

## Die Doppelspermatozoen der Dyticiden.

Von

Dr. med. **Emil Ballowitz,**

außerordentl. Professor und Prosektor an der Universität Greifswald.

---

Mit Tafel XXIII—XXVIA und B.

---

Im Sommer 1885 machte ich in Rostock die Beobachtung, dass im Vas deferens gewisser Schwimmkäfer (*Dyticus*, *Acilius*, *Hydaticus*, *Colymbetes*) die Spermatozoen mit den Köpfen paarweise zu Doppelspermatozoen vereinigt sind. Nach meiner Übersiedelung nach Greifswald untersuchte ich im darauf folgenden Sommer die Samenkörper dieser Coleopteren an einem reichen Material näher. Aus dieser Zeit stammt die vorliegende Arbeit nebst den Abbildungen, worüber ich im ersten Jahrgange des Anatomischen Anzeigers 1886<sup>1</sup> bereits eine kurze Notiz veröffentlicht habe. Ich fand damals höchst eigenartige und complicirte Strukturverhältnisse an Kopf und Geißel dieser Gebilde, Strukturverhältnisse, welche in manchen Punkten recht schwer festzustellen und zu deuten waren. Ich beschloss daher, diese Untersuchungen noch weiter fortzusetzen und auf möglichst alle Gattungen der Schwimmkäfer auszudehnen. Aus diesem Grunde habe ich diese Coleopterenfamilie auch in meiner größeren, in dieser Zeitschrift 1890 erschienenen Abhandlung über den feineren Bau der Spermatozoen der Coleopteren<sup>2</sup> völlig unberücksichtigt gelassen. Leider war es mir aber nicht mehr möglich, wieder in den Besitz eines so reichen Materials zu kommen; außerdem wurde ich auch durch andere Arbeiten zu sehr von diesen Untersuchungen abgezogen. Ich sehe mich

<sup>1</sup> Zur Lehre von der Struktur der Spermatozoen. Anat. Anz. 4. Jahrg. 1886, Nr. 44.

<sup>2</sup> Untersuchungen über die Struktur der Spermatozoen, zugleich ein Beitrag zur Lehre vom feineren Bau der kontraktilen Elemente. Die Spermatozoen der Insekten. Diese Zeitschr. Bd. L, 3. Heft. 1890.

daher gezwungen, die Resultate so, wie ich sie vor Jahren erhalten, jetzt zu veröffentlichen.

Zur Untersuchung kamen folgende Arten, so weit sie genauer bestimmt wurden:

- Dyticus dimidiatus Bergstr.
- » marginalis L.
- » circumcinctus Ahr.
- » latissimus L.
- Hydaticus stagnalis F.
- » transversalis Pontopp.
- Graphoderes cinereus L.
- » zonatus Hoppe.
- Acilius sulcatus L.
- » fasciatus Deg.
- Colymbetes fuscus L.
- » striatus L.

Die Samenkörper dieser Gattungen sind durchaus nicht gleichgestaltet, zeigen vielmehr sehr bemerkenswerthe Verschiedenheiten. Am complicirtesten fand ich ihren Bau bei der Gattung *Hydaticus*. Besonders eingehend habe ich die Samenkörper von *Hydaticus stagnalis* untersucht, ich will daher mit der Schilderung ihres Baues bei diesem Schwimmkäfer beginnen.

Zerzupft man das zusammengeknäuelte Vas deferens eines brünstigen Männchens in physiologischer Kochsalzlösung, so erhält man im Präparat sehr zahlreiche Samenkörper, welche nicht gerade sehr lang sind und sich daher leicht isoliren (Taf. XXIII, Fig. 8). Der ganze Körper misst etwa 0,290 mm, wovon 0,040 mm auf den Kopf entfallen. Ihre im Vergleich mit den Samenkörpern der anderen Dyticidengattungen geringere Länge macht sie für die Untersuchung der Geißelstruktur besonders geeignet, da man an dem Macerationspräparat die Faserverhältnisse leichter überblicken kann.

Sofort bei der Untersuchung schon mit schwachen Systemen fällt dem Beobachter auf, dass die meisten Samenkörper des Vas deferens zwei gleich lange Geißeln zu besitzen scheinen, die an einen, wie es auf den ersten Blick scheinen mag, einfachen, deutlich abgesetzten Kopf angeheftet sind (Taf. XXIII, Fig. 8, Taf. XXIV, Fig. 47). Die nähere Untersuchung ergibt aber sehr bald, dass es sich um eine Vereinigung zweier Einzelspermatozoen zu einem Doppelspermatozoon handelt: je zwei Samenkörper sind mit den Köpfen paarweise zu einem Doppelgebilde verbunden. Sehr häufig tritt eine Lockerung des

Zusammenhanges der Köpfe ein, so dass die beiden Samenkörper schließlich wieder getrennt sind (z. B. auf Taf. XXIV in Fig. 23). Einzelspermatozoen trifft man daher auch mehr oder weniger zahlreich in den Präparaten an.

Die Art der Vereinigung beider Köpfe ist nun eine höchst eigenartige und komplizierte. Sie wird bedingt durch die ganz absonderliche, bis jetzt einzig dastehende Form der Spermatozoenköpfe, welche tütenförmig gestaltet sind und sich bei der Konjugation um einander herumwickeln. Um die Art der Vereinigung verstehen zu können, wollen wir uns zuerst mit dem Bau des Kopfes und der Geißel der isolirten Einzelspermatozoen vertraut machen.

Untersucht man frisch durch Osmiumsäuredämpfe fixirtes Material in Wasser, so erkennt man, dass der Kopf die Form einer dreieckigen, nach der einen Fläche umgebogenen Platte besitzt. Die Fig. 48 und 49 auf Taf. XXIV und Fig. 25 auf Taf. XXV zeigen uns z. B. die Flächenansicht, Fig. 26 auf Taf. XXV die Kantenansicht. In Fig. 35 blickt man an den kurz zuvor getrennten Köpfen eines Doppelspermatozoons rechts in die konkave Fläche des einen, links auf die konvexe Fläche des anderen Kopfes. Die Lichtbrechungsverhältnisse sind indessen an dem ungefärbten Präparat zu ungünstig, um Einzelheiten genauer erkennen zu lassen. Es empfiehlt sich daher eine nicht zu intensive Färbung der fixirten Objekte mit stark färbenden Anilinfarben, z. B. Gentianaviolett. Man kann dann bei Untersuchung mit einer guten homogenen Immersion Folgendes feststellen.

Der dünne Kopf hat, von der Fläche gesehen, etwa die Gestalt eines rechtwinkligen Dreiecks (Fig. 48 auf Taf. XXIV, Fig. 25 auf Taf. XXV). Die eine längere Kathete liegt in der Fortsetzung der Geißel, deren Anheftungsstelle mit dem unteren Theile der Kathete zusammenfällt. Dieser Rand ist geradlinig und verdickt; bei Färbung tritt er daher stets als breiter, intensiv gefärbter Streifen hervor, der besonders im oberen Theile gegen die dreieckige Platte hin scharf und meist geradlinig vorspringt. Nach oben hin läuft er in eine gleich stark sich färbende, kleine, rundliche, bisweilen wie eingebogen erscheinende Verdickung aus. Dieser Rand (*k* der Figuren) scheint mir der wesentliche Bestandtheil des Kopfes zu sein, welcher dem meist nadelförmig gestalteten Spermatozoenkopfe der anderen Insekten entsprechen würde. Ich will ihn vor der Hand als eigentlichen Kopf bezeichnen. An ihm ist dann der platte, tütenförmig umgebogene, dreieckige Kopfanhang (*kg* der Figuren) angeheftet.

Bei günstiger Lage dieses Kopfes sieht man an seinem oberen, freien, von dem Kopfanhang abgewandten Rande einen schmalen, zarten

Saum, der nur sehr wenig Färbung annimmt ( $z$  in den Figg. 18 und 19 auf Taf. XXIV und Fig. 25 auf Taf. XXV). Dieser Saum beginnt dicht unterhalb der Endverdickung und erhebt sich dann allmählich als schmaler heller Streif bis gegen die Mitte des Kopfrandes. Hier endigt er rechtwinklig abgeschnitten als niedriger zahnartiger Vorsprung. Diese Bildung ist an gut gelungenen Deckglastrockenpräparaten meist noch recht deutlich wahrzunehmen. Ohne Zweifel hat der Vorsprung bei der Vereinigung der Köpfe eine mechanische Aufgabe und dient zur gegenseitigen Verzahnung und Verankerung der Köpfe. Übrigens kann der Saum auch eingebogen und anders gerichtet sein, so dass er bei der Flächenansicht der Köpfe nicht deutlich hervortritt.

Die zweite kleinere Kathete des Kopfdreiecks zeigt eine zarte, unregelmäßige Begrenzung. Dieser (untere) Rand verläuft nicht geradlinig, sondern erscheint nach oben ausgeschweift. Meist ist er unregelmäßig eingeschnitten und eingekerbt, häufig wie eingerissen. Hier setzen sich daher auch häufig Anlagerungen fest (Fig. 20 auf Taf. XXIV).

Der Hypotenusenrand des Kopfanhanges beginnt unter dem Endknötchen des Kopfes und verläuft, ein wenig nach außen gebogen, zu der unteren Kathete. Diese Hypotenusenlinie fällt nun nicht mit dem freien Rande des Kopfanhanges zusammen, der letztere ist vielmehr, wie mir scheint, nach der einen Fläche hin umgebogen, so dass sein freier Rand sich dem Kopfe, wenigstens im oberen Theile, annähert. Zwischen beiden bleiben oben nur ein schmaler, in Form einer hellen Linie hervortretender Spalt, unten dagegen ein breites, dreieckiges Feld frei (Fig. 18, 21, 22 auf Taf. XXIV, Fig. 25, 35—39, 41—44 auf Taf. XXV). Der umgebogene Theil besitzt die Form eines gleichschenkligen Dreiecks, dessen Größe etwas variirt, je nachdem die Kopfplatte mehr oder weniger umgerollt ist. Die Umbiegung des Kopfrandes ist eine sehr beständige und haltbare, da ich eine vollständige Entrollung der ganzen Kopfplatte kaum jemals gesehen habe. Dadurch gewinnt der umgebogene, dreieckige Theil des Randes die Bedeutung eines breiten Hakens.

Diese Einzelheiten treten sehr deutlich hervor, wenn die mit Gentianaviolett gefärbten Präparate einige Zeit unter dem Deckglase gelegen haben, wobei sich die Köpfe etwas entrollen und mit ihrer einen Fläche dem Deckglase dicht anlagern. Besonders intensiv sind Anfangs der Kopf und der dreieckige umgeschlagene Rand gefärbt. Fast macht es den Eindruck, als ob der letztere von etwas anderer Beschaffenheit wäre, als die übrige Kopfplatte (Fig. 18, 21 und 22 auf Taf. XXIV). Bleiben die Präparate längere Zeit, etwa 8—14 Tage, in Wasser unter dem Deckglase liegen, so tritt eine Entfärbung der Köpfe

ein, bis auf den hinteren Theil des Kopfanhanges, welcher sich zwischen dem Kopf und dem umgefalteten Rande befindet. Diese dreieckige Stelle bewahrt eine sehr deutliche, violette Färbung, so dass sie sich von der Umgebung scharf abhebt und fast wie ein besonderer Körper aussieht (Fig. 19, 20 und 24 auf Taf. XXIV, Fig. 39 und 43 auf Taf. XXV). Sein unterer, ausgezackter Rand schien mir bisweilen wie von zwei über einander gelegenen Platten gebildet (vgl. Fig. 20 auf Taf. XXIV, wo zwei derartig entfärbte Köpfe mit den Hypotenusenrändern an einander liegen). Statt des hellen Längsspaltcs tritt dann oft eine schmale dunkle Linie auf (Fig. 19 und 20).

Nicht minder complicirt gebaut, wie der Kopf, ist die Geißel dieser Samenkörper.

Zunächst ist ein Unterschied festzustellen zwischen dem ersten und den sechs folgenden Siebentel der Geißellänge. Ihr vorderer Abschnitt erscheint nämlich in einer Länge von 0,040 mm breiter und mehr gerade gestreckt. Statt der weiten Einbiegungen, welche am hinteren Theile auftreten, sind vorn nur ausgiebige krausenförmige Umbiegungen des einen Randes sichtbar (Fig. 8 auf Taf. XXIII, Fig. 17 auf Taf. XXIV). Bei Untersuchung mit starken Systemen erkennt man, dass diese Strecke ausgezeichnet ist durch den Besitz eines sehr zarten, schmalen Saumes, der nach hinten allmählich schmaler wird, um schließlich ganz aufzuhören. Eine scharfe Grenze zwischen den beiden Abschnitten der Geißel besteht nicht, vielmehr ist der Übergang ein ganz allmählicher.

Man könnte daran denken, dieses breitere Anfangsstück der Geißel für einen mit dem Verbindungsstück z. B. der Säugethierspermatozoen gleichwerthigen Abschnitt zu halten, obwohl es hier, wie bei den übrigen Dyticiden (siehe weiter unten), nach hinten hin nicht scharf abgegrenzt ist. Seine hintere Grenze wird eigentlich nur durch das Aufhören des zarten Saumes bezeichnet. Eine ähnliche Verdickung des vorderen Geißelendes wurde unter den Insekten von meinem Bruder<sup>1</sup> bei Gryllus und Gryllotalpa aufgefunden. Alles dort über diesen Abschnitt Gesagte gilt auch für die Dyticiden<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> K. BALLOWITZ, Zur Kenntniss der Samenkörper der Arthropoden. Internationale Monatsschrift für Anatomie und Physiologie. 1894. Bd. XI, 5. Heft. Die betreffende Stelle lautet: »Am dem vorderen Ende der Geißel tritt nun eine sehr bemerkenswerthe Einzelheit sehr deutlich hervor; es ist nämlich der vordere Theil der Geißel in der Nähe des Kopfes verdickt, so dass dieser Theil, der sich unmittelbar dem Kopfe anschließt, die gleiche Dicke als das Hinterende des Kopfes besitzt und sich daher von dem Kopfe auf den ersten Blick nicht so deutlich abhebt. Nach hinten hin verschmälert sich dieser Theil allmählich, um ohne Grenze in den übrigen Theil der Geißel überzugehen. Besonders bei Gentianafärbung tritt dieser

Das hinterste Ende der Geißel läuft in eine feine Spitze aus, ohne dass ein »Endstück« zur Abgrenzung käme (Fig. 17 auf Taf. XXIV). Es sei hier schon voraus bemerkt, dass auch bei *Acilius*, *Dyticus* und *Graphoderes* kein eigentliches Endstück von mir beobachtet wurde.

Besonders deutlich wird der Saum des vorderen Geißelabschnittes in gefärbten Präparaten, die einige Tage in Wasser unter dem Deckglase gelegen haben, da die abgeplatteten Geißeln sich den Glasflächen alsbald dicht anzulegen pflegen. Man sieht dann (Fig. 18 und 19 auf Taf. XXIV, Fig. 25, 29 und 35 auf Taf. XXV), dass der eine Rand gerade verläuft und intensiv gefärbt ist. Nur der freie, schmale, äußerste Theil dieses Randes erscheint häufig etwas heller, besonders im oberen Theile in der Nähe des Kopfes, wo er sich in Form eines sehr niedrigen, blassen (zweiten) Saumes erhebt, der dicht am Zahnvorsprung des Kopfes sein Ende findet (Fig. 18 und 19 auf Taf. XXIV, Fig. 25 auf Taf. XXV bei  $S_1$ ).

An der gegenüberliegenden Seite der Geißel ist der oben erwähnte, schmale, wenig gefärbte Saum ( $S$ ) angeheftet. Zwischen beiden Rändern befindet sich nun ein intensiv gefärbter, mit dem dunklen Geißelrande zusammenhängender Streifen, der bisweilen gerade verläuft (Fig. 18 auf Taf. XXIV, Fig. 29 auf Taf. XXV), meist aber sehr zierliche, regelmäßige, wellenförmige Einbiegungen zeigt. Sehr häufig tritt dieser Streifen als isolirter, durch intensive Färbung ausgezeichneter Faden hervor. Die starke Färbung bewahrt er auch noch längere Zeit in Deckglastrockenpräparaten, nachdem die Färbung der übrigen Theile schon sehr verblasst ist. Auch an dem ungefärbten frischen Präparat sind die Einbiegungen dieses Streifens zu erkennen.

Sehr eigenthümliche und zugleich instruktive Bilder erhält man in diesen Präparaten nicht selten, wenn die breiten, platten Geißeltheile der Doppelspermatozoen sich in Folge der Adhäsion an einander gelegt und platt an den Glasflächen ausgebreitet haben. So entstehen breite, sehr auffällige Bänder, wie in den Figuren 21 und 22 auf Taf. XXIV. Hier haben sich die vorderen Geißelabschnitte mit ihren geraden Rändern an einander gelegt, während die von einander abgewickelten Kopfanhänge zu beiden Seiten der noch mehr oder weniger vereinigten

verdickte Theil hervor. Wie die Macerationen zeigen, wird diese Verdickung bedingt durch eine Verdickung der Theilfasern der Geißel. Vielleicht handelt es sich hier um die erste Andeutung eines »Verbindungsstückes« der Geißel, eines Abschnittes, der ja besonders bei den Säugethieren ausgebildet erscheint, bei den Insekten aber bis jetzt noch nicht beobachtet ist. Allerdings ist hervorzuheben, dass sich das hintere Ende des Verbindungsstückes hier nicht von dem Hauptstück der Geißel scharf abgrenzt, wie es sonst der Fall zu sein pflegt.«

Köpfe gelagert sind. Man erkennt an jedem Bandstreifen einen geraden Rand und an der anderen Seite den zarten, hellen Saum. Das hintere Ende des letzteren lässt sich genau feststellen, es befindet sich bei  $x$  der Figuren. Der Saum liegt stets nach derjenigen Kopfseite hin, an welcher der Kopfanhang befestigt ist. Am meisten fällt aber die intensiv gefärbte, in der Mitte eines jeden einzelnen Bandes gelegene Faser auf, welche meist eine sehr zierliche und regelmäßige Schlingelung aufweist. Hiermit korrespondieren nicht selten Einbiegungen des Saumrandes. Die geschlingelte Faser erstreckt sich nach hinten hin über den Bereich des Saumes hinaus (bei  $x$ ) und wird zu dem gebogenen freien Rande des hinteren Geißeltheiles. Der letztere erscheint in den Präparaten leicht abgeplattet als sehr schmales Band mit einem geraden, helleren (*Rf*) und einem oft krausenartig umgebogenen, dunkler gefärbten Rande (*Sf*).

Weiteren Aufschluss über die Zusammensetzung der Geißel gaben mir gute Macerationen, welche unter dem Deckglase in 0,75%iger Kochsalzlösung vorgenommen wurden, wie die Abbildungen 23 und 24 auf Taf. XXIV und Fig. 36—45 auf Taf. XXV zeigen. Die Dyticiden bestätigten mir die Resultate, welche ich bei den anderen Insekten erhalten hatte<sup>1</sup>. Ich fand auch hier, dass die Geißel von drei Hauptfasern gebildet wird, welche sich von ihrem einen bis zum anderen Ende erstrecken und selbst wiederum aus Fibrillen zusammengesetzt sind. Die eine Faser bildet als Randfaser (*Rf* der Abbildungen) den einen geraden Rand der Geißel, während der andere Rand von der sich intensiver färbenden Saumfaser (*Sf*) dargestellt wird. Die letztere ist, besonders im vorderen Abschnitte, krausenförmig umgebogen, daher länger als die Randfaser. Wenn sich nun die vorderen platten Geißeltheile den Glasflächen dicht anlagern (vgl. Taf. XXIV, Fig. 24 und 22), so gleichen sich die krausenförmigen Umbiegungen aus und die längere Saumfaser ist meist gezwungen, sich in die oben beschriebenen, zierlichen, wellenförmigen Biegungen zu legen. Zwischen Randfaser und Saumfaser befindet sich die Mittelfaser (*Mf* der Figuren). Eine Stützfaser habe ich bei den Dyticiden nicht gefunden. In Fig. 36 und 37 hat sich die Saumfaser mit dem Saume abgelöst. In Fig. 37 fängt auch der Saum an, sich bei  $x$  mit seinem hinteren Ende abzutrennen. In den Figuren 38—44 ist der Saum dann vollständig isolirt, während in Fig. 23 und 24 auf

<sup>1</sup> Vgl. hierüber diese Zeitschr. Bd. L, 1890 und meine »Bemerkungen zu der Arbeit von Dr. phil. KARL BALLOWITZ über die Samenkörper der Arthropoden nebst weiteren spermatologischen Beiträgen, betreffend die Tunikaten, Mollusken, Würmer, Echinodermen und Cölenteraten.« Internationale Monatsschrift für Anatomie und Physiologie. 1894. Bd. XI, 5. Heft.

Taf. XXIV seine Ablösung unterblieben ist. Der isolirte Saum (S) ist blass gefärbt, sehr zart und läuft nach hinten allmählich in eine feine Spitze aus. Er scheint weich und nachgiebig zu sein und ist meist unregelmäßig hin und her gebogen oder in Schleifen gelegt, ähnlich einer geschwungenen Peitschenschnur oder mehr noch einem im Winde flatternden Schiffswimpel. In dieser Beziehung gleicht er sehr der von mir bei *Hydrophilus* aufgefundenen »Wimpelfaser«<sup>1</sup>. Doch sind beide wohl nicht gleichbedeutend, da mir bei *Hydrophilus* als das Wahrscheinlichste erschien, dass die Wimpelfaser zwischen Rand- und Mittelfaser eingelagert ist. Bei *Hydaticus* heftet sie sich aber äußerlich als Saum an die Geißel an. Nach den Resultaten, welche ich durch Maceration und bei Färbung (vgl. Fig. 21 und 22) erhalten habe, glaube ich es für das Wahrscheinlichste halten zu müssen, dass der zarte Saum dem freien Rande der Saumfaser angeheftet ist, denn man kann sich Befunde, wie in Fig. 36, 37 und 21, 22 kaum anders deuten. Bei Untersuchung des frischen Objectes will es allerdings bisweilen scheinen, als verlief der zarte Saum dicht neben den krausenförmigen Einbiegungen der Saumfaser, so dass eine schmale Rinne zwischen ihnen liegen würde. Der Saum und die Saumfaser wären dann an die Randfaser dicht neben einander angeheftet. Auch finde ich unter meinen Notizen die Beobachtung vermerkt, dass bei einem *Hydaticus* (nicht *stagnalis*) bei Untersuchung des frischen Objectes die Krausen der Saumfaser lebhaft flimmerten,

<sup>1</sup> Diese Zeitschr. Bd. L. 1890. p. 359. Die betreffende Stelle lautet: »Bei weitergehender Maceration in gut gelungenen Präparaten löst sich nun häufig noch eine vierte, sehr eigenthümliche Faser von den übrigen ab, welche ganz anders aussieht, als die letzteren. Dieselbe bildet ein dünnes, gleichfalls platt bandartiges, blassviolett tingirtes Fädchen, welches sich an das Hinterende des Kopfes anheftet. Gegen das hintere freie Ende hin verjüngt es sich ganz allmählich und wird sehr fein, um mit einer feinsten Zuspitzung aufzuhören. Immerhin ist es aber, auch in seinem hinteren Theile, noch wesentlich dicker, als eine der oben von mir beschriebenen Fibrillen. Sehr auffällig ist, dass dieses Fäserchen bei Weitem nicht die Länge der übrigen Fasern erreicht; es besitzt nur eine Länge von ca. 0,05 bis 0,06 mm, erstreckt sich mithin noch nicht bis zur Mitte der Geißel, welche gegen 0,13 mm misst. Merkwürdig und sehr charakteristisch ist auch die Art der Einbiegungen dieser Faser. Sie scheint außerordentlich weich und nachgiebig zu sein, so dass sie meist zahlreiche kleine unregelmäßige Einbiegungen, öfters auch winkelige Umknickungen zeigt, welche letztere bei den anderen Fasern niemals beobachtet werden. Auch flottirt sie sehr leicht hin und her. Durch diese zahlreichen Einbiegungen und durch ihr ganzes Aussehen ähnelt sie einer geschwungenen Peitschenschnur, oder mehr noch einem im Winde flatternden Schiffswimpel. Sie möge daher die Bezeichnung der »Wimpelfaser« führen.« Hierzu sei noch bemerkt, dass ich bei den Dyticiden den isolirten Saum stets im Zusammenhange mit der Geißel, niemals aber an abgetrennten Köpfen antraf, wie es bei *Hydrophilus* häufig von mir beobachtet wurde. Vgl. z. B. l. c. Taf. XIV, Fig. 58 und 63.

während der zarte Saum deutlich war und ruhig daneben lag. Hier bin ich nicht sicher geworden und muss ich diese Frage noch unentschieden lassen. Ich habe diese Verhältnisse desswegen so ausführlich erörtert, weil ich bis jetzt bei den Insektenspermatozoen die gebogene Saumfaser stets am freien Rande der Geißel angetroffen habe, während sie hier eventuell vorn vom Saume bedeckt sein würde.

In Fig. 23 und 24 auf Taf. XXIV und den Fig. 40—43 auf Taf. XXV ist dann eine Trennung in Rand- (*Rf*) und Mittelfaser (*Mf*) erfolgt. Besonders instruktiv sind die Figuren 23 und 43, wo die Geißeln fast in ganzer Ausdehnung in die drei Hauptfasern zerlegt waren. Fig. 24, 44 und 45 liefern dann weiterhin Beläge für die fibrilläre Struktur der drei Hauptfasern, deren Nachweis mir auch hier sehr oft gelungen ist. Ob der zarte Saum gleichfalls fibrillär strukturirt ist, vermag ich nicht zu sagen, da ich an dem isolirten Saume keine Anhaltspunkte dafür gewinnen konnte. Bilder, wie in Fig. 45, scheinen es nicht auszuschließen. Diese Abbildung zeigt übrigens nach Entfernung des Kopfes das vordere freie Ende der Geißel, welches in eine feine borstenförmige Spitze ausläuft. Mit dieser Spitze befestigt sich die Geißel ziemlich fest im unteren Theile des Kopfes, wie ich sehr deutlich in einem mit Gentianaviolett gefärbten und bereits verblassten Deckglastrockenpräparat erkannte (Fig. 33 auf Taf. XXV). In den bereits farblos gewordenen Doppelkopf drangen die noch intensiv gefärbten Geißelspitzen bis fast gegen seine Mitte hin vor.

Wie sind nun die Köpfe der Doppelspermatozoen bei *Hydaticus* mit einander verbunden? Die Frage ist nicht leicht zu beantworten, besonders was die feinere Mechanik der gegenseitigen Verkuppelung betrifft. Indessen dürften diese Einzelheiten auch wenig von Bedeutung sein. Das Wesentliche, was ich ermitteln konnte, ist Folgendes.

Die beiden Köpfe legen sich mit ihren Rändern an einander, kommen hierbei theilweise auch wohl zur Deckung. Bei der gegenseitigen Befestigung spielen jedenfalls der Zahnvorsprung und der linienförmige Spalt eine wichtige Rolle. Da die Kopfplatten alle nach derselben Seite umgebogen zu sein scheinen, legt sich der gebogene Kopfanhang des einen Kopfes mit seiner konkaven Fläche um den Rand und die konvexe Fläche des Kopfanhanges des zweiten Kopfes in größerer Ausdehnung herum und eben so der Kopfanhang des letzteren um den ersteren. Hierdurch entsteht eine wechselseitige Umwicklung und Einschachtelung der Köpfe (Fig. 17 auf Taf. XXIV, Fig. 27 und 28 auf Taf. XXV). Vgl. auch Fig. 34 auf Taf. XXV, wo eine theilweise Abwicklung der Kopfplatten erfolgt ist. Untersucht man die fest vereinigten Köpfe von der Fläche und stellt ihre Ränder ein, so nimmt man bei Bewegung der

Mikrometerschraube wahr, dass an dem einen Rande des Doppelkopfes die hakenförmig umgebogene Spitze des Kopfanhanges nach oben, an dem anderen Rande nach unten gerichtet ist (Fig. 17 auf Taf. XXIV, Fig. 28 auf Taf. XXV).

Der Zusammenhang der Köpfe lockert sich zuerst in ihrem hinteren Theile, so dass die Spitzen am längsten vereinigt bleiben (Fig. 34). Ist eine Lockerung der unteren Kopftheile eingetreten, so rücken die beiden Kopfränder ein wenig von einander ab und bringen dadurch die Kopfanhänge etwas zur Entfaltung. Dabei legt sich meist der eine Kopf in die Konkavität des Kopfanhanges des anderen hinein. Untersucht man einen derartig in seinem Zusammenhange gelockerten Doppelkopf von der Fläche, so findet man die beiden Kopfstreifen nicht in der Mitte, sondern am Rande des etwas verbreiterten Doppelkopfes (Fig. 30). Dies wird häufig angetroffen, besonders wenn die Präparate einige Zeit unter dem Deckglase gelegen haben, auch in Deckglastrockenpräparaten (Fig. 32). Auch eine andere Art der Verhakung kann nach fast völliger Trennung der eigentlichen Köpfe eintreten, indem die Kopfanhänge sich mit ihren umgebogenen Rändern in einander verhaken, wie es bisweilen beobachtet wird. Diese Doppelköpfe erscheinen dann sehr verbreitert (Fig. 31 auf Taf. XXV). Übrigens beobachtet man in den Präparaten nicht selten, dass sich die Kopfanhänge bereits von einander abgewickelt haben, während die Köpfe noch fest zusammenhängen. Dies geschieht häufig, wenn die Präparate einige Zeit unter dem Deckglase gelegen und sich den Glasflächen dicht angedrückt haben. Man trifft dann die Köpfe an einander gelagert und daneben die mehr oder weniger entfalteten Kopfanhänge ausgebreitet (Fig. 21, 22 und 24 auf Taf. XXIV und Fig. 29 auf Taf. XXV). Alle diese Verhältnisse kann man sich recht gut veranschaulichen, wenn man aus dünnen Wachsplatten Figuren von der Form der Köpfe herausschneidet, dieselben in entsprechender Weise modellirt und in einander legt.

Die geschilderte Mechanik der Verkuppelung genügt nun aber noch nicht, um den festen Zusammenhang der beiden Köpfe zu erklären. Vielmehr muss hier noch ein wohl protoplasmatisches Bindemittel mit im Spiele sein, welches die Köpfe mit einander verbindet. Hiermit steht wie ich glaube, auch eine feinkörnige, kugelige Masse im Zusammenhange, welche dem Doppelkopf als Spitzenknopf aufsitzt (*Kf* in den Figuren 27, 28, 29, 30 u. 32 der Taf. XXV). Diese Masse färbt sich mit Gentianaviolett intensiv, zeigt meist eine etwas unregelmäßige Begrenzung und findet sich hauptsächlich an den Doppelspermien aus den oberen Theilen des Vas deferens. Werden die Köpfe gewaltsam von einander getrennt, so bleibt der Spitze eines jeden Kopfes eine Hälfte

ansitzend. Später verschwindet die Masse mehr und mehr oder dringt auch wohl als Kittmasse zwischen die Köpfe ein, um sie noch fester mit einander zu verkleben. Durch besondere Anhäufung dieses Klebemittels zwischen den vorderen Enden der Köpfe erklärt sich auch wohl der Umstand, dass die Trennung der Köpfe vorn am schwierigsten und zuletzt erfolgt.

Von Größendifferenzen der ganzen Spermatozomen und einzelner ihrer Theile abgesehen, fand ich nun genau die gleichen Bauverhältnisse bei anderen *Hydaticus*-Arten und den untersuchten Species von *Graphoderes*.

Auch bei den *Acilius*-Arten sind die Samenkörper und ihre Vereinigung zu Doppelspermien ganz ähnlich (Fig. 57—59 auf Taf. XXVI und Fig. 5—7 auf Taf. XXIII; Fig. 5 stellt ein Doppelspermatozoon aus dem Vas deferens dar, Fig. 6 und 7 dessgleichen aus dem Receptaculum seminis von *Acilius sulcatus* L.). Die Geißel ist hier beträchtlich länger (0,480—0,490 mm), während der Kopf kleiner als bei *Hydaticus stagnalis* ist; er eignet sich daher nicht so gut zur Untersuchung. So habe ich hier z. B. den Zahnvorsprung des Kopfes nicht gesehen. Der eigentliche Kopf ist verdickt und etwas verbreitert, er tritt daher an den frischen, noch mehr an den gefärbten Präparaten sehr deutlich hervor (Fig. 57 und 58 K). Auch mit Alaunkarmin färbt er sich intensiv. Die Art der Verkuppelung ist eine eben so feste, wie bei *Hydaticus*. Erwähnt sei noch, dass ich an den Doppelspermien aus dem Endstück des Vas deferens, besonders bei Kantenansicht, sehr oft einen verschieden hohen Stand der Köpfe gesehen habe, so dass die eine Kopfspitze etwas mehr vorragte als die andere. Der Saum an dem flimmernden Anfangsstück der Geißel ist sehr schmal und nicht so leicht zu erkennen. Er löst sich auch schwerer ab, obwohl ein Zerfall der Geißel in drei bis vier Fasern sehr häufig zur Beobachtung kommt. In Deckglastrockenpräparaten sind diese Fasern oft in auffälliger Weise bogenförmig abgehoben (Fig. 59 auf Taf. XXVI).

Wesentlich anders sind die Samenkörper der *Colymbetes*-Arten beschaffen (Fig. 3 und 4 auf Taf. XXIII, Fig. 60—62 auf Taf. XXVI). Vor Allem fehlt an der Geißel eine Differenzirung in einen vorderen und hinteren Abschnitt: ihr vorderes Ende unterscheidet sich in nichts von den übrigen Theilen, mithin fehlt hier auch ein Saum, von welchem ich selbst in Macerationspräparaten keine Andeutung wahrnehmen konnte. Dagegen ist hier ein Endstück von 0,063 mm Länge differenzirt, welches sich allerdings nicht sehr scharf von dem übrigen Geißeltheil absetzt; an gefärbten Präparaten wird die Grenze deutlicher. Hauptsächlich fällt es dadurch auf, dass es meist gerade gestreckt und mehr

starr ist. Die Geißel zerfällt in Macerationen sehr leicht in die drei Hauptfasern, nicht selten ist, wie bei *Acilius*, ein weiterer Zerfall in feinere Fasern und Elementarfibrillen. Der Spermatozoenkopf der *Colymbetes*-Arten ist schmal, pfeilförmig. Der eigentliche Kopf (*K*, Fig. 60, 64) besitzt die Form einer Nadel mit feiner vorderer Spitze. An frischen Präparaten fand ich hier ein kurzes, etwas dunkleres Stück ansitzend, welches, ähnlich dem Spitzenstück an den Samenkörpern anderer Insekten, nicht selten ein wenig umgebogen war (Fig. 60, 64). An den einen Rand des Kopfes setzt sich der schmale, nach hinten hin allmählich verbreiterte, tütenförmig gebogene Kopfanhang an, der nach hinten mit einer widerhakenartig vorspringenden Spitze vorragt (Fig. 60, 64 *Kg*). Dieser Kopfanhang erscheint, auch nach Färbung, stets gleichmäßig hell.

Eine sehr merkwürdige Beobachtung machte ich wiederholt in Zupfpräparaten des *Vas deferens* der *Colymbetes*-Arten. Ich fand hier die Samenkörper meist zu größeren Bündeln<sup>1</sup> vereinigt. Die Köpfe steckten dabei in einer protoplasmatischen Masse (*K* in Fig. 62 auf Taf. XXVI), während die lebhaft flimmernden Geißeln frei hervorragten (siehe über die Bewegungserscheinungen weiter unten). Der Verband der Bündel lockerte sich bei dem Zerpfeifen leicht, so dass kleinere Gruppen daraus hervorgingen, welche sich lebhaft vorwärts bewegten. Diese Bündel wurden aber nicht allein von Doppelspermatozoen zusammengesetzt. Denn ich traf die Samenkörper auch zu dritt zusammengelagert, so dass fest vereinigte Drillingspermatozoen<sup>2</sup> entstanden waren. Die Drillingspermatozoen waren nicht selten (Fig. 4 auf Taf. XXIII). Ihre Köpfe waren durch Vermittelung einer stark lichtbrechenden Kittsubstanz fest mit einander verkittet. Nicht selten wurden, wie oben erwähnt, durch die Kittmasse die Köpfe zweier Doppelspermien, oder eines Doppel- und eines Drillingspermiosoms oder mehrere Doppelspermien zusammengehalten, so dass vier-, fünf-, sechs- und mehrschwänzige Gebilde im Präparat herumschwammen.

Drillingspermatozoen fand ich nur bei den *Colymbetes*-Arten. Auch im *Receptaculum seminis* der Weibchen traf ich einige wenige Male noch solche an. Diese Drillingspermatozoen dürfen aber nicht ver-

<sup>1</sup> Nachträglicher Zusatz: Dies sind die Spermzeugmen erster Ordnung. Siehe hierüber den Nachtrag am Schlusse dieser Arbeit.

<sup>2</sup> Ich wähle die Bezeichnung »Drillingspermatozoen«, weil sich ein anderes passenderes Wort im Deutschen nicht recht findet, betone aber zugleich, dass auch hier sich die drei Samenkörper erst nach ziemlich vollendeter Ausbildung vereinigen, nicht etwa sich von vorn herein zu dritt gleichmäßig anlegen und ausbilden.

wechselt werden mit Zusammenlagerungen, wie ich sie einige Male im Receptaculum seminis (siehe Fig. 14 auf Taf. XXIII) wahrnahm. Hier hatte sich der Kopfanhang des zweiten Samenkörpers mit seiner Konkavität um die Geißel des ersten und eben so der dritte um die Geißel des zweiten herumgelegt und in einander geschoben. Jedenfalls stehen diese übrigens nur sehr selten zur Beobachtung kommenden Vereinigungen im Zusammenhang mit den von mir im Receptaculum aufgefundenen Spermoezogenen, worauf ich noch zurückkommen werde.

Wiederum abweichend verhalten sich die *Dyticus*-Arten. Besonders eingehend habe ich *Dyticus marginalis* untersucht; aber auch bei den anderen *Dyticus*-Arten fand ich, von geringfügigen Größendifferenzen im Einzelnen abgesehen, ganz ähnliche Verhältnisse.

Zunächst fällt auf, dass die Samenkörper dieser Gattung enorm lang sind, circa 4,06 mm, ein Umstand, der die Untersuchung der feineren Bauverhältnisse der Geißel sehr erschwert. Die Masse der Geißel steht daher in einem sehr auffälligen Gegensatz zu dem kleinen, dünnen, schmalen Kopfe, der nur 0,044 mm lang ist (Fig. 1 und 2, 9—13 auf Taf. XXIII, wo die Geißeln eigentlich noch zu kurz gezeichnet sind). Die Sonderung in einen vorderen kleinen und hinteren größeren Abschnitt ist sehr deutlich ausgeprägt und sofort in die Augen springend. Der vordere Theil ist in einer Länge von etwa 0,080—0,090 mm meist gerade ausgestreckt (Fig. 9, 10, 11, 13 auf Taf. XXIII, Fig. 52 auf Taf. XXVI), bisweilen etwas gebogen (Fig. 1, 2 und 11), niemals aber spiralg eingerollt, wie der hintere Abschnitt. Hat sich die Geißel, wie es im frischen Präparat bisweilen beobachtet wird, in eine flache Spirale zusammengelegt (Fig. 10—13), so ragt das Anfangsstück doch immer gerade hervor. Ferner ist dieses Stück stark abgeplattet und wesentlich breiter, als der spiralg eingerollte Geißeltheil. Sodann erkennt man bei Untersuchung mit starken Systemen in dem frischen, in physiologischer Kochsalzlösung untersuchten Präparat, wie bei *Hydaticus* und *Acilius*, nur vorn ein sehr deutliches, auffälliges Flimmerphänomen. Äußerst zierliche, kleine, krausenförmige Einbiegungen eines schmalen Saumes laufen in rascher Folge wie kleine Ruderplättchen von vorn nach hinten an dem sonst gewöhnlich regungslos bleibenden Geißelstück herab, um nach hinten hin immer kleiner und undeutlicher zu werden und schließlich an dem hinteren Ende des vorderen Abschnittes, wie es scheint, ganz zu verschwinden (Fig. 52 auf Taf. XXVI; in den Figuren der Taf. XXIII ist dieser Flimmersaum nicht gezeichnet). (Siehe auch unten p. 477 unter Bewegung.) Ist die Flimmerbewegung erloschen, so sieht man schon an dem ungefärbten Präparat bei günstiger Lage des Objectes, dass neben der geraden Geißel ein breiterer Saum

von vorn nach hinten herabzieht. Der Rand des abgestorbenen Saumes ist meist krausenartig umgebogen (Fig. 52 und 53). Stellt man ihn in Kantenansicht ein, so erscheint das Anfangsstück der Geißel wellenförmig gebogen (Fig. 54 und z. Th. Fig. 54 und 53 auf Taf. XXVI). Seltener ist der Rand des Saumes gerade gestreckt (Fig. 47). Alsdann stellt man schon an dem frischen, ungefärbten Präparat fest, dass der Saum noch von einem schmalen, hellen, saumartigen Streifen überragt wird (*S* in Fig. 47). Deutlicher werden diese Verhältnisse, wenn die mit Genvianviolett gefärbten Präparate mehrere Tage in Wasser unter dem Deckglase gelegen und sich wieder in der oben geschilderten Weise den Glasflächen angelagert haben. Man sieht dann, dass neben dem geraden, dickeren Geißelrande ein entweder gerader oder, wie es häufiger gefunden wird, in zierliche, wellenförmige Biegungen gelegter Faden herunterläuft, der seinerseits wieder von einem sehr zarten, schwach gefärbten Saume (*S*) überragt wird (Fig. 46 auf Taf. XXVI). Der letztere wird gegen das hintere Ende des Vorderabschnittes immer schmaler, um schließlich ganz aufzuhören. Wir haben demnach hier genau dieselben Verhältnisse, wie bei *Hydaticus*, *Graphoderes* und *Acilius*, nur etwas feiner und schwieriger wahrnehmbar. Damit stimmen auch die Resultate überein, welche man bei Maceration der Samenkörper in Kochsalzlösungen unter dem Deckglase erhält. Besonders möchte ich hierzu den Inhalt des *Receptaculum seminis* empfehlen; weil hier oft schon ein Zerfall eingeleitet ist<sup>1</sup>. Man findet in den Macerationen nicht selten den Saum, wie bei *Hydaticus*, abgelöst und nur noch im Zusammenhange mit dem vordersten Geißelende; sein hinteres Ende läuft in eine feine Spitze aus (*S* in Fig. 55 und 56). Der übrige Theil der Geißel zerfällt häufig in seine drei Hauptfasern (Saumfaser *Sf*, Mittelfaser *Mf* und Randfaser *Rf* in den Figuren 55 und 56), welche die ganze lange Geißel von Anfang bis zu Ende kontinuierlich durchsetzen. Nicht selten ist ein Zerfall in mehrere Fasern (vgl. Fig. 55 nach einem frisch untersuchten, ungefärbten Präparat aus dem *Receptaculum seminis*). Ja, ich sah in guten Macerationen einzelne Geißelabschnitte in feinere und feinste Fäden buchstäblich aufgelöst.

Der größere, hintere, spiralig eingerollte Geißelabschnitt ist schmal und leicht abgeplattet. Sein hinterstes Ende läuft in eine feine Spitze aus, ohne dass ein deutlich abgesetztes Endstück zur Ausbildung käme.

<sup>1</sup> Man trifft im *Receptaculum* meist viele isolirte Theilfäden, die nicht selten in enge Spiralen zusammengeshnurt sind; auch isolirte Elementarfibillen werden nicht vermisst. Je länger das Sperma im *Receptaculum* liegt, um so mehr Samenkörper scheinen innerhalb desselben einer Art physiologischer Maceration zu verfallen.

Auch das vorderste Ende der Geißel endigt in einer sehr feinen, borstenförmigen Spitze, wie man an kopflosen Geißeln sieht; diese Spitze ist länger, wie bei *Acilius*.

Am auffälligsten und von *Hydaticus* sehr abweichend ist der Kopf bei *Dyticus* gestaltet; er gleicht in seiner Form etwa der Klinge eines kurzen Tischmessers. Dem entsprechend ist er sehr abgeplattet und vorn nur wenig zugespitzt. Der eine gegen die Seite des zarten Geißelsaumes hin gerichtete Rand ist sehr dünn, fein zugeschärft und gerade. Der andere Rand ist gleichfalls gerade, aber verdickt. Nach hinten geht er direkt über in einen schlanken, borstenförmigen, nach der einen Kopffläche hin gekrümmten Widerhaken, welcher mit feiner Spitze frei endigt. Dieser Widerhaken ist bei *Dyticus marginalis* ziemlich lang, fast halb so lang, als der ganze Kopf, bei anderen Arten etwas kürzer. Von dem verdickten Kopfrande erhebt sich nun aber noch ein schmaler, saumartiger Rand, welcher vorn wenig ausgebildet ist, nach hinten hin aber etwas höher wird, immerhin aber nur niedrig bleibt. Durch diese schmale, dünne Erhebung wird eine Art Falz gebildet, welcher jedenfalls für die gegenseitige Verbindung der Köpfe von Bedeutung ist. Von dem Vorhandensein dieser Erhebung überzeugt man sich am besten an isolirten, von der Fläche gesehenen, platt liegenden Köpfen, besonders nach Färbung. Blickt man vertikal auf die Erhebung, so erscheint der betreffende Kopfrand nur intensiver gefärbt und setzt sich direkt in den Widerhaken fort. Lagert sich der Kopf aber so, dass man in die Konkavität des Falzes hineinsieht, so wird eine niedrige Kante im hinteren Bereiche des Kopfes sichtbar, welche gegen den Ansatz des Widerhakens hin schräg abgestutzt ist, ähnlich, wie auch der hintere Rand des Kopfes. Bei Kantenansicht bilden die Köpfe schmale dunkle Linien; meist sind sie nach der einen Fläche hin etwas gekrümmt (Fig. 56). Ist die Kantenstellung des Kopfes keine vollkommene, so giebt sich die abgeplattete Gestalt des Kopfes in Form eines hellen, undeutlichen Saumes optisch kund (Fig. 56). Schließlich sei noch bemerkt, dass bei Tinktion die Schneide des messerförmigen Kopfes oft weniger gefärbt blieb und dann bei Flächenansicht als schmaler heller Streifen erschien (Fig. 50).

Der erwähnte Widerhaken ist bei *Dyticus* schon von EIMER<sup>1</sup> gesehen worden. Die betreffende Stelle in den 1874 erschienenen Untersuchungen dieses Forschers lautet (l. c. p. 105)<sup>1</sup>: »Unter den Wirbellosen ließ sich am vorderen, dickeren Abschnitt der dem Hoden entnommenen Samenfäden von *Dyticus marginalis*, in einzelnen Fällen außerordentlich

<sup>1</sup> TH. EIMER, Untersuchungen über den Bau und die Bewegung der Samenfäden. Verhandlungen der physik.-medic. Gesellschaft in Würzburg. Neue Folge. Bd. VI. 1874.

schön ausgesprochen, eine Differenzirung in abwechselnd auf einander folgende, dunkle und helle quadratische Theilchen wie an einer quergestreiften Muskelprimitivfibrille erkennen, wodurch ein Bild entstand, ähnlich dem durch die Gliederung der Wirbelthierspermatozoen hervorgerufenen. Doch dürfen beide Dinge offenbar nicht ohne Weiteres zusammengeworfen werden. Abgesehen davon, dass die hellen Abschnitte nicht leere Zwischenräume waren, sondern aus einer glänzenden Substanz bestanden, war das Ganze von einer äußerst feinen Membran eingeschlossen. Und endlich ist dieser Theil dem Mittelstück der Samenfäden der Säugethiere wohl gar nicht homolog. — Hinten trägt derselbe, wie aus der Figur ersichtlich ist, ein nach hinten und seitlich abstehendes Widerhäkchen. Nach vorn geht er in eine Spitze aus, welche ein homogenes Aussehen zeigt.«

Im Übrigen weiß ich nicht so recht, was ich mit dieser Schilderung EIMER's anfangen soll. Man könnte geneigt sein, die »Differenzirung in abwechselnd auf einander folgende, dunkle und helle, quadratische Theilchen, wie an einer quergestreiften Muskelprimitivfibrille«, welche »in einzelnen Fällen außerordentlich schön ausgesprochen war«, auf das Flimmerphänomen und die krausenförmigen Saumeinbiegungen zu beziehen. Dagegen spricht aber die Lage des Widerhakens, welcher in den Abbildungen hinter der quergestreiften Stelle gezeichnet ist. Ich habe nun bei *Dyticus* einige Male eine zierliche Kräuselung des einen oder beider Kopfränder gesehen, so dass wohl eine Querstreifung vorgetäuscht werden könnte. Auch fand ich im abgestorbenen Sperma aus dem Vas deferens und Receptaculum solcher Thiere, die längere Zeit in der Gefangenschaft gehalten waren, an den Köpfen oft kleine, stark lichtbrechende Tröpfchen in einer Reihe angeordnet, was wohl als Degenerationserscheinung aufzufassen ist. Ich halte es für das Wahrscheinlichste, dass EIMER solche degenerirte, mit Tröpfchen besetzte Köpfe Anlass zu der Täuschung gegeben haben.

Die Köpfe je zweier Einzelspermatozoen sind nun in der Weise mit einander kopulirt (Fig. 52 auf Taf. XXVI), dass sie mit zwei Flächen auf einander liegen und bis auf die unteren Theile der dickeren Seitenränder zur Deckung kommen. Dabei legen sich die scharfen Kopfränder wechselseitig in die Falzrinne hinein. Die Ränder der kopulirten Köpfe verlaufen nun nicht parallel, sondern konvergiren ein wenig nach vorn hin, so dass die vorderen Spitzen sich wohl meist ein wenig kreuzen. Wenigstens habe ich des öfters eine Kreuzung der Spitzen auf das deutlichste wahrgenommen. (In der Abbildung Fig. 52 ist diese Kreuzung nicht angegeben.) Die beiden Widerhaken scheinen sich bei der Kopulation fest zu verklammern (Fig. 54 — 53).

Die Verkuppelung ist auch hier eine ziemlich feste und löst sich zuerst im unteren Theile des Doppelkopfes. Aus einander gezerrte Köpfe, die nur noch mit ihren Spitzen zusammenhängen, trifft man nicht selten an. Isolirte Doppelköpfe ohne Geißel, deren Elemente noch fest zusammenhängen, werden im Receptaculum auch häufig gefunden. Diese feste Vereinigung wäre hier noch weniger, als bei Hydaticus denkbar, wenn nicht eine Kittsubstanz die beiden Köpfe mit einander verklebte. In der That sieht man bei Kantensicht der Doppelköpfe zwischen den beiden Kopflinien einen hellen, jedenfalls von einer Kittmasse ausgefüllten Raum (Fig. 54 und 53). Vielleicht wird die Klebmasse auch hier mit geliefert von dem dunklen Spitzenknopf, der Anfangs der Spitze der Doppelköpfe noch aufsitzt, um dann allmählich zu verschwinden (Fig. 54).

Es wäre nun wichtig, zu wissen, wie und wo die Vereinigung der Elemente zu Stande kommt und welche Bedeutung ihr beizumessen ist. Leider habe ich über diese Punkte noch keine eingehenden Untersuchungen anstellen können<sup>1</sup>. Das Thatsächliche, was ich gelegentlich der Ermittlungen über die Struktur der Samenkörper auffand, ist Folgendes.

Man könnte von vorn herein geneigt sein, für das Wahrscheinlichste zu halten, dass die Vereinigung der beiden Spermatosomen genetisch schon sehr früh erfolgt und die beiden Elemente gewissermaßen als Zwillingenzellen zur Ausbildung kommen. Dem ist aber nicht so. Ich habe daher in meiner ersten Publikation 1886 auch die Bezeichnung »Doppelspermatozoen« mit Absicht gewählt. Wie überall, so entwickelt sich auch bei den Dyticiden jeder Samenkörper aus einem einzelnen Spermocyten. Die Spermocyten werden, wie bei den Insekten überhaupt, in größerer Anzahl von zelligen Spermocysten umschlossen und gelangen darin zur Weiterentwicklung. Zerzupft man den hinteren Theil des Hodens eines Schwimmkäfers, so liegen die Spermatiden gruppenweise, entsprechend den einzelnen ausgewachsenen Cysten, mit den Köpfen zusammen und zwar befinden sich, wie bekannt, alle Elemente einer Cyste stets in der gleichen Entwicklungsphase. Wachsen die Spermatiden länger aus, so lockert sich der Zusammenhang der Elemente in den Bündeln, so dass die Samenkörper im Anfangsstück des Vas deferens ohne bestimmte Anordnung neben einander liegen. Hier trifft man stets nur völlig isolirte Samenkörper an. Erst im oberen Theile des zu einem Knäuel nebenhodenartig zusammengewundenen Vas deferens findet an wechselnder Stelle ihre paarweise Vereinigung statt, so dass gewöhnlich im mittleren Bereiche des Ausführungsganges fast alle Elemente kopulirt sind. Das hintere Endstück des Vas deferens

<sup>1</sup> Siehe den Nachtrag am Schlusse dieser Abhandlung.

ist daher mit Unmengen von Doppelspermien erfüllt, während einzelne Samenkörper hier nur selten sind. Wiederholt habe ich aber auch die Beobachtung gemacht, besonders bei *Dyticus*, dass sich, je weiter gegen das Ende hin, um so mehr der Zusammenhang wieder lockerte; in der Endstrecke des Vas deferens traf ich daher die meisten, wenn nicht alle Samenkörper wieder getrennt an. Bei Männchen, welche längere Zeit in der Gefangenschaft gehalten waren, fanden sich im Verlaufe des ganzen Vas deferens nur noch Einzelspermien, wohl aus dem Grunde, weil sich die kopulirten Samenkörper bereits alle wieder von einander getrennt hatten. Die Trennung erfolgt je nach den Gattungen verschieden leicht und hängt wohl ab von dem Grade der Festigkeit, mit welcher die Köpfe kopulirt sind. So tritt bei *Dyticus* leichter und früher eine Trennung ein als bei *Hydaticus*, *Graphoderes* und *Acilius*, weil bei letzteren die Köpfe, wie wir gesehen haben, fester mit einander verbunden sind.

Hiermit steht auch der Befund im Receptaculum seminis der Weibchen im Einklang, von denen ich eine große Anzahl, mindestens einige 50 Exemplare aller Gattungen, untersucht habe. Auch hier machte ich die Beobachtung, dass je länger das Sperma lagert, um so weniger Doppelspermatozoen angetroffen werden. Bei einer großen Anzahl von Weibchen, besonders solchen, die längere Zeit in der Gefangenschaft gelebt hatten, fand ich nur einzelne Samenkörper, kein einziges Doppelspermiosom mehr. Dies war besonders bei *Dyticus* der Fall. Bei anderen Weibchen wurden im Receptaculum Doppelspermatozoen, aber nur vereinzelt, angetroffen, z. B. nicht selten bei *Dyticus*, wo hier und da die Doppelgebilde auch noch in größerer Zahl gefunden wurden. In der Mehrzahl der Fälle wurde der Inhalt des Receptaculum zu gleichen Theilen oder auch ganz vorherrschend, ja fast ausschließlich von Doppelspermien gebildet. Dies gilt besonders für *Hydaticus* und *Acilius*, wohl wieder aus dem Grunde, weil hier die Köpfe fester mit einander verbunden sind. Auch der Zeitpunkt der Paarung spielt hier mit. Andererseits bestand auch bei diesen Arten das reichliche Sperma der Samentasche in einzelnen Fällen wieder ganz ausschließlich aus Einzelspermatozoen.

Das Vorkommen von Drillingsspermatozoen bei *Colymbetes* wurde oben schon erwähnt.

Über die Bedeutung des Kopulationsaktes vermag ich nichts Bestimmtes zu sagen. Jedenfalls ist mir nicht aufgefallen, dass die Samenkörper durch diesen Akt morphologische Veränderungen erleiden. Wie mir scheint, sind die Doppelspermien der Dyticiden auf gleiche Stufe zu stellen mit den Zusammenjochungen zahlreicher Spermatozoen zu mehr-

schwänzigen, von mir als »Spermatozeugmen« bezeichneten<sup>1</sup> Gebilden, wie sie zuerst von v. SIEBOLD bei den Heuschrecken entdeckt wurden und bei den Insekten in mannigfachsten Formen mehrfach beobachtet werden<sup>1</sup>. Allerdings kommen bei *Colymbetes* außerdem noch regelmäßige Vereinigungen zahlreicher Samenkörper<sup>2</sup> vor. Ich fand nämlich bei diesem Schwimmkäfer im Sperma des Receptaculum seminis einer Anzahl Weibchen außer Einzelspermien regelmäßige Zusammenlagerungen von Samenkörpern, die als »Spermoezeugmen« aufzufassen sind. Ich sah, dass sich die einzelnen Samenkörper, deren Kopulation schon gelöst war, mit den Köpfen hinter einander gelagert hatten und zwar derart, dass die Kopfspitze eines hinteren Samenkörpers sich jedes Mal in die tütenförmige Kopfhöhlung des nächstvorderen eingebohrt hatte (siehe Fig. 16 auf Taf. XXIII nach einem mit Gentianaviolett gefärbten Präparate). So sind längere, nadelförmige, gegliederte, meist etwas geschlängelte Gebilde entstanden, aus denen die Geißeln schopförmig hervorragen (Fig. 15 und 16 auf Taf. XXIII). In dieser Weise waren gewöhnlich sechs bis neun, bisweilen mehr oder auch weniger Samenkörper mit einander verbunden. Durch die lebhaft schlagenden und flimmernden Bewegungen der Geißeln wurden die Gebilde mit der Spitze des vordersten Kopfes voran lebhaft und ziemlich geradlinig vorwärts getrieben. Zufällig können diese Zusammenlagerungen nicht sein, da ich sie sehr oft und sehr zahlreich angetroffen habe. Allerdings fand ich sie nur im Receptaculum seminis, das Vas deferens habe ich auf ihr Vorkommen nicht speciell untersucht<sup>2</sup>. Jedenfalls dient, wie mir scheint, diese Vereinigung der Samenkörper zu Spermoezeugmen hier in erster Linie dazu, einen größeren und besseren Bewegungseffekt zu erzielen, da sich die einzelnen spiralig zusammengebogenen Samenkörper nur langsam vorwärts bewegen zu können scheinen. Immerhin bleiben diese Spermoezeugmen bei *Colymbetes* in mancher Beziehung doch noch merkwürdig genug, z. B. wenn man sich vorstellt, dass bei der Befruchtung eine von diesen Kopfketten gegen die Mikropyle des Eies vordringt: eine Polyspermie des Eies erscheint dann ganz unvermeidlich.

Außer den auf p. 459 aufgeführten Species habe ich noch eine ganze Anzahl nicht näher bestimmter Arten der Gattungen *Agabus* und

<sup>1</sup> Vgl. hierüber diese Zeitschr. 1890. Bd. L. p. 383—386. Statt der Bezeichnung »Spermatozeugma« könnte man dem kürzeren Worte »Spermoezeugma« den Vorzug geben. Für die besondere Spermoezeugmaform der Doppelspermatozoen schlage ich die Bezeichnung »Spermoezygie« vor (von ἡ σπέρματις, das Zweigespann).

<sup>2</sup> Vgl. hierüber den Nachtrag am Schlusse dieser Abhandlung.

Ilybius untersucht, hier bei den Männchen aber nur Einzelspermien gefunden. Die Samenkörper dieser Gattungen sind sehr lang und anscheinend ohne vorderes Flimmerstück. Ich will aber die Möglichkeit nicht ausschließen, dass hier doch eine Kopulation zu Doppelspermien vorkommt.

Auch die Bewegungserscheinungen der Doppelspermatozoen haben viel Eigenartiges und wären eines näheren Studiums werth.

Mit Ausnahme des geraden Anfangsstückes (*v*) sind die Geißeln in Spiralen gebogen, was besonders auffällig an den langen Samenkörpern der Dyticus-Arten wird (Fig. 1, 2, 9—11 auf Taf. XXIII). Die Spiralen sind entweder lang ausgezogen (Fig. 1 und 2) oder enger zusammengelegt (Fig. 10, 12 und 13). Meist sind sie nicht so regelmäßig, wie in Fig. 9, häufig vielmehr, besonders bei erlöschender Bewegung, etwas wirt zusammengeknäuel (Fig. 11). Nicht selten fand ich bei Dyticus die ganze lange Geißel zu einer sehr flachen Spirale ringförmig eingerollt; aus dem flimmernden Ringe sah nur das gerade Anfangsstück (*v*) und das letzte Geißelende hervor (Fig. 12 und 13).

Wenn man diese Spiralen nun ganz frisch in geeigneten indifferenten Flüssigkeiten (0,73%ige Kochsalzlösung, BÜTSCHLI'S Eiweißlösung, Humor aqueus) untersucht, so sieht man, dass im Bereiche des hinteren Theils des Anfangsstückes und dicht dahinter in kurzen Pausen regelmäßige stärkere Einbiegungen der Geißeln erfolgen, die sich in der ganzen Länge der Geißeln wellenförmig fortpflanzen und zwar durch selbständige Kontraktion der einzelnen kleinsten Abschnitte. Hierdurch entsteht die schlagende, wogende Bewegung der Geißeln, die besonders auffällig wird, wenn eine größere Anzahl von Samenkörpern zusammenliegt.

Außer dieser gewissermaßen gröberen Bewegung besteht noch eine feinere flimmernde Bewegung. Kleinere Abschnitte der Geißel biegen sich nämlich schnell hinter einander ein, so dass ein flimmern-des Zittern der Geißel entsteht. Ist die Flimmerbewegung lebhaft im Gange, so sieht man bei schwacher Vergrößerung kaum etwas von ihr, da die Geißeln zwar undeutlich, aber doch geradlinig erscheinen (Fig. 1, 3, 4, 6—13). Auch diese Bewegung schreitet von vorn nach hinten hin vor und erstirbt gewöhnlich zuerst im vorderen Bereich der Geißel hinter dem Anfangsstück. Erst beim Absterben und der Verlangsamung der Flimmerbewegung erkennt man die kleinen Umbiegungen, so dass die Spirale mit kleinen Seitenfaltungen besetzt erscheint (Fig. 2 und 5 auf Taf. XXIII, Fig. 17 auf Taf. XXIV).

An dem geraden Vorderstück der Geißel tritt an die Stelle dieser

zweiten Form der Bewegung das Flimmerphänomen eines schön ausgebildeten Krausensaumes, der an die gerade, hier mehr starre Randfaser angeheftet ist; seine komplicirte Zusammensetzung haben wir oben ja kennen gelernt. Man sieht zierliche, kleine, krausenförmige Einbiegungen gleich Ruderplättchen von vorn nach hinten in schnellster Folge herabziehen. Nach hinten gegen das Ende des Vorderstückes werden sie niedriger und undeutlicher und gehen schließlich in ein unsicheres, undeutliches Flimmern über. Das Vorderstück der Geißel verhält sich bei den Dyticiden demnach ähnlich, wie es von mir bei *Copris*<sup>1</sup> gefunden wurde, nur dass bei dem letzteren Coleopter eine wohl charakterisirte Stützfaser vorhanden ist, die sich bei den Dyticiden nicht ausgebildet hat. Es liegt nun nahe, dieses Flimmerphänomen auf den von mir oben beschriebenen, zarten, leicht zur Ablösung kommenden Saum (*S* der Figuren) zu beziehen, zumal die sichtbare Flimmerung nur im Bereiche dieser Saumstrecke auftritt. Ob dies nun wirklich zutrifft oder ob der Saum nur passiv als eine Art Flossensaum durch die Kontraktionen der Saumfaser bewegt wird, was mir wahrscheinlicher erscheinen möchte, lasse ich dahin gestellt; jedenfalls ist die Saumfaser (*Sf* der Figuren) an dem Flimmerphänomen sehr wesentlich aktiv theiligt.

Das zuletzt beschriebene Bewegungsphänomen fehlt an den Samenkörpern von *Colymbetes*, da hier kein besonderes Anfangsstück der Geißel zur Differenzirung gekommen ist. Trotzdem boten mir die Bewegungserscheinungen der Spermatozoen dieses Schwimmkäfers einen höchst eigenartigen Anblick dar.

Zerzupft man das Vas deferens eines brünstigen Männchens von *Colymbetes* in 0,75% iger Kochsalzlösung, so findet man die Samenkörper, wie oben schon beschrieben, meist zu größeren Bündeln<sup>2</sup> vereinigt.

Die kopulirten Köpfe sind neben einander in eine protoplasmatische Masse eingebettet, während die frei beweglichen Geißeln garbenartig neben einander liegen (Fig. 62 auf Taf. XXVI). Alle Samenkörper dieser Bündel befinden sich alsbald in lebhaftester Bewegung. Man sieht, dass hinter jedem Doppelkopfe zuckende, etwa halbkreisförmige Einbiegungen der Geißeln in regelmäßigem, nicht sehr schnellem Tempo erfolgen. Diese Kontraktionswellen rollen nun gewissermaßen an den Geißeln, in Folge successiver Kontraktion ihrer einzelnen Abschnitte, entlang und bleiben bis hinten hin von gleicher Größe und gleicher Fortpflanzungsgeschwindigkeit. Erst gegen die frei vorstehen-

<sup>1</sup> Diese Zeitschr. Bd. L. 4890. p. 369.

<sup>2</sup> Siehe den Nachtrag am Schlusse dieser Arbeit.

den, mehr gerade gestreckten Geißelenden werden sie etwas unregelmäßig. Die letzten Geißelenden bleiben geradlinig und werden nur unregelmäßig hin und her geworfen. Außer diesen Einbiegungen besteht noch die zitternde Flimmerbewegung. Das Auffälligste an der Erscheinung ist, dass alle die zahlreichen Geißeln eines Bündels sich ganz genau isochron einbiegen, so dass die Bewegung aller Geißeln in einem Bündel ganz gleichmäßig und sehr geordnet wird. Ein derartiges Bündel in Bewegung gleicht etwa einem sehr regelmäßig ausgekämmten Lockenschopf (Fig. 62 auf Taf. XXVI), die Bewegung selbst erinnert an einen gleichmäßig dahinfließenden Strom. Liegen nun im Gesichtsfelde, wie gewöhnlich, zahlreiche Bündel nach verschiedenen Richtungen hin neben einander, so gewähren die durch einander wogenden Ströme ein höchst eigenartiges Schauspiel. Bisweilen kommt etwas Unordnung in die Stromwellen eines Bündels. Alsdann verschwimmt sofort das bis dahin so regelmäßige, in ganzer Ausdehnung klar sichtbare Bild; statt dessen erscheinen überall die optischen Querschnittpunkte der sich bewegenden Geißeln. Nach kurzer Unterbrechung stellt sich aber bald die frühere Regelmäßigkeit wieder her. Aus dem Umstande, dass man alle Einbiegungen der Geißeln bei einer und derselben Einstellung selbst bei stärkerer Vergrößerung genau überblickt, geht wohl hervor, dass diese Einbiegungen ziemlich in einer Ebene erfolgen. Dies ist um so merkwürdiger, als die Einzelspermatozoen die Neigung haben, sich spiralförmig einzurollen.

Übrigens kann an den fest kopulirten Doppelspermien die Bewegung des einen Samenfadens bereits ganz erloschen sein, während der andere noch lebhafteste Bewegungen zeigt. An den Doppelspermien sind also die Bewegungen der beiden Samenkörper völlig unabhängig von einander.

Ferner kann das Flimmerphänomen der Geißel ohne die gröberen Einbiegungen für sich bestehen, eben so das Flimmerphänomen des Saumes am Vorderstück wieder ohne die beiden anderen Bewegungserscheinungen. Das Letztere wird sogar sehr häufig beobachtet. So zeigten z. B. die in Fig. 6 und 7 der Taf. XXIII abgebildeten Doppelspermien aus dem Receptaculum seminis von *Acilius sulcatus*, welche in physiologischer Kochsalzlösung untersucht wurden, nur die Flimmerbewegung des Saumes. Auch kopflose Geißeln sah ich in lebhafter Bewegung.

Im Einzelnen gelten für die Kontraktionserscheinungen auch hier dieselben Gesetze, welche ich für die Bewegungsphänomene der Samenkörper der anderen Insekten früher aufgestellt habe<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Siehe diese Zeitschr. Bd. L. 1890. Abschnitt C. Bewegung der Spermatozoen. p. 386—397.

Die Doppelspermatozoen der Dyticiden haben vor nicht langer Zeit eine Parallele gefunden bei einer sehr entfernten Thiergruppe, nämlich den Beutelhieren, durch die Beobachtungen von SELENKA, welcher bei *Didelphys Virginiana* gleichfalls regelmäßige paarweise Vereinigungen der Samenkörper, wirkliche Spermosyzygien, aufgefunden hat. Hier scheint die Verkuppelung lediglich den Zweck zu haben, die lokomotive Leistungsfähigkeit der Samenkörper behufs Auffindung des Eies zu erhöhen. SELENKA<sup>1</sup> beschreibt die »Zwillingspermatozoen« folgendermaßen (l. c. p. 406 und 407):

»Die Spermatozoen haben eine ganz sonderbare Gestalt, welche indessen ihrer Bestimmung vortrefflich angepasst erscheint. Je zwei Spermazellen sind derartig mit einander verbunden, dass sie sich in ihrer Vorwärtsbewegung unterstützen müssen. Zuvorderst liegt ein Bügel, der beiderseits nach hinten in eine Spitze ausläuft; zwischen seinen Schenkeln ist eine dünnere Platte ausgespannt, in der nach innen zu die Kerne liegen, während nach hinten zwei etwas abgeplattete Stäbchen, die Schwanzwurzeln, eingefügt sind, als deren dünnere Verlängerung die Schwanzfäden erscheinen. Schwanzwurzeln und Schwanzfäden zeigen unter der Tauchlinse deutliche Querstreifung. Vor den Kernen erkannte ich meistens noch einige Verdickungen, deren Form und Lage aber variirt. Die Bewegung der dem Weibchen kurz nach dem Begattungsakt entnommenen Spermatozoen ist ein rapides, gleichmäßiges Vorwärtsschießen; dies wird, wie es scheint, hauptsächlich bewirkt durch die Vibration der Schwanzwurzeln<sup>2</sup>. Die Schwanzfäden gerathen hierdurch in Schwingungen, ähnlich denen, wie sie die Zinken einer tönenden Stimmgabel ausführen. Ich glaubte Anfangs vier Schwanzfäden zu sehen; sobald aber die Bewegung nach etwa einer halben bis zwei Stunden sich verlangsamte, gewahrte ich den Irrthum. Die Schwingungen gehen allmählich über in peitschenartige Schlängelungen, werden unregelmäßig und endlich reißt die Zwillingszelle in der Mitte auseinander. Diese Durchreißung geschieht manchmal aber auch bei den in sehr lebhafter Bewegung begriffenen Spermatozoen, außerdem traf ich regelmäßig auch in dem frisch ejakulirten Spermaschleim viele solche vereinzelte Zellen, die sich aber nicht geradlinig, wie die Zwillingszellen, sondern in großen Kreisen fortbewegten. Wenn allmählich die

<sup>1</sup> E. SELENKA, Studien über Entwicklungsgeschichte der Thiere. Viertes Heft. Das Opossum (*Didelphys Virginiana*). Wiesbaden 1887. p. 406 u. 407. Taf. XIX, Fig. 7—10.

<sup>2</sup> Diese Bemerkung SELENKA's erscheint mir nicht richtig. Jedenfalls wird sich hier die ganze Geißel wohl eben so aktiv bewegen, wie bei den ähnlich vibrirenden Samenkörpern der Singvögel. Siehe hierüber Archiv für mikr. Anat. Bd. XXXII. p. 452.

Bewegung der isolirten Zellen langsamer geworden, geht sie über in eine stoßende und bohrende.

Diese successiven Veränderungen können eine Vorstellung geben von der Art, wie die Spermatozoen bis zum Oviducte gelangen und wie die Befruchtung geschehen mag. Der zurückzulegende Weg ist lang, mehrfach gebogen und winklig geknickt; die Zwillingszellen werden aber durch die energische Vibration ihrer Schwänzchen vorwärts getrieben, indem die spitzen, nach hinten gerichteten Enden des Bügels zugleich eine Rückwärtsbewegung verhindern, sobald dieselben mit der Schleimhaut der weiblichen Leitungswege in Berührung stehen, was ja wahrscheinlich dauernd der Fall sein wird. Wenn das Ende des Weges erreicht ist, trennen sich vermuthlich die Doppelzellen, und jedes einzelne Spermatozoon durchkreist den Oviduct, um schließlich durch die stoßenden und bohrenden Bewegungen ins Eiinnere zu gelangen.«

Die Form des »Bügel« erinnert an den von mir oben beschriebenen Kopfanhang bestimmter Dyticiden; besonders an dem isolirten Spermatozoonkopf von *Didelphys* wird diese Ähnlichkeit sehr auffällig (vgl. Fig. 10 auf Taf. XIX der Arbeit von SELENKA). Spermatogenetische Untersuchungen müssten feststellen, ob homologe Bildungen vorliegen und ob auch bei *Didelphys* eine nachträgliche Kopulation der Elemente stattfindet oder ob hier beide Zellen von Anfang an paarig als Zwillingsgebilde entstehen.

Zum Schluss will ich noch auf die Mittheilungen eingehen, welche L. AUERBACH neulich über das Vorkommen der Doppelspermien im Vas deferens von *Dyticus marginalis* gemacht hat<sup>1</sup>, freilich ohne meine frühere Publikation<sup>2</sup> zu berücksichtigen. Ich sah mich daher gezwungen, meine Priorität zu wahren,<sup>3</sup> was von AUERBACH denn auch sogleich anerkannt wurde<sup>4</sup>. Die Mittheilungen des genannten Forschers betreffen die Form, die Bewegungserscheinungen und das Vorkommen der Doppelspermatozoen bei *Dyticus*. Seine thatsächlichen Beobachtungen sind sehr eingehend und im Allgemeinen zutreffend. In einigen wesentlichen Punkten bin ich indessen zu anderen Resultaten gekommen und möchte ich hierauf etwas näher eingehen.

<sup>1</sup> L. AUERBACH, Über merkwürdige Vorgänge am Sperma von *Dyticus marginalis*. Sitzungsberichte der Königl. Preuß. Akademie der Wissenschaften zu Berlin Sitzung der physik.-mathem. Klasse vom 23. März 1893. Bd. XVI. p. 185—203.

<sup>2</sup> E. BALLOWITZ, Zur Lehre von der Struktur der Spermatozoen. Anat. Anz. 1. Jahrg. 1886. Nr. 44. p. 374.

<sup>3</sup> Anat. Anz. vom 3. Juni 1893. p. 505.

<sup>4</sup> Ebendort, Nr. 48 u. 49 vom 5. August 1893. p. 627.

Auch AUERBACH vergleicht den Kopf der Samenkörper von *Dyticus* mit der Form einer Messerklinge, deren hinterer Rand aber nicht »genau quer« verläuft, sondern schräg abgestutzt ist, wie ein Blick auf die Figuren 48—50 meiner Taf. XXVI A zeigt. Die rechte<sup>1</sup> Seite der Klinge soll aber »gleichsam hohl geschliffen, wie ein Rasirmesser, also querkonkav sein, während die linke Seite im Gegentheil quer gewölbt ist«. Ich muss gestehen, dass mir diese »Querkonkavität« der einen Seite, die besonders vorn ausgeprägt sein soll, an den völlig ausgebildeten Spermiosomen nicht aufgefallen ist, will damit aber nicht bestreiten, dass nicht doch eine ganz geringe Krümmung der Quere nach bestehen könnte, da ich nicht speciell daraufhin untersucht habe. Indessen scheint es mir, dass AUERBACH wohl hauptsächlich die rinnenartige Vertiefung meint, welche durch die schmale falzartige Erhebung des einen (seines dorsalen) Kopfrandes entsteht. Diese Vertiefung findet sich aber mehr im hinteren Bereiche des Kopfes und nicht vorn, wo mir der Kopf plan zu sein schien (vgl. oben meine Schilderung und die Abbildungen auf meiner Taf. XXVI). AUERBACH erwähnt diese Erhebung und ihren hinteren, schräg abgestutzten Rand gar nicht. Indessen deutet wohl die eine Bemerkung, dass an den ausgebildeten Samenkörpern »die dickste Stelle der Ankerwurzel wie von zwei dünnhäutigen Flügeln eingefasst wird«, darauf hin. Auch scheint mir aus AUERBACH's etwas umständlicher Schilderung des Ansatzes der »Ankerwurzel« hervorzugehen, dass wir Beide im Grunde dasselbe meinen. Dort heißt es (l. c. p. 489): »Es erhebt sich nämlich an der hinteren Hälfte der rechtsseitigen querkonkaven Fläche des Kopfes eine Längsrippe als hervorragende Leiste, neben der Mittellinie, nämlich etwas näher dem dorsalen als dem ventralen Rande und von ersterem nach hinten hin etwas divergirend. In der Mittelgegend des Kopfes beginnend, wird sie bis zur Basallinie hin breiter und höher und wächst dann über diese hinaus nach hinten hin als ein freier, der rechten Seite der Schwanzwurzel lose anliegender, einem steifen schlank zugespitzten Haare ähnlicher Fortsatz.« Das Hervorwachsen des Fortsatzes soll eine »Verdünnung des Dorsalrandes am Basaltheile zur Folge haben, während in dem übrigen größeren Theile seiner Länge der Kopf den dicken Dorsalrand und keilförmigen Querschnitt beibehält«. Der »verdünnte Theil des Dorsalrandes« würde demnach meiner saumartigen Erhebung entsprechen, während ich von dem Begriff einer »Anker-

<sup>1</sup> AUERBACH fasst diese Spermien als »bilaterale Gebilde« auf und unterscheidet an ihnen einen »Dorsalrand« und »Ventralrand«, eine rechte und eine linke Seitenfläche.

wurzel« absehe und diesen Theil als verdickten unteren Abschnitt des einen Kopfrandes auffasse, der direkt in den Widerhaken übergeht.

Den Widerhaken bezeichnet AUERBACH ganz treffend als »Anker«, damit seine Bedeutung für die Verklammerung der Köpfe andeutend. Es sei daran erinnert, dass dieser Ankerhaken schon von EIMER beschrieben und abgebildet ist (siehe oben p. 472), was AUERBACH entgangen zu sein scheint.

Über die Bedeutung des Ankerhakens stellt AUERBACH einige Vermuthungen an, indem er sagt (l. c. p. 190, Anm.): »Ich habe in den von BALLOWITZ über das Coleopterensperma bekannt gegebenen Beobachtungen nach einer meinem Anker homologen Bildung gesucht. Zuerst glaubte ich, eine solche in seiner bei Hydrophilus und Cetonia beschriebenen »Wimpelfaser« zu finden, die jedoch nach seinen genauen Angaben nur ein Theilfaden des Schwanzes ist. Eher könnte der von ihm am Kopf von Copris lunaris, und zwar nur bei dieser Species beobachtete »Nebestreif« in Betracht kommen, obwohl nur bei Kantenstellung meines Objekts einige Ähnlichkeit und auch dann nur mit dem macerirten Copris-Spermium hervortritt, auch sonst noch Verschiedenheiten von Belang bemerklich sind.« An die von mir beschriebene »Wimpelfaser« ist hier nicht zu denken. Meiner Ansicht nach stellt der Ankerhaken von Dyticus ein eigenthümlich umgebildetes Rudiment des großen Kopfanhangs dar, welchen ich als eine Bildung sui generis an den Spermatozoenköpfen von Hydaticus, Graphoderes und Acilius oben beschrieben habe. Genaue entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen müssten hierüber entscheiden, eben so wie darüber, ob der von mir bei Copris lunaris aufgefundene Nebestreif ein gleichwerthiges Gebilde darstellt.

In Betreff der Geißel erwähnt AUERBACH nur den Unterschied zwischen dem vorderen und hinteren Abschnitt; den ersteren vergleicht er mit dem Mittelstücke der Vertebratenspermien und bezeichnet ihn als »Schwanzwurzel«. Auffällig erscheint mir, dass ihre »krausenartige Faltung« nur als »gelegentlich auftretend« bezeichnet wird, während an dem frischen Objekt doch gerade hier der Flimmerschlag am regelmäßigsten zu beobachten ist. Überhaupt scheint AUERBACH das konstante Flimmerphänomen des Saumes an der »Schwanzwurzel« nicht gesehen zu haben, wenn nicht die Bemerkung (l. c. p. 10), dass »man seltener an diesem Anfangstheil des Schwanzes eine schlängelnde Bewegung in flachen Biegungen und in gemächlichem Tempo sieht«, darauf Bezug hat. Ein »gemächliches Tempo« tritt aber nur bei absterbender Bewegung ein. Im Übrigen hat AUERBACH die anderen beiden Bewegungsformen richtig erkannt. Die von AUERBACH erwähnten »Nutationen« sind

indessen jedenfalls nur passive, durch Hebelwirkung bei Entstehung der gröberen Kontraktionen am Vorderstück der Geißel bedingte Erscheinungen.

Die Schilderung der Art und Weise, wie die Köpfe mit einander kopulirt sind, finde ich zutreffend. Nicht aber habe ich gesehen — ich betone dies ausdrücklich —, dass auch die »Schwanzwurzeln« kopulirt sind und »auf ungefähr die ersten zwei Drittel ihrer Länge zur theilweisen Deckung« kommen, wie es von AUERBACH angegeben wird. »Auf der Höhe des Paarungsaktes« fand ich vielmehr in den frischen Zupfpräparaten die »Schwanzwurzeln« stets frei und ihren nach innen gelegenen Flimmersaum in lebhaftester Bewegung.

Nach der »Dejugation« der Doppelspermien fand AUERBACH eben so wenig wie ich wesentliche morphologische Veränderungen an den getrennten Einzelspermien.

In einem wichtigen Punkte muss ich AUERBACH widersprechen. Während der genannte Forscher mit Recht begründet, dass die Konjugation erst im zusammengeknäuelten Vas deferens stattfindet, ist die Behauptung nicht richtig, dass »in der allerletzten Endstrecke des Nebenhodenschlauches und eben so im Receptaculum des Weibchens sich wieder nur Einzelspermien in unregelmäßiger Durchwirrung finden«. Aus meinen oben mitgetheilten Untersuchungen geht hervor, dass dies, besonders bei *Dyticus*, in einer großen Zahl der Fälle ja zutrifft. Ich habe aber auch sehr häufig in der Endstrecke des Vas deferens sowohl, wie im Receptaculum seminis des Weibchens sehr zahlreiche Doppelspermien, häufig sogar fast ausschließlich, angetroffen.

Die Bedeutung der Vereinigung sieht AUERBACH in einem während der Konjugation erfolgenden (aber nicht nachweisbaren) Stoffaustausch zwischen den verbundenen Köpfen, eine Hypothese, auf welche ich nicht weiter eingehen will. Als Zweck des Stoffaustausches wird »ein Ausgleich etwaiger Verschiedenheiten der Mischung und damit auch der vererblichen Qualitäten, als ein Mittel, die Variabilität einzuschränken«, angesehen. Zur Stütze dieser Hypothese zieht AUERBACH die bei den Insekten zur Beobachtung kommenden Spermiozeugmen heran, welche nach ihm dem gleichen Zwecke dienen sollen. Allerdings macht AUERBACH sich selbst den Einwand (l. c. p. 202), dass »die Konjugation im Nebenhoden von *Dyticus* doch noch etwas ganz Besonderes an sich hat, nämlich das Paarige, die Thatsache, dass sich immer nur zwei Individuen verbinden und zwar gesetzmäßig in einer Weise, die eben auch nur unter zweien möglich ist. Es erhebt sich desshalb die Frage, ob etwa eine ursprüngliche Dualität der Spermien, eine qualitative Verschiedenheit oder eine Art polaren Gegensatzes die Veranlassung sei

und einen Ausgleich in der Paarung suche. Irgend eine derartige Dualität der Anlage ist nun aber nicht ersichtlich gewesen, hat sich wenigstens im Morphologischen nicht kund gegeben«.

Dieses Besondere wird der Konjugation der Spermatozoen durch den von mir gemachten Befund von Drillingsspermien bei *Colymbetes* indessen so ziemlich genommen. Siehe hierüber den folgenden Nachtrag.

Greifswald, im Juni 1895.

### Nachtrag<sup>1</sup>.

Bei der günstigen Witterung des heurigen September glückte es mir, durch Vermittelung eines Sammlers eine Anzahl von kleineren Dyticiden, besonders Arten von *Acilius* und *Colymbetes*, zu erhalten. Ich habe diese Thiere, die entweder frisch gefangen waren oder nur kurze Zeit in der Gefangenschaft gelebt hatten, dazu benutzt, um die oben mitgetheilten Ergebnisse noch einmal nachzuprüfen. Mit Bezug auf die histologischen Einzelheiten habe ich nichts hinzuzufügen. Nur über das Vorkommen und die Entstehung der Spermatozoen und Spermatozoen möchte ich Folgendes nachtragen.

Unter den 16 Exemplaren von *Acilius sulcatus* L. und *A. fasciatus* Deg., welche ich erhielt, befanden sich zehn Männchen und sechs Weibchen. Bei allen Männchen war das zusammengeknäuelte, gelblich weiße Vas deferens strotzend mit Sperma erfüllt. Auch das hintere Endstück des Ganges kurz vor seiner Ausmündung zeigte sich durch eine reichliche Spermamenge erweitert. Wurde dieses letzte Stück zerzupft, so fanden sich stets Unmengen von Doppelspermien, dagegen nur sehr wenig Einzelspermatozoen. Die Doppelkörper zeigten lebhaftige Bewegung: am geraden Vorderstück flimmerte der Saum, während der größere hintere Theil der flimmernden Geißel spiralig eingebogen war, wie ich es in den Fig. 9—12 auf Tafel XXIII von *Dyticus* abgebildet habe.

Eben so habe ich im Receptaculum seminis der sechs Weibchen fast nur Spermatozoen gefunden. Das Receptaculum enthielt reichlich Sperma, so dass es etwas aufgetrieben war und gelblich weiß aussah.

<sup>1</sup> Durch das Entgegenkommen des Herrn Verlegers wurde mir ermöglicht, diesen Nachtrag in die Korrektur des Textes, sowie die Abbildungen 63—84 in die Tafelkorrektur einfügen zu können. Leider war der Stein der Tafel XXVIA für den Zusatz zu klein, so dass die Fig. 63—84 auf einer besonderen Tafel unter XXVIB gebracht werden mussten.

Die Doppelspermien lagen oft zu größeren Gruppen vereinigt zusammen, ohne dass daraus eigentliche, regelmäßige Spermiozeugmen hervorgingen. Die Doppelköpfe steckten dann in einer Substanz, welche wohl das Sekret der Drüsen des Receptaculum war.

Diese Befunde stehen in direktem Gegensatz zu den Angaben, welche AUERBACH von dem Sperma bei *Dyticus* gemacht hat (siehe hierüber oben p. 484). Ich kann daher, wie oben schon betont, auch nicht den allgemeinen Folgerungen, welche AUERBACH aus seinen Mittheilungen gezogen hat, beistimmen. Jedenfalls geht auch aus diesen meinen Befunden mit Bestimmtheit hervor, dass die Vereinigung zu Doppelspermien nicht ein »vorübergehender Paarungsakt« ist, der sich nur im Vas deferens der Männchen abspielt, wie es von AUERBACH behauptet ist. AUERBACH hat nicht genug *Dyticiden* untersucht, sonst hätte er sich von dem Vorkommen der Doppelspermien im Endstück des Vas deferens der Männchen und im Receptaculum der Weibchen überzeugen müssen.

Von *Colymbetes fuscus* L., *C. striatus* L. und *C. Paykullii* Erichs. standen mir 33 lebende Exemplare zur Verfügung, darunter 22 Weibchen und 11 Männchen. Bei zwei Weibchen war das Receptaculum seminis leer; einmal wurde das Sperma von einer abgestorbenen, verfilzten Masse gebildet. Bei den übrigen 19 weiblichen Exemplaren war die Samentasche mit reichlichem Sperma gefüllt.

Das herausgeschnittene Receptaculum wurde auf dem Objektträger in toto unter Zusatz von 0,75% iger Kochsalzlösung zerzupft und sofort untersucht. In dem Zupfpräparat waren stets die oben näher beschriebenen, eigenartigen Spermiozeugmen sehr zahlreich. Außerdem fanden sich zahlreiche Einzelspermien; eigentliche Doppel- und Drillingsspermien waren hier indessen selten. Nur einmal wurde das Sperma fast ausschließlich von Einzelspermien gebildet bei Anwesenheit von sehr wenigen Spermiozeugmen.

Die in einander gesteckten, unter sich verklebten Köpfe der Spermiozeugmen bilden mehr oder weniger lange Reihen; es können 3—25 und mehr Samenkörper hinter einander befestigt sein. Die längeren Kopfketten sind gewöhnlich leicht spiralig gebogen (Fig. 65 u. 66 auf Tafel XXVIB). Die zugehörigen Geißeln liegen schopfförmig neben einander, der ganze Schopf ist gleichfalls in wenigen langen Windungen spiralig gebogen. Durch den lebhaften Schlag und das Flimmern des Geißelschopfes bohren sich die sonderbaren Gebilde mit dem Kopfende voran in einer Spirale durch das umgebende Medium hindurch und bewegen sich so ziemlich schnell in geradliniger Richtung vorwärts. Bei der beträchtlichen Lokomotion der Spermiozeugmen kann es nicht

fehlen, dass sie alsbald auf irgend einen im Präparat befindlichen Gegenstand aufstoßen, z. B. ein Stück vom Fettkörper (Fig. 66 auf Tafel XXVIB bei *F*), das mit dem Receptaculum in das Präparat hineingerieth. Ist das geschehen, so wird, scheint es, die schlagende und flimmernde Bewegung der Geißeln noch lebhafter; binnen kurzer Zeit hat sich denn auch das vorderste Ende der Kopfreihe ein bemerkbares Stück weit in den Fremdkörper eingehohrt (Fig. 66). Bei diesen Bohrversuchen wird die Kopfreihe oft hin und her geschwenkt, so dass die einseitig angeheftete Geißelfahne zur Entfaltung kommt (Fig. 66 bei *a*). Man sieht dann sehr schön, dass die Geißeln einzeilig an der Kopfreihe sitzen und davon in regelmäßigen Abständen, entsprechend den einzelnen in einander gesteckten Köpfen, entspringen. Bisweilen zerbricht hierbei eine längere, von den Köpfen gebildete Nadel, die Theilstücke büßen aber scheinbar nichts von ihrer Bewegungsfähigkeit ein. Solche zwei- und dreigliedrigen Bruchstücke können echte Doppel- und Drillingsspermien vortäuschen<sup>1</sup>.

Diese Spermoeugmen verhalten sich in ihren Bewegungserscheinungen also genau eben so wie einfache Samenkörper: ein unbefangener Beobachter, welcher die Gebilde zuerst in Bewegung sähe, müsste sie für einfache, aber mehrschwänzige Samenkörper halten. Unzweifelhaft bohren sich die Spermoeugmen in der oben geschilderten Weise auch bei der Befruchtung in das Ei ein, wenn letzteres am Receptaculum vorbeipassirt. Ich habe oben schon darauf hingewiesen, dass es räthselhaft ist, wie hierbei eine Polyspermie des Eies vermieden werden soll, da die Köpfe alle in einander stecken und mit dem vordersten Kopfe, sobald er sich in das Ei eingehohrt hat, auch ein großer Theil des nächstfolgenden mit eingedrungen sein muss.

<sup>1</sup> Einen eigenthümlichen Befund machte ich einmal im Inhalt des Receptaculum eines Weibchens. Ich sah nämlich unter zahlreichen Spermoeugmen im Ganzen etwa acht bis zehn durch ihre Dicke auffallende Fäden von ziemlich derselben Länge wie die Spermoeugmen. Diese Fäden waren um ein Vielfaches dicker als die gewöhnlichen Spermatosomengeißeln und zeigten bei stärkerer Vergrößerung eine sehr deutliche Längsstreifung. Das Merkwürdige war an ihnen, dass sie sich, gleich einfachen Samenkörpern, durch lebhafte seitliche Einbiegungen vorwärts bewegten. Anfangs glaubte ich, es mit einer anderen Form von Samenkörpern oder mit sogenannten Riesenspermatozoen zu thun zu haben. Indessen halte ich es für das Wahrscheinlichste, dass diese ganz auffällig dicken Fäden dadurch entstanden sind, dass die Geißeln von Spermoeugmen durch eine wohl vom Receptaculum gelieferte Masse mit einander verklebt wurden, ohne dass ihre Kontraktilität dadurch aufgehoben wurde. Diesen Befund hatte ich nur einmal. Häufiger dagegen traf ich im Receptaculum unbewegliche, kleinere oder größere, helle, streifige Spindeln und Fäden an, welche jedenfalls wohl von Sekreten der Drüsen des Receptaculum gebildet wurden.

Jedenfalls ist so viel klar, dass die physiologische Aufgabe dieser merkwürdigen Spermoeugma-Bildungen darin besteht, die Bewegungsenergie der Samenkörper zu erhöhen und das Eindringen der Spermastanz in das Ei zu erleichtern. Die Bewegungseffekte der einzelnen Geißeln summieren sich, während gleichzeitig durch die Gestalt der ziemlich starren Kopfreihe die Bewegungsform normiert wird. Es wäre also bei *Colymbetes* zum ersten Male gelungen, einen bestimmten Aufschluss über die Bedeutung einer Form der bei den Insekten eben so verbreiteten, wie im Allgemeinen räthselhaften Spermoeugmen<sup>1</sup> zu erlangen.

Einen überraschend anderen Befund erhielt ich auch jetzt (vgl. oben im Text) regelmäßig, wenn ich den Inhalt des hintersten, meist durch Sperma etwas aufgetriebenen Endstückes des Vas deferens der Männchen untersuchte<sup>2</sup>.

Schon mit bloßem Auge erkennt man in dem unter Zusatz von physiologischer Kochsalzlösung angefertigten Zupfpräparat eine große Anzahl kleinster, weißer Pünktchen, welche sich durch Umrühren mit der Nadel nicht weiter zerkleinern lassen. Bei Untersuchung mit schwacher Vergrößerung erweisen sich die Pünktchen als lebhaft bewegliche Spermoeugmen von ganz anderer Form, wie sie aus dem Receptaculum der Weibchen von mir beschrieben sind.

Um diese Bildungen möglichst unverändert zu erhalten, empfiehlt es sich, zunächst ohne Deckglas bei schwächerer Vergrößerung zu untersuchen. Man sieht dann, dass zahllose langcylindrische Walzen in dem Präparat herumliegen, die von vielen neben einander gelagerten Spermatozoen gebildet werden. Je nach der Zahl der sie zusammensetzenden Elemente sind die Bildungen verschieden groß. Die Köpfe der Samenkörper liegen am vorderen Ende einer jeden Walze dicht neben einander und alle ziemlich in einer und derselben Ebene (Fig. 63 auf Tafel XXVIB). Sie gehören aber nicht Einzelspermatozoen an, vielmehr liegen die Samenkörper, mit den Köpfen vereinigt, zu kleineren und größeren Gruppen zusammen (vgl. auch Fig. 81—83 auf Taf. XXVIB). Die einzelnen Köpfe dieser Gruppen werden zusammengehalten durch eine Substanz, welche in Form eines hellglänzenden Stäbchens erscheint. Die vorderen Kopfenden sehen stiftartig aus diesen Gruppen hervor. Ich komme hierauf bei Besprechung der Entstehung dieser Gebilde noch zurück. Die Gruppen werden unter sich wieder zusammengehalten durch eine wenig auffällige Masse; vielleicht trägt hierzu auch die zuerst erwähnte Klebmasse mit bei.

<sup>1</sup> Vgl. hierüber diese Zeitschr. Bd. L. p. 383.

<sup>2</sup> Dieser Befund wurde ausnahmslos bei allen Männchen gemacht.

In feinen Querschnitten durch das Vas deferens erhält man auch die Querschnitte durch die Kopfplatten, welche ein sehr zierliches Bild geben. Die ganze Querschnittfläche einer Kopfplatte setzt sich zusammen aus vielen kleinen, sternförmigen Feldern, welche dicht neben einander liegen. Das kreisförmige Innere der Sternchen entspricht der Kittmasse und färbt sich mit Alaunkarmin und Hämatoxylin nur wenig. Um diese Kreise liegen die intensiv gefärbten Querschnitte von drei bis acht und mehr Köpfen in sehr regelmäßiger Anordnung herum. Bisweilen fließen die Querschnittsfiguren mehr zusammen.

Von der durch Vereinigung der Köpfe gebildeten Platte gehen nun die frei beweglichen Geißeln aus, welche sich in Spiralen zu einem länglich cylindrischen, nicht selten in seiner Begrenzung etwas unregelmäßigen Gebilde zusammenlegen. Aus dem hinteren Ende dieser Gebilde starren die geraden Endstücke besenartig hervor. Alle Geißeln zeigen nun einen lebhaften Flimmerschlag, welcher an den Geißelspiralen von vorn nach hinten entlang läuft; nur das Endstück bleibt geradlinig (Fig. 63 auf Tafel XXVI B). Durch den Flimmerschlag werden die Cylinder, mit den Köpfen voran und zwar um ihre Längsachse spiralig rotirend, mäßig schnell vorwärts getrieben. Bisweilen geräth der hintere Theil der Geißeln in Unordnung oder setzt sich irgend wo fest; alsdann wickelt sich ein großer Theil des Cylinders in Folge der spiraligen Rotation zu einem dünnen, seilartigen Strange zusammen. Stößt der vordere Theil der rotirenden Körper auf einen Gegenstand, so breiten sich die Geißeln oft straußartig aus (Fig. 64 auf Tafel XXVI B). Sehr leicht tritt dies ein, wenn man unter dem Deckglase untersucht: bald ist der größte Theil der Spermatozoen mit den Köpfen an der Glasfläche sitzen geblieben, manche Spermatozoen haben dabei auch die Form einer flachen, fast kreisförmigen Spirale angenommen. Hier entwickelt sich dann alsbald in den Geißelmassen jenes prachtvolle Flimmerphänomen, welches ich oben beschrieben habe (siehe hierüber oben p. 478; vgl. auch Fig. 62 auf Tafel XXVI A)<sup>1</sup>. Ich habe mich auch jetzt davon überzeugt, dass die isochronen, so regelmäßigen Einbiegungen der flimmernden Geißelmassen (Fig. 62) eines Spermatozoen alle in einer Ebene erfolgen.

Wir haben es hier also mit einer ganz anderen Form von Spermatozoen zu thun, als sie im Receptaculum der Weibchen sich vorfinden. Sehr merkwürdig ist nun, dass ich die Cylinderform nur im Vas deferens der Männchen, die Nadelform ausschließlich bei den Weibchen gefunden habe. Niemals habe ich auch nur Bruchstücke der

<sup>1</sup> Die Bündel, von welchen oben im Text p. 469 und 478 die Rede ist, sind eben die Spermatozoen.

Cylinder im Inhalt des Receptaculums angetroffen. Und doch muss man wohl annehmen, dass die Nadelform aus der anderen hervorgeht. Ich denke mir, dass dies in der Weise vor sich geht, dass die Köpfe sich in ihrem Zusammenhange neben einander lockern und hinter einander rücken, um sich dabei mit den Spitzen in die Konkavitäten der respektiven Kopfanhänge zu legen (vgl. Fig. 15 und 16 auf Tafel XXIII). Jedenfalls spielt die glänzende Kittmasse hierbei eine Rolle; denn sie lässt sich an den Nadeln meist noch in Form kleiner Tröpfchen durch Färbung nachweisen und trägt jedenfalls auch dazu bei, die Kopfreihen zusammenzuhalten. Merkwürdig bleibt dabei immerhin, dass die Geißeln so regelmäßig einzeilig gelagert sind.

Wo findet nun diese Umlagerung statt? Weder bei den Männchen noch den Weibchen habe ich dafür Anhaltspunkte gewonnen. Ich vermute, dass die Umlagerung während der Kopulation oder kurz nach derselben im weiblichen Genitalapparat vor sich geht. Jedenfalls spielt sie sich nicht bei dem Männchen ab.

Aus Obigem geht hervor, dass bei den *Colymbetes*-Arten zwei gänzlich differente Spermoeugmen-Formen von verschiedener physiologischer Dignität beobachtet werden, von denen sich die eine (Cylinderform) nur bei den Männchen, die andere (Nadelform) nur bei den Weibchen vorfindet. Die erstere mag als Spermoeugma erster Ordnung, die letztere als Spermoeugma zweiter Ordnung bezeichnet werden. Diese Thatsache steht bis jetzt einzig da, da man bei den einzelnen Insekten-Gattungen stets nur eine Form beobachtet hat<sup>1</sup>; ihr Aussehen und ihre Zusammensetzung ist allerdings je nach der Art sehr verschieden. Während sich bei *Colymbetes* die Aufgabe der im Receptaculum vorkommenden Spermoeugmen leicht erkennen lässt, ist die Bedeutung der Cylinderform nicht recht klar; man müsste denn annehmen, dass durch diese Zusammenlagerungen der reguläre Export der Spermatozoen von dem Männchen auf das Weibchen bei der Kopulation erleichtert wird. Jedenfalls stehen die Spermoeugmen erster Ordnung mit der Befruchtung in keinem Zusammenhange.

Schließlich will ich noch einige Angaben über die Bildung der cylinderförmigen Spermoeugmen erster Ordnung machen. Bei der Untersuchung ging ich folgendermaßen vor. Der ganze männliche Genitalapparat wurde sorgfältig herausgeschnitten und unter Zusatz von physiologischer Kochsalzlösung auf einen Objektträger gebracht. Sodann präparierte ich mit Nadeln die Windungen des Vas deferens auf jeder Seite frei und streckte den ganzen Genitalschlauch auf dem Ob-

<sup>1</sup> Vgl. hierüber diese Zeitschr. Bd. L, p. 383.

jektträger gerade aus, was meist keine Schwierigkeiten machte. Die Länge des mit Sperma erfüllten, gelblich-weißen Theiles des Vas deferens war bei den einzelnen Individuen verschieden und hing ab von der Intensität der Spermaproduktion; sie schwankte zwischen 65 bis 440 mm. Ich verfuhr nun in der Weise, dass ich zunächst den Inhalt der hintersten Endstrecke des Vas deferens feststellte, der stets von den Spermoeugmen erster Ordnung gebildet wurde. Sodann untersuchte ich das vorderste Ende und ging von hier aus von Strecke zu Strecke nach hinten hin vor, indem ich kleinere Abschnitte aus dem Vas deferens herausschnitt. Im vordersten Ende, am Übergang in den Hodenschlauch, traf ich stets isolirte Samenkörper, die unregelmäßig durch einander lagen. Die Geißeln zeigten noch keine oder nur geringe Bewegungserscheinungen; auch die Köpfe boten nichts Auffälliges dar, der Kopfanhang war schon ausgebildet. In diesem Zustande verharrete die Spermamasse eine Strecke weit; die Bildungszone der Doppelspermien begann an wechselnder Stelle im Bereiche der vorderen Hälfte des Vas deferens. Untersuchte ich vorsichtig angefertigte Zupfpräparate aus dieser Gegend, so traf ich schon vereinzelte Spermoozygien an. Bei genauer Betrachtung dieser Doppelgebilde mit starken Vergrößerungen erkannte ich eine hell glänzende, anscheinend homogene Zwischensubstanz, welche die Köpfe mit einander verband (Fig. 84 auf Taf. XXVIB). Diese Zwischensubstanz ist Anfangs noch unregelmäßig, so dass man tropfenartige Hervorragungen an ihr sieht (Fig. 78, 79, 80 auf Taf. XXVIB). Erst später wird sie mehr regelmäßig und nimmt die Form eines glänzenden, schmalen Stäbchens an (Fig. 84 bis 83). Auch die Prüfung der noch zahlreichen Einzelspermatozoen dieser Strecke führte zu einem wichtigen Ergebnis. Ich sah nämlich, dass der mittlere Abschnitt ihres geraden Kopfrandes uneben geworden war. Hier war eine Substanz zur Ausbildung gekommen, welche Anfangs nur in Form einer leichten Verdickung des Randes erschien. An vielen Köpfen war sie aber bereits voluminöser geworden und trat in Form kleinerer oder größerer Tröpfchen und buckelförmiger Hervorragungen auf (Fig. 67—73 auf Taf. XXVIB). Die Tröpfchen können relativ groß werden (Fig. 70, 72). Die Spitze des Kopfes bleibt stets frei, eben so der unterste Theil des Randes. Hier habe ich oft ein kleines kugelförmiges Tröpfchen gesehen, welches die Masse gewissermaßen nach unten hin abschloss. Dieses Tröpfchen ist nicht etwa zu verwechseln mit einem Endknopf der Geißel, der bei den Dyticiden fehlt; auch bleibt das Tröpfchen an den Köpfen sitzen, wenn sich die Geißel abgelöst hat. Die eigenthümliche, am Kopfrande zur Ausbildung kommende Substanz ist glänzend und anscheinend homogen. Sie färbt

sich im frischen Präparat intensiv mit Gentianaviolett und tritt dann sehr deutlich hervor (Fig. 67—84 auf Taf. XXVIB). Die Masse scheint sehr klebrig zu sein und die Eigenschaft zu haben, mit Theilen der gleichartigen Substanz leicht zusammenzufließen, während sie an andersartigen Stoffen nicht so leicht haften bleibt. Gleiten nun die Köpfe der Einzelspermien, sei es in Folge der jetzt auftretenden Eigenbewegungen, sei es in Folge des Sperma-Nachschubes, an einander vorbei, so fließen die Klebemassen der Köpfe zusammen; die Konjugation zu Doppelspermien wäre damit eingeleitet. Solche Vorstadien zur Konjugation sind auf dieser Strecke des Vas deferens sehr häufig (vgl. Fig. 74—77). Sobald der Kontakt der Klebemassen eingetreten ist, scheinen die Köpfe gewissermaßen an einander emporzurutschen, bis sie sich in genau gleicher Höhe befinden, d. h. bis die beiden Spitzen gleich weit nach vorn vorragen. Man trifft auch in den hinteren Abschnitten des Vas deferens noch sehr oft Doppelspermatozoen, an welchen sich die beiden Köpfe noch nicht im gleichen Niveau befinden, so dass die eine Spitze mehr oder weniger hinter der anderen zurückbleibt (Fig. 76—77).

Eben so wie zwei Köpfe zur Vereinigung kommen, können sich auch drei Spermien zu einem Drillingsspermiosom durch Vermittelung der Klebemasse zusammenschließen. Auch solche Anfangsstadien habe ich mehrfach gesehen. Häufiger scheinen allerdings die Drillingsspermien dadurch zu entstehen, dass sich unter dem Einfluss der Klebemasse an ein bereits gebildetes Doppelspermiosom ein Einzelspermium heranschiebt (Fig. 77).

Trifft es sich glücklich, so können nach Entwicklung der Klebemasse auch mehrere Köpfe zusammenstoßen, so dass daraus mehrfache Verkuppelungen entstehen. Solche Bildungen sind aber in der Übergangszone im Vas deferens noch selten. Je weiter nach hinten, um so häufiger werden sie. Hier entstehen sie aber dadurch, dass Doppel- und Drillingsspermatozoen an einander rücken und durch Vermittelung der Klebemasse zur Vereinigung kommen (Fig. 82—83). Diese Verbindungen schließen sich dann wieder zu größeren Gruppen zusammen, die um so zahlreicher und um so reicher an Einzelindividuen werden, je mehr man sich dem Ende des Vas deferens nähert. In der Nähe des Endstückes trifft man daher nur noch selten einfache, sowie Doppel- und Drillingsspermatozoen an. Sehr bemerkenswerth ist, dass die in dem Endstücke übrig gebliebenen Einzelspermatozoen gewöhnlich große Tropfen von Klebemasse an ihrem Kopf besitzen, durch deren Vermittelung sie meist wohl auch noch den Anschluss an die größeren Gruppen erreichen. In dieser Weise gehen schließlich aus der Ver-

einigung der größeren Gruppen die Spermoeugmen erster Ordnung hervor.

Aus dem geschilderten Entwicklungsgang scheint mir als wichtige Folgerung hervorzugehen, dass die Doppel- und Drillingspermatozomen nur eine Vorstufe der Spermoeugmen sind, gewissermaßen die einfachste Form dieser Bildungen darstellen. Hierfür spricht auch, dass die Bildung der Spermoeugmen bei den übrigen Dyticiden, bei welchen keine eigentlichen Spermoeugmen vorkommen, in derselben Weise durch Vermittelung genau derselben Klebmasse vor sich geht, so weit ich mich wenigstens bei *Acilius* davon überzeugen konnte. Leider stand mir hierzu kein genügendes Material mehr zur Verfügung. Bei diesem Schwimmkäfer tritt die Klebmasse aber zuerst am Kopfanhang auf, so dass in einem bestimmten Abschnitt des Vas deferens jedes Spermatozom mit einem großen, intensiv sich färbenden, oft etwas unregelmäßigen Tropfen versehen ist, der bisweilen auch in einige kleinere zerfällt. Von dem Kopfanhang scheint sich dann die Klebmasse mehr auf den Kopf zu vertheilen. Auch hier habe ich alle Anfangsstadien der gegenseitigen Verkuppelung beobachtet, die durch Zusammenfließen der Klebmasse vermittelt wurde. Anfangs haften die Köpfe gewöhnlich noch sehr unregelmäßig an einander, wie sie gerade auf einander treffen; erst später fügen sie sich allmählich in der geschilderten regelmäßigen Weise zusammen. Auch AUERBACH<sup>1</sup> hat bei *Dyticus* an der Spitze des Ankerfortsatzes ein ganz konstant auftretendes protoplasmatisches Tröpfchen gesehen, welchem er eine Bedeutung für die Vermittelung der Kopulation beilegt. Aus allen diesen Gründen kann ich die Doppelspermatozoen nicht als etwas Besonderes ansehen, ich rechne sie vielmehr zu den Spermoeugmen, deren einfachste Form sie darstellen.

Eine weitere Frage ist, woher die Klebmasse stammt und aus welcher Substanz sie besteht. Man könnte daran denken, dass sie von dem Spermatozomenkern (Kopf) abgeschieden würde oder durch Umwandlung seiner Substanz entstände. Wahrscheinlicher aber ist es, dass sie protoplasmatischer Natur ist. Es ist wohl anzunehmen, dass dem Kopfe noch eine geringe Menge Protoplasma anhaftet, welche dann schnell auswächst und sich zu der eigenthümlichen Klebmasse umbildet. Auch AUERBACH kommt zu dem Resultat, das bei *Dyticus* an dem Ankerfortsatz auftretende Tröpfchen für protoplasmatischer Natur zu erklären.

Wenn man sich den oben geschilderten Vorgang der Konjugation

<sup>1</sup> l. c. p. 492 u. 499.

bei Colymbetes überlegt, so ist eine aktive Betheiligung der Klebemasse kaum auszuschließen. Ich habe nun allerdings keine weiteren Beweise hierfür, da ich an ihr keine amöboiden Bewegungen wahrgenommen habe, obwohl die Form der Tröpfchen oft unregelmäßig war. Wie will man sich aber anders erklären, dass die Zusammenlagerungen zu Doppelspermien stets so regelmäßig ausfallen? Dass die mechanischen Verhältnisse des Kopfes dies nicht bedingen, dafür habe ich, wenigstens bei Colymbetes, einen ganz bestimmten Beweis. Ich beobachtete nämlich nicht selten, dass die Spermatozoonköpfe durch Vermittelung der Klebemasse in entgegengesetzter Richtung zusammenklebten, so dass die Geißeln nach entgegengesetzter Richtung sahen. Fig. 84 auf Tafel XXVIB zeigt z. B. ein Doppelspermium, mit welchem ein einfacher Samenkörper in entgegengesetzter Richtung vereinigt ist. Die beiderseitigen Klebmassen sind zusammengeflossen und vermitteln den Zusammenhalt. Hier kann also nur die eigenartige Zwischensubstanz die Ursache der Vereinigung sein. Solche abnorme Bildungen habe ich in seltenen Fällen auch unter den Spermiozeugmen aus dem Endstück des Vas deferens gefunden. Bei einem Männchen waren diese Bildungen sogar sehr häufig, fast in der Mehrzahl. Von den in einer Ebene zusammenliegenden Köpfen gingen nach beiden Seiten hin lebhaft bewegliche Geißelbündel aus, die meist verschieden stark waren. Das stärkere Geißelbündel gewann bei der Bewegung die Oberhand und trieb das ganze absonderliche Gebilde, mit dem sich umbiegenden schwächeren Geißelschopf voran, vorwärts. Jedenfalls waren bei diesem Thiere im Vas deferens perverse Spermabewegungen bei der Bildung der Spermiozeugmen eingetreten.

Alle diese Fragen fordern zu weiteren Untersuchungen auf. Jedenfalls dürfte durch die obigen Mittheilungen aus dem unerschöpflichen Gebiet spermatologischer Forschung wiederum eine Anzahl Thatsachen aufgedeckt sein, welchen eine weitergehende Bedeutung und ein allgemeineres Interesse nicht versagt werden kann.

Greifswald, im Oktober 1895.

---

### Erklärung der Abbildungen.

#### Tafel XXIII.

Alle Figuren sind ziemlich in demselben Größenverhältnis bei schwächerer Vergrößerung (WINKEL, Obj. 8, Oc. 3) gezeichnet. *v*, vorderer Abschnitt der Geißel. Der Flimmersaum im Bereiche des Vorderstückes der Geißel ist in allen Figuren dieser Tafel fortgelassen (vgl. Fig. 51 auf Taf. XXVIA).

Fig. 1 u. 2. Doppelspermatozoen (Spermosyzygien) aus dem Vas deferens von *Dyticus marginalis* L., frisch in physiologischer Kochsalzlösung untersucht. Die kopulirten Köpfe sind von der Fläche gesehen. Die Geißel ist im Verhältnis noch zu kurz gezeichnet. *v*, vorderer Abschnitt der Geißel.

Fig. 3. Dessgleichen aus dem Vas deferens von *Colymbetes fuscus* L.

Fig. 4. Drillingspermatosom aus dem Vas deferens von *Colymbetes fuscus* L.

Fig. 5. Doppelspermatosom aus dem Vas deferens von *Acilius sulcatus* L. nach einem mit Gentianaviolett gefärbten Deckglas-Trockenpräparat, welches von frischem, durch Osmiumsäuredämpfe fixirtem Sperma angefertigt wurde.

Fig. 6 u. 7. Dessgleichen aus dem Receptaculum seminis eines Weibchens von *Acilius sulcatus* L., frisch in physiologischer Kochsalzlösung untersucht.

Fig. 8. Doppelspermatosom aus dem Vas deferens von *Hydaticus stagnalis* F., frisch in physiologischer Kochsalzlösung untersucht.

Fig. 9—11. Doppelspermatozoen aus dem Vas deferens von *Dyticus marginalis* L., frisch in physiologischer Kochsalzlösung untersucht. Die Geißeln sind zu mehr oder weniger regelmäßigen Spiralen zusammengerollt, nur ihr vorderer Abschnitt bleibt stets gerade gestreckt. Die kopulirten Köpfe sind von der Fläche gesehen.

Fig. 12. Dessgleichen; die Geißeln sind bis auf ihr Vorderstück ringförmig zu einer flachen, lebhaft flimmernden Spirale zusammengerollt, aus welcher nur das hintere Geißelende hervorragt. Die kopulirten Köpfe befinden sich in Kantensicht; die Widerhaken der Köpfe sind nicht gezeichnet.

Fig. 13. Einzelspermatosom nach der Kopulation; sonst wie Fig. 12. *W*, Widerhaken des Kopfes.

Fig. 14. Aus dem Receptaculum seminis eines Weibchens von *Colymbetes fuscus* L., frisch in physiologischer Kochsalzlösung untersucht. Drei Einzelspermatozoen sind zu einem sich lebhaft vorwärts bewegenden Gebilde vereinigt, indem sich die Köpfe der beiden hinteren Samenkörper an der Geißel des nächst höheren Samenkörpers hinaufgeschoben haben.

Fig. 15. Aus dem Receptaculum seminis von *Colymbetes striatus* L., frisch in physiologischer Kochsalzlösung untersucht. Eine Anzahl Köpfe von Einzelspermatozoen haben sich in einander geschoben, so dass ein längeres, nadelförmiges Gebilde mit frei hervorragenden Geißeln (Spermozeugma) entstanden ist.

Fig. 16. Dasselbe nach Fixirung durch Osmiumsäuredämpfe und Färbung mit Gentianaviolett. Man erkennt die gegenseitige Verbindung der Köpfe.

#### Tafel XXIV.

Alle Figuren sind nach mit Gentianaviolett gefärbten Präparaten bei starker Vergrößerung (WINKEL'S homogene Immersion 1/24, Oc. 3, ZEISS apochrom. homog. Immers. 3,0 mm, Apert. 1,40, Oc. 12) gezeichnet, in ziemlich demselben Größenverhältnis, wie die Figuren auf den Tafeln zu meiner Arbeit über die Insekten-Spermatozoen (siehe diese Zeitschr. Bd. L, p. 399, 4890).

Fig. 17—24. Aus dem Vas deferens von *Hydaticus stagnalis* F.

Fig. 17. Doppelspermatosom (Spermosyzygie), frisch durch Osmiumsäuredämpfe fixirt und mit Gentianaviolett gefärbt. Die beiden Köpfe sind fest an einander gelegt, so dass die Spitze des einen Kopfanhanges (rechts in der Zeichnung) nach oben, die des anderen nach unten (links) gerichtet ist. Der vordere Theil (*v*) der Geißel erscheint mehr gerade gestreckt und ist mit krausenförmigen Umbiegungen des einen Randes versehen.

Fig. 18. Kopf und vorderer Geißeltheil, aus einem durch Osmiumsäuredämpfe zuvor fixirten, mit Gentianaviolett gefärbten Deckglastrockenpräparat. *k*, Kopf; *kg*, Kopfanhang mit dem umgeschlagenen, dreieckigen, intensiv gefärbten Randtheil; zwischen letzterem und dem Kopf ein heller schmaler Spalt; *z*, Zahnvorsprung am Kopf; *Rf*, gerader, von dem Kopfanhang abgewandter Rand der Geißel, welcher einen nach oben hin deutlichen, sehr schmalen, zarten Saum erkennen lässt, welcher dicht unterhalb des Zahnvorsprungs am Kopfe aufhört (*S<sub>1</sub>*); *Sf*, wellenförmig eingebogener, im oberen Theil dagegen gerade gestreckter, gegen den Kopfanhang gerichteter Rand, welcher im vorderen Theil der Geißel von einem blassen zarten, nach hinten hin unter Verschmälerung aufhörenden Saum (*S*) überragt wird.

Fig. 19. Wie Fig. 18. Aus einem mit Gentianaviolett gefärbten Präparat, welches  $4\frac{1}{2}$  Wochen in gefärbtem Zustande in Wasser unter dem Deckglase gelegen hatte. Am Kopf sind die vorher intensiv tingirten Theile verblasst; nur der untere Theil des Kopfanhanges (*u*) grenzt sich durch intensivere Färbung deutlich ab; statt des hellen Spaltes eine dunkle Linie.

Fig. 20. Aus demselben Präparat wie Fig. 19. Die beiden Köpfe eines Doppelspermiosoms haben sich getrennt und berühren sich nur noch mit den Hypotenusenrändern. Der freie Rand des unteren Theiles (*u*) des Kopfanhanges ist unregelmäßig eingeschnitten. Der Saum (*S*) des Anfangsstückes der Geißel deutlich. Die beiden Ränder der Geißel treten als Fasern hervor (*Rf* und *Sf*); an dem rechten Geißelstück haben sich die Faltungen der Saumfaser (*Sf*) ausgeglichen, so dass dieselbe geradlinig parallel der Randfaser (*Rf*) verläuft.

Fig. 21 u. 22. Aus einem Präparate, welches in gefärbtem Zustande in Wasser 14 Tage unter dem Deckgläschen gelegen hatte. Fig. 21 vorderer Theil eines Doppelspermiosoms, Fig. 22 ganzes Doppelspermiosom. Die Köpfe und Geißeln haben sich der Deckglasfläche dicht angelegt. Zugleich haben sich die vorderen Abschnitte der Geißeln parallel dicht neben einander gelagert, so dass ein breites Band gebildet wird. In demselben sieht man die beiden geraden Randfasern und die in zierliche, meist sehr gleichmäßige, wellenförmige Einbiegungen gelegten, intensiver gefärbten Saumfasern (*Sf*), welche nach außen von dem hellen Saume überragt werden. Bei *x* hört der Saum auf, so dass die Saumfaser (*Sf*) hier kontinuierlich auf den einen Rand des hinteren größeren Geißelabschnittes übergeht. In Fig. 21 sind die Köpfe noch in Vereinigung, während die Kopfanhänge sich abgewickelt haben; in Fig. 22 ist die Lockerung der Köpfe noch weiter vorgeschritten. *Rf*, gerade Randfaser im hinteren Geißeltheile.

Fig. 23 u. 24. Macerationen unter dem Deckglase in 0,750/iger Kochsalzlösung. Zerfall der Geißeln zweier Doppelspermatozoen in Fasern und Fibrillen. In Fig. 23 haben sich die Köpfe bereits völlig von einander getrennt, in Fig. 24 sind sie noch in Konjugation, aber sehr verblasst (siehe Fig. 19 u. 20). Zusammensetzung der Geißel aus der Randfaser (*Rf*), Mittelfaser (*Mf*) und Saumfaser (*Sf*). In Fig. 24 hat sich am vorderen Ende der linken Geißel eine Elementarfibrille (*Fb*) abgelöst; bei *x* Zerfall der ganzen Geißel in feinere und feinste Fasern. Der Saum war hier noch nicht als Wimpelfaser zur Ablösung gekommen.

#### Tafel XXV.

Spermatozoonköpfe mit den vorderen Geißelabschnitten von *Hydaticus stagnalis* F. Vergrößerung ziemlich wie auf der vorigen Tafel, nur die Fig. 26, 34 u. 35 sind etwas kleiner gezeichnet. *G*, Färbung mit Gentianaviolett.

Fig. 25. Einzelner Kopf mit vorderem Geißelende, Flächenansicht. Gentianaviolett. *k*, Kopf mit Endverdickung; *z*, Zahnvorsprung; *kg*, Kopfanhang mit dem intensiv gefärbten, umgebogenen, dreieckigen Randtheil; *S*, Saum; *S*<sub>1</sub>, saumartige Erhebung des geraden Randes der Geißel.

Fig. 26. Wie vorige Figur. Kantenansicht.

Fig. 27. Köpfe eines Doppelspermatosoms in fester Vereinigung. Gentianaviolett. *kf*, an der Spitze des Doppelkopfes befindliche, kugelige, intensiv gefärbte (später verschwindende) Anhäufung.

Fig. 28. Dessgleichen.

Fig. 29. Doppelspermatosom. Gentianaviolett. Die Köpfe noch in Vereinigung, während sich die dreieckigen Kopfanhänge schon von einander abgewickelt haben. *kf* wie in Fig. 27.

Fig. 30. Die beiden Köpfe haben sich bis auf ihre Spitzen von einander gelockert, während die Umwicklung der Kopfanhänge noch besteht. Gentianaviolett.

Fig. 31. Die beiden Köpfe haben sich ganz von einander getrennt, während sich die Kopfanhänge mit ihren freien Rändern an einander verhakt haben. Die kugelförmige Anhäufung an der Spitze der Köpfe ist in zwei Hälften zertheilt, so dass jedem Kopfe ein Spitzenknopf (*kf*, *kf*) aufsitzt. Gentianaviolett.

Fig. 32. Wie Fig. 30. Nach einem mit Gentianaviolett tingirten Deckglas-trockenpräparat.

Fig. 33. Nach einem mit Gentianaviolett tingirten Deckglas-trockenpräparat, welches längere Zeit am Lichte gelegen hatte und stark verblichen war. Der Doppelkopf entfärbt, so dass man sieht, wie die noch intensiv gefärbten Geißelspitzen bis nahe an seine Mitte vordringen.

Fig. 34. Die beiden Köpfe bis auf die Spitzen von einander getrennt. Die Umwicklung der Kopfanhänge zum Theil gelöst.

Fig. 35. Zwei Spermatozoen nach Lösung ihrer Konjugation. Rechts blickt man in die konkave, links auf die konvexe Fläche des Kopfanhanges. *S*, Saum des vorderen Geißelabschnittes, an dem links liegenden Samenkörper, entsprechend den Faltungen der Saumfaser, regelmäßig eingebogen.

Fig. 36—45. Aus Präparaten, welche unter dem Deckglas in 0,75%iger Kochsalzlösung macerirt wurden. Gentianaviolett.

Fig. 36. Die wellenförmig gebogene Saumfaser hat sich mit dem zarten Saum (*S*) von einer zweiten Faser abgelöst.

Fig. 37. Dessgleichen; bei *x* löst sich das hintere Ende des Saumes (*S*) von der Saumfaser (*Sf*) ab.

Fig. 38. Der Saum (*S*) hat sich in seiner ganzen Länge abgelöst. *Sf*, Saumfaser.

Fig. 39. Wie vorige Figur.

Fig. 40. Kopf von der Kante. Die gerade, weniger gefärbte Faser hat sich an einer Stelle in Rand- und Mittelfaser zerlegt. Sonst wie Fig. 38.

Fig. 41. Rand- und Mittelfaser auf eine größere Strecke hin von einander getrennt, zu einer Schleife gebogen; sonst wie Fig. 38.

Fig. 42. Wie in voriger Figur.

Fig. 43. Kopf und vordere Hälfte der Geißel eines Samenkörpers, deren Geißel in ganzer Ausdehnung in die drei Hauptfasern, Saumfaser (*Sf*), Mittelfaser (*Mf*) und Randfaser (*Rf*) zerfallen war. Auch der Saum (*S*) war zur Ablösung gekommen. Zum Theil bestand bereits ein weiterer Zerfall der Fasern.

Fig. 44. Wie Fig. 40. An einer Stelle hat sich eine feinste Fibrille (*Fb*) abgelöst.

Fig. 45. Vorderer Geißelabschnitt, zum Theil in feine und feinste Fasern zerfallen. Borstenförmige Spitze am vorderen Ende der Geißel.

#### Tafel XXVIA.

Vergrößerung wie auf Taf. XXV; nur Fig. 55, 56, 59 und 62 bei schwächerer Vergrößerung gezeichnet.

Fig. 46—54. Aus dem Vas deferens von *Dyticus marginalis* L.

Fig. 46 u. 47. Kopf und Anfangsstück der Geißel von der Fläche; der Widerhaken am hinteren Rande des Kopfes sichtbar. *S*, zarter Saum. In Fig. 46 ist die Saumfaser in zierliche wellenförmige Einbiegungen gelegt, in Fig. 47 ist sie gerade gestreckt. Fig. 46 nach einem durch Osmiumsäuredämpfe fixirten, mit Gentianaviolett gefärbten Deckglastrockenpräparat, Fig. 47 nach einem frischen, ungefärbten Präparat.

Fig. 48—50. Isolirte Köpfe mit Widerhaken, von der Fläche gesehen. Gentianaviolett.

Fig. 51. Köpfe und vordere Geißelenden eines Doppelspermatozoms von der Kante gesehen. An der Spitze der Köpfe das intensiv gefärbte Kügelchen. Helle Linie zwischen den beiden Köpfen.

Fig. 52. Köpfe und Anfangsstücke der Geißeln eines Doppelspermatozoms von der Fläche. Flimmersaum wie in Bewegung befindlich gezeichnet. Am hinteren Ende des Anfangsstückes der Geißel hört die sichtbare Flimmerbewegung des Flimmersaumes allmählich auf.

Fig. 53. Wie Fig. 51, aber ohne Spitzenkügelchen.

Fig. 54. Kopf und abgestorbenes vorderes Geißelstück von der Kante gesehen. *W*, Widerhaken am hinteren Kopfende.

Fig. 55. Aus dem Receptaculum seminis eines Weibchens von *Dyticus marginalis* L. *S*, der völlig abgelöste Saum; *Sf*, Saumfaser; *Mf*, Mittelfaser; *Rf*, die wiederum in zwei Theilfasern zerfallene Randfaser. Kopf von der Fläche gesehen. Aus einem frisch untersuchten, ungefärbten Präparat.

Fig. 56. Dessgleichen, Gentianaviolett. Kopf etwas nach der einen Fläche gebogen, halb von der Kante gesehen. Bezeichnung wie in voriger Figur.

Fig. 57—59. Aus dem Vas deferens von *Aciilius sulcatus* L.

Fig. 57. Köpfe und vordere Geißelenden eines Doppelspermatozoms von der Fläche. An der Spitze der Köpfe das intensiv gefärbte Endkügelchen. Gentianaviolett.

Fig. 58. Dessgleichen von einem einzelnen Spermatozom. *K*, der intensiv gefärbte Kopf; *kg*, der Kopfanhang; *S*, der zarte Saum des Anfangsstückes der Geißel.

Fig. 59. Anfangsstück der Geißel in drei Theilfasern zerlegt. Aus einem mit Gentianaviolett tingirten Deckglastrockenpräparat.

Fig. 60. Köpfe und vordere Geißelenden eines Doppelspermatozoms von *Colymbetes fuscus* L.

Fig. 61. Vorderer Theil eines einzelnen Samenkörpers von *Colymbetes fuscus* L. Geißel in drei Theilfasern zerlegt.

Fig. 62. Größeres Bündel von Doppelspermatozoen (Spermozeugma) aus dem Vas deferens von *Colymbetes striatus* L. Zupfpräparat in physiologischer Kochsalzlösung. Bei *K* stecken die Köpfe in einer protoplasmatischen Masse. Alle Geißeln in der gleichen, regelmäßigen strömenden Bewegung; nur die hinteren Enden bleiben mehr gerade gestreckt (siehe den Text).

Tafel XXVIB<sup>1</sup>.

Fig. 63. Cylindrisches Spermoeugma erster Ordnung aus der Endstrecke des Vas deferens von *Colymbetes striatus* L. Vorn sieht man die in einer Ebene gelegenen Köpfe mit den sie verbindenden stäbchenförmigen, hellglänzenden Klebmassen und den stiftartig vorspringenden vorderen Kopfen; hinten ragen besenartig die geraden Endstücke der Geißeln hervor.

Fig. 64. Dasselbe ebendaher. Das cylindrische Bündel hat sich zu einem straußartigen Gebilde aufgelöst.

Fig. 65. Nadelförmiges Spermoeugma zweiter Ordnung, in Bewegung befindlich gezeichnet, aus dem Receptaculum seminis von *Colymbetes striatus* L. *K*, die reihenförmig in einander gesteckten und mit einander verklebten Köpfe.

Fig. 66. Zwei nadelförmige Spermoeugmen ebendaher, von verschiedener Größe. Die beiden Gebilde sind auf ein Stück des Fettkörpers, das mit dem Receptaculum in das Präparat hineingerathen war, aufgestoßen und haben sich in dasselbe eingebohrt. Bei *K* die verschieden langen Kopfreihe. In dem Spermoeugma *a* ist bei den Bewegungen die Geißelfahne auf einen Augenblick zur Entfaltung gekommen.

Fig. 67—84. Aus dem Vas deferens von *Colymbetes striatus* L. und *Colymbetes fuscus* L. Zur Demonstration der Ausbildung der Klebmasse zwischen den Köpfen und der Entstehung der Doppel- und Drillingsspermatozoen sowie der Spermoeugmen. Färbung mit Gentianaviolett.

Fig. 67—73. Formen der Klebmasse an den noch isolirten Köpfen.

Fig. 74—76. Zwei Einzelspermatozoen schieben sich unter Vermittelung der Klebmasse mit den Köpfen an einander.

Fig. 77. Mit einem Doppelspermatosom verbindet sich unter Vermittelung der Klebmasse ein einzelner Samenkörper, so dass ein Drillingsspermatosom daraus hervorgeht.

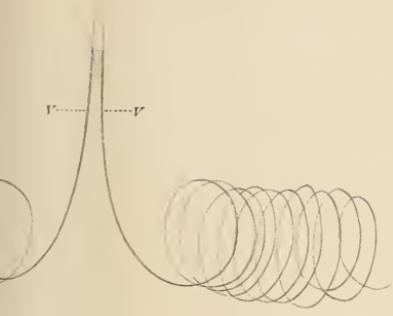
Fig. 78—80. Frisch gebildete Spermozygien. Die Klebmasse ist noch unregelmäßig.

Fig. 81. Dessgleichen. Die Klebmasse hat die Form eines regelmäßigen Stäbchens angenommen.

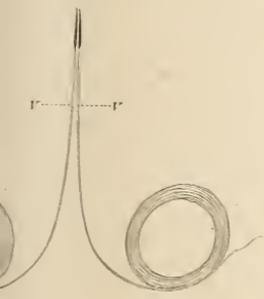
In Fig. 82 sind fünf, in Fig. 83 sieben Köpfe durch die Klebmasse zur Vereinigung gekommen (Spermoeugmabildung).

Fig. 84. An einem Doppelkopf hat sich unter Vermittelung der Klebmasse ein Einzelspermatosom in entgegengesetzter Richtung angelegt, so dass die Geißeln nach entgegengesetzter Richtung sehen.

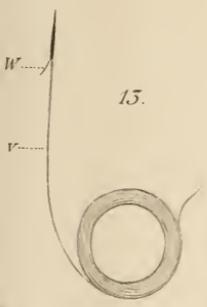
<sup>1</sup> Die Fig. 63—84 gehören zu dem am Schlusse der Abhandlung angefügten Nachtrage. Fig. 63—66 sind bei etwas schwächerer Vergrößerung als Fig. 62 gezeichnet; die Vergrößerung der Fig. 67—84 ist wie auf Taf. XXV.



11.



12.



13.



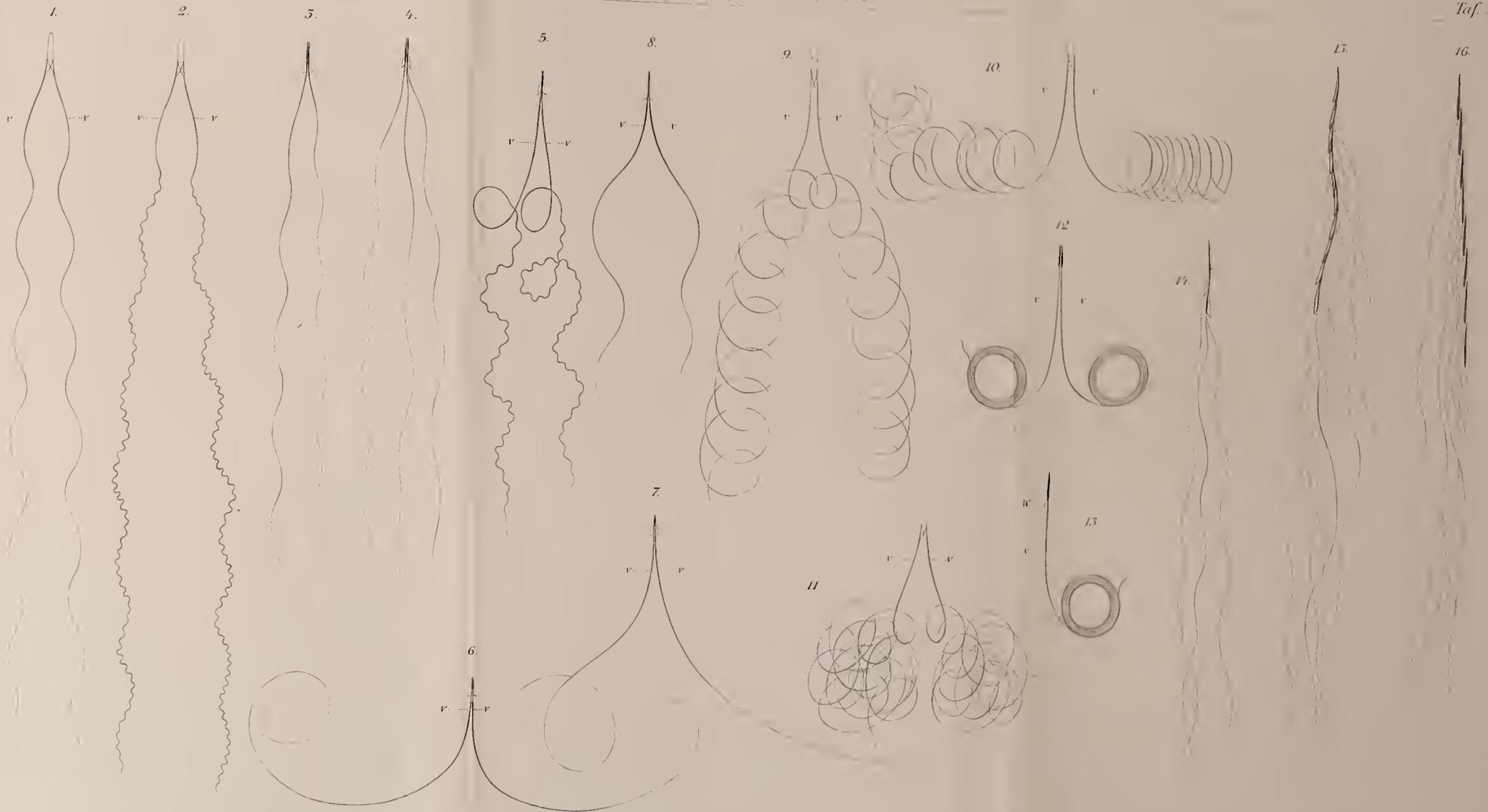
14.



15.







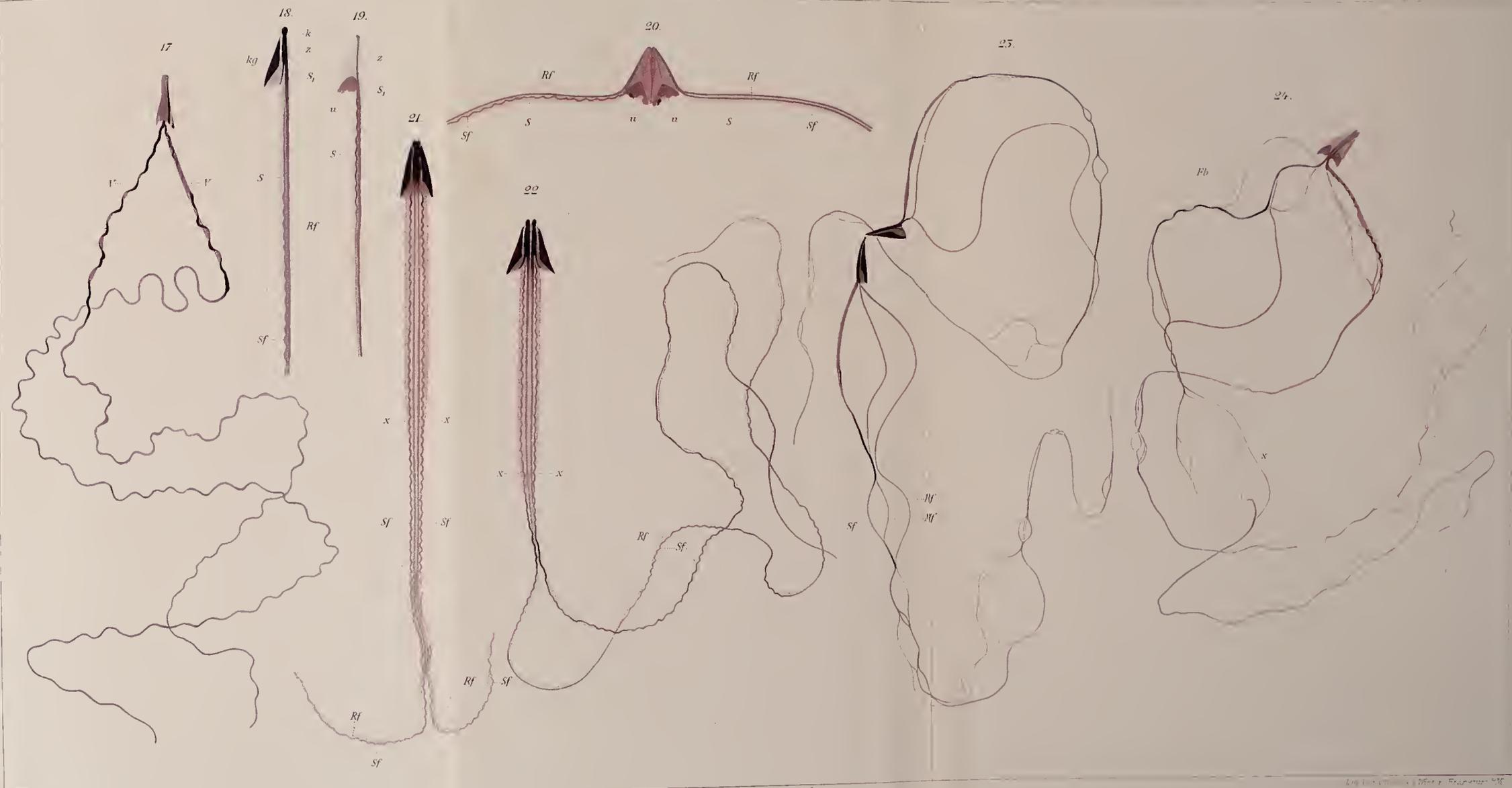


25.



f  
f







25.



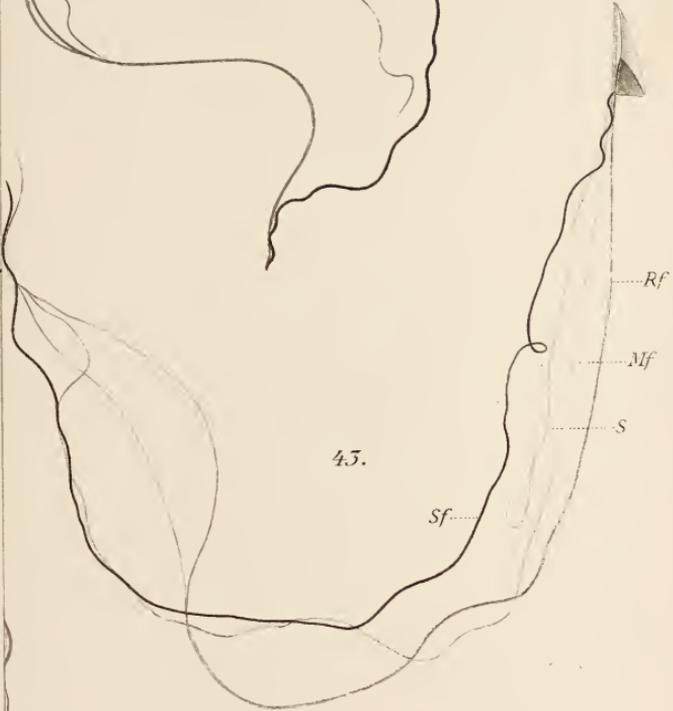
44.



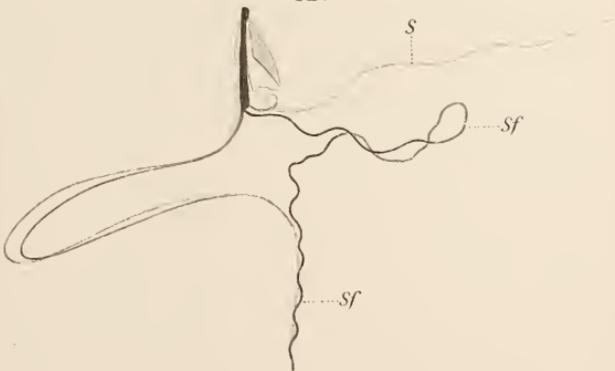
56.



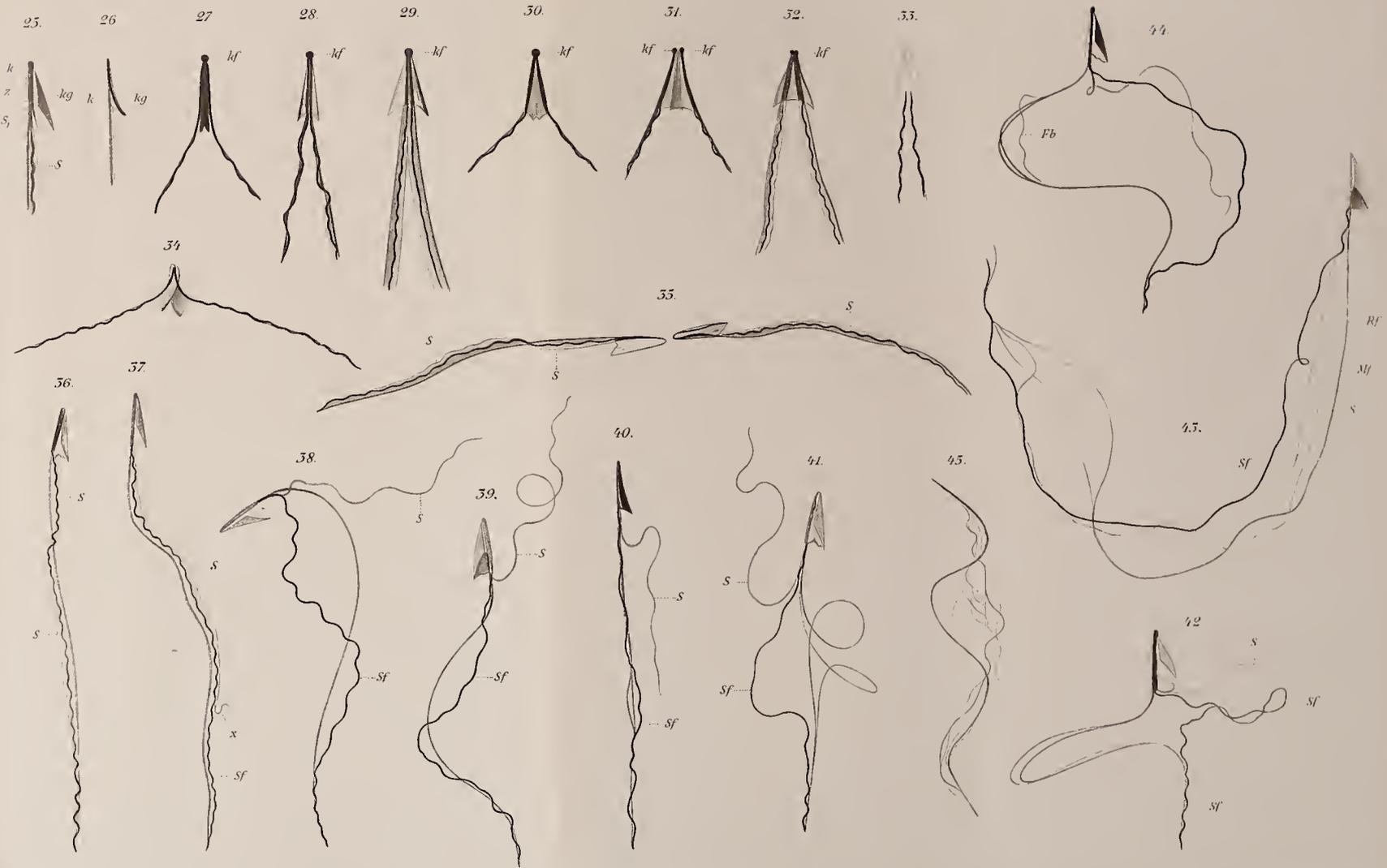
45.



42.





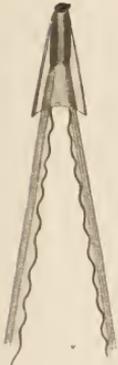




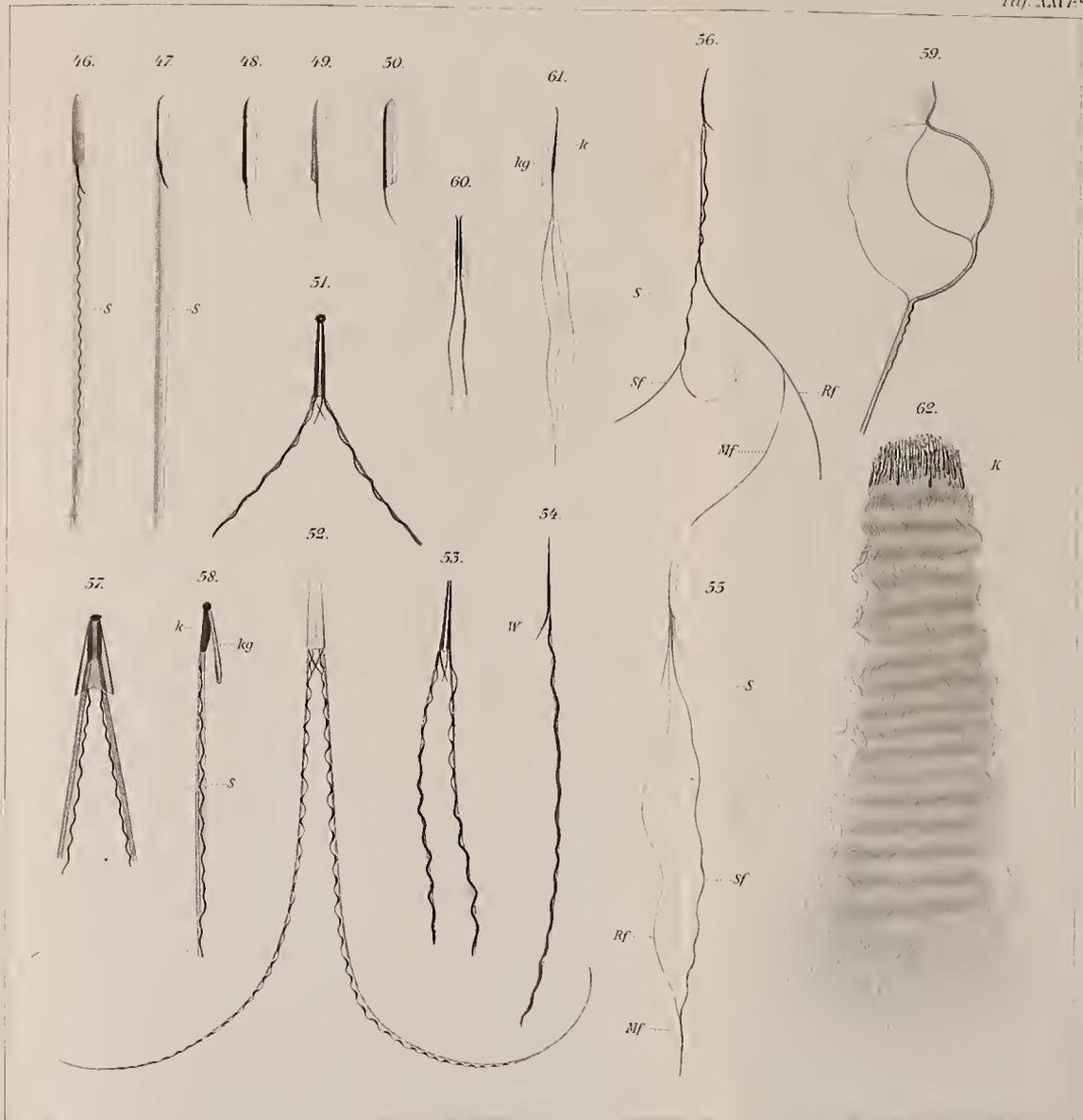
46.



57.









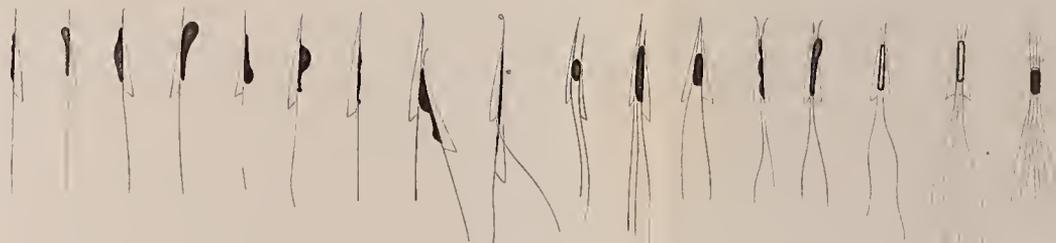
67.

6





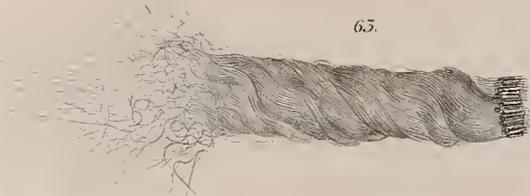
67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83.



84.



65.



64.



65.

K

66.

alpha

K

b

K

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie](#)

Jahr/Year: 1895

Band/Volume: [60](#)

Autor(en)/Author(s): Ballowitz Emil

Artikel/Article: [Die Doppelspermatozoen der Dyticiden. 458-499](#)