

Ueber Verbreitung und Bedeutung feinfaseriger Strukturen in den Geweben und Gewebselementen des tierischen Körpers.

Vortrag, gehalten am 5. Nov. 1888 in der Universitäts-Aula zu Greifswald.

Von Dr. **Emil Ballowitz**,

Privatdozent und Prosektor an der königl. Universität zu Greifswald.

Meine Herren! Wohl wenige Gebiete unseres Wissens haben in den letzten Dezennien eine solche Ausdehnung gewonnen und haben sich dabei zugleich so vertieft und spezialisiert, als die Wissenschaft, welche es sich zur Aufgabe macht, den feineren und feinsten Bau der Lebewesen mit Hilfe des Mikroskopes zu erforschen.

Das Auffinden neuer und eigenartiger Methoden zum Nachweise organischer Strukturen — ich erinnere nur an die Metallreduktionen im Gewebe; die Einführung einer großen Zahl von Farbstoffen, ganz besonders der vielseitig verwendbaren Anilinfarben in die mikroskopische Technik; die Verbesserung des Verfahrens, auch die feinsten plasmatischen Strukturen genau oder fast genau in dem Zustande, in welchem sie sich während des Lebens befinden, zu fixieren; die äußerst vervollkommnete, besonders für das Studium der Entwicklungsgeschichte wichtige Schneidetechnik, welche es gestattet lückenlose Serienschritte von größter Feinheit auch durch die kleinsten und zartesten Objekte anzufertigen; vor allem aber die stetig zunehmende und schon bis zu staunenswerter Höhe gediehene Verbesserung unserer optischen Hilfsmittel, der Mikroskope, ich denke an die Immersionssysteme und die Beleuchtungsapparate — alle diese Faktoren und noch viele andere haben es ermöglicht, dass eine große Reihe wichtigster Thatsachen aufgedeckt wurde und die Lehre von der mikroskopischen Anatomie der Lebewesen in den einzelnen Disziplinen der organischen Naturwissenschaften einen solchen Umfang angenommen hat, dass es fast schon die volle Kraft des Einzelnen erfordert, dieselbe auch nur annähernd zu beherrschen. Es gilt dies in gleicher Weise für die Botanik wie für die Zoologie, für die Entwicklungsgeschichte wie für die vergleichende Anatomie.

Es darf hier nicht meine Aufgabe sein, auch nur anzudeuten, welcher Umschwung hierdurch in Anschauungen und Forschungsmethoden hervorgerufen wurde und wie umgestaltend diese spezialisiert mikroskopische Richtung auf den einzelnen Gebieten, auch auf dem der praktischen Medizin durch die epochemachenden bakteriologischen Entdeckungen, gewirkt hat. Hier soll nur die Lehre von der Struktur der Gewebe und Gewebselemente des Menschen und der höheren Wirbeltiere berührt werden und möge es mir gestattet sein, zu untersuchen, in welchen Bestandteilen des tierischen Körpers sich eine Zusammensetzung aus feinsten Fäserchen findet und welche Be-

deutung diese fibrilläre Struktur für die Gewebe und Gewebselemente besitzt. Diese Frage betrifft zugleich die feinsten, optisch noch nicht seit lange zugängigen Strukturverhältnisse der Zelle und ihrer Derivate und erlaubt zugleich, wenn auch von einem engbegrenzten Gesichtspunkte aus, einen Streifblick auf die Hauptgebiete der Gewebe- und Zellenlehre zu werfen. Der Umfang dieses Themas gebietet indessen, nur die Hauptpunkte zu berühren und auch von diesen nur eine flüchtige Skizze in engem Rahmen zu entwerfen.

Wie bekannt, ist Theodor Schwann der eigentliche Begründer der wissenschaftlichen Zellen- und Gewebelehre. Während bis dahin von den Anatomen nur Gruppen von Fasern, Zellen, Kugeln u. s. w. im Gewebe des Körpers unterschieden und ohne innern organischen Zusammenhang betrachtet wurden, führte Schwann alle die verschiedenen Gewebselemente auf einen Grundtypus zurück: auf die Zelle. In ähnlicher Weise, wie Schleiden kurz vorher die Zusammensetzung der Pflanzen aus Elementarteilen, den Zellen, nachgewiesen hatte, stellte auch Schwann für den tierischen Körper den Satz fest, dass sich auch dieser aus zahlreichen gleichwertigen Elementargebilden, den Zellen, zusammensetzt und dass sich alle Gewebselemente, so mannigfach sie auch gestaltet sein mögen, aus diesen mehr weniger selbständigen Zellen hervorbilden.

Diese Grundgedanken sind in einer kleinen Schrift, welche den vielsagenden Titel führt: „Mikroskopische Untersuchungen über die „Uebereinstimmung in der Struktur und dem Wachstum der Tiere „und Pflanzen“ und welche 1839 in Berlin erschien, sehr anziehend entwickelt.

Die konsequente Durchführung und wissenschaftliche Begründung dieser Idee ist das große unauslöschliche Verdienst Schwann's; auf diesen fundamentalen Sätzen beruht noch heute unsere ganze Anschauung, welche wir von der Zusammensetzung des tierischen wie des pflanzlichen Organismus besitzen. Zwar hat es nicht an Versuchen gefehlt, dieses Fundament zu erschüttern. Erst kürzlich ist von Heitzmann die Hypothese aufgestellt worden, dass einzelne, selbständige, gesonderte Elemente im Körper gar nicht vorkommen, vielmehr der ganze Organismus eine einheitliche Masse, ein sogenanntes Syncytium darstelle, in welcher alle Elementarteile mit einander zusammenhängen. Indessen konnte diese Hypothese einer genauen Prüfung nicht standhalten¹⁾.

Es lag nun im Wesen einer so umfassenden, erst den Grund zu einer ganz neuen Anschauung legenden Arbeit, wie Schwann sie lieferte, dass manche Irrtümer und Unrichtigkeiten mit unterliefen. Es blieb einer spätern Zeit vorbehalten, dieselben aufzuklären.

1) Vergl. hierüber auch A. v. Kölliker's Eröffnungsrede der Verhandlungen der ersten Versammlung der anatomischen Gesellschaft in Leipzig am 14. April 1887. Anatomischer Anzeiger, 1887, Bd. II, S. 336.

So musste schon bald der Begriff der tierischen Zelle selbst berichtigt werden. Schwann hatte, noch zu sehr beeinflusst von den Anschauungen Schleiden's über den Bau der Pflanzenzelle, die tierische Zelle als ein von einer Membran umgebenes Bläschen definiert, welches in seinem Innern einen Kern mit Kernkörperchen enthält. Die Membran sah er als etwas sehr wesentliches an. Es stellte sich indessen bald heraus, dass die Zellmembran sehr vielen Zellen ganz fehlt, und dass sie, wenn überhaupt vorhanden, nur ein accessorisches Gebilde ist, welches erst von der Zelle selbst geliefert wird.

Am weitesten fehlte Schwann in der Auffassung der Entstehung der Zellen. Er ließ die Zellen durch eine Art von *Generatio aequivo*ca im Körper entstehen und verglich ihren Bildungsprozess gradezu mit der Krystallisation. In ähnlicher Weise, wie die Krystalle in der Mutterlauge anschließen, sollten die Zellen sich in einer organisierbaren Flüssigkeit bilden. In diesem *Cytoblastem* genannten Bildungsstoff sollten sich die Moleküle zusammenlagern und zuerst den Zellkern bilden, um welchen herum dann der Zelleib und die Zellmembran entstünde. Gegen diese sogenannte freie Kern- und Zellbildung erhoben sich nun sehr bald schwerwiegende Bedenken und zahlreiche Beobachtungen machten diese Hypothese unhaltbar. Vor allem war es Virchow, welcher besonders auf pathologisch-anatomischen Gebiete nachwies, dass die Zellen niemals frei entstehen können und dass jede Zelle stets nur aus einer Zelle entsteht und zwar durch Teilung der Mutterzelle. Diese Errungenschaft wurde in dem bekannten Satze: *Omnis cellula e cellula* formuliert. Bald konnte man indessen diese Formel noch mehr präzisieren, da man feststellte, dass bei dem Teilungsprozesse stets der Kern beteiligt ist und die Teilung des Kernes der Vermehrung der Zelle mehr oder weniger unmittelbar vorausginge. Man machte die Beobachtung an verschiedenen Zellen, dass der Kern in einer Zelle nicht mehr rund oder oval oder stäbchenförmig war, sondern Formveränderungen zeigte, ja bisweilen biscuitförmig eingeschnürt erschien, dass häufig zwei kleinere Kerne in einer Zelle eines keimenden Gewebes lagen und dass dabei dann auch eine Einsehnürung des Zelleibes bis zur vollständigen Teilung erfolgte. Hieraus schloss man, dass der Zellteilungsprozess durch eine direkte Teilung des Kernes eingeleitet würde und eine Vermehrung der Zelle niemals ohne Beteiligung des Zellkernes vor sich gehen könne. Es galt von jetzt ab der Satz: *Omnis nucleus e nucleo*. Lange Zeit hat dieser Satz von einer direkten Teilung des Kernes allgemeine Giltigkeit gehabt. Erst Mitte der siebziger Jahre stellten Strasburger an der pflanzlichen Zelle und nur wenig später Flemming an der tierischen Zelle durch umfassende Untersuchungen fest, dass die Beteiligung des Zellkernes an der Zellteilung noch weit eingreifender wäre und dass der Kern sehr verwickelte und ganz typische, höchst eigentümliche Umgestaltungen erlitte, sobald er in

das Teilungsstadium einträte. Ja es wurde hierdurch wahrscheinlich, dass eine einfache direkte Querteilung des Kernes, wenn nicht ganz ausgeschlossen ist, so doch nur an sehr wenigen Zellarten vorkommt. Man nannte diese Erscheinungen der Kernbewegung, welche bei der Zellteilung auftreten, Karyokinese oder Karyomitose und die fadenartigen Bildungen, in welche der Kern sich bei dieser indirekten Kernteilung umwandelt, Mitosen. Ich werde Gelegenheit haben, hierauf später noch kurz zurückzukommen. Diese Erkenntnis verdankten Strasburger und Flemming der genauen Beobachtung lebender Zellen mit starken Vergrößerungen und besonders auch dem Studium in ganz lebensfrischem Zustande durch schnell abtötende Mittel fixierter und dann different gefärbter Objekte. Hierdurch ist unsere Anschauung vom Bau und Leben der Zelle eine ganz andere geworden, als sie es früher war. Es hat sich herausgestellt, dass auch die einfachste Zelle ein sehr kompliziert gebauter Elementarorganismus ist, an welchem eine bestimmte, oft sehr verwickelte Struktur wahrgenommen werden kann. Es ist daher möglich, eine weit schärfere Definition zu geben, als sie von Schwann geliefert werden konnte. Man versteht jetzt unter Zelle nach Flemming's Untersuchungen „ein räumlich abgegrenztes Klümpchen lebenden, aus „einem Gemisch von Proteinsubstanzen bestehenden Protoplasmas mit „eignem Stoffwechsel und mit dem Vermögen, sich durch Teilung zu „vermehrten, welches im Innern einen Zellkern, d. h. einen abge- „grenzten chemisch differenten, nucleinhaltigen Körper besitzt und „welches mit besondern Bauverhältnissen in seiner Substanz und in „der des Kernes versehen ist“¹⁾.

Diese Zellen sind nun im frühen embryonalen Leben der Form nach noch sehr einfach und gleich gestaltet. Im wachsenden Organismus teilen sie sich reichlich, verbinden sich vielfach mit einander und formen sich je nach der Funktion, welche sie übernehmen, zu den mannigfachsten Gebilden um. Ein anderer Teil von Zellen sondert Zwischensubstanz, sog. Interzellulärsubstanz zwischen sich ab oder zerfällt selbst mit einem Teil seines Protoplasmas in solche. Diese Zwischensubstanz ist oft so reichlich, dass die Zellen gegen dieselbe ganz in den Hintergrund treten.

Durch diese Zusammenlagerung und Umgestaltung der Zellen im Verein mit dem Auftreten der Zwischensubstanz entstehen die Gewebe, welche je nach der Funktion, welcher sie vorstehen und je nach den Organen, welchen sie angehören, wiederum sehr verschieden beschaffen sind und welche das eigentliche Substrat für die Lebensäußerungen der Organe und Organismen bilden. Hierbei lagern sich gleich gestaltete und gleich funktionierende Zellen meistens zu größeren Zellgruppen zusammen. So finden wir z. B. im Organismus ein Epithelgewebe, welches aus zahlreichen, mehr oder weniger gleichgestalteten,

1) W. Flemming, Zellsubstanz, Kern und Zellteilung. Leipzig 1882. S. 72.

durch geringe Kittsubstanz mit einander verbundenen Zellen besteht und welches freie Oberflächen des Körpers bekleidet, ferner ein Bindegewebe, ein Knorpelgewebe, ein Knochengewebe, ein Nervengewebe, ein Muskelgewebe u. a. m. In allen diesen Geweben ist eine bestimmte Struktur und Anordnung der Elementarteile, wenn nicht allein vorhanden, so doch vorherrschend; dieselbe bietet bei allen Tieren ein im wesentlichen gleiches, ganz typisches Aussehen dar.

Man hat sich nun schon früh bemüht, diese verschiedenartigen Gewebe des tierischen Körpers nach ihrer Zusammengehörigkeit geordnet zusammenzustellen und eine systematische Einteilung der mikroskopischen Bestandteile des Körpers zu liefern. War es doch stets in der organischen Naturforschung das Erste, ein System zu schaffen, wenngleich man auch immer wieder die Erfahrung machen musste, dass die Natur sich niemals in ein System zwingen lässt, dass überall vorhandene Uebergänge eine scharfe Sonderung unmöglich machen. So auch hier! Der erste Versuch, eine wissenschaftliche Einteilung der Gewebe zu begründen, wurde von Schwann aufgrund seiner Zellentheorie gemacht. Es spielte hierbei als principium dividendi noch die unwesentliche Zellmembran eine Rolle; daher konnte diese Einteilung nur kurze Zeit befriedigen. Aber auch alle späteren Versuche sind nicht viel weiter gekommen, alle waren sie künstliche Systeme, welche nahe Verwandtes gewaltsam auseinander rissen.

Schon Frey¹⁾ betonte, dass eine Einteilung der Gewebe sich nur auf die Entwicklungsgeschichte und die Entwicklung der Gewebe selbst gründen kann. Bekanntlich entstehen alle Gewebe aus dem einer einfachen Zelle vergleichbaren tierischen Ei durch wiederholte Teilung desselben in stetig an Zahl zunehmende Zellindividuen. Durch diesen Furchungsprozess bildet sich im Ei ein Zellenmaterial, welches sich alsbald zu drei auf einander liegenden Schichten, den Keimblättern, anordnet, einem äußern, mittlern und innern Keimblatt. Es ist sogar erwiesen, dass ursprünglich nur erst zwei Keimblätter vorhanden sind, von denen sich erst das dritte abspaltet. Man war nun lange Zeit der Ansicht, dass aus diesen drei Keimblättern alle Gewebe in der Weise hervorgehen, dass aus jedem Keimblatt nur ganz bestimmte Gewebe entstehen können. Hierdurch schien der sicherste Anhaltspunkt für die Erkenntnis des genetischen Zusammenhanges der einzelnen Gewebe gegeben. Indess drängen alle neueren Beobachtungen darauf hin, dass diese drei Keimblätter keine bestimmten Beziehungen zu den besondern Geweben haben²⁾, dass sich vielmehr an der Bildung der Gewebe bei den Wirbeltieren noch ein zweites zelliges

1) H. Frey, Handbuch der Histologie und Histochemie des Menschen. Leipzig 1876. S. 112.

2) Vergl. „Anatomischer Anzeiger“, 1887, Bd. II, S. 335.

Keimmaterial beteiligt, welches außerhalb der Blätter im Ei liegt. Besonders sind es His und Waldeyer, welche diese Lehre begründet haben. Beide Forscher stimmen darin überein, dass die Hauptrolle bei der Bildung des Embryos die Keimblätter, von ihnen Archiblast genannt, spielen, während der Nebenkeim oder Parablast ein mehr accessorisches Gebilde ist, welches sich mit dem Hauptkeim erst durch Hineinwachsen in denselben vereinigt. Aber trotz dieser innigen Verbindung sind die Derivate des Archiblasten und Parablasten — und hierin liegt ein Schwerpunkt dieser Lehre — genetisch doch streng von einander geschieden. Nur aus dem Archiblasten entwickeln sich die Epithel- und Drüsenzellen, die Muskelfasern und die Elemente des Nervensystems; nur parablastischen Ursprungs sind dagegen die Elemente der Bindesubstanzen, also des Bindegewebes, des Knorpels, des Knochens und Zahnbeins, die Endothelzellen der Gefäße, die lymphoiden Zellen und endlich die Bestandteile des Blutes.

Es würde indess für diese vorliegende Untersuchung wenig übersichtlich sein, wollte ich dieser genetischen Einteilung der Gewebe folgen. Es sollte uns die Besprechung der Entstehung und Einteilung der Gewebe nur zu einem schnellen Ueberblick über die histiologische Zusammensetzung des tierischen Körpers dienen und uns über den Begriff der Zelle und des Gewebes selbst orientieren. Es dürfte nun am zweckmäßigsten sein, von dem oben angedeuteten Gesichtspunkte aus zuerst die Struktur der Zwischensubstanzen und dann den feinern Bau der zelligen Elemente selbst zu untersuchen.

Am mächtigsten ist die Zwischensubstanz in der Gruppe der Bindesubstanzen entwickelt. Sie prävaliert hier so sehr, dass die zelligen Elemente an Zahl wie an räumlicher Ausdehnung sehr zurücktreten. Zu dieser Gruppe gehört das eigentliche Bindegewebe, das Knorpelgewebe, der Knorpel und das Gallertgewebe. Ihre gemeinsame Aufgabe ist, als mechanischer Stütz- und Bindeapparat des Gesamtkörpers wie seiner Teile zu fungieren. Chemisch sind sie ziemlich scharf dadurch charakterisiert, dass ihre Zwischensubstanz der größern Masse nach fast insgesamt aus Gebilden leimgebender Substanz besteht. Aber auch morphologisch erweisen sie sich als zusammengehörig durch ihre Struktur, welche bei allen, wie wir sogleich sehen werden, in charakteristischer Weise eine feinfaserige ist. Am einfachsten ist der Bau der Zwischensubstanz in dem im Körper sehr reichlich vorhandenen Bindegewebe und wurde derselbe daher auch am frühesten bekannt. Zerzupft man ein Stückchen Bindegewebe etwa aus den tieferen Schichten der Lederhaut unter dem Mikroskope, so erkennt man schon bei schwacher Vergrößerung, dass es sich aus einer großen Zahl feiner Fasern zusammensetzt. Untersucht man diese Fasern näher, so sieht man, dass dieselben äußerst zarte Fibrillen von unmessbarer Feinheit darstellen, welche sich nicht

verzweigen und im entspannten Zustande einen welligen, lockigen Verlauf zeigen¹⁾).

Diese feinsten Fasern sind nun zu Bündeln vereinigt, welche sich in dem lockern sogenannten formlosen Bindegewebe unregelmäßig verbinden und ein maschenreiches, lockeres Geflecht bilden. An Stellen, wo durch die Bewegungsorgane höhere Anforderungen an die mechanische Leistungsfähigkeit dieses Bindegewebes gestellt werden, wie z. B. in den Muskelsehnen und Bändern, sind die Fibrillen viel regelmäßiger angeordnet und ist der Bau dieses sogenannten geformten Bindegewebes weit verwickelter, so dass es erst der sorgfältigsten Untersuchungen bedurfte, denselben festzustellen. Die Fibrillen liegen hier parallel dicht neben einander, zu langen Bündeln vereinigt, zwischen welchen die abgeplatteten mit flügelartigen Fortsätzen versehenen Bindegewebszellen reihenweise lagern. Diese primären Bündel werden durch lockeres Bindegewebe zu sekundären vereinigt, die wiederum durch umhüllendes Gewebe zu größeren Faskeln zusammengefasst werden, so dass die kompakten Sehnenstränge entstehen.

Noch verwickelter ist die Struktur des Bindegewebes an einer Körperstelle, welche eine ganz bestimmte Funktion übernommen hat und daher auch einen sehr eigenartigen Bau erhielt: in der Hornhaut des Auges. Untersucht man eine ganz frische Hornhaut, so erscheint dieselbe vollständig klar, transparent und ohne Struktur. Es wäre aber sehr irrig, hieraus auf eine homogene Beschaffenheit derselben zu schließen, vielmehr hat sich gezeigt, dass dieselbe nach Anwendung geeigneter Methoden sehr viel histologisches Detail erkennen lässt, so dass sie in vieler Hinsicht ein Prüfstein für mikroskopische Untersuchung wurde. Sie besteht aus einer reichlich vorhandenen Grundsubstanz mit stark abgeplatteten Zellen, welche, in Lücken der Grundsubstanz eingeschlossen, zahlreiche sich verzweigende Ausläufer besitzen, vermittle derer sie sich reichlich unter sich verbinden. Die Grundsubstanz selbst ist aus platten, mattenartig ausgebreiteten und sich durchflechtenden Zügen zusammengesetzt. Es hat nun ziemlich lange gewährt, bis man an diesen Bindegewebszügen eine feinere Struktur erkennen konnte und ist dies erst durch Maceration des Kornealgewebes in Barytwasser, Kali permanganicum und besonders in 10prozentiger Kochsalzlösung gelungen. Man sah dann, dass sich auch diese Bindegewebsmassen gleichfalls aus zahlreichen Fibrillen zusammensetzen, welche noch feiner sind als die Fibrillen des übrigen Bindegewebes, aber wie diese bei dem Kochen auch Leim geben. —

1) Es müssen hier auch die dem Bindegewebe beigemischten elastischen Fasern erwähnt werden, welche ein anderes Aussehen darbieten und auch eine andere chemische Zusammensetzung besitzen.

Ein ganz anderes Aussehen als dieses fibrilläre Bindegewebe bietet das Knochengewebe dar. Dasselbe ist am auffälligsten gekennzeichnet durch die Einlagerung bestimmter anorganischer Salze, wodurch das Gewebe ein festes, starres Gefüge erhält, welches es befähigt, als passiver Bewegungsapparat, als Angriffspunkt für die Muskelthätigkeit zu dienen. Es setzt sich zusammen aus einer gleichfalls reichlich vorhandenen Zwischen- oder Grundsubstanz und darin eingebetteten zahlreichen Zellen. Lange Zeit galt nun diese Grundsubstanz, von deren ziemlich komplizierter gröbern Struktur wir hier absehen müssen, für homogen. Tomes und Kölliker hatten allerdings schon an Knochen-Querschliffen eine feine Punktierung der Grundsubstanz gesehen, dieselbe aber als von Körnchen herrührend gedeutet. Erst von Ebner gelang es, die wahre Struktur des Knochengewebes zu erkennen. In seiner nach Methodik, wie in Darstellung wahrhaft klassischen Arbeit: „Ueber den feinern Bau der Knochensubstanz“ 1875¹⁾ wies er nach, dass das Knochengewebe gleichfalls fibrillär ist und aus leimgebenden Fibrillen besteht, welche durch eine starre, die sogenannte Knochenerde enthaltende Kittsubstanz verbunden werden. v. Ebner konnte die Knochenfibrillen sogar isolieren und feststellen, dass die feinen Fäserchen sich in sehr dichte Bündel zusammenlagern, welche vielfach unter einander kommunizieren, indem sie Fäserchen gegen einander austauschen. Nach der Anordnung dieser Fibrillenbündel unterscheidet er das geflechtartige, das parallel-faserige und das lamelläre Knochengewebe; das letztere ist bei den Säugetieren am meisten verbreitet.

Zwei Jahre später wies Tillmanns²⁾ durch sehr sorgfältige und subtile Untersuchungen genau denselben fibrillären Bau, wie ihn v. Ebner am Knochen gefunden, auch für die Grundsubstanz des hyalinen Knorpels nach. Zwar war ein faseriger Zerfall der Grundsubstanz in dem sogenannten Bindegewebs- oder Faserknorpel schon längst bekannt. Auch hatte man häufig beobachtet, dass der Hyalinknorpel unter pathologischen Verhältnissen faserig degenerierte. Indess hatte man bis dahin noch keinen sichern Anhaltspunkt, in der Grundsubstanz des anscheinend sehr einfach gebauten hyalinen Knorpels eine feinere Struktur zu vermuten. Schien es doch, als bestände er nur aus einer ganz homogenen, durchsichtigen, mit zahlreichen eingelagerten Zellen versehenen Grundsubstanz. Tillmanns glückte es nun, diese scheinbar homogene, hyaline, vorher nicht zerfaserte Knorpelgrundsubstanz in einzelne Fasern und Faserbündeln zu zerfällen, welche letzteren isoliert den Bindegewebsbündeln so ähnlich waren, dass sie sich von diesen nicht unterscheiden ließen. In gleicher

1) Sitzungsberichte der k. k. Akademie der Wissenschaften in Wien, Bd. LXXII, Abt. III.

2) H. Tillmanns, Ueber die fibrilläre Struktur des Hyalinknorpels. Archiv für Anat. und Phys., 1877. Anat. Abt.

Weise wie bei dem Knochengewebe konnte Tillmanns auch hier nach der Zusammenlagerung dieser gleichfalls collagenen Fibrillenbündel ein parallelfaseriges, netzförmiges und lamelläres Knorpelgewebe unterscheiden.

Es bliebe von den Bidesubstanzen nur noch das Gallertgewebe übrig, welches sich im erwachsenen menschlichen Körper ausschließlich im Glaskörper des Auges vorfindet. Man könnte geneigt sein, in dieser gallertigen, leicht zerfließenden Masse am allerwenigsten eine feine Struktur zu suchen. Und doch ist auch hier eine solche vorhanden. Hans Virchow¹⁾ hat gefunden, dass auch das Glaskörpergewebe nicht homogen ist, vielmehr gleichfalls eine feinfaserige Struktur besitzt. Die Fasern dieses Gallertgewebes sind drehrund und glatt wie die übrigen Bidesubstanzfibrillen, vereinigen sich jedoch unter einander nicht in Form von Fibrillenbündeln, sondern sind gerüstartig mit einander verbunden. Dieses Fasergerüst gibt dem Glaskörper einen gewissen Grad von innerer Festigkeit, so dass es, wie Virchow experimentell feststellen konnte, selbst einem Belastungszuge von 20 Gramm zu widerstehen vermag.

Hierin liegt überhaupt die Bedeutung der Bidesubstanzfibrillen: es sind Stützfibrillen. Denn es ist einleuchtend, dass ein Gewebe, welches aus unzähligen, sich durchflechtenden Fäserchen besteht, wie ein Fachwerk, viel mehr Festigkeit besitzt als eine homogene Substanz; es muss als die Aufgabe dieser Fibrillen im Bindegewebe, Knochen, Knorpel und im Gallertgewebe angesehen werden, die Stützfunktion dieser Gewebe zu erhöhen. —

Es bietet nun Interesse, zu untersuchen, ob und in welcher Ausdehnung eine fibrilläre Struktur auch innerhalb der zelligen Elemente selbst angetroffen wird und welche Funktion denselben hier zukommt. Wir wollen uns zuerst den kompliziert gebauten, zusammengesetzten Zellen, den Nerven- und Muskelfasern zuwenden und zunächst die Nervenfasern ins Auge fassen. Es muss hier von der Struktur des zentralen Nervensystems, besonders der Ganglienzellen, welche in dieser Hinsicht sehr viel des Merkwürdigen bieten, abgesehen werden; nur die peripheren Nervenfasern können hier Berücksichtigung finden. Von diesen unterscheidet man nach ihren Bestandteilen markhaltige und marklose oder Remak'sche Fasern.

Die markhaltige Nervenfaser der Wirbeltiere besteht aus 3 einander umschließenden, lang faserförmig-zylindrischen Gebilden: und zwar aus dem feinen strukturlosen Rohr der nach ihrem Entdecker benannten Schwann'schen Scheide, ferner aus dem von dieser umschlossenen Hohlzylinder der Markscheide und drittens aus dem feinen das Lumen der Markscheide ausfüllenden Axenzylinder. Den marklosen Nerven fehlt die

1) Bericht über die XVII. Versammlung der ophthalmologischen Gesellschaft in Heidelberg 1885; außerordentliches Beilageheft zu den „Klinischen Monatsblättern für Augenheilkunde“, XXIII. Jahrg.

Markscheide, so dass sie nur aus Axenzylinder und der denselben umschließenden Schwann'schen Scheide bestehen. Durch die grundlegenden Untersuchungen Remak's 1836—38 wurde nun festgestellt, dass der Axenzylinder der wesentliche Bestandteil der Nervenfaser ist, in welchem sich die noch immer rätselhaften Vorgänge jedenfalls chemisch-physikalischer Natur abspielen, durch welche die peripheren Nervenregungen zentripetal und die zentralen Erregungen zentrifugal geleitet werden. Inbetreff der Struktur dieses axialen Teiles bemerkt Remak schon 1837, dass das Primitivband, wie er den Axenzylinder nennt, sich meist so darstelle, als wäre es aus sehr feinen, soliden Fäserchen zusammengesetzt, die in ihrem Verlaufe zuweilen zu kleinen Knötchen anschwellen. Indess vermochte Remak bei den ihm zu gebote stehenden, unvollkommenen Untersuchungsmethoden noch nicht, zwingende Beweise für seine Beobachtungen beizubringen. Es blieb den durch ihre exakte Methodik berühmt gewordenen Untersuchungen Max Schultze's über die Nerven der Riechschleimhaut und des Gehörorgans und über die Struktur der Nervenzellen und Nervenfasern 1862—68 vorbehalten, bestimmte Anhaltspunkte hierfür zu liefern. Max Schultze fand, dass der Axenzylinder an den Endausbreitungen der Nervenfasern in den genannten Sinnesorganen sich in sehr zahlreiche, feinste Endfibrillen zersplittert. Ferner kam er zu dem Resultate, dass auch die zentralen Ursprungsstellen des Axenzylinders, die Ganglienzellen, eine komplizierte fibrilläre Struktur besaßen und dass sich aus diesen Fibrillen der Axenzylinder der Nervenfasern hervorбилde. Max Schultze wird hierdurch auf die Vermutung geführt, der ganze Axenzylinder der markhaltigen Nervenfaser zwischen Ursprung und Endausbreitung möchte auch kein so einfaches Gebilde sein, für das man ihn bisher gehalten; allerdings gesteht der Forscher ausdrücklich zu, dass eine wirkliche Zerfaserung eines solchen peripheren Axenzylinders ihm niemals gelungen sei. Diese Hypothese von einer fibrillären Struktur des Axenzylinders wurde von manchen anerkannt, von vielen Autoren indess bekämpft, welche annahmen, dass der Axenzylinder ein homogenes Gebilde sei oder sich aus reihenweise angeordneten Körnchen zusammensetze. Es entstand so ein Zwiespalt der Autoren, welcher noch bis in die allerneuesten Arbeiten über Nervenstruktur hineinspielt. Meiner Ansicht nach ist dieser Streit indess durch die schönen Untersuchungen Hans Schultze's¹⁾ bereits entschieden und muss ich selbst aufgrund eigener Erfahrung für eine fibrilläre Struktur des Axenzylinders eintreten. Hans Schultze, welcher unter Flemming arbeitete, gelang es, den

1) Hans Schultze, Axenzylinder und Ganglienzelle. Mikroskopische Studien über die Struktur der Nervenfaser und Nervenzelle bei Wirbeltieren. Archiv für Anatomie und Entwicklungsgeschichte. Jahrgang 1878. Anatom. Abt., S. 259. — Derselbe, Die fibrilläre Struktur der Nerven Elemente bei Wirbellosen. Archiv für mikrosk. Anatomie, Bd. 16, 1879, S. 57.

Axenzylinder der markhaltigen peripheren Nerven der Wirbeltiere in isolierte, völlig aufgefaserte Fibrillen zu zerlegen, was Max Schultze noch nicht erreichen konnte, und er hält es für höchst wahrscheinlich, dass diese Primitivfibrillen einem im Leben vorhandenen präformierten Strukturelement entsprechen. Auch an den Nervenfasern der Wirbellosen konnte Hans Schultze überall als letzte Struktureinheit die Primitivfibrille isoliert zur Darstellung bringen.

Es liegt nun die Frage nahe: Wie verhalten sich in Hinblick auf einen feinfaserigen Bau die Muskelemente, welche ja mit dem Nervengewebe stets innig verbunden sind? Ist doch fast stets, wenigstens bei den höher organisierten Tieren, das Muskelgewebe an die Existenz des Nervengewebes gebunden und das eine nicht ohne das andere denkbar.

Es ergibt sich nun hier, wie wir sehen werden, die bedeutsame Thatsache, dass auch im Muskelgewebe eine feinfaserige Zusammensetzung der Gewebelemente ganz allgemein verbreitet ist.

Bekanntlich unterscheidet man nach der Struktur ihrer Elemente zwei verschiedene, wohl charakterisierte Gruppen von Muskelfasern, die quergestreiften und die sogenannten glatten.

Die erstern, die quergestreiften Muskelfasern, sind zusammengesetzte Zellen von der Gestalt langer, mehr oder weniger zylindrischer Fasern, welche von einer homogenen, sehr zarten Membran, dem Sarclemma oder Muskelschlauch, umgeben werden und welche eine Querstreifung, d. h. abwechselnd auf einander folgende, sehr zahlreiche helle und dunkle Querlinien zeigen. Von anderem abgesehen, besteht der Inhalt dieses Sarclemmas aus zahlreichen graden, gleichfalls quergestreiften Fäserchen, den Primitivfibrillen, welche in der Weise dicht aneinander liegen, dass sich die hellen und dunklen Querstreifen der einzelnen Fibrillen stets in gleichem Niveau befinden. Hierdurch wird die regelmäßige Querstreifung der ganzen Faser hervorgerufen. Diese Zusammensetzung der quergestreiften Muskelfaser ist eine schon längst allgemein anerkannte Thatsache. Man kann sich hiervon sehr leicht durch Mazeration jedes beliebigen Wirbeltiermuskels in bestimmten Reagentien überzeugen. Es zerfällt dann der Muskelinhalt sehr bald in die sich isolierenden Primitivfibrillen. Es hat indess eine Zeit gegeben, in welcher man diesen faserigen Zerfall für ein Kunstprodukt hielt und sich der Annahme einer flüssigen Beschaffenheit des Muskelinhaltes zuneigte. Es stützte sich diese Annahme hauptsächlich auf die Beobachtung Kühne's¹⁾, nach welcher sich in der lebenden Muskelfaser ein dort parasitierender Rundwurm, der *Myorhynchus Weismanni*, ganz munter herumbewegt. Wie aber schon Henle²⁾ betont, wird durch diese Exkur-

1) W. Kühne, Eine lebende Nematode in einer lebenden Muskelfaser. Archiv für pathol. Anatomie, Bd. XXVI, 1863, S. 222.

2) Henle, Bericht über die Fortschritte der Anatomie im Jahre 1862 in der Zeitschrift für rationelle Medizin, III. Reihe, XIX. Bd., 1864, S. 25.

sionen des Tierchens die Querstreifung nicht in Unordnung gebracht, vielmehr konnte man bei genauer Beobachtung feststellen, dass der Wurm die Fibrillen auseinander bog und sich in dem interfibrillären Raum bewegte. So wurde diese Beobachtung grade ein Beweis für die Präexistenz der Muskelfibrillen. Dazu kam, dass von Guido Wägener¹⁾ die Primitivfibrillen auch innerhalb der lebenden wunderbar durchsichtigen Mückenlarve von *Corethra plumicornis* gesehen wurden. Neuerdings ist auch durch die interessanten, sehr umfangreichen Untersuchungen Rollett's²⁾ an den Muskelfasern der Insekten ganz allgemein eine Zusammensetzung aus quergestreiften Primitivfibrillen konstatiert.

Weit schwieriger war es, an den sogenannten glatten Muskelfasern eine feinere Struktur zu entdecken. Dieselben erscheinen als dicht neben einander liegende, fein ausgezogene, spindelförmige Einzelzellen, deren jede mit einem so charakteristisch-stäbchenförmigen Kern versehen ist, dass derselbe histognomisch wurde. Während des Lebens oder kurz nach dem Tode pflegen diese kontraktile Spindelzellen nichts anderes zu zeigen, als ein durchaus homogenes Aussehen. Es ist nun das Verdienst von Guido Wägener³⁾ zuerst aufgrund eingehender vergleichender und entwicklungsgeschichtlicher Untersuchungen zugunsten eines fibrillären Baues auch dieser Elemente bei Wirbeltieren und Wirbellosen eingetreten zu sein. Seitdem haben sich, besonders in der Neuzeit, die Beweise für eine feinfaserige Struktur der glatten Muskeln sehr gemehrt. Besonders Ranvier und Engelmann lieferten hierfür Belege. Auch v. Kölliker⁴⁾ berichtete kürzlich auf dem II. anatomischen Kongress von der feinfaserigen Struktur der glatten Fasern des vas deferens vom Menschen. Ich konnte auch an den sonderbaren intraglandulären Muskelzellen der modifizierten Schweißdrüsen im Gesicht der Chiropteren die sehr deutlichen Anzeichen eines Fibrillenbaues erkennen.

1) G. R. Wägener, Ueber einige Erscheinungen an den Muskeln lebender Tiere. Sitzungsberichte der Gesellsch. zur Beförderung der ges. Naturw. zu Marburg, 1872, Nr. 8.

2) A. Rollett, Untersuchungen über den Bau der quergestreiften Muskelfasern, Teil I. Denkschriften der kaiserl. Akademie der Wissensch., Mathem.-naturw. Klasse, Bd. 49, 1885, S. 81. — Derselbe Teil II. Denkschriften der k. Akad. d. Wissensch., Mathem.-naturw. Klasse, Bd. 51, 1886, S. 23.

3) G. R. Wägener, Ueber die Muskelfasern der Evertrebraten. Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaft. Medizin, Jahrg. 1863. — Derselbe, Die Entwicklung der Muskelfasern. Schriften der Ges. zur Beförderung der ges. Naturw. zu Marburg, Suppl.-Heft IV, 1869. — Derselbe, Bemerkungen über den Eierstock und die gelben Körper. Archiv f. Anatomie 1879 a. a. O.

4) Vergl. die Verhandlungen der anatom. Gesellschaft auf der zweiten Versammlung in Würzburg, den 20.—23. Mai 1888. Anatomischer Anzeiger, III. Jahrg., 1888, S. 723.

Außer diesen soeben geschilderten Muskelementen kommen bei manchen Wirbellosen, z. B. den Würmern und Mollusken, noch ganz eigenartige Muskelfasern vor, welche doppelt schräggestreift erscheinen, so dass die Oberfläche, wie aus zierlichen rhombischen Feldchen zusammengesetzt sich ausnimmt. Engelmann¹⁾ hat für diese Elemente, entgegen Schwalbe's Untersuchungsergebnissen, nachgewiesen, dass auch diese Elemente aus sich kreuzenden Fibrillen bestehen. Ich kann nach vorläufigen Untersuchungen an *Anodonta* diesen Ergebnissen Engelmann's durchaus beipflichten.

Es ist mithin feststehend, dass alle Muskelgewebe, deren Kontraktion in geregelter und ganz bestimmter Weise verläuft, aus feinfaserigen, graden, regelmäßig und ganz bestimmt angeordneten Elementarteilen, den Fibrillen zusammengesetzt werden.

Außer diesen mit der spezifischen Funktion der Zusammenziehung begabten Geweben haben wir im tierischen Körper aber auch noch Gebilde, welche, neben andern Verrichtungen, gleichfalls Kontraktilität zeigen, wenn auch nicht in dieser ausschließlichen Weise, wie das Muskelgewebe. Es müsste denn sein, dass an diesen Gebilden ganz bestimmte Organe diese spezifische Funktion der Kontraktion übernommen haben. Ich meine die Elementarteile, von welchen wir bei unserer Betrachtung ausgegangen sind, die einfachen Zellen; denn auch sie sind kontraktile.

Am auffälligsten äußert sich diese Kontraktilität an den Flimmerorganen der Flimmerzellen, deren wunderbares Bewegungsspiel von jeher den mikroskopierenden Naturforscher gefesselt hat. Diese Flimmerorgane der Zellen können in den mannigfachsten Formen auftreten, in Gestalt von Härchen, Stacheln, Häkchen, undulierenden Membranen, Schwimmplättchen u. s. w. und sind im Tierreiche sehr verbreitet. Alle Infusorien z. B. bewegen sich ausschließlich mittels dieser Organe. Bei den höhern Tieren finden sich diese Flimmerapparate gewöhnlich in Form mehr oder weniger feiner Härchen, welche meist in größerer Zahl auf der Oberfläche zylindrischer Epithelzellen aufsitzen. Bisweilen trifft man auch nur ein einziges, gewöhnlich sehr großes Flimmerhaar an der Zelle und bezeichnet diese dann als Geißelzelle. Alle Härchen der Flimmerzellen eines größeren Zellkomplexes schnellen sich nun isochron nach einer Seite hin, um im nächsten Augenblick etwas langsamer nach der entgegengesetzten Seite zurückzuschlagen und zwar so, dass alle Härchen stets in derselben Richtung sich bewegen. Diese Schläge folgen im Leben äußerst schnell aufeinander, so schnell, dass es völlig unmöglich wird, die Einzelschläge auch nur annähernd zu erkennen. Es entsteht dadurch bei Betrachtung eines solchen Zellgebietes in Bewegung unter dem Mikroskope der op-

1) Th. W. Engelmann, Ueber den faserigen Bau der kontraktilen Substanzen, mit besonderer Berücksichtigung der glatten und doppelt schräggestreiften Muskelfasern. Arch. f. die gesamte Physiologie, Bd. 25, 1881, S. 551.

tische Eindruck des Flimmerns, und ließe sich die Erscheinung etwa vergleichen mit einem in heftigem Winde wogenden Kornfelde. Besser noch erscheint mir der Vergleich mit dem Glitzern eines von der Sonne beschienenen, über Kiesel schnell dahinfließenden Baches. Es liegt der Gedanke nahe, dass Gebilde mit so wunderbarem Bewegungsphänomen auch eine kompliziertere Struktur besitzen müssen. Schon vor einer Reihe von Jahren berichtete Engelmann¹⁾, dass auch diese Flimmerorgane der Tiere nicht strukturlos sind, sondern sich aus sehr feinen parallel neben einander liegenden Fibrillen zusammensetzen. In neuerer Zeit haben Stein und Möbius an den Geißeln und Membranellen der Infusorien und Chun an den Schwimmsplättchen der Ctenophoren einen feinfaserigen Bau derselben nachgewiesen, so dass an einer fibrillären Struktur der Flimmerapparate nicht gezweifelt werden kann.

Uebersaus interessant ist die Thatsache, dass auch bei den Sinneszellen, den Endapparaten der Nerven, welche durch physikalisch-chemische Bewegungen spezifisch erregt werden und diese Erregung sodann auf die leitenden Nervenfasern übertragen, ein feinfaseriger Bau mehrfach beobachtet wird. So berichten R. Wagner und neuerdings Retzius in seinem großartigen Prachtwerk über das Gehörorgan, dass die Hörhaare, welche den Sinneszellen aufsitzen und die physikalischen Bewegungen höchst wahrscheinlich auffangen, eine Zusammensetzung aus Fasern erkennen lassen. Auch an den Sinneszellen der Retina hat Max Schultze bereits einen ähnlichen feinstreifigen Bau gesehen. Diese Thatsachen geben im Hinblick auf die Koineidenz der fibrillären Struktur bei Nerven- und Muskelfasern sehr zu denken.

Als modifizierte Flimmerzellen und zwar als Geißelzellen lassen sich Zellkörper auffassen, welche lange Zeit wegen ihrer meist völlig freien, sich sehr lebhaft äussernden Beweglichkeit als Tierchen aufgefasst wurden und Spermatozoa oder Samentierchen genannt wurden. Sie bestehen für gewöhnlich aus einem Kopf, dem modifizierten Zellkern und einer sehr verschieden gestalteten, fadenartigen, meist sehr lebhaft hin- und herschwingenden Geißel. Ihrer großen Bedeutung wegen, welche diese Körper für die Lehre von der Befruchtung des Eies und für die Lehre von der Vererbung haben, ist ihr Bau sehr oft Gegenstand genauen Studiums geworden. Indess lagen bis jetzt noch keine Beweise vor, dass die Spermatosomen eine ähnliche Struktur besäßen, wie wir sie bei den übrigen kontraktile Substanzen kennen gelernt haben.

Auch ich habe diese in so vielfacher Beziehung interessanten

1) Th. W. Engelmann, Ueber die Flimmerbewegung. Jenaische Zeitschrift für Medizin und Naturwissenschaft, Bd. IV, 1868, S. 459. — Derselbe, Hermann's Handbuch der Physiologie, Bd. I, Teil 1, S. 382.

Körper vor 2 Jahren ¹⁾ näher untersucht und diese Arbeiten in ziemlich extensiver Weise auf sehr viele Tiergruppen ausgedehnt. Es haben sich mir denn auch inbezug auf den feinem Bau der Geißel interessante Aufschlüsse ergeben.

Ich konnte für die Säugetiere, Vögel ²⁾, Amphibien und andere Tiere feststellen, dass die Geißel aus 2 differenten Gebilden besteht, dem durch A. von Brunn entdeckten Axenfaden und einer denselben umkleidenden, sehr mannigfach geformten Hülle.

Bei den Säugetieren und Vögeln ist der Axenfaden der eigentliche Träger der Kontraktilität und wird, wie ich fand, aus zahlreichen, parallel neben einander liegenden, durch Kittsubstanz zu 2 Bündeln vereinigten Fädchen gebildet. Diese Elementarfibrillen, wie ich sie nannte, sind äußerst fein, so fein, dass sie an der Grenze des auch bei stärkster Vergrößerung optisch Erreichbaren liegen. Die Hülle besitzt hier keine fibrilläre Struktur.

Anders bei vielen Insekten. Hier übernimmt der Axenfaden die Funktion einer Stützfaser, an welche sich der zu einem krausenartig gefalteten Saum umgestaltete Mantel anheftet. Die Stützfaser ist nicht kontraktile und strukturlos, d. h. ohne fibrilläre Zusammensetzung. Dagegen ist hier bei den Insekten die Hülle kontraktile und zeigt ein prachtvolles Flimmerphänomen. Ich fand nun, dass dieser kontraktile Saum einen ganz exquisit fibrillären Bau besitzt.

Aehnlich gebaut sind die Spermatozoen der Amphibien und zwar der Salamandrien. Der Axenfaden ist auch hier nicht kontraktile und — merkwürdig! — auch nicht fibrillär. Er wird von einer Hülle umgeben, welche gleichfalls keine Andeutung eines feinfaserigen Baues aufweist. Mit dieser Hülle hängt eine äußerst zierliche und zarte, krausenartig hin- und hergebogene, mit einem deutlich hervortretenden Randfaden versehene schmale Membran zusammen, welche regelmäßige undulierende Bewegungen zeigt und hierdurch die Vorwärtsbewegung des Körpers veranlasst. Es ist sehr interessant, die Entdeckungsgeschichte dieser undulierenden Membran zu verfolgen; dieselbe repräsentiert gewissermaßen ein charakteristisches Stück der Geschichte mikroskopischer Forschung selbst ³⁾. Man nahm die Bewegung der Membran früher wahr, als man das sich bewegende Organ selbst erkannte. Schon Spallanzani sah 1776 das Flimmerphänomen an den Samen-

1) Vergl. E. Ballowitz, Zur Lehre von der Struktur der Spermatozoen. Anatomischer Anzeiger, I. Jahrg., 1886, Nr. 14.

2) E. Ballowitz, Untersuchungen über die Struktur der Spermatozoen, zugleich ein Beitrag zur Lehre vom feinem Bau der kontraktilen Elemente. Teil I. Die Spermatozoen der Vögel. 5. Tafeln. Archiv für mikrosk. Anatomie, Bd. 32, 1888.

3) Vergl. hierüber auch Czermak, Ueber die Samenfäden der Salamander und der Tritonen. Zeitschrift für wissenschaftl. Zoologie, Bd. II, 1850, S. 350.

fäden der Molche, doch glaubte er, dass sich auf beiden Seiten der Spermatozoen einfache Reihen von Härchen befänden, welche sich wie winzige Ruder bewegten. Rudolph Wagner¹⁾ bildete 1837 diese Härchen, welche gar nicht existieren, in seiner größern Arbeit über den Bau der Spermatozoen noch mehrfach ab. v. Siebold erkannte zuerst den Randfaden der Membran, aber nicht die Membran selbst. Er meinte jedoch irrigerweise, dass dieser Faden sich spiralig um den Geißelfaden herumlege. Erst der scharfen Beobachtung Czermak's gelang es 1850 festzustellen, dass der Randfaden auf einer Seite des Samenkörpers herabliefe; indess war es ihm nicht möglich, die Membran selbst zu erkennen, er kam aber zu dem Schluss, dass eine solche vorhanden sein müsse. Erst v. Siebold glückte es dann später, diese Membran durch Färbung darzustellen. Uebrigens hatten sich schon früher Pouchet²⁾ und Amici für die Existenz einer flimmernden Membran ausgesprochen.

Ich will nicht verschweigen, dass auch ich diese zarte Membran untersuchte und habe ich Grund zu der Annahme, ja ich kann wohl sagen, ich habe Beweise dafür, dass der Randfaden der Membran das eigentliche kontraktile Element derselben ist und dass dieser Randfaden, so fein, wie er auch ist, sich doch noch der Länge nach aus feinsten Fäden zusammensetzt³⁾.

Durch diese und manche andere Ergebnisse dieser sehr mühevollen Untersuchungen angeregt, untersuchte ich in Hinsicht auf fibrilläre Struktur auch die andern kontraktilen Substanzen, deren Bau wir oben kennen gelernt haben. Hierdurch kam ich selbständig zu dem Schluss, dass die Kontraktilität überhaupt stets an die Existenz feinsten kontraktiler Fibrillen gebunden sei. Bei der Durchsicht der Literatur fand ich indess, dass dieser Gedanke schon von Engelmann, welcher sich sehr eingehend mit dem Studium der kontrak-

1) R. Wagner, Fragmente zur Physiologie der Zeugung, vorzüglich zur mikroskopischen Analyse des Spermas. Abhandl. der k. bayr. Akademie der Wissenschaften, Bd. II, 1837.

2) Vgl. hierüber auch Fr. Leydig, Untersuchungen zur Anatomie und Histologie der Tiere. Bonn 1883. S. 103.

3) Bei fortgesetzten, umfangreichen Untersuchungen an mehreren Arten urodeler Amphibien haben sich mir die früher von mir gemachten Beobachtungen in jeder Weise bestätigt. Bei der Subtilität der Beobachtungen und der großen Schwierigkeit der Darstellung wagte ich in meiner ersten Mitteilung (1886, Anatomischer Anzeiger, Jahrg. I, Nr. 14, S. 372) noch nicht, von einer fibrillären Struktur des Randfadens zu berichten, obwohl ich dieselbe auf das deutlichste gesehen hatte. Ich theilte damals nur mit, dass die Untersuchung der Spermatozoen der Amphibien auf eine fibrilläre Struktur, „wenigstens für den Geißelfaden“ zu keinem Resultate führte. Ueber die Einzelheiten vergl. meine demnächst in Archiv für mikroskopische Anatomie erscheinenden ausführlichen Mittheilungen.

tilen Gewebe befasst hat, 1881 ausgesprochen und präzisiert war¹⁾. Engelmann kam aber auf ganz anderem Wege, als ich, zu genau demselben Resultate, nämlich durch Untersuchung der glatten und doppelt schräggestreiften Muskelfasern. Die kontraktile Spermatozoon konnten von diesem Forscher noch nicht berücksichtigt werden.

In seiner Arbeit führt Engelmann auch dafür Beispiele an, dass sich auch das scheinbar formlose, amöboid bewegliche Zell-Protoplasma unter Umständen zu feinsten Fäserchen anordnet. Engelmann erinnert an die feinen, radiär ausstrahlenden, fließenden Protoplasmafäden der Rhizopoden, die sogenannten Pseudopodien, ferner an die Beobachtungen von de Bary, Kühne und Czerny an Myxoplasmodien und Amöben, wonach sich an der Oberfläche dieser Organismen bisweilen feine Härchenbesätze bilden. Auch berichtet er von verschiedenen Süßwasser-Heliozoen, dass die Protoplasmafäden dieser Urtiere bei Reizung wie echte animale Muskeln zucken und so gewissermaßen einen Uebergang von den gewöhnlichen Pseudopodien zu echten Muskelfibrillen darstellen. Mit diesen von Engelmann angeführten Beispielen lassen sich meiner Ansicht nach noch sehr viele andere Beobachtungen in Beziehung bringen. Hierher gehören die sehr bemerkenswerten Beobachtungen von Sommer und Landois²⁾, wonach bei gewissen Tännien zarte Protoplasmafäden der subkutikulären Zellen durch zahlreiche Porenkanälchen der äußern Haut an die Oberfläche der darmlosen Tiere dringen, um hier unter amöboiden Bewegungen die Aufnahme ihrer Nährstoffe zu bewerkstelligen.

In jüngster Zeit berichtete Tornier³⁾ von sehr eigentümlichen Erscheinungen an den Drüsenzellen des Magens, der Niere und anderer Organe. Es wurde wahrgenommen, dass sich an der Oberfläche der lebensfrischen Drüsenzellen in wechselnder Ausdehnung Besätze feinsten Härchen, sogenannte Bürstenbesätze bilden, welche jedenfalls mit der Sekretion irgendwie im Zusammenhang stehen. Auch diese Bürstenbesätze, welche von Tornier in keine weitere Beziehung gebracht werden, ebenso wie die Beobachtungen von Heidenhain an dem Nierenepithel und von Pflüger und Merkel an dem Epithel der Speicheldrüsen möchte ich hierher rechnen. Schließlich muss ich, von vielen andern Thatsachen abgesehen, noch den Saum der Darm-

1) Th. W. Engelmann, Ueber den faserigen Bau der kontraktile Substanzen, mit besonderer Berücksichtigung der glatten und doppelt schräggestreiften Muskelfasern. Arch. f. d. gesamte Physiologie, Bd. 25, 1881, S. 538.

2) F. Sommer und L. Landois, Ueber den Bau der geschlechtsreifen Glieder von *Bothriocephalus latus*. Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, Bd. 22, 1872, S. 43.

3) O. Tornier, Ueber Bürstenbesätze an Drüsenepithelien. Archiv für mikroskopische Anatomie, Bd. 27, 1886. — Vergl. auch W. Kruse, Ueber Stäbchensäume an Epithelzellen. Inaug.-Dissertation. Berlin 1888.

epithelien hier erwähnen, von dem so viel feststeht, dass er sich aus feinsten Härchen zusammensetzt, mag er auch sonst in seiner Bedeutung noch sehr viel des Rätselhaften darbieten. Es würde indess viel zu weit führen, wollte ich auf dieses überaus fesselnde Thema hier noch näher eingehen. Erwähnen will ich nur eine merkwürdige Tatsache, welche Heidenhain kürzlich im letzten Heft des Archivs für die gesamte Physiologie berichtet¹⁾. Der genannte Forscher beobachtete an dem Darmepithel nach bestimmter Behandlung desselben, dass sich von dem Protoplasma der Zellen runde Klumpen abschnüren, welche an einem größern Teil ihrer Oberfläche ganz dicht mit Plasmafäden besetzt sind. Heidenhain nennt diese sonderbaren Gebilde Härchenzellen. Diese Mitteilung steht in sehr beachtenswerter Weise im Einklange mit der höchst interessanten Beobachtung Sommer's²⁾, welcher an dem Darmepithel von *Distomum* wahrnahm, dass das Protoplasma in Gestalt feiner, ihre Form verändernder Plasmafäden in das Darmlumen zur Nahrungsaufnahme hervortrat und dass diese Fädchen sich oft auf buckelförmigen Ausladungen des Protoplasmas gegen das Darmlumen hin befanden.

Dieses Auftreten feiner Fädchen an der Oberfläche oder auch im Innern der Zellen steht unzweifelhaft mit der Struktur des Zellprotoplasmas selbst im Zusammenhange. Es wurde oben schon angedeutet, dass auch in dem Zellkörper, welcher früher als strukturloses Eiweiß-Klümpehen aufgefasst wurde, ein sehr komplizierter Bau vorhanden ist. Wir verdanken die Kenntnis desselben besonders den Arbeiten Kupffer's und Flemming's. Es besteht der Zellkörper aus einem Gerüstwerke feinsten, sich durchflechtender, plasmatischer Fädchen welches in seinen Maschen den Zellsaft, das Paraplasma Kupffer's, einschließt. Aber auch der Kern besitzt ein ähnliches, wenn auch chemisch differentes Gerüst; indess verbinden sich hier im ruhenden Kern die feinen sich kreuzenden Fädchen des Gerüsts an Knotenpunkten netzartig mit einander. Es ist nun eine bis jetzt ganz unaufgeklärte Erscheinung, dass dieser Kern, sobald eine mitotische Teilung und damit eine Zellvermehrung eingeleitet wird, ganz bestimmte Stoffumlagerungen und Formverschiebungen erleidet, aus welchen sehr regelmäßige, feinfädige Bildungen hervorgehen. Sowohl das Chromatin des Kernes, als auch eine andere sich nicht färbende Substanz und zum Teil auch das Zellprotoplasma selbst nehmen bei diesen Kernbewegungen im Verlauf der indirekten Kernteilung die Gestalt feinsten Fädchen an, welche sich sehr regelmäßig in bestimmten auf einander folgenden Stadien zu Knäuel-, Stern-, Doppelstern-Figuren und andern Mitosen zusammenlagern.

1) R. Heidenhain, Beiträge zur Histologie und Physiologie der Dünndarmschleimhaut. Arch. f. d. ges. Physiologie, Bd. 43, Supplementheft, 1888.

2) F. Sommer, Die Anatomie des Leberegels, *Distomum hepaticum* L. Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, Bd. 34, 1880.

Nach allem komme ich zu der Ansicht, dass nicht allein jede regelmäßige in bestimmten Bahnen verlaufende Kontraktion kontraktiler Elemente stets an das Vorhandensein bestimmter, regelmäßiger motorischer Fibrillen gebunden ist. Ich wage es vielmehr auch, die Vermutung auszusprechen, dass auch die meisten, wenn nicht alle Bewegungsvorgänge, welche viele Lebensäußerungen der Zelle und ihrer Organe begleiten, so weit sie auf einer vitalen Kontraktion der Zelle und ihrer Teile beruhen und nicht nur molekulärer oder rein physikalischer Natur sind, an das Vorhandensein einer feinfädigen oder auch fibrilloiden¹⁾ Struktur im oder am Zellkörper geknüpft sind. Viel-

1) Während man unter „fibrillären“ oder faserigen Strukturen solche versteht, welche bestimmt werden durch das Vorhandensein sehr langer und sehr feiner, meist glatter und scharf abgesetzter Fasern, die sowohl der Zwischensubstanz, wie dem Zellinnern (Zellprotoplasma und Zellkern; letzteres dürfte bei den von mir aufgefundenen Elementarfibrillen des Axenfadens der Fall sein) entstammen können, möchte ich als „fibrilloid“ Bildungen bezeichnen, welche an oder in einfachen Zellen auftreten und welche dadurch charakterisiert sind, dass kurze, mehr oder weniger feine, meist parallel neben einander liegende oder doch regelmäßig orientierte, häufig an ihren Konturen nicht ganz glatte, von ihrer Umgebung bisweilen nicht so scharf abgesetzte Fädchen oder fädchenartige Stäbchen vorhanden sind. Hierher gehören, abgesehen von vielem andern, die oben angeführten Beobachtungen (Bürstenbesätze, Stäbchensäume u. s. w.). Auch die stets sehr regelmäßig orientierten karyokinetischen Fadenbildungen können als „fibrilloide“ Bildungen bezeichnet werden. Diese fibrilloiden Strukturen können vorübergehende Bildungen sein und als solche an der Zelloberfläche (Bürstenbesätze) oder im Zellinnern (karyokinetische Fadenbildungen) auftreten; oder sie bilden einen fortlaufenden Bestand der Zelle in ihrem Innern oder an ihrer Oberfläche, vergl. z. B. das „Stäbchen“-Epithel. Für bei weitem die meisten dieser Bildungen ist die Fähigkeit, Formveränderungen, die auf Kontraktilität schließen lassen, einzugehen, bereits nachgewiesen. Die langen Pseudopodien der Rhizopoden würden den Uebergang der fibrilloiden Bildungen zu den fibrillären darstellen. Wenn auch zugestanden werden muss, dass ich unter „fibrilloid“ sehr verschieden wertige Bildungen zusammenfasse, so ist es doch vielleicht ganz zweckmäßig, vorläufig unter einem Kollektivnamen diese eigentümlichen Zellstrukturen zusammenzufassen, welche immerhin manches Gemeinsame zu haben scheinen.

Plasmastrukturen, welche von feinen, unregelmäßig sich durchflechtenden Fädchen gebildet werden, wie z. B. die Filarmasse des Protoplasmas, könnte man als „geflechtfädige“ bezeichnen. Auch diese geflechtfädige Filarmasse des Protoplasmas ist kontraktile und durch die Zusammenziehung dieser unregelmäßig angeordneten Fädchen erklären sich auch die gewöhnlich unregelmäßigen Bewegungserscheinungen des indifferenten Protoplasmas. Verbinden sich die unregelmäßig angeordneten Fädchen in Knotenpunkten mit einander, so kann man von einer „netzfädigen“ Struktur sprechen, wie sie sich in dem Kerngerüst des ruhenden Kernes vorfindet. Man könnte diesen aus unregelmäßig angeordneten Fädchen bestehenden Strukturen die „fibrilloiden“ Bildungen als „parallelfädige“ oder besser als „orientiertfädige“ entgegensetzen. Der nähere Zusammenhang und die Beziehungen der „orientiertfädigen“ Bildungen zu den geflechtfädigen Strukturen des Protoplasmas sind noch nicht bekannt.

leicht gelingt es einmal, auch über die karyokinetischen Vorgänge von diesem Gesichtspunkte aus etwas mehr Licht zu verbreiten.

Aus obigen, wenn auch nur sehr flüchtigen Mitteilungen haben wir doch so viel ersehen können, dass eine fibrilläre Struktur der Gewebe und Gewebelemente im tierischen Körper eine sehr ausgedehnte Verbreitung besitzt und für die Lebensvorgänge im Organismus von größter Bedeutung ist.

Wir lernten in den Bindesubstanzen die Stützfibrille, in den Nervenfasern die Nervenfädchen des Axenzylinders kennen. Die kontraktile Elemente sahen wir gebildet von motorischen Fibrillen und konnten im Protoplasma die Präexistenz und das Auftreten feinsten plasmatischer Fädchen feststellen.

Welche feinere Struktur besitzen nun aber wiederum diese verschiedenen Fädchen? Welche Strukturdifferenzen bestehen in ihnen? Warum ist die motorische Fibrille kontraktile und die Bindegewebsfibrille nicht? Unterscheidet sich die letztere, von chemischen und physikalischen Unterschieden abgesehen, optisch doch kaum z. B. von der motorischen Elementarfibrille der Spermatozoen. Welches Strukturverhältnis bedingt die spezifische Energie der Nervenfibrille und welches die der kontraktile Fibrille?

Auf alle diese Fragen müssen wir die Antwort schuldig bleiben. Wir können nur vermuten, dass diese funktionellen Differenzen auch in strukturellen Verschiedenheiten der feinsten Fasern begründet sind, Verschiedenheiten, welche sich noch jeglicher Beobachtung entziehen und welche zum größten Teil wohl nur molekulärer Natur sind. Dass aber solche Strukturdifferenzen in der That bestehen, wird durch die komplizierte Zusammensetzung der am höchsten ausgebildeten motorischen Fibrille, der Primitivfibrille der quergestreiften Muskelfaser, mehr als wahrscheinlich.

Schon vor Jahren wurde von A. v. Kölliker¹⁾ als ideales Ziel der wissenschaftlichen Anatomie hingestellt, zu versuchen, auch über die

1) A. Kölliker, Handbuch der Gewebelehre, III. Aufl., Leipzig 1859, S. 2. Ich kann mir nicht versagen die betreffende Stelle, welche auch heute noch in ihrem ganzen Umfang Giltigkeit hat, hier anzuführen. Dieselbe lautet: „Dieser Stand der Gewebelehre wird so lange dauern, als es nicht gelingt, um „ein Wesentliches weiter in die Tiefe des organischen Baues zu schauen und „auch die Elemente zu erfassen, aus denen das, was wir jetzt „noch für einfach halten, zusammengesetzt ist. Sollte es aber je „möglich werden, auch die Moleküle zu entdecken, die die Zellmembranen, „die Muskelfibrillen, die Axenfasern der Nerven u. s. w. bilden und die Gesetze ihrer Aneinanderlegung und Veränderungen bei der Entstehung, dem Wachstum und der Thätigkeit der jetzigen sogenannten Elementarteile zu ergründen, dann würde auch für die Histiologie eine neue Ära beginnen und „der Entdecker des Gesetzes der Zellengesehe oder einer Molekulartheorie ebenso oder noch gefeierter werden als der Urheber der Lehre von „der Zusammensetzung aller tierischen Gewebe aus Zellen“.

organischen Moleküle, ihre Zusammenlagerung und die Gesetze, welchen diese Moleküle unterworfen sind, durch mikroskopische Forschung Aufschluss zu erlangen. Man möchte wünschen, dass dieses Ziel kein ideales bliebe, dass es sich dermaleinst realisieren möge. Jedenfalls dürfen wir, bei den großen Fortschritten der mikroskopischen Wissenschaften in der Neuzeit, voll freudiger Hoffnung in die Zukunft blicken und erwarten, dass auf dem beschrittenen Wege auch die Fragen ihre Lösung finden werden, welche heute noch als Probleme erscheinen müssen. —

Die Wurmfaule, eine neue Erkrankungsform der Kartoffel.

Von Prof. Dr. Julius Kühn,

Geh. Reg.-Rat und Direktor des landwirtschaftlichen Instituts der Universität Halle.

Den bekannten zahlreichen Erkrankungsformen der Kartoffel habe ich eine bisher nicht beschriebene Krankheit anzureihen, die zwar sicher seit langer Zeit in manchen Lokalitäten vorgekommen ist, aber wahrscheinlich mit der von dem gemeinen Kartoffelpilz *Peronospora infestans* veranlassten Knollenfaule verwechselt wurde. Da sie durch einen ganz andern Parasiten hervorgerufen wird, der noch einigen unserer wichtigsten Kulturpflanzen verderblich werden kann, so erscheint es dringend geboten, auf die darin liegende Gefahr aufmerksam zu machen.

Bei Aberntung einer größern Ackerfläche unseres Versuchsfeldes, auf welcher mehrere Kartoffelsorten zu vergleichendem Anbau gelangt waren, zeigte die durch Produktion von besonders großen Knollen ausgezeichnete Sorte „Eos“ mehrfach missfarbige und faulige Stellen von geringerer oder größerer Ausdehnung. Im Beginn der Erkrankung erscheint die Oberfläche der Knolle nicht wesentlich verändert, es macht sich nur eine leichte Trübung des Farbentones der Schale bemerkbar, die allmählich deutlicher zur Bildung einer missfarbenen Stelle führt. Schneidet man an einer solchen die Knolle quer durch, so sieht man in ähnlicher Weise, wie bei der durch *Peronospora infestans* hervorgerufenen Krankheit, braune Flecke, aber von etwas abweichender Beschaffenheit. Sie verbreiten sich weniger tief in das Fleisch der Kartoffel, meistens nur bis 6, seltener schon bis 10, höchstens 13 mm. Bei der Aufbewahrung der Knollen in Kellern und Mieten wird wahrscheinlich dieses Braunwerden auch tiefer in das Innere der Knolle dringen, aber zur Zeit der Ernte war dies bei den mir vorliegenden Knollen nicht der Fall. Schon hierin liegt ein Unterschied im Vergleich mit der gewöhnlichen Kartoffelkrankheit, welche meistens alsbald tiefer nach innen dringt; daher vermisst man auch die bei letzterer durch das sich ausbreitende Pilzmycelium hervorgerufenen kleinern Fleckchen gebräunten Gewebes, die von der unmittelbar unter der Schale liegenden gleichmäßiger braungefärbten Partie aus nach innen zu zerstreut vorkommen und welche die Vorläufer der weiter vorandringenden Verderbnis sind. Einen fernern Unterschied bedingt der Umstand, dass bei der vorliegenden Krankheitsform die braunen Flecke meist in ihrer Mitte von lichter, selbst weißlicher Färbung und von lockerer, krumiger Beschaffenheit sind. — Treten solche Stellen zahlreicher auf, dann gehen sie in einander über, wobei

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1889-1890

Band/Volume: [9](#)

Autor(en)/Author(s): Ballowitz Emil

Artikel/Article: [Ueber Verbreitung und Bedeutung feinfaseriger Strukturen in den Geweben und Gewebselementen des tierischen Körpers. 650-670](#)