# Über die Natur der sogenannten Exkretkörner der Infusorien.

Von

Dr. **W. Schewiakoff,** Privatdocent an der Universität Heidelberg.

Mit Tafel III.

Unter den verschiedenen Einschlüssen, welche im Entoplasma der ciliaten Infusorien angetroffen werden, fallen einige, die in Gestalt von rundlichen Körnern oder Krystallen auftreten können, durch ihre starke Lichtbrechung ganz besonders auf. Diese Gebilde, welche von Bütschli<sup>1</sup> als Exkretkörner und von Maupas<sup>2</sup> als doppeltbrechende Körper (corpuscules biréfringents) bezeichnet wurden, erweisen sich im polarisirten Lichte doppelt brechend. In Folge der Doppeltbrechung, welche bereits von Maupas ermittelt wurde, sind sie von anderen Plasmaeinschlüssen leicht zu unterscheiden.

Bei schwachen Vergrößerungen erscheinen die Exkretkörner stark glänzend und undurchsichtig, so dass die Infusorien bei starker Anhäufung derselben auch undurchsichtig erscheinen. Betrachtet man sie bei starken Vergrößerungen im durchfallenden Lichte, so zeigen sie eine bräunlichgrüne oder graugrüne Färbung mit einem Stich ins Olivengrüne; im auffallenden Lichte dagegen erscheinen sie stark glänzend und scharf kontourirt. Die Gestalt und Größe dieser Gebilde ist sehr schwankend und wechselt nicht nur bei verschiedenen Formen, sondern auch bei Individuen ein und derselben Art. Die Exkretkörner sind meist mehr oder weniger kugelig oder ellipsoidal bis ganz unregelmäßig; zuweilen sind sie länglich, biskuit- bis hantelförmig und erinnern dann an die unter dem Namen »dumbbells « bekannten krystallähnlichen Gebilde. Öfters zeigen sie eine deutlich krystallinische Beschaffenheit

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> O. Bürschli, Klassen und Ordnungen des Thierreichs. Protozoa. Bd. I, p. 403—404 u. 278; Bd. II, p. 739 u. Bd. III, p. 4484—1488 u. 4851.

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> E. Maupas, Contribution à l'étude morphologique et anatomique des infusoires ciliés. Arch. d. zool. expér. et génér. 2. Sér. Vol. I. 1883. p. 616—621.

und bestehen aus von scharfen Kanten und Ebenen begrenzten Kryställchen, die selten einzeln, meist in Büscheln oder Gruppen sogen. Wachsthumsformen auftreten.

#### 1. Vorkommen der Exkretkörner bei Protozoen.

Die Exkretkörner, resp. Exkretkrystalle, kommen nicht nur bei ciliaten Infusorien vor, sondern wurden auch bei anderen Protozoenklassen beobachtet. Unter den Rhizopoden wurden sie bis jetzt bei verschiedenen Süßwasserformen, und zwar sowohl bei Amoebaea als auch bei Testacea von Auerbach 1, Carter 2, Ray Lankester 3, F. E. Schulze 4, Maupas 5, Anderen und mir 6 gefunden. Sie erscheinen gewöhnlich als unregelmäßig begrenzte Körnchen, welche entweder durch das ganze Körperplasma zerstreut oder auf gewisse Körperregionen (Testacea) beschränkt sind. Jedoch können sie auch in krystallinischer Gestalt auftreten; so fand Auerbach (l. c. p. 399 und 422, Taf. XX, Fig. 42 und 43) bei Cochliopodium bilimbosum (Amoeba actinophora) und F. E. Schulze (l. c. p. 340—344, Taf. XIX, Fig. 4—3) bei Cochl. pellucidum deutlich ausgebildete Krystalle, welche vermuthlich zum rhombischen System gehören und aus Pyramiden oder Kombinationen, in denen eine Pyramide vorherrscht, bestehen.

Bei den Heliozoen fanden Herrwig und Lesser im Ektoplasma von Heterophrys marina (p. 214) scharf kontourirte, rhombische Krystalle, welche als Exkretkörner anzusprechen wären. Sicher wurden sie dagegen von Maupas (l. c. p. 620) bei Actinosphaerium Eichhorni und Actinophrys sol in der Gestalt von kleinen Körnchen nachgewiesen.

Bei den Flagellaten fand Bütschli<sup>8</sup> die Exkretkörner in der Gesta<mark>lt</mark> von ellipsoidalen Gebilden entweder durch das ganze Entoplasma zer-

- <sup>1</sup> L. AUERBACH, Über die Einzelligkeit der Amöben. Diese Zeitschr. Bd. VII. 1855. p. 365-430. Taf. XIX-XXII.
- <sup>2</sup> H. Carter, On freshwater Rhizopoda of England and India. The annals and magaz. of natur. hist. 3 Ser. Vol. XIII. 4864. p. 48-39. Pl. I-II.
- <sup>3</sup> E. RAY LANKESTER, Lithamoeba discus. Quart. journal of microsc. science. N. S. Vol. XIX. 4879. p. 484—487. Pl. XXIII.
- 4 F. E. Schulze, Rhizopodenstudien. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XI. 4875. p. 94
  —139 u. p. 329—353. Taf. V—VII u. XVIII—XIX.
  - <sup>5</sup> E. Maupas, Contrib. etc. l. c. p. 620.
- <sup>6</sup> W. Schewiakoff, Über die karyokinetische Kerntheilung der Euglypha alveolata, Morphol. Jahrb. 4888. Bd. XIII. p. 497—498. Taf. VI.
- <sup>7</sup> R. Hertwig u. E. Lesser, Über Rhizopoden und denselben nahe stehende Organismen. Arch. f. mikr. Anat. Bd. X. Suppl. 4874. p. 4-243.
- 8 O. BÜTSCHLI, Beiträge zur Kenntnis der Flagellaten und einiger verwandten Organismen. Diese Zeitschr. Bd. XXX. 4878. p. 205—281. Taf. XI—XV.

streut oder angehäuft im hinteren Körpertheil, und zwar bei folgenden Formen: Peranema trichophorum (Astasia tr.), Anisonema acinus und Entosiphon sulcatum (Anisonema sulc.). Auch bei Chilomonas paramaecium fand Bütschu dieselben in der Schlundregion in der Gestalt von größeren, länglichen Körnchen, was später auch von Maupas bestätigt wurde. Es ist sehr wahrscheinlich, dass die Exkretkörner auch bei vielen anderen Flagellaten anzutreffen sind, eben so dass ihnen eine große Verbreitung bei den Protozoen überhaupt zukommt. Diese Vermuthung wurde besonders bezüglich der marinen Rhizopoden bereits von Bürschli (l. c. p. 404) aufgestellt. Immerhin fällt es schwer mit Bestimmtheit zu behaupten, dass die bei verschiedenen Formen beschriebenen Plasmaeinschlüsse mit den sog. Exkretkörnern identisch sind. Dies um so mehr, da die betreffenden Einschlüsse, bei äußerer Ähnlichkeit, chemisch vollkommen verschieden sein können. Ich halte es daher für gerathen, mich nur auf die oben erwähnten Formen zu beschränken, bei denen der Nachweis von Exkretkörnern (in Folge der chemischen Verhalten) als ziemlich sicher betrachtet werden kann.

Bedeutend besser sind die ciliaten Infusorien auf die Exkretkörner untersucht. Nach Maupas' (l. c. p. 648-649) Zusammenstellung sind dieselben bei folgenden Ciliaten sicher nachgewiesen worden: Lacrymaria coronata, L. olor, Lagynus elongatus, Lionotus fasciola, Frontonia leucas, Paramaecium aurelia, P. caudatum, P. putrinum, P. bursaria, Uronema marina, Conchophthirus (Tillina) magna, Halteria grandinella, Oxytricha pellionella, Stylonychia pustulata, St. histrio, Euplotes patella, E. charon, E. vannus, Styloplotes appendiculatus und Aspidisca lynceus. Etwas zweifelhaft ist das Vorkommen der Exkretkörner bei Actinolobus radians, Prorodon farctus und Dileptus anser. Die runden in einer Vacuole eingeschlossenen Körper, die man bei Actinotricha saltans, Amphisia oculata, Onychodromus grandis und Stylonychia mytilus theils im Ektoplasma zerstreut, theils im vorderen und hinteren Körperende angehäuft findet, sowie die bekannten stark lichtbrechenden und von einer Vacuole umschlossenen Körner resp. Kronkretionen des Loxodes rostrum und die gleichfalls in einer Vacuole im vorderen Körperende gelegenen krystallähnlichen Konkretionen der Bütschlia par va und B. neglecta 1 lassen dagegen vermuthen, dass die Körner oder Konkretionen als Exkretkörner zu deuten sind. Besonders

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> A. Schuberg, Die Protozoen des Wiederkäuermagens. I. Zool. Jahrb. Abth. für System. Bd. III. p. 372—374.

wahrscheinlich ist es bezüglich der Einschlüsse von Loxodes rostrum, deren Farbe und chemisches Verhalten an die der wahren Exkretkörner erinnert — ein Umstand, auf den bereits Wrzesniowski und Bütschli (Protozoa, p. 1487) hingewiesen haben. Auch die Lage der Konkretionen bei Loxodes, sowie bei den anderen eben erwähnten Formen in einer besonderen Vacuole scheint mehr für als gegen ihre Identität mit den Exkretkörnern zu sprechen, da die typischen von mir bei Paramaecium untersuchten Exkretkörner gleichfalls öfters in Vacuolen anzutreffen sind, in welchen sie, wie wir weiter sehen werden, auch gebildet werden. Wie gesagt, fällt es schwer, über die Natur der letzterwähnten Gebilde etwas Bestimmtes zu sagen, da bei den Ciliaten auch Einschlüsse ganz anderer Natur angetroffen werden. Dazu kommt noch, dass die Exkretkörner bei den Infusorien durchaus nicht allgemein verbreitet sind, ja für einige Formen, wie z. B. Glaucoma, Colpidium, Cyclidium, Stentor, Vorticellen und andere mehr, ist es sogar mit Sicherheit erwiesen worden, dass sie der Exkretkörner entbehren.

Bei den Suctorien sind die Exkretkörner bis jetzt noch nicht sicher nachgewiesen worden, sie werden aber, wie Bütschli (Protozoa, l. с. р. 1851) mit Recht vermuthet, wohl auch bei diesen Protozoen vorkommen. So fand Stein¹ bei Tokophrya Steinii (р. 149; Taf. II, Fig. 2 u. 3 e) und bei Tok. Lichtensteini (р. 227, Taf. V, Fig. 32 f) im hinteren Körperende, dicht über dem Stiel »einen quer rechteckigen Haufen« von dunklen, stark lichtbrechenden Körnchen, die er als Fett deutete. Bei der letzteren Art fand auch Wrzesniowski² im Entoplasma dunkle, glänzende Körnchen, die nicht selten in besondere Vacuolen eingebettet sind, welche dann meist im hinteren Körperende sich anhäufen. Ähnliche Gebilde fand Keppen³ bei Acineta pappilifera und deutete sie als unverdaute Nahrungsreste. Es ist höchst wahrscheinlich, dass sich diese Gebilde bei einer genaueren Untersuchung als Exkretkörner erweisen werden — eine Vermuthung, die bereits von Bütschli geäußert wurde.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> F. Stein, Die Infusionsthiere auf ihre Entwicklungsgeschichte untersucht. Leipzig 4854.

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> A. Wrzesniowski, Beiträge zur Naturgesch. der Infusorien. Diese Zeitschr. Bd. XXIX. 4879. p. 269.

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> N. Keppen, Beobachtungen über die Infusoria tentaculifera. Mémoir. de la soc. d. natur. de la nouvelle Russie. (Russisch.) Tom. XIII. 4880. p. 24—25. Taf. I, Fig. 6.

#### 2. Chemische Natur der Exkretkörner.

### a) Historisches.

Obgleich das Vorkommen der Exkretkörner bei den Protozoen ziemlich lange bekannt war, blieb ihre chemische Zusammensetzung doch unaufgeklärt. Dies rührt hauptsächlich daher, dass die meisten Forscher sich damit begnügten, bloß das Vorhandensein von stark lichtbrechenden Plasmaeinschlüssen zu erwähnen, ohne auf die Natur derselben näher einzugehen, wodurch öfters die heterogensten Gebilde zusammengeworfen wurden. Nur Einzelne haben es versucht, auf Grund der angestellten Reaktionen die chemische Natur der Exkretkörner zu deuten, wobei sie sich meist auf Vermuthungen beschränkten.

So nannte Auerbach (l. c. p. 393) die in den Amöben (resp. Süßwasserrhizopoden) häufig anzutreffenden stark lichtbrechenden Körnchen, die in Gestalt und Größe sehr wechseln können, »fettähnliche« Gebilde. Bezüglich der bei Cochliopodium bilimbosum gelegentlich auftretenden Krystalle, die Auerbach für aus den fettähnlichen Körperchen hervorgegangen erklärt (p. 399), stellte er fest, dass sie eben so wie die fettähnlichen Körnchen selbst, in Alkalien sowie in Essigsäure und Schwefelsäure löslich sind. Daraus schloss er, dass diese Gebilde kein Fett seien, wohl aber aus einer organischen Substanz beständen, und verglich sie in Folge der Lichtbrechungsverhältnisse mit den »Dottertafeln« (p. 423) der Amphibieneier.

Einige Jahre darauf deutete Stein i die scharf kontourirten kleinen Körner vieler Hypotrichen und speciell der Oxytrichen (resp. Psilotrichina Bütschli), sowie die in Vacuolen eingeschlossenen Konkretionen des Loxodes, in Folge ihrer starken Lichtbrechung, als Fettkörner. Auch die ähnlich aussehenden Plasmaeinschlüsse vieler Peritricha wurden für Fettkörner erklärt, obgleich letztere zweifellos ganz anderer Natur als die ersteren sind. Dieser Deutung schlossen sich später auch andere Forscher an, indem sie analoge Gebilde gleichfalls als Fettkörner beanspruchten. Nur die krystallinischen Plasmaeinschlüsse, welche bei Paramaecium aurelia stets anzutreffen sind und bei Euplotes charon und manchen anderen Infusorien vorkommen, glaubte Stein für "eine Art Harnkörperchen « erklären zu dürfen. Dies um so mehr, als Stein bei Paramaecium bursaria beobachtet haben will, dass diese Körper mit den Exkrementen durch den Apus ausgestoßen werden.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> F. Stein, Der Organismus der Infusionsthiere. I. Abth. Leipzig 4859. p. 67 bis 68.

Wrzesniowski verglich die in den Vacuolen eingeschlossenen Konkretionen von Loxodes mit den eben erwähnten Plasmaeinschlüssen von Paramaecium und meinte, dass sie in Folge der morphologischen Eigenschaften (dunkle, scharf kontourirte und stark lichtbrechende Körnchen), sowie ihrem chemischen Verhalten nach (löslich in Säuren ohne Gasentwicklung) nicht als Fett zu beanspruchen, sondern eher als dem Harn entsprechende Ausscheidungsprodukte zu deuten wären. In dieser Vermuthung wurde Wrzesniowski noch dadurch bestärkt, dass die betreffenden Körner durch Gestalt, Glanz, Farbe und chemisches Verhalten gegen Säuren, den Harnkonkrementen, welche in dem Epithelium des hinteren Theiles des Magens bei Cyclopsine und Cyclops sich anhäufen und durch den After entleert werden, ganz ähnlich seien.

BÜTSCHLI<sup>2</sup>, der diese Körner bei verschiedenen Protozoen beobachtete, sprach sich mit Rücksicht auf ihr Verhalten gegen Reagentien (unlöslich in Alkohol und Äther und löslich in Mineralsäuren) gegen ihre Fettnatur aus. Er erklärte sie für Endprodukte des Stoffwechsels und bezeichnete sie treffend als Exkretkörner. Ihre chemische Natur untersuchte er nicht näher, glaubte aber in ihnen, in Folge der krystallinischen Beschaffenheit, welche sie bei einigen Infusorien aufweisen, oxalsauren Kalk vermuthen zu dürfen.

Entz<sup>3</sup> fand die Exkretkörnchen (Zersetzungskörnchen nach ihm) bei den in Konjugation begriffenen Lionotus fasciola vor; dabei bemerkte er, dass diese Gebilde auch außerhalb der Konjugation am vorderen und hinteren Körperende stets anzutreffen sind. Er deutete sie als den Harnkonkrementen entsprechende Zersetzungsprodukte, welche wahrscheinlich aus harnsaurem Natron beständen, da sie mit den in den Malpighi'schen Gefäßen der Insekten enthaltenen Harnkonkrementen übereinzustimmen schienen.

Balbiani<sup>4</sup> beobachtete starke Anhäufungen von Exkretkörnern im Protoplasma von konjugirten Stylonychia mytilus und deutete sie als Verbrennungsprodukte der Körpersubstanz. Seiner Ansicht nach soll die Verbrennung während der Konjugation, in Folge der energischeren Athmung und des Fehlens der Nahrungsaufnahme, schneller

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> A. Wrzesniowski, Beobachtungen über Infusorien aus der Umgebung von Warschau. Diese Zeitschr. Bd. XX. 4870. p. 493—494.

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> O. Bütschli, Beiträge etc. l. c. p. 251 und Protozoa, l. c. p. 103-104.

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> G. Entz, Über einige Infusorien des Salzteiches zu Szamosfalva. Termeszetrajzi Füzetek. Vol. III. 4879. p. 40—44.

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> E. G. Balbiani, Les Protozoaires. Leçons faites au Collége de France. Journ. de micrographie: T. VI. 1882. p. 157.

vor sich gehen, wodurch auch die reichere Ansammlung der Körnchen bedingt wird. Bezüglich der chemischen Natur der Exkretkörner kam Balbiani, wie er selbst sagt, zu keinem endgültigen Resultate. Er stellte nur fest, dass sie von den kleineren Körnchen, welche von Osmiumsäure gebräunt werden und daher fettiger Natur sind, zu unterscheiden wären und erklärte sie, wegen ihrer Löslichkeit in Alkalien, für Eiweißstoffe.

Am eingehendsten wurden die Exkretkörner von Maupas 1 untersucht. Er wies zuerst ihre Doppelbrechung nach und stellte ihr Verhalten gegen verschiedene Reagentien fest. Auf Grund ihrer physikalischen und chemischen Eigenschaften glaubte Maupas den Schluss ziehen zu dürfen, dass die Exkretkörner als harnsaures Natron anzusprechen wären. Als weiteren Beleg führte Maupas an, dass die Krystallaggregate, in welchen die Exkretkörner bei einigen Infusorien auftreten, den von Robin und Verdeil (Traité de chimie anatomique. Atlas) abgebildeten Krystallformen des harnsauren Natrons nicht unähnlich sind.

Endlich will Rhumbler 2 durch chemische Reaktionen (Murexidreaktion) bestimmt nachgewiesen haben, dass die Exkretkörner (Einschlüsse der Assimilationsprodukte nach ihm) aus Harnsäure bestehen. Als Untersuchungsobjekt diente ihm Stylonychia mytilus, und verfuhr er dabei folgendermaßen: Zu einem Wassertropfen mit großen Stylonychien wurde auf dem Objektträger Salpetersäure zugesetzt und der Objektträger so lange erhitzt, bis alle Salpetersäure verdampft war. Nach dieser Manipulation erschienen die Exkretkörner gelbroth und färbten sich bei Zusatz von Kalilauge oder Ammoniak blau bezw. roth. Diese Versuche halte ich mit Bütschli (l.c. p. 4485) für ganz unzutreffend und durchaus nicht beweisend; denn erstens sind die Exkretkörner nach den Beobachtungen sämmtlicher früherer Forscher wie auch nach den meinigen in Salpetersäure (selbst 1% jeer), sowie in Alkalien löslich, und zweitens ist die von Rhumbler ausgeführte Reaktion durchaus keine Murexidprobe und beweist demnach nicht das Vorhandensein der Harnsäure bezw. ihrer Salze. Bekanntlich besteht ja die Murexidreaktion darin, dass die in Wasser unlösliche (im üblichen Sinne) Harnsäure (bezw. schwer löslichen harnsauren Salze) bei der Behandlung mit Salpetersäure

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> E. Maupas, Contrib. etc. l. c. p. 616—621. Taf. XX, Fig. 48—21 und Sur Coleps hirtus. Archiv. de zool. expér. et génér. 2 Sér. Vol. III. p. 352. Taf. XVII, Fig. 44.

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> L. RHUMBLER, Die verschiedenen Cystenbildungen und die Entwicklungsgeschichte der holotrichen Infusoriengattung Colpoda. Diese Zeitschr. Bd. XLVI. p. 559-560.

gelöst und beim Verdampfen in Purpursäure übergeführt wird, welche als Rückstand zurückbleibt — und mit Ammoniak oder Kalilauge die entsprechenden schön farbigen Salze — rothes Ammoniumpurpurat oder Murexid und blaues Kaliumpurpurat liefert. Unbegreiflich ist es mir daher, auf welche Weise die charakteristische Färbung an den bei der Behandlung mit Salpetersäure ungelöst (?) gebliebenen Exkretkörnern auftreten konnte.

Aus unserer historischen Übersicht ist somit zu ersehen, dass die chemische Zusammensetzung der Exkretkörner bis jetzt noch nicht mit Sicherheit ermittelt wurde, sondern dass bezüglich der Natur derselben bloß Vermuthungen ausgesprochen wurden. Eines nur schien zweifellos zu sein, dass wir es hier mit einem Endprodukt des Stoffwechsels zu thun haben. Ein genaueres Studium der Exkretkörner erschien daher sehr erwünscht, da die Feststellung ihrer Natur uns einen Einblick in den Stoffwechsel der Protozoen verschaffen konnte. Auf diese muthmaßliche Bedeutung der Exkretkörner ist schon vor circa 20 Jahren von Bütschli<sup>1</sup> hingewiesen worden.

## b) Eigene Untersuchungen.

Zu Demonstrationszwecken hatte ich in diesem Sommer mehrere Kulturen von Paramaecium caudatum angelegt. Die Infusorien wurden in Heudekokt mit Fleisch gezüchtet, vermehrten sich lebhaft, und sahen sehr wohlgenährt aus. Eine Betrachtung derselben ergab, dass sie von relativ großen und schönen Exkretkörnern resp. Exkretkrystallen stark erfüllt waren, so dass mir das Material sehr geeignet erschien, um an ihm die Ermittelung der chemischen Natur der Exkretkörner zu versuchen.

Die Exkretkörner lagen entweder durch das ganze Entoplasma mehr oder weniger gleichmäßig zerstreut, oder zeigten bei einigen Individuen die Tendenz sich im vorderen und hinteren Körperende anzuhäufen. Bei in Konjugation begriffenen Exemplaren lagen sie meist in der mittleren Körperregion um den Makronucleus herum. Bei den meisten Individuen fanden sie sich nicht frei im Entoplasma, sondern in Vacuolen, welche gleich den Nahrungsvacuolen durch die Plasmacirkulation im Körper beständig herumgeführt wurden.

Gestalt und Größe. Die Gestalt der Exkretkörper ist sehr wechselnd, wie man aus beigegebenen Figuren (Fig. 3—6) ersehen kann. Die meisten besitzen krystallinische Beschaffenheit; einige von ihnen erscheinen als sogenannte Wachsthumsformen (Fig. 3 a), an-

<sup>1</sup> O. Bütschli, Beiträge etc. l. c. p. 254.

denen man einzelne schief abgestutzte Prismen mit Deutlichkeit wahrnehmen kann. Andere zeigen eine büschelförmige (b) oder garbenförmige (c) Gestalt und sind aus einzelnen dünnen Nadeln zusammengesetzt, oder sie erscheinen als Drusen (d), die gleichfalls aus Bündeln von kleinen Nadeln bestehen, welche in der Mitte zusammenstoßend nach allen Richtungen des Raumes ausstrahlen. Seltener traf ich einzelne oder kreuzförmig angeordnete Nadeln (e), die dann gewöhnlich recht klein waren. Manche Krystallaggregate zeigten abgerundete Ecken und waren theilweise von krummen Flächen begrenzt (f); diese Formen führten allmählich zu den biskuitförmigen oder hantelförmigen (q) Gebilden über, welche gleichfalls aus kleinen innig verbundenen Krystallnädelchen zusammengesetzt sind. Auch waren ziemlich regelmäßige cylindrische Gebilde (h) mit abgerundeten Enden anzutreffen. Außerdem fanden sich noch kugelige oder ellipsoidale (i) bis ganz unregelmäßig begrenzte Körnchen (k) vor, von denen die letzteren von geraden sowie krummen Flächen begrenzt waren. Die Körner finden sich entweder einzeln vor (i, k), oder sind zu größeren Konkretionen (e) vereinigt. Betrachtet man solche runde oder unregelmäßig begrenzte Körner bei stärkeren Vergrößerungen (Apochr. hom. Imm. 2 mm, Oc. 42), so erscheinen sie nicht homogen, sondern zeigen eine streifige Zeichnung (Fig. 4 u. 5), wobei die Streifen entweder parallel zu einander verlaufen oder strahlig um den Mittelpunkt des Körnchens angeordnet sind. Demnach bestehen die Körner aus einzelnen Krystallen resp. Nadeln.

Eben so wie die Gestalt schwankt auch die Größe der Exkretkörner, und zwar nicht nur bei verschiedenen Individuen, sondern bei ein und demselben. So betrug die Länge der Krystallaggregate 0,003 bis 0,014 mm, wogegen die Körnchen 0,0018—0,003 mm im Durchmesser hatten.

Farbe und optisches Verhalten. Die Farbe und das optische Verhalten der Exkretkörner resp. Krystalle ist bereits am Anfang der Arbeit erwähnt worden. Im durchfallenden Lichte erscheinen sie graugrün bis bräunlichgrün mit einem Stich ins Olivengrüne, im auffallenden Lichte — opak und stark glänzend. Sie sind sehr stark lichtbrechend, stärker als Dammarlack oder Kanadabalsam, so dass ihr Brechungsindex mehr als 4,528—4,54 betragen muss, also etwa dem des Quarzes (4,54—4,55) gleichkommen kann. Im polarisirten Lichte erweisen sie sich deutlich doppeltbrechend, worauf schon Maupas hingewiesen hat. Gegen Druck verhalten sich die Exkretkörner verschieden. Bei vorsichtig ausgeübtem Drucke zerbröckeln die büschel- oder garbenförmig gebauten (Fig. 3 b—d) in einzelne kleine Körperchen oder

Kryställchen, die ihre Doppelbrechung beibehalten — aus welchem Grunde wahrscheinlich Stein¹ sie als spröde bezeichnete. Etwas anders verhalten sich die großen Krystallaggregate (Fig. 3 a u. f), sowie die biskuitförmigen Gebilde (Fig. 3 g) und die kleinen Exkretkörnchen (Fig. 3 i). Dieselben lassen sich nämlich bei stark ausgeübtem Drucke ganz platt quetschen; es entstehen dabei Risse, und nur die äußersten Enden der Krystallaggregate zerfallen in kleine krystallähnliche Bröckel, wogegen die große Masse ganz breit gedrückt wird. Jedoch auch bei solchen plattgedrückten Exkretkörpern ist bei starken Vergrößerungen eine Streifung nicht zu verkennen, was darauf hinzudeuten scheint, dass die Exkretkörner aus kleinen Körperchen bezw. Kryställchen bestehen. Dieses Verhalten gegen Druck ist auch von Maupas (l. c. p. 647) festgestellt worden, wobei er bemerkte, dass die zerdrückten Krystalle ihre Doppelbrechung verlieren.

Verhalten zu Lösungsmitteln. Die im Nachstehenden zu schildernden Ergebnisse über das Verhalten der Exkretkörner zu Lösungsmitteln wurden sowohl an ganzen Paramaecien, als auch an durch Zerquetschen isolirten Exkretkörnern gewonnen. Da, wo bei den angestellten Versuchen nichts Besonderes bemerkt wird, sind immer isolirte Exkretkörner gemeint. Ich halte es für kaum nöthig hinzuzufügen, dass die Auflösung isolirter Exkretkörner bedeutend schneller erfolgt, als solcher, welche im Entoplasma der Paramaecien liegen.

Wasser. Im kalten Wasser sind die Exkretkörner unlöslich im üblichen Sinne. Ich verfolgte sie über eine Stunde unter dem Mikroskop, ohne dass irgend welche Veränderungen an ihnen wahrzunehmen waren. Bringt man sie in eine feuchte Kammer und leitet von Zeit zu Zeit Wasser durch (selbstredend unter mikroskopischer Kontrolle, damit beim Durchleiten des Wassers die Krystalle nicht fortgeschwemmt werden), so lösen sie sich in circa 24 Stunden vollkommen auf. Aus der großen Menge Wasser, welche zum Auflösen der äußerst kleinen Exkretkörner gebraucht wird, kann man schließen, dass das Wasser sehr geringe Mengen von der Substanz auflöst, vielleicht 4 Theil der Substanz in 40 000—20 000 Theilen Wassers — so dass die Substanz als unlöslich (im üblichen Sinne) zu bezeichnen wäre. Die im Entoplasma solcher Paramaecien enthaltenen Exkretkörner, welche durch Hitze oder Alkohol abgetödtet sind, lösen sich noch langsamer und brauchen etwa 48 Stunden dazu.

In heißem Wasser sind die Exkretkörner etwas schneller löslich. Leitet man siedendes Wasser mehrfach durch, so bleiben die Krystalle

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> F. Stein, Der Organismus etc. l. c. p. 68.

unverändert, bringt man dagegen den Objektträger auf das Wasserbad, so lösen sich dieselben in circa einer Stunde völlig auf. Um die Auflösung genauer zu verfolgen, untersuchte ich sie auf dem heizbaren Objekttische. Derselbe wurde auf 75-80° C. erhitzt, während durch das Präparat beständig siedendes Wasser durchgeleitet wurde. Beim Auflösen schmelzen die Exkretkörner resp. Krystalle nicht von außen ab, sondern behalten bis zuletzt ihre Umrisse, welche erst allmählich verschwinden. Nach etwa 1/2 Stunde verlieren die Krystalle ihre graugrune Farbe und werden vollkommen durchsichtig; dabei bekommen sie eine bröckelige Beschaffenheit (Fig. 6 b) und ein Theil der Substanz wird aufgelöst, ohne dass die allgemeine Gestalt verändert wird. Nach einer weiteren Stunde bleibt nur ein Residuum (die allgemeine Gestalt des Krystalls) zurück, welches das ursprüngliche Lichtbrechungsvermögen eingebüßt hat und im Polarisationsapparat einfach brechend erscheint. Bald verschwindet auch dieser letzte Rest. Auch an ganzen Paramaecien ist es mir gelungen die Auflösung der Exkretkörner in heißem Wasser nachzuweisen. Dieselben wurden in einem kleinen Reagensglase mit Wasser gekocht, wobei die Auflösung erst nach circa 2 Stunden erfolgte.

Mineralsäuren. Schwefel-, Salpeter- und Salzsäure, koncentrirte sowie verdünnte  $(40^{\circ})_{\circ}$ ige und sogar  $4^{\circ}/_{\circ}$ ige) lösen isolirte sowie in Paramaecien enthaltene Exkretkörner sofort und ohne Gasentwicklung auf. Am langsamsten löst die  $4^{\circ}/_{\circ}$ ige Salpetersäure, jedoch braucht auch sie nur 4-2 Minuten dazu. Nach Maupas (p. 648) sollen die Exkretkörner auch in Chromsäure löslich sein. Die Auflösung in den Mineralsäuren erfolgt so schnell, dass man den Process nicht näher verfolgen kann. Bei der Behandlung mit  $4^{\circ}/_{\circ}$ iger HNO $_{\circ}$  glaube ich gesehen zu haben, dass die Körner rasch von außen abschmelzen.

Essigsäure. In koncentrirter Essigsäure erfolgt die Auflösung sehr langsam. Verdünnte (10%/oige) Essigsäure löst gleichfalls schwer auf, doch bedeutend leichter (in circa 10—20 Minuten) als die koncentrirte. Bei Auflösung der Krystalle in der Essigsäure findet dasselbe Verhalten statt, welches bei der Auflösung in heißem Wasser geschildert wurde.

Ammoniak und Alkalien. In gewöhnlichem Ammoniak (Liqu. ammon. caust.) lösen sich die Exkretkörner auf, aber bedeutend langsamer als in Säuren. Noch langsamer erfolgt die Auflösung in halb oder zum vierten Theil verdünntem Ammoniak, ja es lösen sich sogar früher manche Bestandtheile des zerdrückten Plasmakörpers des Paramaeciums, und erst später beginnt die Auflösung der Exkretkörner. Dabei verlieren sie ihre Farbe, büßen ihre Lichtbrechung ein und

werden bröckelig, worauf dann die einzelnen Bröckel aufgelöst werden, bis die Krystalle vollkommen verschwinden. 35%0ige Kali- oder Natronlauge löst ziemlich schnell auf. Verdünnte Lösungen wirken etwas langsamer ein; 4%0ige KHO zeigt ähnliches Verhalten wie vierfach verdünntes  $NH_3$ .

Lösungen von Salzen. Es wurden verschiedene in Wasser lösliche Salze angewandt, so NaCl, NH<sub>4</sub>Cl, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> und Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> von verschiedenen Koncentrationen (gesättigte bis 5% ige Lösung). In diesen Salzlösungen werden die Exkretkörner ziemlich langsam (20 Minuten bis zu 2 Stunden) aufgelöst, jedoch bedeutend leichter als im destillirten Wasser. Die Auflösung erfolgt unter denselben Erscheinungen, welche bei Auflösung in heißem Wasser oder NH<sub>3</sub> geschildert wurden. Auch in menschlichem Harn, welcher sauer reagirte, lösen sich die Exkretkörner, wenn auch ziemlich langsam, auf. Nach Maupas' Angaben werden die Krystalle in Chlorzinkjod ebenfalls gelöst.

Alkohol und Äther. In absolutem Alkohol sind die Krystalle unlöslich. Die Paramaecien wurden mehrere Tage in demselben gehalten, ohne dass man eine Spur von Veränderung an Exkretkörnern bemerken konnte. Eben so verhielten sie sich auch in einem Gemisch von Alkohol und Äther, in welchem die Paramaecien einige Tage bei einer Temperatur von 40°C. verblieben. Dessgleichen unlöslich sind die Exkretkörner in Schwefelkohlenstoff. Auch 4% gige Osmiumsäure blieb wirkungslos.

Verhalten gegen Farbstoffe. In schwacher Jodtinktur bleiben die Exkretkörner unverändert. Von Hämatoxylin und Alaunkarmin (nach Maupas auch von Pikrokarmin) werden sie nicht gefärbt. Eben so wenig werden Anilinfarbstoffe aufgenommen. Leitet man eine alkoholische oder wässerige Methylenblau- oder Methylviolettlösung durch, so scheinen die Krystalle, besonders wenn sie nicht isolirt wurden, einen farbigen Ton anzunehmen; wäscht man aber den überschüssigen Farbstoff mit Wasser aus, so sieht man deutlich, dass die Exkretkörner keinen Farbstoff aufgenommen haben, was besonders deutlich an isolirten Krystallen zu sehen ist.

Zusammen, so ergiebt sich, dass die Exkretkörner- resp. Krystalle sehr schwer löslich (unlöslich im üblichen Sinne) in Wasser sind, schwer löslich in koncentrirter Essigsäure und verdünntem Ammoniak, leichter in Lösungen verschiedener Salze, schwacher Essigsäure und Ammoniak, dagegen sehr leicht löslich in Mineralsäuren und Alkalien, unlöslich in Alkohol, Äther und Schwefelkohlenstoff. Die negativen Resultate gegen Farbstoffe erlaubten den Schluss, dass weder eine

eiweißartige Substanz, noch ein Kohlenhydrat vorlag. Das Verhalten gegen Osmiumsäure, sowie Alkohol und Äther schloss auch die Fettnatur der Exkretkörner aus. Da nun die übrigen Reaktionen, sowie das optische Verhalten und die Gestalt der Exkretkörner für Harnsäure resp. ihre Salze zu sprechen schienen, und da außerdem diese Vermuthung bereits von mehreren Forschern ausgesprochen war, so lag es auf der Hand dieselben zunächst auf Harnsäure, und zwar mittels der Murexidreaktion zu prüfen.

Zu diesem Zwecke brachte ich in ein Uhrschälchen eirea 1 cm der Kulturflüssigkeit, in welcher reichlich Paramaecien mit schönen Exkretkrystallen enthalten waren (schätzungsweise 10000-20000 Stück) und ließ das Wasser bis auf einen geringen Bodensatz verdunsten. Dazu fügte ich Salpetersäure, brachte, nachdem die Exkretkörner gelöst waren, einige Tropfen davon auf einen Porzellandeckel, und ließ sie über dem Wasserbade zur Trockne eindampfen. Der Verdampfungsrückstand war niemals roth (wie es für Harnsäure charakteristisch ist), sondern glänzend citronengelb; derselbe war in Ammoniak löslich und lieferte auf Zusatz von Natronlauge beim Eindampfen einen schmutzigrothen oder braunrothen Rückstand. Wenn demnach die Murexidreaktion, die doch selbst für sehr geringe Mengen recht empfindlich ist, negativ aussiel, so schien die erhaltene Reaktion die Vermuthung nahe zu legen, ob wir hier nicht einen Xanthoproteinkörper, und zwar Xanthin oder Guanin vor uns hätten. Dies um so mehr, als die oben geschilderten Reaktionen der Exkretkörner (Verhalten zu Lösungsmitteln) mit denen des Xanthins oder Guanins (unlöslich in Alkohol und Äther, unlöslich im üblichen Sinne in Wasser, schwer löslich in NH3, dagegen leicht löslich in NaHO und Mineralsäuren) übereinstimmten. Außer diesen besitzen Xanthin und speciell Guanin recht charakteristische Reaktionen, welche bei Hoppe-Seyler 1 und Halliburton-Kaiser 2 zusammengestellt sind. Ich hielt es daher für gerathen diese Reaktionen zunächst an reinem Xanthin und Guanin durchzumachen, um dann die entsprechenden Reaktionen an den Exkretkörnern besser beurtheilen zu können. Durch die Freundlichkeit des Herrn Geheimrath Kühne, dem ich auch an dieser Stelle meinen aufrichtigen Dank entgegenbringen möchte, stand mir Xanthin und Guanin zur Verfügung, an denen ich alle Reaktionen (auch die von CAPRANICA) durchprobiren konnte.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> F. HOPPE-SEYLER, Handbuch der physiologisch- u. pathologisch-chemischen Analyse. 6. Aufl. Berlin 4893. p. 443-446.

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> W. Halliburton u. K. Kaiser, Lehrbuch der chemischen Physiologie und Pathologie. Heidelberg 4893. p. 440—442.

Nachdem ich über das Wesen und den Gang der charakteristischen Reaktionen auf Guanin und Xanthin durch eigene Erfahrung informirt war, wandte ich dieselben auf die Exkretkörner an. Um die betreffende Substanz in größeren Mengen zu bekommen, wurde folgendes Verfahren eingeschlagen, welches mir von Professor Bütschli empfohlen wurde. Kulturen, welche von Paramaecium (P. caudatum) wimmelten, wurden durch einen kleinen Thoncylinder mittels einer Wasserpumpe filtrirt. Der gallertige Rückstand, welcher fast ausschließlich aus Paramaecien bestand, wurde vorsichtig aus dem Thoncylinder herausgenommen, in einem Uhrschälchen auf dem Wasserbade bis zur Trockne eingedampft und in einem kleinen Achatmörser zerrieben. Der fein gepulverte Rückstand wurde darauf mit etwa 3 ccm 5% iger Salzsäure (in destillirtem H<sub>2</sub>O) auf dem Wasserbade 1 Stunde ausgekocht, filtrirt, und bis zu 1/5 des Volums vorsichtig eingedampft. Auf die beschriebene Weise erhielt ich etwa 0,5 ccm der in Salzsäure gelösten Exkretkörnersubstanz, womit ich einige Reaktionen versuchen konnte.

Es wurden zwei gleiche Proben hergestellt. Zu der ersten Probe verwandte ich eine Kultur von Paramaecien, welche im gewöhnlichen Wasser mit Zoogloea und Bakterien gefüttert wurden. Die Paramaecien waren in sehr großer Menge vorhanden, enthielten aber recht kleine (runde bis unregelmäßig begrenzte) Exkretkörner. Vor dem Filtriren wurde das Zoogloeahäutchen, welches die Kulturschale kontinuirlich überzog, vorsichtig entfernt, so dass die Flüssigkeit fast nur Paramaecien enthielt. Ich bestimmte auch schätzungsweise (so genau es ging) die Anzahl der Paramaecien, die zur Herstellung der Exkretkörnerlösung verbraucht wurden. Die Kultur wurde mit einem Glasstabe recht energisch umgerührt (um die Paramaecien ziemlich gleichmäßig in der Flüssigkeit zu vertheilen) und mittels eines Kapillarröhrchens, welches zuvor kalibrirt wurde, ein kleiner Tropfen herausgenommen. Dieser Tropfen wurde auf einen Objektträger gebracht, die Paramaecien mit Osmiumsäuredämpfen abgetödtet und (nach dem für Blutkörperchen üblichen Verfahren) gezählt. So enthielt ein kleiner Tropfen von 0,02 ccm Flüssigkeit durchschnittlich 450 Stück, oder 4 ccm 22 600 Stuck Paramaecien. Da ich aber 74 ccm Kulturflüssigkeit filtrirte, so enthielt demnach der Rückstand etwa 1 600 000 Paramaecien.

Zur Herstellung der zweiten Probe verbrauchte ich eine Kultur von Paramaecien, welche in einer Heuabkochung gezüchtet und mit verwesendem Fleisch gefüttert wurden. Diese Kultur enthielt zwar eine etwas geringere Anzahl von Paramaecien, dafür aber waren sie von schönen und großen Exkretkrystallen dicht erfüllt. So enthielt ein Tropfen von 0,02 ccm Flüssigkeit 470—200, oder 4 ccm 8500—40000

Stück Paramaecien. Ich filtrirte 90 ccm Flüssigkeit und hatte im Rückstand circa 760 000—900 000 Paramaecien. Bei dieser Probe bestimmte ich auch das Gewicht der Trockensubstanz. Der aus dem Thoncylinder herausgenommene Rückstand wurde in einem Uhrschälchen bis zur Trockne eingedampft, darauf ½ Stunde bei 400° C. getrocknet und gewogen. Nach Abzug des Gewichts des Uhrschälchens betrug somit das Gewicht der Trockensubstanz von etwa 700 000 Paramaecien (viele bleiben doch in dem Thoncylinder zurück) — 0,0146 g. Demnach würde ½ Paramaecium 0,00002 mg Trockensubstanz (Protoplasma sammt Einschlüssen) enthalten, oder mit anderen Worten 50 000 Paramaecien ½ mg Trockensubstanz liefern.

Die durch Auflösung der Exkretkörner in Salzsäure erhaltene Flüssigkeit war vollkommen klar und besaß eine schwach gelbliche (weingelbe) Farbe; es wurden mit ihr folgende Reaktionen angestellt. Zunächst wurde ein Tropfen derselben auf einem Porzellanscherben eingetrocknet und mit rauchender Salpetersäure eingedampft. Rückstand war glänzend citronengelb, löste sich in NH3 und NaHO, und hinterließ beim vorsichtigen Eindampfen nach NaHO-Zusatz einen schmutzig rothen oder rothbraunen Rückstand. Diese Reaktion war nicht charakteristischer als die, welche ich schon früher (s. p. 44) erhalten hatte, und wenn man auch nach ihr auf das Vorhandensein von Xanthoproteinkörpern (speciell Xanthin oder Guanin) schließen konnte, so war doch nicht angezeigt anzunehmen, dass die Exkretkörner ausschließlich aus dieser Substanz bestehen sollten, da bei der verbrauchten Quantität die Reaktion viel charakteristischer hätte ausfallen müssen. Andererseits ist es nicht unmöglich, dass verschiedene organische Substanzen, welche durch Behandeln mit HCl aus dem Protoplasmakörper der Paramaecien extrahirt wurden, mit HNO3 einen gelben Rückstand hinterlassen können.

Noch minder beweisend fielen die von Capranica 1 für Guanin vorgeschlagenen Reaktionen aus. Nach ihm geben kalt gesättigte Lösung von Pikrinsäure, koncentrirte Lösung von Ferricyankalium (rothes Blutlaugensalz), sowie koncentrirte Lösung von einfach chromsaurem Kali mit salzsaurer Guaninlösung — charakteristische krystallinische Doppelsalze. Es gelang mir auch dieselben mit reinem Guanin zu erhalten, dagegen führten die Versuche mit der salzsauren Lösung der Exkretkörner zu keinem Resultate.

Als eine weitere sehr charakteristische Reaktion für Guanin wird das salzsaure Guanin selbst angeführt, welches beim vorsichtigen Ein-

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> S. Capranica, Vorläufige Mittheilung einiger neuer Guanin-Reaktionen. Zeitschrift für physiol. Chemie. Bd. IV. 4880. p. 233—236.

trocknen der betreffenden Lösung in langen, gewöhnlich büschelförmig angeordneten Nadeln (vierseitige Säulen) auskrystallisirt. Diese Krystalle zeigen außerdem ein charakteristisches Verhalten im polarisirten Lichte, indem bei ihnen nach Behrens', Kossel's und Schlefferdecker's <sup>1</sup> Angaben die Auslöschungsrichtung mit den Kanten einen Winkel von 27—30° bildet. Durch vorsichtiges Eintrocknen einer schwachen salzsauren Guaninlösung gelang es mir mit Leichtigkeit die entsprechenden Krystalle zu erhalten, jedoch bildete bei ihnen im polarisirten Lichte die Auslöschungsrichtung mit den Kanten einen Winkel von 40—42°.

Es galt nun, die durch Auflösung der Exkretkörner in HCl erhaltene Flüssigkeit auf diese Reaktion zu prüfen. Zu diesem Zwecke brachte ich kleine Tropfen von den beiden Proben auf den Obiektträger und ließ dieselben vorsichtig eintrocknen. Nach dem Eintrocknen erhielt ich lange prismatische Krystalle, welche theils in einzelnen Nadeln auftraten, theils büschelartig angeordnet waren; auch konnte man kleine Sechsecke beobachten (Fig. 7). Selbstredend waren die Krystalle um so schöner ausgebildet, je langsamer sie auskrystallisirten, und waren in der zweiten Probe bedeutend reichlicher als in der ersten vorhanden. Die Krystalle waren sehr hygroskopisch und zerflossen sehr leicht, wenn sie in eine feuchte Atmosphäre gebracht wurden. Dieselben waren den salzsauren Guaninkrystallen sehr ähnlich, unterschieden sich aber wesentlich von ihnen durch ihr optisches Verhalten. Im polarisirten Lichte erschienen sie schwach doppeltbrechend und erfolgte die Auslöschung parallel der Längsachse der Krystalle. Schaltete man ein Gipsplättchen ein, so erwiesen sie sich positiv, d. h. die kleine Elasticitätsachse lag in der Richtung der Längsachse des Krystalls, wogegen die große senkrecht zu derselben lag (Fig. 8). Sie scheinen dem rhombischen Systeme anzugehören und konnte man bei einigen größeren Krystallen die Winkel wenigstens annähernd bestimmen 2. So betrugen die beiden gleichen Winkel α (Fig. 8) je 128° und der dritte & 104°.

Nach dem eben geschilderten Verhalten der Krystalle zu urtheilen, lag die Vermuthung ziemlich nahe, dass dieselben mit den salzsauren Guaninkrystallen nicht identisch wären und demnach höchst wahr-

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> W. Behrens, A. Kossel u. P. Schiefferdecker, Das Mikroskop u. die Methoden der mikroskopischen Untersuchung. Braunschweig 4889. p. 280.

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Bei der Beurtheilung der optischen Eigenschaften der Krystalle unterstützten mich freundlichst die Herren Geheimrath Rosenbusch und Prof. Bütschli. Die bezüglichen Messungen wurden von Herrn Kollegen Dr. v. Kraatz-Koschlau angestellt. Sämmtlichen diesen Herren bin ich zu großem Dank verpflichtet, welchen ich auch an dieser Stelle aussprechen möchte.

scheinlich aus einer anderen Substanz bestünden. Es lag auf der Hand zunächst zu prüfen, wie diese beiden Krystalle sich beim Glühen verhalten würden. Erhitzt man die salzsauren Guaninkrystalle auf dem Objektträger über einer Bunsen'schen Flamme, so verkohlten sie zunächst und verbrannten darauf vollkommen, ohne eine Spur zu hinterlassen. Anders verhielten sich die aus den Exkretkörnern der Paramaecien gewonnenen Krystalle. Auf dem Objektträger in derselben Weise geglüht hinterließen sie einen Rückstand, in welchem man außer Kohle noch unveränderte Krystalle wahrnehmen konnte. Setzte man nun diesen einen Tropfen einer 40/0igen Salzsäure oder sogar destillirten Wassers zu, so lösten sie sich vollkommen auf. Dieser Tropfen, auf einen reinen Objektträger übertragen, lieferte nach vorsichtigem Eintrocknen wiederum dieselben nadelförmigen Krystalle (Fig. 7-8), welche auch das gleiche optische Verhalten zeigten. Nun schien es außer jedem Zweifel zu liegen, dass wir es mit einer unorganischen Substanz zu thun haben.

Berücksichtigte man nun das oben geschilderte Verhalten der Exkretkörner resp. Krystalle zu verschiedenen Lösungsmitteln (p. 41—43), so konnte man zunächst an ein Calciumsalz, und da in diesem Fall die Oxalsäure und Schwefelsäure ausgeschlossen waren — an phosphorsauren Kalk denken. Da ich nur über verhältnismäßig geringe Mengen der Lösung von Exkretkörnern in Salpetersäure verfügen konnte, so hielt ich nicht für gerathen dieselbe auf phosphorsauren Kalk direkt zu prüfen, sondern wollte zunächst die charakteristischen Reaktionen an reinem phosphorsauren Kalk versuchen.

Der phosphorsaure Kalk ist bekanntlich im thierischen Körper sehr verbreitet und kommt als eine in Wasser unlösliche (im üblichen Sinne) Verbindung in zwei Formen vor, als normales Calciumorthophosphat (basisches nach früherer Bezeichnung) Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> und einfach saures Calciumorthophosphat (neutrales nach früherer Bezeichnung) Ca<sub>2</sub>H<sub>2</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>. Ich stellte mir zunächst diese beiden Salze chemisch rein dar, löste von jedem 5 mg in 10 ccm 5% iger Salzsäure auf und dampfte die betreffenden Lösungen bis zu etwa 1/5 ihres Volums ein. Auf diese Weise erhielt ich Lösungen von ungefähr derselben Koncentration, wie die der Exkretkörner der Paramaecien. Als ich einen Tropfen von diesen beiden Lösungen auf einem Objektträger vorsichtig eintrocknen ließ, erhielt ich nadelförmige, theils in Büscheln angeordnete Krystalle, welche den eben beschriebenen aus den Exkretkörnern der Paramaecien gewonnenen Krystallen vollkommen ähnlich waren und dasselbe optische Verhalten (im polarisirten Lichte) zeigten. Diese Krystalle bestanden aus zweifach saurem Calciumorthophosphat (saures nach früherer Bezeichnung)  $\operatorname{CaH_4(PO_4)_2}$ , in welches die beiden Salze  $\operatorname{Ca_3(PO_4)_2}$  und  $\operatorname{Ca_2H_2(PO_4)_2}$  bei Behandlung mit einer Säure übergeführt werden. An diesen geringen Quantitäten von phosphorsaurem Kalk konnte ich mit Leichtigkeit die Anwesenheit von Calcium und Phosphorsäure, theils mikro-, theils makroskopisch nachweisen.

Da nun nach der Ähnlichkeit (in krystallographischer und optischer Beziehung) der bezüglichen Krystalle zu erwarten war, dass die aus den beiden Proben (durch Auflösung der Exkretkörner in HCI) erhaltenen Krystalle ebenfalls aus CaH<sub>4</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> bestehen würden, so wollte ich auch bei ihnen das Calcium, sowie die Phosphorsäure direkt nachweisen und verfuhr dabei folgendermaßen. Zum Nachweis des Calciums brachte ich einige Tropfen der Lösung von Exkretkörnern in HCl auf einen Objektträger und ließ sie eintrocknen. Der Rückstand wurde geglüht und in 5% iger Essigsäure aufgelöst, darauf nochmals eingetrocknet und geglüht. Diese Operation wiederholte ich drei- bis viermal, um die etwa frei vorhandene Salzsäure, welche die Bildung von oxalsaurem Kalk beeinträchtigen konnte, zu entfernen. Darauf setzte ich einen Tropfen von oxalsaurem Ammonium hinzu und erhielt schöne und charakteristische Krystalle von oxalsaurem Kalk. Dieselben traten meist in flachen quadratischen Pyramiden auf und erinnerten an die bekannte Gestalt eines Briefkouverts; auch fanden sich vier- bis achtstrahlige Sterne und kleine Prismen, sowie Wachsthumsformen vor. Sämmtliche Krystalle waren unlöslich in schwacher und koncentrirter Essigsäure, wohl aber löslich in schwacher (1% iger) Salzsäure. Ich habe kaum nöthig hinzuzufügen, dass ich auf gleiche Weise genau dieselben Krystalle von oxalsaurem Kalk aus den dargestellten phosphorsauren Kalklösungen erhielt.

Zum Nachweis der Phosphorsäure brachte ich in ein kleines Reagensgläschen gleiche Theile von molybdänsaurem Ammoniak und Salpetersäure und fügte eine Spur (einen kleinen Tropfen) von der Paramaeciumlösung hinzu. Es entstand sofort eine Trübung, welche beim vorsichtigen Erwärmen eine gelbe Farbe annahm. Unter dem Mikroskop konnte ich kleine Körnchen, resp. Kryställchen, von phosphorsaurem Ammoniummolybdat wahrnehmen. Nach 12 Stunden ruhigen Stehens des Reagensgläschens zeigte sich auf dem Boden desselben ein schön gelber Niederschlag, der vollkommen ähnlich demjenigen war, welcher auf dieselbe Weise aus phosphorsaurem Kalk erhalten wurde.

Wenn es demnach keinem Zweifel mehr unterliegen konnte, dass die durch Auflösung der Exkretkörner in Salzsäure erhaltene Flüssigkeit phosphorsauren Kalk enthielt, so konnte doch ein gewisses Bedenken ausgesprochen werden, ob diese Verbindung von den Exkretkörnern herrührt und nicht sonst im Protoplasma der Paramaecien gelöst oder gar in der Kulturslüssigkeit vorhanden sein konnte. Obgleich nun der Umstand, dass die zweite Probe (welche von Paramaecien gewonnen wurde, die eine bedeutend größere Menge von großen Exkretkrystallen, als die der ersten Probe enthielten) mehr Krystalle, d. h. mehr phosphorsauren Kalk als die erste (die aber dafür mehr Paramaecien enthielt) lieferte, gegen diese Annahme zu sprechen schien, so suchte ich doch den phosphorsauren Kalk in den Exkretkörnern direkt nachzuweisen.

Zum Nachweis des Calciums isolirte ich einige Paramaecien (mit schön ausgebildeten Exkretkrystallen) in destillirtem Wasser und brachte sie darauf auf einen Objektträger. Das Wasser wurde durch vorsichtiges Absaugen entfernt, so dass die zwei bis drei Paramaecien trocken gelegt wurden. Darauf fügte ich einen Tropfen 5% iger Essigsäure hinzu und wartete bis die Exkretkrystalle aufgelöst wurden. Bei nachherigem Zusatz von Ammoniumoxalat bildeten sich in der unmittelbaren Nähe des Paramaeciums kleine Kryställchen von oxalsaurem Kalk. Auch auf eine andere Weise gelang es den Kalk in den Exkretkörnern nachzuweisen. Die Paramaecien wurden auf die eben beschriebene Weise isolirt, das Wasser entfernt und ein Tropfen Schwefelsäure zugesetzt; die Exkretkrystalle lösten sich momentan auf und es entstanden in der unmittelbaren Nähe der Paramaecien die charakteristischen Nadeln von schwefelsaurem Kalk. Damit diese Reaktion recht gelingen soll, muss man vermeiden, die Schwefelsäure durch ein mit Deckglas bedecktes Präparat durchzuleiten, da hierbei durch den erzeugten Strom die schwefelsauren Kalkkrystalle leicht fortgeschwemmt werden. Dieser Umstand wird wohl die Ursache gewesen sein, wesshalb ich beim Prüfen der Exkretkrystalle bezüglich ihres Verhaltens zu verschiedenen Lösungsmitteln die Bildung der Calciumsulfatkrystalle nicht wahrnehmen konnte.

Zum Nachweis der Phosphorsäure verfuhr ich in der oben geschilderten Weise und setzte einen Tropfen von einem aus gleichen Theilen molybdänsaurem Ammoniak und Salpetersäure bestehenden Gemisch hinzu. Es erfolgte eine momentane Auflösung der Exkretkrystalle, wobei sich in der unmittelbaren Nähe der Paramaecien kleine Kryställchen von grünlichgelbem phosphorsaurem Ammoniummolybdat bildeten. Diese Reaktion geht noch besser an durch Zerdrücken der Paramaecien isolirten Exkretkrystallen, nur dass man dabei recht wenig Wassernehmen, das Gemisch von Ammoniummolybdat und Salpetersäure vorsichtig zusetzen und längeres Durchleiten vermeiden muss, weil sonst die kleinen Kryställchen leicht fortgeschwemmt werden können;

immerhin fällt es nicht schwer, dieselben nachzuweisen, da sie durch den beim Durchleiten entstehenden Strom in längeren Zügen, wenn auch nur zum Theil zurückbleiben. Interessant ist auch das Verhalten des salpetersauren Silbers zu den Exkretkrystallen. Setzt man eine schwache (etwa 5%) ige) Lösung von AgNO3 zu durch Druck isolirten Exkretkrystallen, so lösen sie sich nicht auf, bekommen aber eine schöne goldgelbe Farbe, was auf die Bildung von phosphorsaurem Silber hinzudeuten scheint.

Aus diesen Versuchen scheint demnach mit ziemlicher Sicherheit hervorzugehen, dass die Exkretkörner resp. Krystalle der Paramaecien, sowie vermuthlich die analogen Gebilde anderer Protozoen aus phosphorsaurem Kalk bestehen. Etwas schwieriger ist es zu entscheiden, in welcher Form der phosphorsaure Kalk in den Exkretkörnern vorhanden ist. Selbstredend sind die Quantitäten zu gering, als dass man daran denken könnte, die Mengen von Calcium und Phosphorsäure quantitativ zu bestimmen. Nach der Analogie des Vorkommens von phosphorsaurem Kalke in verschiedenen Geweben und Flüssigkeiten der verschiedenen Thiere, sowie den angeführten Reaktionen ist es sehr wahrscheinlich, dass wir es mit einem Kalksalze der Orthophosphorsäure zu thun haben. Letztere bildet bekanntlich mit Calcium drei verschiedene Salze, von denen das zweifachsaure CaH<sub>4</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> in Folge seiner leichten Löslichkeit in Wasser ausgeschlossen zu sein scheint, und wir demnach in den Exkretkörnern entweder das normale  ${\rm Ca_3(PO_4)_2}$  oder das einfachsaure  ${\rm Ca_2H_2(PO_4)_2}$  (welche in Wasser sehr sehwer löslich — unlöslich im üblichen Sinne sind) zu vermuthen hätten.

Diese beiden Salze finden sich in der Natur außerordentlich verbreitet und sind in allen Theilen des thierischen Organismus, und zwar nicht nur in festen Theilen (Knochen, Zähnen etc.), sondern auch in verschiedenen Geweben, wie z. B. Muskeln und Flüssigkeiten, wie Blut, Milch, Speichel, Harn etc. nachgewiesen worden. Sie kommen entweder im gelösten Zustande, wie z. B. im Muskelsafte, Blutflüssigkeit etc., oder als feste Bestandtheile vor. Als Lösungsmittel dienen Säuren (Milchsäure, Kohlensäure), verschiedene Salze und organische Stoffe, besonders Eiweißstoffe, mit denen sie auch Verbindungen eingehen können. Im festen Zustande finden wir sie in den Knochen und Zähnen vor, oder in Gestalt von größeren und kleineren Konkretionen, die in einigen Organen oder im Harn vorkommen können und als Nieren- resp. Blasensteine bezeichnet werden. Letztere besitzen gewöhnlich eine graue oder schmutzig gelbe Farbe. Auch in Harnsedimenten ist phosphorsaurer Kalk nachgewiesen worden.

Der normale phosphorsaure Kalk Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, wenn er im festen Zustande im Organismus angetroffen wird, erscheint immer amorph in der Gestalt von kleinen Körnchen oder Konkretionen. Auch der einfach saure phosphorsaure Kalk Ca<sub>2</sub>H<sub>2</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> kommt öfters im festen Zustande vor. So wies ihn Wöhler in einer Konkretion - dem sogen. Belugensteine, nach, welche sich häufig beim Stör (Acipenser huso) in der Nähe der Nieren bildet; Hooper 2, Abel und Thoms fanden denselben in dem Holze von Tectona grandis. Zum Unterschied von Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> ist Ca<sub>2</sub>H<sub>2</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> auch öfters im krystallinischen Zustande angetroffen worden. So fanden ihn Robin und Verdeil 3 im Harn des Menschen und des Hundes in der Gestalt von kleinen Prismen (hemioctaèdres allongés, derivant au prisme droit à base rectangle). HASSALL 4 und Stein 5 fanden Ca<sub>2</sub>H<sub>2</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> ebenfalls im Menschenharn in der Gestalt von Rosetten, die aus Prismen zusammengesetzt waren, sowie in Kügelchen und Hantelformen. Die bei Hassall abgebildeten Krystalle (p. 284, Fig. 1) sind manchen Exkretkrystallen, welche man bei Paramaecien vorfindet, nicht unähnlich, so dass ich in Übereinstimmung mit den übrigen Reaktionen geneigt wäre dieselben für einfachsaures Calciumorthophosphat Ca<sub>2</sub>H<sub>2</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> zu halten.

Immerhin lässt sich dieses nicht mit Sicherheit behaupten. Sicher scheint nur aus den geschilderten Versuchen und Reaktionen hervorzugehen, dass die Exkretkörner resp. Krystalle zum größten Theil Calcium sowie Phosphorsäure enthalten. Diese in Wasser (im üblichen Sinne) unlösliche Verbindung wird durch Behandlung mit Salzsäure oder mit anderen Lösungsmitteln höchst wahrscheinlich in zweifachsaures Calciumorthophosphat CaH<sub>4</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> tibergeführt, welches beim Eintrocknen in hygroskopischen, leicht zerfließlichen Nadeln auskrystallisirt. Unmöglich ist aber nicht, dass die Exkretkörner, abgesehen von Calcium und Phosphorsäure, noch eine organische Substanz enthalten, welche bekanntlich mit phosphorsaurem Kalk auch unlösliche Verbindungen eingehen kann.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> F. Wöhler, Analyse einer thierischen Konkretion. Annal. d. Chemie u. Pharmacie. Bd. LI. 1844. p. 437-439.

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> D. Hooper, The mineral concretion of the teak-tree. Nature. Vol. XXXVII. 1888. p. 523-524.

<sup>3</sup> CH. ROBIN et F. VERDEIL, Traité de chimie anatomique et physiologique normale et pathologique. Paris 1853. T. II. p. 303-304. Atlas Pl. III, Fig. 1 a-m.

<sup>4</sup> A. HILL HASSALL, On the frequent occurence of phosphate of lime, in the crystalline form in human urine, and on its pathological importance. Proceed, of the Roy. Soc. of London. Vol. X. 1860. p. 281-288.

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> C. Stein, Über Sedimente von Phosphaten in alkalischem Harn. J. Liebig's Annal. d. Chemie. Bd. CLXXXVII. 1877. p. 77-100. Taf. II, Fig. 1-18.

### 3. Bildung und Ausscheidung der Exkretkörner.

Bezüglich der Bildung der Exkretkörner ist es mir gelungen Einiges zu beobachten, worüber ich bei dieser Gelegenheit ebenfalls kurz berichten möchte. Wie bereits früher erwähnt wurde, liegen die Exkretkörner resp. Krystalle theils frei im Entoplasma, theils in besonderen Vacuolen. Durchmustert man Kulturen von gut genährten Paramaecien, so fällt es nicht schwer wahrzunehmen, dass öfters in einigen mit Bakterien erfüllten Nahrungsvacuolen, kleine stark lichtbrechende Körperchen vorkommen, welche doppeltbrechend sind und demnach als Exkretkörner anzusprechen wären.

Diese Körnchen fehlen durchweg in neugebildeten Nahrungsvacuolen und müssen erst später bei der sich vollziehenden Verdauung auftreten. Bekanntlich werden die vom Schlundende abgetrennten Nahrungsvacuolen von der Plasmacirkulation ergriffen und im Entoplasma umhergeführt. Dabei erfahren die Nahrungsvacuolen eine Veränderung, die wesentlich darin besteht, dass das Wasser der Nahrungsvacuole allmählich vom Entoplasma resorbirt und die Vacuole dem entsprechend immer kleiner wird. Diese Resorption haben wir uns so zu denken, dass mit dem Wasser aufgelöste Nahrungsstoffe aus der Nahrungsvacuole austreten und dem Entoplasma einverleibt werden müssen. Nachdem die Nahrungsvacuole bedeutend kleiner geworden ist (also nach vollzogener Verdauung) werden die unverdauten Nahrungsreste, umgeben vom zurückgebliebenen Wasser, der Vacuole per anum ausgestoßen. Dabei konnte ich aber nie bemerken, trotzdem ich den Vorgang stundenlang und mehrmals verfolgt habe, dass die Exkretkörner mit den Nahrungsresten bei der Defäkation nach außen entleert werden. Auch Maupas (Contribut. etc. l. c. p. 618) konnte dies bei Paramaecium aurelia nicht feststellen. Dagegen will Stein (Organismus etc. l. c. p. 68) bei Paramaecium bursaria beobachtet haben, dass die Exkretkörner mit den Kothballen (Exkremente) durch den After ausgestoßen werden. Ich glaube dagegen, dass die Exkretkörner bei der Defäkation im Entoplasma zurückbleiben, oder schon früher mit der Flüssigkeit aus der Nahrungsvacuole in das Entoplasma gelangen. Leider ist es mir, trotz allem Bemühen, nicht gelungen, diesen Vorgang direkt zu beobachten, ich glaube aber dieses annehmen zu dürfen, und zwar auf Grund der weiter zu beschreibenden Versuche, die ich an mit Fleisch genährten Paramaecien angestellt habe.

Wie oben (p. 39) bereits angeführt, zeichneten sich die in Heuauskochung mit Fleisch genährten Paramaecien dadurch aus, dass sie reichliche Ansammlungen von großen und schönen Exkretkrystallen enthielten (Fig. 4-2). Dass die Bildung der großen Exkretkrystalle von der Art der aufgenommenen Nahrung bedingt wurde, schien ziemlich einleuchtend zu sein, und fällt es auch nicht schwer, sich davon zu überzeugen. Bringt man nämlich auf die gewöhnliche Art (also mit Bakterien) genährte Paramaecien, welche meist kleine Exkretkörner besitzen, in eine Heuauskochung, der ein Stück Fleisch zugesetzt ist, oder in Wasser mit in Verwesung begriffenem Fleische, so sind die Paramaecien binnen einigen Tagen von großen Exkretkrystallen erfüllt. Nachdem ich feststellen konnte, dass die Exkretkrystalle aus phosphorsaurem Kalk bestehen, wird auch die Entstehung derselben in größerer Zahl begreiflich. Bekanntlich enthalten die Muskeln gelösten phosphorsauren Kalk (so enthält die Fleischasche 3,49% phosphorsauren Kalk), welcher bei der Nahrungsaufnahme in die Nahrungsvacuolen aufgenommen wird und daselbst bei der stattfindenden Verdauung (Entziehung von Verdauungsstoffen) sich in Krystallen ausscheidet. Auch das Hühnereiweiß, dessen Asche gleichfalls viel (3,240/0) phosphorsauren Kalk enthält, hatte dieselbe Wirkung. Getrocknetes und fein zerriebenes Hühnereiweiß wurde im Wasser aufgelöst und hierin Paramaecien gesetzt; nach Verlauf von einigen Tagen waren sie von großen Exkretkrystallen erfüllt.

Betrachtet man nun solche auf die beschriebene Weise gefütterten Paramaecien im Mikroskop, so bemerkt man, dass sie von Nahrungsvacuolen stark erfüllt sind (Fig. 4). Diese Nahrungsvacuolen erscheinen vollkommen klar und durchsichtig (zum Unterschied von den mit Bakterien erfüllten Nahrungsvacuolen), so dass die Nahrungsstoffe vermuthlich im flüssigen Zustande aufgenommen werden müssen. Dass diese Vacuolen einfache Wasservacuolen sind, ist ausgeschlossen, da sonst die Paramaecien bald zu Grunde gehen müssten, wogegen sie in diesen Kulturen recht gut gediehen, sich sehr stark vermehrten und in Konjugation eingingen. In einigen hellen Nahrungsvacuolen bemerkt man kleine Exkretkörnchen, in anderen dagegen große Krystallaggregate und man kann gewöhnlich alle Übergänge zwischen diesen beiden Einschlüssen in ein und demselben Paramaecium finden. Ich verfolgte sie anhaltend unter dem Mikroskop und konnte nie eine Ausstoßung der Exkretkrystalle durch den After wahrnehmen, was auch bei der Größe der Krystalle unmöglich ist.

Lässt man nun solche gut genährte und von Exkretkrystallen erfüllte Paramaecien hungern, indem man sie in reinem Wasser (auf dem Objektträger) isolirt 1 und in einer feuchten Kammer hält, so

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Bei der Isolirung der Paramaecien muss mit großer Sorgfalt verfahren werden, da beim plötzlichen Übertragen aus der Nährflüssigkeit in reines Wasser

bemerkt man, wenn man die Präparate von Zeit zu Zeit betrachtet, dass die Vacuolenstüssigkeit allmählich zu schwinden beginnt, bis auf einen kleinen Hof, welcher dann die Krystalle allseitig umgiebt. Schließlich findet man nach etwa ein bis zwei Tagen die Krystalle nicht mehr in Vacuolen, sondern frei im Entoplasma liegen (Fig. 2 e.k). Diese Erscheinung ist nur dadurch zu erklären, dass sämmtliche gelösten Nahrungsstoffe mit dem Lösungswasser bei der Verdauung in das Entoplasma übergeführt worden sind, bis auf die Endprodukte des Stoffwechsels, welche in Gestalt von phosphorsaurem Kalk zurückbleiben. Ob nun ein Theil der Nahrungsvacuolenslüssigkeit per anum als Nahrungsrest ausgestoßen wird, vermag ich nicht zu sagen, da ich es nie direkt beobachtet habe, halte es aber nicht für unwahrscheinlich.

Die im Entoplasma zurückgebliebenen Exkretkörner werden von der Plasmacirkulation umhergeführt und zeigen die Tendenz im vorderen und hinteren Körperende, d. h. in der Nähe der beiden kontraktilen Vacuolen sich anzusammeln. Dabei kommen sie in die peripheren Schichten des Entoplasmas, direkt unter das Ektoplasma zu liegen, wo die Cirkulation nicht so stark ist, und zeigen bei den erfolgenden Pulsationen der kontraktilen Vacuolen rhythmische Hin- und Herbewegungen. Verfolgt man nun solche Präparate mehrere (drei bis vier) Tage<sup>1</sup>, so sieht man die Exkretkrystalle allmählich an Größe abnehmen, gleichsam schmelzen, wobei sie meist in kleinere Stücke zerbröckeln.

Nach weiteren ein bis zwei Tagen sind sämmtliche Exkretkörner verschwunden; die Paramaecien erscheinen vollkommen durchsichtig, abgemagert und gehen bald zu Grunde, wenn man ihnen keine Nahrung zukommen lässt. Werden dieselben in eine Nährflüssigkeit gesetzt (Heuauskochung mit Fleisch), so bilden sich von Neuem Nahrungsvacuolen, und im Anschluss an dieselben die Exkretkrystalle. Solche ausgehungerte Paramaecien eignen sich ganz besonders zu den eben beschriebenen Versuchen.

Während der Zeit, wo die Exkretkörner frei im Entoplasma liegen und an Größe allmählich abnehmen, konnte ich gleichfalls kein einziges Mal eine Entleerung derselben durch den After wahrnehmen, obgleich ich mehrere Präparate mit vielen Infusorien tagelang hinter einander beobachtete. Es liegt demnach die Vermuthung nahe, dass die Exkretkörner im Protoplasma aufgelöst und im flüssigen Zustande die Paramaecien öfters zu Grunde gehen. Am besten ist es, wenn man sie allmählich an das neue Medium gewöhnt.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Bei diesen Versuchen muss darauf Bedacht genommen werden, dass in dem Kulturtropfen keine Bakterien sich entwickeln, was oft schwer zu vermeiden ist. Um diesem Übelstande vorzubeugen, müssen die Paramaecien jeden anderen Tag in frisches Wasser gebracht werden.

durch die kontraktile Vacuole nach außen entleert werden. Für diese Vermuthung, welche bereits von Entz1 und Maupas2 ausgesprochen wurde, scheinen mir folgende Gründe zu sprechen: 4) dass die frei im Entoplasma liegenden Exkretkörner allmählich an Zahl und Größe abnehmen, gleichsam zusammenschmelzen, und dass ferner während dieser Zeit beim anhaltenden Beobachten keine Ausstoßung per anum gesehen werden konnte, was doch sicherlich einmal wahrgenommen worden wäre, wenn die Ausscheidung auf diesem Wege erfolgte; 2) das Ansammeln der Exkretkörner um die kontraktile Vacuole und die rhythmischen Bewegungen derselben bei der Pulsation der kontraktilen Vacuolen. Was nun die Auflösung der Exkretkörner im Protoplasma betrifft, so hätten wir uns dieselben so zu denken, dass das unlösliche Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> oder Ca<sub>2</sub>H<sub>2</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, aus welchem die Exkretkörner bestehen, von Eiweißstoffen oder Salzen, die in der Entoplasmaflüssigkeit (Chylema) vorhanden sind, gelöst oder in eine lösliche Verbindung CaH<sub>4</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> übergeführt und durch die kontraktile Vacuole nach außen befördert wird.

Zum Schlusse möchte ich Herrn Prof. Bütschli, welcher mich bei dieser Arbeit mit manchem wichtigen Rathschlage wesentlich unterstützte und dadurch zum Gelingen derselben erheblich beitrug, meinen innigsten Dank aussprechen.

Heidelberg, im Juli 1893.

## Erklärung der Abbildungen.

#### Tafel III.

Fig. 4. Ein in Heuauskochung mit Fleisch gefüttertes Paramaecium caudatum mit zahlreichen Nahrungsvacuolen, in denen relativ große Exkretkörner liegen. Ec, Ektoplasma; En, Entoplasma; c.v., kontraktile Vacuole; n.v., Nahrungsvacuole; N, Makronucleus; ncl, Mikronucleus; os, Mund; oe, Schlund. Vergr. 300.

Fig. 2. Ein Paramaecium mit Exkretkörnern (e.k), die frei im Entoplasma

liegen. Vergr. 300.

Fig. 3 a—l. Verschiedene Formen von Exkretkörnern resp. Exkretkrystallen von Paramaecium. Vergr. 4000.

Fig. 4. Exkretkrystalle (Fig. 3 a und g) bei stärkerer Vergrößerung (ca. 2600), den feineren Bau zeigend.

Fig. 5. Exkretkörner (Fig. 3i und k) bei stärkerer Vergrößerung (ca. 2600), den feineren Bau zeigend.

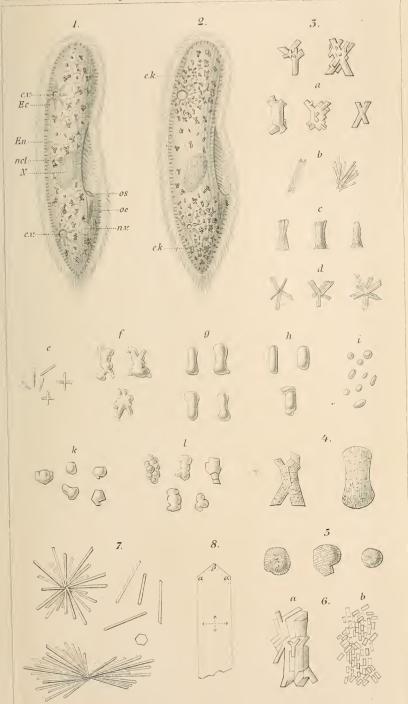
Fig. 6. Exkretkörner, ihr Verhalten bei der Auflösung (b) zeigend. Vergrößerung 2600.

Fig. 7-8. Krystalle von zweifach saurem phosphorsaurem Kalk [CaH<sub>4</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>], erhalten durch Auskrystallisiren der in Salzsäure aufgelösten Exkretkörner.

<sup>1</sup> G. Entz, Über einige Infusorien etc. l. c. p. 11.

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> E. Maupas, Contribution etc. l. c. p. 618.

## Zeitschrift f.wiss. Zoologie Bd. LVII.



# **ZOBODAT - www.zobodat.at**

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie

Jahr/Year: 1893-1894

Band/Volume: 57

Autor(en)/Author(s): Schewiakoff W.

Artikel/Article: Über die Natur der sogenannten Exkretkörner der

Infusorien. 32-56