

(Aus dem Städtischen Siechenhaus in Frankfurt a. M., Direktor: Prof. Dr. August Knoblauch.)

Über helle und trübe Muskelfasern im menschlichen Herzen

unter besonderer Berücksichtigung der spezifischen
Muskelsysteme des Herzens.

Von

Dr. P. Schaefer

Sekundärarzt.

Mit 8 Abbildungen auf Tafel 15 und 16.



Über helle und trübe Muskelfasern im menschlichen Herzen, unter besonderer Berücksichtigung der spezifischen Muskelsysteme des Herzens.

Von

Dr. P. Schaefer, Sekundärarzt.

Eingegangen: 1. Oktober 1911.

Über das Vorkommen von hellen und trüben Fasern in der Muskulatur des Menschen hat Dr. W. Ewald an dieser Stelle ausführliche Untersuchungen veröffentlicht. Sowohl er wie die früheren Bearbeiter der Frage, Schaffer, Rollett usw., haben sich auf die Untersuchung der dem Einfluß des Willens unterworfenen Muskeln beschränkt. Es erschien mir nun von höchstem Interesse, das Herz als den wichtigsten Muskel des Organismus zu untersuchen, zugleich als denjenigen Muskel, der die ausdauerndste und verhältnismäßig gleichmäßigste Arbeit zu verrichten hat. Die Fragen, ob zwischen dem Aufbau und der Funktion eines Muskels eine bestimmte Analogie besteht, und ob gerade die hellen Muskelfasern die Repräsentanten der einen, die trüben die der anderen Art von Arbeitsleistung sind, sind von Anatomen und Physiologen mit mehr oder weniger großer Bestimmtheit bejaht worden. In den letzten Jahren hat ganz besonders A. Knoblauch die Ansicht vertreten, daß auch im Menschenmuskel die hellen Fasern die schnelle, kurze Zuckung ausführen, während die trüben sich träge, aber mit großer Ausdauer kontrahieren. Knoblauch war der erste, der der Ansicht Ausdruck verlieh, daß Myotonie und Myasthenie auf das Überwiegen der einen oder anderen Muskelfaserart zurückzuführen seien.

Wenn man sich nun vorzustellen versucht, welche Art von Arbeit die Herzmuskelfasern zu leisten haben, so kommt man, auf dem Boden der Lehre von den hellen und trüben Muskelfasern fußend, zu ganz bestimmten Voraussetzungen über den wahrscheinlichen Aufbau des Herzmuskels. Da das Herz derjenige Muskel ist, der die andauerndste Tätigkeit zu verrichten hat, so war anzunehmen, daß seine Fasern die dunkelsten des ganzen Organismus sein würden. Nun weiß man ja aber, daß die Herztätigkeit nicht aus einer einzigen, ununterbrochenen Kontraktion, sondern aus einer ganzen Menge einzelner Phasen besteht. Diese einzelnen Phasen beginnen aber immer sehr rasch, und die Kontraktionswelle pflanzt sich in sehr flinkem Zug über das ganze Organ hin fort. Es war deshalb theoretisch vorauszusetzen, daß auch helle Fasern vorhanden sein müßten.

Die Stellen, an denen die Herzphase beginnt, sind in den letzten zwanzig Jahren außerordentlich genau von Anatomen, Physiologen und Klinikern untersucht worden; es hat sich ergeben, daß an diesen Stellen des Herzens ganz eigenartige spezifische Muskelsysteme sich vorfinden. Es war also weiter anzunehmen, daß, wenn überhaupt helle Muskelfasern im Herzen vorhanden sind, sie gerade hier lokalisiert sein würden.

Beim Beginn meiner Untersuchungen begegnete ich erheblichen Schwierigkeiten: die Herzmuskelfasern sind so mannigfach miteinander verschlungen, daß es zunächst nicht recht gelingen wollte, Querschnitte oder Längsschnitte zu bekommen. Andererseits waren es auch Schwierigkeiten der angewendeten Färbemethoden, die überwunden werden mußten. Diese von Ewald angegebenen Färbungen beziehen sich vor allen Dingen auf körnchenartige, besonders stark fetthaltige Einlagerungen. Der Fettgehalt dieser Granula bedingt es, daß Alkohol während des ganzen Verfahrens zum mindesten nicht in irgendwie stärkerem Maße angewendet werden darf. Damit entfällt vor allem die Möglichkeit, die bisher üblichen Einbettungsmethoden anzuwenden. Die Schwierigkeiten, die man aber haben wird, wenn man stets Gefrierschnitte anfertigen muß, dürften hinlänglich bekannt sein. Unter diesen Umständen mußte mir natürlich sehr viel daran liegen, eine Kittsubstanz zu finden, die ohne Anwendung von Alkohol, d. h. ohne die störende Wirkung des Alkohols, eine brauchbare Verbindung mit den zu untersuchenden Muskelblöcken eingehen könnte. Diese Substanz glaube ich in dem Wasserglas gefunden zu haben. Allerdings ist es mit dem einfachen Eintauchen in Wasserglas und Erstarrenlassen des Blocks nicht getan; die Blöcke wären dann noch viel zu weich und würden dem Messer ausweichen. Darum kombinierte ich zunächst die Einbettung mit dem Gefriermikrotom und ließ die ganzen, mit Wasserglas umgebenen und von ihm durchdrungenen Blöcke gefrieren. Das gab zwar schon verhältnismäßig recht große Schnitte, aber das Wasserglas taut nach dem Gefrierenlassen bald wieder auf und läuft dann in schmutzigen Streifen über die Präparate und macht diese unscheinbar. Es war daher weiterhin eine Substanz zu suchen, die auf Wasserglas so einwirkt, daß eine härtere, festere Masse entsteht. Beim Reagenzglasversuch zeigte sich nun, daß eine derartige Substanz der Alkohol ist, und zwar ganz besonders der höherkonzentrierte. Wenn ich in ein Reagenzglas, das etwas Wasserglas enthielt, Alkohol brachte, so überzog sich das Wasserglas sofort mit einem zunächst dünnen, nach und nach aber immer dichter und fester werdenden Häutchen; zuletzt wurde das ganze Wasserglas eine gleichmäßig derbe Masse. Diesen Versuch übertrug ich nun in folgender Weise auf die Bearbeitung unserer Blöcke: die Blöcke wurden eine Zeitlang, meist etwa vier Stunden, eventuell mehr, in Wasserglas gelegt, bis man davon überzeugt sein konnte, daß das Wasserglas wirklich, soweit das überhaupt möglich ist, in die Spalten eingedrungen war. Nun wurde der wasserglasdurchtränkte Block in hochprozentigen Alkohol gebracht; in demselben Moment überzog sich der ganze Block mit dem beschriebenen Häutchen. Infolge der anhaltenden Wirkung des Alkohols wurde dann der Block immer fester, auch das in den interfasciculären Spalten befindliche Wasserglas wurde zu einer harten Masse und heftete die nebeneinander liegenden Muskelbündel sehr innig zusammen. Eine Schädigung der fetthaltigen Granula ist dabei fast ganz ausgeschlossen, da durch das trennende Häutchen dem Alkohol der Zutritt zu dem Fett verwehrt wird. In der Tat ist es mir bei Anwendung der Methode gelungen, außerordentlich große und gleichmäßige, bei knapp fünfzigfacher Vergrößerung eine photographische Platte von der Größe 13×18 vollständig ausfüllende Schnitte zu bekommen. Die Methode hat indessen noch einige Nachteile: der Block kann durch zu lange Einwirkung des Alkohols zu hart werden und dann dem Messer in unliebsamer Weise zusetzen; der harte Block gefriert außerdem sehr schwer durch, so daß man immer eine große Menge Kohlensäure verbraucht; ich hoffe jedoch, daß es gelingen wird, die Methode so weit zu vervollkommen, daß man von dem Gefrierenlassen Abstand nehmen und die Blöcke wie Celloidin- und Paraffinblöcke verwenden kann.

Ein weiterer Grund dafür, daß wir zunächst nur schlechte Blöcke und mangelhafte Bilder bekamen, lag in der Beschaffenheit des mir zu Gebote stehenden Materials begründet. In einem Siechenhaus kommen zur Obduktion Menschen, die entweder chronisch krank gewesen sind oder doch so „siech“, daß sie eine wesentliche Tätigkeit nicht mehr haben ausüben können. Was wir aber von jüngeren Herzen bekommen, stammt fast ausnahmslos von Tuberkulösen und ist daher eher noch weniger zur Bearbeitung geeignet. Darin ist nun eine erhebliche Besserung eingetreten, seitdem es gelungen ist, gutes, frisches Material von an akuten Krankheiten Verstorbenen zu erhalten. Ich verdanke es der Liebenswürdigkeit des Herrn Prof. Dr. B. Fischer, der mir erlaubte, eine ganze Anzahl von im hiesigen Senckenbergischen pathologisch-anatomischen Institut seziierten Herzen mikroskopisch zu untersuchen. Ich möchte mir auch an dieser Stelle gestatten, meinen besten Dank für die Überlassung des Materials zu sagen.

Wie ich schon anfangs ausführte, ging meine ursprüngliche Annahme dahin, daß die gewöhnliche Herzmuskulatur den Typus der roten Muskeln repräsentieren, die spezifischen Muskelsysteme dagegen hell sein müßten. Daher gliederten sich meine Untersuchungen in zwei Teile: das Studium der gewöhnlichen Herzmuskelfasern und das der spezifischen Systeme.

Die gewöhnliche Herzmuskulatur besteht bekanntlich aus ganz regelmäßig angeordneten Fasern, die quergestreift und durch Übergänge miteinander verflochten sind. In diesen Fasern läßt sich eine Anzahl durch Zwischenräume, Kittlinien oder sogenannte Schaltstücke getrennter Territorien abgrenzen, die daran denken lassen, daß die ganze Faser aus einer großen Anzahl einzelner Muskelzellen verschmolzen ist. Die Frage der Kittlinien ist ja auch jetzt noch recht wenig geklärt, und es bestehen die verschiedensten Ansichten über die Bedeutung dieser Gebilde. Da sie gerade bei unseren spezifischen Färbungen gelegentlich sehr deutlich hervortreten, und besonders da sie in den spezifischen Herzmuskelsystemen eine noch größere Rolle spielen als in den gewöhnlichen Herzmuskelfasern, so werde ich unten noch ausführlicher von ihnen zu sprechen haben. Wenn wir nun die Herzfasern mit Sudan-Hämatoxylin zu tingieren versuchen,¹ so sehen wir, daß sämtliche Fasern sich sehr rot färben, viel intensiver, als es irgend ein Extremitätenmuskel zu tun pflegt. Diese Rotfärbung beruht auf dem Sarkoplasmagehalt der Faser; Sarkoplasma ist eben gerade in den Herzmuskelfasern in einer enormen Menge vorhanden. Die Sarkoplasamasse ist in den einzelnen Fasern ziemlich gleichmäßig angeordnet, so daß wir ein im ganzen regelmäßig gefärbtes Bild zu sehen bekommen. Wir haben dann durchaus den Eindruck, daß eine ganz ausgesprochen rote Muskulatur vorliegt. Nun ist aber nach den Ausführungen von Ewald die durch den Sarkoplasmagehalt bedingte Grundfarbe einer Muskelfaser nicht das einzige Moment, das den Charakter der hellen oder trüben Faser gibt; dazu gehört vielmehr vor allem noch der Gehalt an Körnchen-einlagerungen. Und bezüglich der Granula bestehen nun gerade bei den Herzmuskelfasern die größten Differenzen; es gibt Fasern, in denen auch bei der stärksten Vergrößerung keine Spur von Körnchen zu sehen ist. Das Gewöhnlichste ist aber wohl, daß in der unmittelbaren Umgebung des Kernes eine Anzahl von festen Einlagerungen zutage tritt. An den beiden Polen des Kernes sieht man dann pyramidenartige, mit der Spitze vom Kern weggewendete Gebilde, die sich aus einer mehr oder weniger hohen Zahl von einzelnen Granula zusammensetzen. Die größten von diesen Körnchen liegen dabei gewöhnlich in unmittelbarer Nachbarschaft des Kernes, die kleineren mehr in der Spitze

¹ Die Technik der in Betracht kommenden Färbungen hat Ewald in seiner Arbeit „Über helle und trübe Muskelfasern bei Wirbeltieren und beim Menschen“ ausführlich beschrieben.

der Pyramiden. Das ist ein ganz gewöhnlicher Befund, den ich auch in Herzen von solchen Menschen, die ganz akut, etwa im Anschluß an einen Unfall, verstorben waren, stets gefunden habe. Nach ungefärbten Präparaten, Rasiermesserschnitten oder dergleichen, sind solche Zeichnungen in den meisten Lehrbüchern der Anatomie zu finden und stellen das ganz normale Verhalten der Herzmuskelfaser dar. In den Granulis der Herzfaser überwiegt offenbar der Fettbestandteil gegenüber dem Glykogen usw. ganz erheblich, und wir haben daher mit einem höheren Fettgehalt auch unter ganz normalen Verhältnissen zu rechnen als in irgend einem willkürlichen Muskel. Unter dem Einfluß vieler Krankheiten, besonders solcher, die auf den Säftekreislauf ungünstig einwirken, wie z. B. einer perniziösen Anämie, kommt es dann allerdings zu einer wirklichen Verfettung der Herzfasern; doch unterscheidet sich das Bild, das man dann bei Fettfärbung bekommt, für den Geübten ganz prinzipiell, und zwar auf den ersten Blick, von dem physiologischen dadurch, daß man es nicht mit Körnchen, sondern mit Tropfen, typischen Fetttropfen mit ihrem scharfen Rand und ihrem glasigen Aussehen, zu tun hat, und daß der Muskel auch sonst, bezüglich des Reichtums an Bindegewebe und der interfasciculären Durchsetzung mit Fett, einen krankhaft veränderten Eindruck macht. Eine Abbildung einer normalen Stelle aus dem Herzen eines an den Folgen einer Schädel-fraktur verstorbenen Mannes ist am Schluß der Arbeit beigelegt. Außer einer solchen Anordnung der fetthaltigen Granula findet man sehr häufig Fasern, die wie bestäubt mit kleinsten Körnchen sind. Auch davon habe ich eine Aufnahme mit Hilfe des Lumièreverfahrens angefertigt. Das Bild entspricht durchaus dem, wie wir es bei der Untersuchung der trüben Extremitätenmuskelfasern immer bekommen; polständige Granula sind hier im allgemeinen nicht zu finden. Vielfach sieht man nun, daß die zuerst beschriebene Art von Fasern, diejenige mit den polständigen Granulis, in der Kamtermuskulatur, diejenige mit der diffusen Ausstreung von Körnchen in der des Vorhofes sich vorfindet; doch ist dieser Unterschied nicht absolut in dem Sinne, daß im Vorhof nicht auch polständige Granula vorkämen. Bei Verfettung des Herzmuskels werden die minimalen Körnchen der zweiten Art ebenfalls sehr viel größer. So fand ich im Herzen eines Mannes mit Carcinomkachexie Stellen, an denen man infolge der enormen Größe der Fetttropfen die darunterliegende Faserzeichnung gar nicht mehr sah, wo man demnach zunächst annehmen mußte, daß man es mit einer Zusammenlagerung von Fettkugeln, nicht aber mit einer verfetteten Herzfaser zu tun habe.

Die beschriebenen Granula, wie man sie normalerweise immer findet, färben sich allerdings am deutlichsten mit Sudan, sie färben sich aber auch ganz gut mit Alizarin, weniger mit Eisenlack; in dieser Beziehung gleicht die Herzfaser vollkommen der menschlichen Extremitätenmuskelfaser, denn auch dort bekommt man mit der Eisenlackmethode nur unvollkommene Bilder, während bei tierischen Muskeln gerade diese Färbung immer sehr prägnant und instruktiv ist.

Nicht berücksichtigt habe ich zunächst die Frage, wie sich wohl bei Hypertrophie der Herzmuskelfasern die Körnchen verhalten, ob die schon vorhandenen an Größe zunehmen oder ob vielleicht dann neue gebildet werden können. Die Beantwortung dieser Frage bleibt späteren Untersuchungen vorbehalten.

Der Umstand, daß es eben mehrere Arten von Körnchenverteilung in den Herzmuskelfasern gibt, macht es erklärlich, daß wir auf Querschnitten mitunter ein außerordentlich buntes und ungleichmäßiges Bild bekommen: hier eine Anzahl von Fasern, die keine oder nur polständige Granula enthalten, dort andere, die vollgepfropft mit solchen sind. Diese Bilder sind wohl niemals so aufzufassen, als wenn es helle Fasern neben den trüben des Herzmuskels gäbe. Denn, wenn wir

die Grundfarbe der Fasern betrachten, so sehen wir sogleich, daß diese sich nicht im mindesten unterscheidet; auch die körnchenfreien Fasern sind sehr intensiv rot.

Aber nicht nur auf Querschnitten, sondern auch im Längsschnitt bekommt man recht komplizierte Bilder. Alfred E. Cohn hat in einer aus dem Aschoffschen pathologischen Institut stammenden Arbeit darauf hingewiesen. Er hat allerdings speziell verfettete Herzmuskelfasern im Sinne gehabt. Aber auch bei ganz normalen Fasern erleben wir es, daß die Faser nicht in ihrer ganzen Länge den gleichen Charakter beibehält, sondern sich wiederholt ändert. Auf ein Stück, das ganz körnchenfrei ist, folgt da z. B. ein solches, das übersät mit Granulis ist. Es scheint, als wenn die Grenzen zwischen solchen Abschnitten durch die Kittlinien dargestellt werden. Wenn aber auch vielleicht die Kittlinien nicht Zellgrenzen in diesem engen Sinne darstellen, so ist es doch sehr auffallend, daß dieselbe Faser sich in ihrem Verlauf so ausgesprochen zu ändern vermag. Für die gewöhnliche Herzmuskulatur hat diese Eigenschaft kaum eine größere Bedeutung; im ganzen stellen solche Differenzen im Faserverlauf Ausnahmefälle dar. Ganz typisch und immer vorhanden sind sie aber in gewissen Teilen des Reizleitungssystems; ich werde darauf weiter unten noch zurückzukommen haben.

Die Beschreibung der gewöhnlichen Herzmuskelfasern kann ich nicht für beendet halten, wenn ich nicht noch einmal von dem Sarkoplasma gesprochen habe, das bekanntlich die Grundfarbe der Faser bedingt. Dieses ist in allen Herzmuskelfasern in ganz gleichmäßiger Verteilung enthalten. Mitunter bildet es radiär von dem zentral gelegenen Kern zum Zellrand hin ausstrahlende Fächer, zwischen denen die Fibrillen angeordnet sind; häufiger ist diese Struktur aber nicht so deutlich ausgeprägt, so daß wir es mit einer mehr diffusen Rotfärbung der Faser zu tun haben; wir haben dann das Bild, wie wir es von den Extremitätenmuskeln her gewohnt sind. Auch die Fibrillen, die in den Spalten des Sarkoplasmas zu liegen pflegen, sind gewöhnlich in der ganzen Querschnittsfigur der Faser anzutreffen; es gibt da keine irgendwie größere Stelle, die ganz frei von Fibrillen wäre.

Im ganzen läßt sich demnach bei der Untersuchung mit den spezifischen Färbungen über die Herzmuskulatur sagen, daß sie aus lauter roten Fasern aufgebaut ist. Rot sind die Fasern sämtlich wegen ihres enormen Sarkoplasmagehaltes. Schon allein deswegen müssen wir das Vorkommen von hellen Fasern innerhalb der gewöhnlichen Herzmuskulatur ausschließen. Erleichtert wird uns die Beurteilung des Fasercharakters aber meist noch dadurch, daß die Fasern Körncheneinlagerungen haben; diese sind entweder polständig angeordnet oder diffus über die ganze Faser hin verstreut.

Die spezifischen Muskelsysteme des Herzens sondern sich nach den Stellen, wo sie liegen, in zwei große Gruppen; erstens das System, das Vorhof und Kammer miteinander verbindet, zweitens diejenigen, die von der oberen Hohlvene zum rechten Vorhof, evtl. von diesem zum linken Vorhof hinübergehen. Das größte und zuerst entdeckte dieser Gebilde ist das als erstes genannte zwischen Vorhof und Ventrikel. Seine Geschichte beginnt etwa 1883, als Gaskell zunächst nur beim Kaltblüter fand, daß ein muskulöses Organ Vorhof und Kammer des Herzens in Verbindung setzt. Zehn Jahre später veröffentlichte Stanley Kent Untersuchungen, die er an Säugetierherzen angestellt und bei denen er gefunden hatte, daß die Gaskellsche Entdeckung sehr wohl auch auf die Warmblüterherzen Anwendung finden könne. In seiner Arbeit spricht er indessen auch noch von allen möglichen anderen Fasern, deren Vorhandensein spätere Untersuchungen nicht bestätigen konnten; es ist eben nicht mit absoluter Sicherheit ausgesprochen worden, daß es nur ein einziges muskulöses Bündel gibt, welches Vorhof- und Kammermuskulatur verbindet. Diese Tatsache eigentlich

erst gefunden und mit der nötigen Sicherheit und Klarheit dargestellt zu haben, ist das große Verdienst von His jr. Er war von physiologischen Versuchen und klinischen Beobachtungen ausgegangen und hatte dabei die Anwesenheit einer solchen muskulösen Verbindung theoretisch gefordert. Anatomische Untersuchungen, die er daraufhin anstellte, bestätigten dann seine Vermutungen vollkommen. Trotz der außerordentlichen Wichtigkeit der Entdeckung vergingen aber noch zehn Jahre, bevor auch andere Forscher das Studium des „Hisschen Bündels“ oder „Atrioventrikulärbündels“ aufnahmen. Seitdem ist eine große Anzahl größerer und kleinerer Veröffentlichungen erschienen, die alle mehr oder weniger wichtige Einzelheiten zur Kenntnis des Bündels beigetragen haben. Nicht nur physiologische Versuche waren die Grundlage für weitere Studien, ganz besonders war es vielmehr ein krankhafter Prozeß, der nach genauer klinischer Beobachtung die minutiöseste Untersuchung des Herzens post mortem verlangte und dann hübsche Resultate erzielen ließ. Es handelt sich da um Arrhythmien im Vorhof-Kammerrhythmus, besonders um die Krankheiten, die man als Adams-Stokesche Krankheit, Herzblock usw. zu bezeichnen pflegt. Schon His hatte als Kliniker eigentlich mehr Veranlassung, das Herz von der pathologischen als von der physiologischen Seite her kennen zu lernen, und gerade bei ihm war es denn auch ein Fall von Adams-Stokes gewesen, der ihn zu anatomischen Untersuchungen veranlaßt hatte. Seitdem ist gerade auch über diese Krankheit eine ganze Menge von Veröffentlichungen mit anatomischem Befund erschienen, die fast alle nachweisen konnten, daß Veränderungen im Lauf des Atrioventrikulärbündels bestanden hatten. Vor allem sind es Arbeiten gewesen von Retzer, Bräunig, dann besonders Tawara, Mönckeberg und Aschoff, die neue Entdeckungen brachten. Tawara hat wohl die wichtigsten neuen Tatsachen zutage gefördert; besonders das Studium des Anfangsteiles des Bündels, der ja nach ihm als der Tawarasche Knoten bezeichnet wird, und die Kenntnis der Endigungen des Systems, deren Charakterisierung als Purkinjesche Fäden, sind sein Werk. Die ausführlichste Arbeit aber, die eingehend alle zum Atrioventrikulärsystem gehörenden Verhältnisse berücksichtigt, stammt aus der Feder von Mönckeberg und hat mir bei meinen Untersuchungen als fundamentale Grundlage gedient. Endlich waren es neben vielen kleineren Arbeiten besonders die Verhandlungen der Deutschen Pathologischen Gesellschaft auf ihrer XIV. Tagung in Erlangen, besonders der Vortrag von Aschoff, die weitere zusammenfassende Untersuchungen brachten.

Als Grundlage für die Mitteilung meiner eigenen Befunde möchte ich nun ganz kurz resümieren, was wir auf Grund der früheren Untersuchungen über den Verlauf des Hisschen Bündels mit Sicherheit wissen.

Während im übrigen Vorhof und Kammer durch eine bindegewebige Masse, das Septum fibrosum atrioventriculare, getrennt sind, trifft man in demjenigen Teile der Scheidewand, der zwischen dem medialen Tricuspidaliszipfel und der medialen Aortenklappe, oberhalb deren immer eine Coronararterie abgeht, liegt, eine ganz eigenartige muskulöse Verbindung. Daß diese Gegend etwas ganz Besonderes darstellt, erkennt man namentlich bei den großen Haussäugetieren: da liegt in diesem Teil der bindegewebigen Scheidewand ein Knorpel- (besonders bei Kalb und Rind) oder ein Knochenstück (besonders beim Pferd). Beim Menschen treffen wir hier nur eine Verdichtung des Bindegewebes, die die Engländer (Keith usw.), die in ihren Untersuchungen besonders davon sprachen, als central fibrous body bezeichnen. Wenn man hier von hinten nach vorne gehend Serienschnitte durch das ganze Septum anlegt, so sieht man bei einiger Übung schon makroskopisch, jedenfalls aber immer bei mikroskopischer Betrachtung, daß das Septum membranaceum, das an sich

auf diesen Längsschnitten immer zu sehen ist, durchsetzt wird von einem muskulösen Gebilde. Das Bündel liegt zunächst oberhalb des bindegewebigen Septums, sendet dann einen Fortsatz vor, meist auf der rechten Seite des Septum membranaceum, diesem Fortsatz folgt in toto das ganze Bündel nach; wir sehen es dann stellenweise vollkommen in Bindegewebe eingeschlossen in der Scheidewand liegen. Endlich hat es die Scheidewand durchbrochen, liegt dann geschlossen unter ihr und über der gewöhnlichen Muskulatur der Kammerscheidewand. Von dieser ist es durch einen mehr oder weniger starken Zug von Bindegewebe völlig geschieden. Jetzt teilt es sich in zwei Teile, gibt „Schenkel“ zu beiden Seiten der Kammerscheidewand ab. Dabei bekommt es eine Form, die man am klarsten dadurch kennzeichnen kann, daß man von einem Reiten des Bündels auf der Kammermuskulatur spricht. Von hier ab wird die makroskopische Untersuchung sehr schwierig, stellenweise unmöglich, so daß man genötigt ist, die mikroskopische Untersuchung zu Rate zu ziehen. Bevor ich das tue, möchte ich auch diejenigen mikroskopischen Befunde, die sich bei der Besichtigung der Anfangsteile des Bündels ergeben, kurz aufzählen. Der Anfangsteil des Bündels ist spindel- oder knotenförmig, es ist die Stelle, die nach Tawara benannt wurde und als Tawarascher Knoten bezeichnet wird. Der Knoten setzt sich zusammen aus einer Unmenge von auffallend dünnen Fasern, die durch ihre geringe Größe und eine gewisse, wenig ausgeprägte Differenzierung den Eindruck von glatten Muskelfasern machen. Auch ich habe aber bei entsprechender Untersuchung mit absoluter Sicherheit feststellen können, daß diese Fasern in ganz typischer Weise quergestreift sind. Man bedient sich da am zweckmäßigsten der Bielschowsky-Methode, die wir hier in Form einer von Ewald angegebenen Modifikation anzuwenden pflegen. Die Fasern gehen zwar auch stellenweise Verbindungen miteinander ein, wie wir es von den gewöhnlichen Herzfasern her gewohnt sind, im allgemeinen sind aber die Verhältnisse etwas anders: einerseits bilden die schmalen Fasern des Knotens untereinander ein ausgedehntes wirres Flechtwerk, andererseits werden sie voneinander getrennt durch eine große Menge von Bindegewebe, das zwischen sie eindringt. Dieses Bindegewebe umgibt aber auch das Bündel in toto, so daß es überall als streng von der Nachbarschaft isoliertes Gebilde erscheint. Sowohl die kleinen Muskelfasern wie auch das Bindegewebe selbst sind ganz außerordentlich kernreich, was das Bild bei der mikroskopischen Untersuchung weiterhin sehr charakteristisch macht.

Das Hissche Bündel ist derjenige Teil der Herzmuskulatur, der noch aus der allerersten embryonalen Zeit stammt. Dementsprechend haben die Fasern des Bündels sehr häufig eine Form bewahrt, die an ihre Herkunft aus embryonalen Fasern erinnert: sie haben oft nicht das Aussehen der gewöhnlichen kompakten Muskelfaser, sondern beherbergen in ihrem Inneren eine hohlraumartige Figur. Es ist nicht ganz sicher, ob es sich wirklich um Hohlräume handelt, ob nicht vielmehr die spezielle Anordnung des Sarkoplasmas und der Fibrillen einen Hohlraum vortäuscht; da ich von diesen Verhältnissen weiter unten noch zu sprechen habe, will ich an dieser Stelle nicht darauf eingehen.

Daß es sich bei dem Hisschen Bündel um ein ganz außerordentlich lebenswichtiges Organ handelt, zeigt die enorme Menge von Blutgefäßen, die durch den Knotenteil hindurchgehen. Wir treffen da immer, manchmal schon makroskopisch sichtbar, große Gefäßlumina. Gelegentlich ist die Blutversorgung so reichlich, daß das ganze Bündel auf dem Querschnitt schwarz oder braun getüpfelt erscheint. Bei der mikroskopischen Untersuchung sieht man ganz klar, daß diese Tüpfelung oder Strichelung eben durch nichts weiter als einen enormen Gefäßreichtum bedingt ist. Meist handelt es sich nur um ein (gelegentlich zwei) sehr große Lumen, während kleinere Lumina in viel größerer

Zahl vorhanden zu sein pflegen. Nerven und Ganglienzellen habe ich bei meinen Untersuchungen nicht ein einziges Mal gefunden.

In der beschriebenen Form bleibt das Bündel nun zunächst, wenn es sich vom Knoten her gegen die bindegewebige Scheidewand fortsetzt, in diese hineintritt und unter ihr erscheint. Immer sehen wir dieselben kleinen Fasern, die etwa viermal so schmal als die gewöhnlichen Herzmuskelfasern sind, dieselbe Menge von Kernen, gleich viel Bindegewebe und starke Blutversorgung. Diese Versorgung wird nach und nach geringer, das große Gefäß tritt entweder ganz aus dem Bündel heraus oder begibt sich ausgesprochen auf die rechte Seite. Es stellt dann eine Verlängerung her, die vom Stammteil in den rechten Schenkel hinein sich verfolgen läßt. Dieser, der rechte Schenkel, verläuft als geschlossenes Gebilde zunächst subendocardial, tritt aber dann schon ziemlich bald in die gewöhnliche Muskulatur hinein. Doch läßt er sich auch hier immer ganz deutlich von der gewöhnlichen Herzmuskulatur abgrenzen, wenn auch allerdings der bindegewebige Mantel, besonders gegen das Ende hin, sehr dünn wird. Nachdem der Schenkel so eine Zeitlang intramuskulär verlaufen ist, tritt er wieder aus der Muskulatur heraus und begibt sich subendocardial nach unten und hinten zum medialen und dann zum lateralen Papillarmuskel. Besonders die Stelle, wo der Schenkel zum zweiten Mal eine subendocardiale Lage bekommt, ist makroskopisch ganz gut zu sehen als ein graubraun oder grauweiß gefärbter Zug, der nach unten zu den Papillarmuskeln hingeht. Die mikroskopische Untersuchung hat mir wiederholt bestätigt, daß der makroskopische Eindruck nicht irregeleitet hatte. Auf dem so beschriebenen Verlauf haben sich nun die Fasern in einer ganz eigentümlichen Weise verändert: während sie im Knoten-, Stamm- und dem ersten Schenkelteil sehr klein, schmal und kernreich sind, werden sie bei ihrem Austritt aus dem intramuskulären Teil plötzlich sehr groß, breit und bekommen eine ganze Anzahl weiterer Eigentümlichkeiten. Die wichtigste ist die an die embryonalen Fasern erinnernde Form. Um den Kern herum finden wir dann ein einziges großes oder mehrere kleinere hohlraumartige Gebilde, die bei den Färbungen sich nicht mittingieren. Es scheint demnach, als wenn hier ein wirklicher Hohlraum wäre, so wie wir es von den typischen embryonalen Fasern her kennen. Daß es sich aber hier nicht um einen eigentlichen Hohlraum handeln kann, wird man begreiflich finden, wenn man bedenkt, daß gerade in diesem Teil der Kern liegt, der doch nicht einfach in der Luft hängen kann. Es ist viel wahrscheinlicher anzunehmen, daß die Masse des Sarkoplasmas und die Fibrillen, d. h. diejenigen Bestandteile, die die Faser als Muskelfaser kennzeichnen, wandständig sind, während im Innern der Faser einfaches undifferenziertes und deswegen auch nicht färbbares Protoplasma liegt. Die Fasern, die auf diese Weise zustande kommen, gleichen Gebilden, die schon in den vierziger Jahren des vorigen Jahrhunderts von Purkinje im Kalbs- und Ochsenherz beschrieben wurden. In diesen Herzen findet man nämlich ein sehr weit ausgesponnenes, fast die ganze Oberfläche des Ventrikelraumes überkleidendes Gewebe, das sich bei der mikroskopischen Untersuchung als aus großen, blasigen, an Sehnengewebe erinnernden Muskelfasern zusammengesetzt erweist, die einen großen Kern, wandständiges Protoplasma, d. h. auch dieses merkwürdige hohlraumartige Gebilde, und außerordentlich ausgeprägte „Kittlinien“ zeigen. Wegen der unverkennbaren Ähnlichkeit der Fasern im letzten subendocardialen Teil des rechten Schenkels mit diesen von Purkinje entdeckten Gebilden wurden auch sie als Purkinjesche Fäden bzw. Fasern bezeichnet. Sie setzen sich jetzt dem makroskopisch sichtbaren Verlauf des Schenkels entsprechend auf die beiden Papillarmuskeln fort, während sie beim Menschen, wie wir weiter unten noch

auszuführen haben werden, auf der übrigen Fläche des Ventrikelinnenraumes nicht zu finden sind.

Während so der rechte Schenkel fast bis in seine Endverzweigungen hinein ein geschlossenes, durch Bindegewebe ganz streng von der übrigen Herzmuskulatur getrenntes Gebilde darstellt, ist das ganz anders bei dem linken Schenkel. Dieser strahlt schon gleich zu Anfang in eine breite, dreieckige, plattenähnliche Masse auseinander, die subendocardial verläuft und sich allmählich offenbar in die Kammermuskulatur hinein verliert. Ein intramuskulärer Teil wie beim rechten Schenkel, ein zweiter subendocardialer Teil wie dort, sind hier sicher nicht vorhanden. Außer den übereinstimmenden Untersuchungsergebnissen — auch ich kann auf Grund von vielen Serienschritten diesen Befund nur bestätigen — spricht dafür besonders der Umstand, daß die Fasern des linken Schenkels schon gleich am Anfang, bei ihrem Abgang von dem Bündelstamm, sich in mehr oder weniger typische Purkinjesche Fasern verwandeln. Auch hier im linken Herzen ist es wiederholt gelungen, derartige Gebilde auch in den Papillarmuskeln zu finden, während auch hier wieder viele andere Wandstücke, die untersucht wurden, nicht das Geringste davon zeigten. Ich kann also hier nur die Ansicht von Mönckeberg bestätigen, daß eine Ausbreitung der Schenkel des Hisschen Bündels durch Purkinjesche Fäden über die ganze Ventrikularinnenfläche hin, wie sie Tawara nach Analogie mit dem Huftierherzen auch für den Menschen annahm, in der Tat nicht besteht. Eine Ausnahme macht davon nur ein Teil jener sogenannten abnormen Sehnenfäden, die von einem Teil der Kammerwand, etwa von einem Trabekel zu einem anderen oder dergleichen ziehen; da kommt es nämlich vor, daß ein solcher Faden von der Herzscheidewand an einer Stelle ausgeht, wo Endausbreitungen des Hisschen Bündels liegen, und etwa zu einem Papillarmuskel hingeht. In solchen Fällen ist es auch mir wiederholt gelungen, typische Verlängerungen des betr. Schenkels in Form von Purkinjeschen Fäden in einem solchen „abnormen Sehnenfaden“ zu konstatieren.

Die Papillarmuskeln zeigen mitunter Purkinjeartige Fasern nicht nur auf ihrer Oberfläche, subendocardial, sondern über den größten Teil des Querschnitts verstreut. Bei Anwendung der Bielschowsky-Methode konnte ich z. B. so einmal nachweisen, daß sämtliche Muskelfasern dieses Muskels bzw. dieser Stelle wandständige Fibrillenordnung und einen großen „Hohlraum“ mit dem Kern zeigten. In der übrigen Muskulatur des Herzens ist es mir nie gelungen, etwas Derartiges zu finden, da war vielmehr immer, wovon ich ja oben schon gesprochen habe, die ganz gleichmäßige Ausbreitung von Sarkoplasma und Fibrillen über die ganze Faser hin.

Über die Art und Weise, wie sich nun die Fasern des Hisschen Bündels mit den gewöhnlichen Herzfasern verbinden, herrschen noch viele Unstimmigkeiten; auf die neueren Untersuchungen von Thorel werde ich weiter unten noch einzugehen haben. Die Ansicht von Tawara habe ich erwähnt. Auch ich bin mit Mönckeberg durchaus der Meinung, daß die spezifischen Fasern sich in irgendwelcher Weise, ohne Zwischenschaltung eines neuen Momentes, mit den gewöhnlichen Muskelfasern des Herzens verbinden, daß mithin eine wirkliche unmittelbare, selbständige Verbindung zwischen Vorhof- und Kammerfasern auf diese Weise geschaffen wird. Daß es nie gelungen ist, einen solchen Übergang von spezifischen zu gewöhnlichen Fasern unter dem Mikroskop zu sehen, das ist ja allerdings recht merkwürdig und nicht recht erklärlich.

Was nun die Befunde betrifft, die ich bezüglich der Lehre von den hellen und trüben Muskelfasern und mit unseren spezifischen Färbungsmethoden erheben konnte, so ist folgendes zu sagen:

Wie schon oben gesagt wurde, erkennt der Geübte sehr leicht das Hissche Bündel und unterscheidet es schon makroskopisch von der übrigen Herzmuskulatur. Dasjenige Moment, welches die Erkennung ermöglicht, ist eben die Färbung; während die gewöhnliche Herzmuskulatur einen leicht rötlichen, bräunlichroten Ton hat, ist das Bündel in den allermeisten Fällen ganz ausgesprochen weiß. Einer Ausnahme von dieser Regel habe ich oben schon Erwähnung getan: der Gefäßreichtum des Bündels kann mitunter so enorm sein, daß er alles andere überdeckt, und daß dann die Gegend des Bündels schwarz oder grauschwarz erscheint. Im allgemeinen ist es aber so, daß man den Verlauf des Bündels ganz genau verfolgen kann; man sieht es — wobei es besonders durch ein großes Gefäßlumen charakterisiert wird — oberhalb des Septum membranaceum, man sieht es dann — wobei das Gefäß an Deutlichkeit und Größe immer mehr einbüßt, um schließlich ganz zu verschwinden — neben dem zentralen fibrösen Knoten herziehen und schließlich unter dem Septum liegen und auf der Kammermuskulatur reiten. Auf dem ganzen Weg bis hierhin ist es ausgesprochen weiß gefärbt. Dann — bei der Teilung in die Schenkel — verwischt sich der Unterschied, ja es kommt sogar vor, daß man den Eindruck hat, als wenn die Farbe der Schenkelverzweigungen — von dem rechten Schenkel wurde das oben schon erwähnt — intensiver wäre als die der gewöhnlichen Herzmuskulatur. Diese Verhältnisse veranschaulicht ein Buntbild, das ich am Schlusse bringe; es stammt zwar aus einem Pferdeherzen und gehört also eigentlich nicht in den Rahmen dieser Arbeit, aber es zeigt außerordentlich deutlich das Bündel, wie es nach Passage des zentralen Knochens auf der rechten Seite nach unten gelangt ist und nun einen Schenkelteil nach der linken Seite zu in die gewöhnliche Muskulatur hinein entsendet. Während die Herzmuskulatur schön rot gefärbt ist, ist das Bündel ganz bedeutend blasser, wenngleich es auch — entsprechend seiner tiefen Lage — schon rötlicher geworden ist als oberhalb des Septums bzw. des hier die Stelle des Septums einnehmenden Knochens. Diese Farbendifferenz war es wohl, die Keith veranlaßte, in seiner 1906 erschienenen Arbeit über das Atrioventrikulärbündel folgendes zu sagen: „Es gibt noch einen Punkt, von dem ich glaube, daß er geeignet ist, ein Licht auf die Natur des in Frage stehenden Systems zu werfen; ich meine den funktionellen Unterschied zwischen heller und trüber Muskulatur. Das Atrioventrikulärbündel gehört zur hellen, die übrige Herzmuskulatur zur trüben Muskulatur.“ In diesem Sinne, wenigstens ohne jede weitere Einschränkung, ist aber wohl der Unterschied nicht zu formulieren. Wie meine Untersuchungen gezeigt haben, und wie weiter unten genauer ausgeführt werden wird, enthält das Hissche System eine ganze Menge von trüben Muskelfasern. Außerdem aber ist die weiße Färbung, die man in der Herzscheidewand schon makroskopisch sieht, keineswegs ausschließlich durch Muskulatur bedingt. Der enorme Bindegewebs- und Gefäßreichtum, über den ich schon sprach, trägt sicher sehr erheblich zur Entstehung der weißen Farbe bei. Inwiefern eigentlich Muskulatur daran beteiligt ist, können erst die mikroskopischen Untersuchungen lehren.

Der Tawarasche Knoten besteht aus einem engmaschigen Flechtwerk von Fasern; diese tingieren sich mit den spezifischen Methoden fast gar nicht. Wenn man eine stärkere Vergrößerung anwendet — ein Buntbild davon siehe im Anhang! — so hat man, während die übrigen Muskelfasern in demselben Präparat intensiv rot gefärbt waren, farblose oder eher — unter dem Einfluß des Hämatoxylyns — leicht bläulich gefärbte Gebilde vor sich. Eine schöne Rotfärbung habe ich hier in allen von mir untersuchten Herzen nicht auffinden können. Dieser Befund kontrastiert sehr auffällig mit der Umgebung der Fasern: dort sind nämlich immer außerordentlich viele große Fettropfen, die sich nun natürlich sehr stark tingieren; bei schwacher Vergrößerung bekommt man daher auch dann

noch auf den ersten Blick den Eindruck, daß man es mit einem roten Gebilde zu tun hat. Erst die stärkere Vergrößerung lehrt, daß diese Meinung falsch gewesen ist. Auf dem beigefügten Bild sieht man z. B., daß die Menge der in den Fasern enthaltenen Fettgranula außerordentlich gering ist. Einige wenige Körnchen finden wir ja auch gewöhnlich in den hellsten Extremitätenmuskelfasern. Da außerdem nicht zu verlangen ist, daß die Grundfarbe der hellen Faser so ist wie das Gefieder etwa des Schwans, so stehe ich nicht an, anzunehmen, daß man es hier, im Anfangsteil des Hisschen Bündels, d. h. dem Tawaraschen Knoten, in der Tat mit typischen hellen Fasern zu tun hat. Die Verteilung des wenigen Sarkoplasmas, das sich in diesen Fasern findet, ist gewöhnlich ganz gleichmäßig; nur ganz selten einmal bekommt man eine Faser mit randständiger Anordnung des Plasmas zu sehen. Es ist wohl möglich, daß das an der Beschaffenheit meines Materials liegt insofern, als ich nur wenige Kinderherzen untersuchen konnte; die Menge der „embryonalen“ Fasern soll nämlich mit dem Alter abnehmen. Immerhin habe ich aber einige Kinderherzen untersucht und keineswegs so sehr viel mehr Fasern mit Vakuolen oder dergleichen Gebilden gefunden. Das ist überhaupt zu sagen, daß der Charakter der feinen Knotenfasern gar nicht so sehr von dem der gewöhnlichen Herzfasern abweicht — sofern man natürlich von der Färbung abstrahiert —; die Knotenfasern sind quergestreift, in gleicher Weise verästelt, haben Kittlinien usw. Auffallend ist nur ihre enorme Feinheit, die besondere Innigkeit der Verästelung, der enorme Reichtum des Knotenteils an Zwischengewebe, endlich der große Kernreichtum der Fasern selbst. Immer sind diese Kerne aber, und darin gleichen die Knotenfasern wiederum den gewöhnlichen Herzmuskelfasern, innenständig.

Wenn wir jetzt vom Knotenteil weiter abwärts gehen und den Durchtritt durch das Septum beobachten, so sehen wir, daß die immer noch sehr dünnen, schmalen Fasern entschieden an Färbung gewinnen. Man erkennt schon, daß man es mit Muskeln zu tun hat, die ja durchaus Anspruch auf eine leichte Rotfärbung erheben können. Immerhin sind aber die Bündelfasern auch hier noch sehr deutlich heller als die gewöhnlichen Herzfasern. Eine schwache Vergrößerung von dieser Gegend ist in Alizarinfärbung am Schluß der Arbeit abgebildet. Innerhalb des Bindegewebes des Septum membranaceum sieht man da die feinen schwach blau gefärbten Bündelfasern, und zwischen ihnen große Blutgefäße und eine erhebliche Menge von Fett. Wenn man gerade eine solche Stelle unter das Mikroskop bekommt, wo noch eine dünne Bindegewebslage das Bündel von der Kammermuskulatur trennt, dann ist das Bild meist noch außerordentlich charakteristisch: hier die schmalen blaßroten bzw. blaßblauen Bündelstammfasern, dort die intensiv gefärbten Herzfasern. Wenn einmal wirklich schon hier, wie es gelegentlich vorkommt, die Farbendifferenz nicht ganz so prägnant ist, so besteht doch noch ein großer Unterschied bezüglich des Körnchengehaltes; während die Bündelfasern höchstens gelegentlich einmal ein paar polständige Granula haben, enthalten die Herzkammerfasern gerade in dieser Gegend immer eine große Menge solcher Körnchen, wenn sie nicht überhaupt ganz übersät mit ihnen sind, wie es gewöhnlich der Fall ist. Wenn dann aber das Bündel unterhalb des Septums angekommen ist, dann haben sich die Verhältnisse gewöhnlich geändert. Die Bündelfasern sind viel intensiver rot geworden, so daß man nunmehr nicht so sehr von hellen und roten bezüglich spezifischen und gewöhnlichen Fasern reden kann, als vielmehr von verschiedenen Nuancen der Rotfärbung. Auf dem erwähnten beigefügten, von einem mit Alizarin gefärbten Schnitt stammenden Bild sieht man noch ganz deutlich den Farbenunterschied. Besonders interessant ist dabei, daß die mehr nach unten, d. h. gegen die Kammermuskulatur hin gelegenen spezifischen Fasern entschieden dunkler sind als die mehr nach dem Knotenteil hin liegenden. Auf dem ganzen Verlauf vom Tawaraschen

Knoten her bis zu dem Abgangspunkt der Schenkel findet eine Zunahme des Sarkoplasmagehaltes statt, demzufolge natürlich auch die Färbung intensiver ausfallen muß. Der Körnchengehalt ist aber auch an den allerdunkelsten Partien des Bündels sehr gering, wenn überhaupt Granula vorhanden sind. Wenn bezüglich der Granula und gewisser anderer feinerer Eigenschaften der Bündelfasern auch Unterschiede vorhanden sind, so muß man doch auch hier wieder sagen, daß der Charakter sämtlicher in Betracht kommenden Fasern in den einzelnen Abschnitten im ganzen derselbe ist, d. h. daß wir es im Tawaraschen Knoten mit rein hellen, dann mit etwas weniger hellen, dann mit leicht und endlich deutlich rot gefärbten Elementen zu tun haben. Dieser Übergang der einen Faserart in die andere hat etwas höchst Merkwürdiges; im Bereich der Extremitätenmuskeln gibt es etwas Derartiges überhaupt nicht. Und auch bei den Herzfasern läßt es sich wohl nur dann erklären, wenn man gewisse Voraussetzungen macht, insbesondere wenn man zugibt, daß die „Kittlinien“ doch eine ziemlich scharfe Abgrenzung einzelner verhältnismäßig selbständiger Faserteile darstellen. Ob es wirklich richtig ist, zu sagen, daß „die eine Faserart“ in „die andere“ übergegangen ist, will ich zunächst noch nicht entscheiden. Die langsame Umwandlung, die allmähliche Veränderung, die die Fasern auf dem beschriebenen Wege durchzumachen haben, spricht vielmehr dafür, daß es eigentlich nicht nur zwei scharf geschiedene Fasersorten gibt, sondern vielmehr eine ganze Menge von Funktionszuständen, zwischen denen die verschiedensten Übergangsformen existieren. Das würde ja durchaus übereinstimmen damit, daß man bei dem Studium der gewöhnlichen Muskelpräparate immer wieder, worauf schon Ewald in seiner Arbeit hingewiesen hat, den Eindruck hat, als könnte man mindestens drei, wahrscheinlich sogar vier bis sechs verschiedene Faserarten scharf voneinander trennen. Zu bedenken ist übrigens bei der Beurteilung des untersten Stammteiles des Hisschen Bündels noch folgender Umstand: auf dem Weg vom Knoten herab hat sich die Zahl der Fasern mit zentralen „Hohlräumen“ entschieden vermehrt; wenn nun also jetzt das Sarkoplasma, das vorher die ganze Faser ausgefüllt hat, auf einen verhältnismäßig kleinen Randbezirk zusammengedrängt wird, so wird allein dadurch eine dunklere Färbung in diesem Bezirk veranlaßt. Doch auch bei Berücksichtigung dieses Umstandes wird man wohl sagen dürfen, daß die Fasern unterhalb des Septum membranaceum entschieden intensiver rot gefärbt sind als in den Anfangsteilen des Systems.

Mit dem Abgang der beiden Schenkel beginnt nun ein ganz neuer Teil des Bündels. Am rechten Schenkel ist der Fasercharakter zunächst erheblich weniger als am linken von dem der Stammfasern verschieden. Die Fasern behalten vielmehr am rechten Schenkel zunächst ihre schmale Gestalt bei und verlaufen eine Strecke weit subendocardial. Sehr bald aber senken sie sich zwischen die Muskulatur ein, um nach kurzem Verlauf wieder nach oben zu gelangen — wie früher schon ausgeführt wurde, ist das diejenige Stelle, wo man den Verlauf des rechten Schenkels schon verhältnismäßig ganz gut makroskopisch erkennen kann. Schon beim Eintritt zwischen die Muskulatur hinein, noch viel deutlicher aber beim Austritt zu dem zweiten subendocardialen Teil hin, sieht man prinzipiell verschiedene Fasern mit außerordentlich deutlich ausgeprägten zentral oder exzentrisch gelegenen hohlraumartigen Gebilden; diese Fasern entsprechen in allem den oben beschriebenen Purkinjeschen Fäden. Für die Frage der hellen und trüben Fasern ist es von ausschlaggebender Wichtigkeit, daß diese Fäden sehr viele Fettkörnchen enthalten, daß auch die Grundfarbe sehr dunkel ist, so daß man es hier offenbar wirklich mit rein trüben Gebilden zu tun hat. Am linken Schenkel sind die Verhältnisse etwas anders. Dort scheint es schon beim Abgang des Schenkels, als wenn die Fasern,

die ganz unmittelbar vorher noch ziemlich schmal waren, plötzlich sehr breit und wieder ganz ausgesprochen hell geworden wären. Der Charakter der Purkinjeschen Fäden ist schon an dieser Stelle ganz deutlich ausgeprägt. Man sieht das randständige Sarkoplasma, die deutlichen Kittlinien und überhaupt alle die Eigenschaften, die gerade für die Purkinjeschen Zellen typisch sind. Allerdings sind die Fasern beim Menschen niemals von der klassischen Schönheit wie bei den Huftieren, worauf ich unten noch zu sprechen kommen werde. Wenn man jetzt den linken Schenkel, d. h. diese Purkinjeschen Fasern, auf ihrem Verlauf nach abwärts verfolgt, so sieht man wieder dasselbe, was oben bereits von dem oberen Teil des Hisschen Bündels beschrieben wurde; die Grundfarbe und der Körnchengehalt nehmen successive zu und nach Erledigung einer großen Anzahl von Zwischenstufen haben wir dann in den untersten Partien ausgesprochen rote Gebilde vor uns. Dieser Übergang ist so typisch und in jedem Fall vorhanden — die Untersuchungen sind bisher an reichlich 60 Herzen gemacht worden, unter denen die meisten von akut verstorbenen, nicht chronisch kranken Leuten stammten —, daß ich nicht anstehe, in ihm das normale Verhalten zu sehen und ihn als solches zu beschreiben. In Figur 5 sieht man eine Anzahl von Fasern auf den Endverzweigungen des linken Schenkels. Die tief dunkelrote Grundfarbe und der starke Körnchengehalt treten gegenüber den in der Nachbarschaft liegenden gewöhnlichen Herzmuskelfasern sehr deutlich in die Erscheinung. Auf den dazu gehörigen Querschnitten erkennt man die Randständigkeit des Sarkoplasmas. Die sonst bei Purkinjeschen Fäden so deutlichen Kittlinien werden hier von den Fettkörnchen verdeckt, überbrückt.

Wenn man diese Dinge unabhängig von der Lehre der hellen und trüben Fasern betrachtet, muß man selbstverständlich auf den Gedanken kommen, daß man es hier mit einer auf einen ganz bestimmten, engbegrenzten Bezirk lokalisierten pathologischen Verfettung zu tun hat. Die Menge und auffallende Größe der fetthaltigen Einlagerungen spricht ja allerdings auch dafür, daß etwas Krankhaftes hier vorliegt. Indessen, ein Befund, der konstant zu erheben ist, in ganz normalen Herzen niemals vermißt wird, kann unmöglich etwas Pathologisches sein. Wenn in einem so lebenswichtigen Organ, wie es das Hissche Bündel ist, an ein und derselben Stelle stets viel Fett vorkommt, so muß das seine Bedeutung und seine Richtigkeit haben. Vom Standpunkt unserer Auffassung aus gesehen muß man sagen, daß hier intensiv rote Fasern liegen, die für die Aktion des Bündels, mithin für die ganze Herztätigkeit, eine ganz prinzipielle Bedeutung haben.

Wie nun der Übergang dieser roten Fasern in die gewöhnliche Herzmuskulatur sich vollzieht, das vermag auch ich nicht mit Bestimmtheit zu sagen. Wohl fand ich wiederholt, daß in den tiefer nach unten gelegenen Stellen der Kammerscheidewand subendocardial Muskelfasern liegen, die ausgesprochen rot sind, aber in keiner Weise den Charakter der Purkinjeschen Fäden haben; ich vermutete daraufhin, daß die roten spezifischen Fasern unmittelbar in solche ebenso rote gewöhnliche Herzfasern übergehen. Dafür sprach ferner der Umstand, daß ich an allen anderen Stellen der Herzzinnenwand niemals wieder so stark körnchenhaltige Randfasern antraf. Etwas Sicheres kann ich aber deshalb darüber nicht sagen, weil ich mit der Gefriermethode einstweilen keine Serienschnitte anfertigen, mithin auch nicht den Übergang selbst sehen kann.

Ich möchte nicht verfehlen, eines Befundes Erwähnung zu tun, den mehrere Voruntersucher erhoben haben. In denselben Fasern, die bei den Fettfärbungsmethoden so stark gefärbt erscheinen, fanden Mönckeberg u. a. Glykogen. Wenn nun eine Muskelfaser normalerweise Glykogenkörnchen enthält, wenn fernerhin der Fettkörnchenreichtum der gewöhnlichen trüben Muskelfasern als normaler

Befund anzusehen ist, so besteht gar kein Grund dafür, etwa die Fetteinlagerungen in den Endverzweigungen der Bündelschenkel für krankhaft zu halten.

Solche intensiv gefärbten Fasern vom Purkinjeschen Charakter fand ich ausschließlich in den Endverzweigungen des Hisschen Bündels und in den Papillarmuskeln sowie deren unmittelbarer Umgebung — natürlich abgesehen von den übrigen spezifischen Systemen, auf die ich weiter unten zu sprechen kommen werde. Alle übrigen Stellen der Herzmuskulatur, die ich untersuchte, enthielten nichts davon. Das spricht gegen die Richtigkeit der Tawaraschen Meinung, daß auch im Menschenherz der ganze Innenraum überkleidet würde von Purkinjeschen, Fortsetzungen des Bündels darstellenden Fasern; es spricht aber dafür, daß die Meinung Mönckebergs zu Recht besteht, daß die Bündelverzweigungen sich nach einem verhältnismäßig kurzen Verlauf mit der gewöhnlichen Herzmuskulatur verflechten.

Wenn nun auch in dieser Beziehung gewisse Differenzen zwischen dem Herzen des Menschen und dem der bisher daraufhin untersuchten Tiere, speziell der Huftiere, bestehen, so gibt es doch auch wieder alle möglichen prinzipiellen Analogien; und weil man, wie Keith sich ausdrückt, beim Tierherzen schon makroskopisch sieht, was beim Menschen erst unter dem Mikroskop in die Erscheinung tritt, so glaube ich berechtigt zu sein, im Anschluß an meine bisherigen Mitteilungen einen Befund aus dem Pferdeherzen zu besprechen. In Figur 6 sieht man eine breite Purkinjesche Faser zwischen der gewöhnlichen Herzmuskulatur einherziehen und erkennt ganz besonders deutlich den Farbenunterschied.

Bei diesen ganzen Untersuchungen ist es natürlich von besonderer Wichtigkeit, daß man sich über die Bedeutung der Purkinjeschen Fäden klar ist. Die helle, glasige Färbung, die ja auch bei den bisher üblichen Methoden, van Gieson, Hämatoxylin-Eosin usw., deutlich zutage tritt, die großen Unterschiede gegenüber der gewöhnlichen Herzmuskulatur erwecken zunächst den Eindruck, daß man es gar nicht mit Muskelfasern, sondern mit Sehnenfäden zu tun habe. Immerhin sind aber alle Untersucher darüber wohl jetzt einig, daß, wie Keith sagt, „die Purkinjeschen Fäden Herzmuskelfasern seien, die nur in einer ganz seltsamen Art und Weise spezialisiert sind“. Zu welchem besonderen Zweck sie da sind, ob es „Spanner des Endocards“ sind oder ob sie eine andere Tätigkeit haben, alle diese Fragen hat Tawara in seiner Abhandlung ausführlich besprochen; ich möchte daher hier nur darauf verweisen.

Das Hissche Bündel leitet den Kontraktionsreiz vom Vorhof zur Kammer über. Es mußte nun weiterhin eine Stelle gefunden werden, an der der primäre Reiz entsteht, der den Vorhof selbst zur Kontraktion bringt. Tawara nahm an, daß von dem von ihm genauer beschriebenen Knotenteil aus eine feinfaserige Abzweigung zum Sinus coronarius geht. Man würde dann zu folgern haben, daß dort, am Eintritt der Coronarvene in den rechten Vorhof, der Reiz entsteht. Alle späteren Untersucher haben das Vorhandensein dieses feinfaserigen Abschnitts nicht bestätigen können. Immerhin war das in dem Gedankengang von Tawara zweifellos richtig, daß die Stelle der Reizbildung dort angenommen werden muß, wo der Vorhof beginnt. Das ist derjenige, durch die Taenia terminalis abgegrenzte Abschnitt des rechten Vorhofs, in den die beiden Hohlvenen und die Coronarvene einmünden. Nach Fortfall des Coronarsinus blieben der obere und untere Cavatrichter zur Untersuchung auf spezifische Gebilde übrig.

Da fand nun Wenckebach einen isolierten muskulösen Strang zwischen der oberen Hohlvene und dem Vorhof. Er beschreibt seine Befunde in einer Veröffentlichung aus dem Jahre 1907. Der

„proximale“ Teil der oberen Hohlvene, so schreibt er, ist umgeben durch ein ziemlich breites Band von zirkulär verlaufenden Muskelfasern. Diese gehen stellenweise außerordentlich hoch an der Hohlvene hinauf, lassen dagegen nach unten zu, d. h. gegen den rechten Vorhof hin, ein breites Stück frei, das nur aus elastischem bzw. sehnigem Gewebe besteht, aber keine Muskulatur enthält. Bei einem Vergleich dieser zirkulär verlaufenden Fasern mit den Vorhoffasern fand schon Wenckebach, daß die zirkulären Fasern sehr viel heller aussehen als die anderen. Von diesem hellen Muskelring ab geht nun auf der Rückseite der Hohlvene und gegen die Hinterwand des rechten Vorhofs hin ausstrahlend ein Bündel ab. Dieses geht unmittelbar aus den soeben beschriebenen zirkulären Fasern hervor und verbindet kontinuierlich Hohlvene und Vorhof. Es liegt subpericardial und schließt sich an ein schon vorher von Keith entdecktes Verbindungsband zwischen rechtem und linkem Vorhof, das sogen. Limbusband, an. Auf dem Weg von der oberen Hohlvene zum Vorhof überbrückt bzw. durchsetzt dieses „Wenckebachsche Bündel“ einen mit Fett und Blutgefäßen ausgefüllten Sulcus, der im übrigen Vorhof und Hohlvene vollkommen voneinander trennt. Wenckebach veranlaßte nun den Anatomen des London-Hospitals, eben Keith, diese Verhältnisse nachzuprüfen, da er als Kliniker sich naturgemäß nicht so autoritativ über diese rein anatomischen Fragen äußern konnte. Keith tat das, und Wenckebach hat dann auf Grund von persönlichen Mitteilungen, in denen Keith bestätigte, daß spezifische Fasern an der Vorhof-Hohlvenengrenze vorhanden seien, angenommen, daß Keith den von ihm schon gefundenen Muskelzug gemeint hätte, d. h. daß nunmehr dieser als ein von pathologisch-anatomischer Seite bestätigtes Gebilde anzusehen sei. Wie sich nun aber aus der definitiven Veröffentlichung, die Keith bald erscheinen ließ, ergibt, hat er etwas ganz anderes wie Wenckebach gefunden. Diese Täuschung Wenckebachs macht sich in der ganzen darauf folgenden Literatur vielfach unangenehm bemerkbar: während die einen Wenckebachs Befunde bestätigen und bei entsprechenden Fällen von chronischer Herzarhythmie Lymphocyteninfiltrationen und andere pathologische Prozesse im Wenckebachschen Bündel finden — so besonders Schönberg —, bestreiten andere, Mönckeb erg, Fahr usw., jede Spezifität dieses Bündels. Sie haben es entweder garnicht gefunden oder doch außer ihm noch eine ganz große Zahl von Muskelfäserchen, die in anderen Teilen des Sulcus sinu-auricularis gelegen sind und weiterhin die Verbindung zwischen oberer Hohlvene und Vorhof herstellen helfen. Auch ich vermag auf Grund meiner Untersuchungen zum mindesten nicht von einer Konstanz des „Wenckebachschen Bündels“ zu sprechen. Ich fand wohl in der beschriebenen Gegend schmale, helle Fasern, aber irgend etwas Typisches war an diesen nicht zu sehen; meistens mußte ich überhaupt vergeblich nach ihnen suchen.

Keiths Untersuchungen dagegen hatten das Vorhandensein von spezifischen, durchaus an gewisse Stellen des Hisschen Bündels erinnernden Muskelfasern nachgewiesen. Diese liegen aber ganz ausgesprochen vorne und seitlich, nicht hinten. Da findet sich denn nach einer späteren Beschreibung von Koch „nahe dem oberen Rande des rechten Herzohres ein eigenartiges Muskelsystem, das in vieler Hinsicht dem Vorhofsabschnitt des Reizleitungssystems zwischen Vorhof und Kammer in Parallele zu stellen ist“. Auch die Bilder, die Koch seiner Arbeit beifügt, zeigen sehr deutlich, daß hier offenbar eine sehr große Ähnlichkeit mit dem Tawaraschen Knoten besteht.

Von diesem als Knoten bezeichneten Teil aus strahlen nun nach den Ausführungen von Keith und Koch dem Sulcus entsprechend Fasern nach unten hin aus; diese verbinden sich dann, schleifenförmig verlaufend, mit der Muskulatur von Vorhof einerseits und Hohlvene andererseits. In ihrem Verlauf würden sie demnach der Lage der Taenia terminalis entsprechen. Über die spezielle

Zusammensetzung dieses Teiles herrscht noch eine Reihe von Unstimmigkeiten: immerhin ist doch aber das tatsächliche Vorhandensein derartiger Züge wohl jetzt allgemein anerkannt. Wesentlich anders ist das aber mit der weiteren Frage nach der Art der Verbindung dieser Fasern mit den gewöhnlichen Vorhoffasern, eine Frage, die mit jener nach dem Zusammenhang zwischen Hisschem Bündel und Kammerfasern unmittelbar in Beziehung zu setzen ist. Die weitestgehende Ansicht, die wohl gleichzeitig auch die isolierteste ist, dürfte die von Thorel sein, der auf Grund seiner Studien zu dem Ergebnis kam, daß ein wohlausgebildetes System von Purkinjeschen Fasern von den Endverzweigungen des Keithschen Knotens ausgeht und nach den verschiedensten Richtungen hin in die Vorhofmuskulatur hinein ausstrahlt. Eine oder zwei dieser Fasern sollen ferner zum Hisschen Atrioventrikulärbündel hin verlaufen, so daß auf diese Weise eine kontinuierliche Verbindung des ganzen Reizleitungssystems des Herzens gegeben sei. Das Vorhandensein dieser weitgehenden Verbindung wird von Mönckeberg und Fahr ebenso geleugnet wie die von Tawara angenommene Analogie mit dem Huftierherzen. Ausgedehnte eigene Untersuchungen und auch die Einsichtnahme in die Thorelschen Präparate haben die genannten Forscher nicht von der Existenz und Spezifität dieser Fasern überzeugen können.

Diese ganzen Untersuchungen sind ganz unverhältnismäßig erschwert dadurch, daß man sehr große und sehr viele Serienschnitte in den verschiedensten Richtungen anfertigen muß, bevor man überhaupt erst irgend ein eigenes Urteil über diese ganzen Dinge sich zutrauen darf. Unsere eigenen Untersuchungsmethoden bedingen weiterhin eine noch viel erheblichere Schwierigkeit insofern, als ich eingebettete Blöcke nicht verwenden durfte, mithin auch keine Serienschnitte anlegen konnte. Immerhin habe ich, wie ich es bei dem Hisschen Bündel auch getan habe, nach und nach kleine Blöcke aus den in Frage stehenden Gegenden in der Art und Menge geschnitten, daß schließlich doch die ganze in Betracht kommende Partie bearbeitet war. Nun enthält aber, wie ich oben schon ausgeführt habe, die Hohlvene-Vorhofgrenze ganz außerordentlich viel Fett, noch viel mehr als etwa die fettreichsten Partien des Hisschen Systems. Dieses Fett erschwert speziell das Arbeiten mit Gefrierschnitten so sehr, daß ich sogar gelegentlich von großen Blöcken überhaupt kaum etwas bekam. Das Fett gefriert sehr schwer durch, läuft dann über die Schnitte, die schmierig und klebrig werden, dabei verlieren die Schnitte immer ihren Zusammenhalt und fetzen auseinander usw. Ich bin mir demnach dessen durchaus bewußt, daß meine Befunde hier bei der jetzigen Technik lückenhaft bleiben mußten. Immerhin konnte ich aber einige Befunde erheben, die ich doch gerne mitteilen möchte.

Zunächst kann ich die Angaben der früheren Untersucher bezüglich des außerordentlichen Reichtums der in Frage stehenden Gegenden an Nerven und Ganglienzellen durchaus bestätigen. Diese Gebilde traf ich besonders in der Gegend des Keithschen Knotens und dessen Verzweigungen, weniger oder kaum in der von Wenckebach beschriebenen Partie des Sulcus. Die zirkulären Fasern, von denen schon Wenckebach sprach, die um den proximalen Teil der oberen Hohlvene herum verlaufen, sind nach Wenckebach auffallend hell gegenüber der Vorhofmuskulatur. Das habe ich auch bestätigen können, was den Eindruck betrifft, den die makroskopische Besichtigung gewährt. Dagegen habe ich mikroskopisch noch nicht genügend Erfahrungen, um definitiv Stellung nehmen zu können. Diejenigen Partien, die ich bisher untersuchen konnte — dazu gehören sowohl Teile der zirkulären Fasern wie auch des Wenckebachschen Bündels und des Limbusbandes — bestanden aus körnchenfreien oder doch körnchenarmen Fasern; da auch deren Grundfarbe verhältnismäßig gering war, so mag es sich wohl auch hier um hellere Muskelfasern handeln. Da aber sämt-

lichen Fasern aus diesen Gegenden irgend welche spezifischen Eigenschaften fehlten, so trug ich Bedenken, sie überhaupt als zum Reizleitungssystem gehörig anzuerkennen, und kam daher sehr bald von deren Studium ab.

Ganz anders verhält es sich offenbar beim Keithschen System. Das wulstig verdickte Wandstück, welches die Trennung zwischen der oberen Hohlvene und dem rechten Vorhof bzw. dem rechten Herzhohr sehr scharf darstellt, wurde möglichst weit nach oben und nach unten hin in kleine Blöcke zerlegt, die nun meist quer, mitunter auch schräg oder längs geschnitten wurden. Das in der Richtung nach dem Vorhof gelegene, an den Wulst anschließende, trabekulär verflochtene muskulöse Gewebe wurde fast ganz abgetrennt, da sich herausstellte, daß in ihm keine spezifischen Fasern mehr sind. Um so sorgfältiger wurde darauf geachtet, daß möglichst viel von der Hohlvene mitbearbeitet wurde. Nun setzt sich aber dieser Teil der Venenwandung, in der so besonders viele spezifische Fasern liegen, im übrigen zusammen aus einem stark mit Fett durchwachsenen, durch recht viele elastische Fasern verstärkten Bindegewebe. Die enormen Schwierigkeiten, die der Untersuchung solchen stark fetthaltigen Gewebes entgegenstehen, mußten naturgemäß ungünstig auf das Studium des Keithschen Systems einwirken, und meine Befunde dürften darum kaum als vollständige bezeichnet werden können. Ich hoffe aber, daß in Zukunft die weitere Vervollkommnung der Wasserglaseinbettungsmethode die Möglichkeit von Serienschnitten gewähren wird.

Die allerobersten, fast unmittelbar an die von Wenckebach beschriebenen zirkulären Fasern anstoßenden Partien sind gekennzeichnet durch den Besitz einer enormen Menge von Nervenzellen und Nervenfasern. Die Nervenzellen liegen gewöhnlich in Anhäufungen zu 20 bis 40 nebeneinander, durch ein dichtes nervöses Geflecht innig miteinander verbunden. Von den Ganglienzellen aus gehen dann, ganz besonders subpericardial, lange Nervenfasern, die sich oft durch einen ganzen Schnitt bzw. durch einen ganzen Block hindurch verfolgen lassen. Der Versuchung, zur myogenen bzw. neurogenen Theorie der Herztätigkeit Stellung zu nehmen, entgeht man beim Anblick dieser außerordentlich zahlreichen nervösen Gebilde nur mit großer Mühe.

In den folgenden Blöcken sieht man vielfach Fasern und Anhäufungen von solchen, bei denen man große Schwierigkeiten mit der anatomischen Deutung hat: merkwürdig gewellte, bei Anwendung der Sudan-Hämatoxylinmethode stark blau sich tingierende Züge, die Muskelfasern oder Nerven sind. Die Ähnlichkeit zwischen beiderlei Gebilden geht offenbar hier sehr weit, ein Zeichen dafür, daß die charakteristischen Eigenschaften des Muskels mit denen des Nerven sich innig verbinden müssen, um gerade diejenige Art von Arbeitsleistung hervorzubringen, wie sie für das Herz typisch ist. Immerhin spricht der Mangel jeglicher Querstreifung, die doch sonst hier zu erwarten wäre, dafür, daß es sich nicht um Muskelfasern, sondern eben um Nerven handelt. Auch die Metallimprägnationen, Silber- und Goldmethoden, können eine definitive Entscheidung nicht geben, insofern als sowohl die Muskelfaser wie auch der Achsenzylinder sich leicht zu färben pflegen.

Dann kommen wir aber — gewöhnlich geschah das bei dem dritten oder vierten Block, wenn ich die ganze Gegend durch Querschnitte zerlegt hatte, — zu zweifellos ganz typischen muskulären Gebilden, denjenigen, die in ihrer Gesamtheit den von Keith, Koch und andern beschriebenen Knoten bilden. Zwischen den gewöhnlichen Herzfasern liegt da eine Partie mit ganz außerordentlich viel Bindegewebe; inmitten des Bindegewebes aber liegen, innig verflochten, Muskelfasern, die bei starker Vergrößerung mehr oder weniger sämtliche Charakteristika der Purkinjeschen aufweisen. Noch schöner als beim Menschen sieht man das naturgemäß beim Huftier, z. B. dem Ochsen. Diese

spezifischen Gebilde, die noch ganz besonders durch ihre Kleinheit von den gewöhnlichen Herzmuskelfasern abweichen, verhalten sich auch bezüglich der Färbung ganz different: schon mit Gieson tingieren sie sich viel weniger als die anderen Herzfasern, ganz besonders stark aber ist der Unterschied bei Anwendung von Sudan oder Alizarin. Körnchenhaltig sind diese Fasern nie oder nur in ganz verschwindend geringem Maße. Sie gleichen dann aber auch insofern dem Hisschen Bündel bzw. dem Tawaraschen Knoten, als auch sie nach unten zu an Intensität der Färbung gewinnen. Die tiefsten Partien pflegen wieder sehr intensiv gefärbt zu sein; ich glaube wohl, daß es darauf zurückzuführen ist, wenn frühere Untersucher fanden, daß die spezifischen Fasern im Keithschen Knoten — wie es Koch z. B. beim Ochsenherzen beschrieb — gerade durch ihren Sarkoplasma-reichtum vor den gewöhnlichen Herzmuskelfasern sich auszeichnen.

Den Knotenteil trifft man natürlich anders, je nachdem man die Schnitttrichtung legt. So kommt es, daß man in einem Fall ein kreisrundes Gebilde, im andern einen schmalen langen Zug zu sehen bekommt. Ich hatte den Eindruck, als käme der Farbenunterschied ganz besonders schön dann zur Geltung, wenn man den Knoten möglichst auf einem reinen Längsschnitt sich vorführt. Von solchen Stellen habe ich eine ganze Menge von Lumièrebildern angefertigt, auf denen man inmitten der stark rot gefärbten gewöhnlichen Herzmuskelfasern die viel schmaleren, hellen bzw. helleren spezifischen Gebilde sieht.¹ Der Reichtum an Bindegewebe, an Fett und an großen Blutgefäßlumen macht das Bild ganz außerordentlich charakteristisch. Wir haben da in jeder Beziehung ein so klassisches Abbild der Verhältnisse beim Hisschen Bündel vor uns, daß man bei oberflächlicher Betrachtung gar häufig im Zweifel sein kann, ob man überhaupt dieses oder jenes vor sich hat. Es ist dann aber auch nicht verwunderlich, daß man weiterhin nicht der Versuchung widerstehen kann, als verbindendes Glied zwischen dem Keithschen System und den Vorhoffasern schenkelähnliche Verzweigungen wie bei der Atrioventrikularverbindung zu erwarten. Ich vermag nun nicht mit Sicherheit zu sagen, ob solche Gebilde wie die Schenkel des Hisschen Bündels wirklich beim Keithschen System vorhanden sind. Ich fand in tieferen Blöcken subpericardial gelegene breite, helle Fasern vom Purkinjeschen Charakter, und ich fand weiterhin bei einem anderen Herzen — allerdings von einer perniziösen Anämie — ganz exquisit rote Fasern vom reinsten Charakter der Purkinjes, und zwar diese in einem der alleruntersten Blöcke. Man dürfte es mir nicht verdenken können, wenn ich vermute, daß auch die beiden letzten Befunde — die helleren und trüberen Abschnitte von breiten Purkinjeschen Fasern im Sinu-auricular-Gewebe — typisch sind, und daß in der Tat auch als Endverzweigungen des Keithschen Systems dieselben Gebilde vorhanden sind wie beim Hisschen Bündel. Ich gebe aber zu, daß das zunächst nur meine persönliche Auffassung sein kann, und daß ich die Richtigkeit dieser Auffassung erst beweisen könnte, wenn es gelänge, den Zusammenhang direkt zur Darstellung zu bringen, d. h. Serienschnitte anzulegen. Ich hoffe, daß die Wasserglas-methode auch dieser Forderung dereinst wird nachkommen können.

Betrachten wir nun kurz im Zusammenhang unsere Befunde, und versuchen wir sie in Einklang zu setzen mit der Theorie von den hellen und trüben Muskelfasern, so ist folgendes zu sagen:

Die Tätigkeit der spezifischen Systeme beginnt sehr rasch und steigt sehr schnell zu ihrer vollen Höhe an: die Anfangsteile der hier in Betracht kommenden Systeme müssen aus hellen Fasern bestehen. Die Überleitung der in den knotenförmigen Abschnitten der spezifischen Systeme entstehenden Reize auf die gewöhnliche Herzmuskulatur erfolgt sehr flink und prompt: auch die Anfangsteile der

¹ Eine Reproduktion von einer dieser Platten habe ich am Schlusse der Arbeit beigelegt.

Endverzweigungen müssen aus typischen hellen Fasern bestehen. Wenn die spezifischen Systeme nun aber etwa ganz reine helle Muskeln wären, so würden sie vielleicht 10 oder 20 mal sehr rasch sich kontrahieren, dann aber erlahmen, und eine weitere Tätigkeit des Herzens wäre unmöglich; es müssen infolgedessen viele trübe Partien vorhanden sein: da Reizbildung und Reizleitung zwei getrennte Dinge sind, so wird es zweckmäßig sein, wenn sowohl am Ort der Reizentstehung wie auch dort, wo die Fortpflanzung des Reizes erfolgt, trübe Fasern sich finden. Ich glaube gezeigt zu haben, daß dem in der Tat so ist. Die gewöhnliche Herzmuskulatur selbst endlich antwortet nur auf einen Reiz, der ihr von außen, d. h. eben von den spezifischen Systemen her erteilt wird. Sie beginnt nicht eigentlich die Kontraktion, sie setzt vielmehr nur die von anderer Seite schon begonnene Bewegung fort. Sie kann dazu mit rein trüben Fasern auskommen; ja, sie wird sogar mit trüben Fasern viel eher arbeiten können, weil diese die Möglichkeit einer sehr ausgiebigen Kontraktion in einem viel höheren Maße garantieren als die hellen Muskeln; das Arbeiten gegen Widerstände, wie es das Herz stets mehr oder weniger zu besorgen hat, ist von hellen Fasern, die schnell zusammenzucken, dann aber sofort wieder erlahmen, gar nicht zu leisten: die gewöhnliche Herzmuskulatur muß aus rein trüben Fasern bestehen.

Die auf dem Boden der Lehre von den hellen und trüben Muskelfasern fußenden Voraussetzungen, die für das Herz gemacht werden müssen, haben sich durch die anatomischen Befunde als durchaus berechtigt erwiesen. Die Untersuchungsergebnisse der vorliegenden Arbeit wird man daher mit Recht anführen dürfen, wenn es sich darum handelt, den Nachweis zu erbringen, daß in der Tat eine Analogie zwischen der anatomischen Differenz der Muskelfasern und deren physiologischer Funktion besteht.

Literaturverzeichnis.

(Angeführt sind aus der sehr umfangreichen Literatur nur die größeren und gerade für die vorliegende Arbeit bedeutenderen Aufsätze.)

-
- Aschoff, Verhandlungen der Deutschen Pathologischen Gesellschaft, 1910.
 Cohn: Verhandlungen der Deutschen Pathologischen Gesellschaft, 1909.
 Keith: The Lancet, Februar 1904.
 — The Lancet, August 1906.
 Keith and Mackenzie: The Lancet, Januar 1910.
 Koch: Zieglers Beiträge 1907, Bd. XLII.
 — Deutsche medizinische Wochenschrift, 1909, Nr. 30.
 — Münchener medizinische Wochenschrift, 1909, Nr. 46.
 — Verhandlungen der Deutschen Pathologischen Gesellschaft, 1909.
 — Deutsche medizinische Wochenschrift 1910, Nr. 14.
 Mönckeberg: Untersuchungen über das Atrioventrikulärhündel beim Menschen, Jena 1908.
 — Verhandlungen der Deutschen Pathologischen Gesellschaft, 1909.
 — Berliner klinische Wochenschrift, 1909, Nr. 2.
 Retzer: Archiv für Anatomie und Physiologie, Anatomische Abteilung, 1904.
 Schönberg: Frankfurter Zeitschrift für Pathologie, 1908, Bd. II und 1909, Bd. II.
 Tawara: Das Reizleitungssystem des Säugetierherzens, Jena, 1906.
 — Zieglers Beiträge. 1906, Bd. XXXIX.
 Thorel: Münchener medizinische Wochenschrift, 1909, 46.
 — Münchener medizinische Wochenschrift, 1910, 4.
 — Verhandlungen der Deutschen Pathologischen Gesellschaft, 1910.
 Wenckebach: Die Arrhythmie als Ausdruck bestimmter Funktionsstörungen des Herzens, Leipzig, 1903.
 — Archiv für Anatomie und Physiologie, Physiologische Abteilung 1906 und 1907, Supplement 1908.
-



Fig. 1

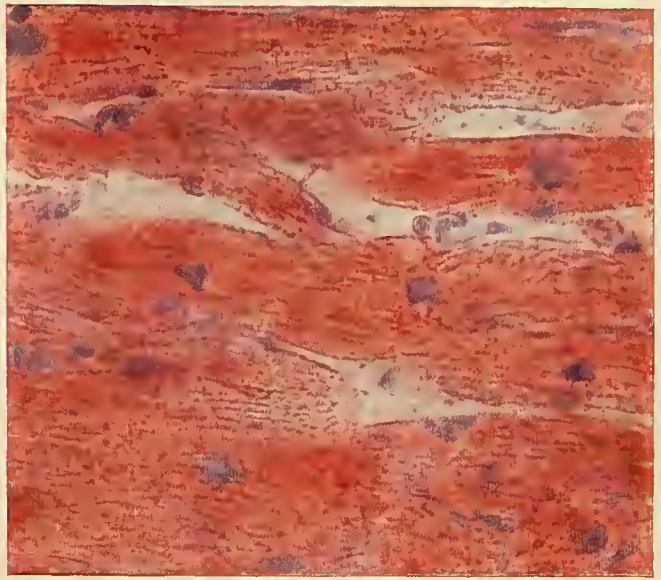


Fig. 2



Fig. 3

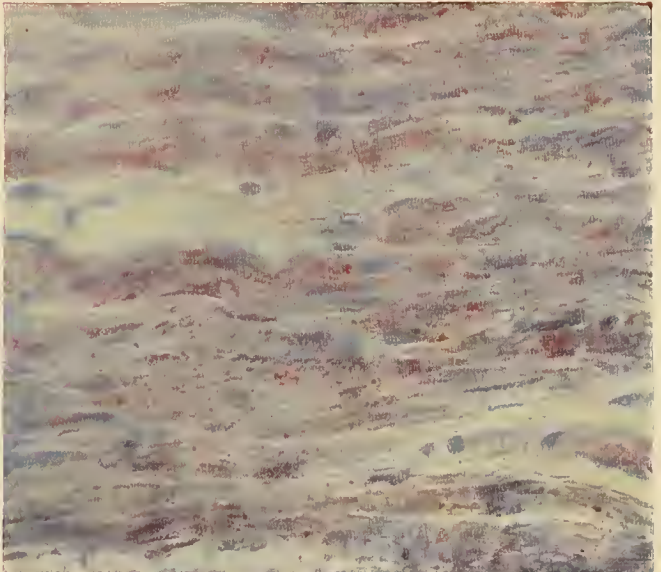
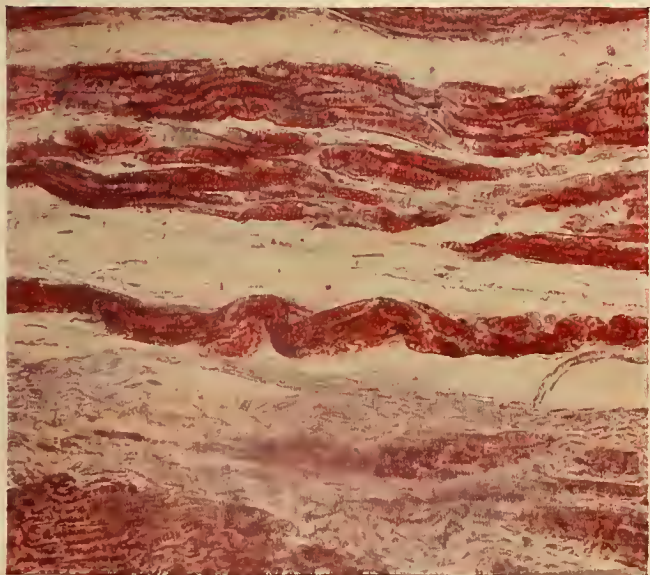


Fig. 4



P. Schaefer phot.

Fig. 5

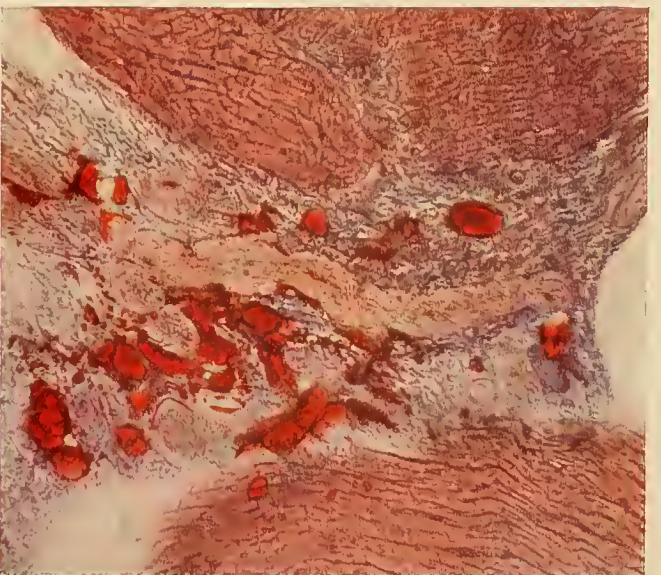


Fig. 6

Werner u. Winter, Frankfurt a. M.

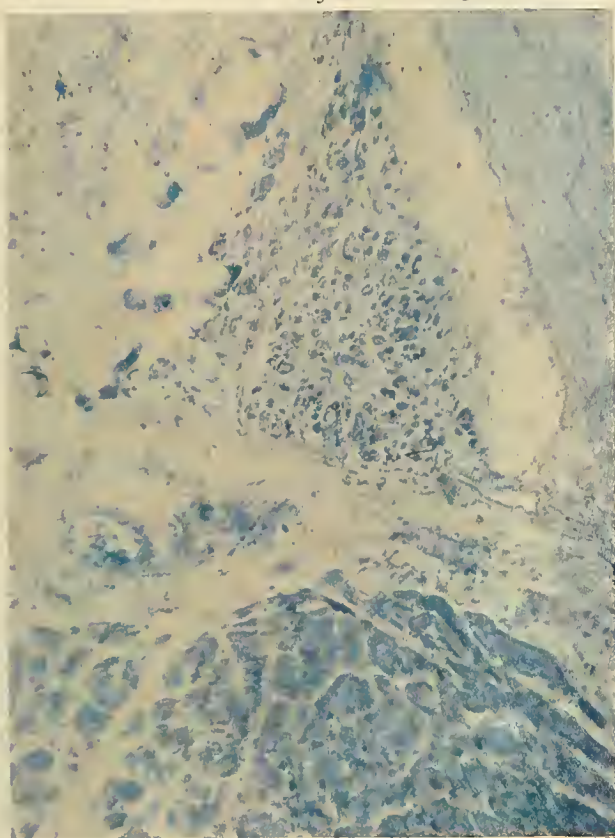


Fig. 7

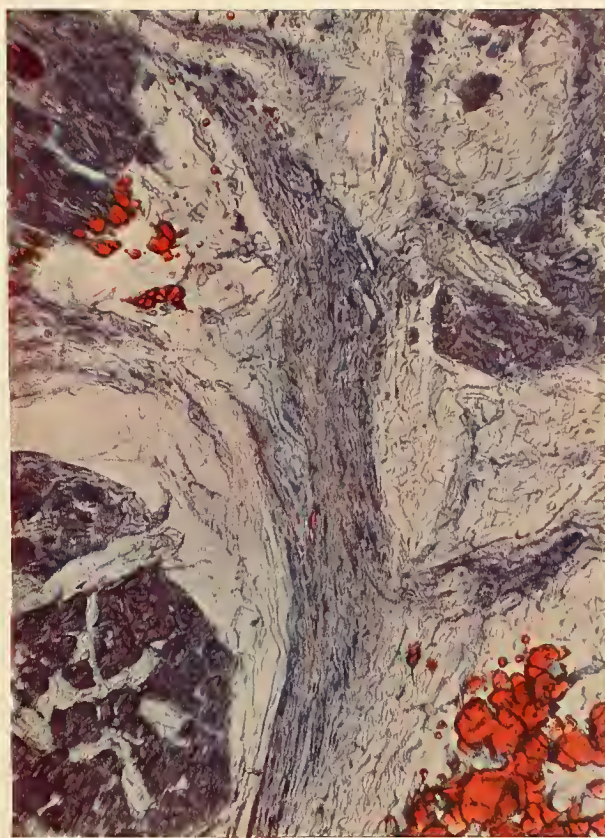


Fig. 8

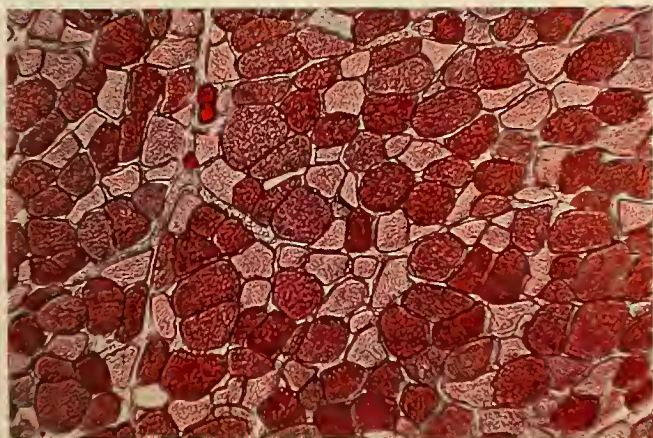


Fig. 9

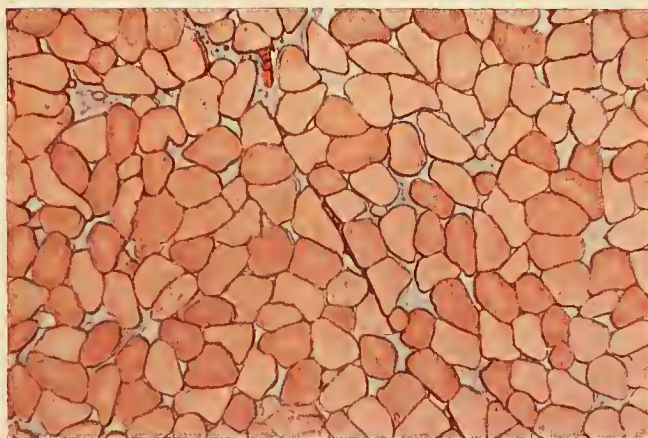


Fig. 10

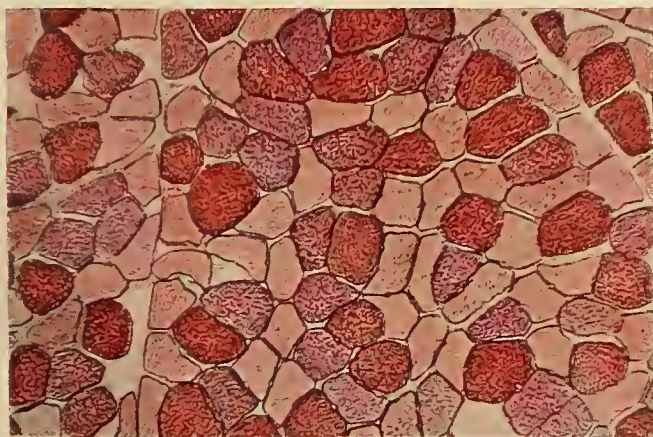


Fig. 11



Fig. 12

P. Schaefer phot.

Werner u. Winter, Frankfurt a. M.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Abhandlungen der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1910-1913

Band/Volume: [31_1910-1913](#)

Autor(en)/Author(s): Schaefer P.

Artikel/Article: [Über helle und trübe Muskelfasern im menschlichen Herzen unter besonderer Berücksichtigung der spezifischen Muskelsysteme des Herzens. 151-172](#)