

XIII.

Ueber einige Beziehungen des Flimmerepithels zum contractilen Protoplasma.

Von Dr. M. Roth,

Assistenten am pathologischen Institut in Berlin.

Die nachfolgenden Zeilen bezwecken einen Beitrag zur Kenntniss der Irritabilität der Flimmerhaare zu liefern. Es kamen von Reizmitteln besonders die verschiedenen Temperaturgrade und die mechanische Einwirkung zur Verwendung; ferner wurde der Effect von Flüssigkeiten verschiedener Concentration und einiger chemisch wirkenden Stoffe berücksichtigt. Die einschlägigen Beobachtungen anderer Untersucher sind, soweit sie mir bekannt, an den betreffenden Stellen angeführt worden.

Da die vorliegende Frage von principieller Bedeutung ist, kam es nicht darauf an, die Untersuchungen auf möglichst viele Thiere auszudehnen: ich verfolgte sie desshalb nur an wenigen Species, wie sie Bequemlichkeit und Zufall mir zuführten. Also vor Allem am Frosch, weniger am Kaninchen; von Wirbellosen wurden die Teichmuschel und zwei Infusorien zu Versuchsthieren gewählt. Die letzteren, *Opalina Ranarum* (Purkinje, Valentin) und *Paramaecium Nucleus* (Schränk)*), welche im Mastdarm des Frosches zu Tausenden vorkommen, sind solche, deren äussere Anhänge nur als Flimmerhaare gedeutet werden können, d. h. es sind über den ganzen Körper gleichmässig verbreitete vom Willen unabhängige auch morphologisch sich wie gewöhnliche Cilien verhaltende Gebilde. — Die meisten Versuche wurden angestellt an der flimmernden Oberfläche des unteren Abschnittes der Eiröhre weiblicher Frösche, da wo sich dieselbe zu einer Art von Uterus ausweitet. Hier wird die Untersuchung nicht beeinträchtigt durch die zahlreichen cylindrischen Drüsen, welche den oberen engeren Theil

*) Nebenbei bemerkt ist die *Opalina* offenbar nur die Embryonalform von *Paramaecium*: man sieht alle möglichen Uebergangsstadien zwischen beiden. Ehrenberg stellte beide (1838) in das Genus *Bursaria*.

der Tuba auskleiden. Bei Anodonta bekommt man zusammenhängende Reihen der prachtvollsten Flimmerzellen, wenn man die Messerklinge leicht über die Oberfläche der Kiemen führt. — Ueberall wurde danach getrachtet, für die Cilien jedes Thiers und jedes Organs ein möglichst adäquates Medium, gewissermaassen eine Normalflüssigkeit herzustellen, die ihre Thätigkeit möglichst lange und lebhaft erhält. Denn da die Cilien je nach ihrem Standort eine sehr verschiedene Empfindlichkeit gegen äussere Einwirkungen haben, so konnten nur auf diese Art die an verschiedenen Organen und Thieren gewonnenen Erfahrungen direct vergleichbar gemacht werden. Bei denjenigen Flimmerhaaren, die mit Wasser in Berührung stehen, wurde natürlich das letztere angewendet (Kiemen von Anodonta; auch bei den Infusorien fand ich dasselbe am vortheilhaftesten); bei den flimmernden Oberflächen des Frosches und des Kaninchens bewährte sich Schultze's Jodserum oder eine Lösung von 0,5 pCt. NaCl am besten, auch PO_3NaO von 2—2,5 pCt. besser als Brunnenwasser oder concentrirtere Lösungen.

1. Einfluss der Temperatur.

a) Die Einwirkung höherer Temperaturgrade wurde auf M. Schultze's heizbarem Objecttisch beobachtet und dabei das Präparat durch eine feuchte Kammer vor Verdunstung geschützt. Controlversuche vermittelt Erwärmen auf dem Wasserbade nach der schon früher von Kühne angewandten Methode*) stimmten mit ersterem Verfahren in befriedigender Weise überein.

Dass bei der Erwärmung zu Ende der zwanziger und Anfang der dreissiger Grade C. eine bedeutende Beschleunigung der Wimperbewegung stattfindet, davon kann man sich schon durch das blosse Augenmaass überzeugen; Calliburcès hat dieselbe noch ausserdem durch einen höchst sinnreichen Apparat direct gemessen**). — Noch höhere Temperaturen führen einen Stillstand der Bewegung herbei, und zwar je nach dem Wärmegrad bloss vorübergehend oder bleibend. In ersterem Fall kann die Bewegung durch Abkühlung wieder hervorgerufen werden, in letzterem ist das Gewebe als todt zu betrachten. Aus einer sehr grossen Beobachtungsreihe, die ich an der Schleimhaut der Tuba Fall vom

*) Untersuchungen über das Protoplasma und die Contractilität. 1864. S. 43.

**) Comptes rendus XLVII. (1858), 638 fg. Er fand, dass bei 28° C. die Bewegung siebenmal rascher ist als bei 10—19° C.

Frosch anstellte, ergab sich, dass der vorübergehende Stillstand in der überwiegenden Zahl der Fälle bei 44—45° C. eintritt, dass er aber je nach Umständen in weiten Grenzen, von 41 selbst bis 48, schwanken kann. — Es hängt natürlich ganz davon ab, wie lange erwärmt, besonders wie lange die Temperatur über 40° gehalten wurde, ferner was für eine Flüssigkeit zugesetzt ist. Präparate, dem eben getödteten Thiere entnommen, geben immer höhere Zahlen als ältere Präparate; diess zeigt sich oft schon in Beobachtungen, die im Laufe eines und desselben Tages angestellt sind. Sehr häufig endlich kommt es vor, dass in demselben mikroskopischen Gesichtsfeld bei einer gewissen Temperatur die meisten Cilien zur Ruhe gekommen sind, während einige wenige noch minutenlang hartnäckig einer weiteren Erwärmung Trotz bieten. In solchen Fällen habe ich den Stillstand erst da notirt, wenn auch der letzte Nachzügler seine Bewegungen eingestellt hatte. Diese Bemerkungen gelten sämmtlich auch für den Eintritt des eigentlichen Todes: derselbe erfolgt bei einer Temperatur von mindestens 48°, tritt aber unter ungünstigen Bedingungen schon früher ein.

Andere flimmernde Gewebe beim Frosch ergaben im Ganzen analoge Zahlen: die Rachenschleimhaut, die musculösen Flimmergitter in der Lunge und die Zunge. Die zwei letzteren zeichnen sich durch eine besonders zarte Beschaffenheit des Flimmerepithels aus, die sie zu dergleichen Versuchen wenig geeignet erscheinen lässt *). — Bei Anodonta tritt vorübergehender Stillstand ein bei 45—47° C., höhere Grade führen den Tod herbei **). — Die Trachealschleimhaut des Kaninchens, in Jodserum untersucht, zeigte meist vorübergehenden Stillstand der Flimmerbewegung bei 45,5—46,5 (Minim. 45, Max. 48); dieselbe erholte sich nicht mehr bei

*) Jodserum wirkt hier günstiger als blosses Wasser: sonach erklärt sich die Angabe W. Kühne's: dass durch Wasser von 35—36° C. in kurzer Zeit die Flimmerbewegung der Zunge sistirt wird. Du Bois u. Reichert's Archiv 1859. S. 834. Monatsber. d. Acad. d. Wissensch. zu Berlin. 1860. S. 497.

**) Purkinje und Valentin (De phaenomeno etc. 1835. S. 70) haben schon den Einfluss der Wärme auf die Flimmerzellen der Teichmuschel studirt: 32—35° R. (40—43,7° C.) während $\frac{1}{2}$ —2 Minuten liess die Bewegung unverändert. Sharpey [Todd Cyclop. of Anat. and Physiol. I. (1836), 634] beobachtete, dass 5 Minuten langes Einwirken von Wasser von 96° F. (35,5° C.) die Wimperbewegung unverändert bestehen lässt.

Erwärmung auf 49°C. (48) und darüber. — Was endlich die Infusorien betrifft, so verhielten sich die zwei Species nicht ganz gleich: die Cilien von *Paramecium* stehen still meist bei 41 (Schwankungen von 40—42), um sich bei abnehmender Temperatur wieder in Bewegung zu setzen, von 42° aufwärts tritt Tod (Gerinnung) ein, der meist auch das Platzen des Thieres im Gefolge hat. *Opalina* ist etwas resistenter: der vorübergehende Stillstand der Haare erfolgt bei $42\text{—}42,5^{\circ}\text{C.}$, Tod sicher von 43 an. Bei beiden Thieren werden von 35, besonders von 38°C. an, die Flimmerbewegungen wie auch die Bewegungen des ganzen Thieres immer träger, um endlich ganz aufzuhören.

Um den Wiedereintritt der Bewegung bei der Abkühlung zu beobachten, kann man das Präparat auf dem Schultze'schen Tisch liegen lassen, vorausgesetzt, dass die Abkühlung nicht zu langsam erfolgt. Viel bequemer ist es, das Object auf ein nicht erwärmtes Mikroskop zu übertragen, man kann dann stufenweise verfolgen, wie die Flimmerung erst schwach und an beschränkten Stellen auftritt, dann allmählich lebhaft und allgemein wird. Wesentlich unterstützt wird die Rückkehr der Flimmerbewegung durch Zusatz eines neuen Flüssigkeitstropfens, den man in ziemlich starkem Strom unter das Deckglas fliessen lässt. (Es wird sich weiterhin zeigen, dass ein solcher Strom einen directen Reiz auf die Cilien ausübt.)

Ein sicheres Criterium habe ich im mikroskopischen Verhalten der Flimmerhaare in Bezug auf ihre Wiedererregbarkeit nicht finden können: je besser das Gewebe erhalten ist, ferner je gleichmässiger die Cilien eine leichte Flexionsstellung einnehmen, um so grösser ist die Wahrscheinlichkeit, dass sie noch erregbar sind; aber selbst wenn eine grosse Menge von Eiweissblasen aus dem Gewebe ausgetreten ist, wenn die Haare höchst unregelmässig und struppig stehen, kann die Bewegung wieder beginnen, obschon sie dann die frühere Lebhaftigkeit und Schwingungsgrösse nicht mehr erreicht und sehr rasch wieder aufhört. In einigen Fällen, wo mich auch der Flüssigkeitsstrom bei der Wiederbelebung im Stich liess, thaten KO und NaO, die schon 1853 von Virchow *) entdeckten kräftigsten Erreger, auf kurze Zeit noch gute Dienste.

*) Dieses Arch. Bd. VI. S. 133 fg.

Es kann nicht zweifelhaft sein, dass wir in dem vorübergehenden Stillstand der Cilien bei höheren Temperaturen das vor uns haben, was Kühne*) für andere contractile Gebilde als Wärmetetanus bezeichnet hat, das definitive Aufhören der Flimmerung entspricht seiner Wärmestarre.

Die vorhin mitgetheilten Zahlen zeigen, dass diese beiden Zustände keineswegs bei verschiedenen Geweben mit derselben Temperatur eintreten: am niedrigsten ist sie bei den Infusorien; Muschel, Frosch und Kaninchen verlangen verhältnissmässig recht hohe Temperaturen. Der Wärmetetanus fällt hier zwischen 44—46, resp. 48° C., die Wärmestarre tritt entsprechend später ein. Demnach ergibt sich für die Cilien unserer Infusorien eine grosse Uebereinstimmung mit dem contractilen Protoplasma mancher niederer Thiere und Pflanzen, während die Cilien der anderen beobachteten Geschöpfe sich in den Temperaturverhältnissen mehr dem Protoplasma höherer Pflanzen und der quergestreiften Muskeln nähern. Doch sind die Beobachtungen auf diesem Felde noch viel zu lückenhaft, um sichere Schlüsse zu gestatten**).

b) Niedere Temperatur wirkt hemmend auf die Flimmerbewegung ein, doch mit sehr grossen Differenzen je nach der Thier-species. Nach Purkinje und Valentin***) hört dieselbe bei Säugethieren und Vögeln schon bei + 5° R. bald auf, bei Amphibien dauert sie aber noch lebhaft fort; bei Anodonta besteht sie selbst bei 0° R. unverändert. Schiff fand, dass die Flimmerhaare bei Fröschen nach dem Gefrieren oft durch Wärme wieder erregbar sind †). — Dieses Wiedererwachen der Flimmerthätigkeit durch zunehmende Wärme ist sehr leicht zu constatiren: man lasse z. B. eine Flimmermembran vom Frosch während mehrerer Stunden bei wenigen Grad über Null in Jodserum liegen, so wird man bei der Untersuchung im warmen Zimmer zuerst allgemeine Ruhe und dann bei steigender Temperatur die Bewegung beschränkt und unausgiebig auftreten, bald sehr allgemein und lebhaft werden sehen.

*) Kühne a. a. O. S. 45.

**) Vgl. Kühne, Untersuchungen über Protopl. etc. — M. Schultze, Das Protopl. der Rhizopoden etc., Archiv f. mikrosk. Anat. I. — Jul. Sachs, Handbuch der Experimentalphysiologie der Pflanzen.

***) De phaenomeno etc. p. 69, 71. cf. 80, 92.

†) Lehrbuch der Physiol. des Menschen. I. 12.

Man kann dieses Experiment an einem und demselben mikroskopischen Präparate öfter wiederholen. — Genauere Temperaturbestimmungen habe ich bloss für Anodonta vorgenommen: ich stellte ein Reagensgläschen in ein Kältegemisch von Kochsalz und Eis, in ersteres brachte ich das zu beobachtende Präparat, ein Thermometer und soviel Wasser, dass die Kugel des letzteren eben bedeckt war. Es fand sich, dass Erholung nach Einfrierenlassen und nach einer Temperatur von $-3-4^{\circ}\text{C.}$ möglich ist, wenn diese Minimaltemperatur nur sehr kurz einwirkte. Bei -6°C. war immer Tod eingetreten. Auch etwas höhere Temperaturen, wenn sie nur lange genug einwirken, bewirken vorübergehenden Stillstand, resp. Tod: ersteres geschah z. B. bei $+0,4^{\circ}\text{C.}$ nach 6 Minuten, letzteres bei -3°C.

Die Kälte setzt demnach die Erregbarkeit der Cilien ebenso wie die anderer contractiler Substanzen *) herunter (Kältetetanus) oder vernichtet sie ganz (Kältestarre). — Durch das Gefrieren und Auftauen (bei Anodonta) ändern sich die endosmotischen Verhältnisse der Flimmerzellen ausserordentlich: die wiedereingetretene Bewegung geht meist bald definitiv verloren, die Zellen quellen unförmlich auf und sehr häufig, was man bei anderen Untersuchungsverfahren nur selten zu sehen bekommt, hebt sich die Cuticula von ganzen Zellreihen im Zusammenhang ab, oft noch besetzt von Cilien. Diese Haut ist sehr zart, vollkommen hyalin, oft rollt sie sich nach innen ein, so dass sie mit den nach allen Richtungen starrenden Cilien einem Fuchsschwanz nicht unähnlich sieht. Charakteristisch ist es, dass die Flimmerhaare auf solchen Häuten niemals mehr Bewegung zeigen: ein Beweis, dass letztere nicht in den Haaren selbst entsteht, sondern durch eine irritable Substanz im Innern der Zelle vermittelt wird. Ueberdiess lassen sich ja an den verschiedensten Objecten die Haare durch die Cuticula in die Tiefe der Zellen verfolgen, so dass von einem bloss oberflächlichen Aufsitzen derselben wohl nirgend die Rede ist.

2. Der Einfluss von Flüssigkeiten verschiedener Concentration und von chemischen Agentien wurde von Purkinje und Valentin **) studirt: es ergab sich dabei i. A., dass

*) Vgl. Kühne, Protopl. S. 46 fg. Jul. Sachs a. a. O. S. 55, 56 fgg.

**) De phaenomeno. p. 74—76.

höhere Concentrationen von Substanzen, die gehörig verdünnt nicht schädlich auf die Flimmerbewegung wirken, dieselbe rasch aufheben. — Wichtiger ist es für unsere Frage, dass durch Aenderungen in der Concentration die schwach gewordene oder ganz verschwundene Bewegung wieder hergestellt werden kann. So zeigte sich, dass NaCl von 1 pCt. die Flimmerung im Eileiter des Frosches rasch abschwächt, während dieselbe durch Verdrängung mit NaCl von 0,5 pQt. wieder in der alten Lebhaftigkeit erscheint. Aehnlich verhält sich PO_5NaO von 5 und 1,5—2,5 pCt. Die Infusorien im Mastdarm des Frosches werden durch NaCl von 1 pCt. äusserst träge in ihren Bewegungen, die Flimmerung steht bald ganz still, sie erholen sich aber in gewöhnlichem Wasser rasch wieder. Also auch in diesem Punkte vollkommene Analogie mit anderen contractilen Substanzen *). — Im Ganzen muss man sagen, dass die Flimmerhaare in relativ weiten Grenzen der Concentration ihre Bewegung conserviren, wenn die Aenderung nur langsam vor sich geht, sie also gewissermaassen Zeit haben, sich derselben zu accomodiren. Man erinnere sich z. B., dass die Flimmerhaare in einem Tropfen Jodserum stundenlang fortschlagen, trotzdem dass die Flüssigkeit unter dem Deckglas fast ganz verdunstet, also viel concentrirter als zu Anfang geworden ist. Die Bewegung zeigt sich dann allerdings ziemlich matt, lässt aber durch neue Flüssigkeit die frühere Lebhaftigkeit zurückkehren.

Von chemischen Agentien wirken Alkalien in geeigneter Concentration günstig auf Flimmerbewegung und alle anderen contractilen Substanzen **), während Säuren und Metallsalze auch hier selbst in grosser Verdünnung raschen Tod herbeiführen ***). Doch scheint der coagulirenden Wirkung der letzteren noch ein kurzer lähmungsartiger (oder tetanischer?) Zustand vorauszugehen, den man freilich nur bei sehr starker Verdünnung nachweisen kann. Die Bewegung wird nämlich durch dieselben sistirt, lässt sich aber, wenn man rasch günstige Flüssigkeiten zusetzt, wieder herstellen.

*) Kühne, Protopl. S. 86, 83, 41, 48.

**) Vgl. meine Notiz in Virchow's Archiv Bd. XXXVI. S. 145 fgg.

***) Vgl. Purkinje und Valentin a. a. O. — Vielleicht verdient die Einwirkung von Strychnin, Veratrin u. A. auf die Flimmerbewegung eine nochmalige Untersuchung, da sich die Angaben von Purkinje, Valentin und Sharpey (Todd Cyclop. I. 635) zum Theil widersprechen.

So wird durch Urin die Flimmerung allmählich schwächer und belebt sich z. B. durch Jodserum wieder. Mit verdünnter Essigsäure konnte ich vollkommenen Stillstand und durch rasches Verdrängen derselben mittelst Jodserum wieder allgemeine und dauernde Flimmerung hervorrufen. Ebenso wirkte Chromsäure von 0,2—0,02 pCt.: durch einen rasch durchgeleiteten Strom von NaCl (0,5 pCt.) erhalten sich die Haare und schlugen noch stundenlang weiter. Das Experiment konnte mehrmals am selben Präparate wiederholt werden; allmählich werden freilich dabei die Haare dunkler, brüchig, unregelmässig, in welchem Zustand sie nicht mehr belebbar sind *). Ein gleiches Stadium der Erregbarkeit ist nach der Einwirkung von SO_3CuO von 0,1—0,01 pCt. vorhanden, wenn man dasselbe rasch durch einen Strom von NaCl (0,5 pCt.) verdrängt.

In dieser Richtung liegen für die übrigen contractilen Substanzen noch wenige Beobachtungen vor **): man hat sogar bisher meist Alkalien und Säuren auf dieselbe Linie der Schädlichkeit gestellt. Genauere Unterscheidungen dürften auch hier analoge Verhältnisse wie bei den Flimmerhaaren ergeben.

3. Die Wirksamkeit mechanischer Reize auf die Cilien ist sehr bedeutend und deshalb leicht zu constatiren. Auffallender Weise ist dieses Factum in den letzten Decennien vollständig verkannt worden ***). Man kann den mechanischen Reiz in verschie-

*) Die Angabe von Hannover (Müller's Archiv für Anat. u. Physiol. 1840. S. 557), die auch in Lehrbücher übergegangen ist, dass CrO_3 von gewöhnlicher Concentration sogar conservirend auf die Flimmerbewegung wirke, ist demnach vollkommen irrthümlich und kann nur darauf beruhen, dass die CrO_3 bei seinem Präparate (einem Embryo) die Flimmerzellen der Gehirnhöhlen noch nicht erreicht hatte.

**) Kölliker wies die günstige Wirkung der Alkalien, die schädliche der Säuren und Metallsalze auf Spermatozoenbewegung nach (Siebold und Kölliker, Zeitschr. f. wiss. Zoologie. VII. 219 fgg.). Essigsäure von 0,5 pCt. hebt die Bewegungen der Bindegewebszellen auf: Kühne, Protopl. S. 118. Amöben und Actiophrys erhalten sich ganz gut in einem Brei von gebrannter Magnesia: ebenda S. 47, 65. Auffallend ist es, dass Rhizopoden, z. B. Actiophrys marina in Salzsäure selbst von 1 pCt. ihre Bewegungen behalten: Kühne in Du Bois und Reichert's Archiv 1859. S. 822, während Amöben, auch Actiophrys Eichhornii schon bei 0,1 pCt. HCl coaguliren: Kühne, Protopl. S. 49, 64.

***) Diese Thatsache hat ihr eigenes Schicksal gehabt: zuerst von J. G. Steinbuch (Analecten neuer Beobachtungen und Untersuchungen für die Natur-

dener Form anwenden: die früheren Untersucher brachten das Phänomen durch Erschütterung des Objecttisches oder durch Reizung des Präparates mit der Nadel hervor. Nicht selten gelingt es durch leises Klopfen auf das Deckgläschen oder mehrmaliges Lüften desselben, die Cilien für längere Zeit in Bewegung zu versetzen; am günstigsten wirkt aber ein Flüssigkeitsstrom, den man unter dem Deckgläschen durchgehen lässt. Die Stärke desselben lässt sich durch angelegte Fliesspapierstreifen von verschiedener Grösse leicht reguliren. Je kräftiger der Strom, um so rascher und allgemeiner tritt auch die Flimmerung ein; diejenigen Punkte des Präparates, welche vor dem Strom mehr geschützt sind, gerathen entsprechend später in Bewegung. Es kommt auf die Erregbarkeit des Präparates an, wie lange die einmal wachgerufene Bewegung sich erhält. Oft dauert sie mehrere Stunden an; hat sie sich endlich verloren, so lässt sie sich durch denselben Reiz noch oftmals wieder hervorrufen. Dieses Verhalten lässt sich durchaus nicht auf Veränderung in der Concentration der umgebenden Flüssigkeit und dadurch geänderte Diffusionsverhältnisse beziehen, da die entzogene Flüssigkeit immer durch dieselbe Mischung ersetzt wird, da ferner ohne alle Aenderung im umgebenden Medium die Erschütterung schon allein zur Wiederbelebung der Cilien hinreicht. Dass es nicht etwa rein passive Bewegungen sind, hervorgebracht durch die beunruhigte Flüssigkeit, ergibt sich daraus, dass die Bewegung, einmal angeregt, von selbst stundenlang fort dauert, dass sie in nichts von der gewöhnlichen Flimmerbewegung sich unterscheidet, endlich dass, wenn die Haare wirklich todt sind, sie auch durch den stärksten Strom nicht aus ihrer angenommenen Stellung gebracht, geschweige in rhythmische Thätigkeit versetzt werden.

kunde 1802. S. 66) entdeckt und vollständig richtig beschrieben, später von Erman (Abhandlungen der Königl. Acad. d. Wiss. in Berlin. 1819. S. 214), Purkinje und Valentin (De phaenom. p. 70; vgl. auch Schiff, Physiol. I. 12) bestätigt, wurde sie von Sharpey ganz unbegründeterweise in Frage gestellt (a. a. O. p. 634). Sh.'s Autorität scheint einen solchen Einfluss gehabt zu haben, dass selbst Valentin späterhin [in Wagner's Handwörterbuch der Physiol. I. (1842.) 510] seine früheren Angaben wesentlich beschränkte und kein anderer Untersucher sich seither die Mühe genommen, den Sachverhalt noch einmal zu prüfen.

Schon oben habe ich angedeutet, dass der mechanische Reiz besonders bei der Wiederbelebung nach Einwirkung höherer Temperaturen zu statten kommt, da die Bewegung hierdurch viel rascher und allgemeiner einzutreten pflegt, als ohne denselben. Aber auch nach Erstarrung durch Kälte hat oft die mechanische Einwirkung ohne allen Temperaturwechsel denselben Erfolg: es genügt selbst das Anfassen und Ausbreiten eines Präparats, um die Flimmerung wachzurufen. Man ist dann erstaunt, bei verhältnissmässig niedriger Temperatur dieselbe allgemein verbreitet zu sehen, bei einer Temperatur, die doch sonst, wenn mechanische Einflüsse ausgeschlossen sind, unbedingt Stillstand der Cilien herbeiführt. Ganz so wirkt der mechanische Reiz an etwas älteren Präparaten, wo die Flimmerbewegung unter sonst günstigen Bedingungen spontan zum Stehen gekommen war, vorausgesetzt, dass die Vitalität des Gewebes noch nicht ganz erloschen ist.

Die Zugänglichkeit der Flimmerhaare für mechanische Einwirkungen stimmt mit dem, was wir vom Muskel wissen. Die anderen contractilen Substanzen sind darauf noch nicht hinlänglich geprüft worden; doch sprechen auch hier einzelne Thatsachen für ein analoges Verhalten *).

Ja es scheint mir nicht undenkbar, dass der mechanische Reiz, komme er nun in Form von Muskelbewegungen der benachbarten Gewebe (ich erinnere z. B. an den Flimmerbelag des Pericards, der Lungen, des Eileiters der Frösche) oder als über die Flimmerzellen wegströmende Flüssigkeit z. B. bei den Infusorien, Kiemen von Anodonta) zur Geltung, — dass der mechanische Reiz ein wesentliches ursächliches Moment für die continuirliche Thätigkeit der Cilien im lebenden Körper bildet **), obschon freilich diese letztere auch aus rein inneren Ursachen hervorgehen könnte.

*) Vgl. Kühne, Ueber mechanische Reizung der Hornhautkörperchen: Protopl. S. 125 fg.

**) Diese Hypothese hat schon Steinbuch a. a. O. S. 67 fg. sehr scharf formulirt: „mir scheint es, so schreibt er, gar keinem Zweifel unterworfen zu sein, dass jene unwillkürliche Verrichtung der Kiemen (bei Larven von Triton) beim vollkommenen unverstümmelten Thiere eben so durch einen äusseren Reiz veranlasst werde, wie die Zusammenziehungen des Herzens durch den Reiz des Blutes“ etc., ein Vergleich, der freilich nach unserem jetzigen Wissen nicht mehr zutreffend ist.

Die angeführten Thatsachen, sowie die demnächst erscheinenden Beobachtungen von Dr. W. Kühne über den Einfluss verschiedener Gase auf die Flimmerbewegung lassen wohl keinen Zweifel übrig, dass wir es auch hier mit contractilen Gebilden zu thun haben. — Es wäre nun noch, was mir bisher nicht mit Sicherheit hat gelingen wollen, der Nachweis zu liefern, dass die Flimmerzellen aus contractilen Zellen sich entwickeln. Schon a priori darf man auf die Wahrscheinlichkeit einer solchen Genese schliessen, seit La Valette auf die Beziehung zwischen Spermatozoen und contractilen Hodenzellen aufmerksam gemacht; da wir ferner wissen, wie häufig (z. B. bei Infusorien) Contractilität im engeren Sinne und Flimmerbewegung an dasselbe Substrat gebunden sind. An den ausgebildeten Flimmerzellen höherer Thiere kommen auf Contractilität beruhende Gestaltveränderungen wohl nirgend vor. Billroth*) beschreibt zwar aus der Mundhöhle von Amphibien Flimmerzellen, welche ausser der Wimperung noch Contractionen der ganzen Zelle erkennen lassen. Ich habe dergleichen niemals an der angegebenen Stelle beobachtet; nur an den Kiemen von Tritonlarven sah ich öfter Epizoen, die mit den von Billroth beschriebenen Zellformen sehr verwandt, wo nicht identisch sind. Wenn sie in grosser Zahl vorhanden sind, so können sie einen zusammenhängenden Epithelialüberzug simuliren; sind sie nur spärlich, so ist eine Verwechselung mit der wirklichen Flimmerbekleidung der Kiemen ganz unmöglich.

Es wäre wünschenswerth, wenn nun auch die Spermatozoen in dieser Richtung einer umfassenderen Prüfung unterzogen würden, es werden sich auch hier die mannigfachsten Analogien mit den contractilen Substanzen ergeben. So ist z. B. die schädliche Einwirkung der Kohlensäure leicht zu constatiren; ebenso sicher ist, dass bei 40—42° C. absolute Bewegungslosigkeit (bei Frosch, Triton, Kröte) eintritt; Wiedererregbarkeit derselben ist wohl unzweifelhaft bei vorsichtig angestellten Versuchen nachweisbar.

*) Du Bois und Reichert's Archiv 1858. S. 174.