom dorsalen Pol immer weiter entfernt ist als die Ansatzstelle derselben. Durch den Wimperschlag wird nun das Wasser von außen gegen die Rinne am äußeren Apikalfeldrand nach innen hinuntergedrückt und in dieser, durch die Schiefstellung der Ebene des Schlaes nach dorsal weiterbefördert. Eine Bewimperung der innerhalb des Trochus gelegenen Rinne konnte in den lateralen und ventralen Regionen nicht

eindeutig festgestellt werden. Ganz einwandfrei läßt sich jedoch eine solche am ganz dorsalen Teil der Rinne gegen das Mundfeld hin erkennen.

In dieser eben besprochenen Rinne wird nun der Wasserstrom mit den Nahrungsteilchen nach dorsal befördert und dort plötzlich nach innen, der Mitte zu, umgebogen. Die Wimpern des Bukkalfeldes führen ihn dann in einem schnellen dünnen Strom dem Mund zu. Dieser ist hufeisenförmig geöffnet und nimmt durch seine feine Bewimperung die kleinen Partikelchen aus dem Nahrungsstrom auf. Die größeren dagegen werden wieder aus der Mundbucht herausgerissen. Die ventrale Wand des Mundes ist nämlich steil aufgerichtet und leitet so den abströmenden Wasserstrom senkrecht vor dem Zapfen des apikalen Tasters nach oben. Er vereinigt sich dort mit den Resten der Ströme, die von den Wimpern des peripheren Kranzes zum Zentrum hin erzeugt wurden und nicht in die periphere Rinne gelangten. Sie strömen in der Mitte zusammen und entweichen vereint nach oben.

Der Weg der Nahrungspartikelchen ist demnach kurz wie folgt. Tangential von außen kommend durch die Kranzwimpern nach innen in die periphere Rinne. In derselben bis zum dorsalsten Punkt und von dort geradlinig mit dem Strom der anderen Seite vereint zum Mund.

Durch die Form des Mundes und bedingt durch die Strömungsgeschwindigkeit wird eine Selektion der Nahrungspartikelchen in der Weise durchgeführt, daß nur Teilchen von der Größe unter 10μ vom Mund aus weiter abwärts zum Mastax befördert werden.

Die kugelförmige Kolonie wird so bewegt, daß die größten und kräftigsten Tiere einen stärkeren von der Kolonie weggerichteten Nahrungs-Abstrom erzeugen als die anderen. Da sich diese Individuen an der Unterseite der Kolonie befinden, wird dadurch auch ein wesentlicher Beitrag zum Schweben geleistet. Häufig wird aber auch die Kolonie in eine rollende Bewegung versetzt. Diese Vorgänge können in einer Mikroküvette, bei horizontal gestelltem Mikroskop, sehr gut beobachtet werden.

Bei von der Kolonie losgelösten Einzelindividuen legen die Wimpern des Trochus beim Schlag nur die Hälfte ihres Weges zurück und erzeugen auf diese Art einen Rückstoß, der das Tier

mit dem eingezogenen Fuß voran durch das Wasser treibt. Abgelöste Einzeltiere gehen aber bald zugrunde, weil sie nicht mehr zur Nahrungsaufnahme befähigt sind, da sie sich in der Kolonie gegenseitig für die Tätigkeit ihres Wimperorgans ein Widerlager in der Mitte der Kolonie, dem Anheftungspunkt ihrer Füße, geben.

Die Frequenz des Wimperschlages ist für Nahrungserwerb und Schwimmschlag gleich und beträgt laut Messung 1040 Schläge in der Minute.

Die Funktion des Räderorgans bei *Notholca longispina*.

Morphologisch wurde das Räderorgan dieses Rotators von *Remane* (1932) untersucht und beschrieben. Seine Überlegungen über die Funktion desselben, die sich auf Untersuchungen von Präparaten und gewöhnliche Beobachtung von Lebendmaterial stützen, sind insofern nicht vollständig oder ungenau, da verschiedene funktionelle Feinheiten, die die Wirkungsweise erst richtig beleuchten, mit diesen Methoden nicht erkennbar sind. Erst eine vollständige Analyse durch Auflösung des Wimperschlages der einzelnen Büschel und Säume gibt einen Überblick über die Funktion der einzelnen Teile des Organs und über ihr Zusammenwirken.

Das Tier selbst steckt in einem kegelmantelförmigen Panzer, der am Hinterende zu einem, vorne aber zu vier Dornen ausgezogen ist. Davon ist der ventral-laterale Dorn relativ sehr kurz.

Zum Ausstülpen des Räderorgans wird der oberste Teil des ventralen Panzers in Form einer dreiteiligen Klappe etwas nach außen gespreizt und gewährt so der sich entfaltenden Corona mehr Raum.

Dicht oberhalb des Panzerrandes verläuft lateral und dorsal das Cingulum. Ventral liegt dasselbe, bedingt durch die Panzerklappe, etwas freier und wird außerdem durch einen senkrechten bewimperten Spalt unterbrochen. Am oberen Ende desselben sitzt links und rechts je ein lebhaft schlagendes Wimperbüschel.

Der Trochus, oder besser Pseudotrochus, besteht aus drei Lappen, zwei lateralen und einem dorsalen, von denen jeder einen kräftigen Wimperfächer trägt. Alle drei Lappen sind gegen den Mund hin, der in einer trichterförmigen Einsenkung liegt, mit Wimperreihen und Feldern bestanden. Die beiden Laterallappen tragen außerdem noch an ihrer Außenseite je eine aus verklebten Wimpern zusammengesetzte Sinnesborste (Abb. 2).

Bei der Analyse der Nahrungsaufnahme hat sich ergeben, daß der Vorgang ein anderer ist, ob das Tier sich dabei fortbewegt oder ruhig steht, bzw. schwebt.

Remane's Beschreibung des Filtervorganges war folgende. Die weit ausgebreiteten Borstenfächer der Trochallappen werden bei der Fortbewegung durch das Wasser geschoben und filtern so die Nahrungspartikelchen aus dem entgegenkommenden Strom heraus. Außerdem wird das, was nicht in den Filterkämmen hängen bleibt, sondern in den Mundtrichter gelangt, durch den ventralen Längsspalt filtriert.

Letzteres ist richtig, während die Ansicht, daß die Wimperbüschel, bzw. Fächer die Funktion von Filterkämmen haben, an denen Nahrungsteilchen hängen bleiben, sich als unrichtig erwiesen hat.

Während der Fortbewegung sind die drei Trochuslappen voll ausgestülpt und die Borstenbüschel ragen, fächerartig ausgebreitet, weit über den Panzerrand. Die äußeren Wimpern der Büschel führen einen aktiven Schlag nach innen aus, jedoch mit einer geringen Elongation von ungefähr 45° . Die inneren dagegen bilden einen starren Fächer.

In dieser Haltung wird nun die Corona, durch die Fortbewegung des Tieres, bedingt durch den Schwimmschlag des Cingulums, der bei sämtlichen untersuchten Formen nach dem gleichen Prinzip funktioniert (siehe genaue Schilderung bei *Asplanchna priodonta*), vorwärts geschoben. Der entgegenkommende Wasserstrom staut sich an den drei Wimperfächern infolge des, durch die darunter liegenden Wimpern erzeugten Gegenstromes. Er gleitet an ihnen herab und wird durch die, an den Trochuslappen herabziehenden Wimperfelder und Säume in den Oraltrichter hinabgepreßt.

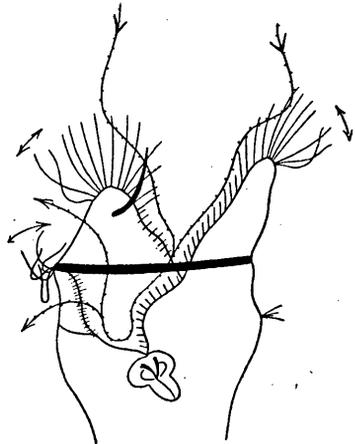


Abb. 2. *Notholca longispina*. Seitenansicht, Panzer nicht gezeichnet. Rechts Dorsallappen, links einer der beiden Lateral-lappen. Ansatz des Cingulums schwarz. Ventral am Cingulum eines der Wimperbüschel des, hier im optischen Querschnitt gesehenen, ventralen Längsspaltes. Pfeile geben den Verlauf der Nahrungsströme an.

Unterstützt wird dieser Vorgang durch eine Bekleidung des gesamten Kopffeldes mit feinsten winzigen Wimperchen. Der Wasserstrom verläßt den Oraltrichter wieder durch den ventralen Längsspalt, dessen Wimpern und Wimperbüschel heftig nach innen schlagen.

Die im Strom enthaltenen Nahrungsteilchen gelangen also entweder direkt in den oralen Trichter oder an die Wimperfächer, an denen sie aber nicht hängen bleiben, da beständig Wasser von unten durch sie hindurch gedrückt wird. Sie gleiten in den Oraltrichter und werden über dem Mund gestaut. Hier erfolgt die Selektion der Teilchen. Solche, die kleiner sind als 10μ , werden durch die oralen Wimpern weiter hinunter zum Mastax befördert, größere dagegen werden nicht aufgenommen, sondern mit dem abströmenden Wasser oben über das Cingulum hinweggerissen.

Schwebt das Tier oder ruht es auf Substrat, so schlägt das Cingulum nicht so kräftig, da es etwas in den Panzer hinabgezogen ist. Trotzdem werden aber am Rand der Corona kreisförmige Ströme erzeugt. Diese Ströme werden nun von den in ihrer Gesamtheit nach innen schlagenden Wimperbüscheln der Trochallappen nach innen in den Oraltrichter hinabgeleitet. Die weitere Nahrungsaufnahme erfolgt wie beim schwimmenden Tier.

Ein sehr energischer, nach innen gerichteter Schlag der lateralen Wimperfächer in ihrer Gesamtheit bewirkt einen nach oben abströmenden Wasserstrom und dadurch eine Rückwärtsbewegung des Tieres nach dem Raketenprinzip.

Große Partikelchen, die in den Oraltrichter gelangen, werden durch ruckartige Kontraktion desselben nach oben entfernt.

Die Frequenz aller vorkommenden Wimperschläge wurde durchwegs mit 1080 Schlägen in der Minute gemessen.

Bau und Funktion des Räderorgans von *Anurea cochlearis*.

Der vordere Panzerrand dieses Rotators ist zu zwei dorsalen und vier lateralen Spießen ausgezogen, die den mechanischen Schutz des Räderorgans darstellen. Der vordere Teil des ventralen Panzers wird bei der Entfaltung der Corona klappenartig nach unten weggespreizt.

Der Pseudotrochus (Abb. 3) bildet drei randständige Lappen, während in der Mitte des Oralfeldes trichterartig, etwas nach ventral verschoben, der Mund eingesenkt ist. Ausgehend von den Lap-

pen gegen den Mund zu stehen Wimpersäume und Felder, deren genaue Lage am besten aus der Zeichnung ersichtlich ist. Der Mund selbst und seine nächste Umgebung tragen Wimpern. Außerdem ist aber auch das ganze Trochalfeld mit einer feinen Bewimperung versehen.

Der dorsale Lappen ist unterteilt und die beiden dorsalen Fächer basieren in zwei knopfartigen Wülsten. Das postorale Cingulum überragt etwas den vorderen Panzerrand und ist im Bereich der sechs Panzerspieße unterbrochen. In der Mitte der ventralen Fläche senkt es sich zu einem kurzen Längsspalt ein. Neben dem reinen Schwimmschlag erzeugt das Cingulum aber auch einen, auf der Apikalebene senkrecht stehenden, kreisförmigen Wasserstrom, der an der Heranschaffung der Nahrungspartikelchen beteiligt ist.

Die beiden lateralen Lappen tragen an ihrem seitlichen Teil große kräftige Wimpern, unter welchen

links und rechts je eine steife, nach oben gebogene Sinnesborste steht. Die ventralen Teile dagegen bilden einen V-förmigen Einschnitt, der links und rechts von je einem Wimpersaum aus kurzen kräftigen Wimpern bestanden ist.

Der doppelte dorsale, schmale, starre Wimperfächer zeigt eine leichte nach innen wippende Bewegung, die aber passiv von dem Wasserstrom hervorgerufen wird, den die lateralen Lappen erzeugen. Die äußeren Wimpern dieser Lappen zeigen nämlich einen kräftigen Schlag, der gegen das Innere des Oraltrichters gerichtet ist. Zwischen den schlagenden Wimpern und diesem Trichter ist jedoch jederseits ein Kamm aus steifen Borsten eingeschaltet, der von den inneren Lappenwimpern gebildet wird.

Durch die senkrechten Kreisströme, die das Cingulum erzeugt, gelangen Nahrungspartikeln in den Bereich der äußeren lateralen

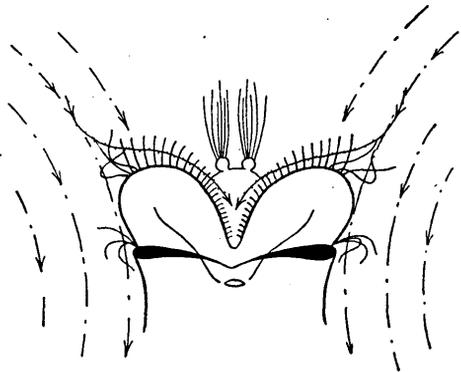


Abb. 3. *Anurea colchearis*, Ventralansicht. An den Seiten Verlauf der, durch das Cingulum hervorgerufenen, Kreisströme. Pfeile innerhalb der Corona geben den Verlauf der Nahrungsströme an.

Wimpern des Trochuslappen. Diese pressen einen Strom durch die inneren Wimpern, die mehr oder weniger steif gehalten werden und als grober Filterrechen funktionieren. Bereits hier werden zu große Partikelchen vom Oralbereich ferngehalten.

Da sich die schlagenden Wimpern und Filterrechen nicht ganz decken, entsteht mitunter der Eindruck, daß diese Lappen noch unterteilt wären. Auf diese Täuschung sind wohl auch die Abbildungen in der älteren Literatur zurückzuführen, auf denen *Anurea cochlearis* mit fünf Trochallappen aufscheint.

Der Nahrungsstrom mit den restlichen kleinen Nahrungspartikelchen gelangt nun in den Bereich des Oralfeldes und wird so weiter gegen den Mund befördert. Einem Entweichen nach hinten stellen ja der Wimperfächer des dorsalen Lappens und die nach innen schlagenden Wimpern an seinen Seiten einen gewissen Widerstand entgegen.

An der Ventralseite der Laterallappen steht jederseits eine Reihe kurzer kräftiger Wimpern, die durch ihr nach innen gerichtetes Schlagen eine Stauung des Nahrungstromes, der den trochalen Trichter durch den ventralen Längsspalt verläßt, bewirken.

Durch die Stauung der Nahrungspartikelchen im Bereich des Oralfeldes haben die Wimpern des Mundes Gelegenheit, die geeigneten Teilchen weiter hinunter in den Schlund und Mastax zu befördern, während das Restliche mit dem abströmenden Wasser wieder nach außen befördert wird.

Der unterteilte dorsale Wimperfächer leistet außerdem noch einen wesentlichen Beitrag zur Steuerung der Schwimmbewegung in dorsoventraler Richtung. Er ähnelt dabei in seiner Wirkung dem Höhenruder eines Luftfahrzeuges.

Die Frequenz sämtlicher Wimperschläge bei *Anurea cochlearis* wurde mit 1140 Schlägen pro Minute gemessen.

Bau und Funktion des Räderorgans von *Polyarthra platyptera*.

Der etwa sackförmige, dorsoventral abgeplattete Körper ist von einer stellenweise verdickten Cuticula bedeckt, die am Vorderende eine kragenartige Bildung zeigt, welche gegen ventral schräg abfällt. Innerhalb dieses Kragens und in denselben zurückziehbar entspringt der sechsfach unterbrochene Wimperkranz des Cingulums.

Links und rechts am Körper befinden sich je sechs dünnblättrige, schwertförmige Anhänge, die ein sprungartiges Fortbewegen gestatten.

Das Apikalfeld trägt zwei Hörner mit je einem Wimperbüschel. Dazwischen ist es eingesenkt und fällt ventral zum etwas tiefer gelegenen Mund ab. Seitlich desselben sind zwei kleine kurze Wimperfächer vorhanden und außerdem ist er mit kleinen Wimpern bestanden, die ihn auch erfüllen.

Ventral ragen links und rechts je zwei Sinnesmembranellen über das Cingulum, dorsal jedoch nur je eine.

Die Ortsveränderung mittels der seitlichen Anhänge wird nur gelegentlich angewandt, etwa bei einer Schreckreaktion oder bei plötzlichem Richtungswechsel.

Der Vorgang der Nahrungsaufnahme, der hier, wenn nicht während des Schwimmens im freien Wasser, an oder in der Nähe von schwebenden tierischen, pflanzlichen oder unbelebten Objekten erfolgt, ist folgender.

Das Cingulum erzeugt Kreisströme, deren Ebene senkrecht auf die obere Kante des cutikulären Kragens des Vorderendes steht (Abb. 4). Die äußeren Teile derselben gelangen von oben kommend, auf das Apikalfeld. Durch dessen mediane Einsenkung und Abfall zum ventral gelegenen Mund werden die Ströme über dem Oralfeld gesammelt, durch die Wimperfächer, die beiderseits des Mundes stehen, gestaut und teilweise filtriert.

Größere Partikelchen werden mit den abziehenden Strömen mitgerissen, während die kleineren, vom Nannotypus, entweder direkt von den Mundwimpern erfaßt werden oder an den beiden

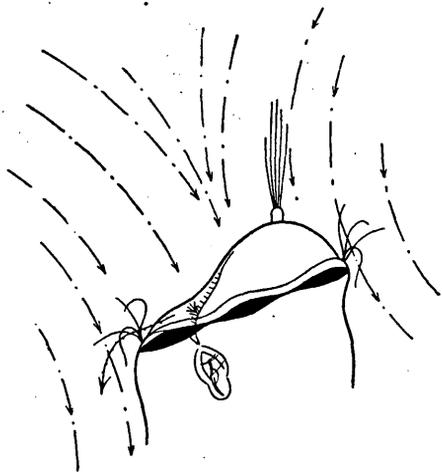


Abb. 4. *Polyarthra platyptera*. Lateralansicht. Schwarz der Ansatz des Cingulums. An den Seiten sind Schlagphasen der Cingulumwimpern eingezeichnet. Gestrichelte Linien — Verlauf der Wasserströmungen, Pfeile — Nahrungstrom. (Sinnesmembranellen sind weggelassen).

Fächerchen hängen bleiben. Diese werden gelegentlich an den Mund gelegt und von dessen Wimpern abgebürstet. Bei letzterem Vorgang wird das Cingulum etwa zur Hälfte in den Cuticula-Kragen eingezogen.

Die Schlagfrequenz der Cingulumwimpern wurde mit 1080 Schlägen pro Minute gemessen.

Das Zuleiten der Nahrungspartikelchen erfolgt hier also nur durch erzwungenes Entlangströmen an Apikalfeldteilen.

Die Funktion des Räderorgans von *Synchaeta pectinata*.

Am vorgewölbten Apikalfeld, das den etwa glockenförmigen, ungepanzerten Körper nach vorne abschließt, erheben sich zwei Rüsseltaster, kleine, kurze Hörnchen, die an ihrem Vorderende mit kurzen Borsten bestanden sind.

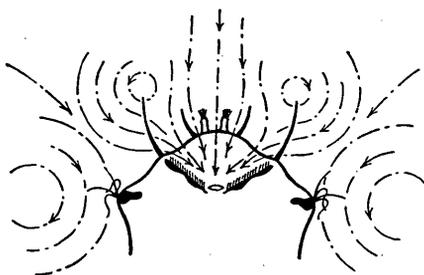


Abb. 5. *Synchaeta pectinata*. Ventralansicht. Cingulumteile schwarz, lateral die Wimperrohren. Gestrichelte Linien geben die Wasserströmungen, Pfeile innerhalb des Cingulums die Nahrungsströmungen an.

Das Cingulum ist sechsfach unterteilt. Zwei laterale Teile bilden, da sie etwas nach außen und rückwärts verschoben wurden, die sogenannten Wimperrohren. Ihre Wimpern sind größer als die des übrigen Cingulums und zeigen einen ausgeprägten ergiebigen Schlag. Sie dienen dem Nahrungserwerb und der Fortbewegung in gleicher Weise.

Knapp hinter jedem dorsalen Cingulumteil befindet sich ein Dorsalstylus, lateral oberhalb der Wimperrohren ein Lateralstylus. Neben ihrer sensorischen Funktion dürften sie auch noch einen mechanischen Schutz für die Corona darstellen.

Nahe der ventralen Unterbrechung des postoralen Cingulums ist der Mund gelegen, zu dessen Seiten je ein Paar Oraltaster emporragen. Der Mund selbst ist von kleinen Wimpern erfüllt, die ihn auch noch außen in einem kleinen Bogen umgeben.

Die Wimperrohren erzeugen nun durch ihren Schlag Kreisströme, die ihrerseits wieder Gegenströme bewirken, die im Verein mit den Strömen, die durch das übrige Cingulum hervorgerufen

werden, zu einer Verdichtung derselben am ventralen Teil des Apikalfeldes führen. Infolge der Vorwärtsbewegung und der schräg gestellten ventralen Cingulumteile wird dem Mund ein dauernder Nahrungsstrom zugeleitet (Abb. 5).

Ganz kleine Teilchen bleiben dabei an den Mundwimpern selber hängen und werden so weiter zum Mastax befördert. Größere Teilchen, jedoch nicht größer als 10μ (solche werden nicht mehr aufgenommen), melden die Oraltaster, worauf die Kiefer des Mastax blitzschnell zupacken und das Teilchen, das im leicht eingesenkten Mundfeld liegt, ins Innere ziehen.

Diese Art der Nahrungsaufnahme ist natürlich nur dann befähigt, dem Tier genügende Mengen Nahrung zuzuführen, wenn durch schnelle Fortbewegung eine möglichst große Wassermenge am Mund vorbeigeführt wird. Zu diesem Zweck hat sich ja auch ein Teil des Cingulums, nämlich die Wimperohren, spezialisiert.

Die Schlagfrequenz der Wimpern, sowohl an den Wimperohren wie auch an den anderen Cingulumteilen, wurde in voller Tätigkeit mit 1200 Schlägen in der Minute gemessen.

Zur Funktion des Räderorgans von *Asplanchna priodonta*.

Bei diesem Organismus wurde der Schwimmschlag des Cingulums einer besonderen Analyse unterzogen, außerdem eine Frequenzmessung und Analyse an den Wimperflammen der Protonephridien angestellt.

Das Cingulum dieser Form ist wohl ausgebildet und bis auf eine dorsale und ventrale Lücke vollkommen geschlossen. Der Trochus ist bis auf einige Sinnesmembranellen vollkommen reduziert.

Durch die beinahe ausschließlich räuberische Ernährungsweise dient das Cingulum hier fast nur zur Fortbewegung und gilt als charakteristisch für den Schwimmschlag bei fast allen untersuchten Formen, außer *Conochilus*.

Bei Beobachtung mit gleicher Frequenz des Wimperschlages bleibt ja, wie einleitend in der Methodik geschildert wurde, die Bewegung für den Beobachter stehen (die Schlagfrequenz betrug hierbei 1140 Schläge pro Minute). Dabei zeigte es sich, daß das eigentliche Cingulum bei gewöhnlicher Lebendbeobachtung meist unsichtbar bleibt und erst während der Auflösung erschien. Was bei *Asplanchna* an Wimperbewegung zu bemerken ist, sind meistens die schlagenden Sinnesmembranellen und Oraltaster.

Der Wimperschlag selbst verläuft in Wellen entgegengesetzt dem Uhrzeigersinn am Cingulum entlang. Jede einzelne dieser Wellen besteht aus 15 Wimpern, sodaß jeweils jede 15. Wimper die gleiche Schlagphase zeigt. Der Elongationswinkel beträgt dabei bei jeder einzelnen Wimper rund 180 Grad.

Von den 15 Phasen einer Wellenlänge entfallen 3 auf den aktiven und 12 auf den Vorholschlag. Daraus ergibt sich, daß der aktive Schlag 6,5mal so schnell als der Vorholschlag abläuft, da ja eine der Schlagphasen jeweils den Anfangs- oder Endzustand des Vorholschlages darstellt.

Richtungsänderungen werden durch partielles Einziehen der Corona und Weiterschlagen des anderen Teiles bewirkt.

Bemerkenswert ist auch die Reihenfolge des Bewegungsbeginnes der Sinnesmembranellen beim Ausstülpen der Corona. Am Anfang ragen dabei die beiden Oraltaster allein über den Saum der Quermuskulatur und beginnen in lotrechter Stellung nach außen zu schlagen. Sehr zögernd folgen darauf die beiden Dorsaltaster, die auf kleinen Zäpfchen schräg nach oben herausgestreckt werden. Sie selber zeigen keine Schlagtätigkeit, ragen aber in den durch die Oraltaster erzeugten kreisförmigen Wasserstrom hinein. In dieser Haltung verweilt das Tier einige Zeit, um bei entsprechenden Reizen von der Außenwelt sofort wieder alle Sinnesorgane durch Kontraktion der Ringmuskulatur ins Innere zurückzuziehen. Erst wenn das Außenmedium keinerlei schädliche Wirkungen chemischer oder mechanischer Natur mehr zeigt, entfaltet sich die Corona vollends.

Anschließend möchte ich noch bemerken, daß das schlagende Cingulum auch Kreisströme hervorruft, die dem Bereich des Mundes dauernd neue Wassermengen zuführen, aus welchen die Wimperbekleidung des Mundes auch bei *Asplanchna* kleinste Teilchen, wie Algen des Nannotypus, entnimmt und in den Schlund hinabstrudelt.

Asplanchna ist also kein reiner Räuber, sondern ein kleiner Teil der Nahrung wird auch durch selektives Einstrudeln dem Körper einverleibt. Diese Beobachtung wurde auch durch Untersuchung des Darminhaltes bestätigt.

Die Wimperflammen der Protonephridien haben bei *Asplanchna priodonta* eine Schlagfrequenz von 1180 Richtungsänderungen pro Minute. Die Wimpern der Terminalzellen schlagen in ihrer

Gesamtheit synchron und bilden so ein längliches schmales Band, das am anheftenden Ende innerhalb eines Winkels von ungefähr 45 Grad hin und her bewegt wird. Diese Bewegungen pflanzen sich gegen das Ende hin fort und lassen das Band annähernd sinusförmig schwingen. Dadurch wandern, grob gesehen, andauernd schräge Flächen in einen offenen Kanal hinein, welche die Flüssigkeit vor sich herschieben.

Abschließend möchte ich noch darauf hinweisen, daß die Schlagfrequenzen der Corona-Wimpern und der Wimperflammen annähernd gleich sind.

Allgemeines.

Obwohl die Art der Heranbringung von Nahrungspartikelchen zum Mund bei den verschiedenen Formen Unterschiede aufweist, lassen sich dennoch einige Grundzüge der Nahrungsaufnahme feststellen.

1. Zu- und Abtransport erfolgt auf bestimmten, getrennten Bahnen im Wimperorgan, jedoch gleichzeitig.

2. Der Nahrungserwerb wird vom gesamten Wimperapparat durchgeführt.

3. Zur Fortbewegung dient bei freilebenden Einzelindividuen ausschließlich das Cingulum.

4. Die Aufnahme der Nahrung erfolgt durch den Mund selektiv und unabhängig vom Wimperschlag.

Die Größenordnung und Art der aufgenommenen Nahrung ergab sich aus Messungen, die an lebendem und konserviertem Material angestellt wurden, wie folgt:

Art:	Größe der Teilchen unter μ :	Art der Nahrung:
Conochilus unicorn.	10	} Nannoplankton, vereinzelte kleine und kleinste Algen.
Notholca longispina	12	
Polyarthra platypt.	12	
Anurea cochlearis	10	
Synchaeta pectinata	12	
Asplanchna priodon.	10	} Größeres Zooplankton, aber auch kleine Algen und Nannoplankton!
	und über 15	

Wenn man auf Grund der obigen Größenangaben über die aufgenommenen Nahrungsteilchen Vergleiche mit anderen Planktonorganismen anstellt, erkennt man, daß sich z. B. Rotatorien und Cladoceeren in der Verwertung der von ihrem Biotop dargebotenen Nahrung ergänzen.

Erstere wählen aus dem Nahrungsstrom Teilchen aus, die kleiner als 10—12 μ sind, während der Filterapparat der letzteren Teilchen festhält, die größer sind als der betreffende Borstenabstand.

Daß die Rotatorien außer der Größe bei ihrer Selektion auch noch andere Faktoren berücksichtigen, geht aus der Beobachtung hervor, die ganz deutlich zeigt, daß Teilchen, die der gewünschten Größe durchaus entsprechen, auch dann noch ausgestoßen werden, wenn sie sich bereits im Magen befinden. Die Selektion ist so hoch spezialisiert, bzw. es werden so wenig Teilchen als geeignet empfunden, daß man sich bei einer Nahrungserwerbs-Studie des Eindrucks nicht erwehren kann, daß das Räderorgan sehr unrationell arbeitet, da ein Großteil der scheinbaren Nahrung nur am Mund vorbeigeführt und nicht von ihm aufgenommen wird. Daraus erklärt sich auch das fast ununterbrochene Arbeiten des Wimperorgans zum Herbeischaffen immer neuer Nahrungsteilchen.

Abschließend möchte ich noch eine Zusammenstellung der Frequenzen des Wimperschlages bei den verschiedenen Arten geben.

Die Messungen erfolgten im hohlen Objektträger, um das Räderorgan so wenig als möglich zu beeinträchtigen. Die Temperatur betrug hierbei ungefähr 25° C.

Art:	Schläge pro Minute:
<i>Conochilus unicornis</i>	1040
<i>Notholca longispina</i>	1080
<i>Anurea cochlearis</i>	1140
<i>Polyarthra platyptera</i>	1080
<i>Synchaeta pectinata</i>	1200
<i>Asplanchna priod.</i> (Wimp.Organ)	1140
<i>Asplanchna priod.</i> (Protonephridium)	1180

Zusammenfassung.

Von den untersuchten Formen zeigte *Conochilus unic.* als Koloniebildner ein von den anderen Planktonformen abweichendes Räderorgan. Es dient nur dem Nahrungserwerb und trägt allein durch den, in der Richtung der verlängerten Körperachse ausgestoßenen Wasserstrom, bei günstiger Anordnung der Einzeltiere innerhalb der Kolonie, teilweise zum Schweben bei. Der aktive Schlag des Pseudotrochus ist dabei von außen nach innen gerichtet.

Bei *Anurea cochlearis* und *Notholca longispina*, die ja beide den Anuraeiden angehören, spezialisiert sich die Funktion von Trochus und Cingulum getrennt auf Nahrungsaufnahme und Fortbewegung.

Teilweise werden jedoch die Kreisströme, die durch den Cingulumschlag hervorgerufen werden, auch vom Trochus als nahrungsbringende Ströme verwertet. Vereinzelt werden auch besondere Trochusfächer als Steuerorgane verwendet. Hauptsächlich wird aber durch den Trochus der Nahrungsstrom teils aktiv, teils passiv dem Mundtrichter zugeleitet und darin gestaut.

Bei den untersuchten Synchaetiden, nämlich *Polyarthra platyptera* und *Synchaeta pectinata*, ist der Trochus weitgehend reduziert. Das Kopffeld ist dabei so gestaltet, daß die durch das Cingulum und bei der Fortbewegung erzeugten Ströme sich über dem Mund sammeln und dabei mittels Borstensäumen oder direkt durch den Mastax die Nahrungspartikelchen aus dem Wasserstrom entnommen werden. Das ganze Wimperorgan ist bei diesen Formen genau wie bei *Asplanchna priodonta* im wesentlichen auf das Cingulum beschränkt.

Bei letzterer Form, die ihre Nahrung ja zum größten Teil räuberisch erwirbt, konnte jedoch auch eine Nahrungsaufnahme durch Einstrudeln festgestellt werden, die, unterstützt von den durch das Cingulum hervorgerufenen Kreisströmen, durch eine Bewimperung des Mundes und seiner nächsten Umgebung bewirkt wird.

Literatur.

Beauchamps, P. de: Instructions for fixing rotifers in bulk. Prot. U. S. National, Muscon Bd. 42. 1912. — *Bronns* Klassen und Ordnungen des Tierreichs. Bd. IV. Abt. 2, 1. Buch, Rotatorien. 1.—4. Lieferung. — *Engelmann, Th. W.:* Zur Anatomie und Physiologie der Flimmerzellen. Pflügers Archiv

f. d. gesamte Physiol. 23. — *Frenzel*: Zum feineren Bau des Wimperapparates. Archiv f. mikr. Anatomie 28. — *Gossler, O.*: Eine Mikrozeitleupe für Direktbeobachtung. Mikroskopie III. Bd. 1948. 360—361. — *Kolisko, A.*: Über *Conochilus unicornis* und seine Koloniebildung. Int. Rev. ges. Hydrob. u. Hydrogr. 39, 78—98. — *Lehmensick, R.*: Zur Biologie, Anatomie u. Eireifung der Rädertiere. Untersuchungen an *Asplanchna pr.*, *Eucheanus tr.*, *Synchaeta pect.*, *Polyarthra pl.* Ztschr. wissensch. Zoologie 128, S. 37—113. — *Naumann, E.*: Untersuchungen über einige gallertführende Tiere des Limnoplanktons. Arkiv för Zoologi. K. Svenska Vetenskapsakademie. Bd. 16, 24. — *Remane, A.*: Netzfilter und Strudelfilterapparate bei Rädertieren. Zool. Anzeiger 100, 326—332. — *Peter, K.*: Das Zentrum der Flimmer und Geißelbewegung. Anat. Anzeig. 15. — *Rylov, W. M.*: Das Zooplankton der Binnengewässer. 1935. — *Wesenberg-Lundt, C.*: Danmarks Rotifera. 1879. — *Ders.*: Contributions to the Biology of the Rotifera. Part II. 1930. — *Ders.*: Biologie der Süßwassertiere. 1939.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Österreichische Zoologische Zeitschrift](#)

Jahr/Year: 1950

Band/Volume: [02](#)

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

Artikel/Article: [Funktionsanalysen am Räderorgan von Rotatorien durch optische Verlangsamung. 568-584](#)