

# Ueber die Anlage und die Entwicklung des elastischen Gewebes.

Von

**Dr. Leo Gerlach,**

Docent der Histologie und Entwicklungsgeschichte und I. Assistent am anatomischen Institut zu Erlangen.

---

Mit Tafel VI u. VII.

Die Untersuchungen, welche über das erste Auftreten und die Bildung der elastischen Gewebelemente in der Literatur vorliegen, wurden fast ausnahmsweise mit Rücksicht auf das Bindegewebe angestellt. Mit besonderer Vorliebe bediente man sich des Ligamentum nuchae von menschlichen oder Säugethier-Embryonen, und die hier gewonnenen Anschauungen wurden sodann auch auf die anderen Gewebe aus der Gruppe der Bindesubstanzen, in denen elastische Fasern sich vorfinden, übertragen.

So kam es, dass bei der Prüfung der genannten Fragen das Knorpelgewebe lange sehr stiefmütterlich behandelt wurde. Erst in neuerer Zeit wurde demselben eine grössere Aufmerksamkeit zu Theil, indem man anfang, die Entwicklung der elastischen Fasern auch in dem Knorpel genauer zu studiren.

Die vorliegenden Untersuchungen basiren ausschliesslich auf Beobachtungen, welche an dem elastischen oder Netzknorpel gemacht wurden. In erster Linie wurde dabei auf die Zellen des Knorpels geachtet, d. h. auf die Rolle, welche sie bei der Genese der elastischen Fasern spielen.

Auf diesen Punet wurde besonders deshalb Gewicht gelegt, weil die Anschauungen, welche sich über die Entstehungsart des elastischen Gewebes geltend machten, gerade in Bezug auf die Frage, ob die Zellen sich an dessen Bildung betheiligen, oder nicht, sehr

auseinander weichen. Es handelt sich dabei gewissermassen um eine quaestio principii, welche den Ausgangspunct der in Folgendem kurz zu erörternden Theorien bildet, und welche von den einzelnen derselben entweder in bejahendem oder verneinendem Sinne beantwortet werden musste.

Die älteste hier in Betracht kommende Annahme, wonach Kerne zu elastischen Fasern auswachsen könnten, fällt in eine Zeit, in der man die Persistenz von Zellen im reifen Bindegewebe noch nicht erkannt hatte. Als diese wichtige Thatsache nachgewiesen war, trat eine andere Theorie an ihre Stelle, welche von VIRCHOW und DONDRES aufgestellt wurde. Nach ihr sollten die elastischen Fasern aus Zellausläufern hervorgehen. DONDERS insbesondere, der ausser dem Bindegewebe auch das Knorpelgewebe in den Kreis seiner Beobachtungen zog, hat über die Entwicklung der elastischen Fasern ausführlichere Mittheilungen gemacht<sup>1)</sup>.

Für die Beurtheilung derselben ist der Umstand von Wichtigkeit, dass zu der Zeit, in welcher DONDERS seine Untersuchungen ausführte, die Zellmembran als ein jeder Zelle zukommender Bestandtheil galt, ohne welche man sich eine Zelle nicht denken konnte. In dieser Auffassung lag inbegriffen, dass die Ausläufer der verästelten oder spindelförmigen Bindegewebszellen, und seien diese auch noch so fein, ebenfalls von der Zellmembran umkleidet werden. DONDERS spricht sich nun dafür aus, dass derartige Zellausläufer in elastische Fasern übergehen könnten, dass sie aber in diesem Falle keinen eigentlichen Zellinhalt mehr besitzen, sondern vielmehr nur Fortsetzungen der Zellmembran darstellen. Auf diese Weise werden die elastischen Fasern direct von der Zellmembran abgeleitet, die auch in Betreff ihrer chemischen und physikalischen Eigenschaften mit ersteren die grösste Uebereinstimmung zeige. Auch die ganze Zelle könne durch Zunahme der Membran auf Kosten des Zellinhalts und unter allmählichem Schwinden des Kerns in eine elastische Faser umgewandelt werden. Derartige Vorgänge konnte DONDERS auch an Knorpelkörperchen beobachten. Nach ihm gehen daher die elastischen Fasern aus Zellmembranen hervor, indem entweder dieselben Ausläufer aussenden, oder indem die ganze Zelle sich in der angegebenen Weise in eine elastische Faser umwandelt.

Das allmähliche Anwachsen der elastischen Substanz, die, um

---

<sup>1)</sup> Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. Bd. III pag. 348 und Bd. IV pag. 242.

nochmals hervorzuheben, DONDERS so ziemlich mit der Zellmembran identificirt, denkt sich derselbe in folgender Weise. So lange die aus einer Zelle hervorgehende elastische Faser noch nicht durchaus solid geworden ist, sondern noch Reste des ursprünglichen Zellkörpers in sich birgt, findet eine innere Ablagerung statt: später dagegen muss man annehmen, dass die Faser durch Ablagerung auf ihre äussere Fläche an Dicke zunehme, wobei jedoch die Möglichkeit einer intramoleculären Deposition — Verdickung durch Intussusception — nicht ausgeschlossen werden dürfe.

Die VIRCHOW-DONDERS'schen Anschauungen konnten jedoch nur vorübergehend Boden fassen: sie wurden bald verdrängt durch eine Theorie, welche die Theilnahme der Zellen an der Bildung der elastischen Fasern absolut negirte, indem sie die Anlage derselben in die Grundsubstanz verlegte. Dieser Theorie wurde bis in die neueste Zeit die allgemeine Anerkennung zu Theil: sie ging über in die histologischen Lehrbücher, und in den gangbarsten derselben <sup>1)</sup> findet man zur Zeit noch angegeben, dass die elastischen Fasern aus einer stellenweisen Verdichtung und Härtung der Intercellularsubstanz hervorgehen, dass ihre Bildung durch eine Umsetzung leimgebender Substanz erfolge. Als Vertreter dieser Ansicht sind H. MÜLLER <sup>2)</sup>, HENLE <sup>3)</sup>, REICHERT <sup>4)</sup>, KÖLLIKER, LEYDIG, FREY u. A. zu nennen, von denen die meisten durch Untersuchung des Ligamentum nuchae von Embryonen zu den genannten Schlussfolgerungen gelangten: nur von REICHERT wird als Stütze derselben auch die Entwicklung des Ohrknorpels angeführt, jedoch macht derselbe über die dabei stattfindenden Vorgänge keine näheren Angaben.

RABL-RÜCKHARD <sup>5)</sup>, welcher den Ohrknorpel menschlicher Embryonen in verschiedenen Entwicklungsstadien untersuchte, ist der Erste, welcher eine methodisch durchgeführte Untersuchung über die Entwicklung des elastischen Knorpels geliefert hat. Als Anhänger der eben besprochenen Theorie ist RABL-RÜCKHARD der Ueberzeugung, dass die elastischen Gewebelemente in der Grundsubstanz

<sup>1)</sup> LEYDIG, Lehrbuch der Histologie der Thiere und des Menschen 1857. pag. 27.

KÖLLIKER, Handbuch der Gewebelehre 1867. pag. 71.

FREY, Lehrbuch der Histologie und Histochemie. 1876. pag. 254.

<sup>2)</sup> Bau der Molen, Würzburger Verhandlungen Bd. 10. pag. 132.

<sup>3)</sup> CANSTATT's Jahresberichte 1851. pag. 29.

<sup>4)</sup> MÜLLER's Archiv, Jahresbericht für 1852. pag. 95.

<sup>5)</sup> REICHERT's und Du Bois-REYMOND's Archiv 1863. pag. 41.

durch eine locale Umwandlung derselben entstanden, und scheint wohl deshalb nicht sonderlich auf das Lageverhältniss der Knorpelzellen zu den werdenden elastischen Fasern geachtet zu haben, auf das nach ihm, wie ich später eingehender erörtern werde, O. HERTWIG aufmerksam gemacht hat. Es kam ihm hauptsächlich darauf an, zu eruiren, ob die elastischen Fasern des Knorpels unmittelbar als solche angelegt würden, oder ob die aus der Umwandlung der Grundsubstanz hervorgegangenen Elemente zuerst in Form von Körnern auftreten, welche sich erst nachträglich zu elastischen Fasern vereinigen würden.

Zur Entscheidung dieser Frage untersuchte RABL-RÜCKHARD ausser dem embryonalen Ohrknorpel auch noch den theils hyalinen theils elastischen Arytaenoidknorpel vom Rinde. In diesem sind körnige Stellen vorhanden, welche es bei oberflächlicher Beobachtung wahrscheinlich machen könnten, dass es sich hier um Uebergangsstadien aus Körnern in elastische Fasern handle. Dieselben sind nicht zu verwechseln mit anderen auf den ersten Blick ebenfalls körnig erscheinenden Stellen, welche sich bei genauerer Prüfung als ein dichtes Gewirr von feinsten sich durchflechtenden elastischen Fasern herausstellen; aus diesen schiessen strahlenartig längere elastische Fasern hervor, die in der hyalinen Substanz durch Anastomosen miteinander verbunden sind.

Während demnach die letztgenannten Stellen der Grundsubstanz aus einem dichten Netzwerke feinsten elastischer Fasern bestehen, muss den zuerst erwähnten körnigen Trübungen der Intercellularsubstanz eine andere Bedeutung beigelegt werden. Sie sind denjenigen Bildern an die Seite zu stellen, welche im Rippenknorpel älterer Leute, neben den scheinbar fibrillär gewordenen Partien der Grundsubstanz vorkommen, und werden deshalb von RABL-RÜCKHARD als Vorläuferstadien von Erweichungsprocessen betrachtet, welche schliesslich zur Höhlenbildung führen. Solche kleine Höhlen finden sich in dem hyalin gebliebenen Theil des Arytaenoidknorpels vielfach vor; sie sind angefüllt mit einer grossen Anzahl von feineren und gröberem Körnern, welche eine lebhaft moleculare Bewegung zeigen, und mit Fetttropfen, Krystallen und Kalkconcrementen untermischt sind.

Da durch diese Erweichungsvorgänge die Untersuchung sehr beeinträchtigt wird, hält es in dem Arytaenoidknorpel des Rindes schwer, die Entstehungsweise der elastischen Fasern mit vollständiger Sicherheit aufzuklären. Viel günstigere Verhältnisse bietet da-

gegen der fötale Ohrknorpel dar. Hier trifft man zwar auch zuweilen auf feinkörnige Fettablagerungen; doch ist diese Erscheinung eine relativ seltene, und tritt erst zu einer Zeit auf, wo schon eine reichliche Menge elastischer Fasern vorhanden ist. Sie fehlt dagegen in sehr frühen Entwicklungsstadien, bei denen die Grundsubstanz eine ausserordentliche Durchsichtigkeit besitzt. In dieser konnte RABL-RÜCKHARD nirgends auch nur eine Spur von Körnern auffinden, welche für die Neubildung und Vergrösserung der elastischen Fasern hätte Schlüsse ziehen lassen: es erfolgte vielmehr die erste Anlage der letzteren in dem vorher völlig hyalinen Knorpel gleich in Gestalt von äusserst zarten sehr zahlreichen Fäserchen, welche einen zur Fläche der Ohrmuschel senkrechten Verlauf einhalten. Auf diesen Befund hin spricht sich RABL-RÜCKHARD am Schlusse seiner Abhandlung dahin aus, dass die elastischen Fasern in der Grundsubstanz unmittelbar als solche angelegt werden.

Ich komme nun zu den neueren Arbeiten, welche die Genese der elastischen Fasern betreffen. Bei diesen macht sich eine entschiedene Rückkehr zu den älteren Anschauungen von VIRCHOW und DONDERS geltend. In den zunächst zu besprechenden Untersuchungen finden wir nämlich wieder die Meinung vertreten, dass die elastischen Fasern ihren Ursprung von Zellen ableiten, nur wird dies in etwas anderer Form ausgesprochen, wie von VIRCHOW und DONDERS. Die jungen elastischen Fasern sind nicht Zellausläufer in dem gewöhnlichen Sinne des Wortes, noch sind sie Fortsätze einer Zellmembran, sondern sie verdanken ihr Dasein jener Fähigkeit der Zellen, welche M. SCHULTZE in seinem berühmten die ganze Zellenlehre von Grund aus umgestaltenden Aufsätze: »Ueber Muskelkörperchen und das, was man eine Zelle zu nennen habe« mit dem Namen: formative Thätigkeit des Protoplasmas belegt hat<sup>1)</sup>.

Der eine der beiden Autoren, welche ich hier im Sinne habe, BOLL, kommt in seiner Untersuchung über den Bau der Sehne<sup>2)</sup> zu dem Schlusse, dass das elastische Gewebe von Zellen abstamme. Es sind die eine mehr abgeplattete Form besitzenden Zellen des Bindegewebes, deren Protoplasma fast völlig verschwinden kann, während an seine Stelle eine klare elastische Platte tritt. Ueber den Zusammenhang dieser die Fibrillenbündel umkleidenden elastischen Zellplatten mit den feinen elastischen Fasern der Sehne gibt

1) REICHERT'S und DU BOIS-REYMOND'S Archiv. 1861. pag. 1.

2) MAX SCHULTZE'S Archiv Bd. 7. pag. 275.

BOLL weiter an: »Ich kann allerdings nicht behaupten, dass alle intrafasciculären elastischen Fasern mit den Zellplatten in Verbindung stehen: aber sehr oft habe ich Reihen von Zellplatten gesehen, wo ganz deutlich vom Leibe der Zellplatten feine elastische Fasern ausgingen und in das Innere der Bindegewebsbündel eindrangen. Bemerkenswerth ist, dass, während ganze Reihen von Zellplatten hiervon keine Spur zeigen, nicht weit davon Zellenreihen liegen, wo jede einzelne Zellenplatte eine nicht unerhebliche Anzahl derartiger Fasern entsendet«<sup>1)</sup>.

Während die Angaben BOLL's auf an der Sehne gemachten Beobachtungen beruhen, hat O. HERTWIG die Entwicklung des elastischen Gewebes im Knorpel untersucht<sup>2)</sup>. Wie RABL-RÜCKHARD wählte auch HERTWIG hierzu den Ohrknorpel, gelangte jedoch in Bezug auf die erste Anlage der elastischen Fasern in demselben zu wesentlich anderen Ergebnissen, als jener. Er fand nämlich in dem Ohrknorpel eines menschlichen Fötus von 18 Cm. Länge, der sich in einem früheren Entwicklungsstadium befunden zu haben scheint, wie der von RABL-RÜCKHARD untersuchte, dass die in Gruppen beisammen liegenden Knorpelzellen reihenförmig angeordnet sind; oft werden mehrere Zellen von einer gemeinsamen Höhle umschlossen. Die Reihen sind so gestellt, dass sie eine senkrecht von Perichondrium zu Perichondrium gezogene Linie mehr oder weniger einhalten, in welcher Richtung ein lebhafter Theilungsprocess der Zellen statt zu finden scheint. Die elastischen Fasern, deren Bildung in diesem Stadium erst an einzelnen Stellen des Ohrknorpels begonnen hatte, sind den erwähnten Zellreihen unmittelbar angelagert; sie besitzen eine ausserordentliche Feinheit, und werden, da sie dem Protoplasma der Zellen dicht anliegen, von demselben verdeckt, so dass sie zumal bei Anwendung schwächerer Vergrösserungen leicht übersehen werden können. Seitliche Aeste schicken die vollkommen glatten glänzenden Fasern nicht ab.

Bei einem wenig älteren menschlichen Embryo von 22 Cm. Länge fand HERTWIG die elastischen Fasern schon reichlicher entwickelt. Sie waren stärker geworden, und lagen gedrängt neben einander dicht oberhalb, unterhalb und seitlich von den Zellen. Einen queren Verlauf einhaltend, werden sie gegen das Perichondrium allmählig feiner, und enden zwischen den Zellen des letzteren.

Die bei menschlichen Embryonen gemachten Beobachtungen

<sup>1)</sup> l. c. pag. 298.

<sup>2)</sup> MAX SCHULTZE's Archiv Bd. 9. pag. 80.

konnte HERTWIG auch bei frisch geworfenen Kaninchen, sowie im Ohrknorpel von Rindsembryonen bestätigen. Immer fand er in diesen frühen Stadien die neugebildeten feinen elastischen Fasern den Zellen dicht angelagert. Sehr überzeugend waren Zerzupfungspräparate von Querschnitten durch das Ohr, bei denen an den Rissenden oft elastische Fasern frei hervorragten, welchen hier und da noch Zellen anklebten. Ebenso fanden sich an Flächenschnitten die quer durchschnittenen elastischen Fasern immer dicht an den äussern Contour der Zellen angedrängt.

Diese Befunde kann HERTWIG nicht mit der Ansicht vereinbaren, wonach das elastische Gewebe durch eine Umwandlung zuerst gebildeter homogener Knorpelgrundsubstanz ins Leben gerufen werde. Es scheinen ihm vielmehr die geschilderten räumlichen Verhältnisse bei der Entstehung der elastischen Fasern dafür zu sprechen, 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, der die elastische Substanz ihr Dasein verdankt, wie dieselbe im fibrillären Bindegewebe den Fibrillen den Ursprung gibt.«

Eng an die Arbeit von HERTWIG schliesst sich die Untersuchung DEUTSCHMANN'S an, welcher bezüglich der in Rede stehenden Fragen den Arytaenoidknorpel des Rindes untersuchte<sup>1)</sup>. Von grosser Wichtigkeit sind die Angaben desselben über das Aussehen der Knorpelzellen, welche an den Entwicklungsstätten der elastischen Formelemente, d. h. an den Uebergangsstätten vom hyalinen zum Netzknorpel gelegen sind. Dieselben sind ihm seiner Zusammenstellung nach unter folgenden Formen zur Beobachtung gekommen:

1) »Zellen, deren Kapsel diffus feinkörnig war, und als feinkörniger Ring von verschiedener Breite erschien.

2) Zellen, deren Kapselzone feine radiär gestellte Streifen enthielt.

3) Zellen, deren Zellprotoplasma feinkörnig war, und auch streifig.

4) Vereinigung und Verschmelzung beider Zustände in Kapsel und Zellprotoplasma mit einander.

5) Faserung der ganzen Zelle.

6) Vollkommene Faserung der Knorpelzelle und Anastomosirung dieser Faserung mit der aus einer andern Zelle hervorgegangenen.

<sup>1)</sup> REICHERT'S u. DU BOIS-REYMOND'S Archiv 1873. pag. 732.

7. Fortsetzung der Körnung in die hyaline, die Zelle umgebende Substanz.

8. Uebergang dieser Körnung in feinstkörnige Linien, die sich als Anfänge elastischer Fasern documentiren.

Bei der Deutung dieser einzelnen Zellformationen geht DEUTSCHMANN von der Ansicht aus, dass die Knorpelkapsel als modificirte peripherische Protoplasmaschicht ein Attribut der Zelle bildet. Er spricht sich über die Genese des Netzknorpels dahin aus, dass die Bildung der elastischen Fasern von der ganzen Knorpelzelle — Kapsel sowie Protoplasma — ausgehe. Wer von beiden letzteren den ersten Anstoss gebe, lässt DEUTSCHMANN unentschieden; er hält es jedoch für wahrscheinlich, dass der Process in der Knorpelkapsel seinen Anfang nehme, weil der körnige Kapselcontour keiner in der Umwandlung begriffenen Zelle fehle, während das Zellprotoplasma oft noch ganz unverändert sei.

Während die drei letztgenannten Autoren die Entwicklung der elastischen Fasern auf die Zellen zurückführen, fehlt es auch nicht an neueren Arbeiten, in denen die gegentheilige Ansicht vertreten ist. So hat v. BRUNN<sup>1)</sup> die Bildung derjenigen elastischen Fasern, welche er im Epiphysenknorpel junger Thiere nahe an der Verknocherungsgrenze zwischen den reihenweise angeordneten Knorpelzellen auffand, und die er elastische Stützfasern des ossificirenden Knorpels nennt, lediglich der Grundsubstanz des Knorpels zugeschrieben. Eine Entstehungsweise auf der Oberfläche des Protoplasmas im Sinne von HERTWIG glaubt er zurückweisen zu müssen, da er sich nicht von dem Zusammenhang dieser Fasern mit Zellen überzeugen konnte.

Auch KOLLMANN hat sich in neuester Zeit, gestützt auf Beobachtungen, welche er an der Bindesubstanz von Mollusken, sowie an myxomatösen Geschwülsten machte, gegen eine directe Betheiligung der Zellen bei der Genese der Bindegewebsfibrillen sowohl als der elastischen Fasern erklärt<sup>2)</sup>.

<sup>1)</sup> REICHERT'S u. DU BOIS-REYMOND'S Archiv. 1874. pag. 1.

<sup>2)</sup> KOLLMANN, Structurlose Membranen bei Wirbelthieren und Wirbellosen. Sitzungsberichte der math. phys. Classe der k. bayer. Akad. d. Wissenschaften. 1876. Heft II. pag. 163.

Häutchenzellen u. Myxom. VIRCHOW'S Archiv. Bd. 68. pag. 575.

In diesen Arbeiten macht KOLLMANN den Versuch die verschiedenen Formen der Bindesubstanzen in Betreff ihrer Genese auf das Gallertgewebe zurückzuführen. Bei den Wirbellosen bleibe dasselbe entweder als solches erhalten, oder es verdichte sich mit elastischer Beschaffenheit. Bei den Wirbelthieren

Ein gewichtiger Gegner ist ferner den HERTWIG'schen Anschauungen in RANVIER erwachsen. In seinem *Traité technique d'histologie* spricht sich derselbe für eine Ablagerung der elastischen Substanz in Form von Körnern aus, welche sich erst später zu Fasern vereinigen. Dies sei in der innersten Lamelle der Scheide grösserer Nerven sehr gut zu beobachten. Die in derselben liegenden elastischen Platten schicken radienförmig verlaufende Fasern ab, an denen sich die den Verschmelzungsstellen der einzelnen Körner entsprechenden Einschnürungen deutlich wahrnehmen lassen, so dass die Fasern dadurch ein rosenkranzartiges Aussehen erhalten<sup>1)</sup>.

Bemerkenswerth sind ferner die Angaben RANVIER's, welche die Uebergangsstätten des hyalinen in den elastischen Knorpel der *Cartilago arytaenoidea* betreffen<sup>2)</sup>. An dünnen mit Osmiumsäure behandelten Schnitten, welche an diesen Stellen durch den Arytaenoidknorpel eines Hundes gefertigt wurden, beobachtete RANVIER Zellen, welche von einem körnigen Hofe umgeben waren, von dem aus Verlängerungen von der gleichen Beschaffenheit nach allen Richtungen ausstrahlten. Bei stärkerer Vergrösserung zeigte sich, dass diese körnigen Ringe aus zerstreuten, sowie aus reihenförmig geordneten Körnern, ferner aus halsbandartigen elastischen Fasern, die augenscheinlich durch Vereinigung der Körner entstanden waren, und endlich aus geradlinigen parallelen elastischen Fasern sich zusammensetzten. Im Arytaenoidknorpel junger Hunde sah RANVIER Zellkapseln, bei denen der eben erwähnte Process erst im Anfang begriffen war. Rings um die Kapsel lagen körnige Höfe, aus äusserst feinen Körnern bestehend, während auch an der Innenseite der Kapsel zwischen ihr und dem Zellkörper eine Schicht grosser Körner sich befindet, welche sich durch ihre regelmässige Lage sowie durch ihre in Folge wechselseitigen Druckes bewirkte polyedrische Gestalt auszeichnen. Was diesen letzteren Körnern für eine Bedeutung zukomme, darüber lässt nach RANVIER der gegenwärtige Stand der Wissenschaft kein Urtheil zu: doch ändere dies nichts an der Schlussfolgerung, welche man aus den geschilderten Beobachtungen zu ziehen habe, dass nämlich die Umwandlung der hyalinen Substanz in der unmittelbaren Umgebung der Zellkapseln stattfindet, sowie dass die elastische Substanz zuerst in Form von Körnern erscheine.

---

verändere sich das Gallertgewebe nach zwei chemisch und morphologisch verschiedenen Richtungen hin, indem es sich 1) in elastische und gleichzeitig 2) in leimgebende Substanz umwandle.

<sup>1)</sup> *Traité technique d'histologie* pag. 401.

<sup>2)</sup> *l. c.* pag. 411.

welche unter allmählichem Anwachsen sich mit einander zur Bildung von elastischen Fasern vereinigen.

Wir sehen, dass RANVIER, obschon er es vermeidet, sich über die Natur der den Zellen unmittelbar anliegenden Körner auszusprechen, sich damit doch um einen bedeutsamen Schritt in Beschreibung und Abbildung den von DEUTSCHMANN gemachten Befunden nähert. Dass Beide in der Deutung weit aus einander weichen, hat wohl darin seinen Grund, dass DEUTSCHMANN im Laufe seiner eingehenderen Untersuchung im Arytaenoidknorpel des Rindes frühere Entwicklungsstadien zu Gesicht bekommen hat, als RANVIER, welche ihn auf die Betheiligung des Zellprotoplasmas bei den in Rede stehenden Vorgängen hinwiesen.

Es bleibt mir noch übrig, der erst jüngst erschienenen Abhandlung von SCHWALBE<sup>1)</sup> zu gedenken, aus der wir äusserst wichtige Aufschlüsse über die feinere Structur, sowie über die moleculäre Zusammensetzung der elastischen Fasern erhalten. In Bezug auf die vorliegende Frage nimmt SCHWALBE folgende Stellung ein: Er bestreitet den Ursprung der elastischen Fasern aus Fortsätzen von Zellen, glaubt jedoch letzteren bei der Genese derselben eine grosse Bedeutung zuerkennen zu müssen. Im Hinweis auf eigene Beobachtungen am Nackenbande von Rindern, dessen elastische Fasern in allen Zeiten nachweisbare Auflagerungen von Zellen zeigen, sowie auf die HERTWIG's am Ohrknorpel, und die RANVIER's und DEUTSCHMANN's am Arytaenoidknorpel hält SCHWALBE es für erwiesen, dass die elastischen Ablagerungen sei es in Form von Fasern oder Körnern auf der Oberfläche der Zellen stattfinden. Es bleibe daher freigestellt, ob man dieselben als einseitige Ausscheidungen, oder als Umwandlung der peripheren Partien des Zellprotoplasmas auffassen wolle.

Werfen wir nun einen Rückblick auf die angegebene Literatur, so ist unschwer zu erkennen, dass, wie bereits im Eingange hervorgehoben, die Meinungen hauptsächlich in einem Punkte nach zwei verschiedenen Richtungen auseinander gehen, indem sich die Discussion fast ausschliesslich um die Frage dreht, welche Rolle die Zellen bei der Bildung der elastischen Substanz spielen. Ich sehe davon ab, in welcher Gestalt die letztere zuerst auftritt, und formulire die beiden Ansichten dahin:

---

<sup>1)</sup> Beiträge zur Kenntniss des elastischen Gewebes. Zeitschrift für Anatomie und Entwicklungsgeschichte. Bd. 2. pag. 236.

1) Die elastischen Formelemente entstehen in der Grundsubstanz ohne jegliche Betheiligung der Zellen.

2) Die Genese des elastischen Gewebes ist an Zellen gebunden, da dessen erste Anfänge stets im Zusammenhange resp. in unmittelbarer Berührung mit Zellen sich vorfinden.

Die zweite Ansicht gliedert sich wieder in mehrere Unterabtheilungen:

a) Die elastische Substanz — hier kommen nur deren faserigen Elemente in Betracht — geht aus Zellausläufern hervor, welche eine Umwandlung erfahren haben.

b) Sie ist ein Ausscheidungsproduct des Zellprotoplasmas.

c) Sie ist aus peripheren Partieen des Protoplasmas durch die formative Thätigkeit der Zellen entstanden.

d) Sie geht an der Oberfläche der Zellen aus der Grundsubstanz in der Weise hervor, dass von ersteren auf die unmittelbar an sie grenzenden Partieen der Grundsubstanz ein modificirender Einfluss ausgeübt wird, oder mit andern Worten: Es wandeln sich die an die Zelle anstossenden Theile der Zwischensubstanz von dieser beeinflusst in elastische Substanz um.

Während die erste dieser 4 Auffassungen als die älteste von VIRCHOW und DONDERS vertreten wird, stützen sich die drei übrigen auf diejenigen Befunde, bei denen die neugebildeten elastischen Elemente in ihren ersten Anfängen an der Oberfläche der Zellen angetroffen wurden. Denn diese Bilder lassen jede der 3 Deutungen zu, da es unmöglich ist, ohne weitere Anhaltspunkte sich für eine von ihnen zu entscheiden, ohne den beiden anderen die gleiche Berechtigung zugestehen zu müssen. Bei jeder dieser hypothetischen Entstehungsweisen muss die neugebildete Substanz der Zelle angelagert erscheinen.

KOLLMANN weist daher mit Recht darauf hin<sup>1)</sup>, dass das von HERTWIG betonte Lageverhältniss der elastischen Fasern zu den Zellen des fötalen Ohrknorpels nicht beweisend dafür sei, dass dieselben durch die formative Thätigkeit der Zellen, aus Protoplasma-theilen derselben sich gebildet hätten, und stellt dem gegenüber seine Annahme auf, dass die Fasern aus der wenn auch nur spärlich bereits vorhandenen Zwischensubstanz entstanden seien, wobei allerdings ein von Seiten der Zellen sich geltend machender Einfluss unzweifelhaft wäre, dagegen deren directe Betheiligung in Abrede gestellt werden müsse.

<sup>1)</sup> Structurlose Membranen pag. 190.

Ebenso gut, wie KOLLMANN in seiner Weise könnte ich die von demselben Object gewonnenen Bilder, die ich in Fig. 5 u. 6 wiedergegeben habe, dahin deuten, dass die elastischen Fäserchen auf einseitige Ausscheidungen des Protoplasmas zurückzuführen sind, welches an den andern Stellen der Zelloberfläche unbeirrt fortfahre, die Intercellularsubstanz zu bilden.

Dies eine Beispiel mag genügen, um zu zeigen, wie elastische Ablagerungen an der Oberfläche von Zellen nichts Beweisendes für eine bestimmte Entstehungsweise haben, vielmehr drei verschiedene Deutungen offen lassen können. Ganz dasselbe gilt auch von den übrigen an dem Ligamentum nuchae oder anderen Objecten gemachten Beobachtungen, bei denen Zellen gesehen wurden, welchen elastische Fasern noch anhafteten. Die ursprüngliche Anlage derselben kann man sich nach jeder der drei erwähnten Entstehungsarten denken; immer werden die ersten Anfänge der Faser der Oberfläche von Zellen anliegen müssen. Ist dieselbe einmal angelegt, so hat die Zelle ihre Aufgabe erfüllt, das weitere Wachstum geht ohne directes Zuthun derselben vor sich, indem die Faser sich hauptsächlich der Länge nach vergrössert. Sie kann weiterhin mit benachbarten Fasern verschmelzen, wodurch stärkere Fasern zu Stande kommen. Durch nur stellenweise Vereinigung entstehen Anastomosen und damit elastische Fasernetze, die auch wieder an Stärke zunehmen können. Ist dies in grösserem Maasse der Fall, so wird es dann schliesslich zur Bildung von gefensterten Membranen kommen, wie wir sie in der Wandung von grösseren Gefässen finden. Aus dem Gesagten geht hervor, dass wir die Vergrösserung und Anhäufung der einmal angelegten elastischen Substanz stufenweise verfolgen können; wir sehen, dass es dabei einer nachweisbaren Mithilfe von Seiten der Zellen nicht bedarf. Anders dagegen steht es mit der Anlage und dem ersten Auftreten der elastischen Elemente, und hierzu dürften wohl, wie aus den übereinstimmenden histologischen Befunden zu schliessen, die Zellen den Anstoss geben.

Die Frage, ob bei Erfüllung dieser ihrer Aufgabe die Zellen der betreffenden Gewebe in ihrer Grösse Einbusse erleiden, ob sie gänzlich aufgebraucht werden, hat von Seiten der verschiedenen Autoren nur eine geringe Berücksichtigung erfahren: und doch ist gerade sie von grosser Wichtigkeit, wenn man zwischen den genannten drei Entstehungsweisen zu wählen hat. Denn aus einem reducirten Volumen solcher Zellen, an deren Oberfläche sich die besprochenen Vorgänge abspielen, darf man schon mit einiger Wahrscheinlichkeit

schliessen, dass es Stoffe der Zelle selbst sind, aus denen die neugebildete Substanz entsteht, und die Annahme einer Art von Contactwirkung, welche die Zellen an gewissen Stellen, oder mit ihrer ganzen Oberfläche auf die angrenzende Grundsubstanz ausüben sollten, um dadurch deren Umbildung resp. Verdichtung einzuleiten, möchte weniger stichhaltig erscheinen. Lässt sich ferner darthun, dass Zellen, deren Oberfläche mit elastischer Substanz bedeckt ist, allmählig ganz zu Grunde gehen, so wird dies nur in der Weise erklärt werden können, dass die Zellen das Material hergeben müssen, aus dem die neu entstehenden Formelemente sich bilden.

Während demnach ein Aufbrauch und vollständiges Untergehen des Protoplasmas einer Zelle einen an deren Oberfläche stattfindenden Verdichtungsprocess der Grundsubstanz in hohem Grade problematisch machen würde, so wäre dadurch auf der anderen Seite ein Fingerzeig gegeben, wie man sich zwischen den beiden weiteren Möglichkeiten, ob die elastischen Ablagerungen durch die formative Thätigkeit des Protoplasmas, oder durch Ausscheidung nach Art einer Cuticularbildung zu Stande kommen, zu entscheiden habe. Letztere Annahme ist meiner Ansicht nach unhaltbar, wenn es sich herausstellt, dass die Bildung der elastischen Substanz an der Zelloberfläche nicht auf ein gewisses Maass beschränkt bleibt, sondern die Zellen so lange in deren Production fortfahren, bis nur noch der Kern vorhanden, dann auch dieser schwindet, und schliesslich aus der ganzen Zelle eine elastische Masse geworden ist. Sicherlich wird in diesem Falle nicht mehr von einer Ausscheidung die Rede sein können, sondern es sich um eine Metamorphose der Zellsubstanz selbst handeln müssen.

Von sämmtlichen Untersuchern ist DEUTSCHMANN der einzige, welcher über eine partielle und totale Umwandlung des Zellprotoplasmas berichtet, und diese seine Angaben durch Abbildungen illustriert. Wir sehen aus ihnen, dass einzelne Zellen in dem Arytaenoidknorpel des Rindes theilweise, oder bereits vollständig in eine körnige oder faserige elastische Masse umgeformt worden sind. Leider ist die Darstellung, welche DEUTSCHMANN von diesem Umwandlungsprocesse gibt, keine durchaus erschöpfende, indem es schwer hält, sich über manche Punete eine klare Anschauung zu bilden. Hauptsächlich ist es die Frage, ob die Umwandlung in elastische Substanz in der Zellkapsel, oder im Protoplasma beginnt, über die DEUTSCHMANN sich in unbestimmter Weise äussert: doch wird als das Wahrscheinlichere angenommen, dass der Process in der Knorpel-

kapsel seinen Anfang nehme, da die körnige Beschaffenheit derselben, »der körnige Kapselcontour« keiner in der Umwandlung begriffenen Zelle fehle, während oft das Zellprotoplasma noch ganz unverändert sei. Wie schon erwähnt, sieht DEUTSCHMANN die Kapsel als ein Attribut der Zelle an, und ist in Folge dessen geneigt, sie als peripheren Bestandtheil der Zelle zuerst der Umbildung anheim fallen zu lassen. Da ich nun bezüglich der Zugehörigkeit der Kapseln zu den Knorpelzellen mit DEUTSCHMANN nicht übereinstimme, sondern dieselben nach dem Vorgange von M. SCHULTZE und REMAK, deren Auffassung wohl allgemeinen Anklang gefunden hat, als zuletzt gebildete Parteen der Intercellularsubstanz betrachte, so wollte mir nicht recht in den Sinn, dass die in der Kapsel beginnende Umwandlung später erst auf die Zelle übergreifen sollte.

Gerade auf diesen Punct warf ich daher bei der vorliegenden Untersuchung mein Augenmerk, und es gelang auch über denselben mit Hülfe der Goldmethode, durch welche sich bei geeigneter Anwendung eine dreifache Färbung erzielen lässt, eine vollständig klare und befriedigende Anschauung zu gewinnen. Ich vermochte den Process der Umbildung von den ersten Anfängen an auf das genaueste zu verfolgen, und so das Zustandekommen derjenigen Erscheinung, welche DEUTSCHMANN den körnigen Kapselcontour nennt, aufzuhellen.

Die dreifache Färbung, welche man mittelst der Tinction feiner durch den Arytaenoidknorpel geführter Schnitte mit schwachen Lösungen von Goldchloridkalium erhält, äussert sich in der Weise, dass die Zellen einen violetten, die elastische Substanz einen schiefer- oder grünlich-grauen Ton annehmen, während die Grundsubstanz weisslich bleibt, oder leicht bläulich erscheint.

Die Goldlösung, deren ich mich bediente, besass eine Stärke von 1 : 10000  $H_2O$ ; in derselben blieben die frisch angefertigten Schnitte ungefähr 9—10 Stunden liegen, dann wurden sie in leicht angesäuertem Wasser ausgespült, und hierauf in Glycerin dem Lichte exponirt; die erwähnte Färbung fing ungefähr am dritten Tage an sichtbar zu werden. Um zum Ziele zu gelangen, scheint es gerathen, die Schnitte nicht länger, als die angegebene Zeit, in der Goldflüssigkeit zu lassen, da sonst die Tinction zu stark wird, wodurch die elastischen Elemente statt einer schiefergrauen eine dunkelviolette Farbe erhalten. Leider hat man es auch bei der genauesten Befolgung des geschilderten Verfahrens wegen der Unsicherheit der Goldmethode nicht in der Hand, immer die gewünschte Färbung hervorzurufen, indem gar manche Tinction nicht gelingt. Doch wird

man durch solche Schnitte, bei denen es geglückt ist, für andere Misserfolge reichlich entschädigt. Denn es bedarf keiner besonderen Erörterung, dass bei dieser dreifachen Färbung die elastischen Elemente von den ersten Stadien ihres Auftretens an sich mit grosser Deutlichkeit, sowohl gegen die Grundsubstanz, als gegen die Zellen abheben müssen.

Von den anderen Tinctionsmethoden, welche hier ausser der Goldfärbung in Betracht kommen, kann ich die Behandlung von Schnitten mit Picrocarmin, oder mit Osmiumsäure, oder eine combinirte Anwendung der beiden letzteren Methoden empfehlen; dagegen habe ich mit der von HERTWIG angegebenen Doppelfärbung mit Carmin und Anilinblau<sup>1)</sup> keine guten Erfahrungen gemacht.

Ich gehe nun über zur Beschreibung der Bilder, welche mittelst der Goldmethode erhalten wurden. Als Untersuchungsobject diente in der ersten Zeit nur der Arytaenoidknorpel des Rindes, und zwar die dem processus vocalis nahe gelegenen Partien desselben, auf deren Schilderung ich mich vorerst beschränken will.

Das erste, was an derartigen Präparaten auffiel, waren Gebilde von kugelig oder länglich runder Gestalt, welche eine schiefergraue oder grünlich graue Farbe angenommen hatten. Ihre Beschaffenheit war keine homogene, sondern eine körnige und von ihrer Peripherie gingen Fasern radienförmig nach allen Richtungen hin ab, welche den gleichen Farbenton zeigten. Diese Fasern waren nicht immer continuirlich tingirt, sondern häufig fanden sich hellgebliebene Lücken, so dass hieraus ein gestricheltes Aussehen resultirte, ähnlich dem, welches die feinen Nervenfrübrillen der Cornea nach Goldfärbung erhalten. Viele dieser rundlichen Gebilde besaßen in ihrer Mitte einen etwas anderen Farbenton, indem die schiefergraue Färbung allmählig centralwärts einer helleren mehr violetten Farbe Platz gemacht hatte. Man findet diese in ihrer Form an die grünen Schalen essbarer Kastanien erinnernden Kugeln selten vereinzelt, meist immer in Gruppen von 4—8 bei einander liegend. Ihre Grösse ist, wie ein Blick auf Fig. 1 zeigt, eine sehr wechselnde; die kleineren werden von den grösseren um das Doppelte bis Dreifache übertroffen.

Um eine kürzere und bezeichnende Ausdrucksweise für die besprochenen höchst charakteristischen Bildungen anwenden zu können, will ich sie in Folge Faserkugeln benennen. Die von ihnen abgehenden Fasern sind theils kurz und zart, theils stärker und länger;

<sup>1)</sup> l. c. pag. 52.

in letzterem Falle greifen die von zwei benachbarten Kugeln abgehenden Fasern in einander, und verbinden sich durch Anastomosen. Zwischen und in der Umgebung der Faserkugeln liegen häufig, ohne mit ihnen im Zusammenhange zu stehen, vereinzelt oder gruppenweise Fäserchen, welche die gleiche Färbung aufweisen; sie kommen von benachbarten Faserkugeln, welche nicht in den Schnitt gefallen sind; nur wenige von ihnen verlaufen streckenweise der Schnittfläche parallel, die meisten durchsetzen den Schnitt in mehr oder weniger schiefer Richtung.

Die von den Faserkugeln abgehenden Fasern sind mitunter sehr lang und zuweilen gelingt es, einige derselben auf grössere Strecken hin bis zu solchen Parteen des Arytaenoidknorpels zu verfolgen, welche bereits in ausgesprochener Weise die Structur des Netzkorpels zeigen. Man kann dann in diesen glücklichen Fällen den Uebergang jener Fasern in das elastische Netzwerk deutlich wahrnehmen. Auch dieses hatte bei einigen Präparaten den gleichen grüngrauen Farbenton angenommen; meistens jedoch waren die Fasern desselben entweder überhaupt nicht, oder dunkelviolet gefärbt.

Was die in der Umgebung der Faserkugeln gelegenen Knorpelzellen betrifft, so zeigten die meisten, abgesehen von den verschiedenen Schrumpfungsercheinungen, kein von dem gewöhnlichen abweichendes Verhalten. Ihre Farbe ist eine violette, der Kern dunkler gehalten. Eine verhältnissmässig geringe Zahl von Zellen dagegen hat eine bald mehr bald weniger tiefgreifende Veränderung erlitten. Die am häufigsten zu beobachtende Umänderung besteht darin, dass die Zelle zwar ihre äussere Gestalt vollkommen bewahrt hat, aber anstatt ihrer violetten Färbung durchaus schiefergrau geworden ist; das fein granulirte Protoplasma ist in eine körnige, stellenweise streifige Masse übergegangen; ein Kern ist nur äusserst selten bei scharfer Einstellung auf die Mitte der Zelle zu sehen. Diese schiefergrauen Klümpchen, welche die Zellform noch beibehalten haben, gehen, wie sich un schwer verfolgen lässt, in kleine Faserkugeln über. Man braucht sich einfach von den letzteren die radienförmig ausstrahlenden Fasern entfernt zu denken, so hat man das Bild eines je nach der ursprünglichen Zellform länglichen oder rundlichen Kügelchens vor sich. Indem dieses sich allmählig vergrössert, und aus ihm nach allen Richtungen Fasern hervorschiessen, entsteht eine Faserkugel.

Ferner sind an gelungenen Goldpräparaten Zellen zu beobachten, welche zwar noch unverändertes violett gefärbtes Protoplasma besitzen,

daneben aber eine bald grössere bald geringere Menge graugrüner körniger Substanz neben sich in ihrer Höhle bergen. Zu dem noch unveränderten Protoplasma steht die graue Substanz bezüglich ihrer Menge in umgekehrt proportionalem Verhältniss. Findet sich die letztere nur in Spuren vor, dann ist am meisten Protoplasma erhalten, das in dem Maasse schwindet, in welchem die grau gefärbte Substanz zunimmt. Zur Illustration des allmäligen Anwachsens der letzteren dient Fig. 2, in welcher ich Zellen, die sich in den verschiedenen Stadien des zu schildernden Processes befinden, zusammengestellt habe.

Wir sehen bei *a*, *b*, *c* dieser Abbildung, wie die graue körnige Substanz in ganz geringer Menge an der Oberfläche des Zellkörpers aufgetreten ist. Ihrer Gestalt nach stellt sie eine rundliche oder unregelmässig umgrenzte Scheibe dar, welche zwischen dem Protoplasma und der Wandung der Zelhöhle liegt. Bei den auf einer oder zwei Seiten mehr spitz auslaufenden Knorpelzellen sitzt die Scheibe besonders gern dem einen Zipfel der Zelle haubenförmig auf (Fig. 2 *d*). Indem nun an den Rändern der Scheibe sich mehr und mehr graue körnige Substanz anlegt, wächst sie der Fläche nach, und überzieht immer grössere Strecken der Zelloberfläche. Es können diese Substanzanlagerungen entweder überall gleichmässig oder an einigen Stellen besonders rasch erfolgen; in diesem Falle sieht man dann von der Scheibe einzelne oder mehrere Fortsätze abgehen (Fig. 2 *e*). In einem weiteren Stadium hat das Flächenwachsthum der Scheibe einen so hohen Grad erreicht, dass beinahe die ganze Zelle von ihr umschlossen ist (Fig. 2 *f*). Schliesslich hat die körnige Masse die Zelle vollständig überzogen und bildet eine Art Hülse, in deren Höhlung das noch unveränderte Protoplasma mit dem Zellkern liegt.

Nachdem dieses Stadium erreicht ist, kommt es zu einem Dickenwachsthum der körnigen Substanz, indem auf ihrer inneren der Zelle zugekehrten Seite fortwährend neue Anlagerungen stattfinden. Dadurch wird der Raum, in welchem die Zelle liegt, immer kleiner, wodurch natürlich die Zelle selbst auf ein immer geringeres Volumen reducirt wird. Schliesslich verschwinden Protoplasma und Kern gänzlich und es kommt zur Bildung jener grauen körnigen Klümpchen, welche wir oben als Vorläuferstadien der Faserkugeln kennen gelernt haben.

Man könnte durch die gegebene Beschreibung der einzelnen Stadien dieses Umbildungsprocesses zu der Ansicht verleitet werden,

als müsste im Arytaenoidknorpel immer erst eine totale Umwandlung einer Zelle in die körnig streifige Masse vorausgegangen sein, ehe es zur Bildung von faserigen Elementen käme, welche aus den metamorphosirten Zellen, nachdem deren Kern untergegangen ist, hervorsprossen. Ich verwahre mich gegen diese Auffassung um so mehr, als die geschilderte Reihenfolge der Stadien keineswegs immer eingehalten wird. So beobachtet man häufig, wie Fasern von der körnigen Scheibe abgehen, lange bevor diese einen vollständigen Ueberzug um die Zelle bildet (Fig. 2 *g*). Dies kommt besonders bei den mehr spindelförmigen, oder sonst spitz auslaufenden Knorpelzellen vor, bei denen, wie berichtet, die körnige Masse wie eine Haube den kegelförmig zugespitzten Enden der Zelle aufsitzt. Bei derartigen Zellen bleibt sogar meistens eine totale Umwachsung der Zellen überhaupt aus. Ich werde später hierauf zurückkommen.

Ferner hat man oft Gelegenheit Zellen im Inneren von körnigen Hülse zu beobachten, bei denen angenscheinlich die Metamorphose des Protoplasmas ihre Grenze erreicht hat, indem von einer oder mehreren Stellen der Hülse Fasern auswachsen, die oft schon eine ziemliche Länge erreicht haben, während die im Inneren derselben liegende Zelle in ihrer Grösse kaum merklich gelitten hat. Dass in solchen Fällen späterhin noch Faserkugeln entstehen, scheint mir sehr unwahrscheinlich.

Was die Deutung der beschriebenen Bilder anlangt, so handelt es sich zunächst darum, die Natur der körnigfaserigen mit Gold sich schiefergrau oder grünlich grau färbenden Massen festzustellen. Ich glaube nicht zu irren, wenn ich dieselben als elastische anspreche, und zwar hauptsächlich darauf gestützt, dass sich die aus Faserkugeln entspringenden Fasern direct bis zu den Netzen des elastischen Knorpels verfolgen lassen. Ferner zeigen die körnigen Massen der Faserkugeln ein gleiches Verhalten gegen Pierocarmin, sowie Anilinblau, wie die elastischen Fasern des Netzknorpels, indem beide sich durch das erste gelb, durch das letztere blau färben. Auch durch Osmiumsäure werden beide gelblich braun tingirt.

Das Verhalten gegen die angegebenen Tinctiionsmittel spricht auch dagegen, in den körnigen Massen der Faserkugeln beginnende Erweichungsstellen zu suchen; denn abgesehen davon, dass von ihnen Fasern entspringen, müsste die Färbung von wegen des an solchen Stellen befindlichen fein zertheilten Fettes nach Anwendung von Osmiumsäure und Gold eine andere sein. Nach der Behandlung mit Osmiumsäure müssten die Erweichungsherde schwärzlich er-

scheinen. und Gold färbt, meiner Erfahrung nach. Fette nur violett. Ich bin weit entfernt, das Vorkommen von Erweichungsprocessen im Arytaenoidknorpel in Abrede zu stellen, denn, wie RABL-RÜCKHARD gang richtig angibt, kann man deren Folgezustände auf Durchschnitten schon mit unbewaffnetem Auge als kleine Höhlen erkennen, welche mit einem grünlichen breiigen Inhalt erfüllt sind. Dagegen halte ich es für unzulässig, die Faserkugeln als erweichte Stellen der Grundsubstanz aufzufassen; beide sind von einander grundverschiedene Bildungen, wovon die Entstehungsweise der ersteren am besten Zeugniss ablegt. Unzweifelhaft hat schon RABL-RÜCKHARD die Faserkugeln gesehen, und zwischen ihnen und den der Erweichung anheimfallenden Particen streng unterschieden. Die ersteren beschreibt er als Stellen, welche scheinbar körnig sich bei starker Vergrösserung als ein dichtes Gewirr feinsten elastischer Fasern zu erkennen geben, aus welchen strahlenartig längere Fasern hervorschiessen. Dass die Faserkugeln durchaus von einem Filz elastischer Fäserchen gebildet werden sollen, kann ich jedoch höchstens nur für deren peripheren Particen zugeben; die centralen setzen sich nur aus Körnern von verschiedener Grösse zusammen, die an den Berührungstellen mit einander verschmolzen sind, und so ein poröses Gefüge bilden.

Nachdem es sich nun gezeigt hat, dass die durch Gold sich grau färbenden Elemente dem elastischen Gewebe angehören, so können wir an der Hand der Goldbilder die Entstehungsweise derselben von den ersten Anfängen an mit grosser Klarheit verfolgen. Als Ausgangspunct ist dasjenige Stadium zu betrachten, in welchem die elastische Substanz als kleines Scheibchen dem Zellprotoplasma aufliegt. Dasselbe breitet sich in der Peripherie immer weiter aus, und es können von ihm, schon ehe es zu einer vollständigen Umwachsung der Zelle gekommen ist, Fasern abgehen. In den meisten Fällen scheint jedoch das elastische Scheibchen erst die ganze Zelle überziehen zu müssen, ehe es zur Bildung von Fasern kommt. Bei den rundlichen Zellen ist dann aus der elastischen Scheibe eine Hohlkugel geworden, in deren Innerem die Zelle versteckt ist. Denkt man sich eine solche Zelle in der Mitte durchschnitten, so erscheint dieselbe von einem körnigen elastischen Ringe umgeben. Dies sind diejenigen Bilder, welche meines Ermessens nach DEUTSCHMANN zu der Annahme verleiteten, dass die Knorpelkapsel sich an dem Umbildungsprocess theilnähme. Da er die Genese dieses körnigen Ringes, d. h. der elastischen Hülse nicht kannte, so wahr es nahe-

liegend, dieselbe als metamorphosirte Kapsel zu deuten. Die Meinung DEUTSCHMANN'S, dass der Umbildungsprocess in der Knorpelkapsel beginne, erklärt sich, wie ich glaube, aus der von ihm angewandten Tinctionsmethode der Carminimbition. Seinen Angaben zu Folge färbt sich der körnige Ring, welchen er den »elastischen Zelleontour« nennt, erst dann intensiver mit Carmin, wenn er eine gewisse Stärke erreicht hat. Die Anfänge desselben markiren sich also nicht durch besonderen Unterschied in der Färbung. Dadurch war es leicht möglich die erste Anlage der elastischen Substanz zu übersehen, welche die Goldmethode in so vorzüglicher Weise zur Anschauung bringt.

Bezüglich des weiteren Verlaufes der Bildung von elastischen Formelementen stimme ich mit DEUTSCHMANN wieder in den meisten Punkten überein. Es wächst, um kurz zu recapituliren, die elastische Hülse sowohl auf Kosten der Zellsubstanz, welche dabei immer mehr schwindet, als auch verbreitert sie sich peripher gegen die Grundsubstanz zu, welche der körnigen Masse Platz machen muss. Wachsen nun aus derselben Fasern hervor, so entstehen diejenigen Gebilde, welche ich Faserkugeln genannt habe, und welche gewissermassen Centren darstellen, von denen aus das Wachsthum der elastischen Fasern vor sich geht.

Nachdem ich durch die Goldbilder einmal auf die geschilderten Vorgänge aufmerksam geworden war, gelang es, dieselben auch bei Anwendung anderer Tinctionsmittel, wie Pierocarmine, Osmiumsäure, und schliesslich auch an frisch angefertigten in  $\frac{1}{2}$ procentiger Kochsalzlösung untersuchten Schnitten zu erkennen. Die Behandlung frischer Schnitte mit Kalilauge ergab, dass die durch Gold sich grau färbenden Elemente, auch gegen dieses Reagens sich vollkommen analog dem elastischen Gewebe verhalten.

Von Bedeutung erschien ferner die Frage, ob die in der Bildung von elastischer Substanz begriffenen Zellen, dabei in allen Fällen zu Grunde gehen müssen, oder ob sie erhalten bleiben können. Mit Hülfe der genannten Methoden lässt sich mit Sicherheit feststellen, dass relativ häufig der Umbildungsprocess auf ein gewisses Maass beschränkt bleibt, und die Zellen persistiren. Dies scheint bei allen denjenigen Zellen der Fall zu sein, bei denen das elastische Scheibchen keine grosse Ausbreitung erlangt, indem es als Haube dem kegelförmig zugespitzten Ende der Zellen aufsitzt. Von der Spitze der Haube sieht man die elastischen Fasern büschelförmig ausstrahlen, und kann die stärkeren ziemliche Strecken weit in die

Grundsubstanz hinein verfolgen. Zu wiederholten Malen fand ich die Hauben sogar gänzlich von der Zelle losgetrennt, indem sich zwischen beide eine schmale Zone hyaliner Grundsubstanz eingeschoben hatte. Diese war offenbar, nachdem die Bildung der körnigen elastischen Masse ihr Ende erreicht hatte, von der Zelle producirt worden, wodurch die erstere von der Zelloberfläche abgehoben wurde.

Wir haben bisher die Entstehung des elastischen Gewebes nur an denjenigen Particellen des Arytaenoidknorpels verfolgt, welche nicht in unmittelbarer Nähe von fertigem Netzknorpel lagen. An den Stellen jedoch, welche direct an diesen angrenzen, geht der Process in wesentlich anderer Weise vor sich. Goldpräparate leisteten hier weniger gute Dienste, während sich dagegen die Färbung mit Picrocarmin, wodurch die elastischen Elemente gelblich, die Zellen roth tingirt werden, sehr empfiehlt. An besagten Stellen finden sich keine Faserkugeln vor, da diese niemals so nahe an den eigentlichen Netzknorpel heranrückten. Ferner haben hier, — nicht wie in der Umgebung der Faserkugeln nur wenige — sondern beinahe die Hälfte der in einem Gesichtsfeld liegenden Zellen eine vollständige elastische Hülse. Gewöhnlich sind die Hülsen von zwei oder drei Zellen mit einander verwachsen; es können auch noch mehrere Zellen eine derartige Verbindung mit einander eingehen. In diesen Fällen entstehen dann Zellennester, welche einen eigenthümlichen Eindruck machen. Die Zellen derselben sind eingebettet in eine gelbliche stark glänzende körnige Masse, in welcher man die früheren Hülsen nicht mehr unterscheiden kann, da sie fest aneinander gekittet sind, und so eine zusammenhängende elastische Masse darstellen, welche sich in der Peripherie mehr oder minder ausgedehnt hat. Ein centrales auf Kosten der eingeschlossenen Zellen erfolgendes Wachstum dagegen findet nicht statt, was man daraus schliessen kann, dass dieselben hinter den freien in der Grundsubstanz liegenden Zellen an Grösse nicht sonderlich zurücktreten.

Auch bei den vereinzelt gebliebenen Zellen, sowie bei den Gruppen von nur zwei oder drei Zellen, deren Hülsen mit einander verschmolzen sind, haben die Zellen an Grösse keine merkliche Einbusse erlitten, so dass auch hier nur eine in der Peripherie erfolgende Dickenzunahme der Hülse anzunehmen ist. In vielen Fällen heben sich die Hülsen, selbst wenn sie schon eine gewisse Mächtigkeit erlangt haben, scharf von der umgebenden hyalinen Substanz ab: in anderen Fällen sieht man die Hülsen allmählig in eine Körnelung übergehen, die nach der Peripherie zu immer schwächer wird.

Der Unterschied zwischen dieser Körnelung und den die Hülsen zusammensetzenden Elementen beruht in der Grösse und der Lagerung der einzelnen Körner. Die Hülse setzt sich aus grösseren Körnern zusammen, welche eng zusammengedrückt sind; die Körnelung aus kleineren, weniger dicht neben einander gelegenen. Dieses Lagerungsverhältniss erklärt es auch, warum die innerste aus den grössten und dicht zusammengepressten Körnern bestehende Schicht, bei gewisser Einstellung als glänzender Saum um die Zelle erscheint. Es entsprechen, wie ich glaube, diese Bilder der RANVIER'schen Zeichnung<sup>1)</sup>, welche ein Präparat darstellt, das dem Arytaenoidknorpel eines ausgewachsenen Hundes entnommen ist. Ueber die Bedeutung der stark glänzenden polyedrischen Körner, welche unmittelbar der Zelle anliegen, spricht sich RANVIER, wie oben bemerkt, nicht aus; in der Körnelung, aus welcher die elastischen Fasern hervorgehen, sieht er eine Umwandlung der Grundsubstanz.

Von der ausgeprägt polyedrischen Form der einzelnen Körner habe ich mich weder beim Giessbeckenknorpel des Hundes, noch des Rindes überzeugen können. Auch scheint mir RANVIER darin zu weit gegangen zu sein, dass er zwischen dieser Körnerschicht und der aus weniger grossen Körnern bestehenden Umgebung eine scharfe Grenze gezogen hat. Eine solche existirt meines Erachtens nicht, und der bei einer gewissen Einstellung die Zelle umgebende hell glänzende Saum erklärt sich einerseits aus dem stärkeren Lichtbrechungsvermögen der elastischen Substanz, andererseits aus der Grösse und der dichten Lagerung der die Zelle bedeckenden Körner.

Aus dem Gesagten erhellt, dass auch ich wie RANVIER in der Körnelung eine Vorstufe der elastischen Fasern erblicke, dass wir aber beide hinsichtlich der Entstehungsart der Körnelung nicht übereinstimmen. Während sie RANVIER aus der Grundsubstanz hervorgehen lässt, sehe ich in ihr eine Wucherung und Ausbreitung der Hülse. Es ist die elastische Substanz, welche nachdem sie einmal von der Zelle angelegt ist, sich auf eine uns unbekannt Weise vermehrt. Wie die gefensterten Membranen aus Fasernetzen durch fortgesetzte Dickenzunahme der Fasern zu Stande kommen, so wächst hier in Gestalt einer feinen Körnelung die elastische Hülse immer weiter in die hyaline Grundsubstanz hinein. Leider ist es in Anbetracht der Feinheit der Elemente unmöglich, morphologisch dieses Wachsthum zu verfolgen, und wir können nur vermuthen, dass

<sup>1)</sup> *Traité technique d'histologie* pag. 412.

zwischen den einzelnen Körnchen, indem immer eines an irgend einer Stelle aus einem zweiten hervorsprosst, zu gewissen Zeiten ein Zusammenhang bestanden habe.

So viel ist jedoch sicher, dass aus der Körnelung elastische Fasern hervorgehen, da man letztere bald in derselben verlaufen, bald aus ihr hervortreten sieht. Nach DEUTSCHMANN soll ein Fäserchen aus reihenweise gelagerten Körnchen durch Verschmelzung derselben in einer Linie entstehen. Mir scheint diese Angabe DEUTSCHMANN's nicht unwahrscheinlich, obwohl es mir selbst nicht geglückt ist, einen derartigen Fall deutlich wahrzunehmen. Zwar könnten die durch Gold gefärbten Fäserchen, welche aus einer Reihe von kleinen grünlich grauen Puncten oder Strichen zu bestehen scheinen, geneigt machen, ein Zusammentreten von Körnern im Sinne DEUTSCHMANN's anzunehmen; doch glaube ich dieses Aussehen auf Rechnung der Goldtinction setzen zu müssen, zumal ich mich öfters davon überzeugte, dass die hell gebliebenen Lücken keine Unterbrechung der Faser selbst, sondern nur der Tinction vorstellten.

Es erübrigt mir noch, der Ausbreitung der von der elastischen Hülse stammenden Körnelung zu gedenken. Zuweilen sieht man, wie nur an einer Stelle der Hülse die Körnelung auftritt und sich dann nur nach einer Richtung hin ausdehnt. In den meisten Fällen geht die Hülse an allen Stellen in die Körnelung über, und nun erfolgt, wie ein Vergleich verschiedener Präparate ergibt, zuerst eine ziemlich gleichmässige periphere Zunahme derselben. Lange kann diese jedoch nicht andauern, da sich bald unveränderte Zellen in den Weg stellen. Zwischen letztere hinein dringt nun die Körnelung, und diese eindringenden Fortsätze vereinigen sich mit denen einer entgegen wachsenden Körnelung. Schliesslich ist es dahin gekommen, dass die hyaline Substanz bis auf diejenigen Partien, welche als Höfe die unverändert gebliebenen Zellen umgeben, durch die Körnelung verdrängt worden ist. Aus dieser haben sich unterdessen schon in grösserer oder geringerer Menge elastische Fasern entwickelt, wodurch das characteristische Bild des ausgebildeten Netzknorpels zum Abschluss gekommen ist.

Aus dieser Art und Weise der Bildung des elastischen Knorpels ist es auch verständlich, warum man bei einer nur flüchtigen Untersuchung des Arytaenoidknorpels leicht zu der Ansicht gelangen kann, die elastischen Fasern entstünden aus körnigen Stellen der Grundsubstanz. Es ist klar, dass diese feinkörnigen Stellen,

welche man bei vielen Schnitten in wechselnder Ausdehnung zwischen den Zellen antrifft, den Fortsetzungen einer Körnelung entsprechen, deren Ausgangspunct nicht in den Schnitt gefallen ist. Sieht man nun noch in der Körnelung Fasern auftreten, so ist der Schluss rasch fertig, die elastischen Fasern entstehen aus einer Umbildung der Grundsubstanz. Ich gestehe, dass es mir ähnlich erging, als ich vor vier Jahren die DEUTSCHMANN'sche Arbeit zugeschickt erhielt, und in Folge dessen von dem Arytaenoidknorpel des Rindes eine Anzahl Schnitte anfertigte. Die elastischen Hülzen, »den elastischen Contour« DEUTSCHMANN's, sah ich zwar damals schon, jedoch schienen mir die Fasern auch unmittelbar aus der körnigen Grundsubstanz hervorzugehen.

Bereits früher ist darauf hingewiesen worden, dass die in der nächsten Umgebung des ausgebildeten Netzknorpels liegenden Zellen, welche bereits eine elastische Hülse gebildet haben, bei deren Dickenwachsthum nicht merklich kleiner werden. Dies scheint auch in späterer Zeit nicht der Fall zu sein, ja es lässt sich nachweisen, dass sie sich von ihrer elastischen Umhüllung loslösen können, indem sie wieder hyaline Substanz produciren, und so durch einen hyalinen Hof ebenso von dem elastischen Gewebe geschieden werden, wie diejenigen Zellen, welche sich bei dessen Bildung überhaupt nicht betheilig haben. Es kann daher bei dem ausgebildeten Netzknorpel von einer Zelle, die, umgeben von ihrem hyalinen Hofe, in der elastischen Fasermasse liegt, nicht mit Bestimmtheit gesagt werden, ob sie ursprünglich eine elastische Hülse besessen, oder ob sie erst später von dem elastischen Gewebe umwachsen worden sei.

Der Nachweis, dass eine Zelle durch erneute Production von hyaliner Substanz die Hülse von sich abheben könne, gelang bei den Zelleninseln, von denen oben berichtet wurde, dass sie durch eine Vereinigung der Hülzen mehrerer Zellen entstanden sind. Es liegen die einzelnen Zellen in einer elastischen Substanz eingebettet, welche durchaus aus grösseren dicht zusammengedrängten Körnern nach Art der Hülzen besteht, und deshalb als glänzend gelbliche Masse erscheint. Peripher ist dieselbe grösstentheils gegen ihre hyaline Umgebung scharf abgegrenzt, indem nur an einzelnen Stellen ein allmäliger Uebergang in eine Körnelung zu beobachten ist. Fig. 3 zeigt eine solche aus sieben Zellen sich zusammensetzende Insel. Nach oben steht sie durch die Körnelung mit der körnigfaserigen Masse des Netzknorpels im Zusammenhang, nach

unten ragt sie frei in den noch hyalinen Knorpel hinein, sich von dessen Grundsubstanz scharf abhebend, indem jeglicher Uebergang in eine Körnelung fehlt. Bei zwei Zellen hat nun eine Lostrennung von der elastischen Umhüllung stattgefunden dadurch, dass sich eine hyaline Zone zwischen diese und die Zelle eingeschoben hat. Dass der helle Ring um die beiden Zellen wirklich aus hyaliner Substanz besteht, und nicht, wie man vielleicht glauben könnte, ein Kunstproduct darstellt, welches durch die Retraction der Zelle in Folge der Schrumpfung entstanden ist, liess sich unschwer erkennen.

Ausser dem Arytaenoidknorpel des Rindes habe ich auch den des Kalbes, des Schweines, des Schafes und des Hundes untersucht; bei keinem derselben lässt sich die Entstehung der elastischen Substanz sowohl, als der allmälige Aufbau des Netzknorpels mit der Deutlichkeit verfolgen, wie beim Rinde. Faserkugeln in ausgebildeter Form z. B. habe ich nur bei diesem angetroffen. Zu einem bestimmten Zweck jedoch ist der Arytaenoidknorpel des Schafes ein sehr geeignetes Object, wenn es sich nämlich darum handelt, sich von dem Wachsthum der elastischen Hülssen und dem Untergang der Zellen in denselben ein klares Bild zu verschaffen. Schneidet man den Giessbeckenknorpel von Schafen in verticaler Richtung durch, so sieht man schon mit unbewaffnetem Auge die ziemlich scharfe Grenze, welche als eine horizontal nicht weit von der Spitze des Knorpels verlaufende Linie die obere aus gelbem Knorpel bestehende Abtheilung von den darunter gelegenen hyalinen Partien scheidet. Die unmittelbar an diese Grenzlinie stossende Schicht des hyalinen Knorpels enthält die in der Metamorphose begriffenen Zellen. Es ist dieses Object deshalb so empfehlenswerth, weil die Zellen, die sich in den verschiedensten Stadien des Anwachsens der elastischen Hülse und des Untergangs ihres Protoplasmas befinden, oft dicht neben einander in einem Gesichtsfeld liegen (Fig. 4), und so der ganze Process bequem übersehen werden kann, ohne dass man genöthigt ist, das Präparat zu verschieben. Aus diesem Grunde möchte ich Jedem, der sich von der Umwandlung des Protoplasmas überzeugen will, anrathen, sich dieser Objecte zu bedienen, und die Schnitte mit Osmiumsäure oder Picrocarmin zu tingiren.

Da bei dem Uebergang des hyalinen in den Netzknorpel die neu auftretenden elastischen Elemente die Grundsubstanz theilweise verdrängen, so muss natürlich ein Schwinden der letzteren gleichzeitig mit einhergehen. Dasselbe wird unzweifelhaft durch Erwei-

ehungsprocesse in der Grundsubstanz bedingt, welche eine feine Fettablagerung zur Folge haben. Man sieht daher fast regelmässig in der Nähe des fertigen Netzkorpels derartige Stellen, an denen sich Fetttröpfchen von der verschiedensten Grösse erkennen lassen. Allerdings besitzen auch diese Stellen ein körniges Aussehen, doch ist dasselbe auch bei nicht mit Osmiumsäure behandelten Schnitten leicht von der elastischen Körnelung zu unterscheiden, da die Fetttröpfchen meist grösser sind, wie die feinen elastischen Körnchen.

So viel von der Genese der elastischen Elemente in dem Arytaenoidknorpel. Auch auf das zweite Object, an welchem dieselbe geprüft wurde, auf den fötalen Ohrknorpel glaubte ich meine Untersuchungen ausdehnen zu müssen. Es standen mir drei menschliche Embryonen zur Verfügung, welche in Spiritus aufbewahrt worden waren. Von ihnen maassen zwei 21 Cm., der dritte 19 Cm. Die durch das Ohr derselben in horizontaler Richtung angefertigten Schnitte wurden mit Pierocarmin gefärbt. Auf die Beschreibung derselben brauche ich nicht des Weiteren einzugehen und kann mich ganz kurz fassen, da ich zu den gleichen Resultaten wie HERTWIG gekommen bin. Ich verweise auf meine nach feinen Schnitten gezeichneten Abbildungen Fig. 5 u. 6, welche vollständig mit denen HERTWIG's<sup>1)</sup> übereinstimmen. Die feinen elastischen Fäserchen lagen immer wenigstens einer Zelle dicht an; die Theilungsstellen einer Faser wurden gewöhnlich von einer Zelle ausgefüllt; auch stand mitunter über den Rand des Schnittes eine Faser vor, welcher noch eine Zelle anklebte. Es scheint mir daher sicher erwiesen, dass es eine Zeit gibt, während welcher die jungen elastischen Fäserchen des Ohrknorpels an einer oder mehreren Stellen ihres Verlaufes der Oberfläche von Zellen sich anschniegen. Leider sind noch frühere Stadien unbekannt. Die Fasern treten uns bei Embryonen von 18 Cm. entgegen, wenn sie schon eine gewisse Länge erlangt haben; sind dagegen bei Embryonen von 15 Cm. nach HERTWIG's Erfahrungen überhaupt noch nicht vorhanden. Dazwischen fällt die Zeit ihres ersten Auftretens und es ist daher um so mehr zu bedauern, dass wir wegen der Schwierigkeit, geeignetes Material in frischem Zustande zu beschaffen, wahrscheinlich noch lange warten müssen, bis ein glücklicher Zufall auch über die erste Anlage der elastischen Fasern des Ohrknorpels Aufklärung bringen wird. Sicherlich wird auch hier die Goldmethode, die eben nur beim fri-

---

<sup>1)</sup> l. c. Fig. 2

sehen Objecte Anwendung finden kann, sich von gleichem Vortheil erweisen, wie bei dem Arytaenoidknorpel.

Zum Schlusse sei mir gestattet auf die Folgerungen einzugehen, welche sich aus den Resultaten der vorliegenden Untersuchungen für die Auffassung der Genese des elastischen Gewebes ziehen lassen. Hauptsächlich scheinen es mir folgende drei Ergebnisse zu sein, welche hier in Betracht kommen, und die ich nochmals kurz neben einander stellen will: sie betreffen sämmtlich den Arytaenoidknorpel.

- 1) Es kann eine Zelle unter Schwinden ihres Kerns vollständig in elastische Substanz umgewandelt werden.
- 2) Die Anlage der elastischen Substanz braucht nicht die ganze Zelloberfläche zu überziehen, sondern kann sich auf einzelne Stellen derselben beschränken.
- 3) Die an einer Stelle oder an der ganzen Oberfläche der Zelle befindliche neugebildete Substanz kann durch erneute Production von hyaliner Grundsubstanz von der Zelle abgehoben und losgetrennt werden.

Wie verhalten sich nun diese drei Befunde zu der Frage, woher das Material stamme, aus dem das elastische Gewebe sich bildet? Dass hiermit nur dessen erste Anlage verstanden sein soll, brauche ich nicht mehr besonders hervorzuheben; denn woher die zum Auswachsen und zur Vermehrung der einmal vorhandenen elastischen Elemente nöthigen Stoffe stammen, darüber lässt sich kein Entscheid treffen. Wir sind nur im Stande dasselbe morphologisch zu verfolgen, indem wir die Verstärkung und Verdichtung der elastischen Fasernetze stufenweise beobachten; eine objectiv wahrnehmbare Thätigkeit der Zellen bei diesen Vorgängen ist nicht nachzuweisen. Wir kennen eben die dabei wirksamen Factoren nicht, und thun besser daran, diese Unkenntniss offen einzugestehen, als dieselbe hinter den Worten »Wachsthum durch Intussusception oder Apposition« zu verstecken.

In weit günstigerer Lage befinden wir uns dagegen hinsichtlich der ersten Anlage des elastischen Gewebes: hier gibt uns die Morphologie Thatsachen an die Hand, welche zu bestimmten Schlussfolgerungen berechtigen. So geht aus der vollständigen Umwandlung von Zellen in elastische Substanz, wie sie in dem Arytaenoidknorpel thatsächlich stattfindet, mit Sicherheit hervor, dass hier im gegebenen Falle keine Verdichtung der Grundsubstanz in elastische Elemente vorliegen kann, da der Ort, an welchem früher die Zelle

lag, von einem elastischen Klümpchen eingenommen wird. Damit ist allerdings nicht bewiesen, dass eine locale Verdichtung und Erhärtung der Grundsubstanz in elastische Fasern überhaupt nicht vorkommen könne; doch glaube ich dieser Ansicht nur das Recht einer Hypothese zugestehen zu können, gegen welche sich mancherlei Einwendungen machen lassen. So ist in erster Linie nicht einzusehen, wie man sich eine Erhärtung und Verdichtung einer Substanz vorstellen solle, deren Endresultat das Auftreten eines neuen von dieser Substanz chemisch differenten Körpers ist. Es haben sich daher von chemischer Seite begründete Bedenken gegen die Erhärtungstheorie geltend gemacht. So sagt KÜHNE in seinem Lehrbuche der physiologischen Chemie<sup>1)</sup>: »Mit dem Ausspruche, dass die elastischen Fasern durch Verdichtung aus der collagenen Substanz entständen, ist Nichts gesagt, ja derselbe schliesst eine bare Unmöglichkeit ein, wenn er, wie zu verlangen, nur im mechanischen Sinne gelten soll, weil das Elastin chemisch von jenem different ist. Soll hiergegen eingewendet werden, Differenzen in der procentischen Zusammensetzung bewiesen Nichts, weil die chemischen Isolirungsmethoden für morphotische Elemente unvollkommen seien, so ist immer noch auf das Fehlen des Schwefels im Elastin zu verweisen.«

Aber nicht nur in chemischer, sondern auch in rein morphologischer Hinsicht steht die Verdichtungstheorie auf schwachen Füßen. Diejenigen Forscher, welche sich für dieselbe ausgesprochen haben, thaten dies aus dem Grunde, weil sie bei den jeweiligen Untersuchungsobjecten einen Zusammenhang der elastischen Fasern mit Zellen nicht finden konnten. Dies ist aber noch lange kein Beweis für deren freie Bildung in der Grundsubstanz. Schon HERTWIG hat darauf aufmerksam gemacht, dass die den Zellen des fötalen Ohrknorpels anhaftenden Fasern sich bei ihrer weiteren Entwicklung von demselben loslösten; auch mir ist in dem Arytaenoidknorpel der Nachweis gelungen, dass die elastischen Anlagen von den Zellen durch ernente Production von hyaliner Substanz losgelöst werden können. Wenn daher elastische Gewebelemente nicht im Zusammenhange mit Zellen angetroffen werden, so kann daraus absolut nicht geschlossen werden, dass niemals ein solcher stattgefunden habe; es scheint vielmehr in Anbetracht der angegebenen Befunde die gegentheilige Annahme eine viel grössere Wahrscheinlichkeit für sich zu haben.

<sup>1)</sup> pag. 363.

Wenn wir daher die beiden Ansichten, ob die erste Anlage der elastischen Gewebelemente an die Zellen gebunden sei, oder ob sie in der Grundsubstanz stattfindet, gegen einander abwägen, so haben wir auf der einen Seite in der vollständigen Umwandlung von Zellen eine feststehende Thatsache, auf der andern Seite die Hypothese, wonach die in der Grundsubstanz liegenden elastischen Fäserchen in derselben durch locale Verdichtung entstanden seien, der mit vielleicht noch grösserer Berechtigung die Gegenhypothese gegenüber gestellt werden kann, dass die nun freien elastischen Fäserchen früher als kurze feine und deshalb schwer zu beobachtende Fädchen der Zelloberfläche auflagen, später jedoch losgetrennt wurden. Es ist demnach die Entscheidung zwischen den beiden Theorien unschwer zu treffen; sie wird zu Gunsten der ersten ausfallen müssen.

In der totalen Metamorphose von Zellen in elastische Substanz haben wir ferner einen Anhaltspunct, welcher uns darüber aufklärt, dass in den Fällen, bei denen die elastische Anlage nur an einer Stelle der Zelloberfläche auftritt, keine einseitige Ausscheidung, sondern eine Umwandlung eines Theils des Zellprotoplasmas vorliegt, die, wenn sie nicht auf ein gewisses Maass beschränkt bleibt, schliesslich zum Untergang der Zelle führt.

Die nur an einzelnen Stellen der Zelloberfläche zu Tage tretende elastische Anlage ist ferner noch deshalb von Wichtigkeit, weil sie eine gewisse Analogie zwischen den im Arytaenoidknorpel und im Ohrknorpel vorkommenden Bildungsprocessen herstellt, und nahe legt, wie man sich im Ohrknorpel sowohl, als auch im Bindegewebe die ersten Stadien der Bildung von elastischen Fasern vorzustellen habe. Denn es lässt sich mit grosser Wahrscheinlichkeit annehmen, dass hier die an der Zelloberfläche auftretenden elastischen Körner anstatt sich wie im Arytaenoidknorpel zu einem annähernd rundlichen Scheibchen zusammenzulagern, eine mehr gestreckte strichförmige Anordnung besitzen können. Der Uebergang eines solchen aus Körnchen bestehenden Striches in eine feine elastische Faser würde ein sehr einfacher sein, und bei deren allmähligem Auswachsen würde es früher oder später zu einer Loslösung von der Zelle kommen. Meiner Ansicht nach hat die Annahme einer derartigen Entstehungsweise der elastischen Fasern viel mehr für sich, als die einer freien Bildung derselben in der Grundsubstanz. Nur durch die erstere erklären sich in befriedigender und ungezwungener Weise die Beobachtungen HERTWIG's am fötalen Ohrknorpel, indem die Fasern

den Zellen noch dicht anliegen, ferner die nach SCHWALBE<sup>1)</sup> in dem Nackenband zu allen Zeiten der Entwicklung nachweisbare innige Anlagerung von Zellen und elastischen Fasern.

Erlangen, im October 1877.

---

## Erklärung der Abbildungen.

---

### Tafel VI u. VII.

- Fig. 1. Schnitt durch den Arytaenoidknorpel des Rindes. Goldpräparat. Faserkugeln von verschiedener Grösse. HARTNACK Oc. III, Syst. V.
- Fig. 2. Aus einem mit Gold tingirtem Präparate von dem gleichen Objecte. Die verschiedenen Stadien der Umbildung der Zellen in elastische Substanz sind der Uebersicht halber neben einander gestellt.  
*a, b, c* Beginn der Bildung von elastischen Elementen, in Gestalt eines flachen der Zelloberfläche anliegenden Scheibchens; bei *d* hat dasselbe die Form einer Haube; *e, h, i, k* allmähliche Vergrößerung des Scheibchens; *f* noch weiteres Stadium; *g* von der elastischen Scheibe beginnen Fasern abzugehen, ehe sie noch einen vollständigen Ueberzug um die Zelle bildet; *l, m* die ganze Zelle ist in eine körnig-streifige elastische Masse umgewandelt; *n, o* zwei Faserkugeln. HARTNACK Oc. III, Syst. VIII.
- Fig. 3. Aus dem Arytaenoidknorpel des Rindes. Picrocarminfärbung. Uebergangsstelle des hyalinen in den Netzknorpel. Viele Zellen des hyalinen Knorpels besitzen eine glänzende elastische Hülse. Bei *a* Beginn der Körnelung; *b, c* zwei resp. drei Zellen, deren Hülsen mit einander verschmolzen sind; *d* Insel von 7 Zellen, welche in einer elastischen Masse eingebettet sind. Die beiden unteren haben bereits wieder um sich einen Hof hyaliner Substanz gebildet. HARTNACK Oc. III, Syst. VII.
- Fig. 4. Aus dem Arytaenoidknorpel des Schafes. Picrocarminfärbung. Die verschiedenen Stadien der Umwandlung von Zellen in elastische Substanz. Schwinden des Protoplasma und des Kerns; Abgang der elastischen Fasern. HARTNACK, Oc. III, Syst. VIII.
- Fig. 5 u. 6. Dünne Stellen von Schnitten durch den Ohrknorpel eines menschlichen Fötus von 21 Cm. Länge. HARTNACK, Oc. III, Syst. VIII.

---

<sup>1)</sup> l. c.

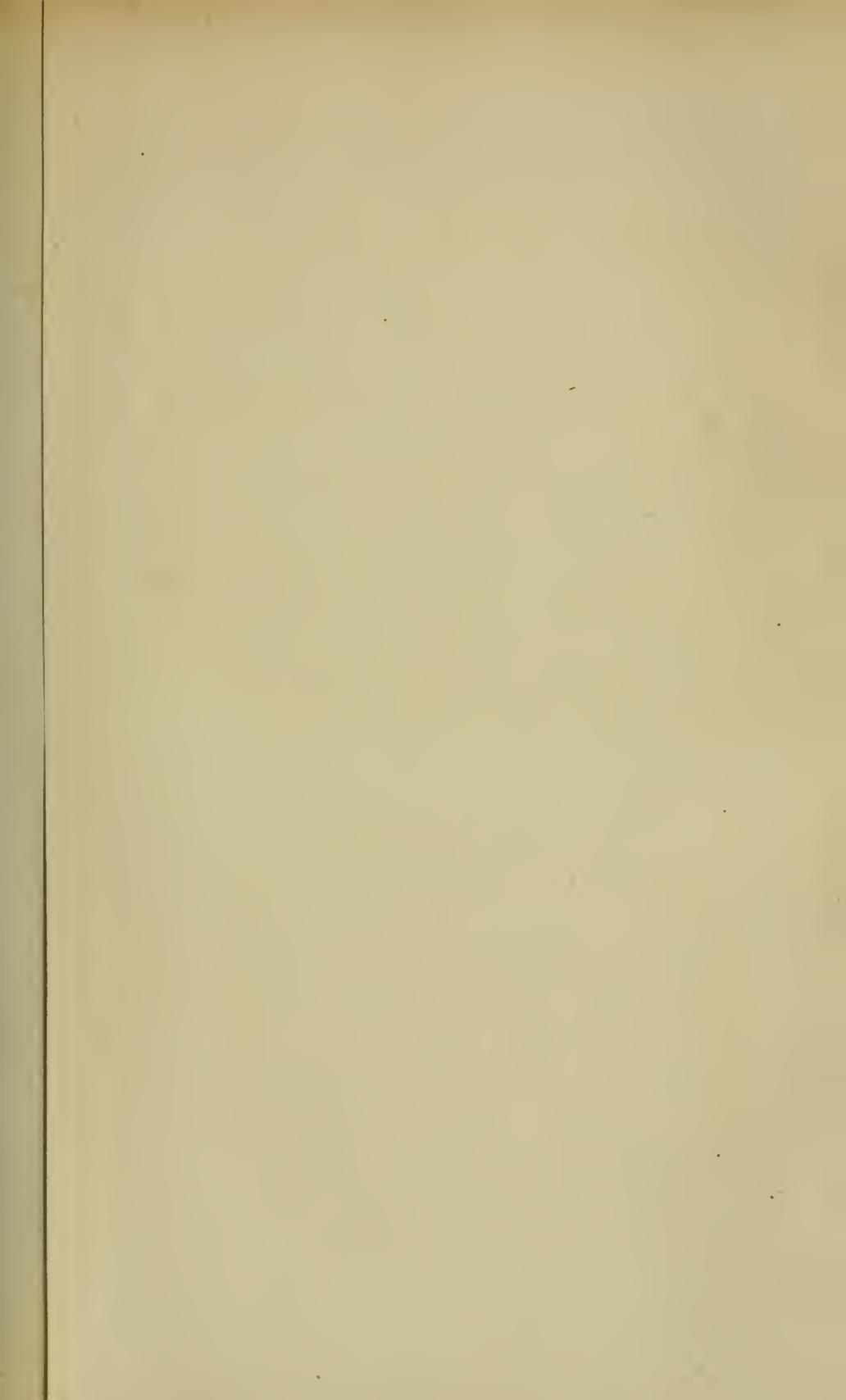
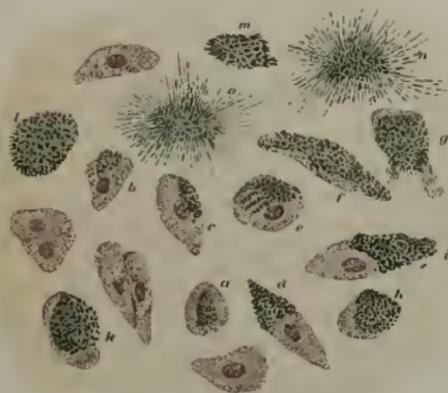


Fig. 1.



Fig. 2.



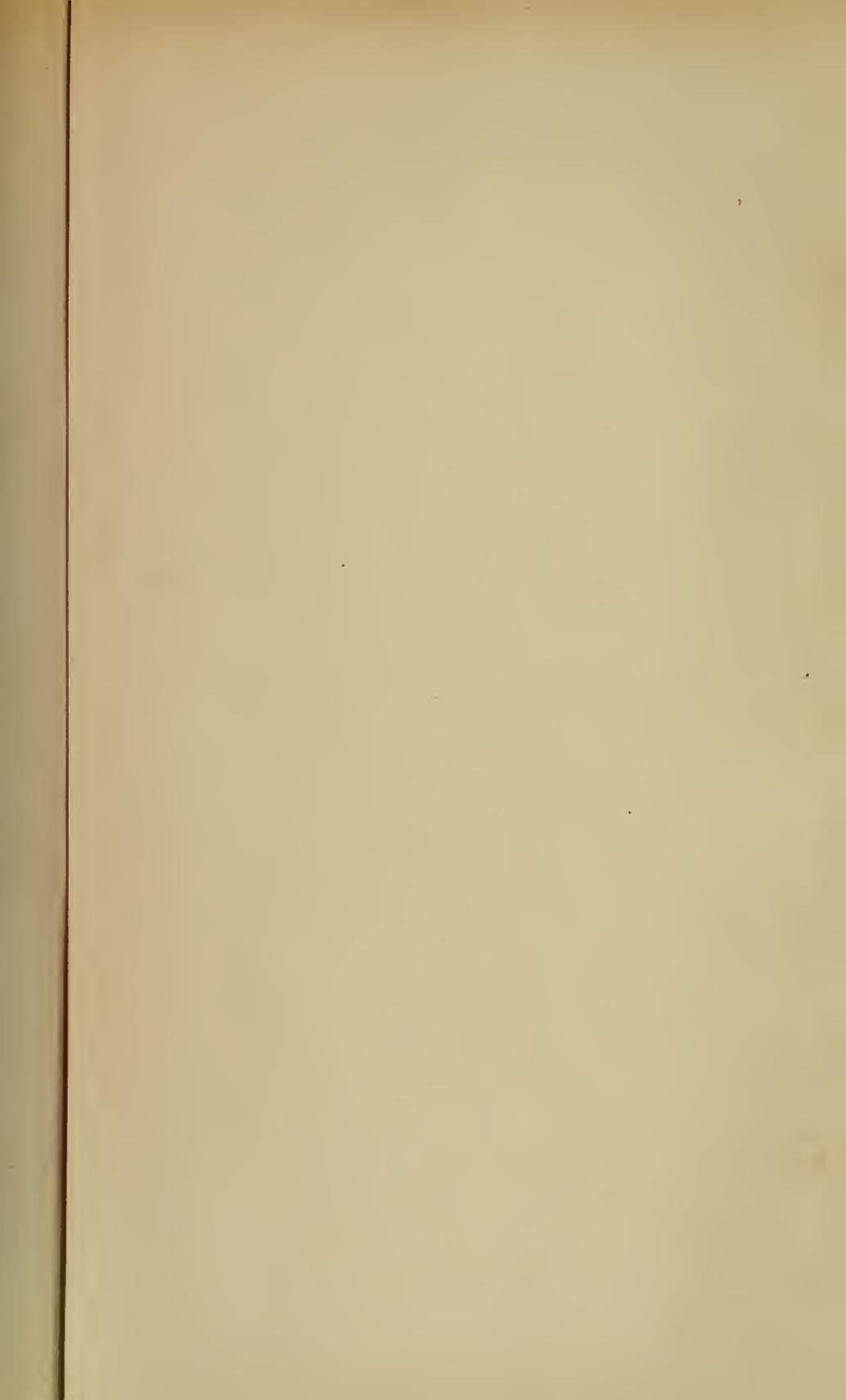


Fig. 3.

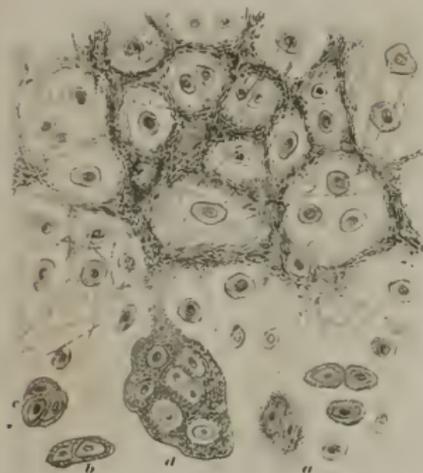


Fig. 5.



Fig. 4.

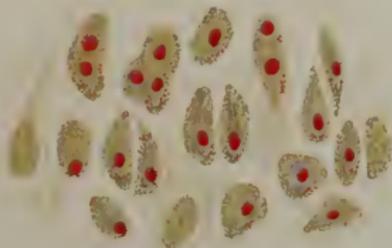


Fig. 6.



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Gegenbaurs Morphologisches Jahrbuch - Eine Zeitschrift für Anatomie und Entwicklungsgeschichte](#)

Jahr/Year: 1878

Band/Volume: [4\\_Supp](#)

Autor(en)/Author(s): Gerlach Leo

Artikel/Article: [Ueber die Anlage und die Entwicklung des elastischen Gewebes. 87-116](#)