
BULLETIN INTERNATIONAL
DE L'ACADEMIE DES SCIENCES DE CRACOVIE.

Juillet 1900.

H. HOYER. Przyczynek do morfologii serca ryb. (*Zur Morphologie des Fischherzens*). Vorgelegt am 9 Juli 1900.

QL H868 z 1900

z-140647

Akc. z l. 2024 nr 340

kon. —

Herrn Fadnovil

39. — H. HOYER. Przyczynek do morfologii serca ryb. (*Zur Morphologie des Fischherzens*). Vorgelegt am 9 Juli 1900.

Gegenbaur war in seiner ersten Arbeit über die vergleichende Anatomie des Herzens auf Grund von vergleichend-anatomischen Studien zu dem Ergebnis gelangt, dass bei Teleostiern wie bei Selachiern und Ganoiden die Kammer sich in ein muskulöses Rohr verlängert, welches bei den ersteren in der Regel nur kurz, bei allen den letztgenannten Ordnungen länger gestreckt sich darstellt, bei beiden jedoch durch Taschenklappen gegen das daraus hervorgehende Arterienrohr sich abgrenzt. Gegenbaur zeigte ferner, dass bei Selachiern, Chimären und Ganoiden die Klappen der vordersten Querreihe des muskulösen Rohres in Form und Verrichtung von denen der folgenden Querreihen verschieden sind, und verglich schliesslich die Klappen der vordersten Querreihe der aufgeführten Fische mit der einzigen Klappenreihe am Ostium arteriosum der Herzkammer der Teleostier. Damit war die Trennung zwischen dem muskulösen Robre der Selachier und Ganoiden und dem erweiterten Arterienstiel der Teleostier vollendet. Jenes wurde Conus, dieser Bulbus genannt.

Boas schliesst sich hinsichtlich der Auffassung der einzelnen Herztheile der Selachier, Ganoiden und auch der Di-

pnoer den Ausführungen Gegenbaur's vollkommen an, hinsichtlich des Teleostierherzens gelangt er jedoch zu etwas anderen Resultaten als Gegenbaur. Bei Teleostiern ist nach Boas der Conus in der Regel „vollkommen rudimentär, ohne Muskelschicht, trägt nur eine Querreihe von Klappen, der vordersten Reihe der Ganoiden homolog“. Nur bei einigen Clupeiden ist der rudimentäre Conus noch mit quergestreifter Muskulatur versehen. Boas fasst somit den eingeengten, bindegewebigen Theil zwischen Ventrikel und Bulbus als Conus auf, lässt von diesem die Klappen entspringen und betrachtet den vordersten Theil des Ventrikels, der dem muskulösen Rohre Gegenbaur's entspricht, als „einen Theil des eigentlichen Ventrikels“.

In seiner zweiten Abhandlung über den diesbezüglichen Gegenstand gelangt Gegenbaur auf Grund von weiteren Untersuchungen, die er am Conus von 2 Lepidostei und einem Embryo von Acanthias angestellt, zu Resultaten, die bezüglich des morphologischen Wertes des Conus von seinen ursprünglichen Ansichten nicht unwesentlich abweichen. Im Conus von Lepidosteus sind nämlich die Klappen genau in Längsreihen angeordnet. In den letzteren sind die Klappen mittelst Fäden oder breiterer Züge unter einander verbunden. Hieraus gewinnt man die Vorstellung, dass die in einer Längsreihe liegenden Klappen ursprünglich inniger zusammengehangen haben. Gegenbaur wird in dieser Ansicht noch mehr bestärkt durch das Ergebnis der Untersuchung des Acanthiasembryo, in dessen Conus sich 4 Längsfalten befinden, ohne dass eine Differenzierung derselben in einzelne Klappen zu bemerken war. Gegenbaur schliesst daraus: „Die Anordnung der Klappen in Längsreihen ist also von der Entstehung von Längswülsten abzuleiten, und diese repräsentieren den primitiven Zustand des gesammten Apparates“. Von diesem primitiven Zustand leitet Gegenbaur die im Conus von Selachiern, Chimären, Ganoiden und Dipnoern existierenden Klappen ab, nicht aber die Klappen der Teleostier, die in der genannten Arbeit überhaupt keine Erwähnung finden.

Wie weiter unten ausgeführt werden soll, lassen sich die einander theilweise widersprechenden Ansichten der Autoren recht gut in Einklang bringen. Ein den Selachierembryonen entsprechender Conus lässt sich auch bei Embryonen von Teleostiern nachweisen und erhält sich auch bei erwachsenen Exemplaren allerdings in veränderter Form fort.

Als Untersuchungsmaterial dienten dem Verf. etwa 2 cm. lange Embryonen von *Pristiurus melanostomus* und *Salmo salar*. Ebenso wie bei dem Embryo von *Acanthias* sind bei *Pristiurus* in dem vom Ventrikel entspringenden Gefässrohre 3 Längsfalten vorhanden, welche vom Ostium arteriosum bis zum Abgange der hintersten Branchialgefässe reichen. Dieselben bestehen aus embryonalem Bindegewebe.

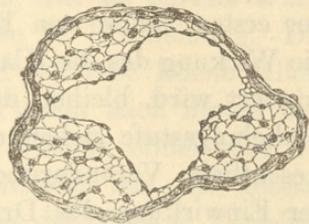


Fig. 1.

Sie werden an ihrer Oberfläche, im Innern des Gefässes, von Endothel bekleidet; nach aussen zu, grenzen sie mit ihren Basalfächen an eine dünne Schicht von quergestreiften Muskelfasern, denen noch eine Schicht von flachen Serosazellen aufliegt. (Fig. 1.) Soweit Verf. aus den Serienschnitten beurtheilen konnte, lässt sich in diesem Entwicklungsstadium, ebenso wie bei jenem *Acanthias*embryo Gegenbaur's, noch keinerlei Differenzierung, welche auf eine Klappenanlage hinweisen würde, wahrnehmen. Den Process der Klappenentwicklung hat Verf. nicht direct beobachtet, doch glaubt er, dass derselbe sich in der von Gegenbaur geschilderten Weise vollzieht. Als wirksamer Factor wirkt der Druck, der nach der Ventrikel- und Conussystole von dem sich rückstauenden Blute ausgeht. Durch dasselbe erhält die weiche Masse der Falten Eindrücke, welche sich bei steter Wiederholung des Vorgangs successive vertiefen, bis sie schliesslich Taschenform annehmen. Wie alle Autoren übereinstimmend angeben, sind die Klappen der ersten Querreihe stets am besten ausgebildet, während diejenigen der übrigen Querreihen ihrer Form nach oft recht unvollkommen erscheinen. Nach Stöhr befinden

sich dieselben in Rückbildung. Dieser Auffassung tritt bereits Gegenbaur entgegen. Die Klappen haben sich aus einem vollkommeneren Zustande nicht rückgebildet, sondern sind in ihrer Entwicklung durch die stetig fortschreitende Ausbildung der Klappen der ersten Querreihe aufgehhalten worden. Da letztere wohl nicht von Anfang an einen gänzlichen Abschluss bewirken konnte, so war damit den weiteren Abschnitten der Longitudinalfalten die Möglichkeit gegeben, sich zu dem Klappenapparate allmählich umzubilden. Sobald als der Verschluss der ersten Reihe von Klappen vollkommen wird, und damit die Wirkung des die Klappen modellierenden Blutdruckes vermindert wird, bleiben die Klappen auf ihrer jeweiligen Entwicklungsstufe stehen und erfahren dann wohl kaum mehr wesentliche Veränderungen. Wie innige Beziehungen zwischen der Einwirkung des Druckes der Blutsäule und der Ausbildung der Klappen bestehen, ersieht man an einem wohl conservierten, in der Sammlung des Institutes aufbewahrten Präparate vom Herzen von *Acipenser sturio*, der eine Länge von mehr als 2 m besessen hatte. Die Länge des Conus beträgt 37 mm. In demselben ist die erste, orale, Querreihe von Klappen sehr gut ausgebildet. Alsdann folgt ein grosser klappenfreier Raum, welcher nach einer Seite hin ziemlich bedeutend ausgebuchtet ist. Die Innenwand des Raumes zeigt mannigfache Unebenheiten. Gegen den Ventrikel zu, tritt eine zweite Querreihe von unscheinbaren Klappen auf und hinter derselben eine dritte, die in der Entwicklung der einzelnen Klappen der ersten sehr nahe steht. Hier hat demnach der im Conus selbst sich geltend machende Blutdruck zur Vervollkommnung der letzten Klappenreihe beigetragen. Wenn man auch über die Klappenbildung im allgemeinen einigermaßen befriedigende Erklärungen abzugeben vermag, so bleiben dennoch verschiedene Punkte übrig, die noch weiterer Aufklärung bedürfen. So macht z. B. schon Gegenbaur darauf aufmerksam, dass bei dem von ihm untersuchten Acanthiasembryo die vordersten (oralen) Enden der Längsfalten im Conus durchaus nicht auf einen Querschnitt fallen. Dasselbe

konnte auch Verf. an seinem Pristiurusembryo wahrnehmen. Von den 3 Längsfalten liegen 2 Falten im obersten Theile des Conus dicht bei einander auf der ventralen Seite desselben. Weiterhin in der Richtung zum Herzen weichen sie auseinander und nehmen eine mehr laterale Lage ein. Die dritte Längsfalte liegt auf der dorsalen Seite des Rohres. Während nun die beiden lateralen resp. ventralen Längsfalten auf den Querschnittsserien bereits vor der Abzweigung der letzten Kiemenarterien sich bemerkbar machen, tritt der dorsale Wulst erst hinter dem Abgange der Gefässe in Erscheinung. Die Enden der Längswülste würden somit auf eine Ebene fallen, welche in der Richtung von vorn und unten nach hinten und oben das Gefäss schneiden würde. Trotzdem bilden sich die Klappen der ersten Reihe in einem Niveau aus. Es müssen also offenbar beim weiteren Wachstum des Thieres Verschiebungen der einzelnen Theile stattfinden und ferner muss auch der Blutdruck regulatorisch auf die Entfaltung der Klappen einwirken.

Zu erörtern ist weiter die Frage, warum sich bei Knorpelfischen eine Mehrzahl von Klappen anlegt, wo doch die erste Klappenreihe, gut entwickelt, offenbar genügen dürfte. Nach der Ansicht des Verf. steht die Entwicklung einer grösseren Anzahl von Klappen in unmittelbarer Beziehung zu der den Conus umgebenden Schicht von quergestreiften Muskeln. Der ganze Conus wirkt als propulsatorischer Herzabschnitt selbständig auf die aus dem Ventrikel eingetriebene Blutmenge ein und bedarf daher eines ausgiebigeren Klappenapparates. Letzterer tritt, wie bei Selachiern und Lepidosteus, in Form von Längsreihen von mehr oder weniger functionierenden Klappen auf, oder auch, wie wir es bei Acipenser gesehen haben, in Form von zwei gut entwickelten Querreihen am Eingange und Ausgange des Conus, zwischen denen sich, durch einen weiten Zwischenraum getrennt, kleinere, weniger entwickelte Klappen befinden können.

Schliesslich wäre noch die Frage zu erledigen, ob der Anzahl der in einer Quer- oder Längsreihe befindlichen Klapp-

pen ein besonderer Wert beigemessen werden darf. Wie es scheint, besteht eine gewisse Constanz in der Anzahl der Klappen für einzelne Species; andererseits kommen, wie bereits die Zusammenstellung der Befunde verschiedener Autoren durch Stöhr lehrt, zahlreiche Variationen vor. Bevor also an einem grösseren Materiale mittelst der statistischen Methode das Vorkommen von ständigen Bildungen und Abweichungen nicht festgestellt ist, lässt sich die Anzahl der vorhandenen Klappen im Conus in systematischer Beziehung nur wenig verwerten.

Bei der Untersuchung des Conus von Lachsembryonen ergeben sich im grossen und ganzen die gleichen Verhältnisse wie am Pristiurusembryo. Während aber bei letzterem das ganze Gefässrohr zwischen Ventrikel und der Abzweigung der Branchialgefässe den embryonalen Conus darstellt, ist derselbe beim Lachsembryo auf die kleinere, dem Herzen zugewandte Hälfte des gasamnten Gefässrohres beschränkt; der übrige distale Abschnitt gehört bereits dem Bulbus und Truncus arteriosus an. Wie bei Pristiurus erhebt sich über dem Ventrikel der Conus als ein Rohr von gleichmässigem Kaliber. Die Wandungen desselben werden von einer Schicht quergestreifter Muskulatur gebildet, und nach innen zu erheben sich von den Wänden zwei Falten, welche aus embryonalem Bindegewebe und der Bedeckung von Endothelzellen bestehen. Die Falten erstrecken sich vom Ostium arteriosum so weit, als die quergestreiften Muskeln reichen. Wir haben es somit mit einem, dem embryonalen Selachierconus vollkommen homologen, Gebilde zu thun, mit dem Unterschiede, dass hier der Conus bedeutend verkürzt ist und nur Längsfalten enthält. Da dem Verf. auch von Teleostierembryonen keine weiteren Entwicklungsstadien zur Verfügung standen, konnte das weitere Schicksal des Conus und die Umbildung der Längsfalten in Klappen nicht verfolgt werden; doch lässt sich auch hier aus den entsprechenden Herzabschnitten erwachsener Fische der Verlauf des Umbildungsprocesses zum Theil erschliessen-

Betrachtet man Längsschnitte durch das Herz von *Leuciscus rutilus*, *Cyprinus carpio*, *Tinca vulgaris*, so sieht man, wie Fig. 2 vom Herzen von *Leuciscus* darthut, in dem halsartig eingeengten Abschnitte zwischen Bulbus und Ventrikel zwei Bindegewebsstränge verlaufen, die sich weiterhin gegen den Ventrikel in die Klappen fortsetzen. Nach aussen sind dieselben von Fett und lockerem Bindegewebe umgeben. Nach Boas stellt dieser kurze, halsförmige, klappentragende und muskelfreie Verbindungstheil zwischen Ventrikel und Bulbus den Conus der Teleostier dar. Nach der Ansicht des Verf.

ist eine derartige Auffassung des Conus zurückzuweisen, weil in derselben der quergestreiften Muskulatur, welche neben den Klappen das Hauptcharacteristicum bildet, keine Rechnung getragen wird. Boas befindet sich übrigens

hin sichtlich seiner Anschauungen in einem gewissen Widerspruche, da er den meisten Teleostiern eine Muskulatur im Conus abspricht und dieselbe nur einigen Clupeiden (darunter *Osteoglossum bicirrhosum*, welcher nur eine Querreihe von Klappen, und *Butirinus* (*Albula*), welcher deren zwei enthält) zugesteht.

Gegen Boas schliesst sich Verf., allerdings, mit einer gewissen Beschränkung, der ursprünglichen Ansicht Gegenbaur's an, wonach der Conus bei Teleostiern existiert, aber bei ausgewachsenen Exemplaren zum Theil in den Ventrikel mit hineinbezogen ist.

Wie Fig. 2 zeigt, sowie auch die Abbildungen von anderen Autoren, darunter auch die von Boas, befinden sich die Klappenansätze stets im Bereiche der Ventrikelmuskulatur. Betrachtet man nun dieselbe genauer, so erkennt man, dass von der Klappenbasis aus die Längszüge sich nach dem Ventrikellumen zu fortsetzen und in die Dicke der Ventrikelwand

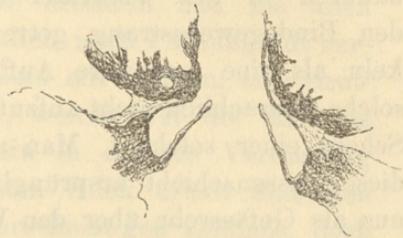


Fig. 2.

ausstrahlen. Ebenso schliessen sich die an der Klappenbasis quer getroffenen Bündel an die in gleicher Weise verlaufende Muskulatur der Véntrikelwand an. Die Aussenschicht der Ventrikelmuskulatur zeigt in dem eingezogenen Theile zwischen Ventrikel und Bulbus eine Unterbrechung durch eine dünne Bindegewebsschicht, welche sich aus jenem verengten Theile in die Wand des Ventrikels hineinerstreckt und nach kurzem Verlaufe zwischen den Muskellamellen verliert. Der dem Ventrikellumen zugekehrte und die Klappenbasis umfassende Theil der Muskulatur sammt Bindegewebe erscheint dadurch in den Ventrikel hineingezogen, und die durch den Bindegewebsstrang getrennte Aussenschicht von Muskeln als eine secundäre Auflagerung. Doch ist letztere als solche thatsächlich nicht aufzufassen, sondern erweckt nur den Schein einer solchen. Man muss vielmehr annehmen, dass diese Aussenschicht ursprünglich, als sich der primitive Conus als Gefässrohr über den Ventrikel erhob, bis an dasselbe heranreichte, und dass sie erst nachträglich durch die Einverleibung des Conus in den Ventrikel von dem muskulösen Klappentheile abgedrängt wurde. Verf. hält demnach die der Klappenbasis unmittelbar anliegende Muskulatur, die sich ohne Unterbrechung in die Innentheile des Myocards fortsetzt, für den muskulösen Bestandtheil des primitiven Conus. Der bindegewebige Anteil im Verbindungsstück, den Boas als Conus bezeichnet, ist erst nachträglich entstanden und hat mit dem primitiven Conus nichts zu schaffen. Es deutet auch schon das Verhalten der elastischen Fasern darauf hin, welche sich in dicken Zügen von der Intima des Bulbus abspalten und in dem Verbindungsstück bis an den Klappenansatz verlaufen, um sich dort aufzureisern und zu verschwinden.

Bezüglich der histologischen Details wäre noch folgendes zu erwähnen: In der Klappe selbst sind in der dem Bulbus zugekehrten Flächenschicht keine elastischen Fasern nachzuweisen, wohl aber auf der entgegengesetzten Seite, wo sich, wie Seipp für die Semilunarklappen des menschlichen Herzens nachge-

wiesen hat, der stärkeren Spannung entsprechend eine recht ansehnliche Schicht von elastischen Fasern entwickelt. Letztere tritt sowohl mit den aufgelockerten elastischen Elementen an der Klappenbasis, als auch mit denen der Endocards in Verbindung. Während auf der Kammerseite der Klappe ausser den elastischen Elementen noch deutliche Bindegewebszüge, besonders nach Färbung mittelst van Gieson'schen oder Biondi'schen Gemisches zu erkennen sind, ist sich der Verf. über das Gewebe der Klappe auf der Aortenseite nicht klar geworden. Es besteht offenbar aus Bindegewebe, welches jedoch eine eigenthümliche Metamorphose erfahren hat. Bei allen untersuchten Species liess sich nämlich nach Färbung mit verschiedenen Kernfarbstoffen, besonders mit Thionin, eine deutliche Metachromasie wahrnehmen, welche auf die Existenz von reichlichen Mengen von Mucin in diffuser Vertheilung schliessen lassen. Ja auf den ersten Blick erhält man den Eindruck eines verquollenen mehrschichtigen Epithels, doch lehren die mittelst van Gieson gefärbten Präparate, dass auch vereinzelte roth tingirte Bindegewebszüge darin verlaufen. Ganz andere Bilder der histologischen Structur der Klappen liefern entsprechende Präparate vom Herzen einer erwachsenen *Torpedo ocellata*. Bei diesem bestehen die Klappen aus derbem Bindegewebe, welches in den Klappen der ersten Querreihe besonders stark entwickelt ist; im Gegensatz zu den Teleostiern besitzen beide Oberflächen der Klappen eine ziemlich ansehnliche Schicht von elastischen Fasern, welche mittelst feiner, transversal durch die Dicke der Klappen verlaufender Fasern mit einander verbunden werden. Nach der Anordnung und der Dicke der Klappen zu urtheilen, sind dieselben auch wohl nicht im Stande, sich nach der Ventrikelseite hin auszubuchten.

Betrachten wir nach diesem histologischen Excurs nunmehr noch den muthmasslichen Verlauf der Klappenbildung bei Teleostiern. Es werden wohl auch hier, wie bei Selachiern, durch den Blutdruck in den beiden Längsfalten successive tiefere Eindrücke erfolgen, bis die Form von Taschenklappen

erreicht ist. Eine Mehrheit von auf einander folgenden Klappen kann sich mit wenigen Ausnahmen aus dem Grunde wohl nicht entwickeln, weil der Conus mit seinen Längsfalten zu kurz ist, ferner weil derselbe wohl schon ziemlich frühzeitig in den Ventrikel hineinbezogen wird, und schliesslich, weil der sich entwickelnde Bulbus theilweise wenigstens die Functionen des Conus übernimmt.

Auf Grund der embryologischen und histologischen Befunde fasst der Verf. die Ergebnisse seiner Untersuchungen in folgender Weise zusammen: Der Conus des Herzens legt sich bei sämtlichen Fischen in der gleichen Weise an, und lässt sich auch bei erwachsenen Exemplaren stets nachweisen. Seine wesentlichsten Bestandtheile sind die Klappen und die quergestreifte Muskulatur. Die Klappen entwickeln sich aus Längsfalten in dem primitiven Conus. Die Falten stellen den phylogenetisch ältesten Verschlussapparat in dem Truncus arteriosus dar. Die Anzahl der daraus entstehenden Klappen wechselt je nach den Ordnungen und Arten der Fische, und ist am geringsten bei Teleostiern, weil bei diesen die Falten, wie überhaupt der Conus bereits in seiner Anlage, bedeutend reduciert sind.

Was den Bulbus arteriosus anbetrifft, so scheint sich derselbe erst in späteren Stadien zu entfalten, seine Anlage macht sich jedoch bereits bei dem oben erwähnten Lachs-embryo durch Verengung des Lumens und Verdickung der Wandung des Gefässrohres über dem Conus bemerkbar. Während nämlich die Lichtung desselben in der Höhe des Conus und im Anfangsstück des Bulbus 104 μ . beträgt, verschmälert sie sich im Bulbustheile auf 84 μ . Die Wandung verdickt sich in den gleichen Höhen von 19 auf 32 μ , also fast um das Doppelte. Die Grenze zwischen Conus und Bulbus markiert sich durch das Aufhören der quergestreiften Muskulatur. Ob aber in diesem Stadium bereits in der Bulbuswand glatte

Muskelfasern vorhanden sind, ist schwer zu entscheiden; man könnte höchstens aus der regelmässigen Anordnung der Kerne daselbst einen Schluss auf die Existenz von glatten Muskeln ziehen. Für die weitere Entwicklung des Bulbus stand Verf. kein entsprechendes Material zu Gebote, doch liefern die Befunde an bereits ausgebildeten Herzen verschiedener Fische, wie *Anguilla vulgaris*, *Cyprinus carpio*, *Leuciscus rutilus* einen Hinweis auf den Gang der Entwicklung.

Die anfangs nur angedeutete kegelförmige Gestalt des Bulbus kommt erst dann stärker zum Ausdruck, wenn der Conus in den Ventrikel hineinbezogen ist, indem sich der basale Theil des Bulbus stärker ausdehnt. Gleichzeitig scheinen von der inneren Wand des Bulbus Falten in centripetaler Richtung in das Lumen hineinzuwachsen. Ich schliesse dies aus den Untersuchungen des ausgebildeten Bulbus vom Aal, dessen Herz, soweit mir bekannt ist, bisher nicht näher unter-

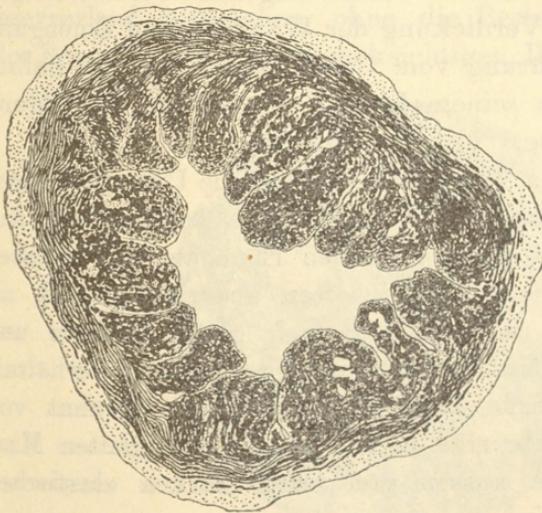


Fig. 3.



Fig. 4.

sucht worden ist. Wie Fig. 3 auf dem Querschnitte zeigt, bilden die Falten ein System von Vorsprüngen, welche in dem allerdings stark contrahierten Bulbus in radialer Anordnung weit in das Lumen des Bulbus hineinragen. Andeutungen

dieses Faltensystems finden sich auch noch im Bulbus eines 4 cm langen jungen Karpfen, obwohl das Bild durch die, wie Verf. vermuthet, erst nachträglich sich abspielenden Entwicklungsprocesse verwischt erscheint. Während nämlich beim Aal die Falten in unveränderter Form bestehen bleiben, bilden sich bei anderen Species noch Höhlungen in denselben aus, welche mit dem Lumen communicieren. Da diese Höhlungen mit ihren Öffnungen anfangs wohl ziemlich symmetrisch im Bulbus verteilt sind, so vergleicht Brücke letztere nicht unpassend mit der Anordnung von Fenstern an einer Laterne. In späteren Entwicklungsstadien bilden sich dann noch weitere oder auch umfangreichere Verbindungen der Hohlräume mit dem Hauptlumen des Bulbus einerseits, und unter einander andererseits aus. Das Bild, welches man dann vom Bulbus erhält, erinnert an cavernöses oder schwammiges Gewebe. Der Bulbus würde demnach bei Cypriniden einen Entwicklungsgang durchmachen, welcher durch folgende Veränderungen charakterisiert wird: Verdickung der Wandung und Einengung des Lumens, Abschnürung vom Conus, Wachstum des Bulbus mit Faltenbildung in seinem Innern, Excavation, Umbildung in cavernöses Gewebe.

In histologischer Beziehung ergeben die Untersuchungen des Bulbus sehr interessante Befunde. Die Angaben der Autoren über die Art der histologischen Elemente, aus welchen sich der Bulbus aufbaut, sind insofern übereinstimmend, als alle behaupten, dass in demselben sich glatte Muskeln und elastische Fasern befinden; über ihr gegenseitiges Verhältnis fehlen aber fast jegliche Angaben. Nur Boas erwähnt von *Butirinus*, dass derselbe eine dicke Schicht von glatten Muskelzellen besitzt, die aussen von einer starken elastischen Schicht überdeckt wird.

Präparate, die in gewöhnlicher Weise mit Kernfarbstoffen oder in doppelter Weise auch noch mit Protoplasmafarbstoffen gefärbt werden, gewähren noch keinen genügenden Aufschluss über die Vertheilung der muskulösen und elastischen Elemente und über deren gegenseitiges Verhältnis zu einander.

Erst wenn man nach der Tänzer'schen Methode mittelst Orcein färbt, erhält man eine klare Vorstellung davon. Wie aus Fig. 3 hervorgeht, liegt eine ziemlich bedeutende Schicht von circulären Fasern an der Peripherie des Bulbus. Von dieser spalten sich an der Basis der Falten Bündel ab, welche in die Falten einbiegen und in denselben einen longitudinalen Verlauf annehmen. Während in den mittleren Theilen der Falte die Verlaufsrichtung der Fasern noch nicht deutlich ausgeprägt ist, ist dies der Fall an den Spitzen der Falten, woselbst auf Querschnitten durch den Bulbus auch sämtliche Fasern quergeschnitten sind. Bei denjenigen Fischen, bei denen der Bulbus einen schwammigen Charakter besitzt (cf. Fig. 4 von *Cyprinus*), ist der Faserverlauf natürlicher Weise noch complicierter; doch lassen sich auch hier an der Peripherie circuläre und in den centralen Theilen longitudinale Fasern wahrnehmen.

Es wurde im vorhergehenden nur im allgemeinen vom Faserverlauf gesprochen, ohne die Bestandtheile der Fasern oder Bündel genauer zu berücksichtigen. Betrachtet man jedoch



Fig. 5.

die Präparate mit starken Vergrößerungen, so erhält man erst einen Einblick in das Verhältnis von Muskelzellen zu elastischen Fasern. Fig. 5 stellt einen Theil einer Faltenspitze

des Bulbus vom Aale im Querschnitt dar. Innerhalb eines sehr feinfaserigen Substrates, welches in der Figur nicht dar-

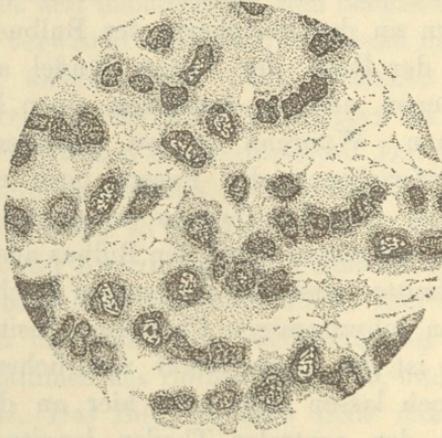


Fig. 6.

gestellt worden ist, liegen die Querschnitte von Muskelzellen. Eine jede ist von einem Ringe von elastischen Fasern welche mit Orcein tief dunkel gefärbt sind, umgeben. Von dem Ringe gehen nach aussen in transversaler Richtung zahlreiche feine

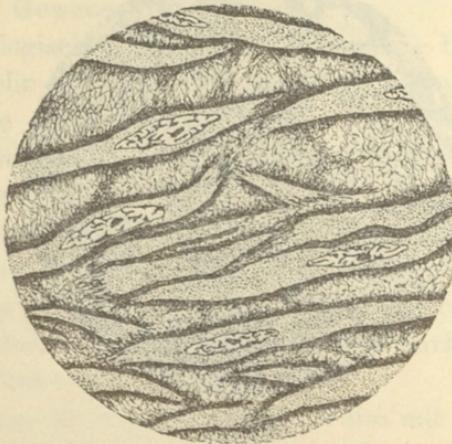


Fig. 7.

elastische Fäserchen ab, die sich mit ebensolchen der benachbarten Zellen vereinigen. Auf Längsschnitten (Fig. 7) kommt

dasselbe Verhältnis zum Ausdruck, nur dass die glatten Muskelzellen hier nicht von einem Ringe von elastischen Fasern umschlossen werden, sondern in eine von denselben gebildete Hohlspindel eingebettet liegen, von deren Wandungen die gleichen elastischen Fäserchen zu den benachbarten Spindeln verlaufen. Dass es sich um glatte Muskelzellen, und nicht um Bindegewebsfasern handelt, beweisen die mittelst Heidenhain'scher Methode und mittelst anderer Kernfarbstoffe tingierten Präparate, woselbst, wie Fig. 6 und 8¹⁾ darthun, die Form

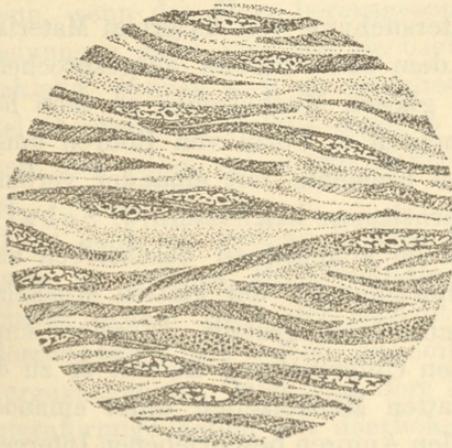


Fig. 8.

der Zellen und der Kerne keinen Zweifel daran lassen. Auch sprechen dafür die mittelst der Mischung von van Gieson gefärbten Präparate. In denselben erscheinen nämlich die Muskelfasern gelb inmitten eines schwach rosa gefärbten Feldes. An frisch untersuchten Präparaten sind die Zellen in ihren Umrissen zwar kenntlich, treten aber nicht so deutlich hervor, dass man sie ohne weiteres als glatte Muskelzellen ansprechen

¹⁾ In Fig. 5 und 7 sind Quer- und Längsschnitte von glatten Muskel-
fasern, welche zur Darstellung der elastischen Fasern mit Orcein behan-
delt sind, abgebildet; in Fig. 6 und 8 entsprechende Schnitte zur Darstel-
lung der glatten Muskelzellen, nach Heidenhain behandelt. Sämmtliche vier
Figuren stammen von Präparaten aus dem Bulbus von *Anguilla vulgaris*.

könnte. Wie auch Leydig bei *Leuciscus* und anderen Fischen beschreibt, erscheinen sie körnig, wohl infolge der sie umgebenden elastischen Hülle. Essigsäurezusatz lässt das Substrat etwas aufquellen und einzelne elastische Fasern deutlicher hervortreten, trägt aber im übrigen nicht mehr zur Aufklärung bei. Die Behandlung der Fasern mit 33 $\frac{1}{2}$ % Natronlauge führt ebenfalls nicht zum Ziele, weil eine kürzer dauernde Einwirkung der Lauge die Fasern nicht isoliert, eine längere sie wohl von einander trennt, sie aber auch zugleich derartig verunstaltet, dass sie sich kaum mehr erkennen lassen. Es bleibt also nur die Untersuchung von fixiertem Materiale übrig, und diese führt zu dem oben bereits ausgesprochenen Resultate, dass wir es mit glatten Muskelzellen zu thun haben, die von elastischen Elementen in Form von Röhren umschlossen und durch ebensolche Elemente mit einander verbunden werden. Ganz analoge Verhältnisse hat ^{Shrew und} letzthin (J. Schaffer von glatten Muskelzellen im allgemeinen beschrieben und abgebildet, und damit die Beziehungen der glatten Muskelzellen zu einander in das rechte Licht gestellt. In seiner sorgfältigen und überaus kritischen Untersuchung kommt ^{letzterer} er zu dem Schlusse, dass sich die glatten Muskelzellen unter einander nicht mittelst der von den Autoren beschriebenen Intercellularbrücken verbinden, sondern mittelst eines zwischen denselben befindlichen geformten Bindemittels, welches aus Bindegewebe und elastischen Fasern besteht. Meine Untersuchungen bestätigen die Behauptung Schaffer's in vollstem Masse. Das wesentlichste Bindemittel zwischen den Muskelzellen bilden im Fischbulbus die elastischen Fasern, welche infolge der gänzlichen Einscheidung des Muskels dessen Thätigkeit bei der Contraction wirksam unterstützen¹⁾. Als Ausdruck der weitgehenden Zusammenziehung der elastischen Scheiden um den

¹⁾ Wie sich Verf. bei einer Untersuchung des Corpus cavernosum penis vom Hunde überzeugt hat, liegen hier die Verhältnisse ähnlich, indem die einzelnen Muskelfasern von einem Flechtwerk von elastischen Fasern umgeben werden.

Muskel sieht Verf. die hier und dort auf Längsschnitten (Fig. 8) sich bemerkbar machende spiralige Drehung der Muskelzellen an, die etwa in folgender Weise sich erklären liesse: Der elastische Muskelschlauch verkürzt sich bei der Contraction des Bulbus stärker, als die in demselben befindliche Muskelzelle, letztere legt sich daher passiv schraubenförmig zusammen, da sie sich vorher bereits ad maximum verkürzt hatte. Bei Lebzeiten des Thieres tritt ein derartiger Fall niemals ein, weil sich der Bulbus niemals ad maximum contrahiert, wohl aber dann, wenn das Herz herausgeschnitten wird. Mit diesen Erscheinungen steht auch die Beobachtung Brückes in gutem Einklang, wonach sich ein gänzlich entleerter oder vom Ventrikel abgetrennter Bulbus sogleich bis zum äussersten contrahiert und selbst auf starke elektrische Reize nicht mehr reagiert.

Es erübrigt noch mit einigen Worten auf das Substrat zurückzukehren, in welches Muskelzellen und elastische Fasern eingebettet liegen. Nach der Ansicht des Verf.s stellt es ein gelatinöses Gewebe dar, welches aus embryonalem Bindegewebe hervorgegangen ist. Hier und dort lassen sich noch vereinzelte sternförmige Zellen mit deutlichen Kernen wahrnehmen, meistens jedoch nur die Kerne selbst. Stellenweise ist noch eine weitere Differenzierung in Bindegewebsfasern eingetreten, welche sich mittelst der van Gieson'schen Methode sichtbar machen lassen.

