

Aus der Abteilung für biologische Physiko-Chemie des Allunion. Instituts
für experimentelle Medizin, Moskau.

Der Einfluß des Sauerstoff-Hungers auf die Entwicklung des unteren Wimpernkranzes bei *Vorticella nebulifera*.

Von

E. A. Moldawska.

Bei vielen Vorticellidae, hauptsächlich bei der sitzenden Form, kann man ziemlich häufig am unteren Körperende einen Wimpernkranz beobachten, der als eine vorübergehende Bildung entsteht. Dank diesem bekommt die festhaftende *Vorticella* die Möglichkeit der freien Fortbewegung. DOFLEIN, welcher den Übergang der *Vorticella* in den freien Zustand beschrieb, nimmt an, daß die Abtrennung vom Stiel die Bildung des Wimpernkranzes am hinteren Ende der Zelle zur Folge habe. Der Übergang in den freien Zustand wird jedoch nicht immer von der Bildung eines unteren Wimpernkranzes begleitet. Wir hatten Gelegenheit zu beobachten, wie *Vorticella*, ohne im Besitze eines unteren Wimpernkranzes zu sein, besonders bei Einwirkung starker äußerer Reize, mit Hilfe einiger energischer Kreisbewegungen sich vom Stiel abtrennt und dann im Verlaufe ziemlich langer Zeit frei schwimmt, wobei sie sich zur Fortbewegung der Wimpern der adoralen Spirale bedient.

Leider gelang es uns nicht, auch nur eine Untersuchung in der Literatur zu finden, welche sich auf die Bildung des unteren Wimpernkranzes bezog. PROWAZEK, sowie DOFLEIN, berühren nur flüchtig diese interessante biologische Tatsache und weisen darauf hin, daß die Abtrennung der *Vorticella* vom Stiel unter dem Einfluß verschiedener äußerer Reize vor sich geht.

Die Aufgabe vorliegender Arbeit war das Studium der Faktoren des äußeren Mediums, welche die Bildung des unteren Wimpernkranzes hervorrufen. Als Objekt der Untersuchung diente *Vorticella nebulifera*, deren Kulturen wir in Heuaufguß erhielten.

Indem wir eine große Zahl von Proben dieser Kulturen Tag für Tag längere Zeit hindurch beobachteten, hatten wir die Möglichkeit uns zu überzeugen, daß in gewissen Perioden des Bestehens der Kultur die überwiegende Mehrheit der Individuen einen unteren Wimpernkranz in verschiedenen Entwicklungsstadien trägt.

Bei einzelnen ist er gerade nur in Form zweier kaum bemerkbarer unbeweglicher Wimpern an den Seiten des unteren Endes der Zelle wahrzunehmen. Bei anderen besteht schon ein gut entwickelter Ring langer, beweglicher Wimpern. Viele Individuen, die sich schon vom Stiel losgetrennt haben, schwimmen frei mit dem hinteren Ende nach vorn, wobei sie sich nur der Wimpern des unteren Ringes bedienen. Die adorale Spirale befindet sich nun hinten an der Zelle und ihre Wimpern bleiben hierbei stets unbeweglich. In eben derselben Kultur kann es aber schon nach 1—2 Tagen schwer sein, auch nur ein frei schwimmendes Exemplar zu finden.

Wenn man einen Tropfen der gewöhnlichen normalen Kultur am Objektträger ohne Deckgläschen beobachtet, so bewahrt *Vorticella* viele Stunden hindurch ihre normale Form und es kommt nicht zur Entwicklung des unteren Wimpernkranzes. Man braucht jedoch nur den Tropfen mit einem Deckglase zu bedecken und man kann schon nach 10—30 Min. (in manchen Fällen sogar früher) den Anfang der Entwicklung des unteren Wimpernkranzes bemerken. Die Dauer variiert für verschiedene Kulturen, war jedoch in unseren Versuchen nie mehr als $\frac{1}{2}$ Stunde. Die Entwicklung des Ringes geht ziemlich schnell vor sich, so daß nach 10—15 Min. am unteren Ende der Zelle an ihrer ganzen kurzen Achse ein Ring langer, sehr beweglicher Wimpern deutlich sichtbar war. Bis zu diesem Moment zieht sich die ganze Zelle in die Länge, wobei sie ihre gewöhnliche Becherform verliert. Mit Hilfe einiger Kreisbewegungen reißt sich *Vorticella* vom Stiel los und fängt mit großer Geschwindigkeit zu schwimmen an, wobei das hintere Ende, das nun den Wimpernkranz trägt, nach vorn gerichtet erscheint. Nach ca. 1—2 Stunden befindet sich im Tropfen auch nicht ein festhaftendes Exemplar, wie reich die Kultur auch gewesen war.

In der Tabelle sind Zahlen angeführt, welche die Ablösgeschwindigkeit von *Vorticella* im Tropfen unter dem Deckglas charakterisieren. Weiter ist ersichtlich, daß in der Zeit, in der im

Tabelle 1.

Ablösungsgeschwindigkeit der *Vorticella nebulifera* vom Stiel
im Tropfen unter Deckglas.

Tropfen unter Deckglas (Zeit in Minuten)	Nicht bedeckter Tropfen
29. V. 25	Normal, am Stiel. Beobachtung nach 2 Stunden eingestellt.
18	
25	
20	
22	
30. V. 23	Normal, am Stiel. Beobachtung nach 2 Stunden eingestellt.
21	
25	
31. V. 20—26	Normal, am Stiel. Beobachtung nach 3 Stunden eingestellt.
20—23	
20—25	
1. VI. 18	Normal, am Stiel. Beobachtung nach 2 Stunden eingestellt.
26	
19	
20	
5. VI. 22	Normal, am Stiel. Beobachtung nach 3 Stunden eingestellt.
22	
24	
20	

bedeckten Tropfen die Entwicklung des unteren Wimpernkranzes und die Ablösung vom Stiel im Verlauf von 20—30 Min. erfolgt, im unbedeckten Tropfen *Vorticella* während der Beobachtungsdauer von 2—3 Stunden normal am Stiel verbleibt.

Verfolgt man das weitere Schicksal eines abgetrennten Exemplares, so kann man sehen, daß es sich von neuem festsetzt, wobei es sich mit dem normalen unteren Ende der Zelle an Detritus oder an einer Rauigkeit am Glase anheftet. Die Wimpern des unteren Kranzes verschwinden, die adorale Spirale beginnt ihre Arbeit von neuem, der Stiel wächst allmählich nach und bald kann man ein derartiges Exemplar von der gewöhnlichen festsitzenden Form nicht unterscheiden. Die Festhaftung erfolgt jedoch nur in einer bestimmten Zone. Die überwiegende Mehrheit der Individuen setzt sich in dem Teil der Flüssigkeit fest, der am Rande des Deckglases hervortritt, und nur wenige Individuen befinden sich unter dem Deckglas ganz am Rande desselben. Auch folgende Tatsache verdient unsere Aufmerksamkeit: wenn man den Rand vorher mit Paraffin einschmiert, dann setzen sich die vom Stiel abgetrennten Vorticellen nicht fest. Sie schwimmen ziemlich lange Zeit frei herum, die Bewegung verlangsamt sich, jedoch allmählich, und die

Zelle streckt sich stark in der Längsachse des Körpers. Wenn man nicht zur rechten Zeit das Deckglas abnimmt, so geht die Vorticelle schließlich zugrunde.

Zugleich mit der Bildung des unteren Wimpernkranzes führt die Bedeckung des Tropfens mit einem Deckglas anscheinend zu einer ganzen Reihe von anderen Störungen im normalen Verlauf der physiologischen Prozesse der Zelle. Dies folgt daraus, daß sich gleichzeitig die Arbeit der Wimpern der adoralen Spirale und der Rhythmus der pulsierenden Vakuole stark ändert.

Sehr bald nach Bedeckung des Tropfens verlangsamt sich die Bewegung der Wimpern der adoralen Spirale und hört dann völlig auf. Hierbei werden die Wimpern entweder ins Innere der Zelle, welche sich am vorderen Ende abrundet, eingezogen oder sie bleiben ganz unbeweglich nach vorn gestreckt.

Die Veränderung im Rhythmus der pulsierenden Vakuole ist ebenfalls sehr deutlich, wie aus Tabelle 2 ersichtlich ist.

Tabelle 2.

Einfluß der Bedeckung des Tropfens auf den Rhythmus der pulsierenden Vakuole bei *Vorticella nebulifera*.

Zeit	Art der Beobachtung	Intervall zwischen zwei aufeinanderfolgenden Kontraktionen (in Sekunden)
10. XII. 1 Uhr 24 Min.	Unbedeckter Tropfen	40, 70, 50, 60, 70
1 " 25 "	Tropfen bedeckt	—
1 " 37 "	—	50, 40 560
10. XII. 2 Uhr 05 Min.	Unbedeckter Tropfen	65, 66, 75, 70
2 " 10 "	Tropfen bedeckt	—
2 " 11 "	—	45, 55, 45, 40
2 " 22 "	—	830
13. XII. 1 Uhr 30 Min.	Unbedeckter Tropfen	30, 40, 45, 50, 55, 40
1 " 34 "	Tropfen bedeckt	—
1 " 36 "	—	40, 40, 42
1 " 40 "	—	205
1 " 44 "	—	540
2 " 04 "	—	540
2 " 13 "	—	960
14. XII. 2 Uhr 25 Min.	Unbedeckter Tropfen	45, 50, 40
2 " 32 "	Tropfen bedeckt	—
2 " 33 "	—	35, 45, 60
2 " 36 "	—	120
2 " 38 "	—	850
2 " 52 "	—	960

Inwieweit man auf Grund des allgemeinen Eindrucks urteilen kann, erscheint die Verlangsamung des Rhythmus der pulsierenden Vakuole in der Zelle nicht als Resultat der Verringerung der Menge der Flüssigkeit, welche abgesondert wird. In der Periode der Verlangsamung erreicht die pulsierende Vakuole Maße, die für den Normalzustand ungewöhnlich sind; oft nimmt sie die Hälfte der Zelle ein. Die Kontraktion selbst geht langsam vor sich und von Zeit zu Zeit kann man sehen, wie die Zellwände, die anfangs durch die große Spannung der im Innern der Vakuole angesammelten Flüssigkeit stark gedehnt waren, nach der Kontraktion einsinken. Es wäre richtiger hier nicht von einer Verlangsamung, sondern von einer Unterdrückung der normalen Arbeit der Vakuole zu sprechen.

Unsere bisherigen Beobachtungen legten es uns nahe zu vermuten, daß die Ursache dieses Einflusses des Deckgläschens in der Isolierung der Flüssigkeit vom atmosphärischen Sauerstoff bei Bedeckung des Tropfens liege. Dies schien um so wahrscheinlicher, wenn man den Charakter der Veränderungen, die hierbei im Rhythmus der pulsierenden Vakuole auftreten, in Betracht zieht. In der protistologischen Literatur gibt es einzelne Hinweise, welche die Abhängigkeit zwischen dem Vorhandensein von Sauerstoff im Medium und dem Rhythmus der Vakuole betreffen. Schon SWALBE (1866) beobachtete, daß bei Infusorien, die sich unter dem Deckgläschen befinden, eine Verlangsamung des Pulsationsrhythmus auftritt und war der Ansicht, daß dies mit dem Sauerstoffmangel zusammenhänge.

Es wurde von uns eine Reihe methodisch sehr einfacher Versuche angestellt, welche im Grunde die Richtigkeit unserer Annahme bestätigten. Diese Versuche haben wir in verschiedenen Variationen angestellt; da sie aber alle zu dem gleichen Resultat führten, beschränken wir uns auf die Beschreibung nur einiger von ihnen.

Um die Rolle des Sauerstoffs in dem uns interessierenden Prozesse klarzustellen, führten wir in einer Serie unserer Versuche Sauerstoff dem Tropfen unter dem Deckglase zu; in einem anderen Teil der Versuche strebten wir nach äußerster Befreiung des Mediums von Sauerstoff.

Zur Anreicherung der Kultur mit Sauerstoff verdünnten wir entweder die Flüssigkeit mit Leitungswasser oder brachten ein grünes Blättchen *Elodea* in den Tropfen, in dem sich *Vorticella* befand.

Wir wollen auf die Versuche mit Leitungswasser etwas näher eingehen. In diesen Versuchen übertrugen wir ein kleines Hautstückchen, das fast immer dicht mit Einzellern besetzt ist, in einen Tropfen Leitungswasser. Ein anderes Hautstückchen von ungefähr

der gleichen Größe brachten wir in einen Tropfen Flüssigkeit der Kultur. Beide Tropfen wurden mit einem Deckgläschen bedeckt und bei kleiner Vergrößerung unter dem Mikroskop beobachtet. Wir gingen hierbei von der Voraussetzung aus, daß, wenn die von uns beschriebenen Veränderungen im Zustand der *Vorticella* durch Sauerstoffmangel im bedeckten Tropfen hervorgerufen werden, die Zugabe von frischem Wasser, das an Sauerstoff reicher ist als die faulende Flüssigkeit der Kultur, zu einer Verlangsamung des ganzen Prozesses führen muß.

Tabelle 3.

Einfluß des frischen Wassers auf den Zustand von *Vorticella nebulifera* unter Deckglas.

Frisches Wasser		Kulturflüssigkeit	
Zeit vom Momente der Bedeckung des Tropfens	Zustand der <i>Vorticella</i>	Zeit vom Momente der Bedeckung des Tropfens	Zustand der <i>Vorticella</i>
29 Min.	Normal, am Stiel ebenso	20 Min.	Abtrennung vom Stiel ebenso
28 "	"	21 "	"
36 "	"	20 "	"
31 "	"	20 "	"
36 "	"	18 "	"
56 "	"	19 "	"
42 "	"	22 "	"
32 "	"	17 "	"
56 "	"	25 "	"
46 "	"	21 "	"
50 "	"	19 "	"
53 "	"	21 "	"

Wie aus Tabelle 3 ersichtlich ist, bewahrheitete sich unsere Vermutung. In Gegenwart von Leitungswasser beobachtete man, wenigstens solange der Versuch dauerte, weder die Bildung eines Wimpernkranzes, noch die Abtrennung der *Vorticella* vom Stiel. In der gleichen Zeit ging im Kontrollversuch, wo an Stelle von Leitungswasser Kulturflüssigkeit war, die Abtrennung der *Vorticella* lange vor Abschluß der Beobachtung vor sich.

Die Wirkung des zugegebenen Leitungswassers kam auch deutlich in der Bewahrung des normalen Rhythmus der Vakuole bei *Vorticella* unter dem Deckglas zum Ausdruck.

Wenn hierbei auch eine geringe Verlängerung des Rhythmus auftritt, so entsteht diese jedoch nach Verlanf einer ziemlich beträchtlichen Zeit und ist im Vergleich zu dem, was wir im gewöhnlichen Tropfen haben, unbedeutend.

Tabelle 4.

Einfluß von frischem Wasser auf den Rhythmus der pulsierenden Vakuole.

Zeit	Art der Beobachtung	Intervall zwischen zwei aufeinanderfolgende Kontraktionen (in Sekunden)
14. XII.		
1 Uhr 37 Min.	Tropfen frischen Wassers	20, 25, 30
1 " 38 "	Tropfen bedeckt	30, 25, 20, 20, 20
1 " 50 "	—	65
1 " 52 "	—	145
1 " 55 "	—	135
2 " 57 "	—	105
1 " 59 "	—	110
2 " 01 "	—	105
2 " 04 "	—	95
16. XII.		
1 Uhr 53 Min.	Tropfen frischen Wassers	60, 60, 60
1 " 56 "	Tropfen bedeckt	50, 50, 50, 45, 50, 45
2 " 15 "	—	40, 42, 42
2 " 30 "	—	50, 50, 51
22. XII.		
1 Uhr 50 Min.	Tropfen frischen Wassers	50, 51, 50
1 " 54 "	Tropfen bedeckt	—
1 " 55 "	—	48, 50, 50
2 " 12 "	—	50, 58, 55
2 " 22 "	—	61, 64, 62

Die Wirkung des Leitungswassers tritt noch schärfer hervor, wenn man es nicht auf einmal hinzugibt, sondern dem gewöhnlichen Tropfen, der sich vorerst einige Zeit unter dem Deckglas befand, zusetzt.

Nachdem schon bei *Vorticella*, die sich im gewöhnlichen Tropfen unter dem Deckglas befand, die Bewegung der Wimpern der adoralen Spirale aufhörte und sich der Rhythmus der pulsierenden Vakuole verlangsamte, saugten wir vorsichtig Flüssigkeit unter dem Deckglas ab und fügten statt dieser frisches Wasser zu.

Wie aus den Protokollen ersichtlich ist, kommt es hierbei sehr schnell zu einer Wiederherstellung der Arbeit des Wimpernkranzes und des normalen Rhythmus der Vakuole.

Was den unteren Wimpernkranz anbelangt, so sind hier die Verhältnisse ein wenig anders. Wenn man *Vorticella* sofort in Leitungswasser bringt, so kommt es, wie schon oben erwähnt, lange nicht zur Entwicklung des unteren Wimpernkranzes. Wenn man jedoch zum gewöhnlichen Tropfen frisches Wasser in dem Moment hinzugibt, sobald die Bildung des unteren Wimpernkranzes anfangt, so setzt sich der Prozeß der weiteren Entwicklung fort und *Vorticella*

Tabelle 5.

Einfluß frischen Wassers auf den Rhythmus der Vakuole.

Zeit	Art der Beobachtung	Intervall zwischen zwei Kontraktionen (in Sekunden)	Bemerkung
25. XII. 12 Uhr 40 Min.	Tropfen Flüssigkeit der Kultur	80, 50, 65	
1 " 1 "	Tropfen bedeckt	—	
1 " 2 "	—	65	
1 " 4 "	—	280	
1 " 9 "	—	360	
1 " 15 "	—	510	Wimpern der adoralen Spirale nicht beweglich
1 " 24 "	—	540	
1 " 49 "	Flüssigkeit abgesaugt, Zugabe frischen Wassers	60, 60	Wimpern der adoralen Spirale beweglich
2. I. 1 Uhr 05 Min.	Tropfen Flüssigkeit der Kultur	56, 50, 58	
1 " 08 "	Tropfen bedeckt	—	
1 " 09 "	—	60, 60	
1 " 13 "	—	121	
1 " 15 "	—	420	
1 " 22 "	—	520	Wimpern der adoralen Spirale nicht beweglich
1 " 31 "	Flüssigkeit abgesaugt, Zugabe frischen Wassers	—	
1 " 34 "	—	62, 60, 61	Wimpern der adoralen Spirale beweglich
4. I. 1 Uhr 20 Min.	Tropfen Flüssigkeit der Kultur	60, 60, 60	
1 " 24 "	Tropfen bedeckt	—	
1 " 26 "	—	60	
1 " 28 "	—	72, 80	
1 " 31 "	—	120	
1 " 33 "	—	360	
1 " 39 "	—	420	Wimpern der adoralen Spirale nicht beweglich
1 " 40 "	Flüssigkeit abgesaugt, Zugabe frischen Wassers	—	
1 " 42 "	—	66, 65, 66	Wimpern der adoralen Spirale beweglich

löst sich schließlich vom Stiel los, wobei sie jedoch die normale Tätigkeit der Vakuole und der adoralen Spirale bewahrt. Nach der Abtrennung setzt sie sich sehr schnell und an beliebiger Stelle fest, sogar unter dem Deckgläschen, was im gewöhnlichen Tropfen nie vorkommt. Derart erweisen sich die drei Prozesse, die wir bis jetzt gleichzeitig beobachteten, nämlich die Störung im Rhythmus der Vakuole, in der Arbeit der adoralen Spirale und die Bildung des

Tabelle 6.

Die Wirksamkeit der pulsierenden Vakuole in Gegenwart eines Blättchens *Elodea*.

Zeit	Intervall zwischen zwei aufeinanderfolgenden Kontraktionen (in Sekunden)	Bemerkung
15. XII. 10 Uhr 08 Min. 10 " 08 " 10 " 15 " 10 " 35 " 11 " — "	10, 11, 10, 10, 10, 10, 10 11, 10, 10, 11, 10 10, 10, 10, 10, 10 10, 11, 10, 10, 11 17, 18, 17, 17, 18	Die Bildung des unteren Wimpernkranzes fing an. Die adorale Spirale arbeitet wie gewöhnlich.
13. XII. 10 Uhr 10 " 08 Min. 10 " 35 " 10 " 45 " 11 "	10, 10, 10, 12, 12, 10 10, 12, 11, 10 12, 14, 13, 12 13, 12, 14, 13 31, 30, 30	Gut entwickelter unterer Wimpernkranz. Die adorale Spirale arbeitet wie gewöhnlich.
27. XII. 2 Uhr 20 Min. 2 " 34 " 2 " 55 " 3 "	13, 13, 13, 18, 16, 18 20, 20, 20, 21 — 26, 27, 26, 31	Gut entwickelter unterer Kranz. Die Wimpern der adoralen Spirale sind beweglich.
2. I. 10 Uhr 10 " 20 Min. 10 " 40 " 10 " 55 "	12, 12, 12, 14, 12 13, 12, 10, 13 19, 20, 22, 19 26, 24, 30, 28	Die Bildung des unteren Wimpernkranzes fing an. Die adorale Spirale arbeitet normal.
4. I. 10 Uhr 10 " 15 Min. 10 " 22 " 10 " 28 " 10 " 34 " 10 " 40 "	10, 9, 10, 12 12, 10, 10, 11 11, 12, 12, 12 10, 11, 10, 10 12, 12, 12, 12 13, 12, 13, 13	Die Bildung des unteren Wimpernkranzes fing an.
5. I. 10 Uhr 10 " 08 Min. 10 " 15 " 10 " 40 " 10 " 45 " 10 " 55 "	10, 9, 10, 11, 10 10, 10, 10, 10 13, 10, 11, 11 13, 13, 10, 10, 10 12, 12, 12, 12 13, 13, 12, 12	

unteren Wimpernkranzes, als getrennt. Anscheinlich besteht zwischen ihnen keine ursächliche Verbindung.

Im anderen Teil unserer Versuche benutzten wir grüne Pflanzenteile als Sauerstoffquelle.

Nachdem wir uns vorher vom Bestehen der Photosynthese bei *Elodea* auf Grund der Absonderung von Sauerstoffbläschen überzeugt hatten, brachten wir ein Blättchen *Elodea* in einen Tropfen der Kulturflüssigkeit, bedeckten den Tropfen der Kulturflüssigkeit mit einem Deckglas, dessen Rand mit Paraffin eingeschmiert wurde. Die Beobachtung erfolgte bei sehr hellem künstlichen Lichte.

Aus den in der Tabelle angeführten Daten ist es ersichtlich, daß eine Störung im Rhythmus der Vakuole, die gewöhnlich unter dem Deckgläschen auftritt, in Gegenwart eines Blättchens *Elodea* nicht entsteht. Es ist interessant, daß der normale Rhythmus sich nur bei jenen Exemplaren, welche auf dem Blättchen sitzen oder sich in seiner unmittelbaren Nähe befinden, bewahrt. Die Tätigkeit der Vakuole bei *Vorticella*, welche entfernt vom Blättchen sitzt, verlangsamt sich nach mehr oder weniger langer Zeit, jedoch weniger stark als bei völligem Fehlen eines Blättchens. In unmittelbarer Nähe des Blättchens bleibt auch die Arbeit der adoralen Spirale erhalten. In beiden Fällen wirkt anscheinend der Einfluß des Sauerstoffs, der bei der Assimilation der grünen Pflanze frei wird. Was jedoch den unteren Wimpernkranz anbetrifft, so ergab sich für uns ein völlig unerwarteter und vorläufig unverständlicher Tatbestand. Bei der Mehrzahl der Individuen entwickelt er sich in Gegenwart eines Blättchens *Elodea* in ungefähr der gleichen Zeit wie in Kontrolltropfen.

Es gelang nicht irgendeinen Einfluß von seiten des Sauerstoffs festzustellen.

Wir haben schon oben darauf hingewiesen, daß ein nochmaliges Festsetzen von *Vorticella* entweder außerhalb des Deckgläschens oder an seinem Rande erfolgt. Schmiert man jedoch den Rand des Deckgläschens mit Paraffin ein und hindert auf diese Weise *Vorticella* am Austritt jenseits des Deckgläschens, so kommt es überhaupt nicht zu einem Festsetzen. Man könnte denken, daß das Festsetzen von *Vorticella* auf irgendeine Weise mit der Gegenwart von Sauerstoff im Medium im Zusammenhang stehe. Diese Vermutung stimmt gut mit den Resultaten überein, die wir in Versuchen mit pflanzlichen Objekten bekommen haben. In einem Tropfen, der ein Blättchen *Elodea* enthielt, ging die Festhaftung buchstäblich im Augenblick nach der Abtrennung vom Stiel vor sich; hierbei setzen sich alle

Individuen fast ausschließlich an der Oberfläche des Blättchens fest. Wie immer auch die Individuen zu Beginn des Versuches im Tropfen verteilt waren, am Ende konnte man unveränderlich ein und dasselbe ziemlich charakteristische Bild beobachten: die Flüssigkeit ist völlig frei von *Vorticella*; die Oberfläche des Blättchens jedoch ist dicht mit ihnen besetzt.

Daß der Einfluß des *Elodea*-Blättchens und zwar seine Wirkung auf die adorale Spirale, auf den Rhythmus der Vakuole und die Geschwindigkeit des nochmaligen Festsetzens auf dem bei der Assimilation frei werdenden Sauerstoff beruht, ist aus folgender Tatsache ersichtlich.

Wenn man einen bedeckten Tropfen mit einem Blättchen *Elodea* 40—50 Min. in Dunkelheit hält, so zeigt es sich, daß bei *Vorticella* die Arbeit der adoralen Spirale aufhört und sich der Rhythmus der Vakuole stark verlangsamt. Wenn man das Präparat noch länger in der Dunkelheit hält, bis die Mehrzahl der Individuen sich vom Stiel losgelöst hat, so kommt es in einem solchen sich in Dunkelheit befindenden Tropfen nicht zu einem nochmaligen Ansetzen. Mit anderen Worten: das Verhalten von *Vorticella* ist trotz der Gegenwart eines pflanzlichen Objekts, sofern nur dessen Photosynthese verhindert ist, in nichts vom Verhalten der Individuen im Kontrolltropfen zu unterscheiden. Man braucht jedoch bloß den Tropfen, der in Dunkelheit gehalten wurde, heller Beleuchtung auszusetzen, so zeigt sich sofort der Einfluß des beginnenden Freiwerdens von Sauerstoff. Nach 1—2 Min. stellt sich die Beweglichkeit der Wimpern der adoralen Spirale wieder her und die Vakuole beginnt mit normalen Intervallen zu arbeiten. Wenn man aber den Tropfen, in welchem im Lichte der normale Zustand von *Vorticella* sich 40—50 Min. lang völlig bewahrte, von neuem für 5—10 Min. in Dunkelheit bringt, so zeigt sich von neuem eine Störung in der Tätigkeit der Wimpern und der Vakuole.

Diese Tatsachen zeigen, wie es scheint, daß die Arbeit der adoralen Spirale und der Vakuole und ebenso das nochmalige Festsetzen von *Vorticella* irgendwie mit dem Vorhandensein von Sauerstoff im Medium verbunden sind. Unverständlich bleibt nur die Entwicklung des unteren Wimpernkranzes, welche, wie aus den vorhergehenden Versuchen ersichtlich ist, in Gegenwart von Sauerstoff nicht vor sich geht, jedoch trotz alledem in Gegenwart einer assimilierenden Pflanze im Tropfen auftrat.

Eine andere Serie unserer Versuche besteht darin, daß wir auf dem Wege der Veränderung des Sauerstoffs aus der Flüssigkeit

ebendenselben Effekt zu erhalten versuchten, der bei Bedeckung des Tropfens mit einem Deckgläschen auftrat.

Zu diesem Zwecke leiteten wir durch 10 ccm Flüssigkeit der Kultur durch und betrachteten hierauf sofort einzelne Proben dieser Flüssigkeit unter dem Mikroskop. Stickstoff erhielten wir durch Erwärmen äquivalenter Mengen von NH_4Cl und NaNO_2 . Hierbei fing schon nach 15—20 Min. die Entwicklung des unteren Wimpernkranzes an. Das Durchleiten von Luft mit ebenderselben Geschwindigkeit durch eine Kontrollportion wirkte in keiner Weise auf den normalen Zustand von *Vorticella* ein. Ähnlich wie Stickstoff wirkte Kohlensäure und Kohlenoxyd. Allem Anschein nach trat in diesen Versuchen die Entwicklung des unteren Wimpernkranzes nicht als Resultat der spezifischen Wirkung des einen oder anderen Gases auf, sondern als Folge der Verarmung der umgebenden Flüssigkeit an Sauerstoff.

Die Gesamtheit der Tatsachen, die wir bis jetzt gesammelt haben, gibt uns Grund zu denken, daß die Verarmung der Kultur an Sauerstoff bei *Vorticella* die Bildung des unteren Wimpernkranzes und den Übergang in den freien Zustand hervorruft. Andererseits kann man anscheinend für sicher erachten, daß jedenfalls für das Objekt unserer Untersuchung, die Abwesenheit von Sauerstoff eine Verlangsamung im Rhythmus der pulsierenden Vakuole hervorruft und die Arbeit der adoralen Spirale zum Stillstand bringt.

Im übrigen muß in bezug auf die pulsierende Vakuole folgende Tatsache angeführt werden, die unseren Ergebnissen nicht widerspricht und zur Annahme zwingt, daß der Zusammenhang zwischen dem Sauerstoffhunger und der Unterdrückung der Wirksamkeit der Vakuole durch eine ganze Reihe von Zwischenprozessen kompliziert wird.

Wie wir schon mehrmals oben erwähnt haben, tritt bald nach Bedeckung des Tropfens mit dem Deckgläschen eine Verlangsamung im Rhythmus der pulsierenden Vakuole auf, welche allmählich größer wird. Jedoch vor der eigentlichen Ablösung der *Vorticella* vom Stiel erfolgt von neuem eine Beschleunigung im Rhythmus der Vakuole, wiewohl dieser bedeutend unter der Norm bleibt. Noch mehr beschleunigt sich der Rhythmus nach dem Übergang der *Vorticella* in den freien Zustand, bleibt aber immerhin langsamer als im normalen Zustand. Nur wenn man den freischwimmenden Exemplaren von *Vorticella* den Ausweg jenseits des Deckglasrandes für längere Zeit versperrt, dann entsteht bei ihnen eine irreversible Verlängerung des Rhythmus, welche mit dem Absterben des Infusoriums endet.

Zusammenfassung.

1. Durch Sauerstoffmangel kann man bei *Vorticella nebulifera* die Bildung eines unteren Wimpernkranzes und Abtrennung vom Stiel mit Übergang in den freien Zustand hervorrufen.

2. Dieselbe Einwirkung ruft eine Verlangsamung der Pulsation der Vakuole und Stillstand der Wimpern der adoralen Spirale hervor.

3. Diese Erscheinungen treten unabhängig voneinander auf. Die normale Tätigkeit der Vakuole und der adoralen Spirale stellt sich sofort bei Zutritt von Sauerstoff wieder her; die bereits begonnene Entwicklung des unteren Wimpernkranzes kommt hierbei nicht zum Stillstand, sondern geht bis zum Ende.

4. Das wiederholte Ansetzen von *Vorticella* geht nur bei Zutritt von Sauerstoff zur Flüssigkeit vor sich. Der Mechanismus dieser Wirkung des Sauerstoffhungers erfordert noch weitere Erklärung.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Archiv für Protistenkunde](#)

Jahr/Year: 1936

Band/Volume: [88_1936](#)

Autor(en)/Author(s): Moldawsckaja E.A.

Artikel/Article: [Der Einfluß des Sauerstoff-Hungers auf die Entwicklung des unteren Wimpernkranzes bei Vorticella nebulifera. 353-365](#)