

Über den Chemismus im lebenden Protoplasma.

Von

Gustav Wendt in Berlin.

In einer ersten Mitteilung¹⁾ wurde damit begonnen, die Hauptunterscheidungsmerkmale zwischen der völlig andersartigen Chemie des Organismus und des Anorganismus klarzulegen und es wurde unter „Chemie des Anorganismus“ unsere chemische Wissenschaft im Allgemeinen, dagegen unter „Chemie des Organismus“ die spezifischen, individuellen Kapillar-Reaktionen im Protoplasma, dem Grundstocke alles tellurischen Lebens verstanden. Die „Chemie des Organismus“ konnte als etwas ganz Besonderes, in seinem Wesen bisher nicht Erkanntes dargethan werden. ROSCOE z. B. sagte neuerdings hierüber bei Gelegenheit der Eröffnung der British Association in Manchester: „Man könnte die Frage aufwerfen: ist irgend eine Grenze dem synthetischen Vermögen des Chemikers gesetzt? Obwohl die Gefahr des Dogmatisierens über den Fortschritt der Wissenschaft sich bereits in zu vielen Beispielen gezeigt hat, kann man doch nicht umhin, zu fühlen, daß für den Chemiker gegenwärtig keine Aussicht besteht, die Schranke, welche zwischen der organisierten und der nicht organisierten Welt aufgerichtet ist, niederzureißen.“

Zunächst sei der Inhalt der erwähnten ersten Mitteilung kurz

1) Eine erste Mitteilung von PREYER und WENDT erschien in Chem. News, p. 275 ff., 1891, sowie ferner in „Himmel und Erde“, Jahrg. IV, p. 15 ff.

restümiert: Nachdem die, zu jeder gewöhnlichen chemischen Reaktion unbedingten Erfordernisse festgestellt waren, und zwar als

- 1) Berührung zweier verschiedenartiger Stoffe;
- 2) Lösungs- bzw. Leitungsmittel;
- 3) Elektrisches Strömen;
- 4) Volumänderung;
- 5) Änderung der Wärmeenergie;
- 6) Chemische Massenwirkung

wurde klargelegt, daß eines dieser unbedingten Erfordernisse, nämlich die chemische Massenwirkung, bei den spezifischen Reaktionen im Protoplasma nicht vorhanden ist; daß demgemäß bei diesen Organismusreaktionen kein chemisches Gleichgewicht zustande kommt, kein Ausgleich der Atomenergie, kein Maximum der Entropie möglich ist; daß die spezifische Protoplasma-reaktion in der Kapillare gegenüber der Massenreaktion in der Retorte des Chemikers einem Einzeltourniere der Atome bzw. der Radikale in einem Engpasse gleichkommt gegenüber einer Heerschlacht auf weiter Wahlstatt; daß der Sieger im Einzelkampf die besiegten Atome in seinen Heerbann aufnimmt und daß somit die unendliche Mannigfaltigkeit der Verbindungen erzielt wird.

Weiterhin ergab sich, daß in der heutigen chemischen Wissenschaft bereits eine Reihe von „nicht recht erklärlichen Reaktionen“ auf diese Weise ihre Erklärung finden, und daß besonders sogenannte Kondensationen zum Vergleich mit den individuellen Organismusreaktionen herangezogen werden können.

Endlich wurde auf das Netzwerk, resp. Wabenwerk, die eigentümliche Architektur in der Anordnung der unendlich feinen Haarröhrchen im Protoplasma hingewiesen, als auf den Hauptsitz und die Summe der eigentümlichen, individuellen Organismusreaktionen.

Im Nachfolgenden sei zunächst bezüglich der sogenannten Kondensationen und verwandter Reaktionen einiges ausgeführt.

Zu diesem Ende muß zuvor der einzige bisher festgelegte Unterschied zwischen Pflanzenreich und Tierreich bzw. für den Grundstock im Pflanzenreich, dem Phytoplasma, gegenüber dem Grundstocke im Tierreich, dem Zooplasma, besprochen werden, um an der Hand des Gewonnenen Parallelen zu ziehen.

Natürlich kann man hierbei nicht wohl auf die ersten Uranfänge des Pflanzen- und Tierlebens mit ihren unendlich verschlungenen Wechselbeziehungen und Übergängen zurückgehen, da

bei den Urstufen die minutiösen Unterschiede unseren Augen vielfach kaum kenntlich oder noch völlig verborgen sind. Hier können nur einigen, besonders hervorstechenden Eigentümlichkeiten der chemischen Reaktionen von bereits hoch differenziertem Phytoplasma entsprechende Eigentümlichkeiten von hoch differenziertem Zooplasma gegenübergestellt werden. Es ist, kurz gesagt, das allgemein anerkannte Ergebnis, daß die eigentümliche, chemische Arbeit von ausgeprägtem Phytoplasma im großen und ganzen aus Kondensations- und Reduktionsprozessen sich zusammensetzt, während andererseits die spezifische Reaktion des Zooplasma in der Hauptsache auf chemische Spaltungen und Oxydationen hinausläuft.

Wie verhält sich nun auf der einen Seite der Kondensations- und Reduktionsprozeß, auf der anderen Seite die chemische Spaltung und Oxydation im Organismus gegenüber parallelen Vorgängen in der Retorte des Chemikers?

Da fällt zunächst die offenbare Verwirrung bei der Verwendung der Begriffe Kondensation, Oxydation, Reduktion ins Auge. Nicht nur von den Technikern der Farbenfabriken, die mit der Verwirrung angefangen haben, sondern auch von berufenen Vertretern der wissenschaftlichen Chemie werden Kondensationsprozesse der höchsten Kompliziertheit wie z. B. die Bildung des Methylenblaus, der Indamine und Safranine, der Induline und Nigrosine etc., ganz allgemein als Oxydationsprozesse angesprochen. Obwohl z. B. bei der, für die Art der Kondensation zu Indulin einige Aufklärung bietenden Bildungsweise aus Phenylamidoazobenzolsulfosäure durch Erhitzen des Anilinsalzes derselben mit überschüssigem Anilin unzweifelhaft Reduktion stattfindet, behauptet man, daß die Bildungsweise der Induline ähnlich der von Indaminen und Safraninen durch gleichzeitige Oxydation eines Paradiamins und Monamins erfolgt! Selbst wenn bei derartigen Prozessen überhaupt keine Körper, wie etwa Chlorzink, Arsensäure, Nitrobenzol etc., die „unter Umständen“ eine Oxydation herbeiführen können, vorhanden sind, wenn überhaupt keine Zunahme von Sauerstoff erfolgt, ja sogar wenn im Endprodukt überhaupt gar kein Sauerstoff enthalten ist, spricht man von einem Oxydationsprozesse. Man subsumiert ein jedes Minus von Wasserstoff als Oxydation!

Etwas Willkürlicheres läßt sich nicht denken. Man verwischt damit völlig eine Reihe von Unterschieden, die besonders geeignet sein dürften, mehr Licht über die Dunkelheit der so verschiedenartigen Kondensationsvorgänge zu verbreiten.

Und gerade auf der entgegengesetzten Seite, bei der Reduktion der aromatischen Körper besteht ein so offener Zusammenhang mit den Kondensationsprozessen, daß man eine Reduktion ohne Kondensation kaum irgendwo annehmen kann. Gerade hier und nicht bei der „wirklichen Oxydation“ ist man berechtigt, unter Reduktion zugleich Kondensation mit einzuschließen. Wenn irgend etwas feststeht im großen Gebäude der Chemie der aromatischen Reihe, ist es die Thatsache, daß bei der vollständigen Reduktion von Nitro- zu Amidverbindungen Kondensationsstufen vorhanden sind. Das Ganze des Vorganges stellt unzweifelhaft eine stufenweise Reduktion dar im Verein mit Kondensation und schließlich bei der letzten Stufe eine Auflösung der Kondensation.

Zur Vermeidung von Mißverständnissen sei zum Vorhergehenden hinzugefügt, daß die vorliegende, sehr einfache Kondensation ja allenfalls noch durch die Substitutionstheorie erklärt werden kann, aber keineswegs gemäß der Theorie vorausszusehen oder bedingt war. Sobald jedoch die Verhältnisse komplizierter werden, hört jede Möglichkeit einer auch noch so gesuchten Erklärung allein durch Substitutions- und sonstigen Theorien auf. Daß die Annahme von allen möglichen und unmöglichen, trotz allen Suchens nicht auffindbaren, sogenannten Zwischenprodukten hierbei keine Erklärung giebt, dürfte für jeden organischen Chemiker und insbesondere für den, der in dergleichen Prozessen praktisch gearbeitet hat, außer Frage stehen. Die Theorie der Ätherbildung hat hier hauptsächlich zur Verwirrung beigetragen.

Daß aber selbst bei einem verhältnismäßig so einfachen Prozesse wie dem soeben vorgeführten mit der Substitutionstheorie, sobald man die Vorgänge genau ansieht, in keiner Weise auszukommen ist, sondern daß viel kompliziertere Prozesse — und zwar in überaus vielen Fällen der Hauptmenge nach — vor sich gehen, dafür dürften die bei jedem derartigen Prozesse auftretenden Farbstoffe unwiderlegliche Beweise liefern. Bei jeder Reduktion von aromatischen Nitro- zu Amidverbindungen treten (und zwar in nicht geringer Quantität) schmierige Farbstoffe auf, die im besten Falle hellgrau, gewöhnlich aber schwarz sind, und zwar in solchen Mengen, daß sie eine große Belästigung für die Fabriken bilden. Was die Zusammensetzung und den Typus dieser Körper betrifft, so ist bisher auch nicht einmal der Versuch einer Erklärung vorhanden. Daß in tausend und abertausend Fällen die berühmten, großen Reaktionsgleichungen an den Tafeln der Laboratorien und akademischen Auditorien nur wenige Prozente des Endproduktes

wiedergeben, während die Hauptmassen ganz und gar nicht berücksichtigt werden, sondern daß höchstens hier und dort einmal die Bemerkung von dem Nebenherauftreten schmieriger resp. harziger Gebilde von unbekanntem Charakter mit einfließt, welchem organischen Chemiker wäre dies unbekannt? Es beruht hierin ein Hauptmangel der heutigen organischen Chemie.

Im Nachfolgenden soll versucht werden, mit der Beseitigung dieser Übelstände den Anfang zu machen. Es wird eine, bereits in der erwähnten ersten Mitteilung angedeutete Theorie aller Arten von chemischen Kondensationen weiter ausgebaut werden, um damit auch die Erklärung für das Zustandekommen der katalytischen, Kontakt- und Fermentprozesse zu verbinden.

Bei allen derartigen chemischen Umsetzungen handelt es sich um Vorgänge, welche durch Kapillaritätskräfte bzw. durch bestimmte kolligative Eigenschaften (nach OSTWALD's Bezeichnung) der betreffenden Stoffe in ihre besonderen Wege geleitet werden. Bezüglich der kondensierenden Wirkung von Körpern wie Aluminiumchlorid, Chlorzink, Phosphorsäureanhydrid etc. wurde bereits bei Gelegenheit der erwähnten ersten Mitteilung auf die besonderen, starken Kräfte in den kapillaren Räumen, wo außerdem ein teilweiser Ausschluß der chemischen Massenwirkung unzweifelhaft stattfindet, hingewiesen. Daß nun ein flüssiger Körper wie konzentrierte Schwefelsäure genau dieselben Kondensationen wie z. B. wasserfreies, festes Chlorzink hervorzurufen imstande ist, kann nicht anders gedeutet werden, als daß in der konzentrierten Schwefelsäure besondere Kapillaritätswirkungen zur Geltung gelangen. Da konzentrierte Schwefelsäure die zweite von den beiden Eigentümlichkeiten der Kondensationsmittel ¹⁾ besitzt, nämlich die starke Wasseranziehung, bleibt nichts anderes übrig, als in der Flüssigkeit die kolligative Eigenschaft vorauszusetzen, daß ähnliche kapillare Räume wie im festen Chlorzink zwischen den Molekülen sich befinden ²⁾. Die ganze Überlegung entspricht den Gleichungen $a + b = c$, $a + x = c$, also $x = b$; wenn a die eine Eigentümlichkeit der Kondensationsmittel, die starke Wasseranziehung, b die

1) cf. die erste Mitteilung.

2) Hier sei bemerkt, daß derartige kolligative Eigenschaften von Körpern wie konzentrierte Schwefelsäure doch unzweifelhaft bei der elektrolytischen Dissoziation, der Bestimmung von Affinitätskonstanten, insbesondere in Bezug auf relative Affinität etc. bestimmte Einwirkungen ausüben werden und zu berücksichtigen sind, was bisher nicht geschehen ist!

andere eigentümliche Eigenschaft, die hohe Porosität bzw. das Vorhandensein von wirklichen kapillaren Räumen bedeutet und endlich c die Fähigkeit der Kondensation ausdrücken soll.

Die Moleküle der Schwefelsäure müssen ungewöhnlich weit von einander entfernt angenommen werden, so daß kapillare Räume entstehen, in welche andere Moleküle, besonders beim Erwärmen, eintreten können, worauf nun spezielle Kapillaritätskräfte in ihre Rechte treten.

Es dürfte wohl kaum nötig sein, besonders hervorzuheben resp. weiter auszuführen, daß ein Durcheinander- und Zwischen-einanderdrängen der Moleküle, wie es bei homogenen Gasgemengen von der kinetischen Gastheorie und im Einklange hiermit von der modernen Theorie der Lösungen vorausgesetzt wird, ein völlig ander Ding ist, als ein Platzfinden und Platzhaben in den gewöhnlichen Zwischenräumen der Moleküle. Alle speziellen Molekularkräfte, die man wohl mit dem Gesamtnamen „innere Gravitation“ bezeichnen könnte, zu denen in gewissem Sinne auch die unglücklichen Werte „Kohäsion und Adhäsion“ zu zählen wären, treten eben nur innerhalb ganz bestimmter Näherungsgrenzen in Aktion. Sobald eine ganz bestimmte, äußere Grenze überschritten wird, tritt die „äußere Gravitation“, die allgemeine Massenanziehung etc. in ihre Rechte.

Daß übrigens gewisse, schwache Anzeichen von den zur Kategorie der aufgenannten, kolligativen Eigenschaften gehörenden Kräften bei jedem Lösungsmittel vorhanden sind, dafür können z. B. auch die einschlägigen Arbeiten MENSCHUTKIN's zum Beweise dienen, die in der Hauptsache das Resultat ergaben, daß man durchaus nicht von „ganz indifferenten“ Lösungsmitteln sprechen kann, da die Reaktionen mit der Natur solcher Lösungsmittel stets unzweifelhaft im Zusammenhange stehen.

Es gibt noch eine zweite, eigenartige, mit keiner chemischen Theorie bisher im Einklange stehende Wirkung von „nicht organisierten“ Flüssigkeiten auf chemische Verbindungen, die das Gegenteil von Kondensationen, wie sie z. B. die konzentrierte Schwefelsäure hervorruft, nämlich chemische Spaltung bewerkstelligen. Das beste Beispiel hierfür ist die genau studierte Verseifung von organischen Estern. Eine ganz geringe Menge von verdünnter Mineralsäure, z. B. Salzsäure, verseift z. B. den Essigäther in kurzer Zeit vollständig, wobei es unzweifelhaft feststeht, daß die Säure in keiner Weise in chemische Aktion, in keiner Weise mit dem Ester auch nur momentan in einen chemischen Zusammenhang tritt.

Was liegt hier vor? Selbst OSTWALD ¹⁾ sagt hierüber: „wir haben es also mit einer wohl charakterisierten „Kontaktwirkung“ zu thun, bei welcher ein Stoff nur durch seine Gegenwart, ohne daß er sich materiell an der Reaktion bethätigt, zu wirken scheint.“

Es ist sicher, daß die verdünnte Säure zum größten Teile elektrolytisch dissoziiert sein muß. (Auf eine Darlegung resp. Verteidigung der neuen Theorie von den „freien Ionen“ und der „elektrolytischen Dissoziation“ soll hier nicht eingegangen werden, besonders da auch von Tag zu Tag die Gegnerschaft sich mindert. Es sei nur darauf hingewiesen, daß die neue Theorie im großen und ganzen eigentlich eine recht alte ist, da sie bereits 1851 von WILLIAMSON und 1857 von CLAUSIUS aufgestellt wurde und daß sie nur erst neuerdings ihre rechte Würdigung und ihre Erweiterung gefunden hat.)

Die neue Theorie vorausgesetzt, ist die Annahme höchst einfach und auf den ersten Blick plausibel, daß die freien Ionen, so oft sie bei ihrem unruhigen Wandern durch die Flüssigkeit in die Zwischenräume zweier Estermoleküle treten, im Momente des Zwischentretens Kapillaritätswirkungen erzeugen. Hier ist kein individueller, langsamer Kampf vorhanden; die freien, fremdartigen Ionen nehmen keinen Teil an der Reaktion, sie lenken nur die Atome der Estermoleküle momentan aus ihren Bahnen ab, und da die Stabilität der Estermoleküle gering ist, entstehen die unter diesen Umständen denkbar stabilsten, ursprünglichen Verbindungen, der Alkohol und die Säure.

Bei dieser Gelegenheit soll nicht unerwähnt bleiben, daß die gewöhnliche chemische Reaktion einer solchen Kontaktwirkung im Sinne der soeben vorgetragenen Erklärung nahe verwandt ist. Sind die freien Ionen nicht allein nur die Ablenker der Atome aus ihrem Molekularverbände, sondern nehmen dieselben selbst teil an der Reaktion, so entsteht der allgemeine chemische Umsatz nach Maßgabe der allgemeinen Affinität. Auf diese Weise wäre eine mechanische Erklärung des Zustandekommens der chemischen Reaktion in die Wege geleitet! Zugleich würde damit der Begriff der chemischen Affinität endlich eine speziellere Bedeutung erlangen.

In die gleiche Klasse der chemischen Spaltungen, zu welcher die besprochene Verseifung von organischen Estern gezählt werden muß, gehört die viel diskutierte Wirkung der sogenannten „nicht organisierten“ Fermente oder Enzyme. Dieselbe erklärt sich völlig

1) OSTWALD, Grundriß d. allgem. Chemie, II. Aufl. 1890, S. 355.

ungezwungen ebenfalls durch kolligative Eigenschaften der besprochenen Art¹⁾. Die freien Ionen des in geringer Menge in verdünnter Lösung vorhandenen Enzyms, wie z. B. Pepsin, Ptyalin Diastase etc., werden besonders in hoch konstituierten und leicht, zersetzlichen Molekülen beim Verweilen in den Molekülzwischenräumen Kapillaritätswirkungen hervorrufen. Es werden Ablenkungen der Atome aus ihrem Molekularverbande eintreten, und infolge und nach Maßgabe der Verschiedenheit der vorhandenen Materie resp. der betreffenden Radikale werden neue „festere“ Moleküle oder doch solche entstehen, bei denen das Verweilen der freien Ionen innerhalb der Molekülzwischenräume nicht mehr ohne ein Auseinanderdrängen und damit Aufheben der Kapillaritätswirkungen stattfindet.

Und wie erklärt sich schließlich die Wirkung der „organisieren“ Fermente, z. B. der sogenannten Hefepilze?

Da bei Bierhefe die Breite von gemessenen Pilzen 0,002—0,006 mm beträgt, während die Länge sehr verschieden und verhältnismäßig groß sein kann, ist die Möglichkeit ausgeschlossen, daß die Pilze selbst in den Zwischenräumen der Moleküle Platz finden können, ohne ein Auseinanderrücken der Moleküle zu bewirken. Da ferner nicht anzunehmen sein dürfte, daß z. B. bei der Alkoholgärung von der so geringen Menge der vorhandenen lebenden Pilze gegenüber der schier unendlichen Zahl der Moleküle des gesamten, vergärbaren Materials die Spaltung dadurch hervorgerufen wird, daß das gesamte vergärbare Material die Kapillaren der Pilze passieren müsse — wobei dann Kapillaritätswirkungen und damit Spaltungen auftreten würden. Die Annahme hat keine Wahrscheinlichkeit.

Es bleibt nur der Schluß übrig, daß die Ausscheidungen der Pilze die Fermente darstellen, welche die chemische Spaltung erzeugen. Aber diese Fermente sind anders geartet, wie die bisher betrachteten „Enzyme“. Sie sind, wie alle derartigen Auswurfprodukte, selbst der Umsetzung fähig und gehen bei der Spaltung des vergärbaren Materials selbst allmählich zu Grunde. Die klassischen Untersuchungen PASTEUR's zeigen, daß bei reiner Hefe 6% der vergärbaren Masse in andere Produkte als in Alkohol und Kohlensäure umgewandelt wird und daß ein Verbrauch von Sauerstoff stattfindet. Außerdem ist unzweifelhaft, daß die Spaltung nur vor sich geht, solange die Hefe lebt. Es bleibt absolut nichts

1) OSTWALD, Grundriß d. allgem. Chemie, II. Aufl. 1890, S. 273.

anderes übrig, als die selbst des Umsatzes fähigen Auswurfprodukte der Hefepilze bzw. ihre selbst schon gespaltenen Teilprodukte als Fermente anzusprechen.

Ein Überblick über die durch spezielle Kapillaritätskräfte resp. durch gewisse kolligative Eigenschaften hervorgerufenen, einerseits chemischen Kondensationen, andererseits chemischen Spaltungen ergibt, daß zwei ganz verschiedene Arten von chemischem Umsatz durch solche Kapillaritätskräfte in ihre besonderen Wege geleitet werden.

Hier ist nun der rechte Ort, um die Kette, die ihren Anfang bei der Auseinandersetzung über den bisher einzigen, durchgreifenden Unterschied zwischen Pflanzenreich und Tierreich nahm, zu schließen. Was als Hauptunterschied zwischen der chemischen Arbeit von ausgeprägtem Phytoplasma im Vergleich mit der chemischen Arbeit von Zooplasma erkannt war, entspricht den beiden verschiedenen Arten von chemischem Umsatz infolge von speziellen Kapillaritätskräften. Das Phytoplasma kondensiert, das Zooplasma spaltet.

Aber dies geschieht natürlich nur in der Hauptsache, nicht ausschließlich. Selbstverständlich sind und zwar besonders oft im Tierreich beide Arten dieser Reaktionen und dazu noch die Massenreaktionen nebeneinander vorhanden. Z. B. besteht unzweifelhaft im Magen des Säugetiers bei der Durcharbeitung der Nahrung neben der Massenreaktion eine vielseitige Spaltung durch die Einwirkung von „Enzymen“ und Fermenten auf Moleküle mit schwacher Stabilität.

Es wurde bereits hervorgehoben, daß Kondensation und Reduktion sich nicht ausschließen, sondern im Gegenteil, daß die beiden gewöhnlich vereint auftreten. Die starken Kräfte in kapillaren Räumen sind eben bisher auf der ganzen Linie zu wenig in den Kreis der Betrachtung gezogen worden. Es ergibt sich somit die chemische Hauptarbeit des Phytoplasmas als einheitliches Ganze.

Daß im Tierkörper bei chemischer Spaltung von sehr hoch konstituierten, aus 6 und noch mehr Elementen zusammengesetzten Verbindungen, die alle in höherem oder geringerem Grade leicht zersetzlich sind, „wirkliche Oxydationen“ vielfach stattfinden, ist ohne weiteres zuzugeben. Demgemäß erklärt sich Spaltung und Oxydation beim Zooplasma in ungezwungener Weise. Der Unterschied der chemischen Hauptarbeit von Phytoplasma und Zooplasma ist überaus scharf und deutlich.

Zum Schlusse soll die Frage erörtert werden, woher eigent-

lich diese beiden, so ganz verschiedenen Tendenzen, woher die Verschiedenheit der beiden Wege, die der chemische Umsatz unter der Führung von Kapillaritätskräften im Phytoplasma und im Zooplasma einschlägt, eigentlich stammt. Wo liegt der Kreuzweg; und worin beruht im Grunde die Verschiedenheit der beiden großen Heerstraßen, die der Chemismus alles organischen Lebens heute in gleicher Weise benutzt wie vor Jahrmillionen?

Abweichende Formen sowie mannigfache Unterschiede der kapillaren Räume, ferner ein ganz verschiedenartiges Baumaterial liegen für Pflanze und Tier unzweifelhaft vor. Aber Differenzierung der Kapillaren des Protoplasmas ist offenbar auch in jedem noch so ähnlichen und verwandten Individuum vorhanden! Und selbst wenn für je einen hochdifferenzierten Vertreter des Pflanzen- und Tierreiches das gleiche Material für den chemischen Umsatz, ferner die totale Übereinstimmung der Kapillaren, sowie überhaupt aller Funktionen und Organe vorausgesetzt werden könnte (die Realität ist natürlich ausgeschlossen), würde dennoch die „Pflanze“ in anderer Weise chemisch arbeiten wie das „Tier“. Denn die Pflanze „saugt“ ihr Baumaterial an, während das Tier den fertigen Ernährungsstoff in die Kapillaren „hineinpreßt!“ Die Pflanze macht einen viel viel ausgedehnteren Gebrauch von Kapillaritätskräften als das Tier. Eine individuelle, kapillare Saugreaktion ist etwas völlig anderes als eine individuelle, kapillare Druckreaktion. Das Tier hinwiederum benutzt in höherem Maasse nebeneinander die drei verschiedenen Arten des chemischen Umsatzes. Verfolgt man z. B. die bereits besprochenen Prozesse im Magen des Säugetiers, wo also beim Durcharbeiten des Nahrungsmaterials chemische Massenreaktionen und chemische Spaltungen Hand in Hand gehen, so ergibt sich, daß der fertig zubereitete Nahrungsbrei durch die Saugadern der Darmwand angesogen wird. Hierin liegt die Saugreaktion bzw. hierbei eine eigenartige Umsetzung. Nachdem dann schließlich das Endprodukt in die allgemeine Blutzirkulation übergeführt worden ist, sorgt die Kraft des Herzens für die individuelle, kapillare Druckreaktion¹⁾.

1) Es darf wohl kaum besonders betont werden, daß der grundsätzliche Unterschied zwischen kapillarer Saug- und Druckreaktion keineswegs etwa dadurch eliminiert wird, daß wie z. B. beim Menschen die Pulsationen in den Kapillaren nicht mehr zum Ausdruck gelangen, vielmehr einem kontinuierlichen, langsamen Fließen Platz gemacht haben. Dagegen ist wohl z. B. die Emigration der zu aktiven Bewegungen befähigten Lymphzellen eine Saugwirkung.

Ob nun wohl dieser scharfe Gegensatz von kapillarer Saug- bzw. Steigreaktion und kapillarer Druckreaktion einen prinzipiellen, durchgreifenden Unterschied in der Form und Anordnung der Kapillaren des lebenden Protoplasmas und des hiermit in unmittelbarem Zusammenhange stehenden bedingt, ist bis heute nicht mit Sicherheit auszusprechen. Soweit die einschlägigen Untersuchungen für diese Frage Geltung haben können, scheint allerdings ein prinzipieller Unterschied vorhanden zu sein. Die Gewißheit hierüber kann erst durch weitere, spezielle Vergleichung erzielt werden. Die theoretische Betrachtung ließe wohl erwarten, daß bei der Steig- bzw. Saugreaktion die Gestaltung der Wandungen im Innern des Protoplasmas konkav, nach der Mitte zu eingezogen sein müßten, während bei der Druckreaktion das Gegenteil hiervon, nämlich eine konvexe, nach außen zu gerundete Gestaltung auftreten sollte. Wohlverstanden nur dann, wenn wirklich eine reine Saug- bzw. Druckreaktion zur kontinuierlichen Geltung gelangt und nicht etwa an solchen Stellen, wo gemischte Reaktionen vorwiegend auftreten.

Hierzu sei noch bemerkt, daß bei der kapillaren Saugreaktion im Phytoplasma im allgemeinen die gewöhnliche doppelseitige Diffusion statthaben wird, daß also in der Pflanze ein Durchgang der Lösungen nicht nur von unten nach oben, sondern gleichzeitig von oben nach unten eintreten muß, soweit natürlich einseitig durchlässige Membranen dies gestatten! Dagegen wird bei der kapillaren Druckreaktion im Zooplasma die doppelseitige Diffusion schon durch den Druck allein im allgemeinen aufgehoben bzw. beschränkt sein. Auch hier ist die Festlegung dieser Vorgänge erst von der Zukunft zu erwarten, wenn auch bereits so manche Untersuchungen in dieses Gebiet fallen und auf die Komplikationen in diesen Verhältnissen interessante Schlaglichter werfen. Z. B. ist ja durch Arbeiten von FICK konstatiert, daß bei tierischer Membran zwei verschiedene Arten von Diffusion existieren, 1) Porendiffusion und 2) wirkliche Endosmose, d. h. Diffusion durch die Zwischenräume der Moleküle der Membran! Und natürlich findet gleichzeitig doppelseitige Diffusion im allgemeinen statt.

Der Überblick über den letzten Theil dieser Arbeit ergibt in der Hauptsache die Feststellung des Gegensatzes von kapillarer Steig- bzw. Saugreaktion zu kapillarer Druckreaktion, und somit einen zweiten, inneren Unterschied zwischen Pflanzenreich und Tierreich.

Nachdem im Bisherigen die Hauptunterscheidungsmerkmale zwischen der völlig andersartigen Chemie des Organismus und des Anorganismus im großen und ganzen dargelegt worden sind, dürfte es wohl an der Zeit sein, eine Auseinandersetzung mit dem Althergebrachten vorzunehmen, da es in der Natur der Sache liegt, daß einige der heutigen Anschauungen mit der neuen Theorie nicht zusammenstimmen bezw. unnötig geworden sind.

Zunächst sei bemerkt, daß LIEBREICH's Versuche über den toten Raum mit dieser Arbeit allein in dem Zusammenhange stehen, daß das thatsächliche Allgemeinresultat jener Versuche im großen und ganzen im Einklange mit der neuen Theorie sich befindet. Aber um nicht mißverstanden zu werden, nur das thatsächliche Allgemeinresultat, nicht etwa die Versuche im speziellen oder gar die theoretischen Darlegungen. LIEBREICH's überaus spärliche theoretische Ausführungen gipfeln wohl in zwei Sätzen ¹⁾:

1) „Daß das Zustandekommen jeder chemischen Reaktion nur von einer bestimmten Größe des Raumes an, in welchem sie vor sich gehen soll, aufwärts möglich ist.“

2) „Überträgt man die gewonnenen Resultate auf biologische Vorgänge, so wird man zu dem Schlusse geführt, daß Zellenräume, in denen eine Reaktion vor sich gehen soll, an eine bestimmte Größe gebunden sind, damit nicht ein andersartiger — den normalen gegenüber gewissermaßen degenerativer — chemischer Vorgang stattfindet.“

Zunächst ist hier hervorzuheben, daß der erste Lehrsatz dem zweiten offenbar widerspricht. Denn der erste besagt, daß von einer bestimmten Größe, bezw. Kleinheit des Raumes an keine chemische Reaktion mehr statthaben soll. Es ist nun aber ganz unzweifelhaft, daß gerade bei den „biologischen Vorgängen“ die möglichst feinsten Kapillaren vorkommen. Also hebt LIEBREICH seinen ersten Satz auf, wenn er bei „biologischen Vorgängen“ seinen „gewissermaßen degenerativen chemischen Vorgang“ stattfinden läßt! Und in betreff eines etwaigen Neben- bezw. Untereinander dieser beiden Sätze spricht LIEBREICH sich nicht aus. Auch was ein „gewissermaßen degenerativer chemischer Vorgang“ bedeuten soll, wird nicht erklärt und dürfte LIEBREICH ebenso dunkel sein wie sonst jedermann. Eines aber ist klar, daß der betreffende Ausdruck sich schwerlich dazu eignet, als Schlagwort

1) Berl. Akad. Ber. 1889, S. 196.

und springender Punkt in der Erklärung des großen Rätsels vom organischen Leben gelten zu können.

LIEBREICH's sonstige theoretische Feststellungen sind wohl kaum irgendwie glücklich, ganz abgesehen davon, daß überhaupt nur in bezug auf den ersten citierten Satz irgend welche nähere Ausführungen und Begründungen gegeben werden. LIEBREICH sagt z. B. l. c.: „Wenn also die Schlußfolgerung gezogen werden muß, daß für die bestimmte Thätigkeit einer Zelle ein bestimmter Reaktionsraum notwendig ist, so läßt sich daran weiter die Vermutung knüpfen, daß in einer Zelle, selbst ohne differenzierte Umgebung, gewissermaßen einer protoplasmatischen Flüssigkeit, vorausgesetzt, daß wir es mit einer Kugel zu thun haben, jener Form, die von R. VIRCHOW gewissermaßen als ideale Zelle bezeichnet wird, die Reaktionsbewegung im Centrum der Zelle am stärksten sein muß, bei veränderter Gestalt dagegen irgend ein anderer Punkt für die stärkste Reaktionsentwicklung sich finden müsse.“ — Dieser eine Satz stellt das Ganze dar, was von LIEBREICH über diese, mindestens eigentümliche Hypothese überhaupt gesagt wird! Es ist kaum anzunehmen, daß in den gesamten Berichten der Berliner Akademie eine zweite — offen gestanden — derartig leichte, jeder Begründung und jedes Versuches, sie auch nur plausibel zu machen, völlig entbehrende Behauptung zu finden sein dürfte.

Dagegen sind BUDDE's¹⁾ und ähnliche Angriffe auf die experimentellen Versuche LIEBREICH's in der Hauptsache als nicht sehr zutreffend zu bezeichnen. Es ist ja auch schon von BUDDE selbst der Rückzug angetreten²⁾.

Aus neuester Zeit schlagen in dieses Gebiet von der Einwirkung der Kapillaritätsattraktion auf die chemische Affinität Untersuchungen von EMIL FISCHER und SCHMIDTNER³⁾, ferner von MALFATTI⁴⁾. Es wird darin die Dissoziation bezw. Zersetzung einer Reihe von Salzlösungen infolge von Kapillarattraktion nachgewiesen, und außerdem werden Beziehungen zur Diffusionsfähigkeit der betreffenden Verbindungen aufgedeckt.

Die neue Theorie von den individuellen Kapillarreaktionen im Protoplasma hat mit den theoretischen Darlegungen LIEBREICH's ebensowenig Gemeinschaft wie mit PFLÜGER's „Selbstzersetzung“

1) Zeitschrift f. physik. Chemie, 1891, p. 586.

2) WIED. Annal., Bd. 46, p. 176.

3) LIEB. Annal. 272, p. 156.

4) Wien. Akad. Anzeig. 1892, p. 212.

der Moleküle. Der Ausdruck PFLÜGER'S steht mit der Grundlage aller modernen Naturwissenschaft, dem Kausalnexus, in diametralem Gegensatz. Und wenn man selbst ein inneres Bestreben nach kontinuierlicher, intramolekularer Umlagerung und dergleichen hypostasieren wollte, wäre das Wort „Selbstersetzung“ nicht am Platze. Zum wenigsten liegt eine Identifizierung von Ursache und Wirkung vor. Keine chemische Anschauung kann über „Selbstersetzung“ klar werden. Da wäre es vielleicht schon annehmbarer gewesen, den Begriff Kontaktkraft ausgiebig zu verwerten, weil hierbei doch eine Reihe genau studierter Umsetzungen zur Begriffbildung helfen kann. Es ist eigentlich erstaunlich, daß eine solche Bezeichnung, nachdem sie einmal von einem bedeutenden Forscher angewendet worden, sich einbürgern konnte.

Auch die alte Theorie von den Micellen oder den Tagmen und Kontagmen ¹⁾ dürfte wohl demnächst ernstlich ins Wanken geraten.

Schon im eigenen Lager der Physiologen, die sich um das Banner „Molekularphysik“ scharen, greift die Skepsis an der Berechtigung der Mizellartheorie immer mehr um sich. SCHWENDENER selbst muß z. B. zugeben ²⁾, wie folgt:

„CARL MÜLLER erinnert ³⁾ zunächst an die Veröffentlichungen von N. J. C. MÜLLER, WIESNER, STRASBURGER, VON HÖHNEL, VICTOR VON EBNER und besonders an die neueste Mitteilung über den Gegenstand von A. ZIMMERMANN, in der Meinung, diese Veröffentlichungen machen es höchst wahrscheinlich, daß bei der optischen Reaktion der Zellmembran auch Spannungsverhältnisse eine bedeutende Rolle spielen können.

1) Der Ausdruck Tagmen rührt von PFEFFER her, in Osmot. Untersuchungen, 1875, p. 32. (Von τὸ τάγμα, der durch Gesetz geordnete Haufe.) NÄGELI brauchte zuerst bei seinen Darlegungen über die Struktur der organisierten Substanzen (Theorie der Gärung, 1859, p. 121, und Ber. der Akad. München, 1862, Bd. 1, p. 311) die Bezeichnungen Atome, ferner Moleküle (oder Pleone, von τὸ πλεόν, die Mehrzahl) und endlich Moleküleverbände; wo Atome die Moleküle der Chemie bedeuteten und NÄGELI'S Moleküle demnach Komplexe von Molekülen darstellen sollten. Später verwendeten NÄGELI und SCHWENDENER (Mikroskop, 2. Aufl., 1877, p. 424) für die Molekülkomplexe das Wort Micellen. (Diminutiv von mica, das Krümchen. Übrigens ist auch mica eine landläufige Bezeichnung für Glimmer.) Tagmen und Micellen sind also identisch.

2) Ber. Akad. Berlin, 1889, S. 241.

3) PRINGSHEIM'S Jahrb. 1888, S. 497.

WIESNER endlich hebt hervor, daß auch völlig amorphe Substanzen, wie arabisches Gummi, Kautschuk etc., doppelbrechend sein können, und fügt sodann hinzu: „Hier liegen gewiß keine krystallinischen Körper vor, die Doppelbrechung beruht auf Spannungsunterschieden. Solche Spannungsunterschiede sind aber zweifellos in der Zellmembran vorhanden.“ Es wird aber nicht gesagt, wie man sich dieselben vorzustellen habe.“ Weiterhin sagt SCHWENDENER¹⁾: „Was den inneren Bau der Membranen betrifft, so hätten die NÄGEL'schen Micelle nach VON HÖHNEL keine Berechtigung mehr, da ja die eingebildeten, molekularen Spannungen die zu beobachtenden Veränderungen vollständig erklären.“

Im Hinblick auf die „eingebildeten Spannungen“ nach SCHWENDENER sei bemerkt, daß zweifellos an den Wandungen der überaus zahlreichen Kapillaren der Zellmembran starke Kondensationen der gasförmigen resp. dampfförmigen oder flüssigen Bestandteile des umgebenden Mediums stets statthaben (cf. hierzu auch die erste Mitteilung über den Protoplasmachemismus). Also, Spannungen im allgemeinen sind stets vorhanden!

„Im übrigen“, führt SCHWENDENER später aus²⁾, „setzt die Doppelbrechung für sich allein weder Micelle noch Molekularnetze, (nach STRASBURGER'S Anschauung) überhaupt keinen bestimmten inneren Bau, sondern nur eine Verschiedenheit der Anordnung nach Richtungen voraus.“ SCHWENDENER'S „nur Verschiedenheit der Anordnung nach Richtungen“ dürfte aber wohl bei weitem größere Anforderungen, viel mehr Hypothetisches enthalten als die Mizellartheorie!

Die Hauptschwäche der Theorie von den Micellen oder Tagmen scheint aber auf chemischem Gebiete zu liegen. Wenn auch die eigentümliche Gruppe der Kohlehydrate noch heute dem Chemiker so manches Problem zu lösen giebt, wenn auch noch heute NÄGEL'S klassische Arbeiten über die Stärke in mancher Beziehung Geltung haben, ist doch unzweifelhaft, daß chemische Anschauung und chemisches Denken nicht nur in gar keinem Zusammenhange mit der Mizellartheorie heute stehen, sondern sogar in krassem Gegensatz zu derselben sich befinden. Da man in der Physiologie die chemischen Feststellungen im allgemeinen nicht mit den physiologischen Ergebnissen in Einklang zu bringen vermochte, scheint

1) l. c. S. 659.

2) l. c. S. 702.

man sie nach Möglichkeit beiseite gelassen bzw. vergessen zu haben. Dies dürfte auch für folgenden Satz SCHWENDENER'S zutreffen¹⁾: „Ebenso hält auch STRASBURGER die Annahme krystalinischer Micelle für unhaltbar. Er nimmt daher seine Zuflucht zur netzförmigen Verkettung der Molekeln, wie sie die Chemiker für gewisse organische Verbindungen voraussetzen“ Die Chemie hat nun aber weder jemals etwas über die netzförmige Verkettung der Molekeln angenommen, noch liegt dies bisher in ihrer Aufgabe. Die Chemie kann heute wohl definiert werden als die Wissenschaft von den Beziehungen der Bestandteile der Molekeln. Und diese Bestandteile des Molekularverbandes nennt die Chemie einstimmig seit länger als 50 Jahren Atome. Und eine Verkettung solcher Bestandteile wird von der Chemie nicht nur angenommen, sondern dieselbe ist durch Hunderttausende von Übereinstimmungen so sicher nachgewiesen, wie überhaupt irgend etwas, das nicht von den fünf Sinnen direkt wahrgenommen wird, nachgewiesen werden kann. Die netzförmige Verkettung der Atome endlich betrifft ja nur einen speziellen Fall, dessen Nachweise aber für die moderne Chemie ganz außer Zweifel stehen.

Wenn auch immerhin die Mizellartheorie von einem Manne wie SACHS auf das Plasma übertragen worden ist, muß doch heute vom Standpunkt der praktisch-organischen Chemie aus die Annahme als völlig unwahrscheinlich bezeichnet werden, daß die innere Struktur der Stärke mit der inneren Struktur des Protoplasmas eine auch nur ganz entfernte innere Verwandtschaft besitzen kann. Man hat sich auch in der Physiologie der Erkenntnis nicht verschließen können, daß sehr große Verschiedenheiten bei den Kontakten vorliegen, und z. B. schon dazu bequemen müssen, Unterabteilungen wie die der lebensfähigen und lebensfähigen plasmatischen Gebilde einzurichten.

Die heutige Chemie giebt unumwunden zu, daß der endgiltige Beweis für eine Identität bzw. enge, innere Verwandtschaft von Verbindungen nicht durch Analyse und Molekulargewicht allein zu erbringen ist; der endgiltige Beweis liegt heute in letzter Instanz in der Identität resp. engen Verwandtschaft der Eigenschaften im allgemeinen und insbesondere der gesamten chemischen Reaktionen. Wenn zwei Substanzen wie Stärke und Plasma, zunächst abgesehen von der völligen Verschiedenheit wichtiger, sonstiger Eigenschaften, eine totale Ungleichheit des ganzen Wesens

1) l. c. S. 659.

aller ihrer chemischen Reaktionen aufweisen, liegt darin allein schon ein voller Beweis, daß ihre innere Struktur in irgend welcher engeren Verwandtschaft nicht stehen kann. Gewisse Ähnlichkeiten in der Quellungsfähigkeit beider Körper sind nur in Bezug auf eine Ähnlichkeit gewisser physikalischer Eigenschaften zu deuten. Daß hier ein besonderes Problem vorhanden ist — wer wollte es bezweifeln? Die Sache hängt offenbar mit dem GRAHAM'schen Befunde¹⁾ bezw. seiner Klassifikation von Kolloiden und Krystalloiden²⁾ zusammen. Man könnte ja z. B. sehr wohl Kieselsäure, die aus dem gallertartigen Zustande zur Trockne gebracht ist, als „gestorben“ bezeichnen.

Auf das gemeinsam zu Grunde liegende Problem, welches sich vollständig auf Oberflächenenergie und lose Hydratisierung zurückführen läßt, soll alsbald näher eingegangen werden. Hier sei nur betont, daß die Versuche, hauptsächlich infolge dieses Problems aus der Physiologie im großen und ganzen eine Molekularphysik zu konstruieren, von der Chemie durchaus zurückgewiesen werden müssen. Einzig und allein in der Eigentümlichkeit seines chemischen Umsatzes beruht in letzter Instanz das Geheimnis des organischen Lebens. Assimilation und Dissimilation sind im Grunde genommen nichts anderes als chemische Prozesse; ohne sie können alle anderen Lebensäußerungen nicht von statten gehen. Und deshalb ist es vom chemischen Standpunkte aus nicht verständlich, daß man Körper wie Stärke und Plasma trotz des grundsätzlichen Unterschiedes im gesamten Wesen ihrer chemischen Eigenschaften als analoge resp. eng verwandte Substanzen ansehen kann.

Daß die Erklärung der Quellung in Oberflächenenergie nebst loser Hydratisierung und nicht in einer spezifischen Anziehung zwischen der spezifischen Substanz und dem spezifischen Quellungs- mittel zu suchen ist, dafür dürfte z. B. die Jodstärke sprechen. Ihre Bildung beruht anerkanntermaßen auf einer Oberflächenan- ziehung, gleich wie die Holzkohle allerlei Farbstoffe, verschiedene Salze, Strychnin etc. aus Lösungen aufnimmt. Die Entfärbung der Jodstärke beim Erwärmen und das Zurückkehren der Farbe beim Erkalten wird einerseits durch die größere Löslichkeit des Jods in lose gebundenem Hydratwasser, andererseits durch die bei der Zufuhr von Wärme verminderte Anziehung des Jods verursacht.

1) LIEB. Annal. 121, p. 1.

2) NÄGELI hat leider die Bezeichnung Krystalloide für quellungs- fähige krystallinische Substanzen angewendet!

Der Erklärung dieser Vorgänge von seiten der Mizellartheorie stellen sich wohl unüberwindliche Schwierigkeiten entgegen. Gesetzt, es sei die Harmonie der Bewegungsenergien der Stärke und ihrer Wasserhülle vorhanden, so muß weiter angenommen werden, daß diese Harmonie auch bei andauerndem Erwärmen nicht verloren geht, daß vielmehr die Micelle erhalten bleiben, trotzdem die Verdunstung des Wassers wie gewöhnlich erfolgt. Es müßte also die Wasserhülle beim Erwärmen innerhalb weiter Grenzen erstens einen Teil ihrer Masse verlieren dürfen und zweitens ihre Bewegungsenergie stark verändern können (wie z. B. ihre sehr veränderte Lösungsenergie beweist), ohne Störung der Harmonie im Micell. Dies wäre aber doch nur denkbar, wenn die Bewegungsenergie der Stärke und aller Kontagmen sich beim Erwärmen in gleicher oder ganz ähnlicher Weise ändern würde wie die der Wasserhülle! Selbstverständlich aber ist die Änderung der Bewegungsenergie bei allen Kontagmen verschieden! Und trotz alledem sollte die Harmonie innerhalb weiter Grenzen erhalten bleiben? Diese Annahme dürfte außerhalb des Rahmens der heutigen, allgemeinen Naturwissenschaft liegen. —

Wenn ferner von der Micellartheorie behauptet wird, daß Quellung und Lösung zwei vollkommen analoge Prozesse seien, so kann dies als ein weiteres Anzeichen dafür betrachtet werden, daß die Physiologie an nicht unwesentlichen Punkten den Zusammenhang mit Chemie und Physik verloren hat. Durch den bekannten Versuch von REINKE ¹⁾ steht doch fest, daß lufttrockene Laminarienstücke bei einem Druck von 41,2 Atmosphären 16 Proz. Wasser aufnehmen; daß also die Quellung durch Druck sehr stark vermindert wird, dagegen bei gewöhnlicher Lösung durch Druck das Umgekehrte, mithin eine Vermehrung der Lösung stattfindet. Während ferner bei regelrechter Lösung eines festen Körpers im Wasser, — falls nicht etwa sekundäre von dem Vorgange Lösung völlig unabhängige Prozesse wie Zersetzung und Hydratbildung nebenher laufen, — negative Wärmetönung auftritt, ist bei der Quellung stets das Umgekehrte, nämlich positive Wärmetönung zu beobachten. Außerdem muß hervorgehoben werden, daß gerade die ersten Procente des Quellungswassers, wie beispielsweise Versuche NÄGELI's ²⁾ ergeben, die höchste positive Wärmetönung zeigen, daß also wiederum die Vorgänge den gewöhnlichen Lösungsver-

1) Bot. Abhandl. von HANSTEIN, Bd. 4, p. 1.

2) Theorie der Gärung, 1859, p. 133.

hältnissen durchaus widerstreben. Demgemäß ist es auch natürlich, daß z. B. der VAN T'HOFF'sche Satz vom osmotischen Druck, die Gesetze des Dampfdruckes, der Gefrierpunkte der Lösungen etc. insgesamt für den „analogen Vorgang“ Quellung nicht gelten.

Andererseits sprechen alle Anzeichen dafür, daß das Endresultat der Quellung als lose bzw. weitgehende Hydratisierung angesehen werden kann. Aus der Betrachtung der gewöhnlichen Hydrationswärme ist zu schließen, daß die Wassermoleküle nicht alle gleichwertig von den Salzmolekülen gebunden werden. Wie z. B. bei Magnesiumsulfat und bei Chlorstrontium das erste Molekül Wasser die größte positive Wärmetönung aufweist, so verhält sich ganz ähnlich die Wärmetönung beim Anfang der Quellung. Ferner ist es zweifellos, daß die Hydratisierung und besonders die lose Hydratisierung durch starken Druck nicht wie die Lösung vermehrt, sondern wie die Quellung vermindert wird. Endlich dürfte im allgemeinen wohl zu wenig bekannt sein, daß sich verhältnismäßig viele anorganische Substanzen den gequollenen bzw. lose hydratisierten Kollagenen direkt an die Seite stellen lassen; d. h. also insbesondere, daß diese Körper z. B. durch Erhitzen, durch Salzlösungen oder durch Substanzen, die kondensierend resp. wasserentziehend wirken, zum Koagulieren gebracht werden können und somit offenbar den gequollenen Aggregatzustand aufzeigen! Und in diesem Aggregatzustande bilden sie die echten anorganischen Repräsentanten der GRAHAM'schen Kolloide! Als solche Substanzen sind hauptsächlich zu nennen die losen Hydrate von Kiesel-, Titan-, Zinn-, Molybdän-Wolframsäure; die losen Hydrate von Aluminium, Eisen, Mangan, Chrom, Antimon etc.; ferner die hydratischen Hydrosulfüre von Arsen, Antimon, Wismut, Kadmium, Quecksilber, Zink, Indium, Wolfram, Molybdän, Platin, Gold, Palladium, Silber, Thallium, Blei, Eisen, Nickel, Kobalt.

Den Schluß dieser Besprechung der Mizellartheorie möge eine Zurückweisung der Behauptung bilden, daß die „vollkommen analogen Vorgänge Quellung und Lösung sogar durch Übergänge miteinander verknüpft sind“, und daß z. B. die Wasseraufnahme von Gummi arabicum einen solchen „Übergang“ darstellt. Was ist nun aber eine dünne Lösung von arabischem Gummi? Sie ist zweifellos nicht das Ergebnis eines einfachen Prozesses, sondern das Endresultat einer Reihe hinter und neben einander laufender Vorgänge, unter denen hauptsächlich Quellung und Lösung figurieren. Und durch solch eine Gemenge von Prozessen

will man einen Übergang von Quellung und Lösung charakterisiert sehen?

Im Nachfolgenden sollen einige zu Gunsten der neuen Theorie von den individuellen Kapillarreaktionen im Protoplasma sprechende Thatsachen ihre Stelle finden, da bei Gelegenheit der ersten Mitteilung wohl befürchtet werden konnte, daß durch Häufung von Details die Theorie nicht genügend übersichtlich sich darstellen würde. Deshalb schien es ratsam, für den Anfang nur kurz auf wenige Thatsachen und zwar ausschließlich im Gebiete der Zoologie hinzuweisen, so daß also alles weitere und besonders die Feststellungen der Botanik erst jetzt mehr berücksichtigt werden können.

Zunächst sei es gestattet, ein Wort von SACHS anzuführen, aus dem hervorgehen dürfte, wie erwünscht eigentlich überhaupt nur irgend eine Theorie vom chemischen Umsatz im Protoplasma allen einsichtsvollen und weitschauenden Physiologen sein muß. SACHS sagt ¹⁾: „das allbekannte und doch in seinem Wesen noch gänzlich unbekanntes Protoplasma, diejenige Substanz, welche nach den Forschungen der letzten 40 Jahre den eigentlichen lebenden Körper jeder Zelle darstellt, von der sich nach und nach herausgestellt hat, daß sie der eigentliche Lebensträger sowohl der Tiere wie der Pflanzen ist.“

Die bewundernswürdige Höhe der morphologischen Botanik zeigt sich auch in ihrer Kenntnis vom Phytoplasma. Infolgedessen ist es bereits heute im großen und ganzen möglich, die neue Theorie von der individuellen Kapillarreaktion im Protoplasma wahrscheinlich zu machen, bezw. zunächst den Beweis für das stete Vorhandensein der zur Reaktion nötigen feinsten Kapillaren zu erbringen. Wenn aber bei jedem Phytoplasma feinste Kapillaren in Masse sich vorfinden (die Membransiebe stehen als etwas Besonderes für sich), dürfte es einleuchten, daß diesen Kapillaren in ihrer spezifischen Anordnung auch eine bestimmte und wichtige Funktion zufällt. Und hierin liegt die Plausibilität der neuen Theorie, die dadurch unterstützt wird, daß die Empfindlichkeit des Plasmas gegenüber minutiösen Unterschieden der Temperatur, der Lichtintensität, des elektrischen Stromes, der Konzentration

1) Pflanzenphysiologie, 1887, p. 86.

und Zusammensetzung des Materials für den Stoffwechsel etc. ein Analogon nur in der außerordentlichen Empfindsamkeit von Kapillarreaktionen besitzt; auch in bezug auf das eminent feine Unterscheidungsvermögen für ganz geringe Druckdifferenzen hat sich jüngst das Gleiche ergeben ¹⁾).

Hinsichtlich der feineren Struktur des Cytoplasmas ²⁾ der Pflanzenzelle allerdings ist heute ein endgiltiges Urteil noch nicht möglich. Wenn auch verschiedene Beobachtungen für das Vorhandensein einer feineren Struktur sprechen, muß doch zugegeben werden, daß erst umfassendere Untersuchungen zu einem abschließenden Resultat führen können. Dagegen steht sowohl für den ruhenden Zellkern als auch für die Chloro- und Chromoplasten ³⁾ die Existenz einer bestimmten feineren Struktur fest, infolge von vielfachen Untersuchungen, unter denen besonders die Arbeiten von FLEMMING, STRASBURGER, SCHMITZ, GUIGNARD erwähnt werden mögen.

Das Kerngerüst oder Chromatingerüst des ruhenden Zellkernes besteht z. B. nach FLEMMING'S ⁴⁾ Beschreibung im allgemeinen aus sehr zarten Fäden, „die sich vielfach verästeln und miteinander verwachsen und so ein feines Netzwerk bilden.“ Und auch weiterhin ist bestätigt, daß sich durch direkte Beobachtung ein wahres Netzwerk mit Hilfe der besten derzeitigen Instrumente erkennen läßt. Über die feinere Struktur der Chloro- und Chromoplasten giebt es nicht so viele umfangreiche Untersuchungen, aber auch hier ist eine spezifische Struktur zweifellos und wird bei Chloroplasten als schwammartiges Gerüst beschrieben.

Man kennt nun aber heute wohl überhaupt keine Organismen mit Sicherheit mehr, denen man eine Differenzierung zu Kernsubstanz, bezw. Chloro- und Chromoplasten absprechen kann. In betreff der Pilze äußert ein Forscher wie ZOPF z. B. ⁵⁾: „Es ist noch nicht lange her, daß man allgemein annahm, die Pilzzellen seien, wenige

1) P. JENSEN, Über den Geotropismus. PFLÜG. Archiv, 1893, p. 477.

2) Auf Vorschlag von STRASBURGER wird neuerdings die gesamte Masse des Plasmakörpers, die nach Abzug sämtlicher Einschlüsse übrig bleibt, als Cytoplasma bezeichnet. Von *κύτος*, Höhlung.

3) Bestehen aus den Chlorophyllkörpern und den gelben, roten und braunen Farbstoffkörperchen der Früchte etc.

4) Zellsubstanz, 1882, p. 100 und 113.

5) In SCHENK'S Botanik, Bd. 4, 1890, p. 377.

Ausnahmen abgerechnet, kernlos. Heutzutage ist man vom Gegenteil überzeugt, da seit dem Vorgange von SCHMITZ und STRASBURGER die Existenz von Zellkernen in allen Fällen konstatiert wurde, wo man ihnen mit passenden Methoden nachging.“ Und eine besondere Struktur ist bei größeren Pilzkernen unzweifelhaft nachgewiesen. Wo dies bisher nicht der Fall war, darf der Nachweis mit Sicherheit von der Zukunft erwartet werden.

Inbetreff der durchgängigen Differenzierung des Protoplasmas führt VERWORN neuerdings aus¹⁾: „Besonders sind, nachdem BÜTSCHLI nachgewiesen hat, daß auch die Bakterien, welche bisher als völlig undifferenzierte Protoplasmakörper galten, eine dem Kern entsprechende Differenzierung ihres Körpers besitzen, mit Sicherheit keine Organismen mehr bekannt, denen eine morphologische Differenzierung ihrer Kernsubstanz fehlte.“ Und von der Notwendigkeit des Kerns sagt VERWORN²⁾: „Man kann die physiologische Rolle des Kerns am besten vergleichen mit der eines anderen Zellorganoïds, mit der Rolle der Chlorophyllkörper . . . Ebenso wie der Zellkern sind sie überall, wo sie vorkommen, unbedingt notwendig für die „dauernde“ Existenz der Zelle.“

Hinsichtlich der feineren Struktur des Entoplasmas spricht BÜTSCHLI aus, daß sich Spezielleres über die relative Feinheit und weitere Besonderheiten des Wabenwerkes (des Entoplasmas) heute noch kaum mitteilen läßt. Er sagt ferner³⁾: „Die früher geläufige Auffassung des Entoplasmas als einer homogenen, strukturlosen schleimigen Eiweißsubstanz resp. einer Mischung solcher Substanzen muß nach den neueren Erfahrungen modifiziert werden. Auch das Entoplasma besitzt den alveolären Bau der übrigen Körperschichten. Was wir bei Schilderung der Ektoplasmastrukturen über die allgemeine Auffassung des Alveolarwerkes bemerkten, gilt auch für das Entoplasma. Die wabige Struktur des letzteren ist sehr fein; sie erreicht häufig die Grenze unserer optischen Hilfsmittel. Die Maschen- oder Wabendurchschnitte sind unregelmäßig bis regelmäßiger polygonal und ihre Knotenpunkte meist deutlich verdickt. . . .“ Die wabige Struktur BÜTSCHLI's wird von anderen Forschern (LEYDIG, FABRE etc.) als spongiöse, schwamm-

1) PFLÜG. Archiv, 1892, p. 115.

2) l. c. p. 114.

3) In BRONN's Tierreich, 1889, Bd. I, 3, p. 1391.

artige angesprochen. Wie dem auch sei, für die neue Theorie von der individuellen Kapillarreaktion bleibt die Hauptsache, daß eine eigenartige Struktur vorhanden ist, und daß damit der Beweis für die Existenz von spezifischen, kapillaren Räumen in bestimmter, spezifischer Anordnung geliefert sein dürfte!

Und wenn also kein Organismus heute mehr mit Sicherheit bekannt ist, in dessen Protoplasma irgend welche spezifischen, kapillaren Räume, in bestimmter, spezifischer Anordnung fehlen, scheint damit die Berechtigung der neuen Theorie von der individuellen Kapillarreaktion klargestellt zu sein.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft](#)

Jahr/Year: 1894

Band/Volume: [NF_21](#)

Autor(en)/Author(s): Wendt Gustav

Artikel/Article: [Über den Chemismus im lebenden Protoplasma.
53-75](#)