

Augenplatte des Oberkiefers, ist aber hier entsprechend dem Verhalten der übrigen Nähte des durch einander geschobenen Knochenbildungsmateriale stärker gezackt. Gerade diese unregelmässig vielfach in einander greifende Nahtbildung möchte ich als Mitheweis für die Störung der Knochenabgrenzung anführen. Dass aber die Naht am unteren Rande der Papierplatte resp. des regulären Thränenbeins sich fortsetzt bis auf die Gesichtsfläche vom Stirnfortsatz des Oberkiefers, wo sie gewöhnlich in der Gefässfurche der fälschlich sogenannten Sutura longitudinalis imperfecta endet, sieht man nicht selten, so z. B. auch gleich auf der linken Seite desselben Schädels.

Interessant dürfte noch sein, dass jene Gefässfurche, auf welche Luschka die sogenannte Sutura longitudinalis imperfecta von M. J. Weber zurückführt, hier thatsächlich in die Längsspalte des Oberkieferfortsatzes übergeht, in der sich drei grosse Gefässöffnungen für Venenzweige vorfinden.

## VIII.

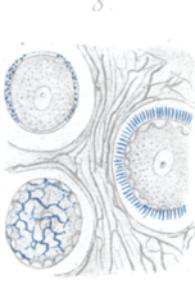
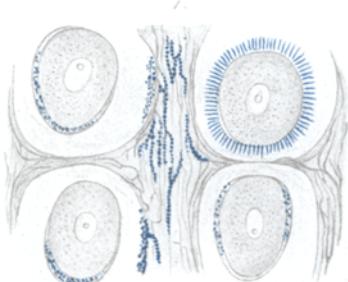
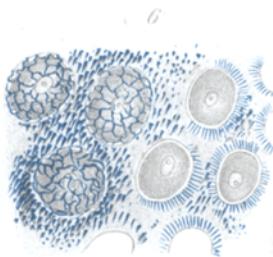
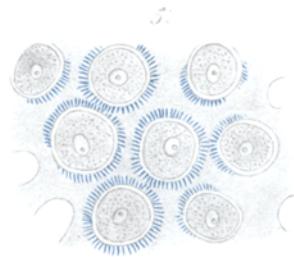
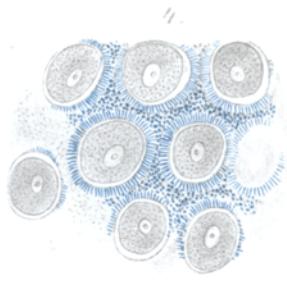
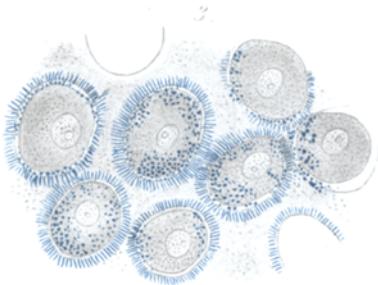
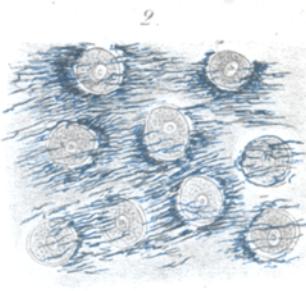
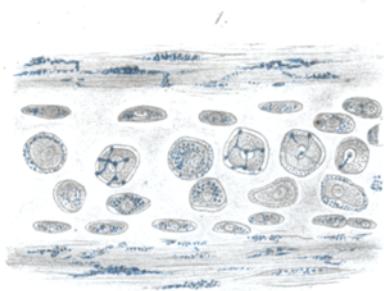
### Die Abscheidung des indigschwefelsauren Natrons im Knorpelgewebe.

Von Prof. Dr. Julius Arnold in Heidelberg.

(Hierzu Taf. II.)

Unsere Kenntnisse von der Structur des Knorpelgewebes haben in der neueren und neuesten Zeit durch zahlreiche Untersuchungen eine wesentliche Erweiterung erfahren. Dagegen sind die Anschauungen über die Ernährungsvorgänge in diesen sehr unsicher und grössttentheils hypothetischer Art. Nachdem mittelst der Infusion des indigschwefelsauren Natrons in das Blut der lebenden Thiere über die Bahnen des Ernährungssastes und die Vorgänge der Ernährung in epithelialen und endothelialen Membranen, sowie im Binde-, Muskel- und Knochengewebe<sup>1)</sup> die interessantesten Aufschlüsse sich hatten erreichen lassen, lag es nahe, die Brauchbar-

<sup>1)</sup> Bezüglich der Literatur vergleiche man die Publicationen Thoma's, sowie die meinigen in Bd. 64, 65, 66, 68 und 71 dieses Archivs.



keit dieser Methode für die Erforschung der in Frage stehenden Verhältnisse auch am Knorpel zu prüfen. Schon bei den ersten im Winter 74/75 angestellten Versuchen hatte ich Abscheidungen nicht nur im Perichondrium; sondern auch innerhalb der Knorpelkapseln und in der Intercellularsubstanz wahrgenommen. Die ersten Mittheilungen über diesen Gegenstand verdanken wir aber Küttner<sup>1)</sup>, welcher bei der Infusion indigschwefelsauren Natrons in den Bronchialbaum lebender Thiere theils eine diffuse Färbung, theils körnige Abscheidungen an den Kernen und Zellen der Bronchialknorpel beobachtete. Kurze Zeit nachher berichtete L. Gerlach<sup>2)</sup> über das Verhalten dieses Farbstoffes im Knorpelgewebe in einer vorläufigen Mittheilung, welche mich zu einer eben solchen veranlasste<sup>3)</sup>. In der später erschienenen ausführlicheren Arbeit<sup>4)</sup> L. Gerlach's sind genauere Angaben über die Form und Stätte der Abscheidungen im Knorpelgewebe, sowie über deren Entstehungsbedingungen enthalten. In der ersteren Beziehung wird betont, dass dieselben nur an den Knorpelzellen, niemals in der Intercellularsubstanz getroffen werden. Bezuglich der letzteren hebt Gerlach hervor, dass der Farbstoff erst durch die Einwirkung des absoluten Alkohols oder Chlorkaliums körnig abgeschieden werde. Ich habe schon bei einer anderen Gelegenheit darauf hingewiesen, dass diese Annahme Gerlach's nicht zulässig sei, weil auch am lebenden Object solche körnige Abscheidungen zu Stande kommen. Aber auch bezüglich des Verhaltens des Indigearmins zu der Intercellularsubstanz kann ich Gerlach nicht beipflichten, weil fortgesetzte Untersuchungen mich zu dem Ergebniss geführt haben, dass meine über diesen Gegenstand in der vorläufigen Mittheilung gemachten Angaben ganz richtig sind und dass aus der Betrachtung der innerhalb der Intercellularsubstanz erfolgenden Abscheidungen bemerkenswerthe Folgerungen über Structur und Ernährung des Knorpelgewebes sich ableiten lassen.

- <sup>1)</sup> Küttner, Die Abscheidung des indigschwefelsauren Natrons in den Geweben der Lunge. Centralblatt für die medicin. Wissenschaft. 1875. No. 42.
- <sup>2)</sup> L. Gerlach, Ueber das Verhalten des indigschwefelsauren Natrons zu den Geweben des lebenden Körpers. Centralbl. f. d. med. Wissenschaft. No. 48. 1875.
- <sup>3)</sup> J. Arnold, Ueber das Verhalten des Indigearmins in den lebenden Geweben; daselbst No. 51. 1875.
- <sup>4)</sup> L. Gerlach, Ueber das Verhalten des indigschwefelsauren Natrons im Knorpelgewebe lebender Thiere. Habilitationsschrift. Erlangen 1876.

Die im Verlauf dieser Untersuchungen angewandten Methoden waren zum Theil dieselben wie bei den früheren, zum Theil neue. In der einen Reihe der Versuche wurden in die Vena abdominalis des lebenden Frosches grössere Mengen indigschwefelsauren Natrons in continuirlich fliessendem Strom übergeleitet. Die Concentration der Indigcarminlösung schwankte zwischen 0,2 und 0,4 pCt., die Menge der in einer Stunde infundirten Flüssigkeit zwischen 2 und 4 Ccm. Die Versuche dauerten bald 12, bald 24, bald 48 Stunden. Die Irrigation wurde in manchen Fällen in der Weise ausgeführt, dass die blossgelegten Knorpel mit 1½ prozentiger Kochsalzlösung bespült wurden, während in anderen Fällen diese auf Bäusche von Filtrirpapier trüpfelte, welche um die betreffenden Theile gelegt waren. Bei manchen Versuchen endlich unterblieb die Irrigation.

Während diese Infusionen in das Blut lebender Thiere nur bei Fröschen ausgeführt wurden, habe ich eine andere Methode hauptsächlich bei Kaninchen angewendet: nehmlich parenchymatöse Injectionen in das die Knorpel umgebende Zellgewebe. Solche Versuche habe ich hauptsächlich am Ohr angestellt, indem ich zweimal bis dreimal am Tage ziemlich beträchtliche Mengen einer 0,4 prozentigen Farbstofflösung an verschiedenen Stellen unter die Haut des Ohres einspritzte. Aehnliche Abscheidungen, wie sie unter solchen Verhältnissen am Ohrknorpel des lebenden Thieres sich erreichen lassen, kommen aber auch zu Stande bei Injection von Farbstoff und absolutem Alkohol in das Unterhautzellgewebe des frisch getöteten Thieres.

Endlich habe ich noch in einer weiteren Versuchsreihe durch Verbluten getöteten Fröschen zuerst Indigcarmin und dann absoluten Alkohol in die Blutbahnen eingespritzt. Während bei den früher erwähnten Versuchsanordnungen Abscheidungen von Farbstoff nicht nur innerhalb der Knorpelkapseln sondern auch in der Intercellularsubstanz erfolgten, waren bei dieser Methode nur an den erstgenannten Stellen solche nachweisbar. Sonst ergaben sich bei den einzelnen Versuchen Verschiedenheiten, welche sich jedoch aus der wechselnden Menge des infundirten Farbstoffes und aus der ungleichen Dauer derselben erklärten. Insbesondere ist zu erwähnen, dass bei Infusion geringerer Farbstoffmengen Farbstoffpartikelchen nur um die Zellen und in denselben, nicht aber innerhalb der Intercellularsubstanz gefunden wurden.

Was den Werth insbesondere der Infusionen in's Blut und der parenchymatösen Injectionen bei lebenden Thieren anbelangt, so haben beide Methoden ihre Vorzüge und sind beide unentbehrlich. Die letzteren sind leichter ausführbar und weniger zeitraubend; namentlich bieten sie den Vortheil, dass sie auch beim Kaninchen sich anwenden lassen. Die Infusionsmethode ist aber deshalb nicht zu umgehen, weil nur die bei dieser Versuchsanordnung gewonnenen Resultate sichere Schlüsse auf die Wechselbeziehung zwischen dem Inhalt der Blutgefässse und demjenigen der Saftbahnen der Gewebe zulassen.

Die Objecte wurden theils frisch, mit und ohne Zusatz von Kochsalzlösungen, untersucht, theils in absolutem Alkohol gehärtet, die Schnitte in mit Chlorkalium gesättigtem Glycerin oder Canabalsam eingelegt. Zur Färbung der Objecte habe ich mich einer alkoholischen Pierocarminalösung bedient, über deren Zubereitung Dr. Mays seiner Zeit berichten wird. Zur Entkalkung kann ich eine Mischung von absolutem Alkohol mit Salzsäure (90:10 von 1,060 spec. Gew.) empfehlen.

Der Beschreibung meiner Befunde an den verschiedenen Knorpeln muss ich eine kurze Erörterung der Bedingungen, unter welchen die Farbstoffabscheidung erfolgt, vorausschicken. Es ist eine solche um so mehr erforderlich, als der Werth der nachfolgenden Mittheilungen wesentlich davon abhängt, ob diese Abscheidungen im Knorpel während des Lebens oder erst nach dem Tode zu Stande kommen. Wäre die Ansicht Gerlach's<sup>1)</sup> richtig, dass die körnigen Farbstoffpartikel erst post mortem in Folge einer Fällung des diffusen Farbstoffes durch Alkohol oder Chlorkalium auftreten, so würde man nicht berechtigt sein, aus ihrer Anordnung irgend welchen Schluss auf die Bahnen des Ernährungssastes und die Ernährungsvorgänge zu ziehen, ebenso wenig wie aus der Färbung eines todtten Gewebes durch Carmin, mit welcher L. Gerlach die Abscheidungen des Indigcarmins vergleicht. Dem gegenüber muss ich in erster Linie betonen, dass bei der Beobachtung des lebenden Objectes die Vorgänge der körnigen Abscheidung in den Geweben unmittelbar unter dem Mikroskop sich wahrnehmen lassen. Ich verweise auf die Arbeiten Thoma's<sup>2)</sup> und die meinigen.

<sup>1)</sup> Gerlach, Habilitationsschrift, S. 47 etc.

<sup>2)</sup> Thoma, Ueber die Kittsubstanz der Epithelien. Dieses Archiv Bd. 64. 1875.  
Beiträge zur mikroskop. Technik. Dieses Archiv Bd. 65. 1875.

gen<sup>1)</sup>). Ferner will ich erwähnen, dass auch am frischen Knorpel ohne Zusatz von Alkohol, Chlorkalium- oder Chlorhydratlösungen körnige Abscheidungen getroffen werden. In Anbetracht dessen dürft mir die Annahme unhaltbar, dass die Farbstoffkörner ihre Entstehung einer Fällung durch Alkohol, Chlorkalium oder Chlorhydrat verdanken.

L. Gerlach stellt sich vor, dass der Farbstoff in gelöster Form durch die Intercellularsubstanz diffundire, nach dem Tode von den Zellen aufgenommen und in diesen durch die genannten Reagentien gefällt werde und schliesst aus dem Mangel von Farbstoff in der Intercellularsubstanz auf die Anwesenheit von Saftbahnen in dieser. Würde der Farbstoff nur in dieser Form und auf diese Weise in das Knorpelgewebe eindringen, so wäre man meines Erachtens weder auf die Anwesenheit noch auf die Abwesenheit von Saftbahnen zu schliessen berechtigt. Deshalb scheint mir der Nachweis so bedeutungsvoll, dass der Farbstoff, wie überhaupt an lebenden Geweben, so auch am frischen Knorpel in körniger Form getroffen wird. Denn nur aus der Anordnung unter solchen Bedingungen abgeschiedener Farbstoffmassen wird sich eine Ansicht über die Bahnen des Ernährungsmaterials gewinnen lassen. Es soll damit die Möglichkeit einer Diffusion durch die Intercellularsubstanz nicht in Abrede gestellt werden, obgleich Maas am lebenden Object nur an verkalkten Abschnitten von Knorpeln eine diffuse Färbung von Knorpeln beobachtet hat und ich selbst eine solche nur in Fällen von sehr massenhafter Infusion wahrnahm.

Was die Zeit, in welcher die Aufnahme des Farbstoffes erfolgt, anbelangt, so schliesst Gerlach aus seinen Versuchen, dass der selbe erst nach längerer Zeit, mehreren Tagen, in das Knorpelgewebe eindringe. Ich habe bei meinen Versuchen schon nach wenigen Stunden Farbstoffkörnchen im Knorpelgewebe gefunden. Die Ernährungsvorgänge in diesem mögen demnach lebhafter sein, als dies Gerlach anzunehmen geneigt scheint.

Eine Erklärung für die erwähnten Differenzen bei Gerlach's

<sup>1)</sup> J. Arnold, Ueber die Kittsubstanz der Endothelien. Dieses Archiv Bd. 66. 1876. Zur Kenntniß der Saftbahnen des Bindegewebes. Dieses Archiv Bd. 68. 1876.

<sup>2)</sup> Maas, Ueber das Wachsthum und die Regeneration der Röhrenknochen etc. Langenbeck's Archiv Bd. XX.

und meinen Versuchen glaube ich in der verschiedenen Versuchs-anordnung gefunden zu haben. Gerlach hat seinen Versuchsthieren nur geringe Mengen des Farbstoffes einverleibt; jedenfalls dürfte bei der von ihm befolgten Methode eine Sättigung des Blutes und der Gewebssäfte mit dem Farbstoff nicht oder nur schwer zu erreichen sein, während dieselbe bei der continuirlichen Infusion in's Blut frühzeitig eintritt.

Von welcher Bedeutung eine solche aber für das Zustandekommen der Abscheidungen in den Geweben ist, geht aus den früher mitgetheilten Versuchen von Thoma und mir hervor. Speciell für das Bindegewebe wurde nachgewiesen, dass solche Abscheidungen nur nach der Infusion gewisser Farbstoffmengen zu Stande kommen und dass diese bei Unterbrechung der Infusion wieder verschwinden. Ausserdem wurde noch dargethan, dass die ersten Abscheidungen immer in der Nachbarschaft der Zellen sichtbar werden und dass solche in der Intercellularsubstanz erst später erfolgen. Genau so verhält sich nach meinen Erfahrungen der Knorpel. Die pericellulären Abscheidungen sind die früheren, diejenigen in der Intercellularsubstanz die späteren. Während ich in fast allen Versuchen die ersten zu Stande kommen sah, habe ich die letzteren nur in denjenigen Fällen wahrgenommen, in denen sehr grosse Mengen Farbstoffes eingeführt worden waren, und selbst in diesen waren die Abscheidungen nicht gleichmässig, sondern nur stellenweise aufgetreten.

Wenn ich nach diesen allgemeinen Bemerkungen über die Entstehungsbedingungen der Abscheidungen von indigschwefelsaurem Natron im Knorpelgewebe zu der genaueren Beschreibung des Verhaltens derselben in diesem Gewebe übergehe, so muss ich zunächst erwähnen, dass die Untersuchungen an verschiedenen Knorpeln ange stellt wurden. Ich habe beim Frosch den Scleralknorpel, die Kopfknorpel und Sternalknorpel, die Knorpel des Beckens und der Extremitäten, beim Kaninchen den Processus xiphoideus, beim Kaninchen und Hund endlich die Ohrknorpel untersucht. Die Resultate waren in vielfacher Beziehung an den genannten Knorpeln dieselben. Andererseits ergaben sich aber wieder Verschiedenheiten, so dass eine gesonderte Beschreibung der Befunde an den einzelnen Knorpeln erforderlich ist.

Was zunächst die Befunde am Scleralknorpel anbelangt,

so trifft man an seiner inneren Fläche ein System von blauen netzförmig angeordneten Linien, welche lichte rhomboidale Felder umschließen. Es liegt die Annahme nahe, dass es sich bei dieser Zeichnung um eine Färbung der Kittleisten der Endothelzellen handelt, welche an dieser Stelle eine continuirliche Lage bilden. Es ist mir aber nicht gelungen, in der Mitte der Felder Kerne nachzuweisen. Ueber dieser Zeichnung ist ein System von blauen Linien gelegen, welche bald mehr parallel laufen, bald mehr radiär gestellt sind. Ich vermuthe, dass diese im Perichondrium erfolgten Farbstoffabscheidungen entsprechen. Die Kapseln sind bald mit einer grösseren, bald kleineren Menge blauer Körnchen erfüllt, welche zum Theil pericellulär liegen und manchmal so zahlreich sind, dass sie die Knorpelzellen vollständig verdecken (Fig. 1). Diese zwischen der inneren Fläche der Knorpelkapseln und der Oberfläche der Zellen abgeschiedenen Farbstoffmassen sind aber nicht immer körnig, zuweilen haben sie die Form von feinen Fäden, welche sich gegenseitig verbinden und so ein dichtes, die Zellen umspinnendes Netz bilden können (Fig. 1). Die Knorpelzellen selbst enthalten sehr häufig gar keinen Farbstoff, auch dann nicht, wenn an der Oberfläche derselben sehr zahlreiche Farbstoffkörner abgeschieden sind. Andere Male glaube ich sowohl in der Substanz der Zellen als der Kerne einzelne oder mehrere dunkelgefärbte Körner und Fäden gefunden zu haben. Die letzteren scheinen von im Kern gelegenen blauen Körnchen auszugehen und die Substanz nicht nur des Kernes, sondern auch der Zellen zu durchsetzen (Fig. 1). Doch muss ich bemerken, dass die Entscheidung, ob diese Gebilde der Zelle angehören oder nicht, sehr schwierig ist; besonders erschwert wird dieselbe durch die an der Oberfläche der Zellen gelegenen Körner und Fäden. In der Substanz der Kapseln war ich nicht im Stande Farbstoffabscheidungen nachzuweisen, ebenso wenig in der Intercellularsubstanz, insofern nicht die oben erwähnten streifigen Zeichnungen zum Theil der Intercellularsubstanz und nicht ausschliesslich dem Perichondrium angehören. Stellenweise habe ich in der ersten sowohl an Flächen- als Durchschnittspräparaten Fibrillen und Fibrillenbündel gesehen, welche an den letzteren die ganze Dicke des Knorpels durchsetzten.

An den knorpeligen Abschnitten des Kopfes fand ich ausser in dem Perichondrium Abscheidungen innerhalb der Knorpelkapseln.

Auch sie waren vorwiegend pericellulär gelegen und hatten gewöhnlich eine körnige, seltener fädige Form. Die Intercellularsubstanz zeigte meistens gar keine Färbung; nur an einzelnen Stellen habe ich ein System von parallel verlaufenden sehr feinen Linien gesehen, welche durch schmale lichte Zwischenräume getrennt waren. Da wo die blauen Linien über Knorpelkapseln wegsetzten, waren sie intensiver gefärbt (Fig. 2). Die Anwesenheit von Fibrillen und Fibrillenbündeln war auch hier an verschiedenen Stellen nachweisbar, während die Intercellularsubstanz im Allgemeinen ein hyalines Aussehen darbot.

Interessante Objecte für das Studium der Abscheidung sind die knorpeligen Theile des Episternum und Hyposternum (Fig. 3 u. 4). Die Bedingungen für das Zustandekommen derselben sind offenbar hier sehr günstige, weil diese Theile sehr oberflächlich gelegen und von einem sehr gefäßreichen Bindegewebe eingehüllt sind. Besonders zu empfehlen ist die Untersuchung des Episternum, weil dieselbe ohne weitere Präparation vorgenommen werden kann. Die diese Knorpel umgebenden sehr lockeren Bindegewebsmassen zeigen oft eine strotzende Füllung ihrer Spalten mit Farbstoff. Dass die Configuration dieser je nach der Ausdehnung eine sehr wechselnde sein muss, bedarf wohl keiner Beweisführung. Auch im Perichondrium kommt es fast immer zu Abscheidungen. In den äusseren Schichten sind die durch die letzteren gebildeten Zeichnungen netzförmig, die Knotenpunkte sehr breit. In den tieferen Lagen finden sich dagegen mehr geradlinige blaue Zeichnungen, welche bald parallel laufen, bald unter verschiedenen Winkeln sich kreuzen. Auf dem Durchschnitt sieht man im Perichondrium in der oberen Schichte mehr weitmaschige Netze, an deren Knotenpunkten ziemlich dicke spindelförmige, dreieckige und runde Gebilde eingeschaltet sind, während in der tieferen Lage blaue Spindeln sich finden, welche durch feinere blaue Ausläufer in Verbindung stehen. Zwischen diesen sind zahlreiche mehr isolirte Farbstoffkörner gelegen, welche bei der Betrachtung von der Fläche dem Präparat ein eigenthümliches feinpunctirtes Aussehen verleihen.

Untersucht man die unmittelbar unter dem Perichondrium gelegenen Schichten, in denen die Abscheidung gewöhnlich am ausgiebigsten zu erfolgen pflegt, auf Durchschnitten, so findet man die meist länglichen Knorpelzellen von Farbstoffkörnchen vollständig

eingehüllt, in der Intercellularsubstanz aber zahlreiche Körnchen und Fäden, die nicht selten eine mehr netzförmige Anordnung enthalten. An den in den mittleren Schichten gelegenen Knorpelzellen ist die Abscheidung um die Zellen sowohl als diejenige in der Knorpelkapsel und Intercellularsubstanz spärlicher. Vielleicht ist deshalb an dieser Stelle sehr häufig eine Zeichnung nachweisbar, welche ich nur ausnahmsweise in den oberflächlichen Schichten gesehen habe. Es werden nehmlich die Knorpelkapseln von feinen blauen Linien durchsetzt, welche in der Richtung gegen die Oberfläche der Zellen verlaufen, außerdem aber mehr oder weniger weit in die Intercellularsubstanz sich fortsetzen. Was ihr Verhalten zur Zelle anbelangt, so konnte ich eine Beziehung der in der Knorpelkapsel gelegenen blauen Linien zur Oberfläche dieser nicht nachweisen, vielleicht weil gewöhnlich die pericellulär abgeschiedenen Farbstoffmassen die letztere zu dicht umhüllten. Die Fortsetzung dieser blauen Linien in der Richtung gegen die Intercellularsubstanz ist oft eine sehr kurze, andere Male eine längere. Sind sich die Zellen sehr nahe gelegen und nur durch schmale Zonen von Intercellularsubstanz getrennt, so können die von den einzelnen Kapseln ausgehenden Linien sich begegnen und vereinen. Ausser diesen feinen Linien trifft man aber in der Intercellularsubstanz immer noch feine Körnchen. Sie sind bald spärlich, bald zahlreich, ja manchmal so zahlreich, dass sie die Linien verdecken und sowohl den Kapseln als der Intercellularsubstanz ein eigenthümlich punctirtes Aussehen verleihen.

Ich habe absichtlich bisher hauptsächlich die Befunde geschildert, welche sich bei der Betrachtung von Schnittpräparaten ergaben. Man ist an diesen vor Täuschungen durch im Perichondrium befindliche Abscheidungen sicher. An Flächenpräparaten lassen sich die pericellulären Abscheidungen sowie diejenigen in der Kapsel und in der Intercellularsubstanz selbstverständlich gleichfalls nachweisen. Sind die Abscheidungen in der letzteren ausgedehntere, so trifft man an solchen Präparaten entsprechend den zwischen den Zellen gelegenen Zonen von Intercellularsubstanz breite netzförmig angeordnete dunkelblaue Züge, welche bald mehr punctirt, bald von feinen blauen Linien durchsetzt erscheinen.

Die knorpeligen Theile des Sternum selbst enthalten meist nur spärliche Farbstoffabscheidungen; doch habe ich auch hier in

einzelnen Fällen die die Zellen umspinnenden blauen Fadennetze und einzelne Fäden in der Intercellularsubstanz gesehen.

Die Befunde an den Schambeinknorpeln sind im Wesentlichen dieselben wie diejenigen an den knorpeligen Theilen des Schädel's: pericelluläre Farbstoffanhäufungen bei ungefärberter Intercellularsubstanz. Auch die fibrilläre Textur dieser ist an einzelnen Stellen deutlich. Die Fibrillen und Fibrillenbündel laufen theils in einer Richtung, theils mehr convergirend gegen die Zellen oder sie durchkreuzen sich unter verschiedenen Winkeln; auch netzförmige Anordnung derselben habe ich wahrgenommen. Einzelne Partien des Schambeinknorpels werden von Gefäßskanälen durchzogen, welche ziemlich weit sind und netsförmig sich verbinden. Höchst eigenthümlich ist an diesen das Verhältniss der einzelnen Gefäßhäute zu einander. Das Endothelrohr steht nehmlich von der Adventitia, welche dem Knorpel unmittelbar anliegt, weit ab. In dem auf diese Weise gebildeten Raume sind netzförmige angeordnete Züge ausgespannt, welche zahlreiche Farbstoffkörnchen enthalten. Die Deutung dieser Gebilde kann nicht zweifelhaft sein; es handelt sich offenbar um Adventitialräume, wie sie auch an anderen Stellen bereits beschrieben worden sind. Die dem Gefäß zunächst gelegenen Schichten des Knorpelgewebes zeigen meist pericelluläre Anhäufung von Farbstoff, aber keine Abscheidung oder Tingirung der Intercellularsubstanz.

Von den Knorpeln der Extremitäten habe ich die Gelenkenden des Ober- und Unterschenkels, insbesondere das Caput femoris untersucht (Fig. 5 u. 6). Was die Vertheilung des Indigo in den einzelnen Abschnitten des oberen Gelenkendes anbelangt, so findet sich die dichteste Anhäufung des Farbstoffes in den die Markhöhle abschliessenden Knorpelmassen, in geringerer Menge ist derselbe in den mittleren Schichten der knorpeligen Apophyse enthalten. In der Richtung gegen die Gelenkoberfläche nimmt der Gehalt des Gewebes an Farbstoff immer mehr ab; nur der unmittelbar an dieser gelegene Bezirk ist wiederum reicher an Farbstoff. Erwähnen muss ich noch, dass die verkalkten Abschnitte der genannten Schichten gewöhnlich mehr Farbstoff enthalten wie die nicht verkalkten. Sehen wir von dem grösseren Gehalt dieser verkalkten und der nächst der Gelenkoberfläche gelegenen Abschnitte ab, so kann man im Allgemeinen sagen, dass die Menge

des abgelagerten Farbstoffes von der Markhöhle an nach aussen ziemlich stetig abnimmt. Es stimmen somit in dieser Beziehung Gerlach's Versuchsresultate und die meinigen überein. Dagegen will ich hier noch einmal hervorheben, dass ich Abscheidungen des höchsten Grades schon nach 24, 36 und 48 Stunden wahrgenommen habe, während Gerlach berichtet, dass solche erst nach vier bis acht Tagen zu Stande kommen. Dass sich diese Differenz in unseren Beobachtungen in der einfachsten Weise aus der Verschiedenheit der Versuchsanordnung ableiten lässt, habe ich oben bereits erörtert.

Was nun das Verhalten der Farbstoffabscheidungen selbst anbelangt, so sind dieselben in den oberflächlichen Schichten des Gelenkkopfes gewöhnlich pericelluläre. Die Knorpelkapseln enthalten eine mehr oder weniger grosse Menge von Farbstoffkörnern, während die Intercellularsubstanz farblos erscheint. Auch hier trifft man in der letzteren zahlreiche Fibrillen und Fibrillenbündel.

Wesentlich verschieden sind die Befunde in den mittleren Schichten der Apophyse, namentlich aber in den die Markhöhle abschliessenden Knorpelmassen. Die innerhalb der Knorpelkapseln gelegenen Farbstoffmassen haben nehmlich nicht ausschliesslich eine körnige Gestalt, sondern sie erscheinen nicht zu selten in Form von feinen dunkelblauen Fäden, welche enge Netze bilden (Fig. 5). Ich habe dieses letztere Verhalten namentlich dann beobachtet, wenn die Zellen selbst eine etwas zackige Beschaffenheit darboten. Während ich an den in den oberflächlichen Schichten gelegenen Knorpelkapseln niemals eine Zeichnung nachzuweisen im Stande war, zeigten dieselben an dieser Stelle eine ganz ähnliche Strichelung wie die an den Knorpelkapseln des Episternum beschriebene. Feine blaue Linien durchsetzen radiär die Knorpelkapseln. Waren pericelluläre Farbstoffanhäufungen vorhanden, so schienen sie mit diesen zusammenzuhängen. Ja einige Mal glaubte ich einen Uebergang der blauen Linien in das pericellulär gelegene Fadennetz nachweisen zu können. Die Farbstoffabscheidungen in der Intercellularsubstanz haben bald die Form von feinen mehr isolirt liegenden Körnchen, bald erscheinen sie in der Art feiner oder etwas breiterer Linien. Das Verhalten dieser ist ein ungleiches; dieselben sind oft nur kurz, so dass sie wie längliche Körner sich darstellen; andere Male sind sie lang und haben mehr die Form von Fäden. Auch in ihrem

Verlauf zeigen sie Verschiedenheiten, indem sie parallel verlaufen oder mehr netzförmig angeordnet sein können. Ein Zusammenhang zwischen den in den Knorpelkapseln und den in der Intercellularsubstanz abgeschiedenen Farbstoffmassen schien zuweilen zu bestehen.

Ausser im Knorpel selbst habe ich Abscheidungen im Perichondrium, in den Gelenkbändern und Sehnen wahrgenommen.

An dem unteren Gelenkende des Oberschenkels sowie an den Gelenkenden des Unterschenkels ist das Verhalten der Farbstoffabscheidungen im Wesentlichen dasselbe, so dass ich auf eine ausführlichere Beschreibung verzichten darf.

Es wurde oben erwähnt, dass sich am Ohrknorpel von Hunden und Kaninchen Farbstoffabscheidungen erzielen lassen, wenn man unter die Haut des Ohres indigschwefelsaures Natron injicirt. Untersucht man Durchschnitte solcher Objecte (Fig. 7 u. 8), so finden sich Farbstoffmassen nicht nur in dem Unterhautzellgewebe, sondern man erhält auch eine vollständige Füllung der Saftbahnen des Perichondrium. Dasselbe wird durchsetzt von einem System theils schmäler theils breiterer blauer Linien, an dessen Verbindungsstellen spindelförmige und zackige blaue Knotenpunkte gelegen sind. Bezüglich des Verhaltens des Farbstoffes im Knorpelgewebe sei zunächst erwähnt, dass derselbe innerhalb des Raumes der hyalinen Kapseln, von denen die Zellen umgeben sind, liegt und zwar finden sich bald nur einzelne Körnchen, bald solche in grösserer Zahl, so dass sie einen vollständig die Zellen umschliessenden Mantel bilden. An der Stelle dieses körnigen Farbstoffes kommen aber auch Netze von blauen Fäden vor, welche die Zellen umspinnen (Fig. 8). Ist der Farbstoff in geringerer Menge abgeschieden oder ist gar kein solcher vorhanden, so zeigen die Zellen sehr häufig eine eigenthümlich zackige Oberfläche. Diese kleinen Zacken sind namentlich dann leicht zu erkennen, wenn die Zellen sich etwas von der inneren Fläche der Kapseln zurückgezogen haben (Fig. 8). Dass diese kleinen Zacken eine wenn auch nur kurze Strecke in die hyaline Kapsel sich fortsetzen, glaube ich daraus schliessen zu dürfen, dass man an den letzteren den ersten entsprechende Unterbrechungen wahrnimmt, d. h. die Fortsätze der Zellen greifen in kleine Vertiefungen der Kapseln ein. Die Substanz dieser erscheint im Allgemeinen hyalin. An Objecten, an denen es zu einer aus-

giebigen Farbstoffabscheidung gekommen ist, werden dieselben aber von feinen blauen Linien durchzogen, die zu der Zelloberfläche radiär gestellt sind (Fig. 7 u. 8). Ob ein Zusammenhang dieser mit den pericellulären Farbstoffkörnern und Fadennetzen besteht, lässt sich schwer entscheiden. Ein eigenthümliches Verhalten zeigen die hyalinen Kapseln des Netzkorpels insofern, als nicht nur an ihrer inneren, der Zelle zugewendeten Fläche sondern auch an der äusseren Farbstoffanhäufungen erfolgen (Fig. 7). Dieselben gehen ununterbrochen in die in der Intercellularsubstanz abgelagerten Abscheidungen über. Eine Beziehung zu den in der Kapsel beschriebenen Zeichnungen ist nicht nachweisbar. Ich habe nicht wahrgenommen, dass die Linien die ganze Dicke der Kapsel durchsetzen und deren äussere Oberfläche erreichen. Die in der Intercellularsubstanz gelegenen Farbstoffmassen folgen in ihrer Anordnung dem Verlauf der netzförmig verbundenen Fasern. Die einzelnen Farbstoffkörner liegen bald isolirt, bald dichter und in Form von gegenseitig sich verbindenden Reihen. In den unter dem Perichondrium gelegenen Schichten pflegen diese am dichtesten zu sein und mit den im Perichondrium abgeschiedenen Farbstoffmassen zusammenzuhängen.

Wenn ich des Processus xiphoideus des Kaninchens Erwähnung thue, so geschieht dies weniger wegen des Verhaltens der in demselben erfolgenden Abscheidungen, welche keine wesentlichen Besonderheiten darbieten, sondern wegen seiner eigenthümlichen Structur.

Schon Remak<sup>1)</sup>, Broder<sup>2)</sup> und Frey<sup>3)</sup> heben hervor, dass an dem untersten Abschnitt des Processus xiphoideus auch beim ausgewachsenen Kaninchen die Knorpelkapseln sich entweder unmittelbar berühren oder nur durch schmale Zonen von Intercellularsubstanz getrennt seien und dass ihre Begrenzungen sich sehr leicht nachweisen lassen. Macht man feine Durchschnitte, so findet man in den mittleren Abschnitten die hyalinen Knorpelkapseln deutlich begrenzt und zwischen ihnen nach unten schmälere nach oben breitere Zonen von Intercellularsubstanz, die aber nicht hyalin ist, in der vielmehr Netze von feinen Fäden eingebettet sind. Die letzteren stimmen bezüglich ihres Verhaltens vollkommen mit dem-

<sup>1)</sup> Remak, Ueber die Entstehung des Bindegewebes und Knorpels. Müller's Archiv. 1852.

<sup>2)</sup> Broden, Beitr. zur Histologie des Knorpels. Zürich. Dissert. 1865.

<sup>3)</sup> Frey, Histologie. 5. Aufl. 1876.

jenigen des Ohrknorpels überein. In den obersten Theilen besitzt dagegen das Gewebe die Eigenschaften hyalinen Knorpels und es ist der allmähliche Uebergang der beiden Knorpelarten in einander leicht zu verfolgen.

In den vorstehenden Zeilen sind die Befunde, wie sie sich an den einzelnen Knorpeln bezüglich der Abscheidung des indig-schwefelsauren Natrons ergaben, geschildert worden, ohne dass die Bedeutung dieser für unsere Anschauungen über Structur und Ernährung des Knorpelgewebes erörtert wurde. Es liegt mir somit noch ob, darzuthun, welchen Werth die geschilderten Wahrnehmungen in dieser Beziehung beanspruchen dürfen.

Berücksichtigt man vorerst die am hyalinen Knorpel beschriebenen Abscheidungen, so ist zunächst der in den Zellen beobachteten Zeichnungen zu gedenken. Ich meine die blauen Körner und Fäden, welche innerhalb der Substanz der Kerne und Zellen zu liegen schienen. Es wurde zwar oben auf die Gefahr einer Täuschung durch die pericellulären Farbstoffmassen aufmerksam gemacht. Vorausgesetzt aber, die Beobachtung wäre richtig, so dürfte eine solche Anordnung als eine sehr bemerkenswerthe bezeichnet werden.

Wie bekannt sind schon vor längerer Zeit an den verschiedensten Zellen complicirtere Structurverhältnisse — vom Kernkörperchen ausgehende und das Protoplasma der Zellen durchsetzende Fäden und Fadennetze — beschrieben worden. Während man früher alle derartigen Mittheilungen mit grossem Misstrauen aufnahm, ist neuestens diesen Verhältnissen eine grössere Aufmerksamkeit geschenkt und den auf diese sich beziehenden Angaben eine günstigere Aufnahme zu Theil geworden. Speciell für den hyalinen Knorpel hatten schon früher Frommann<sup>1)</sup>, neuerdings Heitzmann<sup>2)</sup> und Flemming<sup>3)</sup> erwähnt, dass in dem Kern der Knorpelzellen feine Fädchen sich finden, welche sich auch in die Substanz der Zelle fortsetzen und nach Heitzmann in dieser ein enges Netz bilden sollen. Es ist nicht meine Absicht, auf die

<sup>1)</sup> Frommann, Untersuchungen über die normale und pathologische Anatomie des Rückenmarkes. II. Th. S. 29. 1867.

<sup>2)</sup> Heitzmann, Studien am Knochen und Knorpel. Wiener med. Jahrb. 1872.

<sup>3)</sup> Flemming, Beobachtungen über die Beschaffenheit des Zellkernes. Arch. f. mikroskop. Anat. Bd. XIII. 1876.

Erörterung dieser Verhältnisse hier einzugehen. Ich will deshalb nur erwähnen, dass, die Richtigkeit dieser Mittheilungen vorausgesetzt, das Eintreten der Abscheidungen des indigschwefelsauren Natrons an diesen Stellen des Kernes eine höchst bedeutungsvolle Erscheinung wäre, die um so mehr unsere Beachtung beanspruchen dürfte, als Kupffer<sup>1)</sup> an den Leberzellen ähnliche Wahrnehmungen gemacht hat.

Ein weiterer Gegenstand, der eine kurze Erläuterung erfordert, ist der Befund abgeschiedener Farbstoffmassen zwischen der Oberfläche der Zellen und der inneren Fläche der Knorpelkapseln. Es wurde berichtet, dass diese Farbstoffabscheidungen bald eine körnige Form besitzen, bald aus netzförmig verbundenen Fäden bestehen. Ich bin weit davon entfernt aus diesem letzteren Befund auf eine eigenthümliche Anordnung der pericellulären Substanz zu schliessen, dagegen scheint mir das Zustandekommen einer solchen Farbstoffabscheidung auf die Existenz eines zwischen Zelle und Kapsel befindlichen, mit flüssiger oder zähweicher Masse gefüllten Raumes hinzuweisen. Meines Wissens hat Neumann<sup>2)</sup> zuerst darauf aufmerksam gemacht, dass zwischen der Knorpelkapsel und der Oberfläche der Zelle ein lichter Saum wahrnehmbar sei. Derselbe wird von Neumann als ein Theil der Intercellularsubstanz gedeutet und als pericelluläre Substanz bezeichnet, während Klebs<sup>3)</sup> und Genzmer<sup>4)</sup> dieselbe als eine zu der Zelle gehörige Randschichte auffassen. Zu der oben angeführten Auslegung bestimmt mich die Wahrnehmung, dass die Farbstoffabscheidungen gerade an dieser Stelle und zwar besonders regelmässig, zahlreich und frühzeitig erfolgen. Die unmittelbare Beobachtung am Mesenterium des lebenden Thieres<sup>5)</sup> hatte ergeben, dass die ersten Farbstoffabscheidungen an denjenigen Stellen des Saftkanalsystems auftreten, an welchen die Zellen in lacunären Erweiterungen liegen und dass die Lagerung des Farbstoffes zu den

<sup>1)</sup> Kupffer, Ueber Differenzirung des Protoplasma an den Zellen thierischer Gewebe. Schriften des naturwiss. Vereins für Schleswig-Holstein. 1875.

<sup>2)</sup> Neumann, Bemerkungen über das Knorpelgewebe und den Ossificationsprozess. Arch. f. physiolog. Heilk. 1870.

<sup>3)</sup> Klebs, Beobachtungen über Cretinismus. Arch. f. experiment. Pathol. 1874.

<sup>4)</sup> Genzmer, Ueber die Reaction des hyalinen Knorpels. Dieses Arch. Bd. 67.

<sup>5)</sup> J. Arnold, Zur Kenntniß der Saftbahnen I. c.

letzteren eine pericelluläre oder vielleicht richtiger gesagt eine paracelluläre ist. Die Ähnlichkeit des Verhaltens der Farbstoffabscheidungen innerhalb der lacunären Erweiterungen des Saftkanalsystems einerseits, der Knorpelkapseln andererseits scheint mir unverkennbar und in Anbetracht dessen die Annahme eines pericellulären Raumes innerhalb der letzteren die am meisten sachgemäße. Bei einer solchen Auffassung würde sich dann auch eine einfache Deutung der in diesem Raum gelegenen netzförmigen Abscheidungen ergeben, indem man sich vorstellt, dass es sich um Gerinnungsvorgänge der pericellulären Substanz handelt. Ich möchte eine solche Annahme für um so begründeter halten, als ich ähnliche Erscheinungen der Bildung von blauen Fadennetzen an den Gefäßwänden wahrgenommen habe<sup>1)</sup>.

Nicht weniger bedeutungsvoll wie diese pericellulären Abscheidungen sind diejenigen, welche in den Kapseln des hyalinen Knorpels beobachtet wurden. Dieselben waren bald von blauen Pünktchen, bald von radiär gestellten blauen Streifen durchsetzt. Ich war von diesem Befund um so mehr überrascht, als ich an den Kapseln des hyalinen Knorpels, an denen es zu einer Farbstoffabscheidung nicht gekommen war, niemals eine Andeutung einer solchen radiären Zeichnung wahrnehmen konnte; mochten die Präparate frisch untersucht oder mit Silber- und Goldlösungen behandelt worden sein. Ich bin deshalb auch ausser Stande zu entscheiden, ob und in wie weit die von Heitzmann (l. c.) in der Intercellularsubstanz an Goldpräparaten wahrgenommenen netzförmigen Linien mit der an Indigecarminpräparaten nachweisbaren Strichelung identisch sind. Es ist dies um so weniger möglich, als Heitzmann eine besondere Anordnung der Linien an den Knorpelkapseln nicht erwähnte. Dagegen beschreibt Flesch<sup>2)</sup> ein System von Linien, welche die Grundsubstanz des Knorpels durchziehen und an den Zellhöhlen enden. Was die Deutung dieser Zeichnungen anbelangt, so kann es sich an den Indigecarminpräparaten wohl nur um feinste radiär die Knorpelkapsel durchsetzende Spalten handeln, welche mit dem Farbstoff gefüllt sind und auf diese Weise eine blaue Strichelung der Kapseln hervorrufen. Dass die in diesen

<sup>1)</sup> J. Arnold, Die Kittsubstanz der Endothelien. Dieses Archiv Bd. 66. 1876. S. 86.

<sup>2)</sup> Flesch, Tagblatt der 49. Versammlung der Naturforscher und Aerzte. 1876.

u. Sitzungsberichte der naturw. Gesellschaft zu Würzburg.

spaltförmigen Räumen der Knorpelkapseln gelegenen Farbstoffpartikelchen mit den pericellulären Farbstoffabscheidungen continuirlich zusammenhängen, ist mir zwar sehr wahrscheinlich geworden; ein sicherer Nachweis wird sich aber kaum beibringen lassen.

Die in der eigentlichen Intercellularsubstanz beobachteten Abscheidungen zeigen ein verschiedenes Verhalten, insofern sie bald als einzelne Körner oder Körnerreihen, bald in Form von parallel ziehenden oder netzförmig angeordneten Fäden sich darstellen, welche letztere allerdings gleichfalls aus dicht gelagerten Körnern sich zusammensetzen. So fanden sich z. B. an der Oberfläche des Episternum feine Netze blauer Linien, während in den tieferen Schichten nur dicht gelagerte Körner und Körnerreihen nachzuweisen waren. In den Knorpeln der Gelenkenden sind bald streifige, bald netzförmige Zeichnungen wahrnehmbar. So auffallend diese Differenz im Verhalten der Farbstoffabscheidungen auf den ersten Blick ist, so erklärlich wird sie bei genauerer Ueberlegung. Die Configuration derselben muss wesentlich abhängen erstens von der Menge des abgeschiedenen Farbstoffes und zweitens von der Architectur der Intercellularsubstanz des hyalinen Knorpelgewebes. Es sind dieselben Factoren, deren bestimmenden Einfluss auf die Form der im Saftkanalsystem des Bindegewebes zu Stande kommenden Farbstoffabscheidungen wir bereits früher haben kennen lernen (l. c.).

Dass entsprechend der wechselnden Menge des abgeschiedenen Farbstoffes der Charakter der Zeichnungen ein verschiedener ist, geht schon aus der einen Thatsache hervor, dass an derselben Stelle bald nur einzelne Körner, bald Körnerreihen gefunden wurden, je nachdem es zu geringer oder ausgiebiger Abscheidung gekommen war.

Vielelleicht noch bedeutungsvoller ist aber allerdings in dieser Beziehung die wechselnde Architectur der Intercellularsubstanz des hyalinen Knorpels. Die neueren Untersuchungen von Kühne und Ewald<sup>1)</sup>, Tillmanns<sup>2)</sup>, Creswell Baber<sup>3)</sup> und Morochowetz<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> Kühne u. Ewald, Die Verdauung als histologische Methode. Verhandl. d. naturw. Vereins zu Heidelberg 1876.

<sup>2)</sup> Tillmanns, Beiträge zur Histologie der Gelenke. Archiv f. mikroskop. Anat. Bd. X. 1874. — Ueber die fibrilläre Structur des Hyalinknorpels. Arch. f. Anatomie. 1877.

<sup>3)</sup> Creswell Baber, On the structure of hyaline cartilage. Journ. of anatom. and physiolog. Bd. X. 1875.

<sup>4)</sup> Morochowetz, Zur Histochemie des Bindegewebes. Dasselbst Bd. I.

lassen wohl keinen Zweifel darüber aufkommen, dass die Intercellularsubstanz des hyalinen Knorpels aus Fibrillen sich aufbaut. Die oben mitgetheilten Beobachtungen liefern für die Richtigkeit einer solchen Anschauung weitere Belege. Was die Anordnung dieser Fibrillen anbelangt, so ist sie offenbar eine sehr wechselnde. Tillmanns unterscheidet nach der Anordnung der Fasern 1) parallel faseriges Knorpelgewebe, 2) netzförmiges Knorpelgewebe und 3) lamellöses Knorpelgewebe und lässt es noch dahingestellt sein, ob es noch andere Arten giebt. Bei einem solchen Wechsel der Architectur der Intercellularsubstanz muss auch die Configuration der in ihr abgeschiedenen Farbstoffmassen eine verschiedene sein. In Anbetracht dessen wird es leicht verständlich, warum sich diese bald in der Art parallel ziehender Körnerreihen, bald als sich kreuzende oder netzförmig angeordnete Liniensysteme präsentiren. Der Verlauf der Fibrillen und Fibrillenbündel muss den Charakter der interfibrillären Abscheidungen, denn um solche kann es sich hier nur handeln, bestimmen. Ein Zusammenhang der in der Intercellularsubstanz gelegenen Abscheidungen mit den in der Knorpelkapsel erfolgten ist schwer nachzuweisen, darf aber wohl als bestehend vorausgesetzt werden.

Wenn ich zu einer Erörterung der Befunde am Netzkorpel übergehe, so muss ich zunächst hervorheben, dass dieselben in vielfacher Beziehung die gleichen sind wie beim hyalinen Knorpel und dass dem entsprechend auch die gleiche Deutung auf diese wird Anwendung finden müssen. Die Anhäufung körnigen oder netzförmig angeordneten Farbstoffes zwischen der Oberfläche der Zelle und der hyalinen Knorpelkapsel wird auch hier als eine Abscheidung derselben in einem pericellulären Raum aufzufassen sein. Die feinen radiär gestellten Linien in der Knorpelkapsel sind als der Ausdruck feinster in dieser befindlichen Spalten anzusprechen. Dass die Zellen in der Richtung gegen dieselben feinste Fortsätze entsenden, ein Verhalten, dessen schon H. Müller<sup>1)</sup>, neuerdings O. Hertwig<sup>2)</sup> und Deutschmann<sup>3)</sup> Erwähnung thun, kann uns

<sup>1)</sup> H. Müller, Ueber verkalkte u. poröse Kapseln im Netzkorpel. Würzburg. naturw. Zeitschrift. Bd. I. 1860.

<sup>2)</sup> O. Hertwig, Ueber die Entwicklung und den Bau des elastischen Gewebes im Netzkorpel. Arch. f. mikroskop. Anat. Bd. IX. 1873.

<sup>3)</sup> Deutschmann, Ueber die Entwicklung der elastischen Fasern im Netzkorpel. Inauguraldissertation. Erlangen 1873.

in der Auffassung der feinen Linien als Spalten nur bestärken. Eine Eigenthümlichkeit des Netzknorpels, welche noch hervorgehoben werden muss, ist die Anhäufung von Farbstoff auch an der äusseren Oberfläche der hyalinen Kapsel, an die sich die in der Intercellularsubstanz erfolgten Abscheidungen unmittelbar anschliessen. Dass die letzteren netzförmig angeordnet sind, entspricht vollkommen dem oben ausgeführten Grundsatz, dass der Charakter der Farbstoffscheidung durch die Architectur der Intercellularsubstanz bestimmt wird.

Vergleicht man die Befunde am hyalinen und Netzknorpel, so muss man sagen, dass die Differenzen in dem Verhalten der Farbstoffscheidungen bei beiden Knorpelarten sehr geringe sind; eine Wahrnehmung, welche die Ansicht, dass der Unterschied auch in der Structur beider Gewebe ein geringerer ist, als dies bei oberflächlicher Betrachtung erscheint, zu stützen geeignet sein mag.

Auf Grund der in den obigen Zeilen berichteten Beobachtungen ist man meines Erachtens berechtigt, sich über die Configuration der Saftbahnen des Knorpelgewebes folgende Vorstellung zu machen. Das durch die Gefässe des Perichondrium und Markes zugeführte Material dringt in der Intercellularsubstanz innerhalb feiner zwischen den Fibrillen, Fibrillenbündeln und Fibrillennetzen gelegenen Spalten vor, welche wir als interfibrilläre bezeichnen wollen. Von diesen aus gelangt der Ernährungssaft durch feine in der Knorpelkapsel radiär verlaufende — intracapsuläre — Spalten in den von dieser umschlossenen pericellulären Raum. Es ist somit die Knorpelzelle von einer, wenn auch sehr dünnen Schichte des Ernährungsmaterials umgeben.

Vergleicht man diese Einrichtung der Saftbahnen mit derjenigen des Bindegewebes, so ergeben sich in der einen Beziehung unverkennbare Aehnlichkeiten, in der anderen bemerkenswerthe Differenzen. Der von den Knorpelkapseln umschlossene, die Knorpelzellen enthaltende pericelluläre Raum entspricht offenbar den lacunären Erweiterungen der Saftbahnen des Bindegewebes, in welchen die Zellen gelegen sind. Das System feinster interfibrillärer Räume, wie sie an den bindegewebigen Gebilden z. B. der Hornhaut nachgewiesen worden sind, findet sich auch in der Knorpelintercellularsubstanz wieder. Eigenartig ist in dem Knorpelgewebe das System intracapsulärer Spalten, während in ihm andererseits die weiten und

zahlreichen Verbindungen zwischen den Saftlacunen fehlen, wie sie im Bindegewebe in grosser Zahl vorkommen und dem Saftkanalsystem den Charakter eines vielfach verzweigten und communicirenden Spaltsystems verleihen. Möglich, dass fortgesetzte Untersuchungen auch ein solches uns noch kennen lehren; in den Mittheilungen, die Budge<sup>1)</sup> über diesen Gegenstand macht, sind solche Einrichtungen angedeutet. Sollte dem aber nicht so sein, so wäre dies eine Differenz in dem Verhalten der Saftbahnen, welche sich aus der verschiedenen Architectur und den ungleichen Bestimmungen beider Gewebssorten einfache erklären. Jedenfalls würden sie uns in der Anschauung nicht zu beirren vermögen, dass durch den Nachweis einer fibrillären Structur der Intercellularsubstanz des Knorpelgewebes und der Existenz eines Systems von Saftbahnen in diesem die Zugehörigkeit dieses zu den Geweben der Bindesubstanzen in unzweifelhafter Art dargethan wird.

Zu demselben Resultat gelangt man bei einem Vergleich des Knorpelgewebes mit dem Knochengewebe. Die pericellulären Räume der Knorpelkapseln sind den Knochenlacunen vergleichbar, in beiden liegen die zelligen Elemente bespült von Flüssigkeit. Besonders gross wird die Aehnlichkeit in jenen Fällen sein, in denen die Knorpelkapseln von radiär verlaufenden Spalten durchsetzt werden, in welche die Zellen kurze Ausläufer entsenden. Aber auch für die Structur der Intercellularsubstanz beider Gewebe wird sich die Begründung einer Vergleichung nicht abweisen lassen, nachdem für Knorpel und Knochen [v. Ebner<sup>2)</sup>] dargethan ist, dass sie sich aus Fibrillen aufbauen.

Zum Schluss nur noch wenige Bemerkungen über die in der Literatur enthaltenen auf diesen Gegenstand sich beziehenden Angaben. Seitdem H. Müller (l. c.) eine feine Strichelung an den Kapseln des Netzkorpels beschrieben und dieselbe zu der Existenz von feinen Porenkanälchen in Beziehung gebracht hat, ist der Frage, ob dem Knorpel Saftbahnen zukommen oder nicht, eine vielfache Bearbeitung zu Theil geworden.

<sup>1)</sup> A. Budge, Die Saftbahnen im hyalinen Knorpel. Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. XIV. 1877.

<sup>2)</sup> v. Ebner, Ueber den feineren Bau der Knochensubstanz. Wiener akad. Sitzungsber. Bd. 72. Abth. 3. 1878.

Die einen Beobachter Bubnoff<sup>1)</sup>, Heitzmann<sup>2)</sup>, Loewe<sup>3)</sup>, Henocque<sup>4)</sup>, Petrone<sup>5)</sup>, O. Hertwig<sup>6)</sup>, Ewetzky<sup>7)</sup>, Fürbringer<sup>8)</sup>, Budge<sup>9)</sup> sprachen sich für, die anderen — Sokolow<sup>10)</sup>, Retzius<sup>11)</sup>, Colommiatti<sup>12)</sup>, Waldeyer<sup>13)</sup>, Brückner<sup>14)</sup>, Genzmer<sup>15)</sup>, L. Gerlach<sup>16)</sup> — gegen die Existenz solcher aus. Die Letzteren haben hervor, dass es sich bei einer solchen Annahme um Trugbilder handle, welche auf artificiell erzeugte Spalten und auf Verwechslungen mit Fibrillen oder mit Niederschlägen, welche durch die Einwirkung von Metallsalzen entstanden seien, sich zurückführen lassen.

Es wäre unzulässig, wenn ich an dieser Stelle erörtern wollte, inwiefern diese Einwürfe gerechtfertigt sind oder nicht. Selbst auf eine Vergleichung der Angaben der erstgenannten Autoren mit meinen Befunden muss ich verzichten. Es sei deshalb nur hervorgehoben, dass die in diesen Zeilen beschriebenen Abscheidungen des indigschwefelsauren Natrons insofern einen besonderen Werth

- <sup>1)</sup> Bubnoff, Beiträge zur Kenntniß der Structur des Knorpels. Wien. akad. Sitzungsber. Bd. 57. Abth. I. 1869.
- <sup>2)</sup> Heitzmann, l. c. 1872 u. 1873.
- <sup>3)</sup> Loewe, Ueber eine eigenthümliche Zeichnung im Hyalinknorpel. Wiener med. Jahrb. 1874.
- <sup>4)</sup> Henocque, Sur la texture des cartilages etc. Gaz. méd. de Paris 1874.
- <sup>5)</sup> Petrone, Comunicazioni preventive sull' inflammati della cartilagine etc. Rivista clinica di Bologna. 1872.
- <sup>6)</sup> Hertwig, Ueber das Zahnsystem der Amphibien. Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. XI. Suppl. 1875.
- <sup>7)</sup> Ewetzky, Entzündungsversuche am Knorpel. Untersuchg. aus d. patholog. Institut in Zürich. 1875.
- <sup>8)</sup> Fürbringer, Ueber das Gewebe des Kopfknorpels der Cephalopoden. Morphol. Jahrb. 1877.
- <sup>9)</sup> A. Budge, l. c.
- <sup>10)</sup> Sokolow, Ueber den Bau des Nasenknorpels. Journal für normale und patholog. Histolog. 1870.
- <sup>11)</sup> Retzius, Beitr. zur Kenntniß des Knorpelgewebes. Nord. med. Ark. 1872.
- <sup>12)</sup> Colommiatti, Sulla struttura delle cartilagini. Rivista clinica di Bologna. 1874.
- <sup>13)</sup> Waldeyer, Jahresbericht von Virchow u. Hirsch. 1875.
- <sup>14)</sup> Brückner, Ueber Eiterbildung im Hyalinknorpel. Dorpat. Dissertat. 1873.
- <sup>15)</sup> Genzmer, Ueber die Reaction des hyalinen Knorpels. Centralbl. f. Chirurgie, 1875 u. Dieses Archiv Bd. 67. 1876.
- <sup>16)</sup> L. Gerlach, l. c.

beanspruchen dürfen, als sie am lebenden Knorpel zu Stande gekommen sind, also unter Verhältnissen, durch welche die oben erwähnten Einwände ausgeschlossen werden, und welche geeignet sind, uns ein möglichst naturgetreues Bild von den Ernährungsvorgängen im Knorpel zu geben.

### Erklärung der Abbildungen.

#### Tafel II.

- Fig. 1. Durchschnitt durch den Scleralknorpel des Frosches. Die Knorpelkapseln enthalten einzelne Farbstoffkörper. An einzelnen Zellen finden sich feine blaue Fäden. Vergr. 330 : 1.
- Fig. 2. Schädelknorpel auf dem Durchschnitt. In der Intercellularsubstanz verlaufen blaue Linien. Entsprechend den Knorpelkapseln ist die Farbstoffabscheidung am stärksten. Vergr. 380 : 1.
- Fig. 3. Knorpeliges Hyposternum vom Frosch. Durchschnitt. Die Knorpelkapseln sind von blauen Streifen durchsetzt. Vergr. 580 : 1.
- Fig. 4. Knorpeliges Episternum vom Frosch. Flächenpräparat. Ausser den radiären Streifen in den Knorpelkapseln finden sich körnige Abscheidungen in der Intercellularsubstanz. Vergr. 480 : 1.
- Fig. 5. Querschnitt durch das obere Gelenkende des Femur vom Frosch. Auch hier sind die Knorpelkapseln von radiären blauen Linien durchsetzt. Vergr. 420 : 1.
- Fig. 6. Querschnitt durch das obere Gelenkende der Tibia. An einzelnen Knorpelkapseln sind gleichfalls feine blaue Linien vorhanden, die Intercellularsubstanz von zahlreichen blauen Punkten und Linien durchsetzt. Innerhalb einiger Knorpelkapseln feine Netze blauer Fäden. Vergr. 420 : 1.
- Fig. 7. Ohrknorpel vom Kaninchen. Durchschnitt. In einer Kapsel findet sich eine radiäre Streifung, innerhalb der anderen körnige Abscheidungen. Zwei Kapseln zeigen nicht nur an ihrer inneren sondern auch an ihrer äusseren Oberfläche Farbstoffmassen; eben solche sind auch in der netzförmig gezeichneten Intercellularsubstanz nachzuweisen. Vergr. 640 : 1.
- Fig. 8. Ohrknorpel vom Kaninchen. Durchschnitt. Zwei Knorpelzellen sind fein ausgezackt. Die eine derselben wird von einem blauen Fadennetz umspannt. An der anderen ist die Knorpelkapsel radiär gestreift. Vergr. 580 : 1.