

Ueber die Muskelfasern von Ascaris, nebst Bemerkungen über die von Lumbricus und Hirudo.

Von

Prof. Dr. Stefan Apáthy

in Kolozsvár.

Hierzu eine Steindrucktafel (III).

A. Einleitung.

In meinem Artikel „Contractile und leitende Primitivfibrillen“¹ habe ich versucht, zunächst an Hirudineen zu demonstrieren, dass die contractile Substanz im engeren Sinne nichts mit einer schaumigen Structur zu thun hat, sondern sich aus homogenen Fibrillenelementen, welche bündelweise zu höheren Einheiten verbunden sind, aufbaut. Die Fibrillenelemente niedrigster Ordnung nannte ich Elementarfibrillen, welche seltener unschwer, meist nur mit ziemlicher Mühe optisch oder mechanisch zu isoliren und zu unterscheiden sind. Mehr oder weniger Elementarfibrillen vereinigen sich, meist ohne nachweisbare Kittmasse, zu einer Primitivfibrille.

Die Primitivfibrillen, welche selbst beinahe immer einen isodiametrischen Querschnitt besitzen, sind nach geeigneter Behandlung mit unseren gegenwärtigen optischen Hilfsmitteln stets leicht in der Muskelfaser zu unterscheiden, was aber nicht verhindert hat, dass die meisten Forscher die contractilen Primitivfibrillen mit den Zwischenräumen, welche sie in der Muskelfaser von einander trennen, verwechselten und — wenigstens bei den glatten Muskelfasern, da die Verwechslung bei den quergestreiften sehr schwer ist — diese Zwischenlinien als Primitivfibrillen beschrieben. Die Schilderung der Primitivfibrillen, welche wir bei der Mehrzahl der Forscher, die über die Histologie der glatten Muskelfasern geschrieben haben, finden, lässt nach meinen bei verschiedener Gelegenheit veröffentlichten Resultaten keinen Zweifel zu, dass

¹) Mittheil. a. d. Zool. Station z. Neapel Bd. X, H. 3, p. 355—375.

sie die contractilen Primitivfibrillen als solche nicht erkannt haben. Daran haben, wie gezeigt wurde, in erster Linie die optischen Eigenschaften der Primitivfibrillen und ihre Lagerungsverhältnisse Schuld. Wenn ich von hintereinandergereihten dunklen und stark tingirbaren Körnchen im Längsschnitte lese, welche mit einander nicht oder durch dünnere Linien verbunden sind, wodurch die „moniliforme Fibrille“ entsteht, so kann ich das unmöglich auf die wirkliche contractile Primitivfibrille der glatten Muskelfaser beziehen, denn diese erscheint in der Längsansicht als ein homogener, absolut nicht gekörnter, das Licht sehr stark brechender, also glänzender und nur bei falscher Einstellung dunkler Streifen, dessen Ränder mit einander stets vollkommen parallel verlaufen und höchstens durch angelagerte, in der Zwischensubstanz befindliche Körnchen passiv eingedrückt sein können. Ihr Verhalten in polarisirtem Lichte, auf welches ich in meiner oben erwähnten Arbeit besonders viel Gewicht gelegt habe, lässt eine andere Beschaffenheit der contractilen Primitivfibrillen, als die von mir geschilderte, gar nicht zu.

Es ist eine bei den Wirbellosen sehr verbreitete Erscheinung, dass mehr oder weniger von den so beschaffenen Primitivfibrillen sich sehr dicht neben oder, radiär zur Achse der Muskelfaser, hinter einander lagern und in dieser Weise contractile Platten, contractile Leisten bilden. In den contractilen Leisten sind die einzelnen Primitivfibrillen meist so eng zusammengepresst, dass auch der Querschnitt der Leisten als ein homogenes glänzendes Gebilde erscheint, in welchem die Querschnitte der einzelnen, dasselbe zusammensetzenden Primitivfibrillen nur nach besonderer Behandlung sichtbar werden¹.

¹) Den contractilen Leisten gegenüber sind die Muskelsäulchen KÖLLIKER'S in den quergestreiften Muskelfasern, wie bekannt, cylindrische Bündel von weniger eng zusammengepackten Primitivfibrillen, zwischen welchen sich hier noch eine mehr oder weniger beträchtliche Menge von Zwischensubstanz befindet. In meinen neuesten Präparaten von *Pontobdella* ist es mir gelungen, die einzelnen Primitivfibrillen, welche die radiären contractilen Leisten zusammensetzen, auch in Querschnitten sehr deutlich zu Gesicht zu bekommen. Der dazu gehörige Kunstgriff ist, der contractilen Substanz nach vollkommener Fixirung und Härtung, jedoch vor dem vollkommenen Entwässern, rasch das Wasser zu entziehen, in einer Weise, welche in einem späteren Capitel beschrieben werden soll. Bei diesem meinen Verfahren wird die Muskelfaser durch Schrumpfung im übrigen gar nicht verunstaltet; bloß die einzelnen contractilen Fibrillen büßen etwas rascher als die übrigen Bestandtheile ein ganz Geringes von ihrem Volumen ein. Dadurch erscheint jede Leiste im Querschnitt als eine radiäre Perlschnur mit stark glänzenden Perlen. Würde die Leiste wirklich aus einer radiären Wabenreihe bestehen, wie es BÜTSCHLI meint, so könnten sich die scheinbar

Wenn nun in den Querschnitten solcher Muskelfasern von zum Beispiel radiär hintereinander gelagerten isolirten (oder durch Fädchen verbundenen) dunklen oder stark tingirten Punkten gesprochen wird, welche Querschnitte der contractilen Primitivfibrillen sein sollen, so muss ich jene Punkte auch nur für Körnchen der Zwischensubstanz halten, deren radiäre Aneinanderreihung bloß durch die radiäre Lage der Zwischenräume bedingt ist.

Auf diese Verwechslung der contractilen Substanz mit der Zwischensubstanz habe ich zuerst in meinem Artikel „Ueber die Schaumstructur etc.“ (Biol. Centralbl. Bd. XI, 1891, p. 78—88) aufmerksam gemacht. Ganz besonders auffallend ist sie in den früheren Arbeiten von ROHDE¹. In seinen neuesten Arbeiten über die Musculatur der Nematoden hat sich ROHDE ganz meiner Auffassung angeschlossen, indem er das von mir über Hirudineen Mitgetheilte und durch persönliche Demonstrationen von mir Gelernte auf die Nematoden einfach übertragen hat, ohne aber auch die specielleren Beweise für diese Gruppe, trotz einer weitschweifigen Auseinandersetzung, gegeben zu haben². Er erwähnt zwar ganz kurz auch meine Resultate, aber unter einem Hut mit denen von ELMER, welche mit den meinigen beinahe gar nichts gemein haben, und in einer Weise, als ob er ganz unabhängig von mir zu seiner veränderten Anschauung gekommen wäre. Er vergisst es ganz, zu erwähnen, wie viele Präparate ich ihm in Neapel auf der Zoologischen Station im Sommer 1891 demonstrirt habe, um ihn von der Richtigkeit seiner neuen Anschauung bei den verschiedensten Thiergruppen zu überzeugen.

Es ist also natürlich, dass ich mich bei dieser Gelegenheit mit ROHDE's Arbeit nicht viel beschäftigen werde; unsere Resultate können ja im wesentlichen nicht verschieden sein³. Ich will jedoch bemerken,

vielleicht auf die einzelnen Waben zu beziehenden Perlen, von ihrem starken, gleichmässigen Glanz abgesehen, nicht in dieser Weise einander gegenüber abrunden und dabei so intact kreisförmig conturirt bleiben, da ja die Querwände der benachbarten Waben gemeinsam sein sollen. Eine Wabenstructur wird jedoch, wie wir sehen werden, noch besser durch Längsansicht der Leisten und Fibrillen widerlegt.

¹) ROHDE, E., Beiträge zur Kenntniss der Anatomie der Nematoden (Zool. Beiträge von A. SCHNEIDER Bd. I, 1883, H. 1. Derselbe: Die Musculatur der Chätopoden Bd. I, H. 3).

²) ROHDE, E., Muskel und Nerv. I. *Ascaris*. (Zool. Beitr. von A. SCHNEIDER, fortges. von E. ROHDE Bd. III, 1892, H. 2, p. 69; cfr. diese Zeitschr. Bd. IX, 1892, p. 493.)

³) Das was ROHDE in seiner Arbeit (Muskel und Nerv, Zool. Beitr. Bd. III, H. 2, 1892) über die wesentliche Uebereinstimmung der verschiedenen Formen von Muskelfasern und ihre Zurückführung auf einen gemeinsamen Typus an-

dass ich die von ROHDE angegebenen Methoden, nach welchen er seine Präparate herstelle, für unzulänglich halte, um auch genügende Beweise für seine neue Anschauung bei *Ascaris* liefern zu können. Dagegen will ich mich mit BÜTSCHLI's neuester Arbeit „Ueber den feineren Bau der contractilen Substanz der Muskelzellen von *Ascaris*“¹ etwas eingehender beschäftigen.

Von BÜTSCHLI's Schaumtheorie sind, wie bekannt, auch die contractilen Primitivfibrillen nicht verschont geblieben. Dass sie dies nicht verdienen, dass sie homogene Producte der Zelle sind und daher auch die Bezeichnung „contractiles Plasma“ ebensowenig verdienen, wie elastische Fasern des Bindegewebes den Namen elastisches Plasma, habe ich, wie gesagt, bereits bei anderer Gelegenheit für Hirudineen darzuthun versucht. Seitdem habe ich mich auch mit den Muskelfasern

führt (s. besonders p. 91 und 92), habe ich schon lange vor ihm in Arbeiten auseinandergesetzt, welche ROHDE nur zu gut kennt (Nach welcher Richtung hin soll die Nervenlehre reformirt werden? Biol. Centralbl. Bd. IX, und Ueber die Schaumstructur hauptsächlich bei Muskel- und Nervenfasern Biol. Centralbl. Bd. XI). Es fällt ihm aber gar nicht ein, dieselben hierbei zu citiren; um so weniger versäumt er die Gelegenheit mich zu citiren, wo er glaubt, dass ich nicht Recht habe. So z. B. auf p. 96 in einer Anmerkung: „Die Haltlosigkeit der APÁTHY'schen Nervenlehre auch bezüglich der *Ascariden* habe ich in meiner anfangs erwähnten vorläufigen Mittheilung ausführlich dargelegt“. Die Sache ist dagegen so, dass ROHDE ebensowenig im Stande ist, die Primitivfibrillen der leitenden Substanz zu unterscheiden, wie er nicht im Stande war in seinen früheren Arbeiten dieselben der contractilen zu sehen; wahrscheinlich würde er diese ebenfalls auch heute noch nicht sehen, und auf Grund der Beschaffenheit der Zwischensubstanz, welche er für die Fibrillen gehalten hat, die fibrilläre Beschaffenheit der contractilen Substanz überhaupt bestreiten, wenn ich ihm die wirklichen contractilen Fibrillen nicht gezeigt hätte. An meinen gegenwärtigen Nervenpräparaten, auf welche sich meine oben erwähnte Arbeit über contractile und leitende Primitivfibrillen stützt, sind jedoch die contractilen Fibrillen ebenso deutlich und unverkennbar zu sehen, wie an meinen Muskelpräparaten, aus welchen ROHDE seine neue Auffassung der contractilen Substanz geschöpft hat, die contractilen Fibrillen, und ich könnte ROHDE auch diesmal überzeugen, wäre es keine so undankbare Sache, dass er auch hier die Zwischenmasse mit den wesentlichen specifischen Structurelementen verwechselt und die eigentlichen Primitivfibrillen ganz übersieht resp. dieselben mit in sein Hyaloplasma hineinconfundirt. Die Zwischensubstanz kann auch in der leitenden Substanz aus sich unregelmässig verfilzenden und in ähnliche Elemente des Protoplasmas übergehende Fäserchen bestehen, nicht aber die leitenden Primitivfibrillen selbst.

¹) Festschrift zum siebenzigsten Geburtstage RUDOLF LEUCKART's. Leipzig, Engelmann, 1892, p. 328—336. Taf. XXXIV. (Cfr. diese Zeitschr. Bd. IX, 1892, p. 429.)

von Lumbricus und Ascaris eingehender beschäftigt, um BÜTSCHLI'S Behauptungen gerade bei den drei Thierformen¹ (Ascaris, Lumbricus und Hirudineen), bei welchen sie zuerst aufgestellt wurden, prüfen zu können.

Diesmal werde ich meine Resultate besonders bei Ascaris mittheilen. Da aber gegenüber der Aussage BÜTSCHLI'S, dass die contractilen Primitivfibrillen oder Platten aus Wabenreihen bloß modificirten, contractilen Plasmas bestehen, die einfache Schilderung des von mir gesehenen doch nichts entscheiden würde, weil ich mich ja bei so subtilen Beobachtungen ebenso wie er hätte irren können: so werde ich einerseits nicht nur die von mir angewandten zahlreichen verschiedenen Methoden genau angeben, sondern auch zeigen, dass in ähnlicher Weise verfertigte Präparate Täuschungen durch Kunstproducte, wenn man die verschiedenen Bilder sorgfältig prüft und vergleicht, ausschliessen, dass hingegen die von BÜTSCHLI angegebene Untersuchungsweise solche sehr wahrscheinlich hervorruft; dass BÜTSCHLI nämlich in technischer Hinsicht nicht genug kritisch verfahren hat; anderseits werde ich zu zeigen versuchen, dass eine richtige optische Analyse der zu erzielenden mikroskopischen Bilder nur meine Auffassung zulässt, dass also BÜTSCHLI seinen Bildern gegenüber auch in optischer Hinsicht keine genügende Kritik ausgeübt hat. Endlich hoffe ich einige Thatsachen zusammenstellen zu können, welche eine Schaumstructur der contractilen Primitivfibrillen im Sinne BÜTSCHLI'S als geradezu unmöglich erweisen werden. Ich werde mich in meinen Auseinandersetzungen vergleichshalber mehrmals auf Resultate beziehen, welche ich bei Lumbricus neuerdings bekommen habe²; auch werde ich in einigen Punkten das über Hirudineen bereits Mitgetheilte ergänzen.

Ich habe mich aus der neuesten Arbeit von BÜTSCHLI überzeugt, dass gegenwärtig auch er jene Theile der contractilen Muskelrinde von Ascaris als contractile Elemente bezeichnet, die es in der That sind. Ich glaube aber, dass er darin nicht Recht hat, wenn er behauptet,

¹) BÜTSCHLI, O., Ueber die Structur des Protoplasmas (Verhandl. des naturhist.-med. Vereins zu Heidelberg. N. F. Bd. IV, H. 3, 1889; cfr. diese Zeitschr. Bd. IV, 1889, p. 313).

²) Ich will schon hier erwähnen, dass, um die Muskelfasern dieser Thiere richtig zu verstehen, man in erster Linie die Muskelfasern des Schlundes und des Magens bei Lumbricus untersuchen muss. Dieselben sind ein ebenso günstiges Object wie die von Pontobdella, mit welchen verglichen die der Gnastobdelliden ziemlich schwierig erscheinen.

auch schon 1870 und 1873¹ denselben Bestandtheilen diese Deutung gegeben zu haben, so dass seine heutige Auffassung bloß ein Fortschritt in der bereits vor zwanzig Jahren eingeschlagenen Richtung wäre. Die unbehandelten contractilen Fibrillen gerade der den Oxyuren ähnlichen Nematoden, welche er schon im Leben gut zu sehen glaubte, können ganz unmöglich als eine dichte Hintereinanderreihung feiner Körnchen erscheinen; dieser Eindruck kann aber ganz gut durch die Zwischen-substanz der parallelen, glänzenden und homogenen contractilen Fibrillen gemacht werden. Sie zeigt sich nämlich, durch dunkle, bei richtiger Einstellung die contractilen Fibrillen begleitende Reflexlinien beschattet, in Form dunkler scharfer Linien, in welche glänzende, gelegentlich ziemlich dicht (scheinbar sehr dicht) gereihete Körnchen eingelagert sind².

¹) BÜTSCHLI, l. c. p. 328—329.

²) BÜTSCHLI, O., Untersuchungen über die beiden Nematoden der *Periplaneta* (*Blatta*) *orientalis* L. (Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. XXI, 1871, p. 252—293.) Auf p. 261 und 262 sagt er Folgendes: „Noch einige Worte über die Beschaffenheit der contractilen Substanz der Muskelzellen. Wie gesagt, zeigt dieselbe sich aufs Deutlichste fibrillär, die Fibrillen parrallel laufend den schiefen Seiten der rhombischen Zellen. Jede Fibrille erscheint bei schwächerer Vergrößerung (ungefähr 300) wie ein dunklerer Faden in einer hellen Zwischenmasse; nimmt man jedoch eine stärkere Vergrößerung (600) zu Hülfe, so erkennt man höchst deutlich, dass jede Fibrille kein durchgehender Faden ist, sondern sie scheint gebildet aus einer Reihe stark lichtbrechender, schnurgrade hintereinander stehender Körnchen, die Distanzen zwischen den einzelnen Körnchen ungefähr von dem Durchmesser jedes einzelnen. Diese Beobachtung wurde sowohl am lebenden Thiere stets gemacht, als auch an mit Alkohol behandelten und in Glycerin aufgehellten Thieren“. Die auf derselben Seite noch folgende Beschreibung ist, wie wir weiter unten sehen werden, auch ziemlich genau, kann sich aber keineswegs auf die contractile Fibrille, sondern bloß auf die in die Zwischenräume eingelagerten Körnchen beziehen: „Ich habe mich auf das Bestimmteste und viele Male von dieser Beschaffenheit der scheinbaren Fibrillen überzeugt, konnte zwischen den einzelnen Körnchen keine Spur einer Verbindung wahrnehmen, und häufig glaubte ich die Beobachtung gemacht zu haben, dass die einzelnen Körnchen derselben und benachbarter Fibrillen nicht in gleicher Ebene lagen, ohne jedoch hierüber zu völliger Sicherheit zu gelangen“. Besonders letztere Beobachtung, welche sich mit unseren heutigen Mitteln von den Körnchen der Zwischensubstanz ganz sicher constatiren lässt, schliesst es allein schon völlig aus, dass die damaligen contractilen Fibrillen BÜTSCHLI's mit seinen heutigen contractilen Wabenreihen identificirt werden könnten. Jene Unterbrechungen in der glänzenden Beschaffenheit der Körnchenreihe können unmöglich auf eine solche Wabenstructur, wie sie BÜTSCHLI jetzt in der contractilen Fibrille prä tendirt, bezogen werden; solche Linien, wie BÜTSCHLI die Querwände seiner Waben zeichnet, waren, wenn sie auch vorhanden wären, mit den damaligen optischen Mitteln absolut unbenmerkbar.

Es kann kein Zweifel daran sein, dass er damals die contractilen Fibrillen selbst als „helle Zwischenmasse“ bezeichnet hat. Auch am Querschnitt (bei *Ascaris* in 1873) hat BÜTSCHLI die Zwischensubstanz mit ihren in radiären Reihen zusammengehaltenen Körnchen für den Ausdruck der contractilen Platte (damals für ihn Fibrille) gehalten; denn es ist rein unmöglich, dass die contractilen Leisten, welche sogar auf unseren heutigen sehr dünnen Schnitten auch im Querschnitt und bei sehr starker Vergrößerung meist in Form ganz homogener und ununterbrochener (wie gezeigt wird, bei richtiger Einstellung glänzend heller) Radiärstreifen erscheinen, auf BÜTSCHLI in 1873, wo seine Querschnitte nach unseren jetzigen Begriffen gewiss nicht genug dünn und seine Linsen unzureichend waren, den Eindruck einer Aneinanderreihung von Körnchen gemacht hätten. Je dicker nämlich der Schnitt und je geringer das Auflösungsvermögen der benutzten Linsen, um so weniger sind die Querschnittsbilder der die Leiste constituirenden einzelnen contractilen Fibrillen zu unterscheiden. Die contractilen Leisten müssen auf BÜTSCHLI auch im Querschnitt den Eindruck einer „hellen Zwischenmasse“ gemacht haben. Was nun die zarten Linien betrifft, welche „sich auf dem Querschnitt zwischen je zwei benachbarten Körnchenreihen, d. h. den Durchschnitten der contractilen Platten“, bemerken liessen, so waren diese jene optische Erscheinung, die durch eine gewisse Einstellung und Beleuchtung der contractilen Leisten in diesen selbst hervorgerufen wird, wie dies aus dem später noch Mitzutheilenden klar hervorgehen dürfte¹.

¹) BÜTSCHLI, O., Beiträge zur Kenntniss des Nervensystems der Nematoden (Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. X, 1874, p. 74—100. Taf. VI und VII). Auf p. 91 wird Folgendes gesagt: „Ich habe früherhin schon mehrfach darauf hingewiesen, dass die sogenannten Fibrillen der contractilen Substanz unserer Thiere sich aus feinen Körnchen aufbauen und habe dies nun auch durch das Bild, welches sehr feine Querschnitte der Ascaridenmuskeln zeigen, bestätigt gefunden. Man sieht an einem derartigen Querschnitt, dass auch nach dem Innern des Muskels zu die Fibrillen sich aus solchen Körnchen aufbauen und bemerkt gleichzeitig recht häufig ein allmähliches Zusammenfliessen zweier benachbarter Fibrillen. In der Mitte zwischen je zwei Fibrillen liess sich zuweilen recht deutlich eine blasse Linie bemerken (s. Figur 15)“. Wenn wir nun diese Figur 15 auf Tafel VII betrachten, so wird das oben Gesagte so klar wie nur möglich. Dort, wo zwei benachbarte Punktreihen convergiren und zusammenfliessen, ragt eben eine Leiste nicht so weit nach innen oder nach aussen, wie seine Nachbarn. Der Raum zwischen zwei Körnchenreihen ist hell gelassen, wie es dem optischen Charakter der contractilen Leisten entspricht. Solche Zwischenlinien, wie sie hier gezeichnet sind, werde in meiner nächsten Mittheilung auch ich abbilden. BÜTSCHLI's Figur 15 ist übrigens

Die gegenwärtig so genannte Zwischen- oder Mittellinie BÜTSCHLI'S ist etwas ganz Anderes, als was er damals gesehen hatte, und befindet sich, wo sie überhaupt zur Erscheinung kommt, in der That zwischen je zwei contractilen Leisten. Es ist also eine reine Sophisterei, wenn BÜTSCHLI beweisen will, dass er die Bestandtheile der contractilen Rinde der Nematodenmuskulzellen schon vor zwanzig Jahren in der Weise, wie heute, richtig gedeutet hat. BÜTSCHLI hat ebenso gut wie beinahe alle anderen Forscher vor mir, die contractilen Streifen und die Zwischenlinien in der Muskelrinde verwechselt.

Nun aber, wo er die genannten Bestandtheile bei *Ascaris* schon richtig deutet, hat er sowohl ihre optische Erscheinung, als auch ihre feinere Structur ungenau und von seiner Schaumtheorie präoccupirt beschrieben, was im Folgenden zu demonstrieren sein wird.

B. Analyse der ungefärbten Macerationspräparate.

Das optische Problem, welches bei der Untersuchung der contractilen Substanz der glatten Muskelfasern zu lösen ist, ist im wesentlichen dasselbe, wie bei den Diatomaceenpanzern. Bei den Diatomaceenpanzern handelt es sich, wie ich es zuerst und bei *Pleurosigma* darge-
gethan habe¹, um eine je nach den Arten verschieden enge Aneinanderreihung von kleinen Quarzkrystallen in je nach den Arten verschieden zur Panzerachse und zu einander gerichtete Linien; die Krystalle bilden stark glänzende und doppelbrechende Körnchen von je nach den Arten verschiedener Gestalt, und deshalb erscheinen die Zwischenräume, welche sie von einander trennen, beschattet durch die Körnchen und ihre schwarzen Conturen, bei richtiger Einstellung als ein dunkles Gitterwerk oder Liniensystem. Dieses dunkle Liniensystem wurde als etwas körperlich Vorhandenes, Solides in verschiedener Weise gedeutet, dagegen die bei dieser Einstellung hellen Theile des Panzers als die Zwischenräume (die Maschen des soliden Gitterwerks) aufgefasst.

Ganz dieselbe Verwechslung herrschte in den Beschreibungen der contractilen Substanz. In dieser handelt es sich, wie ich gezeigt habe, um eine mehr oder weniger dichte Nebeneinanderlagerung von homogenen, stark und ebenfalls doppelt brechenden Stäbchen, der contrac-

verhältnissmässig sehr gut und getreu gezeichnet, nur ist sie ganz falsch gedeutet.

¹) APÁTHY, St., *Pleurosigma angulatum* und das LENDL'SCHE Mikroskop (Diese Zeitschr. Bd. VIII, 1892, p. 433—450.)

tilen Primitivfibrillen, welche, ihrem optischen Charakter nach, abgesehen von ihrem Verhalten im polarisirten Licht, mit Fädchen von Glaswolle zu vergleichen sind. Zwar sind hier die Zwischenräume nicht, wie in den ausgetrockneten Pleurosigmapanzern, mit Luft erfüllt; die Grundsubstanz jedoch, welche sich in diesen Zwischenräumen befindet, hat in ihrer natürlichen Beschaffenheit immer noch einen viel geringeren Brechungsindex als die contractilen Fibrillen. Der Unterschied ist nicht so gross, wie zwischen den Brechungsindices von Luft und Quarzkrystallen; hier ist also die Auflösung der Structur in dieser Hinsicht schwieriger. Die Schwierigkeit wird aber in dieser Hinsicht auch bei den Diatomaceenpanzern dieselbe, wenn man sie nicht in Luft, sondern z. B. in stark verdünntem Glycerin untersucht, dessen Brechungsindex dem der Grundsubstanz in den Zwischenräumen sehr nahe kommt; denn die Lichtbrechung der contractilen Fibrillen, welche übrigens, je nach der Art der Muskelzelle und nach ihren verschiedenen physiologischen Zuständen, ziemlich schwankt, ist oft noch grösser als die der Quarzkrystalle der Diatomaceenpanzer.

Der hohe Brechungsindex der contractilen Substanz ist wohl allgemein bekannt; dass er von den contractilen Primitivfibrillen und — obwohl sich auch in der Zwischensubstanz stark brechende Körnchen, wie z. B. bei *Ascaris*, befinden können — nicht von der letzteren herührt, ebensowenig, wie der der Diatomaceenpanzer vom „dunklen Gitterwerk“: das wird gegenwärtig auch BÜTSCHLI kaum bezweifeln können. Für die Diatomaceenpanzer ist nun diejenige die richtige Einstellung, bei welcher „das Gitterwerk“ dunkel, seine „Maschen“ dagegen hell erscheinen. Eine Einstellung, bei welcher die „Maschenräume“ dunkel erscheinen und das „Gitterwerk“ hell, wird mit vollem Recht als falsch bezeichnet¹. Es kann ja nur jene Einstellung richtig sein, die von dem betreffenden Objecte ein seiner Natur entsprechendes mikroskopisches Bild gewährt. Die Quarzkrystalle, welche die Maschenräume einnehmen, sind ihrer Natur nach stark brechend, nicht nur hell, sondern glänzend, sie müssen also bei richtiger Einstellung hell, ja sogar glänzend erscheinen, nicht aber dunkel, was nur bei zu tiefer Einstellung der Fall sein wird. Ebenso hell und stark lichtbrechend sind die contractilen Primitivfibrillen ihrer Natur nach; auch im polarisirten Licht zeigen sie sich bei gekrenzten Nicols und geeigneter Lage sehr hell und stechen von dem dunklen Gesichtsfeld und den dunklen

¹) Cfr. BEHRENS, W., Hilfsbuch zur Ausführung mikroskopischer Untersuchungen etc. Braunschweig, 1883, p. 51.

Zwischenlinien scharf ab. Da nun die grosse Helligkeit und der Glanz der contractilen Substanz zum grössten Theil, ihre doppelte Lichtbrechung aber ausschliesslich von den contractilen Primitivfibrillen, also von den vermeintlichen hellen Zwischenräumen früherer Forscher bedingt ist, so ist nur eine solche Einstellung der ungefärbten contractilen Substanz richtig, bei welcher die contractilen Primitivfibrillen hell und glänzend, die Zwischenräume dagegen dunkel aussehen. Eine Einstellung und Abbildung, wo die contractilen Fibrillen die dunkelsten Parthien der contractilen Substanz sind, giebt von den wirklichen Verhältnissen eine ebenso verkehrte Vorstellung, wie die negative Platte einer photographischen Aufnahme.

Bei BÜTSCHLI finden wir auch dort, wo er ungefärbte Präparate wiedergeben will, die contractilen Platten am dunkelsten schattirt; was ja schliesslich auch eine berechnigte Art und Weise der Wiedergabe sein kann. BÜTSCHLI sagt aber in seiner neuesten Arbeit über *Ascaris* auf p. 329 Folgendes: „Bei Untersuchung in Wasser oder stark verdünntem Glycerin lässt sich schon ohne jegliche Färbung erkennen, dass die Längsstreifung der contractilen Substanz von zweierlei Dingen herrührt. Einmal durchziehen dunklere fibrillenartige Gebilde, d. h. eigentlich Platten (Figur 1 *cE*), die Substanz der Länge nach parallel, und ferner verläuft zwischen je zwei solchen Platten eine schwerer sichtbare, jedoch meist recht deutliche und ziemlich dunkle Linie (*m*).“ Wäre es BÜTSCHLI gelungen, solche contractile Platten vollständig zu isoliren, wie es mir gelungen ist, und so ihre störende optische Beeinflussung von Seiten der Umgebung ganz zu beseitigen, so hätte auch er gewiss eingesehen, dass an der dunklen Erscheinung der Platten blos eine inverse Einstellung Schuld ist.

Es ist nämlich, um tadellose Belege für die Structur der contractilen Substanz zu bekommen, von ganz besonderer Bedeutung, die constituirenden Elemente derselben mechanisch vollständig isoliren zu können. Ebenso, wie es keineswegs hinreicht, intacte, ganze Pleurosigmaschalen zu beobachten, so genügt es noch weniger, einzelne Muskelfasern intact isolirt zu haben. Zerbrochene und in jeder möglichen Richtung zersplitterte Pleurosigmapanzer, aus welchen einzelne Quarzkörnchen oder Gruppen von solchen herausgesprungen waren und isolirt im Präparate lagen, in gewisse Lücken des Panzers hineinpassend, haben seinerzeit die schlagendsten Beweise für meine Auffassung gegeben. Ebenso kann nur Jener über die Structur einer contractilen Substanz sicher urtheilen, dem in seinen Präparaten vollständig isolirte contractile Leisten, Primitivfibrillen, ja sogar Elementarfibrillen in jeder möglichen

Lage vorkamen; aber nicht nur das: man muss an Rissstellen und Bruchlinien der Muskelfasern isolirt hervorragende contractile Fibrillen in die contractile Substanz, in ihre natürliche Lage hinein zurückverfolgen können.

Das ist mir in meinen Macerationspräparaten aus der Musculatur von *Ascaris lumbricoides* vollkommen gelungen, was bei BÜTSCHLI nicht gerade der Fall gewesen zu sein scheint, denn er sagt auf p. 329: „Als Untersuchungsmaterial dienten kleine Stücke der Leibeswand von *Ascaris lumbricoides*, die frisch in viel MÜLLER'sche Flüssigkeit gelegt wurden und darin nahezu ein halbes Jahr verblieben. Meine Erwartung, auf diese Weise gut isolirbare Muskelzellen zu erhalten, wurde zwar nicht erfüllt, doch liessen sich immerhin einige Zellen oder Bruchstücke solcher durch sorgfältiges Zerzupfen ziemlich gut isoliren und sehr wohl studiren“. Weiter sagt er zwar: „Bei sorgfältigem Zerzupfen gelingt es nun ganz gut, einzelne Muskelzellen der Länge nach zu zerreißen und so die contractile Rinde einer Seitenwand zu isoliren, resp. auch eine dünne Lamelle der contractilen Substanz abzuspalten“. Aus seiner ganzen weiteren Darstellung geht aber deutlich hervor, dass er keine vollkommen isolirten contractilen Elemente oder auch nur Rissenden der contractilen Substanz, welche die Auflösung derselben in ihre einzelnen Bestandtheile zeigen, wie ich es in Figur 2, 3 und 10 dargestellt habe, vor sich gehabt hat.

In der citirten technischen Angabe finde ich zunächst zwei Fehlerquellen, von welchen ich zwar nicht sicher behaupten kann, dass gerade diese die Resultate von BÜTSCHLI so ungünstig beeinflusst hätten, welche ich aber hier doch erwähnen will, sogar auf die Gefahr des Vorwurfes hin, mich auf allzu kleinliche Einzelheiten auszubreiten. Bei ähnlichen Untersuchungen zogen aber schon oft die scheinbar unwichtigsten Umstände die grössten Irrthümer nach sich. Einmal ist es nicht correct, die Leibeswand von *Ascaris* vor dem Fixiren und Conserviren in kleine Stücke zu zerschneiden, nicht nur deshalb, weil so die ziemlich wasserhaltigen Gewebe uncontrollirbare Quetschungen erfahren können, sondern hauptsächlich deshalb, weil die sehr dicke Cuticula der Leibeswand, vor der vollständigen Conservirung sich selbst überlassen, sich auch frisch, aber besonders unter der Einwirkung der Fixirungsflüssigkeit in ganz anderer Weise und meist in viel höherem Grade als die mit ihr durch Vermittlung des Subcuticulargewebes (im Leben wenigstens) so innig verkittete Schicht der Musculatur zusammenzieht. (Beim Herausschneiden aus dem lebenden Thier contrahiren sich übrigens die Muskelfasern auch activ ungemein stark.) Dadurch erleiden die Muskelzellen

verschiedene Verlagerungen und Formveränderungen; noch viel wichtiger aber ist es, dass in dieser Weise die Primitivfibrillen in der contractilen Substanz keinen gestreckten, geraden Verlauf behalten können, sondern bald grössere, bald noch viel störendere kleine Wellen in ihrem Verlauf beschreiben müssen. In dieser Weise wird die Deutlichkeit der möglichen Bilder ausserordentlich beeinträchtigt und eine Fehlerquelle eröffnet, die mit anderen noch zu erwähnenden Umständen zusammen vielleicht auch dazu beigetragen hat, dass sich die Schaumstructur der contractilen Fibrillen dem Geiste BÜTSCHLI's aufgedrungen hat. Ich habe es übrigens schon bei anderen Gelegenheiten wiederholt betont, dass eine richtige Erkenntniss der contractilen und leitenden Primitivfibrillen nur dann möglich ist, wenn man nicht blos gestreckte, sondern geradezu bis auf das physiologisch mögliche Maximum gedehnte Muskel- resp. Nervenfasern vor sich hat. Die einmal schon gewonnene richtige Erkenntniss kann jedoch unter Umständen auch durch wellig verlaufende Fibrillen sehr gestärkt und in anderen Richtungen erweitert werden.

Die andere Fehlerquelle ist das bei BÜTSCHLI öfters betonte „sorgfältige Zerzupfen“. Sobald es irgend welche Mühe kostet, die Elemente eines Gewebes oder die einer Zelle zu isoliren, so ist das Gewebe, resp. die Zelle nicht gut macerirt. Und hier handelt es sich gerade um den höheren Grad der Macerirung, nämlich um die der Zellen selbst. Der mechanische Eingriff mit den Nadeln ist nur dann ein Factor, den man vorläufig vernachlässigen kann, wenn die Consistenz und der Widerstand der Kittsubstanz, welche die Elemente mit einander verbindet, sehr viel geringer ist als die der Elemente selbst; sonst müssen letztere beim „sorgfältigen Zerzupfen“ unvermeidlich gequetscht und deformirt werden. Der nöthige Unterschied in der Resistenz der Primitivleisten und der sie verkittenden, zusammenhaltenden Substanz ist bei *Ascaris* nur dann erreicht, wenn die Musculatur auf die einzelnen Muskelzellen beinahe von selbst zerfällt. Dieser Punkt ist aber an dem Untersuchungsmaterial von BÜTSCHLI entweder nicht eingetreten oder er wurde überschritten und verpasst; denn letzteres kann gelegentlich auch vorkommen.

Bei einer guten Macerirung müssen die zu isolirenden Elemente durch die Macerationsflüssigkeit selbst zuerst sowohl in Form, als in innerer Beschaffenheit tadellos fixirt werden; sie müssen sogar eine grössere Resistenz und Elasticität, als es bei einer anderen Fixirung schon genügt, erhalten; gleichzeitig muss die verbindende Substanz in

höchstem Grade gelockert, die ungeformten Kittmassen vollkommen gelöst werden. Hat die Macerationsflüssigkeit diese doppelte Aufgabe richtig erfüllt, so müssen die im übrigen unbeschädigten Elemente so zu sagen von selbst auseinanderfallen. Ein einfaches Rütteln muss zum Theil schon genügen; die Nadeln haben bloß die Cohäsion oder höchstens eine Verklebung durch die flüssig gewordene Kittmasse zu überwinden und die bereits von einander getrennten Elemente auf dem Deckglas bloß auszubreiten. Andererseits ist es eben aus dieser doppelten Aufgabe erklärlich, dass beinahe jede Gewebsart und jede Thiergruppe ein Specificum an Macerationsflüssigkeit erfordert; eine allgemein brauchbare giebt es nicht. Für gewisse Gewebe gewisser Thiergruppen ist es Anderen und auch mir schon gelungen, solche Specifica aufzufinden; in vielen Fällen habe ich mich umsonst bemüht, tadellose Macerationspräparate zu erhalten. Oft habe ich es versucht, aber nur selten mit vollkommenem Erfolg, die beiden genannten Aufgaben auf verschiedene Reagentien zu vertheilen: erst zu fixiren und dann die verbindende Substanz aufzulösen oder zu lockern. Meist kann man so zur richtigen Erfüllung der zweiten Aufgabe kein geeignetes Reagens finden; denn es löst entweder die verbindende Substanz nicht gut, oder es erweicht und verunstaltet auch die zu isolirenden Elemente.

Es ist eigenthümlich, dass sich mir nach zahlreichen Versuchen gerade die auch von BÜTSCHLI, aber mit wenig Erfolg benutzte MÜLLER'sche Flüssigkeit als das Specificum für Ascarismusculatur erwiesen hat, also ein Mittel, welches seit jeher als sehr geeignet zur Untersuchung der Nematoden bekannt ist. Ein Gemisch von Eisessig, Salpetersäure, Glycerin, Alkohol und Wasser, welches ich bei Hirudineenmuskeln besonders bei Pontobdella mit ausgezeichnetem Erfolg angewandt habe, hat sich hier nicht bewährt¹. Auch die Methode, welcher

¹) Die genaue Zusammensetzung dieses Gemisches ist: 15 Volumtheile Eisessig, 15 Th. Salpetersäure, 100 Th. Alkohol absolutus, 100 Th. Glycerin und 100 Th. Wasser. Die Thiere wurden in 30procentigem Alkohol betäubt und so auf mit Paraffin durchtränkten dicken Filzstreifen durch ihre beiden Körperenden mit Cactusstacheln festgesteckt, und zwar in einem Dehnungszustande, welcher dem physiologisch möglichen Maximum entsprach. In diesem Zustande werden sie auf 24 Stunden in die Macerationsflüssigkeit gelegt; dann wurde diese einfach abgossen, nicht ausgewaschen und durch ein mässiges Quantum von 70procentigem Alkohol ersetzt, welches nicht gewechselt werden soll. In diesem Alkohol quellen die Thiere ziemlich stark durch Auflösung der Bindesubstanzen und werden sehr durchsichtig. An Stelle des Alkohols kommt nach 24 Stunden 50procentiges Glycerin, welches solange gewechselt werden muss, bis es nicht mehr sauer reagirt. Untersucht wurde

ich die Isolirung der leitenden Primitivfibrillen aus den Connectiven der Hirudineen in Form von glänzenden, aber mit den contractilen Fibrillen doch nicht zu verwechselnden, ziemlich starr gewordenen Fäden oder Stäbchen verdanke, hat sich hier nicht bewährt¹.

Zum Maceriren habe ich möglichst grosse Exemplare ausgewählt; mehrere waren gestreckt 35 cm lang. Kleinere habe ich blos vergleichshalber, um das Verhalten der einzelnen Bestandtheile der Muskelfasern bei ihrem Wachsthum, sehen zu können, präparirt. Die reichliche Menge frischen, lebenden Untersuchungsmaterials, beinahe an 100 Stück Thiere, verdanke ich der Freundlichkeit des Herrn Dr. ANTON VON GENERSICH, Professor der pathologischen Anatomie in Kolozsvár. Die Thiere werden lebend möglichst gedehnt und, wie es in den obigen Anmerkungen beschrieben ist, an beiden Enden festgesteckt, die Leibeshöhle etwas seitlich von der ventralen Medianlinie mit einem scharfen Rasirmesser der Länge nach aufgeschnitten. In diesem Zustand habe ich das ganze Thier in einen Glastubus mit 300 cc frischer MÜLLER'scher Flüssigkeit gesteckt. Die Flüssigkeit wurde erst nach einigen Stunden, dann jeden Tag 3- bis 4mal gewechselt. Die Thiere lebten darin noch bis eine Stunde lang.

ebenfalls in 50procentigem Glycerin. Aus solchen Thieren, besonders Pontobdellen, lassen sich auch die feinsten Verästelungen des peripherischen Nervensystems in Zusammenhang vom Ganglion bis in die Epidermis hinein ganz leicht herauspinseln.

¹) Diese Methode besteht im Folgenden. Die Thiere werden in 30procentigem Alkohol betäubt aber nicht getödtet. Nach einer Dehnung über das physiologisch mögliche Maximum, so weit es eben ohne Zerreißen des Thieres geht, und Feststecken in diesem Zustande wird der Bauchstrang blosgelegt, das Thier mit Sublimat-Eisessig-Alkohol (2procentige Sublimatlösung in 40procentigem Alkohol, welcher 5 Procent Eisessig zugegeben wird) übergossen, in diesem eine halbe Stunde lang gelassen. Es folgt ein Ausziehen in 70procentigem Alkohol, welcher durch zeitweisen Zusatz von Jod, behufs Entfernung des Sublimats, lichtbraun erhalten wird. Nach 24 Stunden kam das Präparat in eine frisch bereitete einprocentige Lösung von doppelchromsaurem Kali in 70procentigem Alkohol, in welcher es, vom Licht abgeschlossen, 3 Tage verweilte. (Die Bereitung dieser Lösung s. diese Zeitschr. Bd. V. 1888, p. 48. Es ist besser, um einen Niederschlag zu vermeiden, resp. um den sich bildenden durch Schütteln sofort lösen zu können, den Alkohol der Salzlösung zuzugießen, und nicht umgekehrt die Salzlösung dem Alkohol.) Nach Auswaschen in 70procentigem Alkohol und Einlegen in 50procentiges Glycerin konnte das Connectiv mit Leichtigkeit in die leitenden Primitivfibrillen zerlegt werden, in glashelle, ziemlich resistente feine Stäbchen, wie ich sie in meiner anfangs citirten Arbeit beschrieben habe.

Nach drei Tagen wurde das Thier schon ziemlich steif, und einzelne herausgeschnittene Stücke erwiesen sich beinahe vollkommen macerirt. Die Muskelschicht liess sich, besonders wenn ich in der MÜLLER'schen Flüssigkeit selbst präparirte, sehr leicht von den übrigen Schichten der Leibeswand trennen. Nachdem nun die Markbeutel und Querfortsätze mit einem elastischen Marderpinsel abgestreift worden, zerfiel die Musculatur durch starkes Schütteln in einer kleinen Glasröhre, immer in der MÜLLER'schen Flüssigkeit selbst, in kleinere Bündel von Muskelfasern, ja sogar in vollkommen isolirte Muskelzellen. Sogar die kleinsten Faserbündel sind nun so elastisch und fest, dass sie, wenn sie am Objectträger zwischen zwei Präparirnadeln noch so hin- und hergebogen werden, sich selbst überlassen, in MÜLLER'scher Flüssigkeit, welche gleichzeitig auch als Untersuchungsmedium und Einschlussmedium diente, immer wieder ihre schnurgerade Gestalt zurückbekommen; auch die isolirten Muskelzellen liegen, wenn es ihnen durch Druck nicht unmöglich gemacht wird, ganz ausgestreckt und eben vor uns. Die Muskelfasern lassen sich in der Quere verhältnissmässig sehr schwer zerreißen; um so leichter spalten sie sich in ihrer Länge. Sie zersplittern sich so zu sagen in ihre contractilen Leisten, welche, sich selbst überlassen, auch immer wieder ihren geraden Verlauf zurückerlangen. Sie sehen aus wie schmale Glasstreifen. Es genügt, eine Anzahl kleiner Muskelbündel mit einer Pincette zusammenzuraffen und sie einigemal an dem Objectträger anzutupfen, um neben einer grossen Anzahl vollkommen isolirter contractiler Platten dieselben in jedem möglichen Zusammenhang mit der Muskelzelle aufzufinden.

Da sich die Elemente der Musculatur von Ascaris schon nach drei Tagen so schön isoliren liessen, so glaubte ich anfangs, dass der geringe Erfolg, den BUTSCHLI mit derselben Flüssigkeit hatte, vielleicht daher rührt, dass er die Stücke der Leibeswand zu lange, nämlich ein halbes Jahr, darin gelassen hat. Nach 30 Tagen abgeschnittene Stücke desselben Thieres erwiesen sich jedoch noch vollkommener macerirt, die Elemente der contractilen Substanz noch leichter isolirbar ohne auch in irgend einer anderen Richtung ungünstig beeinflusst gewesen zu sein. Nach drei Monaten fand ich dasselbe; es fiel mir dabei auf, dass die contractilen Leisten eine besondere Neigung erhalten haben, sich auf die einzelnen Primitivfibrillen von isodiametrischem Querschnitt aufzulösen. Es fanden sich auch immer mehr solche Primitivfibrillen, die nicht mehr so glänzend und homogen wie früher aussahen, sondern eine feine Längsstreifung wahrnehmen liessen. Einzelne Stücke von ihnen faserten sich an ihren Enden pinselförmig auf; gelegentlich liessen sie

sich durch vorsichtiges, allmählich immer stärkeres Klopfen auf das Deckgläschen ganz in feinste Fibrillen zerdrücken. Dies gelang jedoch nur selten; viel häufiger war die Auffaserung der Fibrillenstücke an ihren Enden in feinste Fäserchen, die in die zarten Längsstreifen der Fibrillenstücke verfolgt werden konnten. Auf die Bedeutung dieser Erscheinung kommen wir weiter unten noch zurück.

Ein längeres Auswaschen der aus der MÜLLER'schen Flüssigkeit entnommenen Stücke in destillirtem Wasser erwies sich für die Präparation vorerst insofern nachtheilig, als die contractilen Elemente etwas erweicht wurden und die Zerspaltung der Muskelfasern nicht mehr so leicht vor sich ging, indem der Unterschied in der Consistenz der zu isolirenden Theile und der verbindenden Substanz wieder etwas geringer geworden ist. Die contractilen Elemente büssen in Wasser immer mehr von ihrer Steifheit und Elasticität ein, die sie in der MÜLLER'schen Flüssigkeit so vortheilhaft auszeichnen.

Ich untersuche meine Macerationspräparate, wenn es nur irgendwie möglich, zuerst immer in der Macerirungsflüssigkeit selbst. Das war in diesem Falle um so mehr angezeigt, da die MÜLLER'sche Flüssigkeit auch als Untersuchungs- und Einschlussmedium sehr werthvolle Qualitäten besitzt. Natürlich habe ich auch in destillirtem Wasser untersucht, um seine Einwirkung auf die contractile Substanz zu sehen. Ich hätte mich aber gehütet, in dieser Weise beobachtete feinere Structuren, indem solche von den in MÜLLER'scher Flüssigkeit gesehenen irgend eine Abweichung constatiren lassen, als maassgebend zu betrachten.

Eine weitere Fehlerquelle sehe ich nämlich bei BÜTSCHLI in dem Umstand, dass er hauptsächlich in destillirtem Wasser beobachtete, und zwar in zwei Richtungen: erstens weil das Wasser in den feineren Structuren besonders der conservirten Gewebe unnatürliche Veränderungen hervorrufen muss, und zweitens, weil es darin unmöglich wird, feinere Details der Structur, ausser dem blossen Wahrnehmen, was ja in Wasser erleichtert wird, auch optisch richtig zu beurtheilen.

Was den ersten Punkt betrifft, ist es denn nicht schon a priori wahrscheinlich, dass das Wasser, welches organischen Gewebsbestandtheilen, denen es vorher künstlich entzogen wurde, plötzlich wieder hinzugegeben wird, von jenen nicht gleichmässig aufgenommen wird, sondern in ihnen Ungleichheiten der Dichtigkeit verursacht und damit gewisse Structuren in ursprünglich homogenen Substanzen verursachen kann? Würden die mehr oder weniger entwässerten Bestandtheile der Gewebe in Wasser gleichmässig quellen und weder mehr noch weniger Wasser, als sie in natürlichem Zustande enthalten, aufnehmen, so wären

die mit Wasser erzielten Beobachtungsergebnisse vorwurfsfrei; da dies aber in der That nicht so ist, so ist die Gefahr von Kunstproducten um so grösser, je mehr Wasser dem Gewebe durch die vorhergehenden Manipulationen entzogen wurde, also z. B. unvergleichlich kleiner, wenn das Gewebe aus MÜLLER'scher Flüssigkeit, welche demselben nur wenig Wasser entzieht, direct in Wasser kommt, als wenn es, um geschnitten werden zu können, in Paraffin eingebettet war. Das Wasser bildet, in diese Substanzen wieder eingedrungen, kleinste Tropfen, welche mit starken Vergrösserungen noch sehr gut wahrnehmbar sind und, bei einer dichten Lagerung, die schönste Wabenstructur hervorrufen können. Es handelt sich hier meist nicht um einfache kleinblasige Quellungen, sondern um Entmischungsprocesse, wie solche Erscheinungen von den Botanikern genannt werden.

Dass durch Entmischungsprocesse die schönsten künstlichen Schaum-structuren entstehen können, welche den Protoplasmastructuren vollkommen ähnlich sind, hat ja BÜTSCHLI selbst zugegeben und als Beispiel die zum Aufkleben von Paraffinschnitten benutzte SCHÄLLIBAUM'sche Lösung hervorgehoben¹. Vielleicht noch schönere, sehr regelmässige und kleinwabige Structuren entstehen bei der Benutzung der MAYER'schen Eiweisslösung. Hier scheidet sich beim Coaguliren des Eiweisses das Glycerin in minimalen Tropfen aus, die von einander durch das erstarrte Eiweiss getrennt sind, welches die Wände der Waben bildet. Wurde eine solche dünne Eiweisschicht in Chloroform, welches Glycerin nicht löst, coagulirt und nachher in Luft trocken untersucht, so fallen blos die glänzenden Tröpfchen von Glycerin auf; setzt man aber z. B. eine alkoholische Hämatoxylinlösung (etwa MAYER's Hämocalcium) zu, welche das Glycerin sofort löst, das Eiweiss nicht erweicht, sondern in situ dunkel färbt, so erhält man die schönsten Protoplasmastructuren, wie sie die Photogramme von BÜTSCHLI zeigen. — Auch in der homogenen contractilen Substanz können zwei verschiedene, mit einander innig, ohne Bildung irgend einer Structur gemengte Bestandtheile vorhanden sein, welche sich während der Conservirung und der Entziehung des Wassers zwar gleich verhalten und ihre gegenseitigen Beziehungen nicht ändern, um so mehr aber nach Zuthat von destillirtem Wasser, indem dieses, energisch eindringend, die eine Substanz löst und in Form von Tropfen in der anderen ansammelt. Ist dagegen der ursprüngliche Wassergehalt der contractilen Substanz

¹) BÜTSCHLI, O., Untersuchungen über mikroskopische Schäume und das Protoplasma. Leipzig (Engelmann) 1892. p. 12.

noch nicht oder nur wenig vermindert, so lässt das eigene Wasser, welches aus ihr natürlich nichts auslaugen kann, das destillirte Wasser garnicht oder nur sehr allmählich eindringen. Deshalb ist, wie gesagt, nicht wahrscheinlich, das BÜTSCHLI auch in seinen Zupfpräparaten solche Entmischungswaben der contractilen Elemente vor sich hatte, um so möglicher ist es aber, dass ihm in seinen Schnitten auch solche vorkamen und ihn in seiner Auffassung verstärkten. In den Macerationspräparaten sind es andere Factoren, welche Wabenreihen in den Fibrillen optisch erzeugen können, und diese hängen zum Theil mit dem oben erwähnten zweiten Nachtheil der Beobachtung in destillirtem Wasser zusammen.

Der einzige Grund, weshalb man gelegentlich Untersuchungsmedien mit niederem Brechungsindex benutzen muss, ist, dass die zu beobachtenden Structuren in ihrer natürlichen Beschaffenheit zu fein sind um optisch leicht (oder überhaupt) wahrgenommen zu werden; daher sucht man ihnen möglichst dunkle und starke Grenzlinien im mikroskopischen Bilde zu verleihen. Das eine Mittel dazu ist, den Unterschied zwischen dem Brechungsindex der aufzufindenden Structurelemente und des Untersuchungsmediums so gross als nur möglich zu gestalten. Man darf aber nicht vergessen, dass in dieser Weise nur das Auffinden, das Constatiren des Vorhandenseins erleichtert wird, nicht aber die richtige Beurtheilung der Form, Grösse, Beschaffenheit und gegenseitiger Beziehung der Structurelemente, da ja die dunkeln, breiten Grenzlinien und Schatten nicht zu jenen gehören und vielfach geeignet sind, nicht nur die Feinheiten zu verdecken, sondern auch mannigfaltige optische Täuschungen hervorzurufen, welche natürlich um so grösser und um so schwerer zu controlliren sind, auf je stärkere Vergrösserungen man angewiesen war.

Handelt es sich um so schwierige Unterscheidungen wie hier, so können mikroskopische Bilder, welche sich blos auf Grund von natürlichen oder künstlich hervorgerufenen Lichtbrechungs differenzen aufbauen, nie allein maassgebend sein. Kann man keine anderen bekommen, so muss man indirecte, von unserem mikroskopischen Unterscheidungsvermögen mehr unabhängige Beweise für die Richtigkeit von dem suchen, was aus solchen mikroskopischen Bildern erschlossen wurde.

Im allgemeinen kann man sagen, dass das mikroskopische Bild ein um so richtigeres Urtheil über die wirkliche morphologische Beschaffenheit des abgebildeten zulässt, je geringer der Unterschied in der Lichtbrechung von Structurelement und Untersuchungsmedium sein

konnte, um ersteres noch deutlich wahrnehmen zu können. Der wesentlichste Vortheil unserer modernen Beleuchtungsapparate besteht eben nicht darin, dass sie dem mikroskopischen Bild auch bei starker Vergrößerung genug Licht verleihen, was ja die neuen Apochromate auch ohne Beleuchtungsapparat besorgen, sondern darin, dass jene Brechungs-differenz in jeder beliebigen Abstufung, wenigstens in der optischen Wirkung, vermindert oder ausgeglichen werden kann. Um anderseits diese Ausgleichung auch gehörig ausnutzen zu können, greifen wir zu unseren verschiedenen Tinctionen. Wir wollen eben mikroskopische Bilder erhalten, welche auf scharfe Farbenunterschiede zwischen Untersuchungsmedium und Structurelement beruhen. Deshalb scheint es mir ganz verkehrt, wenn BUTSCHLI sehr stark gefärbte dünne Schnitte, in welchen alles überhaupt Vorhandene durch seine Farbe erkenntlich sein müsste, in Wasser untersucht¹ und dabei vielleicht auch den ABBE'schen Beleuchtungsapparat vermeidet und eine Blende mit kleiner Oeffnung benutzt². Diese Art von Untersuchung dürfte nach solcher Vorbehandlung bloß eine Controlle dessen sein, ob im Schnitte nicht doch irgendwelche Elemente ungefärbt geblieben und daher nur so aufzufinden sind; im übrigen hilft dieses Verfahren nur, wirklich vorhandene Structurelemente zu verdecken, über ihre Form und Grösse zu täuschen und nicht Vorhandenes durch dunkle Schatten und lichte Reflexe in das Bild hineinzuschmuggeln.

Auf ein ganz anderes Blatt gehören gewisse optische Eigenschaften der Structurelemente, wie z. B. ihre eigene Lichtbrechung, Doppelbrechung etc. Hier muss man immer auch Untersuchungsmedien von geringem Brechungsindex nicht bloß zum Wahrnehmen überhaupt, sondern auch zur richtigen Beurtheilung heranziehen. Deshalb suchte ich bei meinen Untersuchungen über die contractile Substanz auch noch weniger lichtbrechende Medien als Wasser anzuwenden, und zwar hauptsächlich Luft. Für Macerationspräparate ist dies nicht thunlich, umsomehr aber bei sehr dünnen Paraffinschnitten, wie es weiter unten gezeigt werden soll. Wo man über gewisse Verhältnisse anderswie noch zweifeln kann, wird die Auffälligkeit von diesen in Luft so ausserordentlich gesteigert, dass man in diesen Punkten vollkommene Sicherheit erreicht.

Wie gesagt habe ich mikroskopische Macerationspräparate in MÜLLER'scher Flüssigkeit auch dauernd eingeschlossen. Sämmtliche

¹) Cfr. die oben citirte Ascarisarbeit.

²) Cfr. die oben citirte Arbeit über mikroskopische Schäume p. 59.

geformte Bestandtheile der Muskelfasern behalten darin, ohne irgend etwas an ihren sonstigen optischen Eigenschaften zu ändern, einen grünlichen oder bräunlichen Farbenton, welcher von dem viel lichterem, unter dem Mikroskop kaum bemerkbaren Ton des Gesichtsfeldes so sehr absticht, dass die feinsten Structurelemente sogar bei voller Beleuchtung mit dem ABBE'schen Apparat wahrnehmbar bleiben. Besonders die contractilen Primitivfibrillen stechen in dieser Weise ganz besonders ins Auge, verlieren aber, in Gegensatz zu anderen Methoden, hierbei auch von ihrer starken doppelten Lichtbrechung gar nichts. Da jedoch eine allmähliche Steigerung der Maceration in MÜLLER'scher Flüssigkeit auch unter dem Deckglase nicht zu vermeiden ist, und sich besonders die contractilen Fibrillen in schwächere Bündel von Elementarfibrillen, schliesslich vielleicht in die Elementarfibrillen selbst auffasern, so ist es rathsam, um einen gewissen status quo zu fixiren, auch andere Einschlussmedien zu benutzen. Es wurde Glycerin von verschiedener Verdünnung, hauptsächlich aber mein Gummisyrup¹ verwendet. Die MÜLLER'sche Flüssigkeit kann vom Präparat mit Filtrirpapier abgesogen und direct, ohne Auswaschen in Wasser, durch den Gummisyrup ersetzt werden. Der Gummisyrup wird schon in einigen Stunden hart, und das Präparat ist so sicher wie in Canadabalsam aufgehoben, jedoch in einem Medium, welches, in Betreff der Auffälligkeit feinsten Structuren, unvergleichlich bessere optische Eigenschaften besitzt. Ich habe es nicht bemerkt, dass sich in einem solchen Präparat nachträglich störende Niederschläge gebildet hätten. Die MÜLLER'sche Flüssigkeit, insofern sie durch Absaugen nicht entfernt werden konnte, wird aus der Umgebung des Objects durch den Gummisyrup vollkommen verdrängt und bewirkt höchstens eine geringe grünliche Färbung des Gummisyrups an den Rändern des Deckglases. Die grünlich-gelbe oder schwach bräunliche Färbung aber, welche die Structurelemente in der MÜLLER'schen Flüssigkeit angenommen hatten, bleibt vollkommen erhalten, was zu ihrer Erkennlichkeit und richtigen Beurtheilung sehr viel beiträgt, wogegen in Glycerin jener Farbenton vollkommen verschwindet, die Elemente absolut farblos werden. Auch von der Doppelbrechung wird im Gummisyrup viel weniger als in Glycerin eingebüsst.

¹) Objecte, welche Blasen oder Röhren mit dünner, aber schwer durchdringlicher Wand bilden, können natürlich nicht unmittelbar in Gummisyrup übertragen werden ohne zu collabiren. (Cfr. über Gummisyrup meine Arbeit: Erfahrungen in der Behandlung des Nervensystems für histologische Zwecke. Diese Zeitschr. Bd. IX, 1892, p. 22.)

Betrachten wir nun endlich näher, was in solchen Macerationspräparaten zu sehen ist. Ich werde in diesem Capitel nur das erwähnen, was sich auf die contractile Substanz bezieht, und die vielen wichtigen Beobachtungen, welche sich mir unter Anderen über Nervenfasern und Ganglienzellen, über die Art und Weise der Innervirung der Muskelfasern aufgedrungen haben, diesmal ganz bei Seite lassen.

Suchen wir uns ein abgespaltenes Stück der contractilen Rinde aus, von einer Stelle, wo die contractilen Leisten nicht höher als 2 bis 3 μ sind. Aehnliche Stellen sind leicht zu finden, denn ein grosser Theil der contractilen Substanz wird sogar in den allergrössten Thieren von solchen gebildet, falls nur die Muskelfasern bei genügender Streckung fixirt sind, was bei meinem Verfahren der Fall sein musste, bei BÜTSCHLI dagegen gewiss nicht war. Die ausgewählte Stelle, aus dem Seitentheile der Muskelfasern, näher zur äusseren Umbiegungskante der contractilen Substanz, entspricht in der etwas skizzenhaften Figur 1 der Stelle 2—3 μ . Sie soll von dem innen anhaftenden medullaren Plasma möglichst befreit sein, was bei guter Macerirung sehr oft der Fall sein wird, und ihre Aussenfläche dem Beobachter zukehren. So liegt die contractile Substanz in Längsansicht unmittelbar vor uns; denn sie ist mit gar keiner Membran bedeckt. Die Membran, welche BÜTSCHLI in seinen Figuren 3 und 4 so dick zeichnet, gehört eigentlich nicht zur Muskelzelle; sie stammt von jener, an vielen Stellen in feinere Blätter gespaltenen Membran her, welche nach innen gegen die Leibeshöhle die ganze Muskelsschichte, den Markbenteln eng angeschmiegt, bedeckt, und von welcher sich radiäre Falten nach aussen zwischen die Muskelfasern hinein erstrecken. In Macerationspräparaten liegt auch diese Membran isolirt, theils flach ausgebreitet, theils in verschiedener Weise gefaltet vor uns. Ihre näheren Beziehungen zu den Zellen der Muskelschichte werden auf Querschnitten des Thieres, besonders nach gewissen Färbungen (s. weiter unten die Analyse der gefärbten Schnittpräparate) deutlich.

Solche Streifen von contractiler Rinde, wie wir sie hier brauchen, lagen, viele Gesichtsfelder durch flach ausgestreckt, sehr oft vor mir. Sie entsprechen feinen Längsschnitten, wie wir sie zu Beobachtungen mit starken Vergrösserungen besser nicht wünschen können. Verschiedene Stellen von solchen Streifen sind in verschiedener Beleuchtung und Einstellung in den Figuren 2, 3, 5a, 5b und 10, 2000- bis 2500fach vergrössert (Apochromat von REICHERT, 2 mm, Apertur 1·35, und Semiapochromat 18, oder Apochromat von ZEISS 3 mm, Ap. 1·40 mit

ZEISS'schem Compensations-Ocular 18¹⁾ abgebildet, und zwar sowohl diese, wie auch alle anderen mit dem ABBE'schen Zeichenapparat. Letzteres war jedoch bei den stärksten Vergrösserungen blos durch Benutzung AUER'scher Gasflammen als Lichtquelle möglich².

Figur 2 ist die Wiedergabe einer Stelle, welche, was die relative Breite der contractilen und der zwischenliegenden Streifen betrifft, als typisch erachtet werden muss und wohl auch in anderer Hinsicht thatsächlich vorhandene Verhältnisse zeigt. Die contractilen Leisten wenden ihre äussere Kante dem Beobachter zu und stehen auf dem Gesichtsfelde genau vertical, worüber ich mich bei vorsichtigem Heben und Senken des Objectivs durch Nachziehen der Grenzlinien auf dem Zeichenpapier, indem die Spitze des Bleistiftes stets in denselben Linien blieb, überzeugen konnte. Bei höchster Einstellung auf die reellen Bilder der Streifen cL , d. h. der Kanten der contractilen Leisten, erscheinen diese hell, die dazwischenliegenden Streifen zR dagegen zunächst ganz dunkel.

Sehr oft kann man in dieser Weise die Streifen cL an den Enden des Rindenstückes in die frei hervorragenden oder sich seitlich abspaltenden (a in Figur 2) und oft lange ganz isolirt vor uns liegenden contractilen Leisten verfolgen, welche sich eventuell umlegen und dann ihre Breitseite zeigen. Aehnliche Strecken der contractilen Leisten sind auch bei voller Beleuchtung mit dem ABBE'schen Apparat sehr gut zu unterscheiden, da sie erstens einen sehr grossen eigenen Glanz besitzen und zweitens in der MÜLLER'schen Flüssigkeit den schon erwähnten ziemlich starken grüngelben oder bräunlichen Ton erhalten haben, welcher besonders im Gummisyrup sehr ins Auge sticht³.

¹⁾ Als entscheidend wurden immer nur mit ZEISS'schen Linsen erzielte Bilder betrachtet; denn von REICHERT konnte ich bis jetzt keine Linsen von 1.40 Apertur erhalten.

²⁾ BÜTSCHLI hat für seine Figuren 7 bis 9 a. a. O., welche mit Zeichenapparat gemacht sind, eine 4000fache Vergrösserung angegeben. Sie sind also offenbar keine directe, sondern eine etwa zweimal vergrösserte Wiedergabe des in der That gezeichneten. Die Vergrösserung, welche die von BÜTSCHLI hier benutzten Linsen (Apochromat 2 mm und Compensationocular 18) bei 160 mm Tubuslänge und 250 mm Schweite geben, ist ja blos 2250. Waren von diesen Linsen 4000fach vergrösserte Bilder auf die Zeichenfläche projicirt gewesen, was ja nicht unmöglich ist, so könnte ich ähnliche Bilder für feine Structuren schon an und für sich nicht für maassgebend halten.

³⁾ Eine Leiste, welche bei einer Höhe von 3 μ eine Dicke von etwas mehr als 1 μ hat, sieht von der Kante gesehen mehr als zweimal so dunkel gefärbt aus, als wenn sie sich auf ihre Breitseite umlegt. Das ist eine oft zu constatirende Thatsache, welche einfach darin ihre Erklärung hat, dass im

Ich benutzte gerade diese Färbung der Leisten, um ihre wirkliche Dicke messen zu können. Dies ist nur bei einer vollen Beleuchtung mit dem ABBE'schen Apparat möglich; denn nur in diesem Fall hat die Leiste in der oben angegebenen Einstellung keine dunklen Grenzlinien, welche sie entweder dicker oder dünner als sie sind erscheinen lassen. Die Leisten sind je nach ihrer Lage in der Muskelfaser ziemlich verschieden dick. Höhere Leisten sind im allgemeinen weniger dick als niedrigere, ohne jedoch auszuschliessen, dass auch hohe und dicke, niedrige und dünne vorkommen. Die contractile Muskelrinde verdickt sich (die Leisten werden höher) nach innen, dem Markbeutel zu, hört aber wieder verschmälert auf; sie verdünnt sich dagegen nach aussen und geht meist wieder etwas verdickt, an der äusseren Kante der seitlich stark zusammengedrückten Muskelfaser, auf deren andere Seite hinüber (Figur 1). Jene contractilen Leisten der grössten Exemplare von *Ascaris lumbricoides*, welche eine Höhe von 2 bis 5 μ besitzen, sind 1 bis 1.5 μ dick.

Figur 3 stellt solche contractile Leisten dar, welche alle am Ende eines Streifens von contractiler Rinde (wie in Figur 2) aus ihr divergirend hervorragten. Die Stelle, wo sie aus diesem hervortreten, hatte im Gesichtsfelde, resp. unter dem Spiegel des Zeichenapparates nicht mehr Platz. *a*, *b* und *c* sind Leisten, welche ohne Beleuchtungsapparat, bei enger Oeffnung des Diaphragmas und in verschiedener Einstellung sammt ihrer unmittelbaren Umgebung genau gezeichnet wurden. *a* ist eine Leiste bei der höchsten Einstellung auf das reelle Bild der dem Beobachter zugekehrten Kante; daneben zeigt *a*₁ dieselbe Leiste in voller Beleuchtung, wo ihre Grenzen durch ihre vom Gesichtsfeld deutlich abstehende Farbe erkenntlich waren. In *a* sehen wir einen stark glänzenden, lichten Streif, welcher seitlich durch sehr scharfe und dunkle Linien begrenzt ist; es hat den Anschein, als ob er mit einer deutlich umschriebenen Kugel enden würde. (Bei einer anderen Einstellung verschwindet diese.) Ausserhalb der sehr dunklen Grenzlinien giebt es jederseits einen weniger dunklen Streifen, welche am Ende der Leiste ineinander übergehen; sie sind etwas dunkler als das Gesichtsfeld, von dem sie durch einen beinahe ebenso breiten hellen Streif getrennt sind, welcher aber viel weniger glänzend als die Mitte des Bildes ist. Letztere allein entspricht der Leiste selbst. Nach diesem Bilde gemessen, wäre sie bloß 1 μ dick, wogegen sie in der That, wie *a*₁ zeigt, 1.5 μ ist.

ersteren Falle der Lichtstrahl eine zwei- bis dreimal so dicke Substanzschicht von derselben Beschaffenheit zu passiren hat wie in letzterem.

Auch bei jeder anderen Einstellung ergibt das Bild in dieser Beleuchtung eine zu geringe Dicke. In *b* ist eine in derselben Ebene wie *a* befindliche Leiste bei etwas tieferer Einstellung abgebildet. (Die Beleuchtung war nicht ganz central, und deshalb ist eine Seite der Leiste durch eine dunklere Grenz- und ausserhalb dieser eine helle Reflexlinie begrenzt. Der Pfeil zeigt die Richtung, von wo die beleuchtenden Strahlen kamen, an.) Eine dritte, in derselben Ebene befindliche Leiste ist in *c* bei noch tieferer Senkung des Tubus bis unter die Ebene des virtuellen Bildes der oberen Kante dargestellt. Nun erscheint die früher helle, glänzende Leiste ganz dunkel, dunkler als das Gesichtsfeld, mit schwarzen Grenzlinien, und ausserhalb dieser einen glänzend hellen Reflexsaum, welcher nach aussen scharf begrenzt, und beinahe so breit ist, als der der Leiste selbst entsprechende dunkle mittlere Streifen.

Die eben beschriebenen Thatsachen sind an jedem beliebigen Gegenstande von geeigneter gestreckter oder auch kugeligter Form zu constatiren, welcher das Licht stärker bricht, resp. dichter ist als das umgebende Medium, so an feinen Seidenfädchen, Fädchen von Glaswolle, Oeltropfen in Wasser etc. Das optische Verhalten dieser ist, wenn man von ihnen entsprechend grosse Bilder im Mikroskop erzeugt, mit dem der contractilen Fibrillen direct vergleichbar. Um zu constatiren, dass durch die starke (2000fache und noch stärkere) Vergrösserung keine Factoren in die Erscheinungen hineinspielen, welche einen directen Vergleich nicht zulassen würden, habe ich sehr feine platte Seidenfädchen ausgesucht¹, welche ebenfalls zwei- bis dreimal so breit als dick waren und eine beinahe ebenso starke Vergrösserung wie die contractilen Platten erforderten, um Bilder von gleichen Dimensionen zu liefern. Ueberhaupt haben diese Seidenfädchen, was ihren Glanz, die Stärke ihrer Doppelbrechung und ihr homogenes Aussehen betrifft, eine ganz frappante Aehnlichkeit mit den contractilen Primitivfibrillen.

Die theoretische Erklärung des oben Mitgetheilten findet man in dem bekannten Handbuch von NÄGELI und SCHWENDENER im 2. Capitel des vierten Abschnittes über die „Theorie der mikroskopischen Wahrnehmung“². Die Verwendbarkeit davon zu einer Erklärung der Resultate von BÜTSCHLI werden wir gleich sehen. Betrachten wir aber erst

¹) Solche ausserordentlich feine Fädchen fand ich in einem gewöhnlichen Seidenfaden; sie spalten sich, von den gröbereren Fädchen ab, was man oft verfolgen kann.

²) NÄGELI, C., u. SCHWENDENER, S., Das Mikroskop, Theorie und Anwendung desselben. 2. Aufl. Leipzig (Engelmann) 1877.

die isolirten contractilen Leisten noch im polarisirten Licht, was ja sehr leicht ausführbar ist, denn der ZEISS'sche Polarisationsapparat ist auch bei den allerstärksten Vergrösserungen sehr gut zu brauchen und gerade in diesem Fall ein unschätzbare Hilfsmittel, nur bedarf man einer sehr starken Lichtquelle. Wenn der Beobachter dafür sorgt, dass störende Lichtstrahlen von seinem Auge und dem Objecte abgehalten werden, so sieht er bei über 2000facher Vergrösserung noch sehr gut, dass bei Kreuzung der Nicols die contractile Leiste im vollkommen dunklen Gesichtsfeld ganz milchweiss, von der Kante gesehen sogar glänzend erscheint, ohne in dieser Beschaffenheit irgend eine Unterbrechung wahrnehmen zu lassen, falls sie nur eben und gestreckt liegt. Sie ist weiss sowohl von der Kante, als auch von der Breitseite gesehen; wo sie jedoch in Folge irgend einer Knickung einen optischen Querschnitt dem Beobachter zukehrt, erscheint sie dunkel. Sucht man sich eine Platte aus, welche wellig verläuft, wie man sie aus contrahirten Thieren, oder aus Stücken der Leibeswand, welche dem lebenden Thiere entnommen werden, massenhaft finden kann, so zeigt die helle Platte Unterbrechungen durch minder helle oder ganz dunkle Strecken, eine Erscheinung, welche aus der Thatsache, dass die contractilen Primitivfibrillen in Bezug auf ihre Längsachse positiv einachsig doppeltbrechende Gebilde sind, leicht zu erklären ist. Wie wäre dies aber möglich, wenn die contractilen Fibrillen aus bloß modificirtem, wabigem und nach BÜTSCHLI's Auffassung flüssigem Protoplasma bestehen würden?

Lassen wir jedoch vorläufig noch diesen Punkt! Wie gesagt, kann ich in der homogenen Substanz der von ihrer Kante gesehenen isolirten Leisten weder in polarisirtem, noch in gewöhnlichem Lichte irgend welche Unterbrechungen wahrnehmen, die sich auf die Querwände der Waben von BÜTSCHLI beziehen liessen. Die Homogenität der contractilen Primitivfibrillen wird höchstens durch eine Auffassung in ihrerseits wieder homogene Elementarfibrillen beeinträchtigt, ebenso wie die der Seidenfädchen durch Spaltung in feinste Seidenfibrillen¹⁾.

¹⁾ Der Seidenfaden ist ein in Fibrillenform erstarrtes Drüsensecret, also Protoplasmaproduct; die contractile Primitivfibrille ist ebenfalls ein in Fibrillenform erstarrtes Product vom Protoplasma, welches ein krystallinisches Moleculargefüge haben muss. Die Seidensubstanz erstarrt jedoch bloß ausserhalb der Zelle, die contractile Substanz innerhalb der Zelle, physiologisch noch während des Lebens. Ich will mich aber über diese Analogie hier nicht

Die isolirt vorragenden Primitivleisten lassen sich auch im polarisirten Licht, zwischen gekreuzten Nicols, in die ebenfalls hell glänzenden Streifen cL des Rindenstückes (Figur 2) verfolgen. So, bei dunklem Gesichtsfeld, sind auch die Zwischenräume zR vollkommen dunkel, in gewöhnlichem Lichte jedoch nicht. Man sieht in ihnen lichte, kugelige oder längliche Körnchen, welche oft als Verdickungen einer dünnen, hellen Linie aussehen (pL in Figur 2, 5 a und 6 b), die ich aus später anzugebenden Gründen Protoplasmaleisten oder kürzer Plasmaleisten nennen will. Oft sind dagegen die Körnchen ganz isolirt, ziemlich fern voneinander, wenn man eine gewisse Einstellung festhält; senkt man jedoch den Tubus, so findet man mit den höher oder tiefer liegenden scheinbar alternirende Körnchen in jeder Ebene. Manchmal sind die Plasmaleisten ziemlich dick und zeigen keine auffallendere Verdickungen, bloß unregelmässig wellige Seitenlinien (pL in Figur 2); dadurch stehen sie in dem auffallendsten Gegensatz zu den contractilen Leisten, deren Grenzlinien wie mit dem Lineal gezogen, parallel sind; ausserdem sind sie auch viel weniger glänzend und brechen, wie gesagt, nicht doppelt. Nur die allergrössten der Körnchen, welche sehr verschieden gross sein können, kommen an Glanz den contractilen Leisten nahe. Die Körnchen bilden stets nur eine Reihe; bloß hie und da sind neben der Hauptreihe oder neben der Plasmaleiste einzelne andere eingeschaltet. Die Plasmaleisten sind immer durch deutliche, dunkle Zwischenräume, nicht bloß Grenzlinien, von den benachbarten contractilen Leisten getrennt. — Somit haben wir bei dieser Einstellung auf das reelle Bild der Leistenkanten oder höchstens nur ganz wenig tiefer um auch die Plasmaleiste deutlich zu sehen, als hellstes Element des Bildes die homogenen contractilen Leisten, dann kommen die grössten Körnchen, weiter die Plasmaleisten; die dunkelsten Theile sind die Zwischenräume zwischen den Plasmaleisten und den contractilen Leisten.

Um die Breite der contractilen Leisten und ihre gegenseitigen Abstände richtig beurtheilen zu können, müssen wir natürlich hier noch nothwendiger zur stärksten Beleuchtung greifen und aus der grünlich- oder bräunlichgelben Farbe der Leisten unseren Nutzen ziehen. Gefärbt sind beiderlei Leisten und auch die Körnchen ungefähr in gleichem Grade; ob sie aber dabei dunkler oder lichter erscheinen, d. h. ihr Aussehen hängt davon ab, wie viel gefärbte Substanz durch sie der durchfallende Lichtstrahl beim Erzeugen des Bildes zu passiren

weiter auslassen, da ich ja so nicht Raum genug hätte, meine Belege vorzuführen und nur zu Missverständnissen Veranlassung geben würde.

hat. Da nun der Lichtstrahl in den contractilen Leisten eine 2 bis 3 μ lange Strecke in gleichmässig gefärbter Substanz zu passiren hat, wogegen die Zwischenräume viel weniger dicht, durch die lockeren Plasmaleisten, resp. zerstreute Körnchen ausgefüllt ist, so müssen die contractilen Leisten, bei Beseitigung ihres eigenen Glanzes durch die starke Beleuchtung, viel dunkler erscheinen, obwohl sie nach meiner Ansicht sogar in der MÜLLER'schen Flüssigkeit eigentlich am wenigsten gefärbt werden. An ähnlichen Stellen der contractilen Rinde wie hier (s. auch Figur 4) kommen auf 10 μ durchschnittlich 5 contractile Leisten und 6 Zwischenräume. In Figur 2 sind die Zwischenräume etwa $\frac{2}{3}$ so breit als die contractilen Leisten dick; letztere sind also etwas dicker als 1 μ (1.1 μ), erstere etwas schmaler als $\frac{3}{4}$ μ (0.74 μ). An anderen Stellen sind bei derselben Zahl die Zwischenräume bloß halb so breit als die contractilen Leisten dick; letztere 1.25 μ , erstere 0.625 μ . Oft sind die Abstände der Leisten so gross wie ihre Dicke, selten in der That grösser. Letzteres wird entweder optisch vorgetäuscht, wie wir gleich sehen werden, oder künstlich durch die Behandlung hervorgerufen.

Haben wir nun das richtige Bild, wie es oben geschildert wurde, mit den Augen, oder noch besser mit dem Zeichenapparat fixirt (Figur 5a) und senken nun sehr vorsichtig und langsam den Tubus, um behalten zu können, was wir früher hell resp. dunkel gesehen haben, so bemerken wir, dass der Zwischenraum allmählich heller wird und die Körnchen und die Plasmaleiste darin dunkler; die Grenzlinien der contractilen Leiste rücken zusammen, die Leiste wird schmaler, es breitet sich in ihr nach innen ein dunkler Schatten aus, welcher von beiden Seiten her zusammentrifft, so dass wir an der Stelle der früher hellen Leiste einen bedeutend schmäleren dunklen Streifen erblicken, welcher nach aussen sehr scharf und dunkel begrenzt, in der Mitte etwas weniger dunkel ist. Diese von nun an dunklen Streifen, welche den contractilen Leisten entsprechen, scheinen von einander weiter abzustehen, als es den früheren dunklen Zwischenräumen entspricht. Letztere sind eben hell geworden und sind in ihrer Mitte durch eine wellige, mit Knoten versehene dunkle Linie oder durch eine Reihe isolirter dunkler Punkte, was selten ist, in zwei gleiche Hälften getheilt. Die beiderseitigen hellen Reflexsäume, welche die dunkel eingestellte contractile Leiste begleiten (*c* in Figur 3), stossen in der Mitte des Zwischenraumes, wo sie das dunkel gewordene Bild der Plasmaleiste verschmälern, zusammen. So bekommt, wie es BUTSCHLI wünscht, jede dunkle Wabenreihe contractilen Plasmas beiderseits eine sie

begleitende lichte Wabenreihe gewöhnlichen Plasmas (vergleiche Figur 5 b, mit 5 a).

BÜTSCHLI sagt nämlich: „Bei Untersuchung in Wasser oder stark verdünntem Glycerin lässt sich schon ohne jegliche Färbung erkennen, dass die Längsstreifung der contractilen Substanz von zweierlei Dingen herührt. Einmal durchziehen dunklere fibrillenartige Gebilde, d. h. eigentlich Platten (Figur 1 *cE*), die Substanz der Länge nach parallel, und ferner verläuft zwischen je zwei solcher Platten eine schwerer sichtbare, jedoch meist recht deutliche und ziemlich dunkle Linie (*m*).“ Nun kennen wir die Genese dieser Täuschung. Sie wird um so grösser, in je geringer brechendem Medium man untersucht und je gedämpftere Beleuchtung man benutzt. Die *cE* Streifen BÜTSCHLI's erscheinen um so dunkler und schmaler, seine „Mittellinie *m*“ um so schärfer, und die „beiden Wabenreihen gewöhnlichen Plasmas“ um so lichter und breiter. Solche Stellen, wie in der Figur 1 von BÜTSCHLI, wo die Zwischenräume dreimal so breit sind als die contractilen Platten dick, kamen mir in meinen Macerationspräparaten, obwohl ich eine grosse Anzahl besitze, gar nicht vor; solche können nur optisch vorgetäuscht werden, falls nicht künstlich deformirte Stellen abgebildet wurden. In Figur 6 habe ich vier Abbildungen einer genau festgehaltenen Stelle in vier verschiedenen Einstellungen, noch nicht einmal bei stark abgeblendeter Beleuchtung, zusammengestellt. Die Niveaudifferenz der Einstellungen ist je 5μ . Die Stelle befand sich genau zwischen 4 Theilstrichen des ZEISS'schen Ocularmikrometers bei einem apochromatischen Objectiv von 2 mm Brennweite. Auf diese 8μ Breite fielen gerade 4 contractile Leisten und 4 Zwischenräume gleichen Durchmessers. *a* ist eine Einstellung 5μ über der Ebene des reellen Bildes der Kante der contractilen Leisten; hier erscheinen letztere zweimal so dick als die dunklen Zwischenräume, in welchen die Körnchen resp. Plasmaleisten noch nicht wahrnehmbar sind. *b* ist eine Einstellung auf die reellen Bilder der Leistenkanten; Zwischenräume und lichte, glänzende Leisten erweisen sich gleich dick, in ersteren werden die hellen Körnchen oder Plasmaleisten sichtbar. *c* ist eine Einstellung auf die untere Kante der contractilen Leisten, welche jetzt dunkel und ein Drittel so dick als sie sind, aussehen; die scheinbar zweimal so breit (als in *b*, und dreimal so breit als in *a*) gewordenen Zwischenräume sind glänzend hell, durch eine den Plasmaleisten oder Körnchenreihen entsprechende nun sehr scharfe und dünne, dunkle Linie, welche wellig oder perlschnurartig ist, in zwei gleiche Längsfelder getheilt. *d* ist eine Einstellung 5μ tiefer als die untere Kante der contractilen Leisten. Die Beleuchtung war

nicht absolut central, es entstand also eine kleine Verschiebung des Bildes nach rechts. Die contractilen Leisten sind wieder breiter geworden, in der Mitte etwas heller, seitlich vielleicht noch dunkler als früher (beinahe einen inneren Hohlraum vortäuschend, wie auch schon in Figur 5 b); die verschmälerten Zwischenräume, nun so breit wie das Bild der contractilen Leisten, sind ganz hell und zeigen die dunkle Mittellinie nicht mehr; dieselbe ist vom starken, hellen Reflex, welcher etwas seitlich herkommt, insofern sie noch überhaupt sichtbar wäre (vgl. *a*, wo sie auch nicht zu sehen ist), vollkommen verdeckt.

Die Wirkung einer noch weiteren Abblendung des Lichtes besteht auf die geschilderten Bilder zunächst natürlich darin, dass der Gegensatz von Licht und Schatten, und der alternirende Unterschied in den Breiten von cL und εR noch grösser wird; ausserdem aber darin, dass die Wahrnehmbarkeit der Structurelemente bei einer höheren Einstellung anfängt und bis eine tiefere Einstellung als früher reicht. Daraus folgt nun nothwendig der auch bei der Mikrophotographie so oft und so unangenehm empfundene Uebelstand, dass das Bild, welches scharf eingestellt ist, bei jeder Einstellung sowohl von dem, was über der Einstellungsebene, als auch von dem, was unter ihr liegt, beeinflusst wird und zwar in einer um so störenderen Weise, je mehr das Licht abgeblendet ist (also auch je stärker die Vergrösserung). Kleine Pilzsporen in Wasser konnte ich ohne Beleuchtungsapparat, mit engen Diaphragma (Öffnung in der Höhe des Objecttisches) bei 2250facher Vergrösserung, obwohl sie bloss von 1 μ Durchmesser waren, 15 μ über ihrer eigentlichen Einstellung schon sehr gut sehen (hell, mit scharf begrenztem dunklen Hof von der Breite des hellen Innern), und 15 μ unter der eigentlichen Einstellung (d. h. 30 μ tiefer als früher) noch vollkommen deutlich (als Negativ des vorigen Bildes) wahrnehmen¹.

¹) Ich möchte hier auch auf jene Thatsache aufmerksam machen, dass ein kleines Object, welches das Licht schwächer bricht als das umgebende Medium (Luftbläschen in Wasser), bei gedämpfter Beleuchtung (enges Diaphragma, ohne Beleuchtungsapparat) grösser aussieht als bei voller Beleuchtung (Beleuchtungsapparat, offene Irisblende). Dagegen sieht ein kleines Object, welches das Licht stärker bricht als das umgebende Medium, bei voller Beleuchtung grösser als bei gedämpfter aus. Dies müsste bei der Beurtheilung der verhältnissmässigen oder absoluten Grösse feinsten Structurelemente mehr in Betracht gezogen werden, als es meistens geschieht. — Ich will es vorläufig schon hier betonen, dass auch die Körnchen, welche in den Zwischenräumen ungefärbt sichtbar sind, deshalb so dicht gedrängt bei den früheren Untersuchungen BÜTSCHLI'S und anderer Forscher erschienen sind, weil bei jeder Einstellung nicht nur die Körnchen der Ebene, auf welche scharf eingestellt

Nach allen dem, was im Obigen hervorgehoben¹ wurde, kann eine contractile Leiste oder Fibrille in der That noch so homogen sein, und bei der von BÜTSCHLI empfohlenen Beobachtungsweise doch Dichtigkeitsunterschiede in ihrer Structur vortäuschen durch folgende drei Momente, abgesehen von unregelmässigen, blasigen Quellungen und tropfenartigen Ansammlungen des in sie rasch aufgenommenen Wassers: 1) Durch unter- oder überliegende Körnchen des medullaren „Sarkoplasmas“, von welchem die contractile Rinde nur in sehr gelungenen Macerationen vollkommen befreit sein kann. Ist die Leiste tief, also dunkel eingestellt, so sind die stärker als ihre Umgebung brechenden Körnchen, welche der Lichtstrahl vorher zu passiren hat, und welche nahe genug liegen, für dasselbe Bild hoch, also hell eingestellt und täuschen so die Lumina der Waben vor, deren Seitenwände schon durch den dunkleren Saum des Streifens (s. Figur 5 b und 3 c) gegeben sind. Ist die Leiste hoch, also hell eingestellt, so sind die über ihr liegenden Körnchen tief, also dunkel eingestellt und scheinen eine Probe für die geringere Lichtbrechung des Wabeninhaltes zu sein, indem letzterer bei tiefer Einstellung hell, bei hoher Einstellung dunkel zu sein scheint. Liegen auch die Körnchen, welche das Bild der contractilen Leisten in dieser Weise beeinflussen, in verschiedenen Ebenen, so ist ihre Wirkung bei einer stark gedämpften Beleuchtung doch beinahe gleich, und zwar zwischen sehr weiten Grenzen ihres Abstandes von der scharf eingestellten Ebene. (Dieser Spielraum ist bei einem Körnchen von 1 μ Durchmesser, wie oben erwähnt, 30 μ , wenigstens aber 20 μ .) Schon dieses Moment allein könnte genügen, um ein solches Bild wie die Figur 1 von BÜTSCHLI zu erklären. 2) Durch Niveaudifferenzen mehr oder weniger regelmässig alternirender Strecken der Leiste in Bezug auf die Einstellungsebene. In je weniger gedehntem Zustand die Muskelfasern fixirt wurden, um so grösser wird die Zahl der wellig verlaufenden Leisten sein. Die Wellenhöhen sind nur selten auf die Kante der Leisten vertical, wodurch letztere, auch von der Kante gesehen, abwechselnd hellere und dunklere Strecken zeigen könnte. Das kommt meist nur an solchen Strecken der Leisten vor, wo sie eben so hoch wie dick sind, nämlich einer Primitivfibrille entsprechen. Um so gewöhnlicher

war, sondern auch die in höheren oder tieferen Ebenen liegenden sichtbar gewesen sein mussten und mit in das Bild hineinspielten.

¹) Manches mag hier der grossen Gelehrsamkeit gewisser Forscher als altbekannt und selbstverständlich erscheinen. Was nützt es aber, wenn diese selbstverständlichen Wahrheiten in der Praxis unberücksichtigt bleiben und nichts zur Vermeidung grober Beobachtungsfehler beitragen?

ist der wellige Verlauf, bei welchem die Wellenhöhen auf die Seitenfläche der Leisten (auf ihre Breitseite) vertical oder irgend wie geneigt stehen. Sind solche Leisten vertical auf das Gesichtsfeld, so ist ihr welliger Verlauf sofort erkenntlich und giebt zu keinerlei Täuschung Veranlassung; liegen sie jedoch auf ihrer Breitseite vor uns, so ist ihr welliger Verlauf als solcher nicht erkenntlich, sondern macht bei irgend einer scharfen Einstellung den Eindruck abwechselnder dunkler und lichter Querstreifen; dazu kommt noch, dass die Grenzlinien der einzelnen Fibrillen in der Platte in Macerationspräparaten auch sichtbar werden (s. Figur 7 und 10), wodurch zu den Querwänden der Waben auch ihre Längswände vorgetäuscht werden. Neben dem ersten mag auch dieses Moment zur Entstehung der Figur 2 von BÜTSCHLI beigetragen haben. 3) Durch Schatten oder helle Reflexe der seitlich benachbarten Körnchen, welche, bei einer auch nur ganz wenig schrägen Richtung der Lichtstrahlen, in Form von Querstreifen auf die contractilen Leisten geworfen werden.

Am meisten kommen aber alle drei Momente zur Geltung, wenn dem Beobachter Stücke von contractiler Rinde vorliegen, in welchen die Leisten nicht vertical auf das Gesichtsfeld, sondern in irgend einem Winkel, schräg gegen dieses geneigt sind. Und diese Lage der Leisten ist, infolge ihrer Gestalt, der Auflockerung der Zwischensubstanz und des Druckes mit dem Deckglase in Macerationspräparaten die gewöhnlichste. Die Trugbilder, welche von solchen Stücken herrühren können, und welche meiner Ueberzeugung nach auf die Untersuchungsergebnisse von BÜTSCHLI einen wesentlichen Einfluss hatten, will ich wegen des beschränkten Raumes nicht mehr analysiren; sie lassen sich ja nach dem Obigen leicht erklären. Man kann sich von ihrem Einfluss nur dann vollkommen befreien, wenn man volle Beleuchtung und nicht sehr schwach brechende Medien zur Untersuchung benutzt. In dieser Weise unterscheidet man ungefärbte Structures viel schwerer; man sieht viel weniger, aber man wird auch viel weniger leicht getäuscht. Deshalb soll man sich mit geeigneten Tinctionen helfen, diese aber nicht wieder in Wasser und bei stark gedämpfter Beleuchtung untersuchen!

Wenden wir uns nun wieder zu den übrigen physikalischen Eigenschaften der contractilen Substanz!

Wie gesagt, besteht jede contractile Leiste aus einer Reihe von contractilen Fibrillen, welche radiär hintereinander gelagert sind. Somit hat jede contractile Leiste die Dicke einer Primitivfibrille und die Höhe von mehreren oder weniger, nicht selten, hauptsächlich in

gewissen Regionen der Muskelfaser, von einer, sehr oft von zweien oder dreien, meist von 6 bis 8, an den verdickten Stellen der Rinde (Figur 1) bis 15, ja sogar 20. Die Querschnittsbilder der Primitivfibrillen entsprechen den einzelnen contractilen Waben in den Figuren 3 und 4 von BÜTSCHLI. Die dort abgebildeten Schnitte stammen von in MÜLLER'scher Flüssigkeit ein halbes Jahr lang macerirten Muskelstücken; die Querschnitte der Primitivfibrillen, meist von viereckiger oder rundlicher Form, sind aber auch an nicht macerirten Präparaten oft sehr deutlich zu unterscheiden, in Gegensatz zu ROHDE's Behauptung, jedoch mit gewissen Stellen seiner Zeichnungen übereinstimmend. Dieselben Querschnittsbilder der einzelnen Primitivfibrillen in der Primitivleiste kann ich nun auch bei Pontobdella an Querschnitten sehr schön demonstrieren (s. die Anmerkung auf p. 37). Doch gehört dieser Punkt in ein späteres Capitel, wo ich meine Schnittpräparate beschreiben werde.

Ich habe schon mehrmals erwähnt, wie grosse Neigung die contractilen Leisten in meinen Macerationspräparaten besitzen, sich in ihre Primitivfibrillen aufzulösen. Würden nun die Leisten auch aus Wabenreihen bestehen, wie es BÜTSCHLI haben will, so könnten sie doch nicht so wie in Figur 2 gebildet sein, wo die benachbarten Wabenreihen gemeinsame Längswände besitzen. So glatt, wie es in der That der Fall ist, könnten sich die Leisten höchstens nur dann in ihre Fibrillen, sagen wir mit BÜTSCHLI, in ihre einzelnen Wabenreihen auflösen, wenn jede Wabe ganz eigene Seitenwände besitzen würde, wie das von den nicht contractilen Wabenreihen der Zwischenräume gegen die Mittellinie zu behauptet wird. Wie wäre es aber auch dann erklärlich, dass sich die Leiste in viel dünnere und viel zahlreichere Fibrillen niederer Ordnung spaltet, als Wabenreihen in ihr nach BÜTSCHLI vorkommen, da sie ja auf dem Querschnitt aus einer Wabenreihe bestehen? Jede Fibrille müsste so dick sein wie die contractile Leiste, aus welcher sie herkommt. In Figur 7 sind zwei Strecken einer und derselben Platte, welche sich auf ihrer Breitseite befindet, abgebildet; *b* zeigt das aufgefasernde Ende derselben. Diese Platte ist in ein Stückchen contractiler Rinde hinein zu verfolgen und zeigt dort, von der Kante gesehen, dieselbe Dicke wie die Leisten in Figur 10. Neben dem hier abgebildeten Rindenstück, in welchem die Leisten mehr als $1\ \mu$ dick und nur wenig höher als $2\ \mu$ sind, befindet sich eine Leiste seitlich abgespalten und umgelegt, welche in 5 Bündel von Elementarfibrillen zerlegt erscheint. Ja wir können sogar noch weiter gehen. Wir haben schon betont, dass jedes solches Bündel wieder in noch feinere Fäserchen zerfällt. In

Figur 9 a, b und c sind drei verschiedene Strecken einer verzweigten contractilen Platte aus einem Muskelquerfortsatz abgebildet, an deren contractiler Natur, wie noch gezeigt werden soll, kaum gezweifelt werden kann. *b* ist die Fortsetzung des Zweiges *x* in *a*, *c* die des Zweiges *y* in *b*. Das Ende von *c* zeigt die Auffaserung auf das Schönste. In Figur 9 d sind die zwei mit *z* bezeichneten Fasern bei einer 2250fachen Vergrösserung sehr genau abgebildet. Sie sind schon so ungemein dünn, dass sie wirklich nicht mehr viel Elementarfibrillen enthalten dürften, wenn nicht schon ihre Enden wenigstens je einer Elementarfibrille entsprechen. Und dennoch sind sie ausserordentlich glänzend und deutlich doppelbrechend. Wo bleiben neben solchen Fibrillen die Waben BÜTSCHLI's; diese müssten ja einen wenigstens so grossen Durchmesser haben wie die Stelle *w* in Figur 9 c und d. — Diese Thatsachen, welche sich an meinen Präparaten sehr leicht demonstrieren lassen, können sich mit der Auffassung BÜTSCHLI's absolut nicht vereinigen; sie bestätigen aber um so mehr meine Auffassung, dass die contractilen Primitivfibrillen ihrerseits wieder aus einer je nach ihrer Stärke kleineren oder grösseren Anzahl von Elementarfibrillen zusammengesetzt werden.

Auch die grosse Widerstandsfähigkeit der contractilen Fibrillen gegen mechanische Eingriffe habe ich schon erwähnt¹. Und das gilt nicht nur für conservirte, sondern auch für frische Fibrillen während des Lebens. Zu solchen Versuchen eignet sich jedoch *Ascaris* weniger, da ihre Muskelzellen frisch nicht leicht zu isoliren sind; um so geeigneter dagegen sind gewisse Hirudineen, namentlich *Pontobdella*, bei welcher die Primitivfibrillen auch etwas weniger wasserreich, etwas dichter sind als bei *Ascaris*. Ich präparirte im lebenden Thier von der Darmwand die äussere bindegewebige Hülle und das innere Epithel ab so weit es eben frisch ging, damit bloss die Muskelwand, die zwei Schichten sich kreuzender Muskelfasern übrig bleiben. Ich nahm stets vollgesogene Thiere, deren Darmwand schon auf das Maximum gedehnt und ziemlich dünn war. Die Muskelfasern in so ausgebreiteten Stücken liessen sie sich sehr gut mit den allerstärksten Systemen beobachten, da sie, wie bekannt, sowohl in der Quer- als auch in der Längsschicht bloss eine Lage bilden und überdies in der glashellen Grundsubstanz nicht nur weit von einander entfernt, vollkommen gerade verlaufen,

¹) Das Verhalten der contractilen Substanz gegen verschiedene Reagentien, namentlich Säuren und Alkalien, werde ich in einem späteren Capitel schildern, da dieses uns zugleich Anhaltspunkte zur kritischen Beleuchtung verschiedener anderer Präparationsmethoden, welche an *Ascaris* vorgenommen wurden, liefern wird.

sondern auch selbst bandartig abgeplattet sind mit wenig medullarem Plasma und kaum höheren als breiten contractilen Leisten. Ich habe es schon bei anderer Gelegenheit wiederholt betont, wie sehr auffallend hier die doppelte Lichtbrechung der contractilen Leisten ist; jene Eigenschaft leistete mir auch bei diesen Versuchen sehr gute Dienste. Ich drückte und quetschte nun diese Muskelfasern so stark als es überhaupt nur möglich war; es gelang auch sie zu zerquetschen. Doch die Fibrillen wurden dadurch an vielen Stellen gar nicht beschädigt, nur weit auseinandergeschoben; sie zeigten denselben auffallenden Glanz und traten zwischen gekreuzten Nicols als hellglänzende scharfe Streifen hervor.

Wäre diese Thatsache möglich, wenn die contractilen Leisten aus dem flüssigen contractilen Plasma BÜTSCHLI'S, aus Wabenreihen mit so dünnen Wänden, wie er sie für Ascaris zeichnet, bestehen würden? Ich finde in den Arbeiten von BÜTSCHLI zwar keine directe Aeusserungen über die physikalischen Eigenschaften seines contractilen Plasmas, aber davon, wie er sich die Muskelcontraction denkt¹, kann ich nur darauf schliessen, dass nach ihm auch das contractile Plasma etwas Flüssiges ist; ob die Wand der Waben dichter oder wasserhaltiger als ihr Inhalt, erfahren wir nicht. Ist der Inhalt der Waben dasselbe wie im gewöhnlichen Protoplasma, oder ist es eine andere Substanz; sind die contractilen Waben bloß durch die Verschiedenheit ihrer Wandung von den gewöhnlichen Plasmawaben verschieden oder auch durch ihren Inhalt? Auf diese Fragen finde ich keine Antwort. Da es nun aber heisst, dass bloß die Wände der Waben das eigentliche Protoplasma bilden, so muss derselbe Satz auch für das contractile Plasma Geltung haben. Jene specifischen Eigenschaften der contractilen Leisten, ihr Glanz, ihre Doppelbrechung, ihre Consistenz und so weiter, wie wir sie noch kennen lernen werden, von welchen bei BÜTSCHLI zwar kein Wort erwähnt wird, welche aber nichtsdestoweniger da sind und nicht geleugnet werden können: diese müssen consequenter Weise Eigenschaften der flüssigen Wabenwände sein.

Dabei stossen wir aber sofort auf eine Schwierigkeit. Nach Macerirung in MÜLLER'Scher Flüssigkeit sind auch die contractilen Leisten von Ascaris sowohl gegen Druck als auch gegen Zug und Torsion, wie man sich durch einfache Experimente leicht überzeugen kann, ungemein resistent. Diese „Wabenreihen“ fallen nicht zusammen wie die wirklichen Waben des gewöhnlichen medullaren Plasmas, wie die der Plas-

¹) In den oben citirten Untersuchungen über Schäume, auf p. 208 u. 209,

maleisten, deren Wände doch beinahe ebenso dick abgebildet sind. Die contractilen Wabenwände können für sich allein auch durch die Conservirung unmöglich so sehr viel widerstandsfähiger geworden sein. Auch der Wabeninhalt muss in dem für BÜTSCHLI günstigsten Fall durch die MÜLLER'sche Flüssigkeit wenigstens anders coagulirt sein als im gewöhnlichen Plasma; dann ist aber auch das Enchylem der contractilen Waben eine andere, spezifische Substanz.

Auch den starken specifischen Glanz der contractilen Leisten können die Wände der Waben allein nicht bewirken. Würde der Inhalt der contractilen Waben dieselbe Lichtbrechung besitzen wie das Enchylem des gewöhnlichen Plasmas, so müssten die contractilen Leisten von der Kante gesehen als Röhren mit dünner, stark brechender Wand erscheinen, mit durch ebenfalls glänzenden Septen abgetheiltem, verhältnissmässig weitem Lumen. Man könnte vielleicht glauben, dass es nicht möglich ist, bei so geringen Dimensionen wie hier Röhren von soliden Cylindern zu unterscheiden. Dem ist aber nicht so, abgesehen davon, dass dann auch BÜTSCHLI nicht berechtigt wäre, seinerseits zu behaupten, dass seine Waben irgend welches Lumen besitzen. Ich habe nämlich zum Vergleich feine Fädchen von Schimmelpilzen, deren Dicke kaum $1\ \mu$ erreichte, mit isolirten contractilen Leisten in Gummisyrup zusammengemengt, sodass Pilzfaden und von der Kante gesehene contractile Leiste nebeneinander lagen. Stets war es möglich, den Pilzfaden als Röhre mit stärker brechender Wandung sehr leicht zu erkennen. Oft waren solche Fädchen mit glänzenden Sporen gedrängt voll; die einzelnen kugelligen Sporen von einem Durchmesser von kaum $1\ \mu$; sie berührten sich gegenseitig in der Reihe, in welcher sie sich befanden. Das war also wirklich eine Wabenreihe mit Waben von $1\ \mu$ Durchmesser, in welcher die feinen Linien, die im Bilde die Sporen von einander trennten, stets sehr deutlich waren. — Der gleichmässige starke Glanz der Leisten kann also nicht von so dünnen Wänden, wie sie die Waben nach BÜTSCHLI's Zeichnungen besitzen, herrühren; wenn aber der Inhalt der Waben das Glänzende ist wie die Sporen im Pilzfaden, so hätten die Querwände doch sichtbar sein müssen.

Wie verhält sich nun schliesslich Wabenwand und Wabeninhalt der contractilen Leiste in Hinblick auf deren so starke und so zweifellose Doppelbrechung? Das ist hier das Punctum saliens. Bekannterweise kann eine Flüssigkeit keine Doppelbrechung zeigen. Bei NÄGELI u. SCHWENDENER lesen wir (a. a. O. p. 363) Folgendes: „Eine fernere gemeinsame Eigenschaft der Flüssigkeiten, welche indess auch manchen festen Körpern zukommt, besteht darin, dass sie nie doppelbrechend

sind. Als Kriterium kann dieselbe jedoch nur insofern gelten, als Medien, welche im polarisirten Licht sich als doppelbrechend erweisen, jedenfalls nicht flüssig sein können“. Vielleicht könnte man noch einwenden, dass ja die Doppelbrechung von festen Körpern, etwa kleinsten Krystallen herrührt, welche jedoch in einer Flüssigkeit suspendirt sind. Vollkommen entkräftet wird aber auch diese Vertheidigung durch die Thatsache, dass der Charakter dieser doppelten Lichtbrechung auch der lebenden contractilen Fibrille eine in Bezug auf die Fibrillenachse stets gleiche und unveränderliche Orientirung der doppelbrechenden Elemente (der krystallinischen Inotagmen, wie ich sie mit ENGELMANN nennen will) beweist.

Flüssig ist also „das contractile Plasma“ sicher nicht, kann daher nach der Schammtheorie BÜTSCHLI'S consequent eigentlich schon deshalb nicht Plasma genannt werden. Bestehen könnte die contractile Leiste aber dennoch aus Wabenwänden und Wabeninhalt. Das, was von beiden die Doppelbrechung zeigt, ist nicht flüssig. Wäre die Wand doppelbrechend, so müssten bei geeigneter Einstellung die Lumina dunkel erscheinen; wären es die Lumina, so müssten die hellen Lumina von einander trennenden Querwände dunkel erscheinen, ebenso wie im Panzer von *Pleurosigma angulatum* die Zwischenräume der hellen Quarzkörnchen. Ich habe *Pleurosigma*, ja sogar *Surirella gemma* in verschiedene stark brechende Medien eingeschlossen, und doch habe ich ihre Structur stets leicht auf der oben erwähnten Grundlage mit meinen optischen Hilfsmitteln erschlossen, sowohl im gewöhnlichen als auch im polarisirten Licht. Weshalb würde ich denn in gut isolirten, vollkommen gestreckt liegenden contractilen Leisten die Waben, welche um so viel grösser, als die Maschen von *Pleurosigma* sein müssen, nicht sehen, wenn sie vorhanden wären, wenn die contractilen Fibrillen nicht homogen wären, d. h. sich nicht nur in ebenfalls homogene Elementarfibrillen zerlegen liessen? Wie aber Waben auch hier vorgetäuscht werden können, glaube ich gezeigt zu haben.

Es genügt also schon die Analyse ungefärbter Macerationspräparate zu beweisen, dass BÜTSCHLI'S Theorie von der Wabenstructur des Plasmas, welche im übrigen gewiss alle Achtung verdient, auf die contractile Substanz absolut nicht passt.

Die weiteren Bestandtheile der contractilen Substanz, namentlich die Plasmaleisten, und überhaupt der Bau der Musculatur von *Ascaris*, sollen, als Grundlage zu einer Vergleichung der Nematodenmuskeln mit

den Hirudineen- und Lumbricusmuskeln, an der Hand anderer, kritisch zu erleuchtender Methoden, in den nächsten Capiteln beschrieben werden.

Kolozsvár, im Mai 1893.

(Schluss folgt.)

Erklärung von Tafel III.

Figur 1. Stück eines $2\ \mu$ dicken Querschnittes von *Ascaris lumbricoides*. Sehr grosses Exemplar, vollkommen ausgestreckt. Hautmuskelschlauch. *cu* Cuticula, *sc* Subcuticula. Darüber die Muskelschicht. *cR* contractile Rinde, *mpl* medullares Plasma, *mb* Markbeutel, *me* an ihren zugespitzten Enden getroffene Muskelfasern. An der rechts angezeigten Stelle ist die contractile Rinde blos $2-3\ \mu$, links über $10\ \mu$ dick. Genau mit Zeichenapparat, blos nicht ausgeführt. Vergr. etwa 200. Sublimat-Alkohol heiss. Ungefärbt. In Luft eingeschlossen. (Vergl. p. 54, 56, 58.)

Figur 2. Längsansicht eines Streifens contractiler Rinde, von $2-3\ \mu$ Dicke. Höchste Einstellung auf die reellen Bilder der äusseren Kanten der contractilen Leisten *cL*. *pL* Protoplasmaleisten in den Zwischenräumen, *zR*, *nE* natürliche, zugespitzte Enden der contractilen Leisten innerhalb des Faserverlaufes. *Verl* Verlöthungsstellen zwei zusammenstossender zugespitzter Leistenenden. *Ple* isolirt hervorragende Rissenden von Plasmaleisten. *a* von den übrigen divergirende, abgespaltene contractile Leiste. Genau mit dem Zeichenapparat, jedoch nur zum Theil ausgeführt. Vergr. 2500. — MÜLLER'sche Flüssigkeit, 3 Tage. Gummisyrup. Volle Beleuchtung. (Vergl. p. 57.)

Figur 3. Aus einem und demselben Streifen contractiler Rinde hervorragende contractile Leisten. *a* hohe, *b* mittlere, *c* tiefe Einstellung ohne ABBE'schen Apparat, bei engem Diaphragma. *a*₁ Conturen der Leiste *a* bei voller Beleuchtung. (S. Text auf p. 58.) Zeichenapparat. 2000. Behandlung wie bei Figur 2. In MÜLLER'scher Flüssigkeit untersucht.

Figur 4. Die gegenseitigen Abstände der contractilen Leisten in einem Rindenstück von $10\ \mu$ Breite. Hohe Einstellung. Zeichen und Behandlung wie in Figur 2. Zeichenapparat. Vergr. 3000.

Figur 5. Stück contractiler Rinde bei oberer Einstellung: 5a; bei unterer Einstellung: 5b. *Ple* isolirtes Rissende einer Plasmaleiste besonders deutlich. Nur das wurde gezeichnet, was bei der entsprechenden Einstellung mit dem Zeichenapparat vollkommen deutlich war. Feinere Details in der Beschaffenheit der dunkel erscheinenden Plasmaleisten (Mittellinien von BÜTSCHLI) *pL* wurden weder hier noch in Figur 10 eingezeichnet. Vergr. 2200. Im übrigen wie Figur 2.

Figur 6. Vier verschiedene Einstellungen eines und desselben $8\ \mu$ breiten Stückes contractiler Rinde von $15\ \mu$ Dicke. (S. Text auf p. 63.)

Figur 7. Zwei Stellen (*b* das aufgefaserete Rissende) einer contractilen Leiste, welche von der Breitseite aufliegt. Links ein isolirtes Bündel von Elementarfibrillen, welches kleiner ist als eine dieser Leiste entsprechende Primitivfibrille. Zeichenapparat. Vergr. 2000. Die die Elementarfibrillen an-

deutende feinere Längsstreifung der einzelnen Fibrillen war mit dem Zeichenapparat nicht mehr zu zeichnen; sie wurde also nicht eingezeichnet. Ein in MÜLLER'sche Flüssigkeit seit 3 Monaten eingeschlossenes Präparat.

Figur 8. Stück 5μ dicker contractiler Rinde; innere Kante der Leisten dem Beobachter zugekehrt. *a* tiefere Einstellung auf das reelle Bild der äusseren Kante, *i* höhere auf die innere Kante. Aussen paarweise enger gelagerte Leisten divergiren etwas nach innen, wo die Zwischenräume *zR*, welche sie trennen, alle gleich breit sind; keine leistenförmige Fortsetzung des medullaren Plasmas in sie hinein; spärliche Interfibrillärsubstanz mit wenigen Körnchen (wie in der contractilen Rinde der Pontobdella- und Lumbricusmuskeln: Ringmuskeln des Oesophagus und des Magens bei letzterem). Vergr. 2000. Im übrigen wie Figur 2.

Figur 9. Strecken einer sich verzweigenden contractilen Platte aus den Muskelquerfortsätzen. *a, b, c* bei 500-, *d* (das aufgefasernde Ende von *c*, namentlich die Fäserchen *z*) bei 2250facher Vergr. Zeichenapparat. *a* die Platte von der Breitseite. *d* ein Astende ebenfalls von der Breitseite. *h* Strecken bei hoher, *t* bei tiefer Einstellung. *w* die entsprechende Stelle bei 500- und 2250facher Vergr. Im übrigen wie Figur 2. (S. Text auf p. 68.)

Figur 10. Auseinandergehendes Endstück eines Rindenstreifs; rechts eine abgespaltene, sich auffasernde Leiste von ebenda von der Breitseite. Etwas tiefe Einstellung. Isolierte Plasmaleisten *pL*. Vergr. 2000. Im übrigen wie Figur 2.

[Eingegangen am 20. Mai 1893].

Fig. 2.

$\frac{2500}{1}$

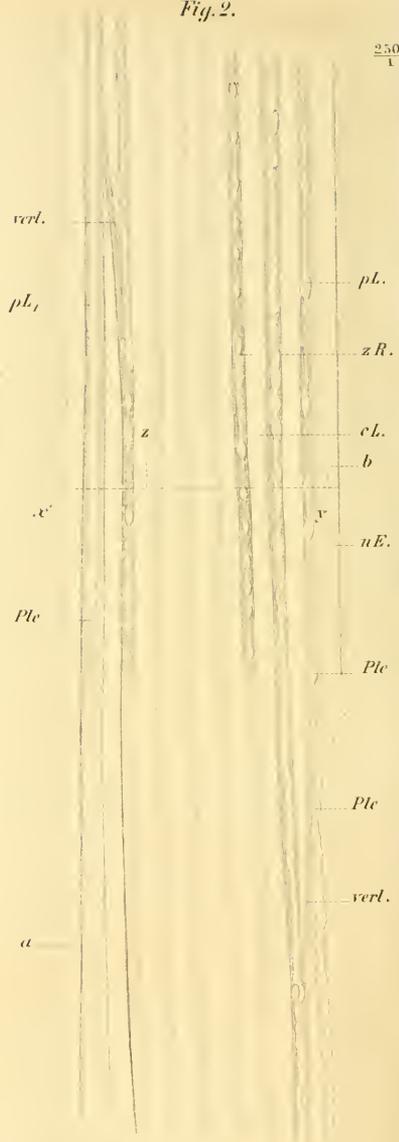


Fig. 1.

mb

$\frac{200}{1}$

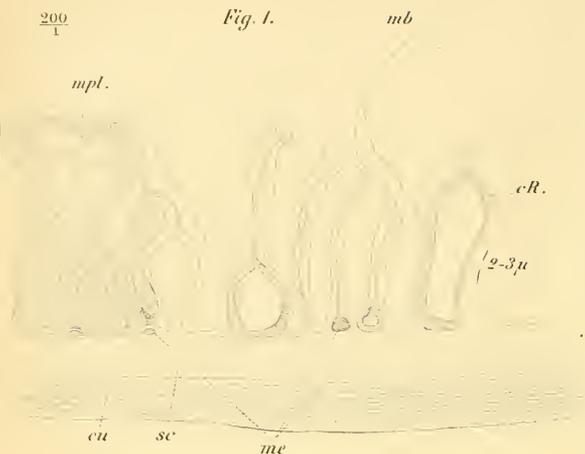


Fig. 7.

Fig. 3.

$\frac{2000}{1}$

$\frac{1}{2}\mu$

a₁

c.

$\frac{2000}{1}$

a.

a.

e

b.

b.

Fig. 4.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 μ

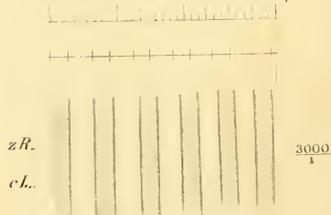


Fig. 5 a.

$\frac{2300}{1}$

cl.

pl.

Fig. 5. b.

$\frac{2200}{1}$

cl.

pl.

pl.

cl.

pl.

Fig. 6.

$\frac{2000}{1}$

a.

zR.

cl.

5

pl.

pl.

zR.

cl.

10

pl.

cl.

zR.

15

cl.

zR.

8 μ .

Fig. 8.

a.

$\frac{2000}{1}$

cl.

zR.

16 μ .

Fig. 9.

$\frac{2250}{1}$

a.

d.

i.

cl.

zR.

Fig. 10.

$\frac{2000}{1}$

pl.

cl.