Was sind die Plastosomen?

II. Bemerkungen zu dem Vortrag von C. Benda: Die Bedeutung der Zelleibstruktur für die Pathologie.

Von

Friedrich Meves in Kiel.

Auf der letzten Tagung der Deutschen pathologischen Gesellschaft in München (23.—25. März 1914) hat C. Benda ein Referat über die „Bedeutung der Zelleibstruktur für die Pathologie“ erstattet.

Meine eigenen Arbeiten über Zelleibstruktur haben einst denselben Ausgangspunkt wie diejenigen Bendas gehabt, nämlich die schon vor Benda und mir von A. v. Brunn, v. la Valette St. George, L. und R. Zoja und anderen gesehenen, von L. und R. Zoja mit Hilfe der Altmannschen Methode technisch dargestellten, von Benda als „Mitochondrien“ bezeichneten Körner der Samenzellen. Während ich aber in der ersten Zeit noch in einiger Beziehung mit Benda übereinstimmte, habe ich mich bei meinen weiteren Untersuchungen immer mehr, in zahlreichen und wichtigen Punkten, von ihm entfernt. Z. B. habe ich die Auffassungen, welche Benda sich um 1900 von den „Mitochondrien“ als einem neu entdeckten Zellorgan, von ihrer „physiologischen Bedeutung“, ihrem Verhältnis zum „Mitom“ Flemmings und zu den Altmannschen Granulis gebildet hatte, sämtlich als irrtümlich nachweisen können. Benda trägt nun aber in seinem Referat den Ergebnissen meiner Forschung nicht genügend Rechnung und stellt ausserdem eine Anzahl mich betreffender irrtümlicher Behauptungen auf, welche ich nicht unwidersprochen lassen möchte.

Benda glaubte anfangs (1898, 1) in den Körnern, welche er mit Hilfe einer besonderen, von ihm aufgefundenen Färbungsmethode nachgewiesen hatte, „ein neues, vielleicht einer spezifischen Funktion dienendes Zellorgan“ entdeckt zu haben; es stellte sich aber, wie er in seinem Vortrag (1914) sagt, bald heraus, dass A. v. Brunn (1884) schon manches von seinen

Befunden gesehen hatte, wie er sofort, als es ihm bekannt wurde, unumwunden anerkannt habe.

Ich selbst habe meine ersten Beobachtungen, wie ich seit 1900 immer wieder betont habe (man vergleiche Meves 1900, S. 554, 1908, S. 833, 1912, S. 96 Anm., 1914, 2, S. 284), völlig unabhängig von Benda gemacht. In der Literaturbesprechung einer 1900 erschienenen Arbeit habe ich besonders auf v. la Valette St. George hingewiesen, der 1886 unzweifelhafte „Mitochondrien“ in den Samenzellen von Insekten aufgefunden und die Entstehung des „Nebenkerns“ aus diesen Körnern konstatiert hat.

Benda hatte 1899 (1 und 2) die gleichen Körner auch in somatischen Zellen verschiedener Art nachgewiesen; ich selbst hatte (1900, S. 598) ihr Vorkommen ausser in Samenzellen in den Sertolischen Zellen des Hodens bei Wirbeltieren sowie bei Wirbellosen (wie übrigens auch Benda) beobachtet.

Im Jahre 1907 (1) fand ich dann, „dass Gebilde, welche mit den zur Darstellung der Mitochondrien geeigneten Methoden intensiv färbbar sind, bei jungen Embryonen von Huhn und Säugetieren ausnahmslos in sämtlichen Zellen in reichlicher Menge vorhanden sind“. Sie haben hier nur selten die Form von Körnern („Mitochondrien“); in der Regel sind es Stäbe oder mehr oder weniger lange Fäden, für welche ich damals die Bezeichnung „Chondriokonten“ vorschlug. Obwohl ich schon 1900 in verschiedenen Punkten mit Benda differierte (so z. B. in bezug auf die „physiologische Bedeutung“ der „Mitochondrien“ und auf ihr Lageverhältnis zu den Polstrahlen), war ich auch 1907 (1) zunächst noch ebenso wie Benda selbst der Meinung, dass es sich um neue, bisher hauptsächlich in Hodenzellen gesehene Strukturelemente handle. Daher begann ich (in dem aufrichtigen Bemühen, Benda gerecht zu werden und ihm jede Anerkennung, auf welche er Anspruch hätte, zukommen zu lassen) die Mitteilung, in welcher ich meine Befunde an den Embryonalzellen zuerst bekannt gab, mit den folgenden Worten: „Benda hat das grosse Verdienst, in den von ihm sogenannten Fadenkörnern oder Mitochondrien zuerst einen weitverbreiteten spezifischen Bestandteil der Zellen erkannt zu haben.“

Dieser Satz entsprach meiner damaligen Überzeugung. Meine späteren Untersuchungen haben mich aber alsbald über meinen

Standpunkt vom November 1907 weit hinaus und zu einer wesentlich anderen Einschätzung der „Mitochondrien“ geführt. Schon nach einem Monat (1907, 2) vermochte ich im Anatomischen Anzeiger festzustellen, dass die „Chondriokonten“ in den Zellen junger Embryonen den Fäden entsprechen, welche Flemming 1882 in lebenden Zellen der Salamanderlarve beobachtet hatte. Noch später gelang es mir (1910, 2) im Verein mit Samssonow (1910) die völlige Gleichheit der „Mitochondrien“ mit den „Bioblasten“ Altmanns¹⁾ und den „Plastidulen“ der Gebrüder Zoja nachzuweisen. Auch von den Boverischen Archoplasmakörnern (1888) habe ich (1911) zeigen können, dass sie nichts anderes als Altmannsche Granula oder „Mitochondrien“ sind. Die Erkenntnis, dass alle diese Gebilde, welche uns früher so grundverschieden erschienen, substantiell identisch sind, betrachte ich als ein Hauptergebnis meiner Arbeit, welches mir ermöglicht hat, in das Chaos der Lehre von der Protoplasmastruktur etwas Ordnung hineinzubringen.

In der Einleitung des den „Mitochondrien“ gewidmeten Kapitels seines Referates erblickt nun Benda die Hauptsache, in der sich die Überlegenheit seiner Befunde gegenüber denjenigen v. Brunns zeigte, darin, dass er, was v. Brunn nicht gesehen habe, „das Bestehen der gleichen Gebilde in fast allen anderen Zellen seiner Präparate feststellen konnte, und dadurch klar wurde, dass es sich um ein allgemeines Strukturverhältnis der Zellen handeln müsse“. Hierin hat Benda mit Bezug auf seine Stellung zu v. Brunn zweifellos Recht. Jedoch hatten die Gebrüder Zoja schon 1891 ihre „Plastidulen“ als allgemeine Bauelemente in den verschiedensten Zellarten, darunter auch in männlichen und weiblichen Geschlechtszellen, bei nahezu allen Metazoengruppen nachgewiesen.

Benda sagt weiter: „Wenn ich anfänglich glaubte, ein ganz neues Strukturelement gefunden zu haben, so war das ein Irrtum. An allen möglichen Stellen zeigte es sich, wie namentlich von Meves mehrfach mit Recht dargelegt worden ist, dass sich an vielen Stellen Anknüpfungen und sogar Übereinstimmungen mit älteren Beobachtungen, besonders denen Altmanns und

¹⁾ Diese Gleichheit hatte ich schon 1908, S. 842—843, vermutet.

seiner Schüler, ergaben.“ Ich muss bedauern, dass ich mich mit dieser Konzession an die Ergebnisse meiner Untersuchungen nicht annähernd zufrieden geben kann; mit Altmann bestehen nicht bloss „Anknüpfungen und sogar Übereinstimmungen“, sondern die Bendaschen „Mitochondrien“ sind mit den Altmannschen Granulis **völlig** identisch; es gibt keinen Unterschied zwischen ihnen. Mit keinem Wort aber wird in dem Bendaschen Vortrag erwähnt, dass die Flemmingschen Fäden von 1882 nachgewiesenermaßen aus der gleichen Substanz wie die Altmannschen Granula (die Mitochondrien Bendas) bestehen. Und doch handelt es sich hier um einen Punkt von anerkannter Wichtigkeit; denn auf Grund dieses Nachweises ist es Samsonow und mir gelungen, die Beobachtungen Flemmings und Altmanns, welche sich bis dahin gegenüberstanden, bis zu einem gewissen Grade miteinander zu versöhnen. Benda scheint, wie schon seine Kapitelüberschriften (S. 16 und 17) annehmen lassen, immer noch der Ansicht zu sein, dass die „Mitochondrien“-substanz im allgemeinen in granulärer Form auftritt, was bekanntlich durchaus nicht der Fall ist.

Im Anschluss an das oben wiedergegebene Zitat erklärt Benda, der „von Retzius erhobene Vorwurf, dass die als Mitochondrien bezeichneten Gebilde sämtlich längst bekannt gewesen sind“, sei unberechtigt. Wenn man in diesem Satz das Gewicht auf das Wort „sämtlich“ legt, ist er allerdings unberechtigt; aber sonst ist er völlig zutreffend. Jedoch ist er nicht das Untersuchungsergebnis von Retzius, sondern von mir; dass Retzius für die Feststellung dieser Tatsache nicht angeführt werden kann, glaube ich in einer inzwischen erschienenen Schrift (1914, 2) zur Genüge dargetan zu haben.

Es liegt nun das unbestreitbare Bedürfnis vor, die genannten Gebilde, welche ich als substantiell identisch erkannt habe, die „Fila“ Flemmings von 1882, die „Zytomikrosomen“ von v. Brunn und v. la Valette St. George, die „Archoplasmakörner“ Boveris, die „Bioblasten“ Altmanns, die „Plastidulen“ der Gebrüder Zoja, die „Mitochondrien“ Bendas etc. unter einer gemeinsamen Bezeichnung zu vereinigen. Als solche habe ich in letzter Zeit den Ausdruck „Plastosomen“ gebraucht: und zwar unterscheide ich körnige Plastosomen oder

Plastochondrien und fädige Plastosomen oder Plastokonten. Diesen Plastosomen stelle ich, unter der alten Flemmingschen Bezeichnung „Mitom“, die im allgemeinen nur bei starker saurer Fixierung sichtbaren Fäden der Strahlungen und der gleich oder ähnlich beschaffenen Gerüste gegenüber.

Von dieser meiner, wie ich finde, einfachen und klaren Auffassung behauptet nun Benda, dass sie „äusserst kompliziert“ und ihm ebenso wie anderen Autoren (Laguesse, Levi, Hirschler) „unverständlich“ sei.

Hierzu stimmt zunächst nicht, dass es Benda selbst in seinem Referat gelingt, in wenigen Zeilen eine im wesentlichen zutreffende Darstellung meiner Ansicht von dem Verhältnis zwischen Plastosomen und „Mitom“ zu geben. Wenn Benda aber weiter sagt, dass auch Laguesse, Levi und Hirschler meine Stellungnahme unverständlich gefunden haben, so entbehrt diese Behauptung jeder Grundlage.

Laguesse hat 1911 auf Grund einer Untersuchung an Knorpelzellen der Salamanderlarve meine Darstellung, nach welcher die Fäden Flemmings von 1882 mit „Chondriokonten“ identisch sind, völlig bestätigt und sich auch bezüglich der Identität zwischen Altmannschen Granulis und „Mitochondrien“ Samssonow und mir angeschlossen. Seine weiteren Ausführungen gehen dahin, dass die „Chondriosomen“ augenscheinlich ein Strukturelement im Protoplasma, aber nicht die intime Struktur der protoplasmatischen Masse selbst darstellen, in dem Sinne, wie man es früher, zur Zeit des Kampfes der Körner-, Waben-, Faden- und Gerüstlehre verstand. Sie sind eine Art Eliteprotoplasma (*protoplasme supérieur* im Sinne von Prenant); ihr Studium gibt uns keine Aufklärung über den (strukturierten oder homogenen) Zustand der übrigen Masse, welche den grössten Teil des Zelleibes bildet.¹⁾

Was alsdann Levi anlangt, so habe ich mich zunächst davon überzeugt, dass in seinen von Benda zitierten Schriften

¹⁾ In ähnlicher Weise haben sich Levi (1912, 1, S. 158) und Terni (1914, S. 76) ausgesprochen; sie sind der Ansicht, dass die Plastosomen nicht als eine Protoplasmastruktur im Sinne Flemmings, sondern als Zellorganellen aufzufassen sind, die von dem umgebenden Medium mehr oder weniger unabhängig sind.

nirgends ein Beleg für die von Benda aufgestellte Behauptung enthalten ist. Da ich aber befürchtete, in irgend einer Abhandlung dieses Autors eine bezügliche Bemerkung übersehen zu haben, habe ich mich (Anfang November 1914) an Herrn Levi selbst mit einer Anfrage gewandt; ich habe die Antwort erhalten, dass er in keiner seiner Arbeiten meine Stellungnahme als ihm unverständlich bezeichnet habe.

Auch bei Hirschler vermisste ich jede Andeutung in der von Benda behaupteten Richtung.

Der meines Wissens ausser Benda einzige Autor, welcher erklärt hat, meine Auffassung nicht oder nicht sicher verstehen zu können, ist Retzius (1914) gewesen; gerade dieser wird jedoch von Benda nicht als Gewährsmann zitiert.

Benda sucht aber meine Ansicht nicht nur als kompliziert und ihm und anderen unbegreiflich hinzustellen, sondern behauptet auch, dass sie falsch sei. Er ist ebenso wie Retzius (1914) und auch Hirschler (1913) der Meinung, dass die Plastochondrien und Plastokonten in „Mitomfäden“ eingelagert seien, wobei er unter „Mitomfäden“ ebenso wie ich selbst die Fäden der Strahlungen und Gerüste versteht. Ich behaupte demgegenüber, dass eine solche intrafilare Lage der Plastochondrien und Plastokonten völlig ausgeschlossen ist; für die Begründung meiner Ansicht darf ich auf meine Antwort an Retzius (1914, 2) verweisen.

Wenn Benda zur Verteidigung seines Standpunktes zunächst anführt, ihm habe ursprünglich in erster Linie daran gelegen, festzustellen, dass er abweichend von Altmann an der Fadenstruktur der Zelle festhielt und nicht wie dieser die Fadenstruktur nur als das Negativ der Körnerstruktur betrachtete, so scheint mir dadurch die uns beschäftigende Frage wenig berührt zu werden.

Benda fährt dann folgendermaßen fort: „Dazu kamen tatsächliche Beobachtungen über die Lagerung der Körner in den Polstrahlungen der Blastomeren, den Mitomfäden der Salamanderspermatozyten, den Wimperwurzeln, wie überhaupt die Feststellung, dass bei ungenügender Fixierung oder Färbung an ihrer Stelle die Mitomfäden sichtbar werden.“ Von den „tatsächlichen Beobachtungen“, von denen Benda hier spricht, behaupte ich nun aber meinerseits, dass sie irrtümlich sind. Die „Mitomfäden“, z. B.

die vom Zytozentrum ausgehenden Strahlen in einem Leukozyten, sind am besten bei einer für Plastosomenstudien ungeeigneten, stärker sauren Fixierung sichtbar, durch welche die Plastochondrien gelöst werden; sie liegen aber nicht „an Stelle“ der Plastochondrien, sondern zwischen ihnen. Ebenfalls sichtbar sind die Mitomfäden bei „ungenügender“ Fixierung mit den zum Plastosomenstudium dienenden Reagentien, z. B. im Innern etwas grösserer Objekte, wo die Wirkung der Osmiumsäure eine mangelhafte gewesen ist; die Plastochondrien sind an solchen Stellen zwar nicht gelöst, aber meistens gequollen (eventuell vorhandene Plastokonten haben sich der Quere nach fragmentiert) und erscheinen vielfach mit den „Mitomfäden“ verbacken. Solche Bilder dürften zu dem Irrtum Bendas Veranlassung gegeben haben. Bei tadelloser Fixierung der Plastosomen (man vergleiche den oben zitierten Satz von Benda) ist von den „Mitomfäden“ in der Regel nichts wahrzunehmen.

„Meves' abweichende Stellung“, heisst es bei Benda weiter, „scheint mir wesentlich dadurch bedingt, dass er wie Altmann durch Übertreibung der Osmierung die Fadenstrukturen zum Verschwinden bringt“ (Benda hat hier offenbar schon wieder vergessen, dass er selbst im Satz vorher solches Material, an welchem die „Mitomfäden“ sichtbar sind, mit Rücksicht auf die „Mitochondrien“ als ungenügend fixiert bezeichnet hat) „und dass er (Meves) andererseits durch Bevorzugung der Eisenhämatoxylinfärbung, welche ausser den Mitochondrien die Mitomfäden färbt, diese vielfach zu den Mitochondrienformationen rechnet, wo bei der Eisenalizarin-Kristallviolettmethodo die differente Beschaffenheit zu Tage tritt“. Demgegenüber muss ich es als völlig ausgeschlossen bezeichnen, dass das Eisenhämatoxylin an einem für Plastosomenstudien gut fixierten Material die „Mitomfäden“ (Fäden der Strahlungen und Gerüste) schwarz färbt; ich habe ferner die „Mitomfäden“ (in dem bezeichneten Sinn) niemals zu den Plastosomen gerechnet, sondern sie im Gegenteil dadurch, dass ich jede Beziehung derselben zu den Plastosomen in Abrede stellte, viel schärfer als Benda davon getrennt.

Benda spricht auch noch an einer anderen Stelle von den Schwierigkeiten der Deutung, die seiner Ansicht nach nur den Fehlern des Eisenhämatoxylins zu verdanken seien; ich habe von solchen Schwierigkeiten niemals etwas bemerkt.

Bei dieser Gelegenheit kann ich die Bemerkung nicht unterdrücken, dass Benda seine Eisenalizarin-Kristallviolettfröbung, indem er sie (S. 19) als „typische Methode“ hinstellt,¹⁾ stark überschätzt. Die Bendasche Methode leistet gewiss sehr gutes, aber durchaus nichts besseres als die 11 Jahre ältere Altmannsche, welche auch hinsichtlich des dabei angewandten Fixierungsmittels völlig originell ist, und die von mir empfohlene Methode, welche in einer Fixierung mit modifiziertem Flemmingschen Gemisch und Fröbung mit Eisenhämatoxylin besteht. Die Eisenhämatoxylinfröbung handhabe ich seit ihrer Empfehlung durch M. Heidenhain (1892) und habe mit ihrer Hilfe an Material, welches in verdünntem Flemmingschen Gemisch fixiert war, sicher schon 1897 Plastosomen dargestellt; diese Methode kann Benda also ganz gewiss nicht für sich reklamieren. Von den drei genannten Methoden ist jede geeignet, die beiden anderen zu kontrollieren.

Am Schluss des Absatzes, in welchem Benda die Zugehörigkeit der „Mitochondrien“ zu den Fäden der Strahlungen und Gerüste verteidigt, findet er, dass die ganze Frage erheblich an Aktualität verloren habe, da er ohne weiteres zugeben könne, „dass auch Mitochondrien im nicht fädig differenzierten Protoplasma vorkommen“. Für mich hätte es dieses Zugeständnisses nicht erst bedurft, da meine Überzeugung von der interfilaren Lage der Plastosomen völlig feststeht. Im übrigen behält aber die genannte Frage ihre Aktualität jedenfalls so lange, als die Bendasche Bezeichnung „Mitochondrien“ oder „Fadenkörner“ in Gebrauch ist. Benda (1898, 2, S. 11) hat diesen Ausdruck nämlich damit begründet, dass die von ihm gesehenen Körner innerhalb der „Mitomfäden“ gelegen seien; sie sollten mit den „Mikrosomen“ der Polstrahlen identisch sein. Da ich diese Anschauung, wie gesagt, entschieden ablehne, muss ich es ebenfalls mit dem Namen „Mitochondrien“ tun, weil er notwendig Veranlassung zu Konfusion geben muss; man kann unmöglich von „Fadenkörnern“ im Sinne von Benda sprechen und gleichzeitig, wie ich es tue, behaupten, dass die Körner zu den „Mitomfäden“ in gar keiner Beziehung stehen.

¹⁾ Die übrigen Methoden werden S. 28 als „atypische“ bezeichnet!

Benda bezeichnet nun aber seinerseits den von mir gebrauchten Sammelnamen Plastosomen aus zwei Gründen als „sehr unzweckmässig“; „erstens weil sie den etwas anderes bedeutenden Plasmosomen zu nahe anklingen“.

Ich kann demgegenüber in dem Gleichklang Plastosomen — Plasmosomen kein Unglück sehen, weil ich der Überzeugung bin, dass die Plasmosomen Arnolds nicht zur Anerkennung in der Wissenschaft gelangen werden. Ich halte sie der überwiegenden Mehrzahl nach für Kunstprodukte, welche durch die von Arnold angewandte Technik in den Zellen erzeugt worden sind.¹⁾

Über die erste der beiden von Arnold angewandten Methoden, die sogenannte Jodjodkali-Mazerationsmethode, brauche ich keine Worte zu verlieren; denn es dürfte heute kaum noch einen Zytologen geben, welcher glaubt, auf diese Weise Bilder erhalten zu können, welche für die Beurteilung von Zellstrukturen in Betracht kommen.

Die zweite Methode, durch welche Arnold seine „Plasmosomen“ zur Ansicht bringt, besteht in einer „vitalen Färbung“ mit Methylenblau oder Neutralrot; Arnold injiziert diese Farbstoffe entweder in das lebende Tier oder lässt sie auf Gewebestücke einwirken.

Nun lässt sich natürlich nicht bestreiten, dass in bestimmten Zellen Gebilde (Granula etc.) vorkommen, die auf diese Weise „vital“ gefärbt werden können. Ich habe z. B. selbst (1905, S. 540) in lebenden roten Blutzellen des Feuersalamanders durch Methylenblau und Neutralrot ein schon vorher von O. Schultze (1887) und Fischel (1901) gesehenes Kügelchen (von ca. 2 μ Durchmesser) intensiv tingiert erhalten, bevor noch der Kern der Blutzelle eine Spur von Färbung angenommen hatte. Im übrigen muss ich jedoch auf Grund meiner Erfahrungen behaupten, dass die genannten beiden Farbstoffe für Untersuchungen über die Protoplasmastruktur lebender Zellen jedenfalls nur mit der grössten Vorsicht zu verwenden sind. Die Körnchen und kürzeren oder längeren körnigen Fädchen, welche bei diesem Verfahren

¹⁾ Ich lege Wert darauf, zu konstatieren, dass ich mich in demselben Sinne und zum Teil mit denselben Worten wie hier wiederholt schon zu Lebzeiten Arnolds ausgesprochen habe; man vergleiche z. B. Meves 1911, S. 685 Anm., 1913, S. 238 Anm., 1914, S. 89 Anm.

vielfach sichtbar werden, stellen nach meiner Überzeugung in zahlreichen Fällen weiter nichts als Ausscheidungen dar, welche die genannten Farbstoffe mit Bestandteilen des Protoplasmas erzeugen. Solche ganz unzweifelhaften Ausscheidungen, welche von anderer Seite als präformierte Bildungen beschrieben waren, habe ich besonders bei meinen Blutuntersuchungen (1905) kennen gelernt.

Beide Farbstoffe, Methylenblau und Neutralrot, sind von Ehrlich in die Technik eingeführt und zur vitalen Färbung empfohlen worden; in dem Lehrbuch der Anaemie von Ehrlich und Lazarus (1909) heisst es aber bei Besprechung der Blutuntersuchungsmethoden mit Bezug auf die Resultate der vitalen Färbung ebenfalls (S. 37), dass das „anscheinend Neue mit grösster Vorsicht aufzunehmen ist, da ja bei diesem Verfahren durch das Absterben allerhand unkontrollierbare Erscheinungen hervorgerufen werden“.

Der älteste mir bekannte Hinweis, dass Anilinfarbstoffe, z. B. Methylenblau, welche den Zellen (Pflanzenzellen) in gelöster Form geboten werden, von diesen angehäuft (gespeichert) werden und mit einem oder einigen Bestandteilen des Zellsaftes einen Niederschlag bilden können, findet sich bei Pfeffer (1886). Die Speicherung wird nach Pfeffer durch verschiedene Körper verursacht. Die in der Zelle bestehenden Verhältnisse können veranlassen, „dass die entstehende Verbindung ausgeschieden wird oder gelöst bleibt. Natürlich können auch andere Stoffe mit niedrigerissen oder in der Ausfällung fixiert werden“ (Pfeffer 1897, S. 82).

Es handelt sich also in diesem Fall meines Erachtens nicht, wie Arnold (1914, S. 387) glaubt, um einen Streit um die bessere oder schlechtere Methode; sondern die Lebendfärbung mit Methylenblau und Neutralrot ist überhaupt kein Weg, welcher ganz allgemein zur Darstellung von Protoplasmastrukturen dienen kann.

Nach dem Gesagten ist es klar, dass alle weiteren Erörterungen, welche Arnold über die Bedeutung seiner Plasmosomen, ihre Beziehung zu den von mir so genannten Plastosomen etc. anstellt, für mich gegenstandslos sein müssen. Die Meinung, welche Arnold im Anschluss an Altmann vertritt, dass verschiedene Arten von Stoffwechselprodukten durch Um-

wandlung von Granulis entstehen, halte auch ich für vollkommen zutreffend. Die Granula, welche umgewandelt werden, sind aber keine „Plasmosomen“, sondern (meiner Ansicht nach) Altmannsche Körner oder Plastochondrien.

Arnold selbst hat übrigens früher (1899, S. 614) eine Gleichheit zwischen den von ihm beschriebenen „Plasmosomen“ und den Altmannschen Granulis nicht behaupten wollen; erst später (von 1907 an) ist er mit der Angabe hervorgetreten, dass sie mit den letzteren bzw. „Mitochondrien“ mehr oder weniger identisch seien.¹⁾

Meinerseits habe ich schon 1910 (2) in einer den weissen Blutzellen gewidmeten Untersuchung feststellen können, dass die Bilder, welche man durch die Plastosomenmethoden (Altmann, Meves, Benda) erhält, sich nicht mit den von Arnold beschriebenen decken.

Man vergleiche ferner Champy 1911, S. 153.

Zu ähnlichen Resultaten bezüglich der Plasmosomen wie ich selbst ist auch Duesberg (1912) bei einer Besprechung der Arnoldschen Arbeiten gekommen. Duesberg fasst seine Ansicht (S. 823) dahin zusammen, dass, „wenn die Plasmosomen Arnolds in einigen Fällen unseren Plastosomen entsprechen, sie doch nur fehlerhafte und veränderte Bilder darstellen“. „Ich füge hinzu“, sagt er, „dass die gesamte Arnoldsche Theorie auf Beobachtungen beruht, welche mit Hilfe von Methoden gemacht sind (besonders die Mazerationsmethode), die mir nur geringes Vertrauen einflössen. Mit Flemming (1898) und Meves (1911) bin ich sehr geneigt anzunehmen, dass wenigstens ein grösserer Teil dieser Plasmosomen künstliche Elemente sind.“

Auch Benda erscheint neuerdings (1914) von der Vitalität der Arnoldschen Plasmosomen nicht mehr überzeugt und möchte

¹⁾ Indem ich in Abrede stelle, dass man die von mir so genannten Plastosomen mit Methylenblau und Neutralrot vital färben kann, will ich keineswegs bezweifeln, dass sie überhaupt durch Vitalfärbung darstellbar sind. v. la Valette St. George benutzte zu diesem Zweck schon vor 30 Jahren (1885, 1886) ein „Dahliaserum“, welches später, in gleicher oder ähnlicher Zusammensetzung, von Prenant (1888), Pictet (1891), Henneguy (1896), Fauré-Fremiet (1910) u. a. angewandt wurde. Neuerdings ist von Michaelis (1900), Laguesse (1900, 1905, 1911), Bensley (1911) und Cowdry (1914, 2) Janusgrün mit Erfolg gebraucht worden.

die früher von ihm angenommene Identität zwischen „Mitochondrien“ und Plasmosomen nunmehr fallen lassen.¹⁾

Damit glaube ich den ersten Vorwurf, den Benda gegen meine Bezeichnung Plastosomen richtet, erledigt zu haben. Benda findet diesen und die anderen von mir gebrauchten Namen nun ferner, ebenso wie Retzius (1914), deshalb unzweckmässig, weil „sie auf einer funktionellen Hypothese beruhen, die noch keineswegs erwiesen und sicher nicht erschöpfend ist“.

Nun ist es allerdings richtig, dass ich mit meinen Bezeichnungen zunächst die Anschauung habe zum Ausdruck bringen wollen, dass die so benannten Gebilde allen Differenzierungsprozessen, welche sich im Verlauf der Ontogenese abspielen, als materielles Substrat zu Grunde liegen. Zu den Differenzierungsprodukten der Plastosomen gehören nach meiner Meinung (1908) erstens die verschiedenen Faserstrukturen, wie z. B. die „Protoplasmafasern“ der Epidermiszellen, die Fibrillen der glatten und quergestreiften Muskelfasern, die Neurofibrillen, die Bindegewebs- und Neurogliafasern etc.; zweitens auch die verschiedensten auffälligen chemischen Erzeugnisse des zellulären Stoffwechsels wie z. B. die Sekretkörner, das Fett, die Pigment- und Dotterkörner.

An dieser Auffassung, von welcher wir heute sagen müssen, dass sie keineswegs neu war (siehe unten), halte ich trotz des von einigen Seiten geäusserten Widerspruches unbeirrt fest. Wenn Levi (1911), Terni (1914, 2), Cowdry (1914, 1) u. a. die ganz zweifellos feststehende und mir wohl bekannte Tatsache, dass Plastosomen in vielen Zellarten des erwachsenen Körpers persistieren, mit dieser Meinung für unvereinbar erklären, so kann ich ihnen darin durchaus nicht beistimmen. Im übrigen aber bin ich ebenso wie z. B. Benda der Ansicht, dass die Bedeutung

¹⁾ 1899, 1, S. 7 hatte Benda sich dahin geäussert, dass die „Mitochondrien“ sich von den Altmannschen Körnern „handgreiflich“ unterscheiden; dagegen seien sie mit den „bisher als Zellmikrosomen bezeichneten Bildungen“ identisch. „Die Fadenkörner“, schrieb er damals (1899, 1, S. 7) „entsprechen den Mikrosomen, soweit diese bisher durch irgendwelche Methoden deutlicher zur Anschauung gebracht wurden; ich erinnere . . . besonders an die bedeutungsvollen Ergebnisse der Mazerationsmethoden J. Arnolds, mit denen ich meine Beobachtungen vielfach in Einklang setzen kann“ (von mir gesperrt).

der Plastosomen nicht ausschliesslich darauf beruhen kann, dass sie eine Anlagesubstanz darstellen; ihr Vorkommen in manchen Zellarten, z. B. in Nierenepithelien, lässt mich vielmehr annehmen, dass sie noch eine andere Funktion besitzen müssen. Der Ausdruck Plastosomen ist aber auch dann anwendbar, wenn die so benannten Strukturteile nicht oder nicht ausschliesslich zu verschiedenen Zwecken umgewandelt werden, sondern wenn sie bei den Bildungs- und Stoffwechselvorgängen in der Zelle überhaupt nur in irgend einer Weise hervorragend beteiligt sind.

Prüft man nun die Hypothesen, welche über die Bedeutung der Plastosomen bisher ausgesprochen sind, so findet man, dass sie sämtlich (mit Ausnahme einer einzigen, welche sicher unzutreffend ist) darin übereinstimmen, dass sie eine entweder direkte oder indirekte Beteiligung der Plastosomen bei den genannten Prozessen annehmen.

Flemming hat bekanntlich die spezifischen Plasmastrukturen, die Muskel- und Nervenfibrillen, die Bindegewebsfasern etc. in demselben Sinne, wie ich und zahlreiche andere es heute tun, als funktionell differenzierte Zellfäden angesehen: wobei allerdings bemerkt werden muss, dass er nicht zwischen Plastokonten und Fäden der Strahlungen und Gerüste unterschieden hat. Ferner hat Flemming es schon 1882 (S. 80) eine „Hypothese von Wahrscheinlichkeit“ genannt, dass in den Fäden, welche er am frischen Objekt beobachtet hatte, also in den heute von mir sogenannten Plastokonten, „die wesentlichen Kräfte ihren Ort haben, auf denen das Leben beruht“. Da die Lebenserscheinungen ein Ausdruck des Stoffwechsels sind, so wird Flemming bei diesen Worten wohl an eine Beteiligung bei dem letzteren gedacht haben. Altmann (1890) war der Meinung, dass alle vitalen Vorgänge an die „Bioblasten“ gebunden seien; insbesondere erbrachte er den Nachweis, dass die Granula durch morphologische Beobachtung als „Ort der Fett- und Sekretbildung“ erkannt werden können. Die Gebrüder L. und R. Zoja (1891) stimmen mit Altmann darin überein, dass die „Plastidulen“ einer Reihe von Stoffwechselprodukten (den Sekret- und Dotterkügelchen, den Pigmentkörnern, dem Fett etc.) Ursprung geben; sie bezeichnen die Funktion der „Plastidulen“ als eine dem Stoffwechsel dienende, „nutritive“. Regaud (1909) ist der Ansicht, dass diese Elemente die Auf-

gabe von Ecleptosomen haben, d. h. damit betraut sind, die chemischen Stoffe, welche mit dem Protoplasma in Kontakt kommen, zu absorbieren, um sie später wieder in irgend einer Form in Freiheit zu setzen. Levi (1911) bestreitet, wie gesagt, dass die „Chondriosomen“ sich direkt in die verschiedenen spezifischen Plasmastrukturen umwandeln, nimmt aber an (S. 191), dass sie eine Direktive bei Bildung derselben ausüben, indem sie kleinste Substanzteilchen in gelöster Form (vielleicht Fermente) abgeben; 1912, 2, S. 592 erklärt er es für möglich, dass sie sich in gleicher oder ähnlicher Weise auch bei der Sekretion betätigen.

Allen diesen Anschauungen, welche über die Bedeutung der in Rede stehenden Gebilde ausgesprochen sind, wird der Ausdruck Plastosomen, wie ich finde, völlig gerecht: er besagt weiter nichts, als dass diese Strukturelemente bei den Bildungsvorgängen in der Zelle eine Rolle spielen, ohne dass er über die Art dieser Rolle irgend etwas präjudiziert. Ich kenne, wie gesagt, nur eine einzige Hypothese, auf welche er nicht recht passt, welche aber auch schon lange (Meves 1899, 1908, Regaud 1908) widerlegt ist; es ist dies die von Benda (1899, 1) ausgesprochene Vermutung, dass die „Mitochondrien“ „mit den motorischen Leistungen der Zelle in einem prinzipiellen Zusammenhange stehen“. Benda kommt übrigens neuerdings (1914, S. 32) selbst zu dem Ergebnis, dass seine Hypothese „die funktionelle Bedeutung der Mitochondrien wahrscheinlich nicht erschöpft“.

Dass den Plastosomen eine formative Bedeutung zukommt, wird auch durch die Bezeichnung Plastidulen ausgedrückt, welche die Gebrüder Zoja 1891 im Anschluss an Maggi für diese Strukturelemente gebraucht haben.¹⁾ Ich kann ferner darauf verweisen, dass Prenant 1904 (S. 53) die Altmannschen Körner, welche er damals im Gegensatz zu Altmann als Zwischenformen zwischen hypothetischen Elementargebilden und den verschiedenen Produkten des Stoffwechsels betrachtete, mit den „Plastiden“ der Pflanzenzellen (Schimper 1883) verglichen und als „Plasten“ bezeichnet hat.

Zu meinen Bestrebungen, zu einer brauchbaren Nomenklatur zu gelangen, macht nun Benda (1914, S. 20) folgende

¹⁾ Plastidulen sind nach Maggi (vergl. L. und R. Zoja 1891, S. 238) „plastidi di grado inferiore“. Als „Plastiden“, d. h. „Bildnerinnen“ hatte Haeckel 1866 die Zellen bezeichnet.

Anmerkung: „Seltsame nomenklatorische Gelüste bestimmen Meves, fast in jeder Arbeit¹⁾ für dieselben Dinge neue Namen zu erfinden“. Ich glaube, dass ich meine „Gelüste“ angesichts der verfehlten Bendaschen Bezeichnung „Mitochondrien“ nicht weiter zu rechtfertigen brauche. Davon abgesehen enthält der zitierte Satz aber eine starke Übertreibung; denn ich habe seit 1900 ca. 20 Beiträge zur Kenntnis der Plastosomen veröffentlicht und gerade in zweien derselben neue Vorschläge zur Nomenklatur gemacht. 1907—08, zu einer Zeit, wo ich den Terminus „Mitochondrien“ noch nicht als ungeeignet erkannt hatte, habe ich als Weiterbildungen desselben die Bezeichnungen Chondriokonten²⁾, Chondriosomen gebraucht; später habe ich die Namen Plastochondrien, Plastokonten, Plastosomen in Anwendung gebracht.

Indem Benda weiter zu den „speziellen Ergebnissen“ der Plastosomenforschung übergeht, erklärt er über die wichtigsten Befunde berichten zu wollen, zeigt sich aber hauptsächlich bemüht, seine eigenen alten, wenn man von seinen spermatogenetischen Untersuchungen absieht, wenig umfangreichen Beobachtungen in ein möglichst helles Licht zu setzen. Z. B. sagt er, er habe nicht nur bei Samenzellen, sondern auch für andere Gewebe „die ent-

¹⁾ Von mir gesperrt.

²⁾ Benda möchte an Stelle von „Chondriokont“ seinen Ausdruck „Chondriomit“ benutzt sehen. Ich hatte nun aber 1907, 1 Benda (1899, 1) bei aufmerksamer Lektüre dahin verstanden, dass er mit der Bezeichnung „Chondriomiten“ oder „Körnerfäden“, „Mitomfäden“ bezeichnen wollte, innerhalb deren „Mitochondrien“ aufgereiht sind. Zu derselben Ansicht war auch M. Heidenhain (1907, S. 412) gekommen. Benda (1914) versichert jedoch, kontinuierliche Stränge plastosomatischer Natur damit gemeint zu haben. Dann hat er sich in der Mitteilung (1899, 1), in welcher er den Namen Chondriomiten oder Körnerfäden vorschlägt, jedenfalls missverständlich ausgedrückt. Auf S. 5, Absatz 3 beschreibt er z. B., dass die Wimpern der Flimmerzellen sich in parallele Körnerfäden fortsetzen; mit diesen Körnerfäden sind aber unzweifelhaft „Mitomfäden“ mit darin aufgereihten „Mitochondrien“ gemeint. Wollte Benda ferner Fäden plastosomatischer Natur, welche in ganzer Länge homogen sind, als Chondriomiten bezeichnen, so war der weitere Bendasche Name „Chondriorhabden“ überflüssig. Meine alte Bezeichnung Chondriokonten („Körnerstangen“, wie Benda zutreffend übersetzt) bringt, wie ich finde, gut zum Ausdruck, dass die so benannten Gebilde den Mitom- oder Plasmafäden gegenüber ein stärkeres Kaliber besitzen.

wicklungsgeschichtliche Histogenese hinsichtlich der Mitochondrien geprüft“, wie aus seinen „Angaben über die Entwicklung der Muskelfasern, der Nierenzellen bei Froschlärven und über die Befunde bei den Blastomeren von Triton“ klar hervorgehe; er müsse also dagegen protestieren, wenn von einigen Autoren behauptet werde, „dass Meves die ersten entwicklungsgeschichtlichen Untersuchungen über Mitochondrien gemacht habe“¹⁾. Ich bemerke dazu, dass ich diesen Anspruch gegenüber Benda allerdings erheben würde; denn die spärlichen Bemerkungen, welche er über die von ihm aufgezählten Punkte gemacht hat, können meines Erachtens kaum in Betracht kommen. Im übrigen aber haben schon Flemming und Altmann in der genannten Richtung Untersuchungen angestellt. Flemming (1891, 1897) hat sich z. B. bemüht, den Nachweis zu erbringen, dass die Bindegewebsfasern durch „Umprägung“ von „Protoplasmafäden“ entstehen, welche nach meiner Feststellung (1910, I) nichts anderes als Plastokonten gewesen sind. Benda erklärt nun allerdings „gegen die chondriogene Entstehung der Bindegewebsfibrillen“ nach den ihm vorliegenden Bildern und selbst nach meinen Zeichnungen „die grössten Bedenken“ zu haben. Ich möchte aber meinerseits diesen Bedenken nicht allzuviel Gewicht beilegen, ebensowenig wie denjenigen, welche er bezüglich der plastosomatischen Entstehung der Neurofibrillen äussert; denn ich glaube bezweifeln zu dürfen, dass Benda auf diesem Gebiet über genügende Erfahrungen verfügt.

Es sei schliesslich noch erwähnt, dass Benda ebenso wie z. B. Levi eine Umwandlung von Plastosomen in die verschiedenen Stoffwechselprodukte gegenüber der herrschenden Ansicht ablehnt; nur für die Pigmente ist er geneigt, eine Ausnahme zuzulassen.

Nachdem ich meine Auseinandersetzung mit Benda für dieses Mal beendet habe, möchte ich zum Schluss noch auf einige Bemerkungen Arnolds eingehen, auf welche ich bei einer Durch-

¹⁾ Von Autoren, welche meine Untersuchungen an Embryonen bestätigt haben, wird von Benda ausser Duesberg (1910) als einziger v. Berenberg-Gossler (!) genannt. Dabei hat v. Berenberg-Gossler (1912) „Mitochondrien“ ausschliesslich in Urgeschlechtszellen beschrieben; von den Körnern, die er als solche abbildet, ist mir sogar noch zweifelhaft, ob sie auf den ihnen beigelegten Namen „Mitochondrien“ überhaupt Anspruch haben.

sicht seines Buches (1914) „Über Plasmastrukturen und ihre funktionelle Bedeutung“ gestossen bin.

Arnold schreibt S. 371: „Wenn Meves neuerdings unter Hinweis auf einzelne Beobachtungen Flemmings den Versuch macht, die Mitomlehre und die Granulalehre miteinander zu versöhnen, so wird diesem als einem Zeugnis pietätvoller Gesinnung gegen den Meister niemand die Sympathie versagen.“ Hier liegt in mehrfacher Beziehung eine Verkennung des Sachverhalts von Seiten Arnolds vor. Zunächst beruht die Beschreibung, welche Flemming 1882 nach Beobachtungen am frischen Objekt von einem Fadenbau der Zellsubstanz gegeben hat, nicht nur auf „einzelnen Beobachtungen“. Ferner aber hat meine Feststellung, dass die Fäden Flemmings von 1882 und die Granula Altmanns substantiell identisch sind, mit meiner Pietät gegen Flemming nicht das geringste zu tun. Schliesslich kann von einem blossen „Versuch“, den ich gemacht hätte, nicht die Rede sein; denn die von mir im Verein mit Samssnow konstatierte substantielle Gleichheit der genannten Gebilde ist heute bereits allgemein anerkannt.

Da Arnold mich in dem obigen Zitat an meine Pflicht gegen meinen Lehrer Flemming erinnert, so möchte ich nicht unterlassen, auf die Grundlosigkeit der Angriffe hinzuweisen, welche der Heidelberger Forscher gegen diesen richtet. Arnold geht dabei meistens auf die völlig unzutreffende und ungerechte Beurteilung zurück, welche M. Heidenhain (1911) in seinem Buch „Plasma und Zelle“ der Fadengerüstlehre von Flemming zuteil werden lässt. Ich kann mir nicht vorstellen, dass M. Heidenhain mit seiner Darstellung noch bei irgend jemandem ausser bei Arnold Anklang finden wird, welcher letztere sich selbst (1914, S. 382) als „Notleidenden“ gegenüber der an seine Adresse gerichteten Flemmingschen Kritik ¹⁾ hinstellt, die als durchaus gerechtfertigt anerkannt werden muss. Die nach M. Heidenhain und Arnold „längst veralteten“ Beobachtungen Flemmings an der lebenden Zelle bleiben von grundlegender Wichtigkeit, weil sie uns durch ihre völlige Übereinstimmung mit den durch die Plastosomenmethoden

¹⁾ Flemming (1898, S. 412) hatte einen Teil der Arnoldschen Körnchen als Produkte einer „Mazerationsquellung“ gekennzeichnet.

gewonnenen Bildern die Sicherheit geben, dass die letzteren dem Naturzustand entsprechen.

Auf S. 373 des Arnoldschen Werkes heisst es: „Bücher haben ihre Geschicke. Dieser Satz hat auch für das Altmannsche Buch Geltung. Sieht man von den namhaft gemachten Verteidigern der Granulalehre, denen ich mich ungeachtet wesentlicher Differenzen in unseren Anschauungen zuzählen darf, ab, so hat es eine lange Reihe von Jahren gewährt, bis die Granulalehre Altmanns in objektiver Weise auf ihren Wahrheitsgehalt geprüft worden ist. Es gebührt M. Heidenhain das Verdienst, auf Grund eigener sorgfältiger Untersuchungen und umfassender Kenntnis der Literatur einen solchen Versuch unternommen zu haben.“ Zu diesem Passus darf ich bemerken, dass, wenn sich in den letzten Jahren in Bezug auf die Wertung der Altmannschen Granula ein vollständiger Umschwung vollzogen hat, dies in allererster Linie dem durch die Plastosomenforschung geführten Nachweis zu danken ist, dass die Altmannschen Körner mit Mitochondrien oder Plastochondrien identisch sind.¹⁾ Arnold als Verteidiger Altmanns kann ihm nach meinen obigen Ausführungen nicht nützlich gewesen sein.

„In der ersten Periode der Mitochondrienforschung“, lese ich schliesslich bei Arnold S. 377, „war man von der strukturellen und tinktoriellen Eigenart der Mitochondrien so fest überzeugt, dass gar nicht an der Möglichkeit gezweifelt wurde, mit ihrer Hilfe die Mitochondrien jederzeit von den anderen Bestandteilen des Plasmas zu unterscheiden und sie als „spezifische“ Gebilde von besonderer Bedeutung einschätzen zu dürfen“. Ich kann nicht umhin, zu erklären, dass sich meine Auffassung in dieser Beziehung bis auf den heutigen Tag nicht geändert hat.

¹⁾ An anderer Stelle (1913, S. 455) schreibt Arnold selbst: „Ich will bereitwillig bekennen, dass die Granulalehre durch die Mitochondrienforschung gefördert wurde Zum Teil ist es der Mitochondrienforschung zu verdanken, dass die Granula allgemeinere Anerkennung gefunden haben und an ihrer Präexistenz nicht mehr gezweifelt wird. Dass die Wahrheit auf Umwegen sich Bahn bricht, ist ja keine Seltenheit.“

Literaturverzeichnis.

- Altmann, R., 1890: Die Elementarorganismen und ihre Beziehungen zu den Zellen. I. Aufl. Leipzig 1890 (II. Aufl. 1894).
- Arnold, J., 1899: Flemming und die Mitomlehre. Anat. Anz., Bd. 16.
- Derselbe, 1907: Plasmosomen, Granula, Mitochondrien, Chondriomiten und Netzfiguren. Anat. Anz., Bd. 31.
- Derselbe, 1913: Das Plasma der somatischen Zellen im Lichte der Plasmosomen-Granulalehre und der Mitochondrienforschung. Anat. Anz., Bd. 43.
- Derselbe, 1914: Über Plasmastrukturen und ihre funktionelle Bedeutung. Jena.
- Benda, C., 1897: Neuere Mitteilungen über die Histogenese der Säugetierspermatozoen. Verhandl. d. phys. Ges. zu Berlin, Jahrg. 1896/1897.
- Derselbe, 1898, 1: Über die Entstehung der Spiralfaser des Verbindungsstückes der Säugetierspermien. Verhandl. d. anat. Ges. in Kiel.
- Derselbe, 1898, 2: Über die Spermatogenese der Vertebraten und höherer Evertbraten. Verhandl. d. phys. Ges. zu Berlin, Jahrg. 1897/1898.
- Derselbe, 1899, 1: Weitere Mitteilungen über die Mitochondria. Verhandl. d. phys. Ges. zu Berlin, Jahrg. 1898/1899.
- Derselbe, 1899, 2: Weitere Beobachtungen über die Mitochondria und ihr Verhältnis zu Sekretgranulationen nebst kritischen Bemerkungen. Verhandl. d. phys. Ges. zu Berlin, Jahrg. 1899/1900.
- Derselbe, 1914: Die Bedeutung der Zelleibstruktur für die Pathologie. Verhandl. d. Deutsch. Path. Ges., 17. Tagung in München.
- Bensley, R., 1911: Studies on the Pancreas of the Guinea Pig. Amer. Journ. of Anat., vol. 12.
- v. Berenberg-Gossler, H., 1912: Die Urgeschlechtszellen des Hühnerembryos am dritten und vierten Bebrütungstage, mit besonderer Berücksichtigung der Kern- und Plasmastrukturen. Arch. f. mikr. Anat., Bd. 81, Abt. 2.
- Boveri, Th., 1888: Zellen-Studien, Heft 2: Die Befruchtung und Teilung des Eies von *Ascaris megalocephala*. Jena.
- v. Brunn, A., 1884: Beiträge zur Kenntnis der Samenkörper und ihrer Entwicklung bei den Säugetieren und Vögeln. Arch. f. mikr. Anat., Bd. 23.
- Champy, Ch., 1911: Recherches sur l'absorption intestinale et le rôle des mitochondries dans l'absorption et la sécrétion. Arch. d'anat. micr., t. 13.
- Cowdry, E. V., 1914, 1: The development of the cytoplasmic constituents of the nerve cells of the chick. I. Mitochondria and neurofibrils. Amer. Journ. of Anat., vol. 15.
- Derselbe, 1914, 2: The vital staining of mitochondria with janus green and diethylsafranin in human blood cells. Intern. Monatsschr. f. Anat. u. Physiol., Bd. 31.

- Dnesberg, J., 1910: Les chondriosomes des cellules embryonnaires du Poulet et leur rôle dans la génèse des myofibrilles, avec quelques observations sur le développement des fibres musculaires striées. Arch. f. Zellforschung, Bd. 4.
- Derselbe, 1912: Plastosomen, apparato reticolare interno und Chromidial-apparat. Ergebn. d. Anat. u. Entwicklungsgesch., Bd. 20, 1912.
- Ehrlich, P. und Lazarus, A., 1909: Die Anaemie. Wien und Leipzig.
- Fauré-Fremiet, E., 1910: Étude sur les mitochondries des Protozoaires et des cellules sexuelles. Arch. d'anat. micr., tom. 11.
- Fischel, A., 1901: Untersuchungen über vitale Färbung. Anat. Hefte, Abt. I, Bd. 16.
- Flemming, W., 1882: Zellsubstanz, Kern und Zellteilung.
- Derselbe, 1891: Zur Entwicklungsgeschichte der Bindegewebsfibrillen. Intern. Beitr. z. wissensch. Medizin, Festschr. f. R. Virchow.
- Derselbe, 1897: Über die Entwicklung der kollagenen Bindegewebsfibrillen bei Amphibien und Säugetieren. Arch. f. Anat. u. Physiol., anat. Abt.
- Derselbe, 1898: Morphologie der Zelle. Ergebn. d. Anat. u. Entwicklungsgesch., Bd. 7, 1897.
- Heidenhain, M., 1892: Über Kern und Protoplasma. Festschrift für A. v. Koelliker.
- Derselbe, 1907: Plasma und Zelle. I. Lieferung: Die Grundlagen der mikroskopischen Anatomie, die Kerne, die Zentren und die Granulalehre.
- Derselbe, 1911: Plasma und Zelle. II. Lieferung: Die kontraktile Substanz, die nervöse Substanz, die Fadengerüstlehre und ihre Objekte.
- Henneguy, L. F. 1896: Leçons sur la cellule. Paris.
- Hirschler, J., 1913: Über die Plasmastrukturen (Mitochondrien, Golgischer Apparat u. a.) in den Geschlechtszellen der Ascariden. (Spermato- und Oogenese.) Arch. f. Zellforschung, Bd. 9.
- Laguesse, E., 1900: Sur les Paranuclei et le mécanisme probable de l'élaboration dans la cellule pancréatique de la Salamandre. 13. Congrès internat. de médecine, Paris.
- Derselbe, 1905: Le Pancréas. Première partie: La glande exocrine. Revue générale d'Histologie.
- Derselbe, 1911: Les chondriocontes de la cellule cartilagineuse et la structure du protoplasme. Bibliographie anatomique, tom. 21.
- Levi, G., 1911: Sulla presunta partecipazione dei condriosomi alla differenziazione cellulare. Arch. di Anat. e di Embriol., vol. 10.
- Derselbe, 1912, 1: I condriosomi nell' oocite degli Anfibi. Monitore Zoologico Italiano. anno 23.
- Derselbe, 1912, 2: I condriosomi nelle cellule secernenti. Anat. Anz., Bd. 42.
- Meves, Fr., 1899: Über Struktur und Histogenese der Samenfäden des Meerschweinchens. Arch. f. mikr. Anat., Bd. 54.
- Derselbe, 1900: Über den von v. la Valette St. George entdeckten Nebenkern (Mitochondrienkörper) der Samenzellen. Arch. f. mikr. Anat., Bd. 56.
- Derselbe, 1905: Kritische Bemerkungen über den Bau der roten Blutkörperchen der Amphibien. Anat. Anz., Bd. 26.

- Derselbe, 1907, 1: Über Mitochondrien bzw. Chondriokonten in den Zellen junger Embryonen. *Anat. Anz.*, Bd. 31.
- Derselbe, 1907, 2: Die Chondriokonten in ihrem Verhältnis zur Filarmasse Flemmings. *Anat. Anz.*, Bd. 31.
- Derselbe, 1908: Die Chondriosomen als Träger erblicher Anlagen. Zytologische Studien am Hühnerembryo. *Arch. f. mikr. Anat.*, Bd. 72.
- Derselbe, 1910, 1: Über Strukturen in den Zellen des embryonalen Stützgewebes, sowie über die Entstehung der Bindegewebsfibrillen, insbesondere derjenigen der Sehne. *Arch. f. mikr. Anat.*, Bd. 75.
- Derselbe, 1910, 2: Zur Einigung zwischen Faden- und Granulalehre des Protoplasmas. Beobachtungen an weissen Blutzellen. *Arch. f. mikr. Anat.*, Bd. 75.
- Derselbe, 1911: Über die Beteiligung der Plastochondrien an der Befruchtung des Eies von *Ascaris megalocephala*. *Arch. f. mikr. Anat.*, Bd. 76.
- Derselbe, 1912: Verfolgung des sogenannten Mittelstückes des Echinidenspermiums im befruchteten Ei bis zum Ende der ersten Furchungsteilung. *Arch. f. mikr. Anat.*, Bd. 80, Abt. 2.
- Derselbe, 1913: Über das Verhalten des plastosomatischen Bestandteiles des Spermiums bei der Befruchtung des Eies von *Phallusia mammillata*. *Arch. f. mikr. Anat.*, Bd. 82, Abt. 2.
- Derselbe, 1914, 1: Die Plastochondrien in dem sich teilenden Ei von *Ascaris megalocephala*. *Arch. f. mikr. Anat.*, Bd. 84, Abt. 2.
- Derselbe, 1914, 2: Was sind die Plastosomen? Antwort auf die Schrift gleichen Titels von G. Retzius. *Arch. f. mikr. Anat.*, Bd. 85, Abt. 1.
- Derselbe, 1915: Über Mitwirkung der Plastosomen bei der Befruchtung des Eies von *Filaria papillosa*. *Arch. f. mikr. Anat.*, Bd. 87, Abt. 2.
- Michaelis, L., 1900: Die vitale Färbung, eine Darstellung der Zellgranula. *Arch. f. mikr. Anat.*, Bd. 55.
- Pfeffer, W., 1886: Über Aufnahme von Anilinfarben in lebende Zellen. Untersuchungen aus dem botanischen Institut zu Tübingen, Bd. 2.
- Derselbe, 1897: Pflanzenphysiologie. Bd. I: Stoffwechsel. Leipzig.
- Pictet, C., 1891: Recherches sur la spermatogénèse chez quelques Invertébrés de la Méditerranée. *Mitt. aus der Zool. Station zu Neapel*, Bd. 10.
- Prenant, A., 1888: Observations cytologiques sur les éléments séminaux des Gastéropodes pulmonés. *La cellule*, tom. 4.
- Derselbe, Bouin, P., und Maillard, L., 1904: *Traité d'histologie*, T. I: Cytologie. Paris.
- Regaud, M., 1908: Sur les mitochondries des cellules ciliées du tube urinaire. Ont-elles une relation avec la fonction motrice de ces cellules? *Compt. rend. de la Soc. de Biologie*.
- Derselbe, 1909: Attribution aux „formations mitochondriales“ de la fonction générale d'extraction et de fixation électives, exercée par les cellules vivantes sur les substances dissoutes dans le milieu ambiantes. *Compt. rend. de la Soc. de Biologie*.
- Retzius, G., 1914: Was sind die Plastosomen? *Arch. f. mikr. Anat.*, Bd. 84, Abt. 1.

- Samssonow, N., 1910: Über die Beziehungen der Filarmasse Flemmings zu den Fäden und Körnern Altmanns, nach Beobachtungen an Knorpel-, Bindegewebs- und Epidermiszellen. Arch. f. mikr. Anat. u. Entwicklungsgesch., Bd. 75.
- Schultze, O., 1887: Die vitale Methylenblaureaktion der Zellgranula. Anat. Anz., Jahrg. 2.
- Terni, T., 1914, 1: Condriosomi, idiozoma e formazioni periidiazomiche nella spermatogenesi degli Anfibii (Ricerche sul Geotriton fuscus). Arch. f. Zellforsch., Bd. 12.
- Derselbe, 1914, 2: I condriosomi nella cellula nervosa. Rivista di Patologia nervosa e mentale, anno 19.
- v. la Valette St. George, 1885: Spermatologische Beiträge. Erste Mitteilung. Arch. f. mikr. Anat., Bd. 25.
- Derselbe, 1886: Spermatologische Beiträge. Zweite Mitteilung. Arch. f. mikr. Anat., Bd. 27.
- Zoja, L. und R., 1891: Intorno ai plastiduli fucsino-fili (bioplasti dell' Altmann). Memorie del R. Istituto Lombardo di Scienze e Lettere, vol. 16, ser. III, Cl. di Sc. m. e n.
-