

## Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Samenkörper.

Von

**Dr. A. v. Brunn,**  
Prosector in Göttingen.

---

(Hierzu Tafel XXII.)

---

Merkel hat uns in seinem Aufsätze »Erstes Entwicklungsstadium der Spermatozoiden« (Untersuchungen aus dem anatomischen Institut zu Rostock, 1874) mit einer höchst interessanten Erscheinung bekannt gemacht, welche diejenigen Hodenzellen, die zu Samenkörpern werden sollen, im ersten Stadium der Umbildung zu solchen characterisirt. Die Kerne derselben erscheinen nämlich sehr deutlich in zwei Hemisphären getheilt, deren eine das frühere Aussehen beibehalten hat, während die andere einen sehr viel stärkeren Glanz besitzt. Aus der Thatsache, dass die letztere unter dem Einfluss wasserentziehender Reagentien — Glycerin, Alcohol — zusammenfällt, geht hervor, dass ihr Inhalt sehr wasserreich ist, dass ihre festen Bestandtheile zur Bildung der stark glänzenden Aussenschicht verwendet worden sind. Ausgezeichnet ist diese Hemisphäre noch durch ein, auf ihrer convexen Fläche aufsitzendes Knötchen von derselben optischen Eigenschaft, den Spitzenknopf; derselbe sitzt an Zellen, welche Samenkörper mit symmetrisch gebauten Köpfen liefern, central, bei solchen, aus denen mit unsymmetrischen Köpfen versehene Spermatozoen werden, excentrisch, und nimmt stets die Stelle der Spitze des künftigen Kopfes ein.

Während die glänzende peripherische Schicht der betreffenden Kernhemisphäre unzweifelhaft aus dem Material des Zellkernes stammt, ist Merkel geneigt, den Spitzenknopf als eine Bildung des Protoplasmas aufzufassen, weil in der Nähe der Stelle, wo später jene Bildung aufträte, sich in Zellen, die noch keine solche besitzen, eine dunkle Protoplasmaanhäufung finde; welche nach dem Erscheinen des Spitzenknopfes nicht mehr da sei, und von der daher wahrscheinlich sei, dass sie an den Kern sich anlöthe und zu dem genannten Gebilde werde.

Ich beschäftigte mich bei meinen Untersuchungen mit der Frage nach der Entstehung des Spitzenknopfes, resp. mit der Ermittlung, ob derselbe jener Protoplasmaanhäufung entspreche, und ferner mit dem Verhalten jener Differenzirung im Kern bei der weiteren Entwicklung der Zellen zu Samenkörpern.

Was die Untersuchungsmethode anbetrifft, so habe ich sowohl den frischen Hoden in Kammerwasser zerzupft, wie auch besonders Zupfpräparate von in  $\frac{1}{3}$ procentiger Osmiumsäure mehrere Tage aufbewahrten Hodenstückchen untersucht.

Die Samenzellen zeichnen sich ausser durch ihre Grössenverhältnisse bekanntlich aus durch die beiden Protoplasmaanhäufungen, von denen die eine von v. la Valette St. George (Stricker's Handbuch der Lehre von den Geweben) mit der Entstehung des Schwanzes in Beziehung gebracht wurde, die andere eben von Merkel mit der Bildung des Spitzenknopfes. Es ist sehr leicht, sich zu überzeugen, dass die letztere, wie Merkel angiebt, stets vorhanden ist, ehe der Spitzenknopf da ist; ebenso fehlt sie, wenn dieser deutlich ausgebildet ist, in den meisten Fällen vollständig. Dennoch aber halte ich dafür, dass zwischen ihr und dem Spitzenknopf durchaus keine Beziehungen bestehen, da ich glaube, den Alibibeweis für sie führen zu können. Man bemerkt an Zellen, an denen eben die Differenzirung im Kern mit dem Auftreten einer kleinen Stelle dunkleren Contours sichtbar wird, dieser Stelle die betreffende Anhäufung nahe liegen, aber meist nicht in Form eines kugeligen Klümpchens, sondern einer concavconvexen Scheibe, welche die Concavität dem Kerne zuwendet, eine Form, von der man sich durch Wälzen der Zelle leicht überzeugt — (Fig. 1 a, 3 b und c). Andere Zellen zeigen die Anhäufung noch von derselben Form, aber die glänzende Partie des Kernes bereits grösser und auf ihrem Centrum aufsitzend den Spitzenknopf als anfänglich sehr

kleine flache Erhabenheit, die nur eben als Verdickung der Membran erscheint: hier bestehen also Spitzenknopf und Protoplasmaanhäufung neben einander, gehen also nicht aus einander hervor. Der Spitzenknopf muss sich ohne Betheiligung des Protoplasma aus dem Kern bilden; eine Ansicht, in der man noch mehr bestärkt wird durch die später genauer zu besprechende Beobachtung, dass er im Laufe der Entwicklung bei manchen Thieren sehr wesentlich an Grösse zunimmt, ohne dass etwa eine Anlagerung von Aussen sichtbar wäre, dass er noch lange wächst, wenn von jener Anhäufung längst nichts mehr zu sehen ist. — Die nächstfolgenden Entwicklungsstufen sind dann daran kenntlich, dass, während der Spitzenknopf ausnahmslos deutlich sichtbar ist, und sich deutlich aus der Kernperipherie heraushebt, die dunkle Kernpartie an Ausdehnung zunimmt, bis sie genau den halben Kern inne hat. Ist es soweit, so ist von der früher concavconvexen Protoplasmascheibe Nichts mehr zu sehen: dieselbe hat sich allmählig mehr und mehr verbreitert, der Krümmung des Kerns gemäss gewölbt, ist homogen geworden und stellt nun eine einer halben Kugelschale an Form gleichende Membran dar, welche wie eine Kappe dicht auf der veränderten Kernhemisphäre aufliegt: sie ist die Kopfkappe und ich werde sie im Folgenden auch so nennen. Bei Zusatz von Glycerin zieht sich die betreffende Kernhälfte zusammen, die Kopfkappe aber folgt ihr nicht, sondern behält ihre Form bei und verhindert das Zellprotoplasma, den durch die Schrumpfung des Kernes entstandenen Hohlraum auszufüllen: sie muss also bedeutend starrer sein, als die Kernmembran. Dies Verhalten erklärt es, dass man sich an frischen Präparaten, sowie an solchen, die in Osmiumsäure aufbewahrt und untersucht wurden, von dem Vorhandensein der Kopfkappe schwer überzeugt, da sie hier der Kernmembran dicht aufliegt und mit ihr als Eins erscheint; dass man dagegen die überzeugendsten Bilder von dem angegebenen Entwicklungsmodus und der ausgebildeten Form der Kopfkappe in grösster Menge an Osmiumsäurepräparaten erhält, welche mit Alcohol oder Glycerin versetzt waren, weil da die Kerne, sowohl wenn sie noch in den Zellen, wie auch wenn sie isolirt sind, die Kopfkappe als eine über die geschrumpfte Hemisphäre sich kuppelartig hinüberwölbende Membran zeigen, — die also trotz der Schrumpfung des Kernes dessen Kugelform conservirt (Fig. 1, b—e; Fig. 3, a—g). — Das sind Verhältnisse, wie sie mir bei allen untersuchten Thieren aufgestossen

sind, so dass ich also kein Bedenken trage, die Kopfkappe, ebenso wie die Differenzirung im Kern als etwas allen Säugethierspermatozoen während der Entwicklung zukommendes zu betrachten. Auffallend ist, dass die Lage der Anhäufung in den frühesten Stadien nicht immer genau gegenüber dem Spitzenknopf ist, sondern in den meisten Fällen eine ganz unsymmetrische: ihre Lage steht zur Symmetrie resp. Asymmetrie des Kopfes in gar keiner Beziehung, denn sie ist gleich variabel bei allen von mir untersuchten Thieren — Hund, Katze, Stier, Kaninchen, — Ratte, Maus. Der Rand der ausgebildeten Kopfkappe scheint mit dem der veränderten Kernhemisphäre zu verkleben, wenigstens erhält man diesen Eindruck sehr bestimmt sowohl durch Ansichten von geschrumpften Zellen, wo man den glänzenden Kerncontour unmittelbar in den der Kopfkappe übergehen sieht (Fig. 1 d, Fig. 3 d—f), wie durch solche isolirter Zellkerne.

Ich habe diese Umbildung jener Protoplasmaanhäufung so ausführlich besprochen, um die Theilnahme derselben an der Bildung des Spitzenknopfes abzuweisen; dieselbe Bildung der Kopfkappe hat bereits v. la Valette St. George (Schultze's Archiv Bd. III, Taf. XIV, Fig. 4 und Stricker's Handbuch der Lehre von den Geweben p. 539) dargestellt; dieser Forscher beschreibt diese Bildungsweise nur vom Meerschweinchen; an Osmiumsäurepräparaten überzeugt man sich leicht von der weiten Verbreitung derselben.

Wie verhalten sich nun im weiteren Verlaufe der Spermatozoenentwicklung die von Merkel entdeckte Differenzirung im Kern und die Kopfkappe?

Während die Zellen im Allgemeinen die Veränderungen durchmachen, wie sie v. la Valette St. George an der zuletzt angeführten Stelle beschreibt, eine Beschreibung, die ja allgemeine Anerkennung genießt, nimmt der Kern allmählig die Form an, welche der Kopf des Samenkörpers bekommen soll, indem er bei regelmässigen Spermatozoen ellipsoidisch wird und eine sehr wesentliche Abflachung erfährt, — bei anderen sich in entsprechender Weise verändert. Bei der ersten Art der Samenkörper nehmen beide Hemisphären an dieser Aenderung, soweit sie die Form betrifft, gleichen Antheil, während bei unregelmässigen Spermatozoen — wie bei der Ratte und Maus, — bei denen die Grenze beider Abtheilungen nicht quer, sondern schräg und geschlängelt verläuft, hauptsächlich die vordere Abtheilung durch einseitige Längenausdehnung die definitive

Form des Kopfes hervorbringt (s. Fig. 3, g—i; — Fig. 1, d—f und Fig. 2, a—c).

Auf die Formveränderung folgt dann eine Grössenabnahme; und zwar verkleinert sich, während fürs Erste die vordere Hemisphäre sich gleich bleibt in Grösse und optischen Eigenschaften, die hintere bedeutend, so dass die Grenze zwischen beiden Abtheilungen dem hinteren Ende sehr viel näher gerückt wird. Bei manchen Thieren wächst zugleich der Spitzenknopf während dieses Vorganges noch mehr und nimmt die Form einer lang ausgezogenen Spitze an, — so z. B. beim Kaninchen (Fig. 3 i—l). Hier wird dadurch die Differenz der beiden Abtheilungen in der Länge so bedeutend, dass von der Länge des ganzen Kopfes, die 0,014 Mm. beträgt, 0,0098, also sieben Zehntel, auf die vordere kommen. Danach folgt dann eine sehr schnelle Verkleinerung der vorderen Abtheilung auf weniger als die Hälfte — von 0,0098 auf 0,0042 Mm., während deren Verlauf auch die hintere von 0,0042 auf 0,0028 herabgeht, so dass die ganze Länge des ausgebildeten Spermatozoenkopfes (beim Kaninchen) nur mehr 0,007 beträgt.

Mit der Form- und Grössenveränderung des Kernes geht endlich zugleich einher eine Zunahme der vorderen Abtheilung an Festigkeit und Starrheit, so dass schon im Stadium Fig. 3i und 4d keine Reagentien mehr eine Schrumpfung hervorzubringen vermögen.

Die Kopfkappe folgt der Veränderung der Kopfform nur insofern, als sie die Verlängerung der vorderen Kopfhälfte, nicht die Abplattung derselben mitmacht, so dass man auf Flächenansichten der abgeplatteten Köpfe Nichts von ihr wahrnehmen kann, sie nur auf Kantenansichten bemerkt (Fig. 3, l), eine Thatsache, die ebenfalls berechtigt für ihre verhältnissmässig grosse Starrheit spricht. Ehe die Verkleinerung des Kopfes beginnt, pflegt die Kopfkappe verloren zu gehen, und zwar so, dass sie sich über den Kopf zurückzieht, nachdem ihre Verbindung mit dem vorderen Theil des Kopfes gelöst ist. Besonders frappant habe ich alle möglichen Stadien dieses Vorganges an Zupfpräparaten aus dem Hoden des Stieres gesehen; man bemerkt da (Fig. 4, d—i), wie sich die Kappe erst ein wenig nach Vorn zurückzieht, wie sie sich mehr und mehr umkrempt, schliesslich vollständig umstülpt und so, nur noch am Spitzenknopf hängend, frei schwebt; — Letzteres ist auch an den Samenkörpern des Kaninchens häufig sehr schön zu beobachten (Fig. 3, m, n).

Mit dem Abstreifen dieser Hülle haben die Spermatozoenköpfe

indessen den Glanz ihrer vorderen Hälfte und den Spitzenknopf noch nicht eingebüsst, beide sind noch völlig erhalten. — Zu gleicher Zeit gehen, während die Verkleinerung des Kopfes beginnt, beide zu Grunde. Die Erscheinungen bestehen dabei am Spitzenknopf im Auftreten eines kleinen hellen Punktes, der einer kleinen Vacuole nicht unähnlich sieht (Fig. 1 f, Fig. 3 o); an der glänzenden Randschicht in allmähligem Abblässen des Glanzes.

Mit dem nach dem Verlust der Kopfkappe bleibenden Glanz der vorderen Kopfhälfte erhielt sich natürlich auch die scharfe Grenze zwischen der vorderen und hinteren Abtheilung in Form bald eines einfachen breiteren Bandes oder zweier schmaleren, durch eine helle Zone getrennten Querlinien; sie wird mit dem Erblässen des Glanzes allmählig auch weniger scharf. Hat sich der Kopf bis zu seiner definitiven Grösse verkleinert, so ist jeder optische Unterschied zwischen seinen beiden Abtheilungen verschwunden, — nur die Grenze beider ist bei manchen Thierarten noch in der angegebenen Weise sichtbar, so beim Hund, Kaninchen, auch hin und wieder der Maus (Fig. 2, c, d; Fig. 3, p, q). Das Ausbildungsstadium, in welchem sich dann das Spermatozoon befindet, ist in der Regel das letzte vor Beendigung der Entwicklung, wo es vom reifen Samenkörper sich nur noch durch ein dem Mittelstück anhaftendes Klümpchen Zellprotoplasmas unterscheidet. In nicht wenigen Fällen erhält sich dieser Streifen aber auch noch nach dem Verlust dieses Klümpchens, also am völlig fertigen Samenkörper.

Solche Querstreifen oder Querbänder an den Köpfen der Spermatozoen sind bereits von Valentin (Zeitschrift für rationelle Medicin, III. R. Bd. XVIII, p. 217 u. f.) beschrieben, aber seitdem nur wenig beachtet oder als etwas Unwesentliches angesehen worden. Valentin beschreibt sie vom Bären, Hund, Katze, Kaninchen, Meerschweinchen, Schaf; und zwar nennt er drei Querstreifen, einen vorderen, mittleren und hinteren, von denen der mittlere durchweg als der regelmässigste angeführt wird, während die beiden anderen sowohl bei derselben Thierspecies sehr variiren, und auch bei manchen Species ganz fehlen, also als unwesentlich gegenüber dem mittleren erscheinen.

Diesen mittleren Valentin'schen Querstreifen erkläre ich nach dem Vorhergehenden für den optischen Ausdruck der früheren Grenze beider Kernhemisphären und muss denselben also als eine ganz constante,

allen Thierarten gleichmässig zukommende Entwicklungserscheinung auffassen, die sich nur eben bei manchen Thieren bis zur völligen Ausbildung des Spermatozoids erhält, bei anderen nicht. Sein Verlauf ist je nach der Form des Spermatozoenkopfes verschieden, quer und grade bei regelmässigen, schräg und etwas geschlängelt bei den unregelmässigen Formen der Mäusearten.

Das sind die Entwicklungsvorgänge, welche ich zur Ergänzung der bereits bekannten, speciell als Weiterführung von Merkel's schöner Entdeckung der Differenzirung im Kern der Samenzellen mitzuthellen habe. Wesentliche Abweichungen davon sind mir nur in Bezug auf die Zeit, in der die Kopfkappe abgestreift wird, vorgekommen, indem dieselbe sich bei einzelnen Spermatozoen länger erhält, als bei anderen. Besonders beim Stier (Fig. 4, m) und bei der Maus (Fig. 2, d) habe ich 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 granulirt erscheint; Bilder, wie sie auch Schweigger-Seidel (Schultze's Archiv, Band I, Taf. XIX, H) vom Schwein gezeichnet, der die die Trübung hervorruhenden Pünktchen für aus der Untersuchungsflüssigkeit auf die etwas klebrige Kopfkappe abgelagerte Molecüle erklärt. Es sind jedoch solche Fälle meiner Erfahrung nach nur als Ausnahmen, wenn auch als nicht eben seltene, zu betrachten.

---

### Erklärung der Figuren auf Tafel XXII.

---

Sämmtliche Figuren sind bei Winkel, Ocular IV, System 8, Vergr. 600, ausgeführt.

Fig. 1. Samenkörperentwicklung der weissen Ratte.

a—d. Umbildung der einen Protoplasmaanhäufung zur Kopfkappe.

e und f. Ausbildung der unsymmetrischen Kopfform; geschlängelt verlaufende Grenze der beiden Kernabtheilungen.

- Fig. 2. Ausbildung der Kopfform der Spermatozoen der Hausmaus.  
a. Flächen-, b. Kantenansicht der beiden Kopfabtheilungen.  
c. entwickelte Kopfform mit erhaltener Grenze beider Abtheilungen.  
d. ebenso, mit Kopfkappe.
- Fig. 3. Samenkörperentwicklung beim Kaninchen.  
a—g. Entwicklung der Kopfkappe.  
h—l. Veränderungen der Kopfform und des Spitzenknopfes.  
mn. Abstreifung der Kopfkappe.  
o. Untergang des Spitzenknopfes.  
p. verkleinerter Kopf mit abgeblasster vorderer Hälfte, aber deutlicher Trennungslinie zwischen beiden Abtheilungen.  
q. ausgebildeter Samenkörper mit dem mittleren — aus zwei Linien bestehenden — Valentin'schen Querbande.
- Fig. 4. Entwicklung der Samenkörper vom Stier.  
a. Samenzelle mit geschrumpfter vorderer Hemisphäre und Kopfkappe.  
b. ebenso, Kopfkappe durch die Präparation verloren.  
c. Nicht geschrumpfte Samenzelle, — Kopfkappe nicht sichtbar.  
d—i. Abstreifung der Kopfkappe.  
k. verkleinerter Kopf mit Querstreifen.  
l. ebenso ohne letzteren.  
m. ausgebildeter Kopf mit Kopfkappe.
-



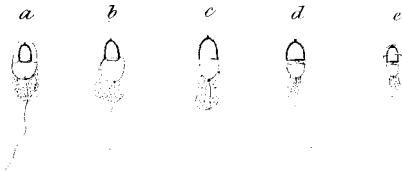
1.



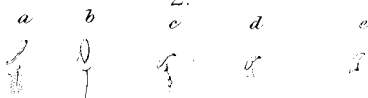
3A



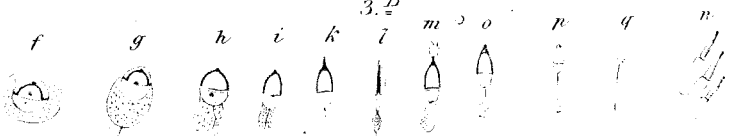
4A



2.



3.B



1

4.B

