

Form und Struktur der Paramylonkörner von *Euglena sanguinea* (EHRBG.).

Von

Karl Heidt (Gießen).

Mit 14 Abbildungen im Text.

Seit einigen Jahren treten in kleinen Wasserpflanzenbecken des Gießener Botanischen Gartens Wasserblüten von *Euglena sanguinea* auf, die ein willkommenes Untersuchungsmaterial dieser nicht gerade häufigen und schwer kultivierbaren Euglenenart bieten. *E. sanguinea* zeichnet sich neben anderem durch besonders große Zahl und beträchtliche Größe ihrer Paramylonkörner aus, über deren Form und Aufbau im folgenden berichtet werden soll.

Während der Sommermonate kamen schwärmende Zellen und solche des Palmellastadiums zur Untersuchung, im Herbst und Winter standen Dauercysten zur Verfügung, die unter verschiedenen Kulturbedingungen einige Wochen und Monate erhalten werden konnten. Durch Plastiden und Hämatochrom verdeckt, liegen die Paramylonkörner in schwärmenden Zellen über die ganze Zelle verteilt. In Cysten und solchen Zellen, die nach Änderung der Lichtwirkung eine Zusammenballung des Hämatochroms erfahren haben, worüber MAINX (1928) und der Verf. HEIDT (1934), Näheres berichteten, finden wir die Paramylonkörner peripher aneinandergereiht.

Zur Gewinnung der Paramylonkörner wich ich von den von GOTTLIEB (1850), KUTSCHER (1898), BÜTSCHLI (1906) und anderen Autoren gewählten Methoden ab, die darauf beruhten, auf chemischem Wege die Pellicula zu zerstören. Es kam mir darauf an, die Paramylonkörner gänzlich unversehrt zu erhalten, was leicht zu erzielen ist, wenn durch geringen Druck auf das Deckglas die Pellicula zum Platzen gebracht wird. Nur in einigen Fällen wurde durch Kochen in Wasser oder Fäulnis in Erbsenwasser die Pellicula zerstört.

Hinsichtlich der Größe lassen sich Groß- und Kleinkörner unterscheiden, zwischen denen es keine Übergangsstufen gibt. Die Großkörner stellen flache Täfelchen dar (Abb. 1)¹⁾, mit mehr oder minder stark abgerundeten Ecken und ellipsoidischer, seltener kreisrunder Flächenansicht. Von der Schmalseite zeigen sie sich als langes schmales Rechteck. Die Kleinkörner sind lang und stäbchenförmig gestreckt. *E. sanguinea* unterscheidet sich hierin von anderen Euglenenarten — *E. Ehrenbergii*, *acus*, *deses* —, die ebenfalls Groß- und Kleinkörner enthalten, bei denen aber jene stabförmig, diese backsteinartige und rundliche Formen aufweisen.



Abb. 1. Flächenansicht eines unbehandelten Großkornes.

Die Durchschnittsgrößenwerte der Paramylonkörner schwärmender und encystierter *E. sanguinea* sind aus der untenstehenden Zusammenstellung ersichtlich.

Die Werte sind Durchschnittswerte von je 100 Messungen. Es zeigen also die Kleinkörner beider Formen keinen Größenunterschied, während die Großkörner der Cysten um ein Drittel größer sind, als die schwärmender Zellen. Bei den Cysten handelt es sich um ruhende, nicht in Teilung befindliche Dauercysten, also nicht um „Temporärcysten“ im Sinne GÜNTHERS (1928). Die Zahl der Großkörner schwankt zwischen 29 und 94 Stück; durchschnittlich konnten 60—70 Großkörner gezählt werden. Wesentlich zahlreicher sind die Kleinkörner, von denen bis zu 700 Stück in einer Zelle vorkommen, jedoch fehlt es nicht an Fällen, in denen sie hinter der Zahl der Großkörner zurückbleiben.

	Paramylonkörner schwärmender <i>E. sanguinea</i> (Juni)		Paramylonkörner encystierter <i>E. sanguinea</i> (Dezember)	
	Kleinkörner	Großkörner	Kleinkörner	Großkörner
Länge	3,5 μ	12 μ	3,5 μ	15 μ
Breite	2,5 μ	9 μ	2,5 μ	12 μ
Höhe	1,5 μ	3,5 μ	1,5 μ	6 μ

Wenden wir uns nun der Struktur der Paramylonkörner zu. Von einer deutlichen Schichtung ist an den unbehandelten Paramylonkörnern von *E. sanguinea* weder in der Flächen- noch in der Seiten-

¹⁾ Alle Abbildungen beziehen sich auf Großkörner von *Euglena sanguinea* EHRBG.
— Vergr. etwa 1660 \times .

ansicht etwas zu erkennen. Auch durch Behandlung mit einer stark verdünnten Kalziumnitratlösung läßt sich keine Schichtung deutlich machen, wie es A. MEYER (1895) an Stärkekörnern erreichen konnte. In der Flächenansicht zeigen die Großkörner in der Mitte eine schwächer lichtbrechende, hellere Längszone (Abb. 1). Bei Schrägstellung der Körner erkennt man eine beiderseitige schwache Eindellung, die aber nur auf den zentralen Teil beschränkt bleibt.

Von weiteren paramylonreichen Flagellaten kamen *Phacus longicauda* und *Ph. pleuronectes* mit scheibenförmigen Paramylonkörnern und *Euglena acus* und eine 192—195 μ lange *Menoidium*-Spezies mit stabförmigen Paramylonkörnern zur vergleichenden Beobachtung. Es zeigte lediglich das große scheibenförmige Paramylonkorn von *Ph. pleuronectes* eine deutliche konzentrische Schichtung, aus drei breiten, innen gelegenen Zonen, auf die nach außen zwei schmalere Zonen folgen. Die um dieses Großkorn herumliegenden 80—90 scheibenförmigen Kleinkörner weisen keinerlei Schichtung auf.

Hinsichtlich der optischen Eigenschaften der Paramylonkörner von *E. sanguinea* wäre zu berichten, daß sie schwache positive Doppelbrechung zeigen. Herr Professor W. J. SCHMIDT, der die Güte hatte, meine Objekte mit dem Polarisationsmikroskop zu mustern, konnte aus seiner Erinnerung mitteilen, daß bei früherer Gelegenheit das Doppelbrechungsvermögen der Paramylonkörner von Flagellaten ihm wesentlich stärker erschienen wäre. Aus meinen eigenen Beobachtungen kann ich hinzufügen, daß die Paramylonkörner von *E. sanguinea* erheblich schwächer doppelbrechend waren, als die von ähnlichen oder gleichen Standorten untersuchten Paramylonkörner von *Phacus longicauda* und *Ph. pleuronectes*, über deren Doppelbrechung DEF LANDRE (1934) bereits Näheres mitgeteilt hat.

Was die Färbbarkeit angeht, so stimmen meine Befunde im wesentlichen mit den Mitteilungen zahlreicher Autoren über die Paramylonkörner anderer Flagellaten überein. Mit Jodjodkalium ist keinerlei Färbung zu erzielen, auch dann nicht, wenn man die Körner nach vorheriger Trocknung in Chloralhydrat quellen läßt, wobei sie sich zuweilen zu kreisrunden Scheiben abrunden. An solchen abgerundeten Körnern war am Rande eine Radialstruktur zu erkennen, auf die in anderem Zusammenhange noch näher eingegangen werden wird. In Chlorzinkjod und Jodschwefelsäure war ebenfalls nur eine geringe Quellung, aber keine Färbung festzustellen, desgleichen in Methylviolett, während in Kongorot nach 12 Tagen sich eine schwache Rotfärbung der Randzone bemerkbar macht.

Beim Trocknen der Körner an der Luft treten zwischen ihren Teilen erhebliche Spannungen auf, die zum Aufspalten der Körner führen. Meist kommt es nicht zu einer vollständigen Zerspaltung, sondern die beiden Teilhälften bleiben noch durch ein Zwischenstück miteinander verbunden (Abb. 2). In der Scheitelansicht zeigen solche Körner keine homogene Masse mehr, sondern ein schneckenartig aufgewundenes Band, dessen innere Windungen stärkere Lichtbrechung zeigen, als die äußeren (Abb. 3). Es lag nahe, anzunehmen, daß ähnliche Formveränderungen auftreten, wenn die Körner großen Temperaturunterschieden ausgesetzt werden. Beim Einfrierenlassen in Wasser treten keine Veränderungen auf, auch nicht nach mehrfacher Wiederholung des Versuches. Dagegen tritt beim Kochen



Ab. 2. Getrocknetes und daraufhin zerspaltenes Korn in Profilsicht etwas verbreitert.



Abb. 3. Getrocknetes Korn, das sich in der Flächenansicht als schneckenartig aufgewundenes Band zeigt.

in Wasser eine geringe Aufquellung ein, die sich zunächst an der Erweiterung der helleren Mittelzone bemerkbar macht und nach 10 Minuten an der Abrundung der Körner zu erkennen ist. Längeres Kochen bringt keine weiteren Veränderungen — eine Verkleisterung tritt nicht ein. Schnelles Erhitzen auf 100°C und sofortige Abkühlung auf -1°C ruft eine schwache Änderung der Lichtbrechung hervor, ist aber nicht von Einfluß auf die Form. Anders verhalten sich die Paramylonkörner, wenn sie nach langsamer Temperaturerhöhung 1 Stunde und noch länger bei $60-70^{\circ}\text{C}$ einen Teil ihres Wassergehaltes verlieren. Man bemerkt alsdann wiederum eine Änderung der Lichtbrechung, daneben tritt bei zahlreichen Körnern eine deutliche Schichtung hervor, andere wieder zeigen eine radiale Strahlung, die sich über das ganze Korn erstreckt. In den meisten Fällen tritt eine Längsspaltung auf (Abb. 2), daneben auch solche,

bei denen sich durch parallele Längsspalten eine mittlere, breitere Scheibe von zwei schmaleren Kalotten getrennt hat.

Die Strukturen, die nach den beschriebenen Eingriffen schwach sichtbar waren, traten nach Behandlung mit Silbernitrat deutlich hervor. Die Versilberung der Paramylonkörner erfolgte nach der von CORRENS (1892) für die Prüfung von Stärkekörnern empfohlenen Methode. Nach vorheriger Trocknung der Körner erfolgt eine besonders reichliche Durchdringung ihrer Substanz mit AgNO_3 . Paramylonkörner, die ich unmittelbar nach der Entfernung aus der Pellicula in 5proz. Silbernitratlösung 3 Tage dem Sonnenlicht ausgesetzt hatte, zeigten keinerlei Veränderungen, während andere, die nur einen halben Tag an der Luft getrocknet waren, nach zweitägiger Belichtung charakteristische Schichtung und Radialstruktur aufwiesen (Abb. 4). Es zeigte zunächst die äußerste Randzone, die sich schwach braun gefärbt hatte, eine aus etwa gleichbreiten dunkleren und helleren Strahlen bestehende Radialstruktur, außerdem ein System von vier konzentrischen Schichten. Die innerhalb dieser strahligen und geschichteten Randzone gelegene Masse zeigte zunächst keinerlei Veränderungen, bis sie nach 8 Tagen eine gleichmäßige Braunfärbung annahm. An Stelle der gleichmäßigen Bräunung wiesen andere Körner eine noch dunkler gefärbte Zentralzone auf, so daß drei etwa gleichbreite, nach innen dunkler werdende Schichten aufeinanderfolgten.

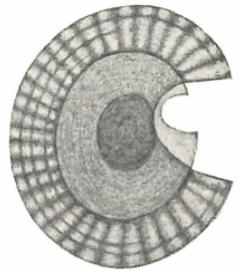


Abb. 4. Durch Versilberung deutlich gewordene Schichtung und Radialstruktur.

Besonders auffallend ist, daß so viele Körner zerspringen, — in dem Sinne, daß in manchen der Schichten, aus welchen die Körner bestehen, und von welchen sogleich noch die Rede sein wird, eine sektorförmige Lücke sichtbar wird. Abb. 4 zeigt ein Korn, bei welchem eine große Sektorlücke dieser Art ungefähr $\frac{1}{8}$ der Peripherie in Anspruch nimmt, und zeigt gleichzeitig, daß auch tiefer liegenden Anteilen des Kornes ungefähr an derselben Stelle ein sektorartiges Stück fehlen kann — derart, daß die Sektorlücke nicht bis zum Mittelpunkt und der Achse des Kornes vordringt, sondern nur die äußeren Schichtenanteile betrifft. Ungeklärt bleiben die Verkürzungsvorgänge, welche wir als Voraussetzung der Lückenbildung wohl betrachten müssen, da sich nicht annehmen läßt, daß eine gewaltige Volumenzunahme der innersten Teile die äußeren zersprengt; ungeklärt bleibt ferner, warum die in Abb. 4 deutliche tangentielle Schichtung in der Nähe der Sektorlücke nicht wahrnehm-

bar ist. Ausschlaggebend für die Entstehung solcher Bildungen ist die Korngröße. Es wurde nur an Körnern von mehr als 9μ Länge eine Zerspaltung der Randzone beobachtet; solche von geringerer Größe blieben stets intakt und zeigten eine schwächer ausgebildete Radialstruktur.

Die Durchsicht der an den Körnern wahrgenommenen radialen Zerreißen führt mich zu der Vermutung, daß äußere und innere Schichten der nämlichen Scheibe eines Kornes in tangentialer Richtung keineswegs immer in gleichem Maße sich verkürzen, sondern, daß die in radialer Richtung aufeinander folgenden Schichten sich voneinander lösen und in der Richtung der Tangente aufeinander sich verschieben können. In der Tat habe ich gelegentlich Körner gefunden, bei welchen sich die Randzonen einzelner Scheiben von den tiefer liegenden Zonen abgespreizt hatten. Die schraubigen Bauprinzipien unserer Körner, von deren Nachweis sogleich noch die Rede sein wird, erschweren die Beurteilung dieser Fragen ungemein.

In der Ausbildung der Schichtung und Strahlung lassen sich die mit Silbernitrat behandelten Paramylonkörner von *E. sanguinea* vergleichen mit den von *E. velata* var. β *granulata* (KLEBS), an denen BÜTSCHLI (a. a. O.) ähnliche Strukturen nach Kochen in 37 proz. Salzsäure auftreten sah. Es ist bei diesen jedoch die Strahlung nicht nur auf die Außenzone beschränkt, sondern reicht bis zu der Zentralthöhle, die der erwähnte Autor an seinen Objekten beobachtet. So liegt es auch für ihn näher, die nach Salzsäurebehandlung auftretenden Strukturen zu vergleichen mit den der echten Sphärokristalle organischer und anorganischer Natur.

Seit den Beobachtungen von NÄGELI und SCHWENDENER (1877) und SCHIMPER (1881) wissen wir, daß bei Stärkekörnern nach Einwirkung mechanischen Druckes die Schichtung deutlicher werden kann. Ebenso konnte KLEBS (1883) auf gleiche Weise an größeren Paramylonkörnern die Schichtung besser hervortreten sehen. Die Paramylonkörner von *E. sanguinea* erfahren unter Druckwirkung die mannigfachsten Formveränderungen, die geeignet sind, uns über ihre Struktur Aufschluß zu geben.

Läßt man das Wasser unter dem Deckglas des Präparates langsam verdunsten, so werden durch die geringe Druckwirkung des Deckglases bereits konzentrische Schichten oder schneckenartige, ammonshornartige Strukturen sichtbar, wie ich sie in ähnlicher Weise beim Trocknen der Körner entstehen sah. Durch Aufdrücken einer Nadelspitze läßt sich die Druckwirkung abstufen und gleichzeitig bei schwacher Vergrößerung beobachten, wie von dem Hauptdruck-

herd aus in radialer Richtung die Abnahme des Druckes eine Änderung der Form bedingt. Im gleichen Präparat lassen sich so alle Übergangsstufen nebeneinander vergleichen; je nach der Stärke des Druckes und der Richtung, in der dieser auf die Körner erfolgt, entstehen verschiedene Formen. Die Abb. 5—10 geben solche wieder. Bei schwächster Druckwirkung erfolgt eine Abrundung der zuvor elliptischen Körner, wobei in vielen Fällen nach außen stark klaffende Risse und Sektorenlücken entstehen. Ähnliche Bildungen hat KLEBS (a. a. O.) für größere kreisrunde Paramylonkörner mit besonders deutlicher konzentrischer Schichtung abgebildet.

Von allen nach Druckwirkung entstehenden Formen verdienen zunächst die ammonshornartigen unsere Beachtung (Abb. 5). Vollständig erhalten bleiben in allen Fällen nur die inneren Windungen; dem äußeren Bogenang fehlen sektorenähnliche Stücke, meist derart, daß die Bruchlinien, deren Verlängerungen durch die Mitte des Kornes gehen, einen Winkel von 90° miteinander bilden. In nur wenigen Fällen sah ich das äußere Bogenstück ganz erhalten bleiben; meist trifft in ihm eine Aufspaltung in konzentrische Schichten oder sich aufspaltende und spitzwinklig zueinander verlaufende Bogenstücke ein. Häufig war zu sehen, daß das äußere Bogen-



Abb. 5. Nach Druckwirkung entstandene ammonshornartige Form bei Abspaltung eines sektorenähnlichen Stückes im äußeren Bogenang.

stück in den Fällen, in denen es keine Aufspaltung erfahren hatte, sich an einer oder zwei Seiten von den Innenwindungen reifenartig abgelenkt hatte — wir erwähnten diese Bildungen schon vorhin. Nicht immer werden in der äußeren Bogenwindung glatte Bruchflächen erkennbar, sondern in vielen Fällen sieht man aus den radialen Bruchflächen reifenartig gebogene, verschieden lange Endstücke hervorragen, vergleichbar den Einzeldrähten an den Bruchstellen eines Kabels. Auch dieser Befund spricht für die vorhin vorgetragene Annahme der Gleitbewegung reifenartiger Anteile. Vergleicht man die Außenzone der in Abb. 4 und 5 dargestellten Körner, so darf man annehmen, daß es sich bei den reifenartigen Endstücken um deutlich voneinander abgesetzte Schichtstücke handelt, wie sie nach Behandlung mit Silbernitrat in dieser Zone deutlich werden. Die Frage, ob das in der Scheitelansicht sich zeigende Korn (Abb. 5) nur aus einem solchen „Ammonshorn“ besteht, oder ob noch eine weitere oder mehrere ähnlich geformte Schichten in ihm liegen, wird durch Abb. 6 beantwortet, — in dem Sinne, daß das Korn aus einem schraubig

gewundenen Band besteht, das an beiden Enden schneckenartig eingerollt ist; in Abb. 2 liegt ein zerborstenes Schräubchen ähnlicher Art in Seitenansicht vor. Bei Erhöhung des Druckes lassen sich auch Körner, wie das in Abb. 2 dargestellte, in eine Ebene quetschen und der Abb. 6 ähnlich machen.

Wir folgern: das ganze Paramylonkorn besteht aus einem einzigen einheitlichen zusammenhängenden Band, das in den beschriebenen Quetschpräparaten in Form von zwei nebeneinander liegenden, aber noch miteinander verbundenen Teilhälften schneckenförmig aufgewunden ist (Abb. 6). Von einem etwaigen Zentralkörper, um den



Abb. 6. Nach verstärkter Druckwirkung zeigen sich viele Körner als schraubig gewundenes und an beiden Enden schneckenartig eingerolltes Band.



Abb. 7 Zerdrücktes Korn wendeltreppenartig aufgewunden.

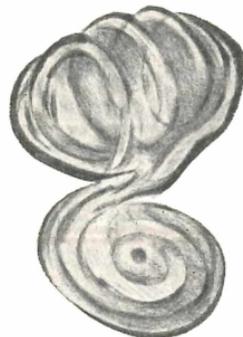


Abb. 8. Verschiedenartiges Verhalten zweier Kornhälften.

dieses Band hätte gewunden sein können, war in keinem Falle etwas zu beobachten. In Abb. 7 sehen wir ein zerquetschtes Korn wendeltreppenartig aufgewunden, das sich aber ganz auf die Form des in Abb. 6 wiedergegebenen zurückführen läßt. Weniger deutlich läßt die Abb. 8 ein einheitliches zusammenhängendes Band erkennen; die eine Hälfte ist in ihrer schneckenförmigen Struktur noch erhalten, während die andere unter Einfluß stärkeren Druckes sich spiralg aufgewunden hat, was allerdings nicht sehr deutlich zu erkennen ist, da das Band eine „Auffaserung“ in Bogenstücke erfahren hat. In Abb. 9 sehen wir solche „Fasern“ zerrissen, teilweise abgebogen, und die einzelnen Bogenstücke gegeneinander verdreht und in eine Ebene gedrückt. Ein noch weiterer Zerfall in einzelne Teilschichten tritt dann ein, wenn die Körner stärkster Druckwirkung ausgesetzt werden (Abb. 10). Die Kleinheit des Objektes und die Verlagerungen der voneinander gebogenen Schichtfasern gestatten nicht festzustellen, eine wievielfache Aufteilung das Band erfahren hat.

In den Mitteilungen anderer Autoren finden wir über die Spiralstruktur der Paramylonkörner nur zwei Angaben. Nach Quellung der Paramylonkörner von *E. velata* var. *β granulata* (KLEBS) mittels Chlorzink oder Kalilauge beobachtete BÜTSCHLI (a. a. O.) eine Schraubensstruktur, die er mit folgenden Worten schildert: „Mit stärksten Vergrößerungen glaubt man nämlich vielfach sicher zu bemerken, daß die zarten scheinbaren Schichten als ein engschraubiger Faden untereinander zusammenhängen, der an der Oberfläche der Spindel verläuft“. Noch besser konnte er an den in Formalin gequollenen Körnern „den schraubigen Zusammenhang der anscheinenden Querstreifung“ deutlich erkennen.

Aus einigen Abbildungen geht hervor, daß auch die Paramylonkörner dieser Euglenenart Sonderung und Zerreißen des Fadens oder Auseinandertreten der Fadenwindungen erkennen lassen. Nach den in Abb. 5—10 wiedergegebenen Befunden sehe ich keine Veranlassung, an einer schraubigen Struktur der Paramylonkörner zu zweifeln.

BÜTSCHLI hat sich die Schwierigkeiten nicht verhehlt, die der Deutung seiner Befunde im Wege stehen: „daß die Paramylonkörner aus einem dicht aufgerollten schraubigen Faden bestehen sollten, ist doch kaum annehmbar“.

Wir tragen nach unseren eigenen Befunden keine Bedenken mehr, BÜTSCHLIS Zweifel für unberechtigt zu halten. Ich schließe mich einer von Herrn Professor KÜSTER wiederholt im Gießener Institut geäußerten Ansicht an, nach der auch bei Paramylonkörnern eine schraubige Orientierung der Teilchen auftreten kann, wie sie für den Feinbau vieler Membranen längst bekannt ist. Vielleicht hilft uns auch später noch der Vergleich unserer Körner mit den wohlbekanntenen Membranen zu einer Erleichterung des Verständnisses der an jenen wahrgenommenen Strukturen.



Abb. 9. Unter teilweiser Auffaserung sind die einzelnen Bogenstücke gegeneinander verdreht und in eine Ebene gedrückt.



Abb. 10. Weiterer Zerfall in einzelne Schichten und Zunahme der Auffaserung bei stärkster Druckwirkung.

BÜTSCHLI berichtet in seiner Arbeit in keiner Weise von Deformationen der Paramylonkörner, die durch mechanischen Druck hervorgerufen werden, obwohl er öfters die Arbeit von KLEBS zitiert, in der davon die Rede ist. Leider stand mir *E. velata* nicht zur Verfügung, so daß ich ihre Paramylonkörner in dieser Hinsicht nicht prüfen konnte.

Eine weitere Angabe über spiralige Struktur der Paramylonkörner finden wir bei HAMBURGER (1911), die die Paramylonkörner von *E. Ehrenbergii* zum Studium des feineren Baues in 20proz. Formalin oder Pankreatin zum Quellen brachte. Hierbei beobachtete sie an den großen Körnern das Auftreten von Schichten „sowie die von BÜTSCHLI (1906) beschriebene Art der Quellung der inneren Schichten“. Leider ist die kurze Mitteilung nur durch drei schematische Abbildungen erläutert, von denen zwei mehrere aneinandergereihte Paramylonscheiben zeigen, deren eine zu einem mehrstreifigen, fragezeichenartig gewundenen Bande aufgequollen ist. Die dritte Abbildung zeigt ein längsgespaltenes Korn (wie unsere Abb. 2). Wenn sich auch diese kurze Mitteilung für unsere Fragestellung nicht weiter auswerten läßt, so sehen wir doch, daß auch an einer dritten Euglenenart Paramylonkörner mit spiraliger Struktur beobachtet worden sind.

Neben den Wirkungen mechanischen Druckes sind es Quellungs- und Lösungserscheinungen, die uns über den inneren Aufbau der Paramylonkörner Aufschluß geben. Bei meinen Untersuchungen kamen die zum Teil von KLEBS, besonders aber von BÜTSCHLI benutzten Mittel zur Anwendung. Neben Chlorzinkjod, Chloralhydrat, Formalin und Kupferoxydammoniak wurden vor allem konzentrierte Schwefelsäure und 5—7proz. Kalilauge verwandt. Bis auf geringfügige Abweichungen waren zwischen den Quellungs- und Lösungserscheinungen in Kalilauge und Schwefelsäure keine Unterschiede zu bemerken. Je nach der Schnelligkeit, mit der die Reagenzien an das Paramylonkorn herankommen, tritt eine sofortige Lösung ohne vorherige sichtbare Quellung ein, oder es geht der Lösung ein langsames Aufquellen voraus. Im letzten Falle dauert es zuweilen 10—15 Minuten bis eine vollständige Lösung erfolgt, während im anderen ein restloses Schwinden schon nach 2—3 Sekunden erreicht ist. Am besten beobachtet wurden die langsam fortschreitenden Quellungs- und Lösungsstadien an Paramylonkörnern von Cysten, die mehrere Monate in 3proz. Glukoselösung gelegen hatten und in dichtes Pilzmycel eingehüllt waren, durch das die Schwefelsäure nur langsam hindurchdiffundierte. Im ersten Quellungsstadium ge-

wahrt man eine schwache Abrundung der ellipsoidischen Körner, sodann eine allmähliche zentrifugal fortschreitende Erweiterung der helleren Mittelzone. Sodann treten zwei etwa gleichbreite konzentrische Schichten hervor, von denen die innen liegende etwas heller erscheint als die äußere (Abb. 11). Bei anderen Körnern sieht man eine Folge von drei konzentrischen Schichten, von denen eine breitere und dunklere Außen- und Innenschicht eine schmalere, helle Mittelschicht einschließen (Abb. 12). Andere Körner des gleichen Präparates zeigen indessen keine konzentrische Schichtung, sondern lassen eine schwach konturierte Schnecke erkennen, deren innere Windungen zusehends blasser werden und dadurch eine beginnende



Abb. 11. Schichtenbildung bei beginnender Quellung.



Abb. 12. Schichtung bei fortgeschrittener Quellung.

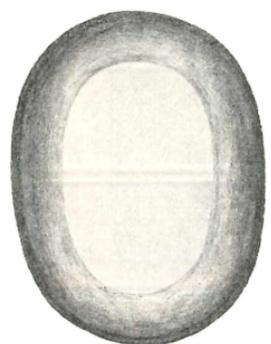


Abb. 13. Ringförmige Außenzone nach Lösung der inneren Schichten.

Lösung verraten, die zentrifugal allmählich weiterschreitet, bis im letzten Lösungsstadium die ringförmige, widerstandsfähigere Außenzone ebenfalls von innen her wegschmilzt (Abb. 13).

Bei allen angewandten Lösungsmitteln ist ein Abschmelzen stets nur von innen nach außen zu beobachten. Gelegentlich sieht man zweischichtige Körner, die derart aufquellen, daß das ganze Korn in der Flächenansicht vier gleichbreite Zonen zeigt, die gleichfalls in der eben geschilderten Weise gelöst werden. Bei Schräglage der Körner erkennt man schmaltrichterförmige Einbuchtungen, die von der Mitte der Flächen ausgehen und mit einem axialen Kanal miteinander verbunden sind. Es wird in anderem Zusammenhange hier- von noch näher die Rede sein. Besonders aufschlußreiche Quellungs- und Lösungsbilder zeigen solche Körner, die durch mechanischen Druck eine mehr oder minder starke Aufspaltung erfahren haben. Meist beobachtet man ein nach beiden Seiten erfolgendes Auseinanderziehen eines Spiralfadens, der wegschmilzt, kaum nachdem er

sichtbar geworden ist. Neben solchen doppelkegelförmigen Gebilden sieht man an anderen die eine Längshälfte des Kornes noch erhalten, die andere von dem herandiffundierenden Lösungsmittel zuckerhutförmig ausgezogen und gelöst werden. Während in einigen Fällen das ganze Korn in eine einzige Spirale aufgeht, lösen sich in anderen nur wenige kurze Bogenstücke voneinander. Daneben ist bei manchen Körnern ein Auseinanderweichen von scheibenförmigen Platten zu beobachten, indem von einer breiten Mittelscheibe auf beiden Seiten je eine schmale Kalotte sich abhebt. Aus den von BÜTSCHLI wiedergegebenen Abbildungen und oben zitierten Beschreibungen geht hervor, daß die Quellungs- und Lösungserscheinungen der Paramylonkörner von *E. velata* und *E. sanguinea* im wesentlichen übereinstimmen.



Abb. 14. Organismische Verdauung eines Paramylonkornes. Profilsansicht eines Großkornes nach zweistündigem Aufenthalt in der Nahrungsvakuole einer Amöbe.

Ebenso wie mit Schwefelsäure, Kalilauge und einigen anderen Mitteln ließ sich auch auf fermentativem Wege, durch Behandlung mit Diastase eine Lösung des Paramylons erzielen. Unbehandelte Körner und solche, die durch einstündiges Kochen eine geringe Quellung erfahren hatten, wurden im Thermostaten bei 28—30° C mehrere Stunden der Wirkung der Diastase ausgesetzt. Die unbehandelten Körner zeigten hier nach keinerlei Veränderungen, während die zuvor gequollenen eine Erweiterung der helleren Mittelzone erkennen ließen, d. h. an dieser Stelle bereits durch Lösung eine Abnahme der Schichtdicke erfahren hatten. Bei einer verhältnismäßig geringen Zahl hatte die auch hier zentrifugal fortschreitende Lösung nur noch eine Randzone übrig gelassen. Kleinkörner und Großkörner wiesen insofern einen Unterschied auf, als die letzteren bedeutend länger dem lösenden Einfluß der Diastase zu widerstehen vermochten als die erstgenannten. Korrosionsfiguren konnten keine beobachtet werden.

Während nach den oben geschilderten Methoden versucht wurde, durch Einwirkung bekannter Mittel einen Abbau des Paramylons zu erwirken, gelang mir durch einen glücklichen Zufall die Beobachtung einer organismischen Verdauung der Paramylonkörner. In einer Euglenenkultur, die ich wenige Tage zuvor der Wasserblüte entnommen hatte, war eine starke Entwicklung von Amöben zu beobachten, die in großer Zahl Paramylonkörner zerfallener Euglenen

Während nach den oben geschilderten Methoden versucht wurde, durch Einwirkung bekannter Mittel einen Abbau des Paramylons zu erwirken, gelang mir durch einen glücklichen Zufall die Beobachtung einer organismischen Verdauung der Paramylonkörner. In einer Euglenenkultur, die ich wenige Tage zuvor der Wasserblüte entnommen hatte, war eine starke Entwicklung von Amöben zu beobachten, die in großer Zahl Paramylonkörner zerfallener Euglenen

aufgenommen hatten und mit sich führten. In den einzelnen Amöben sah ich bis zu acht Großkörner und sechs Kleinkörner, die durch die dauernde Bewegung der Amöben in fortwährende Drehung versetzt wurden, was eine allseitige Beobachtung ermöglichte. Es vollzog sich die Lösung der Körner auch hier in derselben Weise, wie es oben beschrieben wurde, mit dem Unterschied, daß die vollständige Verdauung 6—7 Stunden beanspruchte, während die Lösung in den genannten Mitteln nur wenige Sekunden oder Minuten dauerte. So waren von den erwähnten 14 Körnern nach 6 Stunden nur noch 5 vorhanden, die aber schon starke Lösungserscheinungen erkennen ließen. Die Langsamkeit, mit der sich in den Amöben die Verdauung der Paramylonkörner vollzieht, gestattet eine genaue Verfolgung der einzelnen Lösungsstadien. Abb. 14 bestätigt uns zunächst die schon erwähnte Beobachtung, daß die Lösung der Körner engtrichterförmig von der Mitte der Fläche ausgeht. Wir sehen das Wegschmelzen der Substanz in axialer Richtung fortschreiten und von der Mitte des Kornes aus in der Längsrichtung eine schnellere Lösung der Substanz erfolgen, so daß eine kreuzförmige Lösungsfigur entsteht, die in dieser Richtung zwei stets länger und breiter werdende Arme aufweist. Es erfolgt so eine fortschreitende Aushöhlung des Kornes, bis auch schließlich die widerstandsfähigere Außenschicht der Lösung anheimfällt. Hin und wieder beobachtet man in den Amöben tellerförmige Kornhälften, die dadurch zustandekommen, daß bei der in der Längsrichtung schneller fortschreitenden Lösung die Randschicht ringsum gelöst wird, so daß zwei in der Mitte durchlochte, flache Hälften entstehen.

Aus den nach mechanischem Druck erfolgenden Deformationen der Körner, ihren optischen Eigenschaften und den Quellungs- und Lösungserscheinungen geht hervor, daß sie nicht in allen Teilen gleiche Dichte besitzen. Im peripheren Teil finden wir dichtere, lösungswiderstandsfähigere Schichten, während die inneren geringere Dichte aufweisen und leichter lösbar sind. Ähnlichen Bau zeigen auch die Paramylonkörner anderer Euglenen, wie aus den Mitteilungen einiger Autoren hervorgeht. So seien die Angaben von SCHMITZ (1883, 1884) erwähnt, der von den Paramylonkörnern von *E. viridis* und *E. geniculata* berichtet, sie seien „ohne erkennbare Schichtung, doch mit deutlich geringerer Dichte der Substanz in der Mitte des Kornes“. Das letztere findet eine Bestätigung durch KLEBS (a. a. O.): „Alle Körner zeigen, wie SCHMITZ hervorgehoben hat, einen weniger dichten, zentralen Teil“. BÜTSCHLI (a. a. O.) beschreibt bei den Paramylonkörnern von *E. velata* ein in der Flächen-

ansicht sich zeigendes schwach lichtbrechendes, zentrales Kreisichen, „das keine Durchbrechung ist, sondern eine von schwach lichtbrechender Substanz (wahrscheinlich wässriger Flüssigkeit) erfüllte Höhle, wie sie bei Stärkekörnern und Sphärokristallen im zentralen Ausgangspunkt des Wachstums häufig vorkommt“. BÜTSCHLI indessen wendet sich gegen die von SCHMITZ und KLEBS behauptete Abnahme der Dichte und Zunahme des Wassergehaltes gegen das Zentrum oder die Achse der Paramylonkörner und begründet seine Meinung mit der Beobachtung, daß beim Trocknen der Körner oberflächlich Risse auftreten, die gegen das Innere fortschreiten, und weiterhin damit, daß das Aussehen und die Lichtbrechung der normalen Körner keinen Beweis für eine verschiedene Dichte der Substanz liefern. Abgesehen von der erwähnten Zentralhöhle findet er keinen Unterschied in der Brechung der peripheren und axialen Region. Aus neuerer Zeit finden wir eine Mitteilung von GÜNTHER (1928), der von den Paramylonkörnern von *E. terricola*, *E. lucens* und anderen erwähnt, daß sie entweder innen einen Hohlraum oder eine weniger dichte Substanz haben, als in den peripheren Schichten. Ich sehe in meinen Befunden den experimentellen Beweis für die Richtigkeit der Deutung, nach der die Paramylonkörner in ihrem zentralen Teil geringere Dichte aufweisen, wasserreicher sind und infolgedessen schwächer lichtbrechend als an der Peripherie.

Schon BÜTSCHLI hat bei der Diskussion der Struktur der Paramylonkörner auf die Schwierigkeiten hingewiesen, die Verschiedenartigkeit zu erklären, welche die Körner erkennen lassen: das eine Mal sieht man Schraubenstruktur, in anderen Fällen konzentrische Schichtung oder Serien von Scheiben. BÜTSCHLI betont, offenbar mit Bezugnahme auf die Scheibenstruktur, ausdrücklich die Schwierigkeiten, die der Versuch zur Erklärung solcher Vielgestaltigkeit mit sich bringt; es „müssen gewisse besondere Bau- und Zusammenhangsverhältnisse der Schichten von vornherein bestehen, welche den eigentümlichen Zerfall und damit auch die Entstehung des Spiralfadens bedingen“ (BÜTSCHLI, 1906, p. 222). Geben meine Beobachtungen die Möglichkeit, jene Erklärungsschwierigkeiten zu überwinden?

Man könnte sich fragen, ob vielleicht die Schraubenstruktur den Paramylonkörnern ursprünglich nicht eigen ist, sondern ihnen erst durch Druck oder andere Agenzien gegeben wird, indem diese eine — in ihrer Mechanik freilich vollständig unerklärliche — Änderung der Mycellarstruktur bewirkt. Diese Annahme ist meines Ermessens unzulässig — wie mir scheint namentlich deswegen, weil

Agenzien von verschiedener Art und Wirkungsweise die Schraubenstruktur sichtbar zu machen vermögen.

Die Annahme, daß vielleicht in der Euglenenzelle zwei verschiedene Körnerarten, schraubig gebaute und scheibenartig geschichtete, aufträten, ist ebenfalls zu verwerfen. Gegen sie spricht der Befund, daß es nicht selten gelingt, durch mechanischen Druck an sämtlichen Paramylonkörnern einer Zelle Schraubenstruktur nachzuweisen.

Ohne besondere Schwierigkeiten ist an den Paramylonkörnern das Auftreten einer der Schichtung der Amylumkörner ähnliche, konzentrische Lamellenstruktur neben der Schraubenstruktur zu erklären. Wir haben anzunehmen, daß die wendeltreppenähnlichen, schraubigen Platten, aus welchen das Paramylonkorn zu bestehen scheint, wachsen und dabei Schichten mehr oder minder deutlich erkennbar werden lassen, derart, daß jeder Wendeltreppenumgang aus äquidistanten aufeinandergebauten Streifen besteht. Eine derartige Streifung ist an manchen Quetschpräparaten deutlich zu erkennen. Sie macht es verständlich, daß man dann, wenn intakte, noch nicht in ihre Schraubenbänder aufgedröselte Paramylonkörner vorliegen, eine konzentrische Schichtung sichtbar wird — entsprechend den Differenzierungen der einzelnen Wendeltreppenumgänge. Der Frage, ob diese Schichten durch Appositionswachstum oder durch andersgeartete Vorgänge zustande kommen, darf ich nicht nähertreten.

Es bliebe zu erklären, daß unsere Körner Schraubenstruktur und zu gleicher Zeit Scheibenstruktur besitzen, wie sie beim Trocknen und Quellen der Körner hervortritt. Ich halte eine Strukturkombination dieser Art keineswegs für unmöglich. Vielleicht hilft hier der von Herrn Prof. KÜSTER vorgetragene Vergleich der Paramylonkörner- und der Membranstruktur vorwärts. Es gibt Membranen, an welchen sich eine Querplattenstruktur nachweisen läßt (vgl. KRABBE, 1887; CORRENS, 1893; KÜSTER, 1935), die ihrerseits andere Struktur keineswegs ausschließt. CORRENS gelang es sogar, solche Membranen in scheibenartige Stücke zu zerlegen. Auf die von ihm diskutierten hypothetischen Vorgänge, durch welche jene Scheibendifferenzierung in der Membran zustande kommt, einzugehen, darf ich mir versagen.

Zusammenfassung.

1. Das von BÜTSCHLI an *E. velata* studierte Phänomen der schraubigen Struktur wird für die Paramylonkörner der *E. sanguinea* aufgedeckt und bestätigt.

2. Es gelingt, die Schraubenstruktur nicht nur im Profil, sondern auch in der Scheitelansicht zu studieren.

3. Schraubige Struktur wird nicht nur bei Quellung der Paramylonkörner, sondern auch bei Trocknung, mechanischem Druck und intracellulärer Verdauung durch Amöben sichtbar.

4. Bei Behandlung mit 5proz. Silbernitratlösung wird in der Randzone der Körner eine Radialstruktur sichtbar; ebenso treten in dieser Zone nach verschiedenen Eingriffen sektorenähnliche Ribbildungen auf.

5. Die inneren Schichten fallen der Lösung stets schneller anheim als die äußeren Schichten.

Fräulein LOTTE MÜLLER hat nach meinen Angaben eine Reihe von Abbildungen angefertigt. Für ihre verständnisvolle Hilfe sage ich ihr besten Dank.

Literaturverzeichnis.

- BÜTSCHLI, O. (1906): Beiträge zur Kenntnis des Paramylons. Arch. f. Protistenk. Bd. 7 p. 197.
- CORRENS, C. (1892): Zur Kenntnis der inneren Struktur der vegetabilischen Zellmembranen. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 23 p. 254.
- (1893): Über die Querlamellierung der Bastzellmembranen. Ber. d. D. Bot. Ges. Bd. 11 p. 410.
- DEFLANDRE, G. (1934): Sur les propriétés optiques du paramylon. (Variation de l'anisotropie.) Bull. biol. France et Belg. T. 68 p. 382.
- GOTTLIEB, J. (1850): Über eine neue mit Stärkemehl isomere Substanz. Ann. d. Chemie u. Pharmacie Bd. 75 p. 51.
- GÜNTHER, FR. (1928): Über den Bau und die Lebensweise der Euglenen, besonders der Arten *E. terricola*, *geniculata*, *proxima*, *sanguinea* und *lucens* nov. spec. Arch. f. Protistenk. Bd. 60 p. 511.
- HAMBURGER, CL. (1911): Studien über *Euglena Ehrenbergii*, insbesondere über die Körperhülle. Sitzungsber. d. Akad. d. Wissensch. Heidelberg Bd. II B p. 3.
- HEIDT, K. (1934): Hämatochromwanderung bei *Euglena sanguinea* EHRBG. Ber. d. D. Bot. Ges. Bd. 52 p. 607.
- KLEBS, G. (1883): Über die Organisation einiger Flagellatengruppen und ihre Beziehungen zu Algen und Infusorien. Unters. aus d. Botan. Inst. Tübingen Bd. 1 p. 233.
- KRABBE, G. (1887): Ein Beitrag zur Kenntnis der Struktur und des Wachstums vegetabilischer Zellhäute. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 18 p. 346.
- KÜSTER, E. (1935): Die Pflanzenzelle. Jena.
- KUTSCHER, F. (1898): Beitrag zur Kenntnis der *Euglena sanguinea*. Ztschr. f. physiol. Chemie Bd. 24 p. 360.
- MAINX, F. (1928): Beiträge zur Physiologie und Morphologie der Eugleninen I u. II. Arch. f. Protistenk. Bd. 60 p. 305, 355.
- MEYER, A. (1895): Untersuchungen über die Stärkekörner. Wesen und Lebensgeschichte der Stärkekörner der höheren Pflanzen. Jena.
- NÄGELI, C. u. S. SCHWENDENER (1877): Das Mikroskop. Leipzig.
- SCHIMPER, A. F. W. (1881): Untersuchungen über das Wachstum der Stärkekörner. Botan. Ztg. Bd. 39 p. 185.
- SCHMITZ, F. (1883): Die Chromatophoren der Algen. Bonn.
- (1884): Beiträge zur Kenntnis der Chromatophoren. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 15 p. 1.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Archiv für Protistenkunde](#)

Jahr/Year: 1936

Band/Volume: [88_1936](#)

Autor(en)/Author(s): Heidt Karl

Artikel/Article: [Form und Struktur der Paramylonkörner von Euglena sanguinea \(Ehrbg.\). 127-142](#)