

II.

Ueber die Spermatozoïden von *Salamandra atra*.

Ein Beitrag zur Kenntniss der festen Formbestandtheile im Samen der Molche.

[Vorgetragen am 7. März 1849 in d. naturwissenschaftl. Section der schles. Ges. f. vaterl. Cultur. — Abgedruckt als Nachtrag zum Bericht über die Thätigkeit d. Gesellschaft i. J. 1848. Ein Auszug ist abgedruckt in d. Zeitschrift f. wissenschaftliche Zoologie 1850, Bd. II, S. 550 ff.]

(Hierzu Tafel 3 und 4).

Der Same aller bisher genau untersuchten Molche enthält eine ungeheure Anzahl fadenförmiger Spermatozoïden, an welchen ein eigenthümliches Flimmerphänomen zu bemerken ist. Die Vermuthung liegt nahe, dass diese höchst auffallende Eigenschaft wohl den Spermatozoïden sämmtlicher Thiere dieser Zunft als charakteristisches Merkmal zukommen möge. Da nur die speciellsten Untersuchungen Gewissheit über diesen Punkt geben können und überdiess die Ansichten über das Flimmerphänomen getheilt sind: so stehe ich nicht an, nachfolgende Bemerkungen über die noch nicht genau gekannten Samenfäden von *Salamandra atra* und über das Wesen dieser Art des Flimmerphänomens zu veröffentlichen.

Ich verdanke der grossen Güte meines Oheims, Professor Dr. JOS. JUL. CZERMAK zu Wien, mehrere Exemplare des erwähnten, höchst interessanten und nur wenigen Beobachtern zugänglichen Thieres, wodurch mir im September 1848 die Gelegenheit geboten wurde, vorliegende Untersuchungen zu veranstalten.

I. Von der äusseren Gestalt der Spermatozoïden.

Die Spermatozoïden des schwarzen Erdmolches sind dünn, lang und in zwei ungleiche — in vielfacher Beziehung sehr verschiedene —

Hälften getheilt. Die eine dieser Hälften ist dicker und kürzer, ziemlich steif, gerade gestreckt oder leicht gekrümmt; die andere dünner, länger, in mannigfachen Curven gebogen und mit einem eigenthümlichen accessorischen Gebilde versehen. Ich will nur, der Kürze wegen, ohne mit folgenden Bezeichnungen irgend eine Deutung zu verbinden, die erstere den Kopf, die letztere den Schwanz nennen.

Der Kopf (Taf. 3, Fig. 1, 2, 3 . . . *mn*) ist im Mittel 0,003475 W. Z. lang und an der Verbindungsstelle mit dem Schwanz 0,00015 W. Z. dick; gegen sein freies Ende verjüngt er sich nach und nach und läuft ziemlich plötzlich in ein ungemein feines ($\frac{3 \text{ bis } 4''}{10,000}$ langes) Stielchen aus, welches fast immer ein kleines Knöpfchen trägt, oder aber mit kaum sichtbarer Spitze endigt. (Taf. 3, Fig. 1—Fig. 5, *ms*). RUDOLPH WAGNER¹⁾ hat bei *Salamandra maculata*, DUJARDIN²⁾ — obwohl weniger constant, — bei *Triton palmipes* ein ähnliches Knötchen beobachtet und beschrieben; ich kann sein ungemein häufiges Vorkommen an den Samenfäden von *Salamandra maculata* und von mehreren Tritonen bestätigen.

Der Schwanz besteht aus einem Hauptfaden und einem accessorischen Gebilde. Der Hauptfaden hat im Mittel eine Länge von 0,0054 W. Z.; seine Dicke ist an drei verschiedenen Stellen verschieden, und zwar beginnt sein (0,0002" langes) Kopfende (Taf. 3, Fig. 1. *no*), eben so dick, wie die Basis des Kopfes selbst — von der es durch einen leicht zu übersehenden Querstrich nur undeutlich abgegrenzt wird, — verschmälert sich dann etwas und geht durch einen plötzlichen Absatz in das viel dünnere, aber über zwei Drittel der ganzen Schwanzlänge betragende zweite oder Mittelstück über (Taf. 3, Fig. 1. *op*), welches wiederum durch eine jähe Verjüngung mit dem dünnsten stumpf auslaufenden dritten oder Endstücke (Taf. 3, Fig. 1. *pr*) zusammenhängt. Das kurze Kopfende des Hauptfadens tritt durch die später zu erwähnenden Berstungen des Kopfes in seiner fast birnförmigen Gestalt frei und deutlich hervor.

Das accessorische Gebilde ist eine überaus dünne, glashelle, 0,0003" und darüber hohe Membran, die von dem Punkte 0 Fig. 1, 2, 3 . . . an, sich zu erheben beginnt und senkrecht auf der Mittellinie der Rückenseite des Hauptfadens mit einem Rande festsetzt, während der andere, etwas verdickte Rand (Fig. 1. *xx*, *yy*, *tt* . . . *z*) in einer

¹ RUD. WAGNER, Abhandl. d. math. phys. Klasse d. k. bairischen Akademie der Wissenschaften. Band II. (1831—1836).

² DUJARDIN, Ann. d. sc. nat. Série 2. Tom. X. p. 21.

Wellenlinie hin und her gebogen frei in die Flüssigkeit absteht. Am stumpfen Ende des Hauptfadens nimmt die Höhe der Membran wieder so ab, dass der verdickte Rand dasselbe unter einem spitzen Winkel berührt und als ein zarter Ausläufer von 0,0005" frei überragt (Fig. 1 bei r , rz). Die Länge der ganzen Spermatozoïden ist somit — 0,009375" W. Z. Alle eben beschriebenen Formenverhältnisse fand ich an den etwas grösseren Samenfäden von *Salamandra maculata* in gleicher Weise.

Wegen der grossen Durchsichtigkeit der Membran, welche man nur unter den günstigsten Umständen (bei gehöriger Dämpfung des Lichtes) an dem Schatten ihrer sehr regelmässigen Faltungen erkennen kann, erscheint der verdickte Rand wie ein freier, wellenförmig gekrümmter Faden. Die ausführliche Darlegung der Gründe, welche die Existenz dieser Membran ausser Zweifel setzen, werde ich weiter unten (von den Bewegungen der Samenfäden, A.) mittheilen; hier will ich nur bemerken, dass schon POUCHET¹⁾ das fragliche Gebilde an den Samenfäden von *Triton cristatus* richtig erkannt und übereinstimmend mit der hier gegebenen Darstellung beschrieben hat. Diese Uebereinstimmung scheint mir, — da ich erst nach Vollendung meiner Untersuchungen POUCHET'S Arbeit kennen lernte — für die Richtigkeit der Auffassung der erwähnten Verhältnisse zu sprechen. Die bezügliche Stelle in POUCHET'S Aufsatz lautet:

»*J'ai vu que ces zoospermes sont surmontés en arrière par une membrane extrêmement fine, qui est une véritable nageoire de la hauteur de 0,005 de mill. Cette nageoire offre un bord libre d'une étendue plus considérable que celui par lequel elle adhère au corps; aussi il en résulte, que ce bord forme des replis très amples, qui lui donnent l'apparence des collerettes à fraise que l'on portait au XV. siècle, mais dont les plis sont beaucoup plus lâches.*«

II. Vom inneren Baue der Spermatozoïden.

Der Kopf ist ein einfacher, lang gestreckter Schlauch, angefüllt mit einem, das Licht stark brechenden Inhalt. Von dieser Anordnung überzeugt man sich mit grösster Klarheit: 1) bei den nicht selten vorkommenden Berstungen des Kopfes, welche von der Basis gegen das freie Ende hin bis exclusive zu dem Stielchen mit dem Knopfe geschehen, indem sich dann die Bruchränder zurückschlagen, so, dass die Schlauchhaut in ihrer ganzen Breite übersehen werden kann. Der

¹ POUCHET, Compt. rend. hebdom. Vol. XX. 1845. p. 1341.

Inhalt, welcher der Schlauchhaut gleichmässig adhärirt, trocknet sammt dieser häufig dem Objectgläschen so fest an, dass die Contouren der Basis des Kopfes fast ganz verschwinden und nur einen, das Licht stark brechenden Fleck hinterlassen, der erst gegen das Stielehen hin wieder festere Umrisse gewinnt. Das Stielehen scheint durch diese Vorgänge, eben so wie der Schwanz, seine Elasticität eingebüsst zu haben; es findet sich öfters stark gekrümmt (Taf. 3, Fig. 7, *b*, *c*, *ms*). 2) Wenn zufällig der Schwanz abgerissen ist, wo dann der Inhalt an der Rissstelle als ein fettartiges Tröpfchen hervorquillt; es gelingt daselbst leicht das Lumen des Schlauchs zu sehen (Taf. 3, Fig. 8, *C* bei *i*, *D* bei *i* und *l*).

Der Hauptfaden des Schwanzes berstet nie und scheint solid zu sein; sein vorderes Ende wird durch die Berstungen des Kopfes, wie bereits erwähnt, deutlicher sichtbar (Fig. 7, *a* bei *no*).

Von der allgemeinen äusseren Umhüllungshaut. Der Hauptfaden des Schwanzes und der Kopf werden durch eine zarte, structurlose und durchsichtige Haut allenthalben umkleidet. Diese Haut liegt den völlig reifen Samenfäden vollkommen eng an und bildet nur am Rücken des Schwanzfadens eine senkrecht stehende Duplicatur — die accessorische Membran.¹⁾ Ob noch irgend ein anderer Bestandtheil die accessorische Membran zusammensetzen helfe, kann ich nicht entscheiden; es muss dies späteren Untersuchungen über die Entwicklungsweise dieser Samenfäden überlassen bleiben. So viel ist gewiss, dass eine allgemeine äussere Umhüllungshaut vorhanden ist; denn in den früheren Entwicklungsstadien, also an den Samenfäden des Hodensamens, findet sich dieselbe, besonders nach Zusatz von Wasser, an der Bauchseite des Kopfes und Schwanzes in Form von Blasen durch Flüssigkeit abgehoben. Solcher Blasen kommen sehr häufig mehrere und zwar an den verschiedensten Stellen vor, ausgenommen die Strecken von *m* bis *s*, *n* bis *o* und *r* bis *z* in Fig. 1, 2, 3 . . . Taf. 3, zum Beweise, dass zwischen den genannten Punkten die Umhüllungshaut früh fest anwachse. Die innerhalb dieser Blasen verlaufenden Theile des Kopfes und Schwanzes besitzen scharfe und bestimmte Contouren. Ist die Verdünnung des Samens bedeutend, so werden die Blasen kugelig und dehnen sich wachsend über grössere Körperstrecken aus. Auf diese Weise geschieht es z. B., dass der Kopf durch

¹ POUCHET folgert, ohne die gleich zu erwähnenden blasigen Erhebungen, wie es scheint, zu kennen, aus der Existenz der accessorischen Membran selbst das Vorhandensein einer Umhüllungshaut — als morphologische Nothwendigkeit. *Théorie positive de l'ovulation spontanée . . . etc.* — par F. A. POUCHET. Paris 1847.

die immer zunehmende blasige Erhebung gekrümmt und zusammengebogen wird, und endlich spiralig gewunden mit dem Rücken an die innere Oberfläche einer grossen Blase befestigt und von ihr ganz eingeschlossen erscheint (Taf. 3, Fig. 8, A, B, C, D, E, G. —).

Der Umstand, dass sich die schlauchförmig ausgedehnte Umhüllungshaut durch Imbibition in eine grosse kugelige Blase verwandeln lasse, giebt einen bedeutungsvollen Wink über ihre Entstehungsweise, indem sie in den angeführten Vorgängen offenbar die durchlaufenen Entwicklungsstadien bis zur ursprünglichen Kugelgestalt nur wieder herabsteigt. Sollte sie etwa die durch das Wachsthum des Samenfadens ausgedehnte Membran jener Kerne sein, in welchen KÖLLIKER die Samenfäden sich entwickeln sah? — Uebrigens scheinen mir die beschriebenen blasenförmigen Erhebungen jenen räthselhaften Anschwellungen, die KÖLLIKER¹⁾ an den unreifen Samenfäden so vieler Thiere beobachtet hat, zu entsprechen.

Von Aussen nach Innen vorgehend, findet man somit den Kopf: 1) aus der Umhüllungshaut, 2) der Schlauchhaut, 3) dem Inhalte; und den Schwanz: 1) aus der Umhüllungshaut, 2) dem soliden (?) Hauptfaden zusammengesetzt. (Taf. 3, Fig. 9, Fig. 10).

III. Von den Bewegungen der Samenfäden.²⁾

Die Spermatozoïden kommen im Hodensamen: 1) einzeln und frei suspendirt vor; 2) durch zufällige Aneinanderreihung in grösseren welligen oder verfilzten Massen vereinigt, und 3) auf einem kugeligen granulösen Körper, wie die Blüthen der Syngenesisten auf dem Blütenboden, mit den Köpfen festsetzend und wie die Radien einer imaginären Kugel angeordnet. Diese letzte Art des Vorkommens unreifer Samenfäden fand KÖLLIKER³⁾ bekanntlich im Samen vieler Thiere. Im *Vas deferens* finden sie sich meist isolirt und frei beweglich. Die Bewegungen der ganzen Samenfäden werden durch diese zufälligen Arten des Vorkommens natürlich verschiedentlich gehindert und modificirt.

Ich werde zuerst die Bewegungen der accessorischen Membran, sodann die des Kopfes und des Schwanzes, und endlich die aus diesen beiden Momenten resultirenden Arten der Ortsveränderung der ganzen Samenfäden beschreiben.

¹ KÖLLIKER: Die Bildung der Samenfäden in Bläschen . . . etc. Neuenburg 1846.

² Das in diesem Abschnitt Mitgetheilte gilt im Allgemeinen von den Samenfäden der Salamander sowohl, als der Tritonen.

³ KÖLLIKER a. a. O.

A. Die accessorische Membran bewegt sich in fortschreitenden Undulationen. Ihre Bewegungen bestehen somit, wie es im Begriff der fortschreitenden Wellenbewegung liegt, eigentlich darin, dass die einzelnen Systeme der, in einer senkrechten Linie über einander liegenden Punkte des Randes und der Membran Pendelschwingungen von rechts nach links machen, jedoch die, vertikal auf der Anheftungslinie der Membran stehende Ebene — (in Taf. 3, Fig. 10 als Linie *AB*) —, welche die ganzen Undulationen der Länge nach in zwei congruente Hälften theilt, in verschiedenen, auf einander folgenden Zeitmomenten passiren. (Vgl. die Erklärung der Abbildung Taf. 4).

Man kann sich zum bessern Verständniß des Gesagten die accessorische Membran wie durch Verwachsung einer geradlinigen Reihe von Flimmerhaaren, welche nacheinander pendelartig schwingen, entstanden denken. Das scheinbare Fortschreiten der Undulationen geschieht in der Richtung von vorn nach hinten, gegen das freie Schwanzende.

Die Wellenlinie, in welcher der verdickte Rand sich fortschreitend hin und her biegt, verläuft in einer gekrümmten Fläche, deren Krümmungshalbmesser gleich ist der Höhe der accessorischen Membran; wie sich bei einiger Ueberlegung und genauerer Betrachtung des idealen Querschnittes des Schwanzes ergibt (Taf. 3, Fig. 10). Dieser letztere, auch von POUCHET übersehene Umstand ist der Schlüssel zur richtigen Deutung der verschiedenen Formen, unter welchen das Flimmerphänomen auftritt (vgl. Erklär. der Abbild. Taf. 4). Die Samenfäden bieten sich nämlich durch ihre vielfachen Krümmungen und Biegungen dem Auge von allen möglichen Seiten zur Beobachtung dar, so zwar, dass gewöhnlich an einem und demselben Samenfaden die Undulationen der Membran aus ganz verschiedenen Gesichtspunkten zu gleicher Zeit zu sehen sind. Hält man aber die oben gegebene Auffassung dieser Bewegungen, so wie das über die Gestalt der Membran Mitgetheilte fest, so wird es unschwer sein, sich für jedes relative Lagerungsverhältniß des Samenfadens gegen den Beobachter die durch diese bestimmten Umstände nothwendig bedingten Verkürzungen und scheinbaren Gestaltveränderungen der Undulationen der Membran zu erklären und selbst im Voraus zu skizziren.

Auf dem Papiere kann man die Projection der Krümmungslinie des verdickten Randes für die verschiedensten Gesichtspunkte leicht construiren (s. Taf. 4); im Mikroskop dagegen tritt der die Auffassung erschwerende Umstand ein, dass nur die im Focus gelegenen Punkte des Objectes deutlich, die übrigen, in Zerstreungskreisen verschwimmend, undeutlich oder gar nicht zu erkennen sind; doch wird es auch

hier öfter gelingen, durch rasches Vergrössern oder Verkleinern der Focaldistanz eine vollständige Anschauung zu erhalten.

Es wäre zwecklos und viel zu ermüdend, hier ausführlicher auf die Menge der einzelnen Erscheinungen bei den verschiedenen Lagen der Samenfäden einzugehen; nur jener speciellen Fälle soll noch Erwähnung geschehen, durch deren einseitiges Festhalten die bisher über das Flimmerphänomen an den Samenfäden der Salamander und Tritonen aufgestellten Hypothesen hervorgerufen wurden, um diese letzteren zu erklären und zu berichtigen.

Bei einer totalen Seitenansicht, besonders, wenn die Membran rasch undulirt, müssen die im Focus liegenden Theile des verdickten Randes als kleine Pünktchen erscheinen, welche, durch bestimmte Zwischenräume von einander getrennt, in constanter Entfernung von der convexen Seite des gekrümmten Schwanzes von vorn nach hinten laufen (Taf. 3, Fig. 6). Die Pünktchen sind begreiflicher Weise mit Zerstreungskreisen umgeben, welche alternirend gleiche Gestalten haben. Auf diese Art präsentirt sich das Flimmerphänomen wohl am häufigsten. SPALLANZANI¹⁾ und MAYER²⁾ wurden durch solche Bilder getäuscht, wenn sie von ruderförmigen Härechen und laufenden Flimmerkügelchen sprachen.

Eine ganz andere Anschauung erhält man, wenn man senkrecht auf den Rücken des Schwanzes von oben herabsieht; es liegt dann der Schwanz in der Mitte, während rechts die Wellenthäler und links die Wellenberge des undulirenden Randes hervorragen (Taf. 4, Fig. 3 und Taf. 3, Fig. 1, *ttt*, Fig. 2, *w . . t*). Wegen der schon erwähnten Durchsichtigkeit der Membran könnte man hier den Rand mit einem freien, spiralig um den Schwanz laufenden Faden verwechseln (wie SIEBOLD, WAGNER und DUJARDIN wirklich gethan haben), wenn nicht die Ueberkreuzungsstellen bei *ttt* Fig. 1 bei jedweder Focaldistanz unter einander denselben grössern oder geringern Grad der Deutlichkeit zeigten, was doch unmöglich der Fall sein könnte, wenn der verdickte Rand in der That einmal hinter dem Schwanze auf seiner Spiraletour herumliefe und diesen kreuzte. Bei DUJARDIN³⁾ selbst findet sich folgende Stelle: »*M. de Siebold qui tout d'abord a adopté l'hypothèse de l'enroulement en spirale, dit bien qu' avec un fort grossissement on ne voit pas en même temps au foyer les deux côtés opposés de la spire ce qui ne laisserait aucun doute sur sa vraie disposition; mais je le*

¹ SPALLANZANI: *Opusculi di fisica animale*. Modena 1776. V. II. p. 26.

² MAYER: *Froriep's N. Bd. L. p. 165, 1836.*

³ A. a. O.

dois dire que je n'ai pu bien saisir ce caractère. «— Um sich mit völliger Evidenz zu überzeugen, dass man es hier mit keiner spiralförmigen Umwicklung des Schwanzes durch einen freien Faden, mag dieser nun als das lange dünne Ende des rücklaufenden Schwanzes selbst (SIEBOLD, ¹⁾ WAGNER ²⁾), oder als ein selbständiger, von der Vereinigungsstelle des Kopfes und Schwanzes entspringender Spiralfaden (DUJARDIN ³⁾) angesehen werden, zu thun habe, erwäge man folgenden Umstand: Bei einer gewissen seitlichen Lage des Samenfadens kann man nämlich den verdickten Rand als regelmässige Wellenlinie in einiger Entfernung neben dem Schwanze seiner ganzen Länge nach verlaufen und unduliren sehen, ohne dass er auch nur ein einziges Mal denselben überkreuzte (Taf. 3, Fig. 4). Eine theilweise solche Juxtaposition lässt sich an der convexen Seite jeder plötzlichen Umbiegungsstelle des Samenfadens leicht erkennen (Taf. 3, Fig. 2 w).

Auch hat DUJARDIN ⁴⁾ dergleichen selbst gesehen, er beschwichtigt aber seine ihm über den freien Spiralfaden aufsteigenden Zweifel durch folgende Betrachtung: »*Cependant on peut à la rigueur supposer qu'en raison de son (nämlich des freien Spiralfadens) mouvement ondulatoire plus vivement agité sur un point il se trouve momentanément un peu déroulé sur un autre point.*«

Es ist somit klar, dass der verdickte Rand nicht in einer Spiraltour um, sondern in einer Wellenlinie neben dem Schwanze verlaufe.

Hier scheint der passendste Ort, die Gründe, welche für die Existenz einer accessorischen Membran in der beschriebenen Gestalt sprechen, näher auszuführen:

1) Der verdickte Rand der Membran, oder — wie ich ihn vorläufig nennen will — der freie undulirende Faden, verläuft parallel mit und neben dem Hauptfaden des Schwanzes.

2) Er folgt in geringer Entfernung von der convexen Seite des gekrümmten Hauptfadens genau allen Einrollungen desselben, ohne sich über eine gewisse Distanz zu entfernen.

3) Endlich kann man bei gehöriger Dämpfung des Lichtes, besonders an Krümmungsstellen des Schwanzes, wie in Taf. 3, Fig. 3, zarte Schatten in regelmässigen Entfernungen von einander zwischen seiner convexen Seite und dem freien Faden entdecken.

¹ Forr. N. Bd. II. p. 281. Nr. 40. 1837.

² A. a. O.

³ A. a. O.

⁴ A. a. O.

Erwägt man diese drei Punkte, so bleiben nur drei Wege übrig, um sie zusammenzureimen: 1) Entweder muss man eine hypothetische Anziehungskraft zwischen dem freien Faden und dem Schwanz annehmen, wobei jedoch der dritte Punkt unerklärt bliebe, oder 2) den freien Faden für den verdickten Rand einer glashellen, auf dem Rücken des Schwanzes sitzenden Membran halten, welche denselben, wie das Mesenterium den Darm an die hintere Bauchwand, an den Hauptfaden des Schwanzes befestigt. 3) Endlich könnte auch hier mit WAGNER¹⁾ die Ansicht geltend gemacht werden, dass das Flimmerorgan aus einer Reihe coordinirt oscillirender Flimmerhärechen bestehe, die den Schein eines Fadens und einer Membran erzeugen. Dass von den drei Erklärungsweisen die zweite unbedingt den Vorzug verdiene, ist meine feste Ueberzeugung.

Die Schnelligkeit der Undulationen ist nicht immer dieselbe, sie wächst und verringert sich; dasselbe gilt auch von ihrer Breite. Stellenweise hören die Schwingungen der Membran ganz auf, während sie an andern Punkten fort dauern. Vor dem gänzlichen Stillstand der Bewegung geschehen sie ruckweise.

B. Die langsamen und fast unmerklich erfolgenden Bewegungen des Kopfes und Schwanzes bestehen darin, dass diese Körpertheile bestimmte Krümmungslinien annehmen und diese eine Zeit lang starr beibehalten. 1) So krümmen sich die freien Samenfäden gewöhnlich in Form einer Spirallinie, welche man auf einem Kegel verzeichnen kann, also völlig in der Art, wie der Gang eines Schneckenhauses um den Modiolus aufgewunden ist. Die Projection dieser Curve in der Längsaxe ist eine ebene Schneckenlinie (Taf. 3, Fig. 1 A, Fig. 2 A), in der Queraxe eine Wellenlinie von immer wachsender Breite. Die Windungen sind bald weiter, bald enger, es sind deren meist eine und eine halbe. 2) Oft schlägt sich der Kopf nach rückwärts, während der Schwanz ein Segment eines Kreises darstellt (Fig. 4). 3) In Fig. 3 und Fig. 5, Taf. 3, sind noch andere, häufig vorkommende Einrollungen des Schwanzes dargestellt.

Die accessorische Membran sitzt immer auf der convexen Seite der Krümmungen.

C. Die Ortsveränderungen der ganzen Samenfäden resultiren aus den in A und B hervorgehobenen Momenten: beide Momente bedingen

¹ A. a. O. — WAGNER's frühere, von ihm selbst aufgegebenen Ansicht. Die Flimmerhaare müssten in einer geraden Linie, auf dem Rücken des Schwanzes stehend, gedacht werden, nicht aber, wie WAGNER meint, in einer gezogenen Spirale!

in gleichem Maasse die Möglichkeit und Art der Bewegungen. Die regelmässigen Undulationen der accessorischen Membran sind das Treibende; in ihnen liegt die eigentliche motorische Kraft; die starren Krümmungslinien des Schwanzes und Kopfes hingegen sind der fixe Angriffs- und Stützpunkt der treibenden Schwingungen der Membran; sie bestimmen, ob und inwieweit sich die Wirkungen der Undulationen aufheben oder nicht, sie geben die Richtung der Locomotionen an.

Man sieht leicht, wie wesentlich dieser letztere, bisher noch nicht genug gewürdigte Umstand sei, und welche grosse Rolle bei den allgemeinen Ortsveränderungen der Samenfäden somit die Curven des Kopfes und Schwanzes spielen.

Die Darstellung einiger speciellen Fälle wird den Typus dieser Bewegungen klar machen und die Richtigkeit meiner Auffassung erweisen.

1) Ein frei im Samen suspendirter Samenfaden hat sich in einer Spirale von der unter B. 1. beschriebenen Form gekrümmt und behält diese Gestalt eine Zeitlang fort. Wenn nun die accessorische Membran, welche auf der convexen Rückenfläche des Schwanzes fest sitzt, in der erklärten Weise in rasche, von vorn nach hinten fortschreitende Undulationen geräth, so muss nothwendig der Samenfaden um die imaginäre Axe seiner Curve herumgewälzt werden, und zwar in der den fortschreitenden Undulationen entgegengesetzten Richtung (Fig. 1 bei A). In der That bohrt sich der Samenfaden, auf diese Art rotirend, durch die Flüssigkeit gleichsam weiter, und ist im Stande, seinen Ort zu verändern und ziemlich rasch aus dem Gesichtsfelde zu verschwinden. Sind die Windungen der Spirale nicht breit (Taf. 3, Fig. 1 B), so sieht es fast aus, als ob der Samenfaden in schlängelnder Bewegung einher schwämme; doch ist dies keineswegs der Fall, wie man deutlich bei rascher Veränderung der Focaldistanz erkennt. Wenn daher R. WAGNER¹⁾ von einer schlängelnden Bewegung der Samenfäden der Salamander und Tritonen spricht, so mag dies hiermit seine Erklärung und Berichtigung finden.

2) Hat der Schwanz eines Samenfadens die Krümmung eines Kreissegments angenommen, während der Kopf zurückgeschlagen ist, wie in Figur 4, so ist die Art und Richtung der Ortsveränderung eine ganz andere, als im Falle 1. An den Undulationen der Membranen hat sich zwar nichts geändert, sie pflanzen sich von vorn nach hinten fort, wie im ersten Falle; doch da die Krümmungslinie des Schwanzes ein Kreissegment geworden ist, die Undulationen somit in einer Ebene

¹⁾ Lehrbuch der Physiologie.

wirken, so schwimmt der Samenfaden in einem weiten Kreise umher, ohne aus dem Gesichtsfelde des Mikroskops herauszukommen. In diesem speciellen Falle ist noch die steuernde Wirkung des nach hinten abstehenden Kopfes zu berücksichtigen.

3) Ist der Samenfaden vielfach zusammengebogen, so dass sich die Wirkungen der Undulationen aufheben, so bleibt derselbe ruhig liegen, bis auf das freie Schwanzende, welches, so lange die Schwingungen dauern, in zitternder Bewegung erhalten wird.

Betrachtet man eine Partie Samen aus den Hoden, so findet man häufig die Samenfäden ganz ruhig neben einander liegend; erst später (besonders nach Verdünnung mit Wasser) beginnt hie und da und endlich überall Bewegung. Liegen die Samenfäden in grossen Massen beisammen, wie oben erwähnt, so beobachtet man entweder ein unregelmässiges Gewimmel oder gleichmässige wellige Biegungen, wie an einem vom Winde bewegten Getreidefelde; zu gleicher Zeit fallen bei gehöriger Aufmerksamkeit unter sich parallele, senkrecht auf der Längsaxe des Spermatozoïden stehende Schattenstreifen in die Augen, welche schnell hinter einander herlaufen, — sie rühren von den gleichmässigen Krümmungen der verdickten Ränder der undulirenden Membranen her. Im Samen aus dem *Vas deferens* herrscht immer die lebhafteste Bewegung.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel 3.

Fig. 1. B. Ein Samenfaden aus dem *Vas deferens* von *Salamandra atra*. *mn* der Kopf, *ms* das Stielchen, bei *m* das Knöpfchen. *no* das breite Kopfende des Hauptfadens des Schwanzes, *op* das Mittelstück, *pr* das dünne Endstück desselben. *xx*, *yy*, *ww*, *tt*, *vv* der verdickte Rand der undulirenden Membran. Da der Schwanz in einer Spirale gebogen ist und die Membran auf seiner convexen Seite sitzt, so erscheint der Rand bei *yy* neben, bei *xx* unter, bei *ww* neben, bei *tt* über, endlich bei *vv* wieder neben dem Schwanze. *rz* der freie Ausläufer des verdickten Randes.

Fig. 1. A. Projection der Krümmungslinie des Samenfadens bei B. Das freie Kopfende *m*, das Schwanzende *z*. Die beiden Pfeile zeigen die Richtung der durch die fortschreitenden Undulationen der Membran bewirkten Rotation des gekrümmten Samenfadens um seine im Punkte *m* projectirte ideale Axe an.

In den übrigen Figuren bezeichnen dieselben Buchstaben dieselben Gegenstände, wie in den eben erklärten Abbildungen.

Fig. 2. A. Projection der viel weiteren Spiralwindung des Samenfadens bei Fig. 2. B. Die Pfeile haben dieselbe Bedeutung, wie in Fig. 1. A.

Fig. 2. B. Ein Samenfaden aus dem Hodensamen. Bei *d* die blasige Erhebung der Umhüllungshaut, welche, da man den Samenfaden nicht total von der Seite sieht, am unteren Seitenrande des Kopfes mit einem schmalen Segmente hervorsieht.

Fig. 3. Ein Samenfaden aus den Hoden. Bei *d* und *d'* die blasigen Erhebungen der Umhüllungshaut. Die Pfeile zeigen die Richtung der fortschreitenden Undulationen der Membran an. Der Schwanz bildet in seiner hintern Hälfte eine Schlinge; zwischen ihm und dem verdickten Rande der Membran bemerkt man zarte Schattenstreifen, welche von den regelmässigen Faltungen der letztern herrühren.

Fig. 4. Ein Samenfaden aus dem *Vas deferens*, dessen Kopf nach rückwärts geschlagen ist. Da sich der Schwanz fast völlig von der Seite präsentirt, so sieht man den verdickten Rand in Form einer Wellenlinie seiner ganzen Länge nach neben dem Schwanze verlaufen.

Fig. 5. Der Schwanz des Samenfadens bildet eine doppelte Schlinge. Am Kopf findet sich die Umhüllungshaut an zwei Stellen (*d* und *e*) abgehoben. Das Stielchen läuft bei *m* in eine zarte Spitze aus, ohne ein Knötchen zu tragen.

Fig. 6. Der Samenfaden präsentirt sich in totaler Seitenansicht. Die im Focus liegenden Stücke des verdickten Randes erscheinen somit als Punkte, die, alternirend, mit gleichgestalteten Zerstreungskreisen umgeben sind.

Fig. 7. Geborstene Köpfe. Man übersieht die ganze Breite der Schlauchhaut, welche letztere geborsten und auf das Objectgläschen zurückgeschlagen ist. Das Stielchen *ms* (bei *b* und *c*) findet sich gekrümmt. Das Schwanzende des geborstenen Kopfes (*b* und *c*) ist angetrocknet und hat seine scharfen Contouren verloren. *hh* (bei *b*) die angetrockneten Falten der accessorischen Membran. Bei *no* ist das nun frei sichtbare Kopfende des Schwanzes dargestellt.

Fig. 8. A, C und E, stellen das Wachsen der blasigen Erhebungen der Umhüllungshaut in verschiedenen Stadien vor. Es gelingt oft an einem und demselben Samenfadens, diese Abhebung der Umhüllungshaut von Stufe zu Stufe zu verfolgen. In *A* sieht man die Blase vom Rücken aus, in *B* von der Seite.

Das hintere Kopfende ist durch das Anschwellen der Blase, wie ein Bogen durch die angespannte Sehne, gekrümmt. In *E* und *G* beginnt die Lostrennung der Umhüllungshaut vom freien Kopfende; es ist ebenfalls stark gekrümmt. In *C* und *D* ist die Umhüllungshaut schon völlig zu einer grossen Blase ausgedehnt, an deren innerer Fläche der Samenfaden (*S*) spiralig zusammengebogen mit dem Rücken festhaftet. Der Schwanz ist abgerissen; an der Rissstelle tritt der Inhalt (*i*) als ölartiges Tröpfchen heraus. In *D* bei *l* sieht man durch den durchsichtigen Inhalt hindurch das kleine Lumen des Kopfschlauches.

Fig. 9. Idealer Querschnitt des Kopfes, um den innern Bau desselben zu veranschaulichen. a) Umhüllungshaut, b) Schlauchhaut, c) Inhalt.

Fig. 10. Idealer Querschnitt des Schwanzes. a) Die Umhüllungshaut, h) die accessorische Membran als Duplicatur derselben; bei *d* der Querschnitt des verdickten Randes; b) der solide (?) Hauptfaden. *AB* ist die auf die Bildfläche projectirte, senkrecht auf der Anheftungslinie der Membran stehende Ebene. Bei *d*, *d'*, *d''* . . . *d⁵* ist der Stand des Durchschnittes des verdickten Randes in verschiedenen Zeitmomenten seiner Pendelschwingungen dargestellt. Ergänzt man sich in der Vorstellung das gegebene Bild, so sieht man leicht ein, dass sich der verdickte Rand, als Ganzes betrachtet, in einer doppelt gekrümmten Linie hin und her biege, weil mit der Abweichung des Punktes *d* von der Vertikalen *AB* zugleich eine Entfernung von der Horizontalen *A'B'* verbunden ist. Der Punkt *d⁵* liegt sowohl von *AB*, als von *A'B'* (sowie der Punkt *d*) am weitesten entfernt.

Tafel 4.

Die idealen Skizzen der Tafel 4 sind entworfen worden theils, um den Typus der Bewegungen der accessorischen Membran anschaulicher zu machen, theils, um wenigstens einige jener sonderbaren Gestalten, die durch perspectivische Verkürzung der Membran entstehen, aufzuzeigen.

Fig. 1. Idealer Querschnitt. Der Kreisbogen *ab* ist der Weg, welchen der in der Bild- oder Querschnittsebene gelegene Punkt des verdickten Randes bei seinen Schwingungen zu durchlaufen hat. Man kann auch sagen, *ab* sei die Projection der doppelten Wellenlinie des Randes, und *abc* die Projection der ganzen accessorischen Membran auf die Querschnittsebene.

Fig. 3 stellt jene Curve dar, welche durch die Projection des Randes auf die Ebene *adb* in Fig. 1, Taf. 4 entsteht. Es ist eine Ansicht des Samenfadens von oben. Man sieht, dass die Wellenberge des Randes auf der einen, die Wellenthäler auf der andern Seite der Medianlinie oder des Schwanzes liegen.

In Fig. 2, welche den Samenfaden von der Seite oder, was dasselbe ist, in der Projection auf die Ebene *edc*, Fig. 1, Taf. 4 darstellt, sind die hinter der Bildfläche liegenden Theile des gekrümmten Randes punktirt, die vor derselben liegenden durch volle Linien markirt. Die hier entworfenene zweite Krümmungslinie des Randes besitzt genau noch einmal so viel Wellenthäler und Wellenberge, als die erste in Fig. 3, Taf. 4 dargestellte.

Fig. 4, 5 und 6 stellen einige jener scheinbaren Gestaltveränderungen der Krümmungslinie des Randes dar, welche bei einer gewissen Neigung des Samenfadens gegen den Beobachter entstehen.

Fig. 6 ist die Projection der accessorischen Membran eines unter 32° gegen die Bildfläche geneigten Samenfadens (s. Fig. 3, Taf. 4 *AB*).

In Fig. 4 beträgt die Neigung 45° (vergl. Fig. 3, *BC*).

In Fig. 5 dagegen 60° (Fig. 3 *CD*).

Unter dem Mikroskope wird man zwar nie solche Bilder im Ganzen zu sehen bekommen, da die einzelnen Punkte des Randes in verschiedenen Ebenen und also nicht alle im Focus liegen; wohl aber werden Bruchstücke dieser complicirten Linien momentan im Focus erscheinen. Durch diesen Umstand wird die Auffassung genannter Verhältnisse erschwert.

So wie Fig. 10, Taf. 3 den Stand des Querschnittes des verdickten Randes in verschiedenen Zeitmomenten seiner Pendelschwingungen darstellt, ebenso veranschaulicht Fig. 7, Taf. 4 den Stand der ganzen Krümmungslinie des Randes zu verschiedenen Zeitmomenten und zwar bei der Ansicht von oben.

Im ersten Zeitmomente $t=0$ (Fig. 7) befindet sich der Punkt α in der Medianlinie, wenn der Punkt β schon $1/4$, der Punkt γ $2/4$, δ $3/4$ einer Pendelschwingung durchlaufen hat. Der Punkt ε befindet sich in demselben Verhältnisse wie α . Der Punkt γ steht zwar ebenfalls in der Medianlinie, ist aber im Begriff, nach links abzuweichen, während α nach rechts tendirt. Im nächsten Zeitmomente ist die Stellung aller Punkte verändert (vgl. die punktirte Linie mit der Bezeichnung $t=1/4$).

Es ist dies der Stand der Punkte im ersten Viertel der Dauer einer Schwingung. Verfolgt man die dünne Linie mit der Bezeichnung $t=1/2$, so erfährt man den Stand der Punkte während der halben Schwingungsdauer. Die Linie mit der Bezeichnung $t=3/4$ zeigt die Stellung der Punkte nach Verlauf von $3/4$ der Zeit, welche zu einer Schwingung benöthigt wird. Die Linie $t=1$ fällt mit der Linie $t=0$ zusammen, d. h. nach Zurücklegung einer Schwingung stehen alle Punkte so, wie sie vor Beginn der Bewegung standen.

Geschieht diese Verstellung der Punkte stetig hinter einander, so hat es den Anschein, wie wenn die ganze Linie in der Richtung, welche der Pfeil anzeigt, schlängelnd fortkröche.