

Entwicklungsgeschichte der Atrio-ventricularklappen.

Von

Dr. A. C. Bernays

aus St. Louis, Mo.

Mit Tafel XXXII u. XXXIII.

Die Entwicklung der Atrioventricular-Klappen im Herzen des Menschen und der Säugethiere ist bisher nur von wenigen Autoren zum Gegenstande der Bearbeitung gemacht worden. Die bisherigen thatsächlichen Angaben darüber sind nur ganz beiläufige, welche von den betreffenden Autoren als nebensächliche Beobachtungen, meistens ohne directen Zusammenhang mit ihrem Hauptthema niedergelegt wurden, soweit erklärende, sind sie ohne Mittheilung der nöthigen Grundlagen gegeben.

Die Behandlung der Frage nach der Genese der Atrioventricular-Klappen zerfällt naturgemäss in zwei Theile, deren erster die Entwicklungsgeschichte der Klappen zum Gegenstande der Untersuchung hat, während der zweite eine Erklärung der durch die Lösung des ersten gefundenen Thatsachen fordert. Die erste Frage lässt sich durch die Untersuchung einer Reihe von Säugethiereimbryonen entscheiden, während der Beantwortung der zweiten nur durch vergleichende Studien an niederern Wirbelthieren näher zu treten ist. Meine Arbeit habe ich demgemäss in zwei Theile gesondert: einen Beschreibenden (ontogenetischen) und einen Erklärenden (phylogenetischen). Diesen beiden füge ich einen kurzen dritten an, welcher eine Verwerthung der gefundenen Resultate für die Deutung bisher theils unverständlicher, theils noch unbekannter Befunde am Herzen des erwachsenen Menschen enthält.

Herr Geh. Hofrath Dr. GEGENBAUR hat mich zu dieser Arbeit angeregt und mir jederzeit mit seinem Rathe zur Seite gestanden, so wie mich durch das in liberalster Weise gebotene Untersuchungsmaterial unterstützt, wofür ich ihm hiermit meinen innigsten Dank ausspreche.

Historische Einleitung.

Die ersten, die Entwicklung der Klappen behandelnden Untersuchungen verdanken wir C. E. v. BAER. (Entwicklungsgeschichte der Thiere. I. Bd. pag. 113.) Seine Beobachtungen beziehen sich auf den 8. bis 10. Tag der Bebrütung des Hühnchens. Er sagt: »In der rechten Herzkammer sieht man die muskulöse Klappe sehr deutlich, so wie auch die übrigen Kläppchen des Herzens und die isolirten Muskeln sich unterscheiden lassen.«

ALLEN THOMPSON (Entwicklung des Gefässsystems im Foetus der Wirbelthiere. Edinburgh New philosophical journal. Vol. IX. 1830) gibt über die Klappen an: »Bevor die Vereinigung der Septa stattgefunden hat, während die vier Höhlen, aus denen das Herz besteht, noch frei mit einander communiciren, sind die Klappen der Atrioventricular-Ostien theilweise gebildet. Bei der Gans bestehen diese Klappen am 6. Tage aus zwei Falten der inneren Wand des Vorhofs, welche in den Ventrikel herabhängen, eine an dem vorderen, die andere an dem hinteren Rand der Oeffnung. Indem die Entwicklung fortschreitet und es zur Vereinigung der Septa kommt, wird jede der herabhängenden Platten in zwei getheilt und es bleibt jederseits die Hälfte um die Klappen zu bilden.«

RATKE beschreibt in seiner Entwicklungsgeschichte der Natter, Königsberg 1839, pag. 99, die Bildung der Atrioventricularklappen zum erstenmale etwas genauer. Er hat beobachtet, dass zu der Zeit, in der die Kiemenspalten sich wieder schliessen, innerhalb des Ventrikels, neben der venösen Oeffnung desselben sich zwei Klappen bilden, indem an der bezeichneten Stelle die innere Haut des Ventrikels etwas stärker anschwillt. Diese Anschwellungen stellen zu Ende seiner zweiten Periode, nachdem sich die Kiemenspalten wieder geschlossen haben, zwei gleich hinter dem Canalis auricularis befindliche und einander gegenüberliegende, beinahe halbmondförmige Erhöhungen dar, deren convexé oder längere Seite gegen die grössere Krümmung des Ventrikels hingekehrt ist. Mit ihnen hängen Muskelstränge zusammen, welche der Ventrikelwand ihrer ganzen Länge nach anliegen.

Diese werden gegen das geschlossene Ende des Ventrikels zu viel dicker als gegen die erwähnten angeschwollenen Stellen, verbinden sich zum Theil mit einander, ehe sie diese erreichen und scheinen in der Nähe derselben schon gegen das Ende der zweiten Periode in Sehnenfasern überzugehen. Auch lösen sie sich zum Theil jetzt schon, während die beiden Klappen sich mehr erheben, in deren Nähe von den Seitentheilen der Ventrikel los, so dass sie an dünnen Stellen kurze, zarte Fäden darstellen.

ECKER gibt (*Icones Physiologicae*, 1851—59. Leipzig, Tafel XXX, Fig. XXII) in einer Abbildung von einem $5\frac{1}{2}$ '' langen menschlichen Embryo auch eine Klappendarstellung. Die einfache Vorhofshöhle ist von oben her gespalten und man erblickt von ihr aus in der Mitte die Basis der Kammer von dem einfachen Ostium atrioventriculare durchbrochen. Im erklärenden Texte heisst es: »Die Oeffnung ist von einem Wall, Limbus, umgeben, wenn sie geschlossen ist, ungefähr vierlippig.« Das Septum ventriculorum ist gerade in Form eines Balkens angelegt, der sich in einem nach links concaven Bogen gegen den Truncus arteriosus, die Vorderwand und Spitze der Kammer hinzieht.

KÖLLIKER (*Entwicklungsgeschichte des Menschen und der höheren Thiere* 1861, pag. 403) verweist auf ECKER und beschreibt die Gestalt der primitiven venösen Ostien als einfache Spalten; er sagt, die beiden Lippen, welche jede Spalte begrenzen, sind die ersten Andeutungen der venösen Klappen und man sieht bei der Untersuchung der Kammerhöhle, dass die Ränder derselben schon um diese Zeit mit Muskelbalken der Kammerwand in Verbindung stehen. Ferner bemerkt derselbe Autor, dass sich diese Klappen erst im dritten Monate bestimmter ausbilden.

LINDES (*Beitrag zur Entwicklungsgeschichte des Herzens. Inaugural-Dissertation*, Dorpat 1865) kommt in seinen Untersuchungen über die Theilung des primitiven Ostium atrioventriculare zu dem Resultate, dass dieselbe, durch eine Annäherung der Atrioventricularlippen aneinander, in ihrer Mitte eingeleitet und dadurch vollendet wird, dass die Septa sich von oben und unten entgegenkommend, an dieser Stelle zusammentreffen.

GEGENBAUR (*Grundzüge der vergl. Anatomie*, 2. Auflage 1870 [erschienen 1869], pag. 837 und *Grundriss der vergl. Anatomie* 1874, pag. 640. Leipzig. W. ENGELMANN) verdanken wir die eingehendste Darstellung der Klappenentwicklung. Ich führe seine darauf bezüglichen Angaben im Folgenden wörtlich an. »Wichtige Veränderungen

bieten die Atrioventricularklappen, an deren Stelle niemals jene häutigen Duplicaturen, die bei Fischen, Amphibien und auch noch bei Reptilien fungirten, vorkommen. In sehr frühen Zuständen zeigen die Ventrikel bei verhältnissmässig kleinem Binnenraume ihre Wand aus demselben spongiösen Muskelgewebe gebildet, wie wir es von den Fischen bis zu den Reptilien hin bleibend antreffen. Allmählig verdicken sich die Balken und ein Theil davon geht in die compactere Herzwand über. Der mehr nach innen zu verlaufende, das Lumen des Kammerraums begrenzende Theil dieses Balkennetzes, welcher am Umfange des venösen Ostiums inserirt, lässt in der Umgrenzung des Ostiums das Muskelgewebe schwinden, so dass die Muskelbalken dort in eine an Ostium entspringende Membran übergehen. Dieser bei den meisten Säugethieren vorübergehende Zustand bleibt bei Ornithorhynchus in der rechten Kammer bestehen. Von der Ventrikelwand entspringende Muskelbalken gehen in eine membranöse Klappe über. Bei den Uebrigen leitet dieser Zustand zu anderen Differenzirungen. Die Muskelbalken ziehen sich noch weiter gegen die Kammerwand zurück und bilden dort die sogenannten Papillarmuskeln, die mit Sehnenfäden (Chordae tendineae) an die nunmehr rein membranöse Klappe herantreten. Von dem übrigen Balkennetze bleiben nur die den Wandungen der Kammer angelagerten Trabeculae carneae zurück. Die Atrioventricularklappen sind somit, sammt den Chordae tendineae, Differenzirungen eines Theiles des ursprünglichen muskulösen Balkennetzes, und der von ihnen umschlossene Raum entspricht dem Hauptraum der primitiven Kammer.«

Die letzte Arbeit, welche unser Thema behandelt, ist F. J. SCHMIDT's: Bidrag til Kunsken om Hjertets Udviklingshistorie. (Nordiskt medicinskt Arkiv. Band II. Nr. 23, 1870.) Der Verfasser untersuchte menschliche Embryonen (aus der siebenten und den folgenden Wochen der Fötalzeit) sowie Rinds- und besonders Schafsembrionen, und zwar meistens mit der Loupe und nur mitunter mittelst des zusammengesetzten Mikroskops. Seine Arbeit nimmt zur Grundlage die Angaben von His¹⁾ über die früheste Entwicklung des Herzens. An diese anschliessend schildert er nun den Entwicklungsgang

¹⁾ Untersuchungen über die erste Anlage des Wirbelthierleibes. Leipzig. 1868. His macht keine Angaben über die Entwicklung der Klappen selbst. Er sagt nur die Knickungen des Herzschlauchs seien bestimmend für die Lage der Klappen und dieselben seien Duplicaturen des Endothelrohrs.

folgendermassen: »Von der Herzspitze beginnend wird das Endothel, welches sich nach His zwischen die Muskelbalken in die Hohlräume der schwammigen Herzwand eingestülpt hat, allmählig ausgespült und ausgeglättet. Von hier aus setzt sich dieser Process gegen die Atrioventricularostien hin fort. Es bleiben aber an diesen Ostien Endothellappen hängen, welche zuletzt als echte Klappen persistiren. Diese Segel behalten jedoch ihren ursprünglichen Zusammenhang mit den stärkeren Balken, welche die Zersplitterung der inneren Muskelschichten hervorgebracht hat. Aus diesen Balken gehen die künftigen Papillarmuskeln hervor. Die Verbindung zwischen dem Klappensegel und dem Papillarmuskel entsteht also nicht durch ein späteres Zusammenwachsen, sondern war schon vorhanden von der Zeit an, als der Zwischenraum zwischen Muskelwand und Endothelrohr (His) ausgefüllt wurde.« Ueber histologische Differenzirungen macht SCHMIDT nur sehr dürftige Angaben.

I.

Eigene Untersuchungen.

Zur Untersuchung stand mir eine Anzahl menschlicher Embryonen, von der achten Woche an bis zum ausgetragenen Kinde, sowie ziemlich vollständige Reihen von Rinds- und Schweinsembryonen zu Gebote. Den grösseren Theil derselben verdanke ich den Herren Geh. Hofrath GEGENBAUR und Prof. J. ARNOLD. Die Embryonen wurden, je nach ihrer Grösse und so frisch als möglich, 6 bis 24 Stunden in einprocentige Chromsäurelösung gelegt. Aus der Chromsäurelösung wurden sie in absoluten Alkohol übertragen. Das Färben geschah, nach vollkommener Reduction der Chromsäure, in ammoniakalischer Carminlösung. Für das Herz sowie die kleinen Embryonen erwies sich die von A. ROSENBERG empfohlene bequeme Färbung in toto vollkommen ausführbar. Bei den grösseren war eine Einzelfärbung der Schnitte nöthig. Zur Einbettung wurde die von BUNGE erfundene Talg-Eiweissmasse benutzt. Die Mehrzahl der Präparate wurde in ihrer ganzen Ausdehnung in continuirliche Schnittserien zerlegt. Die Schnitte wurden in der gewöhnlichen Weise mit Nelkenöl aufgehellt, in Canadabalsam eingeschlossen und der Reihe nach numerirt. Aus diesen Serien konnten sowohl die makroskopischen Verhältnisse combinirt, als auch Objecte für die histologische Untersuchung gewonnen werden. Einzelne Objecte wurden zum Zwecke des histologischen Details in indifferenten Flüssigkeiten, oder

in verschiedenen macerirenden Reagentien untersucht. Die Zeichnungen fertigte ich mit Hülfe des OBERHÄUSER'schen Prisma; von den meisten wurden nur die Umrisse auf diese Weise angelegt, von anderen aber auch die Darstellung der histologischen Anordnung auf diesem Wege gewonnen.

Die ganze Entwicklungsgeschichte der Atrioventricularklappen theile ich zur besseren Uebersicht in vier Stadien. Gerade diese Zahl schien mir am naturgemässesten, weil sich vier sehr differente Zustände, sowohl entwicklungsgeschichtlich wie vergleichend-anatomisch, unterscheiden lassen.

Erstes Stadium.

Die jüngsten Embryonen, welche mir zur Untersuchung dienten, waren vom Rinde. Sie hatten im gekrümmten Zustande eine Länge von 1,2 bis 1,6 Cm.¹⁾ Das Herz misst von der Spitze bis zur Basis (bei ausgedehnten Vorhöfen) etwa 3 Mm. und seine Dicke circa 2,4 Mm. Zur allgemeinen Orientirung über die Ansbildung dieser Herzen bemerke ich nur, dass bei den jüngsten (1,2 Cm.) das Septum ventriculorum eben angelegt ist, dass dagegen bei den älteren (1,6 Cm.) die Ventrikel vollkommen gesondert sind. Dieselben sind schon äusserlich durch eine Längsfurche unterscheidbar. Die beiden Herzohren umfassen den Truncus arteriosus noch nicht. Aorta und Pulmonalis sind schon getrennt, dagegen stehen die beiden Vorhöfe noch in weitoffener Communication; nur die sehr grosse Valvula Eustachii bildet von der hinteren Wand aus ein partielles Septum.

Bei schwacher Vergrösserung sieht man an einer Serie von Längsschnitten solcher Herzen die Kammerwand von vielen kleinen Hohlräumen durchsetzt, welche sich nach der Peripherie zu etwas verjüngend sich fast bis unter das Pericard erstrecken. Diese Hohlräume hängen ausnahmslos mit der Ventrikelhöhle zusammen und stellen sich wie Ausbuchtungen derselben dar. Im Allgemeinen ist ihre Anordnung keine regelmässige, doch erkennt man, dass die meisten eine Richtung einhalten, welche radiär von der Herzhöhle zur Peripherie verläuft. In ihrem Verlaufe sind sie mannigfach ge-

¹⁾ Nachdem ich meine Arbeit abgeschlossen, erhielt ich durch die Güte des Herrn Dr. TUOMA einen jüngeren Rindsembryo (0,6 Cm.), an welchem sich noch keine Differenzirungen am Ostium zeigten. Es waren die Ventrikel nur als verdickte Stellen am Herzschlauch nachzuweisen, in welchem sich noch keinerlei Klappen angelegt fanden.

wunden, zum Theil auch communiciren sie mit einander. Ihre Verzweigung geschieht in eleganten Bögenlinien und nur selten lassen sich winkelige Knickungen nachweisen. Die Durchmesser der Hohlräume verhalten sich zu denjenigen des sie begrenzenden Balkengerüstes wie 1:2 bis 3. Die letzten Ausläufer derselben sind ziemlich regelmässig (Fig. 1) rechtwinkelig zur Herzoberfläche gestellt, wodurch auf den Schnittbildern ein Aussehen bedingt wird, als ob von der äussersten Muskelschicht der Herzwand kleine zottenartige Papillen in die Hohlräume hereinragten. Die Balken begrenzen nun die Zwischenräume der eben beschriebenen Hohlräume vollständig, so dass der Verlauf derselben einer näheren Beschreibung nicht bedarf. Anführen jedoch will ich, dass dieselben im Septum ventriculorum, sowie in der unmittelbaren Nähe der Herzhöhle, eine mehr gestreckte Richtung in der Längsaxe des Herzens verfolgen (Fig. 1. Fig. 2). Gegen die Oberfläche der Kammerwand setzt sich das Balkennetz direct in eine Schicht gestreckt verlaufender, dem Pericard zunächst liegender Züge fort. Diese bilden die Grundlage, von der aus das schwammige Gewebe der Kammerwand sich gegen die Ventrikelhöhle erstreckt (Fig. 1 *Ass*, Fig. 10 *A/s*). Die Herzhöhle ist in Folge der reichlichen Ausbuchtungen und Recesse, welche mit ihr zusammenhängen, von sehr unregelmässiger Form und geringer Ausdehnung. Die linke Ventrikelhöhle ist grösser als die rechte und erstreckt sich, wie auch später, weiter als diese gegen die Herzspitze. Die Ventrikel enthalten immer etwas Blut, während dieses sich nur seltner in grösseren, gar nicht in den kleineren Ausbuchtungen findet. Die hier gefundenen Blutkörperchen erweisen sich ausnahmslos als kernhaltig.

Das primitive Ostium atrioventriculare ist eine beinahe quere Spalte, welche von zwei sich gegenüberliegenden regelmässig halbmondförmigen Vorsprüngen begrenzt wird. Ich will auf diesen Zustand, weil er mir nur an einem einzigen Embryo zur Anschauung kam, nicht näher eingehen und wende mich zur Beschreibung der Klappenentwicklung, nach der Theilung des Ostiums, welcher Theilungs-Vorgang von SCHMIDT l. c. genauer beschrieben ist.

Die Ostia atrioventricularia sind spaltenähnliche enge Oeffnungen; das rechte ist weiter als das linke. An letzterem liegt der längste Durchmesser von vorn nach hinten, am rechten ist dieses nicht so ausgeprägt, da der Querdurchmesser fast eben so lang wie der Längsdurchmesser ist und das Ostium eine unregelmässigere Form annimmt. In die Querspalte des Herzens schiebt sich zu dieser Zeit schon ein Fort-

satz des pericardialen Ueberzugs tief zwischen Vorhof und Ventrikel herein, so zwar, dass derselbe fast bis an die Ostien heranreicht. Man sieht im äusseren verdickten Theil dieses Fortsatzes (bei *Vc.* Fig. 1) jetzt schon ein Blutgefäss und einen Nervenstamm verlaufen (Vas et Nerv. coron.). Der innere Theil, welcher sich um so mehr verjüngt, je weiter er hereinragt, verliert sich schliesslich in dem intermusculären Bindegewebe. Man sieht sehr deutlich, dass dieser Fortsatz des pericardialen Ueberzugs nirgends bis an die Ostien tritt oder mit dem Endocard zusammenhängt.

An den Ostien finden sich folgende wichtige Verhältnisse. Am linken Ostium existiren zwei sich gegenüberstehende, wulstige, dem Endocard angehörige Verdickungen, welche in der Höhe des Suleus transversus liegend, von der angrenzenden Muskulatur geweblich scharf getrennte Gebilde sind (Fig. 1 *V*). Ihre Gestalt erscheint fast regelmässig halbmondförmig. Sie ragen in der Mitte des Ostiums in Form zweier, vorn und hinten an ihrer Basis mit einander verschmolzener Vorsprünge frei in das Lumen des Ventrikels herein. Der laterale Vorsprung ist etwas dicker als der mediale; er ist mit ziemlich breiter Basis an der lateralen Ventrikelwand befestigt, springt $\frac{1}{3}$ Mm. tief in die Ventrikelhöhle vor und ist an seinem freien Rande abgerundet. Der mediale Vorsprung ist dünner, aber länger als der laterale, sein freier zugespitzter Rand ragt etwas tiefer in den Ventrikel herein, während seine Basis, welche schmaler als die des äusseren Vorsprungs ist, an das Septum ventriculare und die Aorta sich anheftet. Nach rechts lässt er sich continuirlich durch das Septum hindurch bis in den ihm gegenüberliegenden Septumvorsprung der rechtseitigen Atrioventricularklappe verfolgen, derart, dass man auf den betreffenden Schnitten diese Vorsprünge des linken und rechten Ventrikels geweblich miteinander im Zusammenhang sieht (Fig. 1 *Z*). Dieses Verhalten findet seine Erklärung in der Thatsache, dass die beiden Septa (atriorum et ventriculorum) sich nicht ganz berühren, weil die Trennung der Ostien durch das Verwachsen der Vorsprünge schon geschehen ist, ehe die Septa sich an dieser Stelle entgegentraten. LINDS I. c. meint, dass die Atrioventricularlippen sich nur einander nähern. Ein Blick auf meine Fig. 1 lehrt aber, dass jedenfalls eine vollständige Verschmelzung stattgefunden hat. Die Beziehungen dieser primären Klappen zu dem Balkennetze der Ventrikelwand sind in diesem Stadium nur sehr unbedeutende. Die Verbindung der Klappenbasis mit der Muskelwand des Herzens wird durch Bindegewebe vermittelt und nur wo sich diese beiden halb-

mondförmigen Klappen mit einander verbinden, sind sie mit der Ventrikelmuskulatur durch Verschmelzung mit einigen Bälkchen in innigerem Zusammenhang (Fig. 1 S vent. dext., welcher an dieser Stelle getroffen ist).

Die Klappen des rechten Ventrikels zeigen in den Hauptpunkten genau dasselbe Verhalten wie die des linken. Geringe Differenzen werden durch die abweichende Anzahl der einzelnen Vorsprünge bedingt, die, wie ich finde, zu dreien an der Klappenbildung theilnehmen oder dieselbe vielmehr einleiten. Von diesen drei Vorsprüngen sitzt der eine medial am Septum, während die beiden anderen lateral, der eine mehr vorn, der andere mehr hinten am Ostium, ihren Ursprung nehmen. Dieses Verhalten ist jedoch nicht regelmässig, manchmal ist der vordere laterale Lappen sehr klein, oder nur durch einen seichten Einschnitt vom hinteren getrennt; jedenfalls entsprechen die beiden lateralen zusammen nur einem einzigen Vorsprünge. Gemäss ihrer Anordnung und semilunaren Gestaltung wird für diese Vorsprünge eine Function, ähnlich jener der Taschenventile, anzunehmen sein. Es empfiehlt sich hier gleich die Stellung auseinanderzusetzen, welche die Angaben anderer Autoren zu der obigen einnehmen. ECKER l. c. gibt eine kurze Bemerkung über das noch einfache primitive Ostium, beim menschlichen Embryo von $5\frac{1}{2}''=1,3$ Cm. Länge. Er sagt, die Oeffnung sei von einem Walle, Limbus, umgeben und wenn geschlossen, sei sie etwa vierlippig. Ein menschlicher Embryo dieser Grösse stand mir nicht zu Gebote, aber ein Befund beim Rinde ergab, dass das ungetheilte Ostium von zwei halbmondförmigen Vorsprüngen, welche einander gegenüberstehen, begrenzt ist. Nach der von ECKER gegebenen Abbildung würde es scheinen, als ob der die Ostien umgebende Wall überall von gleicher Höhe wäre. Dem ist aber nicht so. Es lässt sich zeigen, dass der Wall in zwei halbmondförmige Vorsprünge getheilt ist, die nur an ihren beiden Enden durch eine schmale Commissur in einander übergehen.

KÖLLIKER'S Beschreibung l. c. bezieht sich auf einen älteren Zustand (Fig. XXVII, Tab. XXX ECKER [9'']), welcher etwa meinem zweiten Stadium entsprechen würde. Seine Angaben stimmen im Allgemeinen mit den meinigen überein, nur bemerke ich hier ausdrücklich, dass die Muskelbalken der Kammerwand um diese Zeit noch nicht mit den Rändern der Vorsprünge (Lippen KÖLLIKER'S) zusammenhängen, wie KÖLLIKER meint, sondern, dass eben erst von

der Basis und den Seitentheilen aus solche Verbindungen sich auszubilden beginnen.

Die von SCHMIDT gegebene, in der Einleitung angeführte Auffassung der Klappenentwicklung, will ich hier nicht im Einzelnen widerlegen. Es beruht dieselbe grossentheils auf Hypothesen, denn SCHMIDT hat, auf unbestätigte Angaben von HIS fussend, seine Meinung entwickelt. Thatsächlich Neues zur Frage der Klappenentwicklung bringt SCHMIDT nur wenig. Er hat keinen Zustand beschrieben, in welchem die Klappen als reine endocardiale Vorsprünge beständen. Er gibt überhaupt keinen solchen Zustand zu, indem er behauptet, es bestehe ein primärer Zusammenhang zwischen dem Endothelpolster (puder) und der Muskelwand. Sein »puder« würde etwa den von mir beschriebenen halbmondförmigen Vorsprüngen entsprechen. Er sagt aber es hänge an seiner unteren Fläche vielfach mit dem Muskelnetze zusammen. Demnach muss angenommen werden, dass, da SCHMIDT sehr junge Embryonen untersuchte, an denen das Septum ventriculorum noch nicht ausgebildet war (Fig. 7 seiner Tafel), seine Untersuchungsmethode zu feinerer Beobachtung nicht ausreichte. Erwähnen will ich noch, dass GEGENBAUR's Angaben, welche vor jenen SCHMIDT's erschienen, diesem unbekannt geblieben sind.

Bei starken Vergrösserungen erkennt man den Bau der Herzwand in diesem Stadium als einen ziemlich einfachen. Die Balken bestehen aus eng verschmolzenen, stark verästelten Zellen, wie WEISMANN¹⁾ ähnliche im Frosehherzen beschrieben hat. Die Zellensubstanz zeigt eine bei den einzelnen Zellen verschiedene Differenzirung. Man sieht nämlich in den einzelnen Zellen und ihren Ausläufern wesentlich der Längsrichtung folgende Reihen hintereinander angeordneter Körnchen. Wo diese Reihen zu mehreren nebeneinander liegen, verleihen sie den Zellen das Aussehen einer leichten Querstreifung. Ich beobachtete manche Muskelzellen, in denen sich nur an den Randtheilen der Ausläufer eine Reihe regelmässig hintereinander angeordneter Körnchen fand. Andere Zellen zeigten einen noch ganz protoplasmatischen Leib; nur die Enden der Ausläufer waren wie oben beschrieben differenzirt. Um den Kern herum findet sich immer noch undifferenzirtes Protoplasma, welches sich auch in die Zellenäste erstreckt (Fig. 7 a, b, c). Nicht alle Zellen jedoch sind verästelt, son-

¹⁾ Archiv f. Anat. u. Physiol. von REICHERT und DU BOIS-REYMOND 1861, pag. 43 und 44.

dem es kommen auch vollkommen unverästelte vor (Fig. 8 a), welche hauptsächlich in der Mitte der grösseren, gerade verlaufenden Trabekel liegen. Die stark verästelten finden sich mehr da, wo das Balkennetz ein engmaschiges ist. Die Zahl der Ausläufer ist sehr verschieden; es kommen Zellen zur Beobachtung, die deren sechs und darüber haben (Fig. 7 b, c). Auch sind die Ausläufer von sehr verschiedener Dicke und Länge. Die grossen, länglichen Kerne der Muskelzellen zeigen gewöhnlich ein deutliches Kernkörperchen und in dessen Umgebung mehrere kleine dunkle Körnchen. Nicht selten finden sich in einer Muskelzelle zwei, ja drei solcher Kerne, die dann immer nahe beisammen liegen. Es lässt sich an in verdünnter Chromsäurelösung gehärteten Präparaten, zwischen den einzelnen Muskelzellen, häufig eine helle doppelcontourirte Grenze nachweisen, welche den Eindruck einer Kittsubstanz macht. Dieselbe zeigt sich als eine geschlängelt-verlaufende gelblich-glänzende Linie, die durch Carmin oder Anilinfarben nicht gefärbt wird¹⁾.

Die Muskelbalken sowie die ganze innere Oberfläche des Herzens, sind von dem Endocard bekleidet. Dieses besteht aus einer einfachen Lage platter, grosser Zellen, welche den Epithelformationen der Gefässe gleichen. Auf Schnitten durch das Balkengerüst der Herzwand sieht man um die einzelnen Muskelzüge herum eine feine Doppellinie, die in regelmässigen Abständen von verdickten Stellen unterbrochen wird. Die feinen Linien sind die Zellendurchschnitte, die Verdickungen deren Kerne (Fig. 10 e). Das Protoplasma dieser Zellen ist fast homogen oder zeigt nur eine äusserst feine Granulierung. Ihr Kern ist gross und färbt sich leicht mit Carmin oder Hämatoxylin.

Das Pericard besteht in diesem frühen Stadium an den Vorhöfen und Ventrikeln aus einer sehr dünnen Lage von Bindegewebe (Fig. 10 P), das sich im Sulcus transversus cordis zu einer dicken, die Vasa coronaria etc. bergenden Schicht anhäuft. Auf diese Pericardschicht ist in diesem Stadium die Gefässverbreitung beschränkt. An der verdickten Stelle sind die sehr reichlichen Zellen gross, rundlich und zeigen einen deutlichen kleinen Kern. Zwischen den Zellen findet sich nur spärliche Intercellularsubstanz. Das Pericard schiebt

¹⁾ Die Silber- und Goldbehandlung konnte ich, weil mir nicht genug Untersuchungsmaterial zu Gebote stand, nicht anwenden. Das wenige kostbare Material musste ich zum Zwecke des Schneidens härten.

keine Fortsätze zwischen die Muskelbündel der Herzwand, sondern geht ganz glatt über die Oberfläche hinweg (Fig. 10 *P'*).

Durch das eigenthümliche Verhalten des Gewebes der Klappen gegen Färbemittel und Reagentien, zeigen sich jene als von den umgebenden Gebilden vollständig different. An Schnitten durch Herzen, welche nach der oben beschriebenen Methode gehärtet und gefärbt waren, zeigten sich die Klappen als gelbe, sehr solid gebaute Gewebstheile und waren durch diese Färbung vor den anderen Geweben ausgezeichnet. Die sie zusammensetzenden Formelemente gehen sowohl an der oberen als an der unteren Fläche der Lappen in das Endocard über und sind als Verdickungen des endocardialen Gewebes aufzufassen. Diese Zellen haben meistens die Gestalt langgestreckter Spindeln, es kommen jedoch auch alle Uebergangsformen bis zu runden Zellen ohne Ausläufer vor. Manchmal, doch selten, findet man eine Zelle mit mehreren Ansläufern, durch die sie mit anderen sich zu verbinden scheint. Die Kerne dieser Zellen sind kreisrund bis länglich oval. Um die Kerne herum findet sich noch spärliches Protoplasma, wogegen die Ausläufer der Spindeln eine mehr faserige Structur besitzen. Die Intercellularsubstanz, in welche die eben beschriebenen Zellen eingebettet sind, ist sehr derb, scheint auf den ersten Blick homogen, zeigt sich aber bei genauerem Zusehen ganz fein granulirt. In diese Grundsubstanz sind die Zellen in ziemlich grossen Zwischenräumen eingestreut, so dass auf dem Durchschnittsbilde immer ein breiteres Band dieser gelben Intercellularsubstanz zwischen je zwei Zellen zu liegen kommt. Der oben geschilderte Zustand der Atrioventricularklappen ist also morphologisch dadurch characterisirt, dass dieselben rein endocardiale Vorsprünge sind, die keine Beziehungen zur Ventrikelmuskulatur besitzen.

Zweites Stadium.

Die Begründung zur Unterscheidung dieses Stadiums ergibt sich aus den weiter unten zu beschreibenden Veränderungen, welche an den Atrioventricularklappen des vorigen Stadiums allmählig zur Erscheinung kommen. Die hier zur Untersuchung verwendeten Rinds- und Schweinsembryonen waren 2,0 bis 3,5 Cm. lang. Die Herzen derselben massen von der Basis bis zur Spitze 4,5 bis 5,6 Mm., in der Breite von 4,0 bis 5,5 Mm. bei einer Dicke von 3,0 bis 3,6 Mm. Aeusserlich zeigt sich das Herz etwas mehr gegen die Spitze zu ver-

jüngt und die grossen Arterien sind ganz von den Vorhöfen und Herzohren bedeckt, welche letztere einander sogar auf der vorderen Herzfläche überragen.

Die Herzwand bietet in diesem Stadium immer noch den früher beschriebenen schwammigen Bau. Es zeigt sich jetzt aber ein Ueberwiegen der Muskelbalken über die Hohlräume, welche durchschnittlich nur ein Viertel der Dicke der Muskelbalken haben. Die äusserste, dem Pericard zunächst liegende Schicht zeigt sich nun von ansehnlicherer Dicke. Die in dieser Schicht vorhandenen gewesenen Hohlräume sind durch die wuchernde Muskulatur schon ganz zum Verschwinden gebracht. Im linken Ventrikel sieht man diesen Vorgang viel weiter vorgeschritten, so dass hier die solide, dem Pericard zunächst liegende Schicht der Muskulatur etwa doppelt so dick ist, als im rechten. Auf die compactere Schicht folgt nach innen zu, die Herzhöhlen begrenzend, eine noch von grösseren und kleineren Hohlräumen durchsetzte Schicht. Die compacte Hülle der Ventrikel ist auch jetzt noch dünn und verhält sich in ihrer Dicke zu der des mehr schwammigen inneren Theiles etwa wie 1:3. Die grösseren Hohlräume verlaufen meistens in der Längsrichtung der Herzwand. Dies gilt namentlich für jene, welche den Ventrikelhöhlen zunächst liegen. Aus dem Verhalten der Hohlräume lässt sich zum Theil auch auf das Verhalten der Trabekel schliessen. Die innersten Muskelbalken sind von der Herzwand entfernt, erscheinen ihrer Länge nach in die Höhle des Ventrikels wie vorgebaucht, und hängen nur noch an der Herzspitze und an dem Ostium atrioventriculare mit der Wand zusammen. Diese Balken verlaufen nicht einfach und unverzweigt, sondern gehen häufige Verbindungen untereinander ein. An der Herzspitze sind sie mehr bündelförmig vereinigt, während sie gegen das Ostium in divergirende Züge ausstrahlen. Am Ostium aber gehen die Züge wieder in die Herzwand über, unmittelbar unter der Stelle, an welcher die endocardialen Klappen entspringen. Das Septum ventriculorum zeigt eine grössere Dicke als früher, wobei sich seine Muskulatur schon beträchtlich solidificirt hat.

Die Herzhöhle ist jetzt scheinbar kleiner geworden, obgleich sie in Wirklichkeit in gleichem Schritte mit dem Herzen gewachsen ist. Diese scheinbare Verkleinerung beruht darauf, dass die eben beschriebenen innersten Balken der Muskelwand sich mehr isolirt haben und damit zugleich in's Lumen der Herzhöhle vorragen. Dieses Lumen stellt sich in dem Maasse enger dar, als die einander gegen-

überstehenden Balken sich näher rücken. Der nach aussen von den innersten Balken befindliche Raum erscheint dabei immer mehr als ein Theil der Herzhöhle. Die Ausbuchtungen des Endocards, welche im vorigen Stadium noch alle mit der Herzhöhle zusammenhängen, sind mit Ausnahme der grösseren, das frühere Verhältniss bewahrenden, bedeutend an Zahl reducirt. Ob dieser Zustand durch Wucherung der Muskulatur, oder durch sonstige Processe herbeigeführt worden, muss ich dahin gestellt sein lassen. In dem Sulcus transversus cordis ist das Pericard, wie wir schon im ersten Stadium sahen, nur zu einem diekeren Bindegewebsfortsatz angeschwollen, welcher sich gegen das Ostium zwischen die Muskulatur des Vorhofs und Ventrikels hineinschiebt. In diesem Bindegewebe verlaufen die zu stärkeren Gefässen ausgebildeten Vasa coronaria, welche schon die bekannten Hauptäste abgeben. Das Pericard ist jetzt beträchtlich dicker geworden; es besteht aus deutlich fibrillärem Bindegewebe, welches schwache Fortsätze in die compacte Muskelsubstanz sendet. Mit diesen Fortsätzen dringen jetzt kleinere Gefässe in die Kammerwand ein. Ich habe bereits oben auseinandergesetzt, dass die Ernährung der Herzwand im ersten Stadium noch ganz von innen her geschah, indem die Blutflüssigkeit durch die kleinsten Hohlräume bis fast unter das Pericard gelangte. Also wird erst in diesem Stadium das Innere des compact gewordenen Theils der Herzwand vascularisirt, mit welchem Vorgange die Rückbildung der blutführenden Hohlräume Hand in Hand geht.

Die Ostia atrioventricularia sind nun grösser geworden, ohne dass sie wesentliche Formveränderungen erlitten. An den Klappen beginnt jedoch ein weitgehender Differenzirungsprocess sich geltend zu machen, der jetzt beschrieben werden soll. Die im vorigen Stadium noch einzig den Klappenapparat repräsentirenden Vorsprünge sind nicht mehr in jener Weise erhalten. Ihre untere Fläche ist nämlich mit den zunächst befindlichen, aus der Kammer emporstrebenden Muskelbalken in Verbindung getreten. Oben wurde bereits geschildert, wie die innersten Trabekel sich mehr isolirt haben, jetzt sieht man ganz deutlich, wie sie durch diesen Vorgang immer mehr von der Peripherie gegen das Lumen vorrücken, welcher Vorgang mit einem Wucherungsprocess an der Ursprungsstelle der Trabekel aus der Herzwand verbunden ist. Gleichzeitig mit diesem Processe, welcher die Isolirung, oder besser die Differenzirung der innersten Schicht des Trabekelnetzes zu einem mehr selbstständigen Theile der Herzwand bedingt, bildet sich durch das allmälige Uebergreifen

der vorwachsenden Muskelbalken auf die untere Fläche der die Klappe vorstellenden Endocardvorsprünge zwischen beiden eine Verbindung aus. Der vordere Rand der Endocardklappen bleibt immer von den unter ihm übergreifenden Muskelbündeln frei und ragt wie eine Dachkante über die aufsteigenden Muskelbalken vor. Offenbar versieht der Vorsprung jetzt noch die Dienste eines Verschlussapparates, denn das unter ihm befestigte und wie ein weitmaschiges Sieb gebaute Balkennetz könnte allein das Regurgitiren nicht hindern. Die Klappen können aber nicht mehr als reine Taschenventile aufgefasst werden, weil die solchen zukommende grössere Freiheit hier durch die Verbindung mit den Muskelbalken gehindert ist. Das charakteristische an diesem Stadium sind also die Beziehungen, welche sich zwischen den Endocardklappen und der Muskulatur der Ventrikel hergestellt haben. Der muskulöse Theil der Klappen ist hier noch der geringere, indem sowohl morphologisch wie physiologisch der vom Endocard gebildete Theil der Klappen als deren Hauptbestandtheil zu betrachten ist.

Die histologischen Veränderungen dieses Stadiums sind folgende: Die äussere solide Schicht der Herzwand zeigt sich aus längs und schräg verlaufenden Bündeln zusammengesetzt. Die Muskelzellen sind schmal und lang und laufen in zugespitzte Enden aus. Sie sind in dichten Zügen angeordnet. Ihre Substanz bietet in der Hauptsache eine leichte Querstreifung dar, während nur die oft zu mehreren vorhandenen Kerne in einem schmalen Protoplasmastreifen liegen. An manchen Stellen sieht man zwischen den Muskelzügen Reste des Epithels, welches früher die Hohlräume auskleidete und durch die schon oben beschriebenen Wachstums-Veränderungen von der Herzhöhle abgeschnürt zwischen den Muskelbalken liegend comprimirt wurde. In der That zeigen sich auf Schnitten an manchen Stellen zwei deutliche Epithelzellenreihen, die dicht aneinander liegen. Neben diesem vollkommen zusammengedrückten Zustande kommen, von der Peripherie nach innen zu fortschreitend, alle Zwischenstufen bis zu den weiten Hohlräumen des ersten Stadiums vor. Hier sind nun zwei Möglichkeiten gegeben: Es können diese Epithelzellen persistiren und sich zu intermusculären Bindegewebszügen umwandeln, oder sie können durch Druck der wuchernden Muskulatur zum Schwinden gebracht werden. Ich glaube nach meinen Beobachtungen für die meisten Fälle annehmen zu dürfen, dass diese Zellen nicht zu Grunde gehen, sondern dass sie sich vermehren, Intercellularsubstanz

auscheiden und als Bindegewebszellen fortbestehen. Zu dieser Ansicht führen mich Befunde bei etwas älteren Embryonen, wo man deutliche nicht mit dem Pericard zusammenhängende Bindegewebszüge zwischen den Muskelbündeln wahrnimmt. Diese Bindegewebszüge besitzen eine ähnliche Anordnung und Verlaufsweise, wie früher das die Hohlräume auskleidende Epithel. An einigen Stellen erschienen die Epithelzellen trüb und wie mit feinen Körnchen bestäubt. Hier handelt es sich vielleicht um wirkliche Atrophie mit Zerfall und Resorption der Zellen. Demnach kämen also beide Fälle vor, ich betone aber, dass der letztere mit Sicherheit nur selten beobachtet wurde.

Die Untersuchung des Gewebes der Klappen lehrt den oberen Theil derselben aus echtem Bindegewebe bestehend. Man erkennt dort sehr leicht spindelförmige und auch sternförmige in Fibrillen auslaufende Zellen, zwischen denen man auch noch rundliche, weniger differenzirte Zellformen wahrnimmt. All diese Formelemente liegen in einer deutlich fibrillären Intercellularsubstanz. Im ersten Stadium war die Intercellularsubstanz mehr homogen und der Gesamtcharacter des Gewebes noch nicht ausgesprochen. Jetzt kann hierüber keine Frage mehr bestehen. Man sieht auch hier wieder wie sich das Bindegewebe durch den oberen Theil des Septums direct von der Mitralis in die Trienspidalis fortsetzt. Was die Verbindung der unteren Fläche der Klappe mit den Muskeltrabekeln betrifft, so gelangen hier zunächst zwei gleichartige Gewebelemente miteinander in Verbindung. Die Epithelzellen, welche die Muskelbalken unkleiden, kommen in directen Contact mit denjenigen der unteren Klappenfläche und man ist bald nicht mehr im Stande eine scharfe Grenze zu ziehen. Auf Längsschnitten durch das Herz sieht man, dass der obere, dem Vorhof zugewandte Theil der Klappe aus Bindegewebe, der dem Ventrikel zugekehrte aus Muskelgewebe besteht. Ich will hier hervorheben, dass nicht alle Schnitte durch die Klappen dieses Bild geben, denn der Muskelbeleg ist kein continuirlicher, da ja die Muskelbalken keineswegs in einer continuirlichen Linie an die Unterfläche des mehrbenannten Vorsprungs herantreten. Manche Schnitte treffen somit die Klappe an solchen Stellen, wo keine Muskelfasern mit ihr zusammenhängen. Der vom Endocard abstammende Klappentheil hat in diesem Stadium seine höchste Entwicklung erlangt. Wir werden sein ferneres Verhalten als ein mehr passives kennen lernen, um es zuletzt bei den ausgebildeten Klappen im rudimentären Befunde anzutreffen.

Drittes Stadium.

In diesem Stadium erreicht das Muskelgewebe im Klappenapparat seine grösste Ausbildung. Rindsembryonen von 3,5 bis 6 Cm., deren Herzen eine Länge von 4,5 bis 6,0 Mm. hatten, dienen als Untersuchungsmaterial für die folgenden Angaben¹⁾.

Die äussere solide Schicht der Herzwand hat auf Kosten des inneren spongiösen Theils noch bedeutend an Dicke zugenommen, so dass sie jetzt mehr als die Hälfte ihrer ganzen Dicke ausmacht. Da ich im nächsten Stadium sowohl Ventrikelwand als Ventrikelhöhle nochmals bespreche, gehe ich hier gleich zur Beschreibung des Klappenapparates über. Die nunmehr isolirten innersten Trabekel ordnen sich im linken Ventrikel zu zwei Gruppen an, welche anfangs aus noch sehr lose verbundenen Bälkchen bestehen, die durch viele Queräste mit einander zusammenhängen. Später erlangen die schon ziemlich isolirten Bündel von Trabekeln, indem sie unter gleichzeitigem Schwinden der Hohlräume massiver werden, eine grössere Selbstständigkeit, und heben sich damit schärfer von der übrigen Wandfläche der Ventrikelhöhle ab. Sie entspringen mit breiter Basis in der Nähe der Spitze des Ventrikels und ziehen sich, nur sehr allmählig dünner werdend, aufwärts gegen die Ostien hin. Ihre Spitze zerfällt in mehrere (6 bis 10) divergirende Ausläufer, welche als dicke Stränge eine kurze Strecke weit nach oben verlaufen. Man darf sich nicht vorstellen, dass diese conischen Bündel alle an die Klappen verlaufenden Trabekel umfassen, denn es gibt ausser ihnen noch viele andere kleinere Trabekel, die aber ganz ungeordnet ihren Verlauf bis zur Klappe verfolgen. Die normalen Trabekel ziehen nicht gestreckt unter dem nunmehr wulstförmigen Vorsprung weg, sondern gehen, ehe sie wieder in die Herzwand eintreten, in ein engmaschiges Geflecht über. Letzteres entsteht durch die Ausbreitung der einzelnen Stränge in fächerförmig divergirende Strahlen. Einige der stärkeren treten, ohne sich zu verästeln, in die Herzwand über und geben offenbar eine Stütze für die Klappe ab. Durch diese starke Betheiligung der Trabekel an der Klappenbildung kommt nun

¹⁾ Auch von menschlichen und Schweinsembryonen fertigte ich aus dem entsprechenden Stadium Schnittserien. Aber weil mir von diesen keine kontinuierliche Reihe von Entwicklungsstufen zu Gebote stand, ziehe ich es vor, der Beschreibung die Befunde beim Rinde zu Grunde zu legen. Die menschlichen und Schweinsembryonen dienen zur Vergleichung und Bestätigung.

ein Gebilde zu Stande, welches wir als Muskelklappe bezeichnen. Der Klappenwulst bildet in diesem Stadium eine an der Basis dünne Lage von Bindegewebe. Nur der freie Rand derselben erscheint jetzt wulstförmig und liegt an der am weitesten vorspringenden Stelle der Muskelklappe. Dieser Wulst hat eine auf dem Durchschnitte keilförmige Gestalt und zwar ist die Basis des Keils nach innen gerichtet, so dass die beiden einander gegenüberliegenden Wülste zweier Klappensegel an einander stossen und bei der Systole den Verschluss bewirken. Die Spitze des Keils läuft, immer dünner werdend, in das Endocard des Vorhofs aus (Fig. 2H7).

In diesem Stadium ist der ganze definitive Klappenapparat im Wesentlichen schon vorgebildet. Wir erkennen in den zu conischen Bündeln angeordneten Trabekeln die Papillarmuskeln; in den aus ihnen sich fortsetzenden, immer noch muskulösen Strängen, die Chorden, die ich als *chordae musculares*, zum Unterschied von den späteren *chordae tendineae* bezeichnen will. Die Klappe besteht hauptsächlich aus den, wie oben beschrieben, differenzirten Theilen der Muskulatur. Der bindegewebige Theil der Klappe ist im Verhältniss zum muskulösen wenig fortgeschritten. Der Wulst allein hat sich etwas vergrössert, was für die Function der Klappe von Wichtigkeit ist. Durch die genauere Untersuchung der Herzwand ist zu constatiren, dass sie nun aus deutlich quergestreiften Muskelfasern besteht. Die einzelnen Elemente sind breiter geworden und zu dicht gedrängt neben einander laufenden, sowie vielfach sich durchkreuzenden Zügen angeordnet. Nur in den Papillarmuskeln und Chorden (Fig. 9) verlaufen die Muskelfasern genau in der Längsrichtung nebeneinander. In der Klappe behalten sie diese Anordnung bei, sind nur auseinander gewichen und zu einer dünneren Schicht ausgebreitet. Von den Klappen setzt sich diese Schicht unmittelbar unter den Ostien in die Ventrikelwandungen fort. Wo dieselbe in die äussere Herzwand eingeht verliert sie sich in der, unter dem Pericard verlaufenden Längsfaserschicht gegen die Herzspitze; wo die Klappen an dem Septum entspringen ziehen ihre Faserzüge mit dessen Längsfasern abwärts. So sehen wir den ganzen Klappenapparat, mit Ausnahme des Klappenwulstes am freien Rande und der damit im Zusammenhang stehenden, bereits unterscheidbaren dicken Endocardlage, aus Muskelgewebe bestehen und erkennen darin das charakteristische für dieses Stadium.

Viertes Stadium.

Dieses Stadium beginnt mit der Rückbildung des Muskelgewebes der Klappen und Chorden, und endet mit dem bekannten Zustand beim Neugeborenen.

Für die früheren Stadien verfügte ich leider nur über eine spärliche Anzahl von menschlichen Embryonen, doch gestatteten mir dieselben die Uebereinstimmung der Befunde mit denen an Säugethierherzen zur Genüge zu constatiren. Da mir vom vierten Monate an menschliche Embryonen von vielen Altersstufen reichlich zu Gebote standen, so bezieht sich die folgende Beschreibung direct auf die Untersuchung menschlicher Herzen. Um aber Fehlerquellen möglichst auszuschliessen und eine fortlaufende Reihe von Bildern an derselben Säugethierspecies zu gewinnen, habe ich daneben Herzen von Rindsembryonen bis zum ausgetragenen Kalbe untersucht.

Dieses Stadium behandelt die Veränderungen, welche die Herzmuskulatur und der Klappenapparat in mehr als der Hälfte des gesammten Fötallebens durchmachen. Bei der Beschreibung können immer mehrere Altersstufen zusammengefasst werden, weil von jetzt an Monatlang die Verhältnisse mit Ausnahme einer stetigen Grössenzunahme sich annähernd gleichbleiben.

Die Herzwand besteht zum Beginne dieses Stadiums zu zwei Drittel aus compactem Gewebe. Der compacte Theil nimmt bis zur Geburt von aussen nach innen fortwährend zu, indem die Trabekel eine Vermehrung und Vergrösserung ihrer Elemente zeigen und dadurch die zwischenliegenden Hohlräume zum Verschwinden bringen. Dies ist nur die Fortsetzung eines in früheren Stadien schon beschriebenen Processes, der soweit fortschreitet, dass beim Neugeborenen nur noch eine mässig ausgebildete dünne Schicht netzförmiger Trabekel sich vorfindet. Der vom Septum gebildete Theil der Ventrikelwände, schon früher weniger von Hohlräumen durchsetzt, bietet im Anfang dieses Stadiums ein fast glattes Aussehen und verändert sich in dieser Beziehung während des ganzen Verlaufes nicht mehr viel. Ich bemerke, dass erst sehr spät in diesem Stadium (etwa im 6. bis 7. Monate) am oberen Theile des Septums die Ausbildung der *pars pellucida septi* beginnt; diese Stelle ist also nicht etwa eine mit der Entstehung des Septum zusammenhängende Bildung, sondern tritt erst nach vollständiger Entwicklung des durchaus muskulösen Septum auf (Fig. 3 S).

Durch die in den früheren Stadien wirkenden Differenzirungsprozesse sind an der Ventrikelhöhle wesentliche Veränderungen hervorgebracht worden. Ich greife zurück, indem ich erwähne, dass im ersten Stadium die Kammerhöhle fast gleichmässig von der spongiösen Muskelwand umgeben war. Nun aber sind die innersten Schichten dieser »Spongiosa« von der äusseren Herzwand isolirt worden, indem mit der Sonderung der Papillarmuskel und der Chordae musculares sich grössere Hohlräume zwischen beiden Theilen ausbildeten. Wir sehen in Folge dessen die Herzhöhle bedeutend vergrössert und Theile der Herzwand in die Herzhöhle hereingerückt, d. h. wir lassen jetzt den nach aussen von Papillarmuskeln und Chorden befindlichen Raum, der zwischen diesen Theilen überall mit der primitiven Ventrikelhöhle in Communication steht, als einen Theil der letzteren gelten. Daraus geht hervor, dass die ausgebildete Kammerhöhle keineswegs der primären Herzhöhle entspricht, sondern, dass nur der zwischen den Klappen und der innersten Chordenreihe liegende Theil derselben letzterer homolog sein kann. GEGENBAUR hat dies Verhältniss der Herzhöhle schon in seinen »Grundzügen der vergleichenden Anatomie« (l. c.) angegeben, wo er von dem Säugethierherzen sagt: »Es ergibt sich für die Räume der Kammern das eigenthümliche Verhältniss, dass nur der bei diastolischer Stellung der Klappzipfel von diesen und ihrer äusseren Sehnenfädenreihe umschlossene Raum dem Binnenraume des Fisch- und Amphibienherzens entspricht.«

Vom vierten Monate an zeigen einige der Trabekel an einer Seite einen scharf begrenzten weissen Streifen, der unmittelbar unter dem Endocard liegend sich von dem Muskelbalken durch seine Farbe deutlich abhebt. An anderen sieht man dieses weisse glänzende Gewebe die Hälfte derselben ausmachen. Wieder andere bestehen ganz aus demselben. Alle möglichen Zwischenformen kommen vor. Diese Erscheinung ist jedoch im Allgemeinen selten und man sieht oft am ganzen Trabekelnetz nur hier und da ein einziges derartig verändertes Bälkchen, welches immer dünner ist, als die benachbarten Muskelbälkchen. Es handelt sich hier um Vorgänge der Rückbildung des Muskelgewebes unter Auftreten von Sehngewebe (siehe Fig. 3), auf welche Vorgänge ich bei Besprechung der Histologie des Klappenapparates weiter eingehen werde.

Das Pericard ist zum ausschliesslichen Träger für die grösseren Gefässe geworden, und diese haben nun allein die Ernährung des Herzens übernommen. Beim 6-monatlichen Fötus habe ich häufig Aeste der Arteria coronaria sinistra durch die Herzwand bis in die

Papillarmuskeln und Chordae verfolgt. Der pericardiale Fortsatz zwischen Vorhof und Ventrikel, in dessen dickerem, peripherem Theile die Kranzgefäße verlaufen, dringt bis an die Klappen als Träger der Gefäße für dieselben vor, und erscheint beim Neugeborenen in continuirlicher Verbindung mit den Klappen. Die Vereinigungsstelle zwischen Klappen und Pericardialfortsatz wird also sehr spät gebildet, sie entspricht dem »annulus fibrocartilagineus« der Autoren ¹⁾.

Die Veränderungen des Klappenapparates in diesem Stadium sind sehr bedeutende; zuerst fällt eine beträchtliche Grössenzunahme der Klappen in die Augen. Dieselbe beruht auf sehr complicirten Wachsthumsvorgängen, die hier näher analisirt werden sollen. Wir constatiren vor Allem, dass die Klappe von ihrem Ursprunge, aus der Ventrikelwand herauswächst.

Man sieht ganz unzweideutig, dass der frei in das Lumen vorstehende Theil der Klappe keine Verlängerung erfährt, weil alle ihn constituirenden Theile ein constantes Verhältniss zu einander behalten. Er wird nur, durch von der Wand aus stattfindende Wucherung von Gewebe, mehr nach dem Centrum der Höhle vorgeschoben. An der unteren Fläche der Klappe sieht man häufig von der Ventrikelmuskulatur aus, Bündel sich vorstrecken; diese sind offenbar nur durch das Vorwachsen der Klappe mechanisch mitgezogen (Fig. 11 *Mf*). Ausserdem ist das weitere Vorstehen in die Ventrikelhöhle durch das Compactwerden der Ventrikelwände veranlasst, so lange nämlich die Wand noch spongiöse Structur hat, ist sie im Verhältniss zum Lumen sehr dick und nur ein Theil der Klappe ragt über das spongiöse Gewebe hinweg frei in die Ventrikelhöhle. Aus der Verschmelzung der ursprünglichen Vorsprünge mit dem Balkennetz der Kammerwand ist also durch diese Wachsthumsvorgänge das spätere Klappensegel (Fig. 3) entstanden.

Nach dem Vorgeführten ist durch den Entwicklungsgang der innersten Muskelschicht das Ventricular-Muskelgewebe mit der endocardialen Klappe in Verbindung getreten, aber nur an der unteren oder Ventrikelfläche der Klappen. Dagegen kommen aber auch an der Vorhofsfläche Muskelemente vor, worüber in der Literatur sehr ab-

¹⁾ Dieser Zusammenhang der Klappen mit dem Annulus fibrosus ist bereits für den Erwachsenen früher von L. JOSEPH (Ueber die Klappen und Ringe des menschlichen Herzens. VIRCHOW'S Archiv, Band XIV, pag. 412) nachgewiesen worden.

weichende Angaben existiren. Der erste, der dieselben beschrieb, war KÜRSCHNER¹⁾. Er sah sie bei vielen Säugethieren und beim erwachsenen Menschen von der Vorhofsmuskulatur unter dem Endocard eine kleine Strecke weit auf die Klappe übertreten. Seine Angaben wurden vielfach bestritten; manche wollten dieselben nur für den Menschen nicht gelten lassen wie REID²⁾, THEILE³⁾; andere läugneten ihr Vorkommen gänzlich, wie DONDERS⁴⁾; noch andere gaben deren Bestehen zu, erklärten es jedoch für nicht constant, wie BAUMGARTEN⁵⁾. Bald jedoch wurden KÜRSCHNER'S Angaben durch MÜLLER, RIGOT und L. JOSEPH (l. c.), welcher letztere ohne KÜRSCHNER zu erwähnen, zu denselben Ergebnissen gelangte, bestätigt. Noch einmal bestritt LUSCHKA⁶⁾ ihr Vorkommen, bis zuletzt GUSSENBAUER⁷⁾ ihr Vorhandensein bis zur Evidenz nachwies. — Bei meinen Untersuchungen habe ich dieselben constant gefunden. Beim menschlichen Fötus vom fünften Monate gehen sie nur bis an den Rand der Klappe, in den späteren Perioden des fötalen Lebens reichen sie mehr und mehr auf die Klappenoberfläche herein. Für die Befunde beim Erwachsenen kann ich nur GUSSENBAUER'S Angaben bestätigen, der die Muskelschicht im Verhältniss zu den Klappen grösser findet, als bei dem Neugeborenen. Eine Deutung dieser Befunde ist bisher nur vom physiologischen Standpunkte aus versucht worden. Während die früheren der genannten Autoren sie mit der Function der Klappe in Zusammenhang brachten, hält man sie jetzt, ihrer geringen Mächtigkeit wegen, functionell von keiner Bedeutung. Vom Standpunkte der Entwicklungsgeschichte aus erklären sich dieselben durch rein mechanische Wachsthumsvorgänge. Indem sich die Klappe, wie oben beschrieben, durch Wachsthum an ihrer Basis von der Peripherie aus vergrössert, zieht sie die hier mit ihr verschmolzene innerste Schicht der Muskulatur des Vorhofs und das diese bedeckende Endocard mit sich. Hiermit stimmt auch überein, dass die Ausdehnung dieser Muskellage jederzeit gleichen Schritt mit dem Wachsthum der Klappen hält, welches

1) WAGNER'S Handwörterbuch der Physiologie Bd. II. 1844. Artikel Herz und Herzthätigkeit. pag. 44.

2) TODD'S Cyclopaedia of Anatomy and Physiology. Vol. 2. 1839, pag. 589.

3) SAM. THOMAS v. SÖMMERING. Vom Baue des menschlichen Körpers. Umgearbeit. von THEILE. Band III. 2. Theil, pag. 26.

4) Physiologie des Menschen. 1856.

5) MÜLLER'S Archiv. 1843.

6) Anatomie des Menschen. 1863.

7) Sitzungsberichte der k. k. Academie der Wissenschaften in Wien. Band 57, Abtheilung 2. 1868.

auch noch nach dem Fötalleben hauptsächlich von der Basis aus geschieht.

Die Klappe wird von Anfang dieses Stadiums an, im Verhältniss zu ihren übrigen Dimensionen dünner. Den bindegewebigen Theil der Klappe sehen wir durch den Klappenwulst (Fig. 3 *W*) und seinen zu einem dicken endocardialen Lager gewordenen peripheren Theil repräsentirt (Fig. 3 *Ev*). Der Wulst befindet sich am freien Rande der Klappe in Form eines ungleichmässig dicken Saumes, welcher mit dem Endocard beider Klappenflächen zusammenhängt. In Folge seiner ungleichen Dicke und weil er an vielen Stellen in Knötchen vorspringt, hat dieser Saum eine wellenförmige Contour. Bei systolischer Stellung bieten die Klappen den Anblick ineinandergreifender Kammräder dar, indem die Knötchen einer Klappe sich in die Vertiefungen der anderen einlegen ¹⁾. Diese Knötchen findet man auch beim Neugeborenen im freien Klappenrande (siehe unten). Der untere im vorigen Stadium muskulös gefundene Theil der Klappe unterliegt jetzt wesentlichen Veränderungen, die auf geweblichen Differenzirungen beruhend, erst später beschrieben werden.

Die Papillarmuskeln sind im Allgemeinen schon wie beim Erwachsenen angeordnet, hängen aber noch in relativ grosser Ausdehnung mit den Trabekeln zusammen. Man sieht zwischen ihnen Muskelzüge, welche die benachbarten Papillarmuskeln verbinden; auch gehen von ihnen nicht wie später nur Chordae an die Klappen, sondern sie geben theils muskulöse, theils sehnige Stränge nach allen Richtungen in die Herzwand ab. Aus diesem Verhalten geht hervor, dass die Papillarmuskeln immer noch nicht so isolirt und selbstständig sind wie beim Erwachsenen. Die Chorden sind anfangs sehr kurz und dick (Fig. 3 *C*). Ein ganzer Papillarmuskel zerfällt in seiner Spitze zuerst in zwei bis vier, alsdann durch weitere Theilung in etwa sechs bis zwölf Chorden, deren Länge sich zu der der Papillarmuskeln durchschnittlich wie zwei zu fünf verhält. Nun erkennt man makroskopisch dieselben Vorgänge der Gewebssubstitution, wie ich sie bereits oben Seite 497 bei den Trabekeln als hier und da vorkommend beschrieben habe. Dieselben sind hier nur viel häufiger und schon im Anfange dieses Stadiums an jeder Chorde, in einer oder der anderen von den dort angegebenen Formen nachzuweisen.

¹⁾ Da man selten Herzen findet, bei denen die Klappen in geschlossener Stellung gehärtet sind, bekam ich dies Bild, in eclatanter Weise, nur einmal zu sehen.

Allmählig gehen so aus den Chordae musculares die Chordae tendineae hervor. Je weiter die Chorden sich entwickelt haben, um so mehr sind sie in die Länge ausgezogen und in Folge der angegebenen geweblichen Differenzierungen verdünnt worden. Wie aus nebenstehender kleinen Tabelle ersichtlich, ist das Verhältniss der Länge der Chordae tendineae zu ihren Papillarmuskeln wie 1:1½ bis 2:3 bis 4. Dieses Verhältniss ändert sich nun allmählig, durch Längenzunahme der Chordae und entsprechende Verkürzung, respective Zurückziehung der Papillarmuskeln, bis beim erwachsenen Menschen die Muskeln und grösseren Chordae annähernd gleich lang geworden sind. Die Ursache der Vermehrung der Chordae ¹⁾ in späteren Entwicklungsstadien, indem sich während des frühen Fötallebens nur wenige je einem Papillarmuskel angehörend finden, konnte ich nicht mit Sicherheit nachweisen, doch darf vielleicht die spätere Verbreiterung der Klappensegel als Grund einer weiteren Spaltung der Chorden angenommen werden.

An feinen Schnitten der Mus-

¹⁾ F. T. SCHMIDT gibt entsprechend seiner Ansicht über die Klappenentwicklung an, dass die Chordae tendineae an der Verbindungsstelle zwischen Endothellappen und Muskelbalken sich entwickeln und dass jedes Bündel ursprünglich eine zusammenhängende Masse bildet.

Tabelle zur Darstellung des Verhältnisses zwischen der Länge der Papillarmuskeln und der Chordae tendineae beim Neugeborenen.

Neugeborene Kinder Nr.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Mitralis	Chordae tendineae	3½	4	4	3½	3½	4	4	3	3	3	4	5	4½	3½	4½	3	4½	3½	3½	4½	76
	Papillarmuskel	9	9½	8	8½	10	11	9	7	7½	8	8½	10	10	9	10	9	11	10½	9	11	185½
Tricuspidalis	Chordae tendineae	4	5	5	4½	5½	3½	4	4½	4	4	5	3½	4½	4	3	3½	4	4½	4	5	95½
	Papillarmuskel	10	10	10½	10½	11	10	10	11½	10½	9	10½	8	8	11	9	8	10	10½	9½	7½	11

Im Durchschnitt ergibt sich somit das Verhältniss für die Mitralis, wie 1:2,44 wenn 1 als Länge der Chorda tendinea angenommen wird; für die Tricuspidalis wie 1:2,32.

kulatur der Kammerwand erkennt man im Anfang dieses Stadiums die Querstreifung der Muskelfasern deutlicher als bisher, doch noch klarer als diese springt ihre Längsstreifung ins Auge. Legt man einen Schnitt des gehärteten Herzens eines Neugeborenen kurze Zeit in einprocentige Kochsalzlösung, so lässt sich derselbe leicht zer-zupfen. Auf diese Weise erhält man nicht selten schön isolirte Fasern, deren Fortsätze jedoch meistens abgebrochen sind. Einmal glückte es mir eine fast dendritisch verästelte Faser zu isoliren. Messungen an so behandelten Fasern ergaben, dass diese durchschnittlich etwa die doppelte Breite der Primitivbündel aus dem zweiten Stadium besitzen. Diese Breitenzunahme beruht auf einem wirklichen Wachsthum der Faser, welches wahrscheinlich derart stattfindet, dass von der im zweiten Stadium noch deutlich vorhandenen, die Kerne umschliessenden Protoplasmamasse mehr und mehr Primitivfibrillen differenziert werden, die sich den schon vorhandenen anschliessen. Ausser diesem ist aber auch ein Längenwachsthum der Faser unverkennbar. An manchen auf die oben angegebene Weise isolirten Zellen vom sechsmonatlichen Fötus fand ich ein zugespitztes Ende, aus feinkörnigem Protoplasma bestehend, welches mit dem noch in der Faser enthaltenen zusammenhing und immer mehrere Kerne umschloss. Es lässt sich leicht denken, dass während das Protoplasma sprossenartig auswächst, von hier aus das Ansetzen von neuen Fibrillen stattfindet. Ich beschränke mich über diese Vorgänge auf das Gesagte, weil ein näheres Eingehen hierauf nicht im Zwecke meiner Arbeit liegt.

Ich wende mich nun zu dem oben erwähnten Substitutionspro-cesse, welcher sich am leichtesten an den Chorden und Klappen verfolgen lässt. Auf Schnitten durch die Klappen von Embryonen aus dem vierten Monate sieht man auf der oberen Fläche eine Binde-gewebslage, die jetzt viel dicker ist als früher, während sich die Muskellage an der unteren Fläche in demselben Verhältnisse ver-dünnt zeigt (Fig. 11 *BdL* und *Mf*). An den in der Hauptsache aus Muskelgewebe bestehenden Chorden zeigen sich meistens auf nur einer Seite unter dem Endocard Bindegewebsschichten, welche mehr oder weniger weit in das Innere reichen. Später tritt an den Chor-den immer reichlicheres Bindegewebe auf, womit eine Reduction der muskulösen Elemente Hand in Hand geht. Das Bindegewebe ent-wickelt sich von den Zellschichten des Endocard aus, mit dem es immer zusammenhängt und indem es gegen die Axe der Chorden fortschreitet, ersetzt es das in gleichem Maasse verschwindende Mus-

kelgewebe. Am Ende der Entwicklung ist das letztere vollkommen geschwunden, so dass beim Erwachsenen nur Bindegewebe nachweisbar ist¹⁾. Die Veränderungen dieses Bindegewebes sind sehr schwierig zu verfolgen. Ich constatire nur, dass wahres Sehnen-gewebe auftritt, welches sich in keiner Weise weder optisch, noch chemisch, soweit es mir möglich war letzteres zu untersuchen, von dem Sehngewebe anderer Körpertheile unterscheidet²⁾. Meine Beobachtungen erlauben keine sicheren Schlüsse auf die histologischen Prozesse, durch welche die Substitution des Muskelgewebes durch Sehngewebe im Einzelnen bewerkstelligt wird. Sicher jedoch ist, dass an Stelle des früher fast ganz muskulösen Klappenapparates jetzt ein mit Ausnahme der Papillarmuskeln ganz bindegewebiger, respective sehniger, getreten ist.

Die Resultate meiner Untersuchung lassen sich in folgende Sätze zusammenfassen: In ihrem frühesten Zustande sind die Atrioventrikularklappen in Form einfacher halbmondförmiger Vorsprünge an dem Ostium einander gegenübergestellt. Sie sind endocardiale Gebilde, zeigen keinerlei Beziehungen zur Ventrikelmuskulatur und bestehen aus jungem Bindegewebe, welches durch eine sehr resistente Intercellularsubstanz ausgezeichnet ist. Für diese hier zum erstenmale beschriebenen Klappenbildungen schlage ich die Bezeichnung primäre Atrioventricularklappen vor. Sie erhalten sich beim Säugethier nur sehr kurze Zeit in dieser Weise; bald findet man, dass Muskelgewebe von der Kammerwand auf die primären Klappen übergreift, indem sich gleichzeitig die innersten Schichten des Balkennetzes der Kammerwand mehr isoliren. Während dieser Process eine immer weiter fortschreitende Verbindung zwischen der Muskulatur der Kammerwand und den primären Klappen ausbildet, treten Letztere dem stark wuchernden Muskelgewebe gegenüber in den Hintergrund und bleiben schliesslich nur in der Gestalt des Klappen-

1) Im dritten Theile dieser Abhandlung werden die Ausnahmen dieser Regel, Fälle bei denen die Chorden als noch ganz oder theilweise muskulöse Stränge sich erhalten haben, behandelt.

2) Nach L. JOSEPH (l. c.) sind die Klappen als Ausläufer der *Annuli fibrocartilaginei* und die »*Chordae tendineae* als letzte Endigung der venösen Klappen zu betrachten, da sie aus derselben elastisch-faserknorpeligen Substanz wie die Klappensegel bestehen und gleichen nicht in ihrer Structur den Sehnen aller anderen Muskeln, wie sie GERLACH beschreibt, der sie für die Sehnen der Papillarmuskeln ausgibt«. Dieser Angriff JOSEPH's auf eine richtige Angabe GERLACH's entbehrt jeder Begründung, um so mehr als die von ihm gegebenen Abbildungen nur willkürliche Schemata sind.

wulstes erhalten. Die Klappen bestehen nunmehr wesentlich aus dem der Herzwand entstammenden Muskelgewebe. Als weitere Differenzirung tritt ein Vorgang hinzu, der hauptsächlich auf einer Gewebssubstitution beruht. Von dem fast ganz muskulösen Klappenapparate übernimmt ein Theil die Hauptarbeit, indem an ihm das Muskelgewebe sich erhält und fortentwickelt, während ein anderer, zu einer mehr passiven Rolle bestimmt, das Muskelgewebe unter Auftreten von schnigem Bindegewebe schwinden lässt. Der dem oberen Theile der Muskelklappe auflagernde Klappenwulst verschmilzt mit der bindegewebigen Umwandlung der Muskelklappe vollständig, so dass zwischen den beiden Theilen der Klappe bald keine Grenze wahrnehmbar ist. Der aus dieser Verschmelzung zwischen den primären Klappen und den bei weitem mächtigeren innersten Schichten der Ventrikelmuskulatur hervorgegangene Klappenapparat der Säugethiere und des Menschen ist also ein secundärer, dem bei vielen Säugethiere und dem Menschen noch Rudimente des primären in Form kleiner Knötchen des Klappenwulstes am freien Rande der Klappe anhängen. Indem ich mir erlaube den GEGENBAUR'schen Satz (l. c.) über die Entwicklung der Atrioventricularklappen, mit den von mir aufgefundenen Thatsachen zu verbinden, lässt er sich folgendermassen formuliren: Die Atrioventricularklappen sind in ihrer ersten Anlage, halbmondförmige rein endocardiale Vorsprünge, welche sich erst secundär mit dem muskulösen Balkennetze der Kammerwand verbinden und hierauf in gleichem Maasse verkümmern, als der aus letzterer differenzirte, bleibende Klappenapparat sich ausbildet.

II.

Es liegen bis jetzt in der Literatur zwei Versuche vor, die Atrioventricularklappen vergleichend zu behandeln. Der erste derselben stammt von GEGENBAUR¹⁾ und behandelt hauptsächlich die Verhältnisse im rechten Ventrikel. Ein zweiter viel umfangreicherer ward von SABATIER²⁾, welcher das ganze Herz in den Bereich seiner Untersuchungen zog, gemacht. Ein wesentlicher Fortschritt über die

¹⁾ Zur vergleichenden Anatomie des Herzens. Jenaische Zeitschrift für Medicin. Band II. 1866. pag. 375.

²⁾ Études sur le coeur dans la série des vertébrés. Montpellier et Paris 1873.

von GEGENBAUR erkannten Verhältnisse an den Klappen ist in seiner Arbeit jedoch nicht zu finden, indem er zu denselben Schlüssen wie ersterer gelangte.

Durch die im vorstehenden Theile der Anatomie der Atrioventricularklappen zugeführten neuen Thatsachen erscheint hier eine kurze vergleichende Umschau gerechtfertigt, zumal dadurch verschiedene Befunde am Herzen von Wirbelthieren verständlicher werden.

Die Herzwand besteht bei Fischen und Amphibien aus einer spongiös sich darstellenden Schicht netzförmig verbundener Muskelfaserzüge. Im Centrum findet sich eine von jenem spongiös gebauten Gewebe deutlich begrenzte Herzhöhle, von welcher aus Hohlräume nach allen Richtungen zwischen die Räume des Muskelbalkennetzes zur Wand sich erstrecken. Bei Amphibien dringen diese Hohlräume bis unter das Pericard; bei vielen Fischen ist die äussere Schicht eine compactere. Auch bei Reptilien ist schon eine ziemlich dicke äussere compacte Muskellage ausgebildet, welche in allen Uebergangsformen bis zu dem bekannten Zustande der Säugethiere sich nachweisen lässt. Sehr bedeutend ist diese compacte Schicht bei *Alligator lucius*.

Besondere Beachtung verdient die Beziehung der Blutgefässe zur Herzwand. Diese Gefässvertheilung in der Herzwand hat in den niederen Wirbelthierklassen HYRTL¹⁾ genauer untersucht. Er fand bei den Amphibien das Herz vollkommen gefässlos und bei den Reptilien nur die äusserste solide Schicht der Ventrikelmuskulatur gefässhaltig. Bei den Fischen ist unter den Teleostiern wiederum die äussere Schicht vascularisirt, während Ganoïden und Selachier nun die Herzwand durchweg gefässhaltig zeigen. Ob demzufolge der Satz: »Die totale und partielle Gefässlosigkeit des Amphibien- und Reptilienherzens hängt von dem Grade des cavernösen Baues der Herzwand ab« allgemein begründet ist, möchte ich bezweifeln, denn bei den Selachiern ist der cavernöse Bau der Kammer sicher nicht weniger als bei Teleostiern ausgeprägt. Für die Säugethiere wissen wir, dass ihre Herzen in allen Schichten gefässhaltig sind, d. h. von den Art. coronar. gespeist werden. Es besteht also in der Wirbelthierreihe ein niederer Zustand, in welchem die Kammerwand des Herzens keine Gefässe empfängt; dann bestehen solche, in denen eine ganz allmählig erfolgende Gefässverbreitung in der Kammerwand nachweisbar ist.

¹⁾ Vorläufige Anzeige der Entdeckung gefässloser Herzen. Sitzungsbericht der k. k. Acad. der Wissenschaften. Math. naturw. Klasse. 1858. VI. 33 pag. 372.

Endlich ist in einem ferneren Zustande die ganze Kammerwand gefässhaltig. In diesen Thatsachen zeigt sich nun eine Erklärung und Bestätigung der von mir im 1. Theile beschriebenen Verhältnisse der Ernährungsquellen in der Entwicklungsgeschichte des Säugethierherzens. Dort wurde gezeigt, dass zuerst eine ganz gefässlose Herzkammer besteht und wie dann allmählig von den Gefässen des Pericards aus, unter Solidification der Kammerwand, die Vascularisation erfolgt. Mit dieser Gefässentfaltung in der Herzwand prägt sich stufenweise eine Complication der Structur des Herzens aus, die ebenso in der Wirbelthierreihe erkannt wird, wie sie sich ontogenetisch in der Entwicklung des Säugethierherzens findet.

Die Atrioventricularklappen sind bei Teleostiern in der Regel (Gadus, Esox, Salmo) in Form zweier halbmondförmiger, bindegewebiger, dünner Taschenklappen vorhanden. Zwei Klappen stehen einander genau gegenüber und sind die einzigen Verschlussapparate des Ostium venosum der Kammer¹⁾. Sie bestehen aus sehr straffem Bindegewebe. Die Klappen im Bulb. arteriosus sind den eben beschriebenen Klappen in Form, Anordnungsweise und Structur vollkommen gleichartige Gebilde. Zwei ebensolche Klappen finden sich auch an dem Ostium zwischen Vorhof und Sinus venosus. Wir haben also im Herzen der Fische der Hauptsache nach drei mit Klappen versehene Stellen zu unterscheiden, und diese Klappen sind einander allgemein homolog. Bei jungen Selachiern kann man sich von ihrer Homologie am leichtesten überzeugen (Fig. 6 *K* und *KC*). Bei Amphibien sind die Atrioventricularklappen ebenfalls in der Form zweier dünner, bindegewebiger Taschen vorhanden. Sie sind jedoch dadurch etwas verändert, dass das Vorhofseptum von oben her das primäre Ostium in zwei theilt. Dass auch bei Rindsembryonen die erste Anlage der Atrioventricularklappen und der Arterienklappen ganz übereinstimmend ist, vermochte ich zu constatiren, musste aber aus Mangel an Zeit und Material den Verfolg der weiteren Entwicklung der Arterienklappen zur Seite lassen. Die obigen vergleichend-anatomischen Daten erscheinen mir von grosser Wichtigkeit für das Verständniss der primären Atrioventricularklappen der höheren Wirbelthiere. Nur durch sie wird es möglich eine einheitliche Auffassung der sehr

¹⁾ Bei vielen Teleostiern, einigen Selachiern und Ganoïden finden sich von dieser Beschreibung abweichende, complicirtere Verhältnisse, welche hier nicht zu berücksichtigen sind.

differenten Apparate zu begründen. Denn wir vermögen nur in jenem primitiven Zustande den Ausgangspunct zu erkennen, von welchem durch allmälige Modification die complicirten Befunde der Atrioventricularklappen sich ableiten. Wenn wir also die Befunde mit einfachen endocardialen Vorsprüngen, membranöse Atrioventricularklappen bildend, als primäre betrachten, so sind Fische und Amphibien Repräsentanten dieser Einrichtungen.

Bei den Reptilien, von denen ich Alligator lucius als Vergleichungsobject wähle, sind die Atrioventricularklappen schon viel höher differenzirt. GEGENBAUR l. c. hat von diesem Objecte die rechte Atrioventricularklappe sehr genau beschrieben und BRÜCKE hat die physiologischen Beziehungen dieser Bildungen in höchst geistreicher Weise verständlich gemacht. Ersterer sagt (l. c. p. 376) von der Klappe: »Die das Ostium begrenzenden Ränder werden von zwei verschiedenen Theilen gebildet. Median von der bekannten membranösen Klappe, lateral dagegen von der Muskelwand der Kammer selbst, an der nur ein schmaler Hautsaum vorragt und zur Vergleichung mit einer zweiten, lateralen Klappenmembran Anlass geben mag. Es ist dieser Hautsaum gegen das mediane Klappensegel unansehnlich, sowie er auch gegen den muskulösen Theil, von dem er entspringt, als ein untergeordneter Abschnitt zurücktritt.« Die das Crocodilherz betreffende, beschreibende Literatur übergehend, will ich hier die Schilderung der Befunde des Herzens von Alligator lucius in Beziehung auf meine Untersuchungen in vergleichender Weise behandeln. Meine Beschreibung weicht kaum von der SABATIER'S (l. c.) ab. Im linken Ventrikel finden sich zwei dünne halbmondförmige einander ganz gleich gebaute Klappen. Auf ihrer Unterfläche sieht man spärliche Muskelzüge verlaufen, welche weiter unten im Ventrikel ihren Ursprung haben. An dem von mir untersuchten Exemplare waren auch auf der membranösen Klappe des rechten Ventrikels einige Muskelfasern nachweisbar. Diese Befunde lassen sich nun durch Vergleichung mit den von mir gegebenen embryologischen Thatsachen in die kleinsten Details verstehen. Das Alligatorherz ist nur wenig weiter entwickelt als das Amphibienherz. Im linken Ventrikel beginnen eben nähere Beziehungen zwischen den primären Klappen und der Kammerwand sich auszubilden. An beiden Hälften der Klappen sieht man entlang der Basis schwache Muskelfaserzüge verlaufen, aber nur einige Linien auf den Anfang der Klappen übergreifen. Am lateralen Abschnitt der Klappe des rechten Ventrikels ist dagegen ein viel höher differenzirter Zustand nachzuweisen. Die

dort mit der primären Atrioventricularklappe verbundenen Muskelagen sind sehr mächtig und nur der schmale Hautsaum ist der Rest der primären Klappen, den ich oben als Klappenwulst bezeichnete, da er in jenem Zustande wulstförmig gestaltet ist. Das Alligatorherz würde demnach etwa meinem zweiten Stadium des Säugethierherzens entsprechen, mit Ausnahme des lateralen Abschnittes der Klappe im rechten Ventrikel, welcher schon höher differenzirt ist. Wenn ich die Vögel übergehe, so geschieht es, weil deren Gesamtorganisation, bei vieler Uebereinstimmung mit Reptilien, von jener der Säugethiere bedeutend divergirt und speciell die bei ihnen sich findenden Verhältnisse im Herzen zwar gleichfalls von jenen der Reptilien sich ableiten lassen, aber nicht zu jenen der Säugethiere direct verfolgbar sind.

Zum nächsten Vergleichungsobject wähle ich daher ein niederes Säugethier, *Ornithorhynchus paradoxus*. Ungeachtet zahlreicher über dieses Thier bestehender Untersuchungen ist das Herz desselben doch verhältnissmässig wenig genau bekannt. MECKEL und OWEN, die ersten Untersucher dieses Gegenstandes, fanden in dem rechten Ventrikel eine Muskelklappe und verglichen dieselbe mit der ähnlichen im Vogelherzen. GEGENBAUR l. c. hat erst nachgewiesen, »dass hier keineswegs ein Uebergangsstadium vom Vogelherzen zu dem der Säugethiere vorliegt.« Das von mir untersuchte Ornithorhynchuserz war seiner Grösse wegen ein sehr günstiges Object; im rechten Ventrikel desselben sind zwei Klappen vorhanden, welche am hinteren Rand des Ostiums breit ineinander übergehen. Die laterale grosse Klappe besteht aus zwei deutlich getrennten Theilen, einem oberen dünnen bindegewebigen, auf welchen ein unterer sehr dicker muskulöser folgt. Der untere muskulöse Theil stammt von zwei Papillarmuskeln, deren einer, oberhalb der Herzspitze am weitesten nach vorn liegend, von ganz besonderer Dicke ist. Seine Muskelfasern strahlen, ohne zuvor in Chorden zu zerfallen, breit an der unteren Fläche der Klappe aus und bilden hier ein continuirliches dickes bis in die Kammerwand zurückreichendes Lager. Ein zweiter kleiner Papillarmuskel setzt sich weiter hinten an die Klappe an und verhält sich sonst genau wie der grosse. Fast die ganze Klappe erscheint somit muskulös, nur ihr freier Rand besteht aus Bindegewebe, welches sich continuirlich in das Endocard der Vorhoffläche der Klappe fortsetzt. Die mediale Klappe ist viel kleiner als die laterale; mit ihr hängt nur ein ganz dünner Muskelzug zusammen, welcher auch an ihrer Unterfläche befestigt ist. Wesentlich besteht

sie aus Bindegewebe. Im linken Ventrikel dieses Herzens fand ich schon deutlich ausgebildete Papillarmuskeln, welche gleichfalls nicht in Chorden zerfallen. Sie sind aber an ihrem oberen Ende bindegewebig umgewandelt und breiten sich an der unteren Klappenfläche fächerförmig aus, ehe sie wieder in die Herzwand eintreten. Im rechten Ventrikel ist hier ein Verhalten zu constatiren, welches ich mit dem III. Entwicklungsstadium parallelisiren möchte, im linken Ventrikel dagegen passen die Verhältnisse schon eher zu einer Vergleichung mit dem IV. Stadium.

Die Klappen an den venösen Ostien der Crocodile repräsentiren einen Zustand, in welchem sich theilweise die ersten Beziehungen, theilweise auch etwas weiter fortgeschrittene Verbindungen zwischen den primären Atrioventricularklappen und der Kammerwand ausgebildet haben.

Bei den Monotremen ist der von der muskulösen Kammerwand gebildete Theil der secundären Atrioventricularklappen in entschiedenem Uebergewichte und schliesst damit den Klappenbefund näher an den ausgebildeten Zustand der übrigen Säugethiere.

III.

Reste embryonaler Zustände der Atrioventricularklappen am ausgebildeten Herzen des Menschen ¹⁾.

A. Regelmässig vorkommende Befunde.

1. Ausser den eigentlichen Trabeculae carneae kommen häufig Bälkchen vor, welche die Herzhöhle quer oder schräg durchsetzen. Sie können in allen Theilen des Ventrikels sich treffen, aber man findet sie am häufigsten im Spitzentheil des rechten Ventrikels, wo sie sich nach allen Richtungen kreuzen. An diesem Theile des Herzens hat sich auch der ursprüngliche schwammige Bau noch am vollständigsten erhalten. Diese Bälkchen sind theils sehnig, theils muskulös. Beim Rinde findet sich constant ein sehr dicker muskulöser Balken quer durch die Mitte des Conus arteriosus des rechten Ventrikels.

¹⁾ Ausgeschlossen von diesen Betrachtungen sind alle Reste, welche nicht direct mit den Klappen oder der Herzwand zusammenhängen

Im rechten Ventrikel des Menschen fand ich zweimal starke, von der äusseren Wand her, schräg von unten nach oben in das Septum ziehende Balken, in denen, wie sich auf Schnitten zeigte, ein starkes Blutgefäss verlief. Diese Blutgefässe waren möglicherweise der Grund für das Weiterbestehen der starken Balken. Ueber die Deutung dieser freien Balken des Herzens kann kein Zweifel bestehen. Sie sind Reste der ursprünglichen schwammig-netzförmigen Kammernuskulatur und liegen immer nur an solchen Stellen, an welchen früher dieses Gewebe war. Man findet sie also nie an den Stellen, welche der primären Herzhöhle entsprechen.

2. In CRUVEILHIER's *Traité d'Anatomie descriptive* ¹⁾, wo von den Atrioventricularklappen gehandelt wird, heisst es »à la circonférence libre de la valvule, qui présente quelquefois des petites nodules« etc. ALBINI ²⁾ hat später unter dem Namen der Noduli an den Atrioventricularklappen Neugeborener und Erwachsener ³⁾ offenbar dieselben kleinen knotigen Verdickungen, welche an freien Klappenrande zwischen dem Endocard der Vorhöfe und Ventrikelfläche liegen, genauer beschrieben. Er gibt an, dass an jeder Klappe sich 20 bis 30 solcher hirsekorngrosser Knötchen vorfinden. Nach ihm besteht jedes derselben aus einer Art Kapsel und einem Inhalte. Die Kapsel wird von den umliegenden Ausbreitungen der Chorden und dem Endocard gebildet und besteht aus einem dichten Netze von Bindegewebsfasern. Der Inhalt ist nach ihm auch nichts Anderes als Bindegewebe mit spindelförmigen Zellen und elastischen Fasern. Den Namen »Noduli«, hat er ihnen beigelegt, weil sie in ihrer Structur mit den bekannten »Noduli Arantii« der Semulinar-klappen übereinstimmen.

HENLE sagt von diesen Bildungen: »Ich kann diese Knötchen, die auch ich zuweilen, wenn auch nicht in solcher Ausdehnung gesehen habe, nur für krankhaft, für eine Art von Balggeschwülsten halten, die sich aus Faserstoffgerinnseln entwickelt haben mögen« ⁴⁾.

Im Allgemeinen kann ich die Angaben ALBINIS bestätigen. Nur in Bezug auf die Zahl der Knötchen bemerke ich, dass sie für die Regel zu hoch gegriffen ist. Im Klappensegel des Neugeborenen

1) CRUVEILHIER, *Traité d'Anatomie descriptive*. 2^{de} édition, Paris et Montpellier. 1849.

2) Wochenschrift der k. k. Gesellschaft der Aerzte in Wien. 2. Jahrgang 1856. Nr. 26, pag. 404.

3) Auf meiner Figur 5 sind dieselben am Rande der Mitralis zu erkennen.

4) *Anat. d. Menschen*. Band III. 1868. pag. 24.

fand ich durchschnittlich 6 bis 10 derselben deutlich ausgebildet. Beim Erwachsenen sind sie nicht so häufig; oft gelingt es nur einige kleine harte Knötchen am freien Rande aufzufinden. Dieselben bestehen hier aus sehr straffem zellenarmen Bindegewebe mit vielen elastischen Fasern. Die Kapseln ALBINI's sind nur die äussere Schicht der Knötchen und diese hängen mit dem umgebenden Gewebe überall und unmittelbar zusammen. Die Deutung dieses Befundes ist einleuchtend. Die Knötchen sind Theile des früheren Klappenwulstes, welche sich beim Neugeborenen noch in grösserer Anzahl und stärkerer Ausbildung finden und beim Erwachsenen sich in geringerer Zahl und rudimentär erhalten haben. Sehr verbreitet ist auch die Ansicht, dass die Knötchen einer chronischen Endocarditis ihren Ursprung verdanken. ALBINI's Arbeit blieb bisher unbeachtet, und man sprach noch in neuester Zeit von einer Endocarditis neonatorum. Wenn nun auch neben unseren rudimentären Knötchen (noduli Albini) zweifellos chronisch endocarditische Processe an den Klappen vorkommen, so müssen wir doch streng zwischen den zwei Formen unterscheiden, und ich will in Nachstehendem versuchen die Merkmale, welche eine differentielle Diagnose ermöglichen, darzulegen. Das Hauptsächlichste Unterscheidungsmoment wird, glaube ich, in den topographischen Beziehungen zu suchen sein. Chronisch endocarditische Wucherungen kommen entweder circumscript oder mehr diffus an den Klappen vor. Die diffusen werden nicht leicht zu Verwechslungen Anlass geben können, und es wären nur die circumscripten etwas genauer zu characterisiren. Ihrer äusseren Form nach sind sie oft zotten- oder warzenartig, manehmal sind sie auch kurz gestielt. Sie sitzen vorzugsweise auf der Vorhofsfläche der Klappen und verbreiten sich ganz unregelmässig nach verschiedenen Richtungen. Die »Knötchen« dagegen sind regelmässig angeordnet, liegen genau am Rande der Klappen und bedingen nur ganz unbedeutende Hervorragungen. Ihrem Gewebe nach lassen sich beide Formen nicht in allen Fällen unterscheiden, indem beide aus straffem Bindegewebe bestehen. Als ein weiteres diagnostisches Merkmal ist hier zu erwähnen, dass die endocarditischen Wucherungen sehr zu regressiven Metamorphosen tendiren. Man findet sie häufig fettig degenerirt oder verkalkt. Letztere Processe habe ich nie an den Knötchen beobachtet. Ein sehr bemerkenswerther mir zur Beobachtung gekommener Fall zeigte am Rande des medialen Zipfels der Mitralis einige kleine zottige Exereseenzen, die mit einem sonst normalen Knötchen zusammen-

lingen. Es wäre denkbar, dass hier, wie wir es auch an anderen Theilen des Körpers, wo sich noch rudimentäre Gebilde erhalten haben, sehen, eine Neubildung (Geschwulst) ihren Ausgangspunct von solchen rudimentären Theilen genommen hat.

B. Zuweilen vorkommende Befunde.

Es empfiehlt sich hier zuerst diejenigen Anomalien zu beschreiben, welche auf sehr frühe Zustände zurückweisen, um dann zu jenen überzugehen, welche späteren Differenzirungen ihre Entstehung verdanken. Erstere sind viel seltener, weil selbstverständlich ein früh angelegter Theil auch leichter weiteren Differenzirungen unterliegt.

Als seltensten Fall beschreibe ich einen Befund am Herzen eines neugeborenen Kindes (Fig. 4). Im linken Ventrikel fand ich einen zum hinteren Zipfel der Mitralis verlaufenden Papillarmuskel (*Pm*), welcher in Form eines platteylindrischen Stranges, in der Gegend der Herzspitze entspringend, in die Klappe (*K*) einging und, sich hier etwas verbreiternd, ihrer unteren Fläche entlang wieder in die Herzwand unmittelbar unter dem Annulus fibrosus (*Af*) eintrat. Dieser Muskelbalken gab noch einige Chordae tendineae (*C*) ab, welche sich seitlich an dem Zipfel inserirten. Ausserdem entsendete er einen dünnen aber ganz muskulösen Ausläufer an den ihm gegenüberstehenden Papillarmuskel. Auf senkrecht durch die Klappe geführten Schnitten sah man unter dem Endocard der Vorhofsfläche des Klappensegels noch eine dünne Bindegewebsschicht, auf welche dann eine mächtige Muskellage folgte. Der dünne obere Theil der Klappe ragte noch etwas über den Muskelbalken vor und zeigte an seinem freien Rande einige der oben beschriebenen kleinen Knötchen. Die auf derartige Fälle durchgesehene Literatur hat mir nichts dem vorbeschriebenen Falle ähnliches aufgewiesen.

Die folgenden zwei Fälle an Herzen Erwachsener sind dem obigen im Wesentlichen sehr ähnlich. Am Herzen einer im Wintersemester 1875/76 im Acad. Krankenhause dahier an Pneumophthise Verstorbenen fand sich, an dem Aortenlappen der Mitralis inserirend, ein 4 Mm. dicker, ganz muskulöser Strang. Der vordere Papillarmuskel bildete nicht wie gewöhnlich einen kurzen stumpfen Kegel, sondern setzte sich, nur wenig dünner werdend, bis an die untere Klappenfläche fort. Zwei stärkere von ihm abgehende Chordae tendineae

setzen sich an denselben Lappen der Mitralis an. An der unteren Klappenfläche wird das Ende des Muskelstranges etwas breiter und seine Muskelbündel verlieren sich, kurz in die Klappen ausstrahlend¹⁾ (Fig. 5). Der andere Fall betrifft ein Herz, welches sich in der pathologisch-anatomischen Sammlung fand und als »Excreescenzen auf der Mitralis« etikettirt war. Im linken Ventrikel fand ich beide Papillarmuskeln als dicke Muskelstränge sich an die Klappen ansetzend, ohne zuvor in Chorden zu zerfallen. Der Ansatzstelle entsprechend finden sich auf der Vorhofsfläche harte ulcerirte Stellen, um welche kleine harte Granulationen stehen. In den beiden letzten Fällen sehe ich einen dem normalen näher stehenden Zustand, als in dem im zuerst beschriebenen und es können uns dieselben als Uebergangsstufe zum einem vierten beim Neugeborenen beobachteten Falle dienen. Dieser unterscheidet sich nur dadurch von den eben beschriebenen, dass die Fasern des Papillarmuskels nicht bis in die Klappe selbst eintreten, sondern dass sie mit dieser durch eine äusserst kurze, nur $\frac{1}{2}$ Mm. lange Sehne verbunden waren²⁾.

Etwas öfter kommt ein Verhalten zur Beobachtung, welches obwohl sich dem letzten anschliessend, doch schon nicht mehr als Anomalie aufgefasst zu werden braucht. In diesen Fällen ist nur der Papillarmuskel im Verhältniss zu seinen Chorden länger als gewöhnlich. Ein Papillarmuskel hat zum Beispiel eine Länge von $2\frac{3}{4}$ Cm. und seine Chorden sind nur $\frac{3}{4}$ Cm. lang. Dieses Verhältniss ist zu gewissen Zeiten des Fötallebens normal (siehe oben pag. 501) und wir erklären uns dasselbe am einfachsten, indem wir annehmen, dass die Sehnenbildung auf diesem Stadium stehen blieb.

E. OEHL³⁾ hat im Jahre 1860 über die Gegenwart contractiler Elemente in den Chordae tendineae der Valvula mitralis beim Menschen folgende Mittheilungen gemacht: »Jeder Hauptzipfel einer Klappe

¹⁾ An diesem Herzen fanden sich ferner ein noch sehr ansehnliches Rudiment der Valvula Eustachii und die Valvula tricuspidalis in vier deutliche Zipfel getheilt.

²⁾ In der Literatur finde ich merkwürdiger Weise keine Angaben über solche Anomalieen. Dieselben können nicht gar selten sein, da ich meine Fälle in der kurzen Zeit von sechs Monaten, unter nur etwa hundert zur Section gekommenen Leichen fand.

³⁾ Memorie della reale accademia delle scienze di Torino. Serie second. XX. pag. 343 u. ff. Sulla presenza di elementi contrattili nelle maggiore corde tendinee della valvole mitrali umane, di E. OEHL, docente istologia ed anatomia microscopica all' Università di Pavia.

empfangt unter anderen zwei grössere Sehnen, welche sich an die äussere Fläche der Klappen ansetzen, jedoch nur in der Nähe der Atrioventricularöffnung; diese halten kleinere Sehnen auseinander, die zugleich mit ihnen derselben Papille entspringen, sich aber an der ganzen äusseren Klappenfläche verlieren. Von den letzteren und den erstgenannten Sehnen gehen andere kleinste Sehnen aus, die sich an den freien Rand der Klappe anheften«

»Sicher habe ich nun in dem dicken Theile der grössten Sehnen der Mitralis immer quergestreifte Muskelfasern, sehr häufig auch mitten im Verlaufe dieser Sehnen ein wirkliches Muskelchen gesehen.« — Die Untersuchung dieser Verhältnisse wurde von OEHL¹⁾ so angestellt, dass er Klappen, Sehnen und Papillarmuskeln des linken Ventrikels trocknete und dann an den grössten Sehnen eine fleischrothe Färbung fand, die sich unter dem Mikroskop als von quergestreiften Muskelfasern herstammend erwies. Diese Färbung liess sich manchmal schön zugespitzt, gegen Papillarmuskel und Klappe verlaufend, verfolgen. Immer aber war zwischen dieser rothen Färbung und dem Papillarmuskel einerseits, sowie zwischen ihr und der Klappe andererseits ein Stück der Chorda nachweisbar, das sich als rein sehniger Natur ergab. Die grösste Mächtigkeit hatten die quergestreiften Fasern in der Mitte der Länge der Chorden, mit denen sie meist mehr seitlich, also excentrisch verbunden waren und OEHL schlägt für dieselben den Namen »Musculus contractor chordae« vor.

Diese Angaben OEHL's kann ich nur zum geringen Theile bestätigen. — Da er nicht angibt an wie vielen Herzen er seine Beobachtungen anstellte, so kann seine Behauptung nicht direct bestritten werden. Ich habe 30 Herzen auf ihr Verhalten in dieser Beziehung untersucht und fand nur an acht derselben quergestreifte Muskelfasern in den Chorden der Mitralis. Davon zeigten sich in 6 Fällen mehr oder weniger starke Züge von Fasern, welche aber mit dem Papillarmuskel zusammenhingen und sich an $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ der Chorda und weiter hinauf nachweisen liessen. Die Zahl der Fasern wurde immer geringer, je weiter sie an der Chorda aufstiegen. Einmal fand ich der ganzen Chorda entlang einen dünnen Streifen von Muskelfasern. Ferner sah ich, auch nur einmal, von der Ventrikelwand entlang der Unterfläche der Klappe einen spitz zulaufenden Zug von Muskelfasern bis in eine Chorda verlaufen. Niemals beobachtete

¹⁾ In den Triuspidalchorden konnte OEHL trotz wiederholter Untersuchung keine contractilen Fasern auffinden.

ich ein spindelförmiges Muskelchen, welches isolirt an einer Chorde befestigt gewesen wäre. Diese Beobachtungen schliessen nicht aus, dass das von OEHL sehr häufig gesehene Muskelchen vorkommen könne. Der Controle wegen habe ich auch gleich OEHL, Klappen und Chordae getrocknet und an den Chorden in der That immer einen röthlichen Schimmer bemerkt, welcher aber bei der mikroskopischen Untersuchung sich nicht als von Muskelementen herrührend erwies¹⁾. OEHL hat für seine Befunde keine morphologische Erklärung gegeben; er hält es für wahrscheinlich, dass die Muskelfasern bei der Function der Klappe betheilig sind, bezieht sich also nur auf eine mögliche Function. Ich kann mich nicht zu dieser Anschauung bekennen und erkläre jene Fälle einmal für sehr inconstant, und, indem ich auf die Beschreibung meines 4. Stadiums verweise, für ein Stehenbleiben auf einer niederen Stufe (Hemmungsbildung). Dr. JAMES B. PETTIGREW, welcher sehr viele Herzen untersuchte, sagt: »in einem Falle, welchen ich präparirte, enthielten die Chordae tendineae eine grosse Menge Muskelfasern und waren so verdickt, dass sie rudimentären Papillarmuskeln glichen²⁾).

Während ich bisher immer die an den einzelnen Theilen des Klappenapparates, der Chordae tend. und Papillarmuskeln sich treffenden Verhältnisse im Auge hatte, erübrigt noch einiger Zustände zu erwähnen, welche durch die Art der Verbindung dieser Theile untereinander und mit den Trabekeln der Herzwand auffallend sind. Sie gehören zwar zu den ganz gewöhnlichen Vorkommnissen, sind aber nicht minder lehrreich als die oben beschriebenen seltenen Fälle.

Man bemerkt oft, dass manche Papillarmuskeln nicht direct aus der compacten Herzwand entspringen, sondern von einem Trabekelnetze. Auch kommt es sehr häufig vor, dass aus einem gewöhnlichen Trabekel an irgend einer Stelle seines Verlaufes ein Sehnenfaden entspringt um sich an die untere Klappenfläche zu inseriren. Ebenso häufig kann man wahrnehmen, dass von den conischen Papillarmuskeln ausgehende Chordae tendineae, anstatt an die Klappe, in beliebiger Richtung an die Herzwand verlaufen. Manehmal hat man auch Gelegenheit im rechten Ventrikel, in welchem die Verhältnisse überhaupt unbeständiger sind, das Fehlen der sonst regelmässig vorkommenden Papillarmuskeln zu beobachten, indem deren Function

1) Die Färbung ist wahrscheinlich doch einer Imbibition von Blutfarbstoff zuzuschreiben.

2) Proceedings of the royal Society of Edinburgh, March 1864. On the structure and function, of the valves of the vascular system in Vertebrata.

von ganz ordnungslos aus der Herzwand hervorkommenden, theils muskulösen, theils sehnigen Trabekeln übernommen wird. Wiederum sieht man den Papillarmuskeln ganz ähnliche, d. h. durch Lage, Grösse, Form als solche sich kundgebende Gebilde, nie die Klappen erreichen, sondern schon früher wieder in die Herzwand eintreten, wodurch sie auf die Stufe gewöhnlicher Trabekel zurücktreten.

Im rechten Ventrikel kommt beim Erwachsenen am vorderen und hinteren Lappen der Tricuspidalis sehr oft ein Verhalten vor, welches HENLE in Fig. 18 seiner Gefässlehre abgebildet hat, ohne es jedoch im Texte zu erwähnen. Es gehen nämlich die grösseren Chordae tendineae, nachdem sie unter der Klappe hinweggelaufen, wieder in die Herzwand ein. Manchmal erstreckt sich auch aus der Ventrikelwand, unter der Klappe her und mit derselben verwachsen, in verschiedener Ausdehnung ein Muskelbündel, welches in eine Chorda übergeht. Es ist so gewissermassen eine Chorda zwischen zwei Muskeln eingeschaltet, d. h. der früher ganz muskulöse Zug ist nur in seiner Mitte sehnig geworden.

Alle diese Zustände weisen darauf hin, dass die Papillarmuskeln, Chorden und Trabekel ihre Rollen mit einander vertauschen können. Dass ein Papillarmuskel durch einen Trabekel, ein Trabekel durch eine Chorda tendinea und diese wieder umgekehrt vertreten sein kann, erklärt sich aus dem von mir dargelegten Entwicklungsgange dieser Theile, die ebenso auf einer niederen Stufe, die sie in der Regel durchlaufen, stehen bleiben, wie sie auch auf eine höhere Stufe der Differenzirung gelangen können als ihnen im normalen Verhalten zukommt. — Wie wir sahen sind die Papillarmuskeln nur differenzirte Trabekel und die Chordae tendineae wiederum nur die sehnig gewordenen Theile der Papillarmuskeln; diese sämtlichen Gebilde sind jedoch nur Differenzirungsproducte der inneren Schicht der ursprünglich spongiös gebauten Kammerwand.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel XXXII u. XXXIII.

Für alle Figuren gültige Bezeichnungen.

- Vh.* Vorhof.
- Vt.* Ventrikel.
- K.* Atrioventrikularklappe.
- V.* Vorsprung = primäre Atrioventrikularklappe.
- W.* Klappenwulst.
- Pm.* Papillarmuskel.
- C.* Chorda.

Figur 1. Frontalschnitt mitten durch das Ostium venosum sin. eines Schweins-embryo von 1,4 Cm. Das Ostium venos. dext. ist nahe seinem hinteren Ende mitgetroffen.

- VH.* Ventrikelhöhle.
- HSp.* Herzspitze, welche immer vom linken Ventrikel gebildet wird.
- Vc.* Vas coronarium, im Pericardialfortsatz liegend.
- Ass.* Aeussere compacte Schicht, die jetzt noch sehr dünn ist.
- Z.* Zusammenhang der beiden Septal-Vorsprünge.

Figur 2. Frontalschnitt durch das Herz eines menschlichen Fötus von zwölf Wochen.

- Af.* Annulus fibrosus oder Pericardialfortsatz.
- Au.* Linkes Herzohr.
- S.* Septum interventriculare.

Figur 3. Schnitt durch den Klappenapparat eines menschlichen Fötus von 4½ Monaten. Lateraler Zipfel der Mitralis. ROTH, Muskel; WEISS, Bindegewebe.

- Ev.* Verdicktes Endocard der Vorhofsfläche.
- VW.* Ventrikel-Wand.

Figur 4. Fall eines abnormen Papillarmuskels im linken Ventrikel des Neugeborenen. Zweimalige Vergrösserung. Nähere Beschreibung pag. 512.

- Af.* Annulus fibrosus.
- Vc.* Vasa coronaria.

Figur 5. Zweiter Fall eines abnormen Papillarmuskels am Aortenzipfel der Mitralis des erwachsenen Menschen.

- Pma.* Abnormer Papillarmuskel. Man sieht seine Fasern sich in Form eines dicken Stranges an die Klappe inseriren.

A. Aufgeschnittene Aorta.

P. Pulmonalis.

- Figur 6. Schnitt durch das Herz eines sieben Cm. langen Embryo von *Hexanchus griseus*. Der Schnitt ist so gerichtet, dass er das Ostium venosum sammt dem Ventrikel in der Mitte trifft, wobei der Conus arteriosus angeschnitten wurde.

Ca. Conus arteriosus.

KC. Klappen des Conus arteriosus.

P. Pericard.

- Figur 7. Zellen aus dem Balkennetze eines Rindsembryo-Herzens frisch in $\frac{1}{2}\%$ Chromsäure zerzupft. Embryo 1,5 Cm. Länge.

- Figur 8. Zellen der innersten Schichten der Ventrikelmuskulatur eines Rindsembryo von 1,5 Cm. Länge. Zellen frisch in $\frac{1}{2}\%$ Kochsalzlösung untersucht, bei *a* sieht man den Kern der Muskelzelle in einer deutlichen Protoplasmamasse liegen.

- Figur 9. Längsschnitt durch eine Chorda tendinea eines Rindsembryo von 5,8 Cm. Länge. 350fache Vergr.

M. Muskelgewebe im Innern der Chorde.

E. Endocard.

- Figur 10. Schnitt durch die linke Ventrikelwand eines Schweinsembryo von 1,6 Cm.

P. Pericard.

E. Endocardiales Epithel.

HR. Hohlräume der Herzwand, welche Ausbuchtungen der primären Herzhöhle sind.

ALS. Aeussere dem Pericard zunächst verlaufende Längsschicht von Muskelfasern.

M. Muskelzellen.

QM. Querschnitte von Muskelzellen.

- Figur 11. Verticaler Schnitt durch die Valv. mitralis eines menschlichen Fötus von $5\frac{1}{2}$ Monaten. 400fache Vergr.

Vt. Fl. Ventrikelfläche, *Vh. Fl.* Vorhofsfäche der Klappe.

Mf. Muskelfasern, die sich an der unteren Klappenfläche noch erhalten haben und mit den Muskelfasern der Kammerwand zusammenhängen.

Vw. Kammerwand.

BdL. Bindegewebige Lage der Klappe.

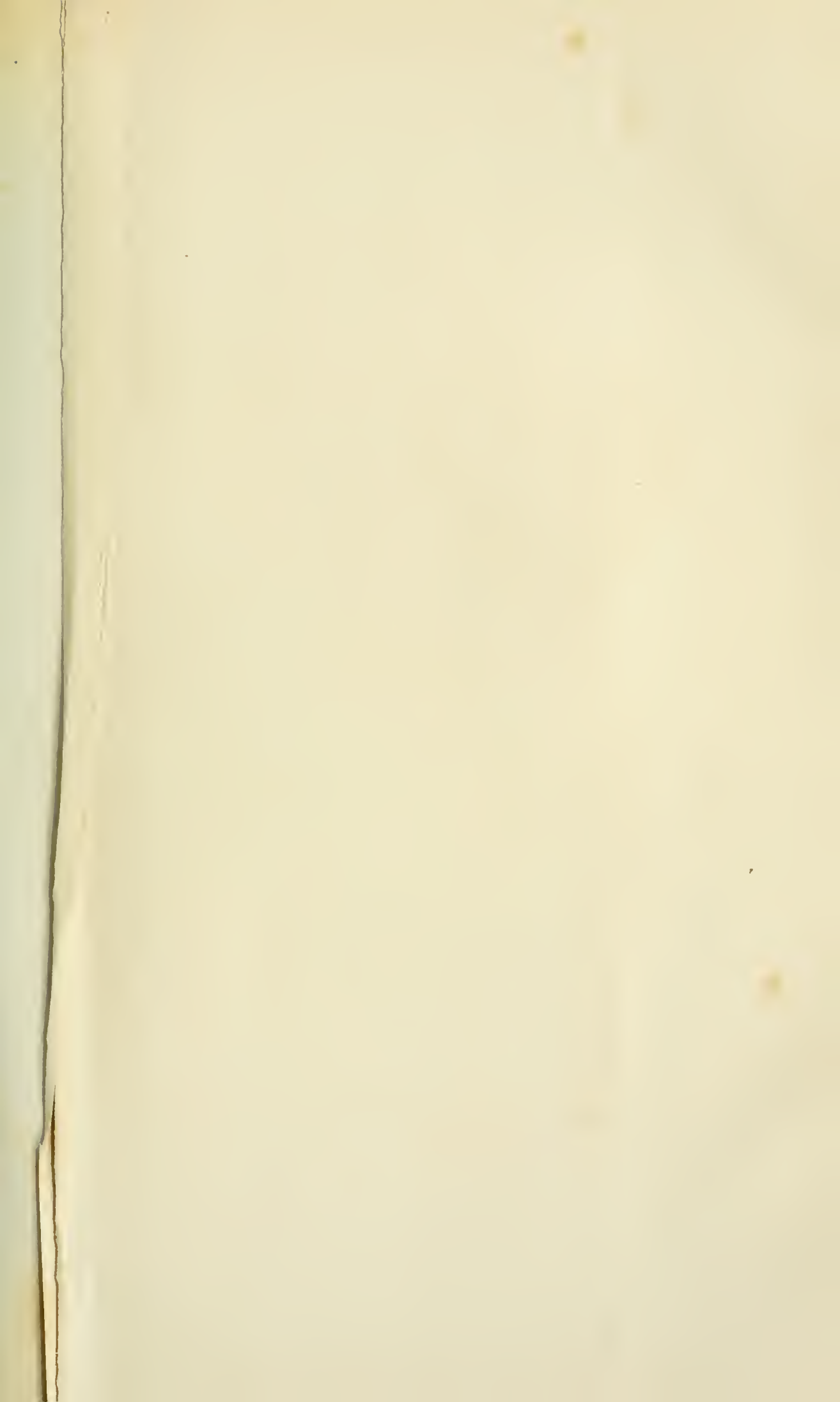


Fig 6



P
c a
K.C

Fig 1



Fig 5.



Ea.

Fig 2.

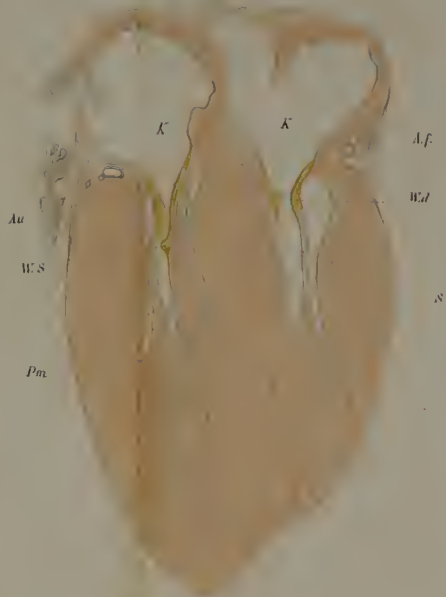
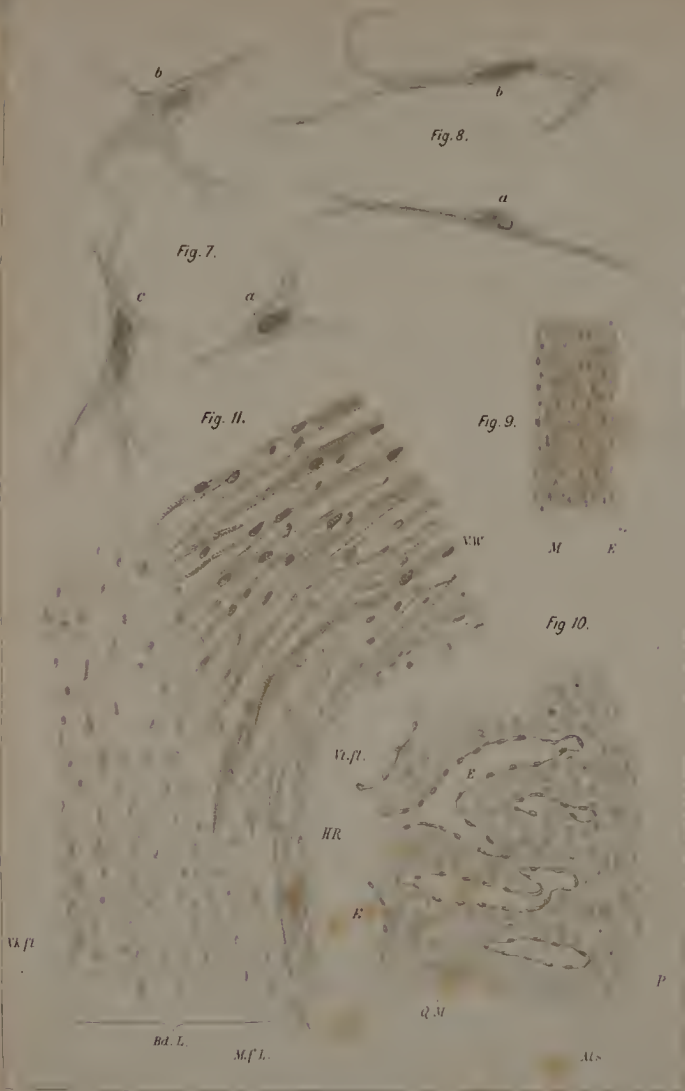


Fig 3



Fig 4





ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1876

Band/Volume: [2](#)

Autor(en)/Author(s): Bernays A. C.

Artikel/Article: [Entwicklungsgeschichte der Atrioventrieularklappen. 478-518](#)