

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

Die Bildung der Erdalkaliperoxyde

Engler, Carl

Heidelberg, 1910

Über feinere Strukturen und die Anordnung des Glykogens in den
Muskelfaserarten des Warmblütenherzens

[urn:nbn:de:bsz:31-289891](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-289891)

Sitzungsberichte
der Heidelberger Akademie der Wissenschaften
Stiftung Heinrich Lanz
Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse

==== Jahrgang 1909. 1. Abhandlung. ====

Über feinere Strukturen und die
Anordnung des Glykogens in den
Muskelfaserarten des Warm-
blüterherzens

von

JULIUS ARNOLD

in Heidelberg

Mit zwei Tafeln.

Eingegangen am 3. November 1909.



Heidelberg 1909

Carl Winter's Universitätsbuchhandlung

Verlags-Nr. 382.

Blutgefäß
der Muskulatur
Muskulatur

Über feine Strukturen und die
Anordnung des Glykogens in den
Muskelfasern des Warmblüters

blutgefäß
JULIUS ARNO



Heidelberg
Der Württembergische

Für das Froschherz habe ich in einer früheren Mitteilung den Nachweis geführt, daß das Glykogen hauptsächlich an das Sarkoplasma, insbesondere an die Sarkosomen gebunden ist, während die eigentlichen Muskelfibrillen kein Glykogen enthalten. Bei diesen Untersuchungen ergaben sich bemerkenswerte Aufschlüsse, bezüglich der feineren Struktur nicht nur des Sarkoplasmas, sondern auch des Myoplasmas.

Das Sarkoplasma zeigte sich aus Sarkosomen, welche durch fädige Zwischenglieder unter sich und mit der Zwischenmembran (Z) verbunden waren, zusammengesetzt. So entstanden in longitudinaler und querer Richtung die Fibrillenkomplexe umpinnende Sarkoplasma-reihen, welche in ihrer Anordnung eine gewisse Regelmäßigkeit darboten. In Präparaten, welche nach der Best'schen Karminmethode behandelt waren, fanden sich je nach der Anordnung des Glykogens bald vorwiegend in longitudinaler, bald in querer Richtung aufgestellte Reihen von Glykogengranula, oder aber rote Netzfiguren, welche helle Felder umschlossen. Je nach dem Kontraktionszustande der Fasern war die Lage der transversalen Granula zu Z eine wechselnde. Bald schienen sie an der Stelle von Z dieses verdeckend, bald zu beiden Seiten dieses oder näher an Q zu liegen. Bei den Muskelfasern des Skeletts, welche im wesentlichen die gleichen Verhältnisse darboten, war dieser vom Kontraktionszustande der Fasern abhängige Wechsel in der Beziehung der transversalen Granula zu Z noch ausgesprochener. Wie in den Muskeln des Skeletts zeigten die Muskelfibrillen des Froschherzens einen komplizierten Aufbau aus metameren Segmenten, welche aus $J + Q + J$ bestanden und durch Z begrenzt wurden. Die anisotropen Teilstücke Q hatten an isolierten Primitivfibrillen die Form schmaler Stäbchen — Myokonten —, welche bei stärkerer Differenzierung und gewissem Kontraktionszustande in den Polen gelegene Plasmosomen — Myosomen — erkennen ließen; sie

waren intensiv gefärbt und durch einen Streifen lichter Substanz — vermutlich M — getrennt.

Ich hatte mich auf die Darstellung dieser Verhältnisse am Froschherzen beschränkt, weil es mir zunächst darauf ankam, die feinere Struktur der Muskelfasern des Skeletts und Herzens bei der gleichen Tiergattung zu prüfen. — Dem damals gegebenen Versprechen, eine Darstellung der Morphologie des Glykogens und der feineren Struktur der im Warmblüterherzen vorkommenden Faserarten zu liefern, komme ich heute nach. — Es empfiehlt sich eine getrennte Besprechung dieser Verhältnisse bei den gewöhnlichen Myokardfasern und den sarkoplasma-reichen Fasern, von denen die breiteren den sogenannten PURKINJE'schen Fasern, wie sie namentlich beim Kalbe vorkommen, entsprechen.

I. Gewöhnliche Myokardfasern.

1. Gewöhnliche Myokardfasern bei Tieren. Morphologie des Glykogens. Untersucht wurden die Herzen der Maus, der Ratte, des Kaninchens, des Kalbes und des Hammels. — Es ist bekanntlich sehr schwierig, über den Glykogengehalt der Organe sich ein Urteil zu bilden, weil derselbe nicht nur je nach Gattung und Individuum wechselt, sondern auch von Ernährungszuständen, Stoffwechselforgängen etc. abhängt. Dazu kommt, daß bei der mikrochemischen Reaktion in den Geweben abgelagertes Glykogen wegen verschiedener Löslichkeit und Bindung an die Trägersubstanz, autolytischer Vorgänge und dergl. sich dem Nachweis entziehen kann. Von den untersuchten Tieren ergab sich an dem Herzen des Kaninchens ein ziemlich reichlicher aber gleichfalls stark wechselnder Glykogengehalt, ebenso bei Kalb und Hammel, weniger bei Maus und Ratte. Die nachfolgenden Mitteilungen beziehen sich vorwiegend auf das Herz des Hammels, Kalbes und Kaninchens. Verhältnismäßig reich an Glykogen ist die Muskulatur der Herzohren und Vorhöfe.

Die kleineren Herzen wurden in toto gehärtet, indem ich die Konservierungsflüssigkeit — Alkohol, Sublimatalkohol (5%), Formolalkohol (10%) oder MÜLLER-Formol — durch Aorta und Pulmonalis injizierte. Von den größeren Herzen legte ich Scheiben in diese Flüssigkeiten ein. Trotz vielfacher Bemühung ist es mir aber nicht gelungen, eine Methode zu finden, bei deren Anwendung eine Verlagerung des Glykogens vermieden wird. Immerhin findet

sich eine bald größere, bald kleinere Zahl von Fasern mit gleichmäßiger Verteilung des Glykogens. Die Stücke wurden vorwiegend in Celloidin, seltener in Paraffin eingebettet und nach der Best'schen Methode tingiert, auch die verschiedenen Jodmethoden kamen zur Anwendung.

Je nach Glykogengehalt und Kontraktionszustand sind die Bilder wie bei den Muskelfasern des Skeletts und Froschherzens einem gewissen Wechsel unterworfen. Bald liegen die Glykogengranula, vereinzelt oder zahlreicher, in der longitudinalen Richtung zwischen den Fibrillenkomplexen, bald in querer Richtung über den Fasern (Fig. 18, 19 und 21). Bei größerem Glykogengehalt entstehen in longitudinaler Richtung Reihen von Glykogengranula, welche in gleichen Abständen aufgestellt sind, durch fädige Fortsätze zusammenhängen und zu Z in Beziehung zu stehen scheinen. Die transversalen Granula sind als solche nur bei geringerem Glykogengehalt kenntlich und zeigen dann eine regelmäßige Lagerung an den Ecken der Muskelsegmente; bei glykogenreichen Fasern hat man mehr das Bild querer Linien, deren unregelmäßige Begrenzung zuweilen noch die Zusammensetzung aus Granula verrät. Je nach dem Kontraktionszustande der Fasern zieht eine scheinbar einfache Linie an der Stelle von Z, dieses verdeckend, quer über die Fasern weg oder aber es finden sich zu beiden Seiten von Z, in bald geringem bald größerem Abstände von diesem, zwei rote Linien; das zwischen ihnen gelegene Z zeigt dann keine Färbung (Fig. 18, 19 und 21).¹⁾ Diese Bilder sind am Warmblüterherzen wie am Froschherzen seltener als an den Muskelfasern des Skeletts. An der Stelle von Q habe ich niemals Glykogengranula wahrgenommen.

Durch Vereinigung der longitudinalen und transversalen Granulasysteme entstehen mehr oder weniger regelmäßige viereckige Netzfiguren, welche helle Q entsprechende Felder begrenzen. Die rhomboidale Form dieser, wie sie namentlich an der Oberfläche der Fasern vorkommen, ist wohl auf artefizielle Verschiebungen zurückzuführen. An Querschnitten von Fasern trifft man meistens distinkte Granula in verschiedener Zahl, seltener netzförmige Figuren, wie an den Muskelfasern des Skeletts. — In den Kernen habe ich nie Glykogen, manchmal dagegen eine ziemlich be-

¹⁾ Diese Verhältnisse wurden in den unter Nr. 4 und 5 verzeichneten Arbeiten durch zahlreiche Abbildungen erläutert.

trächtliche Anhäufung solcher Granula in ihrer Umgebung wahrgenommen.

Da die Anordnung des Glykogens in den eigentlichen Myokardfasern des Warmblüterherzens mit derjenigen im Froschherzen und an den Muskelfasern des Skeletts im wesentlichen übereinstimmt, darf ich mich unter Hinweis auf die früheren ausführlichen Erörterungen und zahlreichen Abbildungen auf diese kurze Darstellung und die Mitteilung weniger Figuren beschränken. Mit Rücksicht auf die Angabe der Autoren, daß das Glykogen auch in den Muskelfasern des Herzens in diffuser Form enthalten sei, will ich noch hervorheben, daß an diesen Stellen ausführlich auseinandergesetzt wurde, weshalb die Glykogenkörner, deren Existenz allgemein zugegeben wird, nicht als Fällungsgranula angesprochen werden können. Der Nachweis von Glykogengranula am überlebenden Objekt mittelst der Jodräucherung und der Befund von zahlreichen Fasern, an welchen nur das Sarkoplasma Glykogenreaktion darbietet, während das Myoplasma nicht gefärbt erscheint, sowie die gesetzmäßige Anordnung der Glykogengranula und deren morphologische Übereinstimmung mit derjenigen der Sarkosomen: dies sind Tatsachen, welche meines Erachtens bei der Entscheidung dieser Frage Berücksichtigung verdienen. Diffuse Färbungen kommen an den eigentlichen Myokardfasern seltener vor als an den Muskelfasern des Skeletts.

In den Myokardfaserbündeln ist das Glykogen, wenn nicht ausschließlich, so doch vorwiegend an die Sarkosomen gebunden. Ob eine diffuse Verteilung des Glykogens vital vorkommt, ist fraglich.

Feinere Struktur. Die Methoden waren die gleichen wie bei den früheren Untersuchungen. Konservierung in Sublimat-Chlornatriumlösung, insbesondere in der von BENDA angegebenen Chromosmiummischung; Paraffineinbettung etc. Von Tinktionsverfahren kamen außer den gewöhnlichen die HEIDENHAIN'sche Eisenhämatoxylinmethode, bei den Chromosmiumpräparaten event. Nachfärbung mit Kristallviolettanilinöl (BENDA) und Differenzierung mit Azeton-Nelkenöl in Anwendung.¹⁾

Sehr gute Resultate erhielt ich bei der Ratte, wenn die Herzen zunächst in toto in die Chromosmiummischung gebracht

¹⁾ Ich habe das von BENDA (*Ergebnisse d. Anatom. u. Entw.*, Bd. 12, 1902) für die Darstellung der Mitochondrien angegebene Verfahren modifiziert

und nach 24 Stunden in querer Richtung halbiert wurden. Von größeren Objekten muß man kleine und dünne Stücke in verhältnismäßig viel Konservierungsflüssigkeit einlegen.

Ich will vorausschicken, daß die Anordnung des Sarkoplasmas und die feinere Struktur der Myokardfasern beim Warmblüter im wesentlichen die gleichen sind wie diejenigen des Froschherzens. Die Gruppierung der Muskelfibrillen zu Bündeln und die Abgrenzung dieser ist ausgesprochener als im Froschherzen. Dagegen kommt es auch an sehr dünnen Schnitten nicht so häufig zur Isolierung der Muskelprimitivfibrillen wie beim Frosch.

Sarkoplasma. Dieses ist an Chromosmiumpräparaten nur bei schwacher Differenzierung und event. Nachfärbung mit Kristallviolettanilinöl oder Fuchsin-Pikrinsäure deutlich. An solchen Objekten finden sich zwischen den Fibrillenkomplexen — Muskelsäulchen — grauschwarz, graublau oder rotgrau gefärbte Granulareihen, welche durch fädige Ausläufer unter sich in Beziehung stehen. Die zwischen den Muskelsäulchen gelegenen Sarkosomen sind bald klein, schwach gefärbt und ihre fädigen Verbindungen undeutlich, bald größer und intensiver tingiert, sowie ihre Fortsätze sehr ausgebildet. Zwischen den einzelnen,

und damit sehr gute Resultate erhalten. — Die Präparate blieben, wie BENDA vorschreibt, 8 Tage in FLEMMING'scher Chromosmiummischung, kamen dann für 24 Stunden in Acetum pyrolynosum recteficatum, nach kurzem Abspülen in Wasser in eine 2%ige Lösung von doppeltchromsaurem Kali, abermaliges kurzes Abspülen in Wasser, Härtung in Alkohol von steigender Konzentration; die ganze Prozedur muß man im Dunkeln vornehmen. — Die Paraffinschnitte (von 2—4 μ Dicke) wurden nach Entfernung des Paraffins 24 Stunden lang in einer 4%igen Eisenalaunlösung bei 36° Cel. gebeizt, nach 12—24stündiger Einwirkung der HEIDENHAIN'schen Hämatoxylinlösung mit 1—2%iger Eisenalaunlösung differenziert, kalkhaltigem Wasser abgespült usw. — An solchen Präparaten erhält man je nach dem Grad der Differenzierung und dem Kontraktionszustand sehr wechselnde Bilder; die Myofibrillen sind bald ganz, bald nur die Myokonten in ihnen gefärbt; ebenso ist die Tinction von Z und des interfibrillären Sarkoplasmas eine verschiedene. Zur Darstellung der Myosomen empfiehlt sich die Nachfärbung mit BENDA'scher Kristallviolett-Anilinlösung (GRÜBLER). Die nach HEIDENHAIN vorbehandelten Schnitte werden etwas stärker differenziert, mit einem großen Tropfen Farblösung bedeckt, erwärmt, bis Dämpfe aufsteigen, nach dem Erkalten des Objektträgers mit Wasser abgespült, abgetrocknet und kurz mit Nelkenöl-Aceton (2 Teile Aceton und 8 Teile Nelkenöl) und dann mit Origanumöl differenziert, Xylol, Kanada. — Bei Anwendung dieser Methode läßt sich die Differenzierung besser abstufen als mittelst des BENDA'schen Verfahrens (30%ige Essigsäure, Aceton). — An solchen Präparaten erscheinen die Myokonten als blauschwarze, bei stärkerer Differenzierung als hellblaue Stäbchen, in deren Enden intensiv gefärbte Körner die Myosomen — zum Vorschein kommen.

die Muskelsälchen bildenden Primitivfibrillen konnte ich Sarkoplasma nicht nachweisen. Von den longitudinalen Sarkosomenreihen gehen quere Fortsätze ab, welche mit Z in Verbindung treten. Die Muskelkästchen werden dann nach allen Richtungen von schwarzen bzw. grauroten Linien eingesäumt.¹⁾

Die Übereinstimmung dieser Befunde mit den an Glykogenpräparaten erhobenen bedarf wohl keiner weiteren Ausführung. In den früheren Mitteilungen wurde erwähnt, daß manche Autoren — CARNOY, GEHUCHTEN, MELLAND, MARSHALL, RAMON Y CAJAL — die „retikulierte Substanz“ als die konträtile ansehen, während die Mehrzahl der Forscher in das Sarkoplasma die Stoffwechselforgänge verlegt. Die geschilderten Glykogenbefunde dürfen wohl als beweisend für die Richtigkeit der letzteren Anschauung angesehen werden. Der bedeutungsvollen Arbeiten von RETZIUS, ROLLETT, SCHÄFER, RAMON Y CAJAL, HEIDENHAIN, FUSARI, VERATTI²⁾, PRENANT, RENAUT, HOLMGREN, REGAUD, TAWARA u. a. über das Sarkoplasma wurde schon früher gedacht. Auf das die Muskelfasern außen umspinnende Netz komme ich nachher zu sprechen.

Myoplasma. Es wurde bereits erwähnt, daß bei schwächerer Differenzierung die Fibrillen an den Chromosmiumpräparaten gleichmäßig gefärbt erscheinen. Bei stärkerer Differenzierung und gewissem Kontraktions- bzw. Ruhezustande der Fasern kommt eine regelmäßige Zeichnung zum Vorschein, indem die anisotrope Substanz — Q — als dunkles Feld sich darstellt, an welches nach beiden Seiten sich helle Felder isotroper Substanz — J — anschließen. Es sind dies die aus $J + Q + J$ zusammengesetzten und durch Z begrenzten Muskelsegmente (Fig. 1). Z erschien mir an den eigentlichen Myokardfasern des Warmblüter-deutlicher als an den Fasern des Froschherzens. Es zieht als grauschwarze Linie quer über die Fasern weg; verliert allerdings bei stärkerer Differenzierung, wie das Sarkoplasma, die Farbe und wird undeutlicher. An Q tritt eine bemerkens-

¹⁾ Vergleiche die Abbildungen zu den unter 4 und 5 im Literaturverzeichnis aufgeführten Arbeiten.

²⁾ Nach Abschluß der Arbeit erhielt ich dank der Liebenswürdigkeit des Verfassers die Originalarbeit von VERATTI: *Ricerche alla fina struttura della fibra muscolare striata*, Mem. d. R. Istituto lombardo di scienze lettere, Vol. XIX, X, de Ser. III, Fasc. VI, 1902. Leider ist es mir nicht mehr möglich, sie an dieser Stelle eingehender zu verwerten. Vielleicht ergibt sich dazu eine andere Gelegenheit, auf diese bedeutungsvolle Arbeit näher einzugehen.

werte Veränderung auf; das zuerst gleichmäßig gefärbte Feld wird in der Mitte heller; es entsteht so eine Zeichnung, welche möglicherweise der sogen. Mittelscheibe — M — entspricht. Bei fortschreitender Aufhellung von Q kommen an seinen Enden dunkle Körner — Myosomen — zur Wahrnehmung (Fig. 1). — Sehr bemerkenswert sind die Trennungerscheinungen, welche an den Faserkomplexen sowohl in der Längsrichtung als auch in der Querrichtung namentlich bei sehr feinen Schnitten zur Wahrnehmung gelangen. Entsprechend der Längsrichtung erfolgt an den Muskelsäulchen eine Trennung in feinste Fibrillen — Primitivfibrillen —, welche aus metameren stäbchenförmigen Teilstücken sich zusammensetzen. Jedes dieser Segmente besteht aus einem mittleren gefärbten und zwei endständigen ungefärbten Abschnitten. Die Abgrenzung dieser geschieht durch Z, das sich an solchen isolierten Fasern mehr als ein Granulum darstellt. Da, wie erwähnt, Z bei den eigentlichen Myokardfasern des Warmblüterherzens deutlicher ist als an denjenigen des Frosherzens, so kann man an isolierten Fibrillen oft die metamere Zusammensetzung aus Segmenten, deren Aufbau aus $J+Q+J$, sowie die Myosomen in Q und die Begrenzung durch Z sehr schön beobachten (Fig. 1).

Wegen der großen Feinheit der Primitivfibrillen ist es schwierig, zu entscheiden, wie viele in einem Muskelsäulchen enthalten sind und ob ihre Zahl immer die gleiche ist, wie SCHLATER betont, oder wechselt. An Querschnitten war es mir nicht möglich, die einzelnen Primitivfibrillen zu unterscheiden.

Wie oben bemerkt, tritt sehr häufig an den Muskelsäulchen eine Trennung auch in querer Richtung ein; es kommt so zur Entstehung quadratischer Gebilde, welche dann wieder in der Längsrichtung in Fibrillensegmente zerfallen. Bei der Isolierung nehmen sie zuweilen eine mehr elliptische oder rundliche Gestalt an; liegen diese wie so oft namentlich an Chromosmiumpräparaten von Kalbsherzen in kleineren oder größeren Haufen beisammen, so gleichen sie Coccenhaufen. An den isolierten Segmenten kann man die Zusammensetzung aus $J+Q+J$ meistens nicht mehr erkennen. Entweder sind sie bei der Nachfärbung mit Kristallviolett gleichmäßig tingiert, oder sie zeigen ein helles Zentrum und eine blaue Peripherie oder aber sie erscheinen als helle Ellipsoide, an deren Polen dunkle Körner — die Myosomen — gelegen sind. Sonderbare Spiralfiguren

können dadurch zustande kommen, daß abwechselnd die eine Seite der elliptischen Figuren gefärbt, die entgegengesetzte ungefärbt erscheint. Hängen diese noch zusammen, so macht es den Eindruck, als ob in den Säulchen gefärbte Spiralen enthalten seien. Zweifellos sind dies Artefakte, entstanden durch eine Verlagerung der in den Myosegmenten enthaltenen Substanzen: J, Q und der Myosomen. Bezüglich der Anordnung dieser gehen die Angaben der neueren Beobachter — HEIDENHAIN, KORNILOWITSCH, GODLEWSKY, SCHLATER, HOLMGREN — insofern auseinander, als die einen an der Stelle von Q die Existenz nur eines Granulums annehmen, während z. B. SCHLATER von einem Doppelgranulum berichtet. Die oben geschilderten Befunde sind meines Erachtens im stande, diese Divergenz der Angaben zu erklären. Je nach dem Grad der Differenzierung erscheint Q als gleichmäßig gefärbtes Gebilde oder aber die an den Polen dieses gelegene gefärbte Substanz ist durch schwächer gefärbte Fortsätze verbunden und täuscht so ein Doppelgranulum vor, während bei vollständiger Differenzierung und normaler Lagerung der Teile in den Polen der Myokonten diskrete Granula zu beobachten sind (Fig. 1).

Die Tatsachen, daß die Muskelsäulchen unter solchen Bedingungen eine Trennung nicht nur in der Längsrichtung in Primitivfibrillen, sondern auch in querer Richtung in Muskelkästchen bzw. in Muskelsegmente erfahren, sowie daß in diesen eigenartige Verlagerungen der anisotropen und isotropen Substanz sich vollziehen, sind bedeutungsvoll für unsere Auffassung über Architektur und Struktur der Muskelfasern. Sie lehren, daß die Muskelprimitivfibrillen nicht als morphologisch einheitliche Gebilde angesehen werden können, weil sie sich aus metameren Segmenten zusammensetzen, in welchen sich Lagen anisotroper und isotroper Substanz, Myosomen und Z-Granula in regelmäßiger Aufstellung aneinanderreihen.

2. Gewöhnliche Myokardfasern beim Menschen. Die vorstehenden Mitteilungen beziehen sich der Hauptsache nach auf die Herzmuskel der genannten Tiere. — Beim Menschen ist die Struktur des Myoplasmas und Sarkoplasmas im wesentlichen die gleiche. —

Myoplasma. Die Muskelprimitivfibrillen bestehen aus metamer aneinander gerichteten und durch Z begrenzten Teil-

stücken, welche aus $J + Q + J$ bestehen. An Chromosmiumpräparaten, welche nach HEIDENHAIN gefärbt sind, erscheint Q als dunkelgefärbter Streifen, der nach beiden Seiten von Lagen ungefärbter isotroper Substanz begrenzt wird. Solche Objekte sind sehr geeignet zum Studium verschiedener Kontraktionszustände. Der durch diese bedingte Wechsel in der Anordnung der isotropen und anisotropen Substanz tritt an solchen Präparaten sehr deutlich hervor (Fig. 2—5). Bei stärkerer Differenzierung kommt in der Mitte des dunkel gefärbten Q ein heller Streifen zur Wahrnehmung, welcher vermutlich M entspricht (Fig. 5). Haben sich, so insbesondere an sehr feinen Schnitten (2—3 μ) einzelne Muskelsäulchen isoliert, dann zeigen diese an der Stelle von Q ein gefärbtes Viereck, in welchem bei fortschreitender Aufhellung meistens vier Myosomen kenntlich werden (Fig. 6—8). Z ist bald mehr, bald weniger deutlich und bietet zuweilen eine granuläre Beschaffenheit dar.

Querlinien. Die nach HEIDENHAIN gefärbten Präparate sind zum Studium dieser sehr geeignet. Bei etwas stärkerer Differenzierung treten sie in der sonst schwächer tingierten Faser als dunkle Linien hervor. — Bezüglich der Bedeutung dieser ist bis heute eine Verständigung nicht erzielt. Ich muß mich darauf beschränken, hervorzuheben, daß sie zuerst als die „Herzmuskelzellen“ begrenzende Kittlinien aufgefaßt wurden (EBERTH). Gegen diese Anschauung hat HEIDENHAIN geltend gemacht, daß in den Muskelfasern des Herzens eine Abgrenzung von Zellgebieten überhaupt nicht stattfindet und die Fasern die Querlinien überschreiten. HEIDENHAIN sieht sie als Wachstumszonen, welche zum Längenwachstum in Beziehung stehen sollen, an. Von anderen (MARCEAU, RENAUT, BENDA) werden sie als sehnenartige Gebilde gedeutet. EBNER leugnet die vitale Existenz und eine physiologische Bedeutung der Querlinien. Einen Teil hält er für Kunstprodukte, vorgetäuscht durch Rißstellen des Perimysiums; ein anderer Teil seien Absterbungsphänomene; nach dem Tode auftretende Schrumpfkontraktionen. SCHAFFER bezeichnet sie als Verdichtungsstreifen.

ASCHOFF und MARCHAND sind der Ansicht, daß die Querlinien in der Agone entstehen, während sie die neuesten Beobachter — DIETRICH und COHN — für physiologische Gebilde ansehen; dem letzteren zufolge sollen sie eine Art Abnützungerscheinung sein. — Was meine eigenen Wahrnehmungen an-

belangt, so muß meines Erachtens die Deutung als „die Muskelzellen begrenzende Kittlinien“ aufgegeben werden. Außer der von HEIDENHAIN schon betonten Tatsache, daß die Fibrillen die vermeintlichen Zellgrenzen überschreiten und daß die Auffassung der Muskelfasern des Herzens als Zellen nicht mehr haltbar ist, verdient in dieser Hinsicht die unregelmäßige Anordnung der Querlinien Berücksichtigung. Ihre Abstände sind manchmal sehr bedeutend, anderemal sehr gering, oft werden sie nur durch eine oder zwei Querscheiben getrennt: ein Befund, der auch mit der Wachstumshypothese sich schwer vereinigen läßt. MARCEAU stützt seine Ansicht, daß die Querlinien der Befestigung der Muskelfasern dienen, durch den Hinweis, daß sie an der Stelle von Z liegen. An meinen Präparaten konnte ich mich davon überzeugen, daß sie meistens an der Stelle von Q gelegen sind und zuweilen in der Mitte eine helle, vermutlich M entsprechende Linie erkennen lassen (Fig. 9 und 10). Es ist mir deshalb am wahrscheinlichsten, daß den Querlinien die Bedeutung von Kontraktions- bzw. Verdichtungsstreifen zukommt, ob sie nur in Agone oder auch vital entstehen, diese Frage zu entscheiden, habe ich keine Anhaltspunkte gefunden. Ebenso muß ich unentschieden lassen, ob die Querlinien zur Fragmentation in Beziehung stehen (SCHLATER) oder nicht (DIETRICH). Das Vorkommen von dunkelgefärbten punktförmigen Gebilden an der Stelle der Querlinien legt den Verdacht nahe, daß es sich um Effekte der Differenzierung handeln könnte. Ich darf deshalb nicht unterlassen, zu erwähnen, daß auch an stark differenzierten Präparaten die Querlinien nachweisbar sind; sie stellen sich dann als ungefärbte, oder wenn man nach VAN GIESON nachgefärbt hat, als blaßrote Streifen dar. Wenn die gleich eingehender zu beschreibenden Fasersysteme, welche die Muskelfasern außen umspinnen, zur Darstellung gebracht sind, so kann durch solche Gebilde, wenn sie die Fasern überqueren und stärker tingiert sind, das Bild von Querlinien entstehen. Vielleicht hat eine Verwechslung mit diesen den Anlaß zu der Vorstellung gegeben, daß es sich in den Querlinien um Haftvorrichtungen handle. Manche dieser Fasern inserieren sich an der Stelle von Z an die feinen Häutchen, welche die Muskelfasern umhüllen und wahrscheinlich dem von HEIDENHAIN beschriebenen Sarkolemma entsprechen.

Das Sarkoplasma ist im menschlichen Herzmuskel in ver-

schiedener Menge vertreten; bald spärlich in Form einzelner schmaler, zwischen den Muskelsäulchen aufgestellter Streifen, bald reichlich, in der Art breiterer Züge. Außerdem erstrecken sich von den Kernpo'len aus Reihen von Sarkosomen verschieden weit in der Längsrichtung der Muskelfasern. — Transversale, die Muskelsäulchen umspinnende Sarkosomenreihen konnte ich beim Menschen nur stellenweise beobachten. Nach den Befunden an Glykogenpräparaten kann aber an deren regelmäßigen Vorkommen nicht gezweifelt werden. Man darf nicht vergessen, daß an Chromosmiumpräparaten, wenn sie nach HEIDENHAIN gebeizt und gefärbt wurden, die Bilder sehr wechseln. Es gilt dies, wie mehrfach hervorgehoben wurde, nicht nur für das Myoplasma, sondern auch für das Sarkoplasma. Je nach dem Grade der Differenzierung erscheinen die ganzen Fibrillen, oder nur die Q entsprechenden Teilstücke, oder nur die Myosomen tingiert, ebenso bei dem Sarkoplasma nur die longitudinalen Sarkosomenreihen, oder auch die die Muskelsäulchen umspinnenden. Behufs der Erklärung dieses Wechsels im tinktoriellen Verhalten muß außer der Differenzierung die chemische Qualität der Sarkosomen in Rechnung gezogen werden; je nachdem diese die Trägersubstanz für Fette, Lipoide, Lipochrome, Glykogen etc. abgeben, wird ihr tinktorielles Verhalten ein verschiedenes sein.

Interstitielles Netz. Ein die Muskelfasern außen umspinnendes Netz konnte ich beim Menschen, sowie bei einigen der obengenannten Tiere, z. B. bei der Ratte, nachweisen. Dasselbe liegt den Muskelfasern sehr dicht an und bildet mäßig weite rhomboidale Maschen (Fig. 11 u. 12). Die diese begrenzenden Fasern verlaufen bald mehr gestreckt, bald mehr bogenförmig; an den Knotenpunkten liegen Kerne. Bei geringgradiger Differenzierung der nach HEIDENHAIN gefärbten Chromosmiumpräparate erscheint das Netz schwarz; Kerne sind nicht oder nur stellenweise zu erkennen. Diese kommen aber zum Vorschein, wenn man stärker differenziert. Färbt man solche Objekte mit Pikrinsäure-Fuchsin nach, dann nimmt das Netz eine mehr graurötliche Farbe an. Manche der Fasern inserieren sich an der die Muskelfasern umhüllenden Membran, wie es scheint, namentlich an der Stelle von Z; andere überqueren die Fasern in gestreckten oder bogenförmigen Linien, wie oben berichtet wurde. Die auf den Muskelfasern und zwischen ihnen gelegenen Faser-

systeme hängen zusammen und gehen unmittelbar ineinander über. Daß es sich bei diesen nicht um eine Verwechslung mit netzförmigen Niederschlägen, wie sie namentlich bei mangelhafter Differenzierung getroffen werden, handelt, beweist ihr Zusammenhang mit den interstitiellen Netzen, sowie ihr Vorkommen an stark differenzierten Objekten. Von einer Fortsetzung der Fasern dieses Netzes durch die die Muskelfasern umhüllende Membran und einem durch solche Fasern vermittelten kontinuierlichen Zusammenhang des Netzes mit dem an der Innenseite der umhüllenden Membran gelegenen, wie es die Trophospongienlehre annimmt, konnte ich mich nicht überzeugen. Durch den Ansatz der Fasern an der umhüllenden Membran, wie er oben erwähnt wurde, mögen solche Bilder vorgetäuscht werden. An wirklichen Querschnitten von Muskelfasern ist von einem Eindringen solcher Fasern nichts nachzuweisen. Dagegen kann an Schiefschnitten der Anschein erweckt werden, als ob Teile des extramuskulären Netzes innerhalb der Fasern lägen.

Die in den Interstitien der Muskelfasern gelegenen Netze sind längst bekannt und neuerdings eingehend von GEHUCHTEN geschildert worden. THULIN bezeichnet die zelligen Anteile derselben als Sarkosomocyten und betrachtet die Granula dieser als den Sarkosomen homologe Gebilde, weil sie in tinktorieller Hinsicht vielfach ein übereinstimmendes Verhalten darbieten. Andererseits erkennt er an, daß diese Zellen als Bindegewebszellen aufzufassen sind. Mir scheint eine solche Deutung nicht gerechtfertigt. Wie ich nachgewiesen habe, enthalten die Leberzellen und Blutkapillaren umspinnenden Zellen sehr häufig Granula, welche tinktoriell, so z. B., wenn sie Glykogen führen, mit den Granula der Leberzellen übereinstimmen. Es besitzen eben beide Granulaarten die der Leberzellen sowie die der Bindegewebszellen die Fähigkeit, Glykogen umzusetzen. Deshalb auf eine Identität beider zu schließen, wäre wenig sachgemäß. Meines Erachtens genügen diese Andeutungen, um zu zeigen, daß es sich nicht empfiehlt, für die Zellen des interstitiellen Netzes der Muskeln die Bezeichnung als „Sarkosomocyten“ nach dem Vorschlag von THULIN¹⁾ zu übernehmen.

¹⁾ Aus der Art und Weise, in welcher THULIN meine Mitteilungen über Morphologie des Muskelglykogens, statt sie zu verwerten, kritisiert, glaube ich schließen zu müssen, daß ihm nach BEST gefärbte Glykogenpräparate nicht vorgelegen haben; die Identität der Netze mit den an Chromosmiumpräparaten, welche nach der HEIDENHAIN'schen Methode gefärbt wurden, wäre ihm sonst

Glykogen. Die von mir untersuchten menschlichen Herzen waren arm an Glykogen. Immerhin ließ sich an einzelnen Myokardfasern nachweisen, daß die Anordnung dieses die gleiche ist wie bei den obengenannten Tieren. Auch hier Aufstellung der Glykogengranula in Längs- und J entsprechenden Querreihen, sowie der vom Kontraktionszustande abhängige Wechsel in der Lagerung der letzteren zu Z. Unter welchen Bedingungen die gewöhnlichen Myokardfasern Glykogen führen, ist noch zu ermitteln.

Die geschilderten Strukturen verdienen noch in einer anderen Hinsicht Beachtung. — Seit Jahren bin ich bestrebt, den Nachweis zu führen, daß an dem Aufbau der Mitome des Zellplasmas Plasmosomen und Granula in hervorragender Weise beteiligt sind und daß sehr viele Mitome aus Fadenkörnern bestehen. Ob und inwieweit diese Fadenkörner den Mitochondrien¹⁾ morphologisch homolog sind, soll hier nicht erörtert werden. Dagegen möchte ich hervorheben, daß abgesehen von den angewandten Untersuchungsmethoden der Zustand der Ernährung, der Funktion etc. von maßgebendem Einfluß auf die Bilder ist, unter denen die Fäden sich darstellen. Von solchen Bedingungen hängt es vielfach ab, ob sie als homogene Gebilde erscheinen, oder feingekörnt sind, oder in ihrem Verlauf durch größere Plasmosomen bzw. Granula unterbrochen werden. Die gleichen Fäden und Fädensysteme können z. B. je nach dem Glykogengehalt homogen, feingekörnt oder grobgranuliert aussehen. Ebenso hängt es wesentlich vom Funktionszustand ab, ob Teile dieser Mitome, z. B. in den Nieren die Gestalt von Fäden oder Stäbchen haben, in welchen Körner bald vorhanden sind, bald vermißt werden. Wenn bei der Anwendung gewisser Methoden in solchen Stäbchen keine Mikrosomen nachgewiesen werden können, so

schwerlich entgangen. Die Identität dieser mit den Trophospongien hat HOLMGREN übrigens vielfach mit großer Befriedigung hervorgehoben. Ich will nur noch bemerken, daß ich jederzeit für die Existenz eines lebhaften, durch Granula vermittelten Stoffaustausches zwischen den Leberzellen, Muskelfasern etc. einerseits, dem diese umspinnenden Saftkanalsystem andererseits eingetreten bin. Dagegen konnte ich mich davon nicht überzeugen, daß diesem Stoffaustausch Einrichtungen dienen, wie sie die Trophospongienlehre voraussetzt, d. h. ein Eindringen von Fortsätzen des umspinnenden Fasersystems durch das Sarkolemma bzw. die Membran der Leberzelle in das Innere dieser Gebilde.

¹⁾ Auf die bedeutungsvollen Untersuchungen von BENDA und MEVES ist mehrfach hingewiesen worden.

darf daraus selbstverständlich nicht geschlossen werden, daß solche nicht vorhanden sind; namentlich wenn unter anderen Bedingungen die Stäbchen Granula in gesetzmäßiger Anordnung enthalten. — Die Deutung all dieser Plasmosomen und Granula als Sekretionsprodukte ist schon deswegen nicht möglich, weil sie vielfach der Assimilation dienen. Berücksichtigt man, daß z. B. die transversalen Glykogengranula mit den sogen. J-Granula der Muskelfasern hinsichtlich ihrer Lage, Aneinanderreihung, kurz ihres ganzen morphologischen Verhaltens vollkommen übereinstimmen, so wird man einräumen müssen, daß die Glykogengranula durch Assimilation aus letzteren hervorgegangen sind, sie können somit nicht als beliebige Einschlüsse oder als sonstige minderwertige Gebilde angesehen werden.

Bei manchen Plasmosomen und Granula glaubte ich, eine sie umhüllende — parasomatische — Substanz, welche in diejenige der Fäden und Stäbchen sich fortsetzte, wahrzunehmen; als ob sie das Material für die Bildung dieser abgäbe, die Mikrosomen genetisch das erste, die Substanz der Fäden und Stäbchen das sekundäre wäre. — Ich habe diese Dinge berührt, weil die Ähnlichkeit solcher Plasmastrukturen mit den an den Muskelfibrillen geschilderten — den Myokonten und Myosomen — nicht zu verkennen ist. Wenn wir in dem Sarkoplasma und Myoplasma ähnlichen Formen begegnen wie in anderen Plasmaarten, so ist das eine wesentliche Stütze der Plasmosomenlehre. Manche „Protoplasmatheorie“ ist an der Aufschließung der Struktur des Myoplasmas gescheitert.

II. Sarkoplasmareiche (helle) Fasern.

Der Reichtum an Sarkoplasma, durch welchen diese Faserart charakterisiert ist, macht sich an tingierten Präparaten durch eine dem Gehalt an Sarkoplasma entsprechende hellere Färbung bemerkbar. Mit diesem hängt auch die Anordnung der Fibrillen, ihr eigentümlicher Verlauf, der größere Abstand derselben, sowie die Anwesenheit heller die Kerne umgebender Höfe zusammen.

Zur Untersuchung solcher Fasern eignet sich außer der Konservierung in MÖLLER-Formol und der Tinktion mit Säurefuchsin-Pikrin die Fixierung in Chromsäure-Osmiummischungen und die Färbung nach HEIDENHAIN; auch die Nachfärbung mit Kristall-

violett oder Säurefuchsin-Pikrin ist zu empfehlen. Nach meinen Erfahrungen hat diese letztere Methode den Vorzug, daß die Fibrillen und deren feinere Struktur deutlicher zur Wahrnehmung gelangen. Nach dem Grad der Differenzierung sind die Fibrillen gleichmäßig gefärbt oder es kommt an ihnen eine den verschiedenen Kontraktionszuständen entsprechende Felderung zum Vorschein. Die Sarkosomen verhalten sich je nach ihrem Gehalt an chemischen Substanzen verschieden; bald erscheinen sie mehr oder weniger gebräunt, bald blaßgrau; auch ihre Färbung durch Hämatoxylin bezw. durch Kristallviolett ist eine verschieden intensive. Doch ist bei der Anwendung auch dieser Methode manchmal die Entscheidung schwierig, zu welcher Art diese oder jene Faser gehört.

1. Breite sarkoplasmareiche Fasern bei Hufern.

Sie entsprechen den von PURKINJE entdeckten bei Hufern vorkommenden Gebilden. Die topographische Verbreitung im Herzen dieser Tiergattung hat in der grundlegenden Monographie von ASCHOFF-TAWARA eine ausführliche Darstellung erfahren. — Über ihre Struktur und Bedeutung weichen die Meinungen sehr voneinander ab. Von den einen sind sie als embryonale Muskelfasern oder Entwicklungsformen solcher angesehen worden. Andere brachten sie zu Neubildungs- oder Rückbildungsvorgängen in Beziehung. Vielen Anklang fand die Vorstellung, daß sie als Spannfasern des Endokards anzusehen seien. — Das Vorkommen der PURKINJE'schen Fäden im atrioventrikolaren Bündel, wie es von ASCHOFF, TAWARA, FAHR, MÖNCKEBERG, NAKAYO nachgewiesen wurde, hat den Anschauungen über die Bedeutung dieser Fäden eine ganz andere Richtung gegeben; sie werden jetzt zur Reizleitung in Beziehung gebracht. In den nachfolgenden Zeilen sollen nur die histologischen Verhältnisse und die Anordnung des Glykogens in diesen Gebilden geschildert werden.

Feinere Struktur der breiten sarkoplasmareichen Fasern (PURKINJE'sche Fäden, Fig. 13—16). Wie ein Längsschnitt durch diese lehrt, bestehen sie aus einer bald kleineren, bald größeren Zahl von Faserbündeln, welche von einer feinen Membran umhüllt und gegeneinander, allerdings nicht vollständig, abgegrenzt werden, weil an zahlreichen Stellen ein Übertritt von Muskelfibrillen aus dem einen Bündel in das andere erfolgt. Die Komplexe von Faserbündeln, welche PURKINJE'sche Fäden

bilden, werden von einer dickeren bindegewebigen Membran umsäumt. Die die einzelnen Faserbündel umhüllende Membran entspricht wohl der membranösen Umkleidung der gewöhnlichen Myokardfasern. Ob diese mit dem Sarkolemm der Muskelfasern des Skeletts identifiziert werden darf, habe ich unentschieden gelassen; für die Umhüllung der Faserbündel der PURKINJE'schen Fäden mag die Berechtigung einer solchen Anschauung noch fraglicher erscheinen, weil, wie erwähnt, an zahlreichen Stellen Muskelfibrillen aus dem einen Bündel in das andere übertreten.

Die Form der einzelnen Faserbündel ist bald eine rundliche, bald eine rhomboidale oder polygonale. Auch die Größe wechselt innerhalb gewisser Grenzen (Fig. 15 u. 16). Neben reinen Querschnitten erhält man sehr oft Schiefschnitte, seltener auf größere Strecken ausgedehnte Längsschnitte; solche Fäden stellen sich dann mehr als lichte breite Bänder dar. Sehr verschieden ist die innerhalb eines Faserbündels enthaltene Zahl von Muskelfibrillen sowie deren Verlauf und Lagerung. Bald verlaufen innerhalb eines Faserbündels sehr zahlreiche Fibrillen in ziemlich gleichmäßiger Verteilung, getrennt durch verhältnismäßig schmale Zwischenräume, von der Mitte abgesehen, welche immer eine stärkere Anhäufung von Sarkoplasma in der Umgebung der Kerne aufweist. Sehr häufig nehmen die Muskelfibrillen vorwiegend den peripheren Teil der Faserbündel ein, so namentlich, wenn die Fibrillen spärlicher sind. Der Verlauf der Fibrillen ist zuweilen ein gestreckter, häufiger ein welliger oder gebogener; ja manchmal erscheinen die Fasern eigentümlich geknickt. Wegen dieser unregelmäßigen Verlaufsrichtung der Muskelfibrillen, sowie auch der ganzen Faserbündel werden die ersteren sehr oft in schiefer Richtung getroffen und erscheinen als kürzere oder längere stäbchenförmige Gebilde; andere Fibrillen lassen sich in großer Ausdehnung ihres Verlaufes verfolgen. Inwiefern die geschilderte unregelmäßige Anordnung der Muskelfibrillen auf die Konservierung zurückzuführen ist, läßt sich schwer entscheiden; jedenfalls muß man berücksichtigen, daß durch den großen Gehalt an Sarkoplasma eine Verlagerung der Fibrillen begünstigt werden kann. Chromosmiumpräparate geben aber nicht nur über den Verlauf der Fibrillen, sondern auch über deren Struktur Aufschluß. Die breiteren Fibrillen haben die Form von Säulchen und scheinen aus 2—4 Primitivfibrillen zu bestehen. Sie sind bald gleichmäßig gefärbt, bald zeigen

sie eine sehr zierliche Felderung; dunkelgefärbte Felder anisotroper Substanz wechseln mit hellen isotroper ab (Fig. 14). Nach dem Kontraktionszustande schwankt die Breite der Felder. Außerdem kommen noch Fibrillen von so beträchtlicher Feinheit vor, daß sie vermutlich als Primitivfibrillen anzusprechen sind (Fig 13).

Die rundlichen, seltener ovalen Kerne liegen in ziemlich regelmäßigen Abständen vereinzelt oder zu mehreren (2—4) in der lichten, die Mitte des Faserbündels einnehmenden, Sarkoplasmamasse. Außer rundlichen Sarkosomen kommen auch feinere Fäden vor; deutliche Netzbildung habe ich weder in der Umgebung der Kerne noch zwischen den Fibrillen nachweisen können.

Manche der Faserbündel werden außen von einem Netzwerk umspinnen, das in seinem ganzen Verhalten mit den oben beschriebenen interstitiellen Netzen übereinstimmt.

Wie aus dieser Darstellung hervorgeht, ist meine Auffassung über den Aufbau der PURKINJE'schen Fäden die, daß sie aus einer wechselnden Zahl von Faserbündeln sich zusammensetzen, welche aus Muskelfibrillen, Kernen und Sarkoplasma bestehen und von einer feinen, infolge des Übertritts von Fibrillen aus einem Bündel in das andere vielfach durchbrochenem Membran eingehüllt werden. — TAWARA hat, wenn ich ihn richtig verstehe, eine wesentlich andere Vorstellung von der Architektur der PURKINJE'schen Fäden; sie sollen aus großen hellen Zellen, welche eine hyaline Membran besitzen, bestehen. Mit Rücksicht auf die Angaben von HESSLING und SCHMALTZ erörtert er die Frage, ob die Muskelfibrillen innerhalb der Zellen gelegen sind und beschreibt eingehend die Lage und Anordnung der Fibrillen innerhalb der Zellen, indem er hinzufügt, daß einzelne Fibrillen aus einer Zelle in die andere übertreten können. Diese Vorstellung, welche vielleicht durch die früher gangbare Meinung, die gewöhnlichen Myokardfasern seien Zellen, beeinflußt wurde, ist meines Erachtens in Anbetracht des Übertritts der Fasern über die vermeintlichen Zellgrenzen für die Faserbündel der PURKINJE'schen Fäden ebensowenig aufrecht zu erhalten wie für die gewöhnlichen Myokardfasern und erschwert das Verständnis des Aufbaues der PURKINJE'schen Fäden. Die vermeintlichen Zellen sind nach meiner Anschauung Quer- und Schiefschnitte von Faserbündeln; die Zellmembran entspricht der

Umhüllungsmembran dieser. Außer dem ausgiebigen Austausch von Fibrillen zwischen den Faserbündeln spricht für diese Auffassung die Tatsache, daß an Längsschnitten der Fäden die Fibrillen auf große Strecken hin einen ununterbrochenen Verlauf darbieten, ohne daß eine Andeutung von Abgrenzung zu erkennen ist; auch die T- und V förmigen Verzweigungen, welche die Faserbündel zuweilen einhalten, werden so leichter verständlich. Ferner kommen an Querschnitten von PURKINJE'schen Fäden rundliche Gebilde vor, welche nur dichtstehende Fibrillenquerschnitte enthalten (Fig. 15).

Diese Tatsache scheint mir auch deshalb bedeutungsvoll, weil sie auf das Vorkommen nicht nur von Übergangsformen, sondern auch von wirklichen Übergängen namentlich der subendokardialen Faserbündel der PURKINJE'schen Fäden in die später zu beschreibenden schmalen sarkoplasmareichen Fasern und in die gewöhnlichen Myokardfasern hinweist. Die Muskelfibrillen werden zahlreicher und das Sarkoplasma spärlicher. Ob ein solcher Übergang nur in einer Richtung (TAWARA) oder in zwei Richtungen (HOFMANN) erfolgt, ist schwierig zu entscheiden.

Anordnung des Glykogens in den PURKINJE'schen Fäden (Fig. 22—24). MARCHAND, ASCHOFF, MÖNCKEBERG, NAKAYO haben bereits auf den Glykogengehalt dieser aufmerksam gemacht. ASCHOFF und MÖNCKEBERG heben hervor, daß ihre Auffindung durch den Glykogengehalt erleichtert werde. Das gilt allerdings mit einer gewissen Einschränkung, weil die PURKINJE'schen Fäden manchmal wenig oder kein Glykogen führen und andererseits die gewöhnlichen Myokardfasern, so insbesondere diejenigen der Vorhöfe und Herzohren, glykogenreich sein können.

Während die Anwesenheit des Glykogens namentlich mittelst der BEST'schen Methode sich leicht feststellen läßt, ist die Ermittlung der Anordnung desselben viel schwieriger, weil bei der gebräuchlichen Alkoholkonservierung fast immer eine Verlagerung des Glykogens nach der einen Seite oder nach dem einen Ende der Faserbündel erfolgt. Bei stärkerem Glykogengehalt ist es dann nicht möglich, die Einzelheiten der Struktur zu erkennen; die Fasern erscheinen an solchen Stellen gleichmäßig rot gefärbt. Günstigere Resultate erhält man an Fäden, welche weniger Glykogen führen, und an sehr dünnen Schnitten. Die Verlagerung des Glykogens läßt sich fast vollständig vermeiden bei der An-

wendung der von NEUKIRCH vorgeschlagenen Fixierung in Formol-Dextrose und Sublimat-Dextrose. An solchen Objekten stellen sich die Fäden als gleichmäßig rote Gebilde dar, wenn die Schnitte dicker sind, während man an feineren Schnitten die Anordnung des Glykogens ohne Schwierigkeit sich ermitteln läßt. Die Figuren 22 und 24 sind nach Präparaten NEUKIRCHS hergestellt.

Meines Wissens wird zur Zeit allgemein angenommen, daß das Glykogen in den PURKINJE'schen Fäden in diffuser Form enthalten sei. — An günstigen Stellen von Alkoholpräparaten, sowie an Formol-Dextrose- und Sublimat-Dextroseobjekten läßt sich erkennen, daß das Glykogen wie in den gewöhnlichen Myokardfasern, so auch an den PURKINJE'schen Fäden granulär angeordnet und vorwiegend an die Sarkosomen gebunden ist. An Längsschnitten von Präparaten, welche nach der BEST'schen Methode gefärbt wurden, liegen die roten feinen Granula in der Umgebung der Kerne und erstrecken sich von da in der Form bald schmalerer, bald breiterer Reihen zwischen die Fibrillen (Fig. 22—24). Transversale Granulareihen und die Fibrillen umspinnende Netze kann man meistens nur stellenweise unterscheiden; bei stärkerem Glykogengehalt werden die Fibrillen verdeckt, auch an Querschnitten glykogenreicher Fäden sind Fibrillen häufig nicht zu erkennen. Rücksichtlich der Frage, ob das Glykogen vital nur an Granula gebunden ist, oder auch in diffuser Form vorkommt, will ich erwähnen, daß an manchen sehr glykogenreichen Fasern diffus verteiltes Glykogen nicht nachzuweisen war.

2. Schmale sarkoplasmareiche Fasern bei Hufern.

Kalb und Hammel. Sie liegen, wenn nicht ausschließlich, so doch vorwiegend im subendokardialen Gewebe. Sind an den gleichen Stellen eigentliche PURKINJE'sche Fäden vorhanden, so werden die schmalen Fasern sowohl zwischen dem Endokard als auch dem Myokard und den ersteren getroffen. Sie verlaufen wellig oder gestreckt parallel der Längsachse des Herzens, so namentlich in den Papillarmuskeln, oder aber in mehr schiefer Richtung.

Charakterisiert ist diese Faserart durch den reichlichen Gehalt an Sarkoplasma. Wie bei den breiten Fasern werden auch hier die Kerne von verschiedenen breiten Sarkoplasmahöfen umgeben und die Fibrillen durch Sarkosomenreihen von wechseln-

dem Durchmesser getrennt. Durchschnittlich sind die Fibrillen in den schmalen Fasern zahlreicher, ihr Verlauf ist ein mehr gestreckter und regelmäßiger als bei den breiten. Die Fibrillen sind nicht so verworfen. An der Oberfläche werden die Fasern von einer feinen Membran umkleidet. Ist eine Gruppierung zu Bündeln vorhanden, so fehlen gewöhnlich stärkere gemeinsame Umhüllungen, wie sie den PURKINJE'schen Fäden meistens zukommen. Da manche von ihnen dieser entbehren, andererseits einzelne schmale Fasern solche besitzen, kann man von Übergangsformen sprechen. Auf eine Beziehung der beiden Faserarten weist ja auch das oben berichtete Vorkommen von schmalen Fasern innerhalb der PURKINJE'schen Fäden hin. Übergangsformen von schmalen sarkoplasmareichen Fasern zu gewöhnlichen Myokardfasern kommen gleichfalls vor. Die in den Grenzschichten des Myokards gegen das Endokard gelegenen Fasern zeigen oft ähnliche Abweichungen der Struktur. Wie oben erwähnt wurde, sind viele Fasern der Vorhöfe und Herzohren sehr reich an Glykogen bzw. Sarkoplasma. Auch wirkliche Übergänge von gewöhnlichen Myokardfasern in schmale sarkoplasmareiche Fasern glaube ich wahrgenommen zu haben.

Die schmalen Myokardfasern enthalten viel Glykogen. An feinen Schnitten kann man longitudinale und transversale Sarkosomenreihen nachweisen.

3. Sarkoplasmareiche Fasern bei Nagern.

Von Nagern habe ich die Herzen von Kaninchen und Ratten, die ersteren an horizontalen und frontalen Stufenschnitten untersucht. Ich konnte das atrioventrikuläre Bündel in seinem Verlauf zum Annulus, dessen Durchtritt durch diesen neben den Knorpelplättchen, seine Teilung in zwei Äste und deren weitere Ausbreitung verfolgen. Während das rechte Bündel eine mehr rundliche Form hat und in schiefer Richtung durch das Septum verläuft, um sich dann subendokardial, sowie in den Papillarmuskeln und Sehnenfäden zu verzweigen, hat das linke Bündel eine mehr breite bandartige Gestalt und erreicht sehr bald das Endokard. Die Auffindung und Verfolgung des atrioventrikulären Bündels wird bei Kaninchen dadurch sehr erleichtert, daß es selbst bei sonstiger Armut der Herzmuskeln an Glykogen solches schon bei dem Durchtritt durch den Annulus, sowie in seinen weiteren Verzweigungen in größerer Menge enthalten kann.

Subendokardial lassen sich, wie bei den Hufern, zwei Arten von sarkoplasmareichen Fasern unterscheiden; breitere und schmale (Fig. 17). Die breiteren sind von deutlichen Membranen umhüllt und öfters in breitere Bindegewebszüge eingebettet. Ist eine bündelweise Gruppierung vorhanden, so findet sich an den Bündeln auch eine gemeinsame bindegewebige Umhüllung; doch ist diese weder an den einzelnen Fasern noch an den Bündeln so ausgesprochen wie an den PURKINJE'schen Fäden der Hufer. Die Fibrillen sind durchschnittlich zahlreicher wie in diesen und verlaufen mehr gestreckt; ihre Struktur ist die gleiche wie in den PURKINJE'schen Fäden. Die schmalen sarkoplasmareichen Fasern des Kaninchens besitzen in der Umgebung der Kerne Sarkoplasmahöfe von wechselnder Breite; die zwischen den Fibrillen gelegenen Sarkosomenreihen sind schmaler, die Fibrillen selbst zahlreicher. Übergangsformen zwischen den beiden Faserarten und wirkliche Übergänge dieser ineinander kommen, wie es mir scheint, auch beim Kaninchen vor.

An Papillarmuskeln und Sehnenfäden überwiegen die breiten, doch fehlt es auch nicht an schmalen sarkoplasmareichen Fasern. Zuweilen, so namentlich an Querschnitten, trifft man Gebilde, welche die Form breiter Faserbündel haben, aber keine Fibrillen enthalten (Fig. 17).

Breite und schmale sarkoplasmareiche Fasern sind meistens sehr glykogenreich; manche enthalten wenig oder kein Glykogen. Ist Glykogen vorhanden, so ist dessen Anordnung die gleiche wie bei den Hufern, aber leichter nachweisbar wegen der geringeren Dicke der Fasern: longitudinale und transversale Sarkosomenreihen, seltener die Fibrillen umspinnende Netze.

Unterhalb des Perikards finden sich stellenweise schmale Fasern, welche deutliche Sarkoplasmahöfe besitzen, überhaupt sarkoplasmareicher sind und mehr Glykogen enthalten als die gewöhnlichen Myokardfasern in der Nachbarschaft. Ob sie den subendokardialen schmalen Fasern homolog sind, wage ich nicht zu entscheiden. Bekanntlich erwähnen HESSLING und HOFMANN des Vorkommens von subperikardialen Fasern, während TAWARA ein solches in Abrede stellt.

4. Sarkoplasmareiche Fasern beim Menschen.

Ich habe diese Faserart hauptsächlich in der Endausbreitung des linken Schenkels an Herzen, welche gröbere Veränderungen

nicht darboten, untersucht. Es lassen sich beim Menschen gleichfalls breite und schmale sarkoplasmareiche Fasern unterscheiden. Allerdings kommen alle Übergänge von sehr breiten zu schmalen vor; im allgemeinen überwiegen die Fasern von mittlerer Dicke. Manchmal ist eine bündelweise Gruppierung der Fasern vorhanden; andermal sind sie mehr gleichmäßig verteilt; in beiden Fällen kommen dickere und dünnere Fasern nebeneinander zu liegen. Die einzelnen Fasern werden von feinen Membranen umhüllt; so dicke Umkleidungen wie in den PURKINJE'schen Fäden habe ich nicht beobachtet. — Der Verlauf der Fasern ist ein gestreckter oder mehr welliger; auch Andeutungen von Verknotungen, wie sie MÖNCKEBERG in seiner trefflichen Monographie beschreibt, glaube ich gesehen zu haben. Daß die Richtung, in welcher die Fasern verlaufen, eine sehr verschiedene ist, geht aus dem Befund von Längs- und Schiefschnitten, ja selbst von Querschnitten bei frontaler Schnittrichtung hervor.

Das Sarkoplasma ist zum Teil der Dicke der Fasern entsprechend bald reichlicher, bald spärlicher vertreten. In allen Fällen sind die Kerne von deutlichen Höfen umgeben, welche teils homogenes, teils feinkörniges, teils netzförmiges Sarkoplasma führen; die Sarkosomenreihen zwischen den Fibrillen zeigen wechselnde Breite.

Die Fibrillen verlaufen wellig oder mehr gestreckt und lassen sich in großer Ausdehnung als ununterbrochene Gebilde verfolgen. Ihr Verlauf ist im allgemeinen regelmäßiger als in den PURKINJE'schen Fäden. Dementsprechend sind Schiefschnitte, wenn die Fasern in der Längsrichtung getroffen wurden, seltener. Ist das Faserbündel schief getroffen, dann erhält man das Bild von Stäbchen mit anscheinend radiärer Aufstellung. Die Verteilung der Fibrillen in den Bündeln ist häufig eine ziemlich gleichmäßige. Manchmal liegen die Fibrillen vorwiegend peripher. Felderung und verschiedenen Kontraktionszuständen entsprechende Bilder finden sich sehr oft an den Fibrillenkomplexen, welche wohl als Muskelsälchen aufzufassen sind. Das Gehalt an Fibrillen ist verschieden; Faserbündel, welche zahlreiche Fibrillen enthalten, wechseln mit fibrillenarmen. Auch schlauchförmige Gebilde, welche gar keine Fibrillen enthalten, kommen vor. Die von MÖNCKEBERG erwähnten netzförmigen Zeichnungen im Inneren derselben möchte ich nicht als binde-

gewebiger Natur deuten, sondern auf Gerinnungsvorgänge zurückführen. Ganz ähnliche Bilder können durch erweiterte Lymphräume mit geronnenem Inhalt vorgetäuscht werden.

Übergangsformen und wirkliche Übergänge von sarkoplasma-reichen Fasern in gewöhnliche Myokardfasern kommen auch beim Menschen vor; im letzteren Falle wird der perinukleäre Sarkoplasmahof reduziert und die Zwischenräume zwischen den Fibrillen werden schmaler. An Querschnitten liegen oft Faserbündel, welche viel Sarkoplasma und wenige Fibrillen enthalten, neben schmalen Bündeln, welche fast nur Fibrillen führen.

Manchmal glaubte ich auch im Myokard, zuweilen in größerer Entfernung vom Endokard, einzelne sarkoplasma-reiche Fasern und kleine von Bindegewebe umhüllte Bündel solcher wahrgenommen zu haben. Allerdings kann an Chromosmiumpräparaten, an welchen solche Fasern besonders deutlich sind, durch einen ungleichmäßigen Effekt der Differenzierung das Urteil sehr erschwert werden. An anders behandelten Präparaten sind solche einzelne Fasern und Faserbündel, wenn sie nicht unter dem Endokard liegen und vom Bindegewebe umscheidet werden, sehr schwer zu erkennen. Es wurde schon hervorgehoben, daß manchmal die Entscheidung schwierig ist, welcher Art diese oder jene Faser zugerechnet werden soll. Ich möchte deshalb diesen Befund nur mit Reserve registrieren.

Wie die PURKINJE'schen Fäden, so fasse ich diese Gebilde als aus Fibrillen und Sarkoplasma bestehende, von einer Membran umhüllte Faserbündel auf. TAWARA und MÖNCKEBERG scheinen geneigt, auch diese Formen gleich denjenigen in den PURKINJE'schen Fäden als Zellen zu betrachten. MÖNCKEBERG stützt seine Meinung durch die Befunde an embryonalen menschlichen Herzen, in welchen zu einer gewissen Entwicklungszeit, ehe Fibrillen vorhanden sind, durch Membranen begrenzte Maschenräume getroffen werden. TAWARA konnte an seinem embryonalen Materiale nicht zu einem Ergebnis kommen, ob diese Gebilde als Zellen oder als Durchschnitte durch Faserhüllen anzusehen sind. Berücksichtigt man den auch von TAWARA und MÖNCKEBERG betonten ausgiebigen Austausch von Fibrillen zwischen den Faserbündeln, sowie daß die ersteren innerhalb dieser auf große Strecken hin in ununterbrochenem Verlauf sich verfolgen lassen, so trage ich Bedenken, der von den genannten Forschern vertretenen Anschauung beizupflichten, um so mehr

als auch für die gewöhnlichen Myokardfasern eine solche Auffassung sich als nicht haltbar erwiesen hat.

Es verdienen in dieser Hinsicht noch die Querlinien, welche an zahlreichen sarkoplasmareichen Fasern beim Menschen vorkommen, erwähnt zu werden. TAWARA, welcher die Querlinien der gewöhnlichen Myokardfasern als Kontraktionsphänomene deutet, vertritt für diejenigen der sarkoplasmareichen Fasern eine andere Anschauung. Er hebt hervor, daß sie sich von den gewöhnlichen Kittlinien durch das Vorkommen an Stellen, welche keine Fibrillen enthalten, sowie durch ihr tinktorielles Verhalten, die Einschnürung der Fasern etc. unterscheiden. Sie sollen aber keine umschlingenden Bindegewebsfasern, sondern wahrscheinlich Zellgrenzen sein. MÖNCKEBERG ist gleichfalls der Meinung, daß den Querlinien der sarkoplasmareichen Fasern eine andere Bedeutung zukommt als den sogenannten Kittlinien der Myokardfasern, die auch er als Kontraktionsphänomene ansieht. MÖNCKEBERG vermutet, daß sie Sarkoplasmaterritorien entsprechen. Die an ihnen wahrzunehmenden Einschnürungen vergleicht er mit den RANVIER'schen Schnürringen; doch erscheint es ihm zweifelhaft, ob die Faserabschnitte zwischen zwei Linien Zelläquivalenten entsprechen. Wie ich oben ausführte, kommen an den gewöhnlichen Myokardfasern zwei Arten von Querlinien vor. Solche, welche bald in geringer, bald in größerer Entfernung voneinander an der Stelle von Q gelegen sind, in der Mitte einen hellen Streifen aufweisen und die Ränder der Muskelfasern öfters nicht erreichen, sie wurden als „Verdichtungsstreifen“ gedeutet. Die zweite Art hat einen mehr bogenförmigen Verlauf, manchmal eine mehr schiefe Lage zur Muskelfaser; sie lassen sich immer bis zu den Rändern dieser, zuweilen über diesen hinaus bis in das interstitielle Bindegewebe verfolgen; ihr tinktorielles Verhalten ist das gleiche. Sehr oft finden sich an Stellen, an welchen diese Gebilde über die Fasern wegziehen, Einschnürungen. Ich möchte sie demnach als dem interstitiellen Netz angehörige Fäden, welche die Muskelfasern außen umspinnend dieselben überqueren, auffassen. Da sie an Faserbündeln, welche nur an der Peripherie spärliche Muskelfibrillen enthalten, getroffen werden, können sie nicht als Verdichtungsstreifen solcher angesehen werden. Die letztere Art von Querlinien, wenn sie überhaupt an sarkoplasmareichen Fasern vorkommt, könnte nur an denjenigen, welche viele Fibrillen, wenig Sarkoplasma führen, erwartet werden.

Was den Glykogengehalt der sarkoplasmareichen Fasern anbelangt, so wurde schon erwähnt, daß die von mir untersuchten menschlichen Herzen sehr wenig Glykogen enthielten. In denjenigen sarkoplasmareichen Fasern, welche solches aufwiesen, war die Anordnung des Glykogens die gleiche wie bei Hufern und Nagern: breitere und schmälere Reihen von longitudinalen und transversalen glykogenhaltigen Sarkosomenreihen, seltener Netzbildungen. — MONCKEBERG hebt hervor, daß PURKINJE'sche Fasern normalerweise glykogenhaltig sind, mit fortschreitender Kachexie aber ihr Glykogen einbüßen. Da im postuterinen Leben die gewöhnlichen Myokardfasern glykogenfrei seien, sollen die Endausbreitungen des Atrioventrikularbündels auch dann, wenn ihre Struktureigentümlichkeiten nicht so ausgeprägt sind, von den Myokardfasern durch den Glykogengehalt sich unterscheiden lassen. — Weitere Untersuchungen müssen darüber entscheiden, ob wirklich im postuterinen Leben die gewöhnlichen Myokardfasern niemals Glykogen führen. Bei ausgewachsenen Kaninchen habe ich öfters bald vereinzelt, bald in größerer Zahl gewöhnliche Myokardfasern gefunden, welche teils spärlich, teils reichlicher Glykogen enthielten. Jedenfalls sind bei der Aufsuchung von sarkoplasmareichen Fasern nur positive Glykogenfunde und diese nur dann verwertbar, wenn die gewöhnlichen Myokardfasern bei der betreffenden Art im postuterinen Leben immer glykogenfrei sind; möglicherweise büßen sie ihr Glykogen nicht nur bei kachektischen Zuständen, sondern auch unter anderen Bedingungen ein.

Ich habe nur die bei Hufern vorkommenden sarkoplasma-reichen Fasern als PURKINJE'sche bezeichnet. Bestimmend waren für mich historische Gründe, außerdem aber auch morphologische Erwägungen. Die sarkoplasmareichen Fasern bei Nagern und beim Menschen zeigen bezüglich der Gruppierung, der Umhüllung der Bündel, der Anordnung des Sarkoplasmas manche Unterschiede; es erscheinen mir deshalb noch weitere Untersuchungen darüber erforderlich, ob sie wirklich identisch oder nur homolog und inwieweit sie biologisch, d. h. funktionell gleichwertig sind. In Anbetracht ihrer Verbreitung im atrioventrikularen Verbindungsbündel liegt ja die Vorstellung, daß sie der Reizleitung dienen, nahe. Welche Bedeutung den von allen Untersuchern berichteten Übergangsformen und Übergängen in gewöhnliche Myokardfasern in dieser Hinsicht zukommt, welche

Rolle die zahlreichen Nervenverzweigungen spielen, darüber müssen wir Aufschlüsse von morphologischer und experimenteller Forschung erwarten.

Ergebnisse.

Die Myofibrillen des Warmblüterherzens, einschließlich derjenigen des menschlichen Herzens bestehen, wie diejenigen des Froschherzens und der Skelettmuskulatur, aus metamer aneinander gereihten Segmenten, welche aus $J + Q + J$ zusammengesetzt sind und durch Z begrenzt werden.

Die der anisotropen Substanz — Q — entsprechenden Myokonten enthalten an ihren beiden Enden Plasmosomen — die Myosomen. —

Durch Aneinanderreihen der Myosegmente in der Längsrichtung und Querrichtung entstehen Muskelsäulchen und Muskelkästchen.

Die Anordnung des Sarkoplasmas sowie diejenige des Glykogens ist in den gewöhnlichen Myokardfasern die gleiche wie im Kaltblüterherzen und den Skelettmuskeln. Je nach dem Reichtum an Sarkoplasma bzw. Glykogen wechseln schmalere und breitere longitudinale und transversale Reihen von Sarkosomen bzw. glykogenhaltigen Granula, sowie die Muskelsäulchen umspannende Netze ab.

Die gewöhnlichen Myokardfasern werden von einer feinen Membran eingehüllt und von einem bindegewebigen Netze außen umspinnen. Ein Eindringen der Fäden dieses Netzes in das Innere der Myokardfasern (Trophospongienlehre) konnte nicht nachgewiesen werden.

An den gewöhnlichen Myokardfasern werden zwei Arten von Querlinien getroffen, von denen die einen wahrscheinlich als Verdichtungsstreifen, die anderen als umspinnende Fasern aufzufassen sind.

Außer den gewöhnlichen Myokardfasern kommen im Warmblüterherzen breite und schmale sarkoplasmareiche Fasern vor. Bei Hufern entsprechen die ersteren den PURKINJE'schen Fäden; bei Nagern und beim Menschen bieten sie bezüglich ihrer Durchmesser, ihrer Gruppierung, ihrer Umhüllung und der Anordnung des Sarkoplasmas gewisse Abweichungen von den PURKINJE'schen Fäden dar.

Weder die PURKINJE'schen Fäden der Hufer noch die sarko-

plasmareichen Fasern der Nager und des Menschen setzen sich aus Zellen, sondern aus Faserbündeln zusammen, welche in wechselnder Zahl durchlaufende Fibrillen enthalten und von bindegewebigen Membranen umhüllt werden. Zwischen den einzelnen Faserbündeln besteht ein ausgiebiger Austausch von Fibrillen.

Die Querlinien der sarkoplasmareichen Fasern sind vermutlich umspinnende Fasern, welche stellenweise Einschnürungen bedingen. Ob Verdichtungsstreifen an ihnen vorkommen, ist fraglich.

Das Glykogen ist auch in den sarkoplasmareichen Fasern vorwiegend granulär angeordnet; auch hier dem Reichtum an Sarkoplasma entsprechende Reihen von longitudinalen und transversalen Glykogengranula. Ob vital eine diffuse Verteilung des Glykogens vorkommt, ist ungewiß.

Es gibt sarkoplasmareiche Fasern, welche kein Glykogen enthalten. Bei der Aufsuchung dieser Fasern kann deshalb ausschließlich ein positiver Glykogenbefund verwertet werden und zwar nur unter der noch nicht genügend gesicherten Voraussetzung, daß beim Menschen postuterin in den gewöhnlichen Myokardfasern niemals Glykogen vorkommt. Für Tiere, z. B. Kalb, Hammel und Kaninchen, ist diese nicht zutreffend.

Die sarkoplasmareichen Fasern finden eine große Verbreitung im atrioventrikularen Verbindungsbündel. Ob unabhängig von diesem sarkoplasmareiche Fasern im Myokard vorkommen, ist noch zu ermitteln.

Es gibt nicht nur Übergangsformen zwischen gewöhnlichen Myokardfasern und sarkoplasmareichen Fasern, sondern auch wirkliche Übergänge der einen Faserart in die andere; ob nur in einer Richtung oder in beiden, bedarf noch der Feststellung. Bei manchen Fasern ist die Entscheidung schwierig, zu welcher Art diese oder jene Faser gehört.

Der Nachweis, daß die transversalen Glykogengranula und die J-Granula hinsichtlich ihrer morphologischen Anordnung vollkommen übereinstimmen, ist deshalb bedeutungsvoll, weil daraus folgt, daß die ersteren aus diesen charakteristischen Strukturbestandteilen der Muskelfaser durch Assimilation von Glykogen hervorgehen, somit nicht als beliebige Einschlüsse oder sonstige minderwertige Gebilde angesehen werden dürfen. — Andererseits beweist das Vorkommen von Plasmosomen in der kontraktilen Substanz an der Stelle von Q — von Myosomen —, daß es verschiedene Arten solcher Strukturelemente des Plasmas gibt,

von denen die einen der Assimilation, Dissimilation, Sekretion und Exkretion dienen, während andere, z. B. die Myosomen, kinetische Funktionen ausüben, wiederum andere, z. B. die Neurosomen, die Leitungsvorgänge vermitteln.



Literatur.

1. ALTMANN, *Die Elementarorganismen*, 21. Aufl. Leipzig, Veit & Co., 1894.
2. J. ARNOLD, *Über feinere Struktur und Architektur der Zellen*, III. Teil: *Muskelgewebe*. Arch. f. mikr. Anatomie, Bd. 52, 1898.
3. J. ARNOLD, *Über vitale Granulafärbung in den Knorpelzellen, Muskelfasern und Ganglienzellen*. Dasselbst, Bd. 55, 1901.
4. J. ARNOLD, *Zur Morphologie des Muskelglykogens und zur Struktur der quergestreiften Muskelfaser*. Dasselbst, Bd. 73, 1909.
5. J. ARNOLD, *Zur Morphologie des Glykogens des Herzmuskels*. Dasselbst, Bd. 70, 1909.
6. ASCHOFF, *Zur Myokarditisfrage*. Verhandl. d. patholog. Gesellschaft, 1904.
7. ASCHOFF u. TAWARA, *Die pathologisch-anatomischen Grundlagen der Herzschwäche*. G. Fischer, Jena 1906.
8. ASCHOFF, *Struktur der Purkinjeschen Fasern*. Deutsche mediz. Wochenschrift, Nr. 9, 1908.
9. ASCHOFF, *Über den Glykogengehalt des Reizleitungssystems des Säugtierherzens*. Verhandl. d. patholog. Gesellschaft, 1908.
10. COHN, *Zur Frage der Kittleisten des Herzmuskels*. Verhandl. d. patholog. Gesellschaft, Zentralbl. f. allgem. Pathologie, 1909.
11. DIETRICH, *Über die Querlinien der Herzmuskeln*. Zentralbl. f. allgem. Pathologie, 1906, und Verhandl. d. patholog. Gesellschaft, 1906.
12. EBERTH, *Über die Elemente der quergestreiften Muskeln*. Arch. f. patholog. Anatomie, Bd. 7, 1868.
13. EBNER, *Über die Kittlinien der Herzmuskelfasern*. Sitzungsber. d. Akad. d. Wissenschaften in Wien, math.-naturw. Kl., Abt. 3, Bd. 109, 1900.
14. FAHR, *Über die muskuläre Verbindung zwischen Vorhof und Ventrikel etc.* Arch. f. patholog. Anatomie, Bd. 198, 1907.
15. FAHR, *Zur Frage der atrioventrikulären Muskelverbindung im Herzen*. Verhandl. d. patholog. Gesellschaft, 1908.
16. FUSARI, *Sur la structure des fibres musculaires striées*. Arch. ital. d. biolog., Bd. 23, 1894.
17. GODZIKIEWICZ, *Über den feineren Bau des Herzens bei Malakostraken*. Naturw. Jen. Zeitschr., Bd. 39, 1904.
18. GODLEVSKY, *Über Entwicklung des quergestreiften Muskelfasergewebes*. Arch. f. mikr. Anatomie, Bd. 60, 1902.
19. M. HEIDENHAIN, *Beiträge zur Aufklärung des wahren Wesens der faserförmigen Differenzierung*. Anat. Anzeiger, Bd. 16, 1899.
20. M. HEIDENHAIN, *Struktur der kontraktilen Materie*. Ergebnisse f. Anatomie, Bd. 8, 1898, und Bd. 10, 1901.
21. M. HEIDENHAIN, *Über die Struktur des menschlichen Herzmuskels*. Anat. Anzeiger, Bd. 20, 1902.
22. HESSLING, *Histologische Mitteilungen*. Zeitschr. f. wissenschaft. Zoologie, Bd. 5, 1854.
23. HOICHE, *Recherches sur la structure des fibres musculaires cardiaques*. Bibliogr. anatom., 1891.
24. HOFMANN, *Beiträge zur Kenntnis der Purkinjeschen Fäden im Herzmuskel*. Dasselbst, Bd. 71, 1902.
25. E. HOLMGREN, *Über Trophospongien der quergestreiften Muskelfasern*. Arch. f. mikr. Anatomie, Bd. 71, 1907.
26. E. HOLMGREN, *Über die Sarkoplasmakörner quergestreifter Muskelfasern*. Anat. Anzeiger, Bd. 31, 1907.

etion
men,
Neu-

27. E. HOLMGREN, *Studien über die stofflichen Veränderungen der quergestreiften Muskelfaser*. Skand. Arch. f. Physiologie, Bd. 21, 1909.
28. HOYER, *Über die Kontinuität der kontraktile Fibrillen in den Herzmuskelzellen*. Anzeiger d. Akademie d. Wissenschaften, Krakau, math.-naturw. Kl., Nr. 3, 1901.
29. MAC CALLUM, *On the histology and histogenesis of the heart muscle cell*. Anat. Anzeiger, Bd. 13, 1897.
30. MADER, *Sur les fibres musculaires du cœur etc.* C. R. Acad. de scienc., Paris, T. 138, 1904.
31. MARCEAU, *Recherches sur l'histologie et le développement comparé des fibres de Purkinje etc.* C. R. Soc. biolog., T. 53, 1902.
32. MARCEAU, *Note sur la structure des fibres musculaires cardiaques chez les oiseaux*. Dasselbst, P. 54, 1902.
33. MARCEAU, *Recherches sur les bandes transversales scalariformes striées*. C. R. Acad. scienc., Paris 136, 1903.
34. MARCEAU, *Recherches sur la constitution et sur la structure des fibres cardiaques chez les vertébrés inférieurs*. Dasselbst, Bd. 136, 1903.
35. MARCEAU, *Recherches sur la structure et le développement comparé des fibres cardiaques dans la série des vertébrés*. Annal science natur. Ser. 8. Zoolog., P. 19, 1903.
36. MARSCHAND, *Über eine Geschwulst aus quergestreiften Muskelfasern etc.* Arch. f. patholog. Anatomie, Bd. 160, 1885.
37. MÖNCKEBERG, *Untersuchungen über das Atrióventrikularbündel*. G. Fische, Jena 1908.
38. MÖNCKEBERG, *Über die sogenannten abnormen Sehnenfäden etc.* Verhandl. d. patholog. Gesellschaft, 1908.
39. MORIYA, *Über die Muskulatur des Herzens*. Anat. Anzeiger, Bd. 24, 1904.
40. NEUKIRCH, *Über eine neue Methode der Glykogenfixation*. Zentralbl. f. allgem. Pathologie, Nr. 12, 1909.
41. CL. REGAUD et M. FAVRE, *Granulations interstitielles et mitochondries des fibres musculaires striées*. C. R. Acad. sc., P. 148, Nr. 10, 1909.
42. SCHLATER, *Histologische Untersuchungen über das Muskelgewebe*. Arch. f. mikr. Anatomie, Bd. 69, 1907.
43. SCHMALTZ, *Die Purkinjeschen Fäden im Herzen der Haussäugetiere*. Arch. f. wissensch. u. prakt. Tierheilkunde, Bd. 12, 1886.
44. TAWARA, *Das Reizleitungssystem des Säugetierherzens*. G. Fischer, Jena 1906.
45. THULIN, *Studien über den Zusammenhang granulärer interstitieller Zellen und der Muskelfasern*. Anat. Anzeiger, Bd. 33, 1909.
46. THULIN, *Morphologische Studien über die Frage nach der Ernährung der Muskelfasern*. Skandin. Arch. f. Physiologie, Bd. 22, 1909.
47. VERATTI, *Sur la fine structure des fibres musculaires striées*. Arch. ital. biolog., P. 37, 1902.
48. VERATTI, *Ricerca sulla fina struttura della fibra muscolare striata*. Mem. d. o. istituto lombard. d. scienz. e lettr., vol. XIX, X. dell. ser. III, Fasc. VI, 1902.
49. WIEMANN, *The relation between the cytoteticulum and the fibril-bundles in the heart*. Americ. Journ. of Anatom., vol. 8, 1907.

Man vergleiche auch die Literaturverzeichnisse meiner sub 4 u. 5 bezeichneten Arbeiten. Die Mitteilung von DÖRSBERG über Chondriosomen und ihre Verwendung zu Myofibrillen beim Hühnerembryo (Verhandlung der anatomischen Gesellschaft in Gießen 1909) konnte ich leider nicht mehr verwerten.

Figurenerklärung.

Fig. 1. Herz der Ratte. Chromosmiumgemisch nach BENDA; HEIDENHAINS Eisenhämatoxylinmethode: a) isoliertes Muskelsäulchen, anisotrope Substanz — Q — gefärbt; b) etwas stärker differenziertes Muskelsäulchen, an der Stelle von Q Plasmosomen — Myosomen —; c) zwei Primitivfibrillen mit Mykonten; d) eine isolierte Primitivfibrille mit Myokonten; e) isolierte Primitivfibrillen mit Myosomen.

Fig. 2—5. Menschliches Herz. Technik wie bei 1; gewöhnliche Myokardfasern im Zustand verschiedener Kontraktion; die anisotrope Substanz — Q — dunkelgefärbt, die feine Zwischenlinie entspricht Z, die helle Linie in der Mitte von Q bei Fig. 5 entspricht M.

Fig. 6. Menschliches Herz. Technik wie bei Fig. 1; gewöhnliche Myokardfaser; an der Stelle von Q Gruppen von je 4 Myosomen.

Fig. 7. Menschliches Herz. Technik wie bei Fig. 1; Muskelsäulchen mit gefärbten Myokontenkomplexen; einzelne Myokonten sind nicht zu erkennen, da es nicht zu einer Isolierung gekommen ist.

Fig. 8. Menschliches Herz. Technik wie bei Fig. 1; aber stärkere Differenzierung; gewöhnliche Myokardfasern; die Muskelsäulchen enthalten an der Stelle von Q je 4 Myosomen.

Fig. 9 und 10. Menschliches Herz. Technik wie bei Fig. 7; gewöhnliche Myokardfasern; Querlinien. In Fig. 9 zeigt die eine Querlinie in der Mitte einen hellen Streifen.

Fig. 11 und 12. Menschliches Herz. Technik wie bei den Figuren 1—10, aber schwache Differenzierung; gewöhnliche Myokardfasern, außen von Netzen umspannen. Die Fasern des Netzes überqueren die letzteren zum Teil bogenförmig.

Fig. 13 und 14. Herz vom Kalb. Technik wie bei Fig. 1; PURKINJE'sche Fasern von mittlerer Breite. Die Fibrillen in Fig. 14 zeigen deutliche Felderung.

Fig. 15. Herz vom Kalb. Technik wie bei Fig. 1; Querschnitt durch einen PURKINJE'schen Faden, links eine kleinere Faser, welche reich an Fibrillen, arm an Sarkoplasma ist.

Fig. 16. Herz vom Kalb. Technik die gleiche; Bündel sarkoplasmaärmerer Fasern auf dem Durchschnitt.

Fig. 17. Herz vom Kaninchen. Technik die gleiche; Insertionsstelle eines Papillarmuskels. Quer- und Schiefsschnitte von dickeren und dünneren verschiedenen sarkoplasmareichen Fasern; die schiefgeschnittenen Fasern täuschen radiäre Anordnung vor. Dazwischen liegen helle Schläuche mit hyalinem Inhalt.

Fig. 18 und 19. Herz vom Kaninchen. Konservierung in Alkohol; Färbung nach der BEST'schen Methode. Gewöhnliche Myokardfaser; in Fig. 18 zeigt diese an der Stelle von Z eine scheinbar einfache Reihe von Granula, während in Fig. 19 an beiden Seiten von Z eine deutliche Granulareihe zu erkennen ist.

Fig. 20. Herz vom Kaninchen. Technik wie bei Fig. 18; Glykogenetze an der Oberfläche einer gewöhnlichen Myokardfaser.

Fig. 21. Herz vom Hammel. Konservierung in Alkohol. BEST'sche Karminfärbung. Glykogenanordnung in einer Myokardfaser aus dem rechten Vorhof.

Fig. 22. Herz vom Kalb. Präparat von NEUKIRCH, Konservierung in Formol-Dextrose nach dessen Methode. Schmalere sarkoplasmareiche Faser aus einem PURKINJE'schen Faden. Glykogen in der Form von Längsreihen angeordnet, welche aus Granula, Granulaketten und Fäden bestehen, am unteren Ende der Faser Querstreifung und Anfänge von Netzbildung.

Fig. 23. Herz vom Kalb. Konservierung in Alkohol. BEST'sche Karminmethode. Breitere PURKINJE'sche Faser, die nicht sehr glykogenreich ist und deutliche quere Anordnung der Glykogengranula bei mäßiger Verlagerung dieser darbietet.

Fig. 24. Herz vom Kalb. Präparat von NEUKIRCH, Formol-Dextrosekonservierung und BEST'sche Karminfärbung. Querschnitt durch einen PURKINJE'schen Faden. Die einzelnen Faserbündel quer und schief getroffen, zeigen teils distinkte, teils netzförmig verbundene Granula¹⁾.

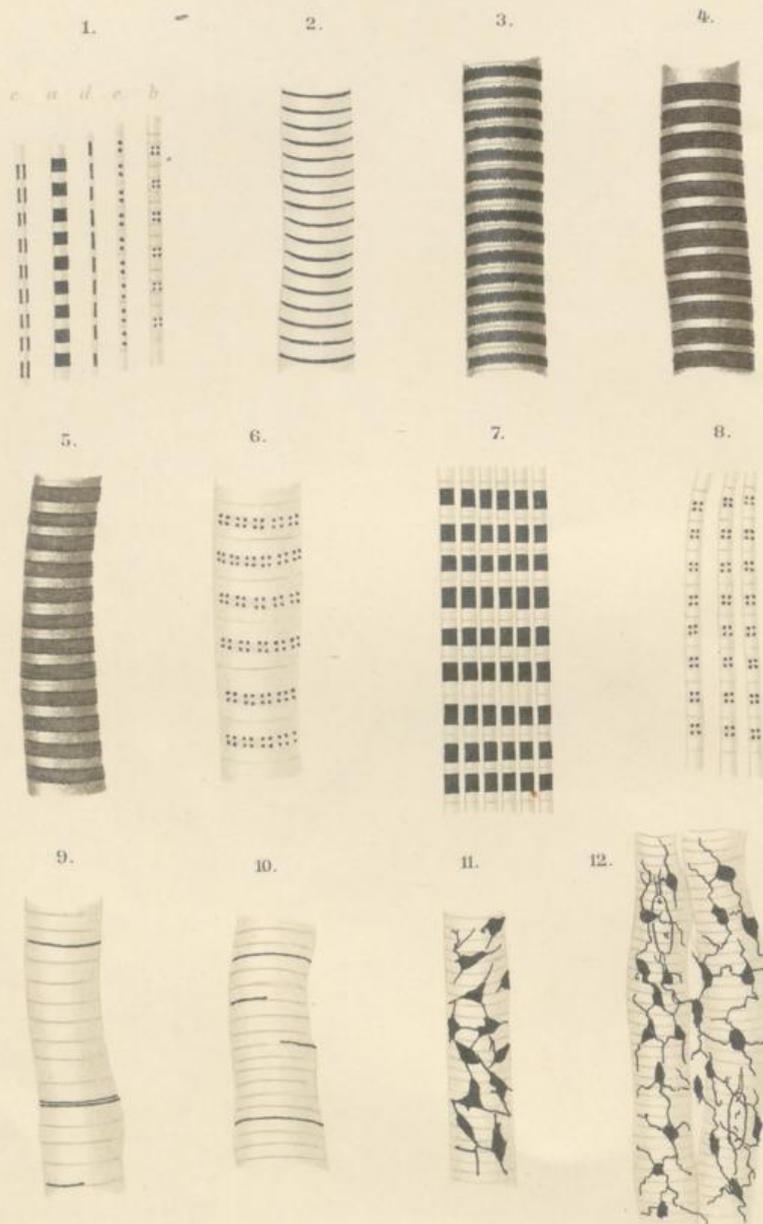
¹⁾ Vergl. auch die Abbildungen in den unter 4 und 5 verzeichneten Arbeiten.



1/2

9.34

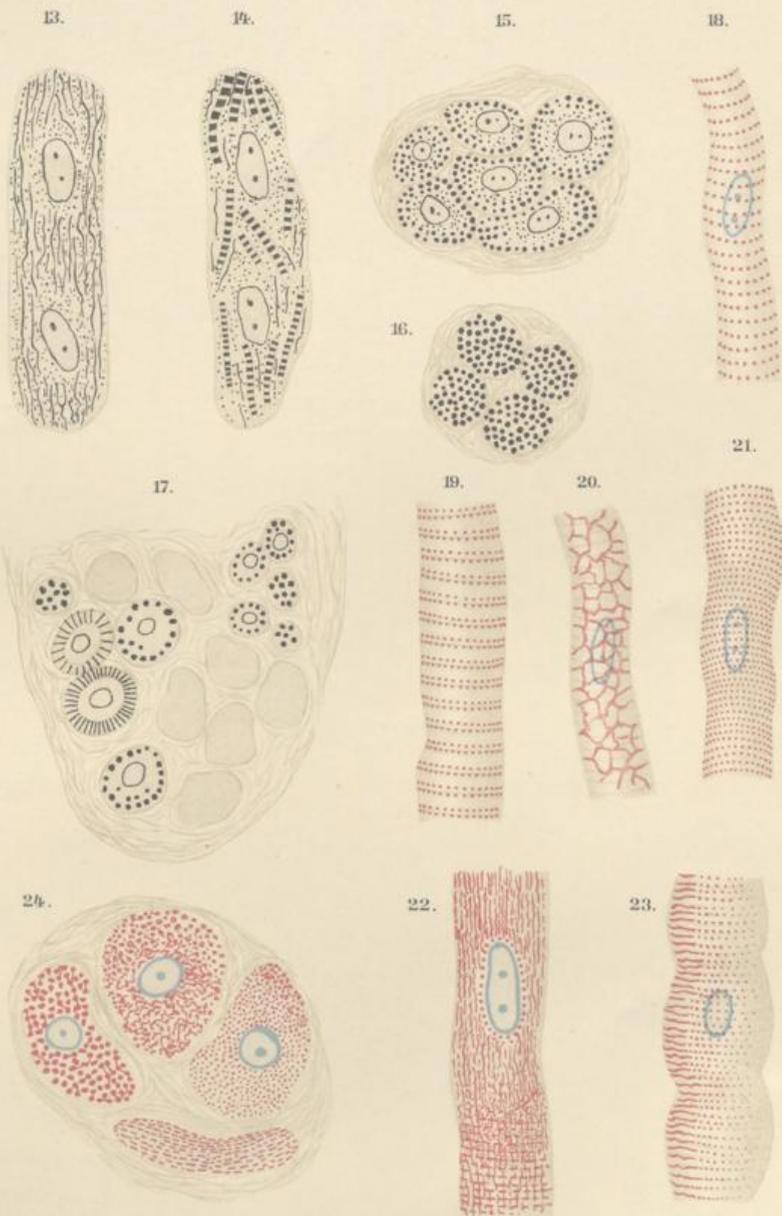




Carl Winter's Universitätsdruckerei, Heidelberg

Lith. Anst. v. F. Wenz, Darmstadt

Stampsberichte der Heidelberger Akademie der Wissenschaften,
Mathemat.-Naturhist. Kl. I. Abh. 1909.



Carl Winter Universitätsbuchhandlung, Heidelberg.

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Sitzungsberichte der Heidelberger Akademie der Wissenschaften,
Mathemat.-Naturhist. Kl. I. Abh. 1909.

BIBLIOTHEK
DER
TECHN. HOCHSCHULE
KARLSRUHE