(Aus dem anatomischen Institute zu Strassburg).

Entwicklung und Bau der Synovialmembranen.

Von

Oscar Hagen - Torn

(St. Petersburg.)

Hierzu Taf. XXVIII.

Unsere Vorstellungen über den Bau der Synovialis können, trotz der ziemlich reichen einschlägigen Literatur, nicht für abgeschlossen gelten. Bis auf die letzte Zeit giebt es unter den Forschern noch Meinungsdivergenzen in vielen wichtigen Punkten. Ich versuchte mir einen Begriff von dem morphologischen und physiologischen Charakter der Synovialis der Gelenke, Sehnen-scheiden und Schleimbeutel auf Grund einer möglichst vielseitigen Untersuchung (ihrer Entwicklungsgeschichte, ihres Baues, ihrer Lymphbahnen und Nerven) zu verschaffen. Die Resultate meiner Untersuchungen theile ich in vorliegender Arbeit mit.

In Betreff der Literatur dieser Frage von der Zeit Bichat's bis auf Tillmanns verweise ich den Leser, um unnütze Wiederholungen zu vermeiden, auf die sehr gewissenhafte Zusammenstellung des letztgenannten Autors. Ich möchte mir nur eine Bemerkung erlauben über Tillmanns Interpretationsversuche mancher älterer Autoren. Tillmanns fügt der Bezeichnung derselben „Epithel“ in Klammern den Ausdruck „Endothel“ hinzu. Welche Motive ihn dazu veranlasst, weiss ich nicht; jedenfalls, glaube ich, müsse es vermieden werden, Bezeichnungen, welche andere Autoren gebraucht haben, einfach durch solche Nebenfügung anderer Ausdrücke anders zu deuten.

Die zu einer bestimmten Zeit herrschenden Anschauungen geben die Färbung für die Erklärung der immer sich gleichbleiben-

den Erscheinungen. Man kann solche Anschauungen nicht als Irrthümer bezeichnen, und sie bei der Wiedergabe der vorhergehenden Literatur zu erhalten, scheint mir nöthig zu sein. Als Beispiele des Einflusses solcher Anschauungen auf die Deutung der Beobachtung kann ich aus der Geschichte unserer Tage anführen, dass Brinton Nr. 29 (S. 526), welcher seiner Zeit eine ausgezeichnete Arbeit über das uns beschäftigende Thema gegeben hat, die Zellmembranen der Zellen, welche in der Synovia gefunden werden, platzen und den Zellinhalt ausfliessen liess. Die nachfolgenden Autoren nannten jede zellige Auskleidung einer Höhle ein „Epithel“. Die Classificirung der Häute und Höhlen von His auf Grund der Lehre Rëmak's über die Beziehungen der drei Keimblätter und ihrer Derivate zu einander gab den Anstoss zu mehreren Arbeiten, in denen an der Synovialis das von His als Endothel bezeichnete Gewebe angenommen wurde. Zu diesen gehört auch die Abhandlung von Tillmanns, welcher die Synovialmembran den serösen Membranen an die Seite stellt und sie von einer continuirlichen zelligen Membran bedeckt sein lässt. Auf denselben Standpunkt stellt sich Steinberg 1874. Colomiatti fand ebenfalls Endothelien. In Deutschland und Frankreich hält sich bis auf die letzten Ausgaben in den Handbüchern (Cornil und Ranvier Nr. 40, S. 401) die Bezeichnung „Epithel“ für die Zellen der Synovialis. Diesen reiht sich auch Subbotin (Nr. 52, S. 553) an, welcher die Synovialis für eine „glande close“ hält. Dieser Anschauung gegenüber fand die zuerst von Hüter 1862 aufgestellte Bezeichnung des Zellenbelags der Synovialis als „zellenreiches Bindegewebe“ ihre Vertreter in van der Sluijs 1876 (Nr. 96), welcher den Zellenbelag als mehrschichtige in „Kapseln“, „Höhlen“ gelegene Bindegewebszellen mit Fortsätzen bezeichnet, Schäfer 1877 (Nr. 61, S. 161), welcher sagt, dass die Synovialis „are to be regarded as free surfaces of the ordinary areolar tissue“; und Herrmann und Tournoux (Nr. 53); diese drücken sich über den Bau der Synovialis und ihre Stellung unter anderen Geweben folgendermaassen aus: „Chez le boeuf et le cheval les cellules périphériques affectent une forme parfaitement cylindrique avec le noyau relégué à la base des éléments. Nous considérons le tissu qui résulte de cette disposition comme un tissu spécial sans analogue dans l'économie, dérivant probablement du tissu cartilagineux et n'ayant de commun avec

le tissu épithélial que l'absence de vaisseaux et la configuration extérieur des éléments qui le constituent.“

Meine Untersuchungen sind auf den Vorschlag von Professor Waldeyer unternommen worden. Ich halte es für eine angenehme Pflicht, Herrn Prof. Waldeyer für die freundliche Theilnahme und die Anregung, welche er mir bei dieser Arbeit reichlich spendete, meinen Dank auszudrücken.

Entwicklungsgeschichte der Synovialis.

Von den älteren Autoren ist das uns beschäftigende Thema nur nebenbei berührt worden. Der erste, welcher eingehender die Sache behandelt, ist Luschka, freilich nicht an embryonalen Gelenken, sondern an den von ihm sogenannten Halbgelenken, die er für unentwickelt gebliebene Stufen ansah. In den letzten Decennien haben Hütter, Henke und Reyher, Bernays, Schuster, Schulin, Nagel, Bentzen und Schoemaker die Entwicklungsgeschichte der Gelenke specieller studirt und um Vieles gefördert. Das letzte Wort in Bezug auf dieses Thema ist jedoch noch nicht gesprochen. Hauptsächlich schien mir die Betheiligung der Gefässe bei der Gelenk- und Zottenbildung nicht genügend untersucht oder nicht den Erscheinungen entsprechend aufgefasst worden zu sein. Auch in vielen anderen Fragen aus der Entwicklungsgeschichte der Extremitäten, wie z. B. das Auftreten der Knorpelanlagen, die Betheiligung des Perichondriums an der Gelenkkapselbildung und an der Entwicklung der intrakapsulären Ligamente und Sehnen etc., welche die Forscher vielfach beschäftigte, herrscht bis jetzt noch nicht vollkommene Einigkeit. Letztere Fragen, als auch besonders die Falten- und Zottenbildung und die Ursachen ihrer Entstehung sollen im vorstehenden Kapitel besprochen werden. — Ich untersuchte die unteren Extremitäten einer Reihe von Kaninchenembryonen (von 4, 6, 11, 12, 14, 16, 18, 19, 20, 25, 26, 30, 36, 45, 50, 80 und 95 mm), einiger Schafs- (von 32, 40, 45, 75, 110, 150, 320 mm) und Rindsembryonen (von 20, 35, 40, 520 mm). Sie wurden in Müller'scher Flüssigkeit, darauf in Alcohol gehärtet, en masse in Picrocarmin und Alauncarmin gefärbt — weniger passend für diesen Zweck ist das Eosine hämatoxylique Renault's, weil es ungleichmässig färbt — darauf mit Alcohol absol., Terpentinöl und Ricinusöl behandelt und darnach

in einer Masse aus Ricinusöl, Spermacet und Wachs eingebettet. Mit dem Long'schen Mikrotom wurden aus ihnen Serien, hauptsächlich von Sagittalschnitten, bereitet. Die Länge der Embryonen wurde in der Lage, wie sie im Amnion lagen, vom Scheitel bis zum Steissende (im grössten Durchmesser) gemessen.

Bei einem 4 mm langen Kaninchenembryo, dessen Leibeshöhle noch nicht geschlossen war, bilden die Hinterextremitäten zwei abgerundete warzenförmige Prominenzen an dem sehr schmalen Schwanzende des Embryo, ihre Längsachsen bilden eine zur Wirbelsäule senkrechte gerade Linie. Dem feineren microscopischen Bau nach bestehen sie aus einer vollkommen einförmigen Masse von rundlichen, mit ganz kurzen Fortsätzen versehenen Zellen. Von der Schwanzaorta sieht man zwei Gefässe in sie eindringen. Ihre äussere Bedeckung besteht aus der zweischichtigen Lage der Zellen des Ectoderms, welche an dem freien Ende der Extremität eine Anhäufung bilden. — Es herrscht darüber keine Meinungsverschiedenheit, dass die Extremitätenanlagen, wenn wir von der ersten Epiblastverdickung (Balfour) absehen, aus dem Mesoblast sich bilden, wie und von wo auch dessen zukünftige Bindegewebszellen entstehen mögen, und zwar aus der Bauchplatte Rathke's (Nr. 2), der Hautplatte Remak's (S. 156, Nr. 79), der äusseren Segmentschicht Götte's (Nr. 15, S. 468). — Die hintere Extremität eines 6 mm langen Kaninchenembryo ist länger, mehr konisch, etwas zur Bauchseite des Embryo gerichtet, besteht aus denselben Zellen, ist nur gefässreicher und besitzt das von Nagel (Nr. 17, S. 12) und Götte (Nr. 15, S. 470) angeführte Längsgefäss, welches auf Dorsoventralschnitten als kreisrundes, zuweilen mit Blutkörperchen verlegtes Loch sich zeigt. An der Basis der Extremität sieht man einestheils mit der Rücken-, andernteils mit der Bauchmuskelplatte zusammenhängende, etwas dunkler tingirte Bezirke ganz unmerklich in das Gewebe der Extremität übergehen. Welche Bedeutung diese dunkleren Stellen haben, weiss ich nicht anzugeben, vielleicht sind es Muskelanlagen für den Oberschenkel, vielleicht sind sie als Ausdruck energischerer Wachsthumsvorgänge an der Basis der Extremität aufzufassen. — Bei der Untersuchung eines 11 mm langen Embryo sieht man in der Axe der Extremität bei schwacher Vergrösserung drei etwas dunkler als das umgebende Gewebe gefärbte ovale Flecke, von letzterem nicht scharf abgegrenzt; sie sind von Gefässen umsäumt; es sind diese, da wo sie die Flecke treffen, am wei-

testen. Der am meisten distal gelegene Fleck ist der kleinste, die Mitte der Flecke ist die dunkelste Stelle. Ausser dass die Zellen der Flecke bei stärkerer Vergrösserung dichter aneinander gerückt erscheinen, lässt sich kein besonderer Unterschied zwischen ihnen und den sie umgebenden Zellen des übrigen, die Extremität bildenden embryonalen Gewebes sicher constatiren. Vielleicht sind sie um ein Weniges grösser und gleichmässiger rund. Nach diesem Bilde muss ich, entgegen der Meinung Rathke's, welcher eine „Abgliederung“ der gemeinsamen Knorpelanlage annimmt (Nr. 2) und Nagel's (Nr. 17, S. 30), mich der Meinung v. Bär's (Nr. 1), Luschka's (Nr. 9, S. 8), Bruch's (Nr. 7, S. 12) und den neueren Autoren anschliessen. Henke und Reyher nahmen beide Möglichkeiten an (Nr. 12, S. 220).

Beim Embryo von 13 mm haben sich die Flecke zu länglichen Körpern umgewandelt, bei denen die Axialzellen durch Vermehrung der Interzellulärsubstanz weiter von einander gerückt sind und diejenigen der Peripherie dichter gedrängt liegen; in Folge dessen tritt ein Lichterwerden der Mitte und eine dunklere Tinction der Peripherie (Knorpelanlage und Perichondrium) auf. Es scheinen schon die Knorpelanlagen aller Knochen zu bestehen. Ueberall um die zukünftigen Gelenke und die Knorpelanlagen trifft man mehr Gefässe an. Auf Sagittalschnitten sieht man schon dunkler gefärbte Stellen am Oberschenkel — wohl die ersten Muskelanlagen. Vor dem unteren Femurende ist das Perichondrium, welches mit der Anlage der Quadricepssehne verschmolzen zu sein scheint, dicker als an den übrigen Theilen der Oberschenkelknorpelanlage. Die diaphysären Knorpelzellen des Femur und der Tibia sind in der Richtung der Längsachse der Extremität etwas abgeplattet.

Ein Rindsembryo von 20 mm bietet eine zwischen beiden letztgenannten Kaninchenembryonen die Mitte haltende Entwicklungsstufe dar; es besteht nur ein Unterschied in der relativen Grösse der Extremität.

Ein Kaninchenembryo von 14 mm bietet folgende Erscheinungen dar: Es sind die Enden der Knorpelanlagen dicker als die Mitte, ihre Form deutet die zukünftige Form der Extremität erwachsener Thiere an. Bis auf die diaphysären Zellen der Knorpelanlagen, die Nerven und auf das Blut, welche ihre typischen Charaktere besitzen, besteht kein morphologischer Unterschied in den embryonalen Zellen der Extremität. Zellen, welche die Sehnen

und Muskellagen bilden, weichen von den sie umgebenden nur in der Art der Anordnung, nicht aber in der Form ab. Die einzelnen Muskeln treten als gesondert angelegt auf, wie schon Nagel beschreibt. Wo die Knorpelanlagen aneinander stossen, sind die Zellen klein, rundlich, dicht gedrängt und bieten keine Differenz von den Zellen des übrigen Perichondrium. Die Zahl der Gefässe um die werdenden Gelenke hat zugenommen. Die Zehen sind durch seichte vom abgeplatteten Pfotenrande aus eindringende Einkerbungen angedeutet. Auf dickeren Präparaten machen die Knorpelanlagen der Zehen den Eindruck von ununterbrochenen Strahlen; an dünnen jedoch erweisen sie sich als aus einzelnen gesonderten Theilen für die resp. Knochen angelegt. Die Anlagen der Metacarpalknochen sind im Vergleich zu denjenigen der Phalangen sehr lang. An Stelle der Patella ist in der Sehne des Quadriceps eine Verdickung zu sehen. Eine besondere Knorpelanlage für die Patella habe ich nicht gesehen. Es ist dies zu entscheiden für die Lösung der Fragen über die Entstehung der Sesambeine, und ob die Patella ein solches sei, von Interesse. Nur Bernays führt für den menschlichen Embryo an (Nr. 16, S. 415): „Die Patella ist als herzförmiges Knorpelchen an der inneren Fläche der Sehne des Quadriceps angelegt, so zwar, dass sämtliche Fasern derselben aussen über den Knorpel derselben hinweglaufen . . .“ „ . . . sie ist von einer chondrogenen Schicht umgeben, wächst also durch Apposition.“ In den Handbüchern der Anatomie, Hollstein (Nr. 45), Hyrtl (Nr. 54, S. 399), Sappey (Nr. 49, S. 438), wird sie ihrem Verhalten zur Quadricepssehne nach zu den Sesambeinen gezählt. Für die Sesambeine an den hinteren Flächen der condyli femoris kann ich dafür einstehen, dass sie in den betreffenden Sehnenansätzen, aber später als die Patella entstehen, ohne dass eine Knorpelanlage in nicht differencirtem embryonalen Gewebe entstände. Das wäre schliesslich der Unterschied der Entstehungsweise der Sesambeine von den anderen Knochen. Die nahen Beziehungen der Quadricepssehne an dem Entstehungsort der Patella zum Perichondrium des femur machen die sichere Entscheidung, ob auch dieses sich an der Patellaranlage beteiligt, schwierig. Ob mit Betheiligung des letzteren oder selbständig in der Sehne des Quadriceps, jedenfalls entsteht ihre Knorpelanlage in bereits differencirtem Gewebe und insofern ist sie auch vom embryologischen Standpunkte aus zu den wahren Sesambeinen

zu zählen und tritt dann wohl von diesen als erstes an der unteren Extremität, vielleicht überhaupt am Skelet auf. Ob sämtliche Fasern des Quadriceps über sie hinweglaufen oder nicht, konnte ich an einem so kleinen Object wie die Anlage der Patella beim Kaninchen nicht sicher feststellen. Möglich ist auch, dass die Patella eine Uebergangsform vom gewöhnlichen Typus der Knochenbildung zu demjenigen der Sesambeine darstellt.

Ins zukünftige Hüftgelenk scheinen die Gefässe von innen und unten her einzudringen.

Am 18 mm langen Kaninchenembryo sind folgende Veränderungen nachzuweisen: Es hat sich in den dem Unterhautzellgewebe des Erwachsenen entsprechenden Partien mehr Intercellularsubstanz zwischen den unregelmässig gelagerten länglichen zelligen Elementen gebildet. Es ist kein genetischer Zusammenhang zwischen Sehnen und Periost, sowie Muskelanlagen und Sehnen nachweisbar. Sie sind alle für sich an Ort und Stelle angelegt. Die Quadricepssehne bietet an der Stelle der Patella eine Verdickung, deren Zellen bei stärkerer Vergrösserung sich wenig von denen der Sehne unterscheiden, vielleicht sind sie etwas gleichmässiger rund, während sie in der Sehne selbst eine längliche Form angenommen haben. Was die Stellen der Gelenke anbetrifft, so findet man an ihnen ein Lichterwerden der Mitte der mesochondralen Schicht vor. Ich gebrauche den von Schulin angewandten Ausdruck „mesochondrale Schicht“, weil er nur die Lage der Schicht bezeichnet ohne Berücksichtigung ihrer functionellen Eigenschaften. Bernays giebt ihr den Namen „chondrogene Schicht“. Den von Schulin gebrauchten Ausdruck „perichondrale Schicht“ für den Theil des Zwischenknorpelgewebes, welcher die weiter abstehenden peripheren Theile (am Kniegelenk) der Knorpelanlagenenden verbindet, lasse ich fort, weil er wenig bezeichnend ist. Obgleich ich, wie weiter ausgeführt werden soll, im Gegensatz zu Schulin, ihr die Fähigkeit, in hyalinen Knorpel sich umzuwandeln, vindiciren muss, so glaube ich, dass diese Betheiligung an der Knorpelbildung nur eine ganz passive ist. Ich halte die Zellen dieser Schicht nicht für Zellen, welche die chondrogene Eigenschaft als solche besitzen. Sie gehen diese Umwandlung, scheint mir, nur Dank gewisser Bedingungen der Ernährung ein. Ausserdem muss ich jetzt schon darauf hinweisen, dass ich, der Beobachtung entsprechend, einen Unterschied machen muss zwischen dem Theil der mesochondralen

Schicht, welcher den Stellen entspricht, wo die Gelenkenden einander am nächsten stehen (Contactstellen, Stellen des nächsten Contacts) und solchen Theilen, wo die Gelenkenden weiter von einander abstehen, weil ein morphologischer Unterschied zwischen ihnen besteht — der erste ist gefässlos, die zweiten besitzen Gefässe — und weil sie sich nicht in ganz gleicher Weise bei der Höhlen- und Weichtheilbildung der Gelenke betheiligen. Ihre Existenz und ihr Unterschied wird scheinbar durch das starke appositionelle Wachstum der Gelenkenden bedingt. Ihre gegenseitige Massenbeziehung an den verschiedenen sich entwickelnden Gelenken hängt von der sehr früh sich äussernden Configuration der Gelenkenden ab. Je grösser die Contactflächen zweier Gelenkenden, welche sich an der Bildung eines grösseren Gelenks betheiligen, in der Ruhestellung sind, desto mehr herrscht am resp. Gelenk die gefässlose mesochondrale Schicht vor (Fusswurzelknorpelgelenke) und umgekehrt (Kniegelenk). Eine principielle Differenz im feineren Baue indessen bei diesen beiden Theilen des Mesochondrium sehe ich nicht.

Das Lichterwerden trifft man am Hüftgelenk eines 18 mm langen Kaninchens nur an der gefässlosen Mesochondralschicht, an der äusseren Peripherie des Capitulum femoris. An der medialen Seite des Köpfchens entwickelt sich die gefässreiche Mesochondralschicht, in welcher man in diesem Stadium die erste Anlage des lig. teres vorfindet. In diesem Stadium entsteht auch die Vertiefung im Acetabulum der Darmbeinanlage.

An den anderen Gelenken wird die gefässlose Mesochondralschicht in diesem Stadium durch Carmin noch dunkel gefärbt wie im vorherbeschriebenen Stadium. Am Kniegelenk sieht man auf dem mittleren Sagittalschnitte zwischen Femur und Tibiagelenkende und dem lig. patellae ein gefässführendes Mesochondrium, welches dem Unterhautgewebe ganz ähnlich gebaut ist. Es ist nur etwas gefäss- und zellenreicher. Die Gefässe treten von hinten her in diese Schicht. Die Muskeln und Sehnen der Extremität sind schärfer markirt

Im folgenden Stadium (19 mm) beobachtet man eine Lockerung des gefässlosen Mesochondrium zwischen dem unteren Theil der Patella und des Femur; im oberen Theil ist die Grenzschiebt intensiv gefärbt. Es zeigt sich eine Andeutung der Bildung der Menisken und der ligg. cruciata als dunkler gefärbter Massen von

gedrängter liegenden Bildungszellen. Die Patella tritt als Verdickung in der Sehne auf. Die Zellen sind noch nicht knorpelig differenzirt. Es findet sich eine Andeutung der Fascienbildung in der ganzen Extremität vor, schärfer markirt am proximalen, schwächer am distalen Ende. Entsprechend dem Lig. patellae ist die Fascie mit diesem verschmolzen, zu beiden Seiten des Lig. patellae sieht man die Fascie von der Kapsel gesondert. Die hintere Wand der Kniekapsel ist kaum angedeutet, ebensowenig die Kapsel des Hüftgelenks. Der Femurkopf ist entsprechend dem Umbo acetabuli abgeplattet. Der Zwischenraum zwischen Kopf und Umbo ist vom gefässführendem Mesochondrium ausgefüllt. Die ganze Dicke des gefässlosen Mesochondriums ist geringer als im vorhergehenden Stadium. Es macht den Eindruck, als wenn ein Theil der Zellen desselben durch Umwandlung in Knorpel geschwunden wäre.

Die Zellen des gefässlosen Mesochondrium nehmen eine längliche Form an, es bildet sich zwischen ihnen eine feinkörnige Inter-cellularsubstanz. Die Zellen des Unterhautgewebes besitzen mehr Inter-cellularsubstanz und haben Fortsätze erhalten.

Der 20 mm lange Kaninchenembryo bietet wenig Abweichendes von dem Vorhergehenden. Es entwickeln sich an den Stellen der Gelenke mehr Gefässe. Es drängen sich die Gefässe zu beiden Seiten der Patella und der Menisken zwischen diesen und den bezüglichlichen Condylen ins Gelenk hinein. Die hintere Kniegelenkskapselwand ist schärfer angedeutet. In der früher durch Tinctionsmittel intensiv gefärbten gefässlosen mesochondralen Schicht tritt eine Veränderung auf. Die Mitte der Schicht ist heller geworden, die Zellen sind, bei schwacher Vergrösserung (1:4 Leitz) nicht so scharf gezeichnet wie gewöhnlich und wie sie es im vorhergehenden Stadium waren. Es ist die Zeichnung der lichten Zone des Mesochondrium nicht so präzise, sie erscheint wie verwischt. Bei stärker Vergrösserung (1:7 Leitz) findet man die Erklärung dieser Trübung. Abgesehen von der grösseren Menge körniger Inter-cellularsubstanz hat die früher bestandene relative Gleichmässigkeit der Conturen der Zellen einer Ungleichmässigkeit in Form, Grösse und Tinctionsfähigkeit Platz gemacht, welche in dem Grade in keinem von den übrigen Geweben der Extremität zu finden ist. Es scheint mir möglich dieses Bild als den Ausdruck eines regressiven Processes anzunehmen, besonders wenn man die wei-

teren Stadien der Gelenkhöhlenbildung verfolgt. Zu beweisen ist es allerdings schwierig: der Versuch, eine Fällung etwa vorhandenen Mucins mittelst Essigsäure an Schnitten, welche aus der gefrorenen Extremität frischer Embryonen angefertigt waren, zu bekommen, gab kein sicheres Resultat. Es ist das auch zum Theil bei dem Reichthum aller embryonalen Gewebe an Mucin und bei der Kleinheit des Objects erklärlich.

Das verschiedene Aussehen der lichten Zone des gefässlosen und des dasselbe umgebenden gefässführenden Mesochondrium erläutert Zeichnung 1: während in letzterer (gm) die Grundsubstanz deutlich netzartig und die Zellen von gleichmässigerer Form und schärfer begrenzt sind, ist die Grundsubstanz in m feinkörnig, die Zellen weniger stark tingirt, ungleich gross; es sind hier einzelne Körner anzutreffen.

Auf Grund dieser Bilder nehme ich an, dass ein Theil der Zellen zu Grunde geht — es entsteht eine „Schmelzung“, eine „Verflüssigung“ (Luschka) — um die ersten Spuren der Synovia zu bilden, während der andere sich höher organisirt und zum appositionellen Wachsthum des Knorpels das Seinige beiträgt. Weder Vacuolen, noch Körnchenbildung in den Zellen habe ich jedoch bei diesem Vorgang wahrnehmen können. Was die Lage der lichten Zone des Mesochondriums anbetrifft, so ist sie in der Regel an den Stellen des nächsten Contacts am deutlichsten ausgeprägt; sie zieht sich am Hüftgelenk auch auf den Schenkelhals hin; am Kniegelenk sieht man sie zuerst zwischen den condyli fem. et tibiae und den meniscis, sowie am unteren Rande der Patella; an den kleineren Gelenken mit vollkommener Congruenz der Gelenkflächen auf's ganze Gelenk ausgedehnt. Es ist diese Erscheinung, nämlich das Lichterwerden der gefässlosen mesochondralen Schicht an den Contactstellen zweier aneinanderstossenden Knorpelanlagen, so constant, dass ich keinen Anstand nehme die Möglichkeit des Wachstumsdrucks der Gelenkenden als ursächliches Moment dieser „Schmelzung“ hinzustellen. Dieselbe Ursache ist es wohl, welche das Hineinwachsen von Gefässen in die gefässlose mesochondrale Schicht verhindert.

Die Vorgänge an den unteren Extremitäten der Embryonen von 25 und 26 mm unterscheiden sich verhältnissmässig nicht so wesentlich von einander, dass ihre Beschreibung nicht ohne Nachtheil in Eins verbunden werden könnte. Das Perichondrium der

Gelenkenden erscheint etwas dünner. Zwischen den Gelenkenden des Hüftgelenks, an den Contactstellen, sieht man nur Spindelzellen, welche an der Knorpelanlage dichter gedrängt, zur lichten Zone hin lockerer liegen. Die Trübung der lichten Zone hat sich ausgeglichen, sie ist weniger in die Augen springend. An manchen der Schnitte, an welchen zufällig die Knorpelanlagen mehr von einander entfernt sind, wo eine „Dehiscenz“ am betreffenden Präparat auf dem Objectträger stattgefunden hat, könnte man schon eine Spaltbildung annehmen. Die Spindelzellen ragen von den unebenen Gelenkenträndern hervor oder bilden, aneinandergeschmiegt, Verbindungszüge zwischen den gegenüberliegenden Gelenkenden. Es zeigen jedoch andere Präparate derselben Serie, dass die Spaltbildung noch nicht eingetreten ist. An den anderen Gelenken besteht noch die Mannichfaltigkeit der Zellen der lichten Zone. An den kleinen Fussgelenken und um die Sehnen an den Stellen der zukünftigen Scheiden ist die lichte Zone eben in Bildung begriffen. In der gefässführenden Schicht besteht eine weitere Differenzierung der Zellen: während viele noch von runder Form sind, gibt es andere deutlich spindelförmige. Das lig. teres, die menisci, ligg. cruciata sowohl, als die 2 intracapsulären beim ausgewachsenen Thier am condylus externus ihren Ursprung nehmenden Sehnen sind schärfer markirt, obgleich noch umgeben von dem gefässführenden Mesochondrium. Dieses ist gefässreicher, dem embryonalen Unterhautgewebe vollkommen ähnlich. Die Zellen der Intracapsularsehnen sind länglich, in Zügen, mit ihren Längsachsen einander parallel gelagert.

Beim 26 mm langen Kaninchen sind die Gefässe zwischen Patella und femur, welche in dem vorhergehenden Stadium auch auf medialen Sagittalschnitten zu sehen wären, an der Contactstelle geschwunden, und reichen nur bis zum oberen und unteren Patellarrande. Die Zellen der Patella sind rundlich, ihre Inter-cellularsubstanz ist copiöser. Die Gefässe der Extremität sind sehr dünnwandig; Arterien und Venen sind von einander nicht zu unterscheiden. Die Nerven sind an denselben Stellen wie beim ausgewachsenen Thiere angelegt, nur verhältnissmässig sehr dick. Es besteht die erste Andeutung der retrocondyloidalen Sesambeine in den Sehnen der entsprechenden Muskeln. Die Endphalangen besitzen die sogenannten „Zwischenscheiben“. Auf ihre Beschreibung komme ich bei dem nächsten Stadium zurück.

Einen bedeutend grösseren Unterschied als die zwei genannten Stadien untereinander bieten die Gelenke eines Embryo von 30 mm Länge. Es sind nicht nur alle Knochen der unteren Extremität angelegt, sie besitzen auch bereits die dem ausgewachsenen Thiere eigenen Formen. Das Perichondrium an den Gelenkenden ist auf dem senkrechten Schnitt schmaler; die sie constituirenden abgeplatteten Zellen liegen in wenig hyaline Substanz eingebettet. Zur Peripherie hin sind sie dichter gedrängt und gehen allmählich in Spindelzellen ohne hyaline Intercellularsubstanz über; ihre Längsachsen laufen der Krümmungslinie des betreffenden Gelenkendes parallel. Dem Unterhautzellgewebe vollkommen ähnliches Gewebe befindet sich im Knie und Hüftgelenk. Der Bereich der Ausbreitung dieses gefässführenden Mesochondrium ist in allen Gelenken, ausser dem Hüftgelenk, wo dasselbe nur auf die beim ausgewachsenen Thier vom Knorpel unbedeckten Partien des Acetabulum beschränkt ist, grösser. Das mit solchem Gewebe gefüllte Tibiofibulargelenk ist an den Präparaten dieses Stadiums zum ersten Mal zu sehen. Es kann die Bezeichnung desselben als „indifferentes Gewebe“, welche Bernays ihm giebt, von nun an nicht mehr beibehalten werden. Es gestaltet sich seinem mikroskopischen Verhalten nach mehr und mehr dem lockeren gefässreichen Bindegewebe ähnlich, obgleich an beiden noch keine deutlichen Fasern und Bündel zu unterscheiden sind. Die regste Betheiligung der Gefässe, auch in den frühesten Perioden, an den Processen, die sich bei der Entwicklung der Gelenke abspielen, muss nach dem Beobachteten angenommen werden. Ob ihr Auftreten durch die schon von anderen Beobachtern angenommenen Factoren der Gelenkbildung, wie mechanische Einwirkungen (Reyher und Henke) und Erbllichkeit (Bernays und Schulin) bedingt ist oder nicht, jedenfalls muss ein Wechsel in den Lebensäusserungen der Zellen durch die Anwesenheit der Gefässe eingeleitet werden. Welcher Art dieser Wechsel ist, lässt sich natürlich nicht positiv feststellen, — es ist unsere Kenntniss der physiologischen Functionen des lebenden Embryo noch sehr mangelhaft — wir erklären uns viele Vorgänge nur auf Grundlage der Analogie im Bau mit denjenigen der Erwachsenen und unter Berücksichtigung der Eigenschaften der Umgebung. Auf diese Beobachtung der Betheiligung der Gefässe an der Gelenkhöhlenbildung, welcher bis jetzt sehr wenig Aufmerksamkeit geschenkt worden ist, auf diesen dritten

speciell physiologischen Factor der Ernährung will ich hier hingewiesen haben. In diesem Stadium findet man im Hüftgelenk die erste Andeutung eines Gelenkspaltes; die ihn begrenzenden Knorpelflächen haben auf sagittalen Schnitten einen relativ glatten Rand. Die früher lichte Zone, welche sich auf dem Schenkelhals ausbreitete, besitzt Gefäße; die Gelenkkapsel ist nur stellenweise ausgebildet. Am Kniegelenk sieht man an den Stellen des ersten Auftretens der Spalte noch eine sehr schmale lichte Zone — sie scheint im Schwinden begriffen zu sein. An den anderen Gelenken der Extremitäten treten die genannten mikroskopischen Erscheinungen in dem Mesochondrium später auf. Die hintere Kapselwand am Knie ist schwach ausgebildet, sie geht ins Periost über. Die Sehnen sind durch eine lichtere Schicht von dem sie umgebenden gefäßhaltigen lockeren Bindegewebe getrennt. Es ist die Bursa tendinis Achillis als lockerere Lagerung von Zellen angedeutet. Die Gefäße tragen überall noch den Charakter der Capillaren.

Diesem Stadium eines Kaninchenembryo steht die Entwicklung der Hinterextremität eines 32 mm langen Schafembryo etwas nach. Letzterer bietet aber sonst keine principiellen, sondern nur durch die vergleichend anatomischen Verschiedenheiten bedingten Abweichungen dar. Hier scheint es mir am passendsten auf die bestehenden Meinungen über die Spaltbildung einzugehen:

Bruch schreibt (Nr. 7, S. 42): „Die Gelenkhöhlen entstehen . . . durch Dehiscenz des zwischen den Knorpelenden übrig gebliebenen, nicht mehr zum Wachsthum des Knorpels verwendeten Bildungsgewebes.“

Luschka sagt (Nr. 9, S. 8): „ . . . dass . . . an denjenigen Theilen des Skelets, welche in gegliederte Verbindung treten sollen, anfangs mindestens die Intercellularsubstanz des Knorpels vollständig continuirlich sei, später aber da, wo ein Gelenk auftritt, im Innern eine Verflüssigung erfahre“ (an Sterno-Costal-Gelenken). Weiter (S. 8) nach Analogie mit der Bildungsgeschichte des Graaf'schen Follikels: „Nach meinen auf diese Seite unserer Frage speziell mit möglichster Sorgfalt gerichteten Untersuchungen entsteht nun in der That die Gelenkhöhle und ihre nach aussen stattfindende Begrenzung nach einem ganz ähnlichen Typus. Während die durch die Art der Gruppierung von Bildungszellen präformirten Skelettheile unter weiter schreitendem Wachstume mehr

und mehr die Qualitäten des Knorpels annehmen, geht auch eine Veränderung mit der Masse vor, welche zwischen die einander zugekehrten Enden der später durch Gelenke verbundenen Skeletstücke eingeschoben ist. Von der Mitte derselben aus findet ein nach der Peripherie allmählich fortschreitender Process der Verflüssigung statt, welcher sowohl die Zellen als die Zwischensubstanz betrifft. Die der Schmelzung anheimfallenden Zellen erscheinen, nachdem sie kurz vorher einen granulirten Inhalt gezeigt haben, lichter, weicher und merklich grösser.“ Die weiter mitgetheilte Beobachtung entspricht nicht dem, was ich an Gelenken von Kaninchenembryonen beobachtet habe, welche aber an den Synovialzellen eines Erwachsenen leicht gemacht werden kann. „Der verflüssigte Inhalt (der Zelle) tritt bisweilen schon vor dem Untergange der Zelle durch deren unverletzte Wandung hindurch und wird dann frei als eiweissartige Tropfen neben den Zellen gefunden.“ Henle (Nr. 38, S. 7), Frey (Nr. 44, S. 619), Hyrtl (Nr. 54, S. 251) haben diese Meinung adoptirt.

Bernays (Nr. 16, S. 428) weist auf den Widerspruch zwischen der angeführten Angabe Bruch's und der einige Zeilen weiter folgenden Worte desselben Autors hin: „Die Gelenkhöhlen sind, sobald überhaupt eine Gelenkhöhle wahrnehmbar, stets nackt, d. h. von der Knorpelsubstanz gebildet“ . . . glaubt aber, dass seine Meinung mit derjenigen Bruchs im Wesentlichen übereinstimme. Er macht nur darauf aufmerksam, dass nach seinen Untersuchungen die Gelenkhöhle viel mehr durch eine einfache Trennung der Knorpelenden entstehe, zwischen denen kein Bildungsgewebe mehr vorhanden ist. Mir scheint sowohl zwischen den Angaben Bruchs als auch zwischen der Annahme Bernays, der Bruch'schen Bezeichnung „Dehiscenz“ und dem von ihm beobachteten Vorgange, ein Widerspruch zu bestehen. Es kann ein Vorgang, der mit Dehiscenz bezeichnet wird, nur in der Pathologie, niemals in der Physiologie vorkommen, weil er die Vorstellung gewaltsamer Continuitätstrennung in sich trägt; es ist diese Bezeichnung überhaupt zu verwerfen. Ich schliesse mich Bernays' Meinung an, insofern er eine Verwendung der zwischenliegenden Zellen zum appositionellen Wachstume der Gelenkenden annimmt, muss aber mit Luschka, Schuster (Nr. 20), Hueter (Nr. 11, S. 10), Schulin¹⁾ (Nr. 19,

1) „ . . . im Knöchelgelenke und im Kniegelenke fand ich eine bis zu drei Zellen breite intermediäre Schicht, welche offenbar der Verflüssigung anheim fällt.“

S. 257) eine „Schmelzung“, „Verflüssigung“ als mögliche erste Synoviabildung, welche zugleich die Spaltbildung einleitet, daneben zulassen. Henke und Reyher nehmen den Schwund eines Theiles der Zwischenzone an.

Kölliker (Nr. 21, S. 493) sagt: „dass die gegeneinander wachsenden Knorpel die mittleren Theile der Gelenkanlagen nach den Seiten drängen, bis sie selbst zur Berührung kommen, womit dann die Gelenkhöhle gegeben wäre. Zu diesem Vorgange kommt dann in den peripherischen Theilen noch eine *Solutio continui*, welche vielleicht in gewissen Gelenken, wie denen mit Zwischenscheiben, als einziger Factor auftritt, bei welcher Spaltbildung wohl unzweifelhaft mechanische, von den umgebenden Weichtheilen (Muskel, Sehnen, Bänder) ausgehende Wirkungen eine Hauptrolle spielen. Ob in einzelnen Fällen auch Erweichungen eine Rolle spielen, ist fraglich und möchte ich die sogenannten Halbgelenke, bei denen so etwas sich findet, hier nicht herbeiziehen.“ Ein nach „den Seiten drängen“, greift, wie aus meinen Beobachtungen zu ersehen ist, nicht Platz. Auf die Art der *Solutio continui* komme ich noch zu sprechen.

Was die Stelle der ersten Spaltbildung betrifft, so sind alle Autoren, Schulin ausgenommen, der Meinung, dass dieselbe vom Centrum der Gelenkknorpelflächen zur Peripherie erfolgt; letzterer hat das Umgekehrte beobachtet. Diese Angabe entspricht jedoch durchaus nicht den von mir gefundenen Erscheinungen. Es kann das Bild, welches Schulin zu seiner Annahme veranlasste, nur entstehen, sobald auf dem Präparat ein inniger Contact der Gelenkendenschnitte zufällig erhalten bleibt. Die Existenz von Ausbuchtungen, welche Schulin für die erste Spaltbildung annimmt, kann nur zu einer Zeit eintreten, wo die Gelenkenden durch kein Gewebe mehr mit einander verbunden sind, wo schon eine mehr oder weniger freie Bewegung des respectiven Gelenkes stattfinden kann. Die Beobachtung gestattet eine weitere Verallgemeinerung der Erscheinungen in dem Sinne, dass die Spaltbildung von der Stelle des nächsten Contacts zu denjenigen des weitesten Abstandes der Gelenkflächen hin erfolgt.

Da dieses Stadium (30 mm) des Kaninchenembryo wenigstens an den beiden grossen Gelenken in jeder Beziehung die Haupttheile eines Gelenks ausgebildet zeigt, — nur eine fortschreitende Höhergestaltung der angelegten Theile, ihre Volumszunahme und

die weitere Gelenkhöhlenbildung hat sich beim Embryo bis zur Geburt noch zu vollziehen — so kann ich hier auch sogleich auf die Discussion anderer bezüglichlicher Fragen, welche noch nicht einstimmig beantwortet werden, eingehen.

So besteht z. B. noch eine Meinungsverschiedenheit in Betreff der Entstehung der Zwischenscheiben. Luschka „schienen beim Kniegelenke die cartilaginee falcatae als eine secundäre von der Kapselmembran ausgehende Formation aufzutreten.“ Ihm schliesst sich Schuster an (im Resumé seiner Arbeit) l. c. „Der Limbus der Pfanne und die cartilaginee falcatae sind secundäre, capsuläre Anlagen.“ Schulin (Nr. 19, S. 258) hält sich noch an v. Baer's Annahme, dass das Perichondrium eine gemeinsame Scheide bilde für alle Knorpelanlagen einer Extremität, wie es auch Hueter (Nr. 11) und Bruch (Nr. 7, S. 42) thun und sagt: „Aussen zieht als Kapselanlage das gemeinsame Periost darüber hinweg. Der Inhalt der Rinne wird am Kniegelenk zu den Menisci, am Schulter- und Hüftgelenk gestalten sich daraus die labra glenoida, an anderen Gelenken Synovialfalten.“ Bruch sagt von der Zeit der Entstehung der Bandscheiben (Nr. 7, S. 42): „ . . . die Gelenkhöhlen entstehen sammt den Bandscheiben später als die Kapselbänder . . .“

Nach dem Befunde der verschiedenen successiven Entwicklungsstadien des Kaninchenembryo muss ich mich unbedingt der Anschauung Bernays Nr. 16, S. 431) anschliessen. Die Kapsel- und intraarticulären Bänder entstehen „sämmtlich in loco“. Dasselbe ist auch für die Sehnen und Muskeln der Fall. Die Verbindung des Muskels mit seiner Sehne sowohl als die Insertion der Sehnen und Bänder geschieht erst, nachdem die Sehnen als deutlich angelegte Apparate schon bestanden haben. Am spätesten bilden sich dabei, scheinbar an allen Gelenken der unteren Extremität beim Kaninchenembryo, diejenigen Stellen der Kapseln, welche keine speciellen Bänder besitzen. Das ist an der inneren unteren Seite des Hüftgelenks, an der hinteren Kniekapselwand und an der Stelle des Recessus suprapatellaris, welcher den Muskeln anliegt, wie auch besonders an der volaren Seite der Phalangealgelenke etc. zu beobachten. Im recessus suprapatellaris sieht man fast keine Kapsel, es ist überhaupt kein Uebergang in's Perichondrium nachzuweisen. Diese Erscheinungen nehme ich als einen Beleg für die nahe Verwandtschaft des intracapsulären zum Aufbau der

Synovialis verwandten lockeren Bindegewebes mit dem Unterhautzellgewebe. Es werden im Weiteren noch manche Beweise für die Verwandtschaft dieses Gewebes beigebracht werden.

Die Ergebnisse der Beobachtung zeigen, dass das an den Stellen, wo ein Gelenk sich bildet, vorhandene Grundgewebe dasselbe lockere Bindegewebe ist, wie wir es in unmittelbarer Verbindung daneben als Anlage des Unterhautzellgewebes und des Zwischenmuskulgewebes finden. Ein spezifisches Gewebe, oder auch nur eine besondere Modification des Bindegewebes für die Gelenkanlagen ist von Anfang an nicht vorhanden. Dies Grundgewebe nimmt mit fortschreitender Entwicklung ab, während die in ihm eingelagerten Organe an Masse zunehmen. Die Gelenkkapseln sind in die Masse des lockeren Bindegewebes als nicht vollkommen geschlossene Scheidewände eingeschaltet; rein locale mechanische und physiologische Ursachen bedingen dann die Höhlenbildung und den bis zur Geburt vorschreitenden geringen Unterschied zwischen intra- und extracapsulärem Bindegewebe, welcher zu dieser Zeit besteht. Das embryonale subcutane Gewebe differenzirt sich zu faserigem Bindegewebe — es entwickelt sich progressiv, während das intracapsuläre Bindegewebe, so lange die Gelenke functioniren, neben progressiven (Zottenbildung) auch die Neigung zu regressiven Processen (Synoviabildung) beibehält. Das ganze Gewebe bleibt lockerer (die Bezeichnung eines „lig. mucosum“ weist darauf hin). Die Eigenschaft des vorwiegend schleimigen Zerfalles der Synovialiszellen wird wohl in der exclusiven Lage und physiologischen Eigenthümlichkeit der betreffenden Membranen ihre Ursache haben.

An den Phalangengelenken eines 30 mm langen Kaninchen sieht man auch die von Henke und Reyher (Nr. 12, S. 227) beim menschlichen Embryo als von der Bildung anderer Gelenke abweichende Erscheinung, beschriebenen „Zwischenscheiben“. Diese wurden auch von den nachfolgenden Beobachtern gesehen, erhielten aber von jedem eine verschiedene Deutung. Dass jetzt schon 3 verschiedene Meinungen in Betreff der Deutung dieser Zwischenscheiben bestehen, weist darauf hin, dass die Entscheidung keine ganz leichte ist. Bernays hält diese Zwischenscheiben für „indifferentes chondrogenes Gewebe“ (Nr. 16, S. 409). Schulin benutzt die bei dieser Gelegenheit auftretenden Bilder als Stütze für seine Annahme von der Gelenkspaltbildung von der Peripherie

zum Centrum hin. Weder in den Beziehungen zum Pierocarmin, noch in der von Henke und Reyher gezeichneten Form mit gleich intensiv scharfen Grenzen, noch in dem Auftreten der Zwischenscheiben bevor die nächste Phalanx angelegt ist, kann ich die Beobachtungen Henkes und Reyhers nach meinen Untersuchungen am Kaninchenembryo bestätigen. Die Scheiben habe ich zuerst mehr oder weniger deutlich beim Kaninchen von 20 mm gesehen. Die „Krempe“ habe ich nur an den ersten und letzten Flächenschnitten einer und derselben Zehe gesehen, auch an diesen Stellen hat die Zwischenzone immer eine distale verschwommenere Grenze und eine proximale schärfere, breitere, in ihrer Mitte sich stärker tingierende Stelle. Diese proximale Linie entspricht dem Gelenk, während die distale Grenze nur durch die gedrängtere Anordnung der Knorpelzellen zwischen Knorpelkern der Phalange und ihrer Basis sich darstellt. Die Zwischenscheiben kommen nur an den Phalangealgelenken vor, nur bei diesen ist die Basis der nächsten Phalanx breiter als das Köpfchen, welchem sie aufsitzt; dies und die Abwesenheit einer überall gleich dicken Perichondriumschicht, wie sie an anderen Knorpelanlagen vorkommt, genügt vollständig zur Erklärung der Zwischenscheiben. Die Entwicklung der Phalangealgelenke geht sonst ganz nach demselben Typus vor sich, wie an anderen Gelenken.

Beim 36 mm langen Kaninchenembryo sind die Sesambeine an den hinteren Femurcondylenflächen in den Sehnen angelegt. Die Hüftgelenkhöhle ist grösser, jedoch noch spaltähnlich, ohne seitliche Ausbuchtungen (auf dem Sagittalschnitt). Das gleiche am Kniegelenk, hier hat sich eine Spalte auch zwischen den condyli tibiae und menisci ausgebildet. Der Unterschied in der Tinction des Knorpelsaumes und der der Knorpelsubstanz ist geringer, wenigstens an der Contactstelle. Die hintere Kapselwand in der Mitte ihres Verlaufs (auf medialem Sagittalschnitt) ist ausgebildet; es besteht schon das tibiofibulare Gelenk. Gefässe treten von vorn in die Knorpel der Gelenkenden. Die Haut hat sich in Cutis und Unterhautbindegewebe gesondert. Die Muskeln erscheinen längsstreifig. Es ist mit einem Wort alles an Ort und Stelle und hat sich bis zur Geburt nur höher zu differenzieren. Ich werde daher bei der Beschreibung der nächstfolgenden untersuchten Embryonen mich ausschliesslich an die Aufzählung der Veränderungen in den die Gelenkhöhlen umgebenden Geweben halten.

An dem Knie- und Hüftgelenk eines 47 mm langen Kaninchenembryo sieht man die Höhle des Gelenks grösser geworden. Am Hüftgelenk ist es einfach eine Verlängerung der bestehenden Spalte in allen Richtungen zwischen den fast congruenten Knorpelflächen; die zum Schenkelkopf gerichtete Fläche des Lig. teres hat sich vom Köpfchen auf dieselbe Art wie die menisci am Knie losgelöst; seine distale Fläche ist noch mit dem an Ausbreitung und an Masse abnehmenden gefässführenden Mesochondrium in Verbindung. Im Kniegelenk ist die Gelenkhöhlenbildung entsprechend der complicirteren Configuration der dasselbe bildenden Gelenkenden complicirter. Die zuerst aufgetretene Spalte zwischen Patella und femur hat sich nach oben und unten verlängert (auf Sagittalschnitten). Nach unten zu, sich mehr an die Knorpelenden als an das weiche Bindegewebe haltend, auf einer grösseren Ausdehnung in der Richtung des vorderen Randes des lig. cruc. ant. Zu beiden Seiten der Patella bleibt eine Brücke des lockeren gefässhaltigen Gewebes, welche zu den flachen Einkerbungen an den Vorderflächen der beiden condyli femoris von den Seiten der Patella im unteren Abschnitt sich hinzieht, bestehen. Es sind die ligg. alaria. Ebenso sieht man auch, dass im Winkel zwischen lig. patellare und Tibiakopf das embryonale Bindegewebe bestehen bleibt (auch beim Embryo von 56, 80 und beim 95 mm langen Neugeborenen). Auch in dem hinteren Theil des Kniegelenks ist in diesem Stadium eine unregelmässig begrenzte kleine Höhle vorzufinden. Die intracapsulären Ligamente (ligamenta cruciata, menisci, Sehne des tibialis anticus, und die neben dieser am Knorpelbande des condylus externus femoris ihren Ursprung nehmende Sehne der Plantarflexoren) sind von ziemlich weiten, sich ihnen anschmiegenden Gefässen und lockerem Bindegewebe umgeben, — es gilt dies auch für die Quadricepssehne und für die femorale Wand des Recessus suprapatellaris. Der Gelenkfläche der Patella sieht man keine Gefässe aufliegen.

Die Linie der Patellagelenkflächen-Krümmung mit ihren Fortsetzungen auf die Quadricepssehne und das lig. patellare läuft der entsprechenden Femurgelenkflächenlinie parallel. Von Synovialfalten oder Zotten ist noch keine Spur zu sehen.

Auf dem Sagittalschnitt ist der Saum der Haupthöhle, nach Anwendung von Tinctionsmitteln, ein wenig dunkler gefärbt als das übrige lockere Bindegewebe. Er erweist sich aus einer dichten

teren Schicht von meist rundlichen und länglichen, den umgebenden ähnlichen Zellen bestehend. Ausser der Haupthöhle sieht man in der Tiefe des Gelenks kleinere Höhlen, die nicht deutlich begrenzt sind, durch diese findet man zuweilen ein Gefässchen mit ihm anliegenden Zellen verlaufen. Ich muss mich der positiven Entscheidung enthalten, ob diese Zellen ein resistenterer Rest des Gewebes sind, welches der Verflüssigung anheimfällt, oder ob es sich hier um eine Zellenwucherung an der der Höhle zugewandten Oberfläche handelt, oder ob noch neue Bildungszellen hierher einwandern. Ich glaube, es greifen hier alle drei Entstehungsweisen Platz. An dem Untergange eines Theils der Zellen bis zu der weiteren Höhlenbildung kann man wohl kaum zweifeln, man sieht sich schwach färbende und schwach contourirte Zellen frei in der Höhle liegen. Ich sehe nicht ein, woher Bernays den Zellen des gefässlosen Mesochondrium die Möglichkeit des Auftretens ähnlicher Vorgänge abspricht und dem jedenfalls noch weniger zu begründenden Eindringen von Blutplasma in den eben gebildeten Gelenkspalt allein den Platz einräumt. Die hintere Extremität eines 56 mm langen Embryo hat durchaus wenig Abweichendes aufzuweisen. Die Gelenkhöhlen sind noch immer so zu sagen glattwandig.

Die erste Spur der Synovialfalten und der Zottenbildung fand ich beim 80 mm langen Kaninchenembryo am oberen und unteren Ende der Patella. Es ist die Kniegelenkshöhle noch grösser geworden, das umgränzende lockere Gewebe ist weiter differenzirt. Von den intracapsulären Ligamenten scheinen nur noch die ligamenta cruciata von lockerem Bindegewebe umgeben und mit einander verbunden zu sein. Die Menisci und die anderen intracapsulären Sehnen werden nur von einer Schicht abgeplatteter Spindelzellen bedeckt. In der Gelenkflächen-Krümmungslinie sieht man an beiden Enden der Patella kleine Vertiefungen sich bilden, wodurch die ehemals ununterbrochene Linie nach auswärts hin Knickungen bekommt.

Bei einem neugeborenen Kaninchen von 95 mm dringt der Höhlenraum längs der Sehne des tibialis anticus auf die Vorderfläche des Tibiakopfes; hinten reicht er zwischen die Knorpelflächen der Sesambeine und den entsprechenden Theilen der Condylus femoris hinein. Die Synovialfalten und Zotten am femoralen und tibialen Ende der Patella sind grösser, man sieht sie an denjenigen

Stellen zu beiden Seiten der Basis der Menisci, wo diese durch lockeres Gewebe mit der Kapsel verbunden sind. Es sieht aus, als wenn die keilförmigen Menisci zur Peripherie des Gelenks hin gedrängt werden, und dadurch das lockere anliegende Gewebe in Falten legen. Auch in der femoralen Kuppe der Articulation zwischen Sesambein und condylus femoris besteht eine Falte. Die Plica synovialis mit ihrem Ligamentum blieb während der ganzen Entwicklung der Höhle bestehen und bleibt es als Rest des embryonalen intracapsulären Bindegewebes auch fürs ganze Leben. Daher kann ich nicht mit Bernays von „Anlagen“ dieser Theile sprechen. Die Ablagerung von Fett in den Zellen der Plica synovialis tritt zum ersten Mal beim 47 mm langen Kaninchenembryo auf.

Nun fragt es sich, was die Ursache der Entstehung der Zotten sei? Hüter hält sie für eine pathologische Erscheinung, führt ihre Bildung auf „angestrengte Bewegung in öfterer Einwirkung“ zurück. Er spricht (Nr. 11, S. 79) weiter vom Schwund der Zellendecke mancher Zotten in Folge von Reibung. Auch Tillmanns spricht (Nr. 41, S. 413) von „einem Reizeffect der Reibung bei den Gelenkbewegungen“ als der Ursache der Zottenbildung.

Bernays, welcher von den Zotten an der Patella handelt, glaubt (Nr. 16, S. 436, menschl. Embryo im 6. Monat), sie entstünden durch Abdrängen des Bindegewebes, welches die Patellagelenkfläche bedeckt, bei Bewegungen der Extremität. Die Angaben von Henke und Reyher (Nr. 12, S. 242) und Nagel (Nr. 17, S. 35), dass die zipfelförmigen Fortsätze (auf Sagittalschnitten), welche (nur von kleinen Gelenken ist bei ihnen die Rede) von der Peripherie zur Spalte sich hinziehen, erhalten bleiben und so eine Synovialfalte bilden, ist nur eine Vermuthung; die Bildung der Synovialfalten ist von genannten Autoren nicht gesehen worden. Der genannte Zipfel erhält Gefässe, schwindet aber dann und wird zu einem Theil der gefässreichen Synovialis und giebt nur das Material zur Bildung von Falten und Zotten, welche in den kleinen Fussgelenken viel später als an den grossen auftreten.

Die Facta, dass die Höhlenbildung von allen Gelenken der unteren Extremität am Kniegelenk, dabei zwischen Patella und Femur, als den beweglichsten Theilen, zuerst auftritt, und dass sie an weniger beweglichen Gelenken später erscheint, dass der Höhlenraum im Kniegelenk sich nach unten hin, dem Knorpelende näher, als dem nachgiebigeren lockeren Bindegewebe zu, bildet und vergrös-

sert, weisen mit Bestimmtheit darauf hin, dass die Höhlenbildung durch den Druck und die Zerrung bei Bewegungen eingeleitet und weiter ausgeführt wird, wobei wohl die Synovia die Rolle einer Druckvertheilerin zu spielen hat, daher treffen wir keine Risse des Gewebes und die mit ihnen einhergehenden Extravasate an/ Bei der Höhlenbildung atrophirt ein Theil der Zellen und der Gefässe; manche Gefässschlingen bleiben, von dem sie umgebenden Gewebe entblöst, mit dem restirenden gefässhaltigen Bindegewebe in Verbindung — es entstehen so die Trabekeln, welche an den Gelenken und Sehnenscheiden, besonders grösserer ausgewachsener Thiere, vorgefunden werden (Pferd, Rind, Mensch). Das restirende Gewebe wird zum Theil an die Kapselwand durch die Gelenkenden bei Bewegung angedrückt, dafür spricht der Reichthum der Synovialis auch bei Neugeborenen an dichten über einander liegenden Gefässnetzen, welche mit der Zeit schwinden, zum Theil retrahirt es sich bei seiner höheren Differenzirung aus embryonalem in lockeres Bindegewebe. Ich glaube die Vertiefungen z. B. an den beiden Enden der Patella, als solche Retractionen ansehen zu können. Mit ihr geht ein Strafferwerden der Kapsel einher. Wir haben einerseits das bewegliche lockere gefässreiche Gewebe der Synovialis als Substrat für die Zottenbildung, andererseits die negativen und positiven Druckschwankungen in den verschiedenen Theilen des betreffenden Gelenks bei Bewegungen der Extremität als Ursache derselben. Schon beim Fötus, noch mehr aber im extrauterinen Leben, bei weiterer Entwicklung der Gelenkoberflächen, liegt die Patella bei stärkeren Bewegungsexcursionen nicht mit ihrer ganzen Gelenkfläche dem vorderen Femurende an; es wird bald ein Ende bald das andere abgehoben; es müsste ein leerer Raum an diesen Stellen entstehen. Der sich hier entwickelnde negative Druck ist es, welcher das lockere gefässhaltige Material der Synovialis in Form von Falten abhebt und ein stärkeres Wachsthum (die Zottenbildung) auf der Oberfläche derselben einleitet. Für diese meine Annahme sprechen folgende Umstände: zuerst erscheinen die Falten um den Patellargelenksrand, also an einer Stelle, wo die genannten Erscheinungen sich zuerst in voller Kraft entfalten können; wo von Haus aus die Synovialis zwischen unnachgiebigen Theilen sich befindet, dort schwindet sie durch Bewegungsdruck nicht (die Plica synovialis, die ligamenta mucosum und alaria). Die Zotten und Falten sind an gewisse Prädispositionsstellen gebunden, der Hüter-

schen Ansicht entgegen. Sie treten überall dort auf, wo die genannten Ursachen bestehen. Dort wo zwei wenig nachgiebige oder unnachgiebige Gelenksconstituenten sich gegenüber stehen und constantem gegenseitigem Druck ausgesetzt sind, findet man wenigstens keine makroskopisch sichtbaren Zotten. Ausser der genannten Stelle am Rande der Patella sieht man Zotten in der Kuppe des Recessus suprapatellaris, wo die Muskelansätze ein Aneinanderlegen der beiden Wände des Recessus verhindern. An denjenigen Stellen, wo zwei Knochen mit ihren Gelenkflächen sich so berühren, dass zwischen ihren von der Synovialis überkleideten Periostflächen und dem anliegenden straffen Band auf senkrechten Schnitten ein dreieckiger Raum besteht (sei es zeitweilig während der Bewegung oder beständig) wird man immer Synovialzotten antreffen. Ich habe diese Anschauung nicht als Resultat der Untersuchung von Kaninchenfötus allein mitgetheilt — für diese Untersuchung genügen Kaninchenembryonen nicht — es sind auch beim ausgewachsenen Kaninchen die Zotten und Falten der Synovialis nur relativ schwach ausgeprägt, — besser sind für diesen Zweck Schafsembryonen. Für mich war es aber wichtig an einem und demselben Thiere bis zur Geburt hin eine Uebersicht über die ganze Gelenkbildung zu haben, um aus den stattfindenden Veränderungen einen Schluss auf die physiologischen Vorgänge ziehen zu können und das ermöglichten die Gelenke der Kaninchenembryonen wegen ihrer Kleinheit. Beim Schaf und beim Menschen erscheinen die Zotten und Falten relativ viel früher (beim Schaf zuerst an einem 75 mm langen Embryo, beim Menschen nach Bernays im 6. Monat des fötalen Lebens). Noch eine Stütze für meine Annahme sehe ich besonders in der Zottenbildung der Pleura (von Luschka und nach ihm von Henle beschrieben), welche meiner Meinung nach mit den Gelenken nur das Gemeinsame hat, dass beide, physiologischer Weise, grösseren Druckschwankungen ausgesetzt sind. Dasselbe kann man an anderen in Höhlen gelegenen Organen oder an Höhlenwandungen finden. Wir finden breitbasige Fettzotten an den sulci und auricula cordis und die appendices epiploicae des Dickdarms; hierher sind wohl auch die Zotten des plexus choroideus zu rechnen und die von Rollet (Nr. 80, S. 1128) angeführte Beobachtung: „Am Rande der Hornhaut finden sich warzenartige Erhebungen der hinteren Fläche der Descemetischen Membran vor. Diese fehlen

noch in den ersten Lebensjahren.“ Es sind somit die Synovialfalten und Zotten alle secundär, nicht primär, wie Schulin annimmt (Nr. 19, S. 263), entstanden. In den Schnenscheiden und Schleimbeuteln muss die Zottenbildung in ganz derselben Weise wie in den Gelenken angenommen werden.

In Betreff der Bildung von Recessus an den Gelenken, wie auch des Grösserwerdens der Gelenkhöhlen überhaupt glaube ich der einen Ursache, dem von Hüter (Nr. 11, S. 19) und Schulin (Nr. 19, S. 261) angenommenen intracapsulären Knochenwachsthum, wenn die Epiphysenlinie intrakapsulär zu liegen kommt, noch den Zug der an die Synovialis sich anheftenden Muskeln und in der ersten Zeit nach der Geburt den intracapsulären Druck, welchem bei ausgiebigeren Bewegungen der Gelenke die Synovialis durch Vermittlung der Synovia an ihren nachgiebigeren Theilen ausgesetzt ist, hinzufügen zu können.

Es bleibt mir noch die vielbestrittene Frage nach der Existenz eines continuirlichen epithelähnlichen Zellenbelages auf den knorpeligen Gelenkenden zu besprechen. Die Frage über die Abgeschlossenheit der Synovialis als einer nach Art der serösen Häute in sich selbst zurücklaufenden Membran beschäftigte die Beobachter noch im vorigen Jahrhundert. Todd führt an, dass diese Lehre zuerst von W. Hunter aufgestellt, nach ihm von vielen Beobachtern angenommen und vertheidigt wurde (Soemmering, Bichat, Meckel, Béclard). Ihnen standen eine Menge anderer Beobachter gegenüber (Cruveilhier, Gordon, Magendie, Blandin, Gendrin, Velpeau). Unter dem Mikroskop hat, scheint es, Reichert (Nr. 6, S. 16) zuerst im Foetalzustande des Menschen der Knorpelsubstanz unmittelbar aufliegendes Epithel gefunden: „Bei Erwachsenen fehlte es“ an den Gelenkknorpeln und der nächsten Umgebung. Bruch (l. c.) fand die Gelenkknorpel, sobald die Gelenkspalte sich gebildet „stets nackt.“ Luschka (Nr. 9, S. 9) bestätigte Reichert, indem er im Foetalzustande Zellen auf dem Gelenkknorpel fand, welche „eine nicht zu verkennende Aehnlichkeit mit den Epithelialgebilden der Synovialhäute zeigten“. Die Zellen finden sich ordnungslos in die Zwischensubstanz eingelagert, nicht aber sind sie nach Art vollständiger Epithelien in Gestalt zusammenhängender Schichten aneinander gefügt.“ Hüter (Nr. 11) spricht von einem Rest des Perichondriums auf den Gelenkknorpeln. Tillmanns (Nr. 41, S. 415) ist es nicht gelungen,

„eine vollständige Endothelschicht“ auf der Fläche des Knorpels beim Foetus von Menschen und von Thieren zu constatiren.

Bernays (Nr. 16, S. 435) hat das Centrum der Patella nackt, die Peripherie von seiner chondrogenen Schicht bedeckt gefunden. Meinen Beobachtungen zufolge muss ich mich Bernays anschliessen. Die Contactstellen der Knorpel scheinen bei der Spaltbildung keinen Zellenüberzug zu besitzen, während die übrige Knorpeloberfläche mit einer zur Peripherie hin sich verdickenden Zellschicht bedeckt ist. Die oberflächlichsten Zellengebilde tragen den durch Silberbehandlung nachweisbaren Charakter von Zellen, die in Saftlücken liegen. Bei einem Rindsembryo von 52 cm (vom tuber occipitale bis zur Schwanzwurzel gerechnet) fand sich fast die ganze Fläche des Tibiakopfes von solchen zellhaltigen Saftlücken bedeckt, stellenweise waren auch Gefässe und Bilder, welche als Gefässschwund gedcutet werden konnten, zu sehen. Die Zellen in den Saftlücken bekommen zum Centrum der Gelenkfläche hin immer kürzer werdende Fortsätze und gehen im Centrum in deutliche Knorpelzellen über. Den Erwachsenen kommt keine Zellenbekleidung der Gelenkknorpelfläche zu, darüber herrscht in den Meinungen aller Forscher vollkommene Einigkeit. In dem der Synovialis zunächst gelegenen Theile des Radiocarpalgelenks eines ausgewachsenen Hundes traf ich an Silberpräparaten hie und da eine mit Fortsätzen versehene Knorpelzelle.

Es lassen sich aus dem Beobachteten für die Entwicklung der unteren Extremität beim Kaninchenembryo folgende Schlüsse ziehen:

1. Die Anlage der Extremität stammt aus dem Mesoblast.
2. Als erste Differenziation in der gleichförmigen Masse der Bildungszellen an der Extremität ist die Bildung von Nerven und Gefässen anzusehen.
3. Die ersten Knorpelanlagen treten sämmtlich gesondert, successive vom proximalen zum distalen Ende der Extremität auf; um eine jede von ihnen bildet sich eine eigene Perichondriumsschicht.
4. Um die Stellen, wo die Primordialknorpel aneinanderstossen, entwickeln sich in der frühesten embryonalen Periode Gefässe, deren Anzahl mit der weiteren Entwicklung stetig zunimmt.
5. Die Anlagen der Muskeln, Sehnen, capsulären und intra-capsulären Ligamente und Sehnen treten an einer gegebenen Stelle vom Oberschenkel beginnend zur Peripherie hin, sämmtlich ge-

sondert und zu gleicher Zeit in loco auf. Am spätesten entwickeln sich manche Stellen der Gelenkkapseln, welche keine Verstärkungsbänder besitzen.

6. Die Kniescheibenanlage entsteht durch Differenzirung der Sehnenzellen der Quadricepssehne in Knorpelzellen. Sie ist demnach, aller Wahrscheinlichkeit nach, auch vom embryologischen Standpunkt den übrigen Sesambeinen, für welche diese Entstehungsweise zu constatiren ist, anzureihen.

7. Ein besonderes Gewebe für die Anlage der Gelenke existirt nicht.

8. Man kann in dem Zwischenknorpelbildungsgewebe einen gefässlosen Theil, welcher sich zwischen den nächsten Contactstellen der Knorpelenden befindet, und einen von diesem peripher gelegenen gefässreichen Theil annehmen.

9. Die ursprünglich indifferente Bildungszellenschicht des Zwischenknorpelgewebes bietet successive folgende Veränderungen dar: zuerst bildet sich in ihr eine lichte Zone, welche nachher schwindet, wobei die Gelenkenden näher aneinander gerückt erscheinen; nach der Spaltbildung wird das gefässlose Mesochondrium durch die gefässführende Zwischenknorpelschicht verdrängt.

10. Die Gelenkspaltbildung tritt zuerst an den nächsten Contactstellen der Gelenkenden auf. Sie geschieht, indem ein Theil der Bildungszellen sich zu Spindelzellen umwandelt, welche sich weiterhin zu Knorpelzellen umbilden, ein anderer Theil von ihnen schwindet auf dem Wege der schleimigen Degeneration und trägt zur Bildung der Synovia bei. Anfänglich der Wachstumsdruck der Gelenkenden, später die Bewegungen der Extremität sind wahrscheinlich die diese Erscheinungen bedingenden Factoren. Die Gelenkspaltbildung findet an der Extremität im Allgemeinen vom Rumpf zum freien Extremitätenende hin statt, jedoch nicht streng consequent; zu allererst bildet sich der Spalt zwischen Femur und Patella, zwischen den Phalangen früher als zwischen den Fusswurzelknochen; überhaupt zuerst an denjenigen Gelenken, welche, entsprechend der Configuration der Gelenkenden, eine grössere Beweglichkeit zulassen.

11. Alle Gelenke der Extremitäten ohne Ausnahme entwickeln sich nach einem und demselben Typus.

12. Die Entwicklung des in den Gelenken und um die Sehnen, sowie zwischen den Muskeln befindlichen Gewebes geht mit dem-

jenigen des Unterhautzellgewebes, in welchem sich die Schleimbeutel bilden, Hand in Hand; ihr mikroskopischer Bau bleibt immer derselbe. Von der Zeit der Spaltbildung an tritt nur eine Differenz in der die Höhlen begrenzenden Schicht auf; diese wird zellenreicher.

13. Die Trabekeln der Synovialis sowie manche Synovialfalten (die *Plica synovialis* und das *lig. mucosum* am Knie) sind bei der Bewegung der Gelenke verschont gebliebene Ueberreste des embryonalen Gewebes.

14. Die Synovialis entsteht aus demjenigen gefässreichen Theile des intracapsulären Bindegewebes, welcher bei der Gelenkhöhlenbildung verschont geblieben ist und sich retrahirt hat.

15. Die Synovialzotten entstehen alle secundär aus dem sehr lockeren zellen- und gefässreichen Material der jungen Synovialis. Einer der Hauptfactoren für ihre Entstehung und ihr Wachsthum ist das Ansaugen der lockeren gefässreichen Synovialis bei den mit den Bewegungen der Gelenke einhergehenden negativen Druckschwankungen. Nur an einigen bestimmten Stellen der Gelenke kann sich dieser Factor geltend machen, daher sind die Zotten auch nicht überall in gleicher Stärke ausgebildet.

16. Der grösste Theil der Knorpelenden der das Gelenk constituirenden Knorpelanlagen ist im embryonalen Zustande und beim Neugeborenen mit einer zur Peripherie an Dicke zunehmenden Bindegewebszellenschicht bedeckt, welche zur Zeit der Geburt schwindet.

Bau der Synovialis.

Auf den Rath von Prof. Waldeyer begann ich meine Untersuchung der Gelenksynovialis mit derjenigen des Hüftgelenks des Frosches, weil an ihr, da sich eine vollkommene Gleichheit des Baues mit derjenigen der Synovialis der Warmblüter herausstellt, als an einem kleinen, leicht in seiner ganzen Ausdehnung übersehbaren Object, die Strukturverhältnisse am anschaulichsten vorliegen.

Die Hüftgelenksmembran des Frosches ist einerseits an dem fast kreisrunden in einer Ebene gelegenen Rande der *fossa acetabuli*, andererseits am Halse des Femur angeheftet; an diesen jedoch nicht direct in seiner ganzen Peripherie, sondern nur aussen

und innen, dabei ist der vordere Theil breiter und reicher an festerem Bindegewebe. Vorn geht die Kapsel an den entsprechenden Seiten des Femurkopfes auf ein Ligament, hinten auf einen Muskelansatz über. Der das Köpfchen umfassende Theil ist fast überall durch straffere Bänder verstärkt, nur die Umschlagstelle am Schenkelhalse ist dünn. Die das Gelenk umgebenden, vom Becken zum Femur laufenden Muskeln sind fest mit der Gelenkkapsel verbunden. Die zu untersuchende Gelenkkapsel wurde an der Aussenseite der Länge nach gespalten, vom Rande der Pfanne abgelöst und dann vorsichtig die ganze vordere und hintere Wand vom Schenkelhalse abgeschnitten.

Makroskopisch hat der grösste Theil der Synovialis ein fast knorpeliges Aussehen, ist glatt, glänzend, lässt sich nicht in eine Falte nehmen.

Die mikroskopische Untersuchung wurde, wie auch an den meisten anderen später zu nennenden Objecten in frischem Zustande in 3 % ClNa-Lösung oder in Glycerin vorgenommen, oder sie wurden mit Osmiumsäure, Argentum nitricum (nach Landzert 1:400—800, nach Hüter 1 %) und mit Berlinerblau in statu nascenti behandelt. Zum Isoliren der Intima wurde doppelchromsaures Kali, 10 % ClNa-Lösung und Drittelalkohol angewandt. Als Tinctionsmittel dienten mir Pikrokarmine, Haemotoxylin, Eosin, vorherrschend aber Grenachers Karmin und Goldchloridnatrium. Um Querschnitte zu bekommen, wurden die Präparate in Gelatine oder in ein Gemisch von Spermacet, Ricinusöl und Wachs eingebettet. Die Schnitte wurden zum Theil aus freier Hand, zum Theil mit dem Microtom von Long gemacht.

Bei der Untersuchung der vom eben getödteten Frosche entnommenen Hüftgelenksynovialis in schwacher Kochsalzlösung sieht man bei höchster Einstellung des Mikroskops über der innersten, vorherrschend aus längsverlaufenden parallelen welligen Bindegewebsfaserbündeln bestehenden Faserschicht, stellenweise einzelne oder auch zu Gruppen angeordnete, stellenweise grössere Strecken bedeckende, nicht sehr deutlich contourirte, mattglänzende Gebilde. Sie sind nicht alle gleich gross; manche von ihnen sind rund oder oval, die meisten mit Fortsätzen versehen. Sie liegen nicht alle in einer Ebene; bei successiver Senkung des Tubus sieht man noch weniger deutliche Gruppen von ähnlichen Zellen, welche wiederum nicht eine einzige Schicht bilden. Bei Drehung der Schraube ver-

halten sich die Gebilde und ihre Contouren wie zwei verschiedenen lichtbrechende Medien: es wird bald das Feld dunkler, der Contour heller, bald umgekehrt.

In Glycerin untersucht, nimmt sich dieses Object ähnlich aus, nur sieht man in manchen der genannten Gebilde einen schwach angedeuteten ovalen Kern.

Etwa eine halbe Stunde nach Zusatz von Essigsäure zu dem in C1Nalösung untersuchten Präparate sieht man an Stelle der undeutlich contourirten Figuren in jeder einen scharfbegrenzten, körnigen, etwas glänzenden, ovalen, in allen gleich grossen Kern, welcher nicht von allen Seiten gleichmässig von feinkörnigem Protoplasma umgeben ist. Die Zellen sind Bindegewebszellen vollkommen ähnlich. Wenn man irgend welche Gesetzmässigkeit in der Anordnung der Zellengruppen sucht, so findet man, dass an Stellen, wo die Gelenkkapsel von derberen Ligamenten verstärkt ist, die Gruppen der Zellen in Reihen, entsprechend dem Verlauf der parallelen Bindegewebsbündel, liegen; dabei ist ihre gegenseitige Lage in den Gruppen der Art, dass die fortsatzlosen, abgerundeten oder etwas abgeplatteten Seiten der Zellen an einander stossen, während ihre Fortsätze gegen die Peripherie der Gruppe ausstrahlen. Die zuweilen sehr langen Fortsätze, sowie ihre Zweige halten auch die Richtung der unterliegenden Fasern ein oder kreuzen sie; die Fortsätze liegen mit den Zellen meistens nicht in einer Ebene. Es sind das die flammen- und keulenförmigen Zellen, welche von vielen Autoren beschrieben worden sind. An den Stellen der Kapsel, wo die Unterlage der Synovialis aus unregelmässig angeordneten oder sich kreuzenden schwächeren Bindegewebsfasern besteht, sind die Zellen in grösseren Mengen vorhanden, dichter gedrängt und durch die sehr stark verzweigten Fortsätze inniger mit einander verbunden. Zwischen diesen beiden Arten der Anordnung gibt es allmähliche Uebergänge.

Um vieles deutlicher und anschaulicher wird das beschriebene Bild bei Behandlung des frischen Präparates mit *Argentum nitricum*. Auf die Beschreibung der durch diese Methode gewonnenen Bilder vom Froschhüftgelenk und den Synoviales von Warmblütern komme ich bei den letzteren zurück.

Ich füge hier noch die Bilder, welche an senkrechten Schnitten der Froschhüftgelenksynovialis zu beobachten sind, hinzu. Man sieht an solchen Schnitten die innere Fläche der Kapsel durch

eine scharfe Linie begrenzt; nur ausnahmsweise ragt eine Zelle über den klaren Rand hervor; in einer kleinen, nicht überall gleichen Entfernung vom Rande sieht man abgeplattete Zellen, deren Längsaxe dem Rande parallel liegt, an manchen Stellen dichter gelegen, an manchen weiter von einander entfernt. Das ist die Synovialis. Weiter nach aussen hin sieht man ganz ähnliche Zellen in bedeutend geringerer Menge den Bündeln der Kapsel anliegen. Die Grundsubstanz, in welche die Synovialzellen eingebettet sind, ist am Rande fast homogen oder schwach körnig. Noch im Bereich der dicht liegenden Zellen gehen nach aussen hin die sehr feinen Fasern der Synovialis ganz allmählich in die groben Faserbündel der Kapsel über. Die Gefässe sind sehr spärlich; nur an der Umschlagstelle der Gelenkkapsel auf das Femur etwas reichlicher.

Versuche, die Synovialis durch 2—3 Tage lange Maceration in Kali bichromicum, 10 % ClNalösung, Drittelalkohol zu isoliren, sind mir nicht gelungen. Es werden nur Fetzen der Synovialis zusammen mit dem unterliegenden Gewebe der Kapsel abgerissen.

Die einzige Angabe in der Litteratur über den Bau der Synovialis der Froschgelenke ist die von Albert (Nr. 37, S. 435), welcher auf derselben kein Endothel gefunden hat.

Von anderen Gelenken sind das Hüft- und Kniegelenk vom Meerschweinchen (2 Tage alt und ausgewachsen), das Kniegelenk der Maus, Kniegelenk einer 6 Wochen alten Katze, das Knie-, Hüft-, Schulter- und Fussgelenk vom Kaninchen, das Schulter-, Knie-, Fuss- und Zehengelenk vom Hunde, das radiocarpal- und metatarsophalangealgelenk vom Schaf, dass Fussgelenk einer Kuh, das radiocarpal- und carpometacarpalgelenk vom Pferde, das Kniegelenk eines nicht ganz ausgetragenen Kindes, eines Neugeborenen und Knie- und Hüftgelenk vom erwachsenen Menschen untersucht worden. Sämmtliche hier aufgezählten Gelenke vom erstgenannten an bis zu denen des Schafes inclusive wurden noch warm bis spätestens eine Stunde nach dem Tödtten des Thieres zur Untersuchung hergerichtet. Ausserdem wurden die Bursae mucosae praepatellaris, tendinis Achillis, beim Kaninchen die am Schulter-

gelenk befindlichen Bursae, die Sehnenscheiden nebst Sehnen von Kaninchenzehen und die Sehnenoberfläche des m. plantaris am calcaneus untersucht.

Die Objecte wurden in ganz frischem Zustande beobachtet, mit 0,5% Osmiumsäure behandelt, oder dieselbe Lösung periarticular injicirt, mit argentum nitricum von 1% bearbeitet, in Müller'scher Flüssigkeit und in Alkohol gehärtet, mit Goldchlorid nach Böhm behandelt. Die Objecte wurden entweder frisch gefroren, in Gelatine oder in einer Wachs-Spermacet-Oelmasse geschnitten. Als Tinktionsmittel wurden die vorhin genannten verwendet.

Makroskopisch erscheint die Synovialis in allen genannten Gelenken an sorgfältig abgeschnittener Gelenkkapsel als eine gelbliche, durchscheinende mehr oder weniger locker mit dem unterliegenden Gewebe der Kapsel verbundene, relativ verschiebbare Membran. Der ihr zugeschriebene Glanz rührt von der ihr anheftenden Schicht zäher Synovia her; spült man diese ab und entfernt das Wasser vorsichtig mittelst Filtrirpapiers, oder lässt es etwas verdunsten, so hat man eine fast überall matte Oberfläche vor sich. Untersucht man eine Synovialis unter Wasser, so sieht man an einigen Stellen derselben kleine Zotten flottiren; beim Meerschweinchen und beim Kaninchen, auch beim Hunde sind ihrer ziemlich wenige. Schon beim Hund und Schaf, noch mehr bei grossen Geschöpfen (Kuh, Pferd, Mensch) ist fast die ganze Oberfläche von solchen Zotten bedeckt; sie sind nur nicht überall gleich stark: an manchen Stellen sind sie kaum mit blossen Auge sichtbar, an anderen bieten sie einen wahren Wald von verzweigten Zotten verschiedener Dicke und Form. An solchen Stellen ist die Synovialis bei grossen Thieren (Pferd) einschliesslich der Zotten 1½ und mehr cm dick.

Ich will gleich hier auf eine Art von Gebilden hinweisen, welche, meines Wissens, bis jetzt wenigstens in den Gelenk- und Sehnenscheiden-Synoviales von keinem Beobachter¹⁾ entsprechend

1) Vielleicht meint Sappey (Bd. I, S. 689) sie in der Beschreibung der Synovialis des menschlichen Hüftgelenks, indem er sagt: „les replis figurent tantôt une sorte de pont membraneux plus ou moins large, tantôt . . .“ Henle (Nr. 98, Bd. I, Abth. II, 5—6) beschreibt sie als „cylindrische oder platte Fäden, die an beiden Enden angewachsen und strangförmig von einer Fläche zur anderen gespannt sind.“

gewürdigt worden sind, welche aber für die Beurtheilung des Charakters der Synovialis, wie auch für die Erklärung der Entstehungsweise eines Theils der Zotten von Werth ist¹⁾: Es sind so zu sagen vom unterliegenden Gewebe losgelöste, schmale Gewebsbrücken, deren Enden in's Gewebe der Synovialis übergehen. Man trifft diese brückenförmigen Fäden sowohl isolirt als auch in Gruppen an, in denen sie sich kreuzen und mit einander verwachsen sind. Ich fand sie beim Menschen, Pferde, Schweine, Rinde, auch bei einem 52 cm langen Rindsembryo. Ihre Länge beträgt einige mm bis 5 cm. Es sind dies die im embryologischen Theil dieser Arbeit beschriebenen, bei der Gelenkhöhlenbildung von dem umgebenden, der schleimigen Metamorphose anheimgefallenen Bindegewebe entblösten Gefässe, welche sich mit einem Theil der sie bedeckenden Zellen erhalten haben. Vielleicht bilden sie sich auch noch während des extrauterinen Lebens.

Die intraarticulären Druckschwankungen, deren Existenz die häufig wiederholten Experimente Bonnets beweisen, oder vielmehr der negative Druck ist, wie ich schon im embryologischen Theil dieser Arbeit angeführt habe, die Hauptursache der Entstehung der Zotten. Die resistenteren Theile der Gelenke, wie Sehnen und Knorpel, ebenso wie die in beständigem, innigem Contact befindlichen Weichtheile vermögen dem Drucke Widerstand zu leisten; sie sind desswegen zottenlos. Die oft sich wiederholende Aspiration lässt dagegen das lockere gefässreiche Gewebe in die Höhle wuchern. Die Reibung, welche bis jetzt allgemein als Ursache der Zottenbildung angenommen wurde, kann keine wesentliche Rolle dabei spielen, da die innere Oberfläche der Kapsel immer mit Synovia bedeckt ist. Was aber noch mehr gegen die Reibung als Ursache spricht, ist, dass die Zotten auch nicht an den Stellen der grössten Reibung, sondern denjenigen der geringsten entstehen. Für die Entstehung der Zotten der Sehnenscheiden und Schleimbeutel behält diese Erklärung ihre volle Kraft.

Neben den Zotten — den in die Gelenkhöhlen hineinragenden Bildungen — giebt es an den Gelenken noch gewisse Reser-

1) Sappey (Bd. I, S. 909) sagt, dass „leur (der Zotten) destination principale (est) de remplir des vides, qui tendent à se produire dans toutes les diarthroses pendant l'exercice des mouvements.“

voire und Taschen, oder Communicationen mit den nächstgelegenen Sehnenscheiden oder Schleimbeuteln, vorherrschend auf der Flexionsseite. Die Entstehung dieser muss zum Theil auch durch Drucksteigerungen (bei maximaler Flexion zum Beispiel), erklärt werden. So ist es z. B. mit der bursa mucosa retrocondyloidea interna beim Menschen, welche oft mit dem Kniegelenk communicirt, und mit den grossen Synovialtaschen vor und hinter dem processus cubitalis humeri etc. Bei Thieren (Kaninchen, Hund, Rind, Pferd), deren im Sinne der Sinuositäten einfacher construirten, mit wenig nachgiebigen Bändern versehenen Gelenke (ich meine die kleineren Gelenke an den Vorder- und Hinterfüssen) den grössten Anforderungen in Bezug auf Excursionsgrade und Belastung genügen müssen, werden, wie es scheint, manche der anliegenden Sehnenscheiden die Rolle der Compensatoren des wechselnden intraartikulären Drucks zu übernehmen haben. Man trifft wenigstens an den kleineren Gelenken genannter Thiere fast ausnahmslos eine Communication der Gelenkhöhle mit einer oder einigen Sehnenscheiden der sie überspringenden Sehnen an.

Am meisten fällt bei der mikroskopischen Untersuchung die Mannichfaltigkeit im Bau der Synovialis auf, sowohl in Betreff ihrer Dicke, der Configuration der Fläche (bezw. des Randes auf senkrechten Schnitten), als auch in Hinsicht der Form der Zellen, ihrer Anordnung und des unterliegenden faserigen Bindegewebes. Zwischen den mikroskopischen Elementen selbst besteht an den verschiedenen Gelenken der Extremitäten kein wesentlicher Unterschied. Ein Unterschied herrscht nur in ihrer Anordnung an bestimmten Stellen. Diese wechseln je nach den gegenseitigen Beziehungen der verschiedenen Form der Gelenkenden und der sie umgebenden Theile (Kapselbänder, Muskeln) und je nach der damit verbundenen Verschiedenartigkeit der jedem Gelenk eigenen Bewegungsform. Daher kann ich mich an die Beschreibung der Synovialis des Kniegelenks, als desjenigen mit complicirtesten Formen halten. Frisch in Salzwasser untersucht, erscheint die Synovialis matt glänzend, bedeckt von kleinen Feldern von unregelmässiger Form und Grösse ohne scharfe Grenzen; nur hie und da ist in einem solchen Felde ein Kern sichtbar. Die Felder liegen an

Stellen mit festerer Unterlage (Quadricepssehne, ligg. lateralia, in der Nähe der Ansatzstellen am condylus femoris) weiter von einander entfernt und besitzen keine scharf begrenzten Fortsätze. Ueber Fettpolstern (plica synovialis) und Zotten, als auch da, wo die Synovialis einer nachgiebigeren Unterlage aufliegt, sind die Felder dicht gedrängt, unter ihnen sieht man ähnliche Felder durchschimmern. Das sind die zwei Grundtypen der Anordnungsweise der Zellen der Synovialis, wie sie auch besonders deutlich am Froschhüftgelenk zu sehen sind und worauf ich noch bei der Silberbehandlung der Synovialis zurückkommen werde. Stellen mit lockerer Anordnung der Felder gehen ganz unvermerkt in die Stellen mit dichter gedrängten Zellen über. Die Grösse der Felder lässt sich wegen ihrer undeutlichen Grenzen nicht messen. Die Beobachtung der einzelnen Felder bei verschiedener Einstellung bietet die genannten Lichtbrechungserscheinungen, welche auch den erwähnten Glanz des Ganzen bedingen. Die Undeutlichkeit der Contouren der Felder, sowie die Lichtbrechungseigenschaften weisen darauf hin, dass erstens die Zellen — denn als solche können die hellen Felder nur gedeutet werden — nicht an der Oberfläche, sondern in einem anders als sie selbst lichtbrechenden Medium eingebettet sich befinden, zweitens, dass sie nicht abgeplattet sind. In ganz frischem Zustande ist in ihnen kein Kern sichtbar. Nach längerem Liegen des frischen Präparats in Salzwasser oder in Glycerin, rascher nach Zusatz von Essigsäure, schwindet (schon nach $\frac{1}{2}$ Stunde) der Glanz und man sieht an Stelle der Felder rundlich ovale Zellkerne.

Ueber die gegenseitige Lage der Zellen im Tiefendurchmesser giebt ein frisches Präparat keinen sicheren Aufschluss; diese Beziehungen können am besten an Präparaten der Synovialis, welche mit salpetersaurem Silberoxyd behandelt wurden, untersucht werden.

Es bedarf wohl kaum mehr der Worte der Vertheidigung für die von v. Recklinghausen vorgeschlagene Anwendung des Argentum nitricum zur Untersuchung bindegewebiger Membranen. Abgesehen von den durch Hüter (Nr. 10, S. 26 u. f.) genügend widerlegten Angriffen von Hartmann und Harpeck, lässt sich die Deutung Schweigger-Seidels der von ihm gegebenen Zeichnung einer mit Silber behandelten Gelenksynovialis als eine irrthümliche feststellen. Es ist der mittlere Theil des von ihm gegebenen Präparats der Synovialis offenbar von dem Argentum nitricum unberührt geblieben, weil er in der Tiefe einer Falte sich befunden

hatte, darum sind die Kerne an dieser Stelle sichtbar, während auf dem übrigen Theil die Kerne der Hüter'schen Figuren in Folge starker Einwirkung des Silbers unsichtbar geworden sind. Da die Falte auch unter dem Deckgläschen sich nicht ganz ausgeglichen hatte, sondern tiefer als der übrige Theil des Präparats stand, so hielt Schweigger-Seidel die Hüter'schen Figuren für in der oberflächlichen (Synovia) Schicht entstanden, daher für Artefacta. Man muss besonderes Missgeschick in der Handhabung des Silbers haben, um solche „schönste Hüter'sche Bilder“ zu erhalten, wie van der Sluijs sie auf seiner Fig. 1 abbildet und auf Grund derer er die Hüter'sche Methode zu discreditiren versucht. Es lässt sich für seinen Irrthum dieselbe Erklärung geben, wie für denjenigen Schweigger-Seidels. Auch Tillmanns Bemühungen, die chemischen und physikalischen Eigenschaften der Gewebe zur Erklärung der Unächtheit der Silberbilder herbeizuziehen, scheinen mir nicht beweisend zu sein.

Ich versuchte das Verfahren von Landzert (Argentum nitricum in Lösung von 1 : 400—800) und Hüter (1% Lösung des Silbernitrats). Es sagte mir letztere Lösung mehr zu, weil sie die kürzere Zeit erfordert und zugleich mehr Chancen giebt, die Ueberfärbung zu vermeiden. Ueberfärbung nenne ich den Zustand der mit salpetersaurem Silber behandelten Gewebe, in welchem, in Folge der stärkeren oder längerdauernden Einwirkung des Silbers, sogleich oder nach einigen Tagen und Wochen, die Kerne der Zellen schwinden und die Kittsubstanz Risse erhält und auch die Zellen schrumpfen. Diese verschiedenen Erscheinungen der Ueberfärbung sind von Schweigger-Seidel (Nr. 76) in seiner Arbeit gegen die Versilberungsmethode gut beschrieben. Besonders leicht sind diese Erscheinungen an dem Zellenbelag des Peritoneum zu demonstrieren, weniger deutlich an der Gelenksynovialis.

Wenn man eine 1% Silbernitratlösung auf das, zuerst mit destillirtem Wasser abgespülte, auf dem Objectträger ausgebreitete Object aufgiesst, und es nach einigen Secunden durch gewöhnliches oder destillirtes Wasser wieder abspült, um sofort in Glycerin zu untersuchen (Sonnenschein ist nicht nothwendig), so kommen einem Bilder vor die Augen, welche dem ärgsten Zweifler den Glauben an die vollkommene Zuverlässigkeit der Versilberungsmethode zu geben im Stande sind. Hat man die Versilberung rasch genug ausgeführt, so kann man die Silberzeichnung in ihrer Entstehung

beobachten. Man sieht auf der frischen Synovialis eine Menge mit Fortsätzen versehener Felder von unregelmässiger Form und Grösse mit Kernen versehen, deren Umrisse nicht ganz deutlich hervortreten. Hie und da zieht sich ein mit Blutkörperchen gefülltes kleines Gefäss hin. Bald beginnt ein Netz von anfangs hellgrauen, allmählich dunkler und braun werdender Linien die Umrisse der Felder, welche grösser ausfallen, als die Figuren am frischen Object es waren, schärfer zu bezeichnen; es treten grössere und kleinere weisse Felder auf, meistens abgerundet, manche mit in verschiedene Richtungen, besonders in die Tiefe des Gewebes ausstrahlenden Ausläufern versehen. Häufig trifft man Gruppen von weissen Feldern, deren Ausläufer alle in einer Richtung hinziehen; stellenweise werden die braunen Felder zwischen ihnen breiter, diese enthalten wieder sehr kleine, meistens längliche, manchmal verzweigte weisse Felder. Verfolgt man den Zusammenhang dieser mit den grösseren weissen Feldern, so sieht man, wie ein solches kleines Feld über oder unter dem Fortsatz oder dem Leibe eines zwischenliegenden Feldes, breiter werdend, in den Körper eines anderen übergeht. Es kommen weiter Stellen vor, an welchen der braune Grund zur Hälfte von kleinen Feldern eingenommen ist. Diese Bilder gehen ganz allmählich einerseits in solche über, wo die kleinen Felder fast ganz schwinden und die grösseren dicht gedrängt und fast ohne Ausläufer gelagert sind, andererseits in solche, wo auf braunem Grunde einzelne grössere mit stark verzweigten sehr langen Ausläufern versehene Felder vorkommen; diese wieder in solche mit sehr kurzen Fortsätzen, bis schliesslich das Bild des mit Silber behandelten Knorpels vor Augen tritt. Sucht man nach dem Charakter der Stellen auf der Gelenkkapsel, auf welchen Bilder der ersten und der zweiten Art durch das Silber hervorgebracht werden, so findet man, dass die ersteren an Stellen der Gelenkkapsel, welche nicht von Kapselbändern verstärkt werden und wo lockeres zottenreiches Gewebe sich vorfindet, auftreten, während die zweiten an Stellen wo die Synovialis sehr dünn und mit dem unterliegenden festen Bindegewebe wie verwachsen erscheint, gebunden sind. Besonders gut sind diese Uebergänge an Silberpräparaten der Froschhüftgelenksynovialis zu sehen. Es sind diese Typen der Zellenanordnung die Hütter'schen epithelioiden- und keratoiden-Zeichnungen. Dass es wirklich Umrisse von Saftlücken sind, in welchen Zellen sich befinden, kann man während

der Entstehung der Silberbilder verfolgen. Die Kerne und Zellen, die vor dem Auftauchen der braunen Linien sichtbar waren, haben nur eine Vergrösserung und Präcision der Grenzen erfahren. Werden Silberpräparate mit Hämatoxylin oder mit Grenachers Carmin gefärbt, so sieht man die in jedem weissen Felde mit dem entsprechenden Farbstoff gefärbten Kerne noch deutlicher. An den Stellen, wo mit Blut gefüllte Gefässe vor dem Auftreten des Silberbildes zu sehen waren, treten, aber nicht überall, breitere weisse Streifen auf, welche jedoch selten von parallelen Linien eingerahmt sind; die Umrisse sind immer mehr oder weniger zackig; sie werden von den Zellen der Synovialis oder von ihren Fortsätzen überragt. Den Umstand, dass nicht an allen als weisse Streifen sichtbaren Gefässen die Kittsubstanz der Endothelzellen der beiden gegenüber liegenden Wände, sondern nur die der dem Focus des Mikroskopes zugewandten vom Silber geschwärzt wird, glaube ich durch die Anwesenheit von Blut, welches durch seinen ClNa-Gehalt das Silber ausfällt, erklären zu können.

Der Vortheil der so angewandten Hüter'schen 1% Silbernitratlösung besteht darin, dass die Kerne der Zellen in den Saftlücken erhalten werden. Am mesenterium des eben getödteten Frosches oder der Warmblüter giebt diese Anwendung der Hüterschen Lösung die Zeichnung der Kittsubstanz als sehr feine, gleichmässig dicke Linien auf grössere Strecken, welche sich ebenso wie die Form der Zellen an aufbewahrten Präparaten bedeutend länger unverändert erhalten, als an überfärbten Präparaten. Auch an den Gefässen kann man sich überzeugen, dass die weissen Streifen nicht etwa zufällige Risse der Synovialis sind. Wenn nicht die Blutkörperchen, so bleibt nach Schwund ihrer Form an nicht überfärbten in Glycerin aufbewahrten Präparaten die gelbe Färbung des Blutfarbstoffs noch lange bestehen.

Ich sah mich genöthigt etwas näher auf diese von vielen Beobachtern schon ausführlich und treffend geschilderten Bilder einzugehen, um dem Leser das bei der Untersuchung der Synovialis so wichtige Hilfsmittel wieder zu empfehlen. Durch die Arbeiten besonders von Schweigger-Seidel in *Miscredit* gebracht, ist es von meinen Vorgängern im Studium der Synovialhäute (Tillmanns, Van der Sluijs, Subbotin), so scheint es mir, zu wenig beachtet worden.

An Präparaten, welche mit 1% Osmiumsäure behandelt sind,

verliert die Kittsubstanz ihren Glanz, die Zellen bleiben gelbbraun gefärbt, kernlos. An in Müller'scher Flüssigkeit gehärteten, oder an solchen Präparaten, welche mit Eosin gefärbt oder, frisch, mit Goldchlorid behandelt waren, existiren die an frischen, noch besser an mit Silbernitrat behandelten Präparaten sichtbaren Felder nicht; statt dessen erscheint die Synovialis, von der Fläche gesehen, von einer Menge, aus einem ovalen Kern mit wenig Protoplasma bestehenden Zellen bedeckt. Manche der Zellen sind mehr rund mit kurzen Fortsätzen versehen, andere spindel-, noch andere sternförmig und abgeplattet. Die Zellen sind bedeutend kleiner, als die ihnen entsprechenden Felder an Silberpräparaten; sie erscheinen in Folge dessen im Vergleich mit denjenigen der frischen oder Silberpräparate weiter von einander entfernt. An Goldpräparaten kann man sich auch davon überzeugen, dass unter den oberflächlich liegenden Zellen noch andere tiefer liegende sich befinden. Die Anordnung der Zellen an den genannten Stellen ist die gleiche wie die der Felder, nur sind sie an den Stellen der Synovialis mit festerer capsulärer Unterlage grösser und mit langen verzweigten protoplasmatischen Fortsätzen versehen. Zuweilen trifft man an solchen Stellen einzelne Knorpelzellen (an der inneren Fläche der Quadricepssehne) wie es Tillmanns angegeben. In der Synovialis des Hüftgelenks, entsprechend dem lig. Bertini beim Menschen und von der Kniekapselwand über dem condylus internus sah ich den Knorpelzellen ähnliche, mit langen verzweigten Fortsätzen versehene Zellen. Um den Uebergang der Zellen des Knorpels zu denen der Zotten zu untersuchen, — dieser Uebergang ist von den Autoren, welche eine epitheliale Bekleidung der Synovialis annehmen (Köl liker, Subbotin) nicht angegeben worden — habe ich senkrechte Schnitte durch den Rand der Patella und die anliegende Synovialis gemacht. An solchen Schnitten vom Kniegelenk eines erwachsenen Menschen, an Präparaten aus Müller'scher Flüssigkeit und Alkohol, sieht man Folgendes: In dem Randstück der Patella sind Knorpelzellen in ihrer üblichen Anordnung sichtbar; der Rand des Schnittes ist leicht aufgefasert; von ihm sieht man einzelne Zotten von fast durchweg feinkörnigem, hie und da faserigem Gefüge in die Gelenkhöhle hinein ragen. In die Substanz derselben sind spärliche Knorpelzellen, mit einem schmalen hyalinen Streifen umsäumt, und Bindegewebszellen eingebettet; manche liegen auch auf der Oberfläche der Zotte. Weiter zur Synovialis ordnen

sich die kleiner werdenden Knorpelzellen zu Gruppen, welche in Reihen in der Richtung der Synovialis hinziehen. Die Zwischensubstanz dieser Zellenreihen ist feinkörnig; hie und da erweist sie sich aus undeutlichen Streifen bestehend, welche sich in der hyalinen Substanz des Patellarknorpels verlieren. Noch weiter wird die Zwischensubstanz deutlich faserig, die Zellen bindegewebig; man findet jedoch in der Zellschicht¹⁾ der Synovialis manche Zellen noch von einem Hofe hyaliner Substanz umgeben, manche indessen nur von mehr rundem Aussehen, als wenn sie rigider wären als die übrigen, ferner mit Fortsätzen versehene, rein bindegewebige Zellen. Die Zellen liegen unregelmässig zerstreut in feinkörniger, leicht feinfaseriger Substanz. Die Dicke dieser Stelle ist relativ gering; von der Zellschicht der Synovialis ab geht sie, nicht scharf begrenzt, in das fibröse unterliegende Kapselband über. Weiter nach aussen von der Patella wird die Synovialisschicht breiter; der Rand des Schnittes (d. h. seine freie Grenzlinie) wird allmählich wellig, ziemlich scharf begrenzt; die Mehrzahl der Zellen hat sich am Rande zusammen geschaart. Sie sind rundlich, besitzen ausnahmslos mehr oder weniger lange Fortsätze; einige liegen dicht an der inneren Schicht der Synovialis, andere in einiger Entfernung; nur ausnahmsweise finden sich 1—2 Zellen, welche abgeplattet dem Rande selbst aufliegen.

Die Zellenreihen bilden keine continuirliche Schicht, sondern sind ganz ohne irgend welche Ordnung in eine feinkörnige, verfilzt-faserige Schicht der Synovialis eingestreut, hie und da in grösserer Menge zusammenhäuft, auf kurzen Strecken in einer oder zwei Reihen angeordnet, ohne genauer zu bestimmende Gesetzmässigkeit. Das unterliegende Gewebe zwischen dem fibrösen Bindegewebe der Gelenkkapsel und der beschriebenen zellenreichen Schicht (der Intima der Autoren) bildet eine verschieden dicke Schicht weitmaschigen lockeren Bindegewebes, welches auch zwischen den einzelnen Schichten der Kapselbänder anzutreffen ist. Die spärlichen Bindegewebszellen zeichnen sich durch sehr lange zuweilen verzweigte Ausläufer aus. An manchen Stellen der Synovialis sieht man Uebergangsformen zwischen den Zellen der Intima und denen der Faserschicht (Adventitia), an anderen

1) Die innere Schicht der Synovialis wird „Zellschicht“ (Intima), die äussere „Faserschicht“ (Adventitia) genannt werden.

scheint die Intima schärfer von der lockeren unterliegenden Faserschicht abgegrenzt zu sein. Solche Stellen mögen manche Autoren zu der Annahme einer Epithelschicht verleitet haben. Die feinen Fasern der Randschicht, welche fast bis an die freie Oberfläche der Synovialis reichen, sind die Fortsetzungen der Bündel des genannten lockeren Bindegewebes. In den tieferen Schichten desselben trifft man, auch in einiger Entfernung von der Patella (2 cm), einzelne Inseln von hyalinem Knorpel mit Gruppen von Knorpelzellen.

Auf Grund der soeben mitgetheilten Beobachtungen muss man sich den Bau der Synovialis folgendermassen vorstellen: Im Allgemeinen besteht sie aus Fasergewebe, Kittsubstanz (Mucoidsubstanz) nach His (N. 33) und den in Saftlücken der Kittsubstanz eingebetteten Zellen. Die Art und Anordnung dieser Substanzen ist in beiden Schichten im grössten Theile der Synovialis verschieden. In der tieferen — der Faserschicht (adventitia) — prävaliren die Faserbündel mit geringem Gehalt an langgeschwänzten Zellen; in der dünnen oberflächlichen — der Zellschicht (Intima) — überwiegen die meist rundlichen Zellen. Die Fasern sind sehr dünn, die Kittsubstanz, in welche die Zellen wie eingestreut sind, scheint von festerer Beschaffenheit zu sein, wofür das körnige Aussehen, hauptsächlich aber die stark lichtbrechenden Eigenschaften sprechen. An den Stellen, wo die Synovialis eine festere Unterlage hat, wo sie dünner und weniger beweglich ist, zeigt sich gewöhnlich eine grössere Menge von Grundsubstanz zwischen den Zellen, die dann auch den freien Rand (Grenzlinie) des Schnittpräparates allein bildet. In der Faserschicht trifft man auch elastische Fasern an (Herrmann und Tournoux stellen die Existenz derselben mit Unrecht in Abrede l. c.). Auf die Saftlücken, die „Höhlen“, in welchen die Zellen der Zellschicht liegen, hat van der Sluijs zuerst hingewiesen. Die Existenz von Fettkörnchen in Zellen und Lücken kann ich bestätigen; besonders reich an ihnen habe ich die innere Quadricepsfläche gefunden (Kaninchen, junge Katze); die Synovialis erscheint hier an frischen Präparaten, welche mit Osmiumsäure behandelt waren, bei System 4, Oc. 2 Leitz, schwarzgefleckt. Die Zellen dieser Stelle haben nicht das typische Aussehen von Knorpelzellen, in welchen Fettkörnchen ein gewöhnlicher Bestandtheil sind. Auf den Unterschied zwischen den Zellen, die durch Goldchlorid am deutlichsten gezeigt werden

können und den durch *Argentum nitricum* am evidentesten darzustellenden Saftlücken hat, glaube ich, zuerst Reyher die Aufmerksamkeit gelenkt. Von Steinberg wurden beide offenbar identificirt. Es entsprach beim Messen die Grösse der kleinsten Zellen auf Goldpräparaten nicht den kleinsten weissen Feldern der Silberpräparate, weil diese nur einen Theil einer Saftlücke, welcher bis fast an die Oberfläche der Synovialis reicht, darstellen, der tiefer gelegene Theil der Zelle aber nicht sichtbar ist. Dem Umstande, dass die Zellen mit ihren Saftlücken sehr unregelmässig gelagert sind, verdanken die Silberpräparate ihre auf den ersten Blick fast unentwirrbare Buntheit. Die Zellen über den fetthaltigen Falten und Zotten der Synovialis sind in ihrem Charakter von denjenigen der anderen lockeren Synovialispartien in keiner Weise abweichend. Eine *membrana propria* existirt nicht.

Ich füge hier noch die Messungen an verschiedenen bearbeiteten Präparaten hinzu¹⁾.

Es erwies sich, dass, an frischen in ClNa aufbewahrten Präparaten, an solchen aus Müller'scher Flüssigkeit und mit Goldchloridnatrium behandelten aus verschiedenen Gelenken vom erwachsenen Menschen und vom Kind, vom Pferd, Schaf, Hund und Kaninchen, die runden, zuweilen etwas länglichen Kerne der Zellenschicht der Synovialis von fast gleicher Grösse sind — 0,002—0,003 mm lang, 0,001—0,002 mm breit; nur beim Frosch findet man in der Hüftgelenksynovialis nicht selten auch Kerne von 0,004 mm Länge. Das Protoplasma ist meist in geringer Menge vorhanden, mit den Fortsätzen sind die Zellen im grössten Durchmesser 0,004—0,010 mm lang. Etwas grösser sind, wie bemerkt, die weissen Felder an Silberpräparaten; sie messen bei einem neugeborenen Kinde 0,003—0,021 mm in der Länge bei 0,002—0,003 Breite; beim Kaninchen 0,003—0,006:0,002; beim Pferde Mittel 0,006:0,005. Die Länge der grössten Felder schwankt zwischen 0,009 und 0,020, die Breite zwischen 0,002 und 0,009. Die Zellkerne liegen stets näher der Oberfläche, wie besonders gut an Goldchloridnatriumpräparaten zu beobachten ist.

Von besonderem Interesse ist die Frage nach dem Verhalten der Zellenschicht der Synovialmembranen zu der zelligen Aus-

1) Alle Messungen, welche in dieser Arbeit vorkommen, sind mit dem Hartnack'schen Micrometer bei Syst. 7 Hartnack ausgeführt worden.

kleidung der serösen Körperhöhlen (Coelom). Vielfach sind beide Zellenlager, namentlich von denen, welche auf der Synovialis einen continuirlichen Zellenbelag annahmen, als einander gleichwerthige Endothelhäutchen angesehen worden. Die Auskleidung des Coeloms besteht aus einer ununterbrochenen einschichtigen Lage von unregelmässig polygonalen, ungleich grossen platten Zellen (beim Kaninchen von 0,006—0,011 Länge und 0,004 bis 0,006 mm Breite, beim Meerschweinchen von 0,007—0,014 mm Länge und 0,005—0,014 mm Breite) mit einem rundlichen Kern von 0,005 mm. Die Leiber der Zellen liegen frei an der Oberfläche der serösen Membran; sie sind mit ihren Rändern durch Kittsubstanzstreifen von überall gleicher Breite mit einander verbunden; grosse Stücke der Zellschicht lassen sich von dem unterliegenden Gewebe leicht ablösen. An der Uebergangsstelle des Peritoneum zum Ovarium sieht man, sowohl auf Flächen-, als auch an senkrechten Schnitten unter dem Mikroskop eine Zone, deren Zellen einen ganz allmählichen Uebergang von den Zellen des peritonealen Belags zu den cylindrischen Zellen der Ovarialdeckschicht bilden. Auch die Zellen der Pleura visceralis verhalten sich zu den Zellen der Pleura parietalis nach Klein (Nr. 68, S. 133), wie die Zellen des Ovarium zu denjenigen des Peritoneum¹⁾. — Bizzozero und Salvioli (Nr. 71) haben unter der Zellschicht des Peritoneums eine structurlose, stellenweise durchlöcherete, Membrana limitans nachgewiesen. Es sind das alles Eigenschaften, welche diesen Zellenbelag morphologisch den Epithelien nähern.

Auf Grund der Lehre Remaks von der scharfen Sonderung der drei Keimblätter und ihrer Derivate wurde von His in geistreicher Weise die Classification der Höhlen des menschlichen Körpers durchgeführt und die Synovialis wie das Peritoneum in die-

1) An Silberpräparaten von der Kaninchenpleura und vom centrum tendineum, vom mesenterium von Kaninchen, jungen Meerschweinchen, jungen Katzen, eines Rindsembryo, welche nach der früher genannten Methode der Silberbehandlung gemacht worden waren, habe ich nie Bilder erhalten, welche für den Ausdruck präformirter Stomata gehalten werden konnten. Es kommen nur am centrum tendineum des Kaninchens an den zwischen den gröberen Faserbündeln gelegenen Strecken kleinere, regelmässiger polygonale Zellen vor. Je gelungener das mit Silbernitrat behandelte Präparat ist, desto seltener trifft man die Pseudostomata, die kleinen Verdickungen der Kittsubstanzlinien an den Contactstellen zweier oder mehrerer Zellen an.

selbe Classe der paracellulären Räume zugleich mit den Gefässen gestellt. Er war es auch, der die Bezeichnung „Endothel“ für die Belegzellen dieser Höhlen einführte.

Der Begriff „Endothel“ ist aber, wie auch His in seiner neueren Arbeit (Nr. 23, S. 97) des genaueren ausführt, lediglich ein auf genetischer Basis beruhender. Es mögen morphologische und physiologische Unterschiede zwischen Epithelien und Endothelien bestehen und bestehen auch thatsächlich an vielen Orten, wenn es aber darauf ankommt sicher zu unterscheiden, ob ein vorfindlicher Belag einfacher Zellen ein epithelialer oder endothelialer sei, wird man immer wieder auf die „Genese“ als die ultima ratio zurückgreifen müssen. Erklären wir demgemäss im Sinne von His die Zellenauskleidung der Arachnoidealräume, der Nervenscheiden, der vorderen Augenkammer und der Gefässe für ein „Endothel“, so kann ein solches weder für die aus dem Coelom entstandenen Höhlen noch für die Synoviales zugestanden werden. Denn, was das Coelom betrifft, so stimmen weder die morphologischen Eigenschaften, noch die Genese überein, namentlich wenn wir die von His verfochtene Entstehung der Leucocyten, aus denen ja die Endothelien hervorgehen sollen, annehmen. Die zellige Auskleidung des Coeloms entwickelt sich beim Embryo aus der archiblastischen Keimanlage, ist daher im Sinne von His nicht bindegewebiger Natur. His erkennt das sehr wohl an (s. Parablast p. 99 und Entwicklung des Hühnchens 1868, p. 172 und 174), sucht aber die endotheliale Natur der definitiven Coelombekleidung zu retten, indem er, wie das seinerzeit auch Waldeyer, Eierstock und Ei, p. 122, geäußert hat, annimmt, dass die frühere archiblastische Auskleidung des Coeloms durch zwischenwandernde auf die freie Oberfläche gelangende Zellen parablastischen Ursprunges allmählich verdrängt werde. Ein Beweis für die Richtigkeit dieser Anschauung ist jedoch von Niemanden bisher geliefert worden. Vielmehr sprechen die entwicklungsgeschichtlichen Thatsachen — man vergleiche die neueren Arbeiten der Brüder Hertwig — sowie die vorhin von mir hervorgehobenen morphologischen Unterschiede eher dafür, dass wir es bei der Auskleidung des Coeloms mit einem Epithel zu thun haben.

Für die Synovialmembranen vermag ich aber eine Endothelbekleidung ebenfalls nicht anzuerkennen, und zwar hier aus rein morphologischen Gründen. Es liegen hier einfache freie Bindegewebsflächen vor, an denen überall die bindegewebige Grundsubstanz

frei zu Tage tritt, selten deren eingelagerte Zellen die Oberfläche erreichen. Wahrscheinlich ist hier die Grundsubstanz, namentlich an den einem grösseren Drucke ausgesetzten Flächen festerer Art, als sonst im lockeren Bindegewebe und nähert sich mehr der des Knorpels, in welche sie auch continuirlich übergeht. Zum Begriffe eines Endothels gehört aber nothwendig, dass dasselbe eine continuirliche zellige Bekleidung einer freien Oberfläche darstelle, und das trifft, wie wir gesehen haben, hier nicht zu. Freilich würden wir wenn die Zellen der Synovialis auf grössere Strecken und in grösseren zusammenhängenden Lagen die freie Gelenkfläche erreichten, von einer Endothelschicht der Synovialis sprechen müssen, und in sofern steht die Synovialis den Blut- und Lymphgefässen näher, als den serösen Häuten. Jedenfalls wird es sich aber immer empfehlen, zwischen den Spalträumen, die von einfachen nackten Bindegewebsflächen begrenzt werden und denen, die ein ächtes Endothel tragen, zu unterscheiden. Zu den ersteren gehören meiner Auffassung nach die Synovialräume, zu den zweiten die Blut- und Lymphgefässkanäle.

Es bleibt mir noch übrig des Genaueren auf den mikroskopischen Bau der Zotten der Gelenk- und Sehnenscheiden-synovialis und auf die Structur der intraarticulären Bänder einzugehen. Die Zotten sind von vielen Autoren sehr genau beschrieben worden. Tillmanns hat sogar versucht sie unter bestimmte Rubriken zu bringen. Ich sehe weder eine praktische noch theoretische Begründung und Vorthelle in dieser Eintheilung. Ich muss hervorheben, dass im Bau der Zotten dieselben Unregelmässigkeiten wie im Bau der zottenlosen Theile der Synovialis, derselbe Mangel an Erscheinungen, welche für eine functionelle Selbstständigkeit derselben sprechen könnten, hervortreten. Bezeichnend für den einfach bindegewebigen Charakter der Synovialis sind die aus nackten groben Bindegewebsbündeln bestehenden frei in die Gelenkhöhle hineinragenden Zotten und die mit breiter oder schmaler Basis der Synovialis aufsitzenden, häufig verzweigten Zotten, welche meist lang ausgezogen, von einer Gefässschlinge

durchsetzt, keulenförmig frei enden, stellenweise der Grundsubstanz und der Zellen beraubt sind. Die ersteren werden entweder nur am Ende oder auch an anderen Stellen von zellenreichen oder zellenlosen feinkörnigen Grundsubstanzmassen bedeckt vorgefunden. Weiter ist der Befund von Fettzellen in den gefässreichen Zotten und von Knorpelzellen in manchen ihrer gefässlosen Zweige von Interesse. Zuweilen sieht man, sei es von einer Zotte oder von der Oberfläche der Synovialis selbst aus, eine Bindegewebszelle mit Kittsubstanz als kleine Keule manchmal scharf, anderemale verwaschen contourirt, hervorragen. Es kann sich im ersteren Falle um eine sich bildende Zotte handeln, im zweiten um eine Zelle, welche in weniger günstigen Umständen der Ernährung sich befindend, sich von der Synovialis lostrennt. Die Zellen der Zotten haben dieselbe Anordnung und Form wie diejenigen der weicheren, beweglicheren zottenlosen Theile der Synovialis, nur sind sie lockerer in die mehr körnige, hier offenbar weichere Grundsubstanz, eingebettet. Im axialen Theil der Zotten befindet sich entweder ein Bündel von dickeren Bindegewebsfasern oder, häufiger, besteht der Grundstock aus lockerem Bindegewebe mit spärlichen langgeschwänzten meist der Axe der Zotten parallel gelagerten Bindegewebszellen.

Ausser den Zotten befinden sich in den Gelenk- und Sehnen-scheiden constant die erwähnten Trabekeln; sie besitzen fast ausnahmslos ein Gefäss und sind im Uebrigen ganz ebenso gebaut wie die Zotten. Zotten kommen auch in solchen serösen Höhlen des menschlichen Körpers vor, welche bewegliche Organe enthalten (Pleura, Pericardium, Peritoneum) und in welchen die bei der Function derselben stattfindenden Druckschwankungen, wahrscheinlich in Folge der grösseren Nachgiebigkeit ihrer Wandungen, nicht durch eine entsprechende Menge seröser Flüssigkeit ausgeglichen werden. Dagegen finden wir überall da, wo festere Wandungen vorliegen, die sich nicht in Falten legen, wo ferner eine grössere Menge Flüssigkeit den Einfluss der Druckschwankungen compensirt, wie z. B. in den Arachnoidealräumen, der vorderen Augenkammer, zum Theil am Pericardium parietale keine Zottenbildung oder nur eine sehr spärliche. Auch diese Zotten sind der Form und Grösse nach nicht alle gleich; sie zeichnen sich durch eine breitere Basis, eine glatte Oberfläche aus und sind meist fettgewebhaltig. Eins haben sie mit den Zotten der Synovialis

gemein: sie treten in genannten Höhlen an solchen Stellen auf, wo sich negativer Druck am leichtesten bekunden kann. An den Gelenken habe ich solche Stellen schon bezeichnet; an der Pleura sind es die nach Aussen von den Tubercula der Rippen gelegenen Stellen der Pleura costalis, die Ränder der Lungenlappen und die Reservesinus (Henle No. 38, Bd. II, S. 887), am Pericard die Unebenheiten der Herzoberfläche, am Dickdarm die Appendices epiploicae an der Taenia libera, welche nach Virchow (No. 66, Bd. I, S. 379) „ursprünglich flache subseröse Fettmassen“ darstellen. Durch diesen Factor — die Ansaugung bei negativer Druckschwankung — wird wohl auch die Verlangsamung der Circulation in den Zotten und die damit verbundene Fettablagerung eingeleitet. — Eine Bestätigung dieser Annahme kann eine Stütze mehr sein für die Annahme der Nichtspecificität des Fettgewebes. — Die Verschiedenheit im Bau der Zotten der serösen Häute und der Synovialis bei gleichem ursächlichem Factor weist auch auf die Verschiedenheit der betreffenden Gewebe hin.

Die Entstehung der intracapsulären Ligamente und Sehnen in der Gewebsmasse, welche theilweise zur Synovialis wird, ihre nahen Beziehungen zur Synovialis nach der Gelenkhöhlenbildung und ihr eigenthümlicher Bau veranlassen mich eingehender mit ihnen mich zu beschäftigen. — Die Sehnen besitzen eine dünne Deckschicht von Grundsubstanz, in welche verzweigte in Saftlücken gelegene Bindegewebszellen in unregelmässiger Anordnung eingebettet sind. Ebenso verhält es sich mit der Deckschicht des Lig. teres und der Ligamenta cruciata; letztere sind noch mit einander und mit den inneren Flächen der Condyli femoris durch lockeres, maschiges Bindegewebe verbunden. Die Ligamenta falcata entwickeln sich in gleicher Weise wie die Sehnen und die Gelenkkapsel an Ort und Stelle aus ganz gleichen Zellen. Nur ganz allmählich, gegen Ende des intrauterinen Lebens, beginnt in ihnen eine Abweichung von der Art der Entwicklung der übrigen sehnigen Apparate zu Tage zu treten. Während (auf senkrechten Schnitten) die Basis der dreieckigen Schnittfigur aus durcheinander geflochtenen Faserbündeln mit anfangs rundlichen reichlichen Zellen, später spärlichen kleineren Zellen besteht, ist dieser Charakter an der Spitze nicht so deutlich ausgeprägt; die Grundsubstanz ist wenig faserig, körniger und die Zellen bleiben für längere Zeit rundlich und in grösserer Menge vorhanden. An der Oberfläche

des Lig. falcatum sieht man nach Behandlung mit *Argentum nitricum* Saftlückenbilder entstehen, welche zum freien Rande hin eine runde Gestalt haben und mit vielen kurzen Fortsätzen versehen sind.

Bei Neugeborenen mancher Thiere (Meerschweinchen, Kaninchen) sieht man den platten inneren Rand des Lig. falcatum aus faserig hyaliner Substanz mit einzelnen eingestreuten, mit hyaliner Kapsel versehenen runden Zellen bestehen; solche sind auch an den beiden Oberflächen zu finden. Beim menschlichen Neugeborenen sind die Zellen rundlich, aber mit deutlichen Fortsätzen behaftet; der grösste übrige Theil des Lig. falcatum besteht aus reinem Fasergewebe. Beim erwachsenen Menschen ist auf dem senkrechten Schnitt der freie Rand zerfasert, in der Spitze werden hie und da Gruppen von kleinen eckigen Zellen wahrgenommen, aber nicht in einer hyalinen Insel liegend. Stellenweise findet man auch einzelne rundliche Zellen von einem hellen Saum umgeben; dieser hat meistens nicht einen deutlichen äusseren Contour wie ihn die Knorpelkapseln zeigen. Die Grundsubstanz ist an der Spitze schwach faserig, feinkörnig. Die Faserbündel an der Basis sind bei verschiedenen Thieren verschieden dick und verschieden angeordnet: beim ausgewachsenen Hund dicker, mit wenig Zellen und sehr stark verflochten, beim ausgewachsenen Kaninchen dünner, zellenreicher. Nach solchen Bildern muss man es ganz natürlich finden, dass ein solcher sogenannter „Faserknorpel“ beim Kochen kein Chondrin geben kann.

Es gehört nicht hierher auf die Classification der endlosen Reihe von Uebergangsformen vom Bindegewebe bis zu den typischen Formen des hyalinen und Netzkorpels einzugehen. Ein Gemeinsames haben jedoch alle diese Uebergangsformen: an allen den Stellen, wo sie bei ausgewachsenen Subjecten gefunden werden, ist, bis zur Geburt (bei manchen auch längere Zeit nach der Geburt), noch keine Spur von den Uebergangsformen zu entdecken. Ich kann in dieser Hinsicht Schusters (Nr. 20, S. 207) bezügliche Angaben am *Limbus cartilagineus* des Hüftgelenks durch die Beobachtung an den meisten Stellen ihres Vorkommens (Kölliker, Nr. 32, Bd. II, S. 231—233) erweitern. Im uterinen Leben findet sich überall an den Stellen lockeres gefässreiches Bindegewebe. Uebergänge dieses Gewebes in knorpeliges beobachtet man an der synovialen Fläche der Sehne des *Quadriceps* bei allen untersuchten Säugethieren, ferner an der synovialen Fläche der Kniegelenk-

kapsel über dem Condylus internus femoris, an der dem Ligamentum Bertini entsprechenden Hüftgelenksynovialis, an manchen Ansatzstellen der Gelenkkapseln, in der Achillessehne vom Menschen (Herrmann und Tourneux, l. c.), an der Fläche der Sehne des Musc. plantaris über dem Tuber calcanei beim Kaninchen und Meerschweinchen etc. Von den Gelenkkapseln und der Synovialis, kann man jetzt mit Bestimmtheit aussagen, dass sie nicht aus dem Perichondrium entstehen; es kann also nicht der genetische Zusammenhang dieser Gewebe die Knorpelzellenbildung bedingen. Vergleicht man die anatomische Lage genannter Stellen, so findet man, dass an ihnen die Synovialis einem Drucke ausgesetzt ist, welcher die Synovialis atrophieren lässt, die Gefäße derselben schwinden macht und auf diesem weniger reichlich mit Blut versorgten Boden in den Bindegewebszellen eine besondere Umwandlung in knorpelähnliche Zellen einleitet.

Die Beobachtung des Uebergangs von Bindegewebszellen in Knorpel ist nicht neu. Schon Virchow hat diesen Uebergang constatirt. Er sagt aber, dass „z. B. bei Luxationen und Subluxationen durch anhaltenden Druck auf das Periost ein Reizzustand gesetzt wird“ (Nr. 66, Bd. II, 1. H., S. 15 und 16) „und . . . dass ohne eine primäre Deviation auch in einer späteren Zeit des Lebens eine derartige Knorpelbildung aus dem Periost zu Stande kommen könnte.“ Darnach ist von Klebs (Nr. 72, S. 457) die Meinung ausgesprochen, dass stärkerer Gewebsdruck den Uebergang der Bindegewebszellen in Knorpelzellen begünstige. Ich glaube aus dem Studium der Gelenksynovialis ausser dem genannten noch einige Belege zu Gunsten dieser Anschauung liefern zu können.

Wodurch entsteht nun der Unterschied im Bau der verschiedenen Theile der Ligamenta falcata? Ursprünglich sehen wir sie den Sehnen und Knorpelbändern vollkommen gleich angelegt, ihre weitere Entwicklung in toto geht anfangs den anderen sehnigen Gebilden ganz gleich vor sich, trotzdem dass ihr Innenrand an der Stelle entsteht, wo die Perichondria der anstossenden Knorpelanlagen sich befinden; von Bernays ist diese Schicht die „chondrogene“ genannt worden; andere Zellen derselben Schicht, welche sich an die Knorpelenden anlegen, gehen in den hyalinen Knorpel der Gelenkenden über, ebenso sieht man in Sehnenanlagen aus analogen Zellen hyalinen Knorpel (Sesamknorpel) entstehen. Da ein

Theil der Zellen der Ligg. falcata aus der knorpelgebenden Schicht entsteht, so könnte man vielleicht sagen, dass diese Zellen in ihrer Umwandlung zu Knorpelzellen zurückbleiben. Erst am Ende des intrauterinen Lebens, noch mehr nach der Geburt, bekommen die Sehnenzellen und die Grundsubstanz eines Theils der Ligg. falcata ein Gefüge, welches sie dem Knorpel nähert. Sowohl der Annahme der Entstehung aus chondrogenem Gewebe, als auch des Zurückbleibens in der Entwicklung widerspricht aber der Umstand, dass die Bilder, welche als Faserknorpel gedeutet werden könnten, nicht in der ganzen Dicke der Bandscheiben, sondern nur bei einigen Thieren im Innenrande der Ligg. falcata und als ganz dünne unterbrochene Schicht an den Oberflächen, welche dem grössten Druck ausgesetzt sind, vorkommen; der grösste Theil des Gewebes bleibt fibrös. Dieser Theil ist von der Basis aus, wenn auch spärlich, vascularisirt, der Rand ist gefässlos.

Der Uebergang von Knorpel in die sehnige Gelenkkapsel ist z. B. am Rande der Patella beim neugeborenen Kinde auf senkrechten Schnitten ein relativ sehr Schroffer; man sieht sehr wenige Uebergangsformen von einem Gewebe zum andern; beim erwachsenen Menschen, bei welchem eine stärkere Belastung der Extremitäten besteht und stärkere und complicirtere Bewegungen, z. B. auch im Kniegelenk, ausgeführt werden, ist diese Uebergangsstelle breit und bietet im Gegentheil eine Menge Zwischenstufen dar. In der Pathologie sind es die Pseudoarthrosen mit Gelenkbildung, wo in der Narbe sich eine Gelenkhöhle bildet und das dieselbe umgebende Bindegewebe in hyalinen Knorpel sich umwandelt; die gelegentlich in Knochennarben nach Gelenkresectionen vorgefundenen Knorpelzellen gehören wohl auch hierher. Vergleicht man die genannten Stellen, so findet man, wie beim ersten Object angeführt worden ist, dass sie alle anhaltendem oder häufig sich wiederholendem mehr oder weniger starkem, aber in den Grenzen eines physiologischen Factors sich bewegendem Drucke ausgesetzt sind. Dazu tritt die schwache oder mangelnde Vascularisation dieser Stellen. Welcher Art physiologisch-chemische Processe bei der Umwandlung von Bindegewebszellen in Knorpelzellen vor sich gehen, darüber kann nur das genauere Studium der chemischen Eigenschaften der Bindesubstanzen und die experimentelle Pathologie Auskunft geben. Die Möglichkeit auf experimentellem Wege an beliebiger Stelle des Körpers, wo

Bindegewebszellen vorhanden sind, so zu sagen, künstlich Knorpel darstellen zu können, kann nicht in Abrede gestellt werden. — Es kann das zuletzt von A. Budge (Nr. 78, S. 8) beschriebene Object, die Patella menschlicher Neugeborener auch der Reihe dieser Beispiele hinzugefügt werden. Sie besteht durchweg aus hyaliner Grundsubstanz mit kapsellosen meist mit zwei Fortsätzen versehenen, den bindegewebigen ganz ähnlichen Zellen. Von anderen untersuchten Säugern habe ich nur bei einer jungen Katze an der Knorpelfläche der Patella auch, aber nur eine dünne Schicht solcher Knorpelsubstanz gefunden. Beim Menschen findet sich eine dünne Lage solcher Substanz auch an den Knorpelenden des Femur und der Tibia. Beim Erwachsenen findet man an diesen Stellen keine Spur von solcher Knorpelsubstanz mehr. Es kann dieses Factum vielleicht damit in Zusammenhang gebracht werden, dass, während die Jungen anderer Säuger alsbald nach der Geburt ihre Füße belasten müssen, wir Menschenkinder unsere Beine erst relativ spät zu brauchen anfangen. Es fehlt also der entsprechende Druck, um das hyaline Bindegewebe, wenn man so sagen darf, in hyalinen Knorpel umzuwandeln. Interessant und nicht beschrieben ist an dem genannten Object, dass die geschwänzten Zellen in nächster Nähe der den Knorpel durchsetzenden Gefässe mehr der Knorpelzellenform sich nähern und gedrängter liegen. Möglich, dass dieser Unterschied auf der Verschiedenheit der Ernährung beruht.

Es könnte auch das zuerst von Hüter, dann von Reyher experimentell nachgewiesene Kleinerwerden der freien Gelenkoberfläche nach längerer Immobilisation der Gelenke nicht auf Schwund des Belegs von Bindegewebszellen, oder nur zum Theil auf diesem beruhen, sondern zum grösseren Theil wohl bedingt sein durch die Umwandlung von Knorpelzellen in Bindegewebszellen bei Beseitigung des Drucks. Umgekehrt würde das am Embryo zu beobachtende Grösserwerden derselben in Folge von Vergrösserung der Bewegungsexcursionen mit Umwandlung von Bindegewebszellen in Knorpelzellen einhergehen.

Gefässe der Synovialis.

Es herrscht wohl kaum in einem anderen Theile der Beschreibung der Synovialis mehr Licht und Einigkeit unter den Forschern, als in Bezug auf die Gefässe derselben, insbesondere Dank den

Arbeiten von Toynbee, Sappey u.A. Auf ihre Beschreibung näher einzugehen, hiesse das schon vielemal gut Dargestellte wiederholen. Ich werde mich mit der Besprechung des Wenigen, welches von Einigen angenommen, von Anderen verworfen wird und einiger Facta, die bislang wenig Beachtung gefunden haben, begnügen. Die kleineren Gefässe liegen auf kurzen Strecken ihres Verlaufs dicht an der Oberfläche der Synovialis nicht „nackt“ wie Hüter behauptete, sondern von einer Schicht Grundsubstanz bedeckt. Es ist wieder die Silbermethode, welche dies am besten klar legt. Dass die regelmässig angeordneten weissen, fast gleichbreiten Maschen, welche quadratische Inseln an Silberpräparaten von der Synovialis von Embryonen und von jugendlichen Individuen verschiedenster Species einschliessen, Gefässe bedeuten, beweisen entsprechende Präparate, welche z. B. frisch mit Hämatoxylin gefärbt sind. Man sieht diese Gefässe in derselben Anordnung und von gleicher Breite, Maschen von derselben Grösse bilden. Versilbert man entsprechende Objecte von älteren Thieren, so bekommt man die Bilder nicht mehr; es sind an diesen die Gefässe nur auf kleinen Strecken sichtbar, ihrer sind nicht mehr so viele. Dies entspricht vollkommen dem mittelst anderer Methoden zu beobachtenden Factum, dass die Synovialis im extrauterinen Leben mit der Zeit einen Theil der vielen oberflächlich gelegenen capillären Ausbreitungen ihrer Gefässe einbüsst. Auch an Injectionspräparaten (Berlinerblau) erwachsener Individuen, auch in den Zotten, sieht man häufig ein Gefäss bis fast an die Oberfläche der Synovialis, nur von Grundsubstanz bedeckt, herantréten. Dieser Befund hat einen grossen Werth für die Feststellung, welcher Art Gewebe wir in der Synovialis vor uns haben. In der Entstehungsart der Gelenkhöhle finden wir auch nichts, was einem solchen Gefäss-Befunde widerspräche.

Stellen, wo die Synovialis sehr verdünnt ist und straffen Kapselbändern aufliegt, sind im Ganzen arm an Gefässen; aber auch hier sieht man hie und da an senkrechten Schnitten Gefässschlingen senkrecht zur Gelenkhöhle emporsteigen und kleine Zotten bilden.

Dann kann man zuweilen sehen, dass eine in eine Zotte eindringende Arterie von zwei Venen begleitet ist, deren Gesamtlumen kleiner zu sein scheint, als dasjenige der Arterie; vielleicht findet so eine Verschmälerung der Abzugsröhren in den vielen

Anastomosen ihre Erklärung. An welchen Stellen der Synovialis die Beziehung der Arterien zu den Venen eine derartige ist, kann ich nicht genauer angeben, sehr selten ist sie nicht.

Die Lymphbahnen der Synovialis.

Bichat hat schon die Anwesenheit von Lymphbahnen in der Synovialis angenommen. Aber erst lange Zeit nach Vervollkommnung der mikroskopischen Technik hat man es versucht die Bahnen, durch welche die Aufsaugung aus den Gelenkhöhlen geschieht, darzuthun. Hüter (Nr. 11, II. Ausg. S. 35) war der Erste, welcher bei der mikroskopischen Untersuchung seine Aufmerksamkeit auf sie lenkte. An den mit arg. nitric. bearbeiteten Präparaten, an welchen man kleinste von zwei Venen begleitete Arterien häufig zu Gesicht bekommt, hat er nie ein Lymphgefäß auffinden können. Nach ihm hat Böhm in v. Recklinghausens Laboratorium (Nr. 35) sie auf experimentellem Wege nachzuweisen gesucht. Nach Injection von Oelemulsion mit Zinnober in's Gelenk der Versuchsthiere (Kaninchen) mittelst einer Pravaz'schen Spritze, untersuchte er die Synovialis. Er fand Körnchen des Farbstoffs in den Zellen der Intima und der Adventitia der Synovialis; nach 24 Stunden hat er Zinnoberkörnchen aufs Evidenteste in den Inguinaldrüsen nachweisen können und somit das Factum der Resorption von den Synoviales aus experimentell festgestellt; einen näheren Aufschluss über die Bahnen, auf denen die Resorption in der Synovialis vor sich geht, hat Böhm freilich nicht geben können. Ebensowenig ist es Ludwig und Schweigger-Seidel gelungen, Lymphgefäße der Synovialis zu demonstrieren (Nr. 55, S. V). Tillmanns (Nr. 56) versuchte an frischen Hunde-, Rinds- und Pferdegelenken durch Anbohren der Gelenkhöhle von dem Knochenkanal des Femur aus, dann mit Hülfe einer besonderen Cantile direct durch die Gelenkkapsel die Gelenke mit Berlinerblau zu injiciren. Die injicirte Masse sollte dann durch andauernde Pumpbewegungen oder mittelst elastischer Compression des Gelenks in die Synovialis gepresst werden. Er erhielt aber nur eine diffuse blaue Färbung der oberflächlichen Schicht der Synovialis. Besser gelangen ihm die interstitiellen Injectionen mit Arg. nitr. und Berlinerblau, aber auch nur an Gelenken grösserer Thiere (Ochs, Pferd). Tillmanns ist zu dem Schlusse gekommen, dass in der Synovialis zwei Lymph-

gefässnetze beständen, von welchen das eine subendothelial gelegen sei, die Zotten ausgenommen, in welchen keine Lymphgefässe vorhanden sein sollen, und dass sie an den Ansatzstellen der Kapsel am leichtesten zu injiciren seien. Tillmanns giebt die Möglichkeit der offenen Communication der Synovialis mit den Lymphbahnen nicht auf. Van der Sluijs machte parenchymatöse Injectionen von Richardson's Blau mittelst einer feinausgezogenen Glasröhre. Er hat dabei die Masse in den Zellenkapseln angetroffen, hält aber seine Injectionsversuche für misslungen (Nr. 46 Hüter (Nr. 11, S. 35) spricht in der II. Auflage seiner Gelenkrankheiten von der Existenz oberflächlicher Lymphgefässanfänge, welche er aber auf „eine pathologische Ausdehnung derselben beziehen zu müssen“ glaubt. Alle genannten Beobachter sprechen von der Schwierigkeit der Injection der Lymphbahnen.

Nach mehrfachen misslungenen Versuchen, von der injicirten Gelenkhöhle aus die Lymphgefässe zu füllen, injicirte ich periarthriculär und subsynovial mit der von Fleischl vorgeschlagenen Asphalt-Chloroformmischung. Zuerst bediente ich mich der Injectionen mit saturirter Lösung, zog es aber nachher vor dieselbe nur bis zur Farbe des Jodtinctur zu bringen, um die Eigenschaft der leichten Beweglichkeit des Chloroforms so wenig als möglich zu beeinträchtigen. In derselben Weise wurden auch Versuche mit Injectionen von löslichem Berlinerblau angestellt. Auf den Rath von Prof. Waldeyer versuchte ich die Injection von den Sehnen (Quadriceps) und Gelenkbändern aus auszuführen. Ich bemühte mich zuerst am Lig. laterale internum an Kaninchen und Hundekniegelenken die Canüle der Pravaz'schen Spritze oder eine feine Glasröhre bis an die Synovialisfläche des Bandes oder der Sehne, vorzuschieben. Es wurde ein möglichst schwacher Druck ausgeübt. Bald sah ich längst der Faserbündel des Bandes oder der Sehne mehrere dunkle Streifen auftauchen, welche sich allmählich nach Aussen in's lockere umliegende Bindegewebe fortsetzten und dann zur Kniekehle hin verliefen; solche Bahnen tauchten auch, Schlingen bildend, an dem Condylus tibiae und unterhalb desselben auf; sie zogen dann auch zur Kniekehle. Es hatten sich zwei grössere Lymphstämme am Oberschenkel gefüllt und von ihnen aus, also rückläufig, zwei vom Condylus femoris verlaufende Lymphgefässe injicirt. Dass die (mit Asphalt injicirten) Stränge Lymphbahnen und nicht Venen waren, konnte ich daraus entnehmen, dass an dem Prä-

parate die Venen mit Berlinerblau injicirt und die Arterien mit Blut gefüllt waren. Von anderen Stellen der Gelenkkapsel sah man die abführenden Lymphgefässe sich füllen und zu den gemeinsamen grösseren Stämmen am Oberschenkel ihren Verlauf nehmen.

Beim Aufschneiden der Gelenkkapsel war keine Spur von Injection der Synovialis zu finden. Bei subsynovialer Injection der ausgeschnittenen Gelenkweichtheile des Hundes und Kaninchens entstand nur ein Extravasat an der Injectionsstelle, welches bei der mikroskopischen Untersuchung auch nur unregelmässig geformte Massen zwischen den Bindegewebsfasern ergab. Klappen konnten nicht die Ursache dieser mangelhaften Injection sein, da sich grössere Stämmchen stromauf hatte injiciren lassen. Ich musste die Feinheit der Lymphbahnen bei kleineren Thieren als Ursache der mangelhaften Injection annehmen und ging desshalb daran, Injectionen an den Gelenken grösserer Thiere (Rind und Pferd) zu versuchen. Zuerst wurde von aussen bei intacter Gelenkkapsel in die Kapselwand, die Ansatzstellen der Kapsel und die ligg. lateralia des Radiocarpalgelenks vom Pferde injicirt. Die Injectionsmasse (saturirte Asphaltlösung in Chloroform) kam bald durch bis zu 1 mm Weite im lockeren periarticulären Bindegewebe verlaufenden Canäle an der Schnittfläche der abgeschnittenen Extremität zu Tage. Beim Eröffnen der Kapselwand sah man nur die Basen einiger Zotten, der Einstichstelle ungefähr entsprechend, dunkel gefärbt; vorsichtig mit der Scheere abgetragen und in Glycerin untersucht, fand sich an ihnen sowohl als auch an den durch subsynoviale Injection erhaltenen Präparaten, unter dem Mikroskop die Injectionsmasse zwischen den Fasern des Gewebes in kugelförmigen Massen eingedrungen. Im Allgemeinen sah ich die meisten Zotten prall mit grossen unregelmässig geformten Tropfen der Injectionsmasse gefüllt; sie reichten nicht gleich weit, am häufigsten bis an die Zellschicht der Synovialis.

Bei subsynovialer Injection am aufgeschnittenen Gelenk sieht man zuerst einen dunklen Streifen durch die Synovialis durchschimmern, welcher in dem nächsten Ligamentum, oder der Kapselwand zu verschwinden scheint, um dann im extracapsulären Bindegewebe in centripetaler Richtung zu erscheinen; dann füllen sich die Zotten mit der dunklen Masse und erscheinen erigirt. Wird der Druck verstärkt, so rieselt zuweilen ein schwarzer Tropfen aus der Zotte über die Oberfläche; andere Mal erscheint während

der Injection an der Oberfläche der Synovialis ein bräunliches Pünktchen, welches, bei fortgesetzter Injection, sich immer mehr, aber sehr langsam über die Fläche ausbreitet und die bräunliche nicht schwarze Farbe beibehält. Im ersten Falle ist es offenbar ein Riss, welcher die Injectionsmasse in grösseren Tropfen hervorquellen lässt; im zweiten — könnte es sich, scheint mir, um ein Durchdringen der Masse durch die am lebenden Thier vom Blutserum eingeschlagenen Bahnen handeln. Behaupten kann ich es nicht, denn die Beweglichkeit der Injectionsmasse, besonders da ihr schon ein Ausweg geschaffen ist, lässt auch bei der grössten Vorsicht solche Stellen mit Bestimmtheit unter dem Mikroskop nicht wieder auffinden. An solchen Präparaten war in der Grundsubstanz stellenweise die Injectionsmasse in regelmässigerer Form als sehr feine Netze auf sehr kleinen Bezirken anzutreffen.

Beim Einstich in der Nähe des Gipfels grösserer Zotten entstand nur ein Extravasat, es fand die Masse nicht einmal den Weg in die grösseren abführenden Lymphgefässe.

Beim Einstich subsynovial zwischen die Flexorensehne und ihr Mesotendon, über dem Carpometacarpalgelenk eines Pferdes sah man zuerst einen dunklen Streifen in der Rinne zwischen Sehne und Mesotendon centripetal zur Schnittfläche hinziehen, zu gleicher Zeit und in derselben Richtung mehrere solche in der Tiefe der Sehne. Versperrte man der hervorquellenden Masse den Weg durch Zusammendrücken des angeschnittenen Endes der Sehne, so füllte sich bei fortgesetzter Injection die Fortsetzung des Lymphstammes centrifugal; von ihr aus füllten sich durch eine Anastomose die die Hauptarterie begleitenden Lymphstämme und mehrere sehr kurze, unter geraden Winkeln in sie einmündende Stämmchen von der Sehnensynovialis. Diese kurzen Zweige theilten sich in mehrere noch kürzere. An den makroskopisch kaum sichtbaren Enden dieser letzteren traten bräunliche Flecken, gleichsam wie Blätter an den Bäumen auf. Die Stämmchen erstreckten sich auf die freie Oberfläche der Sehne kaum bis zu $\frac{1}{6}$ ihrer Breite. Bei der mikroskopischen Untersuchung erwiesen sich die Flecken als Gruppen von injicirten Saftlücken. Ueber ihre Form, Anordnung und Beziehung zu den Lymphgefässen werde ich noch weiteres mittheilen.

Da ich die interstitielle Injection der Gelenksynovialis nicht als gelungen ansehen konnte, und theils auch, um die Lymph-

bahnen auf einer grösseren Strecke zu injiciren, bemühte ich mich bei den nächsten Versuchen an den gleichen Pferdegelenken die Injectionsmasse weniger saturirt zu nehmen (bis zur Farbe der Jodtinctur) und dieselbe bei möglichst schwachem Druck (an der Schwelle der Empfindung der Muskelcontraction) und sehr langsam auszuführen. Die zu injicirenden mit der resp. Kapselwand ausgeschnittenen Stücke der Synovialis wurden, unter möglichster Vermeidung der Anspannung, mittels Holzleisten und Nadeln auf einer Korkplatte befestigt, um den Abfluss der Injectionsmasse durch die grösseren Lymphgefässe zu versperren. Eins der so präparirten Stücke wurde versuchsweise für ca. 12 Stunden in Ranvier'schen Alcohol gelegt, um die Kittsubstanz der Zellschicht der Synovialis zu lockern, da bei den vorhergegangenen Versuchen die Zotten sich meist nur bis an die Zellschicht injiciren liessen. Die Canüle wurde in die subsynoviale Schicht eingestochen. Bei makroskopischer Beobachtung war im Allgemeinen kein besonderer Unterschied von den früheren Injectionsversuchen wahrzunehmen; dieselben grösseren, dicht an der inneren Fläche der Kapsel verlaufenden, stellenweise netzbildenden Lymphgefässe bis an die Schnittträger, ein Durchsickern der Asphaltlösung auf die der Korkplatte zugewandte Fläche durch die Kapselwand, stellte sich auch hier ein; die Zotten färbten sich aber, ehe sie noch so prall gefüllt waren wie in früheren Versuchen. An Stellen mit dünnerer, fester mit dem unterliegenden Kapselbande verbundener, fast zottenloser Synovialis ging die Füllung in ganz der früher gemachten jetzt wiederholten Injection der Sehnenscheidenlymphgefässe ähnlichen Weise von Statten. Der Bezirk, welcher bei jedesmaligem Einstich injicirt wurde, war aber auch jetzt ein relativ sehr kleiner, höchstens ein Quadratcentimeter. Einen merklichen Unterschied in den Resultaten der Injection an dem in Alcohol macerirten Stück der Gelenksynovialis in Vergleich zu den anderen habe ich nicht beobachtet. Die unter Wasser vorgenommene Injection schien die gleichmässige Füllung der Zotten zu begünstigen. Der Hauptübelstand dieser sonst vorzüglichen Injectionsmasse ist, dass die Präparate nicht gut gehärtet werden können; ich musste mich zur Orientirung über die Lage der Lymphgefässe mit makroskopischen senkrechten Schnitten begnügen.

Bei Injectionen mit löslichem Berlinerblau wurde nur das Wasser in die Zotten filtrirt, sie wurden wie oedomatös, während

die Masse an den Basen derselben vom Flechtwerk der Bindegewebsfasern zurückgehalten wurde.

Zur mikroskopischen Untersuchung in Glycerin wurden die injicirten Zotten vorsichtig mit einer Scheere abgetragen; von zottenlosen Stellen wurden mittelst eines scharfen Rasirmessers Flächenschnitte gemacht. Die makroskopisch sichtbaren bräunlichen Flecken an den letzten Ausbreitungen der Lymphgefässwurzeln erwiesen sich, wie gesagt, als Gruppen von injicirten Saftlücken. An einem mit der Synovialis nach oben gekehrten Flächenschnitt der Sehnen- oder glatteren Gelenksynovialis sieht man die Gruppen der Saftlücken am deutlichsten bei höchster Einstellung des Mikroskoprohres; sie entsprechen ihrer Form und Grösse nach denjenigen, welche man an Silberpräparaten zu Gesicht bekommt. An manchen Gruppen gehen die Fortsätze der Saftlücken ohne bestimmte Anordnung nach verschiedenen Richtungen, an anderen sind die Längsdurchmesser der Lücken annähernd parallel und ihre Fortsätze alle in einer Richtung, meistens auch in die Tiefe verlaufend. Nur an wenigen Stellen trifft man mit Injectionsmasse gefüllte Anastomosen, meistens liegen die injicirten Saftlücken isolirt; zuweilen nimmt die Masse eine complicirtere Form an, als wenn sie eine Saftlücke, in welcher 2 Zellen zusammenliegen, gefüllt hätte (Fig. 5a). Nach dem Durchtreten der Masse durch die Kanälchen der Grundsubstanz, in welchen die Fortsätze der Zellen lagen, scheinen sie sich wieder zu verengen. Die Masse scheint die in denselben befindlichen Zellen vollständig einzuschliessen, denn es ist keine Spur von Zellen in der injicirten Lücke zu sehen. Dies spricht dafür, dass die Zellen lose in den Lücken liegen. An gut injicirten Stellen sind an der Oberfläche der Synovialis keine Zellen, sondern nur injicirte Saftlücken zu sehen, während nebenan, an nichtinjicirten, die typischen Synovialiszellen vorzufinden sind (Fig. 5c); es müssen also auch diese identische Beziehungen zum umgebenden Gewebe besitzen.

Stellt man das Mikroskoprohr tiefer ein, so sieht man die genannten Saftlückengruppen anderen Injectionsfiguren Platz machen, es sind dies Saftlücken von verschiedener, häufig bedeutender Länge, an Zahl viel spärlicher, als die ersten, mit sehr fein zugespitzten Enden, fast immer geradlinig, manche feinwellig entsprechend den sie umgebenden Bindegewebsfaserbündeln. Sie

verlaufen in verschiedener Richtung und Ebene, häufig sich kreuzend; meistens ist das eine Ende in die Tiefe gerichtet; manchmal ziehen zwei und mehr solcher Spalten dicht neben und parallel miteinander. Einigemal sah ich solche Spalten, bei $\frac{2}{7}$ Leitz, in durch feinste bräunliche Stäubchen der Injectionsmasse ange deutete Fortsätze auslaufen. Sie erscheinen ganz unter dem Bilde der Bowman'schen Corneal-tubes.

In der tiefsten an die Sehne, resp. Kapsel grenzenden Schicht desselben Präparates sieht man wieder den zuerst beschriebenen Saftlücken ähnliche etwas grössere, aber anders angeordnete Saftlücken. Sie liegen dicht aneinander, in ihrer Gesamtheit weitmaschige Netzfiguren bildend; diese Netze sind die Wurzeln der Lymphgefässe. In irgend einer Richtung von diesem Netz ziehen eine oder zwei Bahnen, dicht an der inneren Oberfläche der Gelenkkapsel gelegen, mit weniger parallelen Contouren, als die Blutgefässe sie besitzen, zu einem arteriellen Gefäss, welches sie begleiten. Dass es keine anderen als Lymphgefässe sind, ist erstens aus ihren Contouren und zweitens daraus zu ersehen, dass sie zwischen der Arterie und den deutlich sichtbaren Venen, um die Arterie herum anastomosirend, bis zu den Hauptlymphgefässen der Extremität (von der Sehnenscheide aus) zu verfolgen sind.

An den Zotten sind die Verhältnisse dieselben bis auf die Zellenschicht, welche zu injiciren mir nicht gelungen ist; in diesem Misslingen glaube ich eine Bestätigung der auf anderen Wegen gewonnenen Ansicht zu sehen, dass die Grundsubstanz der Zellenschicht von festerer Beschaffenheit sei, deshalb schwerer durchgängig für die Injectionsmasse, umsomehr, als auch die Fortsätze der Zellen dieser Schicht kürzer sind und die Zotten zu schlaff, um gut injicirt zu werden.

Es ist hier am Platz auf den möglichen Modus der Aufsaugung von der Synovialis aus näher einzugehen. Das Bestehen präexistirender Stomata kann, scheint mir, mit Bestimmtheit in Abrede gestellt werden. Es muss also die Aufsaugung direct durch die Grundsubstanz stattfinden, dann wird die Flüssigkeit durch die Vermittelung der Saftlücken weitergeleitet. Ob irgend welche Theile der Synovialis eines gegebenen Gelenks sich mehr, die anderen weniger daran betheiligen, lässt sich schwer entscheiden; vielleicht sind es vorherrschend die dünneren, weniger beweglichen Synovialispartien,

deren Saftlücken grösser, mit weiteren Fortsätzen versehen sind, und sich leichter injiciren lassen, welchen diese Function zufällt. Die schon mitgetheilte Beobachtung, dass nach Behandlung einer frischen Synovialis (Kaninchen) mit Osmiumsäure, sich durch diese schwarz gefärbte Fetttöpfchen in und um die Zellen herum in den Saftlücken an den genannten Stellen in besonders auffallender Menge vorfinden lassen, spricht vielleicht auch dafür. Es ist die Annahme, dass diese Fetttöpfchen, als Resultat des fettigen Zerfalls einzelner Elemente der Synovialis — ein solcher besteht neben dem schleimigen gewiss — auf dem Wege der Resorption sind, die wahrscheinlichste. Es geben dann die genannten Präparate das Bild einer physiologischen Fettinjection. Vielleicht sind es aber auch nur veränderte Ernährungszustände, welche den genannten Zellen ein knorpelzellenähnliches Aussehen geben und den Gehalt an Fetttöpfchen bedingen.

Auf Grund des Mitgetheilten kann ich der Meinung Tillmanns (N. 56), dass es in der Synovialis der Gelenke zwei Schichten von Lymphgefässen gebe, von denen die eine „subendothelial“ gelegen sei, nicht beipflichten. Ich weiss mir diesen Widerspruch zwischen Tillmann's und meinen Befunden nicht anders zu erklären, als dass das Berlinerblau die Saftlücken nicht injicirt, in Folge dessen die Controle der Tiefenlage der injicirten Gefässe bei Injectionen mit Berlinerblau fehlt. Ich habe niemals, weder in den Zotten, wie auch Tillmanns, noch an den glatteren Stellen der Synovialis „subendotheliale“ Lymphgefässe sehen können. Ich muss im Gegentheil die Lymphgefässe, wegen ihres Verlaufs in nächster Nähe der Kapselbänder und Sehnen (auf der freien Oberfläche der Sehnen giebt es scheinbar gar keine Lymphgefässe), als peritendinöse und periligamentöse Lymphgefässe ansehen.

Nerven und Nervenendigungen in den Gelenksynoviales und Gelenkkapseln.

Ich untersuchte die Nervenendigungen der Gelenkkapsel und Synovialis von Kaninchen (Knie, Fuss und Hüftgelenk), einer 6 Wochen alten Katze (Hüft- und Fussgelenk), von 2 ausgewachsenen Hunden (Schulter- und Fussgelenk), von 3 Meer-

schweinchen, 1 junges und 2 ausgewachsene (Knie- und Hüftgelenk).

Die Synovialis mit der Kapsel wurde sorgfältig von dem umgebenden Bindegewebe und den Muskeln abpräpariert, dann entweder auf eine halbe Stunde in $\frac{1}{2}$ % Osmiumsäure gelegt oder vergoldet. Beim Behandeln mit Goldchloridnatrium wurde die Böhm'sche Methode angewandt, mit der Abänderung, dass das Goldchloridnatrium nicht in 1 %, sondern in 0,5 % Lösung genommen wurde. In diese wurden die Objecte auf 20—40 Minuten, nachdem sie bis zum Durchsichtigwerden in 50 % Ameisensäure gelegt und mit destillirtem Wasser abgespült waren, gebracht. Nachdem die Objecte darauf auf 18 Stunden in Prichard'scher Lösung im Dunkeln gestanden hatten, wurden sie auf einige Tage in ein Gemisch von Ameisensäure und Glycerin gebracht, um sie leichter comprimierbar zu machen. Trotzdem erwies es sich nothwendig, manche der zu untersuchenden Präparate noch zu zerzupfen; sie sind sonst zu elastisch und das Deckgläschen wird beständig emporgehoben, was die Untersuchung natürlich sehr erschwert. Ausser der Zerzupfung und leichter Compression der Präparate, wo es möglich war, wurden, um die topographische Lage der Endapparate zu bestimmen, successive Flächenschnitte aus freier Hand mit dem Rasirmesser gemacht.

Die Nervenstämmchen finden sich an der abpräparirten, vergoldeten Kniegelenkscapsel bei den untersuchten Thierarten zu 2—5 an der inneren Seitenfläche, 2 an der von Nicoladoni angegebenen Stelle am inneren Condylus femoris (beim Kaninchen). Es sind dies Stämmchen mit entweder nur markhaltigen oder gemischten — markhaltigen und marklosen — Fasern, wobei die ersteren die überwiegende Mehrzahl bilden. Die grösseren Stämme begleiten eine Arterie und Vene; sie sind ausserdem von Capillaren umflochten. In ihrem Verlaufe sieht man häufig einzelne oder zu Gruppen angeordnete Fettzellen. Die Zweigbündel, einige nur markhaltig, andere gemischt, verlaufen häufig ohne begleitende grössere Gefässe, nur von einem Capillarnetze umflochten, anastomosiren mit benachbarten Nervenbündeln oder gehen in die Endapparate über. Die zahlreichen Anastomosen bilden stellenweise reiche Geflechte. Ausser diesen Bündeln gibt es noch solche, die nur aus marklosen Fasern bestehen und die scheinbar mit den Arterien dem Gelenk zugeführt werden, aber nicht in ihrer Adventitia als Geflecht, sondern als getrennte Bündel sie in einiger Entfernung begleiten. Sie sind etwa dreimal so dünn als die gemischten Bündel, verlaufen fein geschlängelt, glänzen etwas und besitzen mehr Scheidenkerne, als die anderen. Sie

anastomosiren zuweilen mit diesen, meistentheils folgen sie jedoch den Verzweigungen der Arterien; ihre feineren Verästelungen folgen den Gefässen auch in manche grössere verzweigte Zotten. Wie sie endigen, ob nur als Gefässnerven oder noch irgendwie anders, habe ich nicht eruiren können. Eine markhaltige Faser habe ich nie in die Zellschicht oder in die Zotten der Synovialis eindringen sehen. Ebenso wenig habe ich den Uebergang einer markhaltigen Faser in eine zum Gefäss oder zur Synovialis intima verlaufende marklose zu beobachten Gelegenheit gehabt.

Die grösseren Nervenbündel dringen schräg zwischen den dickeren Faserbündeln der Gelenkkapsel zur Synovialis. In der Dicke der Kapsel beginnt die Theilung in die kleinsten Bündel von 1—3 markhaltigen Fasern; hier trifft man auch schon Endapparate an. Diese Fasern steigen in schräger Richtung zur Faserschicht der Synovialis empor. Häufig theilt sich eine markhaltige Faser wiederholt dichotomisch, um dann in verschiedene Endapparate überzugehen. Bei schwacher Vergrösserung sieht man an den von Nicoladoni angegebenen Stellen der Kniegelenksynovialis an der hinteren Fläche des Condylus internus beim Meer-schweinchen und Kaninchen die Nervenbündel baumförmig verästelt. Man sieht die markhaltigen Nerven mit trüben, oft etwas länglichen Flecken von verschiedener Grösse endigen; manchmal sieht es aus, als wenn einer Faser in kurzem Abstände zwei solcher trüber Flecken aufsitzen. Die meisten der an diesem Objecte zu beobachtenden Endapparate gehören dieser Kategorie an. Bei stärkerer Vergrösserung habe ich bei der genannten Bearbeitungsmethode die Endapparate nicht in der Art angetroffen, wie Nicoladoni sie in seinen Figg. 2 u. 3 zeichnet. Ich fand, dass das Myelin der markhaltigen Nervenfasern vor der Bildung eines Endapparates unregelmässige Verdickungen darbietet. Die Nervenfasern endigt entweder ohne weitere terminale Theilung, geht unmittelbar vor dem Ende in 2—4 Terminalfasern über, die in den Endapparat eintreten. Das Myelin läuft in eine kurze Spitze aus; um diese Spitze sieht man „ein wirres Gestrüpp markloser Aestchen“ sich ausbreiten (Sachs. N. 60, S. 412). Die Maschen dieses Gestrüpps sind von Kernen, welche denjenigen der Nervenfaserscheide ganz ähnlich sind, ausgefüllt. Im centralen Theil liegen sie dichter gedrängt. An Goldpräparaten sind sie in geringerer Menge sichtbar, als an Präparaten, welche nur mit Essigsäure behandelt

waren. Diese Endapparate sind nicht von einer streifigen Hülle umgeben, wie W. Krause (N. 48, S. 524) es angibt. Die Kerne gehören auch nicht der „Intima“ der Synovialis an. Die marklosen Aestchen kreuzen einander, scheinen auch miteinander zu anastomosiren; es scheint, dass sie jedoch nicht mit Schlingen, sondern frei, im Bereich des Endapparates, endigen. Man sieht an ihnen stellenweise kleine Knötchen. Viele, besonders die grösseren von den genannten Endapparaten sind von Capillaren umspinnen. Sie sind den von Golgi in den Sehnen der Eidechse, von Rauber in den Gelenkkapseln beschriebenen Endapparaten ganz ähnlich, und scheinen mir überhaupt mit den Endapparaten der motorischen Nerven in eine Formen-Categorie zu gehören (Arborisations terminales, Ranvier). Die mit Osmiumsäure behandelten Präparate bieten in Betreff des Myelins dasselbe Bild, nur sind die terminalen Fasern nicht so deutlich zu sehen. Beim Hunde und bei der Katze sind die arborisations terminales ganz ähnlich gebaut wie beim Kaninchen. Sie sind im Durchschnitt grösser und häufiger von einem Capillarnetz umgeben. Die Grösse dieser Endapparate beträgt beim Kaninchen: 0,010 mm, 0,025 mm im grössten, 0,010—0,017 mm im kleinsten Durchmesser; beim Hund 0,015—0,040 mm im grössten, 0,015 mm im kleinsten Durchmesser.

In der Synovialis der hinteren Fläche des Condylus internus bei Kaninchen und Meerschweinchen sind ausserdem kleine längliche Pacini'sche Körperchen in geringer Anzahl vorhanden; sie sind mit ihrer Längsachse parallel und neben einer in ein Endkörperchen der anderen Art übergehenden Faser gelegen. Die relative Anzahl der Pacini'schen und der verzweigten Endigungen auf einer gegebenen Fläche der Synovialis ist nicht überall die gleiche. An der dem inneren Condylus femoris anliegenden Kapselgegend, wo die Anzahl der Nervenendigungen überhaupt eine sehr grosse ist, besteht die Mehrzahl der Endapparate aus den letzteren. Beim Meerschweinchen ist die Zahl der Pacini'schen Körperchen an der entsprechenden Stelle eine grössere, als beim Kaninchen. An den Seitenflächen der Kniegelenkkapsel des Kaninchens habe ich „Arborisations“ gar nicht angetroffen, sondern nur einige wenige Pacini'sche Körperchen.

Die Pacini'schen Körperchen, welche in der Synovialis in ihrer denkbar einfachsten Form vorkommen, besitzen keine ge-

schichtete Hülle, sondern nur eine kernreiche einfache Hülle. In der Achse des protoplasmatischen Kapselinhalts endet der marklose Nerv immer nur mit einem Endknöpfchen. Die Form, besonders aber die Grösse der Pacini'schen Körperchen, ebenso wie das Verhältniss ihrer Länge zur Breite sind bei einem und demselben Thiere, noch mehr bei Thieren verschiedener Gattung, ziemlich ungleich. Das Kaninchen besitzt die allerkleinsten; sie sind von länglicher, fast cylindrischer Gestalt mit etwas ausgezogenen, leicht zugespitzten Enden (Länge 0,025—0,045 mm, Breite 0,005—0,006 mm). Beim neugeborenen Thier sind sie fast gleich gross, nur besitzt ihre Scheide grössere Kerne. Das neugeborene und erwachsene Meerschweinchen haben bedeutend dickere Vater'sche Körperchen, sie sind von der Gestalt länglicher Kolben (0,027—0,060 mm lang, 0,007—0,008 mm breit). Beim Hund (Schulter- und Fussgelenk) und bei einer 6 Wochen alten Katze (Hüft- und Fussgelenk) sind sie einander sehr ähnlich, beim Hund nur dicker im Vergleich zur Länge. Beim Hunde sind sie 0,060—0,090 mm lang, 0,006 mm breit; bei einer jungen Katze 0,035—0,065 mm lang, 0,005 bis 0,006 mm breit. Bei beiden (vielleicht werden sich ähnliche Körperchen auch bei den anderen Carnivoren auffinden lassen) sind sie sehr lang, cylindrisch, mit abgerundeten Enden. Bei der Katze ist noch das bemerkenswerth, dass sie häufig, so zu sagen, paarige Organe bilden, manchmal trifft man sie sogar den zwei Endzweigen einer myelinhaltigen Faser aufsitzen.

Alle diese Endapparate liegen in der Ebene der terminalen Ausbreitung der Nervenfasern, d. h. im äusseren Theile der Faserschicht der Synovialis; zuweilen ist das freie Ende etwas emporgerichtet zur Zellschicht der Synovialis hin; häufig sind sie etwas geschlängelt oder einmal in der Mitte, selten mehrere Male spiralig, wie ein Knäuel gewunden. Diese Vater-Pacini'schen Körperchen sind denjenigen in der Conjunctiva bulbi des Kalbes (Krause Nr. 48, S. 517, Longworth Nr. 64) und den von Rauber (Nr. 63) an menschlichen Gelenkkapseln gefundenen ganz ähnlich.

Beim Hund und bei der Katze kommt die andere Gattung der Endapparate an den genannten Untersuchungsobjecten auch vor, nur scheint ihr Auftreten nicht so sehr an bestimmte Stellen dieser Gelenke gebunden zu sein (vielleicht weil es die freiesten Arthrodien sind), vorherrschend sind hier aber doch, besonders bei der Katze, die Pacini'schen Körperchen. Auf die ungleichmässige

Vertheilung beider Arten von Endapparaten haben schon Rauber (Nr. 63) und Nicoladoni (Nr. 57) hingewiesen. Man erhält an den genannten Objecten auf einem ca. $\frac{1}{4}$ ccm grossen Stückchen des vergoldeten Präparates beim Zerzupfen mit ziemlicher Regelmässigkeit 2—8 Endapparate; nur auf einem Präparate war das Verhältniss der arborisations terminales zu den Pacini'schen Körperchen wie 4 : 1, meistens überwiegen an Zahl die letzteren.

Weder terminale ans „Endothel“ reichende Endausbreitungen noch die Betheiligung 2—3 myelinhaltiger Fasern an der Bildung solcher Maschen, wie sie Nicoladoni bespricht und zeichnet, habe ich jemals zu sehen Gelegenheit gehabt. Ebenso wenig habe ich einen Unterschied, ausser dem genannten, im Bau der Nervenendapparate der jungen und ausgewachsenen Subjecte gefunden.

Es bestehen an den Gelenken also zweierlei Arten von Nervenendapparaten: die Vater'schen Körperchen und die arborisations terminales; beide Arten werden nur als Endigungen von markhaltigen Fasern und nur gegen die innere Oberfläche der Gelenkkapseln hin und in ihnen, niemals in den Zotten vorgefunden. Bis in die Zotten gehen zahlreiche Faserbündel von marklosen Nerven in Begleitung der Gefässe. Sie bilden in der Faserschicht der Synovialis Geflechte und anastomosiren auch mit den gemischten Faserbündeln. Eine Bestätigung dieses Befundes sehe ich in den von Bichat gemachten Experimenten, deren Beschreibung ich hier wörtlich folgen lasse: (Nr. 27, S. 271) „ . . . si on met à découvert dans un animal, une articulation ginglymoïdale, qu'on enlève tous les organes voisins, excepté la synoviale et les ligaments latéraux, et qu'on torde ensuite l'articulation, l'animal donne les signes de la plus vive douleur. Mais coupe-t-on ensuite les ligaments, en laissant seulement la synoviale, la torsion n'est plus sensible, et on peut impunément distendre, déchirer l'articulation. Donc il n'y avoit point de capsule fibreuse, jointe à la synoviale.

Cette expérience facile à répéter sur les membres antérieurs ou postérieurs, peut servir à y reconnoître par-tout les articulations où existe une membrane synoviale seule, et celles où s'y trouve jointe une capsule fibreuse. Celle-ci, étant de même texture que les ligament latéraux, détermine les mêmes douleurs lorsqu'on la tiraille, comme le prouvent d'ailleurs des expériences faites sur les articulations revêtues de ces capsules.“

Zieht man die über diesen Gegenstand bestehende Literatur

zu Rathe, so findet man, dass beide Gattungen von Endapparaten denjenigen der Sehnen an die Seite zu stellen sind; also ist die Synovialis auch in Bezug auf die Nervenendapparate nicht als selbständiges Organ zu betrachten. Zuerst wurden Pacini'sche (Vater'sche) Körperchen von Rauber an den Gelenken beschrieben, darauf fand Krause (Nr. 58) die andere Gattung unter dem Namen „Gelenknervenkörperchen“; sie ist aber von ihm nach Präparaten beschrieben, welche nur mit Essigsäure behandelt waren; die von ihm gegebene Zeichnung entspricht nicht dem Befund nach Behandlung mit Goldchloridnatrium. Es haben ausserdem Rollett, Sachs und Golgi beide Arten von Endapparaten an den Sehnen beschrieben.

Synovia.

In Betreff sowohl der chemischen Zusammensetzung der Synovia als auch der Physiologie der Synovialis existirt bis jetzt nur die Frerichs'sche Arbeit. Frerichs hat zuerst auf das Mucin als constanten Bestandtheil der Synovia hingewiesen und leitet die Bildung desselben aus dem Verfall der Zellen her. In der frischen, gelblich-durchsichtigen, klebrigen, fadenziehenden Synovia finden sich regelmässig freie Zellen suspendirt. Die Zellen entsprechen ihrer Form nach vollkommen denjenigen der Zellschicht der Synovialis. Selten trifft man sie etwas abgeplattet, meistens sind sie, wie es auch Subbotin angiebt, rundlich eckig, und häufig mit Fortsätzen versehen. Viele von den Zellen enthalten Fettkörnchen, manche hyaline mattglänzende Kugeln. Ausser diesen sieht man auch den sogenannten Schleimkörperchen vollkommen ähnliche Zellen. Zuweilen gelangen auch durch Grundsubstanz verbundene Gruppen von Zellen zur Beobachtung. Diese und die von Seiten der Synovialis zu beobachtenden, schon beschriebenen Erscheinungen an manchen Zotten, welche zum Theil auch von Grundsubstanz stellenweise entblösst sind, sind mit Inbegriff der von Frerichs gegebenen Analysen der Synovia eines Kalbes, eines Ochsen in Ruhe und nach stärkerer Bewegung die einzigen Data, auf deren Grund man unvollkommene Schlüsse über die bei der Synovialbildung stattfindenden Vorgänge zu machen sich erlauben kann. Es scheinen sowohl die Zellen als auch die Grundsubstanz an der Schleimbildung, theils auch an der Bildung

der anderen Bestandtheile der Synovia betheiligt zu sein. Beim Kalb, entsprechend dem Reichthum der embryonalen und jugendlichen Zellen an Schleim, finden wir auch der Synovia eine relativ grössere Menge desselben beigemennt (3,26 pro mille Schleim 34,32 pro mille feste Bestandtheile und 19,90 Eiweiss). Bei einem Ochsen nach stärkerer Bewegung erweist sich die Synovia reicher an festen Bestandtheilen, sie muss sich eingedickt haben, dabei hat sich das Verhältniss für die verschiedenen Bestandtheile nicht in gleichem Maass verändert (bei in Ruhe befindlichen Ochsen ist nach Frerichs der Gehalt an Wasser 969,0, an Schleim 2,40; an festen Bestandtheilen 30,10, an Eiweiss 15,76; bei einem Ochsen nach Bewegung 948,0 Wasser, 5,60 Schleim 51,46 feste Bestandtheile, 35,12 Eiweiss). Vorausgesetzt, dass es sich um eine Eindickung der Synovia handele, ist die Annahme zulässig, dass die Salze als der löslichste Bestandtheil mit dem Transsudat durch eine Bewegung in die Lymphbahnen eingepumpt wurden, und dass dafür relativ mehr Eiweisstoffe sich gebildet haben, dass demzufolge eine etwas andere Art des Zerfalles der Zellen eingetreten ist. Ob und wie weit hierbei eine Betheiligung von secretorischen Nervenfasern mit im Spiele ist, ob also die Synovialiszellen wenigstens functionell wenn nicht morphologisch den Vergleich mit Epithel gestatten; darüber kann nur der experimentell physiologische Nachweis der Existenz solcher Fasern entscheiden. Darüber lässt sich aber noch streiten, ob die Angaben von Luschka und Steinberg und zum Theil Nicoladoni über die Endigung der Nerven in dem von ihnen angenommenen Endothel überhaupt den Thatsachen entsprechen und ob sie secretorischer Natur sein können. Die Frerichs'schen Analysen widersprechen einer mechanisch-physiologischen Erklärung der bei Synoviabildung stattfindenden Vorgänge nicht.

In noch einer Beziehung steht das Gewebe der Synovialis demjenigen des Unterhautzellgewebes nahe, es sind dies die Neubildungen, deren Auftreten beiden Geweben gemein ist. v. Recklinghausen (Nr. 74) hat in einer neuerdings erschienenen Arbeit über Neurofibrome unter Anderem genauer darauf hingewiesen,

als es bisher geschehen ist, dass verschiedene entzündliche Processe und Neubildungen ihre Praedilectionsstellen in den verschiedenen elementaren Bestandtheilen (Saftlücken, Lymph-, Blutgefässe) der Gewebe besitzen. Sind die einen oder die anderen dieser Bestandtheile in grösserer oder geringerer Menge oder in ähnlicher Anordnung in gewissen Geweben vertreten, so müssen diese auch ähnlichen Neubildungen als Mutterboden dienen. Umgekehrt kann dann auch bis zu einem gewissen Grade aus der Art der Neubildungen, die zweien beliebigen Gewebsarten eigen sind, auf die Aehnlichkeit im anatomischen Bau dieser Gewebe ein Schluss gezogen werden. Für die beiden genannten Gewebe wenigstens findet diese Annahme eine gewisse Bestätigung. In dem einen wie in dem anderen Gewebe kommen vorherrschend Lipome und Fibrome, dann Chondrome vor. Die relative Seltenheit des Vorkommens von Sarkomen, welche von der Synovialis ausgehen, im Vergleich zu den Sarkomen des Unterhautzellgewebes und das Vorkommen von Tuberkeln im ersteren und die vollkommene Immunität des Unterhautzellgewebes gegen die letzteren mögen durch eine reichere Vascularisation des Synovialis und durch den Unterschied in der Function beider bedingt sein. Andererseits trifft man Neubildungen, an deren Zusammensetzung epitheliale Gebilde und, wie es in der letzten Zeit bewiesen zu sein scheint, Endothelien sich betheiligen, an den Synoviales gar nicht an, in dem Unterhautzellgewebe wohl auch nur bei der Ausbreitung von anderen Geweben her.

Zum Schluss erlaube ich mir noch einmal die Vorstellungen über die Entstehung, den Bau und die Bedeutung der synovialen Häute, welche ich auf Grund der hier mitgetheilten Untersuchungen gewonnen habe, in Kürze zu wiederholen.

Zwischen zwei aneinanderstossenden Knorpelanlagen in einem Gewebe, welches dem Grundgewebe der Extremität des Embryo vollkommen ähnlich ist, entsteht unter Mitwirkung der sich entwickelnden Gefässe ein Zerfall von Zellen (wahrscheinlich in Folge des Wachstumsdruckes der Enden der Knorpelanlagen). Es entsteht ein Spalt, welcher (durch passive und active Bewegungen) immer grösser wird; es sind während dessen die Ligamente und

Kapseln der Gelenke angelegt (in loco). Das lockere Bindegewebe, welches die Gelenkhöhle ausfüllt und somit alle Theile des Gelenks (vielleicht die centralsten Partien der Gelenkknorpeloberflächen ausgenommen) bedeckt, erhält einen Substanzverlust, einen Gelenkspalt in seiner Mitte. Bezeichnet man die Wandungen dieses Spalts als Membran, so hat man die von Bichat vertretene Anschauung, welche sich so lange in der Wissenschaft gehalten hat, vor sich — es ist dann die Synovialis eine geschlossene Membran. Bei der weiteren Entwicklung (welche hauptsächlich durch stärkere Bewegungen geschieht), noch während des intrauterinen Lebens, sehen wir das gefässreiche intracapsuläre Bindegewebe — die Membrana Synovialis — sich in mancher nicht wesentlicher Beziehung von dem ihm embryologisch gleichwerthigen Unterhautzellgewebe differenciren, ersteres bleibt lockerer und zellenreicher. Zugleich sehen wir die Synovialis an manchen Stellen der Gelenke schwinden, an manchen dünner werden, an manchen zu Zotten auswachsen. Vergleicht man die resp. Stellen an verschiedenen Gelenken und zieht man die physiologischen Bedingungen für ihr Zustandekommen in Rechnung, so kommt man zu dem Schluss, dass die Synovialis an den Stellen des stärksten positiven Drucks schwindet (Gelenkknorpeloberfläche), dass ihre verdünnten Partien denjenigen Stellen entsprechen, welche constantem positivem, weniger starkem Druck ausgesetzt sind (sehnige Theile), die zottentragenden denjenigen, welche dem häufig wiederkehrenden Einflusse des negativen Drucks, welcher durch die Bewegungen in den Gelenken stellenweise entsteht, ausgesetzt sind. Durch den Druck wird im extrauterinen Leben an den verdünnten Stellen, wie auch in den anliegenden Kapselbändern, die Entstehung von knorpelartigen Zellen, an den zottenreichen — durch Aspiration — eine Vermehrung der Zotten bewerkstelligt. Der feinere Bau des Gewebes der Synovialis entspricht durchweg den Vorstellungen, welche wir durch die Untersuchungen von Recklinghausens über das Bindegewebe besitzen. Den physiologischen Vorgängen und dem Baue nach müssen die atypischen bursae mucosae den Synoviales gleichgestellt werden. In der Pathologie treffen wir die Wandungen der chronischen Abscesse, welche einen ganz ähnlichen Bau haben. Ich glaube umso mehr an die Richtigkeit meiner Schlussfolgerungen, als sie zuerst nach der Untersuchung des Baues der Synovialis entstanden und durch

die nachfolgende embryologische Untersuchung bestätigt wurden. Eine weitere Bekräftigung derselben fand ich nach der Untersuchung der Lymphbahnen und der Nervenendigungen der synovialen Häute. Wollte ich die Vorgänge bei der Bildung der Sehnenscheiden und Schleimbeutel und ihren Bau beschreiben, so müsste ich das von der Gelenksynovialis Gesagte wiederholen.

Ich hoffe in dieser Arbeit mehr Belege gegeben zu haben, als bisher geliefert wurden, um die zuerst von Hüter ausgesprochene Ansicht über den bindegewebigen Bau der Synovialis zu stützen.

Verzeichniss der Literatur.

1. v. Baer: Ueber Entwicklungsgeschichte der Thiere. Königsberg 1838.
2. Rathke: Entwicklungsgeschichte der Natter. Königsberg 1839.
3. „ Entwicklungsgeschichte der Schildkröte. Braunschweig 1848.
4. Toyne: Philosophic. Transactions of the Roy. Soc. of London 1841.
5. Todd und Bowman: Physiol. Anatomy and Physiology of Man. London 1843.
6. Reichert: Müller's Archiv 1849.
7. Bruch: Beiträge zur Entwicklungsgeschichte des Knochensystems. Neue Denkschr. der Schweizer Gesellschaft für die gesammten Naturwissenschaften. Bd. XII. 1852.
8. Luschka: Zur Entwicklungsgeschichte der Gelenke. Müller's Arch. 1855.
9. „ Die Halbgelenke des menschl. Körpers. Berlin 1858.
10. Hüter: Zur Histologie der Gelenkflächen und Gelenkkapseln mit einem kritischen Vorwort über die Versilberungsmethode. Virchow's Archiv. Bd. XXXVI. 1866.
11. Hüter: Klinik der Gelenkrankheiten. Leipzig 1870. II. Ausg. 1876, 1877—78.
12. Henke und Reyher: Studien über die Entwicklung der Extremitäten des Menschen, insbesondere der Gelenkflächen. Wiener akad. Sitzungsberichte. Bd. LXX. Heft II. 1874.
13. Reyher: On the cartilage and synovial-membranes of the joints. Journ. of Anat. and Physiol. Vol. VIII. S. 261.
14. Bentzen: Bidrag til Ledholernes Udviklings-Historie. Nord. medic. Ark. Bd. VII. Nr. 25. Ref. Hoffmann und Schwalbe. 1875.
15. Götte: Entwicklungsgeschichte der Unke. 1875.
16. Bernays: Die Entwicklungsgeschichte des Kniegelenks des Menschen etc. Morphol. Jahrb. Bd. IV. 1878.

17. Nagel: Die Entwicklung der Extremitäten der Säugethiere, Diss. Marburg 1878.
18. Shoemaker: De ontwikkelingsgeschiedenis der Gewrichten. Nederl. Tijdschr. f. Genesk. Aft. II.
19. Schulin: Ueber die Entwicklung und weitere Ausbildung der Gelenke des menschl. Körpers. Arch. f. Anat. und Physiol. 1879.
20. Schuster: Zur Entwicklungsgeschichte des Hüft- und Kniegelenkes. Mittheilungen aus dem embryol. Institut zu Wien 1879.
21. Kölliker: Handbuch der Entwicklungsgeschichte des Menschen 1879.
22. Balfour: Treatise of comparative Embryology. London 1881.
23. His: Die Lehre vom Binde-substanzkeim (Parablast) Arch. für Anat. und Entwicklungsgeschichte 1882. Heft 1.
24. His: Entwicklung des Hühnchens. 1868.
25. Waldeyer: Eierstock und Ei. 1870.
26. Bichat: Anatomie générale 1806. Bd. IV.
27. „ Traité des membranes.
28. Todd's Cyclopaedia of Anat. and Physiology. Vol. I Articulations by Todd 1839.
29. Todd's Cyclopaedia of Anat. and Physiology. Vol. IV. Part. I Synovia and Serous membranes by Brinton 1847—49.
30. Birkett: Guy's Hosp. Reports. Sec. Ser. Vol. VI. Part. I. 1848.
31. Kölliker: Ueber den Bau der Synovialhäute. Mitth. der naturforsch. Gesellsch. in Zürich 1849.
32. Kölliker: Mikroskopische Anatomie. Bd. II. 1850.
33. His: Häute und Höhlen des Körpers. Ein acad. Programm. Basel 1865.
34. Landzert: Zur Histologie der Synovialhaut. Centralbl. für die medic. Wissensch. Nr. 24 1867.
35. Böhm: Beiträge zur normalen und pathologischen Anatomie der Gelenke. Diss. Würzburg 1868.
36. Frerichs: „Synovia“ in Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. III.
37. Albert: Zur Histologie der Synovialhäute. Wiener akad. Sitzungsber. Bd. 64. 1871.
38. Henle: Handbuch der Anatomie 1871. Bd. I und II.
39. Möller: Ueber Endothel der Sehnenscheiden an den Muskeln der Extremitäten des Menschen. Diss. Göttingen 1873.
40. Cornil und Ranvier: Manuel d'Histologie pathologique. Paris 1869.
41. Tillmanns: Beiträge zur Histologie der Gelenke. Archiv f. mikrosk. Anat. Bd. X. 1874.
42. Tillmanns: Untersuchungen über die Unzuverlässigkeit der Versilberungsmethode für die Histologie der Gelenke. Virch. Arch. Bd. 67. 1875.
43. Steinberg: Untersuchungen über den Bau der Synovialhaut. Diss. Petersburg 1874 (russisch.)
44. Frey: Handbuch der Histologie und Histogenie des Menschen 1874.

45. Hollstein: Anatomie 1875.
46. van der Sluijs: Zur Histologie der Synovialhäute. *Niederl. Arch. für Zool.* Bd. III. 1876—77.
47. Ranvier: *Traité technique d'Histologie.* Paris 1875—1882.
48. Krause, W.: *Allgemeine u. mikroskopische Anatomie.* Hannover 1876.
49. Sappey: *Traité d'Anatomie descriptive.* Paris. 3. ed. 1876.
50. Colomiatti: Contribuzione allo studio delle articolazione. *Giorn. dell. R. Acad. di Medic. di Torino.* Nr. 1 und 2. (Ref. Hoffmann und Schwalbe 1876.)
51. Schäfer: *Practical Histology.* London 1877.
52. Soubbotine (Subbotin): *Recherches histologiques sur la structure des membranes synov.* *Archiv. de Physiologie* 1880.
53. Herrmann und Tourneux: Contribution à l'étude des membranes synoviales. *Gaz. medic. de Paris.* Nr. 19. 1880.
54. Hyrtl: *Lehrbuch der Anatomie des Menschen* 1881.
55. Ludwig und Schweigger-Seidel: *Die Lymphgefäße der Fascien und Sehnen* 1872.
56. Tillmanns: *Die Lymphgefäße der Gelenke.* *Archiv für mikrosk. Anat.* Bd. XII. 1876.
57. Nicoladoni: Untersuchungen über die Nerven der Kniegelenkscapsel des Kaninchens. *Wiener med. Jahrb.* S. 401. 1873.
58. Krause W.: *Histologische Notizen.* *Centralbl. für med. Wissensch.* Nr. 14. 1874.
59. Rauber: Ueber Vater'sche Körperchen in den Gelenkkapseln. *Centralbl. f. med. Wissensch.* Nr. 20. 1874.
60. Sachs: *Die Nerven der Sehnen.* *Arch. für Anat., Physiol. u. wissenschaftl. Med.* 1875.
61. Rollett: Ueber einen Nervenplexus und Nervenendigung in einer Sehne. *Sitzungsber. der k. Akad. der Wissensch. zu Wien.* Bd. 73. III. Abth. 1876.
62. Golgi: *Sui Nervi dei tendini dell' uomo e di altri vertebrati e di uno nuovo organo terminali muscolo-tendineo.* Torino 1880.
63. Rauber: Ueber die Endigungen der sensiblen Nerven in Muskeln und Sehnen. Leipzig 1882.
64. Longworth: (Endkolben der Conjunctiva des Kalbes.) *Archiv für mikrosk. Anat.* Bd. XI.
65. Lücke in Pitha und Billroth's *Handbuch der spec. Chirurgie.* Bd. II. Abth. I.
66. Virchow: *Die krankhaften Geschwülste.* Berlin 1867 seqq.
67. Waldeyer: „Cornea“ in *Gräfe-Sämisch Handbuch der Ophthalmol.* S. 179.
68. Klein: Contribution to the Normal and Pathological Anatomy of the Lymphatic System of the lungs. *Proc. of the Royal Soc.* Vol. XXII. 1873/74, S. 133.

662 Oscar Hagen-Torn: Entwicklung und Bau der Synovialmembranen.

69. Testut: Les vaisseaux et nerfs des tissus conjonctifs. Thèse de Paris 1880.
70. Sappey: Vaisseaux et nerfs du tissu fibreux. Comptes Rendus de l'Acad. des Sciences de Paris 1866. S. 1116.
71. Bizzozero e Salvioli: Sulla struttura e sulle linfatici delle sierose umane. Gaz. med. Ital. Lomb. Nr. 4. 1877. Hoffmann und Schwalbe.
72. Klebs: Beobachtungen und Versuche über Kretinismus. Archiv für exper. Path. S. 437. Bd. II.
73. v. Recklinghausen: Das Lymphgefäßsystem. Stricker's Handbuch der Gewebelehre 1862. S. 24.
74. v. Recklinghausen: Ueber die multiplen Fibrome der Haut. Berlin 1882.
75. Ludwig und Schweigger-Seidel: Ueber das centrum tendineum des Zwerchfells. Berichte über die Verhandl. der k. sächs. Acad. der Wissensch. 1866/67.
76. Schweigger-Seidel: Die Behandlung der thierischen Gewebe mit arg. nitr. Dasselbst.
77. Budge: Weitere Mittheilungen über die Saftbahnen im hyalinen Knorpel. Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. XVI.
78. Remak: Untersuchungen über die Entwicklung der Wirbelthiere. 1850—55.
79. Rollett: Vom Baue der Hornhaut. Stricker's Handbuch der Gewebelehre.

Erklärung der Tafel XXVIII.

- Fig. 1. Sagittalschnitt des Kniegelenks eines Schafembryo von 32 mm Länge bei Oc. 2. Syst. 7 Hartn. gezeichnet. Gefäßführendes Mesochondrium (gm), gefäßloses Mesochondrium (m), Tibia (t), femur (f), Perichondrium (p). Der Unterschied zwischen dem gefäßführenden und gefäßlosen Mesochondrium ist durch das verschiedene Verhalten der Zellen und Zwischensubstanz beider bedingt (lichte Zone.)
- Fig. 2. Silberzeichnung der Saftlücken und Gefäße vom condylus int. tibiae eines 52 cm langen Rindsembryo. Nachträglich mit Grenacher's Carmin gefärbt. Knorpelzellen und Uebergang in Saftlücken (a), Saftlücken (b), in vielen von ihnen sind Kerne sichtbar; (c) vom Silbernitrat unberührt gebliebenes Gewebe mit Gefäßen, welche sich bis b verfolgen lassen (g). Bei Oc. 2 Syst. 7 Hartn. gez.

- Fig. 3. 2 arborisations terminales und ein Pacini'sches Körperchen vom Fussgelenk einer Katze. Oc. 2 Syst. 7 Hartn.
- Fig. 4. Interarticulärer „Knorpel“ aus dem Kniegelenk eines erwachsenen Menschen. Am zerfaserten Innenrande (I) sind die Zellen rundlich, manche in Gruppen, von einem hellen Saum umgeben (h). An der Basis der Bandscheibe Sehnengewebe (B). Oc. 2 Syst. 7 Hartn.
- Fig. 5. 6, 7. Die von der Fläche der Synovialis der Sehnenscheide vom Pferd an einem und demselben Präparat successive der Tiefe nach sichtbaren Bilder. Injection mit Asphaltlösung. 5. Die oberflächlichste Lage der injicirten Saftlücken, (a) mehrere Zellen enthaltende Saftlücke, (b) eine Saftlücke mit einer Zelle, (c) Zellen der Synovialis. Präp. 6. Den corneal tubes ähnliche Saftlücken. Präp. 7. Anfänge der Lymphgefässe. Das Präp. 5 ist bei Oc. 2 Syst. 7 Hartn., die beiden folgenden sind bei Oc. 2 Syst. 4 gezeichnet.

(Aus dem anatomischen Institute zu Strassburg.)

Die Nerven der Capillaren, der kleineren Arterien und Venen.

Von

Dr. L. Bremer.

Hierzu Tafel XXIX.

Wenn ich es unternehme, in Folgendem die Nerven der kleinsten Blutgefässe zu beschreiben, so geschieht dies aus zweierlei Gründen. Einmal ist die Thatsache, dass alle Blutgefässe, selbst die feinsten Capillaren, mit Nerven versehen sind, noch nicht in das anatomische Bewusstsein gedrungen, und zweitens bin ich in Bezug auf gewisse Einzelheiten zu andern Resultaten gelangt, als die Beobachter, die früher diese Frage studirt und das Vorhandensein jener Nerven constatirt haben.