

Ich habe daraufhin ergänzend noch directe Versuche in der Weise an- gestellt, dass ich Hölzer (Zweige) in ihrem natürlichen (lebenden) Zu- stande und nachdem sie längere Zeit im Wasser gelegen hatten, prüfte. Es ergab sich kein Unterschied. Ich fand:

	Natürlich	Gewässert
Eiche . . . . .	10 elektrost. Einheiten	10 elektrost. Einheiten
Linde . . . . .	50 „ „	50 „ „

Ich darf die Mittheilung nicht schliessen, ohne Herrn Professor Dr. K. R. KOCH für die bereitwillige Unterstützung, die er mir bei vorstehenden Untersuchungen gewährt hat, auch noch an dieser Stelle meinen wärmsten Dank auszusprechen.

Stuttgart, Technische Hochschule.

## 21. Otto Müller: Die Ortsbewegung der Bacillariaceen. II.

Eingegangen am 25. Mai 1894.

In einer Abhandlung „Zur Frage nach der Ortsbewegung der Diatomeen“<sup>1)</sup> wendet sich Herr R. LAUTERBORN gegen die in meiner Mittheilung „Die Ortsbewegung der Bacillariaceen betreffend“<sup>2)</sup> ent- haltenen Schlussfolgerungen. Da die Frage hiermit keineswegs ab- geschlossen erscheint, erlaube ich mir, an die Entgegnung R. LAUTER- BORN's einige weitere Ausführungen und Beobachtungen anzuschliessen.

R. LAUTERBORN erhebt den Einwand: Meiner Auffassung (die Bewegung der Naviculeen als eine Function von motorischen Kräften, welche durch Plasmaströme an der Oberfläche entfaltet werden) fehle die empirische Basis, Niemand habe das aus der Rhaphe hervortretende Plasma gesehen. Auch sei nirgends ein analoger Fall von Bewegungs- erscheinungen durch strömendes Plasma bekannt, denn die mit Plasma- strömungen verbundenen Bewegungen der Rhizopoden und Myxomyceten seien ganz anderer Natur. LAUTERBORN bezweifelt ferner, dass eine nach den von mir vorausgesetzten mechanischen Principien construirte

1) Berichte der Deutschen Botan. Gesellschaft Bd. XII, S. 73.

2) Berichte der Deutschen Botan. Gesellschaft Bd. XI, S. 571.

Maschine im Stande sein würde, den Widerstand des Wassers zu überwinden.

Ich halte diese Einwände nicht für stichhaltig. Dass und weshalb auf der Oberfläche fließendes Plasma unter Umständen nicht direct nachweisbar und sichtbar ist, hat schon MAX SCHULTZÉ<sup>1)</sup> ausreichend begründet; um Wiederholungen zu vermeiden, muss ich auf dessen Ausführungen verweisen. Die in meiner Figur (Bd. XI, S. 574) mit *e* und *f* bezeichneten, von R. LAUTERBORN bestrittenen Ströme sind aber mittelbar in demselben Sinne nachweisbar, wie der BÜTSCHLI-LAUTERBORN'sche Faden, nämlich durch die daran klebenden und bewegten Fremdkörper, und meine Behauptung von deren Realität hat mithin dieselbe empirische Basis wie jener Faden, welcher ihrer Theorie zur Stütze dient; ich komme darauf später zurück. — An der citirten Stelle vergleicht MAX SCHULTZE die Bewegung von Fremdkörpern bei den Diatomeen und den Rhizopoden und sagt darüber: es gebe nur eine Erscheinung, welche mit der Bewegung der an einer Diatomee gleitenden Körper verglichen werden könnte, das sei die Aufnahme und Fortbewegung solcher Körper seitens der Pseudopodien der Rhizopoden! — Ob endlich eine Maschine, nach dem Princip von BÜTSCHLI und LAUTERBORN construirt, leistungsfähiger sein würde, dürfte begründeten Zweifeln unterliegen. Der leblose, nicht geisselnde, an sich unsichtbare und unmessbar dünne Gallertfaden, den die *Pinnularia* ausstossen soll, verhält sich zu deren Masse kaum anders, als ein Tau zu einem Boot und käme lediglich nach Massgabe seines Querschnittes zur Wirkung. Jeder der Plasmaströme dagegen ist, soweit die anatomischen Grundlagen deren Umfang und Fläche voraussetzen lassen, in sehr viele solcher Fäden theilbar, entwickelt, unterschiedlich vom Gallertfaden, an jeder Stelle seiner Oberfläche lebendige Kraft und wird daher vorläufig als die sehr viel wirksamere Einrichtung anzusehen sein.

R. LAUTERBORN erhebt einen weiteren Einwand gegen meine Auffassung, dass der Faden aus Plasma bestehe, durch den Hinweis, dass in diesem Falle bei einer längere Zeit andauernden Bewegung bald ein beträchtlicher Verlust an lebendiger Substanz eintreten würde, welcher mit der Oekonomie der Zelle kaum vereinbar sei. Die absolute Grösse dieses Verlustes ist schwer zu bemessen; erwägt man jedoch, dass der Faden unmessbar dünn ist und häufig wieder eingezogen wird, dass ferner, worauf ich später näher eingehen werde, trotz fortgesetzter Bewegung oft längere Zeit gar kein Faden gebildet wird, so wird man den lediglich durch gelegentliches Abreissen entstehenden positiven

1) Bewegung der Diatomeen. M. SCHULTZE's Arch. f. mikr. Anatomie. Bd. I, Sep.-Abz. S. 16.

Verlust kaum hoch veranschlagen und annehmen dürfen, dass derselbe die Grenzen des physiologischen Ersatzes nicht überschreitet.

Wesentlicher ist ein anderer Punkt der LAUTERBORN'schen Erwiderung. In meiner Arbeit bestritt ich die Existenz einer Gallert-hülle „im Sinne von BÜTSCHLI und LAUTERBORN“. Nach der Beschreibung von BÜTSCHLI nahm ich an, dass eine ständige plastische Hülle oder Scheide gemeint sei, welche an dem vorderen Knotenpunkte unterbrochen ist, um einen Gallertfaden austreten zu lassen, der zu der Hülle in einer nicht deutlicher erkennbaren Beziehung steht. Die Möglichkeit einer schleimigen Absonderung auf der äusseren Zellwandfläche, wie sie gelegentlich bei anderen Bacillarien vorkommt, sollte nicht in Abrede gestellt werden.

Meine speciell auf den Nachweis einer so beschaffenen Hülle gerichteten Untersuchungen machte ich im November an Culturen; ich konnte an den diesen entnommenen Individuen keinerlei Hülle nachweisen, obgleich die Exemplare normal aussahen und sich theilten. In Folge der bestimmten Angaben LAUTERBORN's habe ich die Untersuchungen im April und Mai an frischem Material wieder aufgenommen. Die Pinnularien zeigten eine genügende Beweglichkeit, wenngleich es mir bisher nicht gelungen ist, so lebhaft gleitende Individuen aufzufinden, wie ich sie im Hochsommer gelegentlich beobachtet habe. Hier nun fand ich allerdings vielfach eine lockere, schleimige Schicht, welche mit Methylenblau, Methylviolett, Vesuvin schwer färbbar ist, unter Umständen Andeutungen einer Stäbchenstructur zeigt und verquillt, also sehr ähnliche Eigenschaften besitzt wie die KLEBS'sche Conjugatengallerte. Bringt man diese Pinnularien in Tuscheemulsion, so erscheint, der Schleimschicht entsprechend, der hyaline Saum, und die Bewegungserscheinungen vollziehen sich in der von BÜTSCHLI und LAUTERBORN geschilderten Weise, d. h. die Tuschekörnchen des vorderen Stromes laufen im Abstände von der Zellwand an der Peripherie der Schleimschicht, wie auch der Faden im Bereiche der hinteren Rhaphe, beides in der Gürtelbandlage der Zelle.

Anders dagegen, wenn man dem Wasser, anstatt Tusche, Carmin zusetzt. In diesem Falle dringen die relativ sehr viel grösseren und schwereren Carminkörner in die Schleimschicht ein und gleiten in dieser als lose Körner. In der Nähe der Rhaphe aber ballen sie sich häufig zu Streifen und dichteren Massen zusammen, die dann ihrerseits theilweise in unmittelbaren Contact mit der Rhaphe treten und daselbst fortgleiten, manchmal mit einem Ruck losreissen, um bald wieder anzuhafte. An der vorderen Centralknotenöffnung sammeln sich diese Massen an und werden gelegentlich an der hinteren Rhaphe in gleicher Weise weitergeschoben. Zu einer eigentlichen Fadenbildung kommt es nicht, die Körner sind offenbar zu schwer, und

der Faden ist nicht tragfähig; kleinere Körner sieht man dagegen eine kurze Strecke an einander gereiht laufen.

Bringt man hiermit den Umstand in Verbindung, dass die Tuschekörnchen des vorderen Stromes, so lange sie an der Peripherie laufen, lose bleiben und erst an der vorderen Centralknotenöffnung als Faden verklebt werden, so wird man zunächst folgern müssen, dass die klebrige Substanz des Fadens verschieden ist von der nichtklebrigen Substanz der Schleimschicht und, wie ich annehme, identisch mit der in unmittelbarer Nähe der Rhaphe fliessenden Schicht, an der die gröberen Carminkörner haften und verschoben werden.

Cultivirte ich bewegliche Individuen in sauerstoffarmem Wasser, so hörte die Bewegung bald auf, und die Schleimschicht verschwand nach und nach mehr oder weniger vollständig. Solche Individuen aber kann man zum Theil wieder zur Bewegung bringen, wenn man ihnen reichlich Sauerstoff zuführt. Derartige Pinnularien, welche langsam die Bewegung beginnen, nach und nach aber lebhafter werden, sind besonders geeignet, um die Bewegungsvorgänge zu analysiren. Während (in Tuscheemulsion) noch kein heller Saum sichtbar ist, beginnt bereits die Ansammlung von Körnchen vor einer der Centralknotenöffnungen, dann erscheint der Faden, welcher langsam, aber scharf begrenzt, in fast unmittelbarer Nähe der hinteren Rhaphe hinzieht. Je lebhafter diese Erscheinungen werden, um so deutlicher tritt der helle Saum hervor, der aber wieder mehr und mehr verschwindet, wenn an einer Seite Ruhe eintritt, vermuthlich, weil sich dann der Schleim über die Zellwandfläche verbreitet und die Schicht dünner wird. Carminzusatz erweist in diesen Stadien besonders deutlich den Ursprung und Austritt des vorderen Stromes aus den Polspalten; in der Nähe einer Polspalte werden die Körner in grösserer Menge erfasst und gleiten dann um die Ecke, dem Centralknoten zu. Färbungen zeigen, dass der Schleim bei so tragem Verlauf der Bewegungserscheinungen zunächst die Gegend der Rhaphe und insbesondere der Polspalten einnimmt, an anderen Stellen der Zellwand dagegen noch fehlt. Völlig ruhende, im Uebrigen normal vegetirende Zellen sind frei von Schleim.

Nach diesen Beobachtungen muss ich zugeben, dass die Schleimbildung lebhaft sich bewegender Pinnularien, entsprechend der BÜTSCHLI-LAUTERBORN'schen Beobachtung, in grösserem Umfange stattfindet als ich annahm, dass dieselben einen lockeren Schleim abscheiden, der die Zelle vollständig einschliessen kann; sie thun dies aber nur während der Bewegung, wie dies KLEBS<sup>1)</sup> auch bei einigen Arten von Desmidiaceen nachgewiesen hat.

1) Ueber Bewegung und Schleimbildung bei den Desmidiaceen. Biologisches Centralblatt 1885, p. 355. — Ueber die Organisation der Gallerte etc. p. 382. 386.

Die Frage ist nun, ob, wie BÜTSCHLI und LAUTERBORN annehmen, die Schleimabsonderung Ursache der Bewegung ist, in ähnlicher Weise, wie es KLEBS für die Desmidiaceen festgestellt hat?

Ich muss diese Frage nach wie vor verneinen. Die Bewegungen der Desmidiaceen können, trotz mancher Aehnlichkeit in Ansehung der Schleim- und Fadenbildung, nicht mit den den Bacillariaceen eigenthümlichen Bewegungen verglichen werden, auch nicht hinsichtlich der auf der Fläche gleitenden Arten, soweit dies aus der Darstellung von KLEBS ersichtlich ist. KLEBS selbst hat auch einen solchen Vergleich nur mit Bezug auf die Schwerkraftswirkung, wie sie in der Substratrichtung gestielter Diatomeen auffällt, angestellt<sup>1)</sup>.

Ist bei den grossen Pinnularien, *major*, *nobilis*, *viridis*, in der That die Schleimabsonderung das die Bewegung veranlassende Agens, so muss in hohem Maasse auffallen, dass bei allen anderen nicht Schleim und Faden bildenden Arten, deren Ortsbewegung in jeder anderen Beziehung dieselben Eigenthümlichkeiten zeigt, deren anatomischer Aufbau sich als durchaus analog erweist und welche offenbar ganz ähnliche Einrichtungen und Anpassungen für den Durchtritt intracellularer flüssiger Bestandtheile besitzen, dennoch differente Ursachen zu Grunde liegen sollten. Auch weist die grosse Complication der anatomischen Einrichtungen, welche zweifellos bei allen Naviculeen mehr oder weniger gleichartig vorhanden ist, das Spaltensystem der Rhaphe in der Längsrichtung der Zelle, welches am peripherischen wie am centralen Ende in die Kanäle der Knoten übergeht, darauf hin, dass es sich dabei nicht um die Beförderung eines Secrets, sondern um wesentlichere Bestandtheile des primordialen Zelleibes handelt. Zu einer einfachen Schleimabsonderung bedarf es, nach Analogie anderer Organismen, so verwickelter Einrichtungen nicht. Sollte aber eingewendet werden, dass die Schleimsecretion auch hier, wie anderswo, durch die undurchbrochene Zellwand erfolge, so bliebe der anderweitige Zweck jener Einrichtungen, die augenfällig dem Transport eines flüssigen Mediums dienen und mit gewissen Bewegungserscheinungen im engsten Zusammenhange stehen, nachzuweisen.

BÜTSCHLI<sup>2)</sup> und LAUTERBORN berichten die auch von mir häufig beobachtete und bereits erwähnte Thatsache, dass zuweilen an gut beweglichen Exemplaren von *Pinnularia nobilis*, selbst bei anhaltender Verfolgung, nichts von den Fäden bemerkbar ist. BÜTSCHLI versucht dies durch die Annahme zu erklären, dass dem Faden die klebrige Beschaffenheit gelegentlich abgehe oder dass die secernirte Gallerte rasch aufgelöst werde. Dieselbe Zelle aber kann unmöglich eine Gallerte produciren, deren Eigenschaften inner-

1) KLEBS, Bewegung p. 360.

2) Bewegung der Diatomeen p. 6.

halb weniger Minuten völlig verschiedene sind, welche bald klebrig und bald darauf nicht klebrig, oder welche einmal leicht löslich und gleich darauf wieder unlöslich ist. Ich ziehe vielmehr aus dieser Thatsache den nächstliegenden Schluss, dass häufig, trotz lebhafter Bewegung, gar kein Faden gebildet wird, dass, wie bei anderen Naviculeen ein Faden niemals, so bei den in Rede stehenden drei Arten, der Faden nur zeitweise vorhanden ist, und dieser überaus wichtige Umstand veranlasst mich zu dem Zweifel, dass dem Faden eine wesentlichere Rolle bei der Bewegung überhaupt zufällt.

Bei der von mir gemachten Annahme, dass der Faden eine Stauungserscheinung bei Rückfluss des Plasma in die Centralknotenöffnung sei, ist das zeitweise Fehlen erklärlich. Das Plasma wird vor der Oeffnung nur in dem Falle gestaut, kleine Theile desselben werden durch das nachrückende Plasma abgedrängt und bilden den Faden nur dann, wenn der Rückfluss durch äusserliche oder im Zellinnern wirkende Ursachen verzögert wird; geht derselbe ungehindert von Statten, so entfällt die Veranlassung zur Stauung und damit zur Fadenbildung. Aus meiner Figur 14 (MÜLLER, Durchbrechungen, Taf. VII) ergibt sich, dass auch die äussere Gestaltung der Centralknotenöffnungen leicht eine Stauung des Stromes beim Eintritt veranlassen kann. Fig. 14, im Halbprofil, würde als Längsschnitt gedacht, etwa die hier neben gezeichnete Gestaltung der Oberfläche zeigen.

Auch ist bemerkenswerth, dass bei den grossen Pinnularien die Centralknotenkanäle in mehrfachen und stark gekrümmten Windungen verlaufen (MÜLLER, Durchbrechungen), während dieselben bei kleineren Arten, welche niemals einen Faden bilden, einfacher gestaltet sind.

BÜTSCHLI und LAUTERBORN nehmen an, dass der Faden aus der vorderen Centralknotenöffnung raketenartig hervorschiesset. In diesem Falle könnte derselbe zu dem von ihnen beobachteten und thatsächlich vorhandenen vorderen Körnchenstrom<sup>1)</sup> überhaupt keine Beziehungen haben; Faden und vorderer Körnchenstrom wären dann selbstständige Phaenomene, denn es ist nicht einzusehen, wie ein aus dem Centralknoten hervorbrechender Strom (Faden), einen zweiten, peripherisch fliessenden erzeugen könnte, der zu derselben Stelle hineilt, von welcher jener entspringt oder umgekehrt.

Thatsächlich aber besteht eine nahe Beziehung zwischen Faden und vorderem Körnchenstrom; man kann stets feststellen, dass der vordere Körnchenstrom zu fliessen begonnen hat, bevor der Faden er-

1) Mit dem Ausdruck „vorderer Körnchenstrom“ will ich hier die gesamte Masse bezeichnen, welche von einer Polspalte zur Centralknotenöffnung fliesst, ohne Rücksicht darauf, ob sie aus einer Substanz besteht, oder aus zwei verschiedenen, und mit den von ihr mitgerissenen Körnchen.

scheint, nicht aber umgekehrt. Der vordere Körnchenstrom ist auch dann vorhanden, wenn die Fadenbildung unterbleibt, und mit seinem Verschwinden tritt überhaupt völlige Ruhe ein. Daraus geht hervor, dass der vom Faden unabhängige vordere Körnchenstrom eine principale Bedeutung hat, und es ist wahrscheinlich, dass der vom vorderen Körnchenstrom abhängige Faden mit dem ersteren in einem genetischen Zusammenhange steht. Wird aber der Faden vom vorderen Körnchenstrom erzeugt, so kann er nicht aus der Centralknotenöffnung hervorschiessen, wie BÜTSCHLI und LAUTERBORN annehmen.

Zu einem ähnlichen Ergebniss gelangt man, wenn man Ursprung und Ende des vorderen Körnchenstromes genauer betrachtet. Der Ursprung muss zweifellos in die Polspalten verlegt werden, wie ich oben nochmals nachgewiesen habe. Wo aber ist das Ende dieses Stromes, wenn der Faden wirklich aus der Centralknotenöffnung hervorschießt? Die Beobachtung ergibt mit genügender Schärfe, dass der vordere Körnchenstrom die losen Körnchen genau zu dem Punkte führt von welchem der Faden ausgeht; wo der Faden beginnt, da endet scheinbar der Strom, und an eben dieser Stelle würden daher zwei Ströme unter einem Winkel aufeinander treffen müssen. Die Folge eines solchen Anpralls zweier Ströme würde aller Wahrscheinlichkeit nach die Entstehung sichtbarer Wirbel sein. Wie aber ist es möglich, dass der vordere Körnchenstrom stets genau denselben Punkt der Zellwand trifft, wenn nicht ganz bestimmte Beziehungen zwischen Strom und Punkt bestehen? Wenn aber dieser Punkt sich als die Ausgangsöffnung eines Kanals erweist und der bisher sichtbare Strom für das Auge an dieser Oeffnung verschwindet und die mitgeführten Körnchen vor derselben zurücklässt, so halte ich doch den Schluss für zwingend, dass die mit actualer Energie ausgestattete Schicht des Stromes in diesen Kanal eintritt. Damit aber ist, meines Erachtens, der gleichzeitige Austritt eines zweiten Stromes ausgeschlossen, der Kanal ist so eng, dass für zwei in entgegengesetzter Richtung sich bewegende Ströme kein Raum ist. Ist das aber der Fall, so wird auch die weitere Voraussetzung, dass die zurückfließende Schicht des Stromes Protoplasma ist, immer wahrscheinlicher, ein Zurückfließen secernirter Schleimmassen ist kaum denkbar. Der ausgeschiedene Schleim vertheilt sich alsdann nach Massgabe seiner Menge auf den Zellwandflächen, die er zeitweise völlig überziehen kann.

Den letzten Punkt betreffend, das freie Schwimmen, erlaube ich mir zu bemerken, dass ich keineswegs behaupten will, die Naviculeen schwimmen stets frei im umgebenden Medium, sondern nur, dass sie frei zu schwimmen vermögen. Sie sind angepasst, im Schlamm zu vegetiren, nicht im Auftrieb, und sie werden bei ihren Bewegungen

gern Stützpunkte an festen Körpern nehmen. Auf dem Objectträger trifft man aber ebenso häufig Zellen in der Gürtelband- wie in der Schalenlage, während die Bewegung der Körnchen und grösseren Fremdkörper nur an den Schalen beobachtet wird. Da nun, wie auch BÜTSCHLI<sup>1)</sup> bemerkt, eine Anheftung des Fadens nicht nachweisbar ist, der Faden selbst auch nur eine sehr geringe Tragfähigkeit besitzt, so wäre ein Fortrücken in der Gürtelbandlage unerklärlich, wenn nicht die Reaction der Ströme die Zelle ohne anderweitige feste Stützpunkte durch das Wasser zu treiben vermöchte.

Diese vorstehend näher begründeten Erwägungen haben mich, nach vorangegangenen eingehenden Untersuchungen über die Anatomie der Rhaphe und der Knoten, zu meiner Theorie der Bewegung geführt, zu der ich zunächst nur zuzufügen habe, dass das Plasma beim Austritt auch Schleim absondert. Der Schleim bildet aber durch Vergrößerung der Oberfläche eher ein Hinderniss für die Ortsbewegung, als dass er dieselbe fördert oder veranlasst. In der That scheinen sich die nicht Schleim bildenden kleineren Arten relativ schneller zu bewegen als die grossen und auch insbesondere den Wechsel der Bewegungsrichtung leichter vollziehen zu können. Ich verkenne aber auch nicht, dass der gleichzeitige Mangel eines Fadens bei diesen Arten mit dem Fehlen des Schleimes ein Umstand ist, der weiterer Aufklärung bedarf.

Freilich sind meine Annahmen hypothetisch, aber wir sind in dieser Frage, wie in vielen anderen, auf Hypothesen angewiesen, und es kann zunächst nur verlangt werden, dass die Hypothese die bestehenden Thatsachen einigermaßen erklärt und mit keiner derselben in directen Widerspruch tritt. Wenn ein solcher nachgewiesen wird, ist die Hypothese zu ändern oder zu verwerfen. Die BÜTSCHLI-LAUTERBORN'sche Theorie in ihrer jetzigen Gestalt aber erklärt, meines Erachtens, die Bewegungserscheinungen keineswegs zureichend.

---

1) BÜTSCHLI, Bewegung p. 5.



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1894

Band/Volume: [12](#)

Autor(en)/Author(s): Müller Otto Georg Ferdinand

Artikel/Article: [Die Ortsbewegung der Bacillariaceen. 136-143](#)