

in der Geschichte der Protozoologie darstellt und als solcher allseitig anerkannt wird.

Nur einem Manne von der Gründlichkeit, der Unparteilichkeit, dem wissenschaftlichen Takte und der Genialität Bütschlis war es möglich, dieses in gewissem Sinne einzigartige Werk zu schaffen.

Sein besonderer Wert besteht darin, daß es Bütschli gelungen ist, die große Fülle der in über zwei Jahrhunderten gewonnenen, oft weit zerstreuten Resultate auf dem Gebiet der Protozoenkunde, ja selbst die kleinsten und für sich allein kaum verwertbaren Teilergebnisse durch liebevolles Versenken in die Gedankengänge, kritische Sichtung, fast auf jeder Seite bemerkbare Ergänzung des Vorhandenen durch eigene Forschung und geistvolle Schlußfolgerungen zu einem Gesamtbild zu vereinigen und so der Wissenschaft nutzbar zu machen. Ja, noch weitergehend, faßt Bütschli nicht nur die schon vorhandenen und von ihm in großer Zahl neu hinzugefügten Ergebnisse zusammen, sondern er wirft auch neue, zum Teil grundlegende Probleme und Fragestellungen auf und weist so der Wissenschaft die Wege zu weiterem Fortschritt. Für alle seitdem erschienenen größeren Protozoenwerke wurde es zur Grundlage, auf der weitergebaut werden konnte.

So kann Bütschli wohl mit Recht als der Vater der neueren Protozoenforschung bezeichnet werden und in gewissem Sinne als der Lehrer all der zahlreichen Forscher, welche sich in den letzten vier Jahrzehnten auf diesem Gebiete betätigt haben. Schaudinn z. B. nennt ihn in einem Briefe

„den hervorragendsten seiner Lehrer“ und Calkins schreibt bei Übersendung seines Buches „The Protozoa“: „I want to thank you personally for the invaluable assistance which your own magnificent work was to me, in preparing mine.“

Am meisten aber verdanken ihm die zahlreichen Schüler aus allen Teilen der Erde, welche nicht nur in seinen Werken Belehrung und Anregung zu eigenen Arbeiten gefunden haben, sondern welchen das unschätzbare Glück vergönnt war, in seinem Laboratorium in Heidelberg, auf seine Anregung hin, unter seiner regen Förderung, ja oft weitgehenden tätigen Anteilnahme arbeiten zu dürfen.

Jedoch nicht nur die reiche wissenschaftliche Förderung sichern Bütschli die dankbare Verehrung seiner Schüler bis über das Grab hinaus; der ganze unvergeßliche Eindruck seiner überragenden und dabei doch so schlichten Persönlichkeit wird in der Erinnerung aller derer fortleben, die ihm persönlich nahetreten durften.

#### Wichtige Literatur.

- Balbani, G. Recherches sur les phénomènes sexuelles des Infusoires. Journ. d. l. Physiologie. T. IV, 1861.  
Claparède, E. u. Lachmann, J. Etudes sur les Infusoires et les Rhizopodes. Mém. de l'Institut Genevoise, T. 5—7. 1858—61.  
Maupas, E. Le rajeunissement karyogamique chez les Ciliés. Arch. de Zool. expér. et générale, S. II., Bd. VII, 1889.  
Stein, F. Die Infusionstiere, auf ihre Entwicklungsgeschichte untersucht. Leipzig. W. Engelmann. 1854.  
Stein, F. Der Organismus der Infusionstiere. 1. Abt. Leipzig. W. Engelmann. 1859.  
Die oben erwähnten Arbeiten Bütschlis s. Bibliographie: 1871<sup>1</sup>, 1873<sup>3</sup>, 1875<sup>2</sup>, 1875<sup>3</sup>, 1876<sup>4</sup>, 1880—89.

## Über Bütschlis Erklärung der karyokinetischen Figur.

Von Josef Spek, Heidelberg.

Die Astrosphären und die Spindel der mitotischen Zelle sind so auffällige Bildungen des lebenden Plasmas, daß man es versteht, daß so viele Forscher sich kausalanalytisch mit dem Problem ihrer Entstehung beschäftigt haben. Viele dieser Theorien der Astrosphärenbildung können wir heute als definitiv widerlegt bezeichnen, diejenige Theorie aber, welche heute auf Grund neuer Untersuchungen als die einzig mögliche gelten kann, ist im wesentlichen schon in den Gedanken enthalten, die Otto Bütschli noch vor fast 30 Jahren über diesen Gegenstand ausgesprochen hat. Dies, und weiterhin die Art und Weise, wie Bütschli seine Hypothese durch physikalische Beobachtungen stützte, verdient besonders gewürdigt zu werden, denn es charakterisiert beides Bütschli vortrefflich als den Strukturforscher einerseits und den Entwicklungsmechaniker andererseits. — Heute wissen wir es, daß die Astrosphären radiär ausstrahlende lokale Verdichtungen der Plasmakolloide sind, die man aus großen lebenden Zellen unter Umständen direkt

als festere Klümpchen herauspräparieren kann. Bütschli kam 1892 zu dem Resultat, daß das Centrosom Wasser aus dem umgebenden Plasma absorbiere und chemisch binde, so daß sein Volumen weniger zunehme, als das Volumen der dem Plasma entzogenen Flüssigkeit beträgt. Das Centrosom soll also der Mittelpunkt einer sich verdichtenden, sich zusammenziehenden, verkleinerten Plasmapartie werden. Wie die Verdichtung des Plasmas im einzelnen entsteht, wissen wir auch heute nicht, die Rolle der Centrosomen bleibt problematisch. Daß wir aber auch schon, wenn wir allein die Verdichtung und die damit verbundene Volumenkontraktion des Plasmas<sup>1)</sup> als Faktum ansehen, zu wichtigen Folgerungen kommen müssen, konnte Bütschli in der elegantesten Weise zeigen. Der sich verkleinernde Verdich-

<sup>1)</sup> Wie später gezeigt werden konnte, muß eine solche lokale Verdichtung der Kolloide auch ohne eine Bindung des Wassers, durch das Centrosom zu einer nicht nur relativen, sondern absoluten Volumkontraktion der Kolloide führen.

tungshof muß auf das umgebende Plasma einen Zug ausüben; sind nun die Teilchen des Plasmas nicht ungehindert verschiebbar, d. h., können sie sich unter der Zugwirkung nicht sofort wieder so umordnen, wie das bei den Teilchen einer homogenen dünnflüssigen Masse der Fall wäre, so entsteht um die Verdichtungszone eine Strahlenfigur. Am leichtesten und klarsten läßt sich die Entstehung solcher Zugstrahlen theoretisch für ein schaumig-wabiges Substrat klarmachen, ja, man kann sagen, daß gerade diese Erklärung der Strahlenbildung später durch *Rhumbler* zu einem der hübschesten Kapitel der Wabenlehre wurde. — Die Grundlage der theoretischen Ableitungen bildeten für *Bütschli* rein physikalische Beobachtungen an toten kolloiden Medien: auch in dicker, erstarrender Gelatine konnte er künstlich um sich verkleinernde Zentren (z. B. sich

zusammenziehende Luftbläschen) die schönsten Strahlungen und zwischen zwei nahe beieinanderliegenden Zentren vollständige „karyokinetische Figuren“ entstehen lassen, deren Ähnlichkeit mit den Zellgebilden in allen Einzelheiten ganz verblüffend wirkt — und das alles einfach durch die physikalischen Faktoren, welche wir oben theoretisch erörterten. Weil sich nun aber gerade diese Faktoren auch alle auf die Verhältnisse in der lebenden Zelle übertragen lassen, müssen uns *Bütschli*s künstliche Astrosphären als eines der ersten Musterbeispiele eines „physikalischen Modells“ einer Lebenserscheinung erscheinen, eines Modells, das *selbsttätig* durch rein physikalische Kräfte den lebenden Zellgebilden Analoges entstehen läßt. Solche Modelle sehen wir heute als die wichtigsten Bausteine der jungen Wissenschaft der „synthetischen Biologie“ an.

### Otto Bütschli als Kolloidchemiker.

Von H. Freundlich, Berlin-Dahlem.

Es konnte einem aufmerksamen Beobachter der Lebensvorgänge nicht entgehen, daß bei diesen Gallerten, amorphe Flocken, trübe, zähe, schäumende Flüssigkeiten, kurzum Gebilde, wie sie in der Kolloidchemie erforscht werden, eine bedeutsame Rolle spielen, eine weit größere, als etwa gut gewachsene Kristalle oder klare, leichtflüssige, nicht schäumende Lösungen. Man mag in diesem Zusammenhang an eine Stelle in „Wahrheit und Dichtung“ denken: Bei seinen alchimistischen Versuchen bereitete *Goethe* aus den Mainkieseln Wasserglaslösungen und „die schönste mineralische Flüssigkeit, die mir einige Male zu meiner größeren Verwunderung in Form einer animalischen Gallerte erschienen war, ließ doch immer ein Pulver fallen, das ich für den feinsten Kieselstaub ansprechen mußte, der aber keineswegs irgend etwas Produktives in seiner Natur spüren ließ, woran man hätte hoffen können, die jungfräuliche Erde in den Mutterzustand übergehen zu sehen.“ Als dann *Graham* den Begriff der Kolloide formte, war er sich durchaus darüber klar, wie wichtig sie für die Erklärung der Lebensvorgänge sein würden, ja die Überzeugung, daß die „kolloiden Stoffe“ bevorzugt in der Organismenwelt enthalten sind, verleitete ihn vielleicht mit dazu, so schroff von zwei Stoffgruppen zu sprechen, die „wie verschiedene Welten der Materie erscheinen“ — eine Unterscheidung, die sich bekanntlich nicht bewährt hat.

*Otto Bütschli* war wohl der erste Forscher, dem das Aussprechen einer solchen oberflächlichen Ähnlichkeit nicht genügte. Mit aller Klarheit sah er ein, daß das, was sich physikalisch-chemisch an den Lebensvorgängen erklären läßt, auch in dieser Weise aufgeklärt werden muß, ehe die Frage nach nicht physikalisch-chemischen Einflüssen berechtigt ist. Ihm, dem mineralogisch Geschulten, fiel

— wie es nur verständlich ist — die kolloide Beschaffenheit des Protoplasmas, der Membrane, überhaupt fast all der Elemente, die einen Organismus zusammensetzen, besonders auf; ihre Wichtigkeit für die Lebensvorgänge war für ihn so überzeugend, daß er die Arbeit einer langen Reihe seiner besten Mannesjahre ihrer Erforschung widmete. Er stieß von dem Standpunkt aus, von dem er als Biologe in die Kolloidchemie eindrang, sozusagen auf die unangreifbarste, am stärksten verschanzte Flanke der zu erobernden Festung: Denn die Systeme, mit denen er sich notwendig am eingehendsten befassen mußte, die Gele überhaupt, als Membrane, als Fasern, als Sphärokristalle, gehören heute noch zu den Gebilden, deren Eigenschaften und Verhalten vielfach nur ganz unvollkommen erklärt werden können trotz der ausgedehnten kolloidchemischen Arbeit der letzten beiden Jahrzehnte. Es ist deshalb nicht erstaunlich, daß es ihm nicht immer gelang, die endgültige Lösung der von ihm aufgeworfenen Fragen zu finden.

Die Mehrzahl von *Bütschli*s kolloidchemischen Arbeiten befaßt sich mit dem Bau der Gallerten oder Gele, und zwar bemühte er sich, unmittelbar durch mikroskopische Untersuchungen in ihr Wesen einzudringen. Er war sich dabei durchaus bewußt, daß die mikroskopischen Beobachtungen nicht leicht zu deuten sind, wenn die Strukturen, mit denen man es zu tun hat, von der Größenordnung der Wellenlänge des sichtbaren Lichtes nicht weit entfernt sind, und er suchte dieser Unsicherheit in verschiedener Weise zu begegnen: Er überzeugte sich einmal von dem Aussehen und Verhalten der mikroskopischen Bilder möglichst kleiner Tröpfchen und Luftbläschen. Dann änderte er die Bedingungen seiner Versuche in jeder denkbaren Richtung ab und dehnte sie über eine mög-