Ueber die Entwicklung und den Bau des elastischen Gewebes im Netzknorpel.

Von
Dr. **Oscar Hertwig.**

Hierzu Taf. VII.

Im Folgenden gedenke ich Untersuchungen mitzutheilen, welche ich im Laufe dieses Sommers auf dem anatomischen Institute zu Bonn über die Entwicklung des elastischen Gewebes angestellt habe. Die Literatur ist nicht reich an Untersuchungen über diesen Gegenstand, und eine systematisch durchgeführte Reihe von Beobachtungen an Embryonen über das erste Auftreten des elastischen Gewebes namentlich über das Verhältniss der Fasern zu den embryonalen Zellen fehlt gänzlich. Auch die neueste Arbeit über die Entwicklung der Binde-substanzen von Dr. F. Boll¹⁾ thut des elastischen Gewebes keine Erwähnung. Ich ergriff demnach mit Freuden die Gelegenheit, im Anschluss an eine von Prof. M. Schultze mir mitgetheilte Reihe von Beobachtungen die Entwicklung des elastischen Gewebes genauer zu verfolgen, und wählte dazu zunächst den Netzknorpel, welcher mir eines der günstigsten Objecte zu sein schien, weil man durch Anfertigung feiner Schnitte in der Lage ist, Zellen, Grundsubstanz und Fasern in ihrer räumlichen Anordnung genau zu untersuchen.

Bisher hat man zur Entscheidung der Frage nach der Entstehungsart der elastischen Fasern sich fast ausschliesslich an das ligamentum nuchae von Rinds- oder Schweineembryonen gehalten. Unter allen Theorien, die auf derartig angestellte Untersuchungen begründet wurden, hat wohl nur eine sich allgemeinerer Anerkennung zu erfreuen gehabt. Dieselbe ist zuerst von Heinrich Müller²⁾ ausgesprochen, später von Henle³⁾, Reichert⁴⁾, Kölliker⁵⁾,

1) Archiv f. mikrosk. Anat. Bd. VIII. 1.

2) Bau der Molen. Würzburger Verhandl. Bd. 10, S. 132.

3) Canstatt's Jahresbericht für 1851, S. 29.

4) Reichert: Müller's Archiv, Jahresbericht für 1852, S. 95.

5) Kölliker: Würzburger naturw. Zeitschrift Bd. II, S. 147.

Leydig¹⁾ und Frey²⁾ u. A. angenommen worden. Ihr zufolge findet die Bildung elastischer Fasern in der Intercellularsubstanz statt. „Diese soll sich im foetalen Bindegewebe bei weiterer histologischer Entwicklung stellenweise zu Fasern verdichten, während ein anderer Theil sich nicht daran betheiligt“³⁾. Als Beweis beruft sich Reichert auch mit auf die Entwicklung des elastischen Ohrknorpels, ohne indess Genaueres darüber anzugeben. Dieser Ansicht schliesst sich Leydig in seinem Lehrbuch § 27 an. Nach ihm „besteht ein allgemeiner wichtiger Charakter des gewöhnlichen Bindegewebes darin, dass die Intercellularmasse eine eigenthümliche Härtung und Verdichtung erfahren kann entweder bloss an den Grenzschichten (Bildung der membranæ propriae) oder auch wohl in Streifen mitten durch das Gewebe: Bildung der elastischen Fasern und Platten.“ In ähnlichem Sinne spricht sich Kölliker in der neuesten Auflage seines Handbuches der Gewebelehre aus⁴⁾. „Mit Bezug auf die Entwicklung kann es jetzt als ausgemacht angesehen werden, dass die elastischen Fasern aller Art weder aus Kernen noch aus Zellen hervorgehen, sondern einfach durch eine besondere Umwandlung der Grundsubstanz bindegewebiger Anlage sich bilden, durch eine Umsetzung leimgebender Substanz.“ Er lässt es dahin gestellt, ob gleich feine elastische Fasern auftreten oder ob auch eine Bildung derselben durch Aneinanderlagerung von kleinen Stückchen vorkommt. Ueber die Entwicklung des Netzkorpels liegt eine Arbeit von Rabl Rückhard⁵⁾ vor, in welcher sich derselbe in seinem Resumé ebenfalls für die oben angeführte Entstehungsweise ausspricht.

Die Untersuchungen, die ich vorläufig mitzutheilen gedenke, wurden zum Theil an menschlichen Embryonen vorgenommen, deren mir eine fortlaufende Entwicklungsreihe zu Gebote stand. Dem Uebelstand, dass die Conservirung der menschlichen Embryonen in Spiritus für genauere histologische Untersuchung Manches zu wünschen übrig liess, half ich dadurch ab, dass ich ausserdem den Netzknorpel einiger Thierfoetus, wie ich sie mir gerade frisch verschaffen

1) Lehrbuch der Histologie der Thiere und des Menschen § 27.

2) Lehrbuch der Histologie u. Histochemie S. 187.

3) Reichert l. cit.

4) Kölliker: Handbuch der Gewebelehre S. 71.

5) Müller's Archiv 1863, S. 41.

konnte, sowohl in Jodserum, als auch nach vorausgegangener Erhärtung in Müller'scher Flüssigkeit oder Einlegen in Ueberosmiumsäure untersuchte.

Unter den angewandten Reagentien verdient die Ueberosmiumsäure eine besondere Empfehlung wegen ihres auffälligen Verhaltens der elastischen Substanz gegenüber. Diese färbt sich unter ihrer Einwirkung stark gelbbraun, so dass nach einer ein- bis zweistündigen Behandlung mit einer 1 % Lösung die gefärbten Fasern sich deutlich von der ungefärbten Zwischensubstanz abheben. Auch das in Wasser lösliche Anilinblau färbt, wie mein Freund Ewald beobachtet und mir mitgeteilt hat, besonders stark die elastischen Netze des Ohrknorpels. Durch Anwendung dieses Reagens kann man nach seiner Angabe Präparate mit Doppelfärbung herstellen. Man tingirt Schnitte in Carminlösung, fällt in angesäuertem Wasser das imbibirte Carmin und legt dann die Schnitte längere Zeit in eine höchst verdünnte Anilinblaulösung. Die Zellen färben sich bei dieser Behandlung roth, die elastischen Netze blau; die Grundsubstanz bleibt ungefärbt. Einen sichern Entscheid, ob Fasern für elastische zu erklären sind und ob in einem Präparate überhaupt elastische Substanz zugegen ist, erhält man durch Behandlung eines Schnittes mit Kali- oder Natronlauge. Am besten stellt man die Reaction unter dem Mikroskop der Art an, dass man eine starke Lösung dem unter dem Deckgläschen liegenden Präparate zusetzt, dann nach einiger Zeit vom Rande durch Zusatz von Wasser verdünnt und gleichzeitig von der andern Seite her mit einem Stückchen Löschpapier die Natronlauge haltige Flüssigkeit zum Theil entfernt. Das Präparat quillt, die Zellen erblassen und es bleiben allein die elastischen Fasern unverändert übrig. Setzt man jetzt vom Rande noch mehr Wasser zu, welches die Natronlauge ganz entfernt oder anstatt dessen etwas Kali aceticum, so schrumpft das Präparat und auch die Zellen treten in ihren Contouren wieder hervor. An demselben Objecte kann man in der Weise verschiedene Male nach einander die Grundsubstanz zum Quellen und nebst Zellen zum Verschwinden und darauf wieder zum Schrumpfen bringen.

Um von der ersten Entwicklung des elastischen Gewebes im Ohrknorpel brauchbare Präparate zu erhalten, ist die Anfertigung äusserst dünner Schnitte unbedingt nothwendig, da man bei nur mässig feinen Bildern erhält, in denen die Uebereinanderlagerung mehrerer Zellenschichten das Verhältniss der elastischen Fasern zu den Zellen unkenntlich

macht. Am besten gewinnt man feine Schnitte durch Einkleben des von der Haut befreiten Knorpels zwischen erhärtete Leberstückchen mittelst des von Rindfleisch empfohlenen Gummiglycerins¹⁾. Es hat dies Verfahren den Zweck, kleine Objecte zwischen die Leberstückchen so zu befestigen, dass sie beim Schneiden weder der Messerklinge ausweichen, noch durch einen stärkeren Druck der Finger auf die Einschlussmasse über die Schnittfläche hervorgepresst werden können.

Die Frage, welche ich mir in erster Linie zur Entscheidung vorlegte, ist die nach dem Verhältniss der entstehenden elastischen Fasern zu den Zellen des embryonalen Knorpels. Dass dem Netzknorpel ein Stadium vorausgeht, in welchem derselbe nur aus Zellen ohne nachweisbare Menge von Membran-Extra- oder Intercellularsubstanz besteht, lässt sich nach Analogie aller anderen Gewebe mit Sicherheit erwarten und ist auch von Rabl Rückhard speciell beschrieben. Wie nun aber und wann, vor allen Dingen in welchem Verhältniss zu dem Protoplasma der Zellen die ersten elastischen Fasern auftreten, das ist meiner Ansicht nach nicht mit genügender Schärfe beobachtet; in dieser Rücksicht lassen uns auch die sonst genauen Angaben von Rabl Rückhard im Stich.

Um bei menschlichen Embryonen auf das Stadium zu kommen, auf welchem die erste Differenzirung eines knorpelartigen Gewebes im Innern des äusseren Ohres zu beobachten ist, muss man recht weit zurückgehen. Es sind Embryonen von ungefähr 15 Ctm. Länge, bei denen ich zuerst inmitten eines embryonalen Bindegewebes gelegen, eine dünne Platte embryonalen Knorpels vorfand, welche sich gegen die Umgebung ziemlich scharf absetzt und von einem dichteren Zug gewellter Bindegewebsfasern, der Anlage des Perichondrium, umschlossen ist. Die Zellen sind angeordnet wie im embryonalen Zellenknorpel und durch die ersten Andeutungen einer homogenen Zwischensubstanz von einander geschieden²⁾. Da sie an dem Spirituspräparate geschrumpft waren, füllten sie ihre Höhlen nicht ganz aus. Dagegen hatte ich Gelegenheit, an einem Rinds-embryo, wo die elastischen Fasern eben angelegt waren, die Zellen frisch in Jodserum zu untersuchen. Dieselben enthalten hier einen relativ grossen Kern, ihr Protoplasma füllt die Höhle in der Grund-

1) Rindfleisch: Lehrb. d. pathol. Gewebel. S. 309. Anm. 2) Fig. 1.

substanz vollständig aus. Sie sind alle um sehr Vieles kleiner, als im alten Knorpel; nach dem Perichondrium zu nehmen sie an Grösse bedeutend ab, besitzen in diesem selbst den geringsten Umfang und liegen dichter aneinander gedrängt. Dabei verändern sie zugleich ihre Gestalt, werden sehr schmal und plattgedrückt.

Rabl Rückhard beobachtete die ersten Spuren elastischer Fasern an dem Ohrknorpel eines fünfmonatlichen menschlichen Embryos. Er beschreibt sie als äusserst zart, meist einfach, ohne deutliche Verzweigungen, dabei sehr zahlreich und dicht aneinander liegend, so jedoch, dass immer eine bestimmte Richtung ihres Verlaufes senkrecht auf die Fläche der Ohrmuschel vorwiegt. „In der Mitte des Gewebes sind diese Faserzüge am dicksten und dichtesten, während sie nach den Oberflächen des Knorpels sich verzüngen, spärlicher werden und endlich, ohne Anastomosen zu bilden, ganz frei endigen. Die Zellen sind wenig von denen der früheren Stadien abweichend, die Intercellularsubstanz hat zugenommen und ist, die Fasern abgerechnet, völlig klar und hyalin.“ Wie es scheint, ist das Stadium, an dem ich das erste Auftreten der elastischen Fasern beobachtete, ein noch etwas jüngerer, als das von Rabl Rückhard beschriebene. Ich schliesse dies daraus, dass in dem Ohrknorpel des mir zur Untersuchung dienenden menschlichen Embryos von 18 Centim. Länge, dessen Beschreibung ich im Folgenden geben werde, die Faserbildung erst an einzelnen Stellen begonnen hatte¹⁾. An dünnen Schnitten fällt es sogleich auf, dass die Zellen reihenförmig angeordnet sind und in Gruppen beisammen liegen, oft mehrere in einer gemeinsamen Höhle. Dabei sind die Reihen so gerichtet, dass sie eine senkrecht von Perichondrium zu Perichondrium gezogene Linie mehr oder minder einhalten, in welcher Richtung ein lebhafterer Theilungsprocess in den Knorpelzellen stattzufinden scheint. Einzelnen Zellenreihen findet man nun feine Fasern unmittelbar dicht angelagert. Da dieselben eine ausserordentliche Feinheit besitzen und von dem Zellprotoplasma, dem sie dicht anliegen, leicht verdeckt werden, können sie dem Beobachter zumal bei Benutzung schwächerer Systeme entgehen. Die vollkommen glatten glänzenden Fasern geben keine seitlichen Aeste ab. Dass man es hier wirklich mit der ersten Bildung elastischer Substanz zu thun hat, darüber kann man sich durch Anwendung der

1) Fig. 2.

Natronlauge in der oben beschriebenen Weise vollkommene Sicherheit verschaffen.

Bei einem wenig älteren menschlichen Embryo von 22 Centim. Länge fand ich die elastischen Fasern schon reichlicher entwickelt¹⁾ und von solcher Stärke, dass sie nicht mehr zu übersehen sind. Sie liegen gedrängt neben einander dicht oberhalb, unterhalb und seitlich von den Zellen. Die meisten verlaufen unter sich parallel auf dem kürzesten Wege quer von Perichondrium zu Perichondrium und enden, allmählig feiner werdend, zwischen den Zellen des letzteren.

Das hier vom Menschen an Spirituspräparaten beobachtete Stadium, welches zur Beantwortung der im Thema aufgeworfenen Frage mit als das wichtigste bezeichnet werden muss, fand ich Gelegenheit, auch an verschiedenen frisch erhaltenen Thierembryonen genauer zu untersuchen, und ziehe ich es vor, die eingehendere Beschreibung nach den besser conservirten Präparaten zu geben. Als ein zum Studium dieser Verhältnisse recht geeignetes und gleichzeitig leicht zu erlangendes Object kann ich den Ohrknorpel frisch geworfener Kaninchen empfehlen. Die Schilderung gebe ich nach einem Osmiumpräparate, da bei der Anwendung dieses Reagens die Zellen, wie bekannt, ihre ursprüngliche Form beibehalten und so gut wie gar nicht schrumpfen. Beim jungen Kaninchen²⁾ ist die Zwischensubstanz im Ohrknorpel verschwindend gering entwickelt. Die Zellen liegen so dicht gedrängt aneinander, dass sie sich gegenseitig eckig drücken. Sehr deutlich konnte ich an diesem Präparate sehen, wie die elastischen Fasern, deren Verlauf dem schon früher beschriebenen entspricht, dem Protoplasma der Zellen ganz unmittelbar anliegen und wie sie jeder Einbiegung und Hervorragung derselben folgen. Desgleichen sah ich Zellen, die langgestreckt, spindelartig eine Faser eine Strecke weit begleiteten³⁾. Noch mehr Sicherheit über die so innige Aneinanderlagerung von Zelle und Faser erhielt ich durch Zerzupfen feiner Schnitte. Wenn man auch dadurch das Präparat nicht vollständig zerfasern kann, so sieht man doch an den Rissenden elastische Fädchen frei hervorragen, denen hier und da noch Zellen, in charakteristischer Weise innig mit ihnen verbunden, ankleben.

Ferner untersuchte ich noch einen Rindsembryo von 32 Centim. Länge, der auf einer etwas weiteren Stufe der Entwicklung stand⁴⁾.

1) Fig. 3. 2) Fig. 4. 3) Fig. 4 a, 5 a, 3 a. 4) Fig. 5

Die Zwischensubstanz ist reichlicher. Die elastischen Fasern beginnen seitliche Aeste zu treiben. Ein Theil dieser Aeste verlässt den Stamm unter spitzem Winkel, um mit leichter Biegung ihm parallel zu verlaufen. Ein anderer Theil wächst senkrecht aus ihm heraus und vereinigt sich mit Fasern, die dem Hauptstamm parallel ziehen. Es verdient besonders hervorgehoben zu werden, dass Zellen sowohl jeder neuen Querfaser anliegen, als auch in den durch die Verästelung entstandenen Winkeln sich vorfinden. Entspringen nun mehrere Fasern von einer Stelle, so wird die im Winkel eingebettete Zelle von denselben wie von einem Korb umschlossen ¹⁾. Die Endigungsweise der elastischen Fasern ist hier besonders deutlich zu erkennen. In der Nähe des Perichondriums krümmen sie sich etwas bogenförmig um und endigen, einer der hier gedrängt liegenden Zellen dicht angeschmiegt, zu einer feinen Spitze ausgezogen ²⁾.

Diese an Querschnitten gewonnene Auffassung der räumlichen Anordnung von Fasern und Zellen wird durch Betrachtung von Flächenschnitten wesentlich vervollständigt. Der Knorpeloberfläche parallel gerichtete Schnitte kann man leicht anfertigen, wenn man ein von anliegendem Gewebe befreites Stück Ohrknorpel, welches papierdünn ist, auf ein erhärtetes Leberstückchen mit einem Tropfen Gummiglycerin aufklebt und in Brennspirituss erhärtet, was mehrere Stunden Zeit in Anspruch nimmt. Zur Erhärtung soll man absoluten Alkohol nicht anwenden, da durch die zu rasche Einwirkung der Gummi hart und spröde wird und hierdurch beim Schneiden ein Hinderniss abgibt. Da die elastischen Fasern alle quer durchschnitten werden, so erscheinen sie an recht dünnen Schnitten nur als glänzende Punkte. Ein Flächenbild von dem Ohrknorpel des neugeborenen Kaninchens bestätigt uns in vollem Maasse das, was schon früher über die räumliche Vertheilung der Fasern aus Querschnitten geschlossen werden konnte. Es zeigt sich nämlich, dass fast jede einzelne Zelle von einem Kranze quer durchschnittener Fasern umgeben ist ³⁾. Beide liegen so ungemein dicht bei einander, dass man an den meisten Stellen eine Zwischensubstanz nicht zu sehen bekommt. Dann und wann bemerkt man auch, dass zwei oder vier Zellen von einem gemeinsamen Faserkranze umgeben werden, während zwischen diesen Zellen nur vereinzelte Querschnitte von elastischen Fäserchen sichtbar sind. Die

1) Fig. 5 d. 2) Fig. 5 e. 3) Fig. 6 f.

Zwischensubstanz, deren extracelluläres Auftreten mit der Bildung der elastischen Fasern Hand in Hand geht, ist hier zwischen den zu einer Gruppe vereinigten Zellen noch wenig oder gar nicht entwickelt. Dies Bild findet offenbar darin seine Erklärung, dass aus einer Zelle durch Theilung mehrere entstanden sind, zwischen denen nun Zwischensubstanz und einzelne neue Fasern gleichzeitig angelegt wurden.

Flächenschnitte durch den Ohrknorpel des oben erwähnten 32 Centim. langen Rindsembryo zeigen ein durchaus ähnliches Bild; nur ist die Zahl der querdurchschnittenen Fasern eine noch bedeutendere als beim Kaninchen, indem zwischen den einander zugekehrten Flächen je zweier Zellen meist nicht wie oben nur eine, sondern zwei Reihen glänzender Pünctchen angetroffen werden.

Ich reihe hieran gleich die Beobachtungen, die ich über die Weiterbildung der Fasern zu Netzen und über den Bau derselben im reifen Ohrknorpel angestellt habe.

Bei verschiedenen Thierarten zeigt der Netzkorpel, wie schon in der Arbeit von Rabl Rückhard hervorgehoben wird, ein ungemein abweichendes Verhalten. Bald ist die elastische Substanz sehr gering, bald wieder sehr mächtig entwickelt, bald besteht sie fast nur aus Fasern, die sich wenig verzweigen und durch spärliche Queräste mit einander in Verbindung stehen, in einigen Ohrknorpeln sehr fein bleiben, in anderen eine bedeutende Stärke erreichen. Bald stellt sie ein im Raum allseitig entwickeltes dichtes Netzwerk dar, indem die Fasern unter reichlicher Verästelung und Anastomosenbildung überall innig zusammenhängen. Dieses Netzwerk ist bald gröber, bald aber auch so fein, dass es den dichtesten im thierischen Körper vorkommenden spongiösen Geweben, wie z. B. dem in der Retina, an die Seite gestellt werden kann und man zu den allerstärksten Vergrößerungen greifen muss, um sich Klarheit über dasselbe zu verschaffen. Endlich kommt es vor, dass die elastische Substanz sich im Netzkorpel stellenweise auch plattenartig ausbreitet, ähnlich den gefensterten Häuten, wie sie in den Arterien allgemein vorgefunden werden.

Bei dieser grossen Mannichfaltigkeit, mit der die elastische Substanz bei verschiedenen Thieren auftritt, ist es nicht möglich, an einer Species allein die Weiterentwicklung und den fertigen Bau des Netzkorpels zu schildern, sondern ist es nöthig, um ein einigermaßen getreues Bild von dem formenreichen elastischen Gewebe

im Ohrknorpel zu geben, dass wir verschiedene recht charakteristische Bildungen unserer Schilderung zu Grunde legen und sie gleichsam als Typen aufstellen.

Ich beginne mit derjenigen Form des Netzkorpels, in welcher die elastische Substanz am geringsten zur Entwicklung gekommen ist, und werde mit den Fällen schliessen, wo sie am reichlichsten vorhanden, das allerfeinste spongiöse Maschenwerk bildet. In dieser Weise glaube ich am meisten den Gang einzuhalten, den die Entwicklung des elastischen Gewebes von einfacheren zu zusammengesetzteren Formen nimmt.

Wie durch die Beobachtungen von Rabl Rückhard bekannt ist, zeichnet sich unter den verschiedenen Ohrknorpeln der Thiere besonders der der Nager durch seine sehr sparsamen elastischen Elemente aus. Ein Querschnitt durch den Ohrknorpel des Kaninchens gewährt folgenden charakteristischen Anblick ¹⁾. In einer reichlichen homogenen knorpeligen Zwischensubstanz liegen ungemein grosse mit dicken Fetttropfen gefüllte ovale Zellen. An dünnen Schnitten fallen die meisten Zellen, die in Ueberosmiumsäure wegen ihres Fettgehaltes sich ganz schwarz färben, aus ihren Höhlungen, und man erblickt dann „ein dem pflanzlichen sehr ähnliches, fast honigwabenartiges Gewebe, in dem dicht aneinander, durch nur schmale Septa hyaliner Grundmasse geschieden, deutliche grubenartige Vertiefungen liegen.“

Die ovalen Zellen sind hauptsächlich so gerichtet, dass ihr längster Durchmesser in eine Linie mit dem Querdurchmesser des Knorpels fällt. In derselben Richtung verlaufen feine elastische Fasern, die um nur Weniges stärker sind, als die aus den ersten Stadien der Knorpelentwicklung beschriebenen ²⁾. Von ihnen gehen feinere Aestchen aus, die entweder zugespitzt enden oder mit andern anastomosiren und die ersten Anfänge eines weitmaschigen Netzwerkes darstellen. ³⁾ Besonders ist jede einzelne Zelle von einem Netze feinsten Fäserchen umgeben, aber so, dass immer eine hellere innere Zone rein knorpeliger Substanz um sie übrig bleibt. Dieses Netzwerk erkennt man besonders an den Stellen, wo durch den Schnitt die obere Zellwand entfernt, die untere erhalten und die Zelle selbst herausgefallen ist ⁴⁾.

Ein Flächenschnitt durch den Ohrknorpel des alten Kaninchens

1) Fig. 7. 2) Fig. 7 H. 3) Fig. 7 h. 4) Fig. 7 i.

ergibt ein Bild, welches, abgesehen von der massigeren Entwicklung der Zwischensubstanz und davon, dass ein besonderer Hof rein hyaliner Substanz jede Zelle umgibt, dem vom Neugeborenen erhaltenen Bilde durchaus ähnlich ist¹⁾. Auch hier erhält man Querschnitte elastischer Fasern, welche in Ringen um die Zellhöhlen gruppiert sind und bald weiter von einander, bald aber auch gedrängt einer an dem andern liegen. Es ist wohl selbstverständlich, dass wir hauptsächlich in ihnen die Querschnitte der am frühesten als Kranz um die Embryonalzellen angelegten Fasern zu erblicken haben.

Den Höfen hyaliner Substanz, welche die einzelnen Zellen umgeben²⁾, schenkt Rabl Rückhard in seiner Arbeit eine besondere Beachtung und sucht er auf verschiedene Arten zu beweisen, dass wir in diesen früher sogenannten Knorpelkapseln nur Trugbilder vor uns hätten. Die äussere Contour des Hofes betrachtet er als die eigentliche Zellcontour. Das Trugbild einer Kapsel kann nach ihm durch verschiedene Umstände hervorgerufen werden.

Wenn durch den Schnitt Zellenhöhlen eröffnet und in den Gruben die Knorpelkörperchen liegen geblieben sind, so sollen zwischen der Wand der Gruben und ihrem geschrumpften Inhalt Lücken entstehen, die als helle Ringe erscheinen. Letztere soll man daher auch nicht sehen, sobald durch Auspinseln die Knorpelkörperchen entfernt worden sind, ferner nicht an uneröffnet gebliebenen und mit ihrem Inhalt prall erfüllten Zellen. Die Ringe, die an feineren Schnitten auftreten, wo eine Höhle zweimal eröffnet und ihr Inhalt herausgefallen ist, erklärt Rabl Rückhard aus dem Umstand, dass von der ganzen Wand des Hohlraums ein Gürtelsegment übrig geblieben ist, das von oben gesehen als Ring erscheinen wird, indem seine beiden Begrenzungslinien, die den beiden Schnittebenen angehören, als concentrische Kreise auf eine Ebene projicirt werden. Es sollen daher gröbere und ganz feine Schnitte diese Ringe nicht zeigen, erstere, weil die Schnitte nicht dicht genug waren, um eine Zelle zweimal zu treffen, letztere, weil bei ihrer grossen Feinheit die Breite des Gürtels auf ein nicht mehr erkennbares Minimum zurückgeführt ist.

Anfänglich hatte diese Ausführung etwas Bestechendes für mich, später aber überzeugte ich mich davon, dass die hyalinen Höfe thatsächlich vorhanden sind und dass die von Rabl Rückhard

1) Fig. 8. 2) Fig. 7 m, 8 m.

gelieferte Beweisführung keine stichhaltige ist. Lässt man auf den Ohrknorpel eines Kaninchens eine 1 % Lösung von Ueberosmiumsäure längere Zeit einwirken, so bräunt sich die Interzellulärmasse ziemlich stark mit Ausnahme der strittigen ringförmigen Zone um die Zellen, welche sich weniger gefärbt hat und in Folge dessen viel schärfer hervortritt. An einem solchen Präparate erkennt man nun ganz deutlich einen hellen Hof sowohl um die Zellenhöhlen, die uneröffnet geblieben und mit der Inhaltsmasse ganz gefüllt sind, als auch um die Gruben, aus welchen der Inhalt sich entleert hat¹⁾. Ferner konnte ich hier an feinen Schnitten auch an den allerdünnsten Stellen noch die hyalinen Ringe um die Zellen wahrnehmen und gleichzeitig feststellen, dass dieselben sowohl an den dickeren, als auch den dünneren Theilen des Schnittes überall eine gleiche Breite zeigten. Hieraus geht schon klar hervor, dass sie nicht durch eine Flächenspiegelung der Seitenwände entstanden sein können. Noch sicherer aber wird dies durch folgenden Umstand bewiesen. An durch Ueberosmiumsäure gebräunten Präparaten fallen abwechselnde bald dunklere, bald hellere Streifen auf, welche ganz regelmässig die Zwischensubstanz durchziehen²⁾. Es sind dies durch die Messerklinge beim Schneiden hervorgerufene Unebenheiten der Oberfläche, die in der gebräunten Substanz ungemein deutlich hervortreten. Bei aufmerksamer Betrachtung dieser Linien sieht man, wie sie continuirlich aus der dunkleren Zwischensubstanz auch in den helleren Hof um die Zellen hineinziehen und so einen unumstösslichen Beweis liefern, dass beide sich in gleicher Ebene befinden.

Abgesehen von diesen durch die Schnittführung hervorgerufenen Linien, lässt an einzelnen Stellen des Präparates der breite Ring um die Zellen eine Zusammensetzung aus abwechselnd helleren und dunkleren Streifen erkennen und zeigt hierin ein gleiches Verhalten, wie die geschichtete Cellulosemembran der Pflanzen³⁾.

Wenn wir die Entwicklung der Interzellulärsubstanz im Netzknorpel des Kaninchens von Anfang bis zu Ende verfolgen, so spricht sich in derselben eine gewisse Periodicität aus, indem ursprünglich die Bildung elastischer Fasern mit der Bildung homogener Zwischenmasse Hand in Hand geht, später ganz aufhört, während letztere allein als hyaliner Ring um die Zelle abgelagert wird. Durch diese Neubildung wird der Kranz elastischer Fasern, der beim

1) Fig. 7 i. 2) Fig. 8 n. 3) Fig. 7 u. 8 p.

neugebornen Kaninchen dem Zellenprotoplasma dicht anlag, von diesem entfernt, eine Lageveränderung, die noch um so bedeutender ist, als der Durchmesser einer reifen Knorpelzelle den einer embryonalen um mehr als das fünffache an Grösse übertrifft. Ziehen wir nun hiermit in Vergleich, wie eng der Kreis war, den früher die elastischen Fasern um eine winzige Zelle bildeten, dann springt es so recht in die Augen, welche grossen Umwandlungen und Verlagerungen in der Zwischensubstanz vor sich gegangen sein müssen, Umwandlungen, die sich nur vermöge eines Wachstums durch Intussusception erklären lassen, und man überzeugt sich davon, dass auch auf die fertig gebildete Substanz immer noch „formative“ Kräfte der Zelle einwirken, durch welche die alten Theilchen ihren Platz ändern und neue sich zwischen sie einschieben.

Als ein zweiter Typus des elastischen Gewebes kann der Ohrknorpel des Pferdes und Rindes hingestellt werden, welcher sich hauptsächlich dadurch auszeichnet, dass die Neubildung elastischer Substanz mehr auf die Dickenzunahme schon vorhandener, als auf die Anlage neuer Fasern verwandt wird. So werden beim Pferde die embryonal zuerst gebildeten, von Perichondrium zu Perichondrium verlaufenden parallelen Fasern, die auch später noch in jedem Netzknorpel sich auffinden lassen, oft aber durch eine dichte Netzbildung verdeckt werden, zu starken Stämmen, die wie Pfeiler den Knorpel durchsetzen. Durch eine reichlicher entwickelte hyaline Zwischensubstanz von einander getrennt, hängen sie vorzugsweise durch rechtwinkelig abgehende, gleichfalls starke Queräste mit ihren Nachbarn zusammen und besitzen eine durch kleine Höcker, der Anlage neuer Seitenzweige, rauhe Oberfläche. Von Interesse ist es, zu sehen, wie an einzelnen Stellen die elastische Substanz eine flächenartige Ausbreitung annimmt, indem zwei oder mehrere der oben genannten Stämme durch dünne Membranen untereinander zusammenhängen oder an ihren Enden in solche übergehen¹⁾. Hier und da sind die Membranen durchlöchert oder auch mit feinen Fäserchen besetzt. Besonders in der Nähe des Perichondrium kommt diese im Netzknorpel auffällige Bildung häufiger vor.

Auf Flächenschnitten treten die Querschnitte der den Knorpel quer durchsetzenden Stämme als hellglänzende kreisförmige Stellen hervor²⁾. Wenn mikroskopisch erkennbare Structurverhältnisse in den

1) Fig. 10. 2) Fig. 9 Q.

elastischen Fasern vorhanden wären, sollte man erwarten, dass sie hier zu Tage treten müssten. Doch erkennt man gerade hier deutlich, dass die querdurchschnittenen Stämme durchaus gleichmässig solid sind und auch keinen centralen Hohlraum enthalten, wie dies einige Forscher vermuthet haben.

Die Anzahl der um eine Zelle gruppirten querdurchschnittenen Fasern ist eine verhältnissmässig geringe und übersteigt nicht die Zahl Zehn. Da sie alle miteinander durch dicke Queräste verbunden sind, so entsteht bei der Flächenansicht ein grobes Netz, in dessen Maschen die Zellen eingebettet sind. Aus den Balken dieses Netzes erheben sich als glänzende Höcker die auf dem Querschnitt getroffenen Hauptfasern.

Im Wesentlichen ebenso gebaut ist der Netzknorpel des Rindes, doch fehlt die flächenhafte Ausbreitung der elastischen Substanz zu einzelnen Membranen; dagegen tritt uns hier eine andere Bildung entgegen, die durch ihre zierlichen Figuren den Beobachter besonders fesselt. Zwischen den starken Hauptstämmen ¹⁾ nämlich und ihren Seitenästen, die sich im Ganzen ähnlich wie beim Pferde, nur in unregelmässigerer Weise verzweigen, findet man hier und dort, aber stets in der Nachbarschaft von Zellen, locale stärkere Anhäufungen elastischer Substanz. Durch ihren auffälligen Bau stellen sie eine für den Netzknorpel des jungen und erwachsenen Rindes eigenartige Bildung dar. Beim Kalbe entspringen von den elastischen Fasern, die im Umkreis an einer Zelle vorüberziehen, in reichlicher Menge feinste Fäserchen, die alle von ihren verschiedenen Ursprungsstellen nach einem Punkte zu convergiren und hier mit einander verschmelzen ²⁾. Sie setzen so einen Faserkorb zusammen, der gleichsam über eine Zelle hergestülpt ist. Hat man einen solchen quer durch den Schnitt getroffen, so wird die in und unter ihm liegende Zelle frei und man sieht sie von einem einfachen oder doppelten Ringe querdurchschnittener feiner Fasern umgeben ³⁾. Im Ohrknorpel des Rindes, in dem auch die Zwischensubstanz an Ausbreitung gewonnen hat, sind die nach einem Punkte convergirenden Fasern von diesem aus zu einer Scheibe verschmolzen ⁴⁾. Auf ihrer Oberfläche ist sie mit Höckerchen und Stacheln besetzt und wird als Zeichen ihres Ursprungs von kleinen Löchern noch stellenweise durchbohrt. Indem von der Peripherie dieser Scheibe feinste Fort-

1) Fig. 11 H. 2) Fig. 11 r. 3) Fig. 11 t. 4) Fig. 12 z.

sätze nach allen Seiten ausstrahlen, bekommt man ganz den Eindruck einer mit ausgebreiteten Pseudopodien erstarrten Rhizopode. Auch diesen Scheiben liegen stets Zellen an, so dass sie für das Verhältniss der elastischen Substanz zu den Zellen sehr beachtenswerthe Bildungen sind.

Als dritten Typus können wir diejenige Form des elastischen Netzkorpels aufstellen, in der feine Fasern unter reichlicher, allseitiger Bildung von Seitenzweigen und Anastomosen zu einem dichten überall im Raum entwickelten Netzwerk verbunden sind. Diese Form besitzt der Ohrknorpel des Menschen. Beim Neugeborenen sind die feinen Netze eben im Entstehen begriffen. Die vom Embryo beschriebenen parallelen Fasern sind hier durch Zunahme der homogenen Zwischensubstanz etwas weiter auseinander gerückt¹⁾. Die von ihnen rechtwinkelig abgehenden Queräste, welche ebenfalls schon früh im embryonalen Leben sich entwickelt haben, sind stärker und reichlicher geworden²⁾. In den Zwischenräumen des so entstandenen gröberen Maschenwerkes, welches abgesehen von der grösseren Feinheit seiner Fasern vermöge der Anordnung derselben dem Netzknorpel des Pferdes gleicht, liegen ein, zwei oder mehr Zellen, die nur um Weniges die embryonalen an Grösse übertreffen. Von den genannten, gleichsam das Gerüste des elastischen Gewebes darstellenden Fasern gehen noch reichlich feinste Aestchen ab. Dieselben hängen wiederum durch eine Menge zarter seitlicher Fäserchen mit einander zusammen und stellen ein feines Netz dar, das kapselartig ein oder zwei Zellen einhüllt.

Durch Anbildung neuen Netzwerkes nimmt beim Kinde diese Zone elastischen Gewebes an Dicke bedeutend zu, wodurch zwei benachbarte Zellen immer mehr von einander getrennt werden.

Da die ursprünglich angelegten Fasern und ihre Queräste während dieser Zeit kaum noch an Dicke zugenommen haben, treten sie gegenüber den immer stärker und reichlicher sich entwickelnden Netzen und den immer dicker werdenden Bestandtheilen derselben mehr und mehr in den Hintergrund.

So kommt es, dass man im Ohrknorpel des erwachsenen Menschen diese Fasern, welche in den vorher angeführten Typen im Bau des elastischen Gewebes eine so hervorragende Rolle spielten, nur an ganz senkrecht geführten Querschnitten mühsam noch heraus-

1) Fig. 13 H. 2) Fig. 13 c.

finden und sich von ihrem Dasein überzeugen kann ¹⁾. Beim Erwachsenen hat ausserdem auch die Zelle an Ausdehnung um ein Vielfaches zugenommen und sich noch mit einer Hülle hyaliner Substanz umgeben. An dünnen Schnitten ist besonders die Unmasse hell glänzender Pünctchen charakteristisch, welche den Fasern der Netze ansitzen. Sie entsprechen den Querschnitten aufsteigender Aestchen und verleihen dem Reticulum das Gepräge des Körperlichen, des im Raume allseitig Entwickelten.

Die feinste Beschaffenheit und Anordnung gewinnt endlich die elastische Substanz in den Ohrknorpeln der Katze, des Schafes und des Rehes, welchen letzteren ich selbst zwar nicht untersucht, aber nach den Angaben Rabl Rückhard's hierher rechnen muss. Besonders beim Schaf bildet die elastische Substanz um die Zellen ein so fein spongiöses Gewebe, dass man selbst mit den stärksten Vergrösserungen dasselbe kaum entwirren kann und an dünnen Schnitten bei oberflächlicher Betrachtung zu der Annahme verleitet werden könnte, dass man eine Ablagerung in Körnchen vor sich hätte. An dicken Schnitten erhält man dagegen ganz den Eindruck, als ob die Zellen in soliden elastischen Kapseln lägen, da man hier den fein porösen Bau nicht mehr erkennen kann, sondern die glänzende Substanz als eine homogene Masse erscheint. Mit nichts lässt sich dies Gewebe besser vergleichen, als mit der fein spongiösen Binde-substanz in der Retina.

Diese durch alle Stufen zu verfolgende Verfeinerung eines anfangs grobmaschigen elastischen Netzes zu einem äusserst feinen spongiösen Gewebe bietet ein vollkommenes Analogon zum Bau der reticulären Binde-substanzen, für deren Verständniss diese elastischen Netze als ein vorzügliches Untersuchungsobject empfohlen werden können, einen neuen Beweis bildend für die Richtigkeit der Deductionen, mit denen Max Schultze gegenüber Henle den spongiösen Bau der Binde-substanz der Centralorgane und Sinnesapparate betont hat ²⁾.

Beim Schafe liegen um die Knorpelzellen noch Höfe aus rein hyaliner Masse, die ebenfalls hier und da eine Schichtung in hellere und dunklere Parteen zeigt (s. Rabl Rückhard S. 53). Es

1) Fig. 14 H.

2) M. Schultze: Untersuchungen über den Bau der Nasenschleimhaut, S. 29.

ist daher auch hier im Zellenleben ein gleicher Process eingetreten, wie wir ihn beim Ohrknorpel des Kaninchens geschildert haben.

Schliesslich mag noch erwähnt werden, dass sowohl beim Schafe als auch bei der Katze, bei letzterer in besonders regelmässiger Anordnung, die in der Entwicklung zuerst angelegten, den Knorpel quer durchsetzenden elastischen Fasern auch später noch deutlich hervortreten, indem sie einander parallel zwischen den Zellenreihen verlaufen. Dass dieselben im Ohrknorpel des Menschen verschwinden, dort aber trotz der dichten Ablagerung elastischer Substanz klar hervortreten, erklärt sich nicht unschwer aus dem grossen Dickenunterschiede der quer durchsetzenden und der ausserordentlich feinen, das spongiöse Reticulum darstellenden Fasern beim Schafe und Kätzchen, ein Unterschied, der beim Menschen fast ganz fehlt.

Ausser den elastischen Fasern fällt in manchen Netzknorpeln noch ein System reich entwickelter feinsten Porenkanäle auf. Es ist dies ein Structurverhältniss, auf das die Aufmerksamkeit der Histologen schon öfters gerichtet worden ist. So hat Heinrich Müller ¹⁾ poröse Kapseln am Ohrknorpel des Hundes beobachtet. „In exquisiten Fällen war die fein punktirte Flächenansicht, sowie bei Focalveränderung die fein radiäre Streifung im Profil den Porenkanälen, wie man sie besonders durch Köl liker's Untersuchungen an anderen thierischen Zellen kennt, vollkommen gleich“. Andeutungen einer radiären Streifung hat H. Müller auch an anderen Knorpelkapseln, namentlich vom Schwein, jedoch nicht so deutlich gesehen; ferner fiel ihm auf, dass nur immer die jüngste innerste Schicht der Kapseln diese Beschaffenheit zeigt. In einer neuerdings erschienenen kleinen Abhandlung gibt Bubnoff ²⁾ an, dass es ihm am Hyalinknorpel durch 8—12stündiges Einlegen kleiner Stückerchen in eine Lösung Osmiumsäure von $\frac{1}{40}$ Pct. gelungen sei, feine Kanälchen sichtbar zu machen. In der Zwischensubstanz sollen mit grosser Constanz und ziemlich regelmässiger Vertheilung ziemlich breite Linien auftreten; von den meisten Zellen sollen zwei solcher Linien an den diametral entgegengesetzten Seiten ausgehen, von manchen selbst drei und vier Linien. An der Eintrittsstelle der Linien in die Zellen fand er zuweilen feine Oeffnungen. Für das

1) H. Müller, Würzburger naturh. Zeitschr. I 92.

2) Beiträge zur Kenntniss der Structur des Knorpels. Sitzb. d. k. Akad. d. Wissensch. zu Wien Bd. LVII. Abth. I. April-Heft Jahrg. 1868.

Vorhandensein eines solchen physiologischen Kanalnetzes im Knorpel spricht auch die bei Entzündungen im Knorpel auftretende, wie es scheint, auf Erweiterung solcher Ernährungswege beruhende eigenthümliche Rarefaction der Grundsubstanz ¹⁾).

Bei niederen Thieren beobachtete Hensen ²⁾ am Aequatorialring des Auges von *Sepia* pflanzenzellähnliche Knorpelzellen mit echten Porenkanälen, welche Beobachtungen durch Boll ³⁾ erweitert wurden. Ferner beschreibt Boll noch aus dem Kopfkorpel der Cephalopoden, besonders von *Octopus vulgaris* und *Sepia* Knorpelzellen mit reichlich verästelten Ausläufern. Bei *Sepia* verlaufen lange Ausläufer parallel nebeneinander und verästeln sich fortwährend unter spitzem Winkel, bis endlich die ganze Intercellularsubstanz ein längstreifiges Aussehen annimmt.

Etwas Aehnliches ist von mir am Netzkorpel des Ochsen beobachtet. Zunächst an Osmiumpräparaten fiel mir auf, wie die innerste Zone der auch hier die Zellen umgebenden hyalinen Ringe an einzelnen Stellen eine ganz scharfe radiäre Streifung zeigte, ganz so, wie dies H. Müller von den porösen Knorpelkapseln im Ohre des Hundes beschrieben hat ⁴⁾: Ebenso konnte ich in seltenen Fällen beobachten, wie von einigen durch die Einwirkung der 1 Pct. Osmiumsäure wahrscheinlich augenblicklich ertödteten Zellen feinste Protoplasmafortsätze in diese Poren eine kleine Strecke weit eindringen. Als ich Schnitte von mit Osmiumsäure behandeltem Netzkorpel in eine starke, gut färbende Carminlösung brachte, wurde ich bei mikroskopischer Besichtigung derselben durch den Anblick eines reich entwickelten, bei dieser Behandlung deutlich gewordenen Kanalsystems überrascht. An einzelnen Stellen trat dasselbe mit aller für derartige feinere Verhältnisse nur wünschenswerthen Deutlichkeit hervor, so dass ich Täuschungen vollkommen ausschliessen zu können glaube. Feine Kanälchen verlaufen in der zwischen den elastischen Fasern hier reichlich vorhandenen Zwischensubstanz; dieselben sind unter sich parallel, etwas geschlängelt, und halten eine zu dem Hauptstamme rechtwinklige Richtung ein ⁵⁾; Theilungen eines

1) Rindfleisch, Lehrbuch der pathologischen Gewebelehre S. 531.

2) Ueber das Auge einiger Cephalopoden (Zeitschrift für wiss. Zoologie 1865. Bd. XV. p. 169).

3) Boll, Beiträge zur vergleichenden Histologie des Molluskentypus. Archiv für mikrosk. Anat. Supplement S. 15.

4) Fig. 12, 5. 5) Fig. 12 x.

Kanälchens in mehrere Aeste konnte ich nicht beobachten. Zum Theil ziehen die als feine Streifen erscheinenden Kanälchen über die elastischen Fasern hinweg und bedingen ein streifiges Aussehen derselben, zum Theil scheinen sie sich an dieselben anzusetzen. Vielleicht hängen sie hier mit Kanälen zusammen, welche die Fasern begleiten, oder mit einem dieselben umgebenden Hohlraum, und stellen so eine für das Wachsthum der elastischen Fasern wichtige Bildung dar. Von den Stämmen abgehende, feinere elastische Fäserchen irrthümlich für Kanälchen zu halten — ein Bedenken, das bei Manchen vielleicht auftauchen könnte —, ist kaum möglich, so grundverschieden sehen beide Bildungen aus. Diese Bahnen nehmen alle von den Zellen des Knorpels ihren Ursprung. An den meisten Zellen durchsetzen den hyalinen Hof dicht neben einander gelagerte unter sich parallele Streifen, die einerseits von den schon oben beschriebenen Porenbildungen des innersten Theils der Zellwand ausgehen, andererseits ihre direkten Verlängerungen in den die elastischen Fasern kreuzenden Streifen in der Zwischensubstanz finden. Auffallend ist es, dass solche Kanälchen meist nur von den den elastischen Fasern gleichgerichteten Zellwänden entspringen, während die beiden anderen Pole der Zelle frei bleiben. Nur in wenigen Fällen sah ich auch von diesen radiäre Kanälchen ausgehen.

Andeutungen eines ähnlichen Strukturverhältnisses habe ich noch am Ohrknorpel des Kaninchens beobachtet. Es zeigten hier die Wandungen der grossen Zellenhöhlen auf dem Querschnitt ein gezacktes Aussehen und ist es wahrscheinlich, dass wir hier Andeutungen feinsten Porenkanälchen vor uns haben (Fig. 7 s, 8 s).

Ich versuche es, zum Schluss die Resultate vorstehender Beobachtungen kurz zusammen zu fassen.

Die elastischen Fasern entstehen im Netzknorpel unmittelbar nach dem ersten Auftreten einer Zwischensubstanz oder gleichzeitig mit ihr und zwar immer unmittelbar auf der Oberfläche des Protoplasma. Die Zellen, welche die ersten elastischen Fasern bilden, liegen in Reihen senkrecht auf die Oberfläche des Knorpels, jede Reihe bildet lange den Knorpel senkrecht durchsetzende Fasern, welche wie Reusen die Zellen umschliessen. Die Fasern sind von Anfang an, auch wenn sie noch von kaum messbarer Feinheit sind, unlöslich in Kalilauge, daher gleich von ihrer ersten Bildung an echtes elastisches Gewebe. Die räumlichen Verhältnisse der Entstehung derselben stützen nicht die bisher verbreitete Ansicht, dass

es sich dabei um eine Umwandlung zuerst gebildeter homogener Knorpel-Grundsubstanz handle, sondern sprechen dafür, dass das Protoplasma der Zellen die elastische Substanz gleich als das fertig bilde, als was wir sie auch später finden. Es ist dieselbe formative Thätigkeit des Protoplasmas (Max Schultze), der die elastische Substanz ihr Dasein verdankt, wie dieselbe im fibrillären Bindegewebe den Fibrillen den Ursprung gibt (vergl. Boll Entwicklung des Bindegewebes, — dieses Archiv Bd. VIII, p. 35, 36).

Die weitere Entwicklung der einmal angelegten elastischen Fasern erfolgt nun durch Intussusception in die extraprotoplasmatische Substanz, wie dies für alle Membran- und Intercellularsubstanzen stattfindet. Dabei entstehen neue Fasern immer nur entweder im Anschluss an die alten, so namentlich die Netze, welche sich an die ersten glatten Fasern bald anschliessen, immer nur durch Auswachsen der ersteren, nie durch freie Bildung elastischer Körnchen oder Fasern inmitten homogener Intercellularsubstanz; oder in der unmittelbaren Umgebung des Protoplasmas der persistirenden Zellen, welche fortfahren, ihre formative Thätigkeit in mannigfacher Weise zu äussern.

In späterer Zeit der Entwicklung kann der Fall eintreten, dass die Zelle, obgleich sie fortfährt, auf ihrer Oberfläche neue Schichten von Grundsubstanz zu bilden, doch elastisches Gewebe zu produciren aufhört. In diesem Falle entstehen die der elastischen Elemente entbehrenden hyalinen Schalen um die Zellen.

Für die Ernährungsvorgänge im Knorpel überhaupt, speciell für das Wachsthum durch Intussusception auch der elastischen Fasern und Netze sind offenbar die Porencanäle von der höchsten Bedeutung.

Meinem hochverehrten Lehrer, dem Herrn Geheimrath Max Schultze, sage ich für die eifrige Unterstützung und für das rege Interesse, das er an meinen Untersuchungen genommen hat, meinen herzlichsten Dank.

Erklärung der Abbildungen auf Taf. VII.

Alle Figuren sind bei derselben Vergrößerung (Zeiss F Ocular III) gezeichnet. Figur 7 und 8 sind im Verhältniss zu den übrigen etwas kleiner gehalten.

- Fig. 1. Schnitt durch den Ohrknorpel eines menschlichen Embryo von 15 Ctm. Länge. Die Zellen in ihrer natürlichen Form gezeichnet. P Gegend des Knorpels in der Nähe des Perichondrium. M Mitte des Knorpels.
- Fig. 2. Stückchen eines Querschnittes durch den Ohrknorpel eines menschlichen Embryo von 18 Ctm. Länge. A mehrere elastische Fasern, denen hier und da Zellen dicht anliegen. Zum Theil sind die Zellen aus ihren Knorpelhöhlen herausgefallen. B mehrere Zellen in einer gemeinsamen Knorpelhöhle einer elastischen Faser dicht anliegend.
- Fig. 3. Querschnitt durch den Ohrknorpel eines menschlichen Embryo von 22 Ctm. Länge. a Zelle, die spindelförmig einer elastischen Faser anliegt.
- Fig. 4. Querschnitt durch den Ohrknorpel eines neugeborenen Kaninchens, c seitliche Querfaser. Andere Bezeichnungen wie oben.
- Fig. 5. Querschnitt durch den Ohrknorpel eines Rindsembryo von 32 Ctm. Länge. b seitlich entspringende Fasern, die eine den Hauptfasern mehr oder minder parallele Richtung einhalten. d Zelle von seitlich entspringenden Fäserchen korbartig umschlossen. e elastische Faser in der Nähe des Perichondrium sich umbringend und einer Zelle angeschmiegt endigend.
- Fig. 6. Flächenschnitt durch den Ohrknorpel eines neugeborenen Kaninchens. f die Querschnitte elastischer Fasern.
- Fig. 7. Querschnitt durch den Ohrknorpel eines alten Kaninchens. H die zuerst angelegten, den Knorpel quer durchsetzenden Hauptfasern. h weitmaschiges elastisches Netzwerk. i Knorpelgrube aus der die Zelle herausgefallen ist. m hyaliner Hof um die Zelle. p Andeutung einer Zusammensetzung dieses hyalinen Hofes aus verschiedenen Schichten. s Andeutung von Poren in der Wand der Knorpelhöhle. F Fettkugeln.
- Fig. 8. Flächenschnitt durch den Ohrknorpel eines alten Kaninchens. n durch die Messerklinge beim Schneiden hervorgerufene Unebenheiten auf der Oberfläche des Präparates. Q Querschnitte elastischer Fasern
- Fig. 9. Flächenschnitt durch den Ohrknorpel des Pferdes. V elastische Queräste, welche die durchschnittenen Fasern (Q) verbinden.

Fig. 10. Elastische Membran, mehrere elastische Fasern verbindend, aus dem Ohrknorpel des Pferdes.

Fig. 11. Querschnitt durch den Ohrknorpel des Kalbes. r elastische Fäserchen einen Korb bildend. t die den Korb bildenden Fäserchen quer durchschnitten.

Fig. 12. Querschnitt durch den Ohrknorpel des Rindes. z Scheibe aus elastischer Substanz gebildet. x von den Zellen ausgehende Kanälchen. y Kanälchen, die sich an die elastischen Fasern ansetzen scheinen.

Fig. 13. Querschnitt durch den Ohrknorpel eines neugeborenen Kindes.

Fig. 14. Querschnitt durch den Ohrknorpel des erwachsenen Menschen.

Fig. 15. Querschnitt durch den Ohrknorpel des Schafes.

H. Den Knorpel quer durchsetzende elastische Hauptfasern.

N. Feinstes elastisches Netzwerk. Die zahlreichen glänzenden Punkte sind Faser-Querschnitte.

h. Hyaline Höfe um die Zellen, hie und da mit Andeutung einer Schichtung.

P. Andeutung von Porenkanälen.

F. Fettkugeln in den Zellen.