

Beitrag  
zur  
Histologie des Unterkiefer-  
Gelenkes.

Inaugural-Dissertation

der

medicinischen Facultät zu Jena

zur Erlangung der Doctorwürde

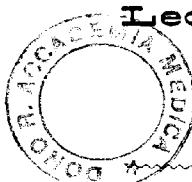
in der Medicin, Chirurgie und Geburtshülfe

Vorgelegt

von

Leopold Mankiewitz

aus Mühlhausen in Thür.



Jena,  
Druck von Julius Hossfeld,  
1886.

Genehmigt von der medicinischen Facultät zu Jena  
auf Antrag des Herrn Professor Hertwig.

Jena, im Juli 1886.

Dr. Kuhnt,  
d. Z. Decan.

Seinem lieben Vater  
dem Sanitätsrath  
**Dr. J. E. Mankiewitz**  
in Mühlhausen in Thüringen,  
als geringes Zeichen kindlicher Dankbarkeit  
gewidmet  
vom Verfasser.



Wenn in dem grössten Theile der anatomischen und physiologischen Lehrbücher ein Gelenk als das Zusammentreten zweier mit Knorpelüberzügen versehener und aneinander beweglicher Knochenflächen bezeichnet wird (vgl. Koellicker mikrosk. Anat. II, 1 S. 326, Histologie 1867. S. 199, Hyrtl 10. Aufl. S. 199, Hartmann S. 121, Gegenbaur S. 111, Hermann Physiol. S. 296, Steiner S. 265), so kann man diese Erklärung als zwar in der Regel, aber nicht als ausnahmslos richtig anerkennen. Schon 1849 ist von H. Meyer behauptet worden, dass die Gelenkfläche des Schläfenbeines sowohl als des Unterkiefers rein bindegewebig sei (Müllers Archiv 1849, S. 333). Durch den später noch citirten Widerspruch Koellickers ist diese Behauptung in totale Vergessenheit gerathen, obwohl sie mit einiger Modification allgemeine Anerkennung, besonders aber Berücksichtigung in den Lehrbüchern verdiente. Wenigstens haben meine unter Aufsicht und Leitung des Herrn Professor Oscar Hertwig ausgeführten Untersuchungen, die ich in folgenden Blättern zu veröffentlichen mir erlaube, zu ähnlichen Resultaten geführt.

Der Unterkiefer bewegt sich bekanntlich mit seinen beiden Gelenkfortsätzen in entsprechenden Cavitäten der Schläfenbeine. Zwischen der Fläche des Processus

condyloideus des Unterkiefers und der cavitas glenoidea des Schläfenbeins befindet sich ein convex-concaver Meniscus, welcher den Condylus haubenförmig umschliesst. Bei der Betrachtung des Gelenkes würde derselbe zuerst zu untersuchen sein.

Ein Meniscus oder Cartilago interarticularis, Zwischengelenkknorpel, besteht nach Koellicker (Mikrosk. Anat. II, 1. 326) „aus einem festen Faserngewebe, welches ganz an das Bindegewebe sich anschliesst, jedoch minder deutlich Fibrillen zeigt, ausserdem aus Knorpelzellen und Kernfasern. Erstere sind meist in den oberflächlichen Lagen zwischen den Bindegewebefasern recht deutlich, gewöhnlich in Form kleiner runder, mehr isolirt stehender und mässig dickwandiger Zellen mit einem Kerne, seltener als grössere Mutterzellen oder zweikernige Bläschen. In den tieferen Theilen sind die Knorpelzellen reihenweise gelagert und kleiner und machen endlich Kernfasern Platz, von denen wenigstens eine gewisse Zahl den Kernen der Knorpelzellen ihren Ursprung zu verdanken scheint. Verfolgt man nämlich die reihenweise gelagerten Zellen in die Tiefe, so sieht man (Figur 103 S. 327), wie ihre Conturen immer undeutlicher und die Kerne immer länger werden und zuletzt sieht man nur noch lange schmale Kerne hinter einander, die schliesslich unter sich verschmelzen. Einen Ueberzug der Synovialhaut besitzen die Zwischengelenkbänder, die dem Bemerkten zufolge zu den Faserknorpeln gehören, nicht, wohl aber sind sie an ihrem mit der Gelenkkapsel verbundenen Rand, jedoch nur auf eine ganz kurze Strecke, nie an ihrer gesamten Oberfläche, von dem Epithel der Gelenkhöhle überzogen“.

Aehnlich äussert er sich in seiner Histologie 1867 S. 203, nur vermeidet er hier den veralteten Ausdruck „Kernfasern“ und sagt statt dessen, dass die Knorpel-

zellen endlich Längszügen ächter Bindegewebeskörperchen Platz machen.

Ebenso bezeichnen sämmtliche bereits zum Theil genannten Anatomen die Menisci als faserknorpelige Gebilde. Den Meniscus des Unterkiefers erwähnen die meisten, ohne nochmals seine Structur zu besprechen, andere reden wie sonst von Faserknorpel. — Nur Henle scheint schon im Allgemeinen von der faserknorpeligen Beschaffenheit der Menisci nicht recht überzeugt zu sein, nennt sie im Text nur Ligamenta interarticularia und führt den Ausdruck „Cartilago“ nur als Anmerkung an. Bei der Besprechung des Unterkiefergelenkes sagt er (I, 2, 56): „Die Bandscheibe besteht ganz und gar aus horizontal in verschiedenen Richtungen verlaufenden Bindegewebsbündeln mit einem unvollkommenen Epithelialüberzug.“

Auch Stieda lässt am Meniscus der Katzen und Kaninchen keinen Faserknorpel zu (Archiv für Mikrosk. Anat. XI 254).

Ich selbst habe den Meniscus an verschiedenen Säugethieren untersucht und kann das Fehlen von Knorpelzellen im Unterkiefermeniscus beim Menschen, Rind und Schwein bestätigen.

Beim Rinde findet man bei Schnitten, parallel zu den Gelenkflächen, ein zartes netzförmiges Bindegewebe ohne jede Spur von Knorpelzellen oder überhaupt von Zellen, die als solche gedeutet werden könnten.

Querschnitte liefern sehniges Bindegewebe, dessen sichere Unterscheidung von wirklicher Sehne ich mir kaum zutrauen würde. Zuweilen sieht man jedoch zwischen den quergeschnittenen Faserbündeln Längsschnitte von transversal verlaufenden Fasern. Längsschnitte zeigen ausser parallelen zarten Fasern gröbere in anderer Richtung sich ausbreitende. Elastische Fa-

sern lassen sich durch Essigsäure in mässiger Zahl und Stärke nachweisen.

Denselben Befund trifft man beim Kalb, beim Menschen in allen Altersklassen und auch beim Schwein; bei letzterem zeichnet sich der Meniscus durch den sehnigen Glanz schon makroskopisch aus. Insbesondere glaube ich ganz bestimmt versichern zu dürfen, dass Zellen, die den Namen Knorpelzellen irgendwie verdienen, auch in den oberflächlichen Schichten fehlen. Ein Epithel oder, wie man jetzt lieber sagt, Endothel konnte ich nicht nachweisen, muss jedoch zugeben, dass ich die Präparate nur selten ganz frisch untersuchen konnte. Bei einem zu dem Zweck getöteten Kaninchen habe ich ein solches nicht finden können.

Durch den Mangel von Faserknorpel am Meniscus des Unterkiefergelenkes sah ich mich veranlasst, auch andere Zwischenbänder, insbesondere die des Kniegelenkes zu untersuchen. Dieselben lagern als halbmondförmige Scheiben zwischen den Condylen des Femur und den entsprechenden Gelenkflächen der Tibia, sind an ihrem vorderen und medialen Rande verdickt, an ihrem hintern Rande meist stark verdünnt und durchsichtig. Der Vergleich mit dünnen Gummiplatten ist ein sehr naheliegender. — Henle sagt über ihre histologische Structur, (I, 2, 135) wie folgt: „Die Menisci des Kniegelenkes bestehen aus longitudinalen Faserzügen; die Oberfläche überzieht eine 0, 1 mm mächtige Membran, die den Character des Bindegewebsknorpel zeigt, eine fein wellenförmig gefaserte in Essigsäure quellende Substanz mit meist vereinzelten kuglichen Knorpelzellen“. Ebenso Hoffmann-Schwalbe I, 289.

Die Untersuchung ungefärbter Quer- und Längsschnitte ergab mir das beim Unterkiefer - Meniscus

ausführlich geschilderte Resultat bei Mensch, Rind und Schwein in gleicher Weise. Machte man dagegen beim Menschen einen Schnitt, parallel zu der den Gelenkflächen zugekehrten Oberfläche des Meniscus, so fand man vereinzelte kugliche kleine Zellen, die regellos umherlagen und auf manchen Schnitten gänzlich fehlten. Diese Zellen fanden sich auch beim Schweine in der obersten Schicht, bei beiden aber nur in dieser. Dieselben treten durch Färbung mit Jod, Anilinfarben sowie durch Essigsäurezusatz deutlicher hervor, lassen jedoch eine Kapsel nie erkennen. — Die Untersuchung eines 7 Wochen alten Kindes gab mir klaren Aufschluss; ich fand nämlich in homogener Grundsubstanz grosse geschwänzte Zellen dicht gedrängt sowohl im Innern als auf der Oberfläche des Meniscus. Im Innern dürften diese Zellen bis auf kleine Kerne zum Aufbau des Bindegewebes verwandt werden; an der freien Oberfläche bleibt zuweilen ein Theil der Zellen erhalten. — Es ist nun für mich unzweifelhaft, dass Henle und auch Koellicker diese Zellen als Knorpelzellen aufgefasst und demgemäß den Meniscus als ein faserknorpeliges Gebilde beschrieben haben. Es liegt jedoch meiner Ansicht nach absolut kein Grund vor, im Bindegewebe vereinzelt vorkommende Zellen ohne Kapsel als Knorpelzellen aufzufassen, noch weniger Grund, wegen dieser wenigen Zellen, die nur in der oberflächlichsten Schicht liegen, den ganzen Meniscus als Faserknorpel zu bezeichnen. Ich möchte vielmehr die Menisci des Knie- und Unterkiefergelenkes für rein bindegewebig erklären. Am Meniscus des Sternoclaviculargelenkes kann ich das Vorkommen von Knorpel jedoch nicht in Abrede stellen, was ich zur Vermeidung von Missverständnissen ausdrücklich betone.

Nehmen wir nach diesem Excurs das Unterkiefer-

gelenk wieder in Augenschein, so haben wir an den beiden Gelenkflächen nach Koellicker (Mikrosk. Anat. II, 1, 320) folgenden Befund zu erwarten:

„Wenn H. Meyer sagt, dass am Gelenkkopf des Unterkiefers und der Grube des Schläfenbeines überhaupt (auch beim Embryo) kein Knorpel vorkomme, so ist dies ganz unrichtig; M. hat sich offenbar dadurch täuschen lassen, dass die angegebenen Stellen über dem Knorpel noch eine Bindegewebsslage, gewissermassen einen Ueberzug der Synovialhaut, haben. Bei einem fast einjährigen Kinde misst die Lage von ächter Knorpelsubstanz am Unterkiefer  $0,18 - 0,24''$  in der Gelenkgrube des Schläfenbeines  $0,1 - 0,14''$ , dagegen die Bindegewebsslage, deren Fasern horizontal verlaufen und ziemlich scharf gegen den Knorpel sich abgrenzen, am Unterkiefer nur  $0,04 - 0,06''$ . Beim Erwachsenen beträgt die Knorpellage am Unterkiefer nur noch  $0,036 - 0,05''$ , die Bindegewebsslage dagegen  $0,072 = 0,01''$ , letztere enthält namentlich in der Tiefe ziemlich viele Kernfasern, erstere ist als ein schmaler durchsichtiger Streifen nur oben und vorn am Kopf zu finden und zeichnet sich durch granulirte Grundsubstanz und kleine längliche Knorpelhöhlen, die hier und da leicht zackig und wie mit Porenkanälchen versehen zu sein scheinen, aus“.

In der „Histologie“ (5. Aufl. S. 200) äussert er sich wie folgt:

„Die mächtige Lage ganz ausgezeichneter Knorpelkapseln schwindet, je mehr der Knochen seiner Ausbildung sich nähert, und am Ende bleibt unter der dicker gewordenen Bindegewebsslage nur noch eine ganz dünne und durchscheinende Schicht, deren Elemente, obschon dem Bau nach nicht wirkliche Knochenzellen und auch nicht ossificirt, doch denselben näher zu

stehen scheinen als den Knorpelzellen. Nach Henle bleibt in den vorderen Theilen der Gelenkflächen unter dem Bindegewebe eine  $\frac{1}{3}$  mm mächtige Lage ächten Knorpels“.

Macht man einen Schnitt senkrecht auf die Fossa glenoidea eines entkalkten Schläfenbeines eines mässig grossen Embryo — die Thiergattung ist in diesem Falle ganz gleichgültig — z. B. eines 10 Cm. langen Schweins-embryo, so findet man nach der zukünftigen Gelenkhöhle zu ein zellenreiches, fasernarmes Bindegewebe (Blastem Koellickers), dessen Zellen in der Nähe des Knochens sich noch dichter anhäufen, da von hier aus wohl die Bildung der Knochenkörperchen vor sich geht. Die Zellen sind rund, zeigen einen granulirten Inhalt ohne deutlichen Kern; Knorpel fehlt gänzlich. Das Bindegewebe geht allmählich ohne Grenze in ein an Knochenbälkchen armes, an zellenreichen Markräumen reiches Knochengebwebe über.

Bei einer 8monatlichen menschlichen Frucht findet man noch keine Faserung des Bindegewebes; die Zellen sind dagegen meist zu Kernen geschwunden bis auf die dem Knochen zunächst liegenden, die noch ziemlich unverändert sind.

Bei einem 7 Wochen alten Kinde ist in dem Bindegewebe bereits eine undeutliche Faserung sichtbar, die Zellen der Matrix der Knochenkörperchen sind etwas mehr oval als rund.

Bei Erwachsenen lassen sich im Bindegewebe mehrere Schichten unterscheiden. Zu oberst liegt eine undeutlich längsgefaserte, welche nach der Gelenkhöhle zu zahlreiche runde Zellen mit granulirtem Inhalt, ähnlich den beim Meniscus des menschlichen Kniegelenkes erwähnten enthält. Auch durch Essigsäure wird meist keine Kapsel sichtbar. Zuweilen glaubte ich allerdings

bei veränderter Einstellung an einzelnen Zellen eine solche zu bemerken. Trotzdem möchte ich sie ebensowenig als Knorpelzellen aufgefasst sehen, wie die des Meniscus, da durch Essigsäure auch an Bindegewebszellen eine Schrumpfung des Inhaltes und stärkeres Hervortreten des Kernes manchmal erreicht wird.

Auf diese oberflächliche ganz dünne Lage folgt eine zweite Schicht mit sich kreuzenden Fasern und gewöhnlichen Kernen. Sodann kommt eine deutliche Längsfaserschicht, in der nach dem Knochen zu die Fasern fast verschwinden, dagegen ziemlich zahlreiche Zellen von sehr wechselnder Gestalt vorhanden sind. Bald sind sie rund, bald eckig, einige sind spindelförmig, andere oval. Sie haben keinen differenten Inhalt und dürften als Reste der Matrix des Knochens anzusehen sein. Dicht darauf folgt ohne scharfe Grenze die lamellöse Knochensubstanz mit ihren Knochenkörperchen. Dieses Verhalten findet sich beim Menschen, Rind und Schwein in gleicher Weise. Nur fehlen bei letzteren die Zellen in der oberflächlichen Schicht. Die Dicke des Bindegewebes ist in der Schläfengegend eine sehr wechselnde.

Die von mir beschriebenen Zellen scheinen die von Koellicker beim Foetus deutlich, beim Erwachsenen undeutlich beobachteten Knorpelzellen zu sein. Ich glaube jedoch im Vorstehenden den Beweis geliefert zu haben, dass in keinem Stadium der Entwicklung an der Gelenkfläche des Schläfenbeines Knorpel vorhanden ist.

Angesichts der Thatsache, dass das Schläfenbein zu den Belegknochen gehört, welche bekanntlich präformirt sind und ohne Knorpelkerne ossificiren, kann uns das Fehlen des Knorpels nicht wundern. Denn wenn Köllicker an einigen anderen Stellen der Schä-

deldecke kurz nach der Geburt hyalinen Knorpel gefunden zu haben behauptet (Mikrosk. An. II. 1, 379), z. B. am Angulus mastoideus des Scheitelbeines, so führt er dies selbst darauf zurück, dass der hier lange persistirende Knorpel des Primordialschädels schliesslich mit dem Scheitelbein verwächst. An der Gelenkgrube dürfte jedoch das Vorhandensein von primordialem Knorpel ausgeschlossen sein.

Ich komme nunmehr zum wichtigsten Theile des Gelenkes, zum Unterkiefer selbst. Gern hätte ich mich auf die Beschreibung der anatomischen Verhältnisse der Gelenkfortsätze beschränkt, ohne das Chaos widersprechender Ansichten über die Genese und Entwicklung des Unterkiefers, über Knochenwachsthum u. s. w. zu berühren, aber ich konnte mich dem Studium der einschlägigen Schriften nicht entziehen und sehe mich gegen meine ursprüngliche Absicht gezwungen, wenigstens kurz auf einige der betreffenden Fragen einzugehen.

Da der Unterkiefer sowohl an das Primordialcranium als die Knochen der Schädeldecke grenzt, so ist es leicht zu verstehen, dass man über die bindegewebige oder knorpelige Anlage zunächst zweifelhaft sein konnte. Jedoch war man seit der Annahme secundärer Kopfknochen durch Ruisch und Nesbitt geneigt, auch den Unterkiefer zu denselben zu rechnen, wenigstens bei den Säugethieren; denn die knorpelige Anlage bei niederen Wirbelthieren war zu augenfällig, als dass sie anfmerksamen Untersuchern hätte entgehen können. Die Entdeckung des Meckelschen Knorpels, welche im Sinne einer knorpeligen Anlage des Unterkiefers auch der höheren Wirbelthiere hätten gedeutet werden können, regte weitere Untersuchungen an, welche das Vorhandensein von „Knorpelkernen“ im Unterkiefer selbst



ergaben, die bindegewebige Anlage jedoch bestätigten. 1873 glaubte Strelzoff bei Untersuchungen über die Histogenese der Knochen, deren Erkenntniss wesentlich durch ihn gefördert wurde, es als höchst wahrscheinlich annehmen zu dürfen, dass der ganze Unterkiefer knorpelig präformirt sei. Gegen ihn wandten sich Stieda (Archiv für Mikrosk. Anat. XI, S. 255), Steudener (Abhandl. der naturw. Gesellsch. zu Halle XIII, S. 224) und Brock (Zeitschrift für wissensch. Zoologie XXIII, S. 291), welcher letztere mit Recht hervorhebt, dass die von Strelzoff untersuchten Schweinsembryonen von 5,5 Ctm. Länge viel zu alt wären, um darauf eine derartige Behauptung zu gründen. Bei einem Schweinembryo von 3 Ctm. findet man lateralwärts vom Meckel'schen Knorpel eine einfache schmale Knochenlamelle, welche das Aussehen des Bindegewebsknorpels darbietet und allseitig von einem Perioste umgeben ist, das sich schon deutlich in eine innere und äussere Schicht abgrenzen lässt. Von Knorpel ist in diesem Stadium noch keine Spur vorhanden.“

Nach diesen Angaben muss ich es als bewiesen betrachten, dass der Unterkiefer, ebenso wie die Schadeldeckknochen häufig angelegt ist. Ebenso ist jedoch die spätere Anwesenheit von Knorpel unbestreitbare Thatsache. Und zwar entsteht er nach Brock (S. 294) aus einer Anhäufung von Zellen innerhalb des Periostes, also aus derselben Matrix, wie der bis dahin gebildete Knochen.

Eine neue Streitfrage ist wieder die Anzahl der aus dem Bindegewebe entstehenden Knorpelanlagen. Strelzoff kann selbstverständlich nur einen primären Knorpelkern annehmen; aber auch Brock spricht sich für den Zusammenhang der Knorpelanlagen in allen Partieen des Unterkiefers aus. Baumüller (Inaugur.

Dissert. 1879. S. 44) dagegen findet einen Kern im Processus alveolaris, einen im Condylus. Alle diese Untersuchungen auf Knorpelkerne bezogen sich auf das Schwein. Beim Menschen findet Steudener (S. 224) dieselben Kerne, wie Baumüller beim Schwein, Masselin (Bullet. de l'Acad. royale de Belgique 1878, S. 472) erklärt ausserdem den Proc. coronoideus für knorpelig angelegt und lässt einen Theil des Proc. alveolaris als Faserknorpel sich präsentieren.

Bei dieser Verschiedenheit der Ansichten ist es schwierig, das Richtigste zu treffen. Soviel lässt sich jedoch schon ohne Untersuchung erkennen, dass eine Uebertragung der an einem Thiere erhaltenen Befunde auf das andere nicht statthaft ist (vgl. Brock S. 291). Im übrigen komme ich bei Besprechung meiner eigenen Untersuchungen darauf zurück.

Während die Frage nach der Anzahl der Knorpelkerne von allen Autoren mit Recht als nebensächlich behandelt ist, ist über ihre Verknöcherung, ob neoplastisch oder metaplastisch, ein wahrhaft erbitterter Kampf entstanden, der zu einem definitiven Abschluss noch nicht geführt hat. Allerdings neigt er dem Ausgang zu, dass die metaplastische Verknöcherung des Knorpels, der directe Uebergang von Knorpelzellen in Knochenkörperchen nicht nur bei der Rachitis, an den Stirnzapfen der Kälber, den Geweihen der Hirsche und Rehe, sondern auch am Unterkiefer des Menschen und anderer Säuger als wirklich vorhanden anerkannt wird. Der Umstand, dass in den Arbeiten von Brock und Baumüller, welche unter Koellicker's Aufsicht entstanden sind, für die metaplastische Verknöcherung des Unterkiefers plaidirt wird, spricht dafür, dass der Altmäister der Histologie selbst geneigt ist, seinen Widerspruch aufzugeben.

Schliesslich greift die Frage nach den Veränderungen des Meekel'schen Knorpels resp. nach dessen Betheiligung am Aufbau des Unterkiefers hier noch mit ein; während Strelzoff und andere ihn in der Gegend des Unterkiefers ganz spurlos verschwinden liessen — die Bildung des Proc. folianus aus demselben ist wohl nie bestritten —, hat Baumüller bewiesen, dass er an der Bildung der vorderen medialen Fläche des Unterkiefers in der Gegend des Alveolarfortsatzes einen geringen Anteil hat.

Dies ist in Kurzem die Geschichte und der gegenwärtige Stand der Entwicklung des Unterkiefers. Meiner mir gestellten Aufgabe gemäss werde ich nur wenige Punkte in extenso behandeln und mich sonst auf den Gelenktheil beschränken.

Betreffs der Anfertigung der Präparate bemerke ich nur, dass ich meist die ganzen Kiefer nach der Entkalkung mit angesäuertem Alkohol in Boraxcarmin und später die einzelnen Schnitte mit Haematoxylin gefärbt habe. Dass die Trennung des verkalkten Knorpels vom Knochen weniger deutlich sei, habe ich nicht gefunden; der Vortheil der Färbung en gros liegt auf der Hand. Färbungen ganzer Stücke mit Haematoxylin gelangen meist nur schlecht. Die Untersuchungen sind mit Zeiss Ocular. 2, Obj. A, D und E gemacht.

### I. Schweinsembryo von 4,5 ctm. Länge.

Eine laufende Reihe frontaler Längsschnitte durch den Unterkiefer eines 4,5 Ctm. langen Schweinsembryo liefert meist ähnliche Resultate, wie sie Strelzoff und Brock schildern und ersterer in Fig. 14 abbildet.

Allerdings ist seine Schnittrichtung eine etwas andere und ist sein Embryo etwas länger (5,5 Ctm.).

Der Meekel'sche Knorpel ist lateral- und medianwärts durch Reihen von spindelförmigen Bindegewebzellen scharf von seiner Umgebung abgegrenzt. Diese Reihen sind an manchen Stellen ziemlich zahlreich; an anderen, besonders an seinem oberen inneren Winkel, nur 3—4fach. Er ist hier nur durch die geringe Zwischenlage vom Condylusknorpel getrennt. An seinem oberen und untern Ende gehen die Knorpelzellen ganz allmählich in Bindegewebzellen über, indem ihr Längsdurchmesser zunimmt und die Kapsel verschwindet. Eigentlich ist das Umgekehrte der Fall, indem an beiden Polen eine Vermehrung der Knorpelzellen vom umliegenden Bindegewebe aus noch stattzufinden scheint. Die Zellen sind sehr klein, ziemlich rund, vom Kern fast ausgefüllt und von einem kleinen Kapselhohlraum umgeben. Zwischen den Kapseln ist viel homogene Grundsubstanz vorhanden, sodass dieselben nie einander berühren. Ich bemerke schon jetzt, dass ich auf die Veränderungen dieses Knorpels nicht eingehen kann, weil es mich von meinem Thema zu weit abführen würde; ausserdem sind die Verhältnisse durch Baumüller genügend klargestellt.

Der Condylusknorpel ragt nicht frei in die zukünftige Gelenkhöhle hinein, sondern ist von einer mässig dicken Bindegewebsschicht umgeben, die ich mit Brock und Stieda als die Matrix des Knorpels ansehen möchte. Die Zellen des Bindegewebes sind nach der Höhle zu rund, werden dann oval, spindelförmig und gehen allmählich in die Knorpelzellen über. Diese sind nämlich selten rund, sondern meist halbmondförmig, grösser als die des Meckel'schen Knorpels; der durch Boraxcarmin deutlich gefärbte Kern füllt nur einen

Theil der Zelle aus. Ihre Höhlen sind relativ gross, stossen meist an einander und lassen nur an manchen Stellen etwas homogene Grundsubstanz zwischen sich erkennen. Das Bild dieses Knorpels entspricht deshalb durchaus nicht dem des hyalinen Knorpels, des echten foetalen Knorpels, wie ihn Brock S. 296 nennt, weit eher wird man durch das Ueberwiegen der Zellen über die Intercellularsubstanz an Epithelgewebe erinnert, und zwar im folgenden Stadium mehr als in diesem. Der Knorpel könnte vielleicht in die Kategorie des „Knorpelgewebes ohne Grundsubstanz oder Zellenknorpel“ (vgl. Koellicker, Gewebelehre S. 66) gerechnet werden.

Vom Condylus nach der Symphyse verkalkt die Knorpelgrundsubstanz, dagegen fehlt die Eröffnung der Knorpelhöhlen und die übrigen Erscheinungen der normalen endochondralen Verknöcherung. Brock schildert den sich hier abspielenden Vorgang wie folgt:

„Ueberall gegen den periostalen Knochen hin spitzt sich der Knorpel zu, seine Zellen vergrössern sich so, dass sie fast gar keine Zwischensubstanz zwischen sich zu lassen scheinen und lagern Kalk in ihren Interstitien ab. Mit wachsender Kalkimprägnation wirken sie auseinander und werden zugleich sternförmig, womit dann der Knochen fertig ist.“

Die hier erwähnten Thatsachen kann ich nur bestätigen. Ob jedoch die grössere Distanz zwischen den einzelnen Zellen durch weitere Kalkablagerung oder durch den Schwund der umgebenden Zellen entsteht, lässt sich aus den Bildern nicht ersehen. Strelzoff scheint (S. 12) eher an den letzteren Vorgang gedacht zu haben. Ich selbst bin geneigt, mich ebenfalls eher für den Schwund benachbarter Zellen auszusprechen, indem ich zuweilen in der Intercellularsubstanz Kerne ohne Zellmembran zu bemerken glaubte. Von Gewiss-

heit kann jedoch bei solchen Beobachtungen nicht die Rede sein.

Dicht neben dem verkalkten Knorpelgewebe sieht man fertigen Knochen mit Körperchen, die aus den Knorpelzellen direkt entstanden sein können, aber nicht müssen. Brock sagt hierüber selbst (S. 390): „Die aus dem Knorpel hervorgegangene Knochenlamelle bezieht unmittelbar nach ihrem ersten Entstehen von der inneren Schicht des Periostes einen Osteoblastenbelag, der nun gemeinschaftlich mit dem Knorpel ihre weitere Verknöcherung besorgt. Den Anteil beider Bildungsfactoren genau auseinander zu halten, ist unmöglich, da man einem Knochenkörperchen, sobald es nur eckige Formen angenommen hat, also sobald es nur ein solches ist, nicht mehr ansehen kann, aus welcher Quelle es geflossen ist“. Im folgenden verwirft er sämmtliche Beweismittel der metaphastischen Ossification mit Ausnahme des Falles, dass inmitten rother Knochengrundsubstanz eine isolirte blaugefärbte Knorpelzelle oder ein ganzes Nest derselben stehen geblieben ist, was schon von Strelzoff als häufig und charakteristisch für die metaphastische Ossification hervorgehoben wird. Dieses Beweismittel will mir jedoch durchaus nicht stichhaltig erscheinen, indem es bei der anerkanntmassen schnellen Ossification des Unterkiefers wie aller Belagknochen (v. Koellicker; Mikr. Anat. II. 1, 378) durchaus nichts Wunderbares wäre, dass eine Knorpelzelle von der Ossification überrascht und vom Knochen vor ihrem Schwund oder ihrer Umwandlung in Markzellen umgeben würde. Hätte Strelzoff auf der von ihm selbst (S. 45) citirten Stelle aus Koellickers Gewebelehre 1867 S. 221 einige Zeilen höher gelesen, so würde er das Stehenbleiben von verkalkter Knorpelgrundsubstanz vielleicht nicht so eifrig für die

direkte Verknöcherung ins Feuer geführt haben. Dort steht nämlich:

„Die Schicksale des verkalkten Knorpels sind noch nicht so aufgeklärt als es wünschbar wäre. So finde ich an den Diaphysen von Röhrenknochen noch bei 16jährigen in bedeutender Entfernung vom knorpeligen Ende eine besondere Zone von verkalkter Knorpelgrundsubstanz und früh gebildetem ächten Knochen, die mit grösseren und kleineren Nestern ziemlich genau an der Grenze gegen die Periostablagerungen geradlinig verläuft und allerseits von gut ausgebildeter lamellöser Knochensubstanz begrenzt wird (Fig. 158) und so mögen auch noch an anderen Orten Reste der primitiven Bildungen lange sich erhalten, wie denn auch schon Tames und de Morgan und auch H. Müller auf solche Stellen die Aufmerksamkeit gelenkt haben.“ Als Reste von Rachitis kann Strelzoff bei einem 16jährigen diese Erscheinung kaum auffassen.

Endlich findet doch Strelzoff (S. 12) unter den Markzellen manchmal eine noch nicht zerstörte, geschrumpfte Knorpelzelle und behauptet doch gerade die Unabhängigkeit der Markzellen von den Knorpelzellen.

Ich kann daher das Characteristicum der metaplastischen Ossification als solches nicht anerkennen.

Was den Vorgang selbst betrifft, so gebe ich Strelzoff, im Gegensatz zu Steudener und Stieda, gern zu, dass beim Unterkiefer von Schweinsembryonen abnorme Verhältnisse sichtbar sind, dass Eröffnung der Knorpelhöhlen, endochondrale Ossifications- und Grenzlinie gar nicht existiren. Ich erkenne an, dass die Annahme einer metaplastischen Ossification diese Mängel der Erscheinungen in diesem und späteren Stadien des Unterkiefers leicht erklären würde, betone jedoch

ausdrücklich, dass eine gewisse Skepsis mir noch durchaus zeitgemäß erscheint:

Man findet die eben besprochenen Erscheinungen sowohl am Condylusknorpel als auch an dem Knorpelkerne in der Höhe des Alveolarfortsatzes, welcher letztere selbst mir noch rein bindegewebig erschien. Die beiden zum Theil schon verknöcherten Knorpel waren meist durch eine dünne Bindegewebsleiste getrennt; jedoch liess sich mit Sicherheit ein Zusammenhang an einzelnen Schnitten beweisen. Der untere Knorpel ist schon weiter in der Entwicklung vorgeschritten als der obere, so dass seine Zellen schon meist verkalkt waren.

Eine Reihe von horizontalen Querschnitten ergiebt mir folgendes: An der Symphyse trifft man verkalkten Knorpel mit umgebendem perichondralen Knochen. Weiter nach oben stellt sich der rein bindegewebige Processus alveolaris ein mit den bekannten Erscheinungen des Zahnuimes. Der Condylusknorpel wird vom Processus coronoideus überragt, sodass man vielleicht durch letzteren noch ein Dutzend Schnitte anfertigen kann, während der erstere bereits verschwunden ist. Der Kronenfortsatz zeigt Spuren von periodaler Verknöcherung, keinen Knorpel.

## II. Schweinsembryo von 10 ctm. Länge.

An der Symphyse ist nur noch Knochen sichtbar, dessen Abstammung vom Bindegewebe oder Knorpel sich nicht mehr unterscheiden lässt. Der Condylusknorpel ist vascularisiert, in seinen unteren Partieen verkalkt; abgesessen von seiner Matrix, die nach der Gelenkhöhle zu liegt, ist er durch die perichondrale Grundschicht (vgl. Strelzoff, Fig. 4 a) scharf umgrenzt

Nur an einzelnen Stellen findet ein brückenartiger Uebergang des verkalkten Knorpels in den perichondralen Knochen statt, wie es Brock in Figur 120 sehr deutlich abgebildet hat. Wie viel von diesem Knochen- spangen seine Entstehung den Knorpelzellen, wie viel dem Perichondrium verdankt, ist ebenso unklar als im vorigen Stadium, und es liegt für mich kein Grund vor, nochmals darauf einzugehen.

Die Zellen des unverkalkten Knorpels sind grösser als im vorigen Stadium, die Kerne füllen die Zellen-embryone meist aus, die Höhlen stoßen aneinander, so dass Grundsubstanz kaum sichtbar ist. Jedem, der diese Schnitte sieht, wird sofort die Aehnlichkeit mit Epitheliien und der Chorda dorsalis auffallen.

Der bindegewebige Ueberzug des Knorpels ist noch unverändert zellreich, faserlos.

### III. Kalbsembryo von 15 ctm. Länge.

Während bei einem 2 ctm. Rindsembryo der Unterkiefer noch nicht als differente Lamelle zu erkennen war, ist bei einer Grösse von 15 ctm. derselbe in seinen untern Partieen schon fast ganz verknöchert. Der Condylus zeigt dieselben Erscheinungen, welche im vorigen Stadium beim Schweine sich gezeigt haben. Insbesondere zeigen sich die als metaplastisches Knochenwachsthum gedeuteten Verhältnisse besonders an seinem unteren Ende.

Der Processus coronoideus ist, ohne eine Spur von Knorpel gezeigt zu haben, vollständig verknöchert, so dass ich auf seine weitere Betrachtung verzichten zu können glaube. Im Gelenküberzug des Condylus ist eine Faserung noch nicht zu bemerken.

#### IV. 8 Tage altes Kalb.

Leider bin ich genöthigt, gleich mit einem grossen Sprung weiterzugehen, da mir Zwischenstadien nicht zur Verfügung standen. Während ich in den embryonalen Stadien wegen der Kleinheit des Kiefers denselben in seiner ganzen Länge untersucht habe, beschränke ich mich bei extrauterinen Thieren auf die Untersuchung des Condylus. Querschnitte durch denselben beim Kalb lieferten folgendes Ergebniss:

Ein Endothel war nicht nachweisbar, vielleicht jedoch nur deshalb, weil ich ein Präparat sofort nach dem Schlachten nicht erhalten konnte. Zunächst der Gelenkhöhle liegt eine undeutlich längsfaserige Bindegewebsschicht mit zahlreichen Kernen von sehr geringer Breitenausdehnung (Bild a). Darauf folgt eine viel breitere Schicht mit sich kreuzenden, meist aber quer verlaufenden Fasern (b), dann eine etwa gleich breite Längsfaserschicht (c). In ihren innern Lagen ist eine starke Anhäufung von Zellen sichtbar. Die Fasern verschwinden zwischen den dicht gedrängten Zellen, die einstweilen noch einen rein bindegewebigen Character haben. Sie sind klein, rund, mit granulirtem Inhalt, ohne deutlichen Kern und färben sich bei Doppelfärbungen rein roth (d). Nach innen sind sie grösser, weniger zahlreich, so dass etwas ungefaserte Grundsubstanz sichtbar wird (e); an einigen lässt sich eine Kapsel bereits erkennen. Die Grundsubstanz erscheint violett, die Zellen selbst roth. Weiterhin sind sie noch grösser, ebenso die jede einzelne umgebende Kapsel; das ganze Gewebe erscheint schön blau gefärbt (f). Auch hier bin ich nicht im Stande, den Knorpel ohne Einschränkung als hyalin zu bezeichnen. Die Zellen und Kapseln sind viel regelmässiger gelagert,

gert als am hyalinen Knorpel, die Zwischenräume zwischen den Kapseln sind viel geringer. Wenn ich hier den Ausdruck „Kapsel“ gebrauchte, so meine ich damit die Hülle der durch Schrumpfen der Zelle Knorpelhöhle. Diese Hülle ist jedoch nicht wie am hyalinen Knorpel, eine feste oder gelbliche Lage von zuweilen geschichtetem Ansehen und bedeutender Dicke (Koellicker, Gewebelehre S. 64), sondern sie ist der einfach contourirte Rand der die Zelle umschliessenden geringen Grundsubstanz.

Der Knorpel verknöchert, wie ich bestimmt behaupten zu können glaube, im Gegensatz zu den embryonalen Stadien, nach neoplastischem Typus.

Die Knorpelzone ist etwa ebenso breit als die Bindegewebslagen zusammengenommen. Uebrigens ist die Stärke der letztern auch hier an den einzelnen Stellen eine sehr wechselnde.

#### V. Ausgewachsenes Rind.

Die oberste Schicht besitzt eine geringere Anzahl von Bindegewebskernen, die Quer- und Längs-Faserschicht sind unverändert, die Proliferationsschicht ist sehr verschmälert. Die Knorpelschicht ist bedeutend verringert, nimmt kaum ein Zehntel ihrer früheren Breite ein; die Zellen sind kleiner, etwas ovaler als im vorigen Stadium.

Beim alten Schwein sind die Verhältnisse genau, wie ich sie vom Rind geschildert. Bei ältern Embryonen und Ferkeln habe ich Untersuchungen aus Mangel an Material nicht anstellen können.

Zur Betrachtung der Histologie des Condylus menschlicher Embryonen hat mir leider ebenfalls das Material gefehlt, so dass ich auf frühere Veröffent-

lichungen zurückgreifen muss. Es behandeln den menschlichen Unterkiefer Steudener und Masquelin, die in mancher Beziehung zu recht verschiedenen Resultaten gelangen. So lässt Masquelin den Meckel'schen Knorpel am Aufbau des Unterkiefers durch indirekte Verknöcherung teilnehmen, (S. 451) Steudener bestreitet diese Theilnahme (S. 224). Letzterer bekämpft sodann das metaplastische Knochenwachsthum Strelzoff's und beschreibt die Vorgänge wie folgt:

„Von der Innenseite des verkalkten Theiles des Gelenkfortsatzes beginnt eine höchst unregelmässige Kanalisation des Knorpels durch Eröffnung der Knorpelhöhlen und Eindringen der wuchernden Zellen der osteoplastischen Schicht des Perichondriums. Diese Markkanäle sind von sehr unregelmässiger Gestalt, halten aber im Allgemeinen an der Längsrichtung des Gelenkfortsatzes in ihrem Verlaufe fest und gehen Anastomosen nach verschiedenen Richtungen unter einander ein. An ihrer innern Oberfläche erfolgt dann in der gewöhnlichen Weise durch die Thätigkeit der hineingewucherten Markzellen eine Ablagerung endochondralen Knochens, wobei nun nicht selten grössere Strecken verkalkten Knorpels in den endochondralen Knochen eingeschlossen erscheinen, deren Knorpelhöhlen jedoch noch nachträglich eröffnet und meist vollständig mit Knochensubstanz ausgefüllt werden.“

Da ich die Richtigkeit dieser Beobachtungen nicht in Abrede stellen kann, so ist die Verschiedenheit der Strelzoff'schen und Steudener'schen Resultate wohl auf die Verschiedenheit ihrer Untersuchungsobjecte zurückzuführen; ihr Streit müsste, um zu wirklichen Ergebnissen zu führen, auf gemeinschaftlicher Basis weitergeführt werden.

Da Steudener den mich zunächst interessirenden

Condylus nur kurz behandelt, gehe ich zu Masquelin über, dessen Befunde ich hier wiedergebe.

Bei ganz jungen menschlichen Embryonen besteht der Condylus aus hyalinem Knorpel, der die Form eines abgestumpften Kegels hat. Die breite Basis, welche unter der bindegewebigen Matrix des Knorpels, dem späteren Gelenküberzug liegt, sieht nach dem Gelenke, das schmale Ende nach der Symphyse zu.

Bei Embryonen von 65,75 mm. nimmt der Knorpel die ganze Breite des aufsteigenden Kieferastes ein, nach oben und unten steht er mit perichondralem Knochen in Verbindung — der obere Knochen gehört wohl zum Processus coronoideus —, an den Seiten mit Bindegewebe. Der Knorpel verknöchert nach M. auf eine ganz neue, noch nicht beschriebene Weise, die in weiteren Kreisen bekannt zu werden verdient. Ich gebe die Schilderung des Vorganges lieber französisch wieder. Er sagt (S. 458):

Aux bords supérieurs des parois de la gouttière alvéolaire, on peut constater manifestement la formation de tissu cartilagineux hyalin aux dépens d'un tissu embryonnaire exclusivement fermé de cellules; puis, en se rapprochant de l'os on voit la substance hyaline du cartilage se colorer progressivement en rouge dans le picrocarmate, se continuer donc insensiblement avec la substance osseuse. Les cellules cartilagineuses, sphériques ou ovalaires, se trouvent ainsi logées dans des cavités creusées dans la substance osseuse fondamentale. Ces cavités se rétrécissent, ensuite deviennent irrégulières, étoilées, munies de prolongements en canalicules et les cellules cartilagineuses, se réduisant peu à peu, se transforment en même temps en cellules osseuses.

Diese vereinfachte Umwandlung von Knorpel in

Knochen ohne vorausgehende Verkalkung ist vielleicht weiterer Untersuchungen von Fachmännern werth. Dass er nicht die metaplastische Ossification im gewöhnlichen Sinne gemeint hat, geht aus späteren Bemerkungen hervor.

Ausser dieser ganz directen Verknöcherung, welche besonders an der oberen und unteren Fläche des Condylusknorpels stattfindet (S. 464), beobachtete er bei 75 mm. langen Embryonen, dass 3—4 übereinander liegende Markräume mit umgebenden unregelmässigen Verkalkungsrändern der Länge nach den Condylus durchlaufen. In späteren Stadien (95 mm.) vereinigen sich die Markräume zu einem einzigen, der seitwärts und abwärts an die perichondralen Knochenlamellen, nach oben an den theils verkalkten, theils normalen Knorpel reicht. Sowohl von den Markräumen als vom Perichondrium aus erfolgt Bildung neoplastischen Knosshens, welch letzterer die ganz directe Umwandlung des benachbarten noch unverkalkten Knorpels veranlassen soll. Schliesslich liegen in den Markräumen noch kleine verkaktzte Knorpelinseln, die theils durch Ansiedelung von Osteoblasten vom Markraum aus, theils durch Umwandlung der Knorpelzellen in Knochenkörperchen ossificiren. Letzterer Vorgang entspricht, wie er ausdrücklich betont, der von Gegenbaur zuerst beobachteten metaplastischen Ossification.

Bei 175 mm. Länge beobachtet er nur noch einen kleinen Rest von Knorpelgewebe an der Stelle der früheren Basis, in welchem normales endochondrales Knochenwachsthum in Verbindung mit metaplastischem an den Knorpelinseln stattfindet.

Der Kronenfortsatz, als hyaliner Knorpel praeformirt, — au lieu de s'ossifier directement, se calcifie d'abord, puis s'ossifie ensuite (S. 459) — verknöchert

nach metaplastischem Typus. Die Histologie des Gelenküberzuges erwähnt er nicht. Auf interessante Spezialitäten Masquelins, wie faserknorpelige Beschaffenheit eines Theiles des osteogenen Gewebes (S. 457. 471) sowie Theilnahme von Bindegewebsfasern am Aufbau der Knochengrundsubstanz (S. 461) kann ich nicht näher eingehen.

Bei einer 8monatlichen Frucht fand ich im bindegewebigen Gelenküberzug die beim Rinde erwähnten Schichten, also eine undeutliche äussere und deutliche innere Längsfaserschicht, dazwischen eine Lage mit gekreuzten, meist quer verlaufenden Fasern; die Proliferationsschicht fehlt, der Knorpel ist bis auf einen sehr kleinen Rest resorbirt. Seine Zellen sind oval, Kerne undeutlich, Kapseln kaum vorhanden. Wo der Meniscus sich an dem Gelenkkopf ansetzt, verschwindet der Knorpel ganz, und das faserige Bindegewebe liegt, ziemlich scharf abgegränzt, dem Knochen an. Der Knochen unterhalb des Knorpels besteht aus wenig zahlreichen Knochenbalken mit grossen Markräumen, an denselben lässt sich die Abstammung vom Perichondrium oder Endochondrium nicht mehr diagnostizieren, seitwärts entsteht er periostal.

Beim Erwachsenen ist der bindegewebige Ueberzug wie oben, der Knorpel ist als solcher kaum noch zu erkennen, die Zellreste sind spindelförmig, Kern und Kapsel nicht sichtbar. Da der Knorpel schon seit langer Zeit, vielleicht schon seit dem 4. Schwangerschafts-Monat, regressiven Veränderungen anheimgefallen ist, so muss seitdem, besonders im extrauterinen Leben beim Menschen, der Unterkiefer nur vom Periost aus wachsen, dürfte also von dem des Kalbes sich wesentlich in diesem Punkte unterscheiden.

---

## **Zusammenfassung und Schluss.**

Wir haben gefunden, dass am Unterkiefergelenk bei allen untersuchten Thierarten ein rein bindegewebiger Meniscus, eine rein bindegewebige Schläfenbeingrube vorhanden ist. Desgleichen fanden wir einen faserigen Gelenküberzug am Unterkiefer selbst, der allerdings in embryonalen Stadien einen Knorpelkern in sich birgt. Der Knorpelkern dient jedoch zum Aufbau des knöchernen Kiefers, aber nicht zur Auskleidung oder Unterlage für den Gelenkkopf; daher sein Schrumpfen oder Fehlen in späteren Stadien. Ob die allgemeine Ansicht, dass der Knorpel, weil er meist die Gelenkflächen überkleidet, auch wirklich durch seine characteristische Beschaffenheit sich hierzu am meisten eignet, wissenschaftlich begründet ist, dürfte bei der bekannten Leistungsfähigkeit des Unterkiefers wohl anzuzweifeln sein, um so mehr als das knorpelige Unterkiefergelenk gegen Gicht vollständig immun, und gegen die anderen Gelenkerkrankungen mindestens resistenter als die meisten anderen Gelenke sein dürfte. Vielleicht ist es mir vergönnt, auf die Krankheiten des Unterkiefergelenkes später zurückzukommen.

---

Am Schlusse meiner Arbeit ist es mir eine willkommene Pflicht, meinem verehrten Lehrer Herrn Professor Dr. Oscar Hertwig für die Anregung und liebenswürdige Unterstützung, die er meinen Bemühungen in jeder Hinsicht andauernd zu Theil werden liess, an dieser Stelle meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen.

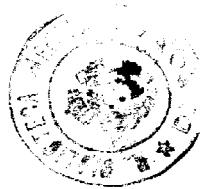
---

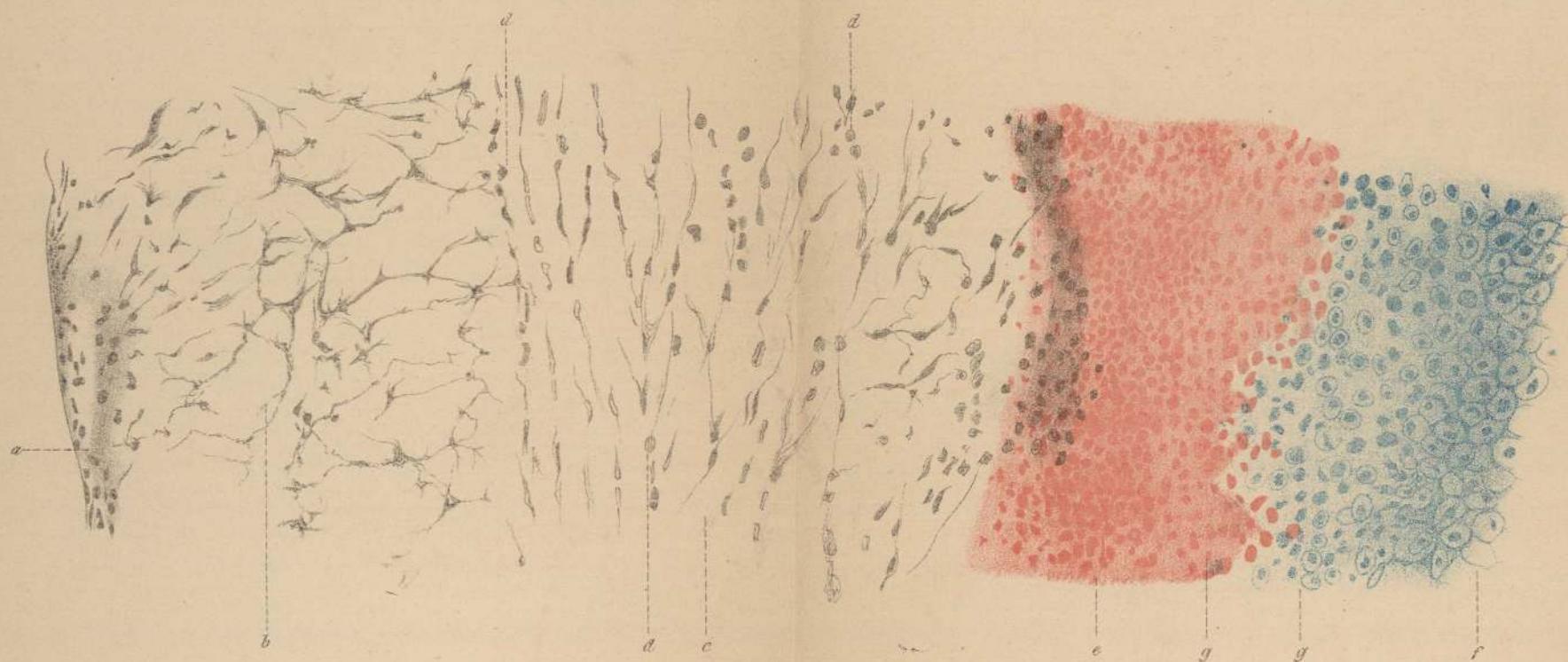
### **Erklärung der Abbildung:**

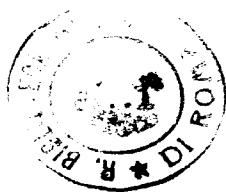
Querschnitt vom Condylus eines Kalbunterkiefers in  
Boraxcarmin und Haematoxylin.  
Zeiss. Ocular. II, Obj. E.

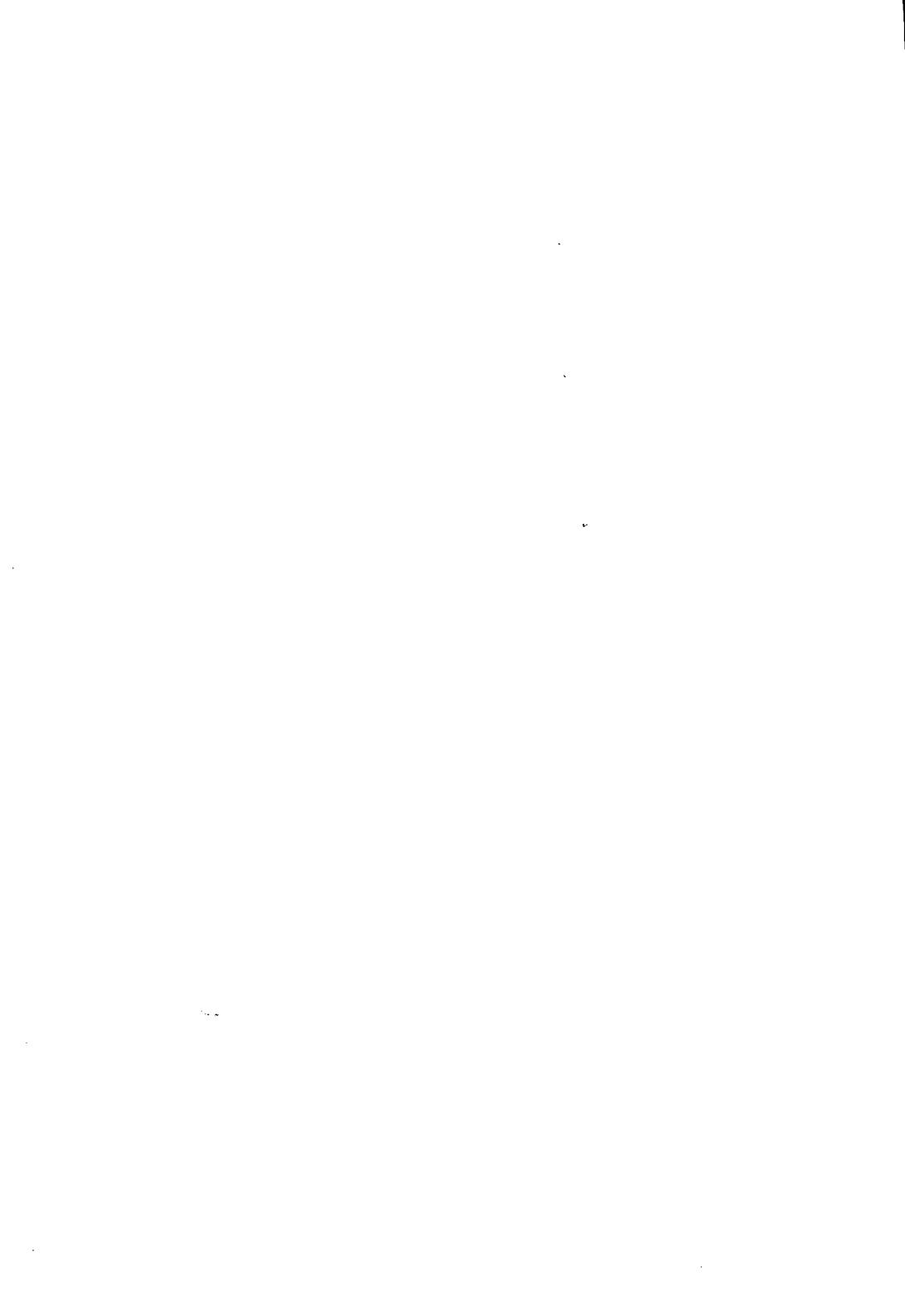
- a. Kernreiche Randschicht.
- b. bindegew. Querfaserschicht.
- c. „ Längfaserschicht.
- d. Fixe Bindegewebszelle.
- e. bindegeweb. Proliferationsschicht.
- f. Knorpelschicht.
- g. Uebergang des Bindegewebes in Knorpel.













15425