

XV.

Die elastischen Fasern des Knochens.

Von Prof. Rud. Maier in Freiburg.

(Hierzu Taf. IX.)

Bekanntlich sind durch Sharpey und H. Müller eigenthümliche Gebilde des Knochengewebes in die Literatur eingeführt worden, die nach Sharpey's Vorgang (perforating fibres) von H. Müller die Bezeichnung perforirende Fasern erhalten haben. Zu gleicher Zeit mit Letzterem veröffentlichte Kölliker Einiges darüber und in letzter Zeit ist von Lieberkühn derselben Erwähnung geschehen. — Sharpey beschrieb in Quains Anatomy (1856) Fasern, welche durch die Lamellen des Knochens vom Menschen hindurchtreten und welche zuweilen isolirt werden können. H. Müller (Würzb. naturw. Zeitschr. Bd. I. Hft. 3. 4. S. 296 u. f.) weist Eingangs seiner Abhandlung auf die Auffälligkeit der Erscheinung hin, dass die Knochenlamellen, deren successive Auflagerung bei dem Wachsthum nicht mehr bezweifelt werden kann, in dieser Art durchbohrt sind. Er gibt an, dass diese Knochenblättchen von bestimmten Punkten und Linien ausgehen und bei Längsansichten an gewissen Stellen eine Art gefiedertes Ansehen bieten, andere Male aber das Bild von Axen vermuthen lassen, um welche die Fasern stehen. Was das Vorkommen betrifft, so sollen dieselben fast durchaus in der Knochensubstanz fehlen, welche aus weichem, jungem Mark hervorgegangen ist, während sie in der vom Periost her gebildeten Knochensubstanz häufig vorkommen und je deutlicher lamellös dieselbe ist, desto schärfer sich darstellen. Es sollen demgemäss in der schwammigen Substanz, in den Lamellen, welche den compacten Röhren von innen her sich anlagern etc., nur selten Spuren jener Fasern zu finden sein, während sie in den concentrischen Systemen, welche sich um die Gefässe an der Oberfläche

des wachsenden Knochens bilden, nachzuweisen sind, wie in den Grundlamellen. Er erwähnt ferner, dass ihre gewöhnliche Form an einem Ende trichterförmig erweitert, am anderen zugespitzt sei. Andre mal zeigen sie sich an beiden Enden verbreitert oder getheilt, büschelförmig ausstrahlend. Ferner theilen sie sich, anastomosiren und bilden sogar bisweilen kleine Netze, welche sich an gefensterte elastische Platten anschliessen. An frischen Präparaten gelang H. Müller der Nachweis der Uebergänge zwischen den elastischen Fasern des Periosts und denen, welche als durchbohrende Fasern in der Knochensubstanz selbst vorkommen. Ihr chemisches Verhalten und ihre übrigen Eigenschaften bestimmten H. Müller wenigstens einen Theil der durchbohrenden Fasern geradezu als elastische anzusprechen. Er glaubt sie als Züge verdichteter Binde substanz ansehen zu müssen, deren Bildung der Anlagerung der Knochenlamellen entweder vorherging oder wenigstens mit derselben zugleich fortschritt, indem sie sich mit der zunehmenden Dicke der Lamellen immer weiter verlängerte. — In derselben Zeitschrift (I. c. S. 306) theilt auch Kölliker Untersuchungen mit, die er über diesen Gegenstand bei den Fischen (Wirbelsäule, Schuppen), bei Pseudopus (Schuppen, Knochen) und bei Bufo (Knochen) gemacht. Auch er spricht diesen radiären Fasern die Bedeutung ossificirter Bindegewebsbündel zu, welche mit eben solchen weichen im Periost in directem Zusammenhange stehen. Auch er vindicirt ihren Fundort nur für die echten Bindegewebs-ossificationen. — Die letzten Mittheilungen hierüber hat, soweit mir bekannt, Lieberkühn gemacht (Sitzg. der phys.-math. Cl. d. k. Ak. d. Wiss. zu Berlin v. 27. Mai 1861. S. 517). Seine Deduction geht von den Untersuchungen aus, die er über den Bau des Bindegewebes und namentlich der Sehne angestellt. Danach besteht diese Substanz ausser den fibrillären Bindegewebssträngen noch aus Scheiden, welche, selbst aus Binde substanz bestehend, jene Stränge umschliessen. Auf Querschnitten müssen so Ringe entstehen, welche, da sie sich nicht allseitig berühren, entsprechende Lücken zwischen sich lassen und welche gleichsam mit Ausläufer versehene Figuren darstellen werden. — Er gibt nun an, dass wenn man z. B. an mit Säuren behandelten Scheitelbeinen eines Kindes Schnitte von der

Stelle anfertigt, wo die Knochen durch Naht zusammenhängen und eine Längsstreifung schon für das blosse Auge wegen des geraden Verlaufes der Haversischen Kanäle aufweisen, so zeigen diese Schnitte senkrecht zur Längsstreifung geführt, eine ungemeine Aehnlichkeit mit dem Querschnitte einer verknöcherten Sehne im ersten Stadium der Ossification. Sie bestehen nämlich in ihrem grösseren Theile aus Bindesubstanzsträngen mit deutlich hervortretenden Scheiden; an vielen Stellen liegen da, wo drei oder vier Scheiden zusammenstossen, kleine zackige Lücken; diese entsprechen Knochenkörperchen. Ferner erwähnt er, dass um die im Querschnitt sichtbaren Gefässe herum entweder noch Stränge mit ihren Scheiden oder aber schon fertige homogene Knochensubstanz mit Knochenlamellen liegen, durch die vielfach starke, radiäre Streifen hinziehen. In solchen Streifen liegen keine Knochenkörperchen. Lieberkühn sagt nun, dass während des Ossificationsprozesses die beschriebene Structur allmählig verschwinde, die Bündelformation entziehe sich in demselben Maasse dem Blick als die Knochenlamellen vorrücken. Nur vom Perioste eintretende Stränge finden sich noch und vereinzelt um die Gefässkanäle. Reste von ihnen erhalten sich sehr lange und an einzelnen Stellen wohl das ganze Leben hindurch und eben diese sind dann die von Sharpey und H. Müller beobachteten durchbohrenden Fasern. Er betont dann, dass entsprechend diesen Untersuchungen alle sogenannten Bindegewebssknochen im Verlaufe der Ossification einmal die Structur der Sehne haben, entgegen den Ansichten der oben genannten Autoren, welche die in Frage stehenden Fasern nur selten und unregelmässig auftreten sahen. Er fasst also die Sharpey'schen Fasern als Residuen eines früheren Verknöcherungsstadiums auf. Wo sie sich im Knochen finden, ist dieser aus einer Substanz mit der Structur der Sehne entstanden. Diese Structur verschwindet während der Ossification und nur an einzelnen Stellen erhält sie sich noch. Was demnach als Sharpey'sche Fasern beschrieben ist, sind sowohl Quer- als Längsschnitte von Scheiden, als auch Reste von den ursprünglichen Bindesubstanzsträngen in kürzerem oder längerem Verlaufe. — Aus allen diesen Angaben geht nun hervor, dass alle diese Autoren die fraglichen Gebilde als aus dem

Bindegewebe herstammend betrachten und sie daher auch nur bei den direct daraus hervorgegangenen Knochen constatiren; nur dass H. Müller sie als einzelne Verdichtungsstellen desselben betrachtet, während Lieberkühn für sie eine für die Attribute des Bindegewebes nothwendige Stellung und somit ständiges Vorkommen beansprucht; H. Müller sie als den elastischen Fasern zuzurechnen ansieht, während Lieberkühn zunächst nur ihre bindegewebige Structur und ihre Bedeutung als umhüllende Scheiden betont.

Ich habe in letzterer Zeit meine früheren Arbeiten über diesen Gegenstand wieder aufgenommen, zunächst allerdings nur in der Absicht, das Verhalten der perforirenden Fasern in manchen pathologischen Zuständen der Knochen zu eruiren. Dabei konnte ich aber nicht anders, als auch dem normalen Verhalten wiederholt Aufmerksamkeit zu schenken und so meine früheren Untersuchungen darüber einer Revision zu unterziehen. Ich that dies mit um so grösserem Interesse, als ich bei der ersten Erwähnung dieser Gebilde im fertigen Knochen sogleich erkannte, dass das wohl dieselben Gebilde seien, die ich im werdenden periostealen Knochen geschildert hatte. Ich habe nämlich diese Verhältnisse in einer früheren Arbeit (Das Wachsthum der Knochen nach der Dicke, Freiburg 1856) theilweise schon berührt. Obgleich ich dieser Arbeit allerdings gegenwärtig nur noch theilweise Zugeständnisse mache, so muss ich doch dabei erwähnen, dass in der Hauptsache, nämlich der Art der Entwicklung des Knochens aus dem Perioste ich noch zum grössten Theile alle jene Anschauungen festhalte und nur in einzelnen histologischen Details manche Angaben zurückziehen muss. Die Hauptergebnisse, die ich damals gefunden zu haben glaubte, waren kurz die folgenden: 1) Die Maschenbildung des Periost in seinen inneren Lagen hat Bezug auf die Structur des daraus werdenden Knochens. 2) Der Knochen bildet sich unmittelbar aus dem Perioste und die jüngste Schicht des Knochens ist, nach vorangegangenen Umwandlungen, die erstarrte, innerste Schichte des Periostes selbst. 3) Die interstitiellen (Grund-) Lamellen des Knochens sind aus den grossen derben Faserzügen des Periostes entstanden, wie die Formen der Haversischen Lamellensysteme in dem grösseren Maschennetze der Beinhaut vorgezeichnet

sind und die späteren concentrischen Lamellen theilweise aus deren verändertem Inhalte sich gebildet haben. 4) Der Knochen ist von zahllosen Kanälchen und Poren durchzogen, der veränderte Ausdruck der früheren reichhaltigen Bildung von elastischen Fasern im Perioste. — Ich muss zu allem diesen nur erwähnen, dass obgleich diese verschiedene Entwicklung der einzelnen Gewebstheile des Knochens feststeht und ich sie ferner in der oben angegebenen Weise für sehr wahrscheinlich vor sich gehend halte, ich doch nunmehr diese allzu genaue Parallelisirung und Zurückführung auf die einzelnen Structurverhältnisse des Periostes für etwas zu gezwungen und auch unnöthig halte. Ich muss ferner gegenüber der früheren Anschauung des Zugleichentstehens die Modifikation eintreten lassen, dass die meisten dieser Haversischen Systeme nicht nur eine weitergehende Umwandlung, sondern auch einen grösseren Zeitaufwand in Anspruch nehmen als die Grundlamellen, und man so von ersteren allerdings als von secundären Bildungen sprechen kann. Endlich habe ich noch zu erwähnen, dass ich früher zu der Anschauung hinneigte, die elastischen Fasern für hohle Gebilde anzusehen, was ich nun ebenfalls nicht mehr behaupten möchte, obwohl man zugestehen muss, dass ihre Durchschnitte oft ein derartiges Ansehen geben. Dabei ist ferner zu bedenken, dass hier histologische Verhältnisse concurriren, welche zu Täuschungen grosse Veranlassung geben. Zugleich mit diesen Netzen elastischer Elemente finden sich auch und je näher der Wucherungsschicht desto massiger anastomosirende Zellennetze mit zahlreichen Kernen in ihnen, und es liegt nahe, dass hier Verwechslungen zwischen den Ausläufern der zackigen oder sternförmigen Zellen und ihrem Kerninhalte und den feinen elastischen Fasern mit ihren Knotenpunkten an den Theilungsstellen vorkommen können. Es ist hier nicht der Ort, auf eine umfängliche Detaildarstellung des Periostwachstums des Knochens einzugehen; ich will hiervon nur soviel berühren, als für meinen speziellen Zweck bezüglich der elastischen Fasern absolut nothwendig ist. Das Periost der meisten Knochen des jungen Kindes und zumal der Röhrenknochen besteht aus wesentlich zwei Schichten, einer äusseren und einer inneren. Die äussere ist vorzugsweise bindegewebig mit geringerem Gehalt an

elastischen Fasern, die innere besitzt die letzteren in hohem Maasse. Die äussere Schicht besteht aus sich durchkreuzenden faserigen Bindegewebsbündeln, von welchen namentlich an Röhrenknochen sowohl longitudinal als kreisförmig verlaufende unterschieden werden können; bei Neugeborenen herrschen die longitudinalen vor. Die inneren Schichten haben dagegen vorzugsweise die Anordnung der Maschenbildung, so zwar, dass grössere solche Züge oft viele kleinere umfassen. Die Zwischensubstanz ist gewöhnlich undeutlich streifig. In diesen maschigen Faserzügen nun sind die elastischen Fasern so reichlich vertreten, dass an manchen Stellen das Ganze aus ihnen zu bestehen scheint. Die grösseren entwickelten elastischen Fasern laufen dabei parallel den grösseren Faserzügen des Bindegewebes, und von diesen grösseren gehen zu beiden Seiten andere ab unter verschiedenen Winkelbildungen wie die Rippen an einem Blatte, und indem diese, nach verschiedenen langem gestreckten Verläufe, umbiegen und untereinander anastomosiren und von diesen Verbindungsstellen wieder andere ähnlich auslaufen, werden eben die grösseren und kleineren Maschen gebildet. Darauf folgt dann nach innen die wuchernde Schicht der kernhaltigen Zone. Jenseits dieser Wucherungsschichte sieht man nun vom Knochen her senkrecht auf die Oberfläche gestellte, derbe, dichte Balken. Diese verlaufen meist bogenförmig und bilden so durch ihr Zusammentreffen ebenfalls ein Maschennetz, das aber durch seine Grösse sich auszeichnet. Was zwischen diesem ist, zeigt sich als eine leichtstreifige, bald mehr homogene, bald mehr mit Zellennetzen erfüllte Masse, welche ausgezeichnet ist durch die Anwesenheit eines Gefässes. Die Balken geben die Richtung an, in der die Substanz die osteoide Umwandlung zunächst eingeht, um später die Kalksalze in sich aufzunehmen und so zu Knochen zu werden. Die Masse zwischen ihnen gewinnt diese vorbereitende Sclerosirung später. Aus der ersteren Bildung entwickeln sich die Grundlamellen des periostalen Knochens, aus den letzteren werden die concentrischen Lamellen der Haversischen Systeme. Die dabei zu gleicher Zeit vor sich gehende Umwandlung der Zellen übergehe ich als nicht zunächst zu meinem Zweck gehörig. Die vorhin genannten Balken nun haben ein festes, glänzendes Aussehen, mit nur spär-

licher oder ganz fehlender faseriger Structur, so dass sie oft mehr knorpelähnlich dessen homogene Grundsubstanz nachahmen. In dieser Substanz nun sind aber noch weitere Gebilde eingebettet. Einmal Zellen, meist sternförmige und dann zahlreiche, elastische Fasern, welche in ihrem Verlaufe dem Hauptzuge jener folgen. Sie bilden also auch bogenförmige Figuren. Seitlich von ihnen ausstrahlend und unter verschiedenen Winkeln abgehend, ziehen nun Ausläufer dieser elastischen Fasern, zunächst also die Balken quer durchschneidend, in das von den Balken umschlossene Gewebe, also in die Aveolen hinein. Diese seitlich von den Hauptzügen abgehenden, elastischen Fasern sind so zahlreiche und einzelne davon so stark hervortretend, dass der etwas bogenförmig geschwungene Hauptzug sich oft wie der Schaft einer Feder mit seiner Fahne präsentirt. Die seitlichen, elastischen Faserzüge stehen meist durch Queranastomosen untereinander in Verbindung und erzeugen so zu gleicher Zeit ein mehr oder weniger ausgeprägtes Maschennetz elastischer Fasern. Da wo sie in die Aveolen abfliessen, bilden sie wieder mehr isolirte, gerade laufende, weniger in Netzform auftretende Faserzüge, welche gegen den centralen Theil des Raumes zulaufen und dort, sich zuspitzend, meist verschwinden oder auch wie bogenförmig umbiegen. Da diese Aveolen eine mehr oder weniger rundliche Gestalt haben, so treten die elastischen Fasern wie durchlaufende Radien auf. Zwischen diesen Fasern der Aveolen in der bald mehr streifigen, bald mehr homogenen Substanz liegen dann die strahligen Zellen und centriscb oder excentriscb das Gefäss (s. Fig. 1.).

Das sind nun die späteren, sog. perforirenden Fasern, und wenn sich in diesen Aveolen die concentrischen Lamellen gebildet haben, so haben sie natürlich die anatomische Anordnung, dass sie, wie H. Müller sehr treffend schildert, zu diesen Lamellen sich verhalten, wie ein durch die Blätter eines Buches getriebener Nagel. Ich glaubte nun früher in der gröberen Maschenbildung des Periostes schon eine Art Vorbildung für diese Aveolen-Anordnung im werdenden Knochen haben sehen zu dürfen. Allein ich verlasse das, weil man gar zu leicht in eine Spielerei des Parallelsirens geräth. Aber dass die elastischen Fasern im werdenden

Knochen dieselben wie die des Periostes sind, und dass ihre in den ersten Balken des Knochennetzes sich darstellenden Hauptzüge eben jene die grösseren Bindegewebszüge begleitenden sind, welche letztere also doch eine Art Anhaltspunkt für die ersten Sclerosirungen geben müssen, diese Identität der beiden elastischen Fasernetze wird wohl Niemand in Abrede stellen, selbst wenn man sie neben dem vollkommen gleichen anatomischen Verhalten nicht noch dadurch beweisen könnte, dass sich oft der unmittelbare Zusammenhang der elastischen Fasern des werdenden Knochens mit denen des Periostes nachweisen lässt.

Am stärksten entwickelt sind also die elastischen Fasern in den bogenförmigen Zügen der ersten Knochenbalken, wo sie oft ganz dichte Flechtwerke elastischer Fasern darstellen, weniger, wenn gleich noch zahlreich, in den Aveolen. Die Umwandlungen des Gewebes im Periost, Entwicklung der Zellen zu Knochenkörperchen und Bildung der osteoiden Schicht aus der Intercellularsubstanz, aus welchen Vorgängen die ersten Knochenbalken hervorgehen, sind nicht nur in der Zeit voraus denen des übrigen Gewebes, sondern sie scheinen auch weniger intensiv zu sein. Beweis dafür ist eben die Resistenz elastischer Fasern. Denn die Veränderungen sind jedenfalls nicht so stark, dass alle constituirenden histologischen Elemente dabei verloren gehen und wenn wir die elastischen Fasern als Verdichtungsstellen der intercellulären Substanz betrachten wollen, so scheinen sie eben deswegen am längsten jenen Veränderungsprozessen widerstanden zu haben, ja sie überdauern sie. Ich habe die elastischen Fasern nie bei periostalen Knochen von Neugeborenen in den ersten Knochenbalken fehlen sehen. Ich kann daher nichts Zufälliges oder Besonderes in ihrem Vorkommen im Knochen erblicken, es ist eine constant sich zeigende Erscheinung, basirt auf dem anatomischen Bau des Materials, aus welchem eben die Grundlamellen entstehen. Die von den grossen Knochenbalken getrennten dazwischen liegenden Partien des werdenden Knochens entwickeln aus sich die Haversischen Lamellensysteme. In welcher Art dies vor sich geht, hat hier nur insofern Bedeutung, als es die fraglichen Gebilde berührt. Im Anfang sieht man ein vollkommenes, äusserst feines Maschennetz anastomosirender

Zellformen mit ähnlicher Anordnung elastischer Fasern und einem undeutlich streifigen Zwischengewebe. Die Umwandlung aus dem periostalen sog. Mark geht im Wesentlichen ebenso wie die der primären Balken vor sich, doch scheinen sie nicht in allen Aveolen gleich intensiv zu verlaufen. Man vermag wenigstens oft noch ein leicht streifiges Gewebe zu erkennen als intercelluläre Substanz zwischen den anastomosirenden Zellennetzen und in diesem recht zahlreiche elastische Fasern. Hier ist dann die Neigung zu Zellenneubildung auch geringer. In anderen ist das Gewebe vollkommen homogen, oft weich, zeigt wenig oder keine Spur von elastischen Fasern und mehr und grössere Zellformen. Die Stärke der osteoiden Umbildung, also die Stärke der Veränderung der intercellulären Substanz zu Knochensubstanz entscheidet über die Fortdauer oder das Verschwinden der elastischen Elemente. Hier sind nun die Umwandlungen immerhin etwas tiefgreifender Art, so dass die sonst resistirenden elastischen Elemente des Gewebes weniger intact bleiben und bei dem allgemeinen Homogenwerden des Gewebes entweder gleich mit untergehen, oder doch wenigstens später dieses Schicksal erfahren. Das Vorkommen elastischer Fasern in diesen Theilen des Knochens ist daher überhaupt geringer, und es giebt dies einen Erklärungsgrund für das entsprechende Verhalten der perforirenden Fasern an diesen Stellen ab. — Ich habe das anatomische Bild dieser Verhältnisse in meiner früheren Arbeit schon in vollkommen ähnlicher Weise gezeichnet und beschrieben, und ich erlaube mir hiefür sowohl auf die beigegebenen Abbildungen (l. c. Taf. I. Fig. 2. und bes. 3.) aufmerksam zu machen, als auch die hierher gehörigen Stellen zu erwähnen. Auf Seite 18 u. f. sagte ich bezüglich des Balkengewebes: „Man sieht in ihnen wie die Rippen eines Blattes wie vorragende Leisten noch deutliche Faserzüge von elastischem Gewebe und Bindegewebe. Zu beiden Seiten dieser vorragenden Leisten reiht sich an sie ein Gewebe an, das auf vollkommen homogenem Grunde eine Reihe zur Peripherie der genannten Faserzüge radiär gestellter, elastischer Fasern zeigt etc.“ So habe ich damals für den periostalen Knochen des Rindes die Existenz von elastischen Fasern festgestellt und ebenso als Erklärung ihrer Erscheinung daselbst ihr Vorkommen im Periost

angegeben und ihre Identität nachzuweisen gesucht. Ihre Fortexistenz im Knochen des Erwachsenen kannte ich damals noch nicht; ich glaubte, da ich sie damals theilweise in Bezug auf Zellenentwicklung setzte, dass sie mit der reichlichen Entwicklung dieser letzteren verschwinden und, wo ich ihre Fortexistenz annahm, setzte ich sie in Verbindung mit Erscheinungen im fertigen Knochengewebe, die zwar verwandte Beziehungen zu haben scheinen, vielleicht auch als verdichtete Partien des Gewebes zu betrachten sind, aber jedenfalls nun, seit der Auffindung der perforirenden Fasern im Knochen von Erwachsenen durch Sharpey, H. Müller und Kölliker zurücktreten müssen. Ich glaube durch obige Expositionen mitgeholfen zu haben, die Entwicklung der perforirenden Fasern des Knochens aus den Elementen des Periostes nachzuweisen, ihre Bedeutung als elastische Fasern festzustellen und ihre Identität mit den elastischen Fasern des Periostes zu zeigen durch Darlegung der Zwischenstufe im werdenden Knochen.

Während die früheren elastischen Fasern des Periostes am Knochen des Kindes immer noch dargestellt werden können und zwar in enormer Reichhaltigkeit, so ist das allerdings beim Knochen des Erwachsenen nicht mehr so der Fall. Ich habe sie hier zwar auch noch reichlich sich präsentiren sehen, doch muss ich sagen, dass es nicht so häufig und nicht immer so reichhaltig geschieht, ja dass es oft gar nicht gelingt und je weiter vorgeschritten das Alter des Knochens ist, desto schwerer sind sie noch darzustellen. Es scheinen die elastischen Fasern allmählig unterzugehen. Ist damit auch die grössere Fragilität der Knochen im Alter etwas bedingt? Es darf diese Frage wohl aufgeworfen werden, wenn man beim werdenden Knochen den Reichthum elastischer Fasern überschaut, welche über alle Theile desselben ergossen sind. H. Müller hat die Frage aufgeworfen, ob diese Gebilde nicht physiologisch die Bedeutung haben möchten, bei der Durchtränkung der periostalen, festen, nicht zu einzelnen Gefässgebieten (Hav. Syst.) gehörigen Knochensubstanz wirksam zu sein. Ich habe, da ich früher die elastischen Fasern für Hohlgebilde annahm, beim werdenden Knochen an eine ähnliche Bedeutung gedacht; aber bei der Annahme des soliden Baues dieser Gebilde dürfte doch diese Anschauung Schwierig-

rigkeit haben, wenn man nicht in den verschiedenen Dichtigkeitszuständen des Gewebes selbst physikalisch wichtige Momente für den Vorgang der Durchtränkung derselben sehen will. Ich habe, wie man später sehen wird, diese durch die Anwesenheit von elastischen Fasern im Gewebe des Knochens gegebenen verschiedenen Dichtigkeitsverhältnisse des Gewebes für gewisse pathologische Zustände des Knochens als von Wichtigkeit nachzuweisen gesucht. — Was nun das nähere Verhalten der perforirenden Fasern beim Knochen des Erwachsenen betrifft, so habe ich den genannten trefflichen Beschreibungen Anderer fast Nichts beizufügen. Es ist natürlich, dass, wie H. Müller richtig angab, diese Gebilde fast durchaus in der Knochensubstanz fehlen, welche aus weichem, jungem Mark hervorgegangen sind, während sie in der vom Periost her gebildeten Knochensubstanz so reichlich sind. Aus demselben Grunde aber sind sie auch in den sogenannten Grundlamellen viel häufiger als in den concentrischen Lamellensystemen, da es bei letzteren ganz darauf ankommt, wie weit ihre früheren Umwandlungen gediehen sind und je mehr sie aus Gewebe, das dem Mark ähnlich geworden, sich entwickelt, desto mehr sind die elastischen Elemente in ihnen untergegangen, desto geringer wird das Vorkommen von perforirenden Fasern in ihnen sein. In den Grundlamellen der Knochen von Erwachsenen aus den bezeichneten Kategorien, namentlich der Röhrenknochen, findet man nun auf Querschnitten noch ganz deutlich den elastischen Fasern ähnliche Gebilde, welche parallel mit dem Zuge dieser Lamellen verlaufen und oft noch ein dichtes Flechtwerk solcher Fasern vorstellen. Von diesen elastischen Balkenzügen nun geben seitliche Ausläufer aus unter verschiedenen, oft vollkommen rechten Winkeln, welche bald nur die Breite der Grundlamellen quer durchsetzen und dann aufhören, hie und da aber auch diese überschreiten und in Haversische Lamellensysteme übergreifen (s. Fig. 2. und 3.). Sie treten dann natürlich von der Peripherie dieser mehr oder weniger rundlich figurirten Lamellensysteme ein und werden, da sie gegen das Centrum derselben fortlaufen, sich als radiäre Züge zu den concentrisch verlaufenden Schichtungen darstellen. Die Form der in den Grundlamellen verlaufenden Fasern ist meist ziemlich eine gleich-

mässige, die der ablaufenden Fasern beginnt gewöhnlich mit einem breiten Anfange und geht allmählig verjüngt aus, so dass sie dornenähnlich in der Gestalt sich zeigen. Während es nicht schwer gelingt, in den interstitiellen Lamellen die perforirenden Fasern im Knochen der Erwachsenen nachzuweisen und sie selbst zu isoliren (s. Fig. 5.), so ist beides für die ähnlichen Gebilde in den Haversischen Lamellensystemen meiner Erfahrung nach schwer. Denn erstens kommen sie viel weniger häufig vor und dann sind so schöne Exemplare, die wie ein breiter Nagel sämtliche Lamellen durchsetzen und welche auch noch sich vollkommen isoliren lassen, wenigstens in den Knochen vom Menschen eine seltene Sache. Mir ist z. B. auch für den Verlauf der interstitiellen Lamellen der Zweifel im Anfang oft aufgekommen, ob ich einzelne Lamellen, welche andere grössere Züge durchkreuzten, für perforirende Fasern zu nehmen habe oder nicht, da die Aehnlichkeit eine oft nicht geringe ist, wenigstens in der Art der Durchsetzung. Für die perforirenden Fasern anderer Knochen, als der Röhrenknochen, habe ich im Wesentlichen nichts Besonderes hinzuzufügen, als dass diese Gebilde, z. B. die an den Schädelknochen bei ganz ähnlichem Verhalten und derselben Entstehung eine geringere Mächtigkeit im Ganzen und die einzelnen Fasern im Allgemeinen geringere Breite zu haben scheinen (s. Fig. 4.). Es erübrigt nun nur noch, einige mikroskopische Zahlenverhältnisse für die fraglichen Gebilde anzuführen. Die einzelne elastische Faser beim Knochen des Neugeborenen hat von äusserster Feinheit bis zu 0,001—0,003 Linie durchschnittlicher Breite. Die Dicke eines ganzen Faserzuges in einem Knochenbalken beträgt oft 0,008—0,013 Linie. Die einen solchen Faserzug ausmachenden einzelnen elastischen Fasern lassen kleine Lücken zwischen sich von 0,001—0,008 Linie. Die Länge der seitlich abgehenden, elastischen Fasern ist ausserordentlich variabel. Die mittleren betragen zwischen 0,013—0,016 Linie, die längsten dagegen zeigen oft die Ausdehnung von 0,06 Linie und mehr, und durchsetzen also oft den ganzen Durchmesser einer Areole. Die elastischen Fasern in den Areolen selbst haben dieselbe Dicke wie in den Balken, nur dass sie oft, während sie in ihrem Abgange fast die Breite von 0,003 Linie zeigen, allmählig

unmessbar dünn sich zuspitzen. Die Messungen der perforirenden Fasern im Knochen von Erwachsenen, ergeben ganz ähnliche Resultate. Die Verhältnisse der Dicke und Breite sind dieselben, nur die Längenverhältnisse sind verschieden, da es selten gelingt, eine vollkommenen Radius für ein Haversisches Lamellensystem darstellende perforirende Faser zu erhalten, und ihre Ausdehnung sich daher meist auf die Breite der interstitiellen Lamelle beschränkt. Es hat daher die Länge für die schmalen Grundlamellen nicht mehr als 0,008—0,033 Linie, wo aber die Breite-Ausdehnung der Grundlamelle grösser ist, wachsen sie auch oft bis 0,18 Linie an Länge an. Was schliesslich die Darstellungsmethode dieser Fasern betrifft, so habe ich hierüber nur wenig zu sagen. Bei den Knochen von Rindern bedarf es oft nur der Behandlung mit verdünnter Salzsäure, um die elastischen Fasern zu erhalten. Hie und da ist nach ihrem Auswaschen der nachherige Zusatz von Natronlauge in nicht näher zu bestimmender Concentration nöthig. Auch Kochen der Theile mit nachfolgendem Zusatze von Essigsäure fand ich von Vortheil. Bei den Knochen von Erwachsenen ist ebenfalls die Behandlung des frischen Präparates mit Salzsäure oder Chromsäure oft hinreichend, um sie darzustellen. Von Vortheil habe ich auch gefunden, getrockneten Knochenschliffen die Kalksalze auszuziehen und sie dann mit Essigsäure zu versetzen.

Es liessen sich ausser diesen elastischen Gebilden noch einige weitere histologische Momente berühren, die sich im Knochengewebe vorfinden und durch welche gewisse Knochen ihre Entstehung aus Bindegewebe und ihre fortdauernde Verwandtschaft mit diesem Gewebe dokumentiren, wie namentlich die Querstreifung der Lamellen, die Einschnürungen mancher isolirter Lamellengruppen etc., die ich mir ein andermal näher zu besprechen erlaube. Ich will nun zu dem Verhalten der perforirenden Fasern in gewissen pathologischen Veränderungen der Knochen übergehen. — Wenn man in Nekrose begriffenes Knochengewebe von Röhrenknochen an der Demarkationsgrenze untersucht, so sieht dasselbe bekanntlich eigenthümlich ausgebuchtet aus und man kann sich unschwer überzeugen, dass man es hier mit übermässiger Markraumbildung zu thun hat. Wenn man nun das um die Räume liegende Knochen-

gewebe nach vorhergegangener, nöthiger Behandlung (längeres Liegenlassen in verdünnter Chromsäure hat mir gute Dienste gethan) einer mikroskopischen Prüfung unterwirft, so findet man das Gewebe des Knochens wesentlich alterirt. Die Zeichnung der Lamellenbildung ist oft fast ganz verwischt, die Höhlen, in welchen die Zellen des Knochens lagen, sind leer oder mit trüber, molekularer Masse gefüllt und man bemerkt nur da und dort eine feinstreifige, wie kleine Curven-Zeichnung. Ausserdem aber bieten einzelne solche Knochenpartien noch etwas weiteres dar, welches gleichsam allein noch die frühere Structur bewahrt hat, und das sind elastische Fasern. Gewöhnlich sieht man da, wo sie sich erhalten haben, auch noch einen gröberen, derberen Zug derselben und von diesem seitlich abgehend einzelne Fasern, welche das sonst mehr homogen gewordene Gewebe nun nur noch um so deutlicher durchziehen (s. Fig. 6.). Sie sind oft von derselben Dicke, von derselben Grösse, wie im noch saftreichen Knochen. Doch hat allerdings oft auch beides abgenommen und namentlich erscheinen sie hier oft in ihrer Länge vermindert, ein Umstand, auf den ich weiter unten zurückkommen will. In besonders günstigen Objecten sieht man oft ein Bild, das ich in Fig. 7. zu verdeutlichen suchte. Der Knochen zeigt die Lücken, zu welchen das Gewebe zusammengebrochen ist. Diese Lücken nun zeigen an ihren oft ganz scharfkantigen Rändern hie und da Hervorragungen, welche am besten in der Art, wie sie in den freien Raum der Lücke hineinschauen, mit den Zähnen eines Rechens verglichen werden können. Das Ende der Faser sieht oft wie abgebrochen aus. Zwischen diesen vorragenden Leistchen zeigt sich dann gewöhnlich der Rand noch etwas tiefer bogenförmig ins Gewebe hinein ausgefressen. Diese Vorsprünge sind elastische Fasern und lassen sich als solche, abgesehen von ihrer ganzen Gestaltung, unschwer auf das sicherste dadurch nachweisen, dass man ihren unmittelbaren Zusammenhang mit anderen elastischen Fasern, ja mit noch ganzen Faserzügen zeigen kann. Die Deutung dieses Bildes ist wohl einfach. Es wiederholt sich hier für das Gewebe pathologisch, was man schon physiologisch bei den Entwicklungsvorgängen des Knochens sehen kann bei dem Prozess der osteoiden Umbildung, es resistiren die

elastischen Fasern mehr wie das übrige Gewebe, und so bieten sie auch hier dem Auflösungsprozess grössere Schwierigkeit dar. Während das Gewebe zwischen ihnen schon bereits zerfallen ist, existiren sie noch als isolirte Leisten. Sie sind in diesem Verhalten jedenfalls im Stande, für das weitere Fortschreiten des nekrotischen Zerfalls, wenn auch nur in mikroskopischen Dimensionen, aber an unzählig vielen Punkten gewisse Motive abzugeben. Doch steht ja diese Erscheinung durchaus nicht vereinzelt da, und die längere Resistenz der Gefässe in den nekrotischen Prozessen der Cavernenbildung bei Tuberculosis ist ein analoges Verhalten. — Bei der entzündlichen Osteoporose sehen wir, wie von gewissen Punkten aus ein Zusammenschmelzen des Knochens geschieht, so dass schliesslich nur noch wenige Knochenleisten in zartem Gitterwerk das früher compacte Gewebe darstellen. Es geschieht hier nicht nur das umgekehrte, wie bei dem Knochenwachsthum, sondern auch die einzelnen dabei vorkommenden Phasen des Processes sind chronologisch geändert. Bei dem Wachsthum in der Dicke bilden sich zunächst einige Knochenbalkenzüge, welche die erste Verbindung zwischen dem alten Knochen und dem jüngsten Schichtenring darstellen. Später füllen sich dann auch die zwischen diesen Balken liegenden Räume mit Knochensubstanz aus. Es sind dies die mit Gefässen versehenen anatomischen Systemtheile des Knochens, welche die Ernährungsmittelpunkte darstellen. Bei der entzündlichen Osteoporose schmilzt nun das Knochengewebe wieder zusammen und zwar so, dass die Gewebspartien, welche zuletzt ihre Vollendung erreicht hatten, die Haversischen Lamellensysteme zuerst zusammenbrechen und schliesslich die primär gebildeten Knochenbalken allein übrig bleiben, und so eben jenes Gitterwerk darstellen, das schliesslich ebenfalls derselben Zerstörung anheimfällt. Bekanntlich hat Virchow, dem wir hauptsächlich die Klarheit dieser Verhältnisse verdanken, nicht nur diese grösseren Gefässseinheiten hervorgehoben, sondern ist consequenter Weise auch einen Schritt weiter zu kleineren Ernährungscentren herangetreten, und hat diesen wie für die physiologischen Vorgänge so auch für die pathologischen Prozesse, namentlich der rückschreitenden Metamorphose eine bedeutende Rolle zuerkannt. Wie von den Zellen

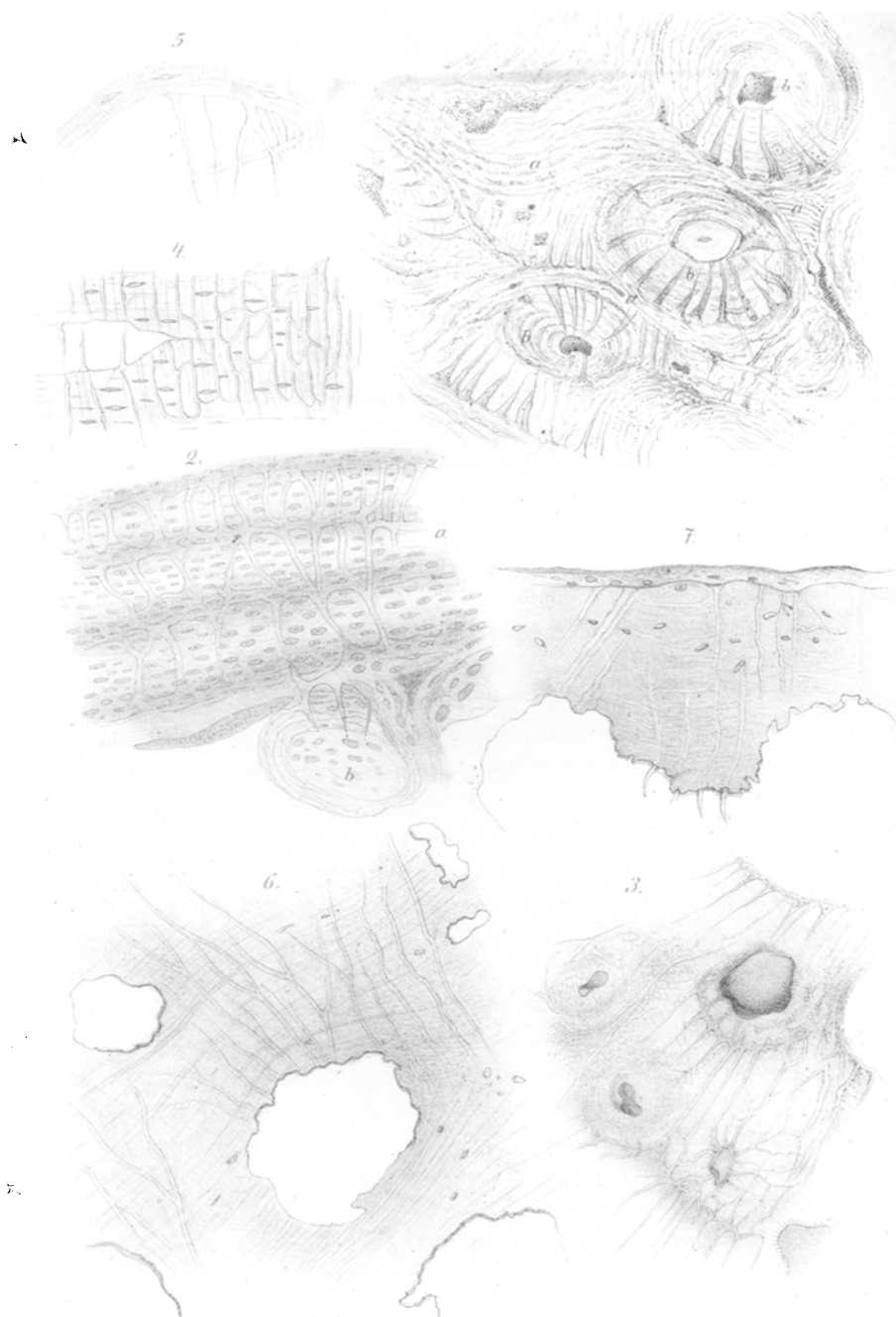
und den Gefässeinheiten die Ernährung ausgeht, so bestimmen jene auch Ort und Gang der degenerativen Prozesse. Dass das erste Zusammenfallen des Knochengewebes von diesen Haversischen Lamellensystemen, überhaupt von den Gefässcentren ausgeht, ist für gewisse Prozesse nicht schwer nachzuweisen und darüber dürfte wohl Uebereinstimmung zu finden sein. Schwieriger ist diese Einigung bekanntlich für die Vorgänge an und um die Zellen zu erzielen. Bekanntlich ist von der einen Seite her (Förster) für die passiven Vorgänge an den Geweben diese Anschauung zugestanden worden, dagegen für die Prozesse der Neubildung in Abrede gestellt. Von Anderen (Billroth) ist für beide Vorgänge eine Bedeutung der Zellen angezweifelt und die Raumbildung vorzüglich der mechanischen Einwirkung der Granulationen zugeschoben worden. Doch giebt Billroth (Path. Histolog. Seite 54) zu, dass die lebendigen Knochenzellen selbst bei dem Resorptionsprozesse auch noch nothwendig sein müssen. Ich habe diese Verhältnisse alle besonders nur deshalb erwähnt, um für einzelne folgende Angaben Anhaltspunkte zu haben und weil es mir möglich scheint, dass in diesen Angaben einige Unterstützungsgründe für die Ansicht liegen könnten, dass dem Gewebe selbst und namentlich den Zellen eine grössere selbständige Action bei diesen Prozessen allen doch belassen werden müsse. — Dass zunächst um die Ernährungseinheiten herum auch gewisse Einflüsse auf Veränderungen im Stoffwechsel zuerst und besonders deutlich hervortreten werden, ist wohl natürliche Sache und eine Erscheinung, die nicht blos am Knochen, sondern auch an anderen Geweben zum Vorschein kommt. Eigenthümlich für das Knochengewebe ist nur die besonders auffällige Art, wie das sich präsentirt und die relativ lange Zeit, mit der einzelne Gewebstheile der Veränderung Resistenz leisten gegenüber anderen. Dass man hier von den Gefässeinheiten einen Schritt näher an die Gewebe selbst herantreten muss, ist klar. Wenn man im Verlaufe einer Ostitis das bereits rareficirte Knochengewebe untersucht, so sieht man hier also, dass es vorzugsweise die interstitiellen Lamellensysteme sind, welche die Knochenbälkchen ausmachen, begleitet von den ihnen zunächst gelegenen Systemen concentrisch geschichteter. In diesen Knochenbalken kann man die

elastischen Fasern noch ganz gut nachweisen, und oft kann man ferner sehen, wie die Ausläufer derselben in bereits in Zerfall begriffene Haversische Lamellensysteme eintreten. Hierbei findet man oft, dass auch diese Fasern wie abgebrochen aussehen. Man findet hierbei ferner, dass sich der Zerfall des Gewebes zwischen einzelne elastische Faserzüge oft weit hinein erstreckt oder mitten zwischen solchen ein Anfang nimmt, und zu kleiner Lückenbildung den Beginn setzt. Ich glaube nun, dass dem grösseren Gehalt an elastischen Fasern, den die interstitiellen Lamellen führen, Ursache beizumessen ist, warum diese Gewebstheile nicht etwa gewöhnlich erst sekundär ergriffen werden, daran sind, wie gesagt, noch andere anatomische Verhältnisse Schuld, sondern warum sie so auffällig lange dem Schmelzungsprozesse Widerstand zu leisten vermögen, während die an elastischen Fasern ärmeren Zwischengewebe relativ rascher zerfallen. Würde dieses Gewebe in toto auch bei diesen osteoporotischen Prozessen, wie das bei anderen Vorgängen vorkommen kann, einem äusseren Einfluss unterliegen, so würde es wohl nicht vorkommen, dass auch innerhalb der concentrischen Lamellensysteme wir ein früher und später in der Zerfallzeit unterscheiden könnten. Gerade der Umstand längerer Resistenz elastischer Fasergebilde in denselben, während zwischen ihnen heraus Gewebelemente zu Grunde gehen, beweist die Minutiosität und Einzelheit der Angriffs- oder Ausgangspunkte und der Zerfallsareolen. Dass diese Punkte eben die Zellen des Gebildes sind, ist dann wieder aus anderen Gründen wahrscheinlich.

Die Verhandlungen über den fraglichen Gegenstand sind jedenfalls bis jetzt zu einem in der Beziehung befriedigenden Abschnitte gekommen, als sämtliche Untersuchungen darüber in der Hauptsache übereinstimmende Resultate geliefert haben. H. Müller gebührt hierbei allerdings das besondere Verdienst, sowohl die besondere Form der fraglichen Gebilde, als auch ihr Vorkommen an den verschiedenen Stellen des Scelets zuerst festgestellt und auf ihre Bedeutung als elastische Fasern aufmerksam gemacht zu haben. Kölliker verdanken wir, diesen Gegenstand auch vergleichend anatomisch behandelt zu sehen und der Nachweis, der durch seine Untersuchungen in diesen Gebieten sich herausstellt, dass auch

hier diese Fasern sich nur in echten Bindegewebsossificationen finden, ist schon der Uebereinstimmung wegen höchst wichtig. Dass die fraglichen Gebilde mit dem Bindegewebe in nähere Beziehung zu bringen sind, darüber sind ebenfalls alle Beobachter einig. Kölliker spricht zunächst nur davon, dass diese radiären Fasern ossificirte Bindegewebsbündel seien. Lieberkühn bringt sie mit seinen Ansichten über die Scheiden des Bindegewebes in Beziehung. H. Müller sieht sie als Züge verdichteter Bindesubstanz an, deren Bildung der Anlagerung der Knochenlamellen entweder vorherging oder mit derselben fortschritt. Nach Lieberkühn wären diese radiären Fasern die Durchschnitte der Scheiden der Bindegewebsstränge, welche um die im Querschnitt sichtbaren Gefässe beim Knochenwachsthum zu einer gewissen Zeit noch liegend gefunden werden. Die gegen den Gefässkanal liegenden convexen Bogen würden dann als Ausdruck der theilweise noch sichtbaren Kreisform der Scheiden aufzufassen sein. Je mehr die Verknöcherung vorschreitet, desto mehr verschwindet die Bündelformation dem Blick und somit auch die radiäre Faserbildung. Wenn daher Lieberkühn gegen H. Müller mit Recht geltend macht, dass die fraglichen Gebilde nicht zufällig und unregelmässig auftreten, sondern dass alle Bindegewebsknochen im Verlaufe der Ossification einmal das zeigen oder, wie er sich ausdrückt, einmal die Structur der Sehne gehabt haben, so ist auf der anderen Seite der Umstand besonders hervorzuheben, dass die fraglichen Gebilde auch bei Erwachsenen jedesmal noch nachzuweisen sind. Lieberkühn giebt dies zwar auch zu, aber er beschränkt schon für die spätere Zeit der Ossification sie für die Standorte beim Periost und in der Nähe der Gefässkanäle, und beim Erwachsenen sollen sich nur noch Reste und an einzelnen Stellen erhalten. Was die Annahme Lieberkühn's betrifft über die Scheiden des Bindegewebes, so liesse sich hiebei die Frage aufwerfen, warum für alle Formen und Orte des Vorkommens von Bindegewebe, sowie für alle Zeitpunkte ihres Bestehens Scheiden anzunehmen sind, weil es allerdings nicht in Abrede zu stellen ist, dass sich am Bindegewebe an einzelnen Formen und an einzelnen Orten solche Scheiden nachweisen lassen. Es liesse sich ferner Manches gegen die allgemeine Schablone der

Sehnenstructur einwenden. Doch das bei Seite gelassen, so glaube ich, dass unsere Anschauungen über die anatomischen Vorgänge in dieser ganzen Sache nicht so weit auseinander liegen. Ich sehe diese Gebilde als den Ausdruck des Fortbestehens elastischer Fasern an, Lieberkühn als den des Bestandes der Scheiden des Bindegewebes; ich finde die anatomische Anordnung der elastischen Fasern des Periostes in ausgesprochener Weise in Maschenbildung bestehend, er sieht Durchschnitte von Scheiden, rundliche Bindegewebsbündel umgebend. Es ist vorzugsweise die Deutung vieler dieser anatomischen Momente, in welcher wir differiren. H. Müller erwähnt, dass ihm an frischen Präparaten auch der Nachweis der Uebergänge zwischen den elastischen Fasern des Periostes und denen, welche als durchbohrende Fasern in der Knochensubstanz selbst vorkommen, gelungen sei. Ich suchte nun nachzuweisen, dass allerdings diese fraglichen Gebilde mit der bindegewebigen Grundlage des Knochens in Verbindung zu bringen sind, dass es in specie die elastischen Fasern des Periostes sind, welchen die perforirenden Fasern des Knochens ihre Entstehung zu verdanken haben, und dass bei der Persistenz dieser elastischen Gebilde im fertigen Knochen diesem Gewebe ein ständiger Gehalt an elastischen Elementen zuzusprechen sei. Ich habe namentlich nachzuweisen gesucht, in der Darstellung des anatomischen Baues des werdenden Knochens, in dem Verhalten der osteoiden Schichten, wie dort Gebilde zu finden sind, welche in Form, Bau, Anordnung und Zusammenhang das nahezu analoge Bild mit Form und Anordnung der elastischen Fasern im Perioste zeigen, und dass vollkommen dasselbe Bild auch im Knochen des Erwachsenen wieder vor uns tritt. Es ist gewiss, dass in allen periostalen Knochen elastische Fasern gefunden werden, nicht selten und zufällig, sondern immer und mit der Entwicklung zusammenhängend nothwendig, und dass sie fast das ganze Leben des Knochens hindurch noch nachzuweisen sind. Dass diese Gebilde nie Zellen enthalten, dass sie mit Zellengebilden, selbst wenn sie in Contiguität mit ihnen zu stehen kommen, nichts zu thun haben im Sinne von Leitungszusammenhänge, ist nach den bisherigen Untersuchungen gewiss anzunehmen.



Erklärung der Abbildungen.

- Fig. 1. Querschnitt durch das Femur eines Neugeborenen. a Die späteren Grundlamellen, in ihnen die elastischen Faserzüge mit ihren Ausläufern. b Die späteren Haversischen Lamellensysteme, in denen obige Ausläufer als perforirende Fasern sich bei Neugeborenen noch deutlich darstellen.
- Fig. 2. Querschnitt durch das Femur eines Erwachsenen (von einem trockenen Knochenschliff). a Grundlamellen mit ihren resistirenden elastischen Fasern. b Concentrische Lamellen mit einzelnen resistirenden elastischen (perforirenden) Fasern.
- Fig. 3. Querschnitt durch den Humerus eines Erwachsenen. Die elastischen Fasern nehmen den Raum zwischen den Gefäßlöchern des Knochens ein, zum Theil ausstrahlend bis zu den Haversischen Kanälen.
- Fig. 4. Elastische Fasern vom Scheitelbein des Erwachsenen.
- Fig. 5. Isolirte elastische Fasern, aus einem Querschnitt vom Femur des Erwachsenen.
- Fig. 6. Elastische Fasern in einem nekrotischen Knochen (aus dem Querschnitt eines nekrotischen Femur). Die elastischen Fasern traten in dem Gewebe, in welchem die Lamellenstructur verloren gegangen, noch deutlich hervor.
- Fig. 7. Elastische Fasern, dem Querschnitt von einem nekrotischen Femur entnommen. Durch den nekrotischen Zerfall des Gewebes zwischen den elastischen Fasern werden diese vollständig isolirt.

XVI.

Ueber die Darmverschlingung und Incarceration durch Knüpfen eines Knotens (Schleife) zwischen der unteren Ileumportion und der Flexura sigmoidea.

Von Dr. Wenzel Gruber,
Professor der Anatomie in St. Petersburg.

(Hierzu Taf. X.)

Aus der Zahl der Incarcerationes internae, welche ich zu beobachten Gelegenheit hatte, habe ich bereits 7 merkwürdige Fälle mitgetheilt. Ich habe diese beschrieben: in dem Aufsatze: „Physiol.-anat. Beiträge zur Kenntniss des Bauchfelles“ —