

89. W. Ruhland: Die Bedeutung der Kolloidalnatur wässriger Farbstofflösungen für ihr Eindringen in lebende Zellen.

(Aus der Kaiserlichen Biologischen Anstalt, Dahlem-Berlin.)

(Eingegangen am 11. Dezember 1908.)

Vor kurzem habe ich in einer ausführlichen Arbeit¹⁾ das diffusible Verhalten einiger Verbindungen und besonders dasjenige einer größeren Zahl künstlicher organischer Farbstoffe zur lebenden Zelle behandelt, wobei es mir wesentlich auf eine Prüfung der bekannten, zur Erklärung der Permeabilitätsverhältnisse der lebenden Zelle von OVERTON aufgestellten Lipoidtheorie ankam, nach welcher bekanntlich die Plasmahaut eine semipermeable Membran ist, welche in ihrem Lösungsvermögen den fetten Ölen nahesteht, und wahrscheinlich mit einem Cholesterin-Lecithingemisch imprägniert zu denken ist.

Es ist zwar nicht meine Absicht, zur Begründung des ablehnenden Standpunktes, zu welchem ich in jener Abhandlung auf Grund der dort mitgeteilten Tatsachen gelangte, neues Material beizubringen, doch besteht ein naher Zusammenhang der nachstehenden Zeilen mit jenem Thema, wie sich aus dem folgenden ergeben wird.

Es ist in der letzten Zeit mehrfach von dem Kolloidalzustand der wässrigen Lösungen der künstlichen organischen Farbstoffe die Rede gewesen und eine ganze Reihe derselben ist von mehreren Beobachtern nach verschiedenen Methoden daraufhin untersucht worden.

Hierfür wurde zunächst die verschiedene Geschwindigkeit des Farbstoffdurchtrittes bei der Dialyse durch Pergamentpapier und sodann die Elektrolytfällbarkeit der Farbstoffe benutzt. Nach letzterer Methode wurden die Sulfosäurefarbstoffe als negativ geladene Kolloide durch ein-, zwei- und dreiwertige Kationen (H^+ , Na^+ , Ca^{++} , Ni^{++} , Cu^{++} , Fe^{+++} , Al^{+++}) sowie einige positive basische Farbstoffe mit OH^- , ausgeflockt²⁾. Schon hierbei ergab

1) W. RUHLAND: „Beiträge zur Kenntnis der Permeabilität der Plasmahaut.“ (Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. XLVI, 1908, S. 1—54.)

2) O. TEAGUE und B. H. BUXTON: „Die Agglutination in physikalischer Hinsicht. IV. Die Ausflockung von Anilinfarben“ (Zeitschr. f. physikal. Chemie, Bd. LX, 1907, S. 469.)

sich, daß die Größe des Moleküls der Farbstoffe nicht immer als Maß ihrer kolloidalen Eigenschaften betrachtet werden darf.

Als ein besonders brauchbares Mittel zur Beurteilung der Farbstoffe als Kolloide hat sich endlich die Untersuchung der Lösungen mit Hilfe des Ultramikroskops erwiesen. Hierbei sind mehrere Forscher allgemein zu dem Resultat gelangt, daß eine Gruppe von Farbstoffen homogene Lösungen darbietet, während diejenigen einer anderen großen Gruppe nach Art der Kolloide heterogen erscheinen, indem der eigentliche Farbstoffgehalt in Form distinkter, leuchtender Partikelchen ultramikroskopisch direkt wahrnehmbar wird.

Daß zwischen diesen beiden Extremen zahlreiche Farbstoffe in der Mitte stehen, insofern man in ihren Lösungen zwar Inhomogenitäten entdeckt, deren geringe Menge jedoch nicht auf den gesamten Farbstoffgehalt bezogen werden kann¹⁾, stimmt sehr gut mit der nach den ersterwähnten Methoden ermittelten Tatsache überein, wonach die Farblösungen in ihren kolloidalen Eigenschaften alle Abstufungen erkennen lassen. Wir haben uns in diesen Fällen offenbar zu denken, daß „ein Teil des Farbstoffes sich in optisch nicht auflösbarer, homogener Form, ein anderer in Form der Suspension²⁾ auflösbarer Teilchen“ befindet.

Es lag nahe, diese interessanten Verhältnisse beim Studium des Eindringens der Farbstoffe in lebende Zellen zu berücksichtigen. Ist es auch hinlänglich sichergestellt, daß zahlreiche Kolloide zweifellos die lebende Plasmahaut zu passieren vermögen, so würde doch sehr wohl zu bedenken sein, ob die Eigentümlichkeit der Zelle, den einen Farbstoff sehr rasch, den anderen entweder nur sehr langsam oder überhaupt nicht aufzunehmen, sich, wenn auch vielleicht nicht ganz, so doch wenigstens teilweise aus dem Charakter der Lösungen herleiten ließe. Diese Frage würde um so wichtiger sein, je mehr man geneigt ist, aus dem osmotischen Verhalten der Farbstoffe zur lebenden Zelle weitgehende Schlüsse auf die Natur der Plasmahaut zu ziehen.

In meiner oben erwähnten Arbeit hatte ich beim Studium einer größeren Anzahl von Farbstoffen mit Rücksicht auf die

1) Vgl. L. MICHAELIS: „Ultramikroskopische Untersuchungen“ (VIRCHOWS Archiv für path. Anatomie u. Physiologie, Bd. CLXXIX, 1905, S. 195) und E. RAEHLMANN: „Neue ultramikroskopische Untersuchungen über Eiweiß usw.“ (PFLÜGERS Archiv f. d. ges. Physiologie, Bd. CXII, 1906, S. 128).

2) Die Frage, inwieweit hier Suspensions- oder Emulsionskolloide vorliegen, wurde auf Grund von Oberflächenspannungsmessungen von H. FREUNDLICH und W. NEUMANN (Kolloidzeitschrift III, 1908, S. 80) geprüft, worauf hier nicht näher eingegangen werden soll.

OVERTONSche Theorie naturgemäß die Lipoïdlöslichkeit in den Vordergrund gerückt. Ich will nunmehr ganz kurz auch auf die Kolloidfrage eingehen, was in obigem Zusammenhang meines Wissens bisher noch nicht geschehen ist, und zwar beschränke ich mich lediglich auf diejenigen Farbstoffe, welche in meiner damaligen Beweisführung von besonderer Wichtigkeit waren; ich beabsichtige, zu zeigen, daß meine damaligen Resultate durch den neuen Gesichtspunkt nicht nur nicht in Frage gestellt werden, sondern vielfach noch an Beweiskraft gewinnen.

Bezüglich der folgenden Zeilen sei noch bemerkt, daß für die ultramikroskopischen Beobachtungen ein REICHERT'scher Spiegel-Kondensator verwandt wurde. Wo nichts weiter vermerkt ist, liegen den Angaben über ultramikroskopisches Verhalten, Dialyse usw. eigene Beobachtungen zugrunde. Die Farbstoffe werden der Einfachheit halber hier etwa in derselben Reihenfolge wie in meiner früheren Arbeit behandelt.

Das Toluylenrot, welches wohl fast stets als Hydrochlorid Anwendung findet, dialysiert langsam (BUXTON und TEAGUE¹⁾, eigene Beobachtungen). Es ist in wässriger Lösung ultramikroskopisch zwar vorwiegend homogen, doch sind Ultramikronen in mäßiger Zahl sichtbar (MICHAELIS, eigene Beobachtungen). Es ist also etwa als halbkolloidal zu bezeichnen.

Die schwer lösliche freie Base, wie man sie aus den eisäurigen Salzen in übersättigter Lösung durch Hinzufügen von OH^- (z. B. in Gestalt von sekundärem Kaliumphosphat) leicht erhalten kann²⁾, ist im Ultramikroskop dagegen optisch völlig auflösbar, also offenbar hochkolloidal. Dialyse durch Pergamentpapier findet nicht statt (die Lösung bleibt übrigens nicht lange stabil, indem schließlich Abscheidung der rotbraunen Nadeln der Base und Entfärbung der Lösung eintritt).

In beiden Formen wird der Farbstoff rapide und zwar mit gleicher Geschwindigkeit von der Zelle aufgenommen, sofern nicht etwa Verzögerungen durch Speicherung des Hydrochlorids in der Zellmembran usw. stattfinden. Jedenfalls findet aber keine Ver-

1) Hier sei beiläufig darauf hingewiesen, daß die von BUXTON und TEAGUE erzielten Fällungen des Toluylenrots mit NaOH teilweise keine Ausflockungen des unveränderten Kolloids, sondern chemische Abspaltungen der unlöslichen Base mit OH^- darstellen.

2) Vergleiche meine oben zitierte Arbeit, S. 15.

langsamung des Eintrittes der freien Base auf Grund ihres hochkolloidalen Charakters statt. Immerhin könnte man vom Standpunkt der OVERTONschen Theorie noch einwerfen, daß die Base nur infolge ihrer besonderen Lipoidlöslichkeit gleich schnell wie das weniger kolloidale Hydrochlorid oder Acetat eintrete. Man vergleiche jedoch zur Beurteilung dieses Punktes die weiteren Angaben über andere Farbstoffe.

Die übrigen untersuchten basischen Farbstoffe bieten verschiedene Abstufungen der Kolloidität dar. Die unter der Bezeichnung „Prune pure“ im Handel befindliche schöne Gallocyaninverbindung ist ziemlich stark kolloidal, dialysiert nur sehr schwer und erscheint auch ultramikroskopisch in sehr hohem Grade auflösbar. (Da der Farbstoff offenbar nur ziemlich schwach basisch ist, und infolgedessen die Neigung hat, sich unter Bildung eines Niederschlages hydrolytisch zu zersetzen, fügte ich vor der ultramikroskopischen Untersuchung zur Herabdrückung der Dissoziation etwas Salzsäure zu.)

Auch die Rosanilin- und Pararosanilinsalze (Fuchsinverbindungen) und Nilblau (Sulfat) neigen noch nach der kolloidalen Gruppe, aber vielleicht etwas weniger noch als das Toluylenrohydrochlorid, Dahia etwa in demselben Maße wie dieses und ebenso das Carbonat der Nilblaubase.

Dagegen sind Methylenblau, Malachitgrün, Thionin, Gentianin, Thioninblau, Methylengrün, Toluidinblau, Methylgrün und wohl auch Gentianaviolett echt gelöst, d. h. dialysieren auch bei Zimmertemperatur rasch und zeigen unter dem Ultramikroskop keine Inhomogenitäten.

Alle diese basischen Farbstoffe werden ungeachtet ihres verschiedenen Lösungszustandes sämtlich sehr rasch aufgenommen. Es sei noch daran erinnert, daß Methylengrün sich bei meinen früheren Untersuchungen als lipoidunlöslich erwies, Malachitgrün (Zinkchlorid-Doppelsalz) und Thionin (Hydrochlorid) lösten sich nur schwer in Lipoiden.

Im Gegensatz zu den erwähnten Farbstoffen wird das Rhodamin B — obwohl leicht lipoidlöslich — nur sehr schwer und langsam aufgenommen. Da es sehr rasch dialysiert (FREUNDLICH und NEUMANN, eigene Versuche) und ultramikroskopisch homogene Lösungen bildet, kann dieses auffällige Verhalten nicht durch kolloidale Eigenschaften erklärt werden.

Während das Rhodamin, wenn auch nur sehr schwer, so doch schließlich in vielen Fällen in die Zelle eindringt, vermögen dies zwei andere Phthaleine, Erythrosin und Rose bengale,

obwohl ebenfalls deutlich lipoïdlöslich, nicht. Die wässerigen Lösungen sind ultramikroskopisch zwar teilweise auflösbar, dialysieren jedoch ziemlich schnell, und können somit keinesfalls als stark kolloidal bezeichnet werden.

Im Gegensatz zu diesen beiden sind zwei weitere Phthaleine Eosin und Phloxin, lipoïdunlöslich. Während Eosin echte Lösungen bildet, also rasch dialysiert (BUXTON und TEAGUE, eigene Beobachtungen) und im Ultramikroskop nicht auflösbar ist (MICHAELIS, eigene Beobachtungen), muß Phloxin als hochkolloidal bezeichnet werden (dialysiert langsam, wird ultramikroskopisch vollständig aufgelöst). Beide scheinen von Zellen nicht aufgenommen zu werden.

Es lassen also auch bei den Phthaleinen weder die Lipoïdlöslichkeit noch der Grad kolloidaler Eigenschaften das diosmotische Verhalten gegen Zellen verständlich erscheinen. Ich wies indessen bereits in meiner erwähnten Arbeit darauf hin, daß das allein eindringende Rhodamin basischen, die anderen aber alle Säure-Charakter haben.

Besonderes Interesse verdient noch eine basische Verbindung, das Nachtblau, welches ich in meiner Hauptarbeit nicht berücksichtigt habe. Es kann in seinem physikalischen Verhalten mit der Toluylenrotbase verglichen werden. Es ist einerseits hochkolloidal (ultramikroskopisch völlig auflösbar, nicht dialysierbar)¹⁾ und andererseits leicht lipoïdlöslich (Cholesterin). Selbst in den eigentlichen Fettsäureestern (Lanolin usw.) löst es sich leicht. Nach manchen Zweifeln ist es mir durch eine große Zahl von Versuchen gelungen, die auffällige Tatsache sicherzustellen, daß der Farbstoff in keins der von mir geprüften lebenden Objekte (Spirogyren, Lemnawurzeln usw.) einzudringen vermag.

Zu meiner Verwunderung finde ich, wie hier eingeschoben sei, nach Fertigstellung des Manuskriptes in einer soeben erschienenen Arbeit von L. PELET-JOLIVET und A. WILD²⁾ das Nachtblau als wenig kolloidal bezeichnet. Dem stehen indessen nicht nur meine eigenen Beobachtungen, sondern auch die Angaben von BUXTON und TEAGUE sowie von FREUNDLICH und NEUMANN gegenüber, aus denen übereinstimmend hervorgeht, daß das Nachtblau unter sämtlichen bisher untersuchten basischen Farb-

1) Ich untersuchte ein frisch von der Badischen Anilin- und Sodafabrik bezogenes Präparat. Es ist für die lebenden Objekte nicht unschädlich, wirkt aber erst nach einiger Zeit mäßig giftig.

2) „Untersuchungen über die Farbstoffe in Lösung.“ (Zeitschrift für Chemie und Industrie der Kolloide III, 1908, S. 174—177.)

stoffen wohl die ausgesprochensten Kolloideigenschaften besitzt, in demselben Maße wie die von mir zuerst benutzte übersättigte Lösung der Toluylenrotbase (s. oben). Wäre übrigens die Angabe der genannten Autoren richtig, so würde das Verhalten des Nachtblaus selbstverständlich ebenfalls meine obigen Darlegungen stützen¹⁾.

Die Tatsache, daß das Nachtblau überhaupt nicht eindringt²⁾, steht zu dem Verhalten der übrigen basischen Farbstoffe in solchem Gegensatz, daß man hier in der Tat versucht sein könnte, an eine Kolloidalwirkung zu denken. Dem steht aber entgegen, daß das physikalisch ganz ähnliche Toluylenrot (Base) rapide aufgenommen wird. Zur Beleuchtung der Lipoïdtheorie verdient außerdem die Tatsache, daß beide Verbindungen stark lipoïd- und sogar fettlöslich sind, betont zu werden. Bezüglich der Bedeutung des Lösungszustandes vergleiche man auch das soeben besprochene Verhalten des Rhodamins B und dasjenige des folgenden Farbstoffes.

Chromgrün, welches wie die erwähnten Phthalëine Säurecharakter hat, ist bekanntlich lipoïdlöslich, dringt aber in unbeschädigte Zellen nicht ein. Die Kerne der Spirogyren zeigen bereits Deformationserscheinungen, wenn sich das blaugrüne Tannat niederschlagen beginnt. Der Farbstoff bildet wahre Lösungen, die rasch dialysieren und ultramikroskopisch nicht aufgelöst werden.

Von großer Bedeutung ist das Verhalten der Sulfosäurefarbstoffe, welche im allgemeinen nicht von lebenden Zellen aufge-

1) Wenn übrigens, wie noch anhangsweise erwähnt sei, die genannten beiden Autoren vergeblich die wässrigen Lösungen basischer Farbstoffe nach der BREDIGSchen Methode mit Diazoessigester auf Wasserstoffionen, welche im Falle der Hydrolyse aus den freigewordenen Säuren abdissoziieren müssten, untersucht haben, so stimmt dies ausgezeichnet zu meinen früheren theoretischen Darlegungen und den dort angeführten Tatsachen, wonach eine Hydrolyse der Farbstoffe nicht stattfindet. Dies ist für die Beurteilung der Lipoïdtheorie, wie ich an jener Stelle schon ausführte, sehr wichtig, da gerade die freien Basen besonders fettlöslich sind. — Nicht zulässig scheint mir indessen, wenn die Verfasser in dieser Beziehung ohne weiteres generalisieren. Ich verweise z. B. auf die vorher von mir erwähnte schwache Base der Gallocyaninverbindung „Prune pure“, welche nach einiger Zeit in wässriger Lösung offenbar Säure (HCl) abspaltet.

2) Es ist vielleicht nicht ganz überflüssig, darauf hinzuweisen, daß die pflanzlichen Zellhäute nach meinen Erfahrungen unschwer auch von den hochkolloidalen Farbstoffen durchwandert werden. Das oben erwähnte Nachtblau z. B. dringt momentan in tote Spirogyren ein. Plasmolysiert man eine in Nachtblau liegende Spirogyrazelle, so beobachtet man, daß der Farbstoff so gleich dem sich kontrahierenden Plasmaschlauch von außen her folgt.

nommen zu werden scheinen und meist lipoidunlöslich sind und deshalb sich scheinbar gemäß der OVERTONschen Theorie verhalten.

Ich kann an dieser Stelle auf meine hiergegen vorgebrachten Beweisgründe nicht nochmals eingehen, sondern erinnere nur daran, daß es mir u. a. gelang, einige sulfosaure Farbstoffe namhaft zu machen, welche, obwohl äußerst lipoidlöslich, selbst in starken Lösungen nicht eindringen. Von Interesse ist jetzt für uns die Frage ihrer eventuellen kolloidalen Eigenschaften.

Der wichtigste dieser Farbstoffe, das Wollviolett S dialysiert sehr rasch und ist in wässriger Lösung ultramikroskopisch durchaus homogen. Während dieser Farbstoff also wahre Lösungen bildet, ist das Echtrot bereits stark kolloidal, zeigt unter dem Ultramikroskop größtenteils Auflösung und dialysiert nur etwa mit derselben Geschwindigkeit wie Neutralrot. Oxaminmarron und Tuchrot 3 GA sind hochkolloidal.

Einen interessanten Gegensatz zum Wollviolett S bildet in mehrfacher Hinsicht das Methylorange, bekanntlich ebenfalls wie jenes ein sulfosaures Salz:

Farbstoff	In Lipoiden	Ultramikroskopisch	Wird in lebende Zellen
Wollviolett S	sehr leicht löslich	homogen, also wahre Lösung	nicht aufgenommen
Methylorange	fast unlöslich	vollständig auflösbar, also hochkolloidal	aufgenommen

Im übrigen tendieren, wie anhangsweise erwähnt sei, die Sulfosäure-Farbstoffe mehr nach der kolloidalen, die basischen mehr nach der kristalloiden Seite. Immerhin gibt es auch unter ersteren noch außer dem erwähnten Wollviolett S eine Reihe von mehr oder weniger echte Lösungen bildenden, lipoidunlöslichen Farbstoffen, unter denen hier nur das Indigkarmin (Natronsalz der Indigblaudisulfosäure) und das Erioglaucin erwähnt sei, deren geringe bzw. fehlende Kolloidität schon die gleich anzuführenden Forscher dargetan hatten. Den von uns untersuchten lebenden Pflanzenzellen gegenüber verhalten sich diese Stoffe ebenso wie die Mehrzahl der übrigen sulfosauren Verbindungen.

HÖBER hat neuerdings mit KEMPNER¹⁾ bzw. mit CHASSIN²⁾

1) RUDOLF HÖBER und FELICIA KEMPNER: „Beobachtungen über Farbstoffausscheidung durch die Nieren“ (Biochemische Zeitschrift, Band XI, 1908, S. 105–120).

2) Derselbe und S. CHASSIN: „Die Farbstoffe als Kolloide und ihr Verhalten in der Niere vom Frosch“ (Kolloidzeitschrift Band III, 1908, S. 76–80).

das Eindringen mehrerer „lipöidunlöslicher“, sulfosaurer Farbstoffe in Nieren von Fröschen, wo sie, wie schon seit längerer Zeit bekannt ist, in den Vakuolen gewisser Zellen gespeichert werden, mit Rücksicht auf die Rolle der Kolloidität untersucht, und einige darauf bezügliche Regeln aufstellt.

Die hierauf bezüglichen Regeln HÖBERS lauten:

1. wenn ein Farbstoff von den Epithelien der Niere nicht aufgenommen werden kann, dann ist er hochkolloid. (Eine Umkehrung des Satzes ist nicht statthaft.) Und
2. wenn ein Farbstoff wenig, bzw. halbkolloid ist, so wird er leicht aufgenommen.

So vorsichtig diese Sätze auch formuliert sind, kann man sich doch des Eindruckes nicht erwehren, daß sie sich bei Untersuchung zahlreicherer Beispiele möglicherweise als hinfällig erwiesen haben würden. Auf keinen Fall kann hier jedenfalls von einer sicheren Gesetzmäßigkeit die Rede sein oder ist es auch nur angängig, aus HÖBERS Versuchen den zwingenden Schluß abzuleiten, daß einige (im ganzen 6) Anilinfarbstoffe gerade infolge ihres hochkolloidalen Charakters von der Zelle nicht aufgenommen werden konnten. Vielmehr liegen die Verhältnisse doch ähnlich wie sie oben für die basischen Farbstoffe, speziell das Nachtblau dargestellt wurden. Wie diesen dort, so lassen sich auch hier den betreffenden Sulfoverbindungen eine Anzahl anderer gegenüberstellen, deren Lösungen trotz ihres ebenso hochkolloidalen Zustandes mit großer Leichtigkeit in die Zellen eindringen. Es sind dies nach HÖBERS eigenen Versuchen Kongo-rot, Bayrisch Blau, Biebricher Scharlach, wasserl. Anilinblau usw. Ich möchte also meine Überzeugung dahin ausdrücken, daß auch für den interessanten Spezialfall der Permeabilität der Nierenepithelien eine Bedeutung der Kolloidität der Farblösungen bisher nicht völlig unzweifelhaft erwiesen wurde.

HÖBER, bekanntlich ein entschiedener Anhänger der Lipöidtheorie, faßt diesen, wie ähnliche Fälle, in denen lipöidunlösliche Stoffe in Zellen eindringen, unter den Begriff der „physiologischen“ Permeabilität im Gegensatz zur „physikochemischen“ oder „physikalischen“ zusammen. Für die „physiologische“ Permeabilität würden, wenn man sich den OVERTON-HÖBERSchen Gedankengang zu eigen machen wollte, nach den soeben zitierten Arbeiten nun doch auch wieder „physikalische“ Verhältnisse — die Kolloidnatur — entscheidend sein.

Als wichtiger ist zu betonen, daß die Bezeichnung „physiologische“ Permeabilität, im Gegensatz zur „physikalischen“,

doch nur für solche Fälle gerechtfertigt sein würde, bei denen es sich nachweisbar um eine regulatorisch entstandene Durchlässigkeit handelte, und daß die Unterscheidung, wie HÖBER sie faßt, mit der Lipoidtheorie, zu deren Gunsten sie aufgestellt wurde, steht und fällt, wie ich schon in meiner ausführlichen Arbeit angedeutet habe.

Es ist aus praktischen Gründen überhaupt recht mißlich, aus dem Verhalten der Sulfosäurefarbstoffe allzu weitgehende Schlüsse zu ziehen. Ich nehme in Zusammenhang mit den obigen Bemerkungen hier nochmals Anlaß, mit Nachdruck darauf hinzuweisen, wie sehr bedeutende Schwierigkeiten es meistens macht, den erfolgten oder nichterfolgten Eintritt dieser Verbindungen in lebende Zellen sicherzustellen, selbst wenn diese der mikroskopischen Beobachtung so leicht zugänglich sind wie an Algenfäden u. dgl. Es beruht dies darauf, daß es innerhalb der Zellen meist an Körpern fehlt, welche mit den Sulfofarbstoffen nicht diffusible Verbindungen eingehen. Ich erinnere an das Verhalten von Anilinblau, Eosin, Methylorange, der Tropaeoline OO und OOO und an die wichtigen Bemerkungen, die schon PFEFFER¹⁾ an die Besprechung dieser Fälle knüpft. Es kann ein Farbstoff mit Rücksicht auf seine Giftwirkung nur in seltenen Fällen in einer solchen Konzentration verwendet werden, daß seine Färbung in der starken optischen Verdünnung des Mikroskops und noch dazu innerhalb einer Zelle deutlich wahrgenommen werden kann. Die Epithelzellen im sog. zweiten Abschnitt und im dritten Abschnitt der Harnkanälchen enthalten nun offenbar in ihren Vakuolen solche Stoffe, welche nicht diffusible Verbindungen auch mit den Sulfosäurefarbstoffen bilden, so daß diese dann in derselben Weise wie sonst meist nur die basischen Farbstoffe durch Speicherung leicht wahrgenommen werden können.

Es ist auch vielleicht nicht ganz überflüssig, darauf hinzuweisen, daß, selbst wenn es für einen oder mehrere bestimmte Fälle gelungen ist, nachzuweisen, daß irgend ein sulfosaurer Farbstoff nicht aufgenommen resp. aufgenommen wird, es noch keineswegs als sicher ausgemacht gelten darf, daß er sich auch an jedem andern lebenden Objekt ebenso verhalten müsse. Abgesehen von Besonderheiten der Zellmembran u. dgl., die von Bedeutung für den Eintritt von Farbstoffen wären, könnten hier und da sehr wohl

1) „Über Aufnahme von Anilinfarben in lebende Zellen; ein Beitrag zur Mechanik des Stoffaustausches.“ Unters. a. d. bot. Inst. Tübingen, Bd. II. 1886, vgl. besonders S. 268 f.

auch kleine spezifische Verschiedenheiten in den statischen Eigenschaften der Protoplasten vorliegen. Auf diesen, wie es scheint, bisher wenig beachteten Umstand dürften vielleicht auch manche Beobachtungen mit gewissen anorganischen Neutralsalzen deuten; so scheint z. B. in vielen Fällen die Plasmolyse der Blattzellen mancher Laubmoose¹⁾, Hefen²⁾, Bakterien³⁾ usw. ganz regelmäßig unter Aufnahme der betreffenden Plasmolytica relativ rasch zurückzugehen, namentlich, wenn man nicht zu stark hypertonsche Lösungen nimmt. Vielleicht gehört auch manche Erscheinung der „spezifischen Widerstandsfähigkeit“ gegen Giftwirkungen in diesen Zusammenhang.

Aus diesen letzten Ausführungen, welche von unserem eigentlichen Thema bereits ablenkten, ergibt sich, daß besondere Vorsicht geboten ist, wenn man aus dem Verhalten gerade der Sulfofarbstoffe weitgehende Schlüsse über ein Problem ziehen will, welches für die gesamte Physiologie und Toxikologie von so fundamentaler Bedeutung ist, wie die Stoffaufnahme der Zelle.

Wir fassen zum Schluß kurz zusammen:

1. Die basischen wie die Sulfosäurefarbstoffe bieten in wässrigen Lösungen alle Abstufungen der Kolloidität, von wahren, mehr oder minder ionisierten Lösungen, welche rasch dialysieren und unter dem Ultramikroskop homogen erscheinen bis zu solchen, welche durch dieses völlig in distinkte, leuchtende Partikelchen aufgelöst werden und in 0,1 prozentiger Lösung nicht mehr dialysieren.
2. Soweit die bisherigen Erfahrungen einen Schluß gestatten, scheinen die basischen Farbstoffe im allgemeinen mehr nach der kristalloiden, die sulfosauren mehr nach der kolloiden Seite zu neigen.
3. Es ließ sich in keinem Falle unzweifelhaft erweisen, daß der Grad der Kolloidität entscheidend oder wesentlich mitbestimmend für die Aufnahme der Farbstoffe in lebende Zellen wäre. Da andererseits feststeht, daß die Diösmose u. a. auch durch die Größe der gelösten Moleküle mit entschieden wird, müssen wir wohl annehmen, daß diese oder die Größe der „Ultramikronen“ bei den Farbstoffen im allgemeinen oder durchweg unter-

1) BENGT LIDFORSS: „Die wintergrüne Flora“, LUNDS Universitets Årsskrift N. F. Bd. 2 lfd. 2, Nr. 13. Vgl. besonders S. 65 des Sep.-Abdr.

2) H. N. SWELLENGREBEL: „Über Plasmolyse und Turgorregulation der Preßhefe“, Centralbl. f. Bakteriöl. Abt. II, Band XIV, 1905, S. 174.

3) A. FISCHER: „Vorlesungen über Bakterien“. Jena 1903.

halb einer gewissen kritischen Grenze bleibt. Dafür scheint auch zu sprechen, daß wohl alle hochkolloidalen Farbstoffe leicht die Dialysemembran zu durchdringen vermögen, wenn sie in genügender Konzentration oder bei entsprechender Temperatur einwirken.

4. Demgemäß sehen wir, daß unter den basischen Farbstoffen manche kolloidale gerade mit besonderer Geschwindigkeit aufgenommen werden. So treten die mäßig kolloidalen Toluylenrot-hydrochlorid, Dahlia und Nilblau, das stark kolloidale Prune pure und die hochkolloidale Toluylenrotbase rasch in die Zelle ein. Selbst bezüglich des in physikalischer Hinsicht der letztgenannten sehr ähnlichen Nachtblaus, welches nicht aufgenommen wird, darf nicht ohne weiteres auf eine Kolloidalwirkung geschlossen werden.

5. Beim Verhalten der Sulfosäurefarbstoffe ist ebensowenig eine klare Beziehung zur Kolloidität ersichtlich. So sehen wir z. B. die hochkolloidale Methylorange in manche Zellen eindringen, während echt gelöste wie Wollviolett, Erioglaucin usw. dazu nicht befähigt sind.

6. Die gegen die OVERTONSche Hypothese von der Lipoïdnatur der Plasmahaut in einer früheren Arbeit auf Grund von osmotischen Versuchen mit Farbstoffen von mir vorgebrachten Tatsachen, werden durch den früher hierbei allgemein unberücksichtigt gebliebenen Faktor der Kolloidalnatur vieler Farbstoffe nicht in Frage gestellt. Vielmehr werden manche Einwände, z. B. betreffs des schwierigen Eindringens des leicht lipoïdlöslichen Rhodamins und des Nichteindringens des ebenfalls leicht fettlöslichen Wollvioletts noch durch die Tatsache, daß beide echte Lösungen in Wasser bilden, verstärkt.

Über weitere Beispiele in dieser Hinsicht, sowie betreffs der Ausführungen zu den von HÖBER auf „physiologische“ (im Gegensatz zur „physikalischen“) Permeabilität zurückgeführten Fällen der Aufnahme und Speicherung einer Reihe von Sulfosäurefarbstoffen durch gewisse Zellen der Froschniere vergleiche man den Text selbst.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1908

Band/Volume: [26a](#)

Autor(en)/Author(s): Ruhland Wilhelm Otto Eugen

Artikel/Article: [Die Bedeutung der Kolloidalnatur wässriger Farbstofflösungen für ihr Eindringen in lebende Zellen. 772-782](#)