

90. N. Gaidukov; Ultramikroskopische Untersuchungen der Stärkekörner, Zellmembranen und Protoplasten.

Eingegangen am 22. Dezember 1906.

Dr. SIEDENTOPF sagt über die Prinzipien der ultramikroskopischen Apparate Folgendes.¹⁾

„Die Sichtbarmachung ultramikroskopischer Teilchen beruht nicht in erster Linie auf der Anwendung hoher mikroskopischer Vergrößerung, sondern auf Kontrastwirkung,²⁾ welche ihr Maximum bei vollkommener Dunkelfeldbeleuchtung erreicht. Letztere verlangt, dass von den beleuchtenden Strahlen keiner im Okulargesichtsfelde des Mikroskops direkt wirksam ist, sondern die Abbildung lediglich durch Strahlen erfolgt, welche im Objekt abgelenkt werden. Dieses erscheint dann hell auf dunklem Grunde. Ist das Objekt ultra-

mikroskopisch, d. h. kleiner als $\frac{\lambda}{a_1 + a_2}$, worin λ die Wellenlänge des benutzten Lichtes, a_1 die numerische Apertur der wirksamen Beleuchtung und a_2 die Apertur des abbildenden Objektivs bezeichnet, also kleiner als etwa $200 \mu\mu$, so wird es abgebildet als rundes, helles Beugungsscheibchen, welches je nach der Intensität von einem oder mehreren Beugungsringen umgeben ist, genau wie die Abbildung von Fixsternen im Teleskop erfolgt.“

Man kann die verschiedenen möglichen ultramikroskopischen Methoden mit SIEDENTOPF³⁾ nach dem Winkel einteilen, den die Hauptachse der beleuchtenden Strahlen mit der Hauptachse der abgelenkten Strahlen bildet und dem Verhältnis der wirksamen Apertur der Beleuchtungslinsen und des Beobachtungsobjektivs. Man kann sie aber auch nach charakteristischen Eigentümlichkeiten des apparativen Arrangements einteilen, das getroffen werden muss, um eine Dunkelfeldbeleuchtung zu realisieren. Während die erstere Einteilung den Vorzug der geometrischen Anschaulichkeit besitzt, ist

1) In N. GAIDUKOV, Über die Anwendung des Ultramikroskopes nach SIEDENTOPF zur Untersuchung lebender Objekte. Verh. der Deutschen Zool. Ges. 1906, S. 250–253.

2) E. ABBE, On the Estimation of Aperture in the Microscope. Journ. R. Micr. Soc. Lond. (2) I, S. 388–423, 1881; vgl. insbes. S. 415 u. 416. Deutsche Übersetzung siehe in E. ABBE, Gesammelte Abhandlungen (GUST. FISCHER, Jena 1904) Bd. 1, S. 362–363.

3) H. SIEDENTOPF: Über die physikalischen Prinzipien der Sichtbarmachung ultramikroskopischer Teilchen. Berl. klin. Wochenschr. 1904, Nr. 32.

die letztere da vorzuziehen, wo es sich darum handelt, die fertigen Apparate zu charakterisieren, ohne allzu nahes Eingehen auf den wirklichen Strahlenverlauf.

„Von diesem mehr konstruktiven Gesichtspunkte aus haben wir drei Typen von Ultramikroskopen zu unterscheiden.

1. Das Ultramikroskop mit orthogonaler Anordnung der Beleuchtungs- zur Beobachtungsrichtung nach SIEDENTOPF und ZSIGMONDY,¹⁾ bei welchem durch Abbildung eines Spaltes in den mehrere Millimeter dicken festen oder flüssigen Präparaten auf optischem Wege einen Dünnschnitt bis zu $\frac{1}{2}\mu$ Dicke herunter herstellt (Ultramikroskop nach dem Prinzip des optischen Schnittes). Es hat bereits eine sehr grosse Bedeutung für physikalische²⁾ und chemische Untersuchungen, insbesondere über Farbstofflösungen und kolloidale Objekte³⁾ erlangt.

2. Das Ultramikroskop nach dem Prinzip der Totalreflexion. Hierbei wird die Dunkelfeldbeleuchtung dadurch erreicht, dass im Mikroskopfocus die beleuchtenden Strahlen so verlaufen, dass sie sämtlich an der Oberfläche des Deckglases eine Totalreflexion erleiden und infolgedessen nicht in das Beobachtungsobjektiv (Trockensystem) treten können. Hierfür ist von SIEDENTOPF ein Glasparaboloidkondensor angegeben, und von COTTON und MOUTON⁴⁾ ein Prisma. Das Paraboloid gestattet eine viel stärkere Sammelwirkung als das Prisma und ermöglicht daher eine weit grössere Sichtbarkeit kleiner Teilchen. Ein solches Paraboloid ist übrigens schon von WENHAM und STEPHENSON⁵⁾ angegeben worden. Es ist aber von jenen durch den Anschliff einer Hohlkugelfläche entweder keine Totalreflexion im Focus erreicht, welche allein die Dunkelfeldbeleuchtung realisiert, oder es ist bei einer anderen Ausführung ohne diese Hohlkugelfläche die Wirkung nicht recht erkannt, indem fälschlich angenommen wurde, dass durch die Totalreflexion an dem Deckglase eine Beleuchtung von oben her stattfände und hierdurch das Objekt sichtbar würde. Zu jenen Zeiten war eben von Beugung des Lichtes an mikroskopischen oder ultramikroskopischen Objekten noch nichts bekannt. Ferner ist an Stelle des Prismas von COTTON

1) H. SIEDENTOPF und R. ZSIGMONDY: Über Sichtbarmachung und Grössenbestimmung ultramikroskopischer Teilchen mit besonderer Anwendung auf Goldrubingläser. — Ann. d. Phys. Bd. 10, 1903, S. 1—39.

2) H. SIEDENTOPF: Ultramikroskopische Untersuchungen über Steinsalzfarbungen. Physikal. Z., S. Bd. 6, 1905, S. 855—866.

3) R. ZSIGMONDY: Zur Erkenntnis der Kolloide. G. FISCHER, Jena 1905. H. SIEDENTOPF: Ultramikroskopische Litteratur. Zeitschr. für Chemie und Industrie der Kolloide Bd. 1, 1906, S. 173—176.

4) A. COTTON et H. MOUTON: Nouveau procédé pour mettre en évidence les objets ultramicroscopiques. Compt. rend. Bd. 136, 1903, S. 1657—1659.

5) W. B. CARPENTER: The Microscope. London 1891, S. 265 u. S. 268.

und MOUTON ein bequemerer Prisma angegeben worden, bei welchem die ursprüngliche Einfallsrichtung des Lichtes coaxial mit der Mikroskopachse stattfindet und nicht schräg gegen diese geneigt ist wie bei COTTON und MOUTON.“ Vor kurzem hat auch C. REICHERT einen ähnlichen Apparat (Ultramikroskop mit Spiegelkondensor) konstruiert.¹⁾

3. „Ultramikroskopische Einrichtungen nach dem Prinzip der Abblendung. — Man kann schliesslich auch mit geeignet angesetzten Blenden eine Dunkelfeldbeleuchtung²⁾ herstellen. Legt man sie unter den Kondensor, so blendet man zweckmässig das zentrale Licht damit ab und beobachtet mit Objektiven von geringerer Apertur, als die Strahlen besitzen, welche nach der Abblendung aus dem Kondensor treten können. Hier ist es am besten, durch eine zentrale Blende im Kondensor, num. Apertur 1,4, alle Aperturen der Beleuchtung von 0—1 abzublenden, den Objektträger mit einem Wasser- oder Öltropfen auf ihn zu legen und mit einem Trockensystem zu beobachten. Mit dieser einfachen Anordnung, die mit jedem Mikroskop ohne weiteres zu treffen ist, erreicht man dasselbe, wie mit der Anordnung nach COTTON und MOUTON. Zweitens kann man mit zentraler Apertur beleuchten, am besten mit Aperturen von 0—0,2, und diese Aperturen durch Abblendung am Objektiv vernichten, sodass sie im Okulargesichtsfelde nicht zur Wirkung gelangen. Am besten ist es hiernach, den Scheitel der Frontlinse von der Apertur 0—0,3 abzublenden. Man benutzt dann zur Beobachtung nur die Randpartien des Objektivs, welche unabgeblendet bleiben. Bei Verwendung von homogener Immersion, num. Apertur 1,3, zur Beobachtung bleibt für die Abbildung noch das reichlich bemessene Intervall der Apertur von 0,3—1,3 zur Verfügung. Die Beleuchtung macht man passend mit einer geeigneten Lupenlinse, die man zweckmässig durch Scharnierbewegung mit dem gewöhnlichen ABBE'schen Kondensor auswechselt (Wechselkondensor), um einen bequemen Übergang von der gewöhnlichen mikroskopischen Beleuchtung zur Dunkelfeldbeleuchtung herzustellen. Eine derartige Einrichtung ist von SIEDENTOPF³⁾ angegeben. Statt der Abblendung an der Frontlinse kann man als Notbehelf auch eine entsprechende Schieber- oder Einhängeblende über dem Objektiv⁴⁾ oder eine passende Blende

1) CARL REICHERT: Österr. Chemiker-Zeitung, Bd. 10, 1907, S. 5—7. Neuer Spiegelkondensor zur Sichtbarmachung ultramikroskopischer Teilchen.

2) W. GEBHARDT: Über rationelle Verwendung der Dunkelfeldbeleuchtung. Z. f. wiss. Mikroskopie Bd. 15, 1898, S. 289—299.

3) H. SIEDENTOPF: On the rendering visible of ultramicroscopic particles and of ultramicroscopic bacteria. Journ. R. Micr. Soc. London 1903, S. 573—578.

4) A. TÖPLER: Über die Methode der Schlierenbeobachtung als mikroskopisches Hilfsmittel, nebst Bemerkungen zur Theorie der schiefen Beleuchtung. POGGENDORF's Annalen der Physik und Chemie, Bd. 127, 1866, S. 556—580.

über dem Okular¹⁾ in der Austrittspupille des ganzen Mikroskops anbringen, oder man kann noch in primitiverer Weise eine Art Dunkelfeldbeleuchtung durch passende Stellung des Beleuchtungsspiegels und der Irisblende unter dem Mikroskopkondensor herstellen (schiefe Beleuchtung), wodurch man aber bei Anwendung des für ultramikroskopische Untersuchungen notwendigen Bogenlichtes stets sehr lästige Reflexe zwischen den vielen Linsenflächen, abgesehen von anderen Unvollkommenheiten, mit in den Kauf nimmt.“

Ausser der oben erwähnten Immersion, Apochromat 2 mm, num. Apertur 1,3, sind nach meinem Vorschlage von SIEDENTOPF auch die Trockensysteme Achromat D und Apochromat 4 mm mit fester Blende an der Frontlinse versehen. Mit diesen von der Firma CARL ZEISS in Jena hergestellten Einrichtungen²⁾ sind die im folgenden beschriebenen Untersuchungen ausgeführt, und zwar mit Hilfe eines besonderen Spiegelstativs bei vertikalem Mikroskoptubus.

Kürzlich hat Dr. SIEDENTOPF diesen Apparat folgendermassen vereinfacht und infolgedessen erheblich verbilligt: „Eine Zentrier-
vorrichtung für Objektive³⁾, einschiebbar in Kondensorschiebhülse, benutzt mit Achromat A zur Beleuchtung. Der positive Krater der in etwa 80 cm Entfernung stehenden Bogenlampe oder die Sonne (Heliostat) werden mit Hilfe dieses Systems A, des planen Mikroskopspiegels und mit Hilfe des Kondensortriebes in der Oberfläche des Objektträgers abgebildet. Beobachtet wird mit System D mit fester Blende von ZEISS in Jena, welche die beleuchtenden Strahlen absorbiert und die abgebeugten zur Abbildung durchlässt.“

Bis jetzt ist die Meinung verbreitet, dass man mit Hilfe des Ultramikroskopes nur die kleinen Teilchen, die sich in einem homogenen Medium, z. B. Wasser, Glas usw., befinden, untersuchen kann. Meine Arbeit⁴⁾ hat aber den Beweis erbracht, dass man mit Hilfe des genannten Apparates die Struktur ganz grosser Zellen, ja sogar dünne Gewebeschnitte untersuchen kann.

1) SIGM. EXNER: Ein Mikro-Refraktometer. Arch. für mikroskop. Anatomie Bd. 25, S. 97—112, 1885. J. W. GORDON: Dark Field Illumination. Journ. R. Micr. Soc. London, Bd. 171, 1906, S. 157—160.

2) CARL ZEISS, Jena: Beschreibung der Einrichtungen zur Untersuchung ultramikroskopischer Teilchen, 1904, Druckschriften Sign. M. 164.

3) CARL ZEISS, Mikro-Katalog, 33. Ausg. 1906, S. 32, f. 12.

4) N. GAIDUKOV, l. c. S. 254—258. Über Untersuchungen mit Hilfe des Ultramikroskopes nach SIEDENTOPF (Ber. der Deutschen Botan. Ges. 1906, Bd. 24, S. 107). Weitere Untersuchungen mit Hilfe des Ultramikroskopes nach SIEDENTOPF (ibid. S. 155). Über die ultramikroskopischen Eigenschaften der Protoplasten (ibid. S. 193). Vgl. auch E. RAEHLMANN, Die ultramikroskopische Untersuchung nach H. SIEDENTOPF und R. ZSIGMONDY und ihre Anwendung zur Beobachtung lebender Organismen (München. medicin. Wochenschrift Nr. 2, 1904). Über ultramikroskopische sichtbare Blutbestandteile (Deutsche medicin. Wochenschrift, 1904, Nr. 29). Über Trachom (Beitr. zur Augenheilkunde, 62. Heft, 1905).

Der Vorteil der ultramikroskopischen Untersuchung bei den zuerst genannten Objekten besteht darin, dass man mit Hilfe des genannten Apparates viel kleinere Teilchen sehen kann, wie beim gewöhnlichen mikroskopischen. Die Teilchen, die im ultramikroskopischen Gebiet liegen, haben einen Durchmesser von 5 bis 200 $\mu\mu$. Natürlich sieht der Zellinhalt, der solche kleine Teilchen enthält, ganz anders aus wie bei gewöhnlicher Beleuchtung. Die kleinen ultramikroskopischen Teilchen sind die Ultramikronen genannt worden. Je nachdem die Ultramikrone sich sichtbar machen lässt oder nicht, wird sie sub- oder amikroskopisch genannt. Die aus Amikronen bestehenden Objekte sind überall leuchtend, aber nicht in einzelne Teilchen auflösbar. Die ganz dunklen Körper sind als optisch leer zu bezeichnen.

Mit Hilfe des Heliostatenlichtes kann man viel mehr sehen als mit Hilfe des elektrischen Bogenlichtes. Bei sehr kleinen Teilchen sieht man nicht den Körper der Teilchen selbst, sondern nur die Beugungsscheibchen. Aber nach der Gestalt der Beugungsfigur kann man auch mitunter die Form der Teilchen beurteilen. So werden z. B. runde oder zylindrische Teilchen ganz regelmässige Beugungsringe zeigen, dagegen wird ein 8förmiges Teilchen eine unregelmässige Beugungsfigur zeigen. Die dicken Gewebeschnitte kann man aus folgendem Grunde ultramikroskopisch nicht beobachten. Die nicht im Focus liegenden Gewebeschnitte beleuchten so stark die im Focus liegende Schicht, dass die letztere ganz hell erscheint, man bekommt oft ein Bild dunkel auf hell wie bei gewöhnlicher Beleuchtung. Diese interessante Erscheinung, nämlich das Fehlen der Dunkelfeldbeleuchtung bei dicken Objekten, habe ich sehr gut bei der Untersuchung der Gewebeschnitte der *Vallisneria*-Blätter sowie der der grossen *Nitella*-Zellen beobachtet. In ein und demselben Präparate erscheinen die letzteren je nach der Dicke des Objektes entweder auf hellem oder auf dunklem Felde. Der Unterschied zwischen den erst bei gewöhnlicher Beleuchtung und dann bei der Dunkelfeldbeleuchtung beobachteten Bildern ist ganz auffallend. Bei der Anwendung der stärksten Vergrösserung sieht man manchmal, dass bei gewöhnlicher Beleuchtung das ganze Beobachtungsfeld leer ist. Dagegen sieht man bei Anwendung der Dunkelfeldbeleuchtung, dass das ganze Feld voll beweglicher Teilchen ist und einem Sternenhimmel gleicht.

Es ist noch zu bemerken, dass das einzige Ultramikroskop, mit welchem die Struktur der Zellen, dünner Gewebeschnitte, Stärkekörner und auch der dünnen Schnitte der Gelkolloide, (Kollodium, Gelatine usw.) untersucht werden kann, das Ultramikroskop nach dem Prinzip der Abblendung nach SIEDENTOPF (mit dem Wechselkondensor oder dem neuen vereinfachten Modell) ist. Mit dem

Ultramikroskop nach dem Prinzip der totalen Reflexion sind diese Untersuchungen unmöglich. Den Unterschied in der wichtigen Präzision der Strahlenvereinigung im Focus sieht man z. B. sehr gut bei den Blutkörperchen. Bei der Anwendung des ersteren Ultramikroskopes (Abblendung) sieht man die Struktur genannter Objekte sehr gut, auch sind dieselben stark leuchtend, während bei der Anwendung des zweitgenannten Ultramikroskopes (totale Reflexion) dieselben ganz dunkel erscheinen.

Die bis jetzt ausgeführten ultramikroskopischen Untersuchungen¹⁾ zeigen, dass die Kolloide Teilchen enthalten, die sich in einem optisch leeren Medium befinden. Dass bei den Kolloiden eine ultramikroskopische Struktur vorhanden ist, hat K. VON NÄGELI schon in seiner Micellartheorie angenommen.²⁾ Es ist deshalb wohl berechtigt, wenn wir die von NÄGELI gewählte Bezeichnung Micelle auch für die ultramikroskopischen Teilchen anwenden.³⁾ Auch meine ultramikroskopischen Untersuchungen der Stärkekörner und der Zellmembranen bestätigen die theoretischen Schlüsse von NÄGELI.

Die Stärkekörner (Weizen und Kartoffel) bestehen ultramikroskopisch betrachtet aus konzentrischen oder exzentrischen Reihen der Micellen, zwischen denen sich optisch leere Reihen befinden. Der „Kern“ der Stärkekörner scheint meistens optisch leer oder amikroskopisch gebaut zu sein. Die Micellarreihen sind am besten an der Peripherie (Rinde) zu sehen.

Beim Quellen (warmes Wasser oder Lauge) der Stärkekörner, resp. bei der Bildung des Kleisters sieht man Folgendes: Die Teilchen gehen mehr und mehr auseinander und die excentrische oder konzentrische Anordnung der Micellarreihen verschwindet sehr schnell. Wenn bei den gequollenen Körnern mikroskopisch die Schichtung noch prachtvoll zu sehen ist, sieht man ultramikroskopisch nur eine ganz unregelmässige Anordnung der Micellarreihen. Beim weiteren Quellen verlieren die Stärkekörner ihre Gestalt, und so bildet sich ein amorphes Gel, d. h. Kleister, das aber auch Teilchen enthält. Beim Quellen werden die Micellarreihen immer besser sichtbar und immer leuchtender, weil die Abstände zwischen ihnen immer grösser werden. Aus diesem Grunde sind auch die Micellen in den Rissen

1) S. H. SIEDENTOPF, Ultramikroskopische Literatur, I. c.

2) NÄGELI, Die Stärkekörner 1858, S. 424, Botanische Mittheil. 1862, S. 217, S. 1. Theorie der Gährung, 1879, S. 121. Theorie der Abstammungslehre, 1884, S. 35. NÄGELI und SCHWENDERER, Das Mikroskop, 1877, S. 532. Vgl. auch PFEFFER, Osmotische Untersuchungen, 1877, S. 32.

3) COTTON und MOUTON, Les ultramicroscopes et les objets ultramicroscopiques, Paris, 1906, S. 123) wenden die Bezeichnung „Micellen“ für eine Art ultramikroskopischer Teilchen an, aber sie berücksichtigen die Theorie von NÄGELI nicht.

der getrockneten Stärkekörner sehr gut sichtbar. Im Kleister dagegen erscheinen die Micellen sehr schwach leuchtend.

Die Cellulose-Membranen (besonders gut die Ramie-Fasern und die leeren Zellen von *Oedogonium*), die Holz- und Korkmembranen (Fichte, Linde usw.) bestehen aus mehr oder weniger parallelen Reihen der Micellen, zwischen denen optisch leere Reihen sich befinden. In den Cellulose-Membranen sind die Micellen sehr schwach leuchtend und klein, dagegen in den Holz- und Korkmembranen sehr stark leuchtend und gross.

Meine Untersuchungen zeigen weiter, dass die Protoplasten vom ultramikroskopischen und vom kolloid-chemischen¹⁾ Standpunkt Folgendes darstellen.

1. Das lebende Protoplasma bzw. Cytoplasma (ohne Plasmahaut) ist ein Hydrosolenkomplex²⁾. Die Micellen in diesem Hydrosolenkomplex bewegen sich ebenso, wie in den Gold- und Silberhydrosolen (BROWN'sche Bewegung, d. h. Oscillation, Wackeln, Zusammenstossen, Auseinandergehen, Schwingungen bei der Vorwärtsbewegung usw.). Auch bei den starken Protoplasmaströmungen bleibt die Bewegung der Micellen der BROWN'schen vollkommen ähnlich. Wenn die Zahl der Micellen im Protoplasma gross ist und die Abstände zwischen ihnen klein sind, so ist die BROWN'sche Molekularbewegung wegen gegenseitigen Stossens der Micellen schwach, und der ganze Hydrosolenkomplex ähnelt einem Hydrogele. Ist dagegen die Zahl der Micellen des Protoplasmas klein, so ist die BROWN'sche Bewegung sehr stark. Die Zahl der Micellen des Protoplasmas hängt von der Ernährung der Zelle ab. Wenn z. B. eine Kultur von *Spirogyra* im Sonnenlicht steht, so ist die Zahl der Micellen sehr gross und die Bewegung kaum sichtbar. Steht dieselbe Kultur einen Tag im Schatten, so ist die schöne BROWN'sche und manchmal auch die Strömungsbewegung des Plasmas vorhanden. Dasselbe kann man auch bei den Oscillarien, Oedogonien, Vaucherien (wo die Bewegung am schwersten zu konstatieren ist) usw. beobachten. Die

1) Der Unterschied zwischen Hydrosole und Hydrogele, Reversibilität und Irreversibilität usw. vgl. R. ZSIGMONDY, Zur Erkenntnis der Kolloide, Jena, 1905, S. 10–76. W. PAULI, Wandlungen in der Pathologie durch die Fortschritte der allgemeinen Chemie, Wien, 1905.

2) Über den flüssigen Zustand des Protoplasmas vgl. G. BERTHOLD, Studien über Protoplasma-mechanik, 1886, S. 6, 64. W. PFEFFER, Zur Kenntnis der Plasmahaut und der Vacuolen, Abh. math.-phys. Kl. k. sächs. Ges. Wiss. Leipzig, XVI, 1890, S. 253–255. FR. SCHWARTZ, Die morphologische und chemische Zusammensetzung des Protoplasmas, Beitr. zur Biol. der Pflanzen, V. 1892, S. 130. ARTHUR MEYER, Untersuchungen über die Stärkekörner, 1895, S. 308. Notiz über eine die supra-maximalen Tötungszeiten betreffende Gesetzmässigkeit. Diese Berichte, 24, 1906, S. 340. O. BÜTSCHLI, Untersuchungen über mikroskopische Schäume und das Protoplasma, 1892, S. 75. M. VERWORN, Allgemeine Physiologie, 4. Aufl., S. 100 usw.

schnellste und stärkste Bewegung der Micellen findet in den Plasmodien der Myxomyceten statt. Die Micellen der Protoplasma-Hydrosolen sind vorwiegend die Proteïnmicellen, wie dies mikrochemische Reaktionen zeigen.¹⁾

2. Das Protoplasma (Hydrosolenkomplex) ist gegen Zellhaut, Wasser usw. und gegen Zellsaft durch eine Hydrogelschicht (Plasmahaut) geschützt. Die Entstehung dieser Hydrogelschutzschicht ist folgendermassen zu erklären. Die im Medium, in dem Protoplasma sich befindet, sowie auch im Zellsaft vorhandenen Elektrolyte wirken auf die äussere Schicht des Plasmas, die mit denselben in Berührung kommt. Deswegen koagulieren die Micellen dieser Aussenschicht zusammen, und auf diese Weise entsteht eine festere Schicht, welche das innere Plasma vor schädlichen Wirkungen der Elektrolyten schützt. Die Funktionen dieser Schicht sind höchst wichtig und von PFEFFER²⁾ ausgezeichnet untersucht. Auch schützt diese Schicht den irreversiblen Teil der Protoplasma-Hydrosolen vor der Koagulation und den reversiblen Teil vor weiterer Lösung im Wasser. Der Unterschied dieser beiden Teile des Protoplasmas ist sehr gut in den Quetschpräparaten zu beobachten. Beim Zerdrücken der Zellen sieht man, dass einige Klümpchen in einzelne Micellen zerfallen und dabei die letzteren sehr rasch und typisch in verschiedenen Richtungen mit starker BROWN'scher Bewegung auseinandergehen. Beim Zusammenstossen gehen diese Micellen wieder auseinander (reversibler Teil). Die anderen Micellen vereinigen sich dagegen bei Zusammenstossen, d. h. koagulieren (irreversibler Teil). Die Plasmahaut wird wahrscheinlich aus diesem irreversiblen Teile (Plastin) gebildet. Für das Vorhandensein dieser zwei Teile spricht auch die mikroskopisch längst bekannte Tatsache³⁾, dass das tote Plasma aus einem mehr festerem peripherischen Teil und einem wenig festerem inneren besteht. Bei der Vernichtung der Membran⁴⁾ des toten Plasmas bildet sein innerer Teil wieder ein Hydrosol.

Es ist auch leicht zu erklären, warum bei der Aufnahme und Ausgabe ungelöster Körper und bei der mit diesem Prozess verbundenen Verwundung die Plasmahaut⁴⁾ so leicht geheilt wird: die

1) Vgl. GAIDUKOV, Verh. der Deutsch. zool. Ges. l. c., S. 255.

2) Osmotische Untersuchungen, S. 121, 123, 137 usw., Abh. phys.-math. Kl. sächs. Ges. Leipzig, l. c., S. 186, 244–251 usw., Pflanzenphysiologie, I, 1897, S. 91. Vgl. auch NÄGELI, Pflanzenphysiologische Untersuchungen, 1855, I, S. 9 u. 10, Mikroskop, S. 552, HOFMEISTER, Pflanzenzelle, 1867, § 4 und 8 und SCHWARZ, l. c. S. 165–167.

3) Vgl. PFEFFER, Osmot. Unters. S. 137.

4) Vgl. PFEFFER, Über Aufnahme und Ausgabe ungelöster Körper, Abh. phys.-math. Kl. k. sächs. Ges. Leipzig, 16. Bd., 1890, S. 149, 162 usw., Osmot. Unters. S. 160, HOFMEISTER, Pflanzenzelle, S. 77.

mit diesen festen Körpern eindringenden Elektrolyten wirken auf die zunächst liegenden Micellen der Protoplasmahydrosol. Diese Micellen koagulieren, vereinigen sich mit der zerrissenen Geleschicht und bedecken auf diese Weise die offene Wunde.

Der mikroskopische Unterschied zwischen Hyalo- und Körnerplasma¹⁾ ist ultramikroskopisch nicht zu sehen. Das ganze innere Plasma erscheint als ein Hydrosol. Die Plasmahaut ist dagegen sehr dünn und amikroskopisch gebaut.

3. Beim Absterben des Protoplasmas entsteht ein Hydrogelenkomplex, der aus einem irreversiblen und einem reversiblen Teile besteht (s. oben). Im allgemeinen kann man in den Zellen von Blumenstaubhaaren der *Tradescantia* folgende Änderungen des Plasmas beobachten:

I. Junge zellsaftarme Zellen; die Micellen mit schöner BROWN'scher Bewegung.

II. Ältere grosse zellsaftreiche Zellen mit Protoplasmaströmungen. Ungeachtet der letzteren kann man auch die BROWN'sche Bewegung gut beobachten.

III. Absterbende Zellen mit mehr oder weniger geschrumpftem Protoplasma und ausgelaufenem Zellsaft. Bei den Micellen bleibt noch ziemlich starke BROWN'sche Bewegung.

IV. Tote Zellen. Der Hydrosolenkomplex wandelt sich in einen Hydrogelenkomplex um: das Protoplasma schrumpft zusammen und die Micellen sind unbeweglich.

4. Der Zellkern besteht aus einem Komplex wasserarmer Hydrosolen. Die Chromatophoren ähneln mehr den Hydrogelenkomplexen. Die Mikrosomen bestehen aus mehreren Micellen und sind den „Micellarverbänden“ von NÄGELI vergleichbar.

In der letzten Zeit wurden viele Analogien zwischen der toten und der lebenden Natur gefunden.²⁾ In der Kolloidchemie und in der Kristallographie sind mehrere biologische Ausdrücke eingeführt, wie Keimung, Schutz,³⁾ Lähmung, Erholung,⁴⁾ Regeneration, Kopulation, Selbstteilung, Vergiftung, Kreuzung usw.⁵⁾ Man kann sagen, dass der Tod des Protoplasmas viel Ähnlichkeit

1) Vgl. PFEFFER, Abh. k. sächs. Ges. Wiss. 1 c., S. 190.

2) Vgl. z. B. G. BREDIG, Anorganische Fermente, Leipzig 1901, S. 38, 67 usw., PAULI, l. c. F. CZAPEK, Biochemie der Pflanzen, I, 1905, S. 18, 45–82.

3) Vgl. ZSIGMONDY, l. c. S. 115, 128 usw.

4) Vgl. BREDIG, l. c. s. S. 54, 70, 71 usw.

5) Vgl. O. LEHMANN, Fließende Kristalle und Organismen, Arch. für Entwicklungsmechan. 21. Bd., 3. H., 1906.

hat mit der Umwandlung eines Hydrosol in ein Hydrogel („Tod des Hydrosol“). In beiden Fällen hört die Bewegung der Teilchen auf, und eine Koagulation findet statt. Es war schon längst gesagt,¹⁾ dass „die durch Platin bewerkstelligte Zerlegung des Wasserstoffsperoxyds das Urbild aller Gärungen ist“. Mit demselben Recht kann man sagen, dass die Funktion des Schutzkolloides Urbild der Funktion der Plasmahaut ist. In beiden Fällen wird die Hydrosol vor dem schädlichen Einfluss der Elektrolyte geschützt. Ebenso ist diese Funktion das Urbild der Schutzschicht der Bakterien vor der Agglutination.

Alles Mitgeteilte beabsichtige ich in einem grösseren Werke ausführlich zu besprechen.

Die Bewegungssubstanz der Oscillarien und Diatomeen ist sogar ultramikroskopisch sehr schwer zu sehen. Nur einmal ist es mir gelungen, dieselbe bei den Oscillarien deutlich zu sehen. Ein dünner Faden von *O. tenuis* bewegte sich auf einem dicken Faden von *O. limosa*; dabei sah man, dass das Ende der Substanz, mit welcher der erste Faden an den letzten geklebt war, viel weiter lag als das Ende des hin- und herbewegten Fadens, und eine Spirale darstellte. Auf einer *Navicula* befand sich auf der Bewegungssubstanz ein Teilchen; bewegte sich *Navicula* nach NW., so bewegte sich das Teilchen nach SO., zuerst auf dem Körper der *Navicula*, dann eine Weile im Wasser, bis ungefähr eine Entfernung von $1\frac{1}{2}$ Längen des Körpers der *Navicula*, wo es still stand. Als *Navicula* sich wieder auf $1\frac{1}{2}$ Längen seines Körpers dem Teilchen näherte, fing das letztere wieder an, sich nach NW. zu bewegen. Aus dem Gesagten folgt nun, dass die Bewegungssubstanz fähig ist, sich zu verlängern und zu verkürzen und vielleicht einem Muskel ähnelt.

91. A. Nestler: Die Rinnenbildung auf der Aussenepidermis der Paprikafrucht.

Mit Tafel XXIV.

Eingegangen am 23. Dezember 1906.

Manche Paprikafrüchte lassen eine eigentümliche Eigenschaft erkennen, wie sie meines Wissens bei keiner anderen Frucht, überhaupt bei keinem anderen Pflanzenorgan vorkommt: auf der Aussen-

1) SCHÖNBEIN, Journ. prakt. Chem. 89, 315, cit. nach BREDIG, l. c. S. 44.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1906

Band/Volume: [24](#)

Autor(en)/Author(s): Gaidukov Nikolay

Artikel/Article: [Ultramikroskopische Untersuchungen der Stärkekörner, Zellmembranen und Protoplasten. 581-590](#)