

Untersuchungen über die Struktur der Spermatozoen, zugleich ein Beitrag zur Lehre vom feineren Bau der kontraktile Elemente.

Die Spermatozoen der Insekten¹.

(I. Coleopteren.)

von

Dr. med. **Emil Ballowitz,**

Privatdocenten und Prosektor an der Universität Greifswald.

Mit Tafel XII—XV.

Die Samenkörper der Insekten sind des öftern Gegenstand der Untersuchung gewesen, besonders in neuerer Zeit anlässlich spermatogenetischer Studien.

Die ersten genaueren Angaben über Vorkommen und Formen der Spermatozoen in dieser Thierklasse machte v. SIEBOLD (1, 1836), welcher in einer umfassenden, systematisch durchgeführten und grundlegenden Arbeit zahlreiche Vertreter aller Insektenordnungen untersuchte und feststellte, dass sich bei allen Insekten ausnahmslos die Haarform der Spermatozoen vorfindet. Eine Gliederung dieser haarförmigen Samenkörper in Kopf- und Geißeltheil vermochte v. SIEBOLD jedoch noch nicht zu erkennen. Nur von *Blatta orientalis* und *Leptis scolopacea* (p. 34 und 38) wird erwähnt, dass das eine Ende (»Wurzelende«) des Samenkörpers eine Strecke weit verdickt ist.

Derselbe Forscher berichtete sodann zuerst auf der Naturforscherversammlung zu Mainz (2, 1842) und später in seiner ausgezeichneten

¹ Diese Abhandlung bildet den II. Theil zu meiner im XXXII. Bande des Archives für mikroskopische Anatomie erschienenen Arbeit: »Untersuchungen über die Struktur der Spermatozoen«, zugleich ein Beitrag zur Lehre vom feineren Bau der kontraktile Elemente. Theil I. »Die Spermatozoen der Vögel.« p. 404—473. Taf. XIV—XVIII.

Abhandlung »Über die Spermatozoiden der Locustinen« (3) von eigenthümlichen Bauverhältnissen der Spermatozoen dieser Orthopteren, wodurch sich dieselben in auffälliger Weise von denen der übrigen Insekten unterscheiden. Es lassen sich nämlich an den betreffenden Gebilden drei verschiedene Theile wahrnehmen: ein sehr langgestreckter Körper, ein außerordentlich langer, fadenförmiger Schwanztheil und ein eigenthümlicher winkelförmiger Anhang. Der langgestreckte Körper ist seitlich zusammengedrückt und geht an dem einen Ende allmählich in den fadenförmigen Anhang über, während sein anderes Ende sich zuspitzt und mit dem winkelförmigen Anhang verbunden ist.

Eine Andeutung einer Sonderung des Insektenspermatosoms in Kopf- und Schwanztheil sah auch schon R. WAGNER (4), welcher die Spermatozoen von *Agrion virgo* als drehrunde längliche Körper abbildet, die in einen feineren, aber kurzen Schwanz auslaufen; zuweilen schien es WAGNER, als wäre der Körper vom Schwanz etwas abgesetzt, wie bei den Amphibien.

Diesen Angaben wird von R. WAGNER und LEUCKART in den betreffenden Abschnitten des Handwörterbuches der Physiologie (5) und in TODD's Cyclopaedia of Anatomy and Physiology (6) nichts Wesentliches hinzugefügt.

Auch in STRICKER's Handbuch der Lehre von den Geweben, in welchem (p. 531) die Samenkörper von *Blaps mortisaga* als einfache Fäden dargestellt werden, findet sich nur die Bemerkung von v. LA VALETTE ST. GEORGE (7), dass in der Klasse der Insekten fast durchgängig haarförmige an beiden Enden zugespitzte Samenfasern vorkommen.

In Betreff der Pediculinen machte L. LANDOIS (8) die Mittheilung, dass die Spermatozoen derselben sich aus einem rundlichen oder länglich runden Kopf und einer feinen Geißel zusammensetzen. Dasselbe erwähnt WEISMANN (9) von den Musciden.

In seiner vortrefflichen Monographie der Anatomie des Hundeflohes giebt L. LANDOIS (10) zuerst eine genauere Beschreibung der Samenfasern dieses Kerfes. Dieselben werden als langgestreckte, haarförmige Gebilde beschrieben, welche zugleich plattbandartig sind und sich nach beiden Seiten hin verzweigen. Von den völlig ausgewachsenen Spermatozoen von *Cimex lectularius* berichtet derselbe Forscher (11), dass dieselben vollkommen fadenförmige Gebilde darstellen.

Nicht unwesentlich wurde unsere Kenntnis dieses Gegenstandes durch die schönen Untersuchungen O. BÜTSCHLI's bereichert, welcher hauptsächlich Coleopteren und Orthopteren für seine Arbeiten über die Spermatozoen bei diesen Thieren heranzog. BÜTSCHLI zeigte (12), dass

sich an den Samenfäden sämmtlicher von ihm genauer untersuchten Insekten ein vorderer, mehr oder weniger langer Theil durch seinen stärkeren Glanz, seine Undurchsichtigkeit und durch verschiedenes Verhalten bei Zusatz bestimmter Reagentien vor dem eigentlichen Schwanzfaden auszeichnet. Dieses glänzende an Dicke den eigentlichen Schwanzfaden fast nicht übertreffende Stück hat bei den verschiedenen Insekten eine verschiedene Länge; im Vergleich zu der Gesamtlänge des Fadens bleibt es jedoch immer verhältnismäßig klein, am größten wurde es bei *Calopteryx virgo* getroffen, wo es ungefähr $\frac{1}{5}$ der Gesamtlänge des Fadens erreicht. Mehrfach beobachtete BÜTSCHLI nun an der Spitze dieses glänzenden Vorderendes noch ein sehr kurzes, blasses, stäbchenartiges Spitzchen oder auch, wie bei *Blatta orientalis*, *Dyticus marginalis* und *Locusta viridissima* ein kleines, scheibenförmiges, kreisrundes helles Gebilde, über dessen Bedeutung jedoch keine Klarheit gewonnen wurde.

Auch in Betreff der Struktur des Schwanzfadens eines Coleopters der *Clythra octomaculata* wird eine interessante Mittheilung gemacht. »Die Spermatozoen dieses Kerfes zeigen das stark glänzende undurchsichtige und unbewegliche vordere Stück, an welches sich nach hinten hin nicht ein, sondern zwei Schwanzfäden ansetzen, von welchen der eine stets gerade gestreckt oder doch nur sehr schwach gebogen erscheint, während der zweite stets zahlreiche, wellenförmige Biegungen macht und sich wahrscheinlich nur scheinbar um den ersteren herumwindet« (p. 414). »Von diesen beiden Fäden bewegt sich nur der eine, der in wellenförmige Biegungen gelegte und zwar schienen alsdann gleichsam Wellen an dem geraden Faden hinabzulaufen.«

In der zweiten ausführlichen Mittheilung desselben Beobachters (13) wird angegeben, dass sich der geschlängelte Faden in lebhafter wellenförmiger Bewegung befindet und zwar so, dass gleichsam ein Fortschreiten dieser Bewegung vom Hinter- zum Vorderende hin stattfindet. Auf Taf. XL, Fig. V sind in Fig. 6, 7 und 8 drei Spermatosomen dieses Coleopters dargestellt, von welchen zwei den Zerfall in zwei Fasern auf größere Strecken sehr deutlich zeigen.

Das Versehen BÜTSCHLI's, welcher den von ihm beschriebenen vorderen verdickten, sich vom Geißeltheil absetzenden Abschnitt des Insekten-Spermatosoms dem von SCHWEIGGER-SEIDEL (14) bei Säugethieren aufgefundenen »Mittelstück« gleichsetzte, wurde später durch EIMER (15) und v. LA VALETTE ST. GEORGE (16) berichtigt.

Der letztere Forscher erwähnt dabei gleichzeitig (16), dass er in der Form ganz ähnliche »doppelschwänzige« Zoospermien, wie sie BÜTSCHLI bei *Clythra* entdeckte, auch bei einem verwandten Coleopter,

der *Phratora vitellinae*, auffand. Fig. 65 der Taf. XXXV in der betreffenden Abhandlung von v. LA VALETTE ST. GEORGE stellt ein Spermatozoon dieses Kerfes dar, welches sich aus einem kurzen anscheinend cylindrischen, vorn abgestutzt gezeichneten Kopf und einem damit zusammenhängenden langen, ziemlich regelmäßig wellenförmig gebogenen Schwanzfaden zusammensetzt. Fig. 64 zeigt diesen Schwanztheil in ganzer Ausdehnung in zwei vorn mit dem Hinterende des Kopfes zusammenhängende, nach hinten divergirende Fäden zerspalten, von denen der eine gerade, der andere dagegen wellenförmig gebogen erscheint. Über das Vorkommen des von BÜTSCHLI beobachteten Spitzchens am vorderen Ende des Kopfes wird indessen nichts mitgeteilt; nur die schon von v. SIEBOLD gesehene Auflagerung auf dem Kerne bei *Locusta viridissima*, erwähnt von v. LA VALETTE ST. GEORGE; er setzt diesen »Winkel« geradezu der Kopfkappe gleich, welche am Samenkörper des Meerschweinchens sich vorfindet.

Die sehr umfangreichen und mit vielen Illustrationen versehenen Abhandlungen GILSON's (17) über die spermatogenetischen Vorgänge bei den Arthropoden, in welchen alle Insektenordnungen berücksichtigt werden, enthalten über eine Struktur der entwickelten Spermatozoon nur wenige Daten, welche dem bisher Bekannten kaum Neues hinzufügen. Auch dieser Mikroskopiker unterscheidet an dem Spermatozoon einen aus dem Zellkerne hervorgehenden Kopf und einen fadenförmigen Schwanztheil, beide je nach der Art von sehr variabler Länge. An den ausgebildeten immer sehr langen und sehr feinen Samenfäden der Lepidopteren färbt sich der Kopf nicht mehr durch Methylgrün. Bei den meisten Insekten wurde an dem vorderen Ende des länglichen, feinen Kopfes ein gleichfalls schmales, gewöhnlich nur kurzes Stück wahrgenommen, welches eine andere Farbenreaktion wie der eigentliche Kopf zeigt. GILSON nennt diesen Abschnitt, dessen Vorhandensein BÜTSCHLI, wie erwähnt, schon bei den Coleopteren feststellte »Segment procéphalique«. Oft ist dieses Segment procéphalique so kurz, dass man es nur mit Hilfe sehr starker Systeme und bei Anwendung geeigneter Farbstoffe sieht. Auch der ankerförmige Anhang v. SIEBOLD's an den Spermatozoon der Locustinen wird als »Segment procéphalique« bezeichnet und auf Taf. VI und VII mehrfach abgebildet. Sehr auffällig erscheint mir, dass einer Struktur des Geißeltheiles, welcher überall nur als einfacher Faden von verschiedener Länge gezeichnet ist, nirgends Erwähnung gethan wird. Auch die Beobachtungen von BÜTSCHLI und v. LA VALETTE ST. GEORGE in Betreff einer Spaltung dieses Abschnittes in zwei Fäden wird nicht bestätigt, ja nicht einmal erwähnt, obwohl gerade diese Erscheinung schon bei der Untersuchung des frischen

Spermas mancher Insekten mit schwachen Systemen nach meinen Erfahrungen sehr oft und sehr leicht wahrgenommen werden kann.

In jüngster Zeit hat v. LA VALETTE ST. GEORGE in den »Spermatologischen Beiträgen« seine früheren Arbeiten wieder aufgenommen und darin auch die Insekten berücksichtigt. Während die fünfte Mittheilung (18) dieses Forschers nur die Entstehung der Spermatocysten bei den Lepidopteren schildert, enthält die zweite Mittheilung (19) eine gelegentlich gemachte Notiz über die Zusammensetzung des reifen Spermatosoms von *Blatta germanica*, welches als oben und unten zugespitzter, sich lebhaft schlängelnder Faden beschrieben wird. Der später wieder verschwindende Kopf soll aus dem Kerne der Spermatische, der Faden aus dem Cytoplasma hervorgehen; die Verbindung zwischen Kopf und Faden soll vermittelt werden durch ein besonderes Zwischenstück, welches dem Nebenkern seine Entstehung verdanke.

Nur die vierte Mittheilung (20) der »Spermatologischen Beiträge« bringt ausführlichere Daten über die reifen Spermatosomen und zwar einiger Coleopteren. v. LA VALETTE ST. GEORGE bestätigt darin seine früher schon an *Phratora vitellinae* gemachte Beobachtung und berichtet ausführlich, dass, wenn man die Spermatozoen dieses Coleopters mit gewissen Reagentien, wie verdünnter Essigsäure und verdünntem Alkohol behandelt und mit Hämatoxylin färbt, man sehr schön zwei Fäden sieht. Von diesen ist der eine etwas dünner und verläuft geradlinig, während der andere kurze Biegungen macht. Die beiden Fäden trennen sich von einander, indem sich zuerst der gebogene von dem geradlinigen in der Mitte in einer Kurve ablöst, bis sie später wie die Schenkel eines Zirkels aus einander fahren (cf. l. c., Taf. III, Fig. 37 und 38). Ganz klar indessen scheint v. LA VALETTE ST. GEORGE die Anordnung der beiden Fäden doch nicht geworden zu sein, da in den kurz vorhergehenden Sätzen über die Entwicklung des Schwanztheiles von einer »Spirale« gesprochen wird. Mit zunehmender Reife des Spermatosoms verschwinden die kleinen oder größeren Cytoplasmaklumpchen, welche dem Schwanztheil anhaften und der ganze Faden erscheint von einer Schicht Zellsubstanz eingehüllt. Dabei soll der Schwanzfaden sich »spiralig« in kurzen Touren krümmen, über deren Kontour die anhängende Cytoplasmaschicht hinwegläuft und jene theilweise verwischt. Der flimmernde Samenfaden liegt jedoch, wie v. LA VALETTE ST. GEORGE dann hinzufügt, nur einfach dem anderen an und geht erst bei der Biegung des letzteren mit in die Spirale ein. Anhangsweise werden dann noch einige Angaben über Größenverhältnisse und Gestalt der Spermatosomen einiger anderer Coleopteren (*Ocypus olens*, *Astynomus aedilis*, *Lema melanopa*, *Cassida nebulosa*, *Coccinella bipunctata*) bei-

gefügt. Auf Taf. IV sind die Spermiosomen dieser fünf Arten als in kleineren oder größeren wellenförmigen Einbiegungen verlaufende Fäden mit feinem, geradem oder fast geradem nadelförmigem Kopf dargestellt. Die Köpfe sind dicker als der Schwanztheil, nur bei *Coccinella bipunctata* erschien er feiner, als der Faden ist. Übrigens ist an den Köpfen ein vorderer vom Hinterstück differenzirter Abschnitt (segment procéphalique GILSON's) auch hier weder gezeichnet noch wird ein solcher in der Beschreibung erwähnt. Bei *Lema melanopa* wird ein »Doppelfaden« und bei *Cassida nebulosa* ein schmaler Flimmersaum für den Geißeltheil angegeben. Für *Coccinella bipunctata* bemerkt v. LA VALETTE ST. GEORGE ausdrücklich, dass der Flimmersaum des lebhaft schlängelnden Fadens sich durch verdünnten Alkohol und Eosin nicht ablösen ließ.

Auch bei *Forficula auricularis*, deren Spermiosomen aus einem verhältnismäßig starren, stäbchenförmigen Kopf und dem lebhaft undulirenden Faden bestehen, fand v. LA VALETTE ST. GEORGE, wenn auch nur selten, Samenkörper, welche am unteren Ende in zwei Fäden ausliefen (21, Fig. 74).

Für das Vorhandensein eines flimmernden Spiralsaumes tritt LEYDIG (22) ein. Dieser Forscher will bei *Timarcha coriacea*, welche Art sich besonders günstig für die Untersuchung erwies, einen in rascher Bewegung begriffenen »Spiralsaum« deutlich gesehen haben. An den Zoospermien von *Hydrophilus caraboides* unterscheidet LEYDIG einen blassen Anfangstheil und ein langes, gerades, wie stabförmiges Kopfstück, anscheinend mit Spirallinie versehen. Der darauf folgende fadige Anhang zeigt stellenweise deutlich den »schraubigen« Saum. An den sehr feinen Samenfäden von *Meloë violacea* konnte eine »undulirende Membran« unterschieden werden. Auch von anderen Insektenordnungen vermuthet LEYDIG, dass sie sich ähnlich verhalten, wenigstens wird von *Naucoris cimicoides* das Vorhandensein des Spiralfadens angemerkt. Derselbe kommt wieder erst bei sehr starker Vergrößerung zur Ansicht und das Bild ist nach LEYDIG so, als ob ein Faden dicht um den anderen geschlungen wäre.

Weitere vereinzelte Beobachtungen über Insektenspermatozoen von EIMER (13), JENSEN (23), LEYDIG (22) und Anderen sollen an betreffender Stelle Berücksichtigung finden. Erwähnen muss ich nur noch, dass auch in den neuesten die Spermato-genese der Insekten behandelnden Arbeiten v. WIELOWIEJSKI's (24) (Coleopteren, Orthopteren und Lepidopteren) und BEAUREGARDE's (25) (Canthariden) über das Aussehen der reifen Spermatozoen entweder keine Angaben sich finden oder nur gelegentlich bemerkt wird, dass dieselben die Form langer, sehr feiner, etwas wellig gebogener Fäden besitzen.

Dasselbe gilt von der älteren Mittheilung BALBIANI'S (26) über die Samenbildung bei den Aphiden.

Aus Obigem geht hervor, um kurz zu rekapituliren, dass über eine Struktur der reifen Insektenspermatozoen trotz der vielen spermatologischen Untersuchungen, bis jetzt nur sehr wenig bekannt war. Nur so viel schien im Allgemeinen festzustehen, dass die Samenkörper der Hexapoden durchaus fadenförmige Gebilde darstellen und sich aus zwei Theilen, einem sehr schmalen Kopf und einem Fadentheil zusammensetzen, welche beide je nach der Species von sehr differenter Länge sind. An dem vorderen Ende des Kopfes wurde von einigen Beobachtern (BÜTSCHLI, LEYDIG, GILSON) ein von dem übrigen Kopftheil verschiedenes Stück (Segment procéphalique GILSON'S) wahrgenommen, welches indessen von anderen Forschern, wie z. B. VON V. LA VALETTE ST. GEORGE nicht erwähnt wird. An dem vorderen Kopfende der Locustinen findet sich statt dessen ein eigenartiger hakenförmiger Ansatz.

In Betreff einer Struktur des Geißeltheiles liegen nur die Angaben von BÜTSCHLI und von V. LA VALETTE ST. GEORGE vor, nach welchen sich derselbe bei einigen wenigen Coleopteren in zwei verschiedene Fäden, einen geraden und einen gebogenen, zerlegen lässt. V. LA VALETTE ST. GEORGE entscheidet sich dahin, dass der letztere Faden dem ersteren saumartig angeheftet sei. Hiermit stehen im Widerspruch die Mittheilungen LEYDIG'S über das Vorhandensein eines wirklichen Spiralsaumes, resp. einer schraubig am Geißeltheil verlaufenden undulirenden Membran.

Diese geringe Kenntnis, welche wir von dem Baue der Spermatozoen der Hexapoden besitzen, sowie die theilweisen Widersprüche in dem nur mangelhaft Bekannten lassen es wünschenswerth erscheinen, die Samenkörper dieser Thiere einer genauen vergleichenden Untersuchung zu unterziehen. Es dürfte mithin der Versuch, eine feinere Struktur auch an diesen Gebilden darzustellen, schon aus diesem Gesichtspunkte nicht ohne Werth sein. Ein derartiges Unternehmen bietet gerade jetzt um so mehr Interesse, als sich in der Neuzeit die Untersuchungen über die Spermatogenese auch in dieser Thierklasse, wie wir aus der Litteraturübersicht gesehen, sehr gemehrt haben; ist es doch auch hier, wie überall, dringend erforderlich, zuvor den feineren Bau des ausgereiften Gebildes genau kennen zu lernen, bevor man die complicirten Entwicklungsvorgänge des werdenden Körpers zu enträthseln mit Erfolg unternehmen kann.

Dass nun auch diese Spermatozoen in der That eine feinere Struktur besitzen, dies zu vermuthen, berechtigten mich die Resultate, welche ich bei anderen Thieren erhalten hatte. Ich konnte demnach

mit einiger Aussicht auf Erfolg an diese Arbeiten herantreten. Ich ließ mich daher auch nicht durch die großen Schwierigkeiten, welche sich mir Anfangs entgegenstellten und durch den wahrlich nicht geringen Aufwand an Zeit und Arbeitskraft, welchen dieselben erforderten, abschrecken; sagt doch schon v. SIEBOLD (4) von diesen Untersuchungen, dass dieselben sehr mühsam seien und viele Geduld erfordern.

Zugleich leitete mich hierbei aber auch der Gedanke, zu versuchen, ob sich mir auch bei Untersuchung dieser meist sehr lebhaft beweglichen Elemente wichtigere, allgemeinere Gesichtspunkte im Hinblick auf die Lehre von der Struktur der kontraktilen Elemente überhaupt ergeben würden, in dem Sinne, wie ich diese Gesichtspunkte in der Einleitung zum ersten Theil meiner Arbeiten (27) bereits skizzirt habe. Ich legte daher auch bei dieser Arbeit das Hauptgewicht auf die Erforschung einer feineren Struktur des kontraktilen Geißeltheiles, ohne indessen das Studium der feineren Bauverhältnisse des Kopfes zu vernachlässigen. In wie weit mir dies gelungen ist, ob die vorliegende Arbeit als ein Beitrag zur Lehre von der fibrillären Struktur der kontraktilen Substanzen verwerthet werden kann, möge aus den mitzutheilenden Thatsachen hervorgehen (vgl. hierüber auch 28 und besonders 29).

Wie bei den Spermiosomen anderer Thiere, so machte ich bei den Hexapoden sehr bald die Erfahrung, dass bei Weitem nicht alle Species einer Thiergruppe sich gleich gut für eine detaillirte Untersuchung ihrer Spermiosomen eignen; vielmehr finden sich solche Arten sehr sporadisch und wollen erst gesucht sein, deren Samenkörper für die Erforschung ihres feineren Baues günstig sind und ihre Struktur leicht aufschließen. Hat man aber einmal an diesen günstigen Objekten die Bauverhältnisse erkannt und festgestellt, so hält es meist nicht allzu schwer, auch an weniger geeigneten Körpern die gleichen Strukturen wahrzunehmen und darzustellen, natürlich vorausgesetzt, dass es sich nicht um abweichende Formen handelt, wie sie bei nahe verwandten Gattungen ja vorkommen. Allerdings stößt man auch sehr häufig auf Formen, welche einer eingehenden Untersuchung die größten Schwierigkeiten entgegensetzen. Ich erinnere an meine erste Studie über die Struktur der Spermatozoen der Vögel (27), bei welchen mir z. B. die durch ihre Größe ausgezeichneten Spermatozoen des Buchfinken zuerst die werthvollsten Aufschlüsse gaben, die sich dann später auch bei allen übrigen, im Allgemeinen weniger günstige Untersuchungsobjekte liefernden Singvögeln bestätigen ließen.

Es musste mir demnach darauf ankommen, um zunächst günstige Objekte aufzufinden, möglichst viele Gattungen und Arten in Unter-

suchung zu ziehen. Dabei hatte ich das Bestreben, so weit thunlich, systematisch zu Werke zu gehen, um gleichzeitig einen möglichst vollständigen Überblick über die Spermatozoenformen und ihre Verbreitung zu gewinnen und Familien, welche sich vielleicht durch Besonderheiten ihrer Samenkörper auszeichnen könnten, so weit dies überhaupt möglich ist, nicht zu übersehen. Allerdings ist man hierbei ganz außerordentlich abhängig von dem Material und der Jahreszeit, und muss der Untersucher gewöhnlich sehr zufrieden sein mit dem, was ein glücklicher Zufall ihm in die Hände spielt.

Es wäre mir nun nicht möglich gewesen, ein so umfangreiches Material, wie ich es beabsichtigte, zusammenzubringen, obwohl einige Kenntniss der einheimischen Fauna mir hierbei sehr zu statten kam, wenn ich nicht von zahlreichen Entomologen und Sammlern unterstützt worden wäre. Ich habe keine Mühe gescheut, um Verbindungen anzuknüpfen und mir, selbst aus dem Auslande, lebende Insekten schicken zu lassen, von denen allerdings die wenigsten in gebrauchsfähigem Zustande ankamen. Zu ganz besonderem Danke fühle ich mich den Herren Professor KARL SAJÓ in Ungvár, Dr. RUDOW in Perleberg und C. F. LANGE in Annaberg im Erzgebirge verpflichtet, welchen Herren ich manche werthvolle Sendung verdanke. Ich ergreife gern diese Gelegenheit, den genannten Herren für ihre liebenswürdige Unterstützung an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Trotz aller Bemühungen bin ich mir aber sehr wohl bewusst, dass diese Untersuchungen doch viele Lücken aufweisen müssen und kann ich nur hoffen, dass die Arbeit mit Rücksicht auf ihre Subtilität, ihre Ausdehnung und die Schwierigkeiten, welche sich ihr besonders auch in der Beschaffung des Materials entgegenstellten, eine wohlwollende Nachsicht finden mögen.

Vielleicht sind diese Untersuchungen auch nur aufzufassen als Vorarbeiten für höhere Aufgaben, welche sich die wissenschaftliche Forschung auf diesem Gebiete zu stellen hat. WALDEYER hat diese Aufgaben kürzlich auf dem ersten Kongress der anatomischen Gesellschaft in Leipzig in seinem überaus lehrreichen und umfassenden Vortrage (30) präcisirt und der spermatologischen Forschung die Wege und Ziele in scharfer und übersichtlicher Weise vorgezeichnet. Der genannte Forscher sagt darin (l. c. p. 354): »Für die Zukunft sind, wie ich meine, außer dem mit Rücksicht auf den Bewegungsmechanismus anzustellenden genauem Studium des Kopfes und der Fadenverhältnisse am Schwanze, besonders auch noch die Erscheinungen der Befruchtung, so weit sie am Samenfaden ablaufen, in Betracht zu ziehen.« Und vorher (l. c. p. 349): »Äußerst mannigfaltig sind bekanntlich die

Formen des Kopfes, und wird es eine der Hauptaufgaben künftiger Forschung bilden, dieselben abzuleiten und zu erklären, wobei Anpassungsverhältnisse an den Bau des Eies wohl hauptsächlich in Frage kommen dürften. «

Es bietet sich hier der Forschung noch ein weites, kaum betretenes und viele Ausbeute versprechendes Feld, welches einer sorgfältigen Bearbeitung harret, und scheinen mir gerade die Insekten für derartige Untersuchungen günstige Bedingungen zu liefern. — —

In der vorliegenden Arbeit sollen nun zunächst die Spermatozoonen der Coleopteren abgehandelt werden. Ich hatte Gelegenheit, folgende 101 Arten genauer zu untersuchen :

Familie	Genus	Species
Carabidae	Calosoma	sycophanta L.
	Procrustes	coriaceus L.
	Chaetocarabus	intricatus L.
	Megadontus	azureus Dej.
	Carabus	Parreyssi Palld.
	Carabus	arvensis Hbst.
	Carabus	hortensis Fabr.
	Carabus	gemmatus Fabr.
	Carabus	cancellatus Ill.
	Nebria	brevicollis Fabr.
	Notiophilus	rufipes Curt.
	Loricera	pilicornis F.
	Harpalus	aeneus F.
	Amara	communis Panz.
	Amara	trivialis Gyll.
	Feronia	cuprea L.
	Calathus	cisteloides Panz.
Hydrophilidae	Hydrophilus	piceus L.
	Hydrophilus	aterrimus Eschsch.
Staphylinidae	Hydrocharis	caraboides L.
	Staphylinus	cyaneus Payk.
Silphidae	Thanatophilus	rugosus L.
	Thanatophilus	sinuatus F.
	Xylodrepa	4-punctata L.
	Silpha	obscura L.
	Necrodes	littoralis L.
	Necrophorus	germanicus L.
Necrophorus	humator Goeze.	

Familie	Genus	Species
Silphidae	Necrophorus	vespillo L.
Cucujidae	Hyliota (Brontes Fabr.)	planata L.
Cistelidae	Byrrhus	pilula L.
Histeridae	Hister	4-maculatus L.
	Saprinus	nitidulus Payk.
Lucanidae	Lucanus	capreolus Sulz.
	Sinodendron	cylindricum L.
Scarabaeidae	Copris	lunaris L.
	Onthophagus	fracticornis Preysl.
	Aphodius	fossor L.
	Aphodius	fimetarius L.
	Geotrypes	stercorarius L.
	Geotrypes	sylvaticus Panz.
	Trox	sabulosus L.
	Rhizotrogus	solstitialis L.
	Melolontha	vulgaris F.
	Phyllopertha	horticola L.
	Anomala	aenea Degeer.
	Oryctes	nasicornis L.
	Cetonia	aurata L.
Cleridae	Cleroides	formicarius L.
	Clerus	apiarius L.
Cisidae	Cis	boleti Scopoli.
Tenebrionidae	Blaps	mortisaga L.
	Blaps	similis Latr.
	Opatrum	sabulosum L.
	Corticeus	cimeterius Herbst.
	Laena	Reitteri Weise.
Pyrochroidae	Pyrochroa	coccinea L.
Meloidae	Meloë	variegatus Donov.
Curculionidae	Otiorrhynchus	niger F.
	Otiorrhynchus	atroapterus Deg.
	Otiorrhynchus	irritans Herbst.
	Otiorrhynchus	laevigatus F.
	Otiorrhynchus	ovatus L.
	Chlorophanus	viridis L.
	Lepyrus	capucinus Schall.
	Hylobius	abietis L.
Rhynchitidae	Rhinomacer	populi L.
Attelabidae	Attelabus	curculionides L.

Familie	Genus	Species	
Attelabidae	Apoderus	coryli L.	
Cerambycidae	Spondylis	buprestoides L.	
	Prionus	coriarius L.	
	Stenocorus	inquisitor L.	
	Strangalia	atra Fabr.	
	Cerambyx	heros Scop.	
	Aromia	moschata L.	
	Acanthocinus	aedilis L.	
	Pogonochaerus	fasciculatus Deg.	
	Morimus	funereus Muls.	
	Lamia	textor L.	
	Mesosa	nebulosa F.	
	Oberea	oculata L.	
	Chrysomelidae	Donacia	crassipes F.
		Crioceris	lilii Scop.
		Crioceris	asparagi L.
		Crioceris	12-punctata L.
		Entomoscelis	dorsalis F.
Timarcha		metallica Laich.	
Timarcha		tenebricosa F.	
Chrysomela		analisis L.	
Chrysomela		sanguinolenta L.	
Chrysomela		limbata F.	
Chrysomela		cerealis L.	
Chrysomela		haemoptera L.	
Chrysomela		staphylea L.	
Chrysomela		geminata Payk.	
Chrysomela		hyperici Forst.	
Phyllodecta			
	(Phratora Redtb.)	vitellinae L.	
	Melasoma (Lina Redtb.)	populi L.	
	Galeruca		
	(Adimonia Laich.)	pomoniae Scop.	
	Galeruca (Adim. Laich.)	tanacetii L.	
Coccinellidae	Coccinella	7-punctata L.	

Außer den aufgeführten Species, deren Benennung dem »Catalogus coleopterorum Europae et Caucasi. Auctoribus Dr. L. v. HEYDEN, E. REITER et J. WEISE, Editio III, Berolini 1883«, entspricht, kamen noch mehrere Arten zur Untersuchung, besonders aus den Familien der Carabidae,

Curculionidae und Chrysomelidae, welche aber nicht näher bestimmt wurden.

Von jeder Art wurden meist mehrere, oft zahlreiche Exemplare untersucht, da ein Exemplar gewöhnlich nicht genügte, um die für Macerationen nöthige Menge Spermas zu gewinnen. Häufiger wurden im Hoden und Vas deferens ausgebildete Samenkörper überhaupt vermisst oder traten im Hoden im Vergleich zu den zahlreichen Spermatischen und Hodenzellen so sehr an Zahl zurück, dass die durch Zerzupfen gewonnenen Präparate, der vielen Verunreinigungen wegen, nicht benutzt werden konnten. Besonders auffällig wurde das Fehlen von reifen Spermatozoen, ja überhaupt von Entwicklungsformen derselben, im Hoden bei Coleopteren z. B. aus der Familie der Scarabaeiden (z. B. Aphodien), Cicindelen, Silphiden und Anderer, welche zu überwintern pflegen und im Herbst zur Untersuchung kamen. Es geht daraus wohl hervor, dass bei den meisten dieser überwinternden Thiere erst im nächsten Frühling die männlichen Keimdrüsen in Funktion treten.

Meist wurde das Sperma aus Hoden und Vas deferens benutzt, seltener untersuchte ich auch den Inhalt des Receptaculum des Weibchens. Besonders geeignet war die Samenflüssigkeit, wenn sie das Vas deferens strotzend erfüllte, da dann Verunreinigungen so gut wie ganz fehlten; derartige Männchen waren aber nicht zu häufig.

Zur Fixirung der lebensfrischen Samenkörper dienten Osmiumsäuredämpfe. Für Macerationen erwiesen sich Chlornatriumlösungen in der Concentration von 0,8—10% als sehr geeignet. Gefärbt wurde meist mit den intensiv färbenden violetten Anilinfarben, besonders mit Gentanaviolett¹. Alle Abbildungen der beigefügten Tafeln sind nach mit Gentanaviolett tingirten Präparaten angefertigt.

Für die mikroskopische Untersuchung wurde hauptsächlich WINKEL, homogene Immersion 1/24, gewöhnlich mit Zuhilfenahme des ABBE'schen Beleuchtungsapparates benutzt.

Nach diesen Vorbemerkungen mögen die ausführlichen Mittheilungen der Resultate meiner Untersuchungen folgen. Es dürfte auch hier sich empfehlen, wie ich schon in meiner ersten Abhandlung disponirt habe, zuerst den feineren Bau des Geißeltheiles der Spermatozomen zu schildern, um dann die Besprechung der Zusammensetzung des Kopfes folgen zu lassen. In einem besonderen Abschnitt sollen alsdann die Bewegungserscheinungen und ihre Beziehungen zur Struktur abgehandelt werden.

¹ Die Farbstoffe wurden aus dem chemischen Laboratorium des Dr. GRÜBLER in Leipzig bezogen.

A. Die Struktur der Geißel.

Wie ich schon 1886 kurz berichtete (34), beobachtete ich in der Klasse der Insekten zwei Haupttypen von Spermatozoen, welche sich sowohl durch ihre Zusammensetzung, wie durch die Art ihrer Bewegung unterscheiden. Die eine Form zeichnet sich durch das Vorhandensein einer mehr oder weniger starren, differenten Faser (»Stützfaser«) aus, welche bei dem anderen Typus nicht in dieser Weise morphologisch und funktionell differenziert ist. Zwischen beiden Typen finden sich Übergangsformen.

Es sollen zuerst die Spermatozoen mit ausgebildeter Stützfaser berücksichtigt werden.

Um zunächst eine Anschauung von der äußeren Gestalt des Geißeltheiles dieser Samenkörper zu geben, welche bis jetzt noch nicht zutreffend beschrieben wurde, will ich ein ganz beliebiges Beispiel wählen, etwa die Spermatozoen von *Hylobius abietis* L.

Die Samenkörper dieses Coleopters stellen dünne, in frischem Zustande ziemlich starre Fäden dar, deren Länge sich auf 0,147 mm beläuft. Hiervon fallen 0,027 mm auf den Kopf und 0,12 mm auf den Geißeltheil. Nur diese beiden Theile lassen sich an dem Spermatozom unterscheiden; ein Verbindungsstück (Mittelstück SCHWEIGGER-SEIDEL's) oder auch nur irgend eine Andeutung desselben ist hier eben so wenig, wie bei allen anderen, oben namhaft gemachten Coleopteren nachweisbar. Die meisten dieser Fäden erscheinen nun in ganz frischen Präparaten leicht S-förmig gekrümmt, oft fast gerade gestreckt. Häufig ist diese Krümmung derart, dass eine lang ausgezogene, aus einer einzigen Tour bestehende Spirale gebildet wird. Bisweilen zeigen sie auch nach einer Seite hin eine Umbiegung, welche sich nur selten so vergrößert, dass annähernd ein Halbkreis entsteht. Jedenfalls werden an dem lebensfrischen Spermatozom, wenn nicht Ösenbildung eingetreten ist, größere unregelmäßige Einbiegungen und mehrfache spiralige Windungen stets vermisst.

Bei Untersuchung mit schwacher Vergrößerung erscheint nun die Geißel wie wellig gebogen; man gewinnt bei flüchtiger Prüfung den Eindruck, als ob dieselbe in ihrem ganzen Verlaufe zahlreiche kleine mehr oder weniger regelmäßige seitliche Einbiegungen besäße. Dieses Aussehen ist jedoch nur ein scheinbares. Untersucht man durch Osmiumsäuredämpfe lebensfrisch fixirtes Sperma mit einer guten Öl-immersion und ABBE'schem Beleuchtungsapparat bei gutem Tageslicht, so erkennt man Folgendes.

Wird der mittlere Theil eines leicht eingebogenen Spermatozoms,

welches möglichst in einer optischen Ebene ausgebreitet liegt, bei mittlerer Einstellung fixirt, so nimmt man eine gerade, stark lichtbrechende Faser wahr, welche anscheinend die Achse der Geißel durchzieht und um welche sich eine weniger stark lichtbrechende Faser, wie es auf den ersten Blick scheinen will, in regelmäßigen kurzen Spiralen herumwindet. Indessen auch diese spiralige Umwicklung ist nur eine scheinbare, wie schon eine genaue Analyse des mikroskopischen Bildes lehrt. Stellt man denselben Theil ganz oberflächlich ein, so treten zuerst kleine dunkle Schatten auf, welche ganz regelmäßig gestellt sind. Diese Schatten werden breiter, länger und deutlicher, wenn man den Tubus noch ein wenig nach abwärts bewegt. Sie erscheinen dann als gleich große, in bestimmten Abständen auftretende Einbiegungen, deren Konkavität meist nach der konkaven Seite des gebogenen Spermatosoms hinsieht. Die Zahl dieser Schatten deckt sich aber nicht mit der Anzahl der Einbiegungen bei mittlerer Einstellung, vielmehr liegt stets zwischen zwei dunkel erscheinenden Einbiegungen eine hellere, nicht genau eingestellte und daher undeutlich erscheinende. Geht man von der oberflächlichen zu der mittleren Einstellung über, so setzen sich die dunklen und die hellen Einbiegungen nach der konvexen Seite der Geißel hin mit einander in Verbindung. Dabei verblassen die bei oberflächlicher Einstellung dunklen Einbiegungen und werden weniger deutlich. Zugleich erscheint aber scharf begrenzt die gerade Faser. Man erkennt jetzt bei wiederholter Bewegung der Mikrometerschraube, dass sich diese Faser hinter den Anfangs dunklen und vor den anderen auch jetzt noch undeutlichen Einbiegungen befindet. Stellt man noch tiefer die untere Fläche des Spermatosoms ein, so kann man die Biegungen hinter die nunmehr undeutlicher werdende gerade Faser verfolgen, bis sie in die Anfangs blassen Windungen übergehen. Diese letzteren erscheinen jetzt dunkel und scharf, während umgekehrt die bei oberflächlicher Einstellung dunklen Windungen nunmehr undeutlich und blass geworden sind. Dabei sind die unteren jetzt scharf eingestellten Biegungen genau so gerichtet, als die oberen: auch ihre Konkavität sieht gegen den konvexen Rand der Geißel.

Andere Bilder erhält man, wenn man mehr gerade gerichtete Spermatozoen untersucht, die aber auch in günstiger Lage befindlich sein müssen. Stellt man auch hier wieder ganz oberflächlich ein, so sieht man eine Anzahl von schräg gerichteten Schatten in regelmäßigen Abständen schräg über die Geißel hinziehen. Die Richtung dieser Schatten ist eine verschiedene, indem alternirend eine dunkle Linie, welche vom Kopfe her und von rechts nach hinten und links hinzieht, stets gefolgt wird von einer anderen, welche eine entgegengesetzte

Richtung hat und von vorn und links nach hinten und rechts hingeht. Die Zahl dieser Schrägschatten ist genau doppelt so groß als die Anzahl der bei oberflächlicher Einstellung einer gebogenen Geißel dunkel erscheinenden Biegungen. Der Theil, welcher zwischen den Enden der dunklen Linien liegt und dieselben verbindet, ist undeutlich und heller und erscheint häufig wie eingekerbt. Diese scheinbaren Einkerbungen werden um so deutlicher, je tiefer man einstellt. Senkt man nun den Tubus bis zur mittleren Einstellung, so werden die Schrägschatten breiter und deutlicher und man erkennt jetzt hinter denselben eine gerade verlaufende Faser. Es wird mithin zu jeder Seite einer geraden Faser eine Reihe regelmäßig alternirender, zierlicher, gleich großer konvexer Biegungen einer zweiten Faser sichtbar.

Die geschilderten Eindrücke lassen sich nur dadurch erklären, dass an eine gerade Faser eine zweite gebogene, saumartige Faser angeheftet ist. Der eine Rand dieses gebogenen Saumes ist gerade und heftet sich an die eine Seite der zweiten Faser an. Der andere freie Rand dagegen ist nach beiden Seiten hin in ganz regelmäßigen Abständen krausenartig umgebogen, so dass er etwa drei Viertel der Cirkumferenz der geraden Faser umfasst. Diese Umbiegungen sind von bestimmter, ziemlich gleicher Größe und alterniren sehr regelmäßig mit einander, so dass auf eine rechte Umbiegung stets eine linke folgt und umgekehrt. Einigermaßen ließe sich diese Bildung etwa vergleichen mit einem mit der Brennschere »getollten« oder »gekrausten« Kleidersaume. Ich möchte daher den Saum als »Krausensaum« bezeichnen. Es mag hier schon erwähnt werden, dass der Krausensaum kontraktile ist und ein Flimmerphänomen zeigt, während die gerade Faser nicht kontraktile ist und nur als »Stützfaser« der Geißel fungirt. Die gerade Faser möge daher fortan auch diese Bezeichnung führen.

Stellt man ein gebogenes Spermiosom ein, so blickt man mithin gewöhnlich von der Seite auf den Krausensaum. Die dunklen Schatten, welche dann bei oberflächlicher Einstellung zuerst sichtbar werden, sind die oberen Krausen; bei tiefer Einstellung erscheinen die unteren, hinter der Stützfaser gelegenen der anderen Seite. Sieht man von oben her auf die mehr gerade gestreckte Geißel, so erhält man an den Seiten der Stützfaser die beiden Reihen der Umbiegungen des Saumes, von denen jede eine Einzelkrause darstellt. Die tiefsten, am weitesten nach hinten umgebogenen Stellen des Saumrandes erscheinen als die kleinen Einkerbungen der Krausen (Taf. XII, Fig. 4 bei eeeee).

Es ist klar, dass die Bilder sich ändern, wenn das Spermiosom eine andere Lage einnimmt; das Aussehen des Saumes wird hierdurch ein ziemlich wechselndes. Man muss daher bisweilen suchen, um so

typische Ansichten, wie die geschilderten, zu erhalten, zumal dies auch sehr von einer in allen Theilen genau horizontalen Lage des Samenkörpers abhängt. Dazu kommt, dass auch häufig Unregelmäßigkeiten in den Umbiegungen des Saumes zur Beobachtung kommen, die wohl mit Kontraktionszuständen während des Absterbens des Spermatosoms zusammenhängen. So sind einige Einbiegungen bisweilen etwas kleiner, andere größer, oder reichen nicht so weit herum, als die übrigen. Häufiger habe ich eine Abweichung gefunden, die möglicherweise mit den Bewegungserscheinungen des Saumes zusammenhängt. Man trifft nämlich nicht zu selten Spermatozoen an, welche gerade noch einmal so viele Umbiegungen zeigen, als die anderen. Diese Krausen sind bedeutend kleiner und zierlicher und reichen nicht so weit um die Stützfaser herum.

Färbt man in indifferenten Flüssigkeiten durch Osmiumsäuredämpfe fixirte Spermatozoen mit Gentianaviolett, so treten die krausenförmigen Umbiegungen des Saumes sehr schön hervor (Fig. 4). Auch die am weitesten nach hinten umgebogenen Randtheile, welche Einkerbungen der Krausen vortäuschen können, sind bei bestimmten Lagen des Samenkörpers stets sehr deutlich (Fig. 4 bei *eeee*). Zugleich erkennt man, dass es sich nicht einfach um einen der Stützfaser etwa nur anliegenden Saum handelt, sondern dass der letztere kontinuierlich mit der ersteren zusammenhängt, so dass keine Lücke zwischen beiden besteht. Es hebt sich daher an dem gefärbten Präparat die Stützfaser auch nicht so deutlich von dem Saume ab, wie es an dem ungefärbten Spermatosom der Fall ist.

Da es sich bei der Erkennung dieses Reliefs um zarte Schatten handelt, ist es nicht so ganz leicht, an dem frischen Präparat die Zahl und die Länge der Krausen zu bestimmen. Am leichtesten gelingt dies noch an Deckglas-Trockenpräparaten, welche von durch Osmiumsäuredämpfe fixirtem¹ Material hergestellt und mit Gentianaviolett gefärbt werden. Es erhalten sich hierin die Umbiegungen ganz gut und lassen noch die Einzelheiten erkennen, welche am frischen Objekt festgestellt wurden. An derartigen Präparaten konnte ich bei *Hylobius abietis* im Durchschnitt 46 Krausen jederseits zählen, von denen eine jede in der Nähe des Kopfes 0,003 mm, in der Mitte 0,003—0,0035 mm, gegen das Ende hin 0,004—0,0045 mm lang erscheint. Es sind mithin die Umbiegungen des Saumes von ziemlich gleicher Größe. Auch die Breite des Saumes ist in der ganzen Länge der Geißel dieselbe, nur gegen das

¹ An Spermatozoen, welche ohne vorherige Fixirung einfach auf dem Deckglase angetrocknet werden, erscheinen die seitlichen Einbiegungen größer und oft unregelmäßig, da sich der Flimmersaum etwas von der Stützfaser gelockert hat.

Ende hin tritt eine geringe Verschmälerung ein. Das äußerste Ende der Geißel verjüngt sich schnell zu einer kleinen feinen Spitze.

Ganz ähnlich gestaltete, mit einem typischen Flimmersaum versehene Spermatozomen fand ich nun bei sehr zahlreichen Coleopteren und zwar besonders aus den Familien der Chrysomeliden, Curculioniden und Cerambyciden; in den beiden ersteren Familien wurde dieser Typus fast ausschließlich vorgefunden. Aber auch in anderen Familien (Rhynehitidae, Attelabidae, Carabidae [Calathus Taf. XII, Fig. 9]) kam ein charakteristisch ausgebildeter Krausensaum zur Beobachtung. Fig. 2 stellt z. B. ein Spermatozom von *Pogonocherus fascicularis* (Cerambyceide) dar; im vorderen und hinteren Theil der Geißel blickt man von oben her auf den Krausensaum, während der mittlere Theil mehr die Seitenansicht zeigt; in dem letzteren Abschnitte sind die nach oben gerichteten, dunkel erscheinenden und die blässeren unteren, mit der scheinbaren Einkerbung versehenen Krausen recht deutlich. Hier im mittleren Theile ist auch an der linken Seite des Spermatozoms der gerade, der Stützfaser entsprechende Rand sichtbar.

Die Ausbildung des Saumes, die Anzahl und Länge seiner Umbiegungen variiren nun nach den Arten etwas. Es findet sich hier eine bemerkenswerthe Analogie mit den Spiralwindungen des Spiralsaumes der Singvögel-Spermatozoen. Wie dort, hängt auch hier die Anzahl der Umbiegungen von der Geißellänge ab, während die Länge der Einzelkrausen nur um ein Geringes differirt (vgl. 27, p. 422).

Die meisten Spermatozoen dieser Form zeigten eine Geißellänge von 0,09—0,11 mm und ließen durchschnittlich 11—15 Krausen jederseits erkennen. Die Länge der Einzelkrause betrug dann 0,0035—0,005 mm (*Lamia*, *Timarcha*, *Chrysomela staphylea* u. A., *Lepyrus*, *Otiorrhynchus laevigatus*, *Morimus*, *Phratora* u. A. m.). Nur wenige Species wiesen bei der gleichen Geißellänge zahlreichere und kleinere Umbiegungen auf, wie z. B. *Pogonocherus* bei ca. 0,1 mm Länge 15—20 Umbiegungen jederseits, jede von 0,0025—0,003 mm Länge (Fig. 2). Kleinere Spermatozomen besitzen Krausen von etwas geringerer Länge. So kommen bei *Lina populi* bei einer Geißellänge von 0,07 mm durchschnittlich auf jeder Seite 10—12 Einzelkrausen vor, jede in einer Länge von 0,003—0,0035 mm. Die kleinsten Spermatozomen dieser Form traf ich bei *Mesosa*, deren Geißel 0,055 mm misst. Der Saum zeigt hier jederseits 12 Umbiegungen, jede von 0,002—0,0025 mm Länge. Im Gegensatz hierzu stellte ich als größte Geißellänge bei *Galeruca* (Fig. 5) 0,37 mm fest mit ca. 30—35 Krausen jederseits, so dass auf jede eine Länge von 0,005—0,006, selten 0,007 mm fällt. Meist sind die Umbiegungen in der ganzen Länge der Geißel ziemlich von gleicher Ausbil-

ding, häufig zeigen sich die Krausen jedoch in der Mitte etwas mehr entwickelt, auch die zwei bis drei letzten Umbiegungen können eine größere Ausbildung erfahren. Auffällig wird dieses Verhalten bei *Chrysomela sanguinolenta* (Taf. XIII, Fig. 34), wo in der Mitte und in dem vorderen Theile der hinteren Hälfte der Geißel die Krausen sehr stark seitlich umgebogen und auch länger sind als an den anderen Stellen. Auch die Breite des Krausensaumes variirt nur wenig; durchschnittlich besitzt derselbe eine Breite von 0,001—0,002 mm.

Ich muss noch hervorheben, dass bei allen diesen Arten die Spermatozomen in lebensfrischem und ausgebildetem Zustande ziemlich starr sind und stets entweder fast gerade oder, was meistens der Fall ist, schwach S-förmig gekrümmt erscheinen (Fig. 2, 4, 34). Niemals wurden an dem reifen, sich bewegenden Spermatozom dieser Form unregelmäßige Einbiegungen oder eine mehrfache spiralförmige Aufrollung der Geißel beobachtet.

Es geht mithin schon aus der Untersuchung der unversehrten Spermatozoen hervor, dass es sich in dem Saume nicht um eine einfach wellenförmig gebogene Faser, als welche derselbe von v. LA VALETTE ST. GEORGE (20) beschrieben wird, handelt und dass auch eine spiralförmige Umwicklung nicht besteht. Wir werden sehen, dass spiralförmige Bildungen, wie sie von JENSEN (23) und LEYDIG (22) als »Spiralfaden«, »Spiralsaum« und »schraubige Nebenlinie« an den Spermatozoen der Insekten, speciell auch der Coleopteren, angegeben werden, auch bei allen übrigen von mir untersuchten Coleopteren nicht vorhanden sind.

Den endgültigen Beweis, dass der Krausensaum in der That nur der einen Seite der Stützfaser angeheftet ist und keine spiralförmige Bildung darstellt, liefern die Befunde, welche sich aus dem Zerfall der Geißel ergeben. Es löst sich nämlich der Saum sehr häufig und oft ganz regelmäßig von der geraden Faser ab. Diese Ablösung erfolgt am leichtesten, wie auch v. LA VALETTE ST. GEORGE (20) schon erwähnt, in dem mittleren Theile der Geißel; von hier aus erstreckt sie sich dann nach oben und nach unten hin (Taf. XII, Fig. 3, 4; Taf. XIII, Fig. 35). Diese Zerspaltung hört an dem hinteren Ende des Kopfes auf, man erkennt, dass sich hier Stütz- und Flimmerfaser getrennt von einander an verschiedenen Stellen des Kopfes anheften. Auch an der äußersten hinteren Spitze der Geißel sistirt oft der Zerfall, so dass hier noch beide Fasern an einer ganz kleinen Stelle fest zusammenhängen, während auf der ganzen übrigen Strecke zwischen Kopf und Spitze eine vollständige Trennung erfolgt ist. Derartige Präparate beweisen zur Genüge, dass es sich nur um eine einseitige Anheftung des Flimmersaumes handeln kann. Oft erfolgt die Trennung aber auch über die äußerste

Spitze hinaus, so dass die Spermatozoen »doppelschwänzig« erscheinen, Bilder, wie sie von BÜTSCHLI (12, 13) und von v. LA VALETTE St. GEORGE (20) beschrieben sind.

Der Zerfall tritt nun bei manchen Coleopteren außerordentlich leicht ein. So habe ich z. B. bei Chrysomeliden, Curculioniden und manchen Cerambyciden oft gesehen, dass in ganz frischen Präparaten, die durch Zerzupfen des Hodens in indifferenten Flüssigkeiten gewonnen waren, ein Theil der Spermatozoen sehr bald in die beiden Fasern zerfiel, während sich die übrigen Samenfäden noch lebhaft weiter bewegten. Lässt man diese Präparate eine kurze Zeit liegen, so pflegt dann die Theilung meist eine allgemeine zu werden. Durch Maceration in Kochsalzlösungen lassen sich nun die beiden Fasern bei allen Coleopteren mit ausgebildeter Stützfaser von einander trennen, nur dass bei der einen Art die Trennung leichter vor sich geht, als bei einer anderen. Nahe verwandte Arten verhalten sich dabei oft verschieden. Auch ist die Ausdehnung der Ablösung nicht immer dieselbe. Bei manchen zerfallen die Spermatozoen z. B. an dem hinteren Ende leicht in zwei Fasern, während bei anderen, wie z. B. bei *Lina populi*, die beiden Fasern an der Spitze meist noch vereint bleiben. Es hängt dies jedenfalls mit der verschiedenen Ausbildung einer Kittsubstanz, eines wohl plasmatischen Bindemittels zusammen. Dass eine solche Kittsubstanz vorhanden sein muss und die Befestigung des Krausensaumes an der Stützfaser nicht eine so ganz lose sein kann, habe ich direkt beobachten können. Denn ich sah bisweilen, dass der Krausensaum, wenn er schon von einem Theil der Stützfaser abgelöst war, dabei aber doch noch lebhaft, wenn auch unregelmäßige Kontraktionen zeigte, sich von Strecke zu Strecke ruckweise ablöste, gleichsam als würde dem Losreißen des Saumes von der Stützfaser ein gewisser Widerstand entgegengesetzt. Der Grund des allgemeinen Zerfalls der bereits abgestorbenen Spermatozoen ist jedenfalls die völlige Auflösung dieser Kittsubstanz.

Die beiden Theilfasern, in welche sich die Geißel zerlegt, sind nun nach ihrem Aussehen, ihren Reaktionen und vor Allem nach ihrer Struktur sehr wesentlich von einander verschieden.

Zunächst besitzt die Stützfaser ein stärkeres Lichtbrechungsvermögen, erscheint daher stark glänzend, ist drehrund und verjüngt sich gewöhnlich von der Mitte an allmählich gegen das freie oft sehr fein zugespitzte Ende hin. Die Kontouren sind stets glatt und scharf hervortretend. Wodurch die typische Stützfaser aber besonders auffällt, das ist ihre große Elasticität und federnde Biegsamkeit, die dabei doch mit einer gewissen Starrheit verbunden ist. Sie erinnert hierdurch

sehr an die physikalischen Eigenschaften einer biegsamen Gerte oder Weidenruthe. Hierdurch wird bedingt, dass die Stützfaser niemals winklige Umknickungen, oder, so lange sie nicht durch Maceration stark erweicht ist, auch keine unregelmäßigen Einbiegungen, wie der Flimmersaum, zeigt, wenigstens doch niemals in dem Maße, als der letztere. Vielmehr ist sie, wenn nicht ganz gerade gestreckt, häufig in schönem Schwunge gebogen, so dass sehr elegante Biegungen und bisweilen auch zierliche Schleifen entstehen. Ein Blick auf die Fig. 3, 4, 5 u. 10 der Taf. XII und Fig. 35—45 der Taf. XIII wird diese Eigenthümlichkeit der Stützfaser (*Stf*) am besten erläutern. Besonders treten an der langen Faser (*S/f*) von *Galeruca* (Fig. 5) diese eleganten Biegungen und zierlich geschlungenen Schleifen hervor, während der Krausensaum (*KS*) nur unregelmäßige Biegungen zeigt. Die Bildung dieser Schleifen wird oft dadurch befördert, dass der kontraktile Flimmersaum während seiner Ablösung von der Stützfaser im Augenblick des Absterbens sich häufig unregelmäßig einbiegt. Hierdurch tritt eine Verkürzung ein, so dass das Geißelende dem Kopf genähert und die Stützfaser gezwungen wird, sich in Schleifen zu legen (Taf. XIII, Fig. 36, 37 *Chrysomela sanguinolenta*). Es scheint auch alsbald nach dem Absterben in der kontraktilen Faser eine Art Starre einzutreten, so dass der Saum die Form, die er angenommen hat, eine Zeit lang bewahrt. Hiervon kann man sich am besten überzeugen, wenn man die Spermatozomen durch das Präparat rollen lässt. Erst nachdem die Präparate einige Zeit gelegen haben, wird der Krausensaum wieder weich und flottirt leicht; alsdann gleichen sich auch die schleifenförmigen Biegungen der Stützfaser meist wieder aus. Diese federnde Elasticität ist für die typische Stützfaser außerordentlich charakteristisch und befähigt sie gewiss sehr, als Stützgebilde der Geißel zu fungiren. Es bestimmt daher die Stützfaser durch ihre Biegung auch die Gestalt der Geißel; je mehr sie entwickelt ist, um so starrer erscheint im Allgemeinen das Spermatozom, um so mehr sind die flimmernden Einbiegungen nur auf den Flimmersaum selbst beschränkt. Die Stützfaser bricht und reißt auch viel schwerer, als der Flimmersaum.

Hand in Hand hiermit geht eine große Widerstandsfähigkeit dieser Faser gegen Reagentien. Wenn der Flimmersaum in Kochsalzlösungen oder durch Fäulnis nach längerer Maceration schon längst zerfallen ist und theilweise sich schon aufgelöst hat, ist doch die Stützfaser noch völlig intakt und bleibt auch noch erhalten, wenn selbst der Kopf des Spermatozoms schon anfängt, sich in seine Bestandtheile aufzulösen. Nur findet schließlich durch allzu lange Maceration bisweilen eine gewisse

Erweichung der Stützfaser statt, so dass auch kleinere unregelmäßige Einbiegungen beobachtet werden.

So außerordentlich oft, wie ich nun die Stützfaser auch untersuchte und so vielen Macerationsmethoden ich sie auch unterworfen habe, niemals habe ich auch nur an einer einzigen Faser die allgeringste Andeutung einer feinfädigen Struktur gefunden. Ich kann daher mit größter Bestimmtheit sagen, dass diese Faser einen fibrillären Bau nicht besitzt.

Auch die Reaktionen der typischen Stützfaser bei Färbung sind andere, als sie der Flimmersaum zeigt. Während der letztere sich mit Anilinfarben z. B. Gentianaviolett zuerst und sehr intensiv färbt und diese Färbung sehr lange zurückhält, färbt sich die Stützfaser nur schwer und bleibt die Färbung merklich schwächer. Vorherige Fixirung mittels Osmiumsäuredämpfen scheint ihre Tinktionsfähigkeit etwas zu erhöhen. Lässt man frisch tingirte Präparate ein bis mehrere Tage liegen, so verschwindet bald der Farbstoff aus der Stützfaser, so dass dieselbe wieder hellglänzend wird, während der Flimmersaum noch lebhaft tingirt erscheint (Taf. XII, Fig. 3, 4, 5, 10; Taf. XIII, Fig. 35 bis 45, Taf. XV, Fig. 84 *Stf*). Nach längerem Liegen ist schließlich nur noch der letztere der einzige Theil des Spermiosoms, welcher eine deutliche Färbung bewahrt hat. Maceration durch Kochsalzlösungen oder durch Fäulnis scheint das Färbvermögen der Stützfaser zu verändern und dieselbe imbibitionsfähiger zu machen. Denn es färbt sich nach längerer Maceration die Faser meist recht intensiv und bewahrt diese Färbung dann auch länger (Taf. XV, Fig. 76, 77, 85, 86 *Stf*).

Von der Stützfaser unterscheidet sich nun sehr wesentlich der kontraktile Krausensaum. Derselbe ist nicht so stark lichtbrechend und zeigt vor Allem stets am frischen Präparat die zierlichen krausenförmigen Einbiegungen, die bei nicht zu intensiver Färbung am isolirten Saum besonders schön hervortreten (Taf. XII, Fig. 3, 4, 5 und 10 *KS*). Liegen indessen die tingirten Präparate einige Zeit, ein- bis mehrere Tage, unter dem Deckglase, so werden die Krausen oft undeutlich und unregelmäßig, weil die kleinen Umbiegungen mehr und mehr verstreichen und der Saum sich gerade legt. Diese Erscheinung wird dadurch bedingt, dass die Geißel in Folge der Flächenattraktion seitens der Glasflächen sich allmählich dicht an die letzteren anlegt. Schließlich verschwinden die Krausen ganz und der Saum ist dicht neben der Stützfaser und, falls keine Ablösung erfolgte, parallel derselben platt ausgebreitet. Zugleich ist meist die Färbung eine blasse und zarte geworden. Der freie Saumrand, welcher sich etwas intensiver gefärbt

hat, als der übrige Theil des Saumes, erscheint dann oft in sehr zierliche kleine, meist regelmäßige, wellenförmige Einbiegungen gelegt, welche vorher in dieser Weise nicht vorhanden waren, während der an die Stützfaser angeheftete Rand nach wie vor gerade verläuft (Taf. XII, Fig. 6, 7, 8 *Sf*). Diese Einbiegungen rühren daher, dass der freie Rand des Saumes in Folge seiner krausenförmigen Umbiegungen eine größere Länge besitzt, als der übrige Theil des Saumes und sich daher bei der Ausbreitung und Anlagerung falten muss. An Stellen, an welchen sich der neben der Stützfaser ausgebreitete Saum von der einen Seite der Stützfaser nach der anderen hin umfaltet (Taf. XII, Fig. 6, 8 bei *U*), wie es durch unregelmäßige Lagen der an der Glasfläche fixirten Spermatozoen öfters gegeben wird, erscheint der Saum stark verschmälert und intensiver gefärbt. Diese Präparate beweisen mithin auf das beste, dass der Flimmersaum die Gestalt eines schmalen, abgeplatteten, gleich breiten, nur gegen die äußerste Spitze hin sich verjüngenden Bandes besitzt, dessen freier, wohl ein wenig verdickter Rand krausenförmig umgebogen und daher länger ist, als der andere gerade verlaufende Rand.

Auch in der Entwicklung der beiden Fasern bestehen Differenzen. Ich will an dieser Stelle nur hervorheben, dass der Krausensaum wohl ganz hauptsächlich aus dem Zellprotoplasma des Spermatoocyts sich hervorbildet, wie auch aus den Untersuchungen v. LA VALETTE ST. GEORGE'S (20) hervorgeht. Er würde daher der Entwicklung nach manchen Mantelbildungen, wie sie bei den Wirbelthieren aus dem Zellprotoplasma hervorgehend angetroffen werden, homolog gesetzt werden müssen, z. B. dem Spiralsaum an der Geißel der Singvögel-Spermatozoen (vgl. 27).

Der wichtigste Unterschied zwischen Stützfaser und Krausensaum wird aber dadurch gegeben, dass dem letzteren eine weitere eigenartige Struktur zukommt. Sehr im Gegensatz zu der strukturlosen und auch nicht kontraktilen Stützfaser besitzt nämlich der kontraktile Saum, wie ich fand, einen höchst complicirten Bau, welcher beweist, dass auch hier vitale Bewegung nicht an ein strukturloses, homogenes Substrat, sondern an sehr verwickelte und zwar faserige Strukturen geknüpft ist.

Es bedurfte umfangreicher Untersuchungen, um diese sehr schwierig darzustellenden und auch nicht leicht wahrnehmbaren Bauverhältnisse klar zu legen, da bei Weitem nicht alle untersuchten Arten sich für die Darstellung derselben eignen und auch an den günstigen Objekten Macerationen nicht immer gelingen. Als besonders geeignet für diese Untersuchungen, wenigstens für die Darstellung des grobfaserigen

Zerfalles, erwiesen sich mir die Spermatozoen von *Chrysomela sanguinolenta*, einer Chrysomelide, welche unter Steinen lebt und in Deutschland nicht gerade selten zu sein pflegt. Ich will daher dieses Thier als Paradigma wählen und den Bau des Flimmersaumes bei *Chrysomela sanguinolenta* näher beschreiben (vgl. Taf. XIII, Fig. 34—44). Das Sperma wurde hier durch Zerzupfen des Hodens des brünstigen Thieres gewonnen.

Die Geißel der Spermatozoen dieses Coleopters (Fig. 34) besitzt einen schönen breiten Flimmersaum, der eine Anzahl gut ausgebildeter Krausen aufweist. Wie oben schon erwähnt, sind von der Mitte ab die Krausen sehr stark seitlich umgebogen; an der isolirten Stützfaser sind indessen keine korrespondirenden Einbiegungen wahrnehmbar.

Die Spaltung in Flimmersaum und Krausenfaser tritt nun sehr leicht ein. Es können dabei die beiden Fasern an der Spitze vereinigt bleiben (Fig. 35, 36) oder sich auch an dieser Stelle trennen (Fig. 38). Hierbei erkennt man, dass die Stützfaser an diesen Spermatozoen schon nicht mehr so ganz typisch ausgebildet ist. Sie macht nicht mehr so ganz den Eindruck einer elastisch federnden Faser, erscheint vielmehr wenigstens von der Mitte ab, und besonders nach kurzer Einwirkung einer Maceration, mehr weich und nachgiebig, so dass sie in diesem Theile nicht selten unregelmäßiger gebogen ist. Auch ist sie in der hinteren Hälfte etwas dünner als vorn. Sie wird daher den größeren Einbiegungen des Flimmersaumes in der Mitte des Spermatozoen wohl schon etwas nachgeben können. Im Übrigen dokumentirt sich diese Faser aber durch ihren Glanz, ihr Verhalten gegen Farbstoffe, ihre große Resistenz, und vor Allem durch ihre Strukturlosigkeit ganz als Stützfaser.

An dem isolirten Flimmersaum tritt nun sehr häufig und sehr leicht, oft schon in dem frischen, in indifferenten Flüssigkeiten untersuchten Hodenpräparat an dem noch lebenden Spermatozom ein weiterer Zerfall ein: es löst sich von ihm eine dritte Faser ab (Fig. 38). Die Ablösung kann auf kleinere oder größere Strecken erfolgen; meist spaltet sich jedoch der Saum der ganzen Länge nach in zwei Fasern, die gewöhnlich nur noch an der äußersten hinteren Spitze zusammenhängen (Fig. 38). Seltener findet auch hier schon eine Trennung statt, so dass dem Kopfe im Ganzen drei völlig isolirte Fäden anhängen. Diese Fasern verlaufen stets neben einander, falls sie nicht durch einen im Präparat entstandenen Flüssigkeitsstrom von einander abgerissen sind. Eine, wenn auch nur lockere spiralige Umschlingung wird niemals beobachtet.

Diese beiden Theilfasern des Flimmersaumes sind von verschiedenem Aussehen. Die eine Faser (*Sf*) ist merklich dicker, intensiver gefärbt und zeigt noch sehr deutlich die zierlichen Krausen. Die

andere Faser hingegen (*Mf*) ist dünner, blass violett, verläuft mehr gestreckt und entbehrt der Krausen. Ich hielt es daher von vorn herein für wahrscheinlich, und auch das Lageverhältnis schien darauf hinzuweisen, dass die dickere Faser den freien Rand des Krausensaumes bildet, während die blässere Faser zwischen diese und die Stützfaser eingelagert ist. Durch Resultate, welche ich bei anderen Coleopteren erhielt, wurde ich jedoch hierüber zweifelhaft, da ich fand, dass bei anderen Species die dickere Faser zwischengelagert ist, während sich die dünnere vom freien Rande des Krausensaumes ablöst. Es ist nun nicht gerade leicht, dies Lageverhältnis genau festzustellen, da an den isolirten Fasern sehr häufig Verlagerungen eintreten. Möglich wird dies nur, wenn die Fasern nur theilweise isolirt wurden, sich nicht so weit von einander entfernt haben, und genau in situ der Glasfläche angelagert sind. Wenn Letzteres der Fall ist, sind die Fasern allerdings meist sehr blass hellviolett geworden, so dass ein Irrthum leicht möglich wird. Ich habe daher *Chrysomela sanguinolenta* hierauf hin einer wiederholten Untersuchung unterzogen und mich davon überzeugt, dass die blasse, dünnere Faser zwischen Stützfaser und dem dunkleren Faden gelegen ist. Überzeugend waren für mich Bilder, an denen ich sah, dass die blässere Faser zwischen den beiden anderen lag und hierbei, gerade gestreckt, noch in fester Verbindung mit der Stützfaser sich befand. Ich nenne daher diese Faser »Mittelfaser« (*Mf* der Tafeln), während ich die hier dickere, dunkler gefärbte Theilfaser des Krausensaumes als »Saumfaser« (*Sf* der Tafeln) bezeichnen möchte.

Schwerer darstellbar, aber durchaus nicht selten, ist ein weiterer Zerfall, welcher sich an der Saumfaser (Fig. 37, 39, 40) vollzieht. Man sieht oft in Kochsalzmacerationen, dass sich von der letzteren wiederum eine Faser (*SfTf₁*) streckenweise ablöst, welche sehr der Mittelfaser gleicht, eben so dünn und blass, wie diese ist und auch mehr gerade gestreckt oder unregelmäßig wellig eingebogen erscheint. Der Rest der Saumfaser ist noch deutlich dicker und intensiv gefärbt geblieben und zeigt noch gut die allerdings schmaler gewordenen Krausen. Die Ablösung dieser ersten Saumtheilfaser (*SfTf₁*) geschieht auf größere oder kleinere Strecken noch recht häufig und erhält man meist Bilder, wie sie in den Fig. 37 und 39 dargestellt sind. Große Mühe dagegen erfordert es schon, Präparate aufzufinden, in denen ihre Ablösung in ganzer Ausdehnung der Geißel erfolgt ist. Bilder vollends, welche den Zerfall in so prächtig übersichtlicher Weise zeigen wie die Fig. 40, gehören schon zu den Seltenheiten und wollen auch in sonst wohl gelungenen Macerationen sehr gesucht sein.

Es ist hier die Geißel in ihrer ganzen Länge in die vier genannten Spaltfasern zerlegt, welche weit von einander entfernt liegen, an dem Kopfe und an der hinteren Geißelspitze aber noch fest mit einander verbunden sind. Die Stützfaser (*Stf*), welche in der Nähe des Kopfes eine zierliche, wie abgezielte Schleife bildet, wie sie an den übrigen Fasern niemals beobachtet wird, und der Rest der Saumfaser (*Sf*) sind deutlich als solche zu erkennen. Schwer aber ist es, die Mittelfaser (*Mf*) von der fast gleich aussehenden ersten Saumtheilfaser (*SfTf₁*) zu unterscheiden. Aus diesen Bildern geht wohl mit größter Bestimmtheit hervor, dass alle die aufgeführten Fasern in den unversehrten Samenkörper parallel neben einander liegen und eine gegenseitige Umwicklung der Fasern nirgends besteht. Wenn es hierfür eines weiteren Beweises noch bedürfte, so wird derselbe durch die Fig. 7 und 8 der Taf. XII (*Otiorrhynchus laevigatus*) gegeben. Es hat sich hier die Geißel wiederum platt ausgebreitet der Glasfläche angelagert, und ist sodann ein Zerfall in die drei Hauptfasern eingetreten; dieselben sind ein wenig von einander abgewichen und liegen an jeder Stelle der Geißel parallel neben einander.

Schließlich konnte ich, wenn auch weit schwieriger und seltener, noch eine weitere Theilung an der Saumfaser feststellen. Ich nahm bisweilen wahr, dass sich von derselben noch eine zweite blasse dünne Faser ablöste, anscheinend blasser und dünner als die Mittelfaser und erste Theilfaser des Saumes. Ich machte diese Beobachtung an sehr gut gelungenen Präparaten mehrmals und am schönsten dann, wenn sich die intensiv gefärbten Fasern ganz dicht an die Glasfläche des Präparates angelegt hatten. Dann lag diese zweite Saumtheilfaser nach innen gegen die erste Theilfaser hin, meist ganz in der Nähe des Restes der Saumfaser und gewöhnlich parallel demselben. In den Fig. 42, 43 und 44 ist die Ablösung dieser zweiten Theilfaser (*SfTf₂*) auf größere Strecken hin erfolgt. In Fig. 42 hat sich die Saumfaser vom Kopfe abgetrennt, wie es bisweilen beobachtet wird, und ist nur noch an der äußersten Geißelspitze mit Stütz- und Mittelfaser fest verbunden. Während sich nun die erste Theilfaser fast in ganzer Ausdehnung von der Saumfaser abgelöst hat, ist die Trennung in die anderen beiden Theilfasern nur erst in der Mitte an zwei Stellen erfolgt. Ähnliches zeigt Fig. 44. Die Geißel ist hier in die drei Hauptfasern zerspalten. Links vom Kopfe liegen Stütz- und Mittelfaser, rechts die Saumfaser. An dem hintersten Ende der letzteren sieht man, abgesehen von der ersten Theilfaser (*SfTf₁*), eine Trennung in zwei dicht neben einander liegende Fäden, welche eine etwas verschiedene Dicke und Färbung zeigen. Die blasse und auch dünnere Faser liegt gegen die erste

Theilfaser hin und bildet mithin die zweite Saumtheilfaser (S/T_2). Der etwas dunkler gefärbte Rest, welcher bisweilen noch kleinere Biegungen als Reste der Krausen zeigt (Fig. 43), könnte als dritte Saumtheilfaser (S/T_3) bezeichnet werden. Einige Male (Fig. 44) konnte ich diese letzte Zerspaltung der Saumfaser in der ganzen Länge der Geißel nachweisen. Auch hier ist die Differenz in der Färbung der beiden Fäden meist deutlich. Eine so vollständige Trennung, dass diese beiden Theilfasern frei flottiren, wie die anderen Fasern, konnte ich jedoch niemals hervorrufen. Hieraus geht hervor, dass ihre Verbindung schon eine bedeutend festere ist, als die der übrigen Theilfäden. An Präparaten, welche sich den Glasflächen dicht angelagert haben, kann man an diesen drei Theilfasern, aber auch an der Mittelfaser erkennen, dass alle diese Fasern etwas abgeplattet und sehr schmal bandartig sind. Selbst an der dritten Saumtheilfaser erkennt man häufig noch sehr deutlich an Umfaltungstellen eine Verschmälerung und intensivere Färbung (Fig. 44). Nur allein die Stützfaser scheint von drehrunder Form zu sein. Alle diese Theilfasern des Saumes besitzen stets glatte Kontouren und sind in ihrer ganzen Ausdehnung bis auf die äußerste Spitze von sich gleichbleibender Dicke.

Aus dem Mitgetheilten geht hervor, dass der Krausensaum sich aus vier Fasern zusammensetzt, nämlich der Mittelfaser, einer ersten, zweiten und dritten Saumtheilfaser. Diese schmal bandförmigen Fasern liegen, durch Kittsubstanz mit einander verbunden, parallel neben einander, durchziehen den ganzen Flimmersaum vom Kopf bis in das äußerste Geißelende hinein und sind so neben einander angeordnet, dass die Mittelfaser sich an die Stützfaser anheftet, dann die erste und die zweite Saumtheilfaser kommen, und schließlich die dritte Saumtheilfaser den freien Rand des Krausensaumes bildet. Aus dieser Lagerung folgt, dass, je weiter gegen den freien Rand des Krausensaumes, gegen die dritte Theilfaser hin, um so mehr diese Fasern auch umgebogen und mithin auch länger sein müssen. Die dritte Saumtheilfaser bewahrt daher am längsten die Andeutungen der krausenförmigen Umbiegungen und zeigt auch eine messbar größere Länge als z. B. die Mittelfaser.

Diese bei *Chrysomela sanguinolenta* erhaltenen Resultate haben sich mir nun bei allen anderen Coleopteren, deren Spermatozoen mit einer typischen Stützfaser versehen sind, bestätigt. Allerdings bin ich nur noch bei wenigen Arten in der übersichtlichen Darstellung der Struktur der Geißel so weit gekommen, als bei der genannten *Chrysomelide*. Nicht minder gut für diese Untersuchung geeignet, wenn auch in einigen Punkten ein wenig abweichend, fand ich z. B. die Spermatozoen von

Morimus funereus, einer größeren Cerambycide. Auch einige andere Chrysomeliden erwiesen sich als sehr günstige Objekte. Meist gelingt es indessen nur einen weiter gehenden fädigen Zerfall auf kleinere Strecken hin hervorzurufen, und auch oft erst nach vielen vergeblichen Versuchen. Ich konnte mich aber bei allen Species, deren Spermatozomen mit deutlich ausgebildeter Stützfaser und Flimmersaum versehen sind, davon überzeugen, dass hier derselbe faserige Bau des kontraktiven Organs vorliegt, wie er bei *Chrysomela sanguinolenta* näher geschildert wurde.

Am leichtesten gelingt es noch, den Flimmersaum der ganzen Länge nach in zwei Fasern zu zerfallen. Bei manchen, z. B. *Calathus*, *Otiorrhynchus*, *Lamia* (Taf. XV, Fig. 84), *Mesosa*, *Timarcha* u. A. m., tritt dieser Zerfall bei Maceration sehr leicht ein und kann sich auch hier sogar schon an dem noch lebenden, in indifferenten Flüssigkeiten befindlichen Samenkörper vollziehen. Selbst an den großen Spermatozoen von *Galeruca* sah ich diese Trennung des Flimmersaumes in seiner ganzen Länge eintreten (Taf. XII, Fig. 5). Beide Theilfasern des Saumes zeigen sich auch hier meist deutlich verschieden und kann man der Lage nach eine Mittelfaser (*Mf*) und eine am freien Rande des Krausensaumes gelegene Saumfaser (*S'*) unterscheiden.

Indessen habe ich das Verhältnis der beiden Fasern zu einander bei manchen Coleopteren etwas anders gefunden, als bei *Chrysomela sanguinolenta*. Wie bei letzterer erscheint die eine Theilfaser des Krausensaumes gewöhnlich etwas breiter, intensiver gefärbt und mehr eingebogen als die andere (Taf. XV, Fig. 84). Ich glaubte nun Anfangs, dass diese breitere Faser die Saumfaser wäre, die dünnere, weniger eingebogene aber die Mittelfaser darstelle. Bei genauer Untersuchung habe ich mich aber schließlich doch davon überzeugt, z. B. bei *Lamia*, *Morimus* u. A., dass die breitere Faser zwischen Stützfaser und der anderen liegt, dieselbe mithin als Mittelfaser anzusprechen ist.

Diese Mittelfaser zerlegt sich nun häufig wieder der ganzen Länge nach in zwei ziemlich gleich aussehende Theilfasern, so dass an dem Kopfe bei vollständigem Zerfall vier isolirte Fäden haften. Ich halte es für wahrscheinlich, dass die Faser, welche bei *Chrysomela sanguinolenta* als erste Saum-Theilfaser bezeichnet wurde, statt wie dort mit der Saumfaser, hier mit der Mittelfaser in festere Verbindung getreten ist.

Im Allgemeinen lässt sich nun sagen, dass dieser weitgehende Zerfall des Flimmersaumes in drei ganz isolirte Fasern schon recht schwer eintritt und stets nur an dem ganz abgestorbenen Spermatozom beobachtet wird. Bei manchen Species, bei denen eine Zweitheilung

des Saumes in ganzer Ausdehnung sehr leicht erfolgt, habe ich eine weitere Zerspaltung überhaupt nur selten und dann nur auf kleine Strecken, am häufigsten noch an Bruchstücken der Geißel, hervorrufen können, wie z. B. bei *Galeruca*.

Die Ablösung einer vierten Theilfaser endlich, welche ich bei *Chrysomela sanguinolenta* als zweite Saum-Theilfaser so deutlich nachweisen konnte, habe ich nur sehr selten und nur bei sehr wenigen Arten wahrgenommen, so dass es mir zweifelhaft erscheint, ob sie überall vorhanden ist.

In der Art nun, wie dieser faserige Zerfall bei den einzelnen Species eintritt, bestehen große Verschiedenheiten. Während derselbe bei der einen Art durch Maceration in dünnen Kochsalzlösungen sehr leicht hervorgerufen wird, findet er bei anderen Coleopteren nur in stärkeren Chlornatriumlösungen statt. Auch die Macerationszeit differirt. Bei manchen ist schon nach wenigen Stunden ein allgemeiner Zerfall eingetreten, während die Spermatosomen anderer Coleopteren einer Macerationsdauer von mehreren Tagen bedürfen. Es beruht dies jedenfalls auf einer verschiedenen Ausbildung, vielleicht auch in einer differenten Beschaffenheit der Kittsubstanz, welche die Fasern mit einander verbindet, sich aber nicht durch direkte Beobachtung nachweisen lässt. Durch Maceration in Kochsalzlösung geht diese Kittsubstanz in Lösung, so dass die Fasern sich isoliren.

Einen sehr bemerkenswerthen Einfluss auf den faserigen Zerfall übt die Färbung mit Anilinfarben aus: dieselbe verhindert denselben, hält ihn wenigstens doch sehr auf. Ich habe häufiger beobachtet, dass zuvor gefärbte und dann einer Maceration unterworfenen Spermatozoen, z. B. von *Chrysomela sanguinolenta*, sich nicht mehr in Fasern zerlegen, während demselben Thiere entnommene und in derselben Macerationsflüssigkeit die gleiche Zeit, aber ohne vorherige Färbung, macerirte Samenkörper ausnahmslos zerfallen waren. Es muss demnach durch die Färbung die Kittsubstanz doch derart chemisch verändert werden, dass sie durch Chlornatrium nicht mehr angegriffen werden kann. Auch durch Osmiumsäuredämpfe zuvor fixirte Geißeln lassen sich durch Maceration in Kochsalzlösungen, in den meisten Fällen wenigstens, nicht mehr in ihre Bestandtheile auflösen.

Wenn wir uns nun die Frage vorlegen, ob alle diese Theilfasern des Flimmersaumes gleichwerthig sind, so möchte ich diese Frage dahin entscheiden, dass nur den beiden primären Theilfasern, der Mittel- und der Saumfaser, eine größere Selbständigkeit und mehr Bedeutung zukommen. Hierfür spricht schon der Umstand, dass sich diese beiden Theilfasern ausnahmslos bei allen Coleopteren leicht isoliren lassen,

während die übrigen Fasern sich bedeutend schwerer und meist lange nicht in dieser Vollständigkeit ablösen. Ganz besonders aber bestimmt mich hierfür die Beobachtung, dass der Zerfall in die beiden primären Fasern bei manchen Coleopteren schon an dem noch lebenden Spermatozom auftritt, während die anderen Fasern nur an dem bereits abgestorbenen Samenkörper meist erst nach längerer Maceration dargestellt werden können.

Es wäre mithin festgestellt, dass die Geißel der Spermatozoen dieses ersten Typus sich aus drei selbständigeren, parallel neben einander liegenden Fasern zusammensetzt, der Stützfaser, Mittel- und Saumfaser. Die beiden letzteren vereinigen sich zu dem krausenförmig umgebogenen Flimmersaum und sind ihrerseits, entweder beide, oder nur eine von ihnen (*Chrysomela sanguinolenta*) wiederum aus sekundären Fasern zusammengesetzt. Auf die Frage, wie diese Fasern an der Kontraktion der Geißel beteiligt sind, werde ich später bei Besprechung der Bewegungserscheinungen des Spermatozoms eingehen.

Diese Theilfasern, in welche sich der Flimmersaum zerlegt, sind nun durchaus noch nicht die Elementartheile, aus welchen sich dieses kontraktile Gebilde zusammensetzt. Vielmehr ergab mir eine genaue Untersuchung, dass auch diese Fasern wiederum eine feinere Struktur besitzen.

Ich sah nämlich in den einfachsten Fällen, dass sich von einer Theilfaser des Krausensaumes auf eine kleinere oder größere Strecke ein feinstes Fädchen ablöst. Dieses Fädchen, welches stets mit beiden Enden noch im Zusammenhang mit der Faser blieb, ist sehr blass, aber noch deutlich tingirt und äußerst fein, konnte jedoch mit WINKEL'S homogener Immersion $1/24$ und ABBE'SCHEM Beleuchtungsapparat bei gutem Tageslicht noch sehr deutlich und scharf wahrgenommen werden.

So hat sich z. B. bei *Chrysomela sanguinolenta* in Fig. 44 am Ende der Saumfaser (*Sf*), welche in die drei nur an der äußersten Spitze noch vereinigten Spaltfasern zerfallen ist, von der erten Saum-Theilfaser (*S/T₁*) eine feinste, gebogene Fibrille (*Fb*) auf eine kleine Strecke abgetrennt. In Fig. 43 ist bei demselben Thier in der Mitte der Geißel an zwei Stellen ein feinstes Fädchen sichtbar geworden, welches sich von derselben Theilfaser auf etwas größere Strecken abgelöst hat.

Diese merkwürdige Beobachtung, dass sich nur eine Fibrille von dem zerfallenen Krausensaume ablöste, habe ich häufig gemacht. Allerdings tritt diese Erscheinung im Vergleich zu dem relativ leicht darzustellenden Zerfall des Flimmersaumes in gröbere Fasern recht selten auf und ist auch bei der einen Art leichter festzustellen, als bei einer

anderen. So konnte ich diese Fibrille z. B. bei *Chrysomela sanguinolenta*, so vollkommen, wie hier auch die faserige Zerspaltung des Flimmersaumes bei Maceration stets eintrat, doch nur höchst selten und meist nur auf kleinere Strecken isolirt wahrnehmen (Fig. 43, 44), obwohl ich gerade von diesem Thiere sehr viele meist ausgezeichnet gelungene Präparate durchmustert habe. Bei *Morimus*, *Lamia* u. A. löst sich diese Einzelfibrille schon weit häufiger ab und oft auf große Strecken, ja in ganzer Ausdehnung der Geißel. Es geht hieraus hervor, dass auch sie die Geißel der ganzen Länge nach durchsetzt. Es erscheint dann dieses isolirte Fädchen als äußerst feine, schön gebogene Fibrille mit glatten Kontouren, welche in ihrem ganzen Verlaufe gleiche Feinheit besitzt.

Diese Fibrille ist nun nicht die einzige, welche an dem Flimmersaum zur Beobachtung kommt, vielmehr werden alle Theilfasern des Saumes, wie sich mir herausstellte, von zahlreichen Fibrillen zusammengesetzt, nur dass sich diese letzteren noch weit schwieriger isoliren lassen. Gerade die Darstellung dieser Fibrillen bildete die schwierigste Aufgabe der vorliegenden Arbeit. Hierdurch haben sich diese Untersuchungen auch so sehr in die Länge gezogen, so dass die schon längst beabsichtigte Veröffentlichung der vorliegenden Mittheilungen erst jetzt erfolgen konnte.

Allerdings hatten sich mir im Laufe der Untersuchungen schon früh mehrfache Anhaltspunkte ergeben, welche mich berechtigten, auf eine feinfibrilläre Struktur des kontraktiven Saumes zu schließen. Indessen ich hatte es mir zur Aufgabe gemacht, zu versuchen, die Elementarfibrillen in ähnlicher Weise in ihrer ganzen Ausdehnung noch im Zusammenhange mit den übrigen Theilen des Spermiosoms darzustellen und so übersichtlich zur Anschauung zu bringen, wie es mir mit den gröberen Theilfasern des Flimmersaumes gelungen war. Dies wurde um so schwieriger, als es sich hierbei um weitgehende Macerationen handelt, die ja auch bei einfacheren, leichter zu trennenden Objecten nicht immer gelingen. Überdies erwiesen sich auch hierfür lange nicht alle Species als geeignet und mussten günstige Objecte erst gesucht werden. Dazu kommt, dass die äußerste Feinheit dieser Fibrillen die größte Sorgfalt und Vorsicht in der Beobachtung erforderte.

Die Thatsachen nun, aus denen die fibrilläre Struktur der Theilfasern des Krausensaumes hervorgeht, sind folgende.

In Präparaten, welche frisch dem mit Sperma strotzend angefüllten Vas deferens oder Receptaculum seminis entnommen waren, traf ich bisweilen bereits isolirte, von den Samenkörpern ganz abgetrennte Fasern, welche durchaus den durch Maceration künstlich isolirten

Theilfasern des Saumes glichen und meistens nur etwas blasser gefärbt waren. Diese Fasern zeigten sich nun hier und da an einem Ende oder an einer mittleren Stelle in mehrere äußerst feine Fädchen zerspalten. Es geht hieraus hervor, dass auch im lebenden Thiere, wenn reichliches Sperma längere Zeit angehäuft ist, immer einige Spermatozoen absterben und in Fasern zerfallen; ich werde Gelegenheit haben, hierauf später noch zurückzukommen. Auch in frischen Kochsalzmacerationen habe ich dann und wann derartige, auf kleine Strecken in Fibrillen zerfallene, isolirte Fasern angetroffen.

Wenn nun aus diesen Befunden auch hervorging, dass Theilfasern des Saumes eine feinfädige Struktur besitzen, so ließ sich doch an diesen Präparaten nicht mehr entscheiden, welche Theilfaser, ob Mittelfaser oder Saumfaser, diese Zusammensetzung besitzt oder ob beiden Fasern eine fibrilläre Struktur zukommt.

Aufschluss über diese Frage gaben mir bei mehreren hierfür geeigneten Coleopteren Präparate, welche längere Zeit, bis drei Wochen, in Kochsalzlösungen unter dem Deckglase macerirt hatten und dann tingirt wurden. Die meisten Spermatozoen waren dann faserig zerfallen und hatten sich, mit allen ihren Theilen in einer Ebene ausgebreitet, den Glasflächen des Präparates dicht angelegt. In solchen Präparaten waren nun bisweilen die Theilfasern des Flimmersaumes weiter zerfallen und ließen die Fibrillen¹ noch im Zusammenhang mit den übrigen Theilen des Spermatozoms erkennen, so dass sehr gute Übersichtsbilder entstanden.

Fig. 45 auf Taf. XIII zeigt z. B. ein Spermatozom von *Hylobius abietis*, welches längere Zeit in dünner Kochsalzlösung macerirt hatte. Der Flimmersaum ist eben so wie die Stützfaser, vorn noch in Verbindung mit dem Kopfe, im übrigen Theile aber isolirt. Während sich nun die Mittelfaser (*Mf*) in ganzer Länge von der Saumfaser (*Sf*) abgelöst hat, zeigt die letztere nur erst an einigen kleinen Stellen eine Trennung in zwei Theilfasern. In der vorderen Hälfte des Spermatozoms ist die Mittelfaser nun sehr deutlich in drei feine Fädchen (*FbFb*) zerlegt. Auch in der Nähe des hinteren Endes geht die Mittelfaser in diese drei Fädchen (*Fb*) auf eine kurze Strecke aus einander. Es machte

¹ Die isolirten Fibrillen dürfen nicht verwechselt werden mit den durch längere Maceration erweichten und dehnbar gewordenen Theilfasern des Flimmersaumes, welche bisweilen, wenn sie an ihrem einen Ende irgend wie festgehalten sind, durch einen im Präparate erzeugten Flüssigkeitsstrom gewaltsam gedehnt und oft fein ausgezogen werden. Diese Erscheinung wird bisweilen in schlecht gerathenen Präparaten beobachtet.

auf mich den Eindruck, dass diese Fädchen nicht die gleiche Dicke besaßen.

Ähnliche Präparate habe ich hier und bei vielen anderen Species mehrmals vor mir gehabt.

Weit instruktiver waren indessen Bilder, welche ich bei der Untersuchung der Spermatozoen von *Calathus* erhielt. Die Samenkörper dieses Coleopters besitzen einen gut ausgebildeten Flimmersaum, welcher sich leicht von der Stützfaser ablöst. In Kochsalzlösungen zerfällt der Saum dann wieder in eine Saumfaser (*Sf*) und in eine breitere, aber ein wenig blasser sich färbende Mittelfaser, welche letztere sich wiederum in zwei Fäden theilen kann. In gut gelungenen Präparaten, welche sich acht Tage in dünner Chlornatriumlösung unter dem Deckglase befunden hatten und dann mit Genvianviolett vorsichtig gefärbt waren, fand ich nun Folgendes (Taf. XV, Fig. 76—79).

Die Spermatosomen waren zum größten Theile faserig zerfallen und hatten sich wiederum mit allen ihren Theilen an die Deckglasfläche angelegt. Hierdurch wurde es möglich, jede Stelle der Fasern einer genauen Untersuchung zu unterziehen. Ich sah nun, dass die Saumfaser (*Sf*) sich an zahlreichen Spermatosomen auf kleinere und größere Strecken in mehrere feinste Fibrillen aufgelockert hatte, die sehr deutlich zu unterscheiden waren und nach kurzem isolirten Verlaufe alsbald wieder zusammentraten. Diese Zersplitterung konnte an jedem Theile der Saumfaser auftreten (Fig. 76 *SfFb*). Bisweilen verbreiterte sich die Faser unter deutlicher Verblässung zu einer der Begrenzung nach spindelförmig erscheinenden Stelle, ohne dass man hier Fibrillen wahrnehmen konnte (Fig. 76 bei x und x_1). Jedenfalls war an solchen Stellen die Auflockerung noch nicht weit genug vorgeschritten und die Fibrillen lagen hier noch zu dicht neben einander, als dass man sie schon hätte unterscheiden können. Übrigens erschien die Saumfaser, wenn sich an ihr Zerfallstellen ausgebildet hätten, merklich blasser tingirt und auch etwas dünner, als an den noch nicht so stark macerirten Spermatozoen.

An zahlreichen Samenkörpern war nun die Saumfaser (*Sf*) in ihrer vollen Länge in zahlreiche neben einander liegende Fibrillen aufgelöst (Fig. 77). Vorn waren dieselben noch im Zusammenhang mit dem Kopfe, während sie sich hinten an die äußerste Spitze der Stützfaser (*Stf*) anlegten. Derartig zerfallene Spermatosomen nahmen sich sehr eigenthümlich aus und bewiesen so deutlich, wie man es nur immer wünschen konnte, dass die Saumfaser durch die Vereinigung vieler Fibrillen gebildet wird, welche dieselbe vom Kopfe bis in die äußerste Geißelspitze hinein kontinuierlich durchziehen.

Zwischen dieser fibrillären Saumfaser und der Stützfaser liegt nun die etwas breitere, aber nach so langer Maceration auch nur bloss violett gefärbte Mittelfaser (*Mf*), welche, wie erwähnt, häufig in zwei Theilfasern zerspalten ist (Fig. 76). Auch diese Mittelfaser sah ich nun in demselben Präparat, welches den fibrillären Zerfall der Saumfaser so prächtig zeigte, auf größere Strecken in feinere und feinste Fäden aufgelöst (Fig. 77 bei *Fb*); indessen machte ich diese Beobachtung nur an wenigen Stellen. Es scheinen mithin die Fibrillen der Mittelfaser bei *Calathus* sich schwerer von einander zu trennen, als die der Saumfaser.

Einige Präparate desselben Coleopters, welche ich etwas länger hatte liegen lassen, ergaben noch weiteren Aufschluss. Die Saumfasern waren von den meisten Spermatozoiden fast ganz verschwunden, nur hier und da ließen sich von den feinsten Fibrillen noch einige wahrnehmen; die letzteren lagen dann meist wirtel im Präparate umher. Auch die Köpfe waren so gut wie ganz aufgelöst. Übrig geblieben waren mithin von den Bestandtheilen der meisten Samenkörper nur noch die Stützfaser und Mittelfaser, beide völlig von einander getrennt; wenigstens muss ich nach Allem annehmen, dass die zahlreichen isolirten Fasern, welche sich oft in zwei Fäden getheilt zeigten, Mittelfasern und nicht auch Saumfasern waren. Die nach so langer Maceration sich intensiv dunkelviolett färbenden Stützfaser erwiesen sich auch jetzt noch als starre, meist gerade verlaufende Fasern und zeigten niemals auch nur eine Andeutung eines feinfädigen Zerfalles. Hierdurch ließen sie sich sehr leicht von den Mittelfasern unterscheiden. Diese letzteren waren nun, an manchen Stellen der Präparate fast sämmtlich, in zahlreiche (bis acht) feinste Fibrillen zerfallen (Fig. 78, 79), welche genau denen der Saumfasern glichen. Die Fädchen durchsetzen auch hier die Faser kontinuierlich von einem Ende bis zu dem anderen; ein Absplittern eines kürzeren Fädchens, das Hervorragen eines freien Endes im Verlaufe der Mittelfaser habe ich niemals bemerkt. An Stellen, wo die Fasern sich umgebogen hatten, zeigten diese schwach violett gefärbten Fibrillen bisweilen sehr zierliche Schleifen und Ösen (Fig. 79), eine Erscheinung, welche auf einen ziemlichen Grad von federnder Elasticität und innerer Festigkeit dieser äußerst zarten Gebilde schließen lässt. Es überrascht diese elastische Biegsamkeit der Fibrillen einigermaßen, da die Mittel- und Saumfasern vor der Zerspaltung nicht in dem Grade diesen Eindruck machen, vielmehr, wenigstens im macerirten Zustande, mehr weich erscheinen und eine Zusammensetzung aus so vielen so biegsamen Fädchen nicht ahnen lassen. Allerdings habe ich auch an den ungetheilten Fasern niemals winklige Umknickungen wahrgenommen.

Übrigens sind mir von den zahlreichen, von Calathus angefertigten Präparaten nur wenige so gut gelungen, ein Umstand, der sich wohl dadurch erklärt, dass es sich hier um so zarte Macerationen handelt. Auch fiel mir auf, dass der fibrilläre Zerfall in den Präparaten oft nur fleckenweise aufgetreten war; an der einen Stelle fanden sich die meisten Fasern auf das schönste in Fibrillen zerlegt, während bisweilen in der Nachbarschaft viele Spermatozoen noch intakt geblieben waren. Worauf dies beruht, vermag ich nicht zu sagen.

Um nun diese Unzuverlässigkeit der Darstellung der Fibrillen zu beseitigen und die Zeitdauer der Maceration abzukürzen, griff ich zu einem Verfahren, welches mir schon früher bei der Untersuchung der Spermatosomen der Vögel (27) ganz ausgezeichnete Dienste geleistet hatte, ich meine die Maceration des Spermas innerhalb des getödteten Thieres selbst. Besonders haben mich hierzu die ausgezeichneten Resultate veranlasst, welche ich durch Anwendung dieser Methode bei einem anderen Coleopter, dem *Hydrophilus*, erhielt; ich werde alsbald hierauf noch näher eingehen. Allerdings eignen sich für dieses Verfahren nur die wenigsten Insekten. Zunächst lassen sich nur größere Thiere verwenden, deren Vasa deferentia reichlich mit Sperma erfüllt sein müssen, da sich nur dann eine genügende Menge Spermatozoen in reinem Zustande, ohne andere störende Beimischungen, gewinnen lässt. Auch müssen die Wandungen der Vasa deferentia resistent genug sein, um nicht sogleich in der ersten Zeit der Maceration selbst zu zerfallen.

Nach Entfernung der Flügelpaare und der oberen Abdominalwand legte ich die zuvor getödteten Thiere in eine Glasschale, in welcher sich so viele verdünnte Kochsalzlösung befand, dass die Flüssigkeit gerade die bloßgelegten Eingeweide bedeckte. In diesem Zustande blieben die Körper einige Tage in bedeckter Schale sich selbst überlassen, nur muss die Kochsalzlösung öfters erneuert werden. Alsdann wurde ein Stückchen des Vas deferens sauber herauspräparirt, sorgfältigst abgespült und der Inhalt desselben in einem Tropfen verdünnter Kochsalzlösung zerzupft. Die so gewonnenen Präparate wurden mit einem Deckgläschen bedeckt, ein bis drei Tage unter demselben sich selbst überlassen und dann mit einer Anilinfarbe gefärbt. Verunreinigungen sind hierbei durchaus zu vermeiden. Nach der angegebenen Zeit ist in der Kochsalzlösung gewöhnlich noch ein weiterer Zerfall eingetreten, wobei die Fasern sich mit ihren Fibrillen bisweilen noch im Zusammenhang befinden und auch hier wieder meist an die Glasflächen dicht angelagert sind.

Die Figuren 85 und 86 der Tafel XV sind nach in dieser Weise

hergestellten Präparaten von *Lamia textor* gezeichnet. Die Spermatozomen dieses Coleopters zerfallen sehr leicht in drei Fasern, eine charakteristische Stützfaser (*Stf*), eine Saumfaser (*Sf*) und eine dickere und intensiver gefärbte Mittelfaser (*Mf*) (Fig. 84). Nach zweitägiger Maceration des Spermas im Vas deferens des Thieres sind fast alle Spermatozomen in diese drei Fasern zerspalten, häufig trennt sich auch noch die Mittelfaser in zwei Theile. Werden diese Fasern nun noch einer Maceration in Kochsalzlösung unter dem Deckglase unterworfen, so tritt oft noch ein weiterer Zerfall der Fasern ein, welche dann bisweilen noch in ihrem Zusammenhange erhalten bleiben. Nur die Stützfaser bleibt stets ungetheilt. Fig. 86 stellt ein Spermatozom dar, welches die intensiv gefärbte Stützfaser und an der Stelle des von derselben abgetrennten Flimmersaumes ein lockeres-Bündel zahlreicher, feinsten, neben einander liegender, jedoch ungleich dicker Fibrillen aufweist. Ob dieses Fibrillenbündel dem ganzen Flimmersaum entspricht oder ob sich hier schon eine Theilfaser von demselben abgelöst hat und abgefallen ist, ist nicht mehr zu entscheiden. Die Fibrillen lassen sich wiederum vom Kopfe bis in das hintere Geißelende verfolgen; es ragt auf der ganzen Strecke nirgends ein freies Fibrillenende hervor. Auch Fig. 85 ist sehr instruktiv. Es hat sich hier die Stützfaser bereits ganz abgelöst, befindet sich jedoch noch in unmittelbarer Nähe des Spermatozoms, wie dieses der Deckglasfläche dicht anhaftend. Der Flimmersaum hat sich in zwei Fasern zerlegt, von denen die linke in ihrer hinteren Hälfte wiederum eine Trennung in zwei Hälften zeigt. Diese Faser ist mithin wohl die Mittelfaser, während die rechts liegende Faser als Saumfaser zu bezeichnen ist. Beide Fasern sind dünner als vor der Maceration und blass violett gefärbt, wie es bei den Theilfasern des Flimmersaumes der Fall zu sein pflegt, wenn sie sich kurz vor dem fibrillären Zerfall befinden und sich dabei der Glasfläche dicht angelegt haben; ich habe auf diese Erscheinung oben bereits wiederholt aufmerksam machen müssen. Es beruht dies wohl auf einem theilweisen Schwund und auf einer Auflockerung der interfibrillären Kittsubstanz, welche die Theilfasern des Saumes vielleicht auch in Gestalt einer dünnen Hülle¹ umgiebt. Beide Fasern sind nun (Fig. 85) an verschiedenen Stellen in mehrere Fibrillen zerlegt, die jedoch wiederum nicht alle dieselbe Dicke besitzen. Es können daher auch nicht alle die letzten Spaltprodukte sein und muss

¹ Einige Male schien mir an den Theilfasern der Spermatozomen dieses Typus bei anderen Coleopteren so etwas, wie eine stellenweise der Quere nach zerfallene Hülle vorhanden zu sein (vgl. auch *Copris lunaris* p. 370. Taf. XII, Fig. 12 *Mf*).

man noch eine größere Zahl von den Flimmersaum bei *Lamia* zusammensetzenden Fibrillen annehmen. Ein Fädchen zeigte eine kleine Schleife.

Bilder, wie die geschilderten, habe ich bei Anwendung dieser Methode häufiger erhalten. Im Allgemeinen habe ich dieses Macerationsverfahren zur Darstellung der Fibrillen indessen nur selten, und auch nur in der letzten Zeit in Anwendung gezogen. Ich betone, dass es auch hier durchaus erforderlich ist, dass die Spermatozoen bei dem Zerzupfen des Vas deferens in der Kochsalzlösung durch vorsichtiges Umrühren der Mischung so vertheilt werden, dass sie im mikroskopischen Präparat völlig isolirt liegen. Vornehmlich habe ich mich an einfache Kochsalzmacerationen gehalten, und dienten mir diese Fäulnismacerationen hauptsächlich nur zur Bestätigung der bei dem anderen Verfahren erhaltenen Resultate. Es sind eben diese Coleopteren nicht so recht für die Anwendung dieser energischen Maceration geeignet, schon aus dem Grunde, weil die Wandungen des Vas deferens meist zu zart sind.

Es ist mir in dieser Weise gelungen, die Fibrillen bei sehr vielen Arten zur Ansicht zu bringen. So konnte ich dieselben z. B. bei *Otiorynchus*, *Lina*, *Brontes*, mehreren *Chrysomela*-Arten, *Timarcha*, *Entomoscelis* u. a. m. des öftern sehr deutlich wahrnehmen.

Aus Obigem geht hervor, dass bei den Spermatozoen mit Stützfaser der kontraktile Flimmersaum aus zahlreichen parallel neben einander liegenden feinsten Fibrillen gebildet wird, welche sich kontinuierlich vom Kopfe bis in die äußerste Geißelspitze erstrecken. Diese Fibrillen sind zu Bündeln vereinigt, welche als Mittel- und Saumfaser und deren Theilfasern von mir unterschieden wurden. Von größerer Selbständigkeit sind indessen nur die als Mittel- und Saumfaser zuerst sich isolirenden Fibrillenbündel. Diese Fasern sind eben so, wie die Fibrillen unter sich, durch nur sehr geringe Kittsubstanz mit einander verbunden. Es löst sich indessen die Kittsubstanz zwischen den Fasern viel leichter als die interfibrilläre. Diese Anordnung der Fibrillen erinnert etwas an die Zusammenlagerung der Primitivfibrillen zu Bündeln innerhalb des Sarcolemmas der quergestreiften Muskelfaser.

Die feinsten Fibrillen des Flimmersaumes gleichen nun vollkommen den Fibrillen, welche ich in den Spermatosomen der Wirbelthiere, z. B. der Vögel (27), als letzte Komponenten des Achsenfadens aufgefunden und als Elementarfibrillen beschrieben habe, wie ein Vergleich der beigegebenen Figuren mit den Abbildungen meiner früheren Abhandlung sofort ergibt. Hier wie dort sind die Fibrillen äußerst

feine, glatte, elastisch biegsame, resistente Fädchen, welche sich in völlig isolirtem Zustande nicht von einander unterscheiden ließen. Diese vollkommene Übereinstimmung ist um so merkwürdiger und beachtenswerther, als die Elementarfibrillen bei den Wirbelthieren und Insekten genetisch wohl durchaus verschieden sind. Denn während sie bei den Coleopteren aus dem Zellprotoplasma des Spermatoocyts hervorgehen, nehmen die Achsenfibrillen bei den Wirbelthieren wohl höchst wahrscheinlich ihren Ursprung aus dem Kerne des Spermatoocyts.

Erwähnen will ich noch, dass die Elementarfibrillen sich, wie bei den Wirbelthieren, so auch bei den Insekten, erst spät durch innere Differenzirung in der protoplasmatischen Anlage des Krausensaumes an dem im Übrigen schon ziemlich ausgebildeten Spermatosom bilden. An dem aus dem Spermatoeyt hervorchwachsenden Geißelfaden ist daher noch keine Andeutung eines faserigen Baues nachweisbar.

Der zweite Spermatozoentypus, der von mir unterschieden wurde: die Spermatozoen ohne Stützfaser, bieten ein von dem soeben geschilderten wesentlich verschiedenes Verhalten dar.

Schon die äußere Erscheinung dieser Spermatozoenform ist eine andere. Während die mit ausgebildeter Stützfaser versehenen Samenkörper fast alle annähernd gerade gestreckt oder S-förmig gekrümmt erscheinen, ziemlich starr sind und nur sehr selten größere unregelmäßige Einbiegungen erkennen lassen, besitzen die Spermatozomen ohne Stützfaser gewöhnlich die Form einer aus mehreren ziemlich gleich großen Windungen bestehenden Spirale, in deren Verlaufe aber sehr häufig größere unregelmäßige Einbiegungen auftreten (Taf. XII, Fig. 30, 31, 32 [Laena, Melolontha], Taf. XIV, Fig. 56 [Hydrophilus]). Haben die Spermatozomen nach dem Tode kurze Zeit gelegen, so dass die Starre beseitigt und eine gewisse Erweichung der Faser eingetreten ist, so werden diese unregelmäßigen Einbiegungen zahlreicher und größer, so dass diese Samenfäden meist sehr unregelmäßig hin und her gebogen erscheinen, ein Anblick, wie ihn Spermatozomen mit Stützfaser unter gewöhnlichen Verhältnissen kaum jemals zeigen. Schon einfache, ohne vorherige Fixirung und weitere Kautelen angefertigte und tingirte Deckglas-Trockenpräparate zeigen diese Unterschiede stets sehr deutlich.

Eine genaue Untersuchung dieser Form mit starker Vergrößerung am frischen, durch Osmiumsäuredämpfe fixirten Objekte ergiebt nun, dass es sich auch hier um abgeplattete, schmal bandförmige Fäden handelt, welche in ihrer ganzen Länge von ziemlich gleicher Breite sind; nur gegen die äußerste Spitze hin verjüngen sie sich schnell, so

dass eine feine Zuspitzung des hinteren Endes erfolgt. Indessen ist der Unterschied der beiden Ränder dieser schmal bandförmigen Geißel lange nicht so groß, als bei den Spermatozoen mit Stützfaser, weil es hier nicht zur Entwicklung eines eigentlichen Krausensaumes kommt. Allerdings verläuft der eine Rand auch hier mehr gerade, glatt, ohne Umbiegungen, indessen tritt dieser Rand bei Untersuchung des frischen, ungefärbten Objektes nicht als deutlich unterscheidbare gerade Faser hervor. Der entgegengesetzte Rand verläuft gewöhnlich nicht so gerade, zeigt vielmehr öfters kleinere Umbiegungen, die besonders gut an tingirten Präparaten hervortreten (Taf. XII, Fig. 31, 32, Laena). Doch sind diese Umbiegungen niemals so zahlreich, so regelmäßig und ausgebildet, wie die Krausen des Krausensaumes. Es geht aber hieraus hervor, dass der eine Rand auch bei dieser Form etwas länger ist und sich daher etwas falten muss. Recht deutlich wird dies bisweilen, wenn sich die Samenfäden der Länge nach ausgestreckt und der Deckglasfläche platt angelegt haben, wobei die Färbung aber nicht zu intensiv sein darf. Der längere Saumrand tritt dann etwas stärker gefärbt hervor und hat sich oft in eine Reihe zierlicher kleiner wellenförmiger Einbiegungen gefaltet, welche neben dem blasser tingirten, ganz gerade verlaufenden anderen Rand einherlaufen (Fig. 33). Derartig platt ausgebreitete Geißeln gleichen dann sehr dem Bilde, unter welchem der typische Krausensaum unter den gleichen Bedingungen erscheint (vgl. auf Taf. XII, Fig. 33 [Laena] mit Fig. 6 [Otiorrhynchus]).

Dasselbe zeigen noch deutlicher die Fig. 47 und 48, welche von *Hydrophilus* entnommen wurden. Die Geißel dieser Spermatozoen besitzen die Gestalt einer Spirale von etwas über $2\frac{1}{2}$ Windungen, deren Verlauf aber häufig durch kleinere unregelmäßige Einbiegungen unterbrochen wird (Fig. 46). Fig. 47 stellt ein Spermatozom dar, welches 24 Stunden in gefärbtem Zustande unter dem Deckglase gelegen hatte, so dass die Färbung nur erst wenig abgeblasst ist; der Fadenthail des Samenkörpers hatte sich bereits etwas der Deckglasfläche angelagert und lässt deutlich seine schmal bandförmige Gestalt erkennen. Fig. 48 wurde nach einem gut gelungenen und tingirten Deckglas-Trockenpräparate gezeichnet. Auch hier erscheinen die Geißeln an allen Spermatozoen als sehr schmale Bänder, welche sich nach hinten noch etwas verschmälern und in eine feine, kurze Spitze auslaufen. In dem vorderen Theile der nur blass gefärbten Geißel treten die beiden parallel neben einander liegenden Ränder sehr deutlich tingirt hervor und werden durch einen schmalen, weniger gefärbten Zwischenraum von einander getrennt, so dass es den Eindruck macht, als bestehe hier die Geißel aus zwei Fasern. Gegen die Mitte

hin und in der hinteren Hälfte hört dieses Verhältnis auf; es erscheint von hier ab der eine Rand mehr abgeblasst, saumartig, und setzt sich nicht scharf von dem anderen Rande ab. Dieser letztere tritt nun in der vollen Länge der Geißel, besonders auch in der vorderen Hälfte, durch etwas dunklere Färbung mehr hervor und ist auch gewöhnlich mehrfach umgefaltet. Die Umfaltungsstellen erscheinen wiederum schmal und dunkler. Die Zahl, Lage und Größe dieser Umfaltungen ist an den Trockenpräparaten sehr verschieden, ja sie können ganz fehlen. In letzterem Falle sind sie jedenfalls wohl verstrichen, denn vorhandenen waren solche Umbiegungen wohl immer. Es sind dies mithin ganz andere Bilder, wie sie der Krausensaum mit seinen regelmäßigen, gleich großen Krausen bei derselben Behandlung in Deckglas-Trockenpräparaten stets zeigt.

Noch größere Unterschiede bestehen in der Struktur der Spermatozomen beider Typen. Es ist jedoch bei diesen nach dem zweiten Typus gebauten Formen noch schwieriger, in alle Einzelheiten des feineren und feinsten Baues einzudringen, da sich hier die Fasern, welche die Geißel zusammensetzen, meist sehr viel schwerer trennen lassen wie dort. Ich habe daher bei diesen Formen auch niemals an dem noch lebenden, Kontraktionen zeigenden Spermatozom einen Zerfall beobachten können, stets trat derselbe erst an dem abgestorbenen Gebilde ein, nachdem die Maceration einige Zeit eingewirkt hatte. Es ist mir jedoch gelungen, bei einer Gattung, und zwar bei *Hydrophilus*, einen genauen und klaren Einblick in die feinsten Bauverhältnisse dieser Spermatozomen zu gewinnen und auch an diesem bis jetzt für völlig homogen gehaltenen kontraktile Gebilde eine in hohem Grade komplizierte Struktur aufzufinden. Dieser Einblick konnte ein so vollständiger sein, dass ich wohl annehmen darf, dass mir nichts Wesentliches entgangen ist (vgl. Taf. XIV).

Dass ich nun gerade bei *Hydrophilus* so werthvolle Aufschlüsse erhielt, verdanke ich besonders dem Umstande, dass die Männchen dieser Gattung an den Ausführungsgängen der Sexualdrüsen eine Einrichtung besitzen, welche sie für die vorliegenden Untersuchungen sehr geeignet macht. Es findet sich nämlich an den *Vasa deferentia* kurz vor ihrer Vereinigung mit den Ausführungsgängen der Anhangsdrüsen zu dem unpaaren *Ductus ejaculatorius* jederseits eine Stelle, welche spindelförmig erweitert ist und als Spermaresevoir dient. An den meisten Männchen, die längere Zeit am Leben erhalten werden, sammeln sich die im Hoden producirtten Samenkörper hier allmählich an, so dass diese Stelle zu einem ansehnlichen, ovalen, blass gelblichweiß aussehenden Körper ausgedehnt wird. Diese Bildung ist schon von

LÉON DUFOUR (32) zutreffend beschrieben und abgebildet worden, nur dass dieser Entomotom fälschlich die Anhangsdrüsen als Samenblasen bezeichnet hat. Den Inhalt dieser Ampullen bilden Unmengen von Spermatozoen, die fast ohne alle anderen Beimengungen sind. Ich habe bei allen den zahlreichen Hydrophilusmännchen, welche ich untersuchte, nachdem sie einige Zeit in der Gefangenschaft gelebt hatten, diese Ampullen stets strotzend mit Sperma erfüllt gefunden. Hierdurch wird es möglich, von Hydrophilus stets reines Sperma in größerer Menge für Macerationszwecke zu erhalten, was bei den anderen Coleopteren nicht der Fall ist. Im günstigsten Falle trifft man bei den übrigen Coleopteren, an denen ich keine derartigen blasenartigen Erweiterungen der Vasa deferentia gefunden habe, in letzteren eine reichliche Menge von Spermatosomen an; indessen sind solche Männchen nicht zu häufig. Meistens ist man daher auf den mit anderen zelligen Elementen stark vermischten Hodeninhalte angewiesen. Alle, auch die geringsten anderen Beimengungen und Verunreinigungen sind aber für diese subtilen Untersuchungen außerordentlich störend, ja sie können die Präparate völlig unbrauchbar machen.

Schon die Untersuchung des frisch dem Spermabehälter bei Hydrophilus entnommenen, mit physiologischer Kochsalzlösung verdünnten und mit Gentianaviolett tingirten Spermias ergab mir wichtige Aufschlüsse. Ich fand nämlich unter den vielen unversehrten Spermatozoen bisweilen Samenkörper, an welchen sich der hellere gerade Rand der Geißel von dem anderen dunkler gefärbten, in Gestalt einer Faser abgelöst hatte (Fig. 49). Diese Ablösung konnte an jeder Stelle der Geißel auf größere oder kleinere Strecken hin stattfinden. Nur in sehr seltenen Fällen jedoch wurde die Trennung eine vollkommene, so dass die beiden Fasern nur noch am Hinterende des Kopfes vereint waren. Der Ablösungsprocess findet mithin in anderer Weise statt, als bei der Stützfaser. Während die letztere als sehr elastische Faser von dem Flimmersaum meist in ganzer Ausdehnung gewissermaßen abfedert, findet die Ablösung hier nur langsam, schwerer und auch nur in geringerem Grade statt. Auch das Aussehen dieser Faser ist sehr verschieden von dem der Stützfaser. Sie erscheint schwach gefärbt, ist meist unregelmäßig gebogen, besitzt keine so hervortretende elastische Biegsamkeit, und hat auch nicht den Glanz wie jene.

Häufiger noch, als diese Zweitheilung, ist eine Spaltung der Geißel in drei Fasern, die jedoch nur selten in der Ausdehnung beobachtet wird, wie sie in Fig. 50 abgebildet ist.

Diese Befunde beweisen, dass in den Ampullen innerhalb des lebenden Thieres in Folge einer Art physiologischer Maceration stets

mehrere Spermatozoen sich allmählich auflösen und dem Untergange anheimfallen, wie es oben schon von anderen Coleopteren berichtet wurde. Natürlich sind diese zerfallenden Samenkörper im Vergleich zu den unversehrten nur sehr spärlich.

Übersichtlicher als diese frischen Präparate es zeigen können, lässt sich der faserige Zerfall der Geißel durch Maceration in Chlor-natriumlösungen darstellen. In gut gelungenen Präparaten ist dann oft die ganze Geißel in drei völlig isolirte, sehr schmal bandartige Fasern zerlegt, welche nur noch mit dem Hinterende des Kopfes im Zusammenhang stehen.

Schon eine flüchtige Untersuchung dieser drei Fasern zeigt, dass auch von diesen keine das Aussehen der Stützfaser besitzt und eine ausgebildete Stützfaser hier nicht vorhanden ist (Fig. 51, 52). Die eine Faser (*Sf'*) erscheint ein wenig dicker und intensiver gefärbt, ist anscheinend leicht biegsam und ist häufig gerade gestreckt. Die anderen beiden Fasern dagegen (*Rf* und *Mf'*) sind etwas blasser gefärbt, zeigen gewöhnlich größere Einbiegungen und sind meist in Spiralen mit mehreren ziemlich regelmäßigen Windungen zusammengelegt.

Ich beobachtete nun auch hier des öftern in Präparaten, die einige Zeit unter dem Deckglas gelegen hatten, dass die Spermatozoen sich platt an eine Glasfläche anlagerten, und dass sodann erst der faserige Zerfall der Geißel eintrat. Alle Fasern liegen dann neben einander, wie sie in der Geißel angeordnet sind, und werden so in situ an der Glasfläche fixirt. Derartige Präparate geben in der vollkommensten Weise sicheren Aufschluss über die Lagerung der Fasern. Ein solches Spermatosom ist in Fig. 51 dargestellt. Man erkennt die dunklere, an dem einen Rande befindliche Faser (*Sf'*), welche jetzt deutlich nachweisbar länger erscheint, als die beiden anderen. Diese Faser überragt daher auch die übrigen und scheint ausschließlich die feine Spitze des Spermatosoms zu bilden. Häufig kommt es vor, besonders im vorderen Theile des Samenkörpers, dass sich diese Faser in Folge ihrer größeren Länge in kleine, mehr oder weniger regelmäßige, wellenförmige Einbiegungen gelegt hat (Fig. 51; vgl. damit auch Fig. 33 [Laena]). Auch Umfaltungen werden häufiger beobachtet. Ein Vergleich dieser Abbildung mit Fig. 48 ergibt nun sofort, dass diese dunklere Faser der mehr gebogene, etwas intensiver gefärbte freie Rand der Geißel ist, der in Fig. 48 an dem Deckglas-Trockenpräparat schon an dem unversehrten Samenkörper deutlich faserartig hervortrat. Ich will diese Faser wieder als Saumfaser bezeichnen.

Die anderen beiden Fasern (*Rf* und *Mf'*), welche genau gleiche Länge und das gleiche Aussehen besitzen, sind in Präparaten, denen Fig. 51

entnommen wurde, so gelagert, dass sie parallel neben einander und parallel neben der Saumfaser liegen und sich vom Kopfe bis in die Nähe des Geißelendes erstrecken. Die mittlere der drei Fasern kann ich mithin als Mittelfaser (*Mf*) benennen, die noch übrige möge »Randfaser« heißen. Die letztere würde dem geraden blassen Rand der Fig. 48 entsprechen. Unklar bliebe allerdings vor der Hand noch, warum an dem Deckglas-Trockenpräparat der vordere Theil dieses Randes deutlicher als der hintere hervortritt; wir werden indessen auch hierüber alsbald Aufschluss erhalten.

Es hätte sich mithin bereits ergeben, dass die Geißel aus drei schmal bandartigen, parallel neben einander liegenden Fasern besteht, einer Rand-, Mittel- und Saumfaser (*Rf*, *Mf* und *Sf* der Taf. XII und XIII).

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, blaviolett 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 circa 0,05—0,06 mm, erstreckt sich mithin noch nicht bis zur Mitte der Geißel, welche gegen 0,43 mm misst. Mit dem hinteren Ende löst es sich gewöhnlich zuerst ab (Fig. 53 *Wf*). Merkwürdig und sehr charakteristisch ist auch die Art der Einbiegungen dieser Faser (vgl. Fig. 54—59, 62 und 63 *Wf*). Dieselbe 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 (vgl. Taf. XIV). Sie möge daher die Bezeichnung der »Wimpelfaser« führen (*Wf* der Taf. XIV).

Die Befestigung dieser Wimpelfaser an dem Kopfe ist eine sehr feste, so dass sie sich nur schwer ablöst und an den meisten, durch stärkere Maceration isolirten Köpfen noch vorhanden ist. Der letztere Umstand spricht zugleich für eine große Resistenz dieser Faser. Im Übrigen ist sie strukturlos, da ich niemals an ihr etwa eine Zerfaserung in Fibrillen wahrgenommen habe.

Ich habe mir nun Mühe gegeben, zu entscheiden, wo die Wimpelfaser gelegen ist, ob sie sich am Rande angeheftet befindet, oder sich zwischen die Fasern einlagert. Ich legte diesem Umstande Anfangs einige Bedeutung bei, weil ich eine Zeit lang vermuthete, es könnte sich in der Wimpelfaser um ein Rudiment der Stützfaser handeln. Diese Möglichkeit glaube ich aber ausschließen zu müssen. Jedenfalls liegt die Wimpelfaser nicht zwischen der Saumfaser (*Sf*) und der Mittelfaser (*Mf*); denn ich habe mehrmals gesehen, dass diese beiden Fasern vorn noch in ganz festem Zusammenhang sich befanden, während die Randfaser (*Rf*) zum größten Theil, die Wimpelfaser (*Wf*) aber schon ganz abgelöst war. Fig. 56 z. B. zeigt dies deutlich. Es scheint mir auch nicht recht wahrscheinlich, dass die Wimpelfaser dem freien Rande der Randfaser angeheftet ist; denn sonst hätte es wohl bisweilen vorkommen müssen, dass sie sich allein von der sonst noch intakt gebliebenen Geißel ablöste. Ich habe dies aber niemals beobachtet, vielmehr wurde sie nur immer dann erst sichtbar, wenn ein Zerfall im oberen Theil der Geißel bereits eingetreten war, und die Fasern sich hier mehr oder weniger von einander gelockert hatten. Es scheint mir demnach das Wahrscheinlichste, dass die Wimpelfaser zwischen Rand- und Mittelfaser eingelagert ist. Hiermit stimmt auch überein, dass ich sie häufig in dem Spaltraum zwischen diesen beiden getrennten Fasern isolirt angetroffen habe (vgl. Fig. 53). Jedenfalls ist sie auch die Ursache, dass an dem Deckglas-Trockenpräparat (Fig. 48) der der Randfaser entsprechende Rand in dem vorderen Theile der Geißel deutlicher faserartig hervortritt, als in dem hinteren Abschnitte.

Es wollte mir nun recht lange nicht gelingen, einen noch weiter gehenden Zerfall der Spermatozomen bei *Hydrophilus* hervorzurufen und auch an den Theilfasern eine feinere Struktur darzustellen. Alle Macerationsversuche mit Kochsalzlösungen und anderen Reagentien führten zu keinem Ergebnis. Und doch hatte ich sehr sichere Anhaltspunkte dafür, dass auch diese Fasern noch eine viel feinere Struktur besitzen mussten. Es erschien mir dies nicht allein aus dem Grunde wahrscheinlich, weil es mir bereits an den Theilfasern des Krausensaumes gelungen war, die Zusammensetzung derselben aus Elementar-fibrillen nachzuweisen. Ich hatte vielmehr auch von *Hydrophilus* selbst bereits unzweifelhafte Beweise in Händen, dass auch hier eine feinstfädige Struktur besteht.

Ich fand nämlich in dem frisch den Ampullen des Vas deferens entnommenen und tingirten Sperma außer den partiell zerfallenen Spermatozoen nicht selten völlig isolirte Fasern, welche sich auch nicht mehr im Zusammenhange mit dem Kopfe befanden und gewöhnlich die

Länge der Geißel besaßen; jedenfalls waren sie niemals länger als die letztere in ausgestrecktem Zustande. Viele dieser Fasern zeigten die Dicke, die Färbung und überhaupt ganz das Aussehen der Theilfasern des durch Maceration zerlegten Spermatosoms. Ein Theil der Fasern war indessen etwas dünner, merklich blasser tingirt und auffallend weich, nachgiebig und hin und her gebogen. Diese Fasern glichen sehr den verblassten Theilfasern des Krausensaumes kurz vor ihrem Zerfall in Fibrillen.

Eine genaue Untersuchung ergab nun, dass diese blassen Fasern bisweilen in feinste Fibrillen zerfällt waren (Taf. XV, Fig. 64—67). Am häufigsten traf ich diesen fibrillären Zerfall an den freien Enden der Fasern. Dieselben sind oft pinselartig in zahlreiche kurze, feinste Fädchen zerfasert (Fig. 66, 67 bei *z*). Trennen sich die Fibrillen an den Enden auf größere Strecken, so entstehen Bildungen, wie sie in Fig. 65 und 66 dargestellt sind. Auch im mittleren Theile der Fasern können die Fibrillen streckenweise aus einander treten (Fig. 65). Niemals habe ich indessen im Verlaufe der Fasern frei abstehende kürzere Fibrillenden gesehen; auch zeigten die an den Enden isolirten Fädchen fast immer die gleiche Länge. Einige wenige Male beobachtete ich, dass eine Faser fast ihrer ganzen Länge nach in die zahlreichen feinsten Fibrillen aufgesplittert war, welche nach allen Seiten hin zierlich gebogen aus einander lagen, und nur noch an dem einen Ende, wie an einem Stiele, im Zusammenhang waren, so dass sehr absonderliche Bildungen entstanden (Fig. 67). Alle diese Fibrillen hatten meist noch ihre volle Länge bewahrt, welche der Länge der Fasern entsprach. Bisweilen kommt es auch vor, dass sich nur eine isolirte Fibrille ablöst (Fig. 64 *Fb*). Die Fibrillen scheinen auch hier wiederum in zwei Bündeln angeordnet zu sein; ich sah wenigstens nicht selten, dass die Faser sich zuerst in zwei Theilfasern trennte (Fig. 64, 66), welche dann fibrillär weiter zerfielen. Auch völlig isolirte, frei flottirende Fibrillen waren nicht zu selten.

Die Zahl der Fibrillen, in welche eine jede der isolirten Fasern sich theilen konnte, ist eine ganz beträchtliche, da ich häufig acht bis zehn Fibrillen zählte. Dieselben schienen mir sogar nicht immer von gleicher Dicke zu sein, so weit sich dies überhaupt sicher erkennen lässt, so dass möglicherweise noch ein weiterer Zerfall eintreten kann. Auch diese Fibrillen zeichnen sich dadurch aus, dass sie äußerst fein und meist sehr zierlich gebogen sind. Sie gleichen in Allem vollständig den Elementarfibrillen, welche oben von mir als letzte Bestandtheile des Krausensaumes beschrieben wurden. Diese feinsten Fädchen sind daher auch nur bei stärkster Vergrößerung und gutem Tageslicht dann

wahrzunehmen, wenn sie horizontal in einer Ebene an den Glasflächen des Präparates ausgebreitet sind und die Tinktion eine intensive und durchaus saubere geworden ist. Ich war stets von Neuem durch die Zartheit und Zierlichkeit dieser Bilder überrascht; man traut seinem Auge kaum, wenn man sieht, dass eine an sich schon so feine Faser sich doch noch in so sehr zahlreiche, gleichartige Fädchen zerlegt.

Die Untersuchung des frischen Spermas hatte mir mithin schon einen wichtigen Aufschluss über die feinste Struktur der Geißel ergeben. Der Befund der isolirten, fibrillär zerfallenen Fasern machte zur Gewissheit, dass in der Geißel Elementarfibrillen in großer Anzahl vorhanden sein müssen. Indessen genügten mir diese Befunde noch nicht; denn es blieb noch die Frage zu entscheiden übrig, ob alle drei von mir durch Maceration dargestellten Fasern (Rand-, Mittel- und Saumfaser) fibrillär strukturirt wären, oder ob hier Differenzen beständen und nur bestimmten Fasern diese Struktur zukäme. Ich stellte mir diese Frage besonders auch aus dem Grunde, weil die Struktur der Einzelfasern vielleicht Anhaltspunkte dafür geben konnte, welche Homologien zwischen den Theilfasern dieser Spermatozoenform und der Spermatozoen mit Stützfaser beständen. Aus dem Folgenden wird hervorgehen, dass diese Frage nicht unberechtigt war.

Um nun eine Beantwortung zu finden, durchmusterte ich zunächst in dem frischen Sperma wiederholt und auf das sorgfältigste die faserig zerfallenen Samenkörper, in der Hoffnung, hier und da Fibrillen anzutreffen, welche sich von den noch mit den übrigen Theilen des Spermatosoms im Zusammenhang befindlichen Hauptfasern abgelöst hätten, so dass man sicher hätte entscheiden können, welchen Fasern die Fibrillen angehören. Indessen gelang es mir niemals, trotz vielen Suchens, solche Präparate aufzufinden. Auch die Kochsalzmacerationen ergaben mir bei *Hydrophilus* stets nur einen Zerfall in die vier Fasern, niemals aber eine weitere Auflösung der Fasern in Fibrillen. Ich glaubte hieraus schließen zu müssen, dass die Fibrillen innerhalb der Theilfasern sehr fest mit einander verkittet sind durch eine Kittsubstanz, welche sehr resistent ist und erst durch lange einwirkende Maceration angegriffen wird. Daher findet sich in dem Inhalt der Ampullen die fibrilläre Auflösung nur an den völlig isolirten Fasern, welche nach dem vollständigen Zerfall des Spermatosoms wohl bereits längere Zeit in der Flüssigkeit der Samenblasen macerirt haben müssen.

Es blieb mir demnach nichts Anderes übrig, um obige Frage zu entscheiden, als auch hier die energisch wirkende Fäulnismaceration zu versuchen. Gerade der männliche *Hydrophilus* erschien mir hier-

für auch besonders geeignet, weil bei demselben eine größere Quantität Spermas ohne alle Verunreinigungen von den widerstandsfähigen Wandungen der Ampulle des Vas deferens umschlossen wird. Es ergab mir denn auch hier diese Methode, welche ich mit der Kochsalzmaceration kombinirte, ganz ausgezeichnete Resultate. Ich verfuhr dabei genau in derselben Weise, wie oben p. 354 schon näher aus einander gesetzt wurde. Nach einer Macerationsdauer von mehreren Tagen wurde eine gefüllte Ampulle herauspräparirt, sorgfältig abgespült und in einer entsprechenden Quantität 0,8%iger Kochsalzlösung vorsichtig zerzupft, so dass die Spermatosomen in der Flüssigkeit aufgeschwemmt werden. Die fast sämmtlich schon stark zerfallenen Samenkörper müssen derart in der Flüssigkeit vertheilt sein, dass sie späterhin im mikroskopischen Präparat völlig isolirt liegen, dies ist durchaus erforderlich. Von der Flüssigkeit bringt man sodann einen Tropfen unter das Deckglas und lässt das Präparat einen bis mehrere Tage liegen. In der Kochsalzlösung tritt jetzt noch ein weiterer Zerfall der Spermatosomen ein. Hierbei legen sich die zerfallenen Samenkörper wiederum mit allen ihren Fasern und Fibrillen dicht der Glasfläche an, so dass sie in einer horizontalen Ebene ausgebreitet sind und leicht in genauer Ausdehnung überblickt werden können. Auf diese Weise gelang es mir, so prächtig übersichtliche und in allen Einzelheiten deutliche Präparate zu gewinnen, wie sie in den Figuren 59—63 dargestellt sind.

Fig. 59 zeigt ein Spermatosom, dessen Geißel in voller Länge in die vier Fasern zerspalt ist. Die Wimpelfaser (*Wf*) links oben und die Saumfaser (*Sf*) rechts sind noch im Zusammenhang mit dem Kopf (*K*). Dazwischen liegt die schon vom Kopfe abgelöste Rand- und Mittelfaser (*Rf*, *Mf*). Alle vier Fasern zeigen das oben beschriebene charakteristische Aussehen. Zwischen der Saumfaser und der Mittelfaser habe ich nun häufig ein sehr feines, sehr schmal bandförmiges Fäserchen angetroffen, welches sich vom Kopfe bis in die Geißelspitze erstreckte. Bald lag es der Saumfaser, bald der Mittelfaser streckenweise an, so dass kein Zweifel darüber bestehen kann, dass es sich in dem intakten Spermatosom zwischen diesen beiden Fasern befindet, wenn dasselbe auch bei der Maceration oft herausgerissen und verlagert wird. Sehr häufig sah ich nun dieses Fädchen der ganzen Länge nach in zwei äußerst feine Fibrillen zertheilt, welche oft parallel dicht neben einander verliefen und nur an den Enden etwas aus einander wichen (Fig. 59 *Fb Fb*). Oft sind sie aber auch weit von einander abgezerrt (Fig. 60 *Fb Fb*). Diese »Zwillingsfibrillen«, wie ich sie nennen möchte, scheinen in keinem festeren Zusammenhange mit den sogleich zu beschreibenden übrigen Fibrillen zu stehen. Sie erinnern hierdurch etwas an die

eine auch leichter isolirbare Fibrille, welche ich in dem Flimmersaum der Spermatozoen mit Stützfaser z. B. bei *Lamia*, *Morimus* u. A. aufgefunden habe (vgl. oben p. 346). Es ist klar, dass diese Zwillingsfibrillen bei der Maceration und der Herstellung des Präparates leicht herausgerissen werden und in weiteren Stadien der Maceration am Spermatosom meist nicht mehr anzutreffen sind. Auch in dem frisch untersuchten Inhalt der Ampullen des Vas deferens habe ich die isolirten Zwillingsfibrillen wieder erkennen können, wenn sie noch theilweise unter sich zusammenhingen; sie waren dann hier natürlich stets außer allem Zusammenhang mit den Spermatosomen.

Schreitet die Maceration noch weiter vor, so tritt zuerst eine Veränderung an der Saumfaser (*Sf*) ein. Dieselbe scheint etwas dünner und weicher zu werden und nimmt eine blässere Färbung an. Hier und da sieht man nun an ihr eine Spaltung in zwei Fäden (Fig. 60 *Sf*, am hinteren Ende) und alsbald auch einen Zerfall in sehr zahlreiche Fibrillen auftreten. Am frühesten zeigt sich dieser Zerfall an den Enden der Fasern. In Fig. 62, wo an dem Kopfe nur noch die Wimpelfaser (*Wf*) und die Saumfaser (*Sf*) haften, ist das freie Ende der letzteren auf eine große Strecke in, der Dicke nach noch ungleiche Fibrillen zerspalten, nachdem kurz vorher (bei *x*) eine Trennung in zwei Fäden erfolgt war. Hierdurch hat die Faser ein ähnliches Aussehen erlangt, wie es die im frischen Sperma gefundenen isolirten Fasern oft zeigen (vgl. auf Tafel XV, Fig. 65, oberes Ende). In Fig. 64 hat sich die Saumfaser (*Sf*) bereits vom Kopfe abgelöst und ist in der Mitte an zwei Stellen, besonders aber am vorderen und hinteren Ende fibrillär zerfallen. Fig. 63 endlich zeigt diesen fibrillären Zerfall in ideal schöner Weise, ein Bild, wie ich es einige Male in gut gelungenen Präparaten erhalten habe. Kopf und Theilfasern der Geißel sind in ihrer gegenseitigen Lage fixirt; an dem Kopf befindet sich nur noch die Wimpelfaser, die anderen drei Fasern sind von ihm abgetrennt. Statt der Saumfaser findet sich nun ein lockeres Bündel von zahlreichen, blassen, völlig von einander getrennten, feinsten Elementarfibrillen vor, welche alle genau dieselbe Länge und damit die Länge der ursprünglichen Saumfaser besitzen.

Natürlich trifft man in solchen Präparaten auch sehr häufig völlig isolirte Saumfasern, die eine Theilung in zahlreiche Fibrillen aufweisen (Taf. XV, Fig. 68—71). Bemerkenswerth sind in Fig. 70 die eleganten Biegungen, welche die an einer Stelle weit von einander abtretenden (acht) Fasern zeigen; zwei von diesen Fäserchen schienen merklich dicker zu sein, als die übrigen. In Fig. 69 sieht man (bei *x* und *x*₁) zwei schmale blasse Stellen, ähnlich wie es an der Saumfaser bei

Calathus beobachtet wurde (vgl. p. 349); an diesen Stellen waren die Fibrillen wohl noch nicht weit genug von einander abgewichen, um unterschieden werden zu können, wie es an einer Stelle weiter unten möglich geworden ist. In Fig. 71 ist der Zerfall einer isolirten Faser ein sehr weitgehender. Beide Enden sind bis gegen die Mitte der Faser hin in zwei Fibrillenbüschel umgewandelt; an dem rechten Büschel zählte ich zehn, an dem linken neun solcher feinsten Fädchen.

Ein Vergleich dieser durch Maceration fibrillär gewordenen Saumfasern mit den im frischen Sperma aus den Ampullen beobachteten Fibrillenbündeln ergibt nun, dass beide völlig übereinstimmen (vgl. Taf. XV, Fig. 64—67). Es geht hieraus hervor, dass diese letzteren fibrillär zerfallene Saumfasern, wenigstens zum Theil bestimmt, sein müssen. Es bleibt nun aber noch die Frage offen, ob nicht auch die beiden anderen Fasern, die Rand- und Mittelfaser, in gleicher Weise fibrillär zerfallen können, so dass auch sie als fibrilläre Fasern im frischen Sperma gefunden werden. Ich glaube auch hierüber Aufschluss erhalten zu haben, da es mir gelang, auch die feinere Struktur dieser beiden Fasern festzustellen. Dieselbe ist indessen eine etwas andere, als an der Saumfaser.

In dem Stadium der Maceration, in welchem die Saumfaser fibrillär zerfällt, bleiben die Rand- und Mittelfaser noch völlig unversehrt. Beide Fasern sind noch spirallig gebogen, besitzen glatte Kontouren, haben dieselbe Dicke bewahrt und erscheinen noch dunkel gefärbt (Fig. 64, 63 *Rf*, *Mf*). Hierdurch unterscheiden sie sich sofort von der zerfallenden Saumfaser. Wenn die Maceration noch weiter vorschreitet, löst sich die Saumfaser völlig auf und verschwindet der größte Theil der Elementarfibrillen; nur ein Theil ganz isolirter, oft wirt durch einander liegender Fädchen bleibt hier und da zurück. Auch die Wimpelfaser wird undeutlich. Jetzt erst tritt eine Veränderung in den beiden resistenten Fasern ein. Dieselben werden etwas blasser und erhalten fein eingekerbte Kontouren. Alsbald erscheinen sie wie in zahlreiche, in einer Reihe hinter einander angeordnete, körnchenartige Segmente der Quere nach zerfallen (Taf. XV, Fig. 72—75). Die spiralligen Umbiegungen und eine dunklere Tinktion, die den Segmenten angehört, hat die Faser dann oft noch bewahrt (Fig. 72). Häufig bröckeln nun diese Körnchen ab oder es löst sich auch die dunklere Masse in kleinen Stückchen los. Alsdann wird ein feiner, heller, wenig gefärbter, elastisch biegsamer Faden sichtbar, auf welchem die Körnchen aufgereiht sind. Ob es sich nun wirklich in den Körnchen um völlig von einander getrennte Segmente handelt oder ob dieselben etwa nur den optischen Ausdruck einer um die feine Achsenfaser in engen Win-

dungen herumgelegten Spirale bilden, ist bei der großen Kleinheit der Körnchen zu entscheiden ganz unmöglich. Sehr häufig sah ich nun an Stellen, wo dieser Achsenfaden auf größere Strecken isolirt war, dass derselbe deutlich in zwei äußerst feine Fibrillen zerfiel (Fig. 73, 74, 75). Diese Fibrillen sind meist, eben so wie der ungetheilte Achsenfaden, wiederum elegant gebogen und zeigen bisweilen hübsche Schleifen (Fig. 74). Nicht selten waren die Körnchen durch die beiden aus einander tretenden Fibrillen zerrissen, so dass jeder Fibrille korrespondirende Körnchenreste der Umhüllung anhafteten (Fig. 75). An manchen Stellen schien mir der sehr feine Achsenfaden noch in mehr als zwei Fibrillen zu zerfallen, indessen habe ich diese Beobachtung sicher nicht machen können; es scheint mir dies aber sehr wahrscheinlich zu sein.

Hieraus geht hervor, dass die Mittelfaser und die Randfaser bei *Hydrophilus* gebildet werden von einem feinen, fibrillären, die Fasern in ganzer Länge durchziehenden Achsenfaden und einem diesen Achsenfaden gleichmäßig in ganzer Ausdehnung umhüllenden, bei weitgehender Maceration der Quere nach in körnchenartige Segmente zerfallenden Mantel.

Bei den übrigen Coleopteren, deren Spermatozomen der Stützfaser gleichfalls entbehren, ist es mir nun nicht gelungen, einen so vollständigen Einblick in die feinsten Bauverhältnisse der Geißel zu gewinnen. Indessen habe ich doch bei vielen Arten zahlreiche und bestimmte Anhaltspunkte, gewonnen, welche darauf schließen lassen, dass auch bei den übrigen Spermatozoen dieser Form dieselben oder doch ganz ähnliche Verhältnisse vorliegen, wie bei *Hydrophilus*.

So konnte ich z. B. bei *Cetonia aurata* des öftern die Geißel in die ganz von einander getrennten Randfaser, Mittel- und Saumfaser zerlegen. Auch eine feine blasse Wimpelfaser traf ich hier regelmäßig an, welche lange an dem Kopfe haften bleibt, wenn auch die anderen Fasern sich schon abgelöst haben. Auch bei *Lucanus capreolus* schien mir diese eigenthümliche Faser vorhanden zu sein, nur scheint sie hier relativ länger, als bei dem vorigen Coleopter.

Bei den meisten Coleopteren ohne Stützfaser vermisste ich jedoch die Wimpelfaser, obwohl ich hier bei manchen Arten, oft ganz regelmäßig an jedem Spermatozom die drei Hauptfasern in voller Länge von einander getrennt hatte; ich glaube daher nicht, dass sie mir hier entgangen ist. So konnte ich z. B. bei *Laena*, *Geotrypes*, *Clerus* und *Cleroides*, *Melolontha*, *Corticeus*, *Blaps* u. a. die Saumfaser, Mittel- und Randfaser regelmäßig von einander isoliren, während eine Wimpel-

faser stets vermisst wurde. Letztere ist mithin kein konstantes, nur wenigen Arten zukommendes Gebilde.

Überhaupt ist mir die Zergliederung der Geißel in die drei Hauptfasern bei jeder Art ohne Ausnahme gelungen. Diese Trennung erfolgt bei diesem Typus aber im Allgemeinen weit schwerer als an den Spermatozoen mit Stützfaser. Die isolirten Fasern lassen gewöhnlich die bei *Hydrophilus* hervorgehobenen Unterschiede leicht erkennen (vgl. Fig. 30, *Melolontha*; *Rf*, *Mf*, *Sf*). Indessen kamen auch Fälle zur Beobachtung, in denen die sich isolirenden Fasern ein etwas abweichendes Aussehen darboten und die Anordnung der Fasern und Fibrillen in der Geißel gewissermaßen etwas atypisch zu sein schien. So sah ich z. B. bei *Nebria brevicollis*, dass sich an den langen Samenkörpern dieses Thieres von einer dickeren, intensiv sich färbenden Faser häufig in großer Ausdehnung drei ganz gleich aussehende feinere unregelmäßig hin und her gebogene Fasern ablösten, welche aber noch nicht fein genug waren, um Elementarfibrillen darzustellen. Erwähnen will ich noch, dass bei *Loricera pilicornis* das hinterste kurze, zugespitzte Ende, welches sich nur blass färbt, sehr deutlich und scharf von dem übrigen dickeren, intensiv sich tingirenden Geißeltheil abgesetzt ist, so dass hier ein »Endstück« vorliegt. Es erinnert diese Bildung an das von RETZIUS (33) zuerst an den Spermatozoen der Säugethiere beschriebene Endstück. Der angeführte Fall ist jedoch der einzige, in dem unter allen p. 326—328 aufgezählten Coleopteren dieses Endstück von mir beobachtet wurde.

Auch die Elementarfibrillen habe ich an den Spermatozoen des zweiten Typus bei sehr vielen Arten aufgefunden, selten allerdings an den noch zusammenhängenden Fasern; meist wurden sie an Bruchstücken oder an isolirten Fasern wahrgenommen. Indessen kommen dieselben auch hier überall recht selten zur Beobachtung und isoliren sich sehr schwer. Ich habe dieselben sehr deutlich gesehen z. B. bei *Laena*, *Calosoma*, *Carabus*-Arten, *Meloë*, *Pyrochroa*, *Blaps*, *Oryctes*, *Lucanus*, *Cetonia* u. a. m. Bei *Cerambyx heros* gelang es mir, dieselben in größerer Anzahl und in größerer Ausdehnung zu isoliren.

Ich habe oben erwähnt, dass zwischen den beiden geschilderten Spermatozoentypen Übergangsformen von mir beobachtet wurden. Diese Übergänge beanspruchen ein gewisses Interesse, weil sie einigen Aufschluss geben können über die Homologien, welche etwa zwischen den Hauptfasern der Geißel beider Typen bestehen. Sie werden bestimmt durch eine geringere Ausbildung des Krausensaumes und besonders dadurch, dass die Stützfaser ihre charakteristischen Eigenschaften allmählich verliert.

Die letztere kann sehr verschieden entwickelt sein. Von extremer Dicke und Starrheit fand ich sie in den langen, etwas abweichend gebauten Spermatozomen von *Cis boleti*, welche dagegen nur einen schmalen, aber auch feinfädigen Krausensaum besitzen. Aber auch in den Familien der Chrysomeliden und Curculioniden, bei welchen ich die Stützfaser fast überall antraf, kann sie von sehr wechselnder Ausbildung sein; ich habe hierauf schon bei *Chrysomela sanguinolenta* aufmerksam gemacht. Büßt sie nun allmählich ihre charakteristischen Eigenschaften ein, so nimmt sie hierdurch mehr und mehr das Aussehen der Mittelfaser und damit auch der Randfaser an, so dass schließlich diese beiden Fasern, wie bei *Hydrophilus* (Taf. XIV), nicht mehr von einander zu unterscheiden sind.

Ich habe nun alle Übergänge gefunden zwischen der typischen Stützfaser und der Randfaser der Spermatozomen der zweiten Form. Die Stützfaser wird dabei weicher, nachgiebiger, verliert ihren mehr gestreckten Verlauf und zeigt häufig unregelmäßige Einbiegungen. Zugleich erhält sie auch ein anderes Färbvermögen; sie färbt sich mit Anilinfarben leichter und behält auch den Farbstoff länger zurück.

Fig. 27 z. B. zeigt ein Spermatozom von *Brontes planatus*, dessen Geißel einen, wenn auch nur schmalen, aber doch sehr deutlichen und mit gut ausgebildeten, regelmäßigen Krausen versehenen Saum besitzt, welcher sich bei genauer Beobachtung an jedem Spermatozom leicht wahrnehmen lässt. Das Ende dieser Geißel theilt sich nun häufig in zwei differente Fasern (Fig. 28 auf Taf. XII). Nur sehr selten tritt ein Zerfall zuerst in dem mittleren Theil ein, wie es bei den Spermatozoen mit typischer Stützfaser gewöhnlich beobachtet wird. Die eine dieser Fasern (*KS*) bewahrt alle Eigenschaften des Krausensaumes; auch zerlegt sie sich, wenn auch nur schwer, in zwei bis drei Fasern. Die andere Faser (*Rf*) hingegen besitzt nicht mehr das Aussehen der Stützfaser, ähnelt vielmehr sehr der Randfaser. Dieselbe ist besonders in ihrem hinteren, fein ausgezogenen Abschnitt weich geworden und legt sich in den Präparaten leicht in unregelmäßige Biegungen (Fig. 28). Sie färbt sich mit Gentianaviolett auch leicht, wenn auch blasser als der Krausensaum und hält diese Färbung zurück. Noch deutlicher wird dies, wenn sich die beiden Fasern in voller Länge von einander abgelöst haben (Fig. 29). Ähnliches zeigen die kleinen Spermatozomen vieler *Carabus*-Arten, von *Calosoma*, *Chaetocarabus*, *Procrustes* u. a. m., bei denen keine typische Stützfaser mehr zur Ausbildung kommt, vielmehr die sich ablösende Faser meist schon als Randfaser bezeichnet werden muss.

Andererseits habe ich beobachtet, dass an Spermatozomen, welche

ganz den Habitus der zweiten Spermatosomenform zeigen, die Randfaser schon manche Eigenschaften der Stützfaser angenommen hatte und der letzteren sehr ähnelt. Besonders fiel mir dies bei *Cleroides formicarius* auf, dessen Samenkörper leicht in voller Geißellänge in die drei Hauptfasern zerfallen. Die Randfaser unterscheidet sich hier von der Mittelfaser, besonders in ihrem vorderen Theile, durch etwas stärkeren Glanz, größere Starrheit und auch etwas differente Tinktion; sie färbt sich nur schwer und verblasst auch bald wieder. Immerhin sind diese Eigenschaften aber noch nicht so ausgeprägt, dass man diese Randfaser als Stützfaser bezeichnen könnte.

Eine sehr merkwürdige und in vieler Beziehung interessante Spermatozoenform fand ich bei *Copris lunaris*. Diese Scarabaeide besitzt mäßig lange, kräftig ausgebildete Spermatosomen (Taf. XII, Fig. 9), deren Geißel sehr deutlich zwei differente Abschnitte unterscheiden lässt. Die vordere Hälfte ist leicht S-förmig gebogen, fast gerade gestreckt und sehr starr; hier ist ein breiter, schön entwickelter, aus sehr regelmäßigen Krausen bestehender Flimmersaum angeheftet. Dieser Abschnitt gleicht mithin ganz einem Spermatosom des ersten Typus. Die hintere Hälfte der Geißel dagegen erscheint weicher, nachgiebiger und ist in 2—2½ Spiralwindungen gelegt, die öfters unregelmäßige Einbiegungen zeigen. Regelmäßige Krausen sind hier nicht vorhanden, obwohl sich der Flimmersaum kontinuierlich auf diesen spiraligen Abschnitt erstreckt; nur hier und da zeigt der freie Saumrand mehr unregelmäßige Umbiegungen. Es besitzt demnach diese hintere Hälfte der Geißel ganz den Habitus eines Spermatosoms der zweiten Form. Hiermit steht auch die Art und Weise, wie die Geißel in diesen beiden differenten Abschnitten zerfällt, im Einklange. In Kochsalzmacerationen löst sich nämlich sehr leicht der Flimmersaum ab und es erscheint dann eine sehr charakteristische, recht stark ausgebildete Stützfaser (Fig. 10 *Sf*, *KS*). In dem hinteren Abschnitt tritt dieser Zerfall weit schwerer und meist auch nur auf kleinere Strecken ein; die Geißel theilt sich hier gewöhnlich nicht in zwei Fasern, sondern zerlegt sich sogleich in drei, wie bei den Spermatozoen des zweiten Typus. Späterhin tritt dann auch ein weiterer Zerfall in zwei bis drei Fasern in dem Krausensaum des vorderen Theiles ein. Hierbei setzt sich die Saumfaser des Krausensaumes (Fig. 11—13 *Sf*) kontinuierlich auf die hintere Hälfte bis in die Spitze hinein fort, eben so die Mittel- und Stützfaser. Die letztere wird in dem hinteren Drittel etwas dünner und auch nachgiebiger und ist gewöhnlich spiralig oder unregelmäßig wellig gebogen, zeigt aber sonst ganz das Aussehen, wie im vorderen Theile.

Es ist mir nun geglückt, an guten Kochsalzmacerationen, die längere Zeit gelegen hatten, auch über die feinste Struktur dieser Fasern einigen Aufschluss zu erhalten (Taf. XII, Fig. 11—13). So habe ich mehrmals auf das schönste gesehen, wie an der in die drei Hauptfasern zerspaltenen Geißel die Saumfaser (*Sf*) der ganzen Länge nach in zahlreiche feinste, neben einander liegende Elementarfibrillen zerfiel, welche wie ein zartes Schleierband neben den übrigen Fasern lagen und sich vom Kopfe bis zur Geißelspitze erstreckten. Die Mittelfaser war meist spiralig gebogen, dunkel gefärbt und zeigte nicht selten eine Spaltung in zwei Theilfasern (Fig. 13 *Mf'*). Bei weiter vorgeschrittener Maceration sah ich an derselben des öftern eine feine sehr regelmäßige nicht so leicht wahrzunehmende Querkörnelung (Fig. 12 *Mf'*), wie ich sie an der Rand- und Mittelfaser von *Hydrophilus* beschrieben habe (vgl. hierüber auch p. 352 Anm.). Es lässt diese Erscheinung darauf schließen, dass hier eine ähnlich strukturierte Hülle wie bei *Hydrophilus* vorhanden ist.

Ein merkwürdiges, nur hier aufgefundenes Verhalten zeigte die Stützfaser (*Stf*). Dieselbe war in Präparaten, die längere Zeit in Kochsalzlösungen gelegen hatten, intensiv gefärbt, wie es bei der Stützfaser dann ja meistens der Fall zu sein pflegt. Bisweilen sah ich nun, dass unmittelbar neben dieser dunklen Stützfaser noch ein heller, sehr schmaler, weniger tingirter, gegen die Mittelfaser gerichteter saumartiger Rand verlief. Bisweilen zeigte dieser zweite Kontour, ähnlich wie die Mittelfaser, eine Quertheilung in sehr schmale kurze Segmente. Diese Segmente konnten auch streckenweise abbröckeln. In der hinteren Hälfte der Stützfaser bemerkte ich nun mehrmals, dass hier eine Spaltung in zwei ziemlich gleich aussehende Fasern eintrat (Fig. 13), welche indessen nur wenig von einander abtraten. Ob diese Trennung sich nun wirklich nur innerhalb der Stützfaser vollzog, konnte ich nicht ganz sicher entscheiden. Denn ich machte diese Beobachtung nur an Präparaten, welche sich bei längerem Liegen allmählich an die Glasfläche angelegt hatten und dann erst zerfallen waren. Ich konnte daher die Möglichkeit nicht ganz ausschließen, dass sich hier eine Theilfaser, die eigentlich dem Flimmersaum, speciell der Mittelfaser angehörte, der Stützfaser dicht angelegt hat und so als schmaler, bisweilen der Quere nach zerfallender Saum resp. als Theilfaser der Stützfaser hervortrat. Ich betone, dass ich das beschriebene Verhalten der Stützfaser nur hier an der auch im Übrigen abweichenden Spermatozoenform von *Copris* gefunden habe, während mir diese Faser sonst stets als durchaus homogenes Gebilde erschienen ist.

Auf die abweichende Bewegungsform dieser Samenkörper werde ich späterhin noch eingehen.

Wenn ich nun diese verwickelten Fadenverhältnisse der Spermatozoengeißel der Coleopteren überblicke, so komme ich zu dem Resultat, dass dieselbe bei den Spermatosomen beider Typen aus drei selbständigeren Hauptfasern zusammengesetzt ist: der Stützfaser, Mittelfaser und Saumfaser, resp. der Randfaser, Mittelfaser und Saumfaser. Es fragt sich, welche Homologien zwischen den Fasern beider Typen bestehen.

Nach den obigen Ausführungen kann es keinem Zweifel unterliegen, dass die Saumfasern der beiden Formen völlig identisch sind. Ihre Lage, ihr Aussehen, ihre Umbiegungen, ihr leichtes Zerfallen in zahlreiche Elementarfibrillen deuten darauf hin. Die einzige Differenz besteht darin, dass sie im Krausensaum regelmäßiger seitlich umgebogen ist, als an den Spermatozoen ohne Stützfaser.

Größere Unterschiede zeigen schon die Mittelfasern beider Formen: Während dieselbe in dem einen Falle einen sehr deutlichen, durch Maceration in Segmente zerfallenden, die Fibrillen einschließenden Mantel besitzt, lässt sich der letztere an den Mittelfasern der Spermatozoen mit Stützfaser meist nicht deutlich erkennen. Indessen ergibt ein Vergleich der Mittelfasern von *Copris* mit denen von *Hydrophilus*, dass beide übereinstimmen und als gleichwerthige Bildungen zu betrachten sind. Man muss annehmen, dass die Kittsubstanz, welche die Fibrillen zusammenhält, wohl in dem einen Falle an der Peripherie der Faser noch besonders reichlich aufgelagert ist, so dass eine Hülle gebildet wird. Es kann indessen auch sein, dass dieser Mantel eine plasmatische Bildung eigener Art ist, welche mit der interfibrillären Kittsubstanz nichts zu thun hat.

Die größte Schwierigkeit macht die Beantwortung der Frage, ob Stützfaser und Randfaser einander homolog sind; denn hier bestehen bereits sehr wesentliche Strukturdifferenzen. Der Umstand aber, dass ich alle Übergangsformen in der Ausbildung der Stützfaser bis zur Randfaser hin angetroffen habe, spricht bestimmt dafür, dass beide als gleichwerthig anzusehen sind. Die volle Bestätigung kann allerdings erst ein genaues Studium der Entwicklung der Fasern bringen. In welchem Übergangsstadium nun aber die von mir in den beiden typisch ausgebildeten Fasern nachgewiesene Strukturdifferenz sich einleitet, wann die sich umwandelnde, vorher strukturlose Stützfaser eine fibrilläre Struktur erhält, das zu entscheiden war mir nicht möglich, weil es mir nicht gelang, ein hierfür günstiges Objekt aufzufinden. Es dürfte dies auch recht schwer festzustellen sein.

Die Wimpelfaser steht zu diesen drei Hauptfasern in keiner Beziehung. Sie stellt eine Bildung *sui generis* von räthselhafter Be-

deutung dar; wir werden derselben bei anderen Insekten wieder begegnen.

Schließlich will ich nicht unerwähnt lassen, dass ich auch bei den Coleopteren die Beobachtung machte, dass bisweilen ganz nahe verwandte Genera, ja Species sowohl der Größe, wie auch der Struktur nach sehr differente Spermatozoenformen besitzen. So fand ich z. B. bei *Aromia moschata* kleine Spermatozoen vor, während der ganz nahe verwandte *Cerambyx heros* außerordentlich lange Samenkörper aufweist. Während ferner die Samenkörper aller anderen von mir untersuchten Repräsentanten des Genus *Chrysomela* dem ersten Typus angehören, traf ich bei *Chrysomela hyperici* in den auch bedeutend längeren Spermatosomen statt der Stützfaser eine weiche, biegsame Faser an, welche sich von den übrigen Fasern, in welche die Geißel zerfiel, besonders von der Mittelfaser, kaum unterscheiden ließ. Das auffälligste Beispiel bietet aber *Copris* dar, deren abweichende Form sich sehr von den nach dem zweiten Typus gebauten Samenkörpern der nahe verwandten Gattungen unterscheidet. Auch *Calathus* muss hier genannt werden. Im Allgemeinen kann man allerdings sagen, dass natürlich zusammengehörige Gruppen und Familien auch ähnlich aussehende und ähnlich strukturierte Spermatozoen besitzen.

B. Die Struktur des Kopfes.

Wie aus der Litteraturübersicht zu Anfang dieser Abhandlung hervorgeht, ist über eine Struktur des Kopfes der Insektenspermatozoen so gut wie nichts bekannt. Nur BÜRSCHLI (12, 13), LEYDIG (22) und GILSON (17) berichten von einem kurzen an der Spitze des Kopfes befindlichen und von dem übrigen Theile desselben differenten Abschnitt (Segment *procéphalique* GILSON's). Eine genauere Untersuchung hat mir nun ergeben, dass auch der Kopf dieser Spermatosomen eine kompliziertere Struktur besitzt.

Was zunächst die äußere Form des Kopfes (*K* der Figuren) anbetrifft, so ist dieselbe bei fast allen aufgeführten Arten sehr schmal cylindrisch, nadel- oder pfriemenförmig, mit oft sehr fein ausgezogener Spitze; von der Mitte ab tritt nach vorn hin gewöhnlich eine sehr allmählich verlaufende Verjüngung ein. Oft erscheinen die Köpfe nicht ganz gerade, sondern in der Richtung der Biegung der Geißel ein wenig **S**-förmig gekrümmt.

Die Länge der Köpfe ist je nach der Art sehr verschieden und bewegt sich zwischen 0,04—0,034 mm; am häufigsten wurden Kopflängen von 0,042—0,02 mm beobachtet. Ausnahmsweise lang und dabei sehr

dünn und biegsam fand ich den Kopf von *Brontes*, der hier eine Länge von 0,056 mm erreicht (Taf. XII, Fig. 27—29).

Auch die relative Länge des Kopfes mit Bezug auf die Länge der Geißel variirt sehr und steht durchaus nicht etwa in geradem Verhältnis zu der letzteren, wie ein Blick auf die Abbildungen am besten zeigt. Die kleinen Spermatosomen haben gewöhnlich einen relativ großen Kopf, wie z. B. viele *Carabus*-Arten, *Clerus*, *Melolontha* (Taf. XII, Fig. 30), *Lucanus* u. a. Bei den drei letzteren Gattungen beträgt der Kopf z. B. etwa $\frac{1}{3}$ der Geißellänge. Am häufigsten kommt derselbe dem sechsten bis neunten Theil der Geißel gleich. Der Kopf kann aber auch im Vergleich zu der oft sehr langen Geißel verschwindend klein werden. So misst er z. B. bei *Onthophagus* 0,027 mm, während die Geißel die ansehnliche Länge von über 0,85 mm besitzt. Noch größer dürfte das Missverhältnis zwischen beiden Theilen bei *Cerambyx heros* sein.

Durch alle diese Verhältnisse sind die Spermatozoen jeder Art auch in dieser Thiergruppe scharf charakterisirt, so dass sich auch an diesen anscheinend so gleich gestalteten Gebilden bei genauer Untersuchung, besonders wenn man auch die Struktur berücksichtigt, stets Eigenthümlichkeiten nachweisen lassen, welche nur einer bestimmten Art zukommen.

Die Köpfe sind meist ziemlich starr; nur wenn sie längere Zeit macerirt wurden, tritt bei manchen eine Erweichung ein, so dass dieselben wie biegsame Fäden bisweilen hin und her flottiren können. Besonders wird dies bei so dünnen Köpfen, wie sie *Brontes* besitzt, auffällig (Taf. XII, Fig. 28, 29 K).

Auch die Tinktionsfähigkeit wird durch den Einfluss der Maceration merkwürdig verändert. Die Köpfe frisch untersuchter Spermatozoen, welche ohne Weiteres mit violetten Anilinfarben tingirt werden, färben sich meist schlecht und verlieren den Farbstoff sehr bald wieder. Sind die Spermatozoen zuvor durch Osmiumsäuredämpfe fixirt, so pflegt die Färbung besser auszufallen. Lässt man auf solche Präparate längere Zeit intensiv färbende Anilinfarben einwirken, so nehmen die Köpfe in ganzer Ausdehnung meist eine intensive Färbung an. Bei längerem Liegen dieser intensiv gefärbten Samenkörper, gewöhnlich schon nach 24 Stunden, verschwindet aber der Farbstoff wieder aus dem größten Theil des Kopfes, so dass derselbe ganz farblos und wieder stark glänzend wird und sich hierdurch sehr deutlich von der intensiv gefärbten (Taf. XII, Fig. 4; Taf. XIII, Fig. 34) Geißel abhebt. Maceriren dagegen die Spermatozoen längere Zeit in Kochsalzlösungen oder werden sie einer Maceration in dem Thiere ausgesetzt, so

scheint die Substanz der Köpfe etwas verändert und aufgelockert zu werden, so dass die letzteren für Farbstoffe imbibitionsfähiger werden, eine sehr intensive Färbung annehmen, und diese Färbung auch lange zurückhalten. Häufig erscheinen die Köpfe bei länger einwirkender Kochsalzmaceration auch etwas gequollen (vgl. viele Figuren auf Taf. XII, XIII und XIV).

Bei dem Verblässen der mit Gentianaviolett intensiv gefärbten, zuvor aber durch Osmiumsäuredämpfe fixirten Spermatozoenköpfe tritt nun an der Spitze ein Abschnitt hervor, der sich sehr deutlich von dem farblos gewordenen größeren Abschnitt des Kopfes, dem »Hauptstück« dadurch unterscheidet, dass er die intensive dunkel violette Färbung bewahrt. Dieser Abschnitt bildet das äußerste Ende der nadelförmigen Köpfe und ist fast immer nur sehr kurz; doch variirt je nach der Art die absolute und relative Länge dieses »Spitzenstückes«, wie ich es nennen will, etwas. Gewöhnlich wird es in einer Länge von 0,004—0,0045 mm beobachtet. Bei genauer Untersuchung lassen sich an demselben noch weitere Einzelheiten wahrnehmen. So sah ich z. B. bei *Chrysomela sanguinolenta*, *Hylobius* u. a. m. am ganz frisch durch Osmiumsäuredämpfe fixirten und dann tingirten Präparat (Fig. 4, 34), dass das Ende des Spitzenstückes fein knopfförmig verdickt erschien; bei *Chrysomela* war es auch meist ein wenig umgebogen. Mehrere Male glaubte ich auch ganz deutlich bei letzterem Coleopter an der Spitze auf der einen Seite des Spitzenstückes eine Bildung zu erkennen (Fig. 37 *Spst*), die an einen kleinen Widerhaken erinnert, so dass hier eine ähnliche Einrichtung bestände, wie an den Spermatosomen der urodelen Amphibien. Diese Bildung scheint indessen sehr hinfällig zu sein. Übrigens lässt sich dieses Spitzenstück gewöhnlich auch schon an den frischen Samenkörpern ohne Färbung erkennen; jedenfalls ist es durch Tinktion überall leicht nachzuweisen. Ich habe es bei keiner Art vermisst, die ich daraufhin näher untersuchte. Es kann diese Differenz in der Färbung auch schon eintreten, wenn man die frisch durch Osmiumsäuredämpfe fixirten Spermatosomen nur einer sehr schwachen Tinktion mit Gentianaviolett unterwirft (Fig. 4, 34). [In den Fig. 27—30 ist das Spitzenstück nicht angegeben; doch ist es bei *Melolontha* (Fig. 30) bestimmt vorhanden, und wird auch den sehr feinen Kopfenden von *Brontes* (Fig. 27—29) nicht fehlen, es wurde hier aber nicht speciell darauf geachtet.]

Sehr ausgebildet ist dies Spitzenstück bei *Copris lunaris* (Taf. XII, Fig. 9, 40, 44, 45). Es besitzt hier eine Länge von 0,006 mm und beträgt damit über ein Drittel des Hauptstückes des Kopfes. Von der Spitze gegen die Basis hin verdickt es sich allmählich ein wenig, so

dass es hier fast etwas breiter als das Hauptstück erscheint. Auch unterscheidet es sich selbst bei intensivster Färbung des Kopfes durch etwas stärkere Tinktion und eine etwas andere Farbennuance von dem hinteren Abschnitt des Kopfes. Das hintere Ende ist von der einen nach der anderen Seite hin schräg abgestutzt und häufig durch eine sehr schmale etwas hellere Linie von dem übrigen Theile des Kopfes abgegrenzt (Fig. 9). Bisweilen fand ich das Spitzenstück außerordentlich breit, walzenförmig und sehr intensiv gefärbt, so dass es sehr auffällig wurde (Fig. 16). Jedenfalls handelt es sich hier um noch nicht völlig ausgereifte Samenkörper. Dem vorderen Ende dieses Abschnittes sitzt stets ein deutlich abgesetztes, kleines, kugeliges Knöpfchen auf, welches sich schon durch blässere Färbung von dem Spitzenstück abhebt (*Spkn* in den Fig. 10, 14, 15, 16, 17 der Taf. XII). Dieser »Spitzenknopf« ist hinfalliger als das Spitzenstück und löst sich daher in Macerationen bald auf. Es erhält sich daher auch nicht in Deckglas-Trockenpräparaten (Fig. 21), während das Spitzenstück darin meist gut fixirt wird; letzteres erscheint dann bisweilen an der Basis wie eingekerbt.

Das Spitzenstück besitzt nun, wie ich gefunden habe, eine besondere Struktur, welche mit dem Bau des übrigen Kopftheiles in innigem Zusammenhange steht.

Setzt man Spermiosomen, die nicht durch Osmiumsäuredämpfe fixirt waren, einige Zeit der Kochsalzmaceration aus, so verliert das Spitzenstück sehr deutlich an Dicke, und statt der vorher intensiv gefärbten und den Farbstoff lange zurückhaltenden Spitze erscheint jetzt ein sehr feines, stiftförmiges oder stäbchenartiges, bisweilen fast borstenförmiges Gebilde (*Spsb* der Figuren), welches sich nur schwer blass violett färbt. Durch diese blasse Tinktion hebt es sich sehr scharf von dem jetzt intensiv dunkel violett sich färbenden Hauptstück des Kopfes ab. Mithin ist in der Farbenreaktion gerade das entgegengesetzte Verhalten eingetreten: was vorher intensiv gefärbt war, ist jetzt farblos und umgekehrt (vgl. z. B. die Figuren auf Taf. XIII und XIV *Spst* und *Spsb*). An Deckglas-Trockenpräparaten, an welchen sich die Köpfe sehr intensiv färben, ist das blasse Spitzechen meist noch deutlich erhalten.

Diese Metamorphose des Spitzenstückes beruht darauf, dass von demselben durch den Macerationsprocess eine Hülle abgelöst wird, welche das darin liegende Stiftchen umgiebt. Ich habe diese Auflösung der Hülle bisweilen direkt beobachten können. Fig. 39 auf Taf. XIII zeigt z. B. bei *Chrysomela sanguinolenta*, dass an dem Spitzenstück der vordere Theil dieser Hülle (*Sph*) sich verbreitert hat, verblasst und in Auflösung begriffen ist, so dass das Endstiftchen hier schon sichtbar wird. Bisweilen erhält sich noch das Spitzenknöpfchen, während der

zwischen diesem und dem Hauptstück gelegene Theil der Hülle sich aufgelöst hat und das Spitzenstiftchen hier frei vorliegt. Es erscheint dann der Spitzenknopf deutlich gestielt (vgl. Taf. XIII, Fig. 36, 38, 42). Gewöhnlich aber tritt der Auflösungsprocess zuerst an dem freien Ende des Spitzenstückes ein und schreitet von hier aus nach hinten hin vor. Es können sich daher auf der hinteren Strecke noch Reste der Hülle in wechselnder Ausdehnung erhalten, welche an ursprünglich tingirt gewesenen, dann wieder abgeblassten Köpfen als intensiv blauviolett gefärbte Stelle sehr deutlich hervortreten (vgl. Taf. XIV, Fig. 50—53, 56, 57, Hydrophilus). Besonders deutlich habe ich die Ablösung der Hülle bei *Copris* gesehen. Ich konnte hier bisweilen wahrnehmen, wie sich dieselbe kappenartig abhob und das darin steckende Stiftchen freigab (Taf. XII, Fig. 49). Auch an Deckglas-Tröckenpräparaten sieht man hier und da, dass die Hülle zerfallen ist; die Reste derselben sind dann nur wenig diffus gefärbt, so dass das Stiftchen sehr deutlich sichtbar wird (Fig. 48). Das letztere ist bei diesem Coleopter sehr ansehnlich und scheint etwas abgeplattet, säbelartig (Fig. 20, 22). Es ist hier wie überall mit dem Kopfe in sehr festem Zusammenhange und bricht nur selten ab.

Bei der Untersuchung des frei gewordenen Endstiftchens fiel mir nun z. B. bei *Silpha* auf, dass dasselbe nach längerer Maceration bisweilen eine verschiedene Länge zeigte und ziemlich lang wurde; auch schien mir der Umstand, dass dieser Theil in sehr festem Zusammenhange mit dem Hauptstücke steht, darauf hinzudeuten, dass derselbe zu der Struktur des Hauptstückes in engster Beziehung stehe. Das letztere erwies sich indessen als sehr resistent und ließ auch wieder erst nach sehr weit vorgeschrittener Maceration eine Struktur erkennen. Ich nahm dann wahr, dass sich an den meist schon isolirten Köpfen Theile ablösten, welche mantelartig einen schmalen, länglich cylindrischen, central gelegenen Innenkörper umgaben. Schließlich war der größte Theil dieses Centralkörpers entblößt bis auf kleine noch von Mantelresten verdeckte Stellen (Taf. XV, Fig. 87 *c*, *Morimus*; Fig. 88 *a—g*, *Lamia*). Nur die Theile dieser Rindenschicht waren intensiv gefärbt, während der frei gewordene centrale Körper (*Ck*) farblos erschien, vorausgesetzt, dass die Färbung keine zu intensive war. Hierdurch unterscheiden sich diese beiden Bestandtheile sehr deutlich von einander. Das Spitzenstiftchen schien eine direkte Fortsetzung dieses centralen Körpers zu sein. Bisweilen (z. B. *Morimus*, Fig. 87 *a*, *b*) habe ich gesehen, dass die Rindenschicht in unregelmäßige quere Segmente zerfiel, zwischen welchen dann schließlich der Centralkörper sichtbar wurde.

Sehr lehrreich wurden in dieser Hinsicht auch mit Gentianaviolett gefärbte Deckglas-Trockenpräparate, welche längere Zeit gelegen hatten und schon etwas verblasst waren. So zeigten in einem Präparat von *Lina populi* die meisten Köpfe sehr deutlich einen farblosen centralen Theil, der an jedem Rande von einem gefärbten schmalen Kontour, der Rindenschicht, begrenzt wurde. Das umgekehrte Verhältniß traf ich in Trockenpräparaten von *Morimus*. Die Köpfe erschienen hier oft gequollen und nur sehr blass violett gefärbt (Fig. 87 *d*). In der Mitte dieser gequollenen Masse wird nun häufig eine dunkel tingirte, bisweilen wohl durch den Quellungsprocess etwas verbogene Linie sichtbar, welche sich sehr deutlich von der Umgebung abhebt und sich von dem vorderen Ende unterhalb des sehr feinen Spitzenstäbchens (*Spsb*) bis in die Nähe der Geißel erstreckt. Diese Linie ist der intensiv sich färbende Innenkörper, während die blasse, gequollene und dadurch durchsichtig gewordene Masse die veränderte Rindenschicht bildet. An der letzteren ließen sich in diesen Präparaten noch weitere Einzelheiten erkennen (Fig. 87 *d*). Sehr häufig zeigte dieselbe nämlich eine ungleichmäßige Quellung; es zeichneten sich in ihr feine, schmale, oft dicht neben einander liegende, meist unregelmäßige, dunkle Querstreifen ab, so dass die gequollene Masse bisweilen ein sehr deutliches, querstreifiges Ansehen erhielt. Diese Querstreifung steht jedenfalls im Zusammenhange mit dem oben geschilderten Querzerfall und mit einer Erscheinung, welche ich an den frischen, ungefärbten Spermatozoenköpfen bei manchen Arten einige Male wahrgenommen habe. Ich sah nämlich z. B. bei *Hydrophilus* und *Chrysomela sanguinolenta* an Spermatosomen, welche nach Fixirung durch Osmiumsäuredämpfe kurze Zeit in Wasser gelegen hatten, bei guter Beleuchtung eine sehr zarte, abwechselnd hell und dunkle, immer aber sehr verwaschene und undeutliche Querstreifung. Diese Querbänderung konnte jedoch nicht an allen Spermatozoen der Präparate unterschieden werden. Von einer Spirallinie, mit welcher nach LEYDIG (22) die Köpfe von *Hydrophilus* versehen sein sollen, habe ich nichts wahrgenommen.

An dem vorderen und hinteren Ende verschmälert sich nun in den Deckglastrockenpräparaten von *Morimus* die gequollene Rindenschicht des Kopfes etwas und geht hier in zwei intensiv gefärbte, scharf abgesetzte punktförmige Stellen über (Fig. 87 *d*). Aus dem vorderen Punkt geht das Spitzenstäbchen hervor, während die hinten intensiv tingirte Stelle vor der Geißel liegt. Diese beiden Punkte habe ich häufig auch an einfachen Macerationspräparaten gesehen. Besonders wird der vordere Grenzpunkt an wieder verblassten, macerirten Köpfen sehr oft sichtbar (vgl. Taf. XIII, Fig. 44, 44; Taf. XIV, Fig. 55). Diese dunklen Stel-

len hängen nun unmittelbar mit der Rindenschicht zusammen; sie stellen mithin, wie mir scheint, nur verdichtete und modificirte Theile der Rindenschicht dar, welche sehr resistent und auch nicht quellungsfähig sind. An sonst völlig in Lösung gegangenen Köpfen in Deckglas-Trockenpräparaten waren daher nur noch diese beiden intensiv tingirten Theile übrig geblieben. Jedenfalls bildet der hintere Punkt keinen Abschnitt der Geißel und stellt nicht etwa ein Endknöpfchen dar, welches ich niemals an irgend einer Theilfaser der Geißel beobachtet habe. Er bildet vielmehr die Insertionsstelle der Geißel am Kopf, welche in ähnlicher Weise verdichtet ist, wie an den Spermatozoenköpfen mancher Vögel. Überhaupt bestehen mehrfache Analogien in der Struktur des Spermatozoenkopfes beider Thiergruppen (vgl. 27, Taf. XVIII).

Erwähnen muss ich noch, dass sich das Hauptstück des Kopfes, auch an Deckglas-Trockenpräparaten sehr deutlich mit Alaunkarmin färbt, während das Spitzenstück und die Geißel kaum eine Färbung annehmen.

Die Art der Verbindung der einzelnen Fasern der Geißel mit dem Hinterende des Kopfes ist eine verschiedene. Ich muss zunächst betonen, dass niemals beobachtet wurde (mit einer sogleich zu besprechenden Ausnahme [Calathus]), dass Bestandtheile der Geißel tiefer in den Kopf eindringen. Völlig auszuschließen ist die Annahme, wie es bisweilen wohl den Anschein haben kann (vgl. z. B. Fig. 88 e), dass eine Faser, etwa die Stützfaser, den Kopf durchsetze und den schmalen Centralkörper desselben bilde, um am vorderen Ende als Spitzenstäbchen zu erscheinen. Denn es ist mir stets gelungen, die Geißel mit ihren Bestandtheilen von dem Kopfe zu trennen und hier eine bestimmte Abgrenzung festzustellen.

Die lockerste Verbindung mit dem Kopfe scheint die Mittelfaser zu besitzen, deren vorderes Ende gewöhnlich etwas zugespitzt ist; sie löst sich daher auch häufig und meist zuerst vom Kopfe ab. Fester ist schon die Stützfaser angeheftet, doch kann auch sie sich nicht selten vom Kopfe ablösen. Die festeste Verkittung mit dem Kopfe zeigt meist die Saumfaser, die daher gewöhnlich auch am längsten mit jenem im Zusammenhange bleibt. Sie wird hierin nur noch von der Wimpelfaser übertroffen (vgl. z. B. auf Taf. XIV, Fig. 54, 55, 58). Indessen gilt diese Stufenfolge der Ablösung nicht für alle Arten als Regel. Im Allgemeinen muss man übrigens sagen, dass der Kopf recht fest mit der Geißel verbunden ist und sich nur schwer und erst nach lange einwirkender Maceration von derselben isolirt.

Eine genauere Untersuchung der Ansatzstellen am Kopf und der vorderen Enden der Geißelfasern ließen mich nun bisweilen Vorrich-

tungen erkennen, welche dazu dienen, die Verbindung beider Theile zu einer recht innigen zu machen. So nahm ich z. B. bei *Chrysomela sanguinolenta* wahr, dass sich am vorderen Ende der Stützfaser ein sehr kurzes Stifftchen befindet, welches schmaler ist als die Faser und sich von letzterer deutlich absetzt. Dasselbe ist in einem entsprechenden Einschnitt am Hinterende des Kopfes eingelassen. Gewöhnlich erscheint indessen das vordere Ende der Stützfaser nur einfach quer abgestutzt; nur bei *Copris* fand ich es fein zugespitzt.

Bei *Hydrophilus* konnte ich einen sehr hervortretenden Unterschied in der Anheftung der Rand- und Wimpelfaser einerseits und der Saumfaser andererseits feststellen. An isolirten Köpfen ist nämlich an dem einen Rande in der Nähe des hinteren Endes ein schmaler Ausschnitt deutlich sichtbar, wodurch eine Art Falz gebildet wird (Taf. XIV, Fig. 58, 61, 63 bei I). In diesen Falz legt sich das vordere Ende der Saumfaser hinein und ist darin festgekittet. Besonders fest scheint diese Verkittung in dem vorderen Winkel dieses Falzes zu sein, da die Faser bisweilen aus dem übrigen Theile des Falzes bis auf diese Stelle herausgerissen ist (Taf. XIV, Fig. 57, 62). Die Rand- und Wimpelfaser hingegen sind gegenüber an dem hinteren Ende des Kopfes angekittet, ohne dass sich gerade ein derartiger Einschnitt nachweisen ließe. Ähnliche Verhältnisse scheinen sich bei *Cetonia* zu finden. Die Anheftungsstellen treten nun öfters an den nicht intensiv gefärbten Köpfen von *Hydrophilus* (Fig. 47—56 bei I), besonders deutlich an Deckglastrockenpräparaten (Fig. 48), in Gestalt kurzer, intensiv gefärbter, parallel neben einander liegender Linien hervor, welche durch einen schmalen hellen Raum von einander getrennt sind. Die Linie, welche der Insertion der Saumfaser entspricht, ist länger und reicht weiter nach vorn, als die gegenüberliegende. Die intensive Färbung dieser Insertionsstellen, die auch bei anderen Coleopteren beobachtet wurde, erkläre ich mir dadurch, dass sich hier die verkittende Zwischensubstanz, welche die Fasern mit dem Kopfe verbindet, mitgefärbt hat.

Eine andere Struktur des Kopfes stellte ich bei *Copris lunaris* L. fest. Werden frisch dem Vas deferens entnommene und durch Osmiumsäuredämpfe fixirte Spermatosomen dieses Thieres mit Gentianaviolett intensiv gefärbt, so nimmt der ganze Kopf, mit Ausnahme des Spitzenknöpfchens, eine dunkelviolette Färbung an. Nach einiger Zeit verblasst nun an diesen tingirten Spermatosomen der eine Rand des Hauptstückes etwas, so dass er als schmaler, weniger gefärbter Saum hervortritt (Taf. XII, Fig. 16, 18, 19, 20). Nach längerem Liegen, etwa nach 24 Stunden, zeigen die Köpfe indessen ein anderes Aussehen. Der größere Theil des Hauptstückes, welcher vorher intensiv glänzend violett gefärbt war, ist jetzt

verblasst, fast farblos, kaum noch etwas bläulich schimmernd und dabei stark glänzend. Dagegen erscheint der vorher mehr blasse, schmale Saum jetzt als dunkel gefärbte, scharf begrenzte Randlinie (Fig. 14, 15, 17). Ich will den farblos gewordenen Theil, welcher die Hauptmasse des Kopfes bildet, als Hauptstreif, den dunklen Rand als Nebenstreif bezeichnen. Vorn trägt der Hauptstreif das noch intensiv tingirte Spitzenstück (Fig. 17), hinten setzt er sich von dem mit ihm in Verbindung tretenden dunkelvioletten Krausensaum scharf ab und wird hier von dem Nebenstreif etwas überragt. Der letztere stößt an die Stützfaser und wird in seinem hintersten Theile durch eine schmale helle Linie von dem Krausensaum getrennt.

Über das Verhältnis dieser beiden Theile zum Spitzenstück geben Deckglastrockenpräparate, welche einer Färbung mit Gentianaviolett unterworfen wurden, Aufschluss. Auch in diesen Präparaten tritt Anfangs eine intensive Färbung des ganzen Hauptstückes ein, welche nach einiger Zeit einer allmählich eintretenden Entfärbung und damit einhergehenden Differenzirung weicht. Die Entfärbung beginnt dabei gewöhnlich in dem vorderen Theile des Hauptstreifs und schreitet von hier nach hinten hin vor (Fig. 22). Ist diese Differenzirung eingetreten und der Hauptstreif entfärbt, so erkennt man, dass nur dieser letztere in das oft noch erhaltene und dunkel gefärbte Spitzenstück eintritt. Das vordere Ende des violett tingirten Nebentreifs dagegen hört in geringer Entfernung von dem Spitzenstück auf. Dass nun der Hauptstreif direkt in das Spitzenstäbchen übergeht, kann man an Köpfen feststellen, deren Spitzenhülle sich aufgelöst hat, so dass das Spitzenstäbchen entblößt vorliegt (Fig. 20, 22). Indessen scheinen diese beiden Substanzen des Hauptstreifs und des Spitzenstäbchens doch chemisch different zu sein; denn an Köpfen, an welchen der Hauptstreif noch intensiv gefärbt ist, setzt sich auch dieser stets scharf von dem entblößten Spitzenstäbchen ab, da das letztere niemals eine intensivere Färbung zeigt und stets nur als blasses, sehr schwach tingirtes Gebilde erscheint (Fig. 11, 12, 13, 20). Auch an mit Alaunkarmin gefärbten Deckglastrockenpräparaten färbt sich nur der Hauptstreif sehr deutlich, während die Spitze und die Geißel ungefärbt bleiben oder nur eine sehr schwache Färbung annehmen.

Es ist mir nun auch bei Copris durch längere Einwirkung der Maceration gelungen, die Köpfe von der Geißel zu isoliren und in ihre Bestandtheile zu zerlegen. Fig. 23 zeigt einen von der Geißel abgelösten Kopf. Der Hauptstreif ist intensiv gefärbt und hebt sich scharf von dem langen, blassen Spitzenstäbchen ab, dessen Hülle sammt Spitzenknopf bereits aufgelöst ist. Das hintere Ende dieses Streifs ist schräg abgestutzt. Am linken Rande erscheint der weniger gefärbte

Nebenstreif, welcher am hinteren Ende in eine frei nach hinten sehende Spitze ausgeht. Hierdurch wird am hinteren Ende ein von zwei ungleichen Spitzen begrenzter, spitzwinkliger Ausschnitt gebildet. In Fig. 24 ist nach einiger Zeit die entgegengesetzte Farbenreaktion eingetreten; der Hauptstreif ist entfärbt, während der Nebenstreif dunkelviolett erscheint. Bisweilen habe ich nun gesehen, dass der Nebenstreif sich von dem anderen Theile des Kopfes ablöste (Fig. 25). Das Spitzenstäbchen bleibt dabei aber mit dem Hauptstreif im Zusammenhang (Fig. 26, isolirter Hauptstreif mit Spitzenstäbchen [*Spsb*]).

Aus dem Mitgetheilten geht hervor, dass das Hauptstück des Kopfes bei *Copris* aus zwei neben einander liegenden, verschiedenen Substanzen gebildet wird; das vordere different gewordene Ende der Hauptmasse (Hauptstreif) bildet das Spitzenstäbchen des Spitzenstückes.

Es scheint mir nun, dass der Unterschied dieser Struktur des Kopfes von der bei den übrigen Coleopteren nachgewiesenen kein sehr großer ist. Denn ich halte es für wahrscheinlich, dass hier die beiden Substanzen, welche bei den anderen Coleopteren, wie wir sahen, den Kopf als Centralkörper und Rindenschicht zusammensetzen, gleichfalls vorhanden sind; nur liegen sie bei *Copris* neben einander, anstatt dass die eine die andere völlig umhüllt. Der das Spitzenstäbchen tragende Theil dürfte wohl dem Innenkörper entsprechen. Ich will noch bemerken, dass die an den entfärbten Köpfen bei den übrigen Coleopteren oft hervortretenden, intensiv gefärbten, punktförmigen Stellen am Vorder- und Hinterende des Hauptstückes bei *Copris* nicht zur Beobachtung kommen; auch ein Querzerfall wurde an keinem der beiden Streifen wahrgenommen.

Die Insertion der Geißel an dem Hinterende des Kopfes ist bei *Copris* nun derart, dass der Krausensaum sich mit dem hinteren schmalen Rande des Hauptstreifs fest verbindet. Das zugespitzte Ende der Stützfaser, welche mit dem Kopfe in mehr lockerer Verbindung, als der Flimmersaum, steht, legt sich dagegen in den spitzwinkligen Ausschnitt am Hinterende des Kopfes hinein und scheint hier besonders mit dem Innenrande der vorragenden Spitze des Nebenstreifs verkittet. In Fig. 20 ist die vordere Spitze der Stützfaser bereits abgelöst, liegt aber noch in dem falzförmigen Einschnitt am Hinterende des Kopfes zwischen Krausensaum und Nebenstreif, während sie in Fig. 15 schon aus demselben hervorgetreten ist; der Flimmersaum war an beiden Präparaten noch fest mit dem Hauptstreif verbunden.

Eine ganz abweichende und wohl einzig dastehende Kopfform fand ich bei *Calathus*, einer Gattung aus der Familie der Carabiden. Unter-

sucht man die Spermatozoen dieses Coleopters, wenn sich dieselben nach vorheriger Fixirung und nicht zu intensiver Färbung mit Genti-
 anaviolett der Deckglasfläche dicht angelagert haben, so erkennt man,
 dass der relativ sehr kleine Kopf, welcher nur 0,005 mm lang und
 0,002 mm breit ist, aus drei queren Linien gebildet wird, welche durch
 ein axiales Mittelstäbchen zusammengehalten werden (Taf. XV,
 Fig. 80, 81). Diese Querlinien sind annähernd halbmondförmig gestal-
 tet und so gestellt, dass ihre Konkavität nach hinten sieht, mithin die
 spitz zulaufenden Enden nach hinten hin gerichtet sind. Die beiden
 vorderen Querlinien färben sich gewöhnlich leichter und meist inten-
 siver, als die hinterste, welche leicht verblasst und dann sehr zart
 membranartig aussieht (Fig. 80). Der vordere konvexe Rand der vor-
 dersten Linie wird nun kappenartig bedeckt von einer sehr zarten,
 blass violett gefärbten, membranartigen Bildung, auf deren Wölbung,
 genau in ihrer Mitte, bisweilen ein intensiv gefärbtes kleines Pünkt-
 chen wahrgenommen wurde (Fig. 80). Auch nach hinten hin geht eine
 eben so zarte membranartige Bildung ab, welche indessen auch der
 zweiten Querlinie angehören kann. Bisweilen sah ich auch zwischen
 der zweiten und dritten Linie eine ähnliche Substanz (Fig. 81). Einige
 Male traf ich statt dieses gegliederten Kopfes einen intensiv gefärbten
 Körper, an welchem die Gliederung nur erst durch kleine Einschnitte
 angedeutet war (Fig. 83); jedenfalls handelte es sich hier um noch
 nicht völlig ausgereifte Spermatozoen.

Dort, wo die Geißel in den Kopf übergeht, findet sich nun
 eine intensiv gefärbte, glänzend violette Verdickung, aus welcher
 das feine, sich gegen die vorderste Linie hin verlierende Mittel-
 stäbchen hervorgeht (Fig. 80). Man gewinnt den Eindruck, als ob
 die sich zuspitzende Geißel unmittelbar in den Kopf übergehe und
 dieses Mittelstäbchen bilde. Dieser Eindruck wird noch dadurch
 erhöht, dass der Kopf als solcher sich niemals, selbst nach längerer
 Einwirkung einer Maceration, von der Geißel ablöst, vielmehr das Mit-
 telstäbchen mit der Geißel stets im Zusammenhang bleibt und die noch
 anhaftenden, meist intensiv gefärbten letzten Reste der Querlinien
 trägt (Fig. 76, 77 K). Diese Kopfbildung ist überhaupt sehr zart und
 hinfällig; sie erhält sich daher auch nicht an Deckglas-Trockenpräpara-
 ten. In letzteren bleiben von dem Kopf meist nur noch zwei punkt-
 förmige Reste übrig, welche der verdickten Basis des Mittelstäbchens
 entsprechen. Dieselben liegen meist in etwas verschiedener Höhe seit-
 lich neben der vorderen Spitze der Geißel. Auch an diesen Deckglas-
 Trockenpräparaten schien es mir, dass sich die Geißel, wenigstens die
 Stützfaser, in den Kopf als Mittelstäbchen fortsetzt.

Ist in den Präparaten der Kopf nicht dicht der Glasfläche angelagert, so ist die Untersuchung desselben wesentlich schwieriger. Ich habe dann öfters eine Ansicht erhalten, wie sie in Fig. 82 dargestellt ist. Es würde hieraus hervorgehen, dass der Kopf abgeplattet ist und etwa die Gestalt einer mit drei Paaren von Widerhaken versehenen Harpune besitzt.

Man könnte versucht sein, diese absonderliche Kopfform in Zusammenhang zu bringen mit dem Umstande, dass die Spermatosomen von *Calathus* in sehr großer Zahl mit ihren Köpfen ringsum an einem fadenartigen, axialen Körper, wie an einem gemeinschaftlichen Joche, befestigt sind. Während die Köpfe, einer dicht neben dem anderen, in dem Achsenkörper festsitzen, ragen die Geißeln frei nach außen hervor und zeigen ein lebhaftes Flimmern des Krausensaumes, dessen Flimmerschläge besonders gegen das freie Ende der Geißel hin deutlich werden. Man trifft diese merkwürdigen Bildungen im Vas deferens häufig an. Indessen findet sich diese Art der Verkuppelung auch bei den Spermatozoen anderer Coleopteren mit einfachem nadelförmigen Kopfe, ohne dass die Köpfe hier anders gebildet sind, als an den Spermatosomen, welche sich nicht in dieser Weise zusammenlagern.

Bekanntlich sind diese interessanten, höchst eigenartigen Verkuppelungen zahlreicher Spermatozoen von v. SIEBOLD entdeckt und zuerst im Receptaculum seminis der Locustinen aufgefunden worden (2, 3). Dieselben stellen hier lange federförmige und bewegliche Körper dar, »wallenden Straußfedern vergleichbar«, welche dadurch gebildet werden, dass sich die winkelförmigen Anhänge des Kopfes dicht an einander legen, während die flimmernden Geißeln in zwei Reihen frei neben einander liegen.

Auch bei den Coleopteren hat v. SIEBOLD (4, p. 34) höchst wahrscheinlich schon diese durch Zusammenlagerung ausgereifter Spermatozoen entstandenen Bildungen gesehen und bezeichnet er dieselben sehr treffend als »blumenstraußartig«.

Überhaupt sind Zusammenjochungen von Spermatozoen bei Insekten mehrfach beobachtet worden, so von FR. STEIN (34) bei mehreren Coleopteren, von DUJARDIN (35) bei *Tettigonia* und *Sphodrus* und von LEYDIG (36) bei *Cercopis spumaria*.

In neuerer Zeit hat GILSON (47) diese Gebilde untersucht und sehr umfänglich beschrieben und abgebildet. GILSON bezeichnet dieselben als »Spermatophores« und unterscheidet in der Ordnung der Coleopteren zwei Typen: »Spermatophores en bouquet« und »Spermatophores filamenteux«. Die erstere Form wird dadurch charakterisirt, dass eine Anzahl von Samenkörpern mit ihren Köpfen straußartig der Oberfläche

eines abgeplatteten, zungen- oder schüppchenförmigen Körpers aufsitzt; sie wurde bei bestimmten Carabiden, z. B. bei *Carabus auratus*, *auronitens*, *purpurascens*, *Procrustes coriaceus* und *Calosoma inquisitor* beobachtet. Die »Spermatophores filamenteux« werden von einer cylindrischen, fadenförmigen, oft beträchtlich langen Achse und zahlreichen Samenkörpern gebildet, welche mit ihren Kopfenden an der Oberfläche der Achse in ihrer ganzen Länge fixirt sind. GILSON fand dieselben bei *Feronia anthracina*, *Helops* und *Loricera*¹.

Auch ich habe beide Typen unter den Coleopteren mehrfach beobachtet, ganz besonders in der Familie der Carabiden. So fand ich die straußförmigen Bildungen regelmäßig z. B. bei *Calosoma sycophanta*, *Procrustes*, *Chaetocarabus intricatus*, *Megadontus azureus* und allen *Carabus*-Arten, die fadenförmigen dagegen außer bei *Loricera pilicornis* z. B. bei *Feronia* und *Calathus*.

Die Bezeichnung »Spermatophoren«, welche GILSON diesen Bildungen zu geben beliebt hat, kann ich indessen nicht billigen. Allerdings die-

¹ Übrigens möchte ich hervorheben, dass STEIN diese beiden bei den Coleopteren vorkommenden Formen schon gekannt und in seiner prächtigen Monographie der weiblichen Geschlechtsorgane der Coleopteren (34) näher beschrieben hat. Er sagt darüber (l. c. p. 406): »Nicht bei allen Käfern liegen die Spermatozoen im Samenbehälter regellos durch einander. Bei vielen Laufkäfern, z. B. bei *Carabus hortensis* und *granulatus*, *Loricera pilicornis*, *Stenolophus vaporariorum*, *Pterostichus oblongopunctatus* und *nigritans*, *Harpalus ruficornis* und *Elaphrus riparius* sind sie zu meist sehr langen, feinen, haarförmigen Strängen vereinigt, die entweder geschlängelt neben einander liegen, oder lockenförmig und spiralförmig zusammengerollt sind.« »In demselben Moment, wo Wasser mit den Strängen in Berührung kommt, rollen in der ganzen Ausdehnung des Stranges die Spermatozoen dem größeren Theile nach das freigewordene Ende lockenförmig zusammen. Der ganze Strang erscheint nun als ein haarförmiger Stamm, der mit zahlreichen, weit abstehenden Locken, die noch lange hin und her schnellen und sich auf- und wieder zusammenrollen, nach allen Seiten hin auf das zierlichste besetzt ist. Diese Erscheinung beobachtete ich z. B. an den sehr langen haarförmigen Strängen aus dem Samenbehälter von *Loricera pilicornis*, ferner bei einem Weibchen von *Elaphrus riparius*, wo die Spermatozoenstränge kurze gerade Bündel waren, die, als sich die einzelnen Spermatozoen zusammenrollten, kleinen zierlichen Bäumchen glichen.« Auf Taf. I in Fig. XIX und XX bildet STEIN die beiden Typen ganz zutreffend ab. Auch hat dieser Forscher den Körper, an welchem die Spermatosomenköpfe sitzen, bereits gesehen und abgebildet, eine Thatsache, welche GILSON entgangen zu sein scheint. In den angeführten Figuren ist derselbe, welcher bei der fadenförmigen Bildung als axialer Faden, und bei der blumenstraußartigen als Stiel des Straußes gezeichnet ist, mit *a* bezeichnet, während die frei mit ihren Geißeln abstehenden Samenkörper den Buchstaben *b* führen. Allerdings hat STEIN diese Spermatozoenträger nicht richtig gedeutet, vielmehr hält er dieselben für die »übrigen, in der Achse des Stranges gelegenen Spermatozoen« (vgl. l. c. den Text auf p. 406).

nen dieselben wohl ganz hauptsächlich dazu, um bei der Kopulation den sicheren Transport einer möglichst großen Anzahl von Spermatozoen vom Männchen auf das Weibchen zu erleichtern, wenn auch noch näher zu untersuchen ist, ob denselben bei ihrer Eigenartigkeit nicht doch noch eine weitere Bedeutung zukommt.

Seitdem MILNE-EDWARDS aber die NEEDHAM'schen Körper der Cephalopoden als »Spermatophores« benannt hat, ist man gewohnt, unter letzterer Bezeichnung Körper zu verstehen, welche kapsel- oder schlauchförmige, jedenfalls hüllenartige, eine mehr oder weniger große Menge von Sperma umschließende Gebilde darstellen, welche von dem Männchen abgesondert werden und dazu bestimmt sind, vom Männchen auf das Weibchen übertragen zu werden. Von anderen Thierordnungen abgesehen (ich erinnere z. B. an die Cyclopiden, Decapoden, Myriapoden), werden diese echten Spermatophoren auch in der Klasse der Insekten mehrfach beobachtet und sind z. B. bei den Locustinen durch v. SIEBOLD (2, 3) näher beschrieben worden. Sie bilden hier runde oder birnförmige Körper von der Größe eines Stecknadelkopfes, an welchen sich ein Körper von kugel- oder birnförmiger Gestalt und ein kurzer Hals unterscheiden lassen; der letztere ist an seinem freien Ende mit einer Mündung versehen, welche durch einen Kanal mit der Höhle des Körpers in Verbindung steht. Als Inhalt dieser Spermatophoren entdeckte v. SIEBOLD eben jene zierlichen, durch Verkuppelung sehr zahlreicher Spermatosomen entstandenen Federn.

GILSON selbst ist dies nicht entgangen, indem er l. c. p. 37 sagt: »WAGNER et LEUCKART appellent aussi spermatophores les capsules décrites par v. SIEBOLD, et qui contiennent des faisceaux plumeux de spermatozoïdes chez les locustiens. Or, ces faisceaux eux-mêmes sont évidemment des formations analogues aux vrais spermatophores des coléoptères. On serait donc amené, en imitant ces savants, à désigner sous un même terme le contenant et le contenu de ces corps.

Aussi préférons-nous réserver aux productions de cette espèce le nom de: capsules à spermatophores.«

Dieses, scheint mir, etwas willkürliche Verfahren GILSON's dürfte denn doch wohl nicht gerechtfertigt sein; vielmehr halte ich dafür, die historische Bezeichnung der »Spermatophore« den Bildungen zu belassen, welchen dieselben ursprünglich gegeben wurde, mithin die von v. SIEBOLD beschriebenen Kapseln und nicht die den Inhalt derselben bildenden Spermatozoen-Vereinigungen als Spermatophoren zu benennen. Folgerichtig hätte GILSON mit diesem Namen auch nur die Körper, an welchen die Spermatozoen wie an Trägern befestigt sind, belegen dürfen, bei den »Spermatophores filamenteux« demnach nur

den axialen Faden und an den »Spermatophores en bouquet« nur das Stielschüppchen. Dann würde diese Bezeichnung bei den Verkuppelungen der Samenkörper der Locustinen, bei welchen ein die Spermatozoen tragender Körper überhaupt fehlt, vielmehr die Samenkörper sich nur mit den winkelförmigen Kopfanhängen an einander lagern, überhaupt keine Anwendung finden können; GILSON bezeichnet aber auch diese bei den Locustinen sich findenden Bildungen als »Spermatophores«.

Um nun diese beiden, so verschiedenen Bildungen schärfer aus einander zu halten, dürfte es wohl zweckmäßig sein, die eigenartigen, bei den Insekten zur Beobachtung kommenden Zusammenjochungen zahlreicher Spermatozoen mit einem besonderen Namen zu belegen und möchte ich mir erlauben, hierfür die Bezeichnung »Spermatozeugma«¹ in Vorschlag zu bringen.

C. Bewegung der Spermatozoen.

Obgleich die Bewegungserscheinungen der Insektenspermatozoen sehr eigenartige und fesselnde sind und schon aus dem Grunde beachtenswerth erscheinen, weil sie die einzige Flimmerbewegung darstellen, welche im Insektenkörper zur Beobachtung kommt, so sind dieselben doch bis jetzt wenig berücksichtigt worden.

v. SIEBOLD (1, p. 49) hat hierüber zuerst, wenn auch nur sehr unvollkommene Angaben gemacht. Die Bewegung der einzelnen Samenfäden beschränkt sich nach diesem Forscher nur auf ein Schlängeln des ganzen Haares und auf ein perpendikelartiges Hin- und Herbiegen des einen oder anderen Endes desselben. Sehr deutlich und eigenthümlich tritt die Bewegung jedoch an Spermatozoen hervor, welche noch als Bündel in ihren Hüllen (den Spermatozysten) eingeschlossen sind: »Hier schimmern die gemeinschaftlichen Bewegungen der Haare durch die Hüllen hindurch, indem sie sich wellenförmig in regelmäßiger Reihenfolge auf das schnellste krümmen, so dass man im ersten Augenblick verführt wird, zu glauben, es riesele eine Flüssigkeit in diesen Körpern. Stehen die Haare in freien Bündeln (ohne Hüllen) beisammen, so sieht man jeden einzelnen Haarschopf sich wellenförmig und zitternd bewegen.«

BÜTSCHLI (12, p. 414) macht bereits die wichtige Bemerkung, dass von den beiden Fäden, in welche er die Geißel bei *Clythra octomaculata* sich theilen sah »nur der eine, der in wellenförmige Biegungen gelegte sich bewegte und dass alsdann gleichsam Wellen an dem geraden Faden hinabzulaufen schienen«. Ob BÜTSCHLI diese Beobachtung aber

¹ τὸ ζεύγμα, Zusammenjochung.

an den völlig von einander getrennten Fäden machte, oder dieses verschiedene Verhalten nur aus Beobachtungen an den sich bewegenden, noch intakten Spermatosomen erschloss, ist nicht ersichtlich. In seiner späteren ausführlichen Mittheilung (13, p. 530) sagt derselbe Beobachter, dass »man den geschlängelten Faden in lebhafter wellenförmiger Bewegung sieht und zwar so, dass gleichsam ein Fortschreiten dieser Bewegung vom Hinter- zum Vorderende hin stattfindet«.

V. LA VALETTE ST. GEORGE berichtet (20, p. 10) über die Bewegung der Samenkörper von *Phratora vitellinae* Folgendes: »Bei der Bewegung der Samenkörper bleibt der Kopf starr und nimmt nur passiv an derselben Theil; der Faden dreht sich um seine Längsachse, bohrend und zuckend, oft in längeren Intervallen, mit dem Kopfe voran, wobei dann die Spitze des letzteren in einem Kreisbogen ausschlägt. Bei sehr lebhaft sich bewegenden Samenkörpern ging der Wellenschlag etwa vom oberen Drittel des Fadens an einerseits nach dem Kopfende zu, andererseits nach der Fadenspitze; während bei verlangsamter oder stoßweiser Bewegung die Undulation stets von der Schwanzspitze zum Kopfe fortschritt. Es wird sich die Sache wohl so verhalten, dass der undulirende Flimmerfaden vom Kopfe gegen das Fadenende zu schwingt, wodurch dann das Spermatosom sich drehend nach der entgegengesetzten Richtung hin bewegt.«

Wenn es mir nun auch fern liegen musste, die Bewegungserscheinungen mechanisch und physiologisch genau festzustellen, was durchaus nicht leicht ist und so ohne Weiteres kaum möglich sein dürfte, so gaben mir doch sehr häufige Beobachtungen lebender Insektenspermatozoen bei meinen Untersuchungen Gelegenheit, einige in mancher Beziehung nicht unwichtige Beobachtungen zu machen.

Als indifferente Flüssigkeiten zur Verdünnung des dem frisch getödteten Thiere entnommenen Spermas benutzte ich die Hämolymphe der Thiere selbst, denen die Spermatosomen entstammten. Bei kleineren und kleinsten Thieren, von welchen sich Körperflüssigkeit nicht in genügender Menge gewinnen ließ, wurde die Hämolymphe größerer Thiere, besonders von *Hydrophilus*, verwandt. Auch das von BÜRSCHLI angegebene Eiweißgemisch (12), ferner der Humor aqueus von Schlachthieren und physiologische Kochsalzlösung von 0,6—0,8 % leisteten sehr gute Dienste; die letztere kam sehr häufig zur Anwendung.

Die Untersuchung ergab mir nun, dass die Bewegungsform der Spermatozoen mit typischer Stützfaser eine andere war, als bei denen, welche derselben entbehrten; auch die Bewegung der eigenartigen Samenkörper von *Copris* äußerte sich in besonderer Weise. Hervor-

heben will ich auch hier, dass der Kopf stets unbeweglich sich zeigte und keinen Antheil an der aktiven Beweglichkeit des Gebildes hatte.

Die Samenkörper mit charakteristisch ausgebildeter Stützfaser z. B. von *Chrysomela*, *Lina*, *Crioceris*, *Otiorrhynchus*, *Lepyrus*, *Mesosa*, *Morimus*, *Pogonochaerus* und anderen mehr, sind, wenn sie sich in lebhaftester freier Bewegung befinden, fast gerade gestreckt oder nur sehr wenig S-förmig oder in einer einzigen, lang ausgezogenen Spiraltour gekrümmt. Der Geißeltheil erscheint dann bei Untersuchung mit mittelstarker Vergrößerung etwas verbreitert, mit un- deutlichen Kontouren, im Übrigen aber ruhig; der Kopf ist deutlicher. Der Körper dringt dabei mit der Kopfspitze voran unter ruhiger, gleich- mäßiger Bewegung in fast gerader Richtung, indessen nur mäßig schnell vor. Eine schlagende Bewegung der Geißel habe ich an den Spermatozoen dieses Typus nicht gesehen; nur wenn der in lebhafter Bewegung befindliche Samenkörper auf ein Hindernis gestoßen war, gerieth er bisweilen, besonders an seinem hinteren Ende, in Schwin- gungen, die jedoch nur passiver Natur waren. Eine Rotation findet für gewöhnlich, wie ich v. LA VALETTE St. GEORGE gegenüber betonen muss, nicht statt; nur wenn das Spermatosom durch entgegenstehende Hin- dernisse, durch einen Flüssigkeitsstrom oder dergl. aus seiner Bahn gelenkt wird, tritt langsam Drehung ein, man sieht die Spermatozoen dann oft zwischen diesen Hindernissen behend hindurchschlüpfen. Dieses Fehlen einer Rotation habe ich oft an solchen Spermatozoen genau feststellen können, welche sich an dem einen Ende umgebogen und eine Öse gebildet hatten, während die Flimmerung noch in vollem Gange war: ich sah, dass diese Öse meist in ihrer Lage verblieb und eine Drehung derselben nur unregelmäßig und selten bei den genannten An- lässen eintrat. An den Samenkörpern, an welchen die eintourige spiralige Biegung mehr hervortritt, beschreibt der flimmernde Faden eine geringe, wenig hervortretende spiralige Drehung in der Richtung dieser Spirale.

Verlangsamt sich die Bewegung, so wird es möglich, die Ursache des Fortschreitens der Spermatozoen in einer lebhaften Flimmerung des Krausensaumes zu erkennen. Man sieht, dass jede Krause von der einen Seite zur anderen rhythmisch sich umbiegt, wobei der freie Rand derselben stets die ergiebigsten Exkursionen macht. Die Bewegung beginnt unter normalen Verhältnissen dabei stets an dem Anfang der ersten Krause und schreitet von hier aus gegen die Geißelspitze bis zur letzten Krause vor. Ich habe dieses Vorschreiten der Bewegung von Krause zu Krause öfters sehr gut sehen können an solchen Spermatosomen, deren Flimmersaum nur noch vereinzelt Schläge zeigte; ich erkannte dann, wie eine vereinzelt Umbiegung der ersten Krause entstand, an

welche sich dann successive die Bewegung der nächstfolgenden Krausen anschloss, so dass dieser einzelne Flimmerschlag an der Geißel bis zum Schwanzende fortliet. Ich gewann dabei den Eindruck, dass an dem noch normal funktionirenden Saume die Bewegung einer nächst höheren Krause zugleich als Bewegung auslösender Reiz für die darauffolgenden Krausen wirkt. Finden in dieser Weise vom Kopfe nach hinten hin fortschreitende, äußerst schnell auf einander folgende Flimmerschläge der Krausen statt, so muss jede Einzelkrause als kleines Ruderplättchen funktioniren; das Spermatosom wird in Folge dessen (nach dem Principe der Schiffsschraube) mit dem Kopfe voran durch das umgebende Medium in stetiger Bewegung hindurchgetrieben¹.

Sehr merkwürdig sind auch die Beobachtungen, welche man an dem absterbenden, nicht mehr normal funktionirenden Flimmersaume machen kann. Die Bewegungen desselben nehmen dann meist einen mehr zuckenden Charakter an. Bisweilen sah ich, wie während der verlangsamten Bewegung plötzlich kurze, sehr schnelle, unregelmäßige Kontraktionen den Saum ergriffen, so dass ich einigermaßen an das Bild der sogenannten »fibrillären Muskelzuckung« erinnert wurde. Auch sieht man, dass oft der eine Theil der Geißel schon völlig ruht, während der andere noch regelmäßiges Flimmern der Krausen zeigt. Am häufigsten erlosch die Bewegung zuerst am Kopfe, während sie sich am längsten an dem hinteren Theil des Spermatosoms, besonders an der Spitze erhielt. Es kann aber auch oft das entgegengesetzte Verhalten eintreten. Auch in der Mitte können schließlich noch vereinzelte Flimmerschläge übrig bleiben. Das Absterben der Bewegung tritt meist allmählich ein, es kann aber auch in vollster Flimmerung plötzlich ein Stillstand erfolgen. Findet ein allmähliches Absterben statt, so machen die sehr verlangsamten Bewegungen einen zitternd mühsamen Eindruck; es will bei Anwendung stärkerer Vergrößerung scheinen, als ob sich an dem Saume kleinste Stücke hinter einander nach Überwindung eines gewissen Widerstandes umbiegen. An Geißeln, welche schon ganz ruhig eine Weile, wie abgestorben, dagelegen hatten, sah ich bisweilen an einer beliebigen Stelle einen oder mehrere Flimmerschläge irgend einer oder mehrerer Krausen auftreten, die meist den Anstoß zu der Wiederkehr der Bewegung der benachbarten gaben, während

¹ Wie schon EIMER (15, p. 113) von der analogen Bewegung der Samenkörper der Tritonen, welche sich in ganz ähnlicher Weise durch flimmernde, krausenförmige, seitliche Umbiegungen der sogenannten undulirenden Membran vorwärts bewegen, treffend bemerkt, »wird hierdurch eine stetig und gleichmäßig vor sich gehende Vorwärtsbewegung des Ganzen bewirkt, nach der Art, wie ein Schraubendampfer bewegt werden würde, wenn Schrauben parallel den Längsseiten desselben angebracht wären«.

die übrigen Krausen regungslos bleiben konnten. Bisweilen stellte sich aber auch am ganzen Saume ganz plötzlich die lebhafteste Flimmerung aller Krausen, wie mit einem Schlage, wieder ein, eine Erscheinung, wie ich sie ähnlich schon von den Spermatozoen der Vögel berichtet habe (27, p. 454).

Auch die sehr bemerkenswerthe Beobachtung machte ich nicht zu selten, dass die Bewegungsrichtung der Flimmerung sich umkehrte, so dass die Bewegung von dem Schwanzende gegen den Kopf hin vorschritt. Diese Wendung des Flimmerstromes konnte noch bei lebhafter Bewegung des ganzen Saumes auftreten, so dass dann naturgemäß auch die Bewegungsrichtung dieser umgekehrt flimmernden Spermatosomen entgegengesetzt werden musste und derartige Spermatosomen sich mit der Schwanzspitze voran bewegten. Bei *Timarcha metallica* sah ich einmal dieses Phänomen an fast den meisten Samenkörpern. Die Beobachtung allerdings, von welcher v. LA VALETTE ST. GEORGE berichtet, dass »bei sehr lebhaft sich bewegenden Samenkörpern, der Wellenschlag etwa vom oberen Drittel des Fadens an einerseits nach dem Kopfe zu, andererseits nach der Fadenspitze zu ging«, habe ich nicht machen können; ich glaube vielmehr, dass hier eine Täuschung vorliegt, wie ja das Studium dieser Flimmerbewegungen ein äußerst schwieriges ist und leicht Irreführungen des Auges unterlaufen können. »Bei sehr lebhaft sich bewegenden Samenkörpern« dürfte überhaupt eine sichere Beobachtung der Flimmerung so ohne Weiteres ganz unmöglich sein.

Aus Allem scheint mir hervorzugehen, dass jeder beliebige Abschnitt des Saumes, jede Einzelkrause in sich das Vermögen besitzt, sich zu kontrahiren. Dies ist um so merkwürdiger, als die den Saum zusammensetzenden Elementarfibrillen sich durch die ganze Länge desselben von Anfang bis zu Ende kontinuierlich erstrecken. Auch haben wir gesehen, dass diese Elementarfibrillen stets ganz gleichmäßig erscheinen und nirgends in ihrem Verlaufe hiermit in Zusammenhang zu bringende Differenzen aufweisen.

Ich erwähnte in der obigen Abhandlung, dass ich bei manchen Coleopteren, z. B. bei *Hylobius*, im Sperma, welches während lebhaftester Bewegung seines Inhaltes durch Osmiumsäuredämpfe fixirt worden war, häufiger Samenkörper antraf, welche annähernd die doppelte Anzahl dann kleinerer und zierlicherer Krausen aufwiesen, als sie an den übrigen Spermatosomen zur Beobachtung kommen. Ob dieser Befund vielleicht damit zusammenhängt, dass während intensivster Flimmerung, deren Einzelschläge sich optisch nicht mehr verfolgen lassen, jede der später sichtbar werdenden Krausen noch einmal eingebogen

ist, so dass die Flimmerschläge an noch kleinere Bezirke des Saumes gebunden sind, vermag ich nicht zu entscheiden und muss es vorläufig noch dahin gestellt sein lassen.

Die Bewegung der Spermatosomen ohne Stützfaser ist wesentlich complicirter und schwieriger festzustellen.

Die Samenkörper sind hier fast immer in mehreren Spiraltouren gebogen, z. B. bei *Cetonia aurata* in $3\frac{1}{2}$, bei *Hydrophilus* in etwa $2\frac{1}{2}$ Windungen. Der Kopf setzt die erste Windung fort, verläuft aber mehr gerade, so dass er meist ein wenig aus der Spirale hervorragt. Auch an dieser spiraligen Geißel findet eine Flimmerung statt, indem sich bestimmte Strecken der Geißel seitlich umbiegen. Diese Flimmerung ist aber nicht in einem Flimmersaum lokalisiert, wie bei den Spermatosomen mit Stützfaser. Während sich, wie wir sahen, bei diesen letzteren nur die Krausen des Flimmersaumes um die ruhig und geradlinig bleibende Stützfaser flimmernd herumschlagen, biegen sich bei den Spermatozoen der zweiten Form bestimmte Strecken des ganzen Geißelfadens ein, so dass immer bestimmte Abschnitte der Geißel annähernd Halbkreise beschreiben; die größten Exkursionen macht dabei wiederum der der Saumfaser entsprechende Rand. Die Unterschiede dieser beiden Formen der Flimmerung sind indessen nur graduelle. Denkt man sich, dass die Stützfaser als solche nur wenig entwickelt ist, während der Flimmersaum eine kräftige Ausbildung erhalten hat, so wird die Stützfaser mit dem Flimmerschlage fortgerissen und umgebogen werden müssen. Dies beobachtet man in der That an solchen Spermatosomen, die eine nicht mehr ganz typisch ausgebildete, weniger widerstandsfähige Stützfaser haben, wie z. B. in dem hinteren Geißeltheile der Spermatozoen von *Chrysomela sanguinolenta* (vgl. hierüber auch p. 340).

Die Bewegung setzt bei den Spermatosomen des zweiten Typus gleichfalls am Kopfende ein und schreitet an der Spirale entlang gegen die Geißelspitze hin vor, woraus die Bewegung des Samenkörpers mit dem Kopfe voran resultirt. Ist die Flimmerung in vollem Gange, so bohrt sich das Spermatosom in Spiralen ziemlich schnell vorwärts. Hierdurch entsteht der optische Eindruck der Schlängelung. Bisweilen will es dann scheinen, als ob die Bewegung durch schlagende Einbiegungen der Geißel hervorgerufen würde. Es ist mir sogar zweifelhaft geblieben, ob nicht doch neben dieser Flimmerbewegung noch eine zweite Art aktiver Bewegung der Geißel besteht in Gestalt schlagender Einbiegungen. Bei *Cerambyx heros* z. B. sah ich, dass die sehr großen flimmernden Spermatozoen sich von Zeit zu Zeit in langen Windungen langsam einbogen, so dass ein eigenartiges Gewoge entstand.

Im Übrigen wurden auch hier dieselben Bewegungserscheinungen beobachtet, welche oben vom Flimmersaume geschildert wurden.

Sehr eigenthümlich ist die Bewegung der Samenkörper von Copris. Der vordere Theil des Spermiosoms in Bewegung ist gerade gestreckt, starr und zeigt ein sehr schönes, im Saume lokalisiertes Flimmerphänomen seiner Krausen. Der hintere Abschnitt hingegen weist spiralförmige Windungen und streckenweise flimmernde Einbiegungen des ganzen Geißelfadens auf. Hieraus resultirt eine ziemlich schnelle Fortbewegung des Samenkörpers mit dem Kopfe voran, wobei der gerade gestreckte, lange vordere Abschnitt ziemlich ruhig bleibt und als lange Bohrer Spitze fungirt. Bei lebhaftester Bewegung nehmen die Kontraktionen des spiralförmigen hinteren Theiles oft einen unregelmäßigen, fast schlagenden Charakter an.

Liegen die flimmernden Spermatozoen beider Typen einige Zeit unter dem Deckglase, so verändern dieselben ihr Aussehen, indem sie sich zu einer aus einer einzigen Tour bestehenden, sehr flachen Spirale zusammenlegen; bei Copris ist nur der hintere Geißelabschnitt in dieser Weise umgebogen. Fast alle Spermatozoen¹ erscheinen dann kreisförmig gebogen; bei genauer Untersuchung erkennt man aber, dass der Kopf ein wenig hervorragt und der scheinbare Ring eine sehr flache Spirale ist, an welcher das Kopf- und Schwanzende sich fast berühren. Die Flimmerung dieser Spermiosomen bleibt dabei in vollem Gange, bisweilen indessen flimmert nur noch das hintere Ende sehr schnell. Die fortschreitende Bewegung findet dann in der Weise statt, dass die Samenkörper in sehr flachen Spiraltouren mit dem Kopfe voran sich in gleichem Sinne vorwärts schrauben, so dass es auf den ersten Blick den Anschein hat, als drehen sie im Kreise. Ich sah häufig, wie das vorstehende Kopfende mit seinem Spitzenstücke an der Unterfläche des Deckglases glitt, bisweilen kurze Zeit an einer vielleicht etwas rauhen Stelle haften blieb, um dann mit einem kleinen Ruck sich wieder davon frei zu machen und weiter zu gleiten.

Nach einer Weile pflegt es dann geschehen zu sein, dass an den beiden einander zugewandten Glasflächen, der Oberfläche des Objektträgers und der Unterfläche des Deckgläschens, sich die meisten, wenn nicht alle Spermatozoen angesammelt haben und dabei mit der Ebene ihrer flachen Spiralen parallel den Glasflächen gestellt sind, den letzteren dicht anliegend. Man erkennt dann, dass die untenliegenden Spermiosomen in entgegengesetzter Richtung gleiten, als die oberen, am Deckglase befindlichen.

¹ Diese Beobachtung wurde nur bei kleineren und mittelgroßen Spermatozoen gemacht.

Diese Erscheinung erklärt sich einfach dadurch, dass die Spiralen, welche parallel der Glasfläche so zu liegen kommen, dass ihre Köpfe nach oben vorragen, durch ihren Flimmerschlag allmählich an die Unterfläche des Deckgläschen gelangen, während diejenigen, deren Köpfe sich nach unten richten, schließlich auf den Objektträger stoßen müssen. Sind sie an den Glasflächen angelangt, so können sie sich natürlich nicht weiter schraubig vorwärts bewegen und scheinen an den Glasflächen im Kreise zu drehen. Daraus nun, dass in dem einen Falle die Schraubenbewegung nach oben, in dem anderen Falle nach unten hin stattfindet, folgt die entgegengesetzte Richtung der Drehbewegung bei den Spermatozoen am Deckglase und am Objektträger. Vielleicht wirkt für den Umstand, dass sich die flachen Spiralen mit ihrer Ebene sobald den Glasflächen parallel stellen, auch die Adhäsion¹ seitens der Glasflächen unterstützend mit; jedoch spielt dieselbe nur eine sehr untergeordnete Rolle, Hauptsache ist die Eigenbewegung der Spermatozoen selbst.

Ich habe diese Erscheinung aus dem Grunde ausführlicher besprochen, weil J. DEWITZ (37) in seiner Abhandlung »Über Gesetzmäßigkeit in der Ortsveränderung der Spermatozoen und in der Vereinigung mit dem Ei« vor nicht langer Zeit von ganz ähnlichen Erscheinungen an den Spermatozoen von *Periplaneta orientalis* berichtet, denselben aber eine eigenthümliche und meiner Ansicht nach nicht richtige Deutung gegeben hat. Nach DEWITZ haben die Samenkörper dieses Orthopters die Eigenschaft, sich nicht gerade aus zu bewegen, sondern kreisförmige Bahnen zu beschreiben und zweitens von Flächen angezogen zu werden. Die Spermatozoen sollen sich in einem zweckmäßig mit dem nöthigen Spielraum hergerichteten Präparat nur oben am Deckglase und unten auf dem Objektträger ansammeln. Auch eine Kugelfläche sollen sie nicht verlassen können. Diese Erscheinung erklärt DEWITZ durch eine »Anziehung« und »Anlockung« der Spermatosomen, welche durch die Anziehung seitens der Glasflächen gegeben wird und meint, dass diese letztere in derselben Weise auf die Spermatozoen eine lokomotorisch richtende

¹ Die Adhäsion seitens der Glasflächen lässt sich sehr schön in solchen Präparaten demonstrieren, in welchen die Spermatozoen schon seit längerer Zeit abgestorben und bereits erweicht sind. Wie oben schon mehrfach erwähnt werden musste, legen sich in einem solchen Präparate von den Anfangs regellos durch einander liegenden Spermatozoen sehr viele, bisweilen fast alle platt den Glasflächen an, so dass man oft nur an der Deckglasunterfläche und der Oberfläche des Objektträgers die platt ausgebreiteten Fäden vorfindet, in der Flüssigkeitsschicht dazwischen dieselben aber vollständig vermisst. Es kann bei langen Spermatozoen vorkommen, dass der eine Theil derselben sich dem Deckgläschen dicht anlegt, während der andere Abschnitt dem Objektträger anhaftet.

Reizwirkung ausübe, wie es von PFEFFER (Lokomotorische Richtungsbe-
 wegung durch chemische Reize. Unters. a. d. bot. Inst. zu Tübingen. Bd. I,
 Heft 3, 1884) z. B. für die Apfelsäure nachgewiesen ist. DEWITZ sagt
 sogar, man könne beobachten wie die Spermatozoen, welche den An-
 schluss an eine Fläche noch nicht erreicht hätten »mit Unruhe und Un-
 behagen umherschwämmen, um eine Fläche zu erlangen«.

Dieser Auffassung kann ich nicht beipflichten. Der eigentliche
 Grund für die Ansammlung der Spermatozoen an den beiden Glas-
 flächen musste DEWITZ unklar bleiben, weil er die Vorwärtsbewegung
 der Spermatozoen in Schraubenlinien nicht erkannt hat. Die Sperma-
 tozoen von Periplaneta nehmen wohl nicht, wie oben von den Coleo-
 pteren angegeben, die Gestalt einer flachen Spirale an, sondern blei-
 ben ausgestreckt, bewegen sich aber durch die lebhaft schlagende
 Flimmerbewegung ihrer Geißel ziemlich schnell mit dem Kopfe voran
 in einer breiten Spirale vorwärts, deren Drehung bei allen in
 gleichem Sinne erfolgt. Wie oben ausgeführt, müssen sich die Sperma-
 tozoen dann bald an den Glasflächen, an welchen die spiralige Be-
 wegung einen Widerstand erfährt, ansammeln und hier in eine Kreis-
 bewegung übergehen. Die Ansammlung an Kugelflächen erklärt sich
 dadurch, dass die sich bewegenden Spermatozoen die Neigung haben,
 sich senkrecht zu der Kugeloberfläche zu stellen. Auch der Versuch
 von DEWITZ, welcher Sperma mit Gummilösung verdickte und in der
 schleimigen Flüssigkeit keine Ansammlung an den Glasflächen sah, be-
 weist nichts, da die Bewegung hierdurch zu sehr alterirt wird. Nach
 Allem erklärt sich die von DEWITZ geschilderte Erscheinung durch die
 Eigenbewegung der Spermatozoen einfach mechanisch und ist an eine
 in so auffälliger Weise sich äußernde Reizwirkung durch Attraktion sei-
 tens der Glasflächen nicht zu denken. Der Umstand, dass die Sperma-
 tozoen am Deckglase in entgegengesetzter Richtung drehen als am Objekt-
 träger, eine Erscheinung, welche DEWITZ für eine »scheinbare«, auf einem
 »bei ihrer Beurtheilung begangenen Fehler beruhende« erklärt, wird
 wiederum einfach dadurch hervorgerufen, dass die ursprünglich spira-
 lig sich bewegenden Gebilde in dem einen Falle alle mit dem Kopfe nach
 oben, in dem anderen Falle mit dem Kopfe nach unten drehen.

Übrigens hat es mit dem Studium der Bewegungserscheinungen der
 Coleopterenspermatozoen seine eigene Bewandnis; ich habe nicht
 immer das geschilderte Verhalten beobachten können. Ja es gelang
 mir bei manchen Individuen oft überhaupt nicht, intensive Allgemein-
 bewegung der Spermatozoen hervorzurufen, während dieselbe bei an-
 deren Individuen unter denselben Bedingungen bei Benutzung dersel-
 ben indifferenten Zusatzflüssigkeiten ohne Weiteres eintrat. Öfters trat

auch erst nach einer Weile in den Präparaten, deren Samenkörper zu Anfang keine oder nur geringe Bewegung zeigten, lebhafteste Flimmerung ein. Bisweilen zeigten mir gerade die Elemente, welche bereits seit einigen (bis 24) Stunden verendeten Thieren entnommen waren, die lebhaftesten Bewegungen.

An solchen Spermatozoen, welche Anfangs nur sehr geringe Flimmerung zeigten, gelang es mir häufig, wenn auch nicht regelmäßig, durch Erwärmung auf dem heizbaren Objektische von MAX SCHULTZE lebhafte und regelmäßige Bewegung hervorzurufen und übte die Erwärmung einen wesentlichen Einfluss auf die Flimmerbewegung der Spermatozoen aus. Von 20—30° Celsius war meist eine sehr deutliche Steigerung der Bewegung zu konstatiren; das Temperaturoptimum lag meist gegen 30 bis 35° Celsius (*Chrysomela*, *Lepyrus*, *Otiorrhynchus*, *Lina*, *Hydrophilus*, *Clerus*, *Carabus* u. a. m.). Die Wärmestarre, welche das Leben der Spermatozoen vernichtete, trat gegen 40° Celsius ein; bei *Lepyrus* und *Otiorrhynchus* habe ich 50° notirt.

Obwohl diese auf dem SCHULTZE'schen Objektisch abgelesenen Temperaturgrade nicht genau der im Präparat herrschenden Temperatur entsprechen, stimmen diese von mir erhaltenen Werthe doch ziemlich mit den Ergebnissen überein, welche bei Einwirkung der Wärme auf Muskelsubstanz, Protoplasma und Flimmerhaare erhalten wurden. Nach HERMANN'S Handbuch der Physiologie (38, p. 99) ist für den Froschmuskel der Grad der Erregbarkeit um so höher, je höher, bis zu etwa 30—35° Celsius, die Temperatur. Die zum sofortigen Eintritt der Wärmestarre nöthige Temperatur beträgt nach KÜNE für den Froschmuskel 40°, für den Säugethiermuskel 45—46° Celsius. Für das Zellprotoplasma liegt nach ENGELMANN (38, p. 358) das Ultramaximum zwischen 35—48° Celsius. Bei den Flimmerorganen (38, p. 396) liegt das Temperaturmaximum, bei dessen Überschreitung die Bewegung auch unter den sonst günstigsten Bedingungen sofort erlischt, für Warmblüter bei 45°, für Kaltblüter bei etwa 40° Celsius. Das Temperaturoptimum liegt einige Grade unter diesem Maximum.

Nicht selten sah ich nun, dass nach derart angefachter, lebhafter Bewegung, besonders nach Erwärmung des Präparates, alsbald bei allen Spermatozoen ein so weitgehender und allgemeiner faseriger Zerfall eintrat, wie er gewöhnlich nicht stattzufinden pflegte, wenn die Elemente sich nicht zuvor in intensivster Flimmerung befunden hatten. Es wollte mir scheinen, als ob eine lebhafte Bewegung der Spermatozoen den faserigen Zerfall der Gebilde nach ihrem Absterben befördere und beschleunige. Mir kam der Gedanke, dass dieses Verhalten vielleicht ein physiologisches sei und mit der Bedeutung der einzelnen

Spermatozoentheile für die Befruchtung zusammenhängen könne. Man könnte sich vorstellen, dass die Spermatozoen zur Zeit der Befruchtung des Eies im weiblichen Insektenkörper zu maximaler, einige Zeit andauernder Bewegung angefacht würden, dass alsdann aber, nachdem der Kopf des Spermatosoms durch diese Bewegung in das Ei hineingetrieben wäre, die jetzt überflüssig gewordene Geißel in Folge der vorhergegangenen maximalen Bewegung schnell faserig zerfiel und in dieser Weise zu Grunde ginge. Dies müsste indessen noch durch genaue Versuche festgestellt werden.

Ich habe mich nun bemüht, diese Bewegungserscheinungen der Samenkörper der Coleopteren mit ihrer Struktur in Beziehung zu bringen und die Frage zu entscheiden, welcher Theil des Spermatosoms als der eigentliche selbständige Träger der Kontraktilität aufzufassen sei. An den Samenkörpern mit Stützfaser ist es mir denn auch gelungen Aufschlüsse zu erlangen, die wohl als wichtige Stütze dafür dienen können, dass Kontraktilität an die Existenz einer fibrillären Struktur gebunden ist.

Ich sah nämlich bei sehr vielen Arten, z. B. bei *Calathus*, *Otiorrhynchus*, *Lina*, *Chrysomela*, *Morimus* u. a. m., dass schon in indifferenten Flüssigkeiten bereits an den noch lebenden Spermatozomen, der Geißeltheil, welcher in dieser Frage nur allein in Betracht kommen kann, sich in die Stützfaser und den Flimmersaum oft in seiner ganzen Länge zerlegte. Hierbei blieb die Stützfaser stets bewegungslos und ließ niemals auch nur die geringsten Anzeichen einer ihr innewohnenden Kontraktilität erkennen. Nur der isolirte Flimmersaum zeigte an solchen zerfallenen Samenkörpern allein Bewegungen, welche in bisweilen noch ziemlich regelmäßigen Flimmerschlägen der Krausen bestanden und gewöhnlich vom Kopf- gegen das Schwanzende hin fortschritten. Bisweilen durchlief den abgelösten Saum auch ein unregelmäßiges, zuckendes Zittern.

Bei den Arten, deren Samenkörper auch in indifferenten Flüssigkeiten sich sehr bald und sehr leicht auf größere Ausdehnung hin noch weiter zerlegen, wie z. B. bei *Chrysomela sanguinolenta*, *Lamia*, *Morimus*, habe ich ferner mehrmals sehr deutlich gesehen, dass auch die beiden Theilfasern, in welche sich der abgelöste Saum zerspalten hatte, noch Bewegungen zeigten. Die Mittelfaser und Saumfaser, welche bisweilen in ganzer Ausdehnung von einander und von der Stützfaser getrennt waren und dann nur noch mit dem Kopfe und unter sich mit ihren äußersten Spitzen zusammenhingen, ließen noch kurze Zeit zuckende, flimmernde, wenn auch unregelmäßige Kontraktionen erkennen. Dass diese Kontraktionen der isolirten Mittel- und Saumfaser

unabhängig von einander erfolgen und jeder dieser Fasern an sich das Vermögen inneohnt, sich selbständig kontrahiren zu können, geht daraus hervor, dass an diesen Samenkörpern die eine Theilfaser, gleichgültig, welche, schon abgestorben, wenigstens in den Zustand der Bewegungslosigkeit übergegangen sein konnte, während die andere noch Kontraktionen zeigte. Ein weiterer Zerfall findet nur an den bereits ganz abgestorbenen Gebilden statt.

Diese Beobachtungen sind durchaus nicht in jedem Präparat zu machen; vor Allem muss sogleich nach dem Tode des Thieres und unmittelbar nach der Präparation untersucht werden. Überhaupt gehört immer ein besonderer glücklicher Zufall dazu, um diese Erscheinung zu sehen, da nur wenige Spermatozoen so schnell noch in vivo zerfallen und die Kontraktionen der isolirten Fasern sehr bald, meist schon nach ein bis zwei Minuten, erlöschen.

Aus dem Mitgetheilten geht hervor, dass nur die fibrillären Theile dieser Spermatozoen im Stande sind, selbständig sich zu kontrahiren.

An den Samenkörpern ohne Stützfaser habe ich ähnliche Beobachtungen nicht machen können, da hier der Zerfall schwieriger eintritt und wie oben ausgeführt, nur erst an dem bereits seit längerer Zeit abgestorbenen Samenkörper sich vollzieht. Es wollte mir nicht gelingen, hierfür geeignete Thiere aufzufinden. Leider muss ich daher die Frage unentschieden lassen, ob die Randfaser dieser Spermatozoen auch kontraktile ist; ihr mit dem der Mittelfaser übereinstimmender Bau (cf. Hydrophilus) scheint darauf hinzudeuten. Wäre dies der Fall, so würde hier ein beachtenswerthes Beispiel eines mit Strukturveränderung einhergehenden Funktionswechsels vorliegen, da die Randfaser wohl der Stützfaser der Spermatozoen des ersten Typus als homolog gleichzusetzen ist.

Greifswald, den 10. März 1890.

Litteraturverzeichnis.

1. C. TH. v. SIEBOLD, Über die Spermatozoen der Crustaceen, Insekten, Gastropoden und einiger anderer wirbellosen Thiere. MÜLLER'S Archiv. Jahrgang 1836. p. 13.
2. ——— Über die Spermatozoen in dem Heuschreckenweibchen. Amtlicher Bericht über die 20. Versammlung der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte zu Mainz. Mainz 1843. p. 223.
3. ——— Über die Spermatozoen der Locustinen. Nov. Act. Acad. Caes. Leopoldino-Carolinae. Vol. XXI. 1845. p. 251.

4. R. WAGNER, Fragmente zur Physiologie der Zeugung, vorzüglich zur mikroskopischen Analyse des Spermas. Abhandlungen der mathematisch-physikalischen Klasse der Königl. Bayrischen Akademie der Wissenschaften. 1837. Bd. II. p. 398. Taf. III, Fig. XXII.
5. — Handwörterbuch der Physiologie. Bd. IV. 1853. Artikel »Zeugung«, p. 838.
6. TODD'S Cyclopaedia of Anatomy and Physiologie. Vol. IV. 1852. Artikel »Semen«, p. 488.
7. STRICKER, Handbuch der Lehre von den Geweben. Artikel »Hoden« von v. LA VALETTE ST. GEORGE. p. 534. 1874. Vgl. auch v. LA VALETTE ST. GEORGE, Über die Genese der Samenkörper. II. Mittheilung. Archiv für mikroskopische Anatomie, Bd. III, 1867, wo auf Taf. XIV, in Fig. 9 ein Spermiosom der Hausgrille als Faden mit einem länglich verdickten Ende dargestellt wird.
8. L. LANDOIS, Untersuchungen über die auf dem Menschen schmarotzenden Pediculinen. Diese Zeitschr. Bd. XIV. 1864. p. 19. Bd. XV. 1865. p. 53 und 495.
9. A. WEISMANN, Die nachembryonale Entwicklung der Musciden nach Beobachtungen an *Musca vomitoria* und *Sarcophaga carnea*. Diese Zeitschr. Bd. XIV. 1864. p. 187.
10. L. LANDOIS, Anatomie des Hundeflohes (*Pulex canis* Dugès), mit Berücksichtigung verwandter Arten- und Geschlechter. Nov. Act. Acad. Caes. Leopoldino-Carolinae. T. XXXIII. 1867. p. 40.
11. — Anatomie der Bettwanze, mit Berücksichtigung verwandter Hemipterengeschlechter. Diese Zeitschr. Bd. XIX. 1869. p. 211.
12. O. BÜTSCHLI, Vorläufige Mittheilung über Bau und Entwicklung der Samenfäden bei Insekten und Crustaceen. Diese Zeitschr. Bd. XXI. 1874. p. 402.
13. — Nähere Mittheilungen über die Entwicklung und den Bau der Samenfäden der Insekten. Diese Zeitschr. Bd. XXI. 1874. p. 526.
14. SCHWEIGGER-SEIDEL, Über die Samenkörperchen und ihre Entwicklung. Archiv für mikroskopische Anatomie. Bd. I. 1865.
15. TH. EIMER, Untersuchungen über den Bau und die Bewegung der Samenfäden. Verhandlungen der physikal.-medic. Gesellschaft in Würzburg. Neue Folge. Bd. VI. 1874. p. 106.
16. v. LA VALETTE ST. GEORGE, Über die Genese der Samenkörper. Dritte Mittheilung. Archiv für mikroskopische Anatomie. Bd. X. 1874.
17. G. GILSON, Étude comparée de la spermatogénèse chez les arthropodes. La Cellule. Tome I. 1884.
18. v. LA VALETTE ST. GEORGE, Spermatologisch e Beiträge. Fünfte Mittheilung. Über die Bildung der Cysten bei den Lepidopteren. Archiv für mikroskopische Anatomie. Bd. XXX. 1887.
19. — Spermatologische Beiträge. Zweite Mittheilung. *Blatta germanica*. Archiv für mikroskopische Anatomie. Bd. XXVII. 1886.
20. — Spermatologische Beiträge. Vierte Mittheilung. *Phratora vitellinae*. Archiv für mikroskopische Anatomie. Bd. XXVIII. 1886.
21. — Zelltheilung und Samenbildung bei *Forficula auricularis*. Festschrift für A. v. KÖLLIKER. 1887. p. 51.
22. FR. LEYDIG, Untersuchungen zur Anatomie und Histologie der Thiere. Bonn 1883. p. 117 und 118.
23. O. S. JENSEN, Die Struktur der Samenfäden. Bergen 1879.

24. H. DE WIELOWICYSKI, Observations sur la spermatogénèse des arthropodes. Archives slaves de Biologie. Tome II. 1886.
25. H. BEAUREGARD, Recherches sur les insectes vésicants (Suite). I. Spermatogénèse et Spermatozoïdes. Journal de l'Anatomie et de la Physiologie. 1887.
26. BALBIANI, Mémoire sur la génération des Aphides. C. Développement des spermatozoïdes. Annales des sciences nat. Zoologie. Ser. V. T. XI. 1869.
27. E. BALLOWITZ, Untersuchungen über die Struktur der Spermatozoen, zugleich ein Beitrag zur Lehre vom feineren Bau der kontraktilen Elemente. Theil I. Die Spermatozoen der Vögel. Archiv für mikroskopische Anatomie. Bd. XXXII. 1888.
28. ——— Über Verbreitung und Bedeutung feinfaseriger Strukturen in den Geweben und Gewebeelementen des thierischen Körpers. Biologisches Centralblatt. Bd. IX. Nr. 20 und 24.
29. ——— Fibrilläre Struktur und Kontraktibilität. Vortrag, gehalten auf dem III. Kongress der anatomischen Gesellschaft zu Berlin am 12. Oktober 1889. Arch. für die gesammte Physiologie. Bd. XLVI. p. 433.
30. W. WALDEYER, Bau und Entwicklung der Samenfäden. Verhandlungen der ersten Versammlung der anatomischen Gesellschaft. Anatomischer Anzeiger. Jahrg. II. 1887. Nr. 12.
31. E. BALLOWITZ, Zur Lehre von der Struktur der Spermatozoen. Anatomischer Anzeiger. Jahrg. I. 1886. Nr. 14.
32. LÉON DUFOUR, Recherches anatomiques sur les Carabiques et sur plusieurs autres Insectes Coléoptères. Suite. Organes de la génération. Annales des sciences naturelles. Tome VI. p. 473. Pl. VI, Fig. 7, 8.
33. G. RETZIUS, Zur Kenntnis der Spermatozoen. Biologische Untersuchungen. Jahrgang 1884.
34. FR. STEIN, Vergleichende Anatomie und Physiologie der Insekten. Erste Monographie. Die weiblichen Geschlechtsorgane der Käfer. Berlin 1847.
35. DUJARDIN, Nouveau manuel de l'observateur au microscope. Pl. XI, Fig. 48 und 49. (Nach GILSON citirt.)
36. FR. LEYDIG, Lehrbuch der Histologie des Menschen und der Thiere. 1857. p. 534. Fig. 264 B.
37. J. DEWITZ, Über Gesetzmäßigkeit in der Ortsveränderung der Spermatozoen und in der Vereinigung mit dem Ei. Archiv für die gesammte Physiologie. Bd. XXXVIII. 1886. p. 358.
38. L. HERMANN, Handbuch der Physiologie. Bd. I. Thl. 4. Handbuch der Physiologie der Bewegungsapparate. Theil I. 1879.

Erklärung der Abbildungen.

Fast alle Figuren sind in demselben Größenverhältnis gezeichnet, indem ich einen jeden Theilstrich des WINKEL'schen Ocular-Mikrometers Nr. 2, mit welchem die Objekte bei WINKEL, homogene Immersion 1/24 (Tubus nicht ausgezogen) gemessen wurden, und bei welchem dann jeder Theilstrich = 0,001 mm wirklicher Objektgröße beträgt, in der Zeichnung gleich 1 mm setzte. Ich musste eine solche Größe wählen, um besonders die feinsten Fibrillen in ihrem Verhältnis zu den

Fasern besser hervortreten zu lassen. Nur die Figuren auf Taf. XIII mit Ausnahme von Fig. 34 und 43, und auf Taf. XV, Fig. 84 sind etwas kleiner gehalten. Sämmtliche Abbildungen sind nach mit Genvianaviolett tingirten Präparaten gezeichnet. Ich kann nicht umhin, auch hier ausdrücklich zu bemerken, dass alle Zeichnungen nur nach im Präparat völlig isolirt liegenden Spermatozomen genau nach dem Präparat, ohne alle Kombination sich ergänzender Bilder, angefertigt wurden.

Die Abkürzungen der Figurenbezeichnungen bedeuten:

K, Kopf; *G*, Geißel des Spermatozoms; *Stf*, Stützfaser; *KS*, Krausensaum; *Mf*, Mittelfaser; *Sf*, Saumfaser; *SfTf₁*, *SfTf₂* und *SfTf₃*, erste, zweite und dritte Saumtheilfaser; *Rf*, Randfaser; *Wf*, Wimpelfaser; *Spst*, Spitzenstück; *Hst*, Hauptstück des Kopfes; *Spsb*, Spitzenstäbchen; *Spkn*, Spitzenknopf; *Sph*, Hülle des Spitzenstückes; *Ck*, Centralkörper des Kopfes; *Af*, Achsenfaden.

Tafel XII.

Fig. 1. Spermatozom von *Hylobius abietis* L., frisch durch Osmiumsäuredämpfe fixirt, schwache Genvianaviolett-färbung. Der Flimmersaum vorn und hinten etwas von der Seite, in der Mitte von oben gesehen; bei *e e e e e* die scheinbaren Einkerbungen der Krausen, die am weitesten nach hinten umgebogenen Stellen des Saumes (es sind nicht alle Krausen gezeichnet). Am Kopf nur das Spitzenstück intensiv gefärbt.

Fig. 2. Spermatozom von *Pogonochaerus fasciculatus* Deg., durch Osmiumsäuredämpfe fixirt, schwache Genvianaviolett-färbung. Flimmersaum in dem mittleren Theile der Geißel von der Seite gesehen; an der linken Seite der Geißel der gerade, der Stützfaser entsprechende Rand sichtbar. Am Kopf nur noch das Spitzenstück intensiv gefärbt.

Fig. 3. Spermatozom von *Pogonochaerus fasciculatus* Deg., kurze Zeit in 5%iger Kochsalzlösung. Geißel in ganzer Ausdehnung in Stützfaser und Flimmersaum zerlegt, beide nur noch am hinteren Kopfende und an der äußersten Geißelspitze zusammenhängend; an dem intensiv gefärbten Kopf das blasse, feine Spitzenstäbchen freiliegend.

Fig. 4. *Lepyrus capucinus* Schall. Der Krausensaum hat sich zum größten Theil von der Stützfaser abgelöst; Spitzenstäbchen am Kopf entblößt.

Fig. 5. *Galeruca tanacetii* L. 12 Stunden in 5%iger Kochsalzlösung macerirt. Geißel in Stützfaser und Flimmersaum zerfallen, letzterer zum größten Theil in Mittel- und Saumfaser zerspalten. Am äußersten Ende der Geißel sind die drei Fasern noch in festem Zusammenhange. Stützfaser in zierliche Schleifen gelegt. Kopf mit entblößtem Spitzenstäbchen.

Fig. 6—8. *Otiorrhynchus laevigatus* F. 3 Tage in 10%iger Chlornatriumlösung. Die Spermatozomen haben sich der Deckglasfläche dicht angelegt.

Fig. 6. Geißel platt ausgebreitet; der Krausensaum hat sich geglättet und seine Krausen verloren. An dem einen Rande erscheint die gerade gestreckte Stützfaser; an dem anderen Rande hat sich die Saumfaser an einigen Stellen schon etwas abgelöst und in ihrer ganzen Länge in zahlreiche kleine, regelmäßige, wellenförmige Einbiegungen gelegt. Bei *U* faltet sich der Saum von der rechten Seite der Stützfaser nach der linken hin um.

Fig. 7. Die drei Hauptfasern neben einander liegend; die Saumfaser an zwei Stellen schon weiter abgetrennt.

Fig. 8. Mittelfaser bei *x x x* in zwei Fasern aus einander weichend.

Fig. 9—27. *Copris lunaris* L. Fig. 9—13 ganze Spermatozomen.

Fig. 9. Spermatosom frisch durch Osmiumsäuredämpfe fixirt. Intensive Färbung. Am Kopfe Spitzenstück und Spitzenknopf deutlich. Geißel im vorderen Abschnitt sehr wenig S-förmig gebogen, fast gerade gestreckt, mit schön ausgebildetem Krausensaum; der hintere Theil der Geißel in etwa $2\frac{1}{2}$ Spiralwindungen gebogen, ohne charakteristische Krausen.

Fig. 10. 24 Stunden in 50/iger Kochsalzlösung. Geißel in dem geraden vorderen Abschnitt in Stützfaser und Krausensaum zerlegt, sonst wie vorher.

Fig. 11—13. Längere Zeit (2—3 Wochen) in 0,750/iger Kochsalzlösung macerirt. Spitzenknopf und Hülle des Spitzenstückes aufgelöst, so dass das Spitzenstäbchen frei liegt. Geißel in die drei Hauptfasern getheilt. Saumfaser in voller Ausdehnung in ein lockeres Bündel von zahlreichen Elementarfibrillen aufgelöst, welche vorn noch mit dem Kopfe, hinten mit der Geißelspitze in Berührung stehen.

Fig. 14. Stützfaser intensiv gefärbt, Mittelfaser spiralig gebogen.

Fig. 12. Dessgleichen. Der eine Rand der Stützfaser erscheint im vorderen Abschnitt wie in kleine, dicht auf einander folgende Segmente zerfallen, eben so in ihrem größten Theile die Mittelfaser.

Fig. 13. Der eine Rand der Stützfaser etwas heller, fast saumartig. In dem hinteren gebogenen Theile ist die Stützfaser in zwei Fasern aus einander gewichen. Auch die Mittelfaser zeigt an mehreren Stellen eine Trennung in zwei Fasern.

Fig. 14—23. Köpfe mit dem vorderen Theil der Geißel.

Fig. 14. Fixirung durch Osmiumsäuredämpfe, dann Färbung mit Gentianaviolett; zwei Tage nach der Färbung gelegen. Spitzenknopf blass, Spitzenstück intensiv gefärbt; am Hauptstück des Kopfes nur der Nebestreif gefärbt. Insertion der von einander getrennten Stütz- und Flimmerfaser am Hinterende des Kopfes.

Fig. 15. Wie vorher. Die vorn spitz auslaufende Stützfaser hat sich abgelöst, während der Krausensaum noch in Verbindung mit dem Hauptstreif des Kopfes ist. Nach hinten gerichteter, fein zugespitzter Fortsatz des Nebestreifs.

Fig. 16. Frisch durch Osmiumsäuredämpfe fixirt. Sehr dickes, walzenförmiges Spitzenstück.

Fig. 17. Frisch durch Osmiumsäuredämpfe fixirt und mit Gentianaviolett gefärbt, dann vier Tage gelegen. Spitzenstück noch intensiv gefärbt, der linke Rand ein wenig dunkler, Spitzenknopf blass. Hauptstreif entfärbt, Nebestreif dunkel violett. Der Krausensaum hat sich etwas von der Stützfaser gelockert.

Fig. 18. Zwei Tage in 10/iger Chlornatriumlösung. Endknopf verschwunden; Hülle des Spitzenstückes in Auflösung begriffen, so dass das Spitzenstäbchen sichtbar wird.

Fig. 19. 24 Stunden in 0,750/iger Kochsalzlösung. Vom Kopfe hat sich vorn kappenartig die Hülle des Spitzenstückes abgelöst; in derselben steckt noch zum Theil das leicht umgebogene Spitzenstäbchen.

Fig. 20. Drei Tage in 0,750/iger Kochsalzlösung. Hülle des Spitzenstückes, sowie Spitzenknopf aufgelöst, Spitzenstäbchen freiliegend. Das zugespitzte Ende der Stützfaser ist abgelöst, liegt aber noch in dem falzartigen Einschnitt am Hinterende des Kopfes.

Fig. 21. Nach einem tingirten Deckglas-Trockenpräparat, welches einige Zeit gelegen hatte. Spitzenknopf nicht mehr erhalten. In das Spitzenstück setzt sich der bereits entfärbte Hauptstreif fort. Stützfaser und Krausensaum von einander getrennt, letzterer zeigt die Andeutungen eines faserigen Zerfalles.

Fig. 22. Aus demselben Deckglas-Trockenpräparat, wie Fig. 21. Spitzenstäbchen entblößt, in den Hauptstreif des Kopfes übergehend. Der Hauptstreif nur erst im vorderen Theile entfärbt, im hinteren Theile noch dunkel violett. Stützfaser vom Krausensaum abgetrennt.

Fig. 23—26. Isolirte Köpfe von *Copris lunaris* L.

Fig. 23. Spitzenstäbchen entblößt. Hauptstreif intensiv gefärbt, Nebenstreif blasser. Einschnitt am hinteren Ende des Kopfes.

Fig. 24. Wie Fig. 23. Färbung der beiden das Hauptstück zusammensetzenden Substanzen aber umgekehrt.

Fig. 25. Der intensiv gefärbte Nebenstreif hat sich in der unteren Hälfte des Kopfes von dem Hauptstreif abgelöst.

Fig. 26. Isolirter Hauptstreif des Kopfes im Zusammenhang mit den Spitzenstäbchen.

Fig. 27—29. *Hyliota* (*Brontes* Fabr.) *planata* L.

Fig. 27. Intaktes Spermatozom, frisch gefärbt. Schmalere Krausensaum deutlich.

Fig. 28. 24 Stunden in 5%iger Chlornatriumlösung. Hinteres Ende der Geißel in Krausensaum und Randfaser zerlegt; die letztere gefärbt, weich, am verdünnten Ende hin und her gebogen.

Fig. 29. Wie Fig. 28. Geißel in voller Länge in Krausensaum und Randfaser getheilt; Krausensaum an einer Stelle (x) in zwei, an einer anderen Stelle (x_1) in drei Fasern zerlegt.

Fig. 30. *Melolontha vulgaris*. Geißel an zwei Stellen in Randfaser, Mittelfaser und die etwas stärker tingirte Saumfaser zerfallen. (Es ist eine Verlagerung der Fasern eingetreten, so dass die Saumfaser zwischen den beiden anderen liegt.)

Fig. 31—33. *Laena Reitteri* Weise. Ganze Spermatozomen.

Fig. 31. Frisch gefärbt. An zwei Stellen (x , x_1) Faltungen der Saumfaser deutlich.

Fig. 32. Biegungen der Saumfaser deutlich, besonders im vorderen Theile.

Fig. 33. Zwei Tage in 10%iger Kochsalzlösung. Die gerade gestreckte Geißel hat sich platt der Deckglasfläche angelagert, wobei sich die Saumfaser in regelmäßige, wellenförmige Biegungen gelegt hat; in der Nähe des Kopfes (bei U) ist eine Verlagerung der Saumfaser eingetreten.

Tafel XIII.

Fig. 34—44. *Chrysomela sanguinolenta*.

Fig. 34. Spermatozom aus dem Vas deferens, frisch durch Osmiumsäuredämpfe fixirt, nicht zu intensive Färbung. Krausen des Flimmersaumes deutlich; am Kopf nur das Spitzenstück intensiv gefärbt.

Fig. 35. 24 Stunden in 5%iger Kochsalzlösung. Stützfaser und Krausensaum von einander getrennt, nur an den beiden Enden der Geißel besteht noch eine Vereinigung. Kopf und Spitzenstück intensiv gefärbt.

Fig. 36. Krausensaum unregelmäßig hin und her gebogen und zusammengezogen; Stützfaser in Schleifen gelegt. Spitzenknopf umgebogen.

Fig. 37. Wie vorher. Krausensaum faserig zerfallen. Spitzenstück deutlich widerhakenartig.

Fig. 38. Von dem Krausensaum, der auch am hinteren Ende von der Stützfaser getrennt ist, hat sich in ganzer Ausdehnung die Mittelfaser abgelöst, die nur noch an den beiden äußersten Enden des Saumes mit dessen anderem Theile, der Saumfaser, in Verbindung steht. Spitzenknopf des Spitzenstückes deutlich gestielt.

Fig. 39. Geißel in Stützfaser und Flimmersaum zerlegt; letzterer in drei unregelmäßig gebogene Fasern getheilt. Hauptstück des Kopfes bereits wieder verblasst; intensiv gefärbter Grenzpunkt zwischen dem Hauptstück und dem Spitzenstück. Die Hülle des letzteren ist in Auflösung begriffen, daher nur schwach gefärbt, so dass das Spitzenstäbchen bereits sichtbar ist. Zwei Tage in 0,750/iger Kochsalzlösung (wie die folgenden Figuren bis Fig. 44).

Fig. 40. Geißel in voller Länge in vier von einander weit abstehende Fäden zerfallen, welche aber noch am Hinterende des Kopfes festsitzen und an der hinteren Geißelspitze mit einander vereinigt sind. Die Stützfaser zeigt im vorderen Theile eine zierliche Schleife; Mittelfaser und erste Saumtheilfaser schwer von einander zu unterscheiden. Von dem intensiv gefärbten Kopfe ist das blasse Spitzenstäbchen scharf abgesetzt.

Fig. 41. Der in die Mittelfaser, Saumfaser und erste Saumtheilfaser zerlegte Krausensaum auch an dem Geißelende von der Stützfaser abgelöst. Saumfaser in ganzer Ausdehnung in zwei weitere, dicht neben einander liegende Theilfasern zerfallen, zweite und dritte Saumtheilfaser; die letztere noch ein wenig mehr gefärbt, als die beiden anderen. Alle vier Theilfasern des Krausensaumes noch an beiden Enden desselben mit einander im Zusammenhang. Hauptstück des Kopfes bereits wieder verblasst, nur der Grenzpunkt noch intensiv gefärbt; das Spitzenstäbchen entblößt.

Fig. 42. Stützfaser und Mittelfaser noch in Verbindung mit dem Kopfe und am hinteren Geißelende auch noch im Zusammenhange mit der Saumfaser. Die letztere ist bis auf diese Stelle von der Geißel abgelöst und zum größten Theile in die drei Saumtheilfasern zerfallen. Gestielter Spitzenknopf noch erhalten.

Fig. 43. Geißel in Stützfaser und Krausensaum zerlegt. Der letztere zeigt die isolirte Mittelfaser und Saumfaser. Die Saumfaser in dem mittleren und hinteren Abschnitt in ihre drei Theilfasern getheilt, indessen hat sich nur die erste Saumtheilfaser weiter von den anderen beiden, welche dicht neben einander liegen, entfernt. Von dieser Theilfaser löst sich nun an zweien in der Mitte gelegenen Stellen eine äußerst feine Elementarfibrille (*Fb*) ab.

Fig. 44. An dem Kopfe hängen die drei völlig isolirten Hauptfasern; links die Stütz- und Mittelfaser, rechts die Saumfaser. Die letztere besonders in ihrer hinteren Hälfte in ihre drei Theilfasern zerfällt. In der Nähe des Endes der Saumfaser hat sich von der ersten Theilfaser eine feinste Fibrille (*Fb*) auf eine kleine Strecke abgelöst.

Fig. 45. *Hylobius abietis* L. Vier Tage in 30/iger Chlornatriumlösung. Geißel in Stützfaser und Krausensaum getheilt; an dem letzteren ist die isolirte Mittelfaser und die an einigen Stellen in zwei Fäden zerlegte Saumfaser zu unterscheiden. In der vorderen Hälfte ist die Mittelfaser in drei feine Fibrillen (*Fb*) von verschiedener Dicke aufgelöst; dasselbe in der Nähe des hinteren Endes an einer kleineren Stelle (bei *Fb*).

Tafel XIV.

Fig. 46—63. *Hydrophilus piceus* L. und *aterrimus* Eschsch. Aus den Ampullen der Vasa deferentia.

Fig. 46. Spermatosom in frischem Zustande durch Osmiumsäuredämpfe fixirt und intensiv gefärbt. Kopf nicht deutlich von der Geißel abgrenzbar, Spitzenstück nicht zu unterscheiden.

Fig. 47. 24 Stunden nach der Färbung. Kopf verblasst, farblos; nur das

Spitzenstück intensiv gefärbt und scharf von dem Haupttheil des Kopfes abgesetzt. Ungleiche Insertion der Geißelränder an dem hinteren Kopfe (bei I). Die schmal bandartig abgeplattete Form der Geißel deutlich.

Fig. 48. Nach einem tingirten Deckglas-Trockenpräparate. Kopf farblos, nur der noch erhaltene Basaltheil der Hülle des Spitzenstückes intensiv gefärbt; vor demselben das feine, von der Hülle entblöbte Spitzenstäbchen. Geißel sehr deutlich schmal bandartig. In der vorderen Hälfte heben sich die beiden Ränder der Geißel faserartig von einem etwas blasser tingirten Inneren ab; der rechte Rand etwas intensiver gefärbt als der linke, inserirt auch etwas höher hinauf am Kopfe; die Insertionsstelle erscheint als dunkler gefärbte Linie. Auch die Insertionsstelle des anderen Randes tritt als intensiv gefärbte, aber kürzere Linie hervor. Der dunklere Rand zeigt mehrere schmale Umfaltungsstellen.

Fig. 49. Aus dem frisch untersuchten Inhalt der Ampulle des Vas deferens. Hülle des Spitzenstückes noch intakt. Geißel an zwei Stellen in zwei Fasern zerlegt. Die eine davon ein wenig dunkler gefärbt.

Fig. 50. Wie Fig. 49. Entblöbte Spitzenstäbchen des Kopfes. Geißel in der vorderen Hälfte in zwei Fasern zerlegt; die eine Theilfaser an einer Stelle wiederum in zwei Hälften aus einander gewichen.

Fig. 51. Zwei Tage in 50/iger Chlornatriumlösung. Kopf wie vorher. Die Geißel hat sich der Deckglasfläche platt angelegt und ist sodann in drei parallel neben einander liegende Fasern der ganzen Länge nach zerfallen: links die Randfaser, rechts die Saumfaser, zwischen beiden die Mittelfaser. Die Saumfaser ein wenig intensiver gefärbt als die anderen, ist in dem vorderen Theile in mehrere kleine wellenförmige Einbiegungen gelegt (vgl. auf Taf. XII, Fig. 6 und 33) und überragt die beiden anderen am hinteren Geißelende. Auch am Kopfe ragt die Insertion der Saumfaser ein wenig weiter nach vorn, als die der Randfaser. Beide Insertionslinien treten in Gestalt zweier kleiner, ungleich langer, intensiv gefärbter, paralleler Striche hervor. Diese ungleiche Insertion der beiden Fasern ist auch an den meisten folgenden Figuren (Fig. 52—57), bei denen eine Entfärbung des Kopfes eingetreten ist, deutlich. Rand- und Mittelfaser sind von gleicher Färbung und gleicher Länge.

Fig. 52—57. Drei Tage in 50/iger Chlornatriumlösung.

Fig. 52. Geißel in die völlig von einander getrennten Rand-, Mittel- und Saumfaser zerlegt, alle drei noch im Zusammenhang mit dem Kopfe.

Fig. 53. Wie Fig. 52. Zwischen Rand- und Mittelfaser erscheint der hintere, sich sehr fein zuspitzende Theil der sich ablösenden Wimpelfaser.

Fig. 54. Rand- und Mittelfaser spiralig gebogen und vom Kopfe bereits abgetrennt; mit dem letzteren nur noch die Saumfaser und Wimpelfaser im Zusammenhang. Die letztere in ihrer ganzen Ausdehnung isolirt und in charakteristischer Weise hin und hergebogen.

Fig. 55. Kopf nur noch in Verbindung mit der Saumfaser und Wimpelfaser. Verschiedene Insertion derselben am Kopf.

Fig. 56. Von der Geißel haben sich in dem vorderen Abschnitt die Randfaser, in dem hinteren Theile die Saumfaser abgelöst; Mittelfaser und Saumfaser mithin in dem vorderen Abschnitt noch vereinigt. Die Wimpelfaser ist dabei in ganzer Länge abgetrennt.

Fig. 57. Links vom Kopfe die isolirte Wimpelfaser, rechts die Saumfaser, von welcher Rand- und Mittelfaser im Begriff sind sich abzulösen. Die Saumfaser ist

aus einem falzartigen Einschnitt am Hinterende des Kopfes (bei *I*), in dessen Grunde sie noch ange kittet ist, herausgezerrt.

Fig. 58—63. Drei Tage lang Maceration im Thier, dann zwei Tage in 0,75%iger Kochsalzlösung. In allen Figuren der Kopf intensiv gefärbt und das von demselben scharf abgesetzte, blasse, feine Spitzenstäbchen freiliegend.

Fig. 58. Kopf nur noch mit der Wimpelfaser versehen; an seinem einen Rande in der Nähe des hinteren Endes ein länglicher schmaler Ausschnitt (vgl. die vorige Figur).

Fig. 59. Die spiralig gebogene Rand- und Mittelfaser von dem Kopfe bereits abgetrennt; links die Wimpelfaser, rechts die Saumfaser. Zwischen der Saumfaser und Mittelfaser die parallel neben einander liegenden Zwillingfibrillen (*Fb, Fb*), in ihrer vollen Länge isolirt.

Fig. 60. Rand- und Saumfaser noch in Verbindung mit dem Kopfe, Mittelfaser bereits abgelöst. Wimpelfaser noch nicht sichtbar. Die Zwillingfibrillen (*FbFb*) mit ihren hinteren Enden weit von einander abgewichen; auch in der vorderen Hälfte aus einander gerissen, die eine der Mittelfaser, die andere der Saumfaser angelagert. Saumfaser an ihrem hinteren Ende gegabelt.

Fig. 61. Nur noch die Randfaser in Verbindung mit dem Kopfe, eine Wimpelfaser ist dabei noch nicht sichtbar geworden. Zwillingfibrillen nicht mehr vorhanden. Saumfaser an dem vorderen und an dem hinteren Ende in fünf ungleich dicke Fädchen zerfasert; auch in der Mitte an zwei Stellen in zwei, resp. drei Fasern zerlegt. Falzartiger Ausschnitt am Hinterende des Kopfes deutlich.

Fig. 62. Kopf nur noch in Verbindung mit der Wimpelfaser und der Saumfaser, letztere bei *I* aus dem Falz am hinteren Kopfe herausgerissen. Saumfaser in der hinteren Hälfte (bei *x*) in zwei Fasern aus einander gewichen; das Ende derselben in acht ungleich dicke, weit von einander abstehende zierliche, gebogene Fädchen zersplittert.

Fig. 63. Mit dem Kopfe, der den falzartigen Ausschnitt zeigt, nur noch die Wimpelfaser im Zusammenhang. Die Rand- und Mittelfaser, welche das gleiche Aussehen darbieten, intakt. Statt der Saumfaser ein lockeres Bündel von circa acht feinsten, gleich langen, neben einander liegenden Fibrillen (*S/Fb*).

Tafel XV.

Fig. 64—75. *Hydrophilus piceus* L. und *aterrimus* Eschsch.

Fig. 64—67. Isolirte Fasern aus dem frisch untersuchten Inhalt der Ampullen des Vas deferens.

Fig. 64. Im vorderen Theile und am unteren Ende Theilung in zwei gleich dicke Fasern. Eine fast ganz isolirte Elementarfibrille hat sich abgelöst und hängt mit der Faser nur noch in der Nähe des vorderen und hinteren Endes zusammen.

Fig. 65. Der obere Theil der Faser in neun feinste, gleich lange Fibrillen zerfasert; eine davon zeigt wiederum eine Theilung. In der Mitte an zwei Stellen ein Zerfall in vier, resp. in sechs Fasern.

Fig. 66. Das rechte Ende der Faser in mehrere kurze Fäserchen zerlegt, das linke Ende gegabelt; jeder Gabelast zerfasert sich alsbald in mehrere sehr zierlich gebogene feine Fädchen.

Fig. 67. Faser in ganzer Ausdehnung in neun von einander abstehende Fibrillen zerspalten, welche nur noch an dem einen Ende, wie an einem Stiele, zusammenhängen; auch die äußerste Spitze dieses Stieles pinselartig aufgefasert. Alle Fibrillen von gleicher Länge.

Fig. 68—74. Künstlich durch dreitägige Maceration im Thiere mit nachfolgender Maceration in Chlornatriumlösung isolirte und in Fibrillen zerfallte Saumfasern.

Fig. 68. An den beiden Enden und in der Mitte Trennung in mehrere Fäserchen.

Fig. 69. Das untere Ende und eine größere Stelle unterhalb der Mitte fibrillär zerfallen. An zwei Stellen (bei x , x_1) verbreitert sich die Faser ein wenig, zugleich deutlich blasser werdend, ohne dass ein fibrillärer Zerfall erkannt werden kann. Auch an diesen Stellen ist wohl bereits eine Lockerung der Fibrillen eingetreten, nur sind die letzteren noch nicht weit genug von einander abgewichen, um deutlich unterschieden werden zu können.

Fig. 70. Beide Enden, besonders das untere, in Fibrillen zerlegt. An einer Stelle oberhalb der Mitte treten die (acht) Fibrillen, welche elegant gebogen sind, und nicht alle die gleiche Dicke besitzen, weiter von einander ab.

Fig. 71. Beide Enden der Faser bis gegen die Mitte hin in Büschel feinsten, neben einander verlaufender, gleich langer Fibrillen aufgelöst. Auf der rechten Hälfte lassen sich zehn, auf der linken neun Fibrillen zählen.

Fig. 72—75. Isolirte Rand-, resp. Mittelfasern, welche 5 Tage im Thier und sodann 8 Stunden in Chlornatriumlösung macerirt hatten.

Fig. 72. Faser, noch spiralförmig gebogen. Der Mantel in sehr zahlreiche, kleine, körnchenartige Quersegmente zerfallen.

Fig. 73. Segmente an drei Stellen abgebröckelt, so dass der Achsenfaden (Af) hier frei liegt. Bei x ist der letztere umgebogen und in zwei feine neben einander liegende Fibrillen getheilt.

Fig. 74. Achsenfaden (Af) an drei Stellen isolirt, in der Mitte und unten in zwei weit von einander abstehende Fibrillen zerlegt. In der Mitte bilden die Fibrillen zwei zierliche Schleifen.

Fig. 75. Achsenfaden (Af) in der Mitte und unten in zwei Hälften zerfallen. An den oberen und unteren Enden der Fibrillen befinden sich noch korrespondirende Reste der der Länge nach durch die Spaltung des Achsenfadens zerrissenen Segmente.

Fig. 76—83. Calathus. Fig. 76—78 acht Tage in 0,75⁰/₁₀iger Chlornatriumlösung.

Fig. 76. Kopf durch Maceration verändert. Geißel der ganzen Länge nach in Stützfaser, Mittelfaser und Saumfaser zerlegt, welche nur noch am Kopfe und am hinteren Geißelende zusammenhängen. Stützfaser jetzt intensiv gefärbt. Mittelfaser vorn und im hinteren Abschnitt in zwei Hälften getheilt. Saumfaser an zwei Stellen in mehrere Fibrillen zerfallen. Bei x und x_1 blasse, verbreiterte Stellen der Faser, für welche dasselbe gilt, was über die gleiche Erscheinung bei Fig. 69 gesagt wurde.

Fig. 77. Mittelfaser an einer Stelle in mehrere Fibrillen von verschiedener Dicke zerlegt. Statt der Saumfaser ein lockeres Bündel zahlreicher, gleich langer, feinsten Elementarfibrillen (Sf/Fb), welche sich vom Kopfe bis in die hintere Geißelspitze erstrecken. Kopf stark verändert, es sind nur noch die intensiv gefärbten Reste der drei Widerhaken-Paare übrig geblieben.

Fig. 78. Isolirte Faser, im oberen Theile an einer Stelle in zwei Hälften getheilt, in der Mitte in sechs, und am Ende in acht Fibrillen aufgelöst.

Fig. 79. Faser in ganzer Ausdehnung in zahlreiche, neben einander liegende Elementarfibrillen zerfallen, die zierliche Schleifen bilden. Nur an den freien Enden der Faser sind die Fibrillen noch vereint.

Fig. 80—83. Köpfe mit vorderem Geißeltheil von Calathus; frisch durch Osmiumsäuredämpfe fixirt, nicht zu intensive Färbung mit Gentanaviolett.

Fig. 80 und 84. Köpfe von der Fläche.

Fig. 82. Kopf von der Kante.

Fig. 83. Noch nicht ganz ausgebildeter Kopf.

Fig. 84—86. *Lamia textor* L.

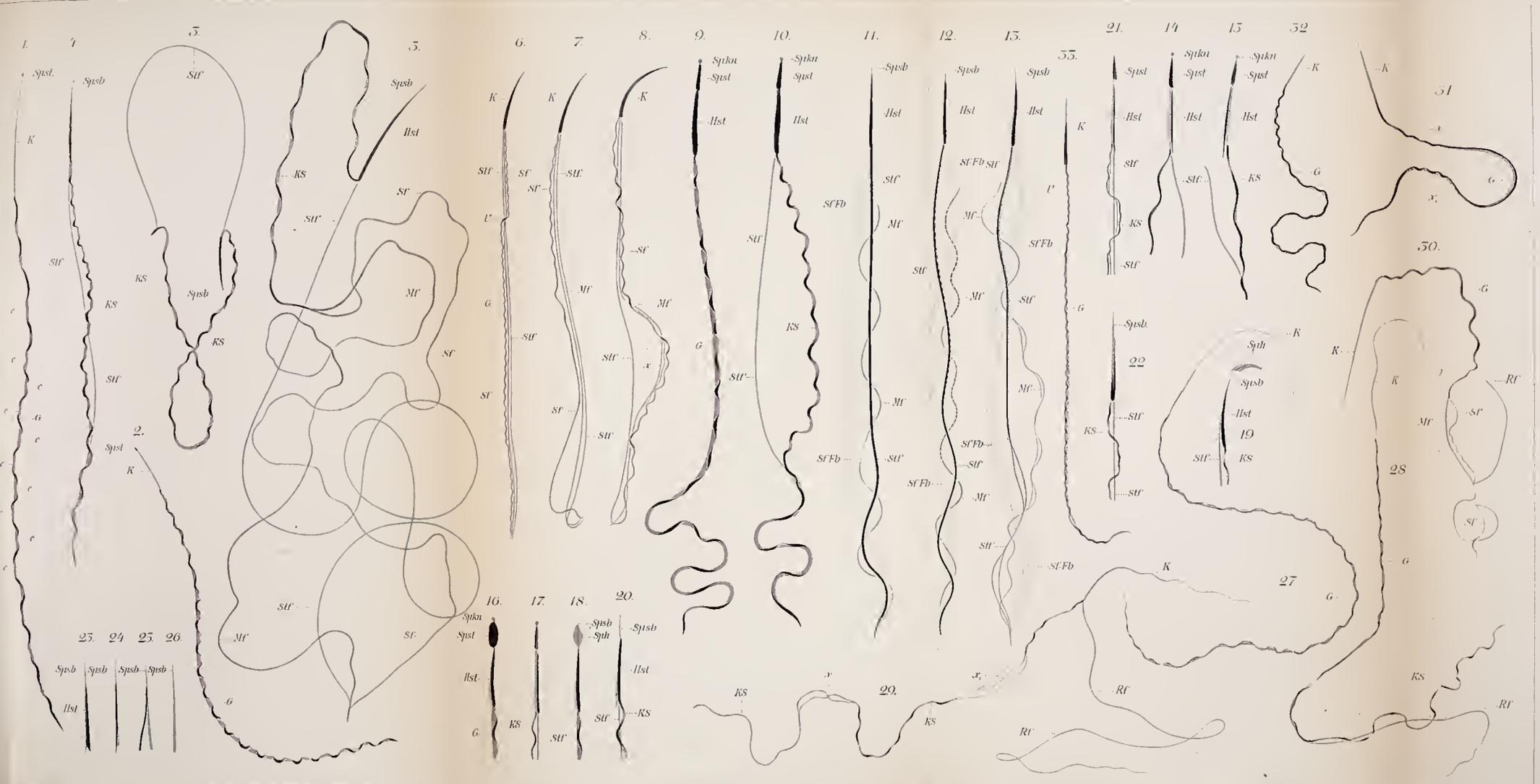
Fig. 84. 24 Stunden in 0,75⁰/₀iger Kochsalzlösung. Geißel in Stützfaser, Mittelfaser und Saumfaser zerlegt, alle drei Fasern nur noch am Kopf und am äußersten Geißelende mit einander im Zusammenhang. Am intensiv gefärbten Kopf das blasse Spitzenstäbchen deutlich.

Fig. 85. Zwei Tage im Thier macerirt, dann 24 Stunden in 0,75⁰/₀iger Kochsalzlösung. Stützfaser (jetzt intensiv gefärbt, vgl. Fig. 84) von dem Kopfe bereits abgelöst. Krausensaum in Mittel- und Saumfaser getheilt, beide an mehreren Stellen in Fibrillen aufgelöst.

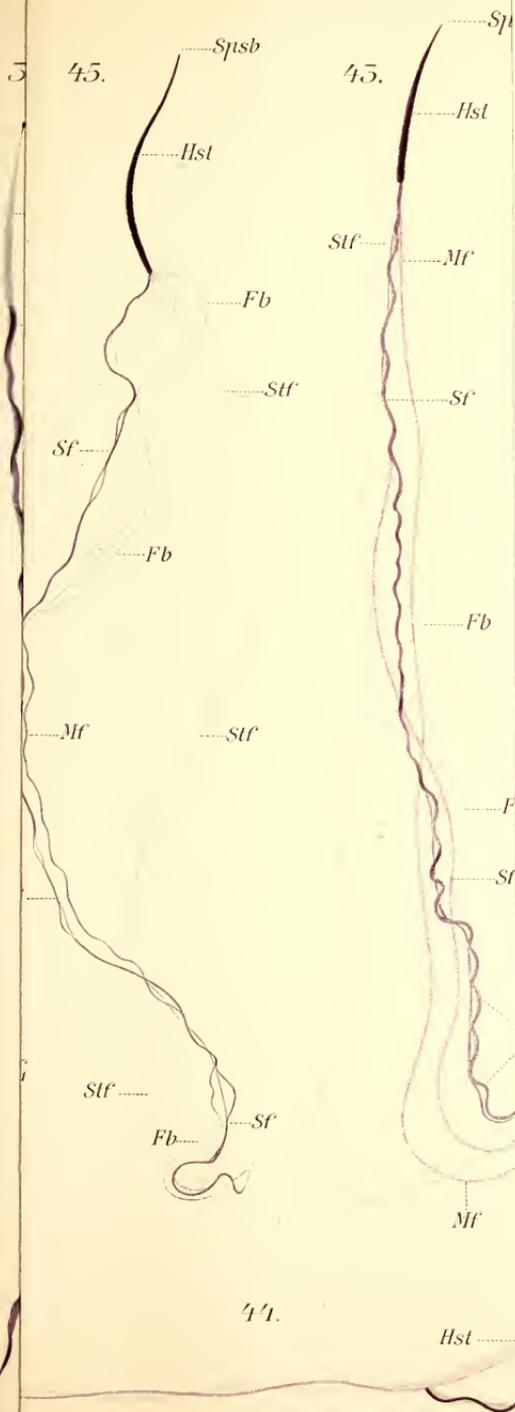
Fig. 86. Wie Fig. 85. Stützfaser noch in Verbindung mit dem Kopfe. Krausensaum in ganzer Länge in ein lockeres Bündel gleich langer Elementarfibrillen zerfallen.

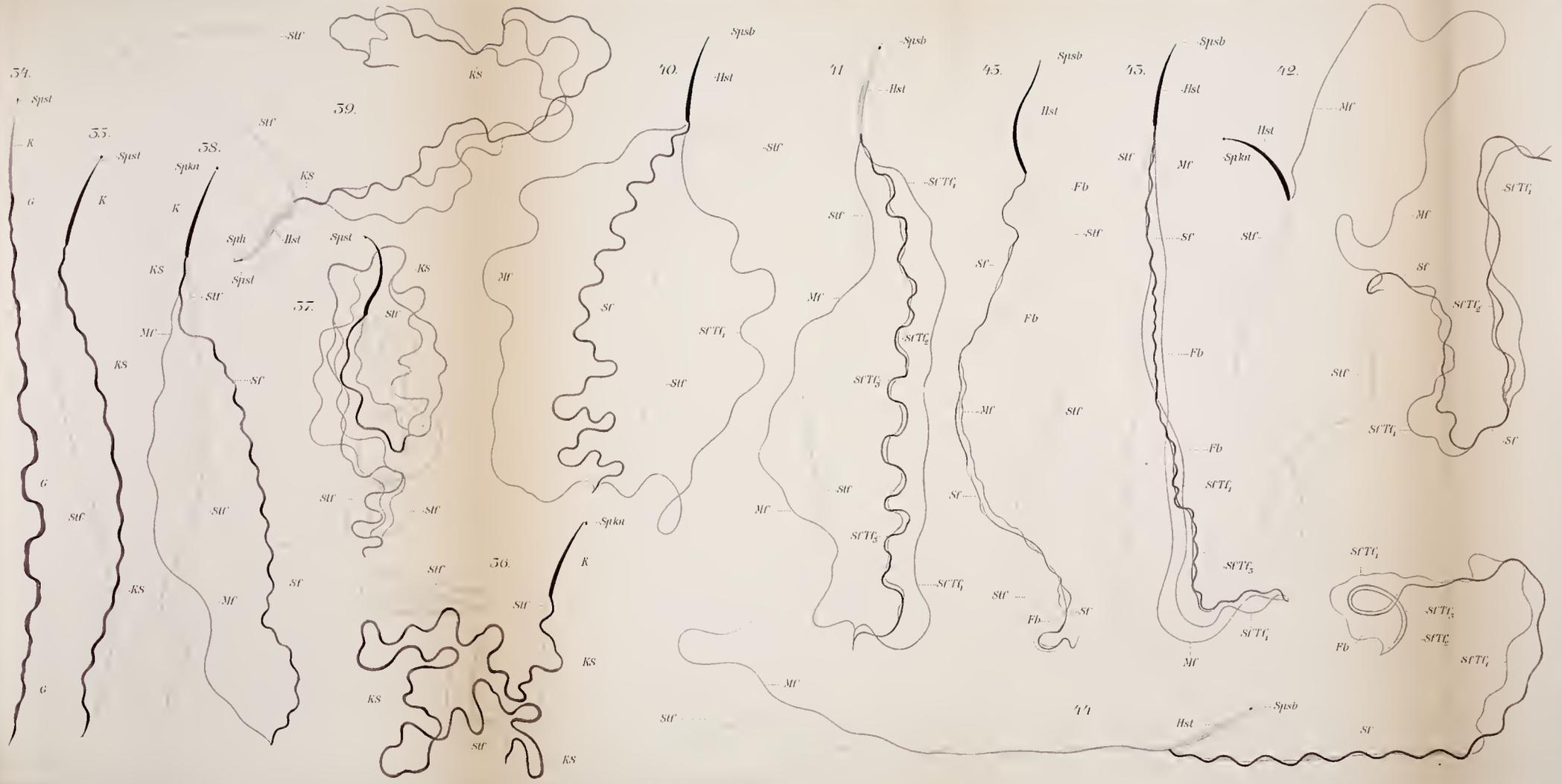
Fig. 87 *a—d*. Köpfe von *Morimus funereus* Muls. *a—c*, fünf Tage im Thier macerirt, dann 24 Stunden in 1⁰/₀iger Kochsalzlösung; *d*, nach einem Deckglas-Trockenpräparat. *a*, Spitzenstäbchen isolirt. Hauptstück des Kopfes zeigt eine verwaschene Querbänderung. *b*, Hülle des Spitzenstückes noch erhalten. Centrankörper an einer Stelle im vorderen Theile und am hinteren Ende freiliegend. Der Rest der Rindenschicht der Quere nach zerfallen. *c*, Centrankörper in der vorderen Hälfte des Hauptstückes isolirt. *d*, Nach einem Deckglas-Trockenpräparat, welches vom frischen, mit 0,75⁰/₀iger Chlornatriumlösung verdünnten Sperma aus dem Vas deferens (ohne Fixirung durch Osmiumsäuredämpfe) angefertigt wurde und in tingirtem Zustande längere Zeit in Kanadabalsam gelegen hatte. Die Rindenschicht ist gequollen, blass violett gefärbt, zeigt eine verwaschene Querbänderung und besitzt am vorderen und hinteren Ende eine intensiv gefärbte, nicht gequollene, punktförmige Stelle. Aus dem vorderen Punkte ragt das noch deutlich wahrnehmbare, feine, isolirte Spitzenstäbchen hervor; der hintere Punkt stößt unmittelbar an die nur blass gefärbte Geißel. Zwischen beiden Punkten befindet sich in der Achse der Rindenschicht und von letzterer deutlich abgesetzt der hier intensiv gefärbte Innenkörper des Kopfes.

Fig. 88 *a—h*. Isolirte Köpfe von *Lamia textor*. Zweitägige Maceration im Thier mit nachfolgender zweitägiger Maceration in 0,75⁰/₀iger Kochsalzlösung. *a*. Aus dem intensiv gefärbten Hauptstück ragt das blasse Spitzenstäbchen hervor. Rindenschicht noch erhalten. *c—d*. Der sich nicht färbende Innenkörper des Kopfes in verschiedener Ausdehnung isolirt. Die Reste der Rindenschicht intensiv gefärbt. *e*. Rindenschicht bis auf den vorderen und hinteren, intensiv gefärbten Punkt aufgelöst; Stützfaser noch in Verbindung mit dem Kopfe. *f* und *g*. Rindenschicht bis auf geringe Reste entfernt. Bei *f* noch die Hülle des Spitzenstückes erhalten.

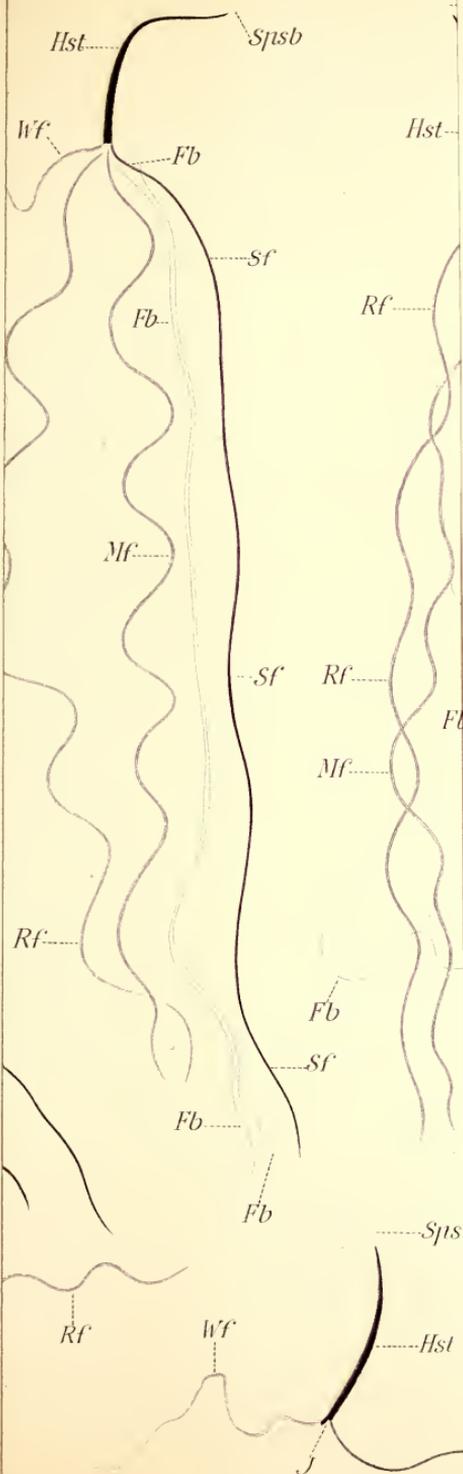


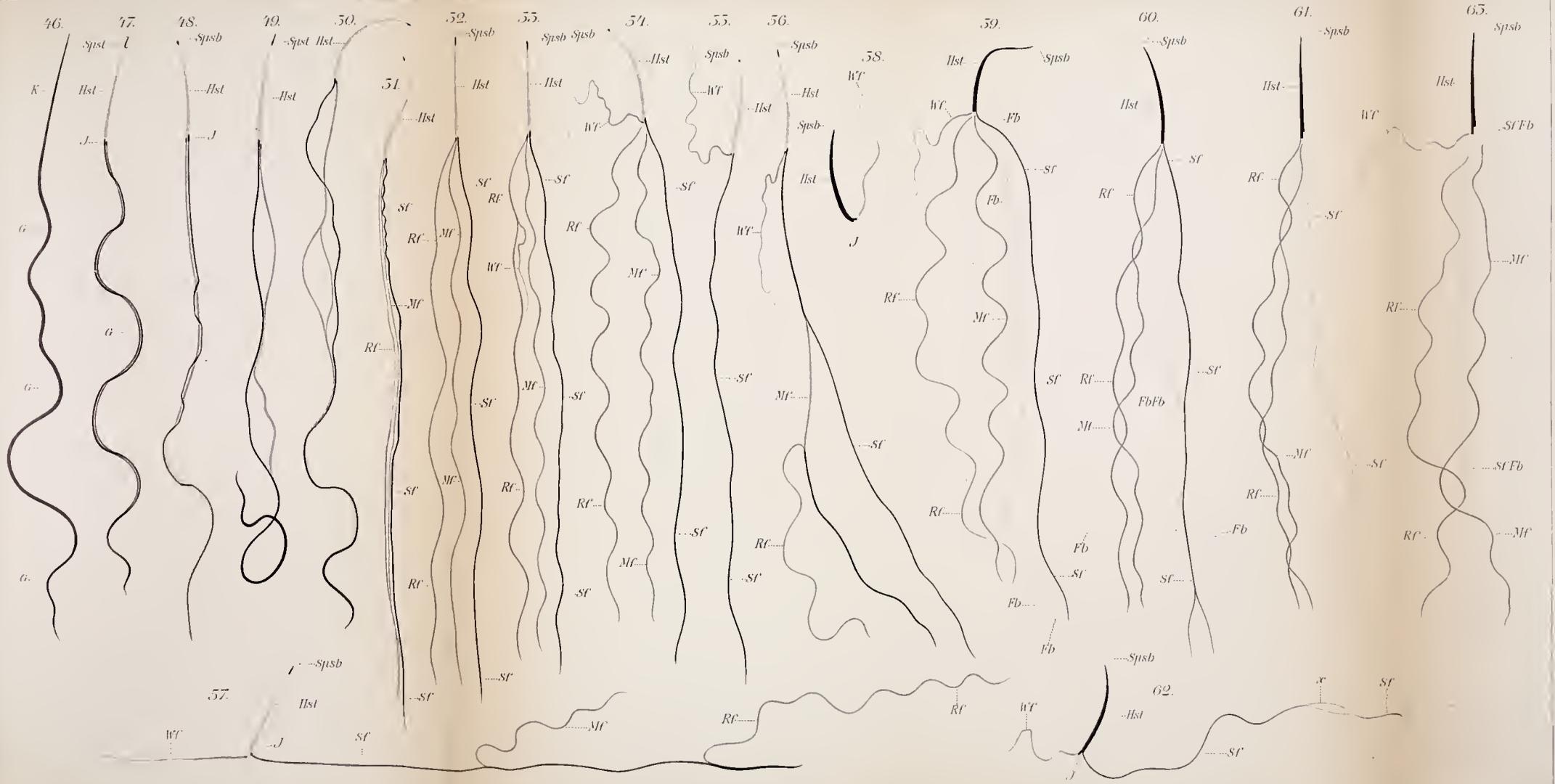
Zeit





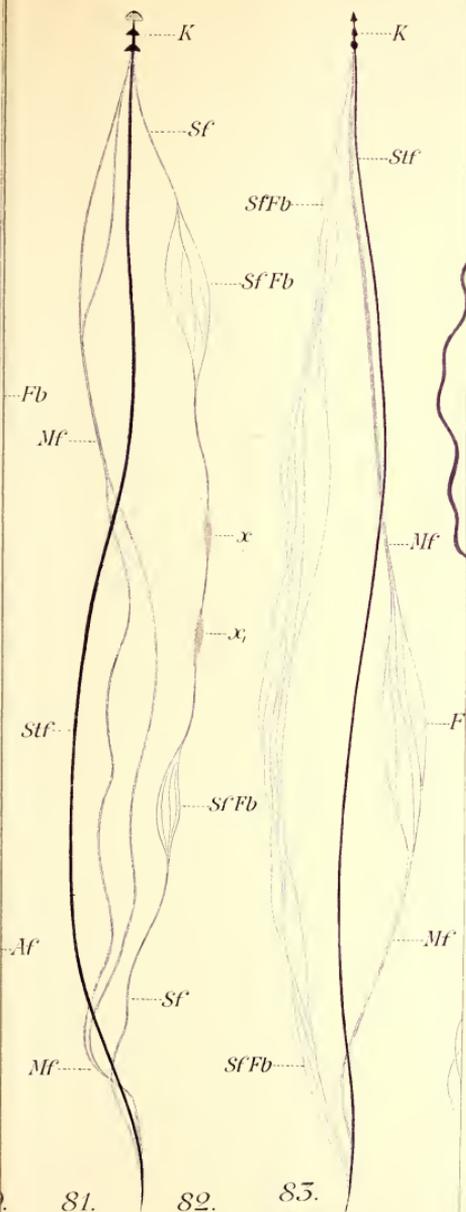
59.





76.

77.



81.

82.

83.

