

Neuere physiologisch-chemische Untersuchungen über die Zelle¹⁾.

Von **R. H. Chittenden**.

Bevor ich die heutige Diskussion über das vorliegende Thema eröffne, möchte ich daran erinnern, dass die Chemie und die chemischen Prozesse in der Zelle von seiten der Biologen im Allgemeinen wenig Beachtung gefunden haben. Und das ist vielleicht auch natürlich; denn viele Jahre hindurch bot der größeren Zahl der Forscher die morphologische Seite der Biologie ein weitaus interessanteres Arbeitsfeld, und dazu kommt noch, dass die Schwierigkeiten nicht so groß waren, als die, welche die der Lösung harrenden chemischen und physiologischen Probleme bereiteten.

Einfachheit in der Struktur, wie sie der einzelnen Zelle eines einzelligen Organismus eigen ist, bedeutet für den Physiologen eine erhöhte Kompliziertheit in den Funktionen. In einem entwickelteren Organismus mit seinen vielen Zellgruppen ist selbstverständlich die eine Gruppe durch eine bestimmte Art von Thätigkeit charakterisiert, während eine benachbarte Zellgruppe, die ein anderes Gewebe oder Organ bildet, in ihrer Funktion ganz anders geartet ist. Die eine Zellgruppe ist nur für eine einzige Aufgabe bestimmt, eine andere existiert zu einem ganz anderen Zweck, oder mit anderen Worten: Differenzierung in der Struktur ist die Ursache oder die Begleiterscheinung von Differenzierung in der chemischen Zusammensetzung oder in der Funktion. Das erscheint uns nun freilich ganz einleuchtend und ganz natürlich, aber wie sollen wir uns alle die verschiedenen Funktionen erklären, die der einzellige Organismus besitzt, ohne dass wir auf die Idee kommen, dass möglicherweise eine chemische Differenzierung des Zellprotoplasmas innerhalb des Zellkörpers stattfindet? Verdauung, Assimilation, Exkretion und Fortpflanzung sind Funktionen, die der einzelne wie, sein höherer Verwandter, der vielzellige Organismus in gleicher Weise besitzen. In dem letzteren unterscheiden wir verschiedene, für jede Phase und für jede Form der Thätigkeit besonders charakterisierte Zellgruppen; denn eine jede Gruppe in einer Drüse oder einem Gewebe hat eine verschiedene chemische Struktur mit einer ihr durchaus eigentümlichen Art chemischer Thätigkeit und mit ihren ihr durchaus eigentümlichen Zerfallsprodukten. Im einzelligen Organismus andererseits ist eine Differenzierung der einzelnen Protoplasmatheilen die einzige plausible Erklärung für die verschiedenen Funktionen der lebenden Zelle.

1) Vortrag zur Einleitung in eine Diskussion über den gegenwärtigen Stand unserer Kenntnis von der Zelle, gehalten auf der Versammlung der „American Society of Naturalists“ in New-Haven am 28. Dezember 1893; abgedruckt im American Naturalist, Bd. 28, S. 97—117.

Wenn diese Annahme richtig ist, so können wir nicht länger die Zelle als die letzte Struktureinheit ansehen, wenigstens nicht vom chemischen Standpunkte aus. Man könnte vielmehr die Zelle als ein kompliziertes Molekül auffassen oder als eine Anzahl von Molekülen, bestehend aus vielen morphologischen Atomen oder besser Atomgruppen. So könnte man sich zum Beispiel das Cytoplasma als eine Menge oder eine Masse lebender Struktureinheiten denken, wie die Plasomen von Wiesner. Man nenne sie, wie man will — Plasomen, Idiosomen, Gemmulae, Plastidule, Idioblasten oder physiologische Einheiten —, diese Teilchen haben die Fähigkeit, sich zu teilen und auch zu wachsen und zu assimilieren. Ueberdies ist es möglich, dass diese Fähigkeit, zu wachsen und sich fortzupflanzen, wenigstens zum Teil unabhängig sein kann vom Zellkern und dem ihn aufbauenden Karyoplasma. Und ferner kann auch vielleicht der Kern als zusammengesetzt aus organischen Individuen gedacht werden, die sich selbst teilen können, aus hypothetischen Teilchen, wie wir sie für Cytoplasma und Karyoplasma annehmen können, und die wir dann als die lebenden Atome des Moleküls, die letzten teilbaren lebenden Körperchen der Zelle ansehen.

Seit vor fünfzig und mehr Jahren die Theorie von der Zelle, ihrer Struktur und Entwicklung von Schleiden und Schwann aufgestellt wurde, ist sie die Grundlage für fast alle Phasen biologischer Forschung gewesen, und obgleich unsere Kenntnis von der Zelle in jeder Beziehung während der letzten Hälfte unseres Jahrhunderts namhafte Fortschritte gemacht hat, so werden auch heute noch fast alle Probleme über das Leben vom Standpunkt der Zelltheorie aus betrachtet. Morphologische wie physiologische Thatsachen werden alle mehr oder weniger beurteilt nach ihren Beziehungen zur Zellstruktur und Zellfunktion. Daher schreibt Whitman¹⁾ mit Recht: „Sämtliche biologischen Forschungen hatten zum Objekt die Zelle; von oben bis unten ist sie auf einer jeden Stufe der Organisation durchmustert worden, man hat sie von außen und von innen untersucht, man hat auf ihr herumexperimentiert und sie in ihren mannigfachen Beziehungen stets nur als eine Einheit an Form und Funktion studiert“, und wenn ich mir nun den heutigen Stand der Frage ansehe, so scheint es mir, als ob viele Morphologen geneigt sind, doch gegen „die absolute Herrschaft der Zelle als Einheit der Organisation“ zu protestieren. Wir dürfen nicht die Existenz der einzelnen chemischen Verbindungen des Zellorganismus mit ihrer eigentümlichen Molekularstruktur, welche das Zellprotoplasma formieren, übersehen; denn das ganze Geheimnis der Organisation, Assimilation, des Wachstums, der Entwicklung u. s. w. beruht gerade auf diesen letzten Elementen der lebenden Materie. Sie sind vielleicht die wirklichen Repräsentanten der physiologischen Einheiten von

1) The inadequacy of the cell-theory of development. *Journal of Morphology*, Bd. 8, S. 639.

Herbert Spencer oder der Plasomen von Wiesner; sie können die eigentlichen Einheiten aller Formen der belebten Materie, die Träger der Vererbung und die wahren Bildner des Organismus, des einfachen wie des komplizierten, sein. Diese Protoplasmateilchen brauchen dabei in ihrer Thätigkeit oder in dem Einfluss, den sie ausüben, nicht notwendig durch Zellmembranen oder andere Schranken eingeeengt zu sein.

Die Physiologen waren also, wie alle anderen Biologen, gewohnt, in der Zelle „die Einheit der vielfach variablen Formen des Organismus“ (Hammarsten) zu sehen, welche der Sitz der vielen verschiedenen chemischen Prozesse ist, die für die Gewebe und Organe des betreffenden Individuums charakteristisch sind. Die Zellen beherrschen natürlich durch ihre verschiedene Thätigkeit den Verlauf und die Intensität der Stoffwechselprozesse im Organismus, aber alles das ist nur ein allgemeiner Ausdruck für die Idee, dass die chemischen Prozesse der höheren Organismen sich in den Zellgeweben des Körpers, und nicht in den sie umspülenden Flüssigkeiten, abspielen. Ich glaube, wir haben allen Grund, an die Existenz letzter Teilchen der belebten Materie, sowohl im Cytoplasma wie im Karyoplasma innerhalb der Zelle, zu glauben, welche die wahren Einheiten des Organismus sind. Sie sind vielleicht morphologisch nicht erkennbar, aber nichtsdestoweniger existieren sie doch als individuelle Glieder in der Kette der Moleküle, aus denen nach unserer Ansicht das lebende Protoplasma zusammengesetzt ist. Ueber diesen Punkt hat sich Quineke¹⁾ kürzlich mit den Worten geäußert: „Die Biologie muss, wohl oder übel, mit der Thatsache rechnen, dass die Entwicklung der Zelle und das Leben der organischen Natur abhängig ist von Massen und Lagebeziehungen, die mit dem Mikroskop allein nicht erkannt werden können“. Daher bietet die Chemie der Zelle ein interessantes, vielversprechendes Arbeitsfeld, obgleich sie zum größten Teil hauptsächlich in der Absicht studiert worden ist, einen tieferen Einblick in die allgemeinen metabolischen Prozesse der höheren Organismen zu erhalten.

Vom chemischen Standpunkt aus kann man die lebende tierische Zelle als eine Kombination verschiedener chemischer Substanzen ansehen, die sich stets nur in einem labilen Gleichgewicht befindet, die unbeständig im höchsten Grade und in jedem Augenblick bereit ist, durch Oxydation oder Spaltung in Körper von geringerer Kompliziertheit zu zerfallen, wobei jeder Schritt abwärts im Prozess der Auflösung die Ursache für das Freiwerden einer gewissen Menge von Energie ist. Solche explosions- oder auch stufenweise erfolgenden Zersetzungen finden fortwährend, solange das Leben dauert, statt, und chemische Umbildungen und chemische Zersetzungen sind daher der wesentliche Teil in der Lebensgeschichte der Zelle oder des

1) Nature, Bd. 49, S. 6.

Organismus, dessen integrierendes Glied sie ist. In ihnen sind viele von den Geheimnissen des Lebens verborgen, und einige der verwickeltsten und zugleich wichtigsten Phasen physiologischer Phänomene sind eng verknüpft mit den erwähnten, mehr oder weniger dunklen chemischen Umwandlungen.

Dieses fortwährende Freiwerden von Energie, das so charakteristisch für die lebende tierische Zelle ist, und das auf dem unausgesetzten Zerfall der lebenden Substanz des Organismus beruht, hat die Forderung nach Nahrungsmaterial zur Folge, das die Stelle dessen, was von lebender Substanz durch Verfall zu Grunde gegangen ist, ersetzen soll; denn sonst erschaffen die Lebensenergien, und die Körperstruktur schwindet dahin. Das Nahrungsmaterial nun, das nötig ist, um dieser Forderung gerecht zu werden, vermag, selbst wenn es leicht oxydierbar oder verbrennlich ist, nicht die Bedürfnisse des Organismus zu befriedigen, wenn es nicht zu wirklicher lebender Substanz wird. Als tote träge Materie ist es einfach verbrennbar, es kann Energie frei machen, zum Beispiel Wärme, ganz wie andere Formen organischer Materie, aber seine Energie kann von dem lebenden tierischen Organismus nicht in der von ihm geforderten Art und Weise ausgenutzt werden. Es muss erst durch Verdauung oder sonst wie assimilierbar gemacht werden; wenn es alsdann den Zirkulationsstrom passiert hat, erreicht es schließlich die Zelle, unter deren Einfluss es eine abschließende Umwandlung erfährt, durch die es auf ein höheres Niveau erhoben wird. Was tot war, ist lebendig geworden, es ist eine chemische Umbildung vor sich gegangen, die Atome im Molekül haben eine neue Anordnung erlangt, und wir haben jetzt mit lebender Materie zu rechnen: eine Verwandlung, die durch die anabolische Fähigkeit der lebenden Zelle oder richtiger des Zellprotoplasmas ausgeführt worden ist. Anabolismus und Katabolismus, Aufbau und Zerstörung, spielen sich so fortwährend in der lebenden tierischen Zelle neben einander als notwendige Begleiterscheinungen des Lebens ab, aber die Prozesse sind nicht überall von gleicher Art. Sie sind qualitativ und quantitativ verschieden, besonders die katabolischen; denn diese letzteren zeigen einige Eigentümlichkeiten, die fast für jede individuelle Zellgruppe, wie sie in den einzelnen Organen oder Geweben vorkommen, charakteristisch sind. Jede individuelle Zelle, eine Komponente der vielen verschiedenen Gewebe des Organismus, kann man mit einem gut ausgestatteten chemischen Laboratorium vergleichen; die Art und die Menge der geleisteten Arbeit hängt zum Teil von den inneren Eigenschaften der Zelle, d. h. vom Zellprotoplasma, und zum Teil von der Natur der umgebenden Substanzen ab. Wenn sich diese Angaben auch hauptsächlich auf die tierische Zelle beziehen, so gelten sie doch auch ebenso für die pflanzliche Zelle; der einzige Unterschied beruht darauf, dass in der letzteren die synthetischen Prozesse vorherrschen,

da sie eine ganz auffallende Fähigkeit besitzt, komplizierte Stoffe aufzubauen, wie zum Beispiel Stärke und Eiweiß, und zwar aus einfachem Nahrungsmaterial, das aus der Luft und dem Erdboden aufgenommen wird, während die tierische Zelle besonders durch ihre ausgedehnten katabolischen Prozesse ausgezeichnet ist.

Während nun in den frühen Stadien des Wachstums und der Entwicklung alle tierischen Zellen eine merkwürdige Aehnlichkeit in ihrem Bau und ihrer Zusammensetzung haben können, so wird, sobald die Differenzierung der Form zugleich mit einer Differenzierung der Funktion sich bemerkbar zu machen beginnt, deutlich auch die chemische Zusammensetzung allmählich verändert, bis schließlich jede Zellgruppe, wie sie für individuelle Organe oder Gewebe charakteristisch ist, eine ihr eigentümliche Zusammensetzung erlangt hat. Unverkennbar aber zeigen sich die auffallendsten Differenzen im Charakter der sogenannten sekundären Bestandteile des Zellprotoplasmas, d. h. der Zerfallsprodukte der Zellthätigkeit, wie die verschiedenen Enzyme oder ihre Vorstufen, die Albuminoide, Pigmente, Fett, Glykogen u. s. w. es sind, und dazu kommen dann noch die Substanzen des toten Nahrungsmaterials für den Aufbau der Zelle. Aus dieser grundsätzlichen Verschiedenheit im Charakter der katabolischen Produkte der Zellthätigkeit können wir leicht auf entsprechende Differenzen im Charakter der primären Bestandteile des Zellprotoplasmas schließen, und diese würden dann wieder fundamentale Verschiedenheiten in der Natur der anabolischen Prozesse postulieren, durch welche das Zellprotoplasma aufgebaut wird.

Aus dem, was bis jetzt angeführt ist, wird man ersehen haben, dass es nicht einfach ist, zwischen den primären Bestandteilen der Zelle und den sogenannten sekundären, d. h. solchen, die durch die katabolische Thätigkeit der primären Bestandteile entstehen, zu unterscheiden. Weiter ist es außerordentlich schwierig, aus einem gegebenen Gewebe oder Organ die in ihrem Aufbau enthaltenen aktiven Zellen zu isolieren oder eine genügend große Anzahl einzelliger Organismen, die frei von Verunreinigungen oder Beimischungen sind, zu sammeln. Aber wenn wir das wirklich fertig gebracht haben und nun mit der Analyse der isolierten Zellen anfangen wollen, so stehen wir gleich vor den Schranken, die dieser Art von Arbeit gesetzt sind und die hauptsächlich darin bestehen, dass jede gewöhnliche Methode der Trennung oder Analyse, selbst schon die einleitenden Prozesse, sofort die lebende Materie in tote umwandeln. Und da dies Spaltung oder sonstige Veränderungen von größerer oder geringerer Kompliziertheit zur Folge hat, so sind diejenigen Körper, die wir für Bestandteile des Zellprotoplasmas ansehen, vielleicht bloß Spaltungsprodukte oder Bruchstücke von den größeren und komplizierteren Molekülen, welche ihren Sitz in der belebten Materie haben.

Von der mikroskopischen Untersuchung her wissen wir mit Be-

stimmtheit, dass das Protoplasma durchaus keine homogene Masse ist, dass es vielmehr mit kleinen Körnchen beladen und von einem unregelmäßigen Netzwerk durchsetzt ist. Diese verschiedenen Formen des differenzierten Protoplasmas sind, wie Sie wissen, verschieden benannt worden: Spongioplasma, Paraplasma, Hyaloplasma u. s. w., und wir sind veranlasst, auf ausgesprochene Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung aus der Art und Weise zu schließen, wie sich die verschiedenen Teile in der Zelle gegenüber den zahlreichen Farbstoffen und Farblösungen, wie man sie in der histologischen Untersuchung gebraucht, verhalten. Es kann gar kein Zweifel darüber herrschen, dass zum Beispiel die Verschiedenheit der Färbung von Zellkern und Cytoplasma, die man durch Behandlung mit verschiedenen Farblösungen erhält, von der Verschiedenheit der chemischen Zusammensetzung abhängig ist. Ferner ist Ehrlich, wie Sie wohl wissen, im Stande gewesen, verschiedene Körnchenvarietäten, die er im Zellprotoplasma fand, nach ihrem Verhalten gegen neutrale, saure und alkalische Anilinfarben zu unterscheiden. So haben wir zum Beispiel im Centrosoma eine Anhäufung von differenziertem Cytoplasma, welches, wie Watasé¹⁾ am Ei von *Unio* gezeigt hat, sehr deutlich hervortritt nach Behandlung mit Säurefuchsin, während die Spindelfäden und die Protoplasmastrahlungen ganz ungefärbt bleiben, wodurch der Unterschied in der chemischen Zusammensetzung recht auffallend wird und wohl Beachtung verdient. Dann gibt es weiter andere Körnchen, die im Cytoplasma vieler Zellen häufig vorkommen, die sich mit Osmiumsäure schwarz färben und so wiederum andere chemische Zusammensetzung verraten. Aber unsere Kenntnis von der chemischen Natur des Protoplasmas ist doch noch viel zu unvollkommen und unbedeutend, als dass wir nach unseren Beobachtungen mehr als ein paar ganz allgemeine Folgerungen aus der Verwandtschaft des Protoplasmas zu verschiedenen Farbstoffen ziehen könnten.

Ferner sind die Stoffe, aus denen der Kern besteht, wie Sie wissen, von verschiedenen Forschern, z. B. Flemming, in mehrere Abteilungen eingeteilt worden nach ihrem Verhalten gegen verschiedene Farbstoffe; man unterscheidet die chromatische Substanz oder das Chromatin, das leicht mit Anilinfarben tingiert wird, und aus dem besonders das Netzwerk des Kerns besteht, und das Achromatin oder den Teil des Kerns, der sich nicht gut färbt; aus ihm besteht die Kerngrundsubstanz und die Kernmembran.

Ich könnte noch unzählige Beispiele anführen, aber für unseren Zweck genügt das Gesagte vollauf, um die Existenz chemisch verschiedener Stoffe im Zelleytoplasma und -karyoplasma zu beweisen. Das ist freilich auch Alles; denn diese Beispiele lehren uns sehr wenig über die wahre Natur der Stoffe, welche die verschiedenen Reaktionen

1) Homology of the Centrosome. *Journal of Morphology*, Bd. 8, S. 433.

hervorrufen. Wir müssen erst mehr von der Chemie wissen, ehe wir überhaupt hoffen können, zu einem klareren Verständnis des wirklichen Aufbaues des Zellprotoplasmas zu gelangen. Indess solche Kenntnisse erwirbt man nicht bloß durch mikrochemische Untersuchungen. Die sind natürlich auch wichtig, aber hauptsächlich müssen wir uns auf die makroskopischen Methoden verlassen, um die erwünschte Kenntnis zu erlangen, und wenn wir dann genügende Erfahrungen über die chemische Natur der Substanzen, die sich im Protoplasma finden, gesammelt haben, dann können wir auch hoffen, mikrochemische Methoden zu finden, die geeignet sind, uns genauen Aufschluss über sie zu geben.

Was wissen wir nun bis jetzt von den primären Bestandteilen des Zellprotoplasmas? Wenn wir uns die Resultate, zu denen man durch mühevollen zehnjährigen Arbeit endlich gekommen ist, ansehen, so, glaube ich, sind wir zu der Behauptung berechtigt, dass die primären Bestandteile des Cytoplasmas besonders eine bestimmte Gruppe von Proteinen oder Eiweißkörpern sind, bekannt unter dem Namen der Nukleoalbumine und charakterisiert durch ihren Gehalt an Phosphor. Diese machen den weitaus größten Teil der im Cytoplasma enthaltenen Substanzen aus. Nächst ihnen sind die wichtigsten die einfachen Proteine, die hauptsächlich zur Gruppe der Globuline gehören, einer Klasse von Eiweißkörpern, die unlöslich in Wasser, aber leicht löslich in 5—10 prozentiger Kochsalzlösung sind. Dann kommt Lecithin, ein komplizierter phosphorhaltiger Körper, der eine ähnliche Konstitution wie Fett hat und bei der Spaltung höhere Fettsäuren, Glycerinphosphorsäure und Cholin liefert. Diese Verbindung ist sowohl in Wasser als auch in Kochsalzlösung unlöslich, aber leicht löslich in Aether und etwas in Alkohol. Eine andere Substanz, die fast regelmäßig im Cytoplasma zu finden ist, ist Cholesterin, ein fester, krystallisierender Alkohol, dessen Konstitution nicht sicher festgestellt ist, und der in Wasser und Kochsalzlösung unlöslich, in Alkohol und Aether leicht löslich ist. Den Rest der Cytoplasmabestandteile bilden anorganische Stoffe: Calcium, Magnesium, Kalium und Natrium, die, an Salz- und Phosphorsäure gebunden, in Form von Chloriden resp. Phosphaten sich vorfinden. Etwas fraglich ist es, ob diese zuletzt genannten Salze primäre Bestandteile des Cytoplasma sind; Kalium wenigstens, das in außerordentlich großen Mengen in den tierischen Zellen vorkommt, scheint sicher ein echter primärer Bestandteil zu sein. Kaliumphosphat ist ganz besonders wichtig für das Leben und die Entwicklung der tierischen Zelle, und unzweifelhaft auch die Erdphosphate, obgleich wir kaum angeben können, wie sie im Cytoplasma existieren, wenn nicht in fester Verbindung mit den Proteinen oder Nukleoalbuminen der Zelle, zu denen sie bekanntlich eine starke Affinität haben. Ferner habe ich daran zu erinnern, dass die Asche aller Zellen eine gewisse Menge von Eisenoxyd aufweist. Dieses Eisen stammt aber nicht aus gewöhnlichen

Eisensalzen im Protoplasma, sondern es scheint in einigen eigentümlichen organischen Verbindungen zu existieren, offenbar an Kohlenstoff gebunden. Es muss besonders hervorgehoben werden als Komponente in den sogenannten eisenhaltigen Nukleinen oder Nukleoalbuminen.

So ist es denn klar, dass Eiweißstoffe in der einen oder der anderen Form, hauptsächlich als Nukleoalbumine, die große Masse des Cytoplasmas ausmachen, und dass das typische Produkt der Synthese der lebenden Zelle zweifellos ein Molekül ist oder Moleküle sind, in denen Eiweißstoffe die Hauptrolle spielen. „Aber dass nun das Eiweißmolekül allein der Träger des Lebens ist, und dass alle anderen Bestandteile des Protoplasmas bloß seine Trabanten sind, das können wir mit Sicherheit nicht behaupten“ (Kossel).

Zwischen Cytoplasma und Karyoplasma existiert nur ein sehr kleiner konstanter Unterschied. Der einzige typische Bestandteil des Zellkerns ist nämlich das Nuklein oder sonst ein Körper aus dieser Gruppe. Ich muss hier hervorheben, dass Untersuchungen, wie sie bisher gemacht sind, ergeben haben, dass die primären Bestandteile der Zelle entweder hauptsächlich im Zellkern angehäuft sein können, oder dass sie gleichmäßig durch Cytoplasma und Karyoplasma verteilt sind, oder endlich dass sie im Kern fast ganz fehlen und sich nur im Cytoplasma finden¹⁾. Dieser letzte mögliche Fall gibt eine gute Erklärung für die wohlbekannte Thatsache, dass Zellen, die reich an Kernsubstanz sind und dem entsprechend nur wenig Cytoplasma enthalten, wie die Spermatozoen, außerordentlich arm an vielen der primären Bestandteile gewöhnlicher Zellen sind. Der einzige Körper, der für den Zellkern charakteristisch ist, ist das Nuklein.

Cholesterin und Lecithin sind sicherlich etwas ganz Gewöhnliches im Cytoplasma und im Karyoplasma, da sie reichlich sowohl in kernreichen Zellen als auch in Zellen, die nur wenig von Kernelementen enthalten, gefunden werden. Aber wir müssen doch wiederholen, dass die erste Stelle unter den sogenannten primären Bestandteilen den Proteinen in allen lebenden Zellen gebührt, denn es ist mehr als wahrscheinlich, dass die im Zellprotoplasma enthaltenen Nukleine und Lecithine erst durch Synthese aus gewissen Spaltungsprodukten der Proteine und Phosphate entstehen. Doch sei dem, wie ihm wolle, die Globuline, Nukleoalbumine und Nukleine sind, soweit unsere heutigen Kenntnisse reichen, die wichtigen Bestandteile des Zellprotoplasmas in allen tierischen und pflanzlichen Zellen. Von diesen drei Gruppen verdienen die Nukleine und die verwandten Nukleoalbumine noch eine besondere Besprechung.

(Schluss folgt.)

1) Kossel, Verhandl. der physiol. Gesellschaft zu Berlin, Februar 1890.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1894

Band/Volume: [14](#)

Autor(en)/Author(s): Chittenden Russel Henry

Artikel/Article: [Neuere physiologisch-chemische Untersuchungen über die Zelle. 320-327](#)