

Weitere Beobachtungen über den feineren Bau der Säugethierspermatozoen.

Von

Dr. E. Ballowitz,

Privatdocent und Prosektor an der Universität Greifswald.

Mit Tafel XIII—XV.

Nachdem ich kürzlich (1) in der »Internationalen Monatsschrift für Anatomie und Physiologie« über eine Struktur des Endstückes der Säugethierspermatozoen berichtet, mögen in dieser Arbeit einige Mittheilungen folgen, welche hauptsächlich den feineren Bau der den Achsenfaden umgebenden Hülle betreffen; sind doch gerade hierüber die Meinungen der Forscher noch sehr getheilt, ein Umstand, der sich wohl dadurch erklärt, dass es sich hier um eine sehr feine, schwer erkennbare Bildung handelt. Ich hoffe, dass die folgenden Untersuchungen nicht ungeeignet sein werden, zur Klärung und definitiven Entscheidung dieser Fragen beizutragen; dieselben dürften schon aus dem Grunde nicht ohne Werth sein, weil, wie JENSEN (17, p. 380) treffend bemerkt, das in Rede stehende Strukturverhältnis seiner Subtilität wegen zu denjenigen gehört, »die nur mittels einer größeren Anzahl übereinstimmender Beobachtungen ins Reine gebracht werden können«.

Im Anschluss hieran sollen dann Beobachtungen über die Struktur des Achsenfadens und des Kopfes der Säugethierspermatozoen mitgetheilt werden; auch die Insertionsverhältnisse der Geißel am Kopf habe ich einer näheren Untersuchung unterzogen.

Die Anregung zu der vorliegenden Arbeit gaben mir die höchst merkwürdigen Beobachtungen, welche EIMER (2) an den Spermatosomen gewisser Fledermäuse gemacht und 1874 in den Verhandlungen der Würzburger physikalisch-medicinischen Gesellschaft veröffentlicht hat. Da ich mehrfach auf diese Beobachtungen EIMER's zurückkommen muss, erscheint es geboten, die betreffenden Stellen hier wörtlich anzuführen. Der genannte Forscher sagt l. c. p. 96: »Das Mittelstück der Spermatosomen ließ bei *Vesperugo noctula* und *Plecotus auritus*,

wenn auch meist äußerst schwach angedeutet, und bei letzterem Thiere außerdem nur in seltenen Fällen, eine Art. querer, äußerst feiner Streifen erkennen, durch welche dasselbe in eine Anzahl über einander gelagerter Abschnitte eingetheilt wurde.

Dieses Verhalten hatte ich im Januar 1872 zuerst in weit deutlicherer Weise bei einer anderen Art von Fledermäusen gesehen, und es hatte dasselbe den Anstoß zu der ganzen vorliegenden Untersuchungsreihe gegeben. Leider aber habe ich mir die Art nicht gemerkt. Meine damalige Voraussetzung, es werden die Eigenthümlichkeiten der Spermatozoen bei den verschiedenen, sich so nahe stehenden Gattungen, bezw. Arten, keine großen Abweichungen zeigen, erwies sich als falsch, denn ich habe bei den später untersuchten Thieren die in Rede stehenden Strukturverhältnisse nie wieder so deutlich ausgeprägt gefunden, wie an denjenigen jener fraglichen Species.

Dort war das Mittelstück von etwa $\frac{1}{3}$ aller Samenelemente durch deutliche Querlinien in zahlreiche — von der breiten Fläche derselben betrachtet — viereckige oder sechseckige Theilchen abgetheilt. An einzelnen waren diese Theilchen aufs deutlichste je durch einen Zwischenraum von einander getrennt und erschienen als Stückchen, welche nur durch den Centalfaden verbunden und zusammengehalten wurden, wie etwa Perlen durch die Schnur.

In seltenen Fällen waren diese Stückchen mehr unregelmäßig, und bei etwas schwächerer Vergrößerung erschien dann das Mittelstück nicht scharf, geradlinig, sondern zackig begrenzt.

Es fanden sich übrigens bei unserer Fledermaus alle Übergänge zwischen Samenfäden, deren Mittelstück förmlich zerstückelt war, und solchen, die nicht einmal eine Spur von Querstreifung zeigten.

An den Samenelementen der übrigen, später untersuchten Arten von Fledermäusen, war das beschriebene Verhalten des Mittelstückes am wenigsten deutlich ausgesprochen bei *Synotis*; bei *Vesperugo noctula* dagegen erschien dieses einige Male gleichfalls geradezu gestückelt. « —

In einer nachträglichen Bemerkung erwähnt EIMER dann (l. c. p. 107), dass er die Fledermaus, an deren Samenfäden er die »schöne Gliederung« des Mittelstückes zuerst beobachtet hatte, durch einen glücklichen Zufall wieder erlangte, und daß dieselbe die Zwergfledermaus, *Vesperugo pipistrellus* K. et Blas. ist.

»Die Untersuchung zeigte mir auch jetzt auf das prachtvollste die Eingangs beschriebenen Bauverhältnisse, und muss ich dieses Thierchen auf das angelegentlichste Denjenigen empfehlen, welche meine Angaben

prüfen wollen. Erst nachdem man hier alle die beschriebenen Einheiten mit der überraschenden Deutlichkeit, in welcher sie sich darbieten, beobachtet hat, wird man auch an den Spermatozoen der übrigen Thiere sich leichter orientiren können. Hals, Gliederung, Centralfaden — Alles lässt sich hier mit größter Schärfe — die Gliederung, wie ich jetzt finde, schon bei schwachen Vergrößerungen — erkennen. Nur fand ich wieder, dass die letztere bei einzelnen Individuen kaum zu sehen war, während sie bei anderen in einigen Fällen an nahezu sämtlichen Samenfäden vorzüglich ausgebildet erschien.«

In den Fig. 4—4 der seiner Abhandlung beigegebenen Taf. V bildet EIMER die Samenfäden von *Vesperugo pipistrellus*, *Vesperugo noctula*, *Synotus Barbastellus* und *Plecotus auritus* ab. Drei Elemente von *V. Pipistrellus* (Fig. 1 *B, C, D*) werden so dargestellt, dass das Mittelstück in zahlreiche regelmäßige, nach hinten hin allmählich an Größe abnehmende Segmente der Quere nach zerfallen ist; die Segmente werden durch einen Achsenfaden zusammengehalten.

Diese bei den Fledermäusen beobachtete »Gliederung« sucht EIMER sodann auch bei zahlreichen anderen Säugethieren nachzuweisen (Kaninchen, Meerschweinchen, Ratte, Maus, Stier, Kater, Hermelin, Hund, Mensch) (l. c. p. 97—102).

Mit diesen Beobachtungen EIMER's stimmen nun allerdings manche Forscher, wie z. B. RENSON (3) überein, welche bei den Säugethieren eine Zusammensetzung der Hülle des Achsenfadens auf der Strecke des Verbindungsstückes aus Segmenten oder ringförmigen Stücken annehmen¹. Die Mehrzahl der Untersucher, z. B. G. PLATNER (4), H. BROWN (5) und Andere neigen sich indessen der Ansicht zu, dass es sich in der bei vielen Säugethieren oft zur Beobachtung kommenden »Querstreifung« oder »Querzeichnung« um eine spiralige Bildung handle, welche in mehr oder weniger engen Touren den Achsenfaden umgiebt.

Über die Ausdehnung dieser Spiralbildung bestehen dann wieder Differenzen: nach den Einen soll dieselbe sich auch auf das Hauptstück fortsetzen, während sie nach Anderen (BROWN [5], PLATNER [4], FÜRST [6, 7]) nur dem Verbindungsstück zukommt. NIESSING (8) und FÜRST (6, 7) behaupten, dass diese Bildung sich nur an den noch nicht entwickelten Spermatosomen vorfindet, den reifen Gebilden dagegen fehlt. Eben so hält RETZIUS (9) die Spermatozoen für homogen.

¹ Es liegt nicht in meiner Absicht, hier eine historisch-litterarische Zusammenstellung der Ansichten über diesen Gegenstand zu geben; ich muss in Bezug hierauf auf die Ausführungen von RETZIUS (9) und JENSEN (17) verweisen. In meiner Abhandlung werde ich ohnehin genöthigt sein, auf die meisten früheren Angaben kritisch noch näher einzugehen.

Außerdem sind endlich noch andere Spiralsäume (KRAUSE [10, 11, 12], LEYDIG [13]), und sogar undulirende Membranen (GIBBES [14, 15]) an den Spermatozoen der Säugethiere beschrieben worden.

Demnach würden hauptsächlich folgende Fragen zu entscheiden sein: Ist eine Spiralbildung an der Geißel der Säugethierspermatozoen vorhanden oder nicht? Wenn vorhanden, wie weit erstreckt sich dieselbe? Kommt sie auch der ausgebildeten, anscheinend homogenen Hülle zu? Woher kommt es, dass die an dem unreifen Spermatozom meist deutliche Querzeichnung mit der Reife des Gebildes verschwindet? Wird die Hülle von dieser Spiralbildung allein hergestellt oder nehmen noch andere Substanzen Antheil an der Bildung derselben? Sind noch sonstige Spiralsäume und undulirende Membranen nachweisbar?

Mit diesen Fragen hat sich nun in letzter Zeit JENSEN (16, 17) in einer sehr bemerkenswerthen Arbeit (17) beschäftigt und dahin entschieden, dass in der That eine Spiralbildung vorliegt. Dieser Forscher erhielt seine Resultate durch Untersuchungen an der Ratte, einem Objekt, welches auch ich (18) schon früher, vor der Veröffentlichung von JENSEN, zum Gegenstande eines genaueren Studiums gemacht hatte. Zugleich hat JENSEN in dieser neuen Abhandlung (17) seine früheren Mittheilungen (19, 20) berichtigt, nachdem ich selbst dieselben zuvor in einer ausführlichen Kritik (18) bereits richtig gestellt hatte.

Ich kann nun nicht umhin, einzugestehen, dass JENSEN mir in manchen Punkten zuvorgekommen ist, und Vieles bereits gebracht hat, was ich schon vorher eruiert hatte und eigentlich in dieser Arbeit niederlegen wollte. Indessen mache ich dieses Geständnis nicht ungern, weil durch die Übereinstimmung der Beobachtungen JENSEN's mit den meinigen eine Bürgschaft mehr für die Richtigkeit derselben gegeben wird. Ich kann mich daher in manchen Punkten in so fern auch um so kürzer fassen, als ich nur nöthig haben werde, auf die Arbeit JENSEN's und seine sehr korrekten Zeichnungen (17, Taf. XXII—XXIV) zu verweisen.

Überhaupt will ich darauf verzichten, eine Detailbeschreibung der Spermatozoenformen der von mir untersuchten Arten zu liefern, wie es zum Theil ja schon von FÜRST und Anderen begonnen ist, obwohl gerade eine genaue Beschreibung der so häufig zum Untersuchungsgegenstande dienenden Säugethierspermatozoen nicht ohne Werth wäre. Vielmehr werde ich mich darauf beschränken, nur das Wichtige und allen Formen mehr oder weniger Gemeinsame hervorzuheben.

Folgende Säugethierarten konnte ich in den Bereich meiner Untersuchungen ziehen:

Chiroptera: Rhinolophus Ferrum equinum K. u. Blas.

- Plecotus auritus* K. u. Blas.
Vesperugo noctula K. u. Blas.
Vesperugo pipistrellus K. u. Blas.
Vespertilio murinus Schreb.
 Insectivora: *Talpa europaea* L. Maulwurf.
 Erinaceus europaeus L. Igel.
 Carnivora: *Felis domestica* Briss. Hauskatze.
 Canis familiaris L. Haushund.
 Meles Taxus Blas. Dachs.
 Lutra vulgaris Erxl. Fischotter.
 Rodentia: *Sciurus vulgaris* L. Eichhörnchen.
 Mus decumanus Pall. Wanderratte.
 Mus musculus L. Hausmaus.
 Lepus cuniculus L. Kaninchen.
 Cavia cobaya Maregr. Meerschweinchen.
 Artiodactyla: *Ovis aries* L. Hausschaf.
 Bos taurus L. Hausrind.
 Sus scrofa L. Hausschwein.
 Perissodactyla: *Equus caballus* L. Pferd.

Ich will mit der Schilderung des Baues der Samenkörper der Chiropteren beginnen (Taf. XIII).

Wie schon EIMER gefunden hat (siehe oben), verhalten sich die Spermatozoen bei den Chiropteren nicht gleich, sind vielmehr, je nach der Art, merkwürdig verschieden (cf. *Vesperugo* [Fig. 4—24] und *Rhinolophus* [Fig. 29—34]). Die Species nun, bei welchen ich das von EIMER beschriebene interessante Strukturverhältnis des Verbindungsstückes gefunden habe, sind *Vesperugo pipistrellus* K. u. Blas. und *Vesperugo noctula* K. u. Blas. Ich kann aber nicht sagen, dass ich die Querzeichnung bei der ersteren Art deutlicher gesehen habe, als bei *Vesperugo noctula*, und dass die letztere für diese Untersuchung weniger geeignet sei. Vielmehr fand ich bei letzterer Art die fragliche Struktur oft außerordentlich deutlich sichtbar. Dazu kommt, dass die Spermatosomen von *V. noctula* etwas größer sind, als die von *V. pipistrellus*, wenn auch sonst die Samenkörper beider Thiere sich sehr gleichen (vgl. Fig. 4—12 von *Vesperugo noctula* und Fig. 13—24 von *Vesperugo pipistrellus*). Ich lege daher hauptsächlich *Vesperugo noctula* der folgenden Schilderung zu Grunde.

Wie bei allen Wirbelthieren, setzten sich auch bei dieser Fledermaus die Samenkörper aus einem Kopf (*K*) und einer kontraktilem Geißel zusammen. An der Geißel fällt sofort das außerordentlich deutliche, von den übrigen Theilen scharf abgesetzte Verbindungs-

stück¹ (V) auf. Schon VON LA VALETTE ST. GEORGE (23) giebt für die Spermatozoen der Chiropteren als charakteristisch an, dass das Verbindungsstück an denselben sehr deutlich sei; wir werden indessen sehen, dass dies nicht für alle Arten gilt. Bei *Vesperugo noctula* ist dieser Abschnitt 0,0171 mm lang, vorn quer abgeschnitten und hier 0,0048 mm breit; nach hinten hin verjüngt er sich von der Mitte ab allmählich. Verändert der Samenkörper seine Lage, so dass der abgeplattete Kopf Kantenstellung einnimmt (Fig. 4, 14), so erscheint das Verbindungsstück sehr deutlich schmaler und zeigt eine Breite von nur 0,0009 mm. Es ergibt sich hieraus, wie schon EIMER hervorhebt, eine auffällige Abplattung des im Verhältnis zu der Größe des Samenkörpers sehr breiten Verbindungsstückes (Fig. 4, 14).

Untersucht man mit 0,8%iger Kochsalzlösung verdünntes Sperma aus dem Nebenhoden einer winterschlafenden Fledermaus, ohne weiteren Zusatz mit einer guten Immersion², so erscheinen gewöhnlich die meisten Spermatozoen auf der Strecke des Verbindungsstückes homogen und mit glatten Kontouren (Fig. 15). Die Substanz dieses Abschnittes

¹ Ich folge auch hier der Terminologie, welche G. RETZIUS (9) eingeführt hat, obwohl dieselbe nicht mehr mit der Struktur der Spermatozoen im Einklang steht. G. RETZIUS unterscheidet ein Verbindungsstück (= dem Mittelstück SCHWEIGGER-SEIDEL's [24]), Hauptstück und Endstück. Nun ist durch die Untersuchungen A. v. BRUNN's (22) bewiesen, dass Verbindungsstück und Hauptstück von einem Achsenfaden durchzogen werden, welcher als Endstück frei zu Tage tritt. Nach meinen Untersuchungen zeigt der völlig isolirte Achsenfaden, abgesehen davon, dass er sich nach hinten hin allmählich verjüngt, auf der Strecke des Verbindungsstückes und Hauptstückes durchaus keine Unterschiede; auch markirt sich an ihm die Grenze beider Abschnitte in keiner Weise. Die Unterschiede zwischen Verbindungsstück und Hauptstück sind daher lediglich auf die Hülle beschränkt. Man dürfte daher eigentlich nur die Abschnitte der Hülle mit diesen Bezeichnungen belegen. Dazu kommt, dass bei vielen Säugern, z. B. den Chiropteren, das eigentliche »Verbindungsstück«, d. h. der Abschnitt, welcher die Geißel mit dem Kopf verbindet, das »Halsstück« des Achsenfadens ist. Es sei aber ferne von mir, wieder neue Bezeichnungen einführen zu wollen.

² Ich benutzte hauptsächlich WINKEL's homogene Immersion 1/24 mit Zuhilfenahme des ABBE'schen Beleuchtungsapparates. Als Lichtquelle diente mir von einer weißen Wolke reflektirtes Tageslicht, oder häufiger noch direktes, durch eine matt geschliffene Fensterscheibe abgeblendetes Sonnenlicht. Mit der Anwendung künstlichen Lichtes, welches JENSEN (17) empfiehlt, habe ich mich hier nicht so recht befreunden können. Auch die Anwendung farbiger Gläser, welche TH. W. ENGELMANN für Untersuchungen empfiehlt, bei welchen es sich um sehr zarte, auch mit starken Vergrößerungen schwer erkennbare Strukturen handelt, ließ mich nicht mehr erkennen. Ein schwach grünes, in das Ocular eingesetztes Glas macht allerdings das direkte, durch die matte Fensterscheibe abgeblendete Sonnenlicht dem Auge angenehmer, so dass diese Untersuchungen dadurch etwas weniger anstrengend werden.

ist mattglänzend. Nur in der Mitte erkennt man immer sehr deutlich eine helle, resp. bei veränderter Einstellung, dunkle feine centrale Längslinie, auf welche ich später noch zurückkommen werde. Bei vielen Samenkörpern gewahrt man jedoch bei genauer Beobachtung und guter Beleuchtung eine zarte, verwischte Querzeichnung, die an manchen Elementen schärfer hervortritt und auch bei Kantenstellung der Gebilde deutlich wird. Dieser Befund, welchen man bei zahlreichen Männchen erhält, würde uns in der Erkenntnis der feineren Struktur wenig fördern. Bei anderen Männchen indessen, welche zu dem gleichen Zeitpunkt (December bis März) getödtet wurden, fand ich ein anderes Verhalten der Spermatozoen. Hier erschienen nur wenige Samenkörper ganz homogen, vielmehr zeigte die Mehrzahl, und viele sehr deutlich, die charakteristische »Querzeichnung«. Das Bild derselben ist sehr wechselnd und schwer zu beschreiben, giebt aber bei genauer mikroskopischer Analyse nicht unwichtige Aufschlüsse (Fig. 4—4, 8—10, 13, 14, 18—20).

Stellt man ein mit den breiten Flächen der Deckglasfläche parallel liegendes und in einer horizontalen Ebene ausgebreitetes Verbindungsstück bei guter Beleuchtung ein, so erkennt man neben der hellen, resp. dunklen centralen Linie (Achsenfaden, siehe unten) auf jeder Seite derselben eine Reihe heller und dunkler Punkte. Diese Punkte sind aber nicht alle gleichmäßig deutlich; sie können an demselben Spermatozoon an einer Stelle bald dunkler und schärfer hervortreten, an einer anderen Stelle weniger deutlich, verschwommen sein. Häufig zeichnen sich auch einige, merkwürdig zerstreut liegende Punkte durch stärkeren Glanz aus und fallen hierdurch besonders auf (Fig. 8). Bei genauem Hinsehen erkennt man nun, dass diese, wie Stückchen erscheinenden Punkte jeder Seite sich nicht entsprechen, vielmehr liegt ein dunkler Punkt der einen Seite in gleicher Höhe mit dem hellen der anderen Seite, so dass ein Alterniren der Punkte stattfindet. Dieses Alterniren ist an den meisten Stellen sehr genau festzustellen. Bei geringer Bewegung der Mikrometerschraube gelingt es an vielen Stellen nun leicht, die dunklen Punkte der beiden Seiten mit einander in Verbindung zu bringen, so dass eine um den centralen Faden herumgelegte spiralige Bildung auftritt. Diese beiden optischen Erscheinungen wären nun nicht gut möglich, trotz der Feinheit der Bildung, wenn es sich um einfache, auf dem Achsenfaden aufgereihte Segmente, wie EIMER will, handelte, vielmehr geht hieraus unzweifelhaft hervor, dass eine spiralige Bildung vorliegt.

Befindet sich das Verbindungsstück in Kantenstellung, blickt man also auf die schmale Seite desselben (Fig. 4, 14), so erhält man nur

eine Reihe zierlicher, regelmäßiger, heller und dunkler Querstreifen; das Verbindungsstück erscheint mithin rein quergestreift. Die dunklen Querstreifen sind aber nicht, wie EIMER es darstellt, von einander getrennt, so dass sie isolirte Segmente darstellten.

Diese einfache Querstreifung des Verbindungsstückes bei Kantenstellung, sowie das eigenthümliche Aussehen der Spiralbildung bei Ansicht von der Fläche, wobei die beiden Reihen alternirender Stückchen auftreten, erklären sich durch die stark abgeplattete Gestalt des Verbindungsstückes. Es muss dabei natürlich auch die Spiralbildung abgeplattet sein, so dass die bei Flächenansicht zu beiden Seiten des Achsenfadens befindlichen Theile eine größere Ausbildung erhalten haben, als die vor und hinter dem Achsenfaden von einer Seite zur anderen ziehenden Abschnitte. Dadurch erhalten die seitlichen Theile der Spirale das Aussehen kleiner Stückchen. Bei ungefährender Schätzung, so weit eine solche bei der Feinheit und der theilweisen Undeutlichkeit der Bildung möglich ist, scheinen mir am Verbindungsstück ca. 20 bis 24 Spiraltouren vorhanden zu sein. Übrigens macht es bisweilen den Eindruck, dass die Windungen an einzelnen Stellen etwas mehr ausgezogen sind (Fig. 2 bei α). Auch von der Ratte hat JENSEN (17, p. 383) Ähnliches angegeben.

Es ist aber nicht nur eine Spirale an dem Verbindungsstück vorhanden, sondern auch eine die Lücken derselben für gewöhnlich ausfüllende Zwischensubstanz. Denn es springen die Kanten der Spirale gewöhnlich nicht vor, sondern das Verbindungsstück erscheint glattrandig. Besonders deutlich wird dies bei Tinktion mit Anilinfarben, z. B. mit Gentianaviolett (Fig. 5, 6)¹. Es färbt sich dann bei intensiver Tinktion das Verbindungsstück ganz gleichmäßig und zeigt eine geradlinige Begrenzung und scheinbar homogene Beschaffenheit; von der Spirale sind kaum noch Andeutungen wahrzunehmen. Dies tritt auch an solchen Spermatozoen ein, an welchen die Spiralbildung vorher sehr deutlich war, eine Erscheinung, auf welche ich bei Besprechung der Bewegung dieser Spermatozoen noch zurückkommen werde. Es muss hier also eine Zwischensubstanz vorhanden sein, welche sich mit Gentianaviolett eben so intensiv färbt, als die Spirale und dadurch die letztere verdeckt. Auch bei Behandlung mit Osmiumsäure, besonders mit nachfolgendem Glycerinzusatz werden die Brechungs differenzen beider Substanzen ziemlich ausgeglichen, so dass die Spirale sehr un-

¹ Auch in Deckglas-Trockenpräparaten, in welchen sich das Verbindungsstück Anfangs intensiv färbt, erscheint das letztere meist ganzrandig. Auch wenn die Präparate abblassen, bleiben die Kontouren geradlinig; die Spirale wird auch dann gewöhnlich nicht wieder sichtbar (Fig. 16, 21).

deutlich wird. Überhaupt ist die Osmiumsäure für die Untersuchung dieser Struktur wenig geeignet. Zusatz konzentrierter wässriger Sublimatlösung dagegen lässt die Lichtbrechungs differenzen noch schärfer und klarer hervortreten. Auch JENSEN (17) hebt dies für die Spermatozoen der Ratte hervor.

Dieses Verhalten beider Substanzen gegen die genannten Reagentien giebt zugleich eine Erklärung für die merkwürdige Erscheinung, dass in dem frischen Sperma Spermatozomen mit anscheinend homogenem Verbindungsstücke und solche mit sehr deutlicher Spirale neben einander angetroffen werden. An den Spermatozoen mit anscheinend homogenem Verbindungsstück haben eben beide Substanzen dasselbe Brechungsvermögen erhalten, so dass der betreffende Abschnitt der Geißel homogen erscheint. Dass auch an diesen Spermatozoen das Verbindungsstück in der That nicht homogen ist, dass ferner das homogene Aussehen auch nicht etwa dadurch hervorgerufen wird, dass die Spiraltouren so enge an einander gerückt sind, dass sie dem Auge nicht mehr abgrenzbar werden (wie JENSEN [17] es für manche Säugethiere annimmt), dafür werde ich alsbald noch Beweise beibringen. Ob es sich nun in den Spermatozoen mit deutlicher Spirale um einen geringen Grad gewissermaßen physiologisch gewordener unvollkommener Ausbildung handelt, ist möglich; jedenfalls ist dieselbe für die Bewegungsfähigkeit der Gebilde ohne jede Bedeutung, da sich die mit deutlicher Spirale versehenen Elemente eben so lebhaft bewegen, als die mit scheinbar homogenem Verbindungsstück. Auch vermag ich keinen Grund dafür anzugeben, dass das Zahlenverhältnis beider Formen individuell so auffällig variiert.

Neben diesen beiden Formen von Samenkörpern finden sich nun, was die Deutlichkeit der Spirale anbetrifft, alle möglichen Übergänge, so dass, wie oben erwähnt, das Aussehen des Verbindungsstückes ein sehr variables wird. Ich habe auf Taf. XIII versucht, in einigen genau nach dem Präparat angefertigten Abbildungen diese Verhältnisse zu veranschaulichen (Fig. 1—4, 7—10 von *Vesperugo noctula*; Fig. 13 bis 15, 18—20 von *Vesperugo pipistrellus*). Übrigens sind diese feinen Lichtbrechungs differenzen durch Zeichnung sehr schwer wiederzugeben; vielleicht gelingt dies durch Mikrophotographie, welche ich nicht in Anwendung ziehen konnte, besser.

Außer diesen Formen trifft man aber in dem Sperma, besonders solcher Männchen, welche gegen das Fröhjahr hin untersucht werden, bei denen das Sperma also sehr lange im Nebenhoden verweilt hat, auch Samenkörper an, deren Verbindungsstücke deutliche Einkerbungen, ja bisweilen einen deutlichen Querzerfall zeigen. Die Erklärung

hierfür, sowie die Bestätigung der mitgetheilten Resultate giebt uns die Untersuchung des Uterusinhaltes winterschlafender Fledermausweibchen.

Wie PAGENSTECHER, ED. VAN BENEDEN, BENECKE, EIMER und FRIES gefunden haben und ich bestätigen kann (vgl. hierüber 24), fungirt bei diesen Chiropteren nach im Herbst stattgefundener Begattung der Uterus während des ganzen Winters als Receptaculum seminis. Die eigentliche Befruchtung findet erst im Frühling statt. Während der ganzen Zeit ist dieses Organ durch gelbliches Sperma enorm ausgedehnt, bis zur Größe einer Erbse und strotzend mit Samenkörnern angefüllt. Die letzteren bewahren ihre Beweglichkeit und Lebensfähigkeit bis fast zuletzt und werden erst im Frühling nach stattgehabter Befruchtung ausgestoßen.

Eine Untersuchung des Inhaltes des Uterus während des Winters bei zahlreichen Exemplaren ergab mir nun, dass innerhalb desselben allmählich an sehr vielen Spermatozoen eine Art spontaner Maceration eintritt, welche je weiter gegen das Frühjahr hin, je länger also die Samenkörper im Uterus verweilen, um so allgemeiner wird und schließlich den größten Theil der Gebilde ergreift. Zwar trifft man in der Zeit vom December bis Februar noch immer zahlreiche Elemente, welche dasselbe Aussehen zeigen, wie diejenigen aus dem Vas deferens von im Herbst untersuchten Männchen. Indessen nehmen dieselben gegen das Frühjahr hin sehr merklich an Zahl ab. Statt derer findet man Spermatosomen, welche eine Veränderung des Verbindungsstückes aufweisen, die darin besteht, dass sich Einkerbungen an demselben zeigen. Diese Einkerbungen besitzen Anfangs die Gestalt schmaler Spalten, welche zuerst nur spärlich, dann sehr zahlreich an den beiden Rändern des Verbindungsstückes sichtbar werden (Fig. 44, 42, 22). Auch an diesen Spalten und Einkerbungen ist nun meist sehr gut festzustellen, dass dieselben mehr oder weniger regelmäßig alterniren. Hierdurch wird nun oft, bisweilen fast auf der ganzen Strecke des Verbindungsstückes, eine regelmäßige Spiralbildung mit engen, den Achsenfaden umgebenden Windungen sehr deutlich; die Kanten dieser Spirale springen scharf hervor (Fig. 44, 42, 22). Am besten erkennt man dies, wenn das frisch durch Osmiumsäuredämpfe fixirte Sperma mit Gentianaviolett gefärbt und in Wasser untersucht wird. Auch an frisch mit Gentianaviolett tingirten Deckglas-Trockenpräparaten ist diese zierliche Spirale häufig scharf zu erkennen.

Diese Alteration des Verbindungsstückes ist nur dadurch zu erklären, dass die Zwischensubstanz zuerst der Maceration anheimfällt und aufgelöst wird; hierdurch wird die Spiralbildung isolirt. Diese

Veränderung ist zugleich der beste Beweis dafür, dass überhaupt eine Zwischensubstanz vorhanden ist, welche die Lücken zwischen der Spirale ausfüllt und die Kontouren glättet. Auch beweist der Umstand, dass gegen das Frühjahr hin die Spermatozoen mit anscheinend homogenem Verbindungsstück im Verhältnis zu denen mit zerfallenem an Zahl sehr zurücktreten und in dem Sperma kurz vor der Ausstoßung überhaupt recht selten geworden sind, dass auch die anscheinend homogenen Gebilde dieselbe Struktur besitzen.

Ich habe nun diese physiologische Maceration noch dadurch zu verstärken gesucht, dass ich im December getödtete Weibchen längere Zeit (zwei bis drei Wochen) in Wasser maceriren ließ; diese Methode ist mir ja auch für die Untersuchung der Samenkörper anderer Thiere sehr nützlich gewesen. Die mikroskopische Prüfung des Inhaltes des Uterus zeigte dann bei allen Spermatozoen einen Zerfall des Verbindungsstückes, so dass die Spirale sich meist sehr gut wahrnehmen ließ (Fig. 24, 25, 28, isolirte Verbindungsstücke, von denen Kopf und Hauptstück abgebrochen sind; nach einem mit Safranin gefärbten Deckglas-Trockenpräparat).

Viele der unter gewöhnlichen Verhältnissen untersuchten Spermatozoen aus dem Uterus zeigen nun nicht diese regelmäßigen Einkerbungen, sondern lassen einen mehr unregelmäßigen Zerfall der Hülle erkennen. Kleinere oder größere Partikelchen lösen sich ab, so dass die Kontouren oft sehr unregelmäßig ausgeschnitten, wie ausgebrochen oder ausgenagt erscheinen (Fig. 17). Auch treten häufig größere oder kleinere Lücken auf, in welchen dann der Achsenfaden frei zu Tage tritt. Diese Lücken können bisweilen recht zahlreich sein; dazwischen befinden sich dann kleinere noch erhaltene Stücke der Hülle. Hierdurch wird nun der Eindruck erzeugt, dass das Verbindungsstück aus an einander aufgereihten Stückchen, aus Segmenten besteht (Fig. 26, 27). In der That besteht es jetzt auch aus Segmenten; die Segmente sind bisweilen sogar so scharf und deutlich abgegrenzt, dass man eine Zusammensetzung auch des intakten Verbindungsstückes aus Quersegmenten nach diesem Befunde annehmen müsste, wenn man eben nicht durch genaue und eingehende Untersuchung auch die übrigen Erscheinungsformen des Verbindungsstückes geprüft hätte (Fig. 25, 27, 28).

Auffällig ist, dass diese getrennten Abschnitte häufig recht regelmäßig angeordnet sind (Fig. 27), wenn auch nicht so gleichmäßig und regelmäßig, wie EMER (2) sie abbildet. Die größeren Segmente zeigen übrigens sehr oft kleine seitliche Einkerbungen, zum Beweise, dass dieselben Komplexe von Spiraltouren darstellen (Fig. 27).

Derartig zerstückelte Spermatozooten trifft man nun nicht zu selten schon im Sperma des Vas deferens mancher Männchen an, besonders gegen das Ende des Winterschlafes; es vollzieht sich hier mithin bisweilen dieselbe Maceration im Vas deferens, welche im Uterus regelmäßig eintritt. Solche Elemente hat EIMER¹ (2) jedenfalls vor sich gehabt und ist es gewiss leicht verständlich, dass dieser Forscher nach einem derartigen Befund eine segmentäre Struktur des Verbindungsstückes annahm.

Diese Neigung des Verbindungsstückes, so leicht der Quere nach zu zerfallen, ist merkwürdig, wird mir aber leicht erklärlich durch die bröckelige Beschaffenheit der Hülle des Verbindungsstückes bei völlig ausgereiften Spermatozooten: die zuerst sich auflösende und abbröckelnde Zwischensubstanz wird oft auch Stückchen von der Spirale mit fortnehmen müssen. Daher kommt es auch, dass an dem ausgebildeten Spermatozoot die Spiralbildung sich niemals mehr in Gestalt eines isolierten Fadens, wenn auch nur auf kleinste Strecken, ablöst. Sehr wesentlich unterstützt wird diese Neigung durch die stark abgeplattete Gestalt der Spirale, so dass, wie wir gesehen haben, die Seitentheile derselben stärker ausgebildet sind. In Folge dieser beiden Faktoren tritt die Erscheinung des Querzerfalles gerade bei den Fledermaus-Spermatozooten so sehr hervor. Wir werden dasselbe Verhalten, wenn auch weniger ausgeprägt, auch an den Samenkörpern der anderen Säugethiere kennen lernen. Ich erinnere ferner daran, dass ich an der Spiralbildung des Verbindungsstückes mancher Vögel (25, p. 442) ganz dasselbe beobachtete.

Aus dem Geschilderten geht also hervor, dass die Hülle im Verbindungsstück bei den genannten Chiropteren aus einer abgeplatteten, den Achsenfaden in engen regelmäßigen Windungen umgebenden Spiralbildung besteht, deren Lücken von einer Zwischensubstanz ausgefüllt werden. Diese Struktur kommt jedem ausgebildeten Spermatozoot zu. Die Wichtigkeit dieses Resultates und die Subtilität dieser Struktur mögen die Ausführlichkeit der Darstellung und Begründung entschuldigen und rechtfertigen!

In dem Vorhergehenden wurde eine feine Linie erwähnt, welche auch an dem frischen, ganz intakten Spermatozoot in der Achse des

¹ EIMER erwähnt nicht (2), ob er den Inhalt des Vas deferens oder des Uterus der Fledermäuse untersucht hat. Da er aber seine biologische Beobachtung über die Funktion des Uterus bei winterschlafenden Fledermausweibchen mehrere Jahre später veröffentlichte, ist wohl anzunehmen, dass er nur Männchen untersuchte.

Verbindungsstückes sehr deutlich sichtbar ist. Noch deutlicher wird dieselbe oft an schwach mit Genthianaviolett gefärbten Präparaten und in Deckglas-Trockenpräparaten, wenn die Färbung der Hülle etwas verblasst ist: sie tritt dann als intensiv gefärbter, feiner, centraler Strich hervor (Fig. 6, 16, 21).

EIMER (2) hat diese Linie bei den Fledermäusen zuerst gesehen und sehr richtig als Faden gedeutet. Durch die Untersuchungen A. v. BRUNN'S (22) wurde dieser »Achsenfaden« dann auch bei anderen Wirbelthieren nachgewiesen. Die Bestätigung, dass diese Linie bei den Fledermäusen einem axial gelegenen Faden entspricht, gaben mir die im Uterus macerirten Spermatozoen, an welchen zwischen den Stücken, in welche die Hülle des Verbindungsstückes oft zerfällt, regelmäßig ein feiner Faden sichtbar wird (Fig. 26, 27 Af).

Der Achsenfaden lässt sich nun auch an dem völlig unversehrten Spermatosom bis über das vordere quer abgeschnittene Ende des Verbindungsstückes hinaus verfolgen. Das vordere Ende des Verbindungsstückes stößt nämlich nicht unmittelbar an den hinteren Kopfrand, sondern ist von demselben durch einen breiten, auch bei schwacher Vergrößerung sehr deutlichen Zwischenraum getrennt (Fig. 4—21). Bei *Vesperugo noctula* beträgt die Länge dieses Zwischenraumes meist 0,0009 mm. Bei Kantenstellung des Kopfes ist derselbe kürzer und nicht so deutlich, weil die Kanten des Kopfes ein wenig vorspringen (Fig. 4, 14).

EIMER sagt hierüber (2, p. 94, 95): »Kopf und Mittelstück der Samenfäden gehen nicht unmittelbar und in ihrer ganzen Breite in einander über; beide sind vielmehr nur in der Mitte durch einen unendlich feinen Faden verbunden, im Übrigen aber durch einen zuweilen messbar großen Zwischenraum von einander getrennt.

Jenen verbindenden Faden will ich fortan als Hals bezeichnen.

Der Hals ist ungleich deutlich an den Samenfäden verschiedener Arten von Fledermäusen, sowie an verschiedenen Fäden eines und desselben Individuums. Am schärfsten ausgesprochen traf ich ihn bei *Vesperugo noctula*. Er maß hier 0,0007 mm an Länge. Bei *Synotus barbastellus* war er in seltenen Fällen gleichfalls sehr schön zu sehen, bei *Plecotus auritus* dagegen meist auch mit den stärksten Vergrößerungen nicht zu erkennen, — überall aber ist der Zwischenraum zwischen Kopf und Hals deutlich.«

Diesen Ausführungen EIMER'S kann ich durchaus beipflichten, nicht aber der folgenden Mittheilung dieses Autors. Indem EIMER die centrale Linie im Verbindungsstück erwähnt, fährt er nämlich fort (2, p. 95):

»Es würde wohl vorläufig unmöglich sein, zu entscheiden, welcher Natur diese Linie ist, wenn nicht die folgende Thatsache mit aller Bestimmtheit für eine gewisse Deutung derselben spräche.

Es findet sich nämlich dieselbe Linie zuweilen auch in den Kopf hinein, bis gegen dessen vorderes Ende hin durch den Hals fortgesetzt, und es ist somit der Hals nichts Anderes als ein freiliegendes Stück eines Centalfadens, welcher Kopf und Mittelstück des Spermatozoon der Länge nach durchzieht. Zuweilen (Synotus) erscheint übrigens der im Kopfe gelegene Theil dieses Centalfadens um etwas dicker als dessen Rest, was jedoch vielleicht nur die Folge optischer Verhältnisse ist.«

Diese Beobachtung EMER's ist nur in so fern richtig, als der feine Faden im »Halse« die Fortsetzung des Achsenfadens ist; es kann daher dieser kleine völlig frei liegende Abschnitt als »Halsstück« des Achsenfadens bezeichnet werden. Der Zusammenhang dieses Abschnittes mit dem Achsenfaden wird oft sehr deutlich an etwas entfärbten Deckglas-Trockenpräparaten, in welchen sich die dunkle, scharf hervortretende axiale Linie kontinuierlich in das Halsstück fortsetzt (Fig. 16, 21). Nicht aber erstreckt sich der Achsenfaden noch weiter in den Kopf hinein. Man überzeugt sich hiervon leicht an Spermatozoen, von denen der Kopf abgefallen ist, wie sie im Inhalte des Uterus häufig angetroffen werden. Man sieht dann, dass aus dem vorderen quer abgeschnittenen Ende des Verbindungsstückes stiftartig ein kurzes Stück (*Hls*) des nackten Achsenfadens hervorragt, welches dieselbe Länge, wie das Halsstück besitzt (Taf. XIII, Fig. 12, 22; Taf. XIV, Fig. 36 *Hls*). An dem freien vorderen Ende desselben befindet sich ein dunkler, stark lichtbrechender Endknopf (Fig. 12, 22, 24—28; Taf. XIV, Fig. 36 *Ek*). Besonders bei Färbung mit Gentiana- oder Dahliaviolett erkennt man, dass diese endständige Verdickung etwas breiter als der Achsenfaden und ein wenig unregelmäßig ist. Nach längerer Maceration erscheint der Endknopf, wenn der Faden sich der Deckglasfläche dicht angelegt hat, wie aus zwei Seitentheilen zusammengesetzt, so dass man den Eindruck gewinnt, dass zwei Endknöpfchen vorhanden sind (Fig. 23 *Ek*, *Hls*). Diese Verdickungen färben sich, wie der Endknopf bei anderen Wirbelthieren, mit Anilinfarben sehr leicht und intensiv; ich habe dieselben an kopflosen Geißeln niemals vermisst. An dem unversehrten frischen Spermatosom erkennt man den Endknopf gewöhnlich nicht, er wird von dem stark lichtbrechenden hinteren Rande des Kopfes meist verdeckt. An Spermatozoen dagegen, welche durch Osmiumsäuredämpfe fixirt waren, und längere Zeit in verdünntem Glycerin gelegen hatten, habe ich ihn in situ dicht am stark aufgehellten Kopfe

in dem kleinen Einschnitte am hinteren Rande desselben oft deutlich gesehen. Er war hier von der Substanz des Kopfes durch einen sehr schmalen hellen, meist gut wahrnehmbaren Zwischenraum getrennt, welcher jedenfalls der optische Ausdruck einer Kittsubstanz ist. Innerhalb des Kopfes nun habe ich niemals eine Andeutung des Achsenfadens, weder an dem frischen noch an dem gefärbten Präparate entdecken können, und muss ich auf das Bestimmteste behaupten, dass derselbe sich, wie bei den übrigen Säugethiern, nicht in den Kopf hinein erstreckt. Der dunkle Längsstrich, welchen EIMER für den Achsenfaden angesehen hat, ist der optische Ausdruck der konvexen Oberfläche des Kopfes. Stellt man den letzteren ganz oberflächlich ein, so erscheint zuerst eine verschwommene dunkle Längslinie, welche sich bei Senkung des Tubus verbreitert und allmählich in die Ränder des Kopfes übergeht (Fig. 15, 18, 20). Hiermit steht die Bemerkung EIMER's im Einklang, dass »der im Kopfe gelegene Theil des Centralfadens etwas dicker als dessen Rest erscheint«.

Auch findet sich an den isolirten Köpfen, welche in dem Sperma aus dem Uterus sehr häufig angetroffen werden, niemals ein Bruchstück des Achsenfadens anhaftend vor, stets hat sich die Geißel mit ihrem Endknopf vom Kopfe abgelöst.

Auf dieses »Halsstück« des Achsenfadens und dessen Anheftung bei den Chiropteren werde ich mich später noch zu beziehen haben.

Auch das hintere Ende des Verbindungsstückes ist quer abgeschnitten und setzt sich mit seinem Hüllentheile nicht kontinuierlich in das Hauptstück fort. Bei genauer Einstellung dieser Grenze mit stärkster Vergrößerung erkennt man bei *Vesperugo noctula* einen sehr schmalen hellen Querspalt, welcher beide Abschnitte von einander trennt (Fig. 4—20 Sp). An intensiv gefärbten Geißeln verwischt sich allerdings dieser Einschnitt, weil er durch die stark gefärbten Nachbartheile verdeckt wird. Bei Sublimatzusatz zu dem ungefärbten Präparat wird er dagegen um so deutlicher.

EIMER sagt hierüber (2, p. 95, 96): »In einzelnen Fällen (dann und wann bei *Vesperugo noctula*) sah ich an der Übergangsstelle zwischen Mittelstück und Schwanz gleichfalls einen Abschnitt des Centralfadens frei liegen: nachdem das Mittelstück plötzlich aufgehört hatte, setzte sich der Centrifaden isolirt eine kleine Strecke weit fort, um sich dann mit dem Schwanze zu verbinden.

Für die Deutlichkeit des Centralfadens gilt selbstverständlich dasselbe, was ich in dieser Beziehung vom Halse erwähnt habe. Sehr häufig ist er gar nicht zu erkennen, oft nur mit Hilfe der schiefen Beleuchtung.«

Wenn nun auch der Achsenfaden an dem unversehrten Spermato-
som in diesem Einschnitt nicht gerade sehr deutlich zu erkennen ist,
so glaube ich doch, dass derselbe in dieser Spalte ganz frei liegt. Ich
schließe es auch daraus, dass die Geißel sehr leicht in Folge der Mace-
ration gerade an dieser Stelle zerbricht. In dem stark macerirten In-
halte des Uterus im Frühling trifft man daher sehr viele Stücke, welche
nur aus dem Verbindungsstücke mit dem Kopfe bestehen; der hintere
Theil der Geißel ist genau an der Grenze abgebrochen. Bisweilen sieht
dann noch ein kleinstes Stück des Achsenfadens am hinteren Ende des
Verbindungsstückes hervor (Fig. 24 Af). Auch völlig isolirte, vom Kopfe
befreite Verbindungsstücke, deren Hülle zerstückelt ist, mit noch wohl-
erhaltenem Halsstück und Endknopf sind dann sehr häufig (Fig. 24—28).

Das Hauptstück der Geißel besteht bei *Vesperugo noctula*
aus einem Achsenfaden und einer denselben umgebenden Hülle; ein
Endstück hebt sich nur sehr wenig vom Hauptstücke ab. Im vorderen
Theile des Hauptstückes ist die Hülle relativ dick, kommt fast der Breite
des hinteren Endes des Verbindungsstückes gleich und scheint gleich-
falls ein wenig abgeplattet zu sein. Nach hinten hin verliert sie an
Ausbildung, so dass bald Verjüngung des Fadens eintritt. Diese Hülle
ist nun gleichfalls nicht homogen, sondern lässt schon an dem frischen
Spermato- som bei geeigneter Vergrößerung an den meisten Exemplaren
eine Querstreifung erkennen (Fig. 1—20). Die abwechselnd hellen und
dunklen, ziemlich gleich breiten Stellen sind aber schon so zart, dass
die Entscheidung, ob es sich hier um eine Spiralbildung handelt, am
frischen Objekt unmöglich wird. Diese Zeichnung ist nur an dem vor-
deren dicken Theile erkennbar, nach hinten hin verschwindet sie bald.
An solchen Spermato- somen, welche im Uterus längere Zeit macerirt
hatten und mit Anilinfarben tingirt wurden, habe ich nun häufig ge-
sehen, dass zuerst an dem vorderen Theile eine Einkerbung und eine
Art Querzerfall auftrat, der sich dann oft weiter nach hinten hin er-
streckte. Bisweilen ließ sich, wenn auch nur im vordersten Theile, eine
ziemlich deutliche Spiralbildung erkennen, deren alternirende Kanten
am Rande vorsprangen. Mehrmals erschien sogar das ganze Hauptstück
bis in die Nähe des hinteren Endes wie in kleine Abschnitte zerfallen
(Fig. 22 und Taf. XIV, Fig. 36). Ich halte es daher für durchaus wahr-
scheinlich, dass die Hülle des Hauptstückes eine ähnliche Struktur
besitzt, wie die des Verbindungsstückes. Jedenfalls ist auch im Haupt-
stücke die Hülle in ganzer Ausdehnung nicht homogen.

Über den Kopf dieser Spermato- somen ist wenig auszusagen.
Derselbe ist länglich viereckig und abgeplattet. Von der Mitte ab wird
die Abplattung nach vorn hin stärker, so dass der vordere Rand sich

allmählich zuschärft (Fig. 1—21). Auch nach den beiden Seitenrändern hin findet eine geringe Zuschärfung statt, so dass die beiden Oberflächen des Kopfes von der einen zur anderen Seite konvex sind. Der etwas verdickte hintere Rand zeigt eine kleine Einkerbung, oder besser, eine grubchenartige Aushöhlung, welche von den etwas vorspringenden Ecken ein wenig überragt wird; in diese Vertiefung legt sich das Endknöpfchen des Achsenfadens hinein und wird hier, wie oben geschildert, durch geringe Kittsubstanz befestigt.

Der nicht zugeschärfte und daher dickere hintere Rand ist stärker lichtbrechend und erscheint dunkel, so dass ELMER (2, p. 96) denselben (bei *Plecotus auritus*) als »unteres dunkles Band« bezeichnet hat. Auch berichtet dieser Forscher außerdem noch, dass er an den unteren zwei Dritttheilen des Kopfes der Spermatozomen von *Synotus barbastellus* und an dessen unterer Hälfte bei *Plecotus auritus* in der Flächenansicht zuweilen eine Eintheilung in über einander gelegene hellere und dunklere Bänder sah, ähnlich denjenigen, welche von VALENTIN, HARTNACK, GROHE u. A. bei verschiedenen Säugethieren abgebildet und beschrieben sind. Auch mir schien es bisweilen, als ob dunklere breite Querschatten am unteren Theile des Kopfes sichtbar würden, indessen waren dieselben zu undeutlich, um Bestimmtes darüber aussagen zu können. Bei Untersuchung des frischen Materiales in Wasser erschien mehrmals bei Flächenansicht des Kopfes die periphere Zone desselben vorn und an den beiden Seiten als breiter dunkler Saum von einem schmalen hellen Inneren abgesetzt, so dass es den Eindruck machte, als bestehe hier eine Rindensubstanz und eine Innenmasse; die letztere war nach hinten hin nicht abgeschlossen.

Weitere Einzelheiten konnte ich im Kopf nicht erkennen; indessen muss ich hervorheben, dass derselbe bei *Vesperugo noctula* und *pipistrellus* seiner Kleinheit wegen ein sehr wenig günstiges Objekt bildet.

In Betreff der Bewegung dieser Samenkörper kann ich hier noch eine Beobachtung mittheilen, welche für die Entscheidung der Frage, an welchen Bestandtheil des Spermatozoms bei den Säugethieren die Kontraktilität desselben gebunden ist, von größter Bedeutung ist.

Die Spermatozomen von *Vesperugo* bewahren sowohl im Vas deferens als auch im Uterus bis gegen das Frühjahr hin die Fähigkeit, sich auf das lebhafteste zu bewegen. Nur kurz bevor die Ausstoßung des sehr eingedickten Spermas aus dem Uterus im Frühling erfolgt, zeigen nur noch wenige eine Bewegung, schon aus dem Grunde, weil die meisten zerfallen sind. Dass es für die Bewegungsfähigkeit vollständig gleichgültig ist, ob die Spermatozomen homogen oder sehr deutlich querstreifig erscheinen, wurde oben schon betont. In dem mit physio-

logischer Kochsalzlösung verdünnten Sperma habe ich häufig gesehen, dass die Samenkörper sich in kurzer Zeit in weiche entgegenstehende Massen, wie z. B. Detritus, Haufen weißer Blutkörperchen etc. senkrecht tief einbohrten, so dass nur die hinteren Abschnitte der parallel dicht neben einander liegenden Geißeln hervorragten und lebhaft hin- und herschlugen; man gewann dann den Eindruck, als ob hier lange Cilien eines Flimmerepithels in Bewegung wären. Bei den sich frei bewegenden Spermatozomen machte es, wie auch bei anderen Säugethieren, auf mich den Eindruck, als ob die Geißel, worauf A. v. BRUNN (22) zuerst aufmerksam gemacht hat, nur in einer Ebene schlägt, so dass die Bewegung derjenigen eines Flimmerhaares gleicht; sehr häufig sah ich auch, besonders bei den Fledermäusen, bei etwas verlangsamter Bewegung, die Spermatozoen sich in Kreisen oder flachen Spiralen fortbewegen.

Aus dem oben Mitgetheilten (p. 224) geht auch die Erklärung einer Beobachtung EIMER's (2, p. 107) hervor, welche sonst völlig räthselhaft bleiben müsste. EIMER sagt nämlich: »Eine Beobachtung machte ich noch, welche spätere Untersucher in Beziehung auf die letzterwähnte Thatsache (Ungleichheit der Deutlichkeit der Querzeichnung) bertücksichtigen möchten, und welche überhaupt für die Auffassung der Gliederung von Wichtigkeit ist, dass nämlich diese in schlechten Zusatzflüssigkeiten, welche zugleich die Bewegung aufheben (so z. B. beim Versuch einer Karmin- oder Anilinfärbung), verschwand, und der gewöhnlich beschriebenen homogenen Beschaffenheit des Mittelstückes Platz machte, während sie an den absolut frischen, sich lebhaft bewegenden Spermatozoen hervorragend deutlich war.« Wie oben von mir ausgeführt ist, werden eben durch Zusatz von Farbstoffen die Brechungsdifferenzen zwischen Spiralbildung und Zwischensubstanz aufgehoben, so dass das Verbindungsstück gleichmäßig gefärbt erscheint und wie homogen aussieht. Setzt man dagegen andere »schlechte Zusatzflüssigkeiten, welche zugleich die Bewegung aufheben«, hinzu, welche aber nicht die Eigenschaft besitzen, die Brechungsdifferenzen zu beseitigen, wie z. B. Sublimat, so bleibt die Querzeichnung der sofort absterbenden Elemente erhalten, wird sogar noch deutlicher. Mit der Bewegung an sich und der Bewegungsfähigkeit der Spermatozomen hat diese Erscheinung durchaus nichts zu schaffen.

Wie oft bei vielen anderen Säugethieren, z. B. dem Schaf, Hund, Stier u. a., machte ich auch bei den Fledermäusen häufig die Beobachtung, dass Geißeln, von welchen der Kopf abgefallen war, sich längere Zeit noch auf das lebhafteste, wenn auch unregelmäßig, be-

wegten. Hierdurch wurde ja schon von früheren Beobachtern festgestellt, dass nur der Geißel die aktive Bewegung innewohnt und der Kopf an sich für die Kontraktilität des Spermatosoms bedeutungslos ist.

Die Beobachtung nun, welcher ich eine große Bedeutung beilegen muss, ist folgende.

Ich sah nämlich an Spermatozomen von *Vesperugo*, welche dem Absterben nahe waren, dass das vordere Ende des Verbindungsstückes sich dann langsam und mühsam, gewissermaßen krampfhaft, hakenartig umbog. Hatte die Umbiegung ihren höchsten Grad erreicht, so verharrte das Verbindungsstück kurze Zeit auf diesem Höhepunkt der Kontraktion, um dann etwas schneller sich wieder zu strecken. Diese krampfartigen Kontraktionen konnten sich mit Zwischenpausen einige Male wiederholen, bevor definitive Ruhe eintrat. Verweilte nun die Geißel im Zustande dieser äußersten Kontraktion, dann sah ich wiederholt sehr deutlich, dass der Kopf sich im Halse dabei nach der Seite bog, nach welcher die Umbiegung stattfand, so dass die eine Kopfkante sich auf den Rand des abgestutzten Endes der Hülle des Verbindungsstückes aufstemmte. Hierdurch wurde der halsartige Spaltraum auf dieser Seite ganz eingeengt, während er auf der entgegengesetzten weit klappte. Diese Erscheinung ist nur dadurch möglich und dadurch zu erklären, dass sich der im Halse befindliche hüllenlose Abschnitt des Achsenfadens mit kontrahirt. Denn nimmt man an, dass der Achsenfaden nicht kontraktile ist, vielmehr nur als innere Stütze der Geißel fungirt, dass dagegen der Hülle die Kontraktilität innewohnt, so könnte die von mir beobachtete Erscheinung nicht eintreten, es müsste der Hals bei einfacher Umbiegung des Verbindungsstückes zu beiden Seiten des Achsenfadens gleich breit bleiben. Hiermit steht jedenfalls auch die Beobachtung im Zusammenhang, welche man an frischen, bereits abgestorbenen Spermatozomen von *Vesperugo noctula* häufig machen kann, dass nämlich der Kopf im Halse seitlich umgebogen ist, und diese Umbiegung vorläufig noch einige Zeit bewahrt, auch wenn das Spermatozom passiv durch einen Flüssigkeitsstrom bewegt und herumgerollt wird; dieselbe gleicht sich erst wieder aus, wenn postmortale Erschlaffung eingetreten ist.

Es ist durch diese Beobachtung mithin die Kontraktilität des von der Hülle freien Abschnittes des Achsenfadens und damit wohl des ganzen Achsenfadens bewiesen.

Wenn man hiermit nun die Thatsache in Beziehung bringt, dass die Ausbildung der Hülle bei den Säugethieren so außerordentlich variiert, während der Achsenfaden im Verhältnis zu der Größe des Sperma-

tosoms stets gleichmäßig und ganz charakteristisch entwickelt ist, so geht hieraus wohl mit größter Wahrscheinlichkeit hervor, dass nur der Achsenfaden derjenige Theil des Spermatosoms sein kann, welcher als Träger der sich so auffällig äußernden Kontraktilität der Säugethier-spermatosomen aufgefasst werden muss.

Übrigens sei hier noch bemerkt, dass nicht nur das Verbindungsstück, sondern auch der übrige ganze Theil der Geißel kontraktile ist. —

Die Spermatozoen der anderen von mir untersuchten Chiropteren (*Plecotus auritus*, *Vespertilio murinus*) gleichen im Allgemeinen denen von *Vesperugo noctula* und *Pipistrellus*, nur ist der Hals und vor Allem die Struktur der Hülle sehr viel weniger deutlich; von der letzteren erkennt man im günstigsten Falle nur eine zarte Querstreifung. Hier-von sehr abweichend gestaltet sind hingegen die Spermatosomen von *Rhinolophus ferrum equinum*, deren Bau ich weiter unten noch schildern werde.

Mit diesen bei den Chiropteren erhaltenen Befunden habe ich nun den Bau der Elemente der anderen Säugethiere verglichen und gefunden, dass der feinere Bau derselben im Wesentlichen überall der gleiche ist. Ausgegangen bin auch ich hier von der Untersuchung der Ratte, deren Spermatosomen ihrer Größe wegen besonders geeignet sind.

Was zunächst das

Verbindungsstück

betrifft, so ist ja bekannt, dass dasselbe an den dem Vas deferens entnommenen ausgereiften Samenelementen homogen erscheint, während es an den noch nicht ganz ausgebildeten Spermatozoen aus dem Hoden eine meist sehr deutliche Querstreifung oder Querriffelung erkennen lässt.

Über das Aussehen und die Bedeutung dieser Querstreifung berichtet JENSEN nun folgendermaßen (17, p. 384): »Am Verbindungsstücke der Samenkörper, welche den Hoden entnommen und sich in dem der fertigen Form unmittelbar vorangehenden Stadium befinden, bemerkt man oft an ganz frischen Zerzupfungspräparaten in 0,6 %iger Kochsalzlösung, aber auch ohne irgend welche Zusatzflüssigkeit, eine ähnliche regelmäßige Querstreifung wie die, welche LEYDIG (43) und A. v. BRUNN (22) an den Samenkörpern der Maus beobachtet haben. Die zahlreichen, stark lichtbrechenden, prominirenden Streifen, die sich in der ganzen Länge des Verbindungsstückes finden, sind durch kurze Zwischenräume von einander getrennt; am hinteren Theil des

Verbindungsstückes wird der Abstand der Streifen von einander gewöhnlich nach und nach etwas größer.«

(p. 382) »Sehr häufig sind sämmtliche Streifen schräg gestellt. Betrachtet man nun die Streifen zuerst bei höherer Einstellung auf der oberen Seite des horizontal liegenden Verbindungsstückes und schraubt dann den Tubus herab, so sieht man sie oft deutlich auch auf der unteren Seite desselben und nimmt wahr, dass alle Streifen hier konstant die entgegengesetzte Richtung der oberen haben und mit denselben alterniren. Schon durch diese Beobachtung, die mit gutem Licht und guten Immersionssystemen nicht schwierig ist, überzeugt man sich bald davon, dass die vielen Streifen nicht in sich geschlossene Ringe, sondern Windungen eines einzigen langen Streifens sind, der in zahlreichen Spiraltouren den übrigen Theil des Verbindungsstückes (den Achsenfaden) umgiebt.«

Von der Richtigkeit dieser Beobachtungen JENSEN's und von der Korrektheit seiner Abbildungen (17, Taf. XXII), welche diese Spirale darstellen, habe ich mich mehrfach überzeugt. Auch die Beobachtung JENSEN's fand ich bestätigt, dass die Deutlichkeit dieser Bildung individuell sehr differirt: man trifft häufig Individuen, an deren dem Hoden entnommenen Samenkörpern die Querstreifung wenig scharf hervortritt, ja es kann der Fall eintreten, dass die meisten Spermatozoen kaum eine Andeutung davon zeigen. Im Allgemeinen sind indessen die Querstreifen gerade bei der Ratte besonders schön zu sehen. Es findet sich hier mithin ein ähnliches Verhalten, wie ich es oben bei den Chiropteren von den völlig ausgereiften Spermatozoen angegeben habe.

Sollte nun aber diese Querriffelung trotzdem zu zart erscheinen, um über die Bedeutung derselben ein sicheres Urtheil fällen zu können, so kann ich angelegentlich ein Verfahren empfehlen, welches JENSEN zur Darstellung der Spirale angewandt hat und folgendermaßen schildert (17, p. 383):

»Indem ich mich einer Beobachtung von SCHWEIGGER-SEIDEL (21, p. 317) über die Einwirkung verdünnten Glycerins auf die Samenkörper des Finken erinnerte, setzte ich nun den frischen Samenkörpern (aus dem Hoden) der Ratte dieses Reagens zu. Ich verwendete eine Mischung von einem Theil Glyc. pur. und fünf Theilen Aqua destillata. Der Spiralstreifen löste sich bei sehr vielen Samenkörpern in Form eines feinen Fadens, des Spiralfadens, von dem übrigen Theil des Verbindungsstückes ab, welcher von dem geradlinigen Centralfaden, oder besser dem Achsenfaden (A. v. BRUNN), gebildet ist. Derselbe Effekt tritt sogleich bloß durch Zusatz von Aqua destillata ein. Die Ablösung findet bei allen Samenkörpern und auf langen Strecken statt.

Nach Verlauf einiger Minuten sieht man sie noch besser. Ösen sind nicht häufig. Auch in solchen individuellen Fällen, wo das Verbindungsstück in frischem Zustand bei den meisten Samenkörpern homogen oder fast homogen zu sein schien, löste sich der Spiralfaden ab und war ganz deutlich zu erkennen. Aqua destillata ist in der That ein ausgezeichnetes Mittel, wenn es sich darum handelt, eine Ablösung hervorzubringen. Nach einer Reihe von erfolglosen Versuchen mit mehr complicirten Methoden kann ich sagen, dass wohl schwierig ein besseres Mittel zu finden sein möchte.«

Nach dem Vorgange von JENSEN habe auch ich dieses Verfahren sogleich in Anwendung gezogen; ich war überrascht durch die Deutlichkeit, mit welcher bei Wasserzusatz das fadenartige Gebilde mit seinen Spiraltouren hervortritt. Nur muss man die Vorsicht gebrauchen, die Präparate sogleich nach dem Wasserzusatz zu untersuchen. Die Spiralbildung quillt sodann, wie mir scheint, auf und hebt sich dadurch von dem Achsenfaden ab. Hierbei kommen häufig unregelmäßigere Ablösungen vor, so dass die Spirale sich streckenweise in vereinzelt Touren weiter von dem Achsenfaden entfernt (cf. JENSEN, 17, Taf. XXII, Fig. 5). Diese Erscheinung erinnert außerordentlich an Bilder, welche ich an den Singvögelspermatozoen, welche dem Hoden entnommen waren und einige Zeit in 0,75 %iger Kochsalzlösung gelegen hatten, erhalten und auf Taf. XIV (Fig. 25) und Taf. XV (Fig. 26, 29, 30, 32) meiner früheren Arbeit (25) dargestellt habe. Nur ist die Spirale hier viel resistenter, dicker und daher deutlicher als die zarte, feine und in engen Touren verlaufende Spiralbildung am Verbindungsstück der Ratte.

Wirkt das Wasser einige Zeit ein, so werden die Kontouren der vom Achsenfaden abgehobenen Spirale sehr zart und undeutlich; die Bildung scheint sich zum Theil aufzulösen, zum Theil fließen benachbarte Windungen zusammen, so dass man öfters an einer Seite des Achsenfadens undeutliche streifenförmige Massen erhält. Hierdurch erklären sich die Bilder, welche JENSEN (17) p. 384 und 385 beschreibt und auf Taf. XXII, Fig. 6 abbildet.

Während nun in dieser Weise an den unreifen Elementen aus dem Hoden die Spiralbildung deutlich erkannt und leicht nachgewiesen werden kann, erscheinen die reifen Elemente aus dem Nebenhoden der Ratte völlig homogen und ist es nicht möglich, durch Zusatz von Reagentien die Spirale wieder sichtbar zu machen. Alle Zusatzflüssigkeiten, auch diejenigen, welche an den Samenelementen aus dem Hoden die Spirale stets deutlich machen, sind für das reife Spermatosom, selbst nach wochenlanger Einwirkung, völlig wirkungslos und lassen nicht einmal eine Andeutung einer Querstreifung hervortreten. Nur mittels

Zusatz 10/iger Goldchloridlösung und durch Anwendung von 2—30/iger Lösung von Sublimat gelang es JENSEN, bei einzelnen Samenkörpern aus Epididymis und Vas deferens die Windungen auf kürzere Strecken hin zu erkennen. Mit Recht hebt nun JENSEN hervor, dass trotz dieses homogenen Aussehens die Spiralbildung doch in dem ausgebildeten Spermatosom nicht eingegangen ist, sondern als solche noch fortbesteht, obwohl es ihm nicht gelungen ist, dieselbe wieder allgemein sichtbar zu machen und Beweise beizubringen. Der Erklärung indessen, welche JENSEN für diese eigenthümliche Veränderung des Verbindungsstückes giebt, kann ich nicht ganz beistimmen. JENSEN sagt hierüber nämlich (17, p. 394):

»Bei der vollständigen Ausbildung der Samenkörper werden die Windungen des Spiralfadens noch zahlreicher und rücken in Folge dessen dichter zusammen. Allmählich schließen sich auf diese Weise die Windungen sehr nahe an einander und können nur bei sehr gutem Licht und den stärksten Immersionssystemen entdeckt werden. Die Windungen scheinen nun immer eine ganz transversale Stellung zu haben, was ja ganz natürlich ist. Schließlich liegen sie so dicht zusammen, dass sie nicht mehr von einander zu unterscheiden sind: das Verbindungsstück sieht in frischem Zustand völlig homogen aus. Dieser Process vollzieht sich nun nicht am ganzen Verbindungsstück gleichzeitig. Zuerst nimmt der vordere Theil des Verbindungsstückes ein homogenes Aussehen an; sehr allgemein scheinen die Windungen hier bereits von Anfang an auf kürzerer oder längerer Strecke sehr dicht an einander zu liegen, so dass das Verbindungsstück fast oder ganz homogen aussieht. Im folgenden Theil des Verbindungsstückes sind sie allerdings näher zusammengedrückt, können aber doch von einander unterschieden werden, und zwar um so deutlicher, je weiter sie nach hinten liegen. Darauf kommt dann das homogene Aussehen immer weiter nach hinten zur Geltung, bis das ganze Verbindungsstück schließlich homogen erscheint. Das letztere trifft man bei vielen Samenkörpern schon in dem Hoden und in Epididymis und Vas deferens ist dies bei allen Samenkörpern der Fall.«

Und weiter unten (p. 395): »Hat man sich erst einmal von der Vermehrung der Anzahl der Querstreifen und dem dichteren Zusammenliegen derselben überzeugt, und zieht man zugleich die starke Lichtbrechung der Windungen mit in Betracht, so wird man wohl nicht so leicht eine Verschmelzung annehmen. In Folge ihres starken Reflexes würden die dicht an einander liegenden Windungen fürs Auge ganz zusammenfließen, auch wenn sie nicht mit einander verschmolzen wären.«

Wenn auch der Verlauf der Erscheinung, das allmähliche Unsichtbarwerden der Querstreifen von vorn nach hinten hin von JENSEN richtig beschrieben wird, so ist doch der dafür angeführte Grund nicht ganz zutreffend. Allerdings macht man die Beobachtung, dass die Spiralwindungen am Verbindungsstück der Ratte bei zunehmender Reife feiner werden und enger zusammenrücken. Ein ganz ähnliches Verhalten konnte ich ja auch an den reifenden Spermatozomen der Singvögel (25) feststellen. Indessen rücken die einzelnen Windungen bei den Säugethieren nicht so enge zusammen, dass sie unmittelbar an einander liegen und hierdurch allein das homogene Aussehen der reifen Elemente bedingt würde. Dies beweist folgende Thatsache.

Da es mir nicht gelingen wollte, durch irgend ein Reagens an der sehr resistenten Hülle der reifen Spermatozoen Veränderungen hervorzurufen, welche auf eine Struktur derselben hätten schließen lassen, so wandte ich schließlich die energisch wirkende Methode der Fäulnis an. Hoden und Nebenhoden von Säugethieren wurden in Wasser gelegt und einige Wochen darin belassen, bis eine nicht zu weit gehende Fäulnis eingetreten war. Um gute Präparate zu erhalten, ist es erforderlich, dass der Gang des Nebenhodens ganz mit Spermatozoen erfüllt ist. Alsdann wird ein Stück des Ganges der Epididymis herauspräparirt und in Wasser sorgfältig abgespült. Der herausgedrückte Inhalt desselben wird sodann mit Nadeln in einem Tropfen 0,4%iger Lösung von Gentianaviolett zertheilt und gefärbt (über das Nähere siehe 25, p. 445, 446). Bei dieser Behandlung gelang es mir an allen Spermatozomen aus dem Nebenhoden, deren Verbindungsstück in frischem Zustande völlig homogen aussah, eine Struktur der Hülle darzustellen (Taf. XV, Fig. 86—90).

Die vorher glatte Oberfläche des Verbindungsstückes wurde zuerst rau und uneben. Diese Rauigkeiten vertieften sich, so dass bald die Ränder eingekerbt erschienen (Fig. 86, 90 V). Bei oberflächlicher Einstellung wurde sodann eine Querstreifung sichtbar, welche durch dunkler und heller gefärbte, häufig sehr wenig schräg gestellte Linien hervorgerufen wurde; die dunkel violett gefärbten Linien sprangen an den Rändern vor. Diese Querstreifung war ziemlich regelmäßig und an dem ganzen Verbindungsstück sichtbar (Fig. 87—90). Bisweilen gelang es bei genauer Betrachtung, festzustellen, dass die dunklen Linien die engen Windungen einer den Achsenfaden umgebenden Spiralbildung darstellen.

Ein Vergleich dieser Spiralbildung mit derjenigen, welche an dem noch nicht ausgebildeten Element des Hodens so deutlich ist, ergibt nun, dass beide Bildungen durchaus identisch sind. Die Windungen

stehen an dem macerirten Verbindungsstück nicht enger als an dem Hodenelement in dem Stadium, in welchem die vorher sehr deutliche Spiraltbildung beginnt, in den anscheinend homogenen Zustand des Verbindungsstückes überzugehen. Dieses Stadium findet sich im mittleren und besonders hinteren Theile solcher Elemente des Hodens, deren vorderer Abschnitt schon das homogene Aussehen zeigt (vgl. z. B. JENSEN, 17, Taf. XXII, Fig. 14, 15, 17). Denn wie oben ausgeführt wurde, schreitet ja die Veränderung von vorn nach hinten hin am Verbindungsstück vor. Es kann mithin, wie JENSEN und Andere wollen, das homogene Aussehen des reifen Verbindungsstückes nicht dadurch hervorgerufen werden, dass die Spiraltouren so dicht an einander rücken, dass sie mit einander verschmelzen, oder dass sie in Folge ihrer starken Lichtbrechung für das Auge zusammenfließen und nicht mehr wahrnehmbar werden¹. Dann würden die Spiraltouren sich auch durch Maceration in dieser Deutlichkeit niemals wieder darstellen lassen. Offenbar wird das Wiedererscheinen der Spiraltbildung bei Einwirkung der Maceration dadurch bedingt, dass durch den Process der Maceration eine weniger resistente Zwischensubstanz zuerst aufgelöst wird, welche die Lücken zwischen den Spiraltouren ausfüllt und da-

¹ Obwohl JENSEN (17) für diese letztere Erklärung eintritt, steht doch eine von ihm ausführlich geschilderte Beobachtung mit seiner Annahme nicht im Einklange. Zu Anfang seiner Arbeit (l. c. p. 382) heißt es: »Zweitens habe ich unter den zahlreichen untersuchten Individuen der Ratte nicht selten solche getroffen, wo sich überhaupt eine deutliche Querstreifung des Verbindungsstückes bei nur wenigen Samenkörpern zeigte; bei den allermeisten waren die Streifen am ganzen Verbindungsstück viel schwieriger als sonst zu beobachten, obgleich sich die Samenkörper in demselben (noch nicht reifen) Stadium befanden, und die Hoden in beiden Fällen gesund und voll waren. Dieser Umstand könnte verhängnisvoll werden. Denn ohne gründliche Untersuchung würde man die Querstreifen ganz übersehen und glauben, dass sie sich nicht vorfänden, oder vielleicht annehmen, dass sämtliche Streifen des Verbindungsstückes sehr dicht an einander lägen, so dass desswegen eine Unterscheidung derselben unmöglich sei. Die eine sowie die andere Annahme ist unrichtig. Bei recht scharfer Beobachtung habe ich mich mehrmals von dem Vorhandensein der Querstreifen überzeugt; sie liegen nicht dichter beisammen, sondern der Unterschied in der Lichtbrechung, wodurch sie sonst deutlich hervortreten, ist viel geringer, so dass das Verbindungsstück homogen oder fast homogen zu sein scheint.« JENSEN giebt hier also selbst zu, dass das Aussehen des Verbindungsstückes ein scheinbar homogenes sein kann, ohne dass die Windungen dichter zusammen liegen. Hierdurch entzieht er seiner eigenen Annahme die Begründung. Offenbar kommt bei den Individuen, welche von vorn herein eine undeutliche Querriffelung zeigen, die von mir nachgewiesene Zwischensubstanz früher zur Ausbildung als sonst.

durch die Oberfläche glättet. Die Spirale bildet sich an dem Spermatozoon zuerst aus, ist daher an den Elementen aus dem Hoden meist überall deutlich; später erst entsteht die Zwischensubstanz. Dadurch nun, dass beide Substanzen das gleiche Lichtbrechungsvermögen erhalten, wird das homogene Aussehen des Verbindungsstückes bei der Ratte hervorgerufen. Würde das Lichtbrechungsvermögen der beiden Substanzen differieren, dann würden auch die reifen Samenkörper, wie bei den Fledermäusen, eine Andeutung ihrer ursprünglich so deutlichen Struktur zeigen.

Während somit die Struktur der Hülle am ausgebildeten Spermatozoon keine wesentliche Veränderung erlitten hat, ist die chemische Beschaffenheit des Verbindungsstückes doch eine ganz andere geworden. Dies geht schon aus der großen Resistenz der Hülle hervor. Es lässt sich daher an dem macerirten Spermatozoon die Spiralbildung niemals mehr, auch nicht auf kleinste Strecken hin, in Gestalt eines Fadens oder fadenartigen Saumes ablösen, was ja an dem Hodenelement sehr leicht gelingt. Vielmehr ist die Beschaffenheit der Spirale eine sehr spröde und bröckelige geworden. Auch hierdurch unterscheidet sich diese Spiralbildung von der Spirale an den Elementen der Singvögel. Wie von mir gezeigt ist (25), besitzt dieselbe bei den letzteren eine, wenigstens an dem noch nicht ganz ausgebildeten Elemente, leicht nachweisbare und nicht unbeträchtliche Elasticität und Spannung, so dass sie sich, losgelöst, leicht zusammenschnürt.

In Folge dieser bröckeligen Beschaffenheit der Hülle erhält man, ähnlich wie bei *Vesperugo noctula*, bei Einwirkung der Fäulnismaceration, anstatt der regelmäßigen Spirale, sehr häufig am Verbindungsstück unregelmäßige Einkerbungen. Es kommt dabei häufig vor, dass Stücke der Hülle herausbröckeln, so dass der Achsenfaden auf diesen Strecken entblößt wird. Hierdurch kann die Hülle in Segmente zerlegt werden. Meist sind diese Segmente unregelmäßig und stellen größere Komplexe von Spiraltouren dar (Fig. 87, 88, 89). Seltener, wenigstens zu Anfang der Maceration, kommt es vor, dass die Segmente mehr regelmäßig und so klein werden, dass jedes derselben einer oder zwei Spiralwindungen entspricht (Fig. 87, im hinteren Theile des Verbindungsstückes, nach 22tägiger Maceration des Nebenhodens der Ratte in Wasser). Diese kleineren Segmente sind dann durch kleinere (häufig ein wenig schräg gestellte) Querspalten von einander getrennt und werden von dem Achsenfaden zusammengehalten. Mich nimmt dieser Querzerfall nun durchaus nicht Wunder, denn man muss bedenken, dass die Spiralen so flach geworden sind, dass sie fast einem Kreisringe

entsprechen; dazu kommt die bröckelige Beschaffenheit der ganzen Bildung. Ich sehe daher, wie bei den Fledermäusen, in diesem feineren Querzerfall durchaus keine auffällige Erscheinung, und möchte dies betonen, um die Möglichkeit auszuschließen, dass dieser Querzerfall als Argument gegen das Vorhandensein einer Spirale angeführt werden könnte.

Bei weiter einwirkender Maceration wird schließlich die ganze Hülle aufgelöst, so dass der Achsenfaden frei vorliegt und allein übrig bleibt.

Aus Obigem geht demnach hervor, dass, wie bei *Vesperugo noctula* und *pipistrellus*, auch bei der Ratte die anscheinend homogene Hülle des Verbindungsstückes der reifen Samenkörper aus einer Spiralbildung und einer die Lücken derselben ausfüllenden (mithin gleichfalls spiralig angeordneten) Zwischensubstanz besteht, welche vielleicht, wenn auch nur in dünnster Schicht, die ganze Oberfläche des Verbindungsstückes überzieht. —

Diese bei den Chiropteren und der Ratte aufgefundene Struktur des Verbindungsstückes habe ich nun bei allen von mir untersuchten Säugethiern nachweisen können. Überall lässt sich an den unreifen Elementen des Hodens die Spiralbildung in Gestalt einer meist sehr deutlichen Querriffelung beobachten. Bei den kleineren Formen bedarf es allerdings, wie schon JENSEN für Pferd und Schaf hervorhebt, einer sehr scharfen Beobachtung und recht guten Lichtes, um entscheiden zu können, ob man es in der That mit Windungen zu thun hat; häufig sind die Windungen wenig hervortretend und sehen nur wie Unebenheiten aus. Eben so habe ich diese Windungen sodann bei allen darauf hin untersuchten Arten durch Maceration der ausgereiften, scheinbar homogenen Spermatozoen aus dem Nebenhoden wieder sichtbar machen können, so dass sich feststellen ließ, dass die Hülle von einer Spirale und einer Zwischensubstanz gebildet wird. Die Ausbildung der Spirale, die Zahl und die Enge der Windungen ist jedoch, je nach der Art, verschieden. Sehr gut entwickelt fand ich die Spiralbildung z. B. bei dem Maulwurf, an dessen Hodenelementen die Windungen sehr deutlich sind. Das Verbindungsstück des ausgereiften Spermatozoen aus dem Nebenhoden erscheint dagegen homogen oder zeigt nur Andeutungen seiner Struktur in Gestalt undeutlicher Querschatten (Fig. 37, 47). Aber auch hier gelang es mir durch Maceration leicht, die Spirale wieder darzustellen. Fig. 97—99 auf Taf. XV zeigen dieselbe z. B. an Verbindungsstücken, welche einem Nebenhoden des Maulwurfs entnommen wurden, welcher sieben Tage in Wasser maceriert hatte. Ein Querzerfall kam dabei häufig zur Beobachtung.

Wenn daher FÜRST (6, 7) und NIESSING (8) der Hülle des ausgebildeten Spermiosoms eine Struktur absprechen und die Spirale für eine »vorübergehende Entwicklungsform« (FÜRST) erklären, so beruht dies darauf, dass die genannten Forscher die reifen Samenkörper nicht nach zweckmäßigen Methoden untersucht haben.

Offenbar sind hiermit auch die älteren Beobachtungen v. KÖLLIKER's (26) und SCHWEIGGER-SEIDEL's (24) in Verbindung zu bringen, für welche sich eine Erklärung bis jetzt eigentlich nicht recht finden ließ. v. KÖLLIKER (26, p. 254) fand nämlich in dem Sperma einer Cyste des Nebenhodens vom Ochsen »neben normalen beweglichen Samenfäden Elemente, welche so degenerirt waren, dass ihre Schwänze in ihrer ganzen Länge, oder nur am vorderen Theile in Fetttropfchen umgewandelt waren. Solche fettig metamorphosirte Schwänze oder Bruchstücke derselben schwammen auch viele isolirt in der Flüssigkeit umher«. Dasselbe berichtet SCHWEIGGER-SEIDEL (24, p. 322) von dem Cysteninhalt aus dem Nebenhoden des Schafbockes. »Unter den Samenkörperchen waren nur wenige erhalten, die meisten waren zerbrochen. Zunächst waren fast sämtliche Köpfchen isolirt, dann aber auch die Mittelstücke als abgetrennte, gleich lange, stäbchenartige Gebilde zu erkennen. Der Zerfall ging jedoch hier noch weiter, indem sich die Mittelstücke in lauter kleine quadratische Stückchen auflösten.« Offenbar war hier, wie ein Blick auf die Abbildungen¹ beider Autoren mir sofort beweist, in den Cysten an einer Anzahl reifer Elemente dieselbe Maceration eingetreten, wie im Uterus der Fledermausweibchen. Zum Theil war wohl an diesen Spermatozoen die Spiralbildung isolirt, zum Theil die Hülle in Querstücke zerfallen, die, in frischem Zustande untersucht, stark lichtbrechend sind. Um eine »fettige Degeneration« der Spermatozoen handelt es sich hier meiner Ansicht nach nicht.

Bisweilen gelingt es übrigens bei einigen Arten, z. B. bei dem Schwein, Schafbock, Kater u. a. hier und da, an den reifen Spermiosomen besonders nach Sublimatzusatz, noch Andeutungen der Struktur der Hülle zu erkennen in Gestalt einer meist nicht sehr deutlichen Querschattirung oder auch einer Querriffelung. Bei manchen Säugethieren scheint dies jedoch, wie bei den obigen Chiropteren, Regel zu sein. So berichtet SELENKA (27) von den Spermiosomen von *Didelphys virginiana*, dass das Vorderende derselben unter der Tauchlinse deutliche Querstreifen zeigt. Nachdem FÜRST (7) bei anderen Beutelthieren an den Hodenelementen eine Spiralbildung im Verbindungsstück nachgewiesen hat, kann diese Querstreifung nur auf die spiralige Struktur bezogen werden.

¹ v. KÖLLIKER, l. c. Taf. XIII, Fig. 3; SCHWEIGGER-SEIDEL, l. c. Taf. XIX, Fig. E 5.

Die Querstreifung, welche EMER (2) von den Spermatozomen des Kaninchens, Meerschweinchens, der Maus, des Stiers, Hundes, Katers, Hermelins und auch des Menschen erwähnt, und welche er entsprechend seiner Auffassung vom Baue der Fledermausspermatozoen als »Gliederung« deutet, wurde wohl in erster Linie an Hodenelementen wahrgenommen und deckt sich mit dem optischen Ausdruck der Spirale.

Nach Allem scheint wohl sicher, dass die von mir nachgewiesene Struktur des Verbindungsstückes in der Klasse der Säugethiere ganz allgemein verbreitet ist.

Bei Beschreibung der Spermatozomen von *Vesperugo noctula* und *pipistrellus* wurde die sehr deutliche Abplattung des Verbindungsstückes hervorgehoben. Auch die Samenelemente von *Rhinolophus* sind vorn deutlich abgeplattet. Eine ähnliche Erscheinung hat FÜRST (7) von den Spermatozoen mancher Beutelhthiere beschrieben. Bei den übrigen von mir untersuchten Säugern ist die Abplattung, wenn überhaupt vorhanden, jedenfalls nur äußerst gering.

JENSEN berichtet endlich noch von einer eigenthümlichen »Scheibe«, welche als besonderer Theil des Verbindungsstückes bisweilen zur Beobachtung kommt (17, p. 410—411). »Ich muss nun auch darauf aufmerksam machen, dass man nicht selten hinter den Windungen, am Ende des Verbindungsstückes, ein breites, transversal situirtes, ziemlich dickes, scheibenförmiges Gebilde von gleich starker Lichtbrechung, wie das Knöpfchen wahrnimmt. Während sich der Spiralfaden bei Selbstmaceration auflöst und verschwindet, erhält sich das genannte Gebilde unverändert; man sieht dann auch deutlich, dass dasselbe scheibenförmig ist. Ich betrachte es also als ein besonderes, bisher unbekanntes Stück, das von den Querstreifen wohl zu unterscheiden ist. Es persistirt während der folgenden Entwicklung; bei den am meisten entwickelten Samenkörpern des Hodens fand ich dasselbe wieder; es war indessen bei diesen kleiner und konnte nur dadurch, dass das hinterste Ende des Verbindungsstückes stärker lichtbrechend war, erkannt werden. — Eine ähnliche Scheibe habe ich bei den noch nicht entwickelten Samenkörpern der Ratte, bei sehr genauer Untersuchung aber auch bei den fast fertigen Samenkörpern gefunden. — Manchmal war ich nicht im Stande, diese Scheibe zu entdecken, und es ist somit nicht sicher, ob sie konstant vorkommt. Beim Pferd konnte ich ihre Entstehung verfolgen; sie wird von der Cytoplasma-Ansammlung gebildet, welche am hinteren Ende des Verbindungsstückes oft so lange sitzen bleibt, und zeigt sich als eine Verdichtung der hintersten Partie derselben« (vgl. 17, Taf. XXII, Fig. 15, 16 und Taf. XXIV, Fig. 52, 53 S).

PRENANT (28) scheint an reifen oder nahezu reifen Spermatozoen vom Menschen Ähnliches gesehen zu haben.

Vielleicht, oder vielmehr sehr wahrscheinlich, hängt diese von JENSEN beschriebene Bildung zusammen mit der Erscheinung, dass der vordere und hintere Rand des ausgebildeten Verbindungsstückes schärfer und dunkler hervortreten und immer² quer, niemals schräg abgeschnitten sind. Sehr wahrscheinlich ist die erste und letzte Windung der Spirale des Verbindungsstückes wirklich scheibenförmig geworden, indem sich das freie Ende des Spiralfadens an die erste Windung angelegt hat, so dass man hier an jedem Ende von einer »Schluss Scheibe« sprechen könnte. Diese Endscheiben sind aber an den ausgebildeten Samenelementen, in ihrem sonstigen Verhalten nicht von den übrigen Spiralwindungen verschieden, wie mir Deckglas-Trockenpräparate beweisen (vgl. auch Taf. XIV, Fig. 82, 83, 84).

Es erinnert diese »Scheibe« übrigens sehr an ein intermediäres, stark lichtbrechendes besonderes Stück, welches ich bei manchen Reptilien (Lacerten) im Verbindungsstück, freilich an bisweilen wechselnder Stelle, aufgefunden habe (vgl. hierüber 29, p. 275; Taf. XII, Fig. 89, 90, 91 i).

Hauptstück der Geißel.

Wie bei dem Verbindungsstück, gelang es mir auch in der Hülle des Hauptstückes bei allen daraufhin untersuchten Säugethieren durch Maceration eine Struktur nachzuweisen. Wirkt die Maceration einige Zeit ein, so verliert auch das Hauptstück die glatten Kontouren und zeigt Einkerbungen, welche am frühesten und am deutlichsten an dem vorderen Ende auftreten (Taf. XV, Fig. 86, 90). Die Hülle erscheint dadurch rau und uneben, wie aus kleinen Querstückchen oder ziemlich regelmäßigen, gleich großen Körnchen zusammengesetzt, welche auf dem Achsenfaden aufgereiht sind. Sehr deutlich habe ich dies z. B. bei der Ratte, der Maus, dem Schwein, dem Maulwurf u. a. gesehen. Bei der Feinheit dieser Bildung ist es unmöglich zu entscheiden, ob es sich hier wirklich um Segmente handelt, oder ob auch hier eine durch Zwischensubstanz ursprünglich verdeckte Spiralbildung besteht. An besonders günstigen Stellen glaube ich den Eindruck erhalten zu haben, dass (wie bei *Vesperugo noctula*, siehe oben) das Letztere der Fall ist, und hier dieselbe Struktur, wie am Verbindungsstück, vorliegt. JENSEN (17) kommt bei der Ratte zu demselben Resultate.

Auch macht JENSEN (17) darauf aufmerksam, dass die Spiralbildungen des Verbindungsstückes und Hauptstückes nicht kontinuierlich in einander übergehen, sondern durch einen, an den Hodenelementen

Anfangs deutlichen, später undeutlichen Querspalt von einander getrennt werden, wie er sich bei den Chiropteren (*Vesperugo noctula* und *pipistrellus*) auch noch an dem ausgebildeten Samenkörper vorfindet. Hiermit hängt zusammen, dass das Verbindungsstück sich bei den meisten Säugethiern scharf von dem Hauptstück absetzt. Ausnahmen hiervon sind allerdings zu verzeichnen, wie z. B. die Spermatozoen von *Rhinolophus Ferrum equinum* (Taf. XIII, Fig. 29).

Ferner sind die Hüllen beider Abschnitte auch chemisch different, wie das verschiedene Färbungsvermögen (cf. JENSEN, 17, p. 399—400) und das Verhalten gegen Macerationseingriffe beweisen. Während an den unreifen Spermatozoen aus dem Hoden die Spiralbildung des Verbindungsstückes, wie oben ausgeführt, leicht aufgelöst werden kann, ist in diesem Stadium die Hülle am Hauptstück schon ausgebildet und wird, selbst nach längerer Einwirkung der Reagentien, nicht alterirt. Ich finde daher die Fig. 30 und 32 auf Taf. XXIII und die Fig. 39 auf Taf. XXIV der JENSEN'schen Arbeit (17) nicht ganz genau. Es setzen sich hier die beiden Hälften des zerspaltenen Achsenfadens direkt in den Randkontour des Hauptstückes fort. In Wahrheit aber ist der Achsenfaden dünner, als der von JENSEN mit *H* bezeichnete Abschnitt, weil an diesem Abschnitt noch die bereits entwickelte Hülle hinzukommt. Daher erklärt sich auch, dass JENSEN die Zerspaltung des Achsenfadens vermittels Essigsäure nur bis zum Anfange des Hauptstückes gelang, weil hier die resistente Hülle eine weitere Auffaserung verhinderte. An dem ausgebildeten Samenkörper verhalten sich nun die beiden Abschnitte entgegengesetzt. Wenigstens konnte ich durch Maceration die Hülle des Hauptstückes leichter zum Schwunde bringen, als am Verbindungsstück; es wurde daher der Achsenfaden im Hauptstück früher isolirt, als im vorderen Abschnitt der Geißel (Taf. XV, Fig. 87, 88, 89).

Außer dieser Struktur im Verbindungsstück und Hauptstück habe ich nun an der Oberfläche dieser Abschnitte keine anderen Bildungen wahrnehmen können. Alle meine Untersuchungen, welche an den noch nicht ausgebildeten, wie an den reifen Elementen auf den Nachweis eines sonstigen »Spiralsaumes« oder einer »undulirenden Membran« gerichtet waren, sind durchaus negativ ausgefallen.

Bekanntlich hat GIBBES (14) an den Spermatozoen mancher Säugethiere (Pferd, Hund, Stier, Kater, Kaninchen und Meerschweinchen) einen Faden beschrieben, welcher, ähnlich wie bei den urodelen Amphibien, vermittels einer feinen schmalen Membran an einer Seite des Verbindungsstückes der Geißel angeheftet sein soll.

Dieser Faden und dieser einseitig angeheftete Saum

existiren nicht. Offenbar hat GIBBES die oben beschriebene, an den unreifen Elementen aus dem Hoden am Verbindungsstück zur Beobachtung kommende Spiralbildung zu dieser unrichtigen Auffassung Veranlassung gegeben.

In einer späteren Mittheilung (15) berichtet GIBBES, dass er diese Membran auch an frischen Spermatozoen des Menschen beobachtete, welche 12—24 Stunden nach dem Tode dem Hoden entnommen wurden. Nach dem beigegebenen Holzschnitt zu urtheilen, unterscheidet sich dieser Saum aber wesentlich von dem früher (14) von GIBBES beschriebenen dadurch, dass die mit einem »Filament« versehene Membran sehr breit ist und sich in ganzer Ausdehnung der Geißel vom Kopfe bis zur Schwanzspitze erstreckt. Obwohl nun das Vorhandensein dieser Membran von allen späteren Untersuchern (A. v. BRUNN, RETZIUS, JENSEN) ausdrücklich in Abrede gestellt ist, habe ich mich doch noch der Aufgabe unterzogen, den Inhalt des Hodens und Nebenhodens mehrerer ganz frischer menschlicher Leichen daraufhin zu untersuchen. Ich bin zu dem Resultate gekommen, dass ich den von GIBBES an den menschlichen Spermatozoen beschriebenen Saum für ein Phantasiegebilde erklären muss. Es wäre an der Zeit, diese »Beobachtungen« von GIBBES, welche eine unverdiente Beachtung gefunden haben, endlich für abgethan zu betrachten.

Ein anderer »Spiralsaum« ist von W. KRAUSE (10, 11, 12) an den Spermatozoen einiger Säugethiere und auch des Menschen beschrieben worden. Derselbe soll sich als sehr zarter, schmaler Saum in, wie die beiden Abbildungen (11, 12) zeigen, unregelmäßigen, beträchtlich weiten Spiraltouren vom Kopfe ab an dem Verbindungsstück und Hauptstück bis gegen das Geißelende hin ziehen. Nach Behandlung des Stierhodens mit 1%iger Überosmiumsäure und der Zupfpräparate mit wässerigem Säurefuchsin, Alkohol, Nelkenöl und Dammarfirnis soll er sichtbar werden. Nach meinen Erfahrungen über die Darstellung derartiger zarter Saumbildungen an Spermatozoen ist nun die starke Aufhellung in Balsam, noch dazu bei der nur schwachen Fuchsinfärbung, sehr wenig geeignet. In den »Nachträgen« (11) empfiehlt W. KRAUSE auch nur die Untersuchung in Wasser nach Osmiumsäurezusatz ohne Färbung. Je leistungsfähiger das Mikroskop, um so weiter soll man den Saum nach dem spitzen Ende des Schwanzes hin verfolgen können. Nach Allem unterscheidet sich mithin dieser Saum sehr wesentlich von der einseitig angehefteten undulirenden Membran der Tritonenspermatozoen und von der aus engen regelmäßigen Touren bestehenden Spiralbildung am Verbindungsstück der Säugethiere. Es ist mir daher nicht recht verständlich, dass W. KRAUSE den von ihm selbst beschrie-

benen Saum mit den genannten Bildungen zusammenwerfen und identificiren kann. Vor Allem kann derselbe nicht der mit Randfaden versehenen Membran der urodelen Amphibien gleichgesetzt werden, wie es von dem genannten Autor geschieht.

Dieser KRAUSE'sche Saum ist nun weder von A. v. BRUNN und G. RETZIUS, noch neuerdings von JENSEN bestätigt worden. Auch ich habe mich vergeblich bemüht, denselben zu sehen und bin ich zu der Überzeugung gekommen, dass der KRAUSE'sche Spiralsaum¹ nicht vorhanden ist. Da ich für meine Untersuchungen die besten Linsen benutzte und mit Methoden arbeitete, welche mich ähnlich zarte und äußerst vergängliche Bildungen leicht auffinden ließen, wie z. B. den Saum an der Geißel mancher Knochenfische (29), so glaube ich, dass mir der KRAUSE'sche Saum wohl kaum hätte entgehen können, wäre er vorhanden gewesen. Ich vermuthete, dass die oben beschriebene Spiralbildung der Hülle, auf welche W. KRAUSE bei der Beschreibung seines Saumes ja auch wiederholt Bezug nimmt, obwohl sie etwas ganz Anderes darstellt, im Verein mit kleinen der Geißel anhaftenden plasmatischen Tröpfchen diesem Autor die Veranlassung zu seiner Deutung gegeben hat. Derartige kleine Tröpfchen habe ich bisweilen sogar dem Endstück anhaftend gesehen (4). In dieser Vermuthung werde ich noch dadurch bestärkt, dass W. KRAUSE in seiner Mittheilung in der »Internationalen Monatsschrift« (12) hervorhebt, dass sein Saum an den noch nicht ganz reifen Gebilden sichtbar sei.

Der von LEYDIG (13) an dem Verbindungsstück der Samenkörper aus dem Hoden der Hausmaus erwähnte und dargestellte »Spiralsaum« endlich ist identisch mit der oben beschriebenen Spiralbildung der Hülle im Verbindungsstück des Hodenelementes.

Achsenstrang.

Dieses Gebilde, welches zuerst von EIMER (2) bei Chiropteren gesehen und von A. v. BRUNN (22) »Achsenfaden« bei anderen Säugethieren näher untersucht wurde, durchsetzt die Geißel kontinuierlich von Anfang bis zu Ende und wird auf der Strecke des Verbindungsstückes und Hauptstückes von den beschriebenen Hüllen umgeben; am

¹ BRASS scheint diesen Saum nach eigener Phantasie noch vergrößert und verbessert zu haben (Dr. ARNOLD BRASS, Göttingen, Tafeln zur Entwicklungsgeschichte und topographischen Anatomie des Menschen, Leipzig 1890); die beiden Abbildungen in Fig. 9 auf Taf. XII seines Bildwerkes stellen wahre Monstra von Geißelbildungen dar. Derartige Willkürlichkeiten dürften, besonders in einem Werke, welches Lehrzwecken dienen soll, nicht zu rechtfertigen sein, abgesehen davon, dass der Verfasser in seiner Vorrede versichert, dass die Zeichnungen »mit peinlichster Gewissenhaftigkeit« ausgeführt seien.

Ende des Hauptstückes tritt es, wie A. v. BRUNN (22) nachgewiesen hat, als feiner Endfaden (»Endstück« nach G. RETZIUS) frei hervor (vgl. über diesen letzteren Abschnitt 1). Bei manchen Säugethieren lässt sich dieser axiale Faden schon an dem ganz frischen Spermatosom aus dem Nebenhoden in Gestalt einer feinen hellen Linie erkennen.

Es ist mir nun bei allen von mir untersuchten Säugethieren gelungen, diesen Achsenfaden auf mehr oder weniger große Strecken hin, sowohl im Bereiche des Verbindungsstückes, wie auch des Hauptstückes, bisweilen sogar in ganzer Ausdehnung, isolirt zur Anschauung zu bringen. Es geschah dies vermittels der Fäulnismaceration mit nachfolgender Färbung (siehe oben p. 240). Durch dieselbe wird zuerst die Hülle im Hauptstück, dann auch im Verbindungsstück aufgelöst, während der Achsenfaden der Maceration lange widersteht und eine große Resistenz zeigt. Der isolirte Achsenfaden stellt einen glatten Faden dar, welcher sehr elastisch biegsam ist und sich gegen sein hinteres Ende hin allmählich verjüngt. Derselbe färbt sich mit Gentianaviolett nur schwach, wenn auch deutlich, während die Hülle und deren Reste mit diesem Farbstoff eine intensivere, besonders im Verbindungsstück dunkel violette Färbung annehmen; schon hierdurch lassen sich die beiden Substanzen im Präparate leicht von einander unterscheiden (Taf. XV, Fig. 86—90). Die Dicke des Achsenfadens steht in einem gewissen geraden Verhältnis zu der Größe und Länge der Spermatozoen, nicht aber zu der Ausbildung der Hülle. Manche Spermatosomen von mittlerer Länge, z. B. die von *Rhinolophus*, besitzen eine relativ sehr dünne Hülle, während der feine Achsenfaden viel kleinerer Spermatosomen (*Vesperugo noctula* und *pipistrellus*) von einer außerordentlich dicken Hülle umgeben ist.

In einer früheren vorläufigen Mittheilung (18) habe ich nun bereits von einem eigenthümlichen Strukturverhältnis berichtet, welches ich an dem Achsenfaden der Säugethiere aufgefunden habe. Es gelang mir nämlich an dem noch nicht ausgebildeten Spermatosom aus dem Hoden, wie auch an den reifen Spermatozoen aus dem Nebenhoden, und zwar an den letzteren durch Einwirkung der Fäulnismaceration, eine exquisit feinfaserige Struktur nachzuweisen. Die betreffende Stelle meiner Abhandlung (18, p. 366, 367) lautet: »Unterwirft man frische Hodenflüssigkeit der Ratte einer sorgfältigen Untersuchung, so findet man hier und da Spermatozoen, an welchen der Achsenfaden des Verbindungsstückes auf Strecken der zierlichen Querriffelung entbehrt und hier, bisweilen sogar noch bei theilweise erhaltener Querriffelung, nicht selten in zwei scharf hervortretende Fäden gespalten ist. Besonders trifft man diesen Zerfall im unteren Theile des

Verbindungsstückes, dort, wo sich auch an den entwickelten Spermatozoen aus dem Nebenhoden häufig dieselbe Erscheinung zeigt. Einige Male sah ich nun jede dieser Fasern deutlich wieder in zwei Fäden zerfallen, so dass hier im Ganzen vier feinere Fäden vorlagen. Auch in der frisch untersuchten Hodenflüssigkeit des Schafbocks und anderer Säugethiere fand ich sehr häufig ganz genau dasselbe und sah ich hier bisweilen die beiden Fäden des Achsenstranges im Verbindungsstück der ganzen Länge nach getrennt.»

»Die schönsten, einwurfsfreien Resultate erhielt ich schließlich durch energische Maceration der entwickelten Elemente aus dem Nebenhoden. Es gelang mir an den Spermatozoen der Ratte und auch anderer Säugethiere, auf den größten Theil des Verbindungsstückes und auf die ganze Strecke des Hauptstückes hin den Achsenfaden völlig zu isoliren. Häufig war nun dieser isolirte Faden auf der Strecke des Hauptstückes in zwei Fäden auf größere Strecken zerfallen, von denen sich nicht selten lange feinste Fibrillen der Länge nach ablösten. Auch im Verbindungsstück traf ich die beiden Fäden wieder an, die an Spermatozoen aus dem Hoden gesehen wurden. Auch hier zerfielen diese beiden Fäden des öftern in feinste Fibrillen. Einmal sah ich sogar den ganzen oberen Theil des Achsenfadens im Verbindungsstück, gleich einem Bündel biegsamer Ruthen, in sieben isolirte feinste Fibrillen zerspalten.»

Auf Taf. XIV und XV der vorliegenden Arbeit habe ich nun einige Befunde dargestellt, welche den angeführten Mittheilungen zu Grunde lagen. Ich will bei dieser Gelegenheit nicht unterlassen, zu erwähnen, dass ich gerade vom faserigen und fibrillären Zerfall des Achsenstranges bei Säugethieren eine große Anzahl von Zeichnungen bewahre, welche oft recht wunderlich aussehende, wenn auch leicht erklärliche Bildungen darstellen. Indessen kann ich auf die Publikation einer größeren Anzahl derselben verzichten, nachdem ich in meiner Monographie über die Spermatozoen der Vögel (25) auf Taf. XV—XVIII diese eigenthümlichen Zerfallstadien und das charakteristische Aussehen der Elementarfibrillen hinreichend zur Darstellung gebracht habe; denn es gleichen sich, so weit sich bis jetzt urtheilen lässt, wie ich auch hier betonen möchte, die von mir aufgefundenen »Elementarfibrillen« in allen von mir untersuchten Thierklassen vollkommen.

Fig. 46, 48—50, 82—85 auf Taf. XIV und Fig. 94 auf Taf. XV sind nach Hodenpräparaten gezeichnet. Fig. 46 und 48—50 stammen aus einem Hodenpräparat vom Maulwurf (*Talpa europaea* L.), welches einige Stunden in 0,80/oiger Kochsalzlösung unter dem Deckglase gelegen

hatte. Die Spiralhülle im Verbindungsstück ist aufgelöst und völlig verschwunden, so dass der Achsenfaden (*A'*) frei liegt; derselbe zeigt sehr deutlich eine Spaltung in zwei fadenartige Hälften.

Die Fig. 82, 83 zeigen dasselbe vom Hengst, Fig. 84, 85 vom Schweine, Fig. 94 vom Schafbock, nach Zusatz von verdünntem Glycerin zu dem Präparat und nach schwacher Tinktion mit Gentianaviolett; der mehr oder weniger isolirte Achsenstrang lässt eine Trennung in zwei Fäden erkennen. In Fig. 84 hat sich außerdem noch von der einen Hälfte eine feinste Fibrille abgelöst, welche sich im Präparat zwischen den beiden Fäden befand.

Fig. 86—90 entstammen Präparaten aus dem Nebenhoden der Ratte, nachdem derselbe 16—22 Tage in Wasser macerirt hatte. Diese Zeichnungen, wie auch alle anderen, habe ich mich bemüht, mit größter Naturtreue anzufertigen. Die Hülle im Verbindungsstück ist stellenweise ausgebröckelt, so dass der blass gefärbte Achsenfaden sichtbar geworden ist. In Fig. 89 ist derselbe etwas unterhalb der Mitte des Verbindungsstückes in zwei Hälften gespalten. In Fig. 90 ist der vordere Theil des Verbindungsstückes abgebrochen und ein frei hervorstehender Theil des Achsenstranges in mehrere Fasern zerlegt, die wie ein Bündel Ruthen von einander abstehen. Noch auf eine längere Strecke sind die Fasern, sieben an der Zahl, in Fig. 87 von einander getrennt. Höchst wahrscheinlich ist auch hier der vorderste Theil des Achsenfadens mit dem Endknöpfchen abgebrochen, da die Fasern sonst in dem Endknöpfchen vereint zu bleiben pflegen. In meiner ersten Mittheilung (48) habe ich nicht besonders darauf aufmerksam gemacht, dass in diesen Präparaten die Fasern nicht alle die gleiche Dicke besaßen, vielmehr einige davon merklich dicker waren, so dass man annehmen musste, dass sich dieselben noch aus feineren Fibrillen zusammensetzten. Es ist mir inzwischen gelungen, eine noch größere Anzahl von Fasern und Fibrillen bei der Ratte isolirt zur Darstellung zu bringen; ich werde hierauf sogleich zurückkommen.

Die in Fig. 86—90 dargestellten Präparate beanspruchen dadurch noch eine besondere Wichtigkeit, dass sie auch einen faserigen Zerfall des Achsenstranges auf der Strecke des Hauptstückes zeigen. In Fig. 86 ist der Achsenstrang in diesem Abschnitt nur erst theilweise isolirt und an einer Stelle in zwei Hälften gespalten. Auch in Fig. 90 ist die Hülle noch zum Theil erhalten, der Achsenstrang im oberen Theile des Hauptstückes aber bereits in vier ungleich dicke Fädchen getheilt. In Fig. 87, 88, 89 ist der Achsenstrang von seiner Hülle, die sich aufgelöst hat, vollständig befreit. In Fig. 87 zeigt er eine Trennung in zwei Hälften, in Fig. 88 und 89 in ganzer Länge eine Auffaserung in drei ungleich

dicke, frei flottirende Fädchen; zwei derselben sind äußerst fein und können vielleicht als Elementarfibrillen angesprochen werden. In Fig. 88 zeigt das dickere Fädchen an zwei Stellen wiederum eine Spaltung in zwei Hälften, so dass auch hier schon vier Fasern festzustellen sind. In Fig. 89 sind die isolirten Fädchen nicht von gleicher Länge, vielmehr sind die Fibrillen merklich kürzer, als der dickere Faden. Diese Ungleichheit in der Länge, welche nur selten beobachtet wurde, ist wohl bestimmt durch die Einwirkung der Maceration zu erklären: es sind eben die hinteren Enden der isolirten feinen Fädchen derselben schon anheimgefallen und aufgelöst. Auf die lange Einwirkung der Maceration ist jedenfalls auch die Weichheit der unregelmäßig hin und her gebogenen Fibrillen zurückzuführen.

Durch diese Beobachtungen ist mithin die fibrilläre Struktur des Achsenfadens im Hauptstück und Verbindungsstück bewiesen¹. Es ist mir nun allerdings bei den Säugethieren nicht gelungen, den Achsenfaden in seiner ganzen Ausdehnung in Fibrillen zu zerfallen, in so übersichtlicher Weise, wie ich es an den Spermatozoen der Vögel (25) darstellen konnte; die Hülle des Achsenfadens ist bei den Säugethieren eben zu resistent und setzt dieser Untersuchung zu große Hindernisse entgegen. Dass aber auch hier, wie bei den Vögeln, alle die Fibrillen, welche im Verbindungsstück beobachtet werden, sich kontinuierlich durch die ganze Länge des Hauptstückes erstrecken, dürfte schon daraus hervorgehen, dass ich niemals in der Kontinuität des Achsenstranges frei von demselben absteigende Fibrillenenden angetroffen habe.

Wenn man mit diesen Befunden den von mir nachgewiesenen feinfädigen Zerfall des Endstückes (4) zusammenhält, so dürfte die von mir in meiner ersten Mittheilung (18, p. 367) aufgestellte These hinreichend bewiesen sein, dass »der Achsenfaden aus zwei neben einander liegenden, durch Kittsubstanz verbundenen

¹ Wie ich in meiner früheren Mittheilung (48) bereits erwähnt habe, kann man schon in dem frischen Sperma aus dem Nebenhoden der Ratte nicht selten den fibrillären Bau des Achsenfadens feststellen. Man findet nämlich hier und da, wenn auch nicht bei allen Individuen, Spermatozoen, an welchen auf eine kleine Strecke der Achsenfaden frei liegt und hier in Fasern zerlegt ist. Die Stelle liegt ganz konstant am hinteren Ende des Verbindungsstückes an der Grenze gegen das Hauptstück hin. Es hängt diese Erscheinung jedenfalls damit zusammen, dass an dieser Stelle die Hülle, wie schon JENSEN erwähnt, längere Zeit unvollständig bleibt, so dass hier an dem noch nicht ausgereiften Element eine Lücke besteht, welche erst kurz vor der definitiven Reife undeutlich wird. An dieser Stelle trifft man nicht zu selten eine oder beide Hälften des Achsenstranges in bisweilen zahlreiche, meist durch einander gewirrte Fasern und Fibrillen zersplittert. In allerdings seltenen Fällen sind lange, frei flottirende Fäden sogar aus der Hülle des Hauptstückes, wie aus einer Hülse, herausgezogen.

Bündeln aus feinsten Elementarfibrillen besteht, welche letzteren, wiederum durch Kittsubstanz mit einander verbunden, die ganze Spermatozoengeißel kontinuierlich von dem Anfange bis zu dem Ende des Achsenfadens durchsetzen«.

Dieser faserige und fibrilläre Bau des Achsenstranges wurde außer bei der Ratte noch bei zahlreichen anderen Säugethieren von mir festgestellt, so bei *Vesperugo noctula*, *Rhinolophus*, dem Maulwurf, Hengst, Schwein, Stier, Schafbock, Fischotter, Hund u. a. m.

Durch den Nachweis einer fibrillären Struktur des Achsenstranges gewinnt nun die von mir oben mitgetheilte, an den Spermatozoen von *Vesperugo noctula* und *pipistrellus* gemachte Beobachtung sehr an Bedeutung; aus derselben ging hervor, dass dem Achsenfaden unzweifelhaft Kontraktilität innewohnt. Denn hierdurch ist bewiesen, dass auch an den Spermatozoen der Säugethiere der kontraktile Theil des Elementes sich aus feinsten Elementarfibrillen zusammensetzt, welche das kontraktile Organ von Anfang bis zu Ende kontinuierlich durchsetzen und sich im Übrigen genau so verhalten, wie es von mir an den kontraktilen Theilen der Samenelemente der Vögel (25), Reptilien, Amphibien und Fische (29), wie auch der Wirbellosen (30) nachgewiesen ist. Auf die Tragweite dieser That-sachen für die Lehre von den kontraktilen Substanzen habe ich an anderer Stelle (31) schon genügend hingewiesen und kann ich hier nicht weiter darauf eingehen.

Die beiden Hälften, in welche sich, wie oben ausgeführt, der Achsenstrang im Verbindungsstück des noch nicht ausgebildeten Hodenelementes so leicht spaltet, sind nun schon an den ausgereiften, völlig unversehrten Spermatosomen aus dem Nebenhoden von *Rhinolophus Ferrum equinum* K. u. Blas. sichtbar und anscheinend von einander getrennt. Untersucht man die Elemente aus dem Nebenhoden dieses Chiropters nach Fixirung durch Osmiumsäuredämpfe (Taf. XIII, Fig. 29), so erkennt man bei Flächenansicht des abgeplatteten Kopfes, dass der vordere Theil der Geißel, welcher von dem Kopfe durch einen schmalen Hals getrennt ist, von zwei dunklen fadenartigen Linien gebildet wird, welche zwischen sich einen länglichen hellen, nach hinten sich verschmälernden Raum fassen. Nach hinten hin konvergiren diese Linien allmählich, so dass der helle Raum zwischen denselben verschwindet. Die Kontouren dieser dunklen Linien sind nun meist nicht glatt, sondern durch Verdickungen etwas rauh, bisweilen sogar deutlich quergeriffelt. Durch Zusatz von Sublimatlösung tritt diese Quer-

riffelung noch deutlicher hervor, während die dunklen Linien an Schärfe der Begrenzung verlieren und auch der helle Raum sich verkleinert. Besonders gegen den Hals hin markiren sich am Ende dieser Linien zwei dunklere knötchenartige Punkte (Fig. 29, 30, 34 *gg*). Bei Konservirung in Glycerin indessen wird die Querzeichnung fast ganz unsichtbar, während die Fäden sehr scharf hervortreten (Fig. 30). Bei Kantenstellung des Kopfes erscheint dieser Abschnitt der Geißel deutlich schmaler, und statt des breiten hellen Raumes ist nur eine sehr feine helle Linie wahrzunehmen. Nach hinten hin grenzt sich, wie oben bereits erwähnt, das abgeplattete Verbindungsstück nur sehr undeutlich ab, so dass es allmählich in das Hauptstück überzugehen scheint. In der Nähe der Grenze findet sich an dem Verbindungsstück oft eine kugelige Protoplasmamasse (Fig. 29). Auf den ersten Blick macht es nun den Eindruck, dass die beiden dunklen Linien den zweien vorn von einander getrennten fadenartigen Hälften des Achsenstranges entsprechen. Es ist dies auch in der That der Fall und ist nicht etwa der helle Raum als optischer Ausdruck des Achsenfadens oder eines Lumens desselben aufzufassen. Denn in Macerationspräparaten ist es mir gelungen, die beiden Fäden von einander getrennt zu sehen (Fig. 35). Auch in einfachen Deckglas-Trockenpräparaten, welche in der Weise hergestellt waren, dass mit 0,75 %iger Kochsalzlösung verdünntes, zuvor nicht fixirtes Sperma langsam angetrocknet und sodann mit Safranin gefärbt wurde, traf ich mehrmals Spermatozoen, an welchen sich die intensiv gefärbten Fäden von einander abgelöst hatten (Fig. 33, 34). Auffällig ist nur, dass diese Trennung schwer erfolgt, und daher selten beobachtet wird. Es erklärt sich dies wohl hauptsächlich dadurch, dass jeder Faden von einer Hülle umgeben ist, welche sich auch in den Raum zwischen den beiden Fäden erstreckt. Möglich auch, dass die beiden fadenartigen Hälften des Achsenstranges noch unter sich durch ein schmales Zwischenband mit einander zusammenhängen, obgleich ich hiervon an den isolirten Fäden nichts wahrnehmen können. Auch diese Hülle, welche allerdings nur eine geringe Dicke besitzt, entbehrt nicht einer spiraligen Struktur, wie die regelmäßigen Verdickungen zeigen. Dass die Hülle sich auch über den Spaltraum erstreckt, geht daraus hervor, dass in Deckglas-Trockenpräparaten, welche mit Gentionaviolett gefärbt sind, die helle Mittellinie zuerst verschwunden ist und der vordere Theil der Geißel ziemlich gleichmäßig gefärbt erscheint. Nur wenn die Färbung abblasst, erscheinen die beiden Fäden wieder. Bei der zarteren Safraninfärbung treten dieselben von Anfang an um Vieles deutlicher hervor.

Diese schon früher (48) aphoristisch von mir mitgetheilten Beob-

achtungen über einen fibrillären Bau des Achsenstranges bei den Säugethieren sind inzwischen von NIESSING (8) (für Ratte und Stier) und von JENSEN (17) (für die Ratte) bestätigt worden. Beide Beobachter haben durch Zusatz von 4%iger Essigsäure zu den Hodenpräparaten die Fibrillen des Achsenstranges darstellen können. Dass FÜRST (7) bei seinen Untersuchungen diese Struktur nicht hat beobachten können, nimmt mich nicht Wunder; denn so ohne Weiteres, noch dazu an Spirituspräparaten, ist dieselbe nicht sichtbar.

Bei der Nachprüfung der Beobachtungen JENSEN's habe ich auch die Essigsäure in Anwendung gezogen; ich muss sagen, dass dieselbe ein ganz ausgezeichnetes Mittel ist, um die fibrilläre Struktur des Achsenstranges im Verbindungsstück zu demonstrieren. Übt man, nach Zusatz von 4%iger Essigsäure zu dem Hodenpräparat, wie JENSEN empfiehlt, einen Druck auf das zuvor fixirte Deckgläschen aus und färbt man dann mit Gentianaviolett, so ist fast ausnahmslos an allen Spermatozoen der Achsenstrang in Fasern zerlegt; häufig bilden dieselben zierliche Schleifen oder sind zu unregelmäßigen Knäueln zusammengewirrt, wie es JENSEN in hübscher Weise abgebildet hat (17, Taf. XXIII, Fig. 30, 32, 33; Taf. XXIV, Fig. 39). Ich konnte meist neun Fasern zählen, mehrmals jedoch noch einige mehr. Auch dann noch zeigten die Fädchen ungleiche Dicke, so dass noch eine weitere Zusammensetzung der dickeren Fasern aus feineren Elementen wahrscheinlich ist. Das Aussehen dieser Fibrillen, ihre Feinheit, Elasticität und Biegsamkeit ist genau dieselbe, wie ich sie bei anderen Thieren, z. B. den Vögeln (25) und Insekten (30) bereits genauer beschrieben habe. Immer sind diese Elementarfibrillen bei dieser Behandlung im Endknöpfchen und am Anfang des Hauptstückes, in welches letztere sie eintreten, vereinigt. Alle Fasern und Fibrillen erstrecken sich also ohne Unterbrechung von dem Endknopf bis zum Hauptstück; frei hervorstehende Fibrillenenden werden niemals angetroffen, es müsste denn sein, dass eine Fibrille einmal zufällig zerrissen ist, was selten vorkommt. Die beiden feinsten Fibrillen in Fig. 39 auf Taf. XXIV des JENSEN'schen Werkes (17) sind daher wohl nur aus dem Grunde von diesem Autor frei endigend gezeichnet, weil er den weiteren Verlauf derselben ihrer äußersten Feinheit wegen im ungefärbten Präparat nicht wahrnehmen konnte. Die Fibrillen in dem Hauptstück weiter zu verfolgen und auch hier zu isoliren, ist weder JENSEN noch NIESSING gelungen; denn die resistente Hülle dieses Abschnittes widersteht der Einwirkung der Essigsäure und verhindert dadurch eine weitere Zerfaserung des Achsenstranges.

JENSEN erwähnt noch eine weitere Eigenthümlichkeit des Achsenstranges bei der Ratte, welche bei Zusatz von Essigsäure zu dem

Hodenpräparat hervortritt (17, p. 387), und welche darin besteht, dass nach Auflösung der Spirale in dem Achsenstrang im Bereiche des Verbindungsstückes ein Lumen sichtbar wird.

Auch diese Mittheilung JENSEN's habe ich einer Nachprüfung unterworfen. Bei Zusatz von Essigsäure zu dem Hodenpräparat findet allerdings eine Verbreiterung des Achsenstranges statt; die Kontouren desselben treten als dunkle Linien sehr scharf hervor, wie JENSEN es auf Taf. XXII, Fig. 10 und 11 abbildet. Diese Linien sind meist so scharf begrenzt und heben sich so sehr von der hellen breiten Mittellinie ab, dass man geneigt sein könnte, dieselben für die beiden parallel neben einander liegenden, ein wenig von einander getrennten Fibrillenbündel zu halten. Es ist dies auch häufig der Fall, wenn sich die eine Linie aus ihrem geraden Verlaufe etwas seitlich abgelenkt hat. Da die Linien aber Anfangs, bevor diese wirkliche Zerspaltung eintritt, stets parallel neben einander liegen und diese parallele Lagerung in ganzer Ausdehnung des Verbindungsstückes auch bei einer im Präparat hervorgerufenen, nicht zu starken Bewegung bewahren, kann diese Erscheinung nur darin begründet sein, dass im Achsenstrang eine Rindenschicht von einem hellen Inneren scharf abgegrenzt ist; die beiden parallelen dunklen Linien stellen den optischen Längsschnitt durch die Rinde dar. Die volle Gewissheit nun, dass der Achsenstrang in der That röhrenförmig ist, erhielt ich aus dem Querschnittsbild solcher Achsenfäden, welche noch einem um ein Geringes früheren Entwicklungsstadium angehörten. Es sind die von der Spirale befreiten Achsenfäden dann noch nicht so elastisch geworden, wie später, erscheinen vielmehr weich und nachgiebig und meist unregelmäßig hin und her gebogen. Auf solchen Strecken nun, welche genau vertikal gestellt waren, erschien der optische Querschnitt in Gestalt eines dunklen Ringes, welcher ein helles Lumen umgiebt. Es ist mir sogar gelungen, die helle Innenmasse durch Färbung sichtbar zu machen. Wie oben angeführt, spaltet sich der röhrenförmige Mantel bei weiterer Essigsäure-Einwirkung leicht in zwei, dann fadenartig erscheinende Hälften. Wandte ich nun mit Gentianaviolett versetzte Essigsäure an, so erkannte ich an Stellen, wo die Trennung noch nicht zu weit vor sich gegangen war, zwischen den beiden Fäden eine sehr schwach violett gefärbte, wenig deutlich kontourirte, sehr zarte Masse, welche kontinuierlich in den hellen Inhalt des noch nicht gespaltenen Theiles des Achsenfadens überging. Es wird der Achsenfaden der noch nicht reifen Spermatozoen mithin von einer Rindenschicht und einer davon umschlossenen Inhaltsmasse gebildet. Die Inhaltsmasse quillt durch Essigsäurezusatz auf und treibt dadurch die Rinde aus einander. Mit

fortschreitender Reife des Spermiosoms scheint die Quellbarkeit nachzulassen oder ganz aufzuhören.

Diese letzteren Mittheilungen gelten für die noch nicht entwickelten Samenkörper der Ratte. Ob aber in den Achsensträngen der ausgebildeten Spermatozoen ein Lumen vorhanden ist, lasse ich dahingestellt; jedenfalls ist es, wenn vorhanden, wohl nur noch sehr gering. Ob ferner die Deutung, welche JENSEN (17) dem hellen, im Anfangsstück der Geißel bei der Ratte sichtbaren Streifen gegeben hat, auch für das ausgereifte Spermiosom dieses Thieres Geltung hat, scheint mir zweifelhaft. In meiner ersten Mittheilung (18) habe ich gesagt, dass diese längliche hellere Stelle, die ihrem Aussehen nach an ein Nadelöhr erinnert, dadurch hervorgerufen wird, dass die beiden Fibrillenbündel des Achsenstranges ein wenig auf eine kurze Strecke von einander abrücken. In mit Genthianaviolett tingirten Deckglas-Trockenpräparaten von Macerationen sehe ich nämlich, dass an dieser Stelle der von der Hülle befreite Achsenstrang unterhalb des Endknöpfchens auf eine kurze Strecke in zwei sehr scharf hervortretende Fäden aus einander geht, welche durch einen schmalen hellen Spalt von einander getrennt sind. Wenn diese helle Stelle, wie JENSEN will, einfach durch eine Ausbuchtung des Lumens entstände, so könnte in den gefärbten Deckglas-Trockenpräparaten nicht ein so scharf begrenzter, heller, ungefärbter Raum hier sichtbar werden.

Auch das lasse ich noch unentschieden, ob ein Lumen sich bei den anderen Säugethieren in den unentwickelten und den ausgereiften Spermatozoen wird nachweisen lassen; auch dürfte dieser Nachweis für die kleineren Spermatozoenformen sehr schwierig sein. Jedenfalls kann die röhrenförmige Beschaffenheit des Achsenstranges nicht als sehr wesentliches Strukturverhältnis betrachtet werden, da dieselbe manchen Formen fehlt, wie ich an dem aus zwei neben einander liegenden Fäden bestehenden vorderen Theil der Geißel von *Rhinolophus* gezeigt habe.

Im Übrigen muss ich das von JENSEN gegebene Querschnittsschema des Baues des Achsenstranges (17, Taf. XXIV, Fig. 43) für das noch nicht ganz ausgereifte Gebilde als zutreffend bezeichnen. JENSEN stellt sich danach den Bau des Achsenstranges folgendermaßen vor (17, p. 391): »Aus den Spaltungsbildern lässt sich mit Recht der Schluss ziehen, dass der mit Lumen versehene Achsenfaden (NB. des Hodenelementes), der übrigens ganz homogen aussieht, in Wirklichkeit aus mehreren, neben einander liegenden feineren Fasern zusammengesetzt ist. Die näheren Verhältnisse dieser Struktur fasse ich in folgender Weise auf. Die fibrilläre Zusammensetzung kommt der Wand des Achsenfadens

zu. Die letztere besteht erstens aus zwei Hälften, die mittels einer leicht löslichen Kittsubstanz verbunden sind. Denn nicht allein spaltet sich der Achsenfaden leicht der Länge nach in zwei gleich große Theile, sondern diese Hälften müssen auch sehr wohl gegen einander abgegrenzt sein; im entgegengesetzten Falle müsste man ja erwarten, dass sie, bei der Spaltung des Achsenfadens in zwei, öfters durch feinere, von der einen zur anderen Hälfte gehende Fasern zusammenhingen. Dies erinnere ich mich aber nicht beobachtet zu haben; wenigstens muss ein solcher Fall sehr selten sein¹. — Jede der beiden Hälften kann man sich weiterhin als aus mehreren größeren Theilen bestehend denken, welche die ganze Dicke der Wand des Achsenfadens einnehmen und ebenfalls mittels Kittsubstanz verbunden sind. Nicht so selten fand ich nämlich, dass der Achsenfaden in mehrere gröbere Fasern gespalten war, welche eben so dick als die Wand des Achsenfadens waren. Auch diese Theile sind ohne Zweifel gut gegen einander abgegrenzt; sie trennen sich indessen nicht so leicht, wie die Hälften in toto. Gewöhnlich sind jedoch die Theile oder Fasern, in welche sich jede Hälfte spaltet, viel dünner als die Wand des Achsenfadens, übrigens von verschiedener Feinheit, oft so fein, dass sie kaum zu erkennen sind. Ich muss dem zufolge annehmen, dass die einzelnen Abtheilungen jeder Hälfte wiederum aus einer Anzahl durch Kittsubstanz verbundener Fäserchen bestehen, welche wahrscheinlich alle von ganz außerordentlicher Feinheit sind; denn dass einige Fäserchen dicker als andere erscheinen, rührt gewiss nur daher, dass der Spaltungsprocess keineswegs gleichmäßig vor sich geht; in einigen Fällen ist derselbe weniger weit fortgeschritten, als in anderen, so dass mehrere der sehr feinen Fasern noch mit einander verbunden sind und machen dann dieselben den Eindruck einer einzigen dickeren Faser; es ist denn auch eine der gewöhnlichsten Erscheinungen, dass sich eine solche verhältnismäßig grobe Faser streckenweise in zwei oder mehrere dünnere Fasern spaltet. Ob ich wirklich die allerfeinsten Fibrillen des Achsenfadens beobachtet habe, ist zweifelhaft. Vielleicht repräsentiren die dünnsten von mir observirten doch Bündel von noch feineren Fibrillen.«

Diese Vorstellung deckt sich mit der von mir zuerst (18) gegebenen Schilderung. Die beiden Hälften der Wand entsprechen den von mir beschriebenen beiden Fibrillenbündeln. Auch über die Wahrscheinlichkeit einer weiteren Zusammensetzung der Elementarfibrillen sind die von mir z. B. bei den Vögeln (25, p. 445) gemachten Beobachtungen zu vergleichen.

¹ Auch nach meinen Erfahrungen wird dies nur selten beobachtet.

An dieser Stelle möchte ich eine Bemerkung einfügen über eigenthümliche doppelschwänzige Spermatozoen, welche ich in Deckglas-Trockenpräparaten, wenn auch nur in sehr seltenen Fällen, z. B. bei dem Schwein beobachtete (Taf. XIV, Fig. 76). Der Kopf dieser Gebilde ist merklich größer als der der gewöhnlichen Spermatozoen; an dem Hinterende derselben inseriren zwei Geißeln, die in dem gezeichneten Präparate nur im Verbindungsstück getrennt sind, hinten dagegen vereinigt oder, was wahrscheinlich ist, durch den Process des Eintrocknens nur mit einander verklebt sind. Ich habe derartige Formen auch mit zwei ganz freien, von einander getrennten Geißeln gesehen. Die Insertionsverhältnisse der beiden Geißeln waren nicht klar zu erkennen. Eine Verwechslung mit zwei, nur mit ihren Köpfen an einander gelagerten Spermatozoen ist in diesen Deckglas-Trockenpräparaten ausgeschlossen, weil derartige Zusammenlagerungen sofort durch die Färbung erkannt werden. Welche Bedeutung diese eigenthümlichen Gebilde haben, die wohl nur Monstrositäten darstellen, ob dieselben, was wahrscheinlich erscheint, in Verbindung zu bringen sind mit den von v. LA VALETTE ST. GEORGE, BOLLES LEE und mir (25, p. 451) beobachteten »Riesenspermatozoen« (v. LA VALETTE ST. GEORGE), das lasse ich dahingestellt.

Hals und Halsstück.

Wie oben (p. 229) von mir ausgeführt wurde, stößt an den Spermatozomen von *Vesperugo noctula* der vordere Rand des Verbindungsstückes nicht unmittelbar an den Hinterrand des Kopfes, sondern ist von dem letzteren durch eine breitere Lücke getrennt (Taf. XIII). In diese Lücke setzt sich der Achsenstrang fort, um sich mit einem Endknöpfchen¹ durch Vermittelung einer geringen Kittsubstanz, wie ich gezeigt habe, in einem Grübchen am Hinterrande des Kopfes festzuheften. Diese quere Spalte will ich als »Hals« bezeichnen, während ich den die Lücke durchsetzenden und hier entblößten Theil des Achsenstranges als »Halsstück« des Achsenstranges (»Hals« nach EIMER [2]) benennen möchte.

¹ F. HERMANN (Beiträge zur Histologie des Hodens. Archiv für mikr. Anatomie. Bd. XXXIV. 1889. p. 86, 87) hat dieses Endknöpfchen am Achsenfaden der Sägethierspermatozoen als besonderen Abschnitt unterschieden und mit dem Namen »Mittelstück« belegt, eine Bezeichnung, welche von SCHWEIGGER-SEIDEL ursprünglich dem jetzt als »Verbindungsstück« bezeichneten Abschnitt gegeben war. Diese Unterscheidung am ausgebildeten Spermatozom ist indessen keineswegs gerechtfertigt, da das Endknöpfchen immer einen integrierenden Bestandtheil des Achsenfadens selbst bildet. Auch ist dieses Endknöpfchen nicht identisch mit dem »Halsstück« des Achsenfadens.

Diesen bei den Chiropteren erhaltenen Befund glaubte ich in meiner ersten Publikation (18, p. 364) verallgemeinern zu dürfen, und habe ich dort erwähnt, dass im Halse der Säugethierspermatozoen der Achsenfaden stets frei zu Tage tritt. Bekanntlich ist der Spaltraum zwischen Kopf und Verbindungsstück, wie schon ältere Beobachter hervorgehoben haben, bei den einzelnen Säugethierarten sehr verschieden ausgebildet. Bei manchen, wie z. B. bei dem Stier (Taf. XIV, Fig. 77, 78; Taf. XV, Fig. 92) ist er sehr schmal, während er bei anderen sehr deutlich sichtbar ist und bei den Chiropteren (Taf. XIII) ja eine auffällige Breite erlangt.

JENSEN hat mich nun darauf aufmerksam gemacht, dass bei manchen Säugern überhaupt kein »Halsstück« des Achsenfadens vorhanden ist, dass vielmehr das Endknöpfchen hier zusammenfällt mit dem Ende des Verbindungsstückes. Dieser Forscher beruft sich hierbei auf Beobachtungen an der Ratte (17, p. 386): »Nach vorn endet der Achsenfaden mit einem weiteren Knöpfchen, das viel stärker lichtbrechend ist als der übrige Achsenfaden. Gerade hinter diesem Knöpfchen beginnt der Spiralfaden. Das Knöpfchen, das somit bei den Samenkörpern der Ratte für sich allein auch das vorderste Ende des ganzen Schwanzes bildet, findet sich bei den ganz frischen Elementen; dasselbe ist etwas stärker lichtbrechend — beim Herabschrauben des Tubus dunkler — als die Querstreifen. Durch Goldchlorid wird es eben so wenig gefärbt, wie der Achsenfaden selbst.

Mit diesem kleinen vordersten Stück hängt nun der Schwanz nicht unmittelbar mit dem Kopfe zusammen; zwischen letzterem und dem Knöpfchen findet sich in frischem Zustande konstant ein sehr kleiner Zwischenraum, der einem ähnlichen, aber größeren Zwischenraum bei den Samenkörpern des Pferdes und des Schafes entspricht, und ohne Zweifel wie dieser von einer durchsichtigen verbindenden Substanz eingenommen ist.«

Durch diese Bemerkung veranlasst, habe ich die Samenkörper der Ratte einer nochmaligen Untersuchung unterzogen, und kann ich nach den Befunden, welche ich an mit Anilinfarben tingirten Deckglas-Trockenpräparaten erhalten habe, den Worten JENSEN's für die Elemente der Ratte beistimmen. Bei nicht zu intensiver Färbung tritt das dunkel tingirte Endknöpfchen am Ende des Verbindungsstückes sehr deutlich hervor und wird von dem Hinterrande des Kopfes durch eine schmale hellglänzende Substanz getrennt, welche jedenfalls eine Kittsubstanz darstellt. Bei Maceration löst sich diese Kittsubstanz auf, so dass Kopf und Endknopf getrennt werden. Bei der Ratte ist also kein »Halsstück« vorhanden und wird der »Hals«, d. i. der schmale Raum zwischen Kopf

und Verbindungsstück, nur von der Kittsubstanz ausgefüllt. Es ist nun sehr wahrscheinlich, dass auch noch bei anderen Säugethieren das gleiche Verhalten besteht. So scheint mir auch bei dem Meerschweinchen, bei welchem die Geißel bekanntlich seitlich am Hinterrande des Kopfes inserirt, kein Halsstück nachweisbar zu sein.

Für bei Weitem die meisten von mir daraufhin untersuchten Säugethiere trifft dies Verhalten indessen nicht zu. JENSEN (17) allerdings behauptet das Gleiche auch von den Spermatozomen des Hengstes und des Schafbockes; ich werde hierauf sogleich zurückkommen.

In meiner vorläufigen Mittheilung (48, p. 365) hatte ich nun weiterhin ausgeführt, dass »das Halsstück vieler Säugethiere nicht ein einfacher Faden ist, sondern von zwei Fäden gebildet wird. An besonders günstigen Objekten, wie z. B. an den Spermatozoen des Ebers, sieht man, besonders wenn der Kopf abgefallen ist, dass aus dem Verbindungsstück zwei feine Fäden hervorkommen, welche gegen den Kopf hin etwas divergiren und von denen jeder mit einer dunklen, rauhen, knöpfchenförmigen Verdickung endigt. Mit dieser Verdickung befestigen sie sich am hinteren Ausschnitt des abgeplatteten Kopfes. Sehr deutlich sah ich diese beiden Fäden an fast allen noch nicht ganz ausgebildeten Spermatozoen aus dem Hoden des Schafbockes (Taf. XV dieser Arbeit, Fig. 91) und äußerst instruktiv an kopflosen Samenkörpern vom Maulwurf (Taf. XV, Fig. 96—99). Es waren hier die Fäden bisweilen nach entgegengesetzten Richtungen umgebogen und ließen sich meistens noch eine Strecke weit in das Verbindungsstück hinein getrennt verfolgen. Jeder Faden ist an der Spitze mit einem rauhen Knöpfchen versehen.«

Auch JENSEN erwähnt diese beiden Fäden an den Spermatozomen des Schafbockes, giebt denselben aber eine ganz andere Deutung (17, p. 443). »Zwischen Schwanz und Kopf sieht man, wie an den Samenkörpern des Pferdes eine deutliche, von einer ganz klaren Substanz eingenommene Zwischenpartie, die konstant vorkommt und auch bei den noch nicht entwickelten Samenkörpern des Hodens vorhanden ist. An jeder Seite ist dieselbe von einer feinen dunklen Linie begrenzt, die sich vom Umkreis des vorderen Schwanzendes in gerader Richtung bis an den Kopf erstreckt, und die ich nur als den optischen Ausdruck einer feinen Membran auffassen kann.

Die feinen Linien hat schon SCHWEIGGER-SEIDEL beobachtet; sie machen einen Theil seiner »Grenzschicht« aus; unwahrscheinlich ist es wohl auch nicht, dass die Membran sich weiter am Kopf und Schwanz fortsetzt.«

In einer Anmerkung sagt JENSEN (17, p. 444), dass man vielleicht

oder vielmehr wahrscheinlich ähnliche Linien an den Samenkörpern des Pferdes finden wird, dass er selbst hierüber aber keine Untersuchungen mehr anstellen konnte. JENSEN unterzieht sodann meine Mittheilung einer eingehenden Kritik. Da jede Bemerkung dieses äußerst sorgfältigen und gewissenhaften Beobachters die größte Beachtung verdient, habe ich es unternommen, diese recht schwierig zu entscheidende Frage einer erneuten Prüfung zu unterziehen, wenngleich ich derselben nur sehr wenig Bedeutung beilege. Um ein Urtheil über die bestehenden Differenzen zu ermöglichen, kann ich nicht umhin, die Ausführungen JENSEN's hier wörtlich zu citiren (17, p. 444):

»Wenn BALLOWITZ annimmt, dass das Endknöpfchen aus zwei neben einander liegenden Knöpfchen bestehe, so hat er vermuthlich ähnliche Bilder, wie ich von den Samenkörpern der Ratte, vor sich gehabt; nur hat man sich hierbei das eine Paar knöpfchenähnlicher Theile weg, oder mit dem anderen verschmolzen zu denken, so dass nur ein Paar »Knöpfchen« vorhanden sind. Die letzteren sind nun meiner Meinung nach nicht als zwei getrennte Theile aufzufassen und verweise ich in dieser Beziehung darauf, was ich früher (p. 390)¹ angeführt habe. Das

¹ JENSEN sagt hier: »Durch genauere Untersuchung entdeckte ich, dass das (End-)Knöpfchen bei den Samenkörpern der Ratte eigentlich aus zwei Partien, und zwar aus einer größeren vorderen, und einer kleineren hinteren besteht, die durch einen kleinen Zwischenraum von einander getrennt sind. Beide sind gleich stark glänzend und offenbar von sehr fester Beschaffenheit. Diese beiden Abschnitte fand ich dann auch bei den ganz frischen Samenkörpern wieder. An einem Präparat, das einen Tag lang in 10/0iger Essigsäure gelegen, kam mir ferner ein Fall vor, wo sich diese beiden Partien abermals in zwei neben einander liegende Theile getrennt zu haben schienen. Man darf jedoch kaum annehmen, dass jede Partie in der That wieder aus zwei besonderen Theilen bestehe. In diesem Falle würde die starke Verbindung mittels des Knöpfchens weniger leicht zu erklären sein. Die Sache ist dagegen in der Weise aufzufassen, dass die beiden Abschnitte des Knöpfchens ringförmig sind, und nur bei mittlerer Einstellung den Eindruck machen, als ob jede derselben aus zwei separaten Seitentheilen gebildet sei. In frischem Zustande haben sie einen kleineren Diameter und lassen dann keine Ringform erkennen. Ihre centrale Partie ist jedoch wohl unter allen Umständen von einer anderen Beschaffenheit als die peripherische.« Diese Beobachtungen JENSEN's sind gewiss richtig und liegt es mir fern, dieselben anzweifeln zu wollen. Indessen liegen bei der Ratte ganz besondere Verhältnisse dadurch vor, dass hier das Endknöpfchen zusammenfällt mit dem vorderen Ende des Verbindungsstückes. Ich gebe auch zu bedenken, ob nicht die hintere von JENSEN erwähnte Partie des Knöpfchens schon das Anfangsstück der Hülle des Verbindungsstückes ist, das häufig sehr resistent und von etwas anderem Aussehen als die übrige Hüllenmasse angetroffen wird (vgl. meine Bemerkung über »Schluss scheiben« p. 246). Die Gestalt des Endknopfes mag hier, vor Allem in seinem hinteren Theile, sehr wohl ringförmig sein, wenn ich auch glaube, dass in dem einen von JENSEN berichteten Falle durch die längere Einwirkung der Essigsäure schon eine Lockerung der beiden Fibrillenbündel im

knöpfchenartige Ende des Achsenfadens ist also weiter gewesen, so dass es das Aussehen hatte, als bestehe es aus zwei besonderen, neben einander liegenden Knöpfchen. Vielleicht ist dies nur einer Alteration zuzuschreiben, vielleicht können auch derartige Fälle in frischem Zustande vorkommen. Dabei ist auch die unmittelbar hinter dem Knöpfchen liegende Partie des dünnen Achsenfadens trichterförmig erweitert gewesen; das Lumen des Achsenfadens, welches sich sonst nicht zeigt, ist hier zum Vorschein gekommen und die Seitentheile dieser Partie sind dann als zwei divergirende Fäden erschienen; ja — und diese Annahme ist vielleicht die richtigere — die beiden Seitenhälften des Achsenfadens sind hier gänzlich von einander getrennt gewesen. Diese kleine Partie hinter den beiden scheinbaren Knöpfchen bildet nicht das »Halsstück«; letzteres liegt vor den vermeintlichen Knöpfchen, zwischen denselben und dem Kopf, und wird nicht vom Achsenfaden, sondern, wie vorerwähnt, von einer klaren, durch dunklere Linien eingefassten Substanz eingenommen. B. hat — ich kann mich dieses Gedankens nicht erwehren — die hinter dem Knöpfchen liegende Partie mit dem davorliegenden »Halsstück« oder dem obbenannten Zwischenraum verwechselt. Und die Ursache dieser Verwechslung liegt sicherlich darin, dass B. seine Aufmerksamkeit allzu sehr auf Samenkörper mit abgefallenem Kopf gerichtet, und somit nicht bemerkt hat, dass die hinter dem Knöpfchen liegende Partie keineswegs der Partie zwischen dem Schwanz und Kopf der intakten Samenkörper entspricht. Hierzu kommt, dass es wirklich den Eindruck macht, als ob sich zwei feine Fäden — die freilich nicht divergiren und auch nicht mit knöpfchenförmigen Verdickungen endigen — im Raume zwischen Kopf und Schwanz fänden, nämlich die erwähnten dunklen Linien, welche diese Zwischenpartie seitlich begrenzen. Diese Linien hat wahrscheinlich B. gesehen, dieselben als Fäden gedeutet, und mit den beiden Seitenhälften des Achsenfadens hinter dem Knöpfchen zusammengeworfen.«

Diesen Ausführungen JENSEN's kann ich nun nicht beistimmen, da mich meine erneuten Untersuchungen zu folgenden Resultaten geführt haben.

Zunächst kann ich mich nicht damit einverstanden erklären, dass »die kleine Partie hinter den beiden scheinbaren Knöpfchen nicht

Endknopf stattgefunden hat. Ich werde indessen nachweisen, dass bei anderen Säugern ganz bestimmt zwei Endknöpfchen vorhanden sind, und dass JENSEN nicht berechtigt ist, diese besonderen bei der Ratte vorliegenden, und hier vielleicht durch die absonderliche Gestalt des Kopfes hervorgerufenen Insertionsverhältnisse auch auf die übrigen Säugethiere zu übertragen.

das „Halsstück“ bildet, letzteres vielmehr vor den vermeintlichen Knöpfchen, zwischen denselben und dem Kopf liegt und nicht vom Achsenfaden, sondern von einer klaren, durch dunklere Linien eingefassten Substanz eingenommen wird«. Denn ich habe in meiner ersten Mittheilung (18, p. 364) den Begriff des »Halsstückes« des Achsenfadens dahin definirt, dass es den Theil des Achsenfadens bildet, welcher an dem vorderen Ende der Hülle des Verbindungsstückes frei hervortritt und den Hals durchsetzt, um sich mit dem Kopfe zu verbinden (cf. Vesperugo Taf. XIII). Dass JENSEN nun unter »Halsstück« den nur von der hellen Kittsubstanz eingenommenen Raum zwischen Endknopf und Kopf verstanden wissen will, kann ich nicht gut heißen. JENSEN wird in der Auffassung dieser Verhältnisse offenbar zu sehr geleitet von dem bei der Ratte erhaltenen Befunde, an deren Spermatozoen eben kein »Halsstück« in meinem Sinne nachweisbar ist.

Ferner muss ich hervorheben, dass die Untersuchungsmethode, welche JENSEN angewandt hat, für die Entscheidung dieser Fragen nicht sehr geeignet ist. Denn, frisch oder nach Fuchsinfärbung untersucht, ist die Substanz des Kopfes, besonders im hinteren Theile, so stark lichtbrechend, dass dadurch das oder die dem Hinterrande des Kopfes anliegenden Endknöpfchen verdeckt und völlig unsichtbar werden. Auch die Linien im schmalen Halse sind bei noch erhaltenem Kopfe dann so zart, dass sich ein Urtheil über deren Bedeutung schwer fällen lässt. Sodann erscheint meist das vorderste quer abgestutzte Ende des Verbindungsstückes stärker lichtbrechend, so dass hierdurch ein Endknopf vorgetäuscht werden kann. Dies wird in Hodenpräparaten um so leichter möglich, als sich hier bei Alteration der Spiralbildung von derselben vorn oft eine oder einige wenige stark lichtbrechende Spiraletouren am längsten erhalten (Taf. XIV, Fig. 82, 83, 84). So finde ich unter meinen älteren Notizen mehrmals die Angabe, dass sich gerade beim Hengst an Hodenpräparaten von der Spiralbildung häufig nur die erste Windung dicht unterhalb des Halses erhält in Gestalt eines dunklen Querriffels, der bisweilen fast kragenartig erscheint (vgl. auch meine Bemerkung über »Schluss Scheiben« des Verbindungsstückes p. 246). Ohne Zweifel hat JENSEN dies für den Endknopf des Achsenfadens gehalten (vgl. seine Taf. XXIV, Fig. 45—55 *Kn*, Hodenelemente vom Hengst). Auch der Achsenfaden setzt sich nach den älteren Zeichnungen, welche ich besitze, und welche gleichfalls von Hodenpräparaten des Hengstes angefertigt wurden (Taf. XIV, Fig. 82, 83), im Halse mit zwei Fädchen fort, um am Kopfe mit den Endknöpfchen zu enden. Diese beiden Endknöpfchen, welche oft deutlich getrennt sind, werden

aber erst an den Geißeln deutlich sichtbar, von welchen der Kopf abgefallen ist (Fig. 83).

Ich habe nun eine Methode gewählt, welche zur Entscheidung dieser Frage sehr geeignet ist und Resultate liefert, die meiner Ansicht nach keine andere Deutung zulassen. Ich fertigte nämlich von frisch durch Osmiumsäuredämpfe fixirtem Material Deckglas-Trockenpräparate an, welche entweder nur schwach mit Gentianaviolett oder Safranin gefärbt oder nach intensiver Färbung längere Zeit dem Licht ausgesetzt wurden, bis ein gewisser Grad von Entfärbung eingetreten war; das Letztere ist vorzuziehen. Alsdann ist der Anfangs intensiv tingirte Kopf wieder etwas verblasst, meist bis auf die beiden hinteren Kanten und den dazwischen liegenden intensiv gefärbten Endknopf. Man kann daher die Lage des letzteren und damit das vordere Ende des Achsenfadens ganz genau bestimmen. Es ist selbstverständlich, dass in diesem Sinne nicht alle Präparate gelingen und die zu beschreibenden Verhältnisse durchaus nicht an jedem Spermatozoenkopf deutlich werden.

So stellen Fig. 77 und 78 zwei Köpfe aus dem Nebenhoden des Stieres mit dem vorderen Theil der Geißel aus einem mit Gentianaviolett gefärbten Deckglas-Trockenpräparate dar. Der sehr schmale Hals (cf. auf Taf. XV, Fig. 92) und die vordere Grenze (*g*) der Hülle des Verbindungsstückes sind sichtbar. Am hinteren Rande des Kopfes sind nur die beiden Ecken und dazwischen ein scharf hervortretender Punkt intensiv gefärbt. Der letztere, unzweifelhaft der Endknopf, setzt sich mit dem Verbindungsstück durch eine im Halse befindliche, in Folge der Schmalheit desselben allerdings schwer sichtbare Linie, das beim Stier äußerst kurze Halsstück des Achsenfadens, in Verbindung. Am isolirten Kopf fehlt der dunkle Punkt, weil sich die Geißel stets mit ihrem Endknopf ablöst; dafür ist der kleine Ausschnitt am hinteren Kopfrande, in welchen sich der Endknopf hineinlegt, um so deutlicher (Fig. 79).

Fig. 69 entstammt einem Deckglas-Trockenpräparate aus dem Sperma des Nebenhodens vom Schafbock. Im Halse (*Hl*) sind zwei durch einen hellen Raum von einander getrennte, allerdings meist nicht sehr deutliche Linien sichtbar. Auch JENSEN bildet diese beiden Linien ab (17, Taf. XXIV, Fig. 56). Von einem Endknopf ist noch nichts zu erkennen, da der Hinterrand des Kopfes noch zu intensiv gefärbt ist. Wohl aber ist dieser Endknopf sehr deutlich an solchen Geißeln, von welchen der Kopf abgefallen war; dieselben wurden in den Präparaten mehrfach beobachtet (Fig. 70). Dieser Endknopf (*Ek*) ist breit und intensiv gefärbt, eine Trennung in zwei Hälften gewöhnlich nur angedeutet. Zwischen ihm und der vorderen Grenze (*g*) der Hülle des Ver-

bindungsstückes sind die beiden durch einen hellen Raum von einander getrennten Fäden meist zu erkennen. Es ist also auch bei dem Schafbocke, entgegen der auf eine unvollkommene Beobachtungsmethode gestützten Annahme JENSEN's, ein sehr deutliches, anscheinend aus zwei Fäden bestehendes »Halsstück« des Achsenfadens nachweisbar. Zur Annahme einer »feinen Membran« (JENSEN) an diesem Abschnitte liegt durchaus kein Grund vor.

Auch an den Spermatozoen des Menschen lässt sich nachweisen, dass der Achsenfaden durch den hier äußerst schmalen Hals hindurchgeht, um mit dem Endknöpfchen sich direkt an den hinteren Kopfrand anzukitten. Fig. 62 und 63 sind Deckglas-Trockenpräparaten entnommen, welche vom Inhalte des Nebenhodens einer frischen Leiche nach Fixirung mit Osmiumsäuredämpfen angefertigt wurden. In Fig. 62 ist die Hülle des Achsenfadens im ganzen Bereich des Verbindungsstückes aufgelöst, wie ich es in diesen Deckglas-Trockenpräparaten vom Menschen häufiger fand, so dass der Achsenfaden frei vom Hinterrande des Kopfes bis zum Hauptstück reicht; ein Endknöpfchen ist aber noch nicht zu erkennen, es wird von dem intensiv gefärbten Kopfe verdeckt. Wohl aber wird dasselbe sofort als breites, dunkel tingirtes, relativ großes Knöpfchen sichtbar, sobald sich der Kopf abgelöst hat (Fig. 63 *Ek*).

Besonders instruktiv sind die Fig. 52 und 53 aus einem mit Safranin gefärbten Deckglas-Trockenpräparate vom Dachs (*Meles Taxus* Blas.). Während an dem frischen, mit Gentianaviolett gefärbten Spermatosom im Halse (Fig. 51 *III*) nur zwei Fädchen ohne Endknopf zu erkennen sind, ist an den günstig entfärbten Deckglas-Trockenpräparaten (Fig. 52, 53) im Halse (*III*) an der Spitze jedes der beiden gut erkennbaren Fädchen auch je ein intensiv gefärbtes Endknöpfchen sichtbar, welches dicht am hinteren Kopfrande liegt und von demselben nur durch einen sehr schmalen, aber deutlichen hellen Raum getrennt ist; der letztere muss jedenfalls als Kittsubstanz gedeutet werden. Aus dem Umstande, dass die beiden Endknöpfchen (*EkEk*) im Trockenpräparate sehr scharf gesondert erscheinen, geht sicher hervor, dass wirklich zwei Fädchen und zwei Endknöpfchen vorhanden sind. Diese scharfe Sonderung in zwei Endknöpfchen könnte im Deckglas-Trockenpräparate nicht auftreten, wenn das Endknöpfchen hier einfach ringförmig wäre, wie JENSEN will; denn dann müsste diese Verdickung im Trockenpräparate als breite, vor Allem ungetheilte Masse erscheinen.

Mit diesen in Deckglas-Trockenpräparaten erhaltenen Befunden stimmen auch vollkommen die Resultate überein, welche mir die Untersuchung frischer, mit Gentianaviolett gefärbter und sodann untersuch-

ter Spermatozoen, besonders wenn der Kopf von denselben bereits abgefallen war, ergeben hat. Die Tinktion mit einer intensiv färbenden Anilinfarbe empfiehlt sich, weil hierdurch die vordere Grenze (*g*) des sich stark färbenden Verbindungsstückes besser hervortritt. Während man nun an den unversehrten Spermatozoen den Hals und das vordere Ende der Hülle des Verbindungsstückes scharf erkennt, ist das Endknöpfchen noch nicht sichtbar, es wird eben durch den Hinterrand des Kopfes verdeckt. Wohl aber tritt das (einfache oder getheilte) Endknöpfchen stets sehr deutlich und intensiv gefärbt hervor, wenn der Kopf abgefallen ist. Vgl. z. B. Fig. 37, intaktes Spermatosom vom Maulwurf; Fig. 51 dessgleichen vom Dachs; Fig. 65 dessgleichen von Lutra: das Halsstück des Achsenstranges sichtbar, indessen nicht der Endknopf. Fig. 47 vom Maulwurf, Fig. 54, 55 vom Dachs, Fig. 66 von Lutra zeigen dagegen an kopflosen Geißeln die Endknöpfchen sehr deutlich (vgl. auch Fig. 69, 70 vom Schafbock, Fig. 94, 95 auf Taf. XV vom Schwein). An diesen kopflosen Geißeln erscheint dann regelmäßig zwischen dem Endknopf und der vorderen Grenze (*g*) der Hülle des Verbindungsstückes eine verschmälerte, eingeschnürte Stelle von genau der Länge des Halses am unversehrten Spermatosom. In der Mitte der Lücke ist dann regelmäßig das einfache oder doppelte Halsstück des Achsenstranges zu erkennen. Ich verstehe daher nicht so recht, wie JENSEN diese an kopflosen Geißeln so deutliche Lücke hat verkennen und behaupten können, »dass die hinter dem Knöpfchen liegende Partie keineswegs der Partie zwischen dem Schwanz und Kopf der intakten Samenkörper entspricht«. Denn wenn auch hier, wie bei der Ratte, der Endknopf mit dem vorderen Ende des Verbindungsstückes zusammenfiel, woher käme es dann, dass sich an den kopflosen Geißeln regelmäßig diese Lücke hinter dem Endknopf vorfindet, da an den Spermatosomen aus dem Nebenhoden die Hülle des Verbindungsstückes, wie JENSEN selbst hervorhebt, doch so resistent ist und ohne vorherige Maceration selten, und am wenigsten auch gerade an dieser Stelle defekt wird?

Wenn JENSEN die Existenz eines »Halsstückes« bei den Säugethieren leugnet, muss er naturgemäß auch die Theilung dieses »Halsstückes« im Halse in Abrede stellen. Aus obiger Beschreibung der Präparate ist aber schon ersichtlich geworden, dass sich dieselbe leicht nachweisen lässt. Besonders lehrreich sind auf Taf. XIV die Fig. 56, 46 und 48. Fig. 56 ist einem Deckglas-Trockenpräparate entnommen, welches von dem Sperma aus dem Nebenhoden des Dachses, ohne vorherige Fixierung durch Osmiumsäuredämpfe, nach einfacher Verdünnung mit Kochsalzlösung angefertigt wurde. Die Hülle ist in ganzer Ausdehnung des

Verbindungsstückes in Folge der Behandlung aufgelöst, so dass der Achsenfaden bis zum Hauptstück entblößt ist, während in letzterem die Hülle sich erhalten hat. Während der Achsenstrang nun in der Mitte und im hinteren Theil als einfacher Faden erscheint, ist er am vorderen Ende sehr deutlich in zwei dicht neben einander verlaufende Fädchen gespalten, von welchen ein jeder ein besonderes Endknöpfchen trägt. Derartige Präparate habe ich mehrmals und stets von demselben Aussehen angetroffen. Wenn man dieses Präparat nun mit Fig. 54 und 54, 55 vergleicht, so kann es nicht dem geringsten Zweifel unterliegen, dass die beiden Linien, welche im Halse (*III*) sichtbar sind, den beiden Fäden der Fig. 56 entsprechen. Dasselbe geht auch aus der Zweizahl der Endknöpfchen in Fig. 52, 53 hervor. Nicht minder beweisend sind die Fig. 46—50. Fig. 46, 48—50 entstammen Hodenpräparaten vom Maulwurf, welche einige Stunden in 0,75%iger Kochsalzlösung unter dem Deckglase gelegen hatten und dann schwach mit Gentianaviolett gefärbt waren. Die Hülle im Verbindungsstück ist durch Einwirkung der Kochsalzlösung völlig aufgelöst, so dass der Achsenstrang (*A'*) bis zum Hauptstück (*H*) hin, dessen Hülle erhalten ist, frei liegt. In Fig. 46 geht derselbe nun vorn in zwei gleich dicke Fäden aus einander, welche sich direkt mit dem hinteren Kopfe in Verbindung setzen; Endknöpfchen sind hier noch nicht sichtbar. Wohl aber erkennt man dieselben an den Geißeln ohne Kopf in Fig. 48—50, wo jedem der beiden Fädchen ein deutliches, von dem anderen getrenntes Knöpfchen aufsitzt. Ein Vergleich dieser Figuren mit Fig. 37 und 47 zeigt nun wiederum zur Evidenz, dass die beiden Linien im Halse (*III*) von den beiden, in Fig. 46 und 48 deutlich unterscheidbaren Fäden herrühren. Überhaupt sind die Fig. 46, 48 und 56 wichtig, weil sie zeigen, dass bei diesen und wohl auch zahlreichen anderen Säugethieren der Achsenstrang nach vorn in zwei fadenartige, ein wenig divergirende Hälften aus einander geht; diese Hälften erscheinen im Halse als zwei dunkle Linien. Bei manchen Thieren lassen sich diese getrennten Fäden auch an dem frischen, unversehrten Samenkörper in den Anfangstheil des Verbindungsstückes eine Strecke weit hinein verfolgen, bis sie wieder zusammenfließen. Vgl. z. B. Fig. 37 und 47 vom Maulwurf, Fig. 54 und 55 vom Dachs, Fig. 65 und 66 von *Lutra vulgaris*. Von *Rhinolophus* habe ich oben angegeben, dass diese bei anderen Säugethieren nur im Halse oder in der Nähe desselben aus einander gehenden Fäden ziemlich in der ganzen Ausdehnung des Verbindungsstückes, so weit sich dasselbe abgrenzen lässt, von einander getrennt sind, so dass sie schon an dem frischen Samenelement sehr deutlich unterschieden werden können (Taf. XIII, Fig. 29, 30, 34). Die

Insertion dieser Fäden ist nun bei *Rhinolophus* eine eigenthümliche. Es sind nämlich die beiden Fäden, wenigstens scheint es bei den meisten Samenkörpern der Fall zu sein, vorn ungleich lang, so dass die Endknöpfchen sich in verschiedener Höhe befinden. In Fig. 29 ist von den Endknöpfchen noch nichts zu sehen; zwischen dem Hinterrande des Kopfes und der vorderen Grenze der Hülle der beiden Fäden liegt der Hals; die vordere Grenze der Hülle des Fadens (*gg*) ist etwas verdickt und tritt in Gestalt eines Pünktchens hervor. In Fig. 30, welche nach einem Präparat gezeichnet wurde, welches längere Zeit nach Fixirung mit Osmiumsäuredämpfen in verdünntem Glycerin gelegen hatte, ist an dem Hinterrande des stark aufgehellten Kopfes ein Endknöpfchen wahrzunehmen; die vordere Grenze der Hülle beider Fäden (*gg*) ist gleichfalls sehr deutlich. In Fig. 31 (frisches mit Gentianaviolett gefärbtes Präparat) ist der Kopf abgefallen, so dass die beiden in ungleicher Höhe befindlichen Endknöpfchen (*EkEk*) zu sehen sind; das hintere Endknöpfchen befindet sich ganz in der Nähe der vorderen Grenze der Hülle des zugehörigen Fadens. Häufig scheint dieses eine Endknöpfchen sogar ganz zusammenzufallen mit dieser vorderen Grenze, so dass es nicht deutlich erkannt werden kann, so lange die gleichfalls punktförmigen und deutlicher als die folgenden Querriffeln hervortretenden vorderen Enden der Hülle noch tingirt sind (Fig. 32, wo nur das eine Endknöpfchen sichtbar ist). Nur wenn die Hülle ganz verblasst ist, treten die beiden Endknöpfchen scharf hervor, wie ich es in einigen mit Safranin gefärbten Deckglas-Trockenpräparaten fast an jedem Spermatozom gesehen habe (Fig. 33 und 34). Man erkennt, dass der vordere Endknopf des einen Fadens nur durch einen sehr schmalen Zwischenraum, der hintere dagegen durch einen ziemlich breiten, von dem Hinterrande des Kopfes getrennt ist. Beide Zwischenräume werden durch eine Kittsubstanz ausgefüllt. An frischen, mit Gentianaviolett intensiv gefärbten Deckglas-Trockenpräparaten von *Rhinolophus* färbt sich diese Zwischensubstanz mit, so dass der Hals dadurch ganz undeutlich wird und von sonstigen Einzelheiten nichts zu erkennen ist.

JENSEN selbst hat diese Spaltung des Halsstückes des Achsenfadens an den Spermatozoen des Schweines, an welchen dieselbe am deutlichsten ist, früher (19) schon gesehen und meiner Ansicht nach ganz richtig gedeutet. Ich habe dies in meiner ersten Mittheilung (18) bereits gebührend hervorgehoben. In seiner ausführlichen Arbeit (17) widerruft dieser Forscher seine frühere Deutung, indessen ist seine Ausführung, die ich citiren muss, nicht ganz klar.

»Was die erwähnte, von mir in meiner ersten Mittheilung besprochene Figur in „Die Struktur der Samenfasern“ (19) betrifft, so

besteht die vorderste kleine „gegabelte“ Partie, wenigstens zu einem wesentlichen Theil, lediglich aus dem erweiterten Knopfstück. Bei Betrachtung dieser Figur erblickt man sogleich, dass der Achsenfaden mit seinem gabeligen Ende nicht ganz bis zum hinteren Rand des Kopfes reicht, sondern, wie es immer der Fall ist, durch einen Zwischenraum von demselben getrennt ist. — Beim Schwein glaubte ich früher selbst zwei feine Fäden im Zwischenraum zwischen Schwanz und Kopf gesehen zu haben (19, p. 28). „Diese Fäden“, sagte ich an der betreffenden Stelle, „lagen neben einander und divergirten ein wenig in ihrem ganz kurzen Verlauf bis an den Kopf.“ Nach meinen früheren Notizen kann ich hier hinzufügen, dass jeder derselben an Samenkörpern, deren Kopf abgefallen war, mit einer dunklen und stark lichtbrechenden, knöpfchenähnlichen Verdickung — ganz so, wie es BALLOWITZ angiebt — endigte. Dass diese Verdickungen den Seitentheilen vom Knopfstück des Achsenfadens bei der Ratte entsprechen, ist hinlänglich sicher, und dass die zwei Fäden von der zunächst dahinter liegenden Partie des Achsenfadens gebildet sind, ist auch unzweifelhaft. Wenn ich nun glaubte, dass diese Fäden die Partie zwischen Kopf und Schwanz einnahmen, so lag die Ursache davon wohl in folgenden Umständen. Wie einige meiner alten Figuren vermuthen lassen, so ist diese Partie bei den Samenkörpern des Schweines nicht immer deutlich; in gewissen Fällen kann der Schwanz gerade an den Kopf stoßen, so dass ein Zwischenraum nicht vorhanden ist, oder vielleicht richtiger: ein solcher kommt zwar vor, ist aber so klein, dass er sich der Beobachtung entzieht. Da ich denselben nicht entdeckte, so verfiel ich in den nämlichen Irrthum, wie nun B., indem ich den hinter dem Knöpfchen liegenden Theil mit der Partie, die sich sonst zwischen dem Knöpfchen und dem Kopf findet, verwechselte.«

JENSEN giebt also zu, dass das Endknöpfchen an den Spermatozoen des Schweines getheilt ist, und »dass die zwei Fäden von der zunächst dahinter liegenden Partie des Achsenfadens gebildet werden«. Auch das ist richtig, dass »der Achsenfaden mit seinem gabeligen Ende nicht ganz bis zum hinteren Rande des Kopfes reicht«. Zwischen den Endknöpfchen und dem Kopf liegt eben die sehr spärliche Kittsubstanz. Bisweilen, besonders an in verdünntem Glycerin aufbewahrten Präparaten, sobald der Kopf wenig lichtbrechend geworden ist, kann man diese Kittsubstanz, wie ich schon bei den Chiropteren erwähnte, in Gestalt einer sehr schmalen hellen Linie zwischen Kopf und Endknöpfchen wahrnehmen.

Ein Blick auf die Fig. 94 und 95 der Taf. XV wird am besten diese Insertionsverhältnisse der Geißel an den Spermatosomen des Schweines

veranschaulichen. In Fig. 94 sieht man im Halse deutlich zwei gegen den Kopf hin ein wenig divergirende Fäden; Endknöpfchen sind noch nicht wahrzunehmen. Diese beiden Fädchen sind auch auf Taf. XIV in Fig. 72 und 73 aus mit Gentianaviolett gefärbten Trockenpräparaten sehr deutlich und ziemlich scharf abgesetzt. Dieselben werden hier, noch mehr als in Fig. 94, durch einen dreieckigen hellen Raum von einander getrennt. Dieser Raum könnte in diesen Deckglas-Trockenpräparaten meiner Ansicht nach nicht auftreten, wenn hier, wie JENSEN auch als Möglichkeit hinstellt, nur eine trichterförmige Ausweitung des hier als röhrenförmig von JENSEN angenommenen Achsenstranges bestände; alsdann müssten die vordere und hintere Wand des Achsenstranges durch den Process des Eintrocknens auf einander gelagert sein und sich mit gefärbt haben. In Fig. 95 endlich ist der Kopf abgefallen, und ein ziemlich breites, etwas unregelmäßiges, meist sehr deutlich aus zwei gewöhnlich an einander stoßenden Hälften bestehendes Endknöpfchen sichtbar geworden. Zwischen demselben und dem scharf abgesetzten vorderen Ende (*g*) der Hülle des Verbindungsstückes erkennt man wieder die beiden Fäden des Achsenstranges. Öfters habe ich deutlich wahrnehmen können, dass bei Ablösung des Endknöpfchens der mittlere Theil des Hinterrandes des Kopfes sichtlich dünner und weniger intensiv gefärbt erschien.

Wenn JENSEN nun diesen Verhältnissen nicht die richtige Deutung giebt, so beruht dies offenbar darauf, dass dieser Forscher den Querspalt zwischen Vorderrand der Hülle des Verbindungsstückes und Kopf (von mir als Hals bezeichnet) verwechselt hat mit dem schmalen, hellen, von Kittsubstanz eingenommenen Raum zwischen dem oder den Endknöpfchen des Achsenstranges und dem Kopf. Bei der Ratte fallen diese beiden zusammen, ein Umstand, von welchem JENSEN in seiner Vorstellung wohl zu sehr beeinflusst und zu diesem Missverständnis geführt wurde.

Diese Darlegungen mussten so eingehend gehalten werden mit Rücksicht darauf, dass die Insertionsverhältnisse der Geißel am Kopf recht schwierig genau festzustellen sind.

Wenn ich die erhaltenen Resultate schließlich kurz zusammenfasse, so ergibt sich, dass das Verhalten des Achsenstranges zum Halse, dessen Weite je nach der Art differirt, ein verschiedenes ist. Bei einzelnen Arten (z. B. der Ratte) fällt der Endknopf, also das vordere Ende des Achsenstranges mit der vorderen Grenze der Hülle des Verbindungsstückes zusammen; ein »Halsstück« ist dann nicht vorhanden und wird der »Hals« nur von Kittsubstanz eingenommen. Bei

den meisten anderen Säugern geht das vordere Ende des Achsenstranges indessen frei durch den »Hals« als »Halsstück« hindurch, um mit seinem Endknöpfchen in dem Grübchen am Hinterrande des Kopfes durch Vermittelung einer meist sehr spärlichen Kittsubstanz zu inseriren. Bei anderen Species ist endlich das »Halsstück« des Achsenstranges im »Halse« bereits in seine beiden Hälften zerlegt, so dass sich im »Halse« zwei dicht neben einander liegende, bisweilen (Schwein) sehr deutlich ein wenig gegen den Kopf hin divergirende Fädchen vorfinden, welche mit ihren Endknöpfchen gleichfalls durch Vermittelung einer spärlichen Kittsubstanz am hinteren Rande des Kopfes sich anheften (Maulwurf, Dachs, Fischotter u. a.).

Kopf.

Wenn ich auch die Struktur des Kopfes der Säugethierspermatozoen nicht in dem Umfange einer eingehenden Untersuchung habe unterziehen können, wie die kontraktile Geißel dieser Gebilde, so bin ich doch in der Lage, auch von diesem Bestandtheile des Spermatozoms über nicht unwichtige Strukturverhältnisse berichten zu können, Strukturverhältnisse, welche mit Hinsicht auf die Bedeutung des Spermatozookopfes für die Befruchtung und Vererbung gewiss von großem Interesse sind. Freilich ist die Untersuchung des frischen Objektes nicht gerade sehr geeignet, sichere Aufschlüsse über den inneren Bau dieses Theiles zu geben. Der Kopf ist eben in frischem Zustande zu stark lichtbrechend, auch dort, wo er eine sehr abgeplattete Gestalt besitzt; außerdem können Reliefverhältnisse, Dickendifferenzen etc. innere Strukturen vortäuschen. Mit Recht sagt V. HENSEN (35, p. 87), dass man sich bei diesen Untersuchungen den Grenzen nähert, wo Interferenz des Lichtes die Beobachtung unsicher macht. Ich habe daher nach anderen einwurfsfreien Untersuchungsmethoden gesucht und verdanke ich die mitzutheilenden Resultate der folgenden Methode.

Von frischem, mit physiologischer Kochsalzlösung diluirtem und sodann durch Omiumsäuredämpfe fixirtem Sperma wurden Deckglas-Trockenpräparate in der bekannten Weise angefertigt, indem ich die Flüssigkeit auf dem Gläschen an der Luft verdunsten und sodann die Masse vorsichtig über einer Spirituslampe antrocknen ließ. Darauf wurde mit Gentianaviolett oder Safranin gefärbt; Köpfe und Geißeln färben sich bald intensiv. Die so tingirten und in Kanadabalsam eingeschlossenen Präparate wurden einige Zeit dem direkten Sonnenlicht ausgesetzt, so dass die Farben allmählich wieder abblassten. Hierbei

tritt nun eine Differenzirung in der Färbung des Spermatozoonkopfes ein. Gewisse Bestandtheile geben den Farbstoff leichter ab, werden früher gebleicht als andere, so dass eine Struktur im Inneren des Kopfes sichtbar wird. Diese Differenzirung sah ich auch eintreten an Dauerpräparaten, welche längere Zeit (zwei bis vier Jahre) im Dunkeln aufbewahrt waren.

Werden in dieser Weise z. B. Präparate aus dem Nebenhoden des Stieres behandelt, so erkennt man, dass fast an allen Köpfen eine sehr deutliche und scharfe Sonderung in zwei Abschnitte auftritt. Die vorderen zwei Drittel sind nur schwach gefärbt, während das hintere Drittel intensiv dunkelvioletts erscheint (Taf. XIV, Fig. 77, 78, 79; Taf. XV, Fig. 93). Ich will den größeren Abschnitt als »Vorderstück« (*Vst* der Figuren), den dunkel erscheinenden als »Hinterstück« (*Hst* der Figuren) bezeichnen. Die vordere Grenze des Hinterstückes ist sehr scharf gezeichnet, verläuft quer von der einen Seite zur anderen und ist meist ein wenig bogenförmig geschweift, so dass die unbedeutende Konkavität nach vorn sieht. Der hintere Rand, welcher den Einschnitt zur Aufnahme des Endknöpfchens der Geißel trägt, ist meist etwas intensiver gefärbt. Diese scharfe Sonderung in ein Vorderstück und Hinterstück habe ich bei allen daraufhin untersuchten Arten, bei genügend eingetretener Differenzirung, stets wahrgenommen, indessen ist das Größenverhältnis dieser beiden Abschnitte zu einander, je nach der Art, verschieden. Bei dem Schwein (Fig. 72—75), dem Schafbock (Fig. 71), dem Kaninchen (Fig. 59—61) und dem Hunde (Fig. 57, 58) ist nur etwa das hintere Viertel des ganzen Kopfes scharf abgesetzt. Bei *Lutra* (Fig. 67, 68) und *Meles* (Fig. 52, 53) dagegen bildet das Hinterstück etwas mehr als ein Drittel. Wenn die Präparate stark abgeblasst sind, ist meist auch das Hinterstück fast entfärbt, verliert aber von den Bestandtheilen des Kopfes die Farbe zuletzt, so dass es sich auch an ganz entfärbten Köpfen noch durch eine schwache Nuancirung kund giebt; sehr häufig ist dann die vordere Grenze noch sehr scharf in Gestalt einer queren Linie erhalten (Fig. 52, *Meles*). Der hintere Rand des Hauptstückes bleibt gleichfalls sehr lange intensiver gefärbt (Fig. 52, 53). Auch an menschlichen Spermatozoen (Taf. XIV, Fig. 62; durch Osmiumsäure fixirtes Sperma aus dem Nebenhoden ganz frischer Leichen) ist in Dauerpräparaten der hintere Theil intensiver gefärbt, während der vordere, häufig durch Quellung etwas verbreiterte, blass erscheint; die Grenze zwischen den beiden Abschnitten ist hier meist etwas verschwommen, bei vielen aber auch scharf.

Diese Sonderung in Vorder- und Hinterstück, welche in den Deckglas-Trockenpräparaten so außerordentlich deutlich und ganz

allgemein auftritt, ist kürzlich von C. M. FÜRST (6) beschrieben und abgebildet worden (6, Fig. 9, 28, 30, 31, 44, 47). Nach diesem Forscher färbt sich der untere Theil allein mit Karmin und zeigt auch bei Behandlung mit Hämatoxylin einen anderen Farbenton.

Höchst wahrscheinlich sind diese beiden wesentlich verschiedenen Bestandtheile hervorgegangen aus den beiden von MERKEL (32) nachgewiesenen Kernhemisphären, welche sich in dem aus dem Zellkerne entstehenden, noch unentwickelten Kopfe differenziren. Später bei weiter vorgeschrittener Entwicklung ist dieser Unterschied zwischen den beiden Abtheilungen anscheinend verschwunden, so dass der Kopf homogen erscheint. Es wird indessen durch Anwendung der obigen Methode bewiesen, dass dieser Unterschied auch an dem völlig ausgebildeten Spermatosom noch scharf ausgeprägt fortbesteht und beide Abschnitte auch hier noch sehr deutlich von einander abgrenzbar sind.

Auch JENSEN (17, p. 407) gelang es an den reifen Spermatozoen der Ratte, durch Behandlung mit Goldchlorid zwei Abtheilungen nachzuweisen. Nur der vordere Theil färbte sich deutlich, während die hintere Partie des Kopfes völlig ungefärbt blieb (17, Taf. XXIII, Fig. 38). »Die scharfe Grenze zwischen dem gefärbten und ungefärbten Theil beginnt an der oberen Kante des Kopfes, verläuft von hier in schräger Richtung nach hinten über die Seiten des Kopfes hin bis zur unteren Kante; an der unteren Kante verlängert sich der gefärbte Theil noch etwas nach hinten zu in Form eines schmalen Fortsatzes.« JENSEN vermuthet gleichfalls, dass diese beiden Theile nichts Anderes sind »als die umgebildeten Kernhemisphären der Samenzelle (MERKEL u. A.), welche an Goldchloridpräparaten noch bei den fertigen Samenkörpern von einander unterschieden werden können«.

Außer diesen beiden Substanzen zeigt sich nun in den Deckglas-Trockenpräparaten in der Mitte des Kopfes noch eine weitere merkwürdige Struktur. Es erscheint nämlich im Inneren desselben ein scharf begrenztes, halbmondförmiges helles Feld, dessen Rundung von der vorderen Grenze des Hinterstückes aus in das Vorderstück hineinragt, und dessen Basis genau die Länge des vorderen Randes des Hinterstückes besitzt. Dieses Feld habe ich durch Färbung mit vielen Anilinfarben stets in derselben scharfen Begrenzung sichtbar machen können. In Präparaten, in welchen die Farbdifferenzirung genügend eingetreten ist, erscheint diese centrale Stelle blass bläulich tingirt, bisweilen fast farblos (Taf. XIV, Fig. 64; Taf. XV, Fig. 93); sie unterscheidet sich dadurch sehr deutlich von dem dunkler bleibenden Vorderstück. Zuerst entsteht vor dem Hinterstück eine blasse Stelle (Fig. 72, 73), die sich mit fortschreitender Entfärbung vergrößert,

bis der Centalkörper deutlich ist. Anfangs sind auch noch die Grenzen desselben verschwommen; später aber erscheint die vordere gebogen verlaufende Grenze sehr scharf und wird sogar bisweilen von einer feinen Linie gebildet (Fig. 74, 75). Ich möchte diese eigenthümliche Stelle als »Innenkörper« oder »Innenkuppe« bezeichnen. Dieselbe ist natürlich nicht in allen Präparaten gleich deutlich, je nachdem die Köpfe noch zu stark gefärbt oder schon zu sehr entfärbt sind; denn bei allmählichem Verblasen des Vorderstückes verschwindet meist die Begrenzung. Aber auch an manchen schon sehr verblassten Präparaten markirt sich die vordere Grenze der Innenkuppe doch noch als recht scharf gezeichnete, gebogene Linie, wie ich in Präparaten von Meles fast an allen Köpfen sah (Fig. 52, 53). Bei dem Stier ist diese Innenkuppe nun sehr niedrig (Taf. XIV, Fig. 77, 78; Taf. XV, Fig. 93), dergleichen bei dem Dachs (Fig. 52, 53) und bei dem Schafbock (Fig. 74). Etwas höher, fast halbkreisförmig, erscheint sie bei dem Kaninchen (Fig. 59, 60, 61). Sehr groß und schön ausgebildet, fast über die Hälfte des Vorderstückes hinausreichend, ist sie bei *Lutra vulgaris* (Fig. 67, 68). Vom Hunde standen mir nur noch einige, schon zu sehr entfärbte und ungenügende Präparate zur Verfügung; an vielen Köpfen setzte sie sich indessen auch scharf von dem fast farblosen Vorderstück ab. Die menschlichen Spermatozoen sind zu klein, um Bestimmtes erkennen zu lassen.

Damit noch nicht genug! An den tingirten Deckglas-Trockenpräparaten aus dem Nebenhoden des Stieres fiel mir zuerst auf, dass an fast allen Köpfen die Seitenränder, und besonders der Vorderrand des Vorderstückes durch eine dunkle Linie sehr scharf begrenzt war (Fig. 77). Häufig erschien ein schmaler heller Saum zwischen diesem dunklen Kontour und dem gefärbten Theil des Vorderstückes, wodurch der erstere nur noch deutlicher hervortrat (Taf. XIV, Fig. 78; Taf. XV, Fig. 93). Ferner war der Kontour oft noch weiter abgerückt, so dass der vordere Theil des Kopfes etwas bauchig erweitert wurde. Endlich traf ich viele Köpfe, deren Vorderstück von einer zarten, von der Substanz des Vorderstückes etwas abgehobenen Kappe glockenartig bedeckt war (Fig. 79 *Kp*). Die seitlichen hinteren Ecken dieser Kappe (*Kp*) sprangen sehr deutlich vor.

Offenbar handelt es sich hier um die von den Autoren beschriebene Kopfkappe, wie ein Vergleich mit Fig. 94 auf Taf. XV zeigt, welche Figur ein noch mit Kopfkappe (*Kp*) versehenes Element aus dem Hoden des Schafbockes darstellt. Ich wüsste wenigstens zur Zeit nicht, wie ich diese zarte sich ablösende Membran anders deuten sollte. Man müsste denn annehmen, dass sich an den reifen Elementen von der

Substanz des Kopfes selbst eine dünne Rindenschicht kappenartig abhebt, und dass die im Laufe der Entwicklung auftretende Kopfkappe noch ein besonderes Gebilde darstellt, was ich für sehr wenig wahrscheinlich halte.

Noch deutlicher wird diese Kappe an Deckglas-Trockenpräparaten, welche von frisch mit Osmiumsäuredämpfen fixirtem Sperma aus dem Nebenhoden des Schweines hergestellt wurden (Fig. 72—76). Hier erscheinen die Seitenränder und ganz besonders der Vorderrand des Vorderstückes scharf kontourirt; der letztere besitzt einen breiten, oft etwas (wohl durch Schrumpfung in Folge des Eintrocknens) unregelmäßigen Kappenkontour, der intensiv gefärbt ist und sich sehr scharf von dem schwächer gefärbten Vorderstück abhebt (Fig. 72, 74, 75). An vielen Köpfen ist statt dieses breiten Kappenkontours eine fast genau halbkreisförmige, durch eine sehr scharf gezogene, gleichmäßige, dunkle Linie gegebene Begrenzung vorhanden; der vordere Theil des Kopfes erscheint dann auch ein wenig kürzer und schmaler. Höchst wahrscheinlich hat sich hier die zarte Kappe etwas umgelegt oder ist ein wenig geschrumpft. Jedenfalls rührt auch diese eigenthümliche dunkle Begrenzung von einer dem Vorderstück dicht anliegenden Kopfkappe her, obwohl ich eine Ablösung derselben, wie bei dem Stier, in den Präparaten, die mir noch zu Gebote stehen, nicht gesehen habe.

Auch an den Spermatozoen vom Schafbock (Taf. XIV, Fig. 69, 71) und Kaninchen (Fig. 59, 60) ist der dunkle, scharfe Randkontour an den meisten Köpfen sichtbar. Denkt man sich die Kopfkappe am Spermatosomenkopf aus einem Hodenpräparat z. B. vom Schafbock (Taf. XV, Fig. 91), in welchem fast an jedem Kopfe der beinahe vollkommen ausgebildeten Samenkörper die zarte, sich kaum färbende, von der Substanz des Vorderstückes nur durch einen schmalen saumartigen Spalt getrennte Kappenmembran sehr deutlich sichtbar ist, ganz nahe an den Kopf herangerückt, so muss hieraus die scharfe Begrenzung des Kopfes resultiren.

Sehr lehrreich war mir auch die Untersuchung des Inhaltes eines Nebenhodens von *Lutra vulgaris*. Nachdem die Präparate einige Stunden unter dem Deckglase in 0,75%iger Kochsalzlösung gelegen hatten, war an fast allen Samenkörpern auf das prächtigste eine zarte, sehr dünnhäutige Kopfkappe zu sehen, welche glockenartig die vorderen zwei Drittel des Kopfes bedeckte und sich bei Zusatz von Gentanaviolett kaum färbte (Taf. XIV, Fig. 65). Dieselbe erschien etwas von der Substanz des Kopfes abgehoben, so dass ein Zwischenraum von gewöhnlich 0,0015 mm zwischen ihrer Innenfläche und der Oberfläche des Kopfes bestand (Fig. 65). Dieser Zwischenraum besaß

indessen nicht an allen Samenkörpern die gleiche Breite, so dass angenommen werden muss, dass die Kopfkappe ursprünglich wohl dem Kopfe dicht angelegen und sich erst in Folge der Leichenmaceration abgelöst hat. Nachdem die Präparate 24 Stunden in Kochsalzlösungen gelegen hatten, war die Oberfläche der Kopfkappe uneben und rau geworden und schien in Auflösung begriffen zu sein (Fig. 64); an vielen Köpfen war sie auch bereits verschwunden (Fig. 66). Auch in tingirten Deckglas-Trockenpräparaten, welche in der Weise hergestellt waren, dass das mit Kochsalzlösung verdünnte Sperma ohne vorherige Fixirung durch allmähliches Abdünsten eingetrocknet war, ließ sich von der Kopfkappe nichts mehr erkennen; auch hier musste das zarte Gebilde bereits aufgelöst sein (Taf. XIV, Fig. 67, 68).

Nach diesen Befunden muss ich zu dem Resultate kommen, dass bei den untersuchten Thieren, z. B. dem Stier, Schwein, Kaninchen, Schafbock, Fischotter u. a., eine Kopfkappe an dem völlig ausgereiften Element des Nebenhodens vorhanden ist, dass die Kopfkappe also keine vorübergehende, sondern eine persistirende Bildung ist.

Bekanntlich wird von den meisten Forschern angenommen, dass sich die Kopfkappe bei diesen Thieren schon in dem Hoden von den noch auf früher Entwicklungsstufe stehenden Köpfen ablöst und zu Grunde geht, mithin eine vorübergehende Bildung darstellt. A. von BRUNN (33) hat zuerst nachgewiesen, dass die bei dem Meerschweinchen schon in früher Zeit entdeckte Kopfkappe allen Säugethier-Spermatozoen während der Entwicklung zukommt. Nach diesem Forscher soll die Kopfkappe indessen schon auf einer frühen Entwicklungsstufe, noch bevor der Kopf seine definitive Form erhalten hat und so lange noch der Spitzenknopf an demselben sich vorfindet, abgestreift werden. A. v. BRUNN bemerkt indessen, dass ihm »wesentliche Abweichungen in Bezug auf die Zeit, in der die Kopfkappe abgestreift wird, vorgekommen sind, indem dieselbe sich bei einzelnen Spermatozoen länger erhält, als bei anderen. Besonders beim Stier und bei der Maus wurden ab und zu solche gefunden, die, obgleich die Kopfform bereits die definitive war, doch noch die Kappe besaßen, welche letztere dann mitunter gegenüber der völligen Homogenität des Kopfes eigenthümlich trübe erscheint«. Es sind jedoch solche Fälle nach der Erfahrung A. v. BRUNN's nur als Ausnahmen, wenn auch als nicht eben seltene, zu betrachten.

Das Abwerfen der Kopfkappe während der Entwicklung wird auch von FÜRST (6) für die Spermatozoen des Stieres, Katers und anderer Säugethiere behauptet.

Ich habe nun allerdings die Entstehung und Entwicklung dieses Gebildes noch nicht einem eingehenden Studium unterwerfen können;

indessen habe ich in ganz frischen, schwach mit Gentianaviolett tingirten Zupfpräparaten des Hodens, z. B. vom Schafbock und Stier u. a., wie schon erwähnt, an den meisten Köpfen, welche ihre definitive Gestalt und Größe schon erlangt hatten und deren Geißel fast ausgebildet war, so dass die Querriffelung sehr deutlich hervortrat, die zarte, dem Kopfe dicht anliegende Kopfkappe deutlich wahrnehmen können (vgl. Taf. XV, Fig. 94 Kp). Immerhin ist zu erwägen, ob nicht bei langsamer Einwirkung vielleicht nicht ganz geeigneter Reagentien, dieses Gebilde, bevor es sich dem Kopfe dicht angelegt hat, eben durch Einwirkung dieser Reagentien leicht abgestreift wird, so dass eine normal stattfindende Ablösung vorgetäuscht wird. Die Beobachtungen, welche ich oben von den Samenelementen der Fischotter mitgetheilt habe, bestärken mich in dieser Vermuthung. Dass in dem Nebenhoden, in welchem die Spermatozoen doch mit wenigen Ausnahmen schon vollständig entwickelt und funktionsfähig sind, normalerweise noch eine Ablösung erfolgen sollte, dürfte wohl ausgeschlossen sein.

Eine Erwägung ist mir übrigens noch bei der Durchsicht der Deckglas-Trockenpräparate auf das Vorhandensein einer Ablösung der Kopfkappe gekommen. Es wäre möglich, dass bei manchen Thieren der hintere Rand der Kopfkappe bogenförmig verlief, und dass dieser hintere Rand die vordere scharfe Grenze des oben beschriebenen halbmondförmigen centralen Feldes bildete. Es wäre dann der »Innenkörper« das mittlere Stück des Kopfes, welches sich an dem intakten ausgereiften Spermatosom zwischen dem hinteren Rande der Kopfkappe und der vorderen Grenze des Hinterstückes befindet. Immerhin würde aber auch dann noch dieses Feld einen scharf begrenzten, differenten Abschnitt des Kopfes darstellen. Da mir die Dauerpräparate, welche mir noch zur Verfügung stehen, hierüber keinen Aufschluss geben, hoffe ich alsbald an frischem Materiale diese Frage entscheiden zu können.

SCHWEIGER-SEIDEL (24) hat übrigens bereits die Kopfkappe an den ausgebildeten Spermatozoen aus dem Nebenhoden des Schweines beobachtet (l. c. Taf. XIX, Fig. II 3).

Kürzlich ist auch von FÜRST (6) und JENSEN (47) das Fortbestehen der Kopfkappe für die Ratte unzweifelhaft nachgewiesen, eine Thatsache, welche ich für dieses Thier bestätigen kann. JENSEN hat die schwer wahrnehmbare hintere Grenze dieses äußerst zarten, in Gestalt eines dünnen Häutchens dem Vordertheil des Kopfes des völlig ausgereiften Samenelementes dicht anliegenden Gebildes genau festgestellt.

Weit leichter ist die Persistenz der Kopfkappe an den Spermatozoen

derjenigen Säuger nachzuweisen, bei welchen dieselbe mehr entwickelt ist und einen beträchtlichen Theil der Kopfscheibe mit bilden hilft. Am frühesten wurde dies ja für das Meerschweinchen bekannt. Auf Taf. XIV habe ich in Fig. 80 des Vergleiches wegen nach einem mit Gentianaviolett gefärbten Trockenpräparat einen Spermatozoonkopf vom Meerschweinchen abgebildet. Die Kopfkappe (*Kp*) ist intensiv blauviolett gefärbt und hat sich, wie es scheint, mit ihrem hinteren Rande etwas von der vorderen Grenze des gleichfalls dunkler gefärbten Hinterstückes zurückgezogen. In Fig. 81 ist die Kopfkappe abgefallen, wie es im Inhalte des Nebenhodens häufiger beobachtet wird, so dass an dem Kopfe Vorder- und Hinterstück sehr deutlich geworden sind¹. Auch bei dem Maulwurfe gelingt es leicht, die Persistenz der großen Kopfkappe nachzuweisen. Fig. 37 stellt ein frisches Spermatosom aus dem Nebenhoden dar, welches von dem Vorhandensein einer Kopfkappe noch nichts erkennen lässt; nur fällt es, besonders an abgelösten Köpfen, auf, dass der vordere Theil des stark abgeplatteten Kopfes sich oft vorn einrollt (Fig. 38) oder umbiegt (Fig. 39) oder löffelartig umlegt. Häufig sieht man nun, besonders wenn das Präparat einige Zeit in 0,75%iger Kochsalzlösung gelegen hat, dass die vordere Hälfte des Kopfes sich kappenartig von der hinteren abgelöst hat (Fig. 43, abgelöste Kopfkappe). Der hierdurch beträchtlich verkleinerte Kopf lässt die ursprüngliche Anheftungsstelle des Hinterrandes der Kappe in Gestalt einer Querlinie erkennen (Fig. 44, 45, 46). Der vordere, ursprünglich von der Kappe (Fig. 43) bedeckte Kopftheil bleibt bei Färbung heller, der hintere dagegen färbt sich intensiv, besonders in seiner hinteren Hälfte (Fig. 44, 45). Auch in mit Gentianaviolett gefärbten Deckglas-Trockenpräparaten lässt sich die Kopfkappe an fast jedem Spermatosom sehr schön deutlich machen; dieselbe färbt sich intensiv dunkelblau und behält diese Farbe lange, während der eigentliche Kopf den Farbstoff leichter abgibt (Fig. 40); nur das Hinterstück bleibt noch intensiver gefärbt, besonders in seinem hinteren Theile

¹ Ein oberflächlicher Vergleich der Fig. 80 (Kopf vom Meerschweinchen) mit den Fig. 67 u. 68 (Köpfe von *Lutra vulgaris*) könnte zu der Vermuthung führen, dass der mit *Kp* bezeichnete Theil der Fig. 80 dem mit *Vst* bezeichneten dunkleren Abschnitt bei *Lutra* entspräche, und der hellere von der Kappe umhüllte Kopftheil gleich dem Centralkörper (*Ck*) der Fig. 67 und 68 wäre, während die dunkleren Hinterstücke ohne allen Zweifel identisch sind. Diese Vermuthung kann aber nicht begründet sein, da sich von den Köpfen der Fig. 67 und 68 die Kopfkappe bereits abgelöst hat (vgl. Fig. 64 und 65). Allerdings habe ich in dem Vorderstück der Köpfe des Meerschweinchens noch keine Innenkuppe entdecken können; es stehen mir von diesem Thiere zur Zeit nur noch wenige, und für diese Untersuchung ungeeignete Präparate zur Verfügung.

(Fig. 44). In Fig. 40 hat sich der Hinterrand der Kappe etwas von dem Vorderrande des Hinterstückes, wie es scheint, entfernt, so dass hier wieder ein schmaler hellerer Querstreif sichtbar ist. In mit Alaunkarmin gefärbten Deckglas-Trockenpräparaten färbt sich nur der eigentliche Kopf, die Kopfkappe (*Kp*) bleibt ungefärbt (Fig. 42). Auch an den Spermatozoenköpfen von *Rhinolophus Ferrum equinum* ist es mir gelungen, die Persistenz einer Kopfkappe in dieser Weise festzustellen (Taf. XIII, Fig. 32, 33, 34); dieselbe ist nur schmaler, wie bei *Talpa*, verhält sich aber in ihren Reaktionen eben so. Hervorzuheben ist nur, dass dieselbe sehr zart und vergänglich ist, daher nur in ganz frischen Präparaten beobachtet werden kann. Nach kurzem Liegen in Kochsalzlösungen löst sie sich auf, so dass nur der Kopf mit seinem Vorder- und Hinterstück übrig bleibt (vgl. Fig. 35 [Kopfkappe verschwunden] mit Fig. 30, 32—34). FÜRST (6) hat dieses Fortbestehen der Kopfkappe auch für die reifen Samenelemente des Igels erwiesen und vermuthet es auch bei der Maus. Für die Spermatozoen des Igels kann ich diese Beobachtungen von FÜRST nur bestätigen. Auch die Spermatozoen des Eichkätzchens scheinen mir einen großen Kopfaufsatz zu besitzen, indessen habe ich augenblicklich keine genügenden Präparate mehr zur Verfügung, um dies entscheiden zu können.

JENSEN (17) hat nun gezeigt, dass bei der Ratte der Hinterrand der Kopfkappe nicht zusammenfällt mit der hinteren Grenze des (mit Goldchlorid) gefärbten Kopftheiles (des Vorderstückes), mithin nicht an den vorderen Rand des Hinterstückes stößt. Auch ich habe mehrfach in tingirten Deckglas-Trockenpräparaten beobachtet, dass der Rand der Kopfkappe von der vorderen Grenze des Hinterstückes entfernt lag (vgl. auf Taf. XIV, Fig. 40, 75, 79), vgl. p. 279.

Es bleibt mir jetzt noch übrig, die Mittheilungen zu besprechen, welche MIESCHER (34) über eine Struktur des Spermatozoenkopfes des Stieres gemacht hat. Es sind dies eigentlich bis jetzt die einzigen ausführlicheren Angaben über diesen Gegenstand, die um so mehr Beachtung verdienen, als sie von einer großen Sorgfalt zeugen.

MIESCHER sagt von den Spermatozoenköpfen des Stieres (34, p. 177): »Ohne Zusatz von Reagentien lässt sich auf der Flächenansicht zunächst nichts weiter erkennen, als ein bei höherer Einstellung hellerer, bei tieferer Einstellung dunklerer Saum. Nach kurzer Behandlung mit sehr verdünnter Salzsäure tritt dagegen dieser Saum nicht nur deutlicher hervor, sondern er erscheint auch durch einen scharfen einfachen Kontour von dem Mittelfelde abgegrenzt. Saum und Kontour sind über den ganzen Umfang der Platte zu erkennen, jedoch am deutlichsten an dem schmälern Ende, wo der Schwanz sich anheftet.

Das Bild beruht nicht, wie bei den Blutkörperchen, auf einer centralen Depression; dagegen sprechen mit Entschiedenheit die optischen Längs- und Querschnitte, sowie der Umstand, dass beim Heben und Senken des Tubus der Saum seine Breite nicht ändert und der innere Kontour seine Stelle nicht verlässt. Es bleibt also keine andere Deutung des Gesehenen übrig, als die Annahme einer stärker lichtbrechenden, ziemlich dicken Hülle, welche eine platte, wahrscheinlich sehr dünne Einlage einer optischen und chemisch differenten Substanz umschließt. Diese schwächer lichtbrechende Innenschicht ist am dicksten auf der schmälern (Schwanz-) Seite und schärft sich zu gegen die breite Seite.«

Diese scharfe Begrenzung, die jedoch nur an dem vorderen Theile des Kopfes, wie ich sehe, deutlich hervortritt, hängt jedenfalls zusammen mit dem oben von mir beschriebenen Kappenkontour, der sich auch an mit Osmiumsäure fixirten Samenkörpern meist deutlich erkennen lässt. Dass der hintere Rand des Kopfes stärker lichtbrechend ist, beruht darauf, dass er etwas verdickt ist; er bewahrt daher in den Deckglas-Trockenpräparaten auch meist am längsten die Färbung (vgl. Taf. XIV, Fig. 52, 53, 72—75 u. a.). Auch JENSEN hat am Kopfe der Ratte mit Hilfe von gewissen Reagentien eine besondere äußere Schicht und einen Inhalt unterschieden (17, p. 406). Setzte er frischen Präparaten aus den Vasa deferentia eine wässrige Lösung von Säurefuchsin hinzu, so färbte sich Anfangs nur der Inhalt, während die Außenschicht, die wie ein ziemlich breiter Saum erscheint, ungefärbt bleibt; alsbald verschwindet dieser Unterschied, indem auch die Wand gefärbt wird. Die Farbe der inneren Partie ist ganz schwach und ist daher der Unterschied zwischen derselben und der Wand nicht leicht zu erkennen. Goldchlorid soll nach JENSEN deutlichere Bilder geben (vgl. auch meine Bemerkung über den Spermatozoonkopf von *Vesperugo* p. 233).

MIESCHER sagt dann weiter: »Weit schwieriger ist die Wahrnehmung des Gebildes, welches dem beim Lachssperma beschriebenen Centralkörperchen entspricht. Bei den schon erwähnten Behandlungsweisen, sowie auch nach sehr kurzer Einwirkung von verdünnten kohlensauren und kaustischen Alkalien, trifft man unter der Menge der Samenelemente nicht selten auf solche, wo in dem bei etwas tiefer Einstellung hell erscheinenden Binnenraum ein matter dunklerer Streif zu sehen ist, welcher am Isthmus schmal beginnt, sich dann rasch verbreitert, ohne jedoch den Binnenraum ganz auszufüllen und schließlich gegen die Mitte des Kopfes hin allmählich undeutlich wird. So unvollständig diese Beobachtung ist, so häufig sie misslingt, so weist sie doch unzweideutig auf die Anwesenheit eines besonderen platten Innengebildes, von welchem

namentlich die etwas dickere und schmälere Partie sich dem Auge kund giebt.«

Diese Beobachtungen MIESCHER's sind allerdings, wie MIESCHER selbst eingesteht, zu unbestimmt und zu unvollständig, um zu berechnen, daraus auf bestimmte Strukturen zu schließen, wenn ich auch gern zugeben will, dass dieselben vielleicht irgend wie im Zusammenhange stehen mit den von mir im Spermatozoenkopfe des Stieres nachgewiesenen Bauverhältnissen. Auch lässt sich MIESCHER in seiner Deutung zu sehr beeinflussen durch die Befunde, welche er bei der Untersuchung der Samenkörper einiger Knochenfische erhalten hat, indem er versucht, dieselben Strukturen auch bei den Säugethieren aufzufinden; dies ist aber an den Spermatosomen des Stieres nicht möglich (vgl. hierüber 29). Jedenfalls entspricht die von MIESCHER (34, Fig. IV der beigegebenen Tafel) gegebene, sehr schematisch gehaltene, mit Hinsicht auf die Insertion der Geißel auch nicht ganz zutreffende Abbildung durchaus nicht der inneren Struktur des Kopfes.

Endlich hat MIESCHER noch von einer Öffnung am hinteren Rande des Spermatozoenkopfes berichtet, welche er »Mikroporus« genannt hat (34, p. 180): »Die Übereinstimmung mit der am Lachssperma beschriebenen Struktur geht noch weiter. Auch hier wird an der Insertionsstelle des Schwanzes mittels der eben genannten Reagentien eine feine dunkle Linie sichtbar, welche die Hülle durchsetzt, als Ausdruck eines von schwächer lichtbrechender Substanz eingenommenen Mikroporus, welcher irgend eine Kontinuität zwischen dem Inhalte des Kopfes und dem Schwanze herstellt. Die Bohrung ist indess viel zu eng, als dass der ganze Schwanz unverjüngt hindurchtreten könnte.«

Dieser »Mikroporus«, hinter welchem Namen man geneigt ist, mehr zu suchen, als am Objekt zu finden ist, ist weiter nichts, als der grubchenartige, häufig als Einkerbung erscheinende, bei den einzelnen Arten verschieden tiefe und verschieden große Eindruck, welcher sich, wenigstens bei den Arten, bei welchen die Geißel genau in der Mitte des Hinterrandes inserirt, am hinteren Kopfrande vorfindet und für die Anheftung der Geißel bestimmt ist. In demselben befindet sich das einfache oder doppelte Endknöpfchen, wenigstens der größte Theil desselben, mit der dasselbe befestigenden Kittsubstanz. Wo das Endknöpfchen nicht bis zum hinteren Rande reicht, wie z. B. bei der Ratte, dort fehlt auch, wie JENSEN hervorhebt, dieser Eindruck. Ein eigentlicher »Porus«, bestimmt, eine Kommunikation mit dem Inneren des Kopfes zu vermitteln, existirt mithin meiner Meinung nach bei den Säugethieren nicht.

Nach Allem geht aus den von mir berichteten Thatsachen hervor, dass der Kopf der ausgereiften Säugethierspermatozoen aus dem eigentlichen Kopf und der Kopfkappe besteht; die letztere persistirt nachgewiesenermaßen bei vielen von mir untersuchten Thieren, sehr wahrscheinlich bei allen Säugern.

Der eigentliche Kopf setzt sich dann wieder aus dem Vorderstück und dem Hinterstück zusammen, welche sich entwicklungsgeschichtlich aus den von MERKEL nachgewiesenen Kernhemisphären herleiten. Zwischen diesen beiden Abschnitten lässt sich bei manchen Säugern ein Innenkörper in Gestalt eines halbmondförmigen, differenten, scharf begrenzten Feldes nachweisen.

Diese durch Untersuchung des ausgereiften, bisher meist noch für homogen gehaltenen Spermatozookopfes der Säugethiere erhaltenen Ergebnisse dürften sowohl der spermatogenetischen Forschung neue Gesichtspunkte eröffnen, als auch für die Lehre von der Befruchtung und Vererbung gewiss nicht ohne Bedeutung sein. Denn es drängt sich die Frage auf, ob alle oder nur ganz bestimmte der von mir nachgewiesenen Bestandtheile für die Befruchtung wesentlich sind. Fernere Untersuchungen mögen lehren, ob diese Frage wird entschieden werden können. Vielleicht lässt sich auch erhoffen, dass sich durch weiter vervollkommnete Methoden noch feinere Strukturen werden nachweisen lassen, nachdem einmal dieser immerhin noch grobe Bau des Kopfes festgestellt ist.

Greifswald, im Januar 1891.

Litteratur-Übersicht.

1. E. BALLOWITZ, Das RETZIUS'sche Endstück der Säugethierspermatozoen. Internationale Monatsschr. für Anat. und Physiol. 1890. Bd. VII. Heft 6.
2. TH. EIMER, Untersuchungen über den Bau und die Bewegung der Samenfäden. Verhandlungen der physikalisch-medicinischen Gesellschaft in Würzburg. Neue Folge. Bd. VI. 1874. p. 93.
3. G. RENSON, De la spermatogénèse chez les Mammifères. Archives de Biologie. Tome III. 1882.
4. G. PLATNER, Über die Spermatogenese bei den Pulmonaten. Archiv für mikr. Anatomie. Bd. XXV. 1885. p. 579.

5. H. BROWN, On the Spermatogenesis in the Rat. Quarterly Journal of Microsc. Science. Vol. XXV. N. S. 1885.
6. CARL M. FÜRST, Bidrag till kännedom om sädeskropparnas struktur och utveckling. Nordiskt Medicinskt Arkiv. Bd. XIX. No. 4.
7. ——— Über die Entwicklung der Samenkörperchen bei den Beutelhieren. Arch. für mikr. Anatomie. Bd. XXX. p. 336.
8. G. NIESSING, Untersuchungen über die Entwicklung und den feinsten Bau der Samenfäden einiger Säugethiere. Verhandlungen der physikalisch-medizinischen Gesellschaft in Würzburg. N. F. Bd. XXII. Nr. 2. 1888. — Dasselbe auch als Inaugural-Dissertation. Würzburg. 1888.
9. G. RETZIUS, Zur Kenntniss der Spermatozoen. Biologische Untersuchungen. 1884.
10. W. KRAUSE, Zum Spiralsaum der Samenfäden. Biologisches Centralblatt. Bd. I. 1884/82. p. 25. Vgl. auch HENEAGE GIBBES, On Human spermatozoa. Ref. von W. KRAUSE. Ibidem. p. 26.
11. ——— Nachträge zur allgemeinen und mikroskopischen Anatomie. 1884. p. 88. (Fig. 46.)
12. ——— Der Spiralsaum der Samenfäden. Internationale Monatsschr. für Anatomie und Histologie. Bd. II. 1885. p. 170. Taf. XI B.
13. FR. LEYDIG, Untersuchungen zur Anatomie und Histologie der Thiere. Bonn 1883. p. 105.
14. HENEAGE GIBBES, On the Structure of the Vertebrate Spermatozoon. Quarterly Journal of microsc. Science. N. S. Vol. XIX. 1879. p. 487. Pl. XXIV.
15. ——— On Human spermatozoa. Quarterly Journal of microsc. Science. N. S. Vol. XX. p. 320.
16. O. S. JENSEN, Über die Struktur der Samenkörper bei Säugethieren, Vögeln und Amphibien. Anat. Anzeiger. 1. Jahrg. 1886. p. 254.
17. ——— Untersuchungen über die Samenkörper der Säugethiere, Vögel und Amphibien. I. Säugethiere. Archiv für mikr. Anatomie. Bd. XXX.
18. E. BALLOWITZ, Zur Lehre von der Struktur der Spermatozoen. Anat. Anzeiger. 1. Jahrg. 1886.
19. O. S. JENSEN, Die Struktur der Samenfäden. Bergen 1879.
20. ——— Recherches sur la spermatogénèse. Archives de Biologie. Tome IV. p. 73, 74, Anm.
21. SCHWEIGGER-SEIDEL, Über die Samenkörperchen und ihre Entwicklung. Arch. für mikr. Anatomie. Bd. I. 1865. p. 317.
22. A. v. BRUNN, Beiträge zur Kenntniss der Samenkörper und ihrer Entwicklung bei Säugethieren und Vögeln. Arch. f. mikr. Anatomie. Bd. XXIII. 1884.
23. v. LA VALETTE ST. GEORGE, Artikel »Hoden« in STRICKER's Handbuch der Gewebelehre.
24. E. BALLOWITZ, Über das Vorkommen des *Miniopterus Schreibersii* Natterer in Deutschland nebst einigen Bemerkungen über die Fortpflanzung deutscher Chiropteren. Zool. Anzeiger. XIII. Jahrg. 1890. Nr. 345.
25. ——— Untersuchungen über die Struktur der Spermatozoen, zugleich ein Beitrag zur Lehre vom feineren Bau der kontraktile Elemente. Theil I. Die Spermatozoen der Vögel. Archiv für mikr. Anatomie. Bd. XXXII. 1888.

26. A. KÖLLIKER, Physiologische Studien über die Samenflüssigkeit. Diese Zeitschr. Bd. VII. 1836.
27. E. SELENKA, Studien über Entwicklungsgeschichte der Thiere. 4. Heft. Das Opossum. 1887.
28. A. PRENANT, Note sur la structure des spermatozoides chez l'homme. Société de Biolog. T. V. No. 12. (Nach einem Referate in den Jahresberichten über die Fortschritte der Anatomie und Physiologie von HERMANN und SCHWALBE. Bd. XVII. 1. Abth.)
29. E. BALLOWITZ, Untersuchungen über die Struktur der Spermatozoen. Theil III. Fische, Amphibien und Reptilien. Archiv für mikr. Anat. Bd. XXXVI. 1890.
30. ——— Untersuchungen über die Struktur der Spermatozoen, zugleich ein Beitrag zur Lehre vom feineren Bau der kontraktile Elemente. Die Spermatozoen der Insekten. Diese Zeitschr. Bd. L. 1890.
31. ——— Fibrilläre Struktur und Kontraktilität. Vortrag, gehalten auf dem VII. Kongress der anatomischen Gesellschaft zu Berlin am 12. Oktober 1889. Archiv für die gesammte Physiologie. Bd. XLVI.
32. FR. MERKEL, Erstes Entwicklungsstadium der Spermatozoiden. Untersuchungen aus dem anatomischen Institut zu Rostock. Rostock 1874.
33. A. v. BRUNN, Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Samenkörper. Archiv für mikr. Anatomie. Bd. XII. 1876.
34. F. MIESCHER, Die Spermatozoen einiger Wirbelthiere. Ein Beitrag zur Histochemie. Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft in Basel. Bd. VI. 1878.
35. V. HENSEN, Physiologie der Zeugung. HERMANN's Handbuch der Physiologie. Bd. VI. Theil II. 1884.

Erklärung der Abbildungen.

Wie in meinen früheren Arbeiten wurden auch hier die meisten Figuren in ziemlich gleichem Größenverhältnis gezeichnet, indem ich einen jeden Theilstrich des Mikrometer-Oculars Nr. 2 von WINKEL, mit welchem die Objekte bei WINKEL, homogene Immersion $\frac{1}{24}$ mit ausgezogenem Tubus gemessen wurden, und bei welchem dann jeder Theilstrich = 0,0009 mm wirklicher Objektgröße beträgt, in der Zeichnung gleich 1 mm setzte. Nur einzelne Figuren, wie z. B. Fig. 23 und 53, sind etwas größer wiedergegeben.

Die Abkürzungen der Figurenbezeichnungen bedeuten:

K, Kopf; *Vst*, Vorderstück des Kopfes; *Hst*, Hinterstück des Kopfes; *Kp*, Kopfkappe; *V*, Verbindungsstück der Geißel; *H*, Hauptstück der Geißel; *Sp*, Querspalt in der Hülle zwischen Verbindungsstück und Hauptstück; *Af*, Achsenfaden; *Ek*, Endknöpfchen des Achsenfadens; *Hls*, Halsstück des Achsenfadens; *Hi*, Hals, Querspalt

zwischen Kopf und Verbindungsstück; *Fs*, gröbere Fasern; *Fb*, Elementarfibrillen des Achsenfadens; *FM*, Fäulnismaceration; *G*, Gentianaviolett; *S*, Safranin.

Tafel XIII.

Fig. 1—12. *Vesperugo noctula* K. u. Blas.

Fig. 1. Ganzes Spermatozom aus dem Nebenhoden, in gesättigter wässriger Sublimatlösung untersucht, von der Fläche gesehen.

Fig. 2. Dessgleichen.

Fig. 3. Dessgleichen.

Fig. 4. Dessgleichen, von der Kante gesehen.

Fig. 5. Ganzes Spermatozom aus dem Nebenhoden, von der Fläche gesehen; schwache Färbung mit Gentianaviolett. Spiralbildung unsichtbar geworden.

Fig. 6. Dessgleichen; Achsenfaden im Verbindungsstück deutlich, geht kontinuierlich in das Halsstück über.

Fig. 7. Geißel ohne Kopf, in konzentrierter wässriger Sublimatlösung untersucht, aus dem Nebenhoden. Halsstück und Endknopf des Achsenfadens sehr deutlich.

Fig. 8 u. 9. Vorderer Theil eines Spermatozoms aus dem Nebenhoden, in konzentrierter wässriger Sublimatlösung untersucht, von der Fläche gesehen.

Fig. 10. Dessgleichen, frisch in 0,75%iger Kochsalzlösung untersucht.

Fig. 11. Dessgleichen, aus dem Inhalt des Uterus, im März¹ untersucht. Spiralbildung im Verbindungsstück isolirt. Färbung mit Gentianaviolett.

Fig. 12. Dessgleichen, Kopf abgefallen; aus dem Uterus, im März untersucht. Halsstück und Endknopf des Achsenfadens sehr deutlich. Färbung mit Gentianaviolett.

Fig. 13—21. *Vesperugo pipistrellus* K. u. Blas.

Fig. 13. Ganzes Spermatozom aus dem Uterus (Januar), von der Fläche gesehen, in konzentrierter wässriger Sublimatlösung untersucht.

Fig. 14. Dessgleichen, von der Kante gesehen.

Fig. 15. Dessgleichen, von der Fläche gesehen; Spiralbildung nicht sichtbar; Längsschatten im Kopfe.

Fig. 16. Dessgleichen, aus einem mit Gentianaviolett gefärbten Deckglas-Trockenpräparate, welches längere Zeit gelegen hatte und schon wieder etwas entfärbt war. Achsenfaden im Verbindungsstück sehr deutlich, kontinuierlich in das Halsstück übergehend.

Fig. 17. Dessgleichen; nach einem frisch gefärbten Deckglas-Trockenpräparat.

Fig. 18—20. Vorderer Theil dreier Spermatozomen, von der Fläche gesehen, aus dem Inhalt des Uterus (Januar), in konzentrierter wässriger Sublimatlösung untersucht.

Fig. 21. Dessgleichen, nach einem tingirten Deckglas-Trockenpräparate, wie Fig. 16. Spiralbildung nicht zu erkennen. Der Achsenfaden (*Af*) sehr deutlich, geht vorn in das Halsstück über und ragt am hinteren Ende des Verbindungsstückes eine kleine Strecke weit frei hervor.

Fig. 22. Geißel ohne Kopf von *Vesperugo noctula* K. u. Blas., aus dem Inhalt des Uterus im Januar untersucht, mit Gentianaviolett gefärbt. Endknopf und Halsstück des Achsenfadens deutlich. Spirale im vorderen Theile des Verbindungs-

¹ Die Thiere waren vom November bis März in der Gefangenschaft gehalten, so dass der Winterschlaf etwas verlängert wurde.

stückes isolirt; Achsenfaden (*Af*) im Hauptstück auf Strecken isolirt, Hülle desselben in Zerfall begriffen.

Fig. 23. Vorderes Ende des Verbindungsstückes einer Geißel ohne Kopf von *Vesperugo noctula* K. u. Blas.; Endknopf und Halsstück des Achsenfadens scheinen getheilt.

Fig. 24—28. Isolirte Verbindungsstücke aus dem Uterus von *Vesperugo noctula* K. u. Blas. Das ganze Thier macerirte vor der Untersuchung noch ca. 4½ Wochen in Wasser. Nach mit Safranin und Gentianaviolett gefärbten Deckglas-Trockenpräparaten. Spiralbildung und streckenweise der Achsenfaden isolirt. Hülle stellenweise in Segmente zerfallen (Fig. 26, 27); dieselbe erscheint in Folge der langen Einwirkung der Maceration etwas schmaler.

Fig. 29—35. *Rhinolophus Ferrum equinum* K. u. Blas.

Fig. 29. Ganzes Spermatozoon aus dem Nebenhoden, frisch durch Osmiumsäuredämpfe fixirt, von der Fläche gesehen. Verbindungsstück erscheint wie gekörnelt; im hinteren Bereiche desselben ein Protoplasmaklumpchen; die hintere Grenze des Verbindungsstückes nicht deutlich; *gg*, die vordere Grenze der Hülle eines jeden Fadens.

Fig. 30. Vorderer Theil eines Spermatozoons von der Fläche gesehen; nach einem Präparate, welches nach Fixirung durch Osmiumsäuredämpfe längere Zeit in verdünntem Glycerin gelegen hatte. Am hinteren Rande des stark aufgehellten Kopfes ein Endknöpfchen sichtbar. Die beiden Fäden im vorderen Theile des Verbindungsstückes sehr deutlich.

Fig. 31. Desselben, ohne Kopf, nach einem frischen Präparat aus dem Nebenhoden. Endknöpfchen der beiden Fäden in verschiedener Höhe; *gg*, vordere Grenze des Verbindungsstückes, d. i. der Hülle der beiden Fäden.

Fig. 32. Nach einem zuvor durch Osmiumsäuredämpfe fixirten und sodann mit Safranin gefärbten Deckglas-Trockenpräparat. Die beiden Fäden sehr deutlich. Ein Endknopf am Hinterrande des Kopfes, von demselben durch einen sehr schmalen hellen Zwischenraum getrennt. Kopfkappe intensiv gefärbt. Das Vorderstück des Kopfes beginnt sich zu entfärben.

Fig. 33. Desselben, Hülle des Verbindungsstückes nicht mehr sichtbar. Die zwei Fäden, d. i. die beiden Hälften des Achsenfadens, sind eine Strecke weit von einander abgewichen und endigen jeder mit einem intensiv gefärbten Endknöpfchen; die letzteren in verschiedener Höhe, so dass der eine Endknopf durch einen größeren Zwischenraum (Kittsubstanz) vom Hinterrande des Kopfes getrennt wird, als der andere. Kopfkappe intensiv gefärbt. Kopf bis auf das Hinterstück entfärbt.

Fig. 34. Dasselbe; Kopf bis auf das Hinterstück entfärbt.

Fig. 35. Vorderer Theil eines Spermatozoons aus dem Nebenhoden eines Individuums, welches längere Zeit in Wasser macerirt hatte. Vordere Grenze der Hülle des Verbindungsstückes deutlich (*gg*). Kopfkappe abgefallen und aufgelöst. Trennung der beiden Fäden im Verbindungsstück.

Tafel XIV.

Fig. 36. Geißel eines Spermatozoons aus dem Uterus von *Vesperugo noctula* K. u. Blas.; aus einem Präparate, welches einige Tage in 0,80/10iger Kochsalzlösung unter dem Deckglas gelegen hatte, und dann mit Gentianaviolett gefärbt war. Endknopf und Halsstück des Achsenfadens sehr deutlich; Hülle im Hauptstück im Zerfall begriffen. Im Querspalt (*Sp*) zwischen Hülle des Verbindungsstückes und des Hauptstückes der Achsenfaden sichtbar.

Fig. 37—50. Maulwurf, *Talpa europaea* L.

Fig. 37. Ganzes Spermiosom aus dem Nebenhoden, frisch in 0,75%iger Kochsalzlösung untersucht. Zwei Linien im Halse (*Hl*) sichtbar; *gg*, die vordere Grenze der Hülle des Verbindungsstückes.

Fig. 38. Isolirter Kopf aus demselben Präparat; die beiden vorderen Seitenränder desselben eingerollt.

Fig. 39. Dessgleichen; der vordere Theil des Kopfes umgebogen.

Fig. 40. Isolirter Kopf, aus einem mit Gentianaviolett tingirten Deckglas-Trockenpräparat, welches von mit Humor aqueus verdünntem und durch Osmiumdämpfe fixirtem Sperma aus dem Nebenhoden angefertigt war. Kopfkappe (*Kp*) intensiv dunkel violett gefärbt; ihr hinterer Rand etwas entfernt von dem vorderen Rand des intensiver gefärbten hinteren Kopftheiles.

Fig. 41. Dessgleichen; nur ein schmaler hinterer Theil des Kopfes intensiver gefärbt.

Fig. 42. Isolirter Kopf aus einem mit GRENACHER'S Alaunkarmin gefärbten Deckglas-Trockenpräparate, welches von mit Humor aqueus verdünntem und durch Osmiumsäuredämpfe fixirtem Sperma aus dem Nebenhoden angefertigt wurde. Kopfkappe farblos, nur der Kopf gefärbt.

Fig. 43. Isolirte Kopfkappe aus dem frisch untersuchten Inhalt des Nebenhodens.

Fig. 44 u. 45. Von der Kopfkappe befreite Köpfe aus dem Inhalt des Nebenhodens. Schwache Färbung mit Gentianaviolett.

Fig. 46. Aus einem Präparat aus dem Hoden, welches einige Stunden in 0,8%iger Kochsalzlösung unter dem Deckglase gelegen hatte. Kopf von der Kopfkappe befreit. Hülle des Verbindungsstückes aufgelöst, so dass der Achsenfaden (*Af*) isolirt ist; der vordere Theil des letzteren geht in zwei Fäden aus einander; Endknöpfchen noch nicht sichtbar. Hülle im Hauptstück (*H*) intakt, so dass sich das Hauptstück scharf von dem feineren Achsenfaden absetzt.

Fig. 47. Vorderer Theil einer Geißel ohne Kopf, aus dem Inhalt des Nebenhodens, schwache Färbung mit Gentianaviolett; *gg*, vordere Grenze der Hülle des Verbindungsstückes. Zwei Endknöpfchen (*EkeE*) jetzt sehr deutlich; zwischen *EkeE* und *gg* die beiden Fäden des Halsstückes des Achsenfadens (vgl. Fig. 37 *Hl*).

Fig. 48—50. Aus einem Hodenpräparat, welches einige Stunden in 0,8%iger Kochsalzlösung unter dem Deckglase gelegen hatte. Vordere Geißeltheile, von denen der Kopf abgefallen ist. Die Spiralhülle im Verbindungsstück aufgelöst, so dass der Achsenfaden entblößt ist. In Fig. 48 ist der vordere Theil des letzteren in zwei Hälften zertrennt, in Fig. 49 und 50 auch der mittlere und hintere Theil. Die vorderen Enden der beiden Fäden tragen jeder ein jetzt sehr deutliches Endknöpfchen. Die Hülle im Hauptstück (*H*) noch erhalten, so dass sich das letztere von dem feineren Achsenfaden scharf abgrenzt.

Fig. 51—56. Dachs (*Meles Taxus* Blas.).

Fig. 51. Ganzes Spermiosom aus dem Nebenhoden; das Präparat war nicht mehr ganz frisch. Zwei Linien im Halse sichtbar; Endknöpfchen noch nicht zu erkennen.

Fig. 52. Kopf mit vorderem Geißeltheil, nach einem mit Safranin gefärbten Deckglas-Trockenpräparat. Kopf bereits wieder verblasst und fast farblos geworden; nur der vordere gerade Rand des Hinterstückes und der gebogene Vorderrand des Innenkörpers in Gestalt deutlich abgegrenzter Linien sichtbar; der Hinterrand des Kopfes gleichfalls noch intensiv gefärbt. Im Halse (*Hl*) die beiden Fäden des

Halsstückes des Achsenfadens und ganz besonders die beiden intensiv gefärbten Endknöpfchen sichtbar; die letzteren sind von dem Einschnitt am hinteren Rande des Kopfes durch eine sehr schmale helle Linie (Kittsubstanz) getrennt.

Fig. 53. Dasselbe; Hinterstück des Kopfes noch intensiv gefärbt und scharf nach vorn abgegrenzt. Fig. 52 und 53 in etwas kleinerem Maßstabe gezeichnet als Fig. 51.

Fig. 54. Vorderes Geißelende ohne Kopf aus dem Nebenhoden. *gg*, vordere Grenze der Hülle des Verbindungsstückes; *EkEk*, die beiden Endknöpfchen. Zwischen *EkEk* und *gg* die beiden Fäden des Halsstückes des Achsenfadens.

Fig. 55. Dasselbe, etwas stärker vergrößert gezeichnet.

Fig. 56. Vorderes Geißelende ohne Kopf, nach einem mit Safranin gefärbten Deckglas-Trockenpräparat, welches von mit 0,750/iger Kochsalzlösung verdünnten Sperma (ohne Osmiumsäure-Fixierung) angefertigt war. Spiralhülle im Verbindungsstück aufgelöst, so dass der Achsenfaden isolirt ist. Nach vorn geht derselbe in zwei Fäden aus einander, von denen ein jeder ein Endknöpfchen trägt. Vordere Grenze des Hauptstückes (*H*), dessen Hülle noch erhalten ist, setzt sich scharf vom Achsenfaden ab.

Fig. 57 u. 58. Spermatozoonköpfe vom Hund, Sperma aus dem Nebenhoden, nach einem mit Gentianaviolett gefärbten Trockenpräparat, welches ca. vier Jahre im Dunkeln aufbewahrt und schon sehr verblasst war. Hinterstück des Kopfes noch intensiv gefärbt.

Fig. 59—61. Spermatozoonköpfe vom Kaninchen, aus dem Nebenhoden, nach zuvor mit Osmiumsäuredämpfen fixirten, sodann mit Gentianaviolett gefärbten Deckglas-Trockenpräparaten; welche drei Jahre im Dunkeln aufbewahrt waren. An allen das Hinterstück intensiv gefärbt und nach vorn scharf abgegrenzt; in Fig. 59 die helle Innenkuppe nur verschwommen, in Fig. 60 und 61 dagegen scharf begrenzt. In Fig. 59 und 60 der Rand des Vorderstückes dunkel kontourirt.

Fig. 62. Vorderer Theil eines Spermatosoms aus dem Nebenhoden einer frischen menschlichen Leiche; nach einem mit Osmiumsäure fixirten und mit Gentianaviolett gefärbten Deckglas-Trockenpräparat. Hülle des Verbindungsstückes aufgelöst, im Hauptstück dagegen noch erhalten; Achsenfaden im Verbindungsstück isolirt, Endknopf desselben noch nicht sichtbar.

Fig. 63. Dessgleichen, ohne Kopf. Endknopf des Achsenfadens sichtbar.

Fig. 64—68. Fischotter (*Lutra vulgaris* Erxl.), Sperma aus dem Nebenhoden.

Fig. 64. Isolirter Kopf, aus einem Präparate, welches 24 Stunden unter dem Deckglase in 0,750/iger Kochsalzlösung gelegen hatte und sodann mit Gentianaviolett gefärbt war. Kopfkappe (*Kp*) ist abgehoben und erscheint auf ihrer Oberfläche etwas rauh.

Fig. 65. Ganzes Spermatosom; Kopfkappe glockenartig abgehoben. Hals (*Hl*) deutlich, Endknöpfchen nicht sichtbar; *gg*, vordere Grenze der Hülle des Verbindungsstückes.

Fig. 66. Dessgleichen; Kopfkappe entfernt; Kopf von der Geißel abgelöst; zwei Endknöpfchen sind sichtbar geworden.

Fig. 67 u. 68. Isolirte Köpfe, aus einem mit Gentianaviolett gefärbten Deckglas-Trockenpräparat, welches zwei Jahre im Dunkeln aufbewahrt war. Vorderstück (*Vst*), Hinterstück (*Hst*) und Centralkörper (*Ck*) sehr deutlich. In Fig. 68 scheint sich der hintere Rand des Vorderstückes ein wenig retrahirt zu haben, so dass die Kanten desselben etwas dunkler erscheinen und eine überaus zarte helle schmale Querlinie vor der vorderen Grenze des Hinterstückes sichtbar wird.

Fig. 69—71. Aus dem Nebenhoden des Schafbockes; aus einem durch Osmiumsäuredämpfe fixirten und mit Gentianaviolett tingirten Deckglas-Trockenpräparat, welches vier Jahre im Dunkeln aufbewahrt wurde.

Fig. 69. Kopf und vorderer Geißeltheil. Vorderer Rand des Kopfes dunkel kontourirt. Hals (*Hl*) deutlich; *g*, vordere Grenze der Hülle des Verbindungsstückes; Endknopf nicht sichtbar.

Fig. 70. Vorderes Geißelende. Endknopf sichtbar. *g*, vordere Grenze der Hülle des Verbindungsstückes.

Fig. 71. Isolirter Kopf. Vorderrand des Kopfes dunkel kontourirt. Hinterstück scharf abgegrenzt; vordere Grenze der Innenkuppe verschwommen.

Fig. 72—76. Aus dem Nebenhoden des Schweines. Aus durch Osmiumsäuredämpfe fixirten und mit Gentianaviolett tingirten Deckglas-Trockenpräparaten, welche vier Jahre im Dunkeln aufbewahrt waren.

Fig. 72. Kopf und vorderer Geißeltheil. Vorn breiter Kappenrand; Hinterstück scharf abgegrenzt. Im Halse zwei ein wenig divergirende Fäden sichtbar, welche durch einen hellen Raum von einander getrennt werden; *g*, vordere Grenze der Hülle des Verbindungsstückes. Innenkuppe noch nicht deutlich.

Fig. 73. Dessgleichen, aber der Kappenrand schmal, scharf begrenzt und halb-kreisförmig.

Fig. 74 u. 75. Isolirte Köpfe; wie Fig. 72, aber die Innenkuppe vom Vorderstück sehr scharf abgegrenzt. Über die schmale helle Linie vor der vorderen Grenze des Hinterstückes in Fig. 75, vgl. Fig. 68.

Fig. 76. Spermatozoon mit größerem Kopf und, wenigstens im Verbindungsstück, doppelter Geißel; aus dem Nebenhoden des Schweines.

Fig. 77—79. Aus dem Nebenhoden vom Stier, aus mit Osmiumsäuredämpfen fixirten und mit Gentianaviolett tingirten Deckglas-Trockenpräparaten, welche einige Zeit dem Sonnenlichte ausgesetzt waren.

Fig. 77. Kopf und vorderer Geißeltheil. Seitenränder von der vorderen Grenze des Hinterstückes an und Vorderrand des Kopfes dunkel kontourirt. Centralkörper deutlich. Hals sehr schmal; am hinteren Kopfrande das Endknöpfchen sichtbar. Hinterstück des Kopfes dunkel gefärbt, nach vorn scharf begrenzt.

Fig. 78. Dessgleichen; zwischen dem dunkeln Randkontour und dem gefärbten Theil des Vorderstückes ein schmaler heller Saum.

Fig. 79. Isolirter Kopf; die Kopfkappe (*Kp*) ist vom Vorderstück des Kopfes abgehoben.

Fig. 80 u. 81. Aus dem Nebenhoden des Meerschweinchens; aus einem mit Gentianaviolett gefärbten Deckglas-Trockenpräparat.

Fig. 80. Kopf und vorderer Geißeltheil. Kopfkappe intensiv gefärbt, hat sich vom Kopfe hinten etwas abgelöst. Achsenfaden im Verbindungsstück, dessen Hülle zum Theil aufgelöst ist, intensiv gefärbt und deutlich sichtbar.

Fig. 81. Dessgleichen; die Kopfkappe ist abgetrennt.

Fig. 82. Aus dem Hoden des Hengstes, nach Zusatz von verdünntem Glycerin und nach schwacher Färbung mit Gentianaviolett. Kopf und vorderer Geißeltheil. Endknopf nicht sichtbar. Im vordersten Theile des Verbindungsstückes haben sich noch einige Spiralwindungen erhalten; im mittleren und hinteren Theile desselben ist die Spirale aufgelöst, so dass der in zwei Hälften zerlegte Achsenfaden frei liegt. Hülle im Hauptstück erhalten.

Fig. 83. Dasselbe. Vorderer Geißeltheil ohne Kopf; Endknöpfchen (*Ek*) deutlich.

Fig. 84. Aus dem Hoden des Schweines, nach Zusatz von verdünntem Glycerin

und nach schwacher Färbung mit Gentianaviolett. Kopf und vorderer Geißeltheil; am vorderen Ende des Verbindungsstückes noch zwei Spiralwindungen erhalten. Im Halse zwei Fäden deutlich. Der entblößte Achsenfaden (*Af*) in zwei von einander abstehende Fäden zerspalten, zwischen welchen eine feinste Fibrille sichtbar ist. Endknöpfe nicht zu sehen. Hülle des Hauptstückes erhalten.

Fig. 85. Dasselbe, Kopf abgefallen. Der im Verbindungsstück von seiner Hülle befreite Achsenfaden vorn und hinten in zwei Fäden zerlegt, von denen ein jeder am vorderen Ende ein Endknöpfchen trägt.

Tafel XV.

Fig. 86—90. Aus dem Nebenhoden der Ratte. $F = M$, Geißeln ohne Kopf; *G*, hintere Grenze des Verbindungsstückes.

Fig. 86. 16 Tage in Wasser macerirt. Spiralbildung im ganzen Verbindungsstück wieder deutlich geworden. Hülle des Hauptstückes im Zerfall begriffen, im unteren Theile der Geißel zum größten Theil aufgelöst, so dass der Achsenfaden (*Af*) entblößt ist; der letztere hier an einer Stelle in zwei Fäden zerspalten.

Fig. 87. 22 Tage in Wasser macerirt. Spiralbildung der Hülle des Verbindungsstückes sehr deutlich, im vorderen Theile aufgelöst, so dass der in sieben ungleich dicke Fasern und Fibrillen zersplitterte Achsenfaden frei zu Tage tritt. Hülle des Hauptstückes in ganzer Ausdehnung aufgelöst, so dass der Achsenfaden hier völlig isolirt ist; im oberen Theile ist derselbe in zwei Hälften getrennt.

Fig. 88. 22 Tage in Wasser macerirt, Spiralbildung sehr deutlich, zum Theil in Segmente zerfallen; hier und da sind größere Stücke der spiralförmigen Hülle herausgebröckelt, so dass der Achsenfaden sichtbar ist. Der durch Auflösung der Hülle im Hauptstück isolirte Achsenfaden in ganzer Ausdehnung in drei Fäden (*FbFbFs*) zerlegt, von welchen der dickere (*Fs*) oben und unten wiederum in zwei Hälften auseinander weicht.

Fig. 89. Dasselbe; der im Verbindungsstück unterhalb der Mitte desselben frei liegende Achsenfaden in zwei Hälften gespalten; im Hauptstück der völlig entblößte Achsenfaden in drei ungleich dicke Fädchen zerfallen.

Fig. 90. 20 Tage in Wasser macerirt. Der vordere Theil des Verbindungsstückes ist abgebrochen; ein frei hervortretender Theil des Achsenfadens in mehrere ungleich dicke Fasern aufgesplittert. Die im Zerfall begriffene Hülle des Hauptstückes zum Theil noch erhalten. Der Achsenfaden im Hauptstück an mehreren Stellen isolirt, an einer Stelle in vier ungleich dicke Fasern zerlegt.

Fig. 91. Ganzes Spermatozoon aus dem Hoden des Schafbockes, in verdünntem Glycerin nach schwacher Gentianafärbung untersucht. Zarte, kaum gefärbte Kopfkappe (*Kp*) nur wenig von dem Vorderstück abgehoben. Achsenfaden und Verbindungsstück isolirt, in der unteren Hälfte in zwei Fäden auseinander gewichen. Hülle des Hauptstückes erhalten.

Fig. 92. Kopf und vorderer Geißeltheil eines Spermatozoons aus dem Nebenhoden vom Stier, frisch mit Gentianaviolett gefärbt.

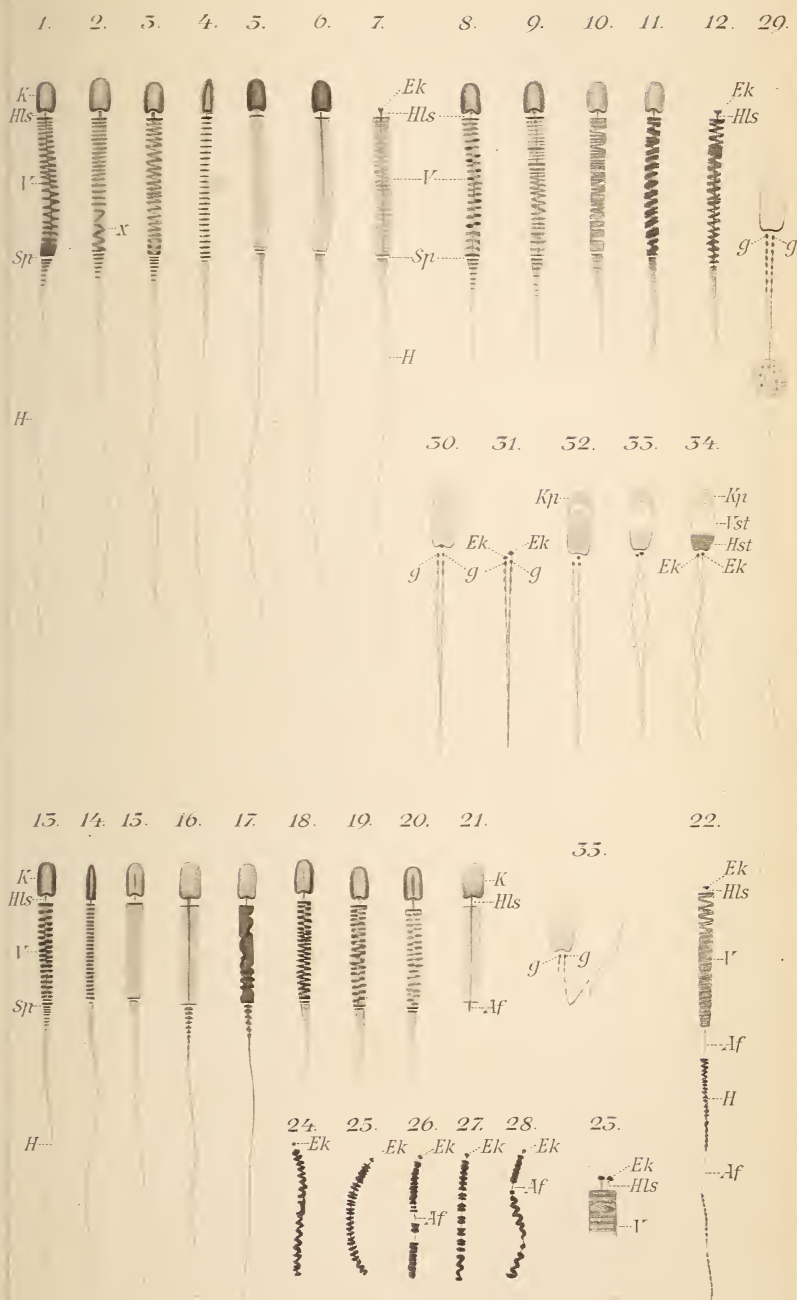
Fig. 93. Isolirter Kopf aus dem Nebenhoden des Stiers, nach einem mit Osmiumsäuredämpfen fixirten und mit Gentianaviolett gefärbten Deckglas-Trockenpräparate, welches einige Zeit dem Sonnenlichte ausgesetzt war. Randkontour, Vorderstück, Hinterstück und Innenkuppe des Kopfes deutlich, vgl. Fig. 78.

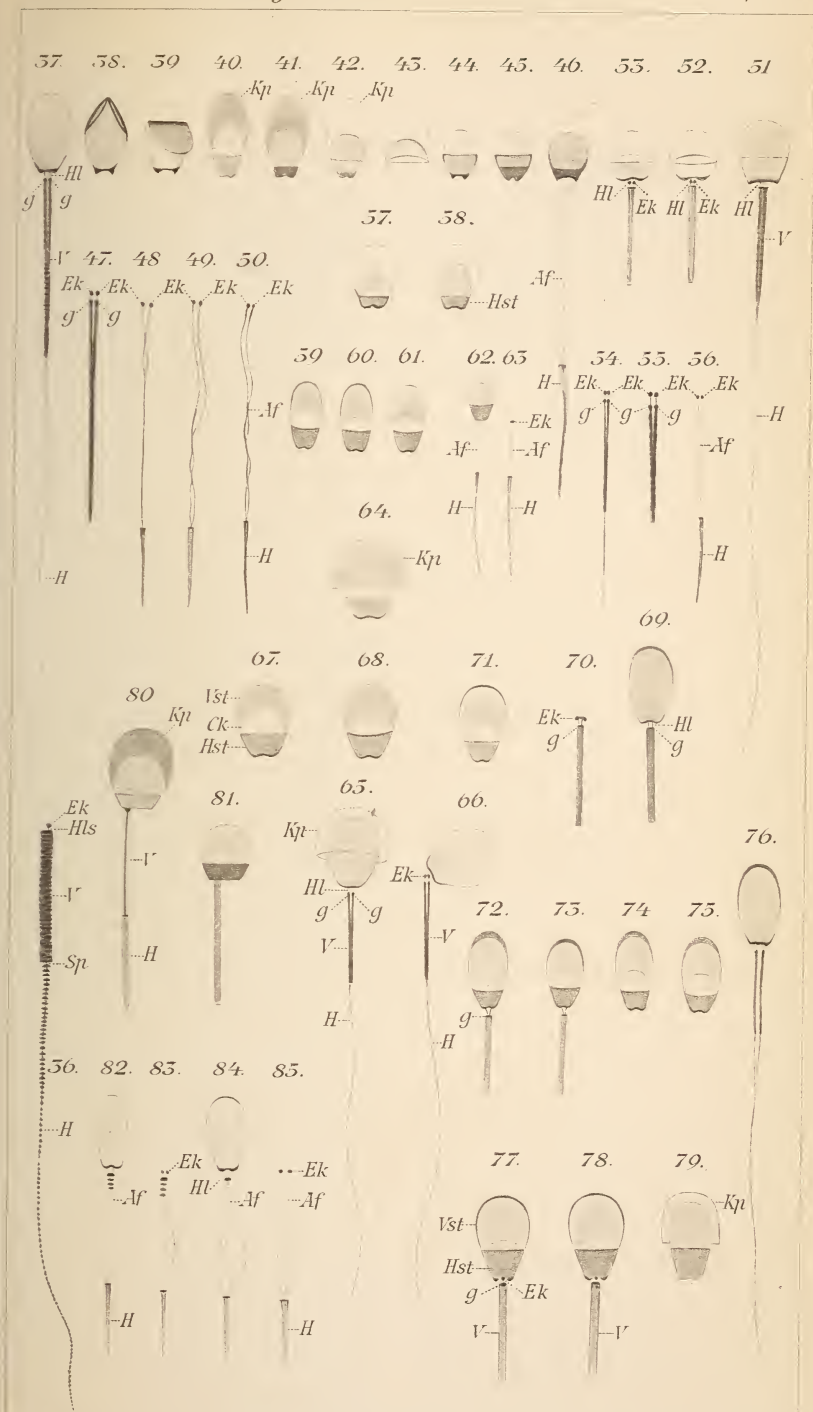
Fig. 94. Aus dem Nebenhoden des Schweines, 17 Tage in Wasser macerirt, Gentianafärbung. Ganzes Spermatozoon; Spirale des Verbindungsstückes wird sicht-

bar; die beiden Fäden des Halsstückes (*Hls*) im Halse deutlich; Endknopf nicht zu sehen; *g*, vordere Grenze der Hülle des Verbindungsstückes.

Fig. 95. Dasselbe, Geißel ohne Kopf. Die beiden Fäden des Halsstückes mit den beiden an einander stoßenden Endknöpfchen sehr deutlich; *g*, vordere Grenze der Hülle des Verbindungsstückes.

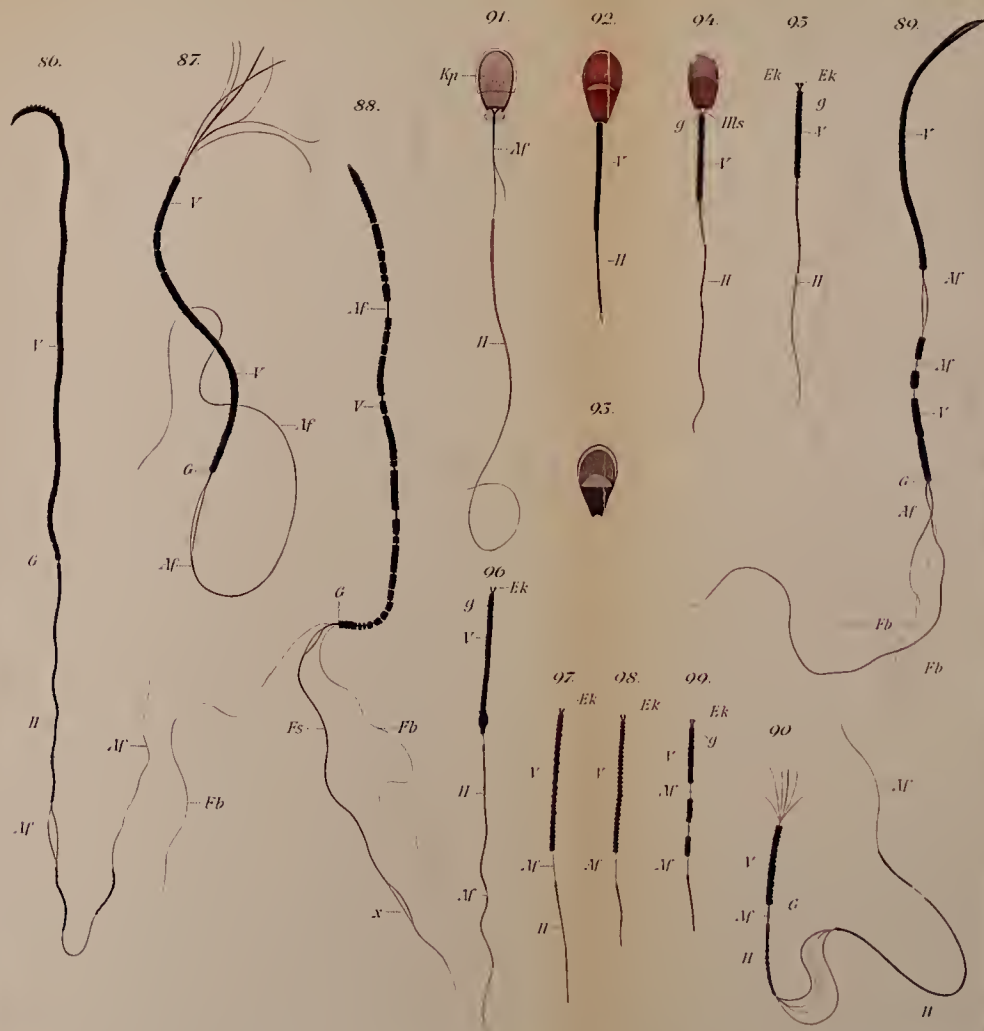
Fig. 96—99. Aus dem Nebenhoden des Maulwurfs, *Talpa europaea* L. 17 Tage in Wasser macerirt; Gentianafärbung. Fig. 96, ganze Geißel, Fig. 97—99, vordere Geißelenden. *g*, vordere Grenze der Hülle des Verbindungsstückes. Die beiden Fäden des Halsstückes und die Endknöpfchen sichtbar. Spiralbildung im Verbindungsstück deutlich, zum Theil mit Querzerfall. Hülle des Achsenfadens stellenweise aufgelöst, so dass der letztere frei liegt (vgl. Fig. 37 und 47—50).





86.





ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1891

Band/Volume: [52](#)

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

Artikel/Article: [Weitere Beobachtungen über den feineren Bau der Säugethierspermatozoen. 217-293](#)