

Aus dem Anatomischen Institut der Universität Kristiania.

**Zur Kenntnis der Zellgranula.**  
**Untersuchungen über den feineren Bau der Haut von**  
**Myxine glutinosa.**

Von

**K. E. Schreiner.**

I. Teil. Zweite Hälfte.

Hierzu Tafel I—III und 6 Textfiguren.

<b>Inhalt:</b>	Seite
Kapitel 4. Die Epidermis.	
B. Die Drüsenzellen, Fortsetzung.	
3. Die kleinen Schleimzellen . . . . .	1
C. Die Sinneszellen und die sensiblen Nervenendigungen in der Epidermis . . . . .	26
Anhang. Über die Bildung der lipoiden Granula in den Follikelzellen der Testes von Myxine . . . . .	48
Zusammenfassung . . . . .	53
Literaturverzeichnis . . . . .	59
Tafelerklärung . . . . .	60

**3. Die kleinen Schleimzellen.**

Die dritte und letzte Form der Drüsenelemente in der Epidermis von Myxine wird, wie in der Übersicht über den Bau der Haut (Kap. 2) gezeigt wurde, von den kleinen Schleimzellen gebildet. Wie ihr Name andeutet, produzieren sie Schleim. Ihr Sekret bildet den Hauptbestandteil der durchsichtigen Schleimschicht, die die Hautoberfläche der Tiere immer bedeckt. Gegen die beiden eigentümlichen Drüsenzellenformen, die Fadenzellen und die grossen Schleimzellen, deren Bau und Entwicklung in der ersten Hälfte dieses Teils geschildert wurden, stehen die kleinen Schleimzellen an Grösse erheblich zurück, treten aber wiederum in viel grösserer Anzahl in der Oberhaut auf. Was ihre äussere Gestalt betrifft, so schliessen sie sich den indifferenten Bildungszellen der Epidermis viel enger als die beiden anderen Drüsenzellenformen an. Man könnte deswegen leicht versucht

sein zu glauben, dass ihre Entwicklung verhältnismässig leicht zu verfolgen wäre. Wie wir aber unten sehen werden, ist dies nicht der Fall. Im Gegenteil bieten die sekretorischen Vorgänge innerhalb dieser Zellen eine bedeutende Komplikation dar und geben in dieser Hinsicht denjenigen der eigentümlichen Fadenzellen wenig nach.

Wie in der Literaturübersicht (Kap. 2) erwähnt, fand Maurer (1895), dass die Umbildung der indifferenten Zellen zu Schleimzellen in der Weise stattfindet, dass in der freien Hälfte der Zelle, unmittelbar dem Kern angelagert, ein kleiner Schleimtropfen im Plasmakörper der Zelle auftritt, welcher sich, indem die Zelle gegen die Oberfläche der Epidermis rückt, allmählich vergrössert, bis die ganze Zelle von ihm aufgebläht erscheint. Wenn diese Zellen an die freie Oberfläche der Epidermis gelangen, dehnen sie sich in der Fläche leicht aus und werden gleichzeitig mit einem Kutikularsaum versehen, der zwei Schichten, eine tiefe dickere, senkrecht gestreifte und eine oberflächliche dünnere, homogene, stark lichtbrechende beobachten lässt. Diese Zellen stellen längere Zeit unverändert die oberste Zellschicht der Epidermis dar. Die Abgabe des Schleimes erfolgt nur in der Weise, dass die ganzen Zellen sich ablösen, nachdem die Zellen der darunterliegenden Lage Kutikularsäume entwickelt haben und ihren Platz einnehmen können.

Im Gegensatz zu Maurer unterschied Retzius (1905) in der obersten Epidermisschicht zwei verschiedene Zellenformen: Erstens Zylinderzellen, die ovale oder kuglige, in einem hell erscheinenden, weitmaschigen Protoplasmanetzwerk gelegene Kerne haben und in ihrer oberen Partie bei starker Vergrösserung einen streifigen Saum (Köllikers „porösen Saum“) erkennen lassen. Zweitens zwischen diesen eine wechselnde Anzahl von Zellen, die sich mit Schleimfarben intensiv tingieren, länger als die ersteren sind und mit ihrem ampullenartig erweiterten Ende weiter in die Epidermis hinab, mit ihrem oberen, bald schmäleren, bald breiteren Ende bis an die Oberfläche der Haut reichen. Der Kern dieser Zellen ist basal gestellt und schalenförmig. Ihr Plasma enthält keinen hellen Raum wie das der ersteren Zellenform. An ihrem oberen freien Ende lassen auch sie nicht selten eine saumartige Struktur erkennen, die jedoch nicht gegen das übrige Protoplasma scharf abgegrenzt ist. Zwischen den unteren bauchigen Enden

dieser zweiten Zellenform und nach unten von denen der zuerst erwähnten ist eine Reihe von Zellen gelegen, deren Zellkörper wie jene Schleim enthalten und mit basal gestellten, ebenfalls schalenförmigen Kernen versehen sind. Das obere Ende dieser Zellen der zweiten Zellenreihe schmiegt sich den unteren der ersten Reihe an. Zwischen ihnen und den langen ampullenartigen Zellen der oberflächlichen Zellenlage finden sich verschiedene Übergangsformen. Ein näheres Studium lehrt auch, dass die Zellen der zweiten Reihe jüngere Entwicklungsstadien der ampullenartigen Oberflächenzellen darstellen. Es liegt offenbar eine Art von sekretorischen Zellen vor, welche während ihrer weiteren Ausbildung einen oberen Fortsatz nach der Oberfläche hin schicken können. Ob nun dies temporär geschieht und sie sich nach der Entleerung des Sekretes wieder zurückziehen, oder ob sie nach der Abgabe des Sekretes untergehen, ist nach Retzius schwer zu entscheiden. Für die letztere Eventualität sah er keine sicheren Beweise.

Bei der Betrachtung von Vertikalschnitten durch die Epidermis, welche mit irgend einer Schleimfarbe, z. B. Delafields Hämatoxylin, tingiert worden sind (vgl. Fig. 3, 93—95), erkennen wir die von Retzius geschilderten verschiedenen Zellenformen der beiden oberflächlichen Zellenlager leicht wieder. Je nach der Grösse der Tiere werden die zylindrischen Zellen mit dem hell gefärbten Protoplasma, das keine Schleimfarbe aufgenommen hat, und dem deutlichen Kutikularsaum bald breiter kubisch, bald höher zylindrisch vorgefunden. Zwischen ihnen liegen in wechselnder Anzahl die grösseren, tiefer in die Epidermis hinabreichenden, Schleim enthaltenden und deswegen blau gefärbten Zellen, deren Kerne eine basale Lage haben und oft abgeplattet sind. Zwischen den basalen Teilen dieser letzteren Zellen finden sich endlich die blasenförmigen, ebenfalls von der Schleimfarbe mehr oder weniger intensiv tingierten Zellen, welche die nächstfolgende Epidermislage bilden (vgl. Fig. 93). Wie schon von Retzius hervorgehoben ist, lässt sich nun leicht feststellen, dass die letzteren Zellen während ihrer Sekretfüllung mit dem oberen Teil ihres Zelleibs sich zapfenförmig zwischen die Zellen der oberflächlichsten Schicht emporschieben, um schliesslich die Oberfläche der Epidermis zu erreichen und ihr Sekret hier zu entleeren (Fig. 94). Bei grösseren Tieren, wo die Zellen der äussersten Epidermisschicht eine be-

deutendere Höhe haben als bei kleineren Tieren, erreichen die Fortsätze der Zellen der zweiten Epidermislage oft eine beträchtliche Länge, und die betreffenden Zellen bekommen dadurch Keulenform (Fig. 96).

Wie verhalten sich nun die kleinen, keinen Schleim enthaltenden Oberflächenzellen zu den beiden eben erwähnten, Schleim produzierenden Zellenformen der Epidermis? Stellen sie eine eigene, von den letzteren verschiedene Zellenform dar, oder ist der zwischen diesen und jenen vorhandene Unterschied nur von einer verschiedenen sekretorischen Tätigkeit verurteilt? Auch diese Frage lässt sich bei genauerer Untersuchung einer grösseren Anzahl von Oberflächenzellen leicht beantworten, und zwar in der letzteren Richtung. Die protoplasmareichen Zellen mit den ovoiden oder sphärischen Kernen und dem deutlich hervortretenden Kutikularsaum stellen unzweifelhaft sekretleere Schleimzellen dar. Es lassen sich alle Übergänge zwischen ihnen und sekretgefüllten Oberflächenzellen auffinden (Fig. 95).

Für die Annahme Maurers (vgl. o.), dass die Schleimabgabe der Oberflächenzellen in der Weise vorsichgehe, dass ganze Zellen sich ablösen, lässt sich gar kein Anhaltspunkt finden. Im Gegenteil, jedes Präparat lehrt, dass die Zellen der oberflächlichen Schicht der Epidermis, ihren Platz beibehaltend, mehrmals sich mit Sekret erfüllen und es abgeben. Je nach dem Sekretinhalt der Zellen wechseln ihre Grösse, Gestalt und Färbbarkeit und verändern sich die Lage und die Form ihres Kerns, ähnlich wie bei vielen anderen Drüsenzellen.

Eine Ablösung grösserer oder geringerer Partien der oberflächlichen Zellenlagen kann natürlich gelegentlich durch äussere Verletzungen der Tiere hervorgerufen werden. Ich bin auch bei meinen Untersuchungen ein paarmal auf solche Hautstellen gestossen, wo die zwei bis drei oberen Zellenlagen sicher vor dem Fang der Tiere, vielleicht durch das Kratzen der Hornzähne ihrer Gesellen, entfernt worden waren. Auch bei der Sekretentleerung der beiden grossen Drüsenzellenformen kann man hie und da beobachten, dass eine oder ein paar der Oberflächenzellen mechanisch abgelöst und mit dem Sekret der ersteren fortgerissen werden. Absterbende Zellen werden in der oberflächlichsten Lage ziemlich häufig angetroffen. Sie gehen an Ort und Stelle zugrunde (vgl. S. 19).

Nach Färbung der Schnitte mit Delafields Hämatoxylin

erscheint das Sekret der Oberflächenzellen heller blau als jenes der grossen Schleimzellen, die nach dieser Färbung eine tiefere, mehr ins Violett übergehende Farbenstufe annehmen (vgl. Fig. 3). Nach Thioninfärbung mit nachfolgender Aurantia-Differenzierung entfärbt sich das Sekret der kleinen Schleimzellen bald vollständig, während das der grossen, blasenförmigen Zellen einen rot- oder grau violetten Farbenton beibehält. Es muss nach diesem verschiedenen färberischen Verhalten der Sekrete der beiden Schleimzellenformen der Epidermis offenbar ein nicht geringer Unterschied in ihrer chemischen Zusammensetzung vorhanden sein.

Wie von früheren Untersuchern hervorgehoben, zeichnen sich die Oberflächenzellen der Epidermis von Myxine vor allem durch ihren eigentümlichen Kutikularsaum aus. In sekretleeren Zellen wird derselbe an Vertikalschnitten durch die Haut aus regelmässig angeordneten, dicht nebeneinander gelegenen, parallelen, lotrecht zur Oberfläche gestellten dunkleren Streifen gebildet, welche durch enge, helle Zwischenräume voneinander getrennt werden und sich nach unten in die innere Zone des Ektoplasmas, welche das Endoplasmakammerchen (vgl. u.) nach oben abschliesst, verlieren. In sekretgefüllten Zellen aber, und besonders bei jungen Tieren, ist die Anordnung und Stellung der Streifen unregelmässiger. Ihr gegenseitiger Abstand ist hier zum Teil erheblich grösser, und die Streifen sind an vielen Stellen miteinander zu einem unregelmässigen Balkenwerk verbunden. Die Zwischenräume zwischen den Streifen sind hier von dem innerhalb des Endoplasmas der Zellen gebildeten Sekret gefüllt, und die Streifen selbst werden wegen des ihnen anhaftenden Sekretes von den Schleimfarben gefärbt.

Wie in der Literaturübersicht erwähnt, sind von früheren Untersuchern der Myxinehaut verschiedene Auffassungen über die Struktur dieses Kutikularsaums geäussert worden. Schon Kölliker beschrieb denselben als gewissermassen „porös“. Maurer sah in der tiefen Schicht desselben eine senkrechte Streifung, fand aber seine äussere Schicht homogen. Retzius endlich fand die dunkler gefärbten lotrechten Streifen des Kutikularsaums aus glänzenden Körnchen bestehend, hält es aber für unwahrscheinlich, dass die engen Zwischenräume zwischen den Körnchenreihen als wirkliche Porenkanälchen aufzufassen sind.

Es ist nun nicht schwer nachzuweisen, dass Kölliker Recht

hat, und dass wir hier eines der schönsten Beispiele poröser Kutikularsäume, das es überhaupt gibt, vor uns haben.

In Fig. 97 ist ein Teil eines parallel zur Oberfläche der Haut geführten Schnittes durch die oberen Teile einiger Deckzellen wiedergegeben. Im ganzen sind elf Zellen gezeichnet, von welchen die unteren in einer etwas tieferen Ebene als die oberen vom Schnitte getroffen sind. In den letzteren, vor allem in der Zelle links oben, die unmittelbar unterhalb ihrer freien Oberfläche durchgeschnitten ist, zeigt der Kutikularsaum ein äusserst charakteristisches Bild. Er ist wie ein Sieb durchlöchert. Das Gitterwerk, das die feinen, ungefähr gleich grossen Löcher begrenzt, wird von einer vollkommen homogenen, mittels des Säurefuchsin intensiv rot gefärbten Substanz gebildet. In den unteren, tiefer getroffenen Zellen ist das Gitterwerk schwächer gefärbt, und die Löcher sind grösser, und zwar treten diese Veränderungen im Bau des Kutikularsaums um so deutlicher hervor, je tiefer unterhalb der Oberfläche der Zelle derselbe durchgeschnitten ist. Von den abgebildeten Kutikularsäumen zeichnen sich zwei bis drei durch ihre geringere Ausbreitung und durch ihre wenigen Löcher aus. Dieselben gehören kolbenförmigen Zellen der zweiten Epidermislage an.

Beim Heben und Senken des Tubus vermag man nun leicht festzustellen, dass die erwähnten Löcher des Kutikularsaums quer getroffene Kanälchen darstellen, die nahe ihrer Mündung an der freien Oberfläche der Zelle eng und dickwandig sind, sich nach unten aber erweitern und dünnere, weniger starre Wände bekommen. Einen körnigen Bau dieser Wände der Kanälchen, wie ihn Retzius schildert, habe ich niemals beobachtet.

Der Bau des Kutikularsaums lässt sich auch an frisch isolierten Zellen sehr gut studieren. Mehrmals ist es mir gelungen, an den scheinbar noch lebenden Zellen zu beobachten, wie sich das Sekret des Endoplasmas in die Porenkanälchen hinein direkt fortsetzte, dieselben erweiternd. Noch deutlicher tritt die Struktur des Kutikularsaums nach Vitalfärbung der Tiere hervor. Nach Anwendung des Neutralrots werden die Kanälchenwände nach einiger Zeit rot gefärbt, ähnlich wie an Säurefuchsinpräparaten. Nach Vitalfärbung mit Bismarckbraun bleiben die Kanälchenwände selbst ungefärbt, ihr Inhalt wird dagegen braun tingiert.

Der äussere, festere Teil des Kutikularsaums ist stärker lichtbrechend als der tiefere. An dicken, senkrecht zur Ober-

fläche der Haut geführten Schnitten können die engeren Partien der Porenkanälchen in diesem Teil, besonders an sekretleeren Zellen, übersehen werden, wodurch man den Eindruck bekommen kann, dass der innere gestreifte Teil des Kutikularsaums nach aussen von einer homogenen, lichtbrechenden Lage abgeschlossen sei. Möglicherweise sind es solche Bilder, die der Beschreibung Maurers (vgl. o.) von den beiden Schichten des Saumes zugrunde liegen. Es kann aber auch sein, dass die der Hautoberfläche oft anhaftende dünne Sekretschicht (vgl. Fig. 3, 93, 95) von diesem Verfasser fälschlich als ein dem Kutikularsaum angehöriger Teil aufgefasst worden ist.

Wie der übrige Teil des Ektoplasmas der Oberflächenzellen ist auch derjenige, der den Kutikularsaum bildet, mittels feiner Protoplasmabrücken mit den Nachbarzellen verbunden (Fig. 97). Zwischen den an die freie Oberfläche grenzenden Partien der Kutikularsäume können Kittleisten nachgewiesen werden, die die feinen Interzellularräume nach aussen abschliessen (Fig. 96).

Wie von Maurer und Retzius geschildert, haben die Oberflächenzellen eine prismatische Form, die nach der Sekretfüllung der Zellen von niedrig kubisch bis hoch zylindrisch wechselt und auch durch die Sekretfüllung der Nachbarzellen in sehr verschiedener Weise beeinflusst werden kann. Nach unten laufen sie oft in einen kürzeren oder längeren Fortsatz aus, der zwischen die Zellen der tieferen Schicht abwärts dringt.

An Zenkerpräparaten, die mit Eisenhämatoxylin gefärbt worden sind, tritt in sekretleeren und nur wenig Sekret enthaltenden Zellen der oberflächlichen Epidermisschicht die von Retzius erwähnte und in mehreren seiner Abbildungen wiedergegebene Sonderung des Plasmas dieser Zellen in zwei Zonen, eine äussere, dunkler gefärbte und eine innere, hellere, welche den ovoiden oder sphärischen Kern einschliesst, sehr deutlich hervor (Fig. 96). Die innere Zone, das Endoplasma, wird nach aussen von dem festeren Ektoplasma allseitig umgeben. Sie hat oberhalb des Kerns ihre grösste Ausbreitung, dieser Teil wird auch während der Sekretanhäufung innerhalb der Zelle immer mächtiger. Nach oben wird das Endoplasma von dem den Kutikularsaum bildenden Teil des Ektoplasmas begrenzt. Unterhalb des Kernes ist das Endoplasma nur als dünne Schicht vorhanden, welche von einer ähnlichen kapselartigen Differenzierung des

Ektoplasmas, wie wir sie an der Grenze der beiden Plasmaschichten in den indifferenten Bildungszellen der Epidermis fanden (I, 1), begrenzt wird. Während der Sekretansammlung innerhalb der Oberflächenzellen wird die Abgrenzung des Endoplasmas nach oben weniger scharf, indem sich jetzt auch der Kutikularsaum an den Eisenhämatoxylinpräparaten heller färbt.

Ähnlich wie das Endoplasma der Bildungszellen der Epidermis zeigt auch jenes der sekretleeren Oberflächenzellen nach Sublimatfixierung der Haut, so wie es Retzius schildert, ein ziemlich weitmaschiges Protoplasmanetzwerk. Innerhalb desselben lassen sich in einigen Zellen die Zentriolen als zwei kleine Punkte nachweisen (Fig. 96). Neben denselben wird auch eine wechselnde Anzahl kleinerer und grösserer Körnchen und Kügelchen vorgefunden. Der Kern der Oberflächenzellen bietet von seinen oben erwähnten, von der Sekretfüllung der Zellen abhängigen Lage- und Gestaltveränderungen abgesehen, nichts Bemerkenswertes. Nur lässt sich anführen, dass gar nicht selten zwei Kerne in einer Oberflächenzelle angetroffen werden. Wo dies der Fall ist, findet man oft, dass die Plasmakapsel als eine unvollständige Scheidewand zwischen die beiden Kerne von unten her emporragt.

Mittels der gewöhnlichen Untersuchungsmethoden lässt sich wenig weiteres über den Bau der Oberflächenzellen feststellen. Färbt man aber dünne Schnitte in Flemming-Bendas oder Champys Osmiumgemischen fixierter Hautstücke mit Säurefuchsin-Thionin nach Kull, so wird man von dem Reichtum an bunt gefärbten Plasmaeinschlüssen in den Zellen der oberflächlichen Epidermislagen ganz überrascht (vgl. Fig. 98). Nebeneinander finden sich im Endoplasma der Zellen kleinere und grössere Kügelchen und unregelmässiger geformte Körperchen, von denen die meisten rot, andere grün, wieder andere blau gefärbt sind. Das Vorkommen dieser Körper hängt offenbar mit der Sekretbildung innerhalb der Zellen zusammen und scheint von recht komplizierten Vorgängen während derselben zu zeugen. Wir wollen unten versuchen, durch das Studium der Entwicklung der kleinen Schleimzellen ihre Sekretbildung von Stufe zu Stufe zu verfolgen.

Wie wir uns aus der Schilderung von dem Bau der indifferenten Bildungszellen der Epidermis (Kap. 4, A) erinnern werden, hatten diese Zellen meistens eine zylindrisch-prismatische

Form (vgl. Fig. 4—12). Ihre ovoiden Kerne waren von dem weichen, halbflüssigen Endoplasma, das selbst wieder von dem festeren Ektoplasma nach aussen begrenzt wurde, allseitig umschlossen. Am oberen Pole des Kerns, in der sich hier befindenden grösseren Endoplasmaansammlung, hatten die Zentriolen ihre Lage. Nach geeigneter Vorbehandlung der Hautstücke und Färbung der Schnitte wurden ausserdem innerhalb des Endoplasmas fuchsinophile Fäden und Körnchen in etwas wechselnder, immerhin aber bedeutender Anzahl, sowie auch einzelne lipoide Granula gefunden. Von den letzteren, die allein nach Osmiumbehandlung des Materials zur Darstellung gebracht werden konnten, liess sich nachweisen, dass sie von fuchsinophilen Granula gebildet worden waren.

Die jüngsten Entwicklungsstadien der kleinen Schleimzellen finden sich nun in den tieferen Epidermislagen zwischen diesen ihren Mutterzellen zerstreut. Sie stimmen aber betreffs ihrer äusseren Gestalt in so hohem Maße mit denselben überein, dass sie nach Benutzung der gewöhnlichen Fixierungs- und Farbmethode von jenen nicht unterschieden werden können (vgl. Fig. 1 u. 3). Erst die Anwendung solcher Methoden, welche die verschiedenen Plasmastrukturen zur Darstellung bringen, erlaubt uns in den tieferen Epidermislagen neben den indifferenten Bildungszellen eine besondere Art von Zellen zu unterscheiden, die sich durch das Vorkommen grösserer fuchsinophiler Körnchen oder unregelmässig geformter Körperchen innerhalb ihres Endoplasmas auszeichnen (vgl. Fig. 98, die beiden Zellen der zweiten Reihe von unten, Fig. 102, 103). Neben diesen grösseren fuchsinophilen Körperchen werden in den betreffenden Zellen häufig auch lipoide Granula, die eine bedeutendere Grösse als die entsprechenden Granula der indifferenten Bildungszellen haben, gefunden. Auch zeigt endlich der oberhalb des Kerns gelegene Teil des Endoplasmas dieser Zellen, wo die erwähnten Plasmastrukturen in der Regel gelegen sind, meistens eine etwas grössere Ausdehnung als der entsprechende Teil des Plasmas der indifferenten Zellen.

Ganz ähnliche fuchsinophile Körperchen und grosse lipoide Granula werden innerhalb der kleinen Schleimzellen der oberflächlichen Epidermislagen, über deren Natur kein Zweifel bestehen kann, gefunden, fehlen aber sowohl in den indifferenten Zellen, wie in den verschiedenen Entwicklungsstadien der beiden grossen Drüsenzellenformen der Epidermis, die ihrerseits wieder durch

andere Struktureigentümlichkeiten gekennzeichnet werden (vgl. Kap. 4; B 1 u. 2). Wie die Verfolgung der weiteren Umbildung dieser Zellen lehrt, stellen sie junge Schleimzellen dar, und die in ihrem Plasma vorkommenden grösseren fuchsinophilen Körperchen sind als Sekretgranula aufzufassen.

Auf welche Weise sind nun diese letzteren gebildet worden? Sind die fuchsinophilen Plasmaelemente der Zellen, zwischen denen sie gefunden werden, bei ihrer Bildung tätig gewesen, oder sind sie unabhängig von diesen Gebilden im Endoplasma entstanden?

Mit der Kenntnis von der Bildung der Sekretgranula der Fadenzellen durch Segmentierung homogener Plasmafäden (Kap. 4; B 1) könnte die Annahme, dass auch hier eine ähnliche Bildungsweise der Sekretgranula vorliege, a priori wahrscheinlich erscheinen. Die Bilder liefern jedoch bei einem genaueren Studium keine Stütze für eine solche Annahme. Weder eine Anordnung der Sekretgranula in Reihen, welche auf die Bildung derselben aus einem und demselben Faden hindeuten könnte, noch das Vorkommen einer geschlossenen Reihe von Übergangsformen von ganz kleinen Granula, die das Kaliber der Plasmafäden ungefähr zeigten, zu den grösseren Formen, von denen hier die Rede ist, lässt sich in den jungen Schleimzellen konstatieren. Dagegen werden zwischen den f.en Plasmaelementen dieser Zellen häufig eigentümliche, meistens halbmond- oder sichelförmige, ungleichmässig gefärbte Körper beobachtet, die innerhalb des Plasmas der indifferenten Epidermiszellen nicht vorhanden waren, sich bei genauerer Untersuchung aber auch in älteren Schleimzellen nachweisen lassen, und deren Vorkommen mit der Bildung der Sekretgranula in irgend einem Zusammenhang zu stehen scheint.

Wenn man, um die Natur dieser letzteren Plasmakörper ins reine zu bringen, eine grössere Anzahl derselben aus verschiedenen jungen Schleimzellen möglichst genau abzeichnet und zusammenstellt, so ergibt sich bald aus dem Studium der Abbildungen die wichtige Tatsache, dass sich eine geschlossene Entwicklungsreihe der Gebilde zwanglos aufstellen lässt (vgl. Fig. 101). Die jüngsten Stadien derselben lassen sich auf fuchsinophile Stäbchen zurückverfolgen, die meistens leicht gebogen, an ihrer Mitte etwas dicker, an beiden Enden aber zugespitzt sind. Bei genauerer Betrachtung dieser Stäbchen wird man oft gewahr, dass sie an ihrer konkaven Seite nicht ganz scharf begrenzt sind, was

wieder darauf beruht, dass das Stäbchen hier mit einem kleinen Tröpfchen einer hellen Substanz in engem Zusammenhang zu stehen scheint. An kleineren Stäbchen hebt sich die ihnen angelagerte Substanz von dem umliegenden Endoplasma nur wenig ab, es ist deswegen auch äusserst schwer, durch Abbildungen einen richtigen Eindruck von diesen Gebilden zu geben. Gleichzeitig mit einer Vergrösserung der Stäbchen erfolgt aber allmählich auch eine Kondensation der ihnen anhaftenden Tröpfchen, und zwar beginnt diese Kondensation immer in demjenigen Teil der Tröpfchen, welcher dem Stäbchen am nächsten gelegen ist, und schreitet von hier aus weiter vorwärts, bis das ganze Tröpfchen an den mit Säurefuchsin gefärbten Präparaten eine hellrote Farbe angenommen hat und sich dadurch von der Umgebung deutlich absetzt. Meistens ist diese Kondensation von einer weiteren Verwischung der Grenze zwischen dem Stäbchen und dem Tröpfchen begleitet. Man kann den auf diese Weise gebildeten Körper mit einem mehr oder weniger ausgebogenen Hufeisen, in dessen Konkavität eine weichere Substanz membranartig ausgespannt ist, vergleichen. Noch eine Zeitlang hebt sich der aus dem Stäbchen hervorgegangene Randeifen dieses in der Regel platten, nicht selten wellenförmig gebogenen Körpers durch seine dunklere Farbe von seiner inneren Partie ab. Indem das ganze Gebilde aber an Grösse weiter zunimmt und zugleich auch eine sehr unregelmässige, oft schalenähnliche Form annimmt, verliert sich jedoch allmählich dieser Farbenunterschied, und es geht ein nach Färbung mit Säurefuchsin intensiv rot tingierter Körper hervor, der das fertige Sekretgranulum darstellt.

Wie die Untersuchung der Granula frisch isolierter Zellen lehrt, haben sie eine weiche, zähe Konsistenz und verändern sehr leicht ihre Gestalt. Nach Wasseraufnahme schwellen sie erheblich, schrumpfen andererseits, in hypertonischen Lösungen untersucht, entsprechend stark. Sie nehmen bei Vitalfärbung der Tiere mit Neutralrot diese Farbe mit Begierde auf, was ein genaueres Studium der Formveränderungen derselben in verschiedenen Medien sehr begünstigt.

Bei der Beurteilung der äusserst wechselnden Form und Grösse, welche die Granula in fixiertem Material aufweisen, muss sicher in erster Reihe dieser ihrer grossen Veränderlichkeit durch Einwirkung heterotonischer Flüssigkeiten Rechnung getragen

werden. Gewisse abweichende Formen der in Entwicklung begriffenen Granula scheinen jedoch ihre Entstehung auch anderen Gründen verdanken zu können. So sind z. B. die nicht ganz selten vorkommenden winkelförmigen und einer Pfeilspitze ähnlichen Granulaanlagen sehr wahrscheinlich auf eine vorangehende Verklebung zweier Bildungsstäbchen zurückzuführen (vgl. Fig. 100). Die ebenfalls recht häufig zur Beobachtung kommenden spulförmigen Granula scheinen aber aus Stäbchen, die sich während ihrer weiteren Umbildung nicht zusammengebogen haben, hervorgegangen zu sein.

Wenn man sich in Zellen, die durch ihren Inhalt an fertig gebildeten Sekretgranula sich als schon differenzierte Drüsenzellen kennzeichnen, mit den frühesten Entwicklungsstadien der fuchsino-philien Sekretgranula vertraut gemacht hat, so vermag man das Vorkommen ähnlicher Granulaanlagen auch in manchen Zellen zu konstatieren, die man früher als indifferente Bildungszellen anzusehen geneigt war. Eine solche Zelle ist in Fig. 99 abgebildet (vgl. auch die unterste Zelle der Fig. 98). Ohne Kenntnis von der Entwicklung der Sekretgranula würde man dieselbe sicher als eine indifferente Zelle aufgefasst haben. Bei genauerer Betrachtung derselben bemerkt man aber in dem oberhalb des Kernes gelegenen Teil ihres Endoplasmas links zwischen den f.en Plasmaelementen ein gebogenes dickeres Stäbchen, das wir jetzt als die Anlage eines Sekretgranulums zu identifizieren vermögen. Die Zelle ist demnach als eine junge Drüsenzelle zu betrachten.

Fragen wir nun schliesslich, von welcher Natur die Stäbchen sind, die zur Bildung der Sekretgranula Anlass geben, so kann die Antwort nicht zweifelhaft sein. Diese Stäbchen stimmen sowohl was ihre Grösse wie Färbbarkeit betrifft, mit den fuchsino-philien Plasmafäden der indifferenten Bildungszellen genau überein, und es lässt sich zwischen diesen beiden Gebilden eine so vollständige Reihe von Übergängen nachweisen, dass man in Betreff mancher f.en Fäden des Plasmas im Zweifel bleibt, ob sie zu der einen oder der anderen dieser beiden Kategorien zu rechnen sind.

Wir gelangen somit zu dem Ergebnis, dass die Bildung der Sekretgranula auch in den kleinen Schleimzellen durch die fuchsino-philien (Altmannschen) Plasmaelemente veranlasst wird. Die Art und Weise, auf welche sich die Plasmaelemente an der Bildung der Sekretgranula in diesen Zellen beteiligen, ist jedoch

von jener, die uns aus den Fadenzellen bekannt ist, insofern verschieden, als die Granulabildung hier von den unsegmentierten Plasmafäden selbst ihren Ausgangspunkt nimmt, während sie in den letzteren Zellen von kleinen Granula, die durch Segmentierung der homogenen Plasmafäden hervorgehen, bewirkt wird<sup>1)</sup>.

Recht auffallend ist die Übereinstimmung in ihrem Aussehen, welche die auf diese verschiedenen Weisen hervorgegangenen Sekretgranula der kleinen Schleimzellen und der Fadenzellen an einem gewissen Entwicklungsstadium, nämlich wenn sie beide aus einer festeren, sich dunkler färbenden Randschicht und einer weicheren, sich heller färbenden inneren Partie bestehen, darbieten können (vgl. die Fig. 101 u. 59). Bei den ersteren Granula bildet, wie wir gesehen haben, dieses Entwicklungsstadium die Einleitung zu einer weiteren Kondensation der Granula, bei den letzteren aber stellt es das Resultat einer inneren Differenzierung der früher homogenen Granula dar.

Die etwas älteren Stadien der kleinen Schleimzellen, welche der Hautoberfläche näher angetroffen werden, zeichnen sich durch ihren grösseren Reichtum an fuchsinophilen Sekretgranula aus (Fig. 103—104). Dementsprechend hat auch der oberhalb des Kerns gelegene Teil des Endoplasmas dieser Zellen, wo die Granula angesammelt sind, eine bedeutendere Mächtigkeit als bei den jüngeren, tiefer in der Epidermis gelegenen Zellen. Neben den Sekretgranula werden immer noch zahlreiche f.e. Plasmaelemente, sowie eine wechselnde Anzahl lipoider Granula im Endoplasma angetroffen. Auch die letzteren Granula haben an Zahl, vor allem aber an Grösse zugenommen. Bei genauerer Untersuchung der Plasmaelemente lässt sich eine fortgesetzte Neubildung sowohl f.er Sekretgranula wie lipoider Granula von ihnen auch innerhalb dieser Zellen nachweisen.

Wenn wir nun an diejenigen kleinen Schleimzellen gelangen, welche zwischen den basalen Teilen der kolbenförmigen Zellen der oberflächlichen Epidermislage gelegen sind (Fig. 93), so werden wir in den nach Altmann-Kull gefärbten Präparaten innerhalb ihres Endoplasmas neben den schon bekannten Plasma-

<sup>1)</sup> Ich sehe hier von der nicht sicher zu entscheidenden Frage ab, ob in den Fadenzellen vielleicht auch fuchsinophile, Altmannsche Plasmagranula zur Bildung von Sekretgranula direkt den Anlass geben können (vgl. I, 1, S. 159).

einschlüssen eine Art eigentümlicher Gebilde gewahr, die uns in den tieferen Zellenlagen der Epidermis nicht begegnet sind: Es sind dies die oben kurz erwähnten grösseren Granula, die eine bunte Mischung von roter, grüner und blauer Farbe aufweisen (vgl. Fig. 105—106, untere Zellen rechts).

Beim Versuch, die Entstehung dieser Körper zu ermitteln, werden wir bald auf einige grössere lipoiden Granula aufmerksam, welche von einer rot gefärbten Randschicht umgeben sind, oder an ihrem einen Pole mit einem bald mehr sphärischen, bald mehr sichelförmigen roten Körper vereinigt sind (Fig. 107). Auch in den Kaliumbichromat-Formalin-Osmiumpräparaten werden nach Färbung mit Säurefuchsin ganz entsprechende Gebilde beobachtet. Sie werden hier von einem rot gefärbten und einem von der Osmiumsäure geschwärzten Teil zusammengesetzt.

Diese Körper sind offenbar durch die Vereinigung eines fuchsinophilen Sekretgranulums mit einem lipoiden Granulum entstanden.

Bei genauerem Studium der Form dieser zusammengesetzten Granula lässt sich feststellen, dass der lipoiden Teil derselben von dem fuchsinophilen sehr oft wie eine Eichel von ihrem Kelche umfasst wird. Je nachdem man solche Granula von oben oder von der Seite betrachtet, wird ihr fuchsinophiler Anteil als eine Randschicht oder als ein sichelförmiger Körper, welcher dem einen Pole des lipoiden Granulums aufsitzt, erscheinen. Neben diesen Granula werden manchmal einige angetroffen, die sich durch ihre bedeutendere Grösse und unregelmässige Gestalt auszeichnen. Dieselben sind offenbar durch die Vereinigung mehrerer fuchsinophiler und lipoider Granula entstanden.

Während die beiden Bestandteile der hier erwähnten zusammengesetzten Granula durch eine scharfe Grenzlinie voneinander abgesetzt sind, werden in denselben Zellen, wo sie vorkommen, häufig auch ähnliche Granula beobachtet, die eine solche deutliche Abgrenzung ihrer beiden Substanzteile nicht darbieten (Fig. 108 a). Der fuchsinophile Anteil dieser letzteren zusammengesetzten Granula zeigt zugleich oft einen mehr blassroten Farbenton. In den Kaliumbichromat-Formalin-Osmiumpräparaten lässt sich feststellen, dass der lipoiden Teil solcher Granula von der Osmiumsäure weniger intensiv geschwärzt wird und häufig nur grau gefärbt erscheint.

Es ist nicht zweifelhaft, dass diese letzteren Granula weitere Entwicklungsstadien der ersteren darstellen, und dass die besonderen Merkmale, welche sie jenen gegenüber charakterisieren, darin bedingt sind, dass die beiden Substanzen der Granula sich jetzt miteinander zu mischen und aufeinander chemisch einzuwirken angefangen haben.

Dass in der Tat chemische Umsetzungen tiefgreifender Art innerhalb der Granulakörper stattfinden, das beweisen die weiteren Veränderungen an Färbbarkeit, welche diese Granula in den mit Säurefuchsin und Thionin gefärbten Schnitten bald beobachten lassen. Anfangs kleine, bald aber ausgedehntere Partien der Granula nehmen eine grünblaue bis rein blaue Farbe an. Diese Granula zeigen sich somit gleichzeitig rot, grün und blau gefärbt (vgl. Fig. 106, 108 b, mehrere Granula der Fig. 109). Indem sich die blauen, vom Thionin gefärbten Partien immer vergrössern, verschwindet allmählich jede Grünfärbung der Granula, dagegen werden noch eine Zeitlang kleinere oder grössere rotgefärbte Kügelchen oder unregelmässig geformte Körperchen innerhalb derselben beobachtet (vgl. Fig. 108 c). Schliesslich verschwinden aber auch diese, und die Granula werden von dem Thionin allein gefärbt. Ihre Substanz, die früher einen kompakten Bau zeigte, ist gleichzeitig vakuolisiert worden (vgl. Fig. 109).

Die Reifung der Prosekrete der kleinen Schleimzellen ist hiermit beendet. Durch Platzen der Vakuolen fliesst das fertig gebildete Sekret mit dem von anderen Granula stammenden zusammen und wird vorläufig im Endoplasmaraum oberhalb des Kerns abgelagert. Vom Thionin wird das fertige Sekret schwächer blau als die reifen Sekretvakuolen gefärbt.

In frisch isolierten kleinen Schleimzellen der Epidermis von Tieren, die mit Neutralrot vital gefärbt sind, erkennt man die oben beschriebenen Entwicklungsstadien der zusammengesetzten Granula als grosse Kügelchen wieder, die aus mehreren hellen Bläschen (Sekretvakuolen) bestehen, in deren Innerem oft kleine, vom Neutralrot gefärbte Körnchen eingeschlossen sind. Die fuchsinophilen Sekretgranula der Zellen sind in diesen Präparaten vom Neutralrot prachtvoll rotgefärbt.

Die oben geschilderte Sekretbildung innerhalb des Endoplasmas der kleinen Schleimzellen findet offenbar fortwährend statt. Es werden nämlich in vielen Zellen neben reifen Sekret-

granula und verschiedenen Formen der Mischgranula auch ganz junge Entwicklungsstadien sowohl fuchsinophiler wie lipoider Granula beobachtet.

Die f.en Plasmaelemente, vor allem die Fäden, nehmen während der Sekretbildung an Zahl augenscheinlich ab. Das Endoplasma der kolbenförmigen Zellen enthält jedoch auch an der Höhe der Sekretablagerung immer nach gelungener Färbung der Schnitte sowohl einige f.e Fäden wie eine grössere oder geringere Anzahl f.er Granula. Diese letzteren treten teils als kleine Körnerketten, die aus zwei oder drei Körnern von gewöhnlicher Grösse bestehen, teils auch als Einzelkörner auf. Unter den letzteren zeichnen sich immer einige durch ihre etwas bedeutendere Grösse aus. Manchmal bleibt man im Zweifel, ob diese Körnchen wirklich als Altmannsche Plasmagranula, oder nicht eher als junge f.e Sekretgranula aufzufassen sind. Ihre Form ist sehr oft nicht sphärisch, sondern am einen oder an beiden Polen etwas zugespitzt. Wir kommen weiter unten bei der Schilderung der zylindrischen Oberflächenzellen auf die Natur dieser Plasmakörperchen wieder zurück.

Die Bildung und Ablagerung des Sekrets ist, wie schon oben erwähnt, auf den oberhalb des Kerns gelegenen Endoplasmateil beschränkt; dieser nimmt deswegen während der Sekretansammlung allmählich an Ausdehnung zu, und zwar nach allen Richtungen. Der Kern wird vom Sekret gegen die Basis der Zelle gedrückt und an seinem oberen Pole abgeplattet oder napfförmig ausgehöhlt. Die dünne ektoplasmatische Wandhülle wird seitlich vorgebaucht, der stärker entwickelte obere Ektoplasmateil zwischen die Oberflächenzellen emporgeschoben. Die Zelle bekommt hierdurch Kolben- oder Keulenform (Fig. 94, 106, linke Zelle). Die Grenze zwischen den beiden Plasmaschichten, die im oberen Zellteil immer weniger scharf als im unteren war, verschwindet jetzt in der axialen Partie ganz, indem das Sekret in das Ektoplasma hier eindringt und dieses sein festes, homogenes Aussehen verliert. Schon vor dem Eindringen des Sekrets in den Fortsatz zeigt derselbe eine deutliche Affinität zum Delafield'schen Hämatoxylin und Thionin. In vielen Fällen beobachtet man, dass dieser obere Ektoplasmateil der Zelle an senkrecht zur Hautoberfläche geführten Schnitten, wie Retzius zuerst geschildert hat, in seiner oberen Partie eine zur Haupt-

achse der Zelle parallele Streifung zeigt, wodurch er einen Bau bekommt, der an den Porensaum der zylindrischen Oberflächenzellen erinnert. Von dem sich in immer grösserer Menge innerhalb der Zelle ansammelnden Sekret wird dieser Fortsatz schliesslich bis zur Hautoberfläche emporgeschoben, und das Sekret entleert sich hier (Fig. 94). Die kleinen bläschenförmigen Schleimzellen haben sich auf diese Weise zu den kolbenförmigen Zellen der oberflächlichen Epidermislage entwickelt. Die Sekretentleerung der kolbenförmigen Zellen scheint vorzugsweise zu einer Zeit zu erfolgen, wenn die benachbarten zylindrischen Oberflächenzellen sich im sekretleeren Zustand befinden und somit den von unten empordringenden Fortsätzen der kolbenförmigen Zellen den geringsten Widerstand bieten.

Während der Sekretentleerung der kolbenförmigen Zellen erfolgt nun wieder eine erhebliche Volumverminderung derselben, sowie auch eine gleichzeitige Veränderung ihrer Gestalt. Der ampullenartig erweiterte untere Teil der Zelle sinkt allmählich ein, der Kern nimmt infolge der Herabsetzung des intrazellulären Druckes seine ursprüngliche ovoide oder sphärische Gestalt wieder an. Die ganze Zelle wird hierdurch, sowie durch den Druck, den die Sekretablagerung innerhalb der tiefer gelegenen Zellen von unten ab auf sie ausübt, in die Reihe der zylindrischen Oberflächenzellen gehoben. Ihr weiteres Leben ist auch von jetzt an an die Oberfläche der Haut gebunden.

Die im oberen ektoplasmatischen Fortsatz der Kolbenzellen schon früher beobachtete senkrechte Streifung (vgl. o.) tritt, nachdem dieser Zellteil an die Hautoberfläche emporgerückt ist, immer deutlicher hervor, und es entwickelt sich allmählich an der freien Oberfläche der Zelle ein Porensaum, der sich von der ähnlichen Bildung der Nachbarzellen nicht unterscheidet. Wie sich dieser Kutikularsaum eigentlich entwickelt, ist schwer im einzelnen zu verfolgen. Dass das Eindringen des Sekretes in den oberen Zellenfortsatz und die später erfolgende Entleerung des Sekretes zur Kanalisierung des Ektoplasmas mitwirken, ist wohl nicht zweifelhaft. Möglich ist es auch, dass die im Ektoplasma der Epidermiszellen von Myxine vorkommenden feinen Fibrillen (vgl. I, 1, S. 127) sich bei der Bildung der Kanälchenwände beteiligen können. Aber auch die Berührung des oberen Zellenfortsatzes mit dem umgebenden Wasser scheint für die Ausbildung

des Porensaumes von Bedeutung zu sein. Es ist nämlich offenbar, dass der Zellenfortsatz, sobald er die Hautoberfläche erreicht hat, eine festere Struktur bekommt. Eine ähnliche Wirkung lässt sich auch an der gegen die Oberfläche gekehrten Partie des Ektoplasmas tieferen Epidermislagen angehöriger Zellen beobachten, die durch äussere Verletzung der Tiere die Deckschicht der Haut zu bilden kommen.

Wenn wir von den kolbenförmigen Zellen absehen, wird die oberflächlichste Zellenlage der Epidermis, wie oben geschildert, von zylindrischen Zellen mit einem deutlichen Kutikularsaum gebildet. Je nach der Sekretfüllung dieser Zellen erschien ihr Plasma nach Färbung mit Delafields Hämatoxylin und Pikrinsäure hellgelblich oder blauviolett (vgl. Fig. 93—95). Nach Färbung der Schnitte mit Säurefuchsin-Thionin-Aurantia nach Altmann-Kull beobachtet man im Endoplasma der sekretleeren Zylinderzellen (vgl. Fig. 111—112) genau dieselben Strukturen wie in den jungen Schleimzellen der tieferen Epidermislagen. Zwischen zahlreichen fuchsinophilen Plasmaelementen, die teils körnchenförmig, teils fadenförmig sind, kommen verschiedene Entwicklungsstadien der beiden Formen der Sekretgranula, der fuchsinophilen und lipoiden, vor. Nach Fixierung der Haut in Kaliumbichromat-Formalin-Osmiumsäure lässt sich die Bildung der lipoiden Granula aus fuchsinophilen Körnchen in diesen Zellen mit besonderer Deutlichkeit verfolgen, indem sich alle Übergänge zwischen rein fuchsinophilen und solchen, die durch die Osmiumsäure geschwärzt sind, beobachten lassen. Durch Wachstum, sehr wahrscheinlich auch durch Zusammenfliessen mehrerer kleineren lipoiden Granula, werden grössere solcher gebildet.

Im Endoplasmaraum anderer Zellen finden wir nun eine wechselnde Anzahl grösserer fuchsinophiler und lipoider Granula angesammelt (Fig. 113). Diese Granula durchlaufen in den Oberflächenzellen genau dieselben Umbildungen, wie für die bläschenförmigen Schleimzellen der tieferen Zellenlage oben geschildert, und es wird durch Berstung der Sekretvakuolen fertiges Sekret in steigender Menge im Endoplasmaraum der Zelle abgesetzt. Diese Sekretablagerung hat eine Vergrösserung und Gestaltveränderung der ganzen Zelle, sowie auch eine Veränderung der Gestalt und der Lage des Zellkerns zur Folge (Fig. 93, 95). Die Zellen selbst nehmen an Höhe zu und ihr Kern bekommt, wie in

den kolbenförmigen Zellen, eine basale Lage und wird mehr oder weniger abgeplattet. Auch die Sekretfüllung der Nachbarzellen wirkt natürlich auf die Gestaltveränderung, welche die Zellen während der Sekretablagerung innerhalb ihres Plasmas erfahren, in mancher Weise ein, indem die Zelleiber sich nach der Richtung des geringsten Widerstands ausdehnen.

Die Sekretentleerung findet in den zylindrischen Oberflächenzellen auf dieselbe Weise wie in den kolbenförmigen Zellen statt. Das Sekret dringt in den ektoplasmatischen, zu der früher beschriebenen Porenkutikula umgebildeten oberen Teil des Zelleibs ein und wird durch die Kanälchen desselben auf die Hautoberfläche des Tieres entleert.

Das in den zylindrischen Oberflächenzellen zu jeder Zeit angesammelte Sekret scheint bei Berührung der Tiere oder Reizung derselben anderer Art rasch entleert zu werden. Diese Zellen werden deswegen in den Präparaten sehr häufig in sekretleerem Zustand angetroffen. Durch stärkere Reizung der Tiere vor ihrer Fixierung gelingt es leicht, die Oberflächenzellen grösserer Hautgebiete völlig zu entleeren.

Zwischen den in verschiedenen Stadien der Sekretion sich befindenden Oberflächenzellen wird, wie oben (S. 4) kurz erwähnt, ähnlich wie in vielen anderen sekretorischen Epithelien, eine bei den verschiedenen Tieren wechselnde Anzahl absterbender Zellen angetroffen. Dieselben zeichnen sich an den mit Säurefuchsin gefärbten Hautschnitten schon beim ersten Blick durch ihre intensivere Rotfärbung von ihren normalen Nachbarn aus.

In Fig. 114—117 sind vier aufeinanderfolgende Stadien des physiologischen Zerfalls der Oberflächenzellen wiedergegeben. Die Veränderungen, welche den nahe bevorstehenden Tod der Zelle ankündigen, werden von einer Schrumpfung des basalen Zellteils eingeleitet (vgl. Fig. 114). Sowohl die Interzellularbrücken wie die Plasmafibrillen treten in diesem Teil deutlicher als früher hervor und das Ektoplasma der ganzen basalen Hälfte der Zelle färbt sich mit dem Säurefuchsin intensiver. Innerhalb des Endoplasmas ist ein körniger Zerfall der f.en Plasmastäbchen sowie eine beginnende Verklumpung der Körnchen bald zu beobachten. Der Kern nimmt einen gleichmässigen hellroten Farbenton an, was offenbar auf einer beginnenden Auflösung seines Kernnetzes beruht. In den folgenden Stadien der Degeneration (vgl. Fig. 115—117)

erfolgt allmählich eine vollständige Auflösung der f.en Plasmakörnchen, dagegen bleiben die lipoiden Granula noch erhalten. Die Grenze zwischen Endo- und Ektoplasma schwindet, und der grösste Teil des Zelleibs bekommt einen gleichmässigen dunkelroten Farbenton. Der obere Teil des Ektoplasmas mit dem Porensaum behält am längsten seine frühere helle Farbe bei. Der geschrumpfte Kern färbt sich wie das umliegende Plasma gleichmässig dunkelrot. Durch das Aufrücken der Zellen der tieferen Lagen werden diese Zellenleichen wahrscheinlich von ihren Nachbarn losgetrennt und schliesslich von der Epidermis abgestossen.

Es wurde oben bei der Schilderung der kolbenförmigen Schleimzellen erwähnt, dass sich nach gelungener Fixierung und Färbung der Präparate auch an der Höhe der Sekretablagerung eine wechselnde Anzahl f.er Plasmaelemente innerhalb dieser Zellen nachweisen lässt. Die Plasmaelemente kommen teils in der nächsten Umgebung des Kerns vor, teils sind sie in die feinen Plasmabalken und -septen eingelagert, die man auch an frisch isolierten Zellen die Sekretvakuole durchsetzen sieht, oder sie werden endlich an der Oberfläche der letzteren, dicht unterhalb der ektoplasmatischen Wandschicht der Zelle, angetroffen. Eine ganz ähnliche Verteilung der Plasmaelemente ist nun auch während der Sekretablagerung innerhalb der zylindrischen Oberflächenzellen zu beobachten. Hier wie dort zeichnen sich einige der f.en Einzelgranula durch ihre bedeutendere Grösse und abweichende Form aus. Neben den f.en Plasmaelementen werden in manchen mit Sekret gefüllten Zellen auch einige noch nicht reife Sekretgranula oberhalb des Kerns vorgefunden (vgl. Fig. 118).

Wenn die Zellen sich während der Sekretentleerung verkleinern, rücken die Plasmaelemente näher aneinander (vgl. Fig. 119, mittlere Zelle) und werden in Zellen, die ihr Sekret eben entleert haben, unterhalb des Porensaums, zwischen diesem und dem Kern, in recht grosser Zahl angetroffen (Fig. 119, linke Zelle, Fig. 122).

Es ist nach dem oben Angeführten unzweifelhaft, dass eine grössere oder geringere Anzahl der f.en Plasmaelemente innerhalb der kleinen Schleimzellen von einer Sekretionsphase zu der folgenden erhalten bleibt, und dass nicht sämtliche in der Zelle am Anfang einer Sekretionsphase vorhandenen Plasmaelemente während des Ablaufs derselben verbraucht werden. Es bleibt

aber noch eine offene Frage, inwieweit die in den funktionierenden Zellen zu jeder Zeit nachweisbaren Plasmaelemente den unveränderten Rest des ursprünglichen Vorrats der betreffenden Zellen an Plasmaelementen darstellen, oder ob während der Entwicklung und sekretorischen Funktion der Zellen eine Neubildung von Plasmaelementen innerhalb derselben stattgefunden hat.

Eine vergleichende Untersuchung der Anzahl der f.en Plasmaelemente junger Schleimzellen der tieferen Zellenlagen mit derjenigen sekretleerer Oberflächenzellen lehrt uns, dass die Plasmaelemente in den letzteren Zellen keineswegs in geringerer Zahl als in den ersteren vorhanden sind. Die sekretleeren Oberflächenzellen zeichnen sich eben durch ihren grossen Reichtum an f.en Plasmaelementen aus (vgl. Fig. 119, 122). Wir werden somit zu der Schlussfolgerung geführt, dass eine Neubildung der f.en Plasmaelemente während der Entwicklung oder sekretorischen Tätigkeit der kleinen Schleimzellen stattfinden muss. Noch bleibt aber die Frage offen, auf welche Weise diese Neubildung vorsichgeht. Findet sie von den in der Zelle vorhandenen, bei der Sekretbildung nicht verbrauchten Elementen statt, oder erfolgt sie auf irgend welche andere Weise?

Beim genaueren Studium der Plasmaeinschlüsse der sekretleeren und sekretarmen Oberflächenzellen (vgl. Fig. 111—112, 119—122) entdeckt man neben den beiden Arten von Sekretgranula und den charakteristischen f.en Fäden und Körnerketten auch eine wechselnde Anzahl der bei der Schilderung der sekretgefüllten kolbenförmigen Schleimzellen und Oberflächenzellen erwähnten grösseren f.en Einzelgranula. Mehrere dieser Granula sind mit einem kleinen Granulum, von der Grösse der gewöhnlichen f.en Plasmagranula, welche die Körnerketten zusammensetzen, oder mit einem noch kleineren mittels eines ganz feinen, oft kaum sichtbaren Substanzfadens vereinigt. Andere ähnliche Granula sind an ihrem einen Pole zugespitzt, so dass sie Übergangsformen zu kleinen Stäbchen bilden. Welcher Natur sind nun diese Granula? Dass sie zu den f.en Plasmaelementen der Zellen in engster Beziehung stehen, ist nach ihrem ganzen Verhalten offenbar. Die Frage bleibt aber, ob sie weitere Differenzierungsprodukte derselben darstellen und als eine Art f.er Sekretgranula aufzufassen sind, die nicht wie die früher beschriebenen sich im Anschluss an die f.en Plasmafäden direkt entwickeln, sondern, ähnlich wie

die Sekretgranula der Fadenzellen, aus f.en Plasmakörnchen hervorgehen, oder ob sie im Gegenteil Bildungen darstellen, aus welchen neue Plasmafäden ihren Ursprung nehmen.

Was die Entscheidung dieser äusserst wichtigen Frage so ungemein schwierig macht, ist vor allem der Umstand, dass alle Übergänge sowohl zwischen den kleinsten sicheren f.en Sekretgranula und diesen Körperchen, wie zwischen ihnen und den Altmannschen Granula vorzukommen scheinen. Die Bilder, welche die fraglichen Körperchen mit einem kleinen f.en Plasma granulum vereinigt zeigen, können ja auch an sich mit demselben Recht für eine Bildung des grösseren Körperchens durch Wachstum eines kleineren, oder durch Vereinigung mehrerer solchen, wie für eine Entstehung des kleineren Granulums durch einen knospungsähnlichen Wachstumsprozess des grösseren verwertet werden.

Wenn ich trotzdem zu der Auffassung gelangt bin, dass die fraglichen Körnchen durch Verteilung ihrer Substanz wirklich zur Bildung f.er Körnerketten und Stäbchen Anlass geben und keine Differenzierungsprodukte dieser letzteren darstellen, so stütze ich diese Auffassung vor allem auf die Beobachtung, dass die Körnchen in Zellen, die ihr Sekret entleert haben oder im Begriff sind, ihr aufgespeichertes Sekret zu entleeren, in der Regel in grösserer Anzahl vorhanden sind, als in Zellen, die in eine neue Sekretionsphase schon eingetreten sind, während mit den f.en Fäden und Körnerketten eben das umgekehrte der Fall zu sein scheint (vgl. Fig. 120 und 121 mit Fig. 122). Auch der Umstand, dass Übergangsformen von diesen grösseren Granula zu Stäbchen oft isoliert in der oberen peripherischen Schicht des Plasmas angetroffen werden, während die Bildung der Sekretgranula sonst auf die zentrale, dem Kern und den Zentriolen am nächsten gelegene Partie des Endoplasmas beschränkt zu sein pflegt, scheint mir zugunsten dieser Auffassung zu sprechen.

Wenn es richtig ist, dass die grösseren f.en Körnchen der kleinen Schleimzellen zur Bildung Altmannscher Plasmagranula und -fäden Anlass geben, gewinnt die Frage nach ihrem Ursprung ein hohes Interesse. Was ich zur Beleuchtung dieser Frage zu bringen vermag, ist folgendes:

Schon in den jungen kolbenförmigen Schleimzellen beobachtet man neben den gewöhnlichen Plasmaelementen und jungen Sekretgranula einzelne grössere f.e Körnchen, die höchst wahrscheinlich

mit den ähnlich aussehenden Körnchen der sekretgefüllten kolbenförmigen Zellen und der Oberflächenzellen homologe Bildungen darstellen. Dass die Mehrzahl dieser Körnchen auf irgend eine Weise aus den in der Zelle schon vorhandenen Plasmaelementen hervorgegangen ist, scheint nach ihrer oft zu beobachtenden Lage mitten zwischen den letzteren sehr wahrscheinlich zu sein. Über die Weise, auf welche sie hier gebildet sein können, ob durch Wachstum einzelner f.er Plasmagranula oder durch Vereinigung mehrerer solchen, darüber vermögen die Präparate keinen sicheren Aufschluss zu geben.

Ausser diesen Granula, die enge Lagebeziehungen zu den f.en Plasmaelementen aufweisen, werden sowohl in jungen kolbenförmigen Zellen wie in sekretleeren und sekretarmen Oberflächenzellen recht häufig ganz ähnliche Granula, die isoliert, in der unmittelbaren Nachbarschaft des Kerns gelegen sind, vorgefunden. An sich vermag diese Lage der Körnchen natürlich nichts von ihrer Herkunft auszusagen, denn erstens können ja die Körnchen sehr wohl ihre ursprüngliche Lage verändert haben, in den Oberflächenzellen z. B. während der Sekretablagerung und der nachfolgenden Sekretentleerung, und zweitens könnten, eine Bildung der Körnchen durch Wachstum einzelner f.er Plasmagranula angenommen, diese Muttergranula dieselbe isolierte Lage gehabt haben. Nach unseren Erfahrungen über die in anderen Zellenformen der Epidermis stattfindende Abgabe fuchsinophiler Substanz seitens des Kerns (vgl. I, 1) wird es jedoch nahe liegen, auch hier auf die Möglichkeit einer ähnlichen Bildungsweise der in unmittelbarer Nähe des Kerns gelegenen f.en Körnchen unsere Aufmerksamkeit zu richten.

Das Studium der Kerne der kleinen Schleimzellen hat mich nun in der Tat zu dem Ergebnis geführt, dass auch in diesen Zellen ein Austreten fuchsinophiler Substanz aus dem Kern ins Plasma sehr wahrscheinlich statthat. Die Bilder, die uns in diesen Zellen begegnen, sind aber zum Teil komplizierter Natur und schwerer zu deuten, als die in den indifferenten Bildungszellen und grossen Drüsenzellenformen beobachteten. In denselben Präparaten, wo in den Kernen der tieferen Zellenlagen der Epidermis eine äusserst scharfe Kontrastfärbung zwischen den Nukleolen und dem Kernnetz zu beobachten ist, indem die ersteren, ähnlich wie die Altmannschen Plasmaelemente, vom

Säurefuchsin leuchtend rot gefärbt sind, das Kernnetz aber vom Thionin grünblau tingiert ist, zeigt sich in den Kernen der Oberflächenzellen ausser den Nukleolen eine grössere oder geringere Zahl ihrer Netzknoten vom Säurefuchsin mitgefärbt. Nach Fixierung der Haut in Flemming-Bendas Gemisch und Färbung der Schnitte nach Altmann-Kull ist eine solche Rotfärbung der Netzknoten der Kerne in den Oberflächenzellen immer zu beobachten (vgl. Fig. 98). Nach Fixierung in Champys Flüssigkeit und derselben Schnittfärbung ist das Bild, je nach dem Grad der Aurantia-Differenzierung der Schnitte, mehr wechselnd. In einigen Oberflächenzellen zeigen die Kerne eine ähnliche Kontrastfärbung wie in tieferen Zellenlagen (vgl. Fig. 111 bis 113), in anderen aber sind auch hier ihre Netzknoten genau wie die Nukleolen und die Plasmaelemente gefärbt (Fig. 123).

Dies verschiedene färberische Verhalten der Kerne der tieferen und oberflächlichen Zellenlagen ist zweifellos in der Fixierung bedingt. Wenn man Hautstücke in Zenkers Flüssigkeit oder in Sublimatessigsäure fixiert und die Schnitte mit Heidenhains Hämatoxylin oder Biondis Dreifarbgemisch färbt, färben sich die Kerne der tieferen und der oberflächlichen Zellenlagen der Epidermis auf genau dieselbe Weise. Auch lässt sich nach Fixierung der Haut mit Flemming-Bendas Gemisch eine abnehmende Affinität des Kernnetzes zu dem Säurefuchsin von der Oberfläche der Epidermis gegen die Tiefe feststellen. Genau denselben Unterschied an Färbbarkeit zwischen den Kernen der Randzone und denen des zentralen Gebietes beobachtet man bekanntlich auch in Präparaten von anderen Organen, die mit Osmiumgemischen fixiert worden sind.

In den Präparaten, wo die Kerne der Oberflächenzellen eine Färbung ihres Kernnetzes mit Säurefuchsin zeigen, finden wir konstant eine grosse Anzahl der Netzknoten der Kernmembran direkt anliegend. Manchmal scheinen sie in der Kernmembran wie eingelagert zu sein, in das Plasma aber vorzuragen. Unmittelbar ausserhalb dieser Netzknoten, im Endoplasma der Zelle, sind sehr oft einige feine Granula gelegen, deren Grösse teils mit derjenigen der feinen Plasmaelemente der Zelle, teils mit jener der grösseren Einzelgranula, von denen oben die Rede war, übereinstimmt. Zwischen den innerhalb der Kernmembran gelegenen oder in derselben eingelagerten Körperchen und den ihnen be-

nachbarten, ähnlich gefärbten Plasmagranula werden hier und da feine Verbindungszüge oder Verbindungsfäden beobachtet (vgl. Fig. 123), die denjenigen ganz ähnlich sind, die in den indifferenten Bildungszellen und den grossen Drüsenzellen der Epidermis zwischen den Nukleolen, oder wie die Nukleolen gefärbten Teilen des Kerninhalts dieser Zellen, und einzelnen Plasmagranula gefunden wurden.

Die Bilder scheinen mir schwerlich auf andere Weise gedeutet werden zu können, als dass wir auch hier eine Abgabe fuchsinophiler Kernsubstanz an das Plasma vor uns haben.

Wenn wir die Zahl der Bilder, welche in unseren Präparaten für eine solche Abgabe fuchsinophiler Kernsubstanz an das Plasma sichere Anhaltspunkte liefern, mit der Anzahl der in den Oberflächenzellen vorkommenden grösseren Plasmagranula zusammenhalten, aus welchen nach unseren Beobachtungen sehr wahrscheinlich eine Neubildung Altmannscher Plasmaelemente stattfindet, so bleibt unleugbar die Zahl dieser Bilder eine recht beschränkte. Auch in der Voraussetzung, dass die ins Plasma übergetretene Kernsubstanz zur Bildung neuer Plasmaelemente Anlass gebe, werden wir deswegen in betreff der kleinen Schleimzellen mit logischer Konsequenz zu der Folgerung geführt, dass die fuchsinophile Substanz in ihrem Plasma auch ein selbständiges Wachstum besitzen muss. Mit dieser Folgerung stimmt die oben angeführte Beobachtung, dass die grösseren Plasmagranula der jungen Schleimzellen in der Regel mitten zwischen den f.en Plasmaelementen der Zelle zuerst sichtbar werden, wohl überein.

Zu ganz ähnlichen Ergebnissen über die Vermehrung der f.en Plasmaelemente haben mich auch Untersuchungen über die Plasmastrukturen der dotterreichen Eizellen von Myxine geführt. Neben der während des Eiwachstums erfolgenden Abgabe f.er Kernsubstanz an das Plasma findet hier offenbar gleichzeitig eine Entwicklung neuer Plasmafäden aus den in den Zellen vorhandenen Plasmagranula statt.

An der Oberfläche der Epidermis erfolgt fortwährend eine Abnutzung von Zellen. Zum Ersatze rücken, wie oben geschildert, die kolbenförmigen Zellen der nächst tieferen Lage gegen die Oberfläche hinauf. Niemals ist mir bei Myxine eine Teilung der zylindrischen Oberflächenzellen in den Präparaten begegnet. Die

Vermehrung der kolbenförmigen Schleimzellen erfolgt wieder teils durch Differenzierung und Aufrücken der kleinen Bildungszellen der tiefsten Zellenlagen der Epidermis, teils auch durch mitotische Teilung der kolbenförmigen Zellen selbst.

Die in Teilung begriffenen kleinen Schleimzellen scheinen niemals fertig gebildetes Sekret zu enthalten, dagegen wird sehr häufig in ihrem Protoplasma eine wechselnde Zahl von Sekretgranula, sowohl fuchsinophilen wie lipoiden, angetroffen (vgl. Fig. 25—26, 124). Während der Teilung der kolbenförmigen Zellen zeigen ihre f.en Plasmaelemente ganz dieselben Veränderungen ihrer Form und dieselbe Verteilung, wie für die Plasmaelemente der indifferenten Bildungszellen beschrieben: die Fäden zerfallen in der Prophase in Körnchen (Fig. 124), die auf die beiden Tochterzellen verteilt werden. Aus den Körnchen gehen wieder in den jungen Zellen Stäbchen hervor.

Die eigentlichen Kernveränderungen, welche sich in manchen jungen Bildungszellen beobachten liessen (vgl. I, 1, S. 148—149), und die wir mit der Vermehrung der f.en Plasmaelemente der Zellen glaubten in Zusammenhang bringen zu dürfen, begleiten auch die Teilung der kleinen Schleimzellen (vgl. Fig. 31). Nicht selten kommen Gruppen von vier bis sechs solchen jungen Zellen mit gelappten Kernen unmittelbar unterhalb der zylindrischen Oberflächenzellen vor.

---

### C. Die Sinneszellen und die sensiblen Nervenendigungen in der Epidermis.

Das Verhalten der sensiblen Nerven in der Haut von Myxine ist früher allein von Retzius untersucht worden. Maurer hat zwar sowohl bei Bdellostoma wie bei Myxine nach Hautsinnesorganen gesucht, ohne aber, wie er mitteilt (S. 36), solche finden zu können.

Im III. Bd. seiner „Biologischen Untersuchungen“ (1892) erwähnt Retzius (S. 37—38), dass er schon vor vierzehn Jahren mittels der Goldmethode in der Epidermis frei auslaufende, verästelte, interzelluläre Nervenendigungen gefunden hat, und zwar am schönsten an den tentakelähnlichen Vorsprüngen des Kopfes, wo die mit Goldchlorid gefärbten Nervenfasern in reichlicher Menge

in das Epithel emporsteigen und hier zwischen den Zellen verästelt weiterziehen, um mit freien, fast bis zur Oberfläche des Epithels reichenden Enden auszulaufen. Er machte damals keine Mitteilung darüber, weil er bei eventueller weiterer Nachforschung ausserdem noch **eigentliche Endorgane** zu finden hoffte. Es gelang ihm nun in der Tat auch solche Organe nachzuweisen, als er im Zusammenhang mit seinen ausgedehnten und bedeutungsvollen Untersuchungen über periphere Nervenendigungen bei Wirbellosen und Wirbeltieren mittels der Chromsilbermethode die Haut von Myxine einer erneuten Untersuchung unterwarf (1892 b). Wie er mitteilt, erhielt er mittels dieser Methode bei Myxine keineswegs zahlreiche Erfolge, doch bekam er, besonders an den Fühlern, eine Reihe von Präparaten, die sehr erläuternd waren. Von diesen sind auf seiner Tafel XI drei abgebildet. „Man sieht die Nervenfasern, wie bei Petromyzon, aus der Cutis in die Epidermis hinaustreten und, sich verästelnd, hier in schwachen Biegungen zwischen die Zellen weiter verlaufen; hierbei ziehen sie bald eine Strecke in mehr horizontaler Richtung weiter, bald biegen sie sich auch nach innen hin um und endigen in den inneren Schichten; bald ziehen sie aber entweder auf diesen Umwegen, oder auch direkt nach aussen hin und nähern sich der Oberfläche, um in gleicher Weise interzellulär und mit freien Spitzen zu endigen.“ In denselben Präparaten fand er hier und da die Epidermiszellen zu kegelförmigen Gruppen angeordnet; „diese Kegel stehen mit der Basis an der Cutis und reichen mit der Spitze bis zur freien Oberfläche der Epidermis. Schon ohne besondere Färbung sieht man, dass die diese Kegel zusammensetzenden Zellen lang und schmal sind; hier und da trifft man sie durch das Chromsilber gefärbt und bemerkt dann, dass sie hauptsächlich in zwei Etagen stehen. Die Nervenfasern verästeln sich um diese Zellenkegel und wahrscheinlich auch in ihnen, wie in den Figuren 1 und 2 angegeben ist“ (S. 40). Nach der Meinung von Retzius sind diese Zellenkegel als eine Art Endknospen zu betrachten, die den entsprechenden Organen bei den Teleostiern homolog sind, obwohl die bei Myxine vorkommenden Kegel auf einer niedrigeren Entwicklungsstufe stehen.

Meine eignen Untersuchungen bestätigen vollkommen diese Angaben von Retzius. Die rezeptorischen Nerven der Epidermis von Myxine endigen entweder frei zwischen den gewöhnlichen

Epithelzellen oder treten zu besonderen Sinneszellen in Beziehung, die meistens in nervenhügel- oder endknospenähnlichen Organe gesammelt sind.

Wir wollen unsere näheren Untersuchungen der Nervenendigungen mit der Betrachtung einiger Chromsilberpräparate anfangen.

Auch mir ist die Schwärzung der Nervenfasern am besten in der Haut der Kopffühler gelungen. An Längsschnitten durch die Tentakeln sieht man zahlreiche dicke Nervenstämme zur Längsachse des Fühlers parallel und seinem axialen Knorpelstäbchen dicht angeschlossen, gegen die Spitze desselben verlaufen. Von diesen Stämmen trennen sich kleinere Faserbündel ab, die in scharfen oder sanften Bogen, oft stark geschlängelt, das Corium durchsetzen, um nach der basalen Grenze der Epidermis emporzusteigen und zwischen die Zellen der tieferen Schichten der Oberhaut einzudringen (Fig. Q). Nachdem die Nervenfasern in die Epidermis eingedrungen sind, können sie sich auf

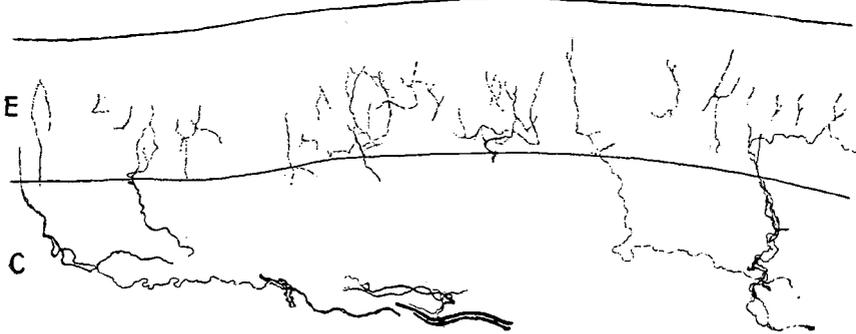


Fig. Q 1.

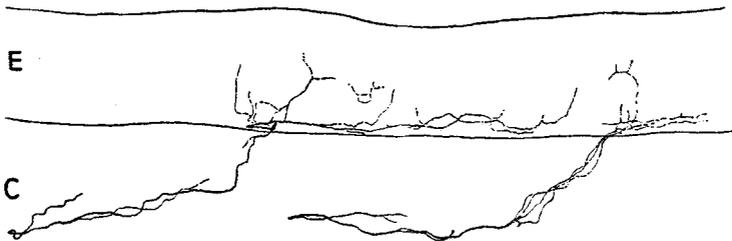


Fig. Q 2.

Aus zwei Längsschnitten durch die Kopffühler. Chromsilberimprägnation.

E. = Epidermis. C. = Corium. Vergr. 125.

etwas verschiedene Weise verhalten. Entweder lösen sie sich gleich in dünne, kaum verfolgbare, mit kleinen Varikositäten besetzte Ästchen auf, die die Epidermiszellen umspinnen und bis zur oberflächlichsten Zellschicht emporsteigen (Fig. Q 1). Oder die Fasern verlaufen zuerst eine Strecke durch die basale Epidermisschicht, der Epithelgrenze entlang, ehe sie sich gegen die Oberfläche wenden (Fig. Q 2). Die Verästelung der Tentakelnerven ist ausserordentlich reich. In Präparaten, die eine gelungene Schwärzung der Nervenfasern aufweisen, sieht man an vielen Stellen fast jede Zelle der tieferen Epidermislagen mit feinen Fäserchen in Berührung.

Auch ausserhalb der Tentakeln lassen sich an den verschiedensten Stellen des Körpers freie Nervenendigungen in der Epidermis nachweisen. In keinem meiner Präparate von der Körperhaut habe ich aber eine dermassen vollständige Schwärzung der Nervenfasern bekommen, dass ich über ihre relative Zahl in den verschiedenen Körperregionen etwas aussprechen darf.

Viel konstanter als die Nervenfasern werden nach der Chromsilberbehandlung gewisse Epidermiszellen geschwärzt, von denen die meisten sicher als Sinneszellen aufgefasst werden müssen.

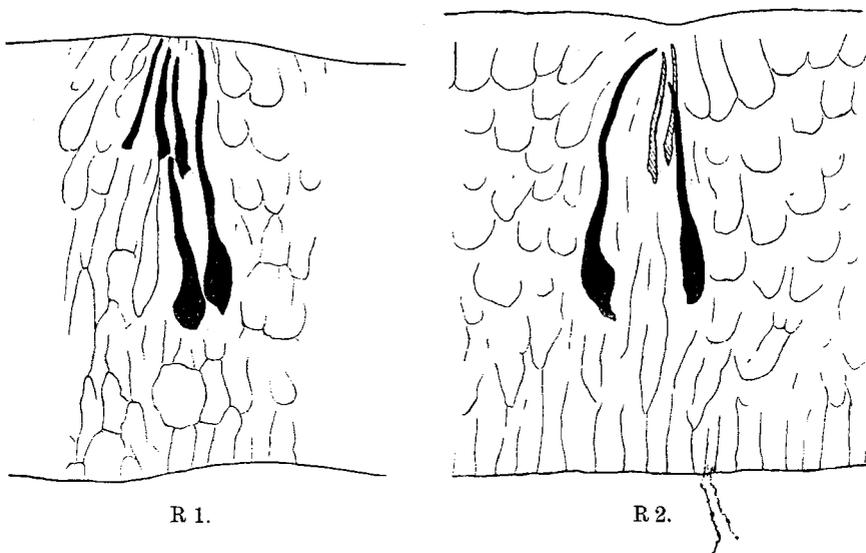
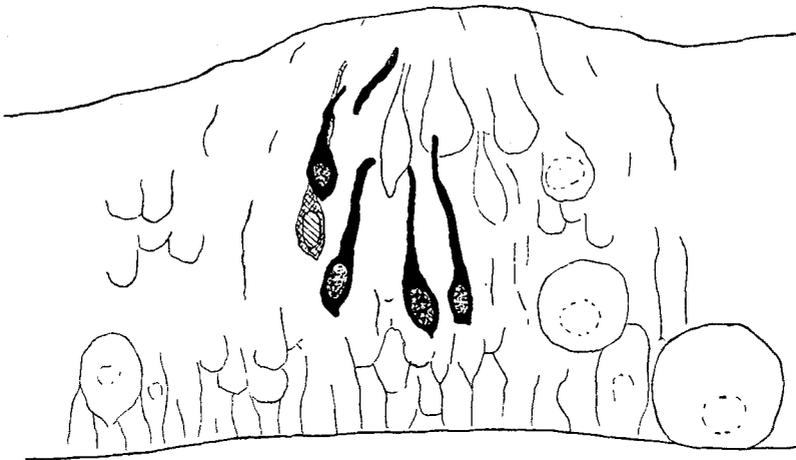
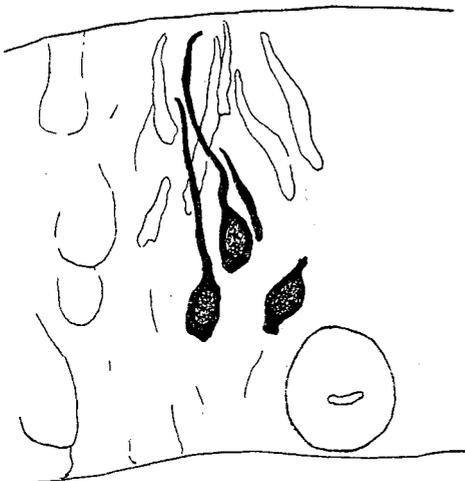


Fig. R 1 und 2. Sinneszellen der Epidermis von Kopffühlern (Chromsilberimprägnation). Vergr. 500.

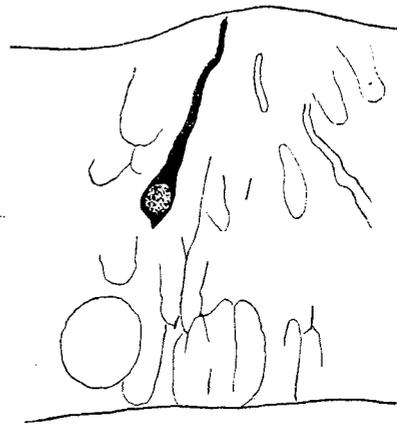
Wie die Fig. R—S, die eine Reihe solcher Sinneszellen wiedergeben, lehren, haben dieselben eine etwas wechselnde Grösse, im ganzen aber eine übereinstimmende, keulenförmige Gestalt, wie auch ihre Lage in der Epidermis fast überall die gleiche ist. Ihr angeschwollener Teil, der den ovoiden Kern einschliesst und meistens in einer der mittleren Zellenlagen der



S1.



S2.



S3.

Fig. S1—3. Sinneszellen der Epidermis von der Körperhaut. Chromsilber-  
imprägnation. Vergr. 500.

Epidermis gelegen ist, ohne jemals in die Basalschicht hinabzureichen, ist nach unten entweder gleichmässig abgerundet oder läuft in einen kurzen, stumpfen oder spitzen Fortsatz aus. Dem Körper schliesst sich ein starker peripherischer Fortsatz an, der annähernd senkrecht oder leicht gebogen, nicht selten zugleich etwas gewunden, gegen die Oberfläche des Epithels verläuft. Am freien Ende dieses Fortsatzes lässt sich in Präparaten, wo kein störender Niederschlag an der Epitheloberfläche seine Endigungsweise deckt, in einigen Fällen ein feines Stifftchen beobachten.

Wie die meisten der obenstehenden Figuren zeigen, haben die geschwärzten Zellen eine sehr charakteristische gruppenweise Anordnung, sowohl an den Tentakeln wie in der Körperhaut, und zwar sind sie in kegelförmigen Epithelknospen oder Epithelhügeln gesammelt, die an die Geschmacksknospen der Mundschleimhaut oder, wie Retzius bemerkt, an die Endknospen der Epidermis gewisser Teleostier lebhaft erinnern. Auch da, wo nur eine einzige Zelle geschwärzt ist (Fig. S 3), vermag man in den meisten Fällen leicht aus den Konturen der umliegenden Zellen festzustellen, dass eine Knospe vorliegt, die mehrere ähnliche Zellen enthält. Nur in selteneren Fällen werden in der Körperhaut einzelne geschwärzte Zellen vorgefunden, die isoliert zwischen den gewöhnlichen Zellen der Epidermis liegen, ohne irgend einer Knospe angehörig zu sein (vgl. Fig. T).

Die Endknospen kommen am weit häufigsten in der Epidermis der Tentakeln und den ihnen angrenzenden Kopfteilen vor. In Querschnitten der Nasenfühler habe ich bis vier Knospen in einem Schnitte gezählt. Sie sind aber auch an den verschiedensten Stellen der Körperhaut zu treffen.

Schon die Chromsilberpräparate lassen einen deutlichen Formunterschied zwischen den Tentakel-

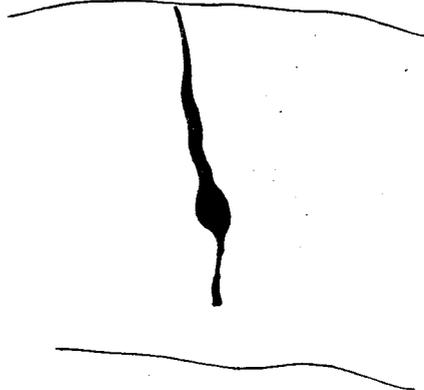


Fig. T. Sinneszelle aus der Körperhaut. Chromsilberimprägation. Vergrößerung wie Fig. R.

knospen und jenen der übrigen Haut wahrnehmen, indem die Epidermis der Körperhaut immer da, wo eine Knospe gelegen ist, breit hügelartig vorspringt (Fig. S), während sie sich an den Fühlern im Gegenteil der Spitze der Knospe entsprechend meistens leicht einsenkt (Fig. R).

Es ist mir leider bis jetzt nicht gelungen, mittels der Chromsilbermethode eine gleichzeitige Schwärzung der Nervenfasern und der Knospenzellen bei *Myxine* zu erhalten. Für die Annahme eines direkten Zusammenhangs der Stützfasern mit Nervenfasern liefern die Befunde aber keinen Anhaltspunkt. Die Form vieler Sinneszellen scheint vielmehr das Vorhandensein eines solchen Zusammenhangs direkt auszuschließen.

Wenn man unsere obenstehenden Bilder der Endknospen der Tentakel- und Körperhaut mit den beiden Zeichnungen, die Retzius in seinen Fig. 1—2 der oben angeführten Arbeit von den „kegelförmigen Zellenzapfen“ der Tentakelhaut geliefert hat, vergleicht, so wird man darüber nicht im Zweifel sein können, dass wir die nämlichen Gebilde vor uns gehabt haben. Von den fünf Zellen, die in der Fig. 1 von Retzius geschwärzt dargestellt sind, wird aber sehr wahrscheinlich nur die eine Zelle als Sinneszelle aufgefasst werden können, auch diese reicht aber nicht bis zur Oberfläche des Epithels hinauf. Von den vier geschwärzten Elementen des Zellenzapfens seiner Fig. 2 halte ich nur die rechte obere für eine sichere Sinneszelle. Dass auch andere Epithelzellen, sowohl indifferente Zellen als kleine Schleimzellen, durch die Chromsilberbehandlung bei *Myxine* gelegentlich geschwärzt werden können, zeigen viele meiner Präparate, wo mir ganz ähnliche Gebilde wie die basalen Zellen der Figuren von Retzius begegnet sind.

Eine wertvolle Bestätigung der an den Chromsilberpräparaten gemachten Beobachtungen über die Gestalt der Sinneszellen liefert uns das Stadium isolierter Knospenzellen.

Nach Dissoziation des Tentakel-epithels mittels Hayems Flüssigkeit oder Osmiumsäure lassen sich die charakteristischen Elemente der Endknospen sehr leicht in den Präparaten auffinden (vgl. Fig. U). Man erkennt dieselben keulen- oder spindelförmigen Zellen wieder, die uns aus den Chromsilberpräparaten bekannt sind. Die an den letzteren Präparaten nur selten sichtbaren Endstiftchen der Sinneszellen treten hier wegen ihrer stärkeren Licht-

brechung meistens sehr deutlich hervor. In einigen Zellen lässt sich auch beobachten, dass von diesem Stiftchen dünne, ebenfalls lichtbrechende Fäserchen durch den peripherischen Fortsatz der Zelle gegen den Kern verlaufen. Wenn die Zellen sich unter dem Deckglas rollend bewegen, beobachtet man, dass ihre Zellkörper nicht immer regelmässig zylindrisch, sondern oft etwas abgeplattet sind. Dasselbe ist auch mit ihrem peripherischen Fortsatz häufig der Fall.

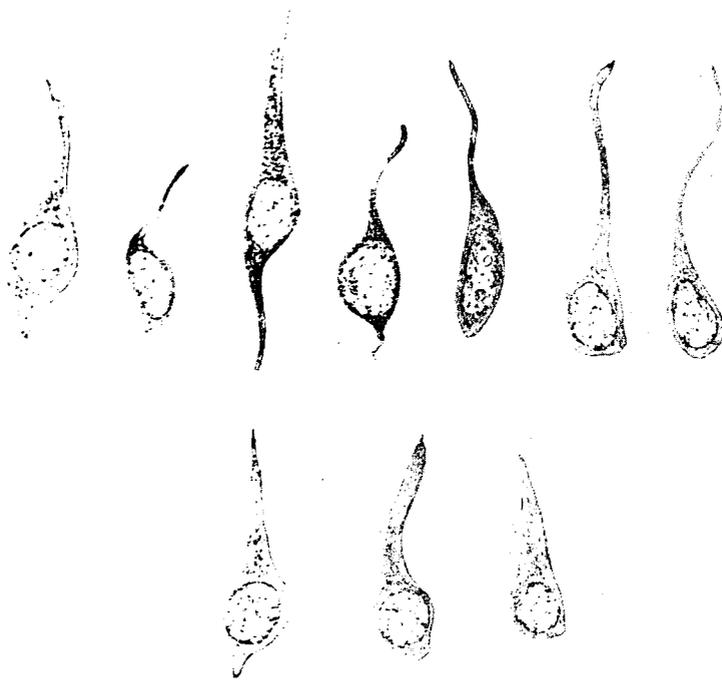


Fig. U.

Isolierte Zellen aus Tentakelknospen. Vergr. wie Fig. R.

Zwischen den oft zu kleinen Gruppen gesammelten Stiftzellen, über deren rezeptorische Natur man nicht im Zweifel sein kann, und diesen oft anliegend, findet man in diesen Isolationspräparaten auch Zellen, die eines Stiftchens entbehren und einen breiteren peripherischen Fortsatz haben (Fig. U, letzte Zelle der zweiten Reihe). Diese sind sehr wahrscheinlich mit den länglichen Zellen identisch, die die Endknospen nach aussen

umschliessen oder zwischen den Sinneszellen innerhalb der Knospe gelegen sind.

Als wichtigstes Ergebnis des Studiums der Isolationspräparate ist hervorzuheben, dass sie mit unzweideutiger Klarheit beweisen, dass die Stützellen zentralwärts nicht in Nervenfasern auslaufen, und dass die Zellen somit als sekundäre Sinneszellen aufzufassen sind. Wie wir oben sahen, sprechen auch die Chromsilberpräparate in derselben Richtung.

Wegen der grossen Anzahl der Endknospen in den Tentakeln liefert schon eine einzige Schnittserie durch den rostralen Teil des Kopfes von *Myxine* die reichste Auswahl instruktiver Bilder vom Bau der Endknospen. Ein solches ist in Fig. 125 nach einem mit Eisenhämatoxylin gefärbten, in Flemmings Flüssigkeit fixierten Präparat wiedergegeben. Die charakteristischen keulenförmigen Sinneszellen springen hier gleich in die Augen, nicht nur ihrer Form wegen, sondern auch, weil sie sich stärker als die umliegenden Zellen gefärbt haben. Wie eine genauere Untersuchung lehrt, beruht diese ihre stärkere Färbung auf dem Vorhandensein zahlreicher feinsten Fäserchen innerhalb ihrer Plasmas — Gebilde, die auch hier und da in den isolierten Zellen zum Vorschein kamen (vgl. oben). Die Fibrillen durchziehen den ganzen peripherischen Fortsatz der Zellen, Zentralwärts lassen sie sich bis an den Kern verfolgen, über dessen oberen Pol sie sich fächerförmig ausbreiten, peripherwärts setzen sie sich in drei bis sieben oder noch mehr dunkel gefärbte Haare fort, die über den Endteil des Fortsatzes und die Oberfläche der Epidermis frei hervorragen. Das in den Chromsilber- und Isolationspräparaten beobachtete Stiftchen am freien Ende der Sinneszellen ist offenbar durch Verklebung dieser Haare entstanden. Zwischen den Haarzellen, sowie diese nach aussen umgebend, liegen andere langgestreckte Epithelzellen, die ein helleres Plasma haben, das keine Fibrillen, sondern, wie das der kleinen Schleimzellen, Sekretgranula enthält.

Ähnlich wie in den Chromsilberpräparaten sehen wir auch im vorliegenden Schnitte, dass die zentralen Zellen der Knospe mit ihren Längsachsen fast senkrecht zur unteren Epithelgrenze stehen, während die äusseren Knospenzellen nach aussen leicht konvex gebogen sind, so dass ihre peripherischen Fortsätze sich nach der Oberfläche zu nähern. Die Knospenspitze liegt innerhalb

einer kleinen Einsenkung der Epidermis, die an die Geschmackskanäle des Mundhöhlenepithels erinnert. Die Vertiefung der Epitheloberfläche ist je nach der Zahl und der stärkeren oder geringeren Konvergenz der Knospenzellen gegen die Oberfläche mehr oder weniger breit. Während die Einsenkung so zum Beispiel an der in Fig. 125 abgebildeten Knospe breit trichterförmig ist, finden wir sie an der in Fig. 126 wiedergegebenen eng zylindrisch.

Die Basis der Knospen entspricht in der Regel den mittleren Zellenschichten der Epidermis und ruht auf zwei bis drei Lagen kleinerer Zellen, unter denen sich auch Entwicklungsstadien von Sinneszellen befinden (vgl. weiter unten). Auffallend häufig trifft man in diesen unteren Epidermisschichten auf Zellen, die in Teilung begriffen sind, was wohl damit in Zusammenhang steht, dass die Epidermis der vorspringenden Fühler gewiss in noch höherem Grade als andere Hautgebiete äusseren Verletzungen ausgesetzt ist.

Nachdem wir uns oben mit dem Bau der Endknospen der Fühler soweit eingehend beschäftigt haben, werden wir uns betreffs der Sinnesknospen der Körperhaut kurz fassen können.

Wie wir an den Chromsilberpräparaten sahen, unterscheiden sich dieselben durch ihre Hügelform von den mit Sinneskanälchen oder -gruben versehenen Fühlerknospen. Über ihre Verbreitung in den verschiedenen Regionen der Haut orientieren am besten Totalpräparate der Haut, welche nach Formalinfixierung in Xylolbalsam aufgehellt sind. Die Knospen machen sich hier als kleine Erhöhungen der Haut kenntlich, innerhalb welcher die Oberflächenzellen eine konzentrische Anordnung um die zentralgelegenen stiftchentragenden peripherischen Fortsätze der Sinneszellen zeigen. Die Knospen werden in sparsamer Anzahl über die ganze Oberfläche des Körpers bis in den Schwanz hinaus verbreitet vorgefunden. Eine gesetzmässige Anordnung derselben habe ich nicht feststellen können, doch werden sie unmittelbar oberhalb der grossen Schleimsäcke sehr zahlreich angetroffen.

Weil mir die Gewinnung guter Isolationspräparate von den Sinneszellen der Körperhautknospen trotz mehrerer Versuche nicht gelang, habe ich grössere Hautstücke in dünne Chromsäurelösung eingelegt und sie nachher auf gewöhnliche Weise eingebettet und geschnitten. Durch diese kombinierte Isolations-

und Schnittmethode habe ich sehr gute Übersichtsbilder von der Zusammensetzung dieser Knospen bekommen (vgl. Fig. V). Die schönsten Bilder haben mir jedoch Präparate geliefert, die nach verschiedener Fixierung mit Säurefuchsin gefärbt waren. Aus einem solchen gebe ich in Fig. 127 einen senkrecht zu der Hautoberfläche geführten Schnitt durch einen Sinnes Hügel eines 15 cm langen Tieres wieder. Wie das Bild zeigt, ist die Färbung für das Auffinden und das Studium der Hautsinnesorgane sehr günstig, weil die Plasmafibrillen der Sinneszellen, ähnlich wie die fuchsinophilen Plasmafäden und viele Sekretgranula der Epidermiszellen, sich durch eine grosse Affinität zu dem Säurefuchsin auszeichnen. Eine ähnliche elektive Färbung der Sinneszellen wird auch durch Färbung der Schnitte mit Eosin erreicht (Fig. 138). Bei gleichzeitiger Färbung mit *De la field's* Hämatoxylin bekommt man eine sehr schöne Kontrastfärbung zwischen den Sinneszellen und den zwischen ihnen liegenden oder sie nach aussen umgebenden Epithelzellen. Diese letzteren stimmen in ihrer Färbung mit den umliegenden kleinen Schleimzellen überein, enthalten aber niemals grössere Sekretmengen.

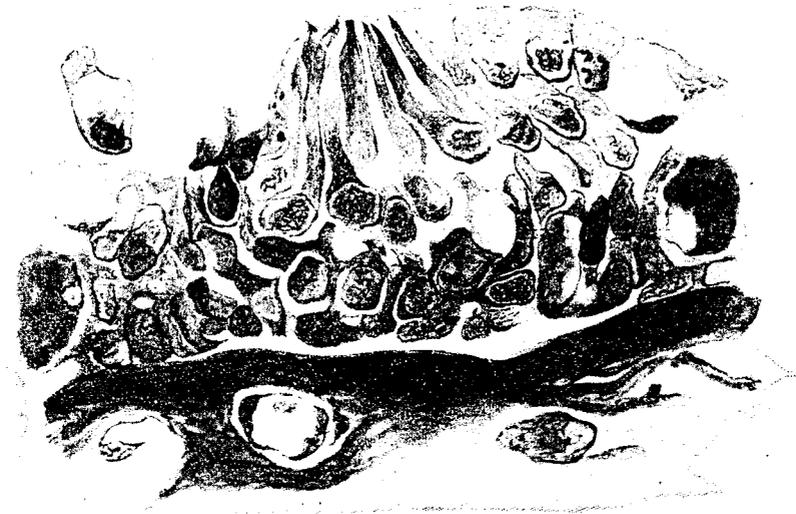


Fig. V.

Schnitt durch eine Sinnesknospe der Körperhaut. Fixierung in 2%o Chromsäurelösung. Färbung mit *Heidenhain's* Eisenhämatoxylin. Vergr. wie Fig. R.

Wie in einigen Chromsilberpräparaten sehen wir auch in dem in Fig. 127 wiedergegebenen Sinneshügel die peripherischen Fortsätze der Sinneszellen umeinander leicht gewunden gegen die Oberfläche der Epidermis verlaufen, um hier mit frei hervorragenden Haaren zu endigen. Die Windung der peripherischen Ausläufer tritt auch an den beiden in Fig. 135 wiedergegebenen Sinneszellen sehr deutlich hervor.

Es wurde oben bei der Besprechung der Chromsilberpräparate (S. 31) erwähnt, dass in diesen Präparaten ab und zu Sinneszellen angetroffen werden, die zu keiner Endknospe zu gehören scheinen, sondern in der Epidermis isoliert auftreten. Dass in der Tat derartige isolierte Sinneszellen, die den Knospenzellen ganz ähnlich aussehen, zwischen den übrigen Epidermiszellen an den verschiedensten Stellen des Körpers vorkommen, habe ich nun an den nach Altmann gefärbten Präparaten sicher feststellen können. Wir sehen in der Fig. 128 eine solche Zelle wiedergegeben.

Im Anschluss an Retzius wurde oben auf die Übereinstimmung im Bau hingewiesen, welche die Hautsinnesorgane von *Myxine* sowohl mit den Geschmacksknospen der Mundschleimhaut der Wirbeltiere, wie mit den Hautsinnesorganen anderer wasserlebenden Wirbeltiere zeigen. Diese Übereinstimmung äußert sich vor allem darin, dass die Sinneszellen dieser sämtlichen Organe sekundäre Sinneszellen darstellen, deren periphere Fortsätze an die Epitheloberfläche emporreichen, wo sie mit kleinen Stiftchen oder Haaren endigen. Es besteht aber auch ein wichtiger Unterschied im Bau dieser Sinnesorgane. Die verschiedenen Hautsinnesorgane, die bei *Petromyzonten*, *Teleostiern* und wasserlebenden *Amphibien* beschrieben worden sind, ruhen sämtlich, so wie es auch mit den Geschmacksknospen der Mundschleimhaut der Fall ist, direkt auf dem unterliegenden Bindegewebe. Die Hochlagerung dieser Organe in der dicken Epidermis vieler *Teleostier* kommt dadurch zustande, dass die Lederhaut an der Stelle, wo die Sinnesknospe liegt, eine Papille bildet, auf deren Spitze die Sinnesknospe sitzt (Maurer). Im Gegensatz hierzu sehen wir die betreffenden Sinnesorgane von *Myxine* niemals bis zur Basis der Epidermis hinabreichen, sondern immer auf den unteren, aus indifferenten Epithelzellen und in Entwicklung begriffenen Knospenzellen bestehenden Zellenlagen der Oberhaut ruhen. Diese Eigentümlichkeit der Sinnesorgane von *Myxine*

darf vielleicht als ein Zeichen niedrigerer Organisationsstufe derselben betrachtet werden.

Der oben erwähnte Befund von isoliert in der Epidermis, ausser den Endknospen, vorkommenden Haarzellen bei *Myxine* ist nicht ohne ein gewisses Interesse, wenn man sich an das Vorkommen ähnlicher Zellen auch bei *Petromyzon* erinnert. Hier wurden sie zuerst von Langerhans (1876) aufgefunden und als sehr lange Zellen beschrieben, deren Kern in einer Anschwellung des Zellkörpers gelegen ist, von dem ein peripherer Fortsatz bis an die freie Fläche der Oberhaut emporreicht und hier mit einem feinen Büschel kurzer starrer Haare endigt, während nach der anderen Seite ein Fortsatz in die tieferen Schichten der Epidermis tritt. Zellen dieser Art finden sich bei *Petromyzon* über die ganze Oberfläche des Körpers zerstreut. Am zahlreichsten werden sie jedoch an den Spitzen der Papillen und an der ersten Rückenflosse vorgefunden. Über den morphologischen Wert dieser Langerhansschen Zellen herrscht noch keine Einigkeit. Während Retzius (1892a) keinen direkten Zusammenhang der betreffenden Zellen mit Nervenfasern beobachten konnte, wird in einer vor wenigen Jahren erschienenen Arbeit von Studnička (1913) die Auffassung vertreten, dass die Langerhansschen Zellen der Ammocoeten, wie die epidermoidalen Sinneszellen des *Amphioxus*, primäre Sinneszellen darstellen. Wie der Verfasser aber selbst hervorhebt, hat er jedoch für die Richtigkeit dieser seiner Auffassung keinen direkten Beweis bringen können, er stützt sich vielmehr nur auf eine Reihe von Indizien, wie die äussere Ähnlichkeit der betreffenden Zellen mit Riechzellen und den epidermoidalen Sinneszellen des *Amphioxus*, sowie ihr frühes Auftreten bei den jungen Ammocoeten. Wenn sich die Richtigkeit dieser Auffassung Studničkas später bestätigen sollte, so würden also die Langerhansschen Zellen von *Petromyzon* von den gleichfalls isoliert in der Epidermis vorkommenden und ähnlich aussehenden Sinneszellen von *Myxine* wesensverschieden sein. Denn diese letzteren stellen nämlich sicher, ähnlich wie die Knospenzellen, sekundäre Sinneszellen dar.

Wir sahen oben, dass die Sinneszellen der Epidermis sich nach Altmannfärbung der Schnitte intensiv rot gefärbt hatten, was darauf beruhte, dass die innerhalb des Plasmas der Zellen ver-

laufenden Neurofibrillen eine grosse Affinität zu dem Säurefuchsin hatten (vgl. Fig. 127, 128, 135). Mit schwacher Vergrößerung untersucht, liefern uns diese Altmannpräparate ganz ähnliche Bilder von dem Verlauf und dem gegenseitigen Verhalten der Fibrillen wie die früher beschriebenen mit Eisenhämatoxylin gefärbten, in Flemmings Gemisch fixierten Präparate: die im peripheren Fortsatz der Zellen dicht beisammen liegenden, parallelen Fibrillen enden nach oben in feine, über die Oberfläche der Haut emporragende Stiftchen und breiten sich zentralwärts über den Kern aus. Die Fibrillen folgen in ihrem Verlauf den Biegungen und Windungen des Zellenfortsatzes. Überkreuzungen der Fibrillen werden deswegen häufig beobachtet. Inwieweit die Fibrillen auch miteinander in Verbindung treten, so dass Netzbildungen entstehen, oder ob sie ganz und gar isolierte Bildungen sind, lässt sich selbstverständlich nur mittels der stärksten Vergrößerungen entscheiden. Aber auch mit solchen ist es keineswegs leicht, an unserem Material in diesem Punkte zu vollkommen sicheren Ergebnissen zu gelangen. Was ich hierüber mitteilen kann, ist im wesentlichen folgendes: Fibrillennetze lassen sich in den Sinneszellen nach Fixierung der Haut in den Gemischen von Kopsch und Regaud hier und da sicher nachweisen. Da nun aber in denselben Präparaten, sowohl innerhalb indifferenten Bildungszellen wie kleiner Schleimzellen, netzähnliche Verbindungen der fuchsinophilen Plasmafäden vorgefunden werden, die, wie andere Präparate lehren, sicher Kunstprodukte sind und durch Verkleben während des Lebens getrennter, selbständiger Gebilde hervorgerufen worden sind, so dürfen wir dem Vorkommen der Fibrillennetze innerhalb der Sinneszellen dieser Präparate kein allzugrosses Gewicht beilegen. Dies um so weniger, als in den nach Champy fixierten Präparaten, die mir von allen die klarsten Bilder der Sinneszellen geliefert haben, sichere Fibrillennetze niemals nachgewiesen werden können. Zwar lassen sich die einzelnen Fibrillen in den ganz dünnen Schnitten, die hier erforderlich sind, wegen der Gestalt der Sinneszellen (vgl. o.) kaum jemals vom eigentlichen Zellkörper bis an das freie Ende der Zelle kontinuierlich verfolgen, es ist dies vielmehr meistens nur für kürzere Strecken derselben möglich (vgl. Fig. 132 und 133); wenn aber Netzbildungen der Fibrillen eine allgemein vorkommende, oder jedenfalls keine seltene Erscheinung

wären, so würde man wohl mit Recht haben erwarten können, dass sie sich auch hier und da in unseren Präparaten hätten nachweisen lassen. Dies ist aber, wie oben hervorgehoben, nicht der Fall gewesen.

Was die von zahlreichen Verfassern aus anderen Nervenzellenformen abgebildeten und beschriebenen Fibrillennetze betrifft, so glaube ich, dass jeder Forscher, der von der grossen Empfindlichkeit und damit zusammenhängenden Veränderlichkeit der Plasmastrukturen bei der Fixierung und Härtung eigene Erfahrung hat, sich diesen Angaben gegenüber vorläufig abwartend zu verhalten volle Ursache haben kann. Denn die ganz überwiegende Anzahl der Bilder, welche für ein Vorhandensein solcher Fibrillennetze als Belege angeführt worden sind, wurden durch Methoden gewonnen, die ausgedehnte sekundäre Netzbildungen *intra vitam* getrennter Plasmafibrillen keineswegs ausschliessen.

Die zahlreichen Versuche, die ich unter Benutzung der Methoden von Cajal und Bielschowsky, sowie verschiedener Modifikationen dieser beiden Methoden, um die Neurofibrillen der Hautsinneszellen von *Myxine* mit Silber zu imprägnieren, angestellt habe, haben leider nur wenig befriedigende Ergebnisse geliefert. Doch sind mir diese Präparate insoweit wertvoll gewesen, als sie den Beweis geliefert haben, dass die durch Silber imprägnierten Neurofibrillen der Sinneszellen mit den in den Fuchsinpräparaten elektiv gefärbten Fäserchen sicher identisch sind. Für die Frage aber, ob innerhalb der Sinneszellen intravitale Fibrillennetze vorkommen oder nicht, sind jedoch diese Präparate wegen der erheblichen Veränderungen, welche das ganze Epithel der Epidermis nach der Imprägnation aufweist, leider wertlos.

Das Plasma der Knospenzellen enthält ausser den Neurofibrillen in der Nähe des Kerns noch fuchsinophile Fäden und Körnchen sowie lipoide Granula in wechselnder Anzahl (vgl. Fig. 132 und 133).

Fuchsinophile Plasmakörner wurden bekanntlich in den Zellen des Nervengewebes zuerst von Altmann (1890) gesehen und genauer beschrieben. Er fand die Fibrillen sowohl in den Nervenzellen erwachsener Tiere (vgl. seine Taf. XI), wie in den Neuroblasten von Katzenembryonen (s. Taf. XIV) „aus hintereinander aufgereihten Granulis zusammengesetzt“. Nach Altmann haben sich mehrere Forscher mit der Frage von der Bedeutung der

fen Plasmaelemente innerhalb der Neuroblasten, und vor allem ihrer Rolle bei der Fibrillenbildung beschäftigt<sup>1)</sup>.

In seiner Arbeit über das Vorkommen der Altmannschen Plasmakörner und -fäden in den Zellen des Hühnerembryos liefert Meves (1908) zwei Abbildungen (Fig. 35 und 36) von Zellen des Rückenmarks und eines Spinalganglions eines 3 Tage und 9 Stunden alten Embryos. Dieselben zeigen, dass „die Neuroblasten die gleichen Chondriokonten bzw. Ketten von solchen enthalten wie die Spongioblasten“. Meves betrachtet diese Bilder „als beweisend dafür, dass die Chondriokontenkette der Neuroblasten die primitiven Neurofibrillen darstellen. Denn es sind offenbar die gleichen Fäden, welche sich bei der Silberimprägnation nach Ramón y Cajal schwarz färben“ (S. 838).

Eingehender sucht Hoven (1910) die Rolle der Plasmaelemente bei der Fibrillenbildung festzustellen. Seine Ergebnisse, die die Hypothese von Meves stützen, fasst er folgendermassen zusammen: „Die Chondriosomen repräsentieren in den Nervenzellen das primitive, indifferente Stadium der Neurofibrillen. Durch Veränderung ihrer chemischen Eigenschaften und morphologischen Charaktere bilden sich die Chondriosomen in Neurofibrillen um“ (S. 477).

Hoven hat diesen Umbildungsprozess der Plasmafäden nicht direkt verfolgen können, stützt sich vielmehr auf die Beobachtung, dass die Plasmafäden und die ersten Neurofibrillen eine übereinstimmende Lage und Gruppierung innerhalb der Neuroblasten aufweisen, und dass weiter die Vermehrung der Fibrillen mit einer entsprechenden Abnahme der Plasmafäden verbunden ist. Hoven meint drei Perioden in der Entwicklung der Neurofibrillen unterscheiden zu können: Während der ersten lassen sich die Neurofibrillen nur mittels der zur Färbung der Altmannschen Körner und Fäden („Mitochondrien“) empfohlenen Methoden zur Erscheinung bringen. Während der nächsten Periode lassen sie sich auch durch Silbernitrat färben. In der dritten und letzten Periode sind sie endlich nur durch Silberimprägnation ersichtlich zu machen — eine Angabe, die mit unseren Erfahrungen über die Färbbarkeit der Neurofibrillen der Hautsinneszellen von Myxine nicht übereinstimmt (vgl. o.).

<sup>1)</sup> Ausführliche Literaturangaben bei Duesberg (1912) und Cowdry (1914 a—b).

In vollständig differenzierten Nervenzellen sind nach Hoven die Plasmafäden nur in ganz geringer Zahl vorhanden oder fehlen ganz.

Zu ganz anderen Ergebnissen gelangte Cowdry (1914a) nach seinen Untersuchungen an demselben Material. Für die Annahme, dass „Mitochondrien“ sich in Neurofibrillen umbilden sollen, findet dieser Verfasser keinen Anhaltspunkt. Ebenso wenig vermochte er eine mit der Vermehrung der Neurofibrillen stattfindende Abnahme der „Mitochondrien“, so wie sie von Hoven behauptet war (vgl. o.), zu konstatieren. Weder durch Veränderung ihrer Gestalt, Färbbarkeit, noch irgend eines anderen Charakters lassen diese Plasmaelemente der Neuroblasten Zeichen einer chemischen Umbildung ihrer Substanz verraten. Während sie schon von den frühesten Entwicklungsstadien an in den Zellen des Nervengewebes vorhanden sind und sich wahrscheinlich während des ganzen Lebens der Zellen erhalten, treten die Neurofibrillen dagegen erst in einem späteren Entwicklungsstadium auf, und zwar einer funktionellen Anpassung zufolge. Die „Mitochondrien“ müssen deswegen nach der Meinung des Verfassers als Plasmaelemente allgemeiner Natur („of a generalized nature“) betrachtet werden, die an einer so speziellen Zellenfunktion, wie es die Bildung der Neurofibrillen ist, nicht teilnehmen können. Diese letzteren entwickeln sich höchst wahrscheinlich aus der Grundsubstanz des Plasmas oder aus geformten Elementen noch unbekannter Natur. Die nach Silbernitratimprägnation dunklere Färbung der perinukleären Plasmaschicht, innerhalb welcher die ersten Neurofibrillen erscheinen, deutet nach Cowdry auf die Möglichkeit hin, dass der Kern entweder durch Substanzabgabe oder in irgend einer anderen Weise sich bei der Fibrillenbildung beteiligt. Cowdry erinnert in diesem Zusammenhang an die früheren, ähnlichen Beobachtungen Gerinis (1908), denen zufolge die innere, durch Silbernitrat dunkler gefärbte „fibrillogene“ Plasmaschicht der Neuroblasten zahlreiche kleine Körnchen enthält, die um die beiden Pole des Kerns am dichtesten liegen, während gleichzeitig innerhalb des Kerns eine deutlich polare Anordnung der Nukleolen zu erkennen ist.

Während Gerini ohne jeden Kommentar auf diese letztere Tatsache hinweist, haben andere Forscher, sowohl ältere wie neuere, eine direkte Teilnahme des Kerns der Neuroblasten bei

der Fibrillenbildung zu beweisen versucht. Unter diesen sind in erster Reihe die beiden englischen Forscher Cameron und Swindle zu nennen.

Nach Cameron (1906) geht in den jungen Neuroblasten der Amphibienretina der Fibrillenbildung eine Anhäufung von Chromatin am einen Pole des Kerns voraus. Dieselbe schwindet bald wieder, gleichzeitig tritt aber ihr gegenüber, ausserhalb der Kernmembran, ein aus achromatischer Substanz bestehender Tropfen auf. Es ist offenbar, dass derselbe vom Kernchromatin herrührt und in achromatischem Zustand von diesem abgegeben wurde. Dieser Tropfen stellt die erste Anlage des Achsenzylinders dar. Er wächst während der folgenden Zeit in die Länge und stellt schliesslich eine von der Ganglienzellschicht der Retina bis in das Gehirn hinein verlaufende zusammenhängende Bahn dar. Ihre Substanz erleidet bald eine über ihre ganze Länge gleichzeitig erfolgende partielle Chromatisation. Diejenigen Teile der primitiven Faser, welche dieser Veränderung unterliegen, bilden die Neurofibrillen des fertigen Achsenzylinders, während die achromatisch bleibenden Teile der peripheren Zone und axialen Partie der Faser wahrscheinlich zur Bildung der Myelinscheide bezw. des Neuroplasmas Anlass geben.

An den Textfiguren (Mikrophotographien), welche die Arbeit Camerons erläutern, sucht man vergebens für diese Schilderung einen Anhaltspunkt.

Sich auf Untersuchungen über den Bau des Rückenmarks erwachsener Salamandren stützend, glaubt Swindle (1915) eine direkte Teilnahme des Kerns an der Fibrillenbildung endgültig feststellen zu können. Der Vorgang der Fibrillenbildung soll durch das Auftreten kleiner Knospen an der Oberfläche des Kerns eingeleitet werden. Innerhalb derselben treten parallele, aus Chromatin bestehende Fibrillen, sogen. „Chromofibrillen“, auf. Bündel solcher Chromofibrillen isolieren sich allmählich vom Kerne, treten in das Plasma über, wo sie „ihr privates Leben“ anfangen, weiter wachsen und damit die Neurofibrillen der Zelle darstellen!

Nach dem Studium dieser Arbeit und der ihr beigegebenen Figuren bleibt der Leser darüber im ungewissen, ob man es hier mit einem schlecht angebrachten Spass, oder einfach nur mit dem Produkt eines aussergewöhnlich naiven Verfassers zu tun hat.

Das Studium der Entwicklung unserer Sinneszellen vermag zur Beleuchtung der Frage von dem Ursprung der Neurofibrillen nicht unwichtige Beiträge zu liefern.

Es wurde oben erwähnt, dass die Stützellen der Knospen nicht direkt auf dem Corium sassen, sondern von letzteren durch zwei bis drei Lagen kleinerer Zellen getrennt waren (vgl. Fig. 125 bis 127). Nach geeigneter Behandlung der Präparate wird man unter den letzteren gleich einige Zellen gewahr, die sich durch den Reichtum ihres Plasmas an fuchsinophilen Elementen und lipoiden Granula auszeichnen. Auch ihre Kerne haben manchmal einen von dem der Kerne der Nachbarzellen abstechenden Farbenton, was offenbar mit einer grösseren Affinität zu dem Säurefuchsin im Zusammenhang steht. Wie eine genauere Untersuchung lehrt, haben wir hier Entwicklungsstadien der Stützellen vor uns.

Die f.en Plasmaelemente dieser Zellen bestehen aus Körnchen und Fäden; die letzteren sind in beträchtlicher Mehrzahl. Einige Fäden tragen Endgranula. Die zwischen den f.en Elementen gelegenen lipoiden Granula zeichnen sich nicht nur durch ihre grössere Anzahl, sondern auch durch ihre bedeutendere Grösse von den entsprechenden Granula der indifferenten Nachbarzellen aus. Ihr Hervorgehen aus f.en Granula lässt sich auch hier sicher nachweisen.

Die jungen Stützellen sind in ihrer oberen Partie immer mehr oder weniger zugespitzt und hier entdeckt man in vielen Fällen (Fig. 129—130, 136) Plasmafäden, die sich durch ihre bedeutendere Länge von den entsprechenden Fäden, die den unteren Teil des Kerns umgeben, unterscheiden. Diese Fäden lassen bei genauerer Untersuchung manchmal eine mehr oder weniger deutliche Gliederung in zwei oder drei Segmente, je von der Länge der gewöhnlichen Plasmafäden, erkennen. Eine Tatsache, die zusammen mit der nicht selten zu beobachtenden reihenweisen Anordnung der kürzeren Plasmafäden im oberen Teil der Zellen (vgl. Fig. 129) eine Bildung der längeren Fäden durch endweise Verklebung mehrerer kürzeren Plasmafäden äusserst wahrscheinlich macht.

Indem die jungen Sinneszellen, ähnlich wie die Drüsen-elemente der Epidermis, durch die Vermehrung der indifferenten Basalzellen der Hautoberfläche allmählich genähert werden, um diese schliesslich zu erreichen, nimmt ihr oberer, zugespitzter Teil

an Länge zu, und die in der zentralen Partie dieses Fortsatzes verlaufenden parallelen, fuchsinophilen Fäden, die nichts anderes als junge Neurofibrillen sind, erfahren eine entsprechende Verlängerung (Fig. 131—133, 137). Dieselbe ist offenbar jedenfalls teilweise dadurch bedingt, dass die Fibrillen einen wirklichen Zuwachs bekommen, indem sich am oberen Kernpole neue Plasmafäden ihren zentralen Enden anschliessen. Ob die Fibrillen auch ein selbständiges Wachstum besitzen, ist natürlich schwer sicher festzustellen, erscheint aber nach den Bildern recht wahrscheinlich. Während des Wachstums der Fibrillen findet, wie Hoven (vgl. o.) treffend schildert, eine Verminderung der Anzahl der fuchsinophilen Plasmaelemente der Zelle statt. Dieselben verschwinden aber niemals ganz aus dem Plasma der Stützellen (vgl. o.). Die lipoiden Granula werden sowohl während der Fibrillenbildung, wie nach der Vollendung der Entwicklung der Sinneszellen in reichlicher Anzahl in der Umgebung des Kerns vorgefunden. Sie liegen oft wie Perlen nebeneinander gereiht zwischen den Fibrillen oder ausserhalb derselben (vgl. Fig. 131). Eine direkte Beteiligung dieser Granula an der Fibrillenbildung lässt sich nicht nachweisen. Vielleicht haben sie, ebenso wie die in den Nervenzellen der Lederhaut von Myxine vorkommenden ähnlichen Granula, die im zweiten Teil dieser Studie genauer besprochen werden sollen, eine nutritive Funktion. Auch innerhalb des Plasmas funktionierender Stützellen findet eine Neubildung dieser Granula statt.

Wie aus der oben gegebenen Darstellung hervorgeht, haben mich meine an den Hautsinneszellen von Myxine angestellten Untersuchungen über die Fibrillenbildung in diesen Zellen zu wesentlich denselben Ergebnissen geführt, wie diejenigen, zu welchen früher Altmann und nach ihm Meves und Hoven durch ihre Untersuchungen an Neuroblasten gelangt sind (vgl. o.). Als wichtigstes Resultat dieser sämtlichen Untersuchungen muss die Feststellung der formativen Bedeutung der fuchsinophilen Plasmaelemente bei der Bildung der Neurofibrillen, sowohl innerhalb der Neuroblasten wie der epithelialen Sinneszellen, hervorgehoben werden.

Wenn man die Bilder, welche Altmann auf seinen Taf. XI und XIV von den Neurofibrillen geliefert hat, mit meinen Fig. 129—133, 136—137 vergleicht, wird man den Unterschied bemerken, dass die jungen Fibrillen in Altmanns Bildern aus

Körnerketten bestehen — Altman schildert ja auch, wie wir oben sahen, die Fibrillen als aus hintereinander aufgereihten Körnchen zusammengesetzt, — während sie in den von mir in den genannten Figuren wiedergegebenen Zellen aus homogenen Fadenstücken gebildet werden. Meves erwähnt beiläufig in seiner oben zitierten Arbeit (S. 839), dass ihm bei Mäuseembryonen ähnliche Bilder wie die Altmannschen begegnet sind, während er die Fibrillen bei Meerschweinchenembryonen ebenso wie bei denen des Huhns aus längeren Fäden bestehend vorgefunden hat.

Es ist in diesem Zusammenhang nicht ohne Interesse, dass man auch bei Myxine hier und da junge Sinneszellen antrifft, deren Fibrillen einen körnigen Bau aufweisen (vgl. Fig. 134), und zwar ist dies eben in solchen Präparaten oder Partien von Präparaten der Fall, wo auch die fuchsinophilen Plasmaelemente der Stützstellen und ihrer Nachbarzellen sich durch einen überwiegend körnigen Bau auszeichnen. Nach dem, was in der ersten Hälfte dieses Teils (S. 135) hierüber ausgeführt wurde, ist ein solcher Bau der Plasmaelemente höchst wahrscheinlich auf eine mangelhafte Fixierung des Plasmas der betreffenden Zellen zurückzuführen. Die Annahme scheint aber dann sehr nahe zu liegen, dass auch der körnige Bau, welchen die Neurofibrillen in diesen Präparaten zeigen, durch dieselbe Ursache bedingt ist. Wenn dem so ist, würden wir hierin einen weiteren Beweis für die enge chemisch-physikalische Zusammengehörigkeit der beiden Plasmastrukturen haben<sup>1)</sup>.

Wenn man die Anzahl der fuchsinophilen Plasmaelemente der jungen Sinneszellen mit jener der langen Neurofibrillen und der lipoiden Granula der ausgewachsenen Stützstellen vergleicht, so wird man bei der Annahme, dass die ersteren als Bildungsmaterial für die letzteren dienen, auch ein gewisses selbständiges Wachstum der Neurofibrillen vorausgesetzt, notwendigerweise zu dem Schlusse geführt, dass auch innerhalb der Sinneszellen, gleichzeitig mit dem Verbrauch der Plasmaelemente bei den konstruktiven Zellenfunktionen, eine Neubildung derselben auf irgend eine Weise stattfinden muss.

<sup>1)</sup> Dass die chemische Struktur der in Entwicklung begriffenen und noch mehr die der fertiggebildeten Neurofibrillen sich von jener der Plasmaelemente andererseits auch unterscheiden muss, geht u. a. daraus hervor, dass die ersteren gegen die Einwirkung der Essigsäure sich viel resistenter als die letzteren verhalten.

Wir hörten oben (S. 42), dass Cowdry, der übrigens ein Gegner der Auffassung von dem Ursprung der Neurofibrillen aus den Altmannschen Plasmaelementen war, auf eine nach Silberimpragnation zu beobachtende dunklere Färbung der perinukleären Plasmaschicht, innerhalb welcher die ersten Neurofibrillen erschienen, aufmerksam machte, und dieses Bild mit einer von dem Kerne erfolgten Abgabe von Substanzen, welche bei der Fibrillenbildung vielleicht von Bedeutung sein könnten, in Zusammenhang brachte. Wir hörten weiter, dass Gerini in derselben Zone des Plasmas feine Körnchen gesehen hatte, die in ihrer Lage gewisse Beziehungen zu den Nukleolen der Zellen erkennen liessen.

Wenn man diese Angaben mit den Bildern zusammenhält, welche man von den Sinneszellen der Epidermis von Myxine nach verschiedener Fixierung der Haut und Färbung der Schnitte bekommt, wird niemand darüber im Zweifel sein können, dass die genannten Forscher in der Umgebung des Kerns der Neuroblasten mehr oder weniger wohl erhaltene fuchsinophile Plasmaelemente gesehen haben. Dass die letzteren nach mangelhafter oder ungeeigneter Fixierung des Materials fast ganz aufgelöst sein können, so dass ihr Vorhandensein sich manchmal nur durch eine dunklere Färbung oder feinkörnige Struktur der perinukleären Plasmaschicht aussert, wird auch jedem, der sich mit Plasmastudien beschäftigt hat, wohl bekannt sein.

Dass die Plasmagranula auch in den Stützellen von Myxine manchmal der Kernmembran eng anliegen, ist nun nicht schwer festzustellen. Ob aber diese Lage nur eine zufällige Erscheinung ist, oder ob ihr eine tiefere Ursache zugrunde liegt, darüber vermag natürlich nur ein genaueres Studium auf geeignete Weise vorbehandelter Präparate zu entscheiden <sup>1)</sup>.

Ein solches lehrt nun, dass im Plasma der Stützellen zwischen den feinen Plasmafäden sowohl kleinere wie grössere Einzelgranula vorkommen, die manchmal eine auffallende Lage-

---

<sup>1)</sup> Hoven (1910, S. 474) meint jeden Gedanken von einem nukleären Ursprung der Altmannschen Plasmaelemente („Mitochondrien“) der Neuroblasten mit der Begründung abweisen zu können, dass ein solcher mit der Benda-Meyerschen Lehre von der Persistenz dieser Zellteile im Streit stehen würde. Er folgt hier seinen Meistern, Duesberg und Meves, denen zufolge jede Beobachtung, welche ihren Hypothesen unbequem ist, im voraus als „sicher unrichtig“ betrachtet werden kann.

beziehung zu den Nukleolen oder wie diese gefärbten Teilen des Kernnetzes aufweisen können, und dass weiter in einigen Zellen ganz feine Verbindungszüge zwischen dem der Kernmembran anliegenden Nukleolus und den ausserhalb der Membran gelegenen Plasmagranula vorhanden sind (vgl. Fig. 137). Diese Beobachtung deutet darauf hin, dass auch in den Sinneszellen von *Myxine* höchst wahrscheinlich eine Abgabe fuchsinophiler Kernsubstanz an das Plasma stattfindet, und sie legt die Annahme nahe, dass diese Abgabe mit der Neubildung der Altmannschen Plasmaelemente in Zusammenhang stehe. Inwieweit auch die in den Sinneszellen schon vorhandenen f.en Plasmaelemente sich durch selbständiges Wachstum und Teilung vermehren, darüber ist es mir trotz aller Mühe nicht gelungen, zu einer sicheren Entscheidung zu kommen.

---

### Anhang.

#### Über die Bildung der lipoiden Granula in den Follikelzellen der Testes von *Myxine*.

In den indifferenten Bildungszellen der Epidermis wurden neben den f.en Plasmaelementen kleine Granula vorgefunden, die sich nach Osmiumfixierung der Haut geschwärzt zeigten und nach Fixierung mittels der Flüssigkeiten von Champy und Flemming-Benda eine grüngraue Farbe angenommen hatten. Sie waren in absolutem Alkohol, Äther und Xylol löslich. Wir bezeichneten diese Granula deswegen als lipoide. Ähnliche Granula wurden auch in den Drüsenzellen und den Sinneszellen der Epidermis nachgewiesen, sie zeigten aber bei den verschiedenen Zellenformen ein sehr verschiedenes Verhalten. In den Bildungszellen war ihre Anzahl eine recht beschränkte und sie erreichten in der Regel keine bedeutende Grösse. Die meisten von ihnen waren nur wenig grösser als die f.en Plasmagranula. Innerhalb der beiden grossen Drüsenzellenformen der Epidermis wurden zwar lipoide Granula angetroffen, aber nur in jungen Zellen und in sparsamer Anzahl. Sie schienen bei der Sekretbildung, wenn überhaupt, keine grosse Rolle zu spielen. Ganz anders in den kleinen Schleimzellen. Die lipoiden Granula wurden hier in grosser Zahl gebildet. Die kleineren Granula flossen zu grösseren zusammen

und diese vereinigten sich wieder mit fuchsinophilen Sekretgranula zu eigentümlichen Mischgranula, aus welchen schliesslich das muköse Sekret der Zellen hervorging. Auch in den Sinneszellen der Epidermis kamen zahlreiche grosse lipoide Granula vor. Welche Rolle sie hier spielten, liess sich nicht sicher entscheiden. Sehr wahrscheinlich stellten sie ein Nährmaterial der Zellen dar. Mit der Fibrillenbildung schienen sie jedenfalls nichts zu tun zu haben.

Was nun die Entstehung dieser Granula betrifft, so haben wir sicher nachweisen können, dass sie aus f.en Granula hervorgehen. Nach Osmiumbehandlung der Haut und Färbung der Schnitte mit Säurefuchsin kommen, vor allem in den zylindrischen Oberflächenzellen der Epidermis, zahlreiche Granula vor, die alle Übergänge im Farbenton von tief rot zu rein schwarz zeigen. Einige dieser Granula stellen die Endglieder kleiner Körnerketten dar oder sind dem einen Ende eines f.en Plasmafadens angeheftet. Wegen der geringen Grösse der jungen lipoiden Granula — dieselbe übertrifft nur wenig diejenige der f.en Plasma granula der Zellen — lässt sich über die Veränderungen, welche sich innerhalb der Granulakörper während der Bildung der lipoiden Substanz abspielen, nur sehr wenig oder meistens gar nichts beobachten.

Dieser Umstand hat mich veranlasst, nach anderen epithelialen Zellenformen zu suchen, die diese Lücke in unseren Untersuchungen auszufüllen imstande waren. Unter den verschiedenen Epithelien, die ich in dieser Hinsicht geprüft habe, haben mir die Follikelzellen der Testis von Myxine die übersichtlichsten und wertvollsten Resultate geliefert.

Diese Zellen bekleiden als einzellige Schicht von ungleicher Höhe die Innenwand der bläschenförmigen Testisfollikel. Sie sind von sehr unregelmässiger Form, haben deutliche Grenzen. Ihre chromatinarmen Kerne sind in der Regel so stark gelappt, dass die Zellen mehrkernig erscheinen. Innerhalb des Zellkörpers der frisch untersuchten Follikelzellen beobachtet man zahlreiche glänzende Körner und Kugeln. Dieselben werden durch Osmiumsäure geschwärzt, in Chloroform, Äther, absolutem Alkohol und Xylol gelöst. Nach Fixierung der Testis mit Champys Flüssigkeit zeigen sie in den Schnitten dieselbe grüne Farbe wie die lipoiden Granula der Epidermiszellen. Diese Körner stellen ein Nährmaterial dar, welches von den vegetativen

Zellen an die germinativen während des Wachstums der letzteren abgegeben wird (vgl. Schreiner 1905).

Die übersichtlichsten Bilder von der Entstehung dieser Körner, die sicher lipoider Natur sind, haben mir Präparate geliefert, die nach Fixierung der Testis in Champys Flüssigkeit mit Säurefuchsin-Aurantia nach Altmann-Kull gefärbt waren.

Fig. 139 gibt ein Stück eines schrägen Tangentialschnittes durch die Wand eines Follikels wieder, der Metaphasenstadien der 1. Reifungsteilung enthält. Rechts im Bilde sind fünf Follikelzellen in ihrer natürlichen Lage gezeichnet, links drei Spermatozytenteilungen. Die letzteren sind der Raumersparnis wegen einander und den Follikelzellen etwas näher gerückt, als sie im Präparate liegen.

Innerhalb des Protoplasmas der Follikelzellen sehen wir zahlreiche lipoiden Granula. Die Grösse der einzelnen Granula wechselt nur wenig. Neben diesen paraplastischen Einschlüssen und den grossen gelappten Kernen kommen in sämtlichen Zellen zahlreiche fe homogene Fäden und Granula vor. Die Fäden haben alle dasselbe Kaliber, ihre Länge wechselt aber. Die Körnchen liegen teils unregelmässig, einzeln oder je zwei bis drei zusammen, zwischen den Fäden, teils sind sie den Enden der Fäden angeheftet.

Ein genaueres Studium der homogenen Fäden lehrt, dass die Endgranula durch Segmentierung der Fäden entstehen (vgl. Fig. 140), und dass die Fäden schliesslich in Körnerreihen zerfallen. Während die jüngsten Endgranula und Glieder der Körnerketten ungefähr von demselben Durchschnitt wie die Fäden sind, haben andere eine etwas bedeutendere Grösse. Diese letzteren bilden alle Übergänge zu den noch grösseren Granula, die frei zwischen den Fäden und den lipoiden Granula gelegen sind. Es ist offenbar, dass wir hier eine zusammenhängende Entwicklungsreihe der Granula vor uns haben, und dass die durch Segmentierung der homogenen Fäden hervorgegangenen Granula, nachdem sie sich emanzipiert haben, selbständig weiterwachsen.

Einige von den grösseren Granula zeigen das bemerkenswerte Verhalten, dass sie nicht gleichmässig rot gefärbt sind, sondern in einer kleinen Partie eine grünliche Farbe aufweisen (Fig. 141—142). Von diesen letzteren Granula führen nun alle Übergänge zu solchen über, die nur in einer kleinen Partie noch rot sind, sonst aber

grün gefärbt wie die lipoiden Granula der Zellen sind (Fig. 141, 143). Sehr bemerkenswert ist die verschiedene Grösse der Granula, innerhalb welcher sich die Bildung der lipoiden Substanz vollzieht. In Fig. 141 und 143 ist nebeneinander eine Reihe von Granula aus verschiedenen Zellen bei derselben Vergrösserung gezeichnet. Unter denselben finden sich, wie man sieht, bei sehr verschiedener Grösse ganz entsprechende Stadien der Fettbildung.

Die hier vorgeführten Bilder zeigen uns, dass die lipoiden Sekretgranula der Follikelzellen der Testis, ähnlich wie die lipoiden Granula der verschiedenen Epithelzellen der Epidermis, aus fuchsinophilen Granula hervorgehen, die selbst wieder von den Altmannschen Plasmafäden gebildet worden sind. Sie zeigen uns weiter, dass die lipoide Substanz innerhalb der f.en Granula durch chemische Umbildung des Granulakörpers entsteht. Auf genau dieselbe Weise entstehen auch in den grossen Fettzellen des subkutanen Gewebes von *Myxine* die Fettvakuolen aus f.en Granula, die auf ähnliche Weise durch Segmentierung homogener Plasmafäden gebildet werden (vgl. Schreiner 1915).

Die von den f.en Granula gebildeten lipoiden Kügelchen fliessen miteinander zu grösseren Vakuolen zusammen (vgl. Fig. 144).

Das in Fig. 139 wiedergegebene Bild, wo nebeneinander vegetative und generative Zellen eines Follikels zu sehen sind, bietet in mehreren Hinsichten grosses Interesse dar. Es zeigt uns erstens, welche sehr verschiedene Form die f.en Plasmaelemente der beiden Zellenarten besitzen. Anstatt der langen, schlanken Fäden, die wir in den Follikelzellen vorfinden, sehen wir im Plasma der Spermatozyten eine dichte Anhäufung ganz feiner Körnchen, die an mancher Stelle so dicht liegen, dass sie einen fast kompakten Körper bilden. Dass dieser Unterschied auf der verschiedenen Einwirkung der Fixierungsflüssigkeit beruhen könnte, ist hier, wo wir es mit Zellen, die nebeneinander im selben Follikel liegen, zu tun haben, schon im vornherein höchst unwahrscheinlich, lässt sich auch durch Beobachtungen an lebendem Material leicht ausschliessen. Das Verhalten der Plasmagranula zu den Spindelfasern zeigt weiter deutlich, dass sie mit letzteren nichts zu tun haben, sondern Bildungen *sui generis* sind.

Auch die Chromosomen der abgebildeten Spermatozyten zeigen sehr bemerkenswerte Strukturverhältnisse. Wie gewöhnlich in der Metaphase der 1. Reifungsteilung bei *Myxine*, sind die

Chromosomen stark kontrahiert, von sphärischer oder ovoider Form. Zum grössten Teil zeigen sie einen grünlichen Farbenton, in ihrem Inneren enthalten sie aber mehrere rot gefärbte Kerne. Wenn ganze Chromosomen in Seitenansicht vorliegen, bemerkt man, dass die Anzahl dieser roten Körperchen immer vier ist. Dieselben kommen während der Differenzierung der Präparate zum Vorschein. Nach der Färbung mit Säurefuchsin sind die Chromosomen ganz und gar rot gefärbt. Während der Differenzierung mit Aurantia erfolgt aber eine konzentrische Entfärbung derselben in der Weise, dass innerhalb eines jeden Chromosoms sich zwei grössere rote Kerne voneinander abgrenzen. Ihre Trennungslinie entspricht der Äquatorialebene der Mitose. Bei fortgesetzter Differenzierung der Präparate zerfällt wieder jeder dieser grösseren Körper in je zwei kleinere (vgl. das grosse Chromosom rechts in der unteren Zelle, wo diese Teilung noch nicht vollendet ist). Wird die Differenzierung noch weiter geführt, findet eine konzentrische Entfärbung der roten Körper statt, dieselben lösen sich aber in keine weiteren Teile auf.

Ein ähnliches Verhalten zeigen auch die Chromosomen der Spermatozyten 2. Ordnung und der Spermatogonien in der Metaphase. Innerhalb dieser beiden kommen jedoch immer nur zwei solche rote Kerne zum Vorschein. Sie liegen einander gegenüber an beiden Seiten der Äquatorialebene.

Dieser Unterschied zwischen den Chromosomen der Spermatogonien und der Spermatozyten 2. Ordnung einerseits und denjenigen der Spermatozyten 1. Ordnung andererseits findet ihre natürliche Erklärung darin, dass die letzteren Doppelchromosomen sind, deren beide Komponenten selbst wieder geteilt sind. Wie in einer früheren Arbeit (1905) nachgewiesen, lässt sich bei Myxine ab und zu in der Metaphase der 1. Reifungsteilung, wenn die Kontraktion der Chromosomen weniger ausgesprochen ist, auch an der Oberfläche der Chromosomen die doppelte Teilung derselben nachweisen.

Die vorgeführten Bilder zeigen, dass wir in der Altmann-Kullischen Färbung ein wertvolles Mittel zur Analyse der inneren Struktur solcher Chromosomen besitzen, bei denen sich diese Struktur durch äussere Betrachtung allein wegen der Kontraktion der Chromosomen nicht sicher feststellen lässt.

---

### Zusammenfassung.

Die wichtigsten Ergebnisse unserer Untersuchungen über den feineren Bau der Epidermis von *Myxine* lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

1. Die mehrschichtige Epidermis wird aus fünf verschiedenen Zellenarten zusammengesetzt: aus kleinen polygonalen Bildungszellen und drei Drüsenzellenformen, nämlich kleinen Schleimzellen, grossen birnförmigen Fadenzellen und grossen bläschenförmigen Schleimzellen. Diesen schliessen sich als fünfte Form die epithelialen Sinneszellen an.

2. Die Bildungszellen sind kleine rundliche oder polygonale Zellen; sie nehmen die tieferen Lagen der Epidermis ein. Sie weisen eine scharfe Trennung ihres Protoplasmas in ein weiches Endoplasma und ein festeres Ektoplasma auf. An der Grenze gegen das Endoplasma zeigt das Ektoplasma eine kapselähnliche Differenzierung, die besonders im unteren Zellteil sehr ausgeprägt ist. Die Zellen sind durch feine Plasmabrücken miteinander verbunden. Ausser dem Kern und den Zentriolen, die immer am oberen Pole des Kerns gelegen sind, enthält das Endoplasma eine wechselnde Anzahl von fuchsinophilen Altmannschen Fäden und Körnchen, dazu manchmal noch einzelne kleine lipoiden Granula. In ruhenden Zellen ist eine Fadenform der Altmannschen Plasmaelemente vorherrschend, neben den Fäden werden jedoch immer auch in tadellos fixiertem Material einige Granula gefunden. Vor jeder Zellteilung zerfallen die Altmannschen Fäden immer in Körnchen. Diese werden in der Mitose auf die beiden Tochterzellen gleichmässig verteilt. Während des Wachstums der jungen Zellen gehen aus den Körnchen wieder Fäden hervor, und zwar sprechen die Bilder sowohl für eine Entstehung der Fäden durch Vereinigung mehrerer Körner, wie für eine Bildung derselben aus einzelnen grösseren Körnchen.

Die in den Bildungszellen vorkommenden lipoiden Granula gehen aus der Umbildung Altmannscher Granula hervor.

Die scharfe Sonderung des Plasmas in zwei Schichten bleibt auch während der Teilung der Zellen bestehen. In der Telophase erfolgt eine Durchschnürung der Plasmakapsel der Teilungsebene entsprechend. In den jungen Zellen schliesst sich die geöffnete Kapsel durch Neubildung wieder.

3. Die kleinen Schleimzellen nehmen die oberflächlichen Lagen der Epidermis ein. Ihre Grösse stimmt mit derjenigen der Bildungszellen am meisten überein. Ihr Sekret ist ein Mucus, der, wie sein färberisches Verhalten lehrt, von jenem der grossen bläschenförmigen Schleimzellen verschieden ist. Im Gegensatz zu den beiden grossen Drüsenzellenformen der Epidermis sind die kleinen Schleimzellen merocrine Drüsenzellen.

Nach ihrer Lage und Gestalt können zwei Typen dieser Zellen unterschieden werden: kolbenförmige Zellen und zylindrische Oberflächenzellen. Die ersteren nehmen gewöhnlich die nächst oberste Lage der Epidermis ein und erreichen nur in sekretgefülltem Zustand die Hautoberfläche, während die letzteren auch in sekretleerem Zustand an die Oberfläche der Epidermis reichen. Die kolbenförmigen Zellen rücken allmählich in die Oberflächenschicht hinauf und bilden sich zu zylindrischen Zellen um.

Die kleinen Schleimzellen zeigen eine ähnliche Sonderung ihres Plasmas in zwei Schichten wie die Bildungszellen. Sie sind auch untereinander durch ähnliche Plasmabrücken wie diese verbunden. Sobald der obere Teil der ektoplasmatischen Schicht der Zellen die Oberfläche der Haut erreicht, bildet er sich zu einem kanalisierten Porensaum um, durch welchen die Entleerung des Sekretes erfolgt.

Die Differenzierung dieser Zellen aus den Bildungszellen fängt in den tiefen Zellschichten der Epidermis an und wird durch die Bildung charakteristischer Sekretgranula innerhalb des Endoplasmas der Zellen erkennbar. Die Sekretgranula sind zweierlei Art. Die einen färben sich mittels Säurefuchsin und sind wahrscheinlich albuminoide Natur, die anderen werden durch Osmiumsäure geschwärzt und bestehen aus lipoider Substanz. Sie werden beide von den Altmannschen Plasmaelementen gebildet, und zwar entstehen die ersteren im Anschluss an die Plasmafäden selbst, die letzteren dagegen aus Granula, die durch Segmentierung der Fäden hervorgehen. Aus der Vereinigung dieser beiden Arten von Sekretgranula gehen eigentümliche Mischgranula hervor, die je etwa zur Hälfte aus albuminoide und lipoider Substanz bestehen. Innerhalb dieser Granula werden kleine Vakuolen gebildet, deren Inhalt Mucinfärbung zeigt. Allmählich wird die ganze Substanz der Granula in Mucus umgewandelt. Zum ersten

Male ist hier die Beteiligung einer lipoiden Substanz bei der Bildung eines mucösen Sekretes nachgewiesen worden.

Wenn das in den Zellen abgelagerte Sekret durch die Kanälchen des Porensaums an die Oberfläche der Haut entleert worden ist, fängt die Sekretbildung innerhalb ihres Plasmas aufs neue an. und dieser Prozess wiederholt sich mehrmals, bis die Zellen schliesslich absterben. Unter den jüngeren Stadien der kleinen Schleimzellen werden nicht selten Zellen, die in Teilung begriffen sind, angetroffen. In der Oberflächenschicht werden aber keine Zellteilungen gefunden.

4. Die Fadenzellen sind grosse birnförmige Zellen, die in sekretgefülltem Zustand von der basalen Schicht der Epidermis bis nahe an die Oberfläche emporreichen. Im unteren Teil der Zelle ist der Kern gelegen. Das eigentümliche Sekret scheint den übrigen Teil des Zellkörpers fast vollständig auszufüllen. Es besteht aus Körnern und Fäden, welche auf die Weise angeordnet sind, dass die Fäden an der Oberfläche der Zelle gesammelt sind, während die Körner die zentrale Partie der Sekretmasse einnehmen. Von den Fäden sind diejenigen, welche der Körnermasse am nächsten liegen, die dünnsten. Die dickeren Fäden sind gefaltet, spiralgewunden und in guirlandenförmigen Schlingen angeordnet. Sie hängen wahrscheinlich alle miteinander zusammen.

Während der Sekretablagerung nähern sich die Zellen mit ihrem oberen Teil immer mehr der Oberfläche der Haut, indem sie die Zellen der oberflächlichen Epidermislagen auseinander zerren und zur Seite schieben. Schliesslich entleeren die Zellen ihr Sekret an die Oberfläche der Haut und gehen hiermit zugrunde.

Die merkwürdigen dicken Sekretfäden der Fadenzellen werden durch Vereinigung dünnerer Fäden gebildet. Die dünnsten Fäden, die Primärfäden, gehen aus fuchsinophilen Sekretgranula durch innere Differenzierung hervor. Die Restkörper dieser Granula, die nur geringe Affinität zu Säurefuchsin zeigen, werden in der zentralen Partie der Sekretmasse abgelagert und schliesslich zusammen mit den Fäden entleert.

Die Granula, welche zur Bildung der Primärfäden Anlass geben, gehen selbst aus den Altmannschen Plasmaelementen der Zellen hervor, und zwar aus Granula, die durch Segmentierung der homogenen Fäden gebildet worden sind. Ob sie auch

direkt aus den Altman'schen Granula der jungen Zellen hervorgehen können, lässt sich nicht sicher entscheiden.

Die jungen Fadenzellen treten in der Epidermis immer paarweise auf. Ihre Kerne haben anfangs eine gelappte Form, werden aber bald ovoid. Ihr Protoplasma zeigt keine solche Trennung in zwei Schichten wie das der indifferenten Zellen und der kleinen Schleimzellen. Die Zentriolen liegen immer am oberen Pole des Kerns. Um dieselben sammeln sich allmählich die Sekretgranula in konzentrische Schichten, die jüngsten Granula den Zentriolen am nächsten, die älteren Granula nach ihrer Grösse in die nach aussen folgenden Schichten. Die Fadenbildung findet an der Oberfläche dieser Körnermasse statt. Die zuerst gebildeten feinen Sekretfäden fliessen zu einem dickeren Faden zusammen, der sich allmählich nach unten gegen die Basis der Zelle vorschiebt. Durch das Wachstum dieses Sekretfadens wird die anfänglich ovoide Gestalt der Zelle in eine keulenförmige umgewandelt. Die weitere Längenzunahme des Sekretfadens hat eine spiralförmige Aufrollung desselben zu Folge. Das schmale Fußstück der Zelle wird dadurch breiter und die Zelle bekommt schliesslich ihre Birnform.

5. Die grossen bläschenförmigen Schleimzellen sind wie die Fadenzellen holocrine Drüsenzellen. In sekretgefülltem Zustand stellen sie grosse, sphärische oder ovoide, mit Mucus gefüllte Bläschen dar, die sich fast durch die ganze Dicke der Epidermis erstrecken und die oberflächliche Zellenlage oft vorbauchen. Ein unregelmässiger Flecken in der Mitte des grossen Sekretbläschens stellt den letzten Rest des Zellkerns dar. Nach Platzen der dünnen Hülle, die das Sekret umschliesst, entleert sich der ganze Inhalt des Bläschens an die Oberfläche der Haut, und das Leben der Zelle ist zu Ende.

Die jüngsten, als solche sicher erkennbaren Entwicklungsstadien der grossen Schleimzellen werden zwischen den Bildungszellen der tiefen Epidermislagen gefunden. Sie zeichnen sich durch ihre grossen, hellen, sphärischen Kerne aus. Wie in den Bildungszellen sind zwei Plasmaschichten zu erkennen, diese sind jedoch durch keine Kapsel voneinander getrennt wie dort.

Die Sekretbildung fängt innerhalb der inneren Plasmaschicht an. Während der Sekretablagerung bekommt der Kern eine exzentrische Lage und wird an der dem Sekret zugekehrten

Seite zuerst abgeflacht, später dellenförmig eingedrückt. Die ganze Zelle nimmt an Grösse rasch zu und die ektoplasmatische Schicht wird zu einer dünnen Hülle umgewandelt.

Der ursprünglich wegen seines Reichtums an Kernsaft helle und gespannte Kern bekommt während der Sekretbildung eine dunklere Farbe und seine Kontur wird an der der Sekretvakuole zugekehrten Seite uneben, zackig. Offenbar findet ein Aussickern von Kernsaft ins Plasma statt. Allmählich tritt eine Schrumpfung des Kerns ein. Er wird zu einem festen, homogenen, unregelmässig geformten Körper umgebildet, der schliesslich von der Wand der Sekretvakuole abgelöst und in die Mitte derselben geführt wird. Hier lässt er sich bis zur Entleerung des Sekretes als ein lichtbrechender, unregelmässig sternförmiger Flecken nachweisen.

Auch innerhalb des Endoplasmas der jungen bläschenförmigen Schleimzellen werden zahlreiche Altmannsche Plasmaelemente gefunden. Dieselben nehmen während der Sekretbildung an Zahl allmählich ab. In älteren Zellen mit zentral gelegenem Kernrest sind keine mehr übrig. Am längsten erhalten sie sich an der Oberfläche der Sekretvakuole und an der von dieser abgekehrten Seite des Kerns, zwischen letzterem und der ektoplasmatischen Hülle. Ihre Rolle bei der Sekretbildung ist schwer sicher festzustellen. Aus den homogenen Fäden der jungen Zellen gehen durch Segmentierung Körnchen hervor. Im Anschluss an diese, welche an Grösse etwas zunehmen, entstehen die ersten Sekretvakuolen. Gleichzeitig werden die Granula selbst aufgelöst.

6. Die Sinneszellen der Epidermis sind lange, keulenförmige Zellen. Ihr angeschwollener Teil, der den Kern einschliesst, liegt zwischen den Zellen der mittleren oder der noch etwas tieferen Lagen der Epidermis. Nach unten endet er entweder gleichmässig abgerundet oder trägt einen kleinen Ausläufer. Nach oben geht er in einen langen Fortsatz über, der gegen die Oberfläche der Haut verläuft und an seinem freien Ende mit feinen starren Haaren besetzt ist.

Die Sinneszellen sind teils in Sinnesknospen und Sinneshögen gesammelt, die besonders in der Epidermis der Nasen- und Mundfühler in grosser Zahl vorkommen, teils treten sie auch vereinzelt in der Epidermis der Körperhaut auf. Sie stellen sekundäre Sinneszellen dar, die von Nervenfasern, die aus dem Corium in die Epidermis eindringen, umspinnen werden.

Auch das Protoplasma der Sinneszellen zeigt eine Sonderung in zwei Schichten, jedoch ohne Kapselbildung. Innerhalb des Endoplasmas verlaufen zahlreiche zueinander und zur Hauptachse der Zelle parallele Neurofibrillen. Diese gehen nach oben in die Sinneshaare über, nach unten umgeben sie den Kern korb-förmig. Neben den Neurofibrillen enthält das Endoplasma sowohl Altmannsche Plasmaelemente wie zahlreiche lipoide Granula.

Auch die Sinneszellen entwickeln sich aus den indifferenten Bildungszellen der Epidermis. Die Neurofibrillen nehmen aus Altmannschen Fäden ihren Ursprung. Die lipoiden Granula der Sinneszellen gehen, wie die entsprechenden Granula der Bildungszellen und kleinen Schleimzellen, aus der Umbildung Altmannscher Granula hervor. Sie stellen in den Sinneszellen wahrscheinlich ein Nährmaterial dar.

7. Unsere Ergebnisse über das Vorkommen und die Umwandlung der Altmannschen Plasmaelemente in den verschiedenen Zellenformen der Epidermis von *Myxine* bestätigen in vollem Maße die von Altmann zuerst ausgesprochene und begründete Meinung, dass die fuchsinophilen Fäden und Granula universell vorkommende Plasmastrukturen sind, die bei den verschiedenen konstruktiven Prozessen innerhalb der Zellen eine massgebende Rolle spielen. Unsere Untersuchungen über die Bildung der Nährgranula der Testisfollikelzellen, über die Entstehung der Fettgranula in den Fettzellen des subkutanen Gewebes, über die Bildung der Pigmentkörnchen der Chromatophoren des Coriums und die Entstehung der kollagenen Fibrillen der Bindegewebszellen der Myxinehaut liefern weitere Beweise für die Richtigkeit dieser Auffassung.

Der von Meves für die Altmannschen Fäden und Granula in Vorschlag gebrachte Name: „Plastosomen“ oder formative Plasmaelemente, könnte somit recht zutreffend erscheinen. Man darf indessen nicht vergessen, dass wir vorläufig keine Übersicht darüber haben, inwieweit die Bedeutung der Altmannschen Plasmaelemente durch diese Bezeichnung erschöpft ist, oder ob ihnen nicht vielleicht noch andere wichtige Aufgaben im Leben der Zellen obliegen können. Aus diesem Grunde scheint mir der alte, nichts präsumierende Name „Plasmosomen“, der jetzt von Held als Bezeichnung der Altmannschen Plasmaelemente eingeführt worden ist, der ersteren Bezeichnung vorzuziehen.

8. Unsere Untersuchungen über die Verbreitung der Plasmosomen innerhalb ruhender Zellen und über ihr Verhalten während der Zellteilung beweisen, dass diese Elemente sowohl von den Netzbalken und Fadenstrukturen, welche nach gewöhnlicher Fixierung der Gewebe innerhalb des Protoplasmas beobachtet werden, wie von den Faserbildungen sich teilender Zellen unabhängige Bildungen sind.

9. Über die Neubildung der Plasmosomen, zurzeit das schwierigste Problem, welches sich an die Erforschung dieser Zellteile knüpft, haben unsere Untersuchungen ergeben, dass in den merocrinen Drüsenzellen der Epidermis, den kleinen Schleimzellen, höchstwahrscheinlich ein selbständiges Wachstum und eine damit verbundene Vermehrung der Plasmosomen stattfindet. Untersuchungen über das Verhalten der Plasmosomen in den Eizellen von *Myxine* haben zu demselben Resultat geführt. Für eine ähnliche Vermehrung der Plasmosomen innerhalb der übrigen Zellen der Epidermis haben sich keine sicheren Anhaltspunkte erbringen lassen. Es konnte aber nachgewiesen werden, dass sowohl in den Bildungszellen wie in den Drüsenzellen der Epidermis eine Abgabe fuchsinophiler Substanz seitens des Kerns an das Plasma stattfindet. Diese Abgabe erfolgt sowohl von den Nukleolen der Kerne wie von ihren Netzknoten. Die ins Plasma übergetretene Kernsubstanz stimmt in ihrem färberischen Verhalten mit den Plasmosomen völlig überein und liefert sehr wahrscheinlich ein Bildungsmaterial für neue Plasmosomen.

---

#### Literaturverzeichnis zu Kapitel 4 B 3 und C.

- Altmann, R., 1890: Die Elementarorganismen und ihre Beziehungen zu den Zellen. I. Aufl., Leipzig 1890, II. Aufl. 1894.
- Cameron, J., 1907: The histogenesis of nervefibres. A cytological study of the embryonic cell-nucleus. *Journ. of Anat. and Physiol.*, Vol. 41.
- Cowdry, E. V., 1914, 1: The development of the cytoplasmic constituents of the nerve cells of the chick. *Americ. Journ. of Anat.*, Vol. 15.
- Derselbe, 1914, 2: The comparative distribution of Mitochondria in spinal ganglion cells of vertebrates. *Ibid.*, Vol. 17.
- Duesberg, J., 1912: Plastosomen, „Apparato reticolare interno“ und Chromidialapparat. *Ergebn. d. Anat. u. Entwicklungsgesch.*, Bd. 20, 1912.
- Gerini, C., 1908: Quelques recherches sur les premières phases de développement des neurofibrilles primitives chez l'embryon du poulet. *Anat. Anz.*, Bd. 33.

- Hoven, H., 1910: Sur l'histogenèse du système nerveux périphérique chez le poulet et sur le rôle des chondriosomes dans la neurofibrillation. Arch. de Biologie, T. 25.
- Derselbe, 1912: Contribution à l'étude du fonctionnement des cellules glandulaires. Du rôle du chondriome dans la sécrétion. Arch. f. Zellforschung, Bd. 8.
- Langerhans, P., 1876: Untersuchungen über Petromyzon Planeri. Berichte über die Verhandl. d. Naturforsch. Ges. zu Freiburg i. Br., Bd. 6.
- Maurer, Fr., 1895: Die Epidermis und ihre Abkömmlinge. Leipzig.
- Meves, Fr., 1908: Die Chondriosomen als Träger erblicher Anlagen. Cytologische Studien am Hühnerembryo. Arch. f. mikr. Anat., Bd. 72.
- Retzius, G., 1892 1: Die sensiblen Nervenendigungen in der Haut des Petromyzon. Biolog. Untersuch. Neue Folge, Bd. 3.
- Derselbe, 1892, 2: Über die sensiblen Nervenendigungen in den Epithelien bei den Wirbeltieren. Ibid., Bd. 4.
- Derselbe, 1905: Über den Bau der Haut von Myxine glutinosa. Ibid., Bd. 12.
- Schreiner, A. und K. E., 1905: Über die Entwicklung der männlichen Geschlechtszellen von Myxine glutinosa (L.). Arch. de Biol., T. 21.
- Schreiner, K. E., 1915: Über Kern- und Plasmaveränderungen in Fettzellen während des Fettansatzes. Anat. Anz., Bd. 48.
- Derselbe, 1916: Zur Kenntnis der Zellgranula. Untersuchungen über den feineren Bau der Haut von Myxine glutinosa. Erster Teil, erste Hälfte. Arch. f. mikr. Anat., Bd. 89.
- Studnička, F. K., 1913: Epidermoidale Sinneszellen bei jungen Ammonoeten. Anat. Anz., Bd. 44.
- Swindle, G., 1915: On the genetic relation of neurofibrillae to chromatin. Zool. Jahrb., Abt. f. Anat. u. Ontog. d. Tiere, Bd. 39.

### Erklärung der Abbildungen auf Tafel I—III.

Sämtliche Abbildungen sind von der Zeichnerin des Anatom. Instituts, Frä. S. Mörch, ausgeführt.

Die Figuren 125—128 und Fig. 138 sind mit Zeiss' Apochromat 2 mm und Kompensationsok. 6, Vergröss. 700, alle anderen Figuren mit Apochromat 1,5 mm und Kompensationsok. 8, Vergröss. 1625, gezeichnet. Bei der Reproduktion sind die Originale auf  $\frac{3}{4}$  verkleinert.

Fig. 93—124. Kleine Schleimzellen.

Fig. 93—95. Zellen aus den beiden oberflächlichen Lagen der Epidermis.

Junges Tier. Fixierung mit Flemmings Flüssigkeit, Färbung mit Delafields Hämatoxylin, Safranin, Pikrinsäure nach Stöhr.

Fig. 94. Sekretleere zylindrische Oberflächenzellen und sekretgefüllte kolbenförmige Zellen.

Fig. 95. Zylindrische Oberflächenzellen in verschiedener Sekretfüllung. An der Oberfläche der Haut eine Sekretschicht gelegen. Dasselbe auch in Fig. 93 der Fall.

- Fig. 96. Zwei sekretarme zylindrische Oberflächenzellen, zwischen ihnen eine sekretgefüllte kolbenförmige Zelle. Zenkers Flüssigkeit, Heidenhains Hämatoxylin.
- Fig. 97. Schnitt parallel zur Hautoberfläche durch die Porensäume einiger Oberflächenzellen. Fixierung nach Altmann-Metzner. Färbung mit Säurefuchsin-Pikrinsäure nach Altmann.
- Fig. 98. Aus einem senkrechten Schnitt durch die Epidermis eines 17 cm langen Tieres, die Sekretbildung in den kleinen Schleimzellen zeigend. Fixierung nach Flemming-Benda, Färbung nach Altmann-Kull.
- Fig. 99. Junge Schleimzelle aus den tieferen Epidermisschichten mit fuchsinophilen Plasmaelementen und jungen Sekretgranula. Fixierung und Färbung wie Fig. 98.
- Fig. 100. Eigentümliche V- und Y-förmige Plasmaelemente, wahrscheinlich durch Verklebung zweier Plasmafäden entstanden, aus jungen Schleimzellen. Fixierung und Färbung wie Fig. 98.
- Fig. 101. Entwicklungsstadien der fuchsinophilen Sekretgranula, aus verschiedenen kleinen Schleimzellen gezeichnet. Fixierung und Färbung wie Fig. 98.
- Fig. 102. Oberer Teil einer kleinen Schleimzelle mit hakenförmigem Sekretgranulum. Fixierung und Färbung wie Fig. 98.
- Fig. 103—106. Entwicklungsstadien der kolbenförmigen Schleimzellen. Bildung der Sekretgranula und des fertigen Sekrets. Wie die folgenden Figuren 107—113 nach Präparaten, die in Champys Flüssigkeit fixiert und mit Säurefuchsin-Thionin-Aurantia gefärbt sind.
- Fig. 107. Drei „Mischgranula“ aus kolbenförmigen Schleimzellen, je aus einem fuchsinophilen und einem lipoiden Teil bestehend.
- Fig. 108. Weitere Veränderungen der „Mischgranula“.
- Fig. 109—110. Aus einem parallel zur Oberfläche der Haut geführten Schnitt durch das Endoplasma einer Reihe kolbenförmiger Schleimzellen, die Bildung des Sekrets aus den „Mischgranula“ zeigend.
- Fig. 111—112. Sekretleere zylindrische Oberflächenzellen mit fuchsinophilen Plasmaelementen und Sekretgranula.
- Fig. 112. Tangentialschnitt einer Zelle.
- Fig. 113. Zylindrische Oberflächenzelle mit grösseren Sekretgranula.
- Fig. 114—122. Zylindrische Oberflächenzellen, aus Präparaten, die mit Kaliumbichromat-Formalin-Osmiumsäure fixiert und mit Säurefuchsin-Thionin-Aurantia gefärbt sind.
- Fig. 114—117. Vier aufeinander folgende Stadien des physiologischen Hinfalls der zylindrischen Oberflächenzellen.
- Fig. 118. Sekretgefüllte Oberflächenzelle. Innerhalb des Sekrets liegen junge fuchsinophile Sekretgranula und eine Anzahl fuchsinophiler Plasmaelemente. Unter den letzteren finden sich mehrere grössere Einzelgranula (Wachstumsstadien?).
- Fig. 119. Drei zylindrische Oberflächenzellen. Die mittlere im Begriff, das Sekret zu entleeren, die beiden anderen sekretleer. Die rechte Zelle tangential getroffen. In der mittleren Zelle die Zentriolen

- sichtbar. Unterhalb derselben eine Anzahl fuchsinophiler Plasmaelemente sowie, dem Kerne angeschlossen, mehrere Sekretgranula.
- Fig. 120. Zylindrische Oberflächenzelle im letzten Stadium der Sekretentleerung.
- Fig. 121–122. Sekretleere Oberflächenzellen.
- Fig. 121. Unmittelbar nach der Entleerung des Sekrets. Kanälchen des Porensaums enger, deutlicher hervortretend als während der Sekretentleerung (vgl. Fig. 120). Unter den fuchsinophilen Plasmaelementen relativ zahlreiche Einzelgranula, ähnlich wie in der in Fig. 120 wiedergegebenen Zelle.
- Fig. 122. Etwas späteres Stadium. Zahlreiche fuchsinophile Plasmafäden und Körnerketten. Jüngere und ältere Entwicklungsstadien von fuchsinophilen und lipoiden Sekretgranula.
- Fig. 123. Kern einer sekretleeren zylindrischen Oberflächenzelle. Fixierung in Champys Flüssigkeit und Färbung mit Säurefuchsin-Thionin-Aurantia. Ausserhalb der Kernmembran fuchsinophile Granula, von denen einige durch feine Substanzbrücken mit Netzknoten des Kerns vereinigt sind.
- Fig. 124. Kolbenförmige Schleimzelle in Teilung. Prophasestadium. Die Plasmaelemente haben sämtlich Granulaform. Fuchsinophile und lipide Sekretgranula.
- Fig. 125–138. Sinneszellen der Epidermis.
- Fig. 125. Senkrechter Schnitt durch Sinnesknospe eines Nasenfühlers. Flemmings Flüssigkeit. Heidenhains Hämatoxylin.
- Fig. 126. Senkrechter Schnitt durch Sinnesknospe eines Nasenfühlers. Hermanns Flüssigkeit. Heidenhains Hämatoxylin.
- Fig. 127. Senkrechter Schnitt durch Sinneshügel der Körperhaut. Fixierung in Kaliumbichromat-Formalin nach Regaud. Färbung mit Säurefuchsin-Pikrinsäure nach Altmann.
- Fig. 128. Isolierte Sinneszelle in der Körperhaut. Fixierung und Färbung wie Fig. 127.
- Fig. 129–131. Drei Entwicklungsstadien von Sinneszellen aus Sinneshügeln der Körperhaut. Bildung der Neurofibrillen aus den fuchsinophilen Plasmafäden. Fixierung in Champys Flüssigkeit, Färbung mit Säurefuchsin-Thionin-Aurantia.
- Fig. 132–133. Sinneszellen aus Sinneshügeln der Körperhaut. Die peripheren Fortsätze der Zellen in ihrem oberen Teil tangential getroffen. Fixierung und Färbung wie Fig. 129–131.
- Fig. 134. Junge Sinneszelle aus Sinnesknospe eines Nasenfühlers. Körnerförmige Plasmaelemente und Neurofibrillenanlagen. Fixierung und Färbung wie Fig. 129–133.
- Fig. 135. Zwei Sinneszellen aus der Sinnesknospe eines Nasenfühlers. Neurofibrillen und Sinneshaare vom Säurefuchsin gefärbt. Von der rechten Zelle sind nur der lange periphere und kurze basale Fortsatz, nicht aber der angeschwollene Teil des Zellkörpers, der den Kern enthält, vom Schnitte getroffen. Die peripheren Fortsätze der

beiden Zellen gewunden. Fixierung in Kaliumbichromat-Formalin nach Kopsch. Färbung mit Säurefuchsin-Thionin-Aurantia.

- Fig. 136—137.** Zwei junge Sinneszellen aus der Sinnesknospe eines Nasenfühlers. Fixierung und Färbung wie Fig. 135.
- Fig. 137.** Ausserhalb der Kernmembran rechts unten ein fuchsinophiles Granulum, das mit dem Nukleolus durch ein feines Fädchen im Zusammenhang steht. Der periphere Fortsatz der Zelle gebogen, das Endoplasma deswegen von einer Ektoplasmaabrücke in zwei Partien geteilt.
- Fig. 138.** Zwei Sinneszellen aus Sinnesbügel der Körperhaut. Fixierung in Zenkers Flüssigkeit, Färbung mit Delafields Hämatoxylin-Eosin.
- Fig. 139—144.** Follikelzellen des Hodens von Myxine. Champys Flüssigkeit. Säurefuchsin-Thionin-Aurantia.
- Fig. 139.** Aus einem Tangentialschnitt durch die Wand eines Hodenfollikels. Rechts sechs Follikelzellen mit Nährgranula und fuchsinophilen Plasmaelementen, links drei Metaphasen der I. Reifungsteilung der Spermatozyten.
- Fig. 140.** Bildung fuchsinophiler Granula durch Segmentierung homogener Plasmafäden. Aus zwei Zellen gezeichnet.
- Fig. 141.** Bildung der lipoiden Substanz innerhalb kleiner fuchsinophiler Granula. Aus einer Zelle.
- Fig. 142—143.** Derselbe Prozess innerhalb grösserer Granula. Aus mehreren Zellen gezeichnet.
- Fig. 144.** Zusammenfliessen mehrerer lipoiden Granula zu grösseren Nährgranula.



