

Die Entstehung der Querstreifen auf den Muskeln.

Von

G. R. Wagener

in Marburg a. d. Lahn.

Hierzu Tafel IV.

II¹⁾.

In einer Abhandlung in His und Braune's Archiv, 1880, p. 253 f. hatte ich Beobachtungen über die Entstehung der Querstreifen auf den Säulen der Thoraxmuskeln — oder was dasselbe sagt: über die Contraction dieser Muskeln — mitgetheilt, ohne ausführlicher auf das, was andere Beobachter von der Muskelcontraction gefunden hatten, einzugehen. Das Nachfolgende soll diesem Mangel abhelfen.

Die Anwendung der Polarisation.

Seit Brücke in seiner bekannten Arbeit nachgewiesen, dass gewisse Theile des Muskels in polarisirtem Lichte hell, andre dunkel erscheinen, wurde das Polarisationsmikroskop von allen Histologen bei der Untersuchung der Muskeln angewendet. Man glaubte von ihm allein Auskunft über die Veränderungen und Umlagerungen der contractilen Substanz bei der Zusammenziehung des Muskels zu erhalten.

Brücke fand indess schon, dass zu dünne Muskeln gar keinen Einfluss auf die Polarisationssebene äussern. Dieser Umstand, so wichtig er ist, ist doch nach meinen Erfahrungen nicht genug beachtet worden. Jedes nach allen Vorschriften streng bereitete Präparat zeigt, dass der Brücke'sche Ausspruch auf eine grosse Anzahl der Insectenmuskeln anzuwenden ist. Die empfindlichsten Gipsplatten und die besten Polarisationsapparate vermögen nicht, die dunklen Fasern hell zu machen. Erst dann, wenn zwei solcher Bündel in bester Lagerung sich kreuzen, tritt ein mehr oder weniger deutliches Hellerwerden ein.

1) I. in His und Braune's Archiv, 1880, p. 253 f., Taf. X u. XI.

Aus diesen Gründen konnte ich der Polarisation nicht die Wichtigkeit für die Untersuchung der Muskeln beilegen, wie es bis jetzt üblich war. Ich habe die Polarisation nie als entscheidend angesehen, wenn ich mich ihrer auch oft bediente. Dabei machte sich ein anderer Uebelstand bemerkbar. Das Auge wird durch grosse Helligkeit der polarisirenden Theile in der Fähigkeit, auch schwach leuchtende Punkte wahrzunehmen, sehr beeinträchtigt. Man mag mit oder ohne vollständige Abblendung des Lichtes vom Auge arbeiten, immer fanden sich beim genauen Hinsehen Stellen an den leuchtenden Muskeln, welche über die Polarisation Zweifel zuließen. Dahin gehörten z. B. die Ränder der Querbänder. Manchmal waren sie scharf, anderemale waren sie verwischt und verwaschen. Die helle Stelle ging allmählich in die Dunkelheit über, ohne wahrnehmbare Grenze. Wo die Polarisation aufhörte, war unmöglich anzugeben.

Die schiefe Beleuchtung.

Alle Verfertiger von Objectiven zeigen Diatomeenschalen bei schiefer Beleuchtung. Amici, Ross, Schiek, Hartnack, Zeiss, Leitz, Seibert u. s. w. haben nie angestanden, diese Beleuchtungsart zu gebrauchen, um die Auflösungskraft ihrer Linsen zu zeigen. Es ist bekannt, dass bei senkrechter Beleuchtung grosse Gegenstände für kleinere gehalten werden, wenn andre Umstände für die Verbesserung des Urtheils fehlen. Die kleine Menge von Schatten, welche die senkrechte Beleuchtung mit sich bringt, bedingt unseren Irrthum. Kleine Erhabenheiten werfen bei schieferm Lichte grössere Schatten, und werden dadurch auffällig. Die kleinen Erhabenheiten der Diatomeenschalen und die auf den Muskeln werden erst bei schieferm Lichte sichtbar.

Man hat gemeint, die schiefe Beleuchtung erzeuge Spiegelungen, verzerre das mikroskopische Bild u. dgl. m.

Die früheren Objective mit kleiner Oeffnung verlangten allerdings eine sehr schiefe Stellung des Spiegels. Durch das lichtschwache Linsensystem waren scharfe Schatten unmöglich gemacht. Das ganze Gesichtsfeld und die darin befindlichen Gegenstände befanden sich in einer Dämmerung, welche das Erkennen der Einzelheiten sehr erschwerte, ja unmöglich machte. Bei den heutigen lichtstarken Objectiven fällt dieser Uebelstand fort. Geringe Schief-

stellung des Spiegels und selbst stärkere Grade derselben lassen die Belichtung des Gesichtsfeldes gar nicht oder nur wenig Einbusse erleiden.

Um die schiefe Beleuchtung mit Erfolg anzuwenden, gehört allerdings eine gewisse Geschicklichkeit, welche sich aber leicht erwerben lässt. Vorausgesetzt ist natürlich eine gute Lichtquelle. Selbst erprobte Mikroskopiker sind oft nicht im Stande, aus der Beleuchtung des Gesichtsfeldes die schiefe Stellung des Spiegels zu erkennen.

Die am Anfange dieser Zeilen erwähnten Beobachtungen über die feinen, vor mir noch nicht wahrgenommenen Querstreifen der Muskeln sind mit der schiefen Beleuchtung gemacht, ohne dass damit die Benutzung der Polarisisation, welche nur gerade Beleuchtung gestattet, ausgeschlossen war. Letztere wurde zur Controle benutzt. Meine Angaben, welche nach meinem Dafürhalten wohl eine wesentliche Vereinfachung der Darstellung des Muskels in seinen verschiedenen Zuständen einleiten werden, sind von Manchen mit Misstrauen aufgenommen worden. Ich habe die feinen Querstreifen Herrn Prof. V. Hensen und Herrn Prof. W. Krause hier in Marburg zeigen können. Beide Beobachter haben sich von dem Vorhandensein der feinen Querstreifen überzeugt.

Für das Polarisationsmikroskop sind die feinen Querstreifen in den meisten Fällen unsichtbar. Der Muskel erscheint glatt, wie es bei der centrischen Beleuchtung nicht anders zu erwarten war. Nur in den Fällen, wo die feine Querstreifung sehr scharf ausgeprägt ist, sieht man sie schwach angedeutet. Deshalb aber übersieht man sie in dem hellglänzenden Muskel sehr leicht, wenn nicht vorher die schiefe Beleuchtung die Existenz der feinen Querstreifen mit Sicherheit dargethan hätte.

Die Muskelkasten oder Muskelemente.

Bei den Muskeln der Insecten findet man gewöhnlich Querstreifen, welche weit auseinander stehen. Die Gleichmässigkeit ihrer Entfernungen von einander geben dem Bündel das Aussehen einer aus Platten bestehenden Kette. Jedes dieser Glieder hielt man für ein für sich bestehendes Gebilde, welches nach oben, unten und an den Seiten durch besondere Membranen gegen seine Nachbarn abgeschlossen sei. Eine isotrope Kittsubstanz sollte

nach oben und unten die Glieder mit den benachbarten verkleben. Man hatte nicht daran gedacht, dass die embryonale glatte Faser von dieser Gliederung nicht die leiseste Andeutung zeigt. Die obere und untere Platte eines Gliedes wurde mit „Endplatte“ bezeichnet. Die sehr schwer sichtbare Seitenmembran, deren Vorhandensein von einigen geleugnet wird, bildet die seitliche Begrenzung der Muskelfibrille.

Die Entstehung dieser Muskelelemente wurde von mir beobachtet.

Es kommen unter den Thoraxmuskelsäulen der Insecten vereinzelt glatte Fasern vor. Weder bei schiefer noch bei gerader Beleuchtung lässt sich eine Spur von Querstreifen auf ihnen entdecken. Plötzlich erscheinen auf der ganzen Länge der Faser zu gleicher Zeit eine Menge sehr feiner, dicht gestellter Querlinien. Sie nehmen mehr und mehr an Deutlichkeit zu und werden schärfer ausgeprägt. Kaum ist dieser Prozess vollendet, so treten neue Streifen auf, ebenso gleichzeitig und gleichmässig über die Faser vertheilt. Diese sieht nach diesem Vorgange einem Zollstocke ähnlich. Die neuen Querstreifen sind dicker als die zuerst entstandenen. Sie haben die feinen Querstreifen in Gruppen abgetheilt, die auf der ganzen Länge der Faser aus einer gleichen Zahl feiner Querstreifen bestehen. Nur selten schwankt ihre Zahl zwischen den dicken Querlinien auf derselben Faser. Dagegen kann jede Säule eine andre Zahl feiner Querstreifen in den Abtheilungen einschliessen. Die eine Säule zeigt 20, die andre 40, noch eine andre 30 u. s. w. als Gruppen zusammengefasst. Gewöhnlich ist die Zahl eine gerade.

Man kann diese gröberen Querstreifen als „Endscheiben“ ansehen, wenn sie auch gewöhnlich nicht doppelt sind. Sie können es aber werden oder auch gleich von Hause aus sein. Jedes dieser Muskelelemente wäre dann mit feinen Abtheilungen der contractilen Substanz erfüllt. Die Anzahl dieser kleinen Anisotropen würde nicht in den Muskelementen derselben Faser, wol aber in denen von anderen verschieden sein.

Nach diesen Beobachtungen könnte das Dasein von geschlossenen Elementen oder Kasten, wie man es bis dahin angenommen, gesichert erscheinen. Der weitere Verlauf der Querstreifenbildung aber lehrt, dass diese Vorstellung nicht haltbar ist.

Kaum sind nämlich die dickeren vereinzelt Querstreifen

deutlich auf der Faser hervorgetreten, so bilden sich schon wieder neue. Diese halbiren die einzelnen Abtheilungen, welche mit Zollen verglichen wurden. Auch sie erscheinen zu gleicher Zeit auf der ganzen Länge der Faser und werden allmählich deutlicher. Unterdessen haben die schon vorhandenen gröberen Streifen sich gewöhnlich durch Zusammenfluss der Anisotropen in der Richtung der Fibrille verdickt. Die den halben Zollen entsprechenden neu gebildeten können auch noch dicker werden, so dass die Faser keine Unterschiede mehr in den weiter von einander stehenden gröberen Querstreifen aufweist. Die feineren Querstreifen, welche eng aneinander gelagert die Zwischenräume ausfüllen, lassen keine Veränderung wahrnehmen.

Bis hieher lässt sich noch die Auffassung der Abtheilungen als Muskelemente durchführen, wenn man die Faser als fertig in den Querstreifen, ohne das Entstehen derselben zu beachten, annimmt. Berücksichtigt man aber, dass die Querstreifen durch Zusammenfluss kleinerer Anisotropen entstanden sind, so fällt dadurch die Kittsubstanz und die Endscheibe fort. Mit ihnen ist die Annahme des Muskelementes ebenfalls hinfällig geworden.

Die weiteren Contractionen, welche man zuweilen noch wahrnimmt, sind unregelmässig. Gewöhnlich hören mit den eben geschilderten Bildungen die Formveränderungen auf. Was jetzt noch an Querstreifen sich bildet, geschieht an einzelnen Stellen der Faser. Ein einzelnes Glied, und auch an diesem nur eine einzige Stelle zeigt ein Zusammenrücken der kleinen Anisotropen, welche zu einem dickeren Querstreifen sich vereinigen. Es kann dieser Prozess eine oder auch mehrere Fibrillen umfassen. Dann wird die Querstreifung der Faser durch Zerrung schief. Ich habe eine solche Faserform bei ungefähr 3000maliger Vergrößerung abgebildet (Schultze's Arch. Bd. 9, Taf. 29A Fig. 22; pag. 719 unten).

Wollte man hier noch einwerfen, dass durch enge Lagerung der Anisotropen die Endscheibe verdeckt sei, so fällt dieser Einwand durch den l. c. geschilderten Verschmelzungsprozess der Anisotropen fort, welcher gerade besonders an den Endscheiben sich in seinen Einzelheiten verfolgen lässt.

Man hat sich ferner auf das Resultat der Maceration berufen. Bei dieser Behandlung zerfällt der quergestreifte Thoraxmuskel in den Kasten entsprechende viereckige Stücke. Bei der Wiederholung des Versuches zeigte sich, dass die Isotropen von der

Maceration zerstört wurden. Seit den Reiser'schen Untersuchungen ist dieser Erfolg auch von anderen gesehen. Sind die Isotropen der Insectenmuskeln, welche man dem Versuche unterwarf, recht breit gewesen, so kann man sich mit starken Vergrößerungen leicht überzeugen, dass die Fibrillenenden in den Isotropen sich befinden und gequollen wie in der Auflösung begriffen erscheinen. Die Anisotropen, welche als „Endscheibe“ dort sich befanden, fehlten oder waren weit blasser als andere, welche, an der entsprechenden Stelle liegend, weniger der Maceration ausgesetzt waren (s. Fig. 15).

Unter den glatten Thoraxmuskeln der Insecten finden sich zuweilen Säulen, an denen sich die Querstreifen gleich von Anfang an sehr unregelmässig bilden. Nicht allein treten zuweilen nach den feinen Querstreifen zwei gröbere dicht bei einander auf, es kommt auch nur zur theilweisen Bildung feiner Querstreifen, welche in unregelmässiger Anordnung die Faser bedecken. An einem solchen Präparate sah ich (Fig. 10 und 10a) weit von einander zwei Isotrope entstehen. Zwischen diesen erschienen zwei andere. Die eine umfasste nur wenige Fibrillen und ging nicht über das ganze Bündel. Die andere, nicht weit von ihr entstehend, war auch nur über einen kleinen Theil der Säule herüber gekommen. Dabei hatten sich keine grösseren Anisotropen an den Rändern der Isotropen entwickelt.

Aus diesen Beobachtungen ergibt sich, dass die „Endscheibe“ anisotrop oder isotrop sein kann. Es hängt dies ganz von der Bildung grösserer oder kleinerer Anisotropen ab. Ist das letztere der Fall, so kann man nur die Isotrope für die Endscheibe halten, oder da die Reihe kleiner Anisotropen in dünner Schicht das Licht nicht polarisirte, diese selbst.

Sind die Anisotropen gross, so pflegen sie auf die Polarisationsebene einzuwirken.

Sind Isotrope und Anisotrope zwei verschiedene Substanzen?

Diejenigen, welche wie Ranvier die isotrope Substanz als zwei wesentlich von einander verschiedene Substanzen ansehen, stützen sich auf die Isotropie und auf die Färbung mit Hämatoxylin. Letzteres färbt die isotrope Substanz nicht.

Sieht man auch davon ab, dass die vielleicht schwache Färbung der Isotrope durch die energische der daneben liegenden Anisotrope vom Auge nicht empfunden wird, so ist doch dies kein genügender Grund, beide Substanzen für verschieden zu erklären. Der Chemiker wäre sicher damit nicht einverstanden.

Auf die Isotropie viel Werth zu legen, gestattet die Beobachtung nicht, welche lehrt, dass bei Contractionsvorgängen die Isotropie in eine Anisotropie übergehen kann, wie ich und später Engelmann nachwies. Dann ist noch ferner die Unzulänglichkeit der Polarisirung, welche schon am Eingang dieser Arbeit besprochen wurde, dabei in Betracht zu ziehen. In diesem Falle müssten auch die für die Polarisirung zu kleinen Anisotropen auch von den grösseren wesentlich verschieden sein. Die Beobachtung lehrt, dass diese kleinen Anisotropen mit grösseren oder kleineren, welche polarisiren, verschmelzen können.

Das einzig Sichere, was man von der isotropen Substanz der Muskeln weiss, ist ihr grosser Flüssigkeitsgehalt. Bei Anwendung wasserentziehender Agentien, beim Austrocknen, fällt sie zusammen. Sie verliert an Volumen. Diese Thatsache ist von allen Beobachtern zugestanden (Engelmann, Frédéricq).

Die interfibrilläre Substanz.

Bei der Darstellung der Entwicklung der Muskeln (1869) hatte ich schon auf ihr Vorhandensein hingewiesen. Später kam ich in dem oben citirten Aufsätze (M. Schultze's Arch. 9. Bd. pag. 718, Taf. 29A Fig. 20) darauf zurück. Ich zeigte, dass zwischen den Isotropen der Fibrillen sich die interfibrilläre Substanz in Form von Rauten oder auch Kreisen ansammelt, und dass sie an dieser Stelle gewöhnlich Körnchen enthält, welche man leicht als zur contractilen Substanz gehörig betrachten kann. In seinem neuesten Aufsätze (M. Schultze's Arch. Bd. 19 pag. 649—702) bestätigt Merkel diese Beobachtung.

In neuester Zeit ist von G. Retzius (Zur Kenntniss der quergestreiften Muskel. Biolog. Unters. 1881) die interfibrilläre Substanz mit der sogen. Goldmethode behandelt. Er scheint nicht gewusst zu haben, dass er die interfibrilläre Substanz vor sich hatte (s. pag. 15). Viele Thatsachen seiner Abhandlung sind mir schon lange bekannt. Ich wage darauf hin, die von ihm klar geschilderten Verhältnisse in manchen Beziehungen anders aufzu-

fassen, indem ich die Fibrille als letztes Element des Muskelbündels zu Grunde lege.

Die Vertheilung der interfibrillären Substanz im lebenden Muskel ist sehr verschieden. Die Ursachen hierfür sind mir unbekannt geblieben. Sie ist aber stets um die Säulen in grösserer Menge gelagert, als um die Fibrillen. Die Menge derselben bedingt die schwierigere oder leichtere Wahrnehmbarkeit der Säulen und Fibrillen. Man hat geglaubt, die Fibrillen wären bei der Contraction als solche leichter sichtbar als in der Ruhe. Das ist nur dann richtig, wenn die einzelnen Anisotropen durch die Contraction dicker geworden sind und noch interfibrilläre Substanz in hinlänglicher Menge zwischen den einzelnen Fibrillen sich vorfindet. Die interfibrilläre Substanz kann sowohl in der Muskelruhe als auch in der Contraction reichlich vorhanden sein. In beiden Zuständen des Muskels aber kann sie auch nur in verschwindender Menge eingelagert sein, so dass sie zu fehlen scheint und nur eine genaue Untersuchung sie entdeckt. In diesem Falle macht das Bündel den Eindruck eines homogenen, quergestreiften Körpers. Sie ist es, welche jede Säule und jede Fibrille vollständig umhüllt und gänzlich von ihren Nachbarn isolirt. Jeder Stoff, welcher von der Fibrille ausgeschieden oder von ihr aufgenommen wird, hat sich mit der interfibrillären Substanz abzufinden. Jeder auf die Fibrille wirkende Reiz berührt erst sie, und dann erst die Fibrille.

In neuester Zeit hat W. Wolff (M. Schultze's Arch. Bd. 19 pag. 331—47, Taf. 18) neue Beobachtungen für die schon von Gerlach und Engelmann u. A. aufgestellte Behauptung gebracht, dass der Inhalt des Neurilemm direct mit dem Inhalte des Sarcolemm in Verbindung tritt. Damit kann nur die interfibrilläre Substanz gemeint sein. Nach meinen mir über diesen Punkt zu Gebote stehenden Beobachtungen kann ich mich dieser Ansicht nur anschliessen. Die mit den Hilfsmitteln des heutigen Tages gewonnenen Resultate lassen eine andre zusammenfassende Darstellung der vorliegenden Beobachtungen nicht zu. In den Nervenendigungen der Muskeln bei der lebenden Corethralarve, ebenso bei *Arctiscus* fallen die Kerne und das Nervenmark, welche das Bild sehr unklar machen, fort. Da sieht man das Neurilemm direct in's Sarcolemm übergehen. Das nur wenig körnige Protoplasma des Nervendreieckes setzt sich ebenso ohne Grenze in die inter-

fibrilläre Substanz fort. Auch Retzius stimmt hiermit im Wesentlichen überein.

Das Sarcolemm ist als eine verdichtete Schicht der interfibrillären Substanz aufzufassen. Die embryonalen, schon quergestreiften Muskeln, die des Herzens, der Crampton'sche Muskel im Vogelaug und andre haben nur interfibrilläre Substanz, und kein Sarcolemm. Daher erklärt sich auch die innige Verbindung des Sarcolemms mit den Fibrillen und den Säulen, welche erst nach der Zerstörung der interfibrillären Substanz frei werden und das sonst nur schwer wahrnehmbare Sarcolemm sichtbar werden lassen. Jeder veränderten Form des Muskelbündels muss das Sarcolemm eng sich anfügen, ein Umstand, der lediglich durch die interfibrilläre Substanz bedingt wird. Schon Bowman wusste, dass nach Entfernung des Muskelbündels am Sarcolemm unterbrochene Längsstreifen sichtbar werden. Unter günstigen Umständen findet man sie in Entfernungen von einander, welche der Dicke der Säulen entsprechen. Sie sind die Reste der interfibrillären Substanz. Man findet auch oft noch kleinere, quer verlaufende Streifchen, welche auf die Lage der isotropen Stellen der Fibrillen hinweisen. Scharfe seitliche Abgrenzungen haben diese feinen Linien meist nicht. Man sieht bei starken Vergrößerungen sehr feine Körnchen in einer leicht getrübbten Substanz liegen, in welche der dickere Streifen seitlich sehr verdünnt sich fortsetzt. — Untersucht man die Muskel jugendlicher Thiere auf Querschnitten, so wird man bemerken, dass das Sarcolemm nicht scharf sich absetzt von der interfibrillären Substanz, sondern dass eine sehr schmale Zone bemerkbar ist, welche den Uebergang beider in einander vermittelt.

Retzius schildert ein Netz von quer- und längsverlaufenden Linien, in deren sehr regelmässigen Kreuzungen durch ihre Dicke und Gestalt ausgezeichnete Knoten sich befinden. Er hat die interfibrilläre Substanz der Säulen (und theilweise der Fibrillen wie es scheint) in den Längslinien oder Fäden vor sich gehabt. Die Knötchen entsprechen der Lage der geschrumpften Isotropen. Es sind dies dieselben Stellen, auf welche ich schon vor längerer Zeit hinwies und deren Vorhandensein Merkel in neuerer Zeit wieder hervorhob. Retzius fand die Knötchen stark vom Golde gefärbt. Feine Lamellen, mit diesem Netzwerke und Knötchen in Verbindung stehend, waren ungefärbt. Es ist möglich, dass diese La-

mellen dünne Lagen interfibrillärer Substanz sind, welche die anisotropen Theile des Bündels umhüllte. Sie können aber auch noch von der innersten Lage des Sarcolemms abstammen. Das Wichtigste ist ihr Zusammenhang mit den Knötchen und den sich netzenden Fäden.

Aus diesen Beobachtungen ergibt sich, dass die interfibrilläre Substanz, deren Dasein mit den Fibrillen gegeben ist, streng von der contractilen Substanz geschieden werden muss.

Das Verhalten der interfibrillären Substanz zum polarisirten Lichte ergibt sich als isotrop. In schwachem Alcohol und in Wasser wird sie leicht verändert, in der Weise, dass das Bündel in Säulen und Fibrillen zerfällt. Starker Alcohol macht sie fester; ebenso schwache Essigsäure. Ich kann in der Figur (W. Krause, Motorische Endplatten pag. 26, Fig. 11) nur fest gewordene interfibrilläre Substanz der Muskelsäulen erkennen. Die Figur erinnert ausserdem an die von Retzius mit der Goldmethode hergestellten Formen.

Dass die interfibrilläre Substanz im Leben weich ist, geht aus ihrem Verhalten bei idiomuskularen Contractionen (Corethra) hervor. Zwischen den dicker werdenden, etwas auseinander tretenden Säulen erscheint sie in grösseren Mengen in den Lücken, welche sich durch diesen Vorgang bilden. (M. Schultze's Arch. Bd. 10 pag. 304, Taf. I Fig. 2.) Die Verdickung des Bündels hinter dem ablaufenden Knoten ist vielleicht von der interfibrillären Substanz veranlasst. Sie hat Wasser aufgenommen, oder sie ist in grösseren Massen zwischen die Fibrillen geschoben. Beide Umstände können auch gleichzeitig eingetreten sein.

Wenn eine Contractionswelle sich bilden will, beginnt dicht unter der Entstehungsstelle das Bündel sich zu verdünnen, zu verlängern und zu verbiegen. Wie viel hierzu die interfibrilläre Substanz beiträgt, wie gross der Einfluss der aufquellenden Anisotropen ist, welche sich zur Verschmelzung (s. unten) vorbereiten, weiss ich nicht.

Zwischen dem Protoplasma, in welchem die Fibrillen erscheinen, und der interfibrillären Substanz, hat das Microscop bis heute noch keinen Unterschied nachweisen können. Es ist deshalb erlaubt, zum wenigsten eine nahe Verwandtschaft beider anzunehmen und hierfür sprechen die Regenerationsvorgänge bei Typhus und Trichinose. Die neuen Fibrillen erscheinen in einer Substanz,

welche immer am Sarcolemm der schon todten Muskeln erscheint und sich in nichts von der interfibrillären Substanz unterscheidet. Ich habe solche Fälle schon in Schultze's Arch., Bd. 10 pag. 318 u. f. nachgewiesen: die interfibrilläre Substanz ist es auch, welche mit dem adenoiden Gewebe in unmittelbarem Zusammenhange steht, wie sich aus der Untersuchung des Darmes ergibt.

Ob die interfibrilläre Substanz wie lebendiges Protoplasma selbständiger Bewegungen fähig ist, hat man noch nicht nachweisen können. Auch dieser Factor müsste nach meinem Dafürhalten bei den Veränderungen des Muskelbündels in Betracht gezogen werden. Jedenfalls ist der Gehalt eines Muskelbündels an interfibrillärer Substanz sehr veränderlich. Bei Fettdegeneration erscheinen vor dem Verschwinden der Fibrillen zuerst in ihr die kleinen Fetttröpfchen, zugleich erscheint sie vermehrt.

Wie weit die Fibrille des Muskels von der Zwischensubstanz abhängig ist, liess sich auch bis jetzt nicht ausfindig machen. Bei *Corethra* sah ich beim Zerfallen der interfibrillären Substanz noch Anisotropen zusammenfliessen.

Die Seitenmembran (Merkel).

Ausser der Endscheibe wird von manchen Beobachtern eine Seitenmembran angenommen, welche das Muskelement an den Seiten begrenzt.

Die Beobachtung, welche ihr Dasein begründen soll, besteht in dem Nachweis einer einfachen Linie, welche an beiden Seiten des Muskelementes sich wahrnehmen lässt. Würde keine Membran vorhanden sein, so meinte man, dass das Muskelement in seine einzelnen Theile zerfallen müsse. Man muss zugeben, dass diese feine Linie der Ausdruck einer Membran sein kann. Aber selbst, wenn man sie abgehoben sähe, so wäre der Einwand noch zulässig, dass sie ein Rest der interfibrillären Substanz sei.

Es ist schwer, die Vorstellung zu begründen, der Mangel der Seitenmembran müsste ein Zerfallen der Fibrille herbeiführen. Wenn die Isotrope eine zähflüssige Masse ist, so würde dies bei so kleinen Gebilden wohl ausreichen, um den Zusammenhang der Anisotropen unter sich herzustellen. Nimmt man ferner noch hinzu, dass die Isotropen in einem sehr innigen Zusammenhang mit den Anisotropen stehen, wie sich dies aus dem Zusammenfliessen und

der Vernichtung der Isotropie bei der Contraction und noch aus anderen Erscheinungen ergibt, so erscheint die Existenz einer Seitenmembran noch zweifelhafter.

Betrachtet man die embryonalen Muskelfasern, um über das Dasein einer Seitenmembran Aufschluss zu erhalten, so lässt sich auch keine Thatsache finden, welche zur Annahme eines solchen Abschlusses des Gliedes nöthigte. Die embryonalen Fasern sind anfangs ganz glatt und glashell. Wird durch Druck die interfibrilläre Substanz zwischen ihnen entfernt, so bilden sie eine Masse, die Holst'schen Stäbe, in welcher sich keine Fibrillen mehr unterscheiden lassen. Die kugelförmigen Anschwellungen, welche sich später an ihnen bilden und ebenso glashell sind, entsprechen den Anisotropen und den dadurch bedingten Vertiefungen oder Einschnitten, den Isotropen. Nirgends eine Spur von seitlich abschliessenden Gebilden. Entfernt man auch bei diesen durch Druck die interfibrilläre Substanz, so hat sich wiederum, wie im Stadium vorher, eine glänzende Masse ohne Spur von Faserung gebildet. Muskelbündel, seien es quergestreifte oder glatte, zeigen beim Druck dasselbe Verhalten. Man mag diese Erzeugnisse des Druckes bei schiefer oder gerader Beleuchtung untersuchen, der Erfolg ist immer derselbe. Man bemerkt nirgends eine Abgrenzung der einzelnen Fibrillen, wenn der Druck stark genug zum völligen Verdrängen der interfibrillären Substanz war.

Der Inhalt des Muskelelementes.

Es findet sich nur gut entwickelt bei den Insectenmuskeln, und besteht nach den Autoren aus isotropen und anisotropen Substanzen, zu denen noch die Endscheibe (isotrop oder anisotrop) sich gesellt.

Am auffälligsten ist der anisotrope Querband. Es ist die grösste anisotrope Masse. Sie kann durch eine Mittelscheibe in zwei Theile getrennt sein, welche in den meisten Fällen isotrop ist. Sie kann in seltneren Fällen auch anisotrop sein. Im ersteren Falle ist sie identisch mit der s. g. Hensen'schen Querscheibe, welche man an durchsichtigen lebenden Thieren wie Frosch- und Salamanderlarvenschwänzen, auch bei Corethralarven bei s. g. ruhenden Muskeln stets antrifft. Die Hensen'schen Querstreifen

sind auf allen Muskelfasern sichtbar, welche sich im s. g. Tonus befinden.

Ausser diesen Querbändern finden sich noch Nebenscheiben in vielen Fällen. Sie sind anisotrop, liegen am oberen und unteren Ende des Querbandes, also dicht bei den Endscheiben. Sie sind vom Querbande und den letzteren durch isotrope Zwischenscheiben oder -räume getrennt.

Untersucht man diejenigen Insectenmuskeln, welche diese Anordnung der contractilen Substanz zeigen, bei geradem oder centrischem Lichte, und mit dem Polarisationsmicroscope, so findet man die Darstellung der Autoren als vollständig der Sachlage entsprechend. Sie bezeichnen diese Form der Faser als den Ruhezustand des Muskels.

Wird ein solches Element nun mit schiefer Beleuchtung, guten starken Objectiven mit grossem Oeffnungswinkel untersucht, so gestaltet sich das Bild anders. Zuerst bemerkt man auf allen anisotropen Substanzen eine feine mehr oder weniger deutliche Querstreifung. Nur wenn die Endscheiben aus einer einfachen Reihe von anisotropen Kügelchen bestehen, fallen diese Linien fort. Bei näherer Untersuchung zeigt sich, dass das Querband, die etwa vorhandenen Nebenscheiben und die anisotrope Mittelscheibe, welche indess gewöhnlich isotrop ist, aus lauter kleinen Kügelchen, der Fibrille nach angeordnet, besteht, die isotropen Stellen sind durchsichtig, an den Rändern etwas eingebuchtet. Hier finden sich Körnchen der interfibrillären Substanz. Hat man stark wasserentziehende Reagentien angewandt, so erhält dieser Raum die von Retzius beschriebene Formen.

Ofters sind die feinen Querlinien auf der anisotropen Substanz nicht deutlich und nur bei grosser Aufmerksamkeit wahrzunehmen. Ja, sie können selbst stellenweise fehlen. In diesen Fällen sieht man nichts mehr von den kleinen, vorhin erwähnten Kügelchen. Statt ihrer findet man die anisotropen Abtheilungen aus Stäben gebildet, welche den Fibrillen entsprechen. Bei genauerer Untersuchung der Ränder derselben wird man in sehr seltenen Fällen eine ununterbrochene Linie als Grenze wahrnehmen. Gewöhnlich finden sich grössere oder kleinere Lücken, welche tiefer oder auch oberflächlicher in den Stab einschneiden. Macerirt man eine Faser mit derartigen Elementen nur ganz leicht, so treten die Kügelchen in ihrer fibrillären Anordnung an vielen Stellen der Stäbchen deutlich hervor.

Ob die isotrope Substanz bei diesem Macerationsverfahren zuerst aufgelöst wird, weil sie noch nicht vollständig sich mit der anisotropen Substanz verbunden hatte, — oder ob die Ränder der kleinen Anisotropen durch grössere Festigkeit dem Angriffe mehr Widerstand leistete, als die nicht so feste anisotrope Substanz, welche die Lücken zwischen den kleinen Anisotropen ausfüllte, kann ich nicht angeben (s. Fig. 13 u. 14). Ich glaube, aus diesem Resultate des Versuches den Schluss ziehen zu müssen, dass die Stäbchen aus kleinen Anisotropen sich zusammensetzen, welche durch unvollkommene Verschmelzung diese eigenthümlichen Bildungen erzeugten.

Man sieht, dass durch diese Beobachtungen der Bau des Elementes sich in der Weise, wie die früheren Beobachter annahmen, nicht halten lässt. Alle anisotropen Theile desselben, wie Querländer etc., sind keine einfachen Gebilde, sondern bestehen aus einer grossen Menge kleinerer sichtbarer Theilchen, welche, wie gleich nachgewiesen werden soll, alle gleiche Eigenschaften haben, und deren jedes ganz selbständig den anderen gegenüber sich verhalten kann. Die früheren Untersucher haben in ihren sorgfältigen Arbeiten immer die Bewegungen geschlossener Massen untersucht, ohne auf das dieselben zusammensetzende Einzelne zu achten. Dies ist der wesentliche Unterschied zwischen meinen Beobachtungen und denen meiner Vorgänger. Ich glaube, dass manche Differenzen derselben sich leicht erledigen lassen werden, wenn man auf die einzelne Anisotrope und deren Selbständigkeit zurückgeht. Es sei als Beispiel nur die von Merkel aufgestellte Behauptung angeführt, dass die Nebenscheibe durch Loslösungen von dem Querbande entstanden sei. Ich muss dies für richtig halten.

Entnimmt man dem Thorax einer längsdurchschnittenen Fliege Muskelsäulen, breitet sie schnell auf einen Objectträger in Wasser aus, legt ein Deckglas darüber, und untersucht mit starken, guten Objectiven das Präparat, so wird man bei schiefer guter Beleuchtung die feinen Querstreifen zwischen den bekannten stärkeren auffinden können. Nach einigem Suchen trifft man gewöhnlich auch ganz glatte Fasern, ohne die Spur von Querstreifen. Dass diese Fasern sich in absoluter Ruhe befinden, geht klar aus dem Verhalten einer Säule hervor, welche nur theilweise mit Querstreifen bedeckt ist (s. Fig. 11). Der glatte Theil ist nämlich von auffällig geringerem Umfange als der quergestreifte. Mit dem

Dicker- und Kürzerwerden der Faser ist aber auch eine Arbeitsleistung verbunden, wenn es auch nur die Ueberwindung der Adhäsion am Objectträger oder am Wasser ist.

Da nun die Faser im weiteren Verlaufe der Erscheinung sich durch den Zusammenfluss der kleinen Anisotropen immer mehr verkürzt und verdickt, so muss, wenn der Prozess sich unterbricht, die Faser in einem Zustand der Spannung sich befinden. Wären ihre beiden Enden an beweglichen Punkten befestigt, so würden durch die Unterbrechung der Contraction die Punkte in der Entfernung von einander bleiben, welche sie bei der Unterbrechung der Contraction inne hielten. Eine Muskelfaser in dem Zustande des Tonus, deren Querstreifung in der Form der Hensen'schen sich darstellt (wie sich bei den Untersuchungen lebender Insecten und niederer Wirbelthiere nachweisen lässt), kann bei den Insecten in die glatte Form übergehen oder sie kann die Zusammenziehung weiter fortsetzen. (Bei den Wirbelthieren kennt man glatte Muskeln, abgesehen von den organischen, nur in den ersten Stadien der Embryoentwicklung.)

Den Abschluss der Contraction bildet der Zustand des Bündels, in welchem alle Isotropen vernichtet und alle Anisotropen sich zu einer grossen, wachsglänzenden Masse vereinigt haben. Da die interfibrilläre Substanz an einzelnen Stellen zusammengeschoben, oder aus dem Muskelbündel verdrängt ist, wie ich es bei *Corethra* beobachtete (s. M. Schultze Arch., Bd. 10 Taf. 17 Fig. 9), so ist auch die Bewegung der einzelnen Fibrillen vernichtet. Bei Frosch- und *Corethralarven* trat dieser Zustand, der der Wachsentartung der Typhusmuskeln zum Verwechseln ähnlich sieht, stets beim Abreissen des Muskels innerhalb des Sarcolemms ein.

Auch aus dieser Form kann der Muskel wieder in die quergestreifte Form zurückkehren, wie ich es während der Beobachtung eines, aus einem noch warmen Kalbsherzen gemachten Präparates sah (l. c. pag. 270).

Man könnte mit den Autoren über den Ausdruck „ruhende Muskelfaser“ rechten. Alle von ihnen untersuchten Bündel hatten nur ihre Contraction unterbrochen, denn keines derselben war glatt. So gleichgültig diese Bezeichnung mit der sich daran knüpfenden Vorstellung erscheint, so ist es doch von Einfluss, dass der Ausgangspunkt für die Untersuchung der Formverhältnisse der Contraction gerade in die Mitte des Prozesses verlegt wird, also weit

ab von Beginn desselben. Da nun die erste Form der Contraction in einer Gliederung der contractiven Substanz in überaus kleine Anisotropen besteht, so kann der weiter fortschreitende Prozess gegenüber diesem einfachen ersten Vorgange in morphologischer Hinsicht nur verwickeltere Formen erzeugen, deren Verständniss immer mehr im weiteren Verlaufe erschwert wird.

Dazu kommt noch die merkwürdige Erscheinung, dass nur die erste Zusammenziehung sich gleichmässig auf die ganze Faser vertheilt. Wenn auch die darauffolgende Contraction sich ebenfalls in den normalen Fällen auf die ganze Ausdehnung der Faser erstreckt, so geschieht dies im Gegensatze zur ersten Form nur auf einzelne Theile des Bündels, wenn auch die gleichmässige Entfernung der neuen Querstreifen und ihr gleichzeitiges Auftreten an die erste Contractionsform erinnert.

Bei der weiteren Fortsetzung der Zusammenziehung wird dasselbe Verfahren innegehalten. Nicht die vorhergebildeten dickeren Streifen setzen den Prozess weiter fort, sondern in der Mitte jedes schon vorhergebildeten Gliedes tritt durch Zusammenfliessen kleiner Anisotropen ein neuer Querstreifen auf.

Die weiteren Vorgänge der Contraction stellen sich bei den isolirten Säulen der Thoraxmuskeln nur an einzelnen beliebigen Stellen ein. Die Totalität der Faser bleibt ganz unberührt. Mit diesen unregelmässigen Formen der Contraction haben sich bis jetzt die Beobachter beschäftigt. Bei genauerer Untersuchung ihrer Angaben und Einschränkung der Bedeutung der Polarisation nebst Berücksichtigung der kleinen Anisotropen wird man leicht eine Uebereinstimmung mit meinen Beobachtungen in vielen Beziehungen wahrnehmen. Man vergleiche die Figuren Merckels und Engelmanns.

Aus diesen Mittheilungen ergibt sich, dass die Form der Faser je nach dem Grade der Contraction eine sehr verschiedene ist. Bei dem Beginne der Zusammenziehung unterliegt die ganze Faser einer Veränderung. Die darauf erfolgenden Contraktionen berühren nur einzelne, allerdings in regelmässigen Abständen liegende Stellen des Bündels. Bei der ersten ist die ganze Faser betheiligt, in den folgenden nur einzelne Theile. Also nicht Gruppen von Anisotropen, wie es in der bis jetzt beliebten Auffassung der Fall ist, ändern ihr Verhältniss zu einander, sondern einzelne Anisotropen. Dass die von den Autoren benutzten Präparate nur anormale Contractionsformen zeigten, geht aus meinen Beobachtungen

an lebenden Thieren hervor. Im Anfange der Untersuchung trat die Veränderung der Querstreifung wie bei den Thoraxsäulen der Fliege über das ganze Muskelbündel gleichzeitig ein. Erst später bei Ermattung des Thieres kamen die idiomuskulären Contractionswellen zum Vorschein, welchen später partielle folgten.

Dass das Verhältniss der einzelnen Anisotropen immer das maassgebende ist, geht bei genauerer Betrachtung der Entstehung des dem wachsartigen Zustande gleichenden höchsten Contractionszustande hervor. Zwei benachbarte Anisotropen verschmelzen mit einander. Die so entstandene grosse Anisotrope nimmt die zunächst liegende kleine in sich auf. Die so vergrösserte setzt die Verschmelzung in derselben Weise fort, bis der Vorrath von Anisotropen erschöpft ist, und dann bleibt noch der wachsähnlichen Masse die Fähigkeit sich in sich zusammen zu ziehen. Sie erscheint dann glänzender und polarisirt das Licht stärker, wahrscheinlich in Folge der Spannung, der Ranvier ja überhaupt geneigt ist, die Polarisation der contractilen Substanz zuzuschreiben.

So glaube ich den Vorgang schildern zu müssen. Ich habe ihn häufig bei *Corethra* und den Froschlarven beobachtet, ohne indess den Prozess bei seinem raschen Verlaufe so genau verfolgen zu können, wie ich ihn eben auseinandersetzte. Mir erscheint durch die Lage der Anisotropen hintereinander in der einzelnen Fibrille durch das allmälliche, wenn auch schnelle Fortschreiten des Processes dies die einzige Möglichkeit seines Zustandekommens. Nähme man an, dass zu gleicher Zeit je zwei hinter einander liegende Anisotropen in der ganzen Länge der Faser sich vereinigten, so würde dieser Vorgang sich oft wiederholen müssen, um die wachsglänzende grosse Anisotrope zu erzeugen, und das Vorrücken des Processes unerklärt bleiben. Der Verlauf dieser Vorgänge, zeitlich möglichst rasch auf einander folgend, würde allerdings auch den Schein haben, als ob alle Anisotropen zu gleicher Zeit aufquollen, um sich zu vereinigen. So plötzlich habe ich die kolossale Anisotrope mit Wachsglanz nie entstehen sehen. Der etwas zögernde, dem Fibrillenverlauf folgende Prozess verlief aber doch etwas zu schnell, um das Schicksal jeder einzelnen Anisotrope verfolgen zu können.

An den Schenkelmuskeln von *Geotrupes stercorarius* habe ich mehrfach bei stürmischer Contraction mit hin- und herfluthender contractiler Substanz, ohne deutliche Knotenbildung zwei Aniso-

tropen sehr schnell sich zu einer einzigen vereinigen und glänzender werden sehen. Bei der rasch erfolgenden Erschlaffung lösten sich aus der einen wieder zwei aus. Als die Zusammenziehungen schwächer wurden, vereinigten sie sich nicht mehr zu einer. Wohl aber wurden sie etwas kleiner und glänzten stärker. Bei dieser Gelegenheit und auch bei der lebenden *Corethra* sah ich eine Anisotrope in zwei kleinere zerfallen. Der schnelle Ablauf der Erscheinung verhinderte die Einzelheiten des Vorganges zu beachten. Zuweilen habe ich auch bei der matt gewordenen *Corethra* schnelle Vereinigung und darauffolgende Theilung einzelner Anisotropen in ganz ruhig sich verhaltenden Muskeln gesehen (s. M. Schultze's Arch. Bd. 10 pag. 301).

Das Zusammenfliessen zweier Anisotropen liess sich sehr schön an den Thoraxhäuten der *Musca vomitoria* verfolgen. Die einzelnen Phasen traten hinlänglich langsam auf, und gestatteten einen genauen Einblick in das Entstehen der neu sich bildenden Formen. Ich habe eine ungefähr 3—4000 male Vergrösserung zur beigegebenen Abbildung angenommen. So deutlich und klar im Microscope das Bild auch war, so würde eine demselben genau entsprechende Zeichnung nicht allein dem Zeichner, sondern auch dem Beschauer des Bildes Schwierigkeiten gemacht haben. Es ist desshalb, selbst auf die Gefahr des Schematischwerdens der Figur, diese starke Vergrösserung der Klarheit halber der wirklichen des Instrumentes vorgezogen. Es liegt die zweite Form der Zusammenziehung einer Thoraxsäule von *Musca vomitoria* vor. Es hatten sich an dieser nicht eine s. g. Endscheibe gebildet, sondern zwei dicht bei einander liegende. Beide bestanden aus stärkeren Anisotropen. Der abgebildete Vorgang ist ein Beweis, dass weder die Anisotropen das Glied gegen das benachbarte absperren, noch eine Membran vorhanden ist (ausser den Anisotropen), welche als fester Abschluss das Innere der Fibrille in einzelne Abtheilungen gliedert.

Fig. 1. Zwei Anisotropen einer Fibrille. Jede ist, wie schon früher erwähnt, durch Zusammenfliessen kleinerer Anisotropen entstanden. Der weisse Zwischenraum zwischen beiden stellt die Isotrope dar.

Fig. 2. Die Anisotropen verlieren ihren scharfen Rand. Sie erscheinen aufgequollen. Nach Engelmann haben sie Flüssigkeit aufgenommen, nach Merkel würde der helle Hof kinetische Substanz sein.

Fig. 3. Die hofartige trübe Umrandung der Anisotropenränder hat zugenommen. Die früher ganz dunkle Anisotrope hat diese Färbung nur noch in ihrer Mitte beibehalten. Ein schmaler Streifen isotroper Substanz ist noch vorhanden. Der trübe Hof hat sich an der, der anderen Anisotrope zugewandten Seite verlängert. Er erscheint fein streifig, wie ein Bündel überaus feiner, durchsichtiger Fäden. Zuweilen bemerkt man einen langgezogenen dunklen Fleck in den Streifen, der wie eine sehr kleine Vacuola erscheint.

Fig. 4. Die Isotrope ist verschwunden, die Vereinigung der beiden dunkler gewordenen Höfe hat stattgefunden. Die feine, zuweilen wie eine Strömung aussehende und erscheinende Streifung ist noch da. Der Kern der Anisotrope ist heller geworden, und nur um wenig dunkler als der Hof.

Fig. 5. Die Trübung des Hofes hat zugenommen, der dunkle Kern ist noch blasser geworden. Die Isotrope ist vollständig verschwunden. War in Fig. 2—4 von jeder aufgequollenen Anisotrope ein grösserer Raum eingenommen, so tritt jetzt wieder eine Verkleinerung ein. Sie haben sich einander genähert.

Fig. 6. Die dunklen Kerne der Anisotropen erscheinen grösser und dunkler und haben sich noch mehr genähert.

Fig. 7. Der Zusammenfluss der Anisotrope hat eine bisquitförmige Gestalt angenommen. Ein schmaler trüber Hof umgibt sie noch. Die dunklen Kerne haben sich vereinigt. Die Isotrope ist bis auf jede Andeutung verschwunden.

Fig. 8. Die neue Anisotrope ist kuglig geworden. Sie ist gross. Der Hof ist noch nicht ganz verschwunden.

Fig. 9. Die neue Anisotrope hat jetzt scharfe Conturen und ist fertig gebildet.

Fig. 9a. Sie hat sich in sich contrahirt, ist um so dunkler und glänzender geworden, je kleiner sie wurde.

In jedem dieser angeführten Stadien kann Stillstand des Vorganges eintreten, z. B. beim Absterben der Faser.

Für diejenigen, welche diese Beobachtung wiederholen wollen, möchte ich noch einige Bemerkungen hinzufügen.

Trotz mehrfacher Versuche ist es mir nicht geglückt, ein Verfahren aufzufinden, welches den geschilderten Prozess jeden Augenblick hervorzurufen gestattete. Ist auch eine ganz glatte Faser verhältnissmässig nicht schwer zu finden, und kann man

sich demgemäss über die Erscheinung der feinen Querstreifen nebst den beiden folgenden Stadien der Contraction leichter unterrichten, so ist es doch weit schwieriger, die Verschmelzung zweier Anisotropen mit Klarheit zu sehen. Bis jetzt habe ich nur durch Geduld und grosse Aufmerksamkeit dazu gelangen können.

Aus den mitgetheilten Beobachtungen ergibt sich zunächst, dass der Vorgang der Verkürzung des Muskelfaches durchaus nicht so einfach ist, wie er nach den gewöhnlichen Darstellungen erscheint. Da das s. g. Muskelement aus einer Anzahl (bei zu Grundelegung der Fibrille) von einzelnen Anisotropen besteht, so sind mit diesen ebensoviel von einander ganz unabhängige, contractionsfähige Organe gegeben, welche sich jedes für sich allein vergrössern oder verkleinern können, ohne dabei die benachbarten in Mitleidenschaft zu ziehen. Bei der Vergrösserung der Anisotropen, dem Aufquellen derselben, werden die Isotropen undeutlicher ja sie können ihre Isotropie ganz verlieren und schwach anisotrop werden. Bei der Verkleinerung der Anisotrope, durch Contraction derselben in sich kann die Isotrope stärker ausgeprägt werden. Wenn alle Anisotropen sich so, wie eben angegeben, verkleinern, würde auch eine wenn auch unbedeutende Verkürzung des Muskels eintreten müssen, da die Isotrope in die Substanz der Anisotrope unmittelbar übergeht, so dass durchaus keine scharfe Grenze zwischen beiden vorhanden ist. Die Isotrope hat nur die Wahl, der sich verkleinernden Anisotrope zu folgen, oder sich zu spannen. Die innige und feste Verbindung zwischen beiden, legt die Meinung sehr nahe, dass Isotrope und Anisotrope dieselbe Substanz, nur in verschiedenem Cohäsionszustande sind. Namentlich an Insectenmuskeln, deren Anisotropen sich zu Stäbchen vereinigt haben, geht häufig das Ende derselben ganz allmählich in die lichte, breite Isotrope über. Noch auffälliger tritt dies nach gelinder Maceration hervor (s. Fig. 15). — Ich habe in dem ersten Theile dieser Abhandlung (am Eingange l. c.) dieses Zusammenziehen der Anisotrope in sich an den Schwanzmuskeln der Tritonlarve geschildert. Die so gut characterisirte Hensen'sche Querstreifung gestaltete sich unter meinen Augen zu einer ganz gleichmässigen, feineren Querstreifung um, welche ihren vorherigen Zustand nicht errathen liess. Die Isotropen wurden sehr tief und schmaler bei diesem Vorgang. Da der nebenanliegende Muskel noch die Hensen'sche Querstreifung besass, war es leicht die Verkürzung zu

bemerken (l. c. Taf. 10 Fig. 1). Wenn eine grössere Anisotrope sich in sich zusammenzieht, lassen sich zuweilen deutlich Gestaltveränderungen derselben wahrnehmen. Sie wird ein abgeplattetes Sphäroid, dessen längerer Durchmesser quer zur Längsaxe der Faser liegt. Es bedingt dies eine Verkürzung und Vertiefung der Isotropen. Ich habe solche Anisotropen in Form von Rauten gesehen mit quergelagertem Längsdurchmesser. Sie glänzten stark.

Die Unabhängigkeit der Anisotropen von einander in der Fibrillenrichtung geht schon aus der schematischen Darstellung der Fibrillen hervor, welche ich nach Präparaten entwarf (M. Schulze's Arch. Bd. 9 Taf. 29 A).

Eine andere Frage ist es, warum man gewöhnlich die anisotropen Reihen quer über das Bündel in gleichem Zustande antrifft. Hierauf eine Antwort zu geben, ist zur Zeit unmöglich.

Vergleich der einzelnen Theile des Muskelelementes in der Contraction mit Fig. 1—9.

Man kann die in Fig. 1—9a bildlich dargestellten Zustände der Anisotrope unter gewissen Bedingungen mit den von den Autoren beschriebenen Veränderungen eines ganzen Muskelelementes vergleichen. In diesem Falle muss man von den Fibrillen absehen und das dunkle Querband der einfachen Anisotrope gleichsetzen. Als Mittelscheibe ist die zwischen beiden befindliche Isotrope anzusehen. Will man sich das Verhalten der Nebenscheibe an der Figur klar machen, so muss man die eine Anisotrope als Hauptscheibe oder Querband bezeichnen und dabei natürlich den erstgenannten Vergleich ganz bei Seite schieben. Ist es wünschenswerth, das Verhalten der Nebenscheibe mit der Endscheibe bei der Contraction an der Figur zu erläutern, so würde die eine Anisotrope die Endscheibe, die andere die Nebenscheibe sein. Das Wesentliche bliebe also dasselbe, wenn man die verschiedenen Theile des Muskelelementes als besondere Anisotropen in fibrillenmässiger Anordnung gelagert sich vorstellte. Diese Auseinandersetzung soll nur darlegen, dass die Erscheinungen dieselben sind, wie in Fig. 1—9, wenn die einzelnen Anisotropen im Muskelemente nicht ihre Selbständigkeit geltend machen. Thun sie dies, dann muss man von der Masse absehen und die einzelnen Anisotropen berücksichtigen. Dabei gilt stets die Regel, dass die aufgequollenen

Anisotropen das Licht schwächer brechen und die Isotrope sich in eine mehr oder weniger entwickelte Anisotrope umwandeln muss, wie dies schon aus Engelmann, Merkel u. a. Beobachtungen hervorgeht. Hiebei kann natürlich die Querstreifung nur schwächer werden oder ganz aufhören sichtbar zu sein bei centrischem Lichte. Der Platzwechsel der Substanzen, den Merkel vertritt, erklärt sich dann so, dass, wo früher die Isotrope zwei Anisotropen schied, die neugebildete Anisotrope an Stelle der verschwundenen Isotrope sich lagert. So habe ich die Merkel'sche Darstellung bis jetzt nur verstehen können. Die Querstreifung muss natürlich während der Verschmelzung schwächer ausgeprägt erscheinen und ganz verschwinden. Sie stellt sich wieder ein mit dem Auftreten der fertiggebildeten Anisotrope.

Ich hatte Hrn. Prof. Merkel ersucht, mir Präparate zur Ansicht zu senden, welche das Vorhandensein der kinetischen Substanz darlegten. Meine Wünsche wurden mir in der liebenswertesten Weise erfüllt.

Bei der Untersuchung der Präparate mit gerader Beleuchtung fiel auf, dass die Umrisse der Anisotropen verschwommen aussahen. Es war hier der aufgequollene Zustand der contractilen Substanz eingetreten, der an dem freien Rande des Querbandes besonders sich entwickelt hatte. An einigen Querbändern war der Aufquellung mehr der mittlere Theil, an anderen dagegen mehr das obere Ende diesem Prozesse unterworfen. Merkel hatte also richtig gesehen. Die Auslegung der Erscheinung hatte an ihrer Richtigkeit durch die Annahme eine Einbusse erlitten, dass der Hof der Anisotropen als eine besondere Substanz angesehen wurde. Daher musste die weitere Folgerung, die kinetische Substanz bewege sich bei der Contraction über die Anisotropen fort, zu einer Vorstellung führen, welche Einwände zuliess. Der Schein sprach für diese Auffassung, in Wahrheit aber quoll eine Anisotrope nach der anderen auf. Die kinetische Substanz schien also in der That sich zu bewegen.

Untersucht man bei schiefer Beleuchtung diejenigen Elemente, welche eine unbestimmte Begrenzung der oberen und unteren Ränder der Querbänder zeigten, so sah man die Anisotropen der einzelnen Fibrillen nicht in gleicher Höhe liegen, oder anders ausgedrückt, die Isotropen am Ende des Querbandes waren in den einzelnen Fibrillen verschieden gross. Auch zwischen den Nicols

liess sich keine scharfe Grenze der Querbänder sehen. Mir schien im polarisirten Lichte das Querband verkürzt gegen die Ansicht im centrischen. Dasselbe war der Fall bei einigen Nebenscheiben.

Wurden die Endscheiben im polarisirten Lichte untersucht, so zeigte es sich, dass manche wenig, andre aber gar nicht polarisirten. Bei näherer Betrachtung fanden sich quer durch das Bündel gelagerte kleine Anisotropen in einfacher Reihe. Durch die Focalstellung wurde bewiesen, dass sie nicht in gleicher Höhe in den Fibrillen gelagert waren. Sie deckten sich also gegenseitig nicht. Die einzelnen Schichten waren zu dünn, um auf die Polarisations-ebene einzuwirken. Dasselbe war auch in den Fällen massgebend, wo mehrere Reihen kleiner Anisotropen, also z. B. vier Endscheiben in jeder Fibrille übereinander lagen. S. Fig. 12 oder l. c. Taf. 10 Fig. 5. Waren dagegen die Anisotropen dick und lagerten sich senkrecht über einander, so dass sie sich deckten, so polarisirten sie.

Dass nur die Kleinheit der Anisotropen das Ausfallen der Polarisation verschuldet, geht aus demselben Verhalten der mit feinen Querstreifen bedeckten Thoraxsäulen der Insecten hervor. Das bestgelagerte Fibrillenbündel ist dunkel. Erst wenn mehrere über einander liegen oder sich kreuzen, tritt die Polarisation ein. Selbst wenn die kleinen Anisotropen sich in sich zusammengezogen haben, welcher Zustand im dicken Bündel das Leuchten im dunklen Gesichtsfelde erhöht, tritt keine Polarisation ein.

Engelmann bildet Pflüger's Arch. Bd. 18, Taf. 1 Fig. 6 ein Muskelbündel bei polarisirtem und gewöhnlichem Lichte ab, welches nach meinem Dafürhalten und nach meinen oben mitgetheilten Beobachtungen einen schlagenden Beweis liefert, dass die Polarisation ein unzulängliches Mittel für die Untersuchungen der feinen Structurverhältnisse des Muskels ist.

Fig. 6a stellt das sich an der einen Seite contrahirende Bündel im gewöhnlichen Lichte dar. Die Nebenscheiben sind an der contrahirten Seite schmaler geworden. Dabei haben sie sich mit den Querbändern verbunden. Die Isotrope, welche die Elemente trennte, ist, wie es scheint, verschwunden. Ebenso die Nebenscheiben der begrenzenden Isotropen.

Das anisotrope Querband des obersten Gliedes hat an der Verkürzung nicht Theil genommen. Es ist in seiner Höhe quer durch das ganze Element hindurch gleich geblieben. — Dasselbe lehrt auch Fig. 6b im polarisirten Licht, nur hat die Stelle, welche

allein die Contraction bewirkte, keine Wirkung auf die Polarisationsebene ausgeübt. Sie ist isotrop. Die Auffassung, dass Isotrope die Zusammenziehung des Muskels bewirken, ist nur einmal ausgesprochen, und Engelmann wird sicher damit nicht übereinstimmen.

Die früheren Beobachter haben schon einige dieser Eigenschaften der anisotropen Substanz gekannt. So bemerkte Engelmann das Aufquellen derselben, das sich mit der kinetischen Substanz Merkel's deckt. Ranvier vergleicht die Anisotropen mit den Lymphkörpern, deren Contractilität als eine Aehnlichkeit mit der der anisotropen Substanz hervorgehoben wird.

In meiner Arbeit dagegen wird die einzelne Anisotrope mit ihren Eigenschaften als selbständiges Gebilde nachgewiesen und zugleich gezeigt, dass die Muskelemente als vorgebildet nicht vorhanden sind, sondern erst entstehen durch eigenthümlich regelmässigen Lagerungen der kleinen Anisotropen in der Fibrille und den Bündeln derselben. Die Anordnung kann durch Verschmelzung zweier Anisotropen oder Anisotropen-Reihen, oder durch Contraction der einzelnen in sich wesentliche Gestaltveränderungen der sich contrahirenden Faser erzeugen.

Erklärung der Abbildungen auf Taf. IV.

Fig. 1—9 stellen ungefähr 4000 mal vergrössert die Veränderungen zweier Anisotropen bei ihrem Verschmelzungsprozess vor. Die Erklärung findet sich im Text p. 521 ff.

Fig. 10. Veränderungen einer glatten Thoraxsäule der Fliege während der Beobachtung. Sie bedeckte sich mit theilweise nicht sehr deutlichen Querstreifen. Es bildeten sich in ihr an einzelnen Stellen Isotropen, welche theils das ganze Bündel, theils nur wenige Fibrillen umfassten.

a Anisotrope Substanz.

i Isotrope.

Fig. 10a. Schematische Darstellung dreier Fibrillen, um die Lage der Isotropen zu zeigen. Die Fibrillen sind als Stäbe ohne ihre kleinen Anisotropen, welche die Querstreifung in Fig. 10 erzeugen, dargestellt.

- Fig. 11. Eine Säule aus dem Thorax der Fliege; theils mit während des Beobachtens entstandenen Querstreifen, theils mit glatt gebliebenen Strecken. Es zeigt sich die Verdickung des quergestreiften Theiles, gegenüber der noch glatten Faser.
- Fig. 12. Schematische Darstellung von 4 Fibrillen mit 4 Endscheiben. Das Original s. l. c. Fig. 5.
- Fig. 13. Ein leicht macerirtes Bündel aus dem Fusse von *Geotrupes nasicornis*, um die Zusammensetzung der Stäbchen aus kleinen Anisotropen zu zeigen. Es fehlen diesem Bündel die Endscheiben. 928 mal.
- Fig. 14. Ein ebensolches Bündel mit Endscheiben. 920 mal.
- Fig. 15. Fibrillen, kurze Zeit macerirt. 11 Imm. Hartn. Oc. 4. Die Vergrößerung der Deutlichkeit halber forcirt in der Zeichnung.

Die hellen Isotropen gehen allmählich in die dunklen Anisotropenstäbe über. Eine Grenze zwischen beiden ist nicht nachzuweisen. Die Endscheiben sind noch stark lichtbrechend, mit Ausnahme einiger, welche blass geworden sind. Die Isotropenfaserenden lösen sich schon auf, nicht wie Gebilde, welche festere Substanzen als Grenze besitzen, sondern wie zähflüssige Körper.

(Aus dem Laboratorium von Prof. S. P. Botkin.)

Zur Methodik der Anlegung von Fisteln.

Von

S. W. Lewaschew.

Hierzu 1 Holzschnitt.

In der letzten Zeit mit dem Studium der Veränderungen der secretorischen Thätigkeit der Leber unter Einfluss verschiedener Bedingungen beschäftigt, konnte ich, die Galle aus den bis jetzt gebräuchlichen permanenten Blasenfisteln gewinnend, bei einigen meiner Versuche die für die speciellen Ziele meiner Untersuchungen nothwendigen Daten nicht erhalten. Daher war ich gezwungen, die Anlegung besonderer Gangfisteln, welche, wie es mir schien,

