

(Aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Biologie, Berlin-Dahlem. Abt. M. HARTMAHN.)

Zur Biologie und Entwicklungsgeschichte von *Noctiluca miliaris*¹⁾.

Von
Fabius Gross.

(Hierzu 6 Textfiguren und Tafel 6.)

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Einleitung	178
Kulturmethode	179
Nahrungsaufnahme	181
Gametenkopulation	184
Die Entwicklung der Zygoten	187
a) Versuche mit erhöhter Wasserstoffionenkonzentration des Kulturmediums	188
b) Die intracelluläre Wasserstoffionenkonzentration von <i>Noctiluca</i> . .	190

Einleitung.

Die Anzahl der Originalarbeiten über *Noctiluca* und die Cysto-flagellaten belief sich 1921 auf etwa 70 (PRATJE, 1921). In der Zwischenzeit sind einige weitere Arbeiten erschienen, auf die noch weiter unten eingegangen wird. Trotz dieser großen Anzahl von Untersuchungen sind noch heute wesentliche Teile des Entwicklungszyklus und der Biologie dieses infolge seiner Größe und seines massenhaften Auftretens im Plankton für Beobachtungen und Experimente besonders geeigneten Protozoons in Dunkel gehüllt. Ältere Autoren nahmen vielfach eine direkte Entwicklung der Sporen an, oder ver-

¹⁾ Durchgeführt mit Unterstützung der Österreichisch-Deutschen Wissenschaftshilfe.

suchten Stadien, die zweifellos als Plasmogamien aufzufassen sind, als Kopulation erwachsener Individuen zu interpretieren. PRATJE (1921) vermutete, daß eine Kopulation der Schwärmer stattfindet. Er fand schräg aneinanderliegende Schwärmer, oder solche, die sich mit ihrer Bauchseite berührten, doch erschien ihm die Annahme wahrscheinlicher, „daß es sich hier um zwei aus einer Teilung hervorgegangene Schwärmer handelt, welche sich nicht voneinander losgelöst haben“. HOFKER (1930) konnte durch Versuche, welche später noch genauer besprochen werden müssen, wahrscheinlich machen, daß eine Kopulation der Sporen vorkommt. Niemand vermochte aber die Kopulation zu beobachten. In diesem Punkte konnte die vorliegende Untersuchung Klarheit schaffen: Die Schwärmer oder „Zoosporen“ von *Noctiluca* sind Gameten, und zwar Isogameten getrenntgeschlechtlicher Elterindividuen. In der Aufzucht der Zygoten hatte ich weniger Erfolg; dem Entwicklungszyklus haften noch immer Lücken an, die vorläufig nur durch eine Hypothese überbrückt werden konnten. Die hypothetischen Annahmen beruhen auf Experimenten über die Wirkung erhöhter Wasserstoffionenkonzentration auf die Zygoten einerseits und auf Feststellungen des p_H des Zellinnern von *Noctiluca* andererseits. Da diese Untersuchungen aus äußeren Gründen zur Zeit nicht weitergeführt werden können, sollen die bisherigen Ergebnisse hier kurz mitgeteilt werden, in der Hoffnung, später einmal den hier aufgeworfenen Problemen mit verbesserten Methoden an den Leib rücken zu können. Aus dem Nachfolgenden wird ersichtlich werden, welch ein hervorragendes Objekt für physiologische und experimentell-cytologische Versuche *Noctiluca* ist.

Kulturmethode.

Zweifellos beruhte ein Großteil der Mißerfolge und Mißdeutungen des Formwechsels von *Noctiluca* seitens früherer Autoren, ferner unsere Unkenntnis über die Funktion des Tentakels, über die Art der Nahrungsaufnahme usw. darauf, daß *Noctiluca* bisher nie kultiviert werden konnte. Dabei muß man einen Unterschied machen zwischen kultivieren und am-Leben-halten. PRATJE (1921) meint, *Noctiluca* sei relativ leicht zu kultivieren. „Ist es doch gelungen, sie 3—6 Wochen in Kulturgläschen zu halten.“ An einer anderen Stelle macht er aber die Feststellung, daß Versuche, die Noctilucen in den Kulturen zu füttern, ihm immer mißlungen sind. Selbst auf oder neben ihnen liegende Biddulphien, welche oft bei frischgefangenen Tieren in den Nahrungsvakuolen zu finden sind, wollten sie

in seinen Kulturen nicht aufnehmen. Ähnlich erging es wohl HOFKER (1930), der imstande war, eine Kultur 5 Wochen am Leben zu erhalten.

Ich führe diese Angaben nicht nur an, um nachzuweisen, daß in diesen und in allen früheren Fällen, wo mit *Noctiluca* gearbeitet worden ist, die Tiere nur am Leban gehalten und nicht kultiviert worden sind, sondern auch als Hinweis auf die interessante Tatsache, daß diese Organismen, sobald man sie aus ihrem natürlichen Milieu herausnimmt — auch wenn man sie in ganz frisches Seewasser bringt — die Nahrungsaufnahme stoppen. Vorher begonnene Prozesse, wie Verdauung bereits aufgenommener Nahrungskörper, Resorption von Reservesubstanzen, Zellteilung und Sporulation werden zu Ende geführt, aber in Seewasserkulturen nicht wieder eingeleitet. Dies illustriert deutlich die Feststellung, daß auch das natürliche Seewasser, sobald es aus dem „Stoffkreislauf des Meeres“ herausgelöst wird, außerordentlich schnell an lebenswichtigen Stoffen verarmt, und seine Insassen nur ein mehr oder minder kärgliches Dasein fristen.

Im Sommer 1931 benutzte ich einen 20 tägigen Aufenthalt in der Biologischen Anstalt auf Helgoland, um *Noctiluca* auf ihre Kultivierbarkeit hin zu untersuchen. Mit Seewasser machte ich die gleichen Erfahrungen wie meine Vorgänger. Als nicht wesentlich besser erwies sich in diesem Fall die SCHREIBER'sche Lösung (Seewasser mit Zusatz von NaNO_3 und Na_2HPO_4). Hingegen gelang die Kultivierung sofort im „Erdschreiber“ FÖYN's (Zusatz von Erdbekochung zum SCHREIBER'schen Medium; s. FÖYN, 1934). Als Futter dienten ausschließlich Reinkulturen einer *Chlamydomonas* spec. aus den Salinen von Cagliari, die ich auch als Futter für Kulturen von *Artemia salina*, dem Salinenkrebsehen, verwende. Die Kulturen von *Noctiluca* wurden nach meiner Rückkehr aus Helgoland über ein Jahr lang in Dahlem weitergeführt und dann wegen Zeitmangels abgebrochen. Vorigen Sommer wurde *Noctiluca* wieder in Kultur genommen — ich bekam die Ausgangstiere aus Helgoland gesandt — und wird jetzt noch in unserem Institut weitergeführt.

Die Noctilucen werden am besten in sog. BOVERI-Schalen oder als Massenzuchten in Kristallisierschalen mit Überfalldedeckel gehalten. Je nach der Anzahl der in einer Schale vorhandenen Tiere ist eine Übertragung in frische Schalen mit frischem Medium alle 8—14 Tage notwendig. Bei der Übertragung wird auch neues Futter zugesetzt. Die Tiere teilen sich bei reichlicher Fütterung ungefähr alle 3 Tage.

Es ist nach meinen Erfahrungen eher schwerer, Sporulation in Kulturen zu verhindern, als sporulierende Tiere zu erhalten. In sehr rein geführten Kulturen tritt Sporulation oder — um ein späteres

Ergebnis vorwegzunehmen — die Gametenbildung sehr selten ein, und könnte sicherlich vollkommen unterdrückt werden. Besondere Versuche zur Auslösung der Gametenbildung habe ich nicht angestellt, da ich in meinen Massenkulturen und auch in angereicherten Klonzuchten immer genügend gametenbildende Individuen fand. Ich zweifle nicht daran, daß durch verschiedene wohldefinierte Veränderungen der Außenbedingungen eine Auslösung der Gametenbildung möglich ist. Eine nicht weiter definierbare Veränderung des Kulturmediums trat einmal durch Verabreichung von Chlamydomonas-Futter ein, das mit einem größeren farblosen Flagellaten verunreinigt war. In manchen Schalen bildeten bis zu etwa 90 Proz. der Individuen Gameten, so daß ich einige Klone nur mit Mühe durch mehrfaches „Baden“, öfteren Wechsel der Lösung und Verwendung ganz reinen Futters retten konnte.

Nahrungsaufnahme.

Als natürliche Nahrung von *Noctiluca* kann fast das gesamte Zoo- und Phytoplankton gelten, sofern es nicht die Größe eines Copepodennauplius überschreitet. Am häufigsten findet man in ihnen Reste von Diatomeen (*Coscinodiscus*, *Biddulphia*), manchmal recht große Crustaceen- oder Polychätenlarven. Wie sie so große Objekte verschlingen, kann ich nicht genauer angeben. HOFKER (1930) nimmt an, daß das Staborgan, an welches zahlreiche vom Zentralplasma ausgehende dünne Plasmastränge ansetzen, dabei eine gewisse Funktion ausübt. Durch Kontraktion dieser Plasmafäden, ohne die Verbindung mit dem Staborgan zu verlieren, soll die Mündungsrinne, das Cytostom, vergrößert und dadurch die Möglichkeit geschaffen werden, größere Objekte aufzunehmen. Eine durch das Cytostom nach außen tretende Protoplasma-masse verkittet den Nauplius oder die Diatomee, und durch Einziehen dieser Klebmasse soll die Beute mit ins Innere der Zelle gezogen werden.

Das Staborgan ist eine leistenartige Verdickung der Pellicula und wird allgemein als eine Art Stützleiste angesehen. Es trägt zur Erhaltung der Körperform bei und bietet den Plasmasträngen eine feste Ansatzfläche. Daß es aber zur Nahrungsaufnahme in irgendwelcher Beziehung steht, erscheint mir höchst unwahrscheinlich, ebenso auch, daß die dünnen Plasmastränge, welche vom Zentralplasma zum Staborgan verlaufen, sich auch nur einigermaßen kontrahieren können, ohne sich — wie es etwa nach einem Einstich geschieht — vom Staborgan loszulösen. Die Plasmastränge besitzen

eine relativ dünnflüssige Konsistenz, zeigen lebhafte Plasmaströmung und könnten kaum, auch wenn sie sich ein wenig zu kontrahieren vermöchten, die feste und elastische Pellicula des Peristoms auseinanderziehen, um so das Cytostom zu erweitern. Den Austritt einer Protoplasmamasse aus dem Cytostom habe ich nicht beobachten können.

Die Photographien auf Taf. 6 sollen eine Vorstellung von der Nahrungsaufnahme von *Noctiluca* in den Kulturen, mit *Chlamydomonas*-Zellen als einziger Futterquelle, vermitteln. Ein Blick auf eine gut gefütterte Kultur bzw. auf die Taf. 6 Fig. 1—5 lehrt uns zwei interessante Tatsachen: 1. Der Tentakel, über dessen Funktion bisher nichts mit Sicherheit ausgesagt werden konnte — außer das seine langsamen Bewegungen eine schwache, ungerichtete Bewegung der ganzen Zellen verursachen — ist ein Organell, dessen wichtigste und wahrscheinlich einzige Funktion der Nahrungsfang ist. 2. Die *Chlamydomonas*-Zellen werden nicht etwa einzeln, sondern in Form von Ballen oder Strängen verschlungen und erscheinen im Innern des *Noctiluca*-Körpers als gerade oder gebogene Stäbchen (Taf. 6 Fig. 2, 4, 5) oder als Spiralen mit 1—3 Windungen (Taf. 6 Fig. 1). Das überraschendste Bild ist das einer Spirale, weil man bei schwacher Vergrößerung zuerst unbedingt den Eindruck hat, das Tier habe eine Fadentalge verschluckt. Bei stärkerer Vergrößerung erkennt man natürlich sofort die Zusammensetzung aller dieser Gebilde aus einzelnen Zellen.

Die Beteiligung des Tentakels an der Nahrungsaufnahme ersieht man aus den *Chlamydomonas*-Klümpchen oder -Fäden, die an seiner Spitze befestigt erscheinen und die er bei seinen Bewegungen mit-schleppt. Oft kann man beobachten, daß zwei oder mehrere Noctilucen an einem und demselben Ballen von Chlamydomonaszellen „zerren“, ihn manchmal verlieren und wieder auffangen oder ihn zu einem mitunter recht langen Faden ausziehen (Taf. 6 Fig. 4, 5). Der Futterballen kann eine beträchtliche Größe erreichen, bevor er zum Cytostom transportiert und verschlungen wird. In der Zwischenzeit wird er vom Tentakel mehrere Male an das Peristom (die Einsenkung in der Pellicula, in welcher das Cytostom gelegen ist) herangeführt, ohne aufgenommen zu werden.

Zweifellos ist die Oberfläche des Tentakels und besonders dessen Spitze klebrig. Ob die Klebsubstanz vom Tentakel selbst ausgeschieden wird, und dies etwa mit seiner merkwürdigen Querstreifung irgendwie zusammenhängt, oder ob sie vom Zentralplasma durch das Cytostom an den Tentakel abgegeben wird, vermag ich nicht zu entscheiden. Untersucht man so ein grünes Zellklümpchen, das sich an der Spitze eines Tentakels befindet, bei stärkerer Vergrößerung

(Taf. 6 Fig. 6, 7), so sieht man sofort, daß die *Chlamydomonas*-Zellen in einer relativ zähflüssigen, „Protoplasma“-ähnlichen Substanz gelagert sind bzw. von ihr zusammengehalten werden. Daß es sich hier um eine Substanz handelt, welche größere Beuteobjekte festzuhalten vermöchte und kleinere Nahrungspartikel miteinander verkittet, erhellt aus folgenden Tatsachen: Wenn zwei Tiere ein solches Klümpchen mit ihren Tentakeln festhalten (Taf. 6 Fig. 4), wird durch die Tentakelbewegungen des einen Tieres nicht nur das Klümpchen bewegt, sondern auch die andere *Noctiluca* dabei mitgeschleppt. Bewegt man ein Tier mittels einer Nadel im Schälchen herum, so wird das Klümpchen bei nicht allzu schroffen Bewegungen festgehalten. Beim Herauspipettieren eines Tieres löst es sich gewöhnlich ab, aber ohne daß die einzelnen *Chlamydomonas*-Zellen etwa auseinanderschwimmen könnten. Die allseits von der „Kittsubstanz“ umgebenen Zellen sind unbeweglich. Die Fig. 6, 7 wurden mit einer Expositionszeit von 1 Sekunde aufgenommen; trotzdem weisen die in der Mitte der Bilder befindlichen Zellen keine Bewegungsunschärfe auf. Die am Rand eines Klümpchens gelegenen Zellen vollführen lebhaft zappelnde Bewegungen, manchmal mit dem Erfolg, daß sie sich losreißen und fortschwimmen; daher auch die Unschärfe der Zellen an der Peripherie der Bilder.

Es wird also immer eine größere Anzahl von miteinander verkitteten Zellen zum Cytostom geführt und von diesem aufgenommen. Die Nahrung wird von den Noctilucen verschlungen, d. h. verhältnismäßig große Brocken oder Fäden werden durch die schmale, spaltförmige Mundöffnung nach innen gesaugt. Dieses Einsaugen oder Einziehen der Nahrung durch das Cytostom wird sicherlich von dem gleich unterhalb der Mundöffnung gelegenen Zentralplasma durchgeführt. Aus der Wurstform, welche der in unserem Falle weiche und formbare Nahrungsbrocken nach dem Passieren des Cytostoms im Innern des Noctilucakörpers annimmt, kann man mit einiger Wahrscheinlichkeit schließen, daß das Cytostom nicht aktiv — etwa durch Kontraktion der Plasmafäden, wie HOFKER meint — erweitert wird; es gibt vielmehr zufolge der Elastizität der Pellicula dem Druck des eingezogenen Nahrungsbrockens nach. Ein der Länge nach den Durchmesser der *Noctiluca* überschreitendes Objekt wird je nach seiner Konsistenz entweder im Innern des Körpers aufgerollt, oder die Pellicula wird — bei harten Objekten wie Diatomeen oder, wie ich mehrmals beobachten konnte, bei Baumwollfasern, die ich in die Kulturschälchen brachte — ungefähr an der dem Cytostom gegenüberliegenden Stelle vorgebuchtet.

Bezüglich des weiteren Schicksals der aufgenommenen Nahrung habe ich nicht viele Beobachtungen angestellt. Es sei nur bemerkt, daß die „Futterstäbchen“ nicht gleich, sondern erst nach einigen Stunden in Brocken zerlegt und von Nahrungsvakuolen umgeben werden (Taf. 6 Fig. 3). Eine genauere Untersuchung der Nahrungsaufnahme, der auch hier vielleicht stattfindenden „Nahrungsauswahl“ (ein altes *Paramaecium*-Problem) und der Verdauung bei *Noctiluca* wäre sicherlich sehr lohnend.

Gametenkopulation.

Die Schwärmerbildung wurde bereits öfters beschrieben, zuletzt von PRATJE (1921). Was die Schwärmerbildung in den Kulturen anbelangt, so wurde darüber bereits einiges weiter oben (S. 180) mitgeteilt. Die Angaben PRATJES über die Schwärmer selbst kann ich im wesentlichen bestätigen: Sie besitzen eine Länge von etwa 20 μ , eine Breite von etwa 14 μ und sind bilateral-symmetrisch gebaut. Die Rückenfläche ist konvex gewölbt, die Bauchseite wird vom Kopfteil überragt (Textfig. 2), so daß im vorderen Drittel des Schwärmers eine Art Querfurche entsteht. In deren Mitte entspringt die 60—90 μ lange Schleppgeißel. Eine wichtige Korrektur früherer Angaben bezieht sich auf diese Geißel: Sie ist keine Faden- sondern eine Bandgeißel (Textfig. 1—4). Der unterhalb von der Querfurche gelegene Teil des Gametenkörpers wird von dem großen, stark lichtbrechenden Kern fast ganz ausgefüllt. Im Plasma verstreut liegt eine Anzahl von Fett- oder Öltröpfen.

Entnimmt man den Kulturen sporulierende Individuen und hält sie einzeln in hohlgeschliffenen Objektträgern oder in kleinen Schälchen, so sieht man die Schwärmer nach ihrer Loslösung von der Mutterzelle in der Kulturflüssigkeit umherschwimmen. Nach etwa 12 Stunden sieht man sie nur mehr am Boden der Schale „herumkriechen“. Bald darauf wird die Geißel resorbiert und die Schwärmer gehen zugrunde. Eine Kopulation ist nie zu beobachten. Ähnlich ergeht es einem, wenn man mehrere sporulierende Individuen aus einem Klon beisammenläßt; auch da findet niemals eine Kopulation statt. Bringt man jedoch eine Anzahl sporulierender Stadien aus einer Massenkultur oder aus verschiedenen Klonen in ein Schälchen, so kann man sicher sein, alle möglichen Stadien der Kopulation von Schwärmern zu finden und mithin ihre Gametennatur zu erkennen.

Die Kopulation der Gameten läßt sich dank ihrer Größe bei mittelstarker Vergrößerung im hängenden Tropfen sehr leicht be-

obachten. Zu Beginn schwimmen die beiden Partner dicht nebeneinander, rutschen von Zeit zu Zeit aneinander entlang, drehen sich $90-180^{\circ}$ um ihre Längsachse, als suchten sie die richtige

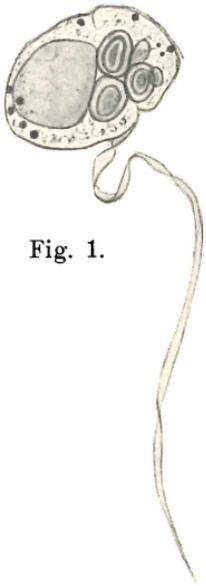


Fig. 1.

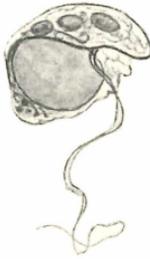


Fig. 2.

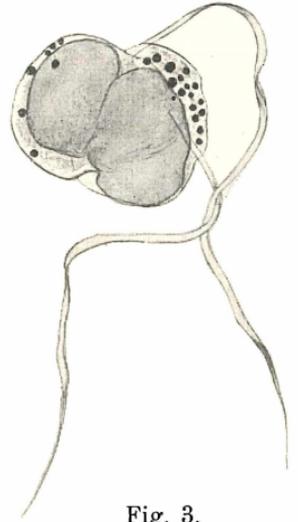


Fig. 3.

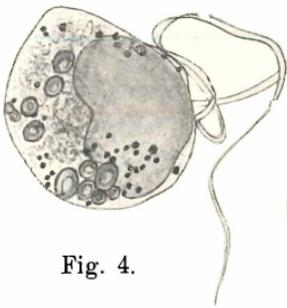


Fig. 4.



Fig. 5.

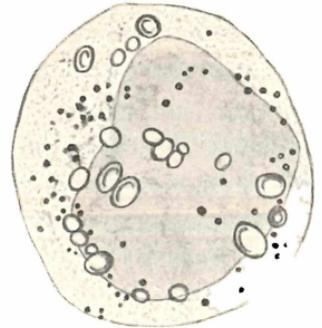


Fig. 6.

Fig. 1—6. Gametenkopulation von *Noctiluca miliaris*. 1, 2 einzelne Gameten, 1 Dorsalansicht, 2 schräge Ventralansicht; 3, 4 Kopulation, in 3 die Protoplasten miteinander verschmolzen, die Kerne noch getrennt, in 4 auch die Kerne miteinander verschmolzen; 5, 6 Zygoten. Fixiert und simultan gefärbt mit einem Gemisch von Methylgrün-Osmiumsäure-Essigsäure. Vergr. 1100 \times .

Lage für die Verschmelzung, legen sich manchmal derart aneinander, daß sie sich bloß mit den Kopfspitzen berühren, verharren 1—2 Sek. in dieser Lage und schwimmen dann weiter. Die Verschmelzung

erfolgt zuerst in der vorderen Region. Etwa 10 Minuten nach Verschmelzung der Protoplasten findet die Verschmelzung der beiden Kerne statt (Textfig. 3, 4). Kurz danach, selten vorher, beginnt die Resorption der Geißeln. Es ist auffallend, daß die beiden Geißeln öfters verschieden schnell eingeschmolzen werden und daher verschiedene Länge besitzen. Das kann man sowohl im lebenden als auch im fixierten Präparat beobachten. Während der Resorption der Geißeln schwimmen die Zygoten noch langsam umher, wobei zeitweise nur eine Geißel in Bewegung ist. Nach vollendeter Geißelresorption sinken die Zygoten ausnahmslos zu Boden (Textfig. 5, 6).

Das weitere Schicksal der Zygoten soll im nächsten Abschnitt erörtert werden. Hier nur noch einige Worte über die obigen Befunde, welche den Nachweis sexueller Phänomene, von Gametenbildung und Gametenkopulation bei *Noctiluca* erbracht haben. Geschlechtliche Vorgänge sind in der Gruppe der Flagellaten außerordentlich selten. Außer bei den Phytomonadinen, wo regelmäßig Befruchtungsvorgänge vorkommen, sind sie nach JOLLOS (1933) nur bei *Helkesimastix*, einer Protomonadine, und bei *Scytomonas subtilis*, einer Euglenoidee — hier als hologame Isogamie — nachgewiesen worden. Die bei einigen anderen Ordnungen der Flagellaten beschriebenen Sexualphänomäne konnten durch Nachuntersuchungen nicht bestätigt werden.

Über die Art der Geschlechtsbestimmung bzw. Geschlechtstrennung bei *Noctiluca* ist folgendes aus meinen Versuchen zu schließen: Der Umstand, daß die Gameten eines Individuums niemals untereinander kopulieren, ebensowenig die Gameten mehrerer Geschwisterzellen eines Klons, beweist, daß *Noctiluca* getrenntgeschlechtlich ist und macht die Annahme einer genotypischen Geschlechtsbestimmung sehr wahrscheinlich. Kombinationen von Gameten verschiedener Klone nach dem bekannten Kombinationsschema, wie es den Untersuchungen über die Sexualität der Pilze und Algen zugrunde gelegt wurde, habe ich nur in einem ganz geringen Maßstab durchgeführt, weil ich mein Augenmerk hauptsächlich auf die Aufzucht der Zygoten gerichtet hatte. Die Kombinationen, wie auch eine etwaige cytologische Untersuchung wollte ich erst hernach ausführen. Da mir aber die Aufzucht der Zygoten, wie aus dem weiteren zu ersehen sein wird, bisher nicht gelungen ist, muß die Frage nach der Geschlechtsbestimmung, insbesondere ob haplo- oder diplogenetische, offengelassen werden.

Die Entwicklung der Zygoten.

Wir haben oben gehört, daß die Zygoten während oder nach der Resorption der Geißeln zu Boden sinken. Meist kleben sie nach einiger Zeit am Glas fest. Sie sind schon bei schwacher Vergrößerung (Objektiv 24 mm) als kleine glashelle Kugeln leicht zu finden, und unterscheiden sich von Einzelgameten, die, ohne kopuliert zu haben, auch mitunter ihre Geißel verlieren und Kugelform annehmen können, durch ihre Größe. Sie haben mindestens das Volumen zweier Gameten (Textfig. 5, 6). Zygoten, welche, ohne daß das Kulturmedium verändert wurde, die doppelte Größe von Gameten ein wenig überschreiten (Textfig. 6) kommen sehr selten vor. In diesem Stadium gehen die Zygoten, ohne weitere Veränderungen aufzuweisen, zugrunde. Nach etwa 24 Stunden befinden sich nur mehr klägliche Überreste von ihnen am Boden der Schälchen.

HOFKER (1930) meint, er hätte mit Hilfe einer indirekten Methode sehr wahrscheinlich gemacht, daß Sexualphänomene bei *Noctiluca* vorkommen. Er brachte mehrere sporulierende Individuen in ein Schälchen mit Seewasser und fand darin am nächsten Tag eine Anzahl junger Noctilucen. Er erwähnt im ganzen nur zwei derartige Versuche und beginnt bei der Beschreibung der jungen Tiere mit recht vorgeschrittenen *Pyrocystis*-ähnlichen Stadien. Da er die *Noctiluca* nur wenige Wochen am Leben halten, aber sie nicht kultivieren konnte und die sporulierenden Stadien daher aus frisch-gefangenem Plankton heraussuchen mußte, erscheint es mir nach all meinen Erfahrungen außerordentlich wahrscheinlich, daß die jungen Tiere gleichfalls aus dem Plankton stammten und gleichzeitig mit den sporulierenden Individuen in die Schälchen geraten sind.

Die folgenden Tatsachen zeigen, wie schwer es ist, ein Wachstum der Zygoten zu erzielen und daß beträchtliche Veränderungen des Mediums notwendig sind, damit überhaupt eine Weiterentwicklung der Zygoten stattfindet.

Ich versuchte alle möglichen Mittel, um das Absterben der Zygoten zu verhindern. Vor allem wurden alle Manipulationen peinlich steril ausgeführt, die Schalen besonders gründlich mit einem Gemisch von Schwefel- und Chromsäure gereinigt. Um etwaige ungünstige Einflüsse des Glases auszuschalten, verwendete ich eine Zeitlang Schalen aus Quarzglas oder mit Paraffin ausgegossene Glasschalen. Um das Festkleben der Zygoten am Boden der Gefäße zu verhindern, wurden die Gameten bzw. Zygoten in Reagenzröhrchen getan und diese an einen Schüttelapparat montiert. Schließlich wurden einige

Verdünnungen des „Erdschreibers“ und reinen Seewassers und verschiedene Temperaturen ausprobiert. Alle diese Versuche waren vollkommen erfolglos; die Zygoten gingen, ohne auch nur um eine Spur zu wachsen, nach einiger Zeit zugrunde.

a) Versuche mit erhöhter

Wasserstoffionenkonzentration des Mediums.

Viel ermutigender waren Experimente, welche die Wirkung einer erhöhten Wasserstoffionenkonzentration des Kulturmediums betrafen. Durch tropfenweisen Zusatz von $\frac{1}{100}$ n HCl oder H_2SO_4 wurden Seewasser- oder Erdschreiberproben mit abgestuftem p_H hergestellt und die Gameten hineingebracht. Eine gewisse Schwierigkeit besteht darin, daß Seewasser infolge seiner starken Pufferung immer sein ursprüngliches p_H von etwa 8.2 wieder herstellt. Der Erfolg der vorübergehenden Ansäuerung des Kulturmediums war überraschend: In einem Medium von p_H 6.7—7.5 bewegten sich die Gameten viel lebhafter als im gewöhnlichen Erdschreiber und blieben auch länger aktiv. Die Zygoten, welche zunächst auch zu Boden sinken, kleben nicht an der Glasschale fest. Manche von ihnen nehmen nach einigen Stunden beträchtlich an Größe zu und zwar bis zum Fünffachen des Durchmessers junger Zygoten, gehen langsam in die Höhe — bis etwa zur Hälfte der Höhe der Flüssigkeitssäule — und bleiben dann in verschiedener Höhe im Wasser schweben.

Diese Erscheinungen der starken Volumzunahme und des Aufsteigens und Schwebens der Zygoten wurde in zahlreichen Versuchsserien beobachtet. Sie waren nicht mit Sicherheit reproduzierbar, weil, wie schon bemerkt wurde, das p_H des Mediums sich nach einiger Zeit stark verändert, und weil es bei den geschilderten Experimenten zweifellos von großer Bedeutung war, in welchem physiologischen Zustand die Gameten und Zygoten sich zur Zeit der Übertragung in das angesäuerte Medium befanden. Denn auch in den erfolgreichen Versuchen betrug die Anzahl der großen und schwebenden Zygoten nur etwa 20 Proz. der Gesamtzahl. Außerdem wurde ein endgültiger Erfolg, d. h. die Entwicklung der Zygoten zu vegetativen Individuen mit ihren Organellen, wie sie mit oder ohne vorhergehende Veränderungen der Zygoten ¹⁾ zu erwarten ist, nicht erzielt.

Aus all diesen Gründen habe ich auch davon abgesehen, genauere Daten bezüglich des p_H zu Beginn und am Ende der Versuche an-

¹⁾ Es wurde in drei verschiedenen Versuchen eine große, schwebende Zygote mit einer starken hantelförmigen Einschnürung beobachtet.

zugeben. Sie würden den Experimenten einen Anstrich von Exaktheit geben, den sie angesichts der Unsicherheit ihrer Ergebnisse nicht verdienen.

Um die Wiederherstellung des ursprünglichen p_H -Wertes des Seewassers zu verhindern, wurde folgender Weg eingeschlagen: Boverischalen mit „sporulierenden“ Individuen wurden in einen Exsikkator gestellt, der zur Hälfte mit Wasser angefüllt war. Durch dieses wurde solange Kohlensäure durchgeleitet bis ein gewünschter p_H -Wert erreicht war. Der Exsikkator wurde dicht verschlossen. Nach etwa 8 Stunden hatte die in ihm befindliche Flüssigkeit einen etwas höheren p_H -Wert und das Medium, in welchem sich die Gameten bzw. die Zygoten befanden, den gleichen p_H -Wert wie die Exsikkatorflüssigkeit. Mit dieser Methode wurde ein allmählicher Anstieg der Wasserstoffionenkonzentration des Mediums erzielt, wonach der Säuregehalt des Mediums konstant blieb; im Gegensatz zu den vorher geschilderten Versuchen, wo mit einer starken Ansäuerung begonnen wurde, die im Verlauf der folgenden Stunden allmählich abnahm. Der Erfolg der Kohlensäureexperimente war nicht besser, eher schlechter als der mit Salz- oder Schwefelsäure. Die Zygoten nahmen beträchtlich an Größe zu, doch waren viel weniger schwebende Formen anzutreffen als in den ersten Versuchen.

Ich möchte hier noch einige Beobachtungen über den Einfluß saurer Medien auf die Aktivität der Gameten erwähnen. In Lösungen, welche nach Durchleitung von Kohlensäure einen p_H -Wert von weniger als 6.5 hatten, wurden die Gameten sehr bald völlig unbeweglich und lagen am Boden der Glasschalen. Nimmt man die Schalen aus der Kohlensäureatmosphäre heraus, so wird das Medium allmählich immer mehr alkalisch und gleichzeitig erlangen die Gameten wieder ihre Beweglichkeit. Dieser Versuch kann mit dem gleichen Erfolg wiederholt werden: Die Gameten werden durch einen derart starken Kohlensäuregehalt des Mediums gelähmt.

Es scheint mir durch meine Experimente an den Zygoten der Nachweis erbracht zu sein, daß Änderungen der Wasserstoffionenkonzentration — und zwar eine Erhöhung bei Beginn und wahrscheinlich eine allmähliche Erniedrigung am Ende — bei der Entwicklung der *Noctiluca*-Zygoten von großer Bedeutung sind. Die Tatsache, daß die Zygoten nur in Kulturen mit angesäuertem Medium an Größe zunehmen und langsam in die Höhe steigen, führt zu der Annahme, daß die Zygoten auch im Meer nach Resorption der Geißeln absinken, in Regionen erhöhten Säuregehalts gelangen und infolge Aufnahme von Säure wieder zur Oberfläche steigen. Stimmt

diese Hypothese, dann muß der Säuregehalt in der vegetativen *Noctiluca*-Zelle nachweisbar sein. Daß der Kohlensäuregehalt des Seewassers im Meer mit der Tiefe stark zunimmt, ist eine bekannte Tatsache (s. WULFF, 1927). Beim Absinken in größere Tiefen geraten die Zygoten außerdem in Regionen erhöhten Drucks, und es könnte sein, daß auch der Druck für die Entwicklung der Zygoten von Bedeutung ist.

b) Die intrazelluläre Wasserstoffionenkonzentration von *Noctiluca*.

Bevor wir auf das intrazelluläre p_H der vegetativen Noctilucen eingehen, müssen wir noch ihr spezifisches Gewicht einer kurzen Betrachtung unterziehen. Es ist viel niedriger als das des Seewassers. Von GOETHART u. HEINSIUS (1892) und MASSART (1893) (zitiert nach PRATJE, 1921) wurde es mit 1,014 bestimmt, während das spezifische Gewicht des Seewassers 1,024—1,028 beträgt. Da die Noctilucen nicht über mechanische Schwebevorrichtungen verfügen wie viele andere Planktonorganismen, muß die zum Schweben notwendige Verringerung ihres spezifischen Gewichtes auf einer Aufnahme von Substanzen beruhen, welche durch ihr niedriges spezifisches Gewicht das Gesamtgewicht der Zelle herabsetzen.

HARVEY (1917) brachte Noctilucen in verschiedene Verdünnungen von Seewasser und beobachtete, bei welcher Verdünnung sie absinken. In einer Mischung von Seewasser und Süßwasser im Verhältnis von 7:3 bleiben sie an der Oberfläche schweben, bei 6:4 sind sie über das ganze Wasser verteilt und steigen nach einiger Zeit wieder an die Oberfläche. Bis zu einer Verdünnung von 3:7 sinken sie zuerst ab und gelangen wieder in die Höhe; in stärkeren Verdünnungen bleiben sie am Boden der Schalen liegen. HARVEY kommt zu dem Schluß, daß „their lower specific gravity must be due to the fact that their salt content is less than that of sea water“. Für diese Annahme haben wir jedoch keinerlei Anhaltspunkt, da wir über den Salzgehalt der *Noctiluca*-Zelle nichts wissen. Sie wird zudem durch folgende Beobachtungen hinfällig.

Es ist wohl den meisten Untersuchern von *Noctiluca* aufgefallen, daß die Zellen bei mechanischer Reizung, bei unsanfter Berührung mit einer Nadel oder Pipette oder beim Schütteln mitunter ganz zusammenschrumpfen. Nach Reizung mit elektrischem Strom wurde dieses Phänomen zuerst wohl von LYON (1922—1923) regelmäßig beobachtet. LUND und LOGAN (1925) haben diese Versuche wiederholt

und dabei festgestellt, daß die Zellen nach der Schrumpfung schwerer werden als Seewasser und zum Boden des Gefäßes absinken.

Welche Vorgänge spielen sich in den Zellen vor und während ihres Schrumpfens ab? LYON gibt an, daß nach jeder elektrischen Reizung die zur Peripherie verlaufenden Protoplasmastränge nach innen, gegen das Cytostom zu, zusammenfließen, bis zu Schluß nur eine einzige formlose Plasmamasse in der Mundregion zu sehen ist¹⁾. Setzt man nach LYON einer dicht bevölkerten *Noctiluca*-Kultur Lösungen von Farbstoffen wie Phenolsulphonphtalein zu, so sieht man zunächst keine Veränderung. Nach einer starken elektrischen Reizung verschwindet die Farbe sofort. Es muß demnach von den *Noctilucen* Säure an das umgebende Medium abgegeben worden sein, und LYON kommt zu dem Schluß, daß der Zellsaft von *Noctiluca* stark sauer ist.

Diese Beobachtungen wurden von LUND und LOGAN bestätigt. Sie erhielten das gleiche Resultat beim Schütteln der Tiere in Reagenzröhrchen, welche die Farblösungen enthielten. Eine genauere Untersuchung der morphologischen Veränderungen während und nach der Reizung mit elektrischem Strom seitens dieser beiden Autoren führte zu der Feststellung, daß die unterhalb der äußeren, elastischen Pellicula gelegene Plasmamembran sich sowohl nach mechanischer als auch elektrischer Reizung von der Pellicula ablöst. Diesem Plasmahäutchen von einer Dicke von $1\ \mu$ oder noch weniger ist die Fähigkeit selektiver Permeabilität zuzuschreiben. Gleichzeitig mit der Plasmamembran lösen sich die Plasmastränge von der Peripherie der Zelle ab und fließen beim Zentralplasma zusammen. Der sich ergebende Zwischenraum zwischen Plasmamembran und Pellicula wird von der die Zelle erfüllenden Emulsion, dem Zellsaft, ausgefüllt und die freie Säure diffundiert durch die Pellicula in die umgebende Flüssigkeit. Wie die sich dabei abspielenden physiologischen Vorgänge auch sein mögen, das eine zeigen diese Beobachtungen mit Sicherheit, nämlich, daß die *Noctiluca*-Zelle einen hohen Säuregehalt aufweist. Aus dem Umstand, daß die Zellen nach Verlust der Säure absinken, mithin schwerer werden als Seewasser, kann man mit Sicherheit schließen, daß der

¹ LYON meint, daß eine Erholung solcher Tiere möglich ist, aber wahrscheinlich die Bildung einer kleineren Zelle mit einer neuen Pellicula zur Voraussetzung hat. Auf einen derartigen Restitutionsvorgang dürften wahrscheinlich die merkwürdigen Exemplare zurückzuführen sein, die ich einige Male in meinen Kulturen fand. Sie besaßen zwei gleichsam ineinandergeschachtelte Pelliculae, innerhalb der größeren eine kleinere und nur diese von Plasmasträngen durchquert. Ein ähnliches Bild dürfte PRATJE (1925) zu der Annahme verleitet haben, daß die gefräßigen *Noctilucen* auch eigene Artgenossen verschlucken können.

Säuregehalt der Noctilucen eine notwendige Voraussetzung ihrer Schwebefähigkeit darstellt.

Meine eigenen Untersuchungen über die Wirkung erhöhter Azidität des Kulturmediums auf die Zygoten machten eine direkte Untersuchung des Säuregehalts der *Noctiluca*-Zelle wünschenswert. Eine hierfür geeignete Methode ist die p_H -Bestimmung mit Hilfe des Mikromanipulators¹⁾. Da mir für diese Untersuchung nur eine kurze Zeitspanne zur Verfügung stand, konnte nur eine Anzahl orientierender Versuche angestellt werden, deren Resultate im folgenden kurz mitgeteilt werden sollen.

Die *Noctiluca*-Zelle ist ein ausgezeichnetes Objekt für mikrurgische Manipulationen; sie ist sehr groß, durchsichtig, und das Cytostom wie geschaffen für Einstichversuche. Wird eine Mikronadel vorsichtig durch das Cytostom in die Zelle eingeführt, so sieht man etwa $\frac{1}{4}$ Stunde lang keinerlei Reaktion, abgesehen von einer rascheren Bewegung des Tentakels. Nach Ablauf dieser Zeit lösen sich die zur Peripherie verlaufenden Plasmastränge von der Zellmembran ab und kontrahieren sich oralwärts gegen das Zentralplasma. (Eine ähnliche Reaktion wie nach elektrischer Reizung.)

Bei der p_H -Bestimmung wurde folgender Weg eingeschlagen: Eine Anzahl von Noctilucen wurde auf ein Deckglas gebracht, die überschüssige Flüssigkeit abgesaugt und das Deckglas über einer feuchten Kammer montiert. Die Mikronadel wurde vorher in Vaseline getaucht und ein Körnchen des entsprechenden Farbindikators an die Spitze geklebt. Die Nadelspitze mit dem Indikatorkörnchen wurde dann entweder in das Peristom der Zelle eingeführt und dort der Farbstoff durchdiffundieren gelassen oder durch das Cytostom in die Zelle eingestochen.

Es wurden einige Indikatoren mit Puffergemischen nach SÖRENSEN verwendet (hergestellt von der Fa. Merck, Darmstadt). Die im folgenden angegebene Reaktion bezieht sich nicht auf das eigentliche Protoplasma sondern auf den Zellsaft.

Bromkresolpurpur mit einem p_H -Bereich von 5,2—6,8 gab eine saure Reaktion. Der Farbstoff diffundiert rasch durch die Pellicula, der Zellsaft färbt sich gelb, das Seewasser des hängenden Tropfens purpurrot. Nach etwa 10 Minuten erfolgt die Kontraktion der Plasmastränge.

Bromphenolblau mit einem p_H von 3—4,6 färbt das Seewasser tief violett, den Zellsaft leicht gelb. Beim Einstich dringt das Violett

¹⁾ Herrn Prof. Dr. T. PÉTERFI bin ich für eine außerordentlich aufschlußreiche Einführung in die Methodik der Mikrurgie sehr zu Dank verpflichtet.

entlang der Mikronadel etwas tiefer in das Cytostom, der Zellsaft behält aber seine gelbe Farbe bei. In beiden Versuchen ging — besonders wenn das Körnchen nur in das Peristom eingeführt wurde — ein Teil des Indikators in Lösung und die Verfärbung des Zellsaftes konnte nach einigen Minuten auch bei benachbarten *Noctiluca* festgestellt werden.

Thymolblau mit einem p_H -Bereich von 1,2—2,8 und dem Farbumschlag rot-gelb gab kein befriedigendes Resultat. Weder die Zelle noch das umgebende Medium zeigten eine Färbung. Ein von Prof. PÉTERFI ausgeführter Versuch, bei welchem eine alkoholische Lösung von Thymolblau in Gelatine in einer Mikropipette eintrocknen gelassen und in das Peristom eingeführt wurde — eine Art von Micro-markierung der Zelle — gab ein etwas besseres Ergebnis: das die Zelle umgebende Medium zeigte eine gelbliche Färbung, die Pellicula wies eine deutliche, schwach rötliche Färbung auf, aber auch bei mehrmaliger Wiederholung des Versuches konnte eine eindeutige Verfärbung des Zellinhaltes nicht festgestellt werden.

Die oben dargestellten Versuche ermöglichen natürlich noch keine exakte Bestimmung des p_H des Zellsaftes von *Noctiluca*. Wohl aber ist der Schluß gerechtfertigt, daß er einen außerordentlich hohen Säuregehalt aufweist und seine Wasserstoffionenkonzentration in dem Bereich um p_H 3 zu suchen ist.

Daß ein derartig hoher Säuregehalt von Zellen ein Unikum darstellt, erhellt aus einem Vergleich mit den für andere Zellarten festgestellten p_H -Zahlen. J. u. D. NEEDHAM (1925) injizierten Indikatorlösungen in *Amoeba proteus* und bestimmten das p_H des Cytoplasmas mit ungefähr 7,6. Die gleichen Autoren haben bei befruchteten und unbefruchteten Eiern von *Paracentrotus lividus*, *Echinocardium cordatum*, *Asterias glacialis*, *Ascidia mentula*, *Sabellaria alveolata* durchwegs ein p_H von $6,6 \pm 0,1$ festgestellt, ebenso auch bei verschiedenen normalen und abnormen Furchungsstadien. Eier von *Ophiura lacertosa* besitzen ein etwas höheres p_H , nämlich $6,75 \pm 0,1$. Diese Befunde wurden für *Asterias* von CAMBERS u. POLLACK (1926, 1927) bestätigt. CHAMBERS, POLLACK u. HILLER (1927) untersuchten die verschiedensten Gewebezellen vom Frosch und von *Necturus* und geben für das Plasma aller Zellarten ein p_H von $6,9 \pm 0,1$ an. Im Gegensatz zu NEEDHAM'S fanden sie auch bei *Amoeba dubia* und *A. proteus* ein p_H von $6,9 \pm 0,1$.

Diese Angaben mögen genügen, um die Sonderstellung von *Noctiluca* zu illustrieren. Dabei möchte ich nochmals hervorheben, daß der hohe Säuregehalt nur für die das Zentralplasma und die

Plasmastränge umgebende Emulsion, den Zellsaft, welcher den größten Teil des Zellinhalts ausmacht, festgestellt wurde. Weder eine Färbung des Protoplasmas, noch eine solche der Nahrungsvakuolen konnte bei meinen Versuchen beobachtet werden.

Es sei noch auf einen Punkt hingewiesen, welcher für eine weitere Untersuchung des Säuregehalts von *Noctiluca* bzw. der hier angenommenen Säurespeicherung seitens der Zygoten vielleicht von Bedeutung sein wird. NEEDHAM'S (1926) haben mit den verschiedensten Indikatorlösungen, darunter auch Bromkresolpurpur und Bromphenolblau, eine Vitalfärbung von *Paracentrotus*-Eiern versucht, aber durchwegs ohne Erfolg; die Farblösungen dringen nicht ein, solange die Eier nicht zerfallen. Bei *Noctiluca* diffundieren die beiden genannten Farbstoffe sehr rasch in die Zellen, was auf eine ganz verschiedene Permeabilität der Plasmamembran von *Noctiluca* im Vergleich zu marinen Eiern schließen läßt.

All die mitgeteilten Angaben über die hohe Wasserstoffionenkonzentration des Zellsaftes der vegetativen Noctilucen scheinen mit der weiter oben aufgestellten Hypothese übereinzustimmen, wonach die Zygoten beim Absinken in Regionen erhöhter Azidität des Seewassers gelangen, durch Speicherung der Säure das spezifische Gewicht der Zellen herabsetzen und als Folge davon wieder zur Oberfläche emporsteigen.

Weitere Untersuchungen werden sich auch mit der intrazellulären Wasserstoffionenkonzentration von Gameten, jungen Zygoten und den mit Hilfe der angesäuerten Medien zur Volumszunahme und zum Schweben gebrachten Zygoten zu beschäftigen haben.

Zusammenfassung.

Noctiluca miliaris wurde über ein Jahr lang in FÖYN'S „Erdschreiber“, mit einer Reinkultur von *Chlamydomonas* spec. als Futter kultiviert. Die Teilungsrate beträgt ungefähr 3 Tage. Sporulation tritt in den Kulturen häufig auf.

Der Tentakel dient zum Fang der Nahrung. In den Kulturen bleibt immer eine große Anzahl von *Chlamydomonas*-Zellen als kleines Klümpchen an seiner Spitze kleben, wird vom Tentakel zum Cytostom geführt und erscheint in Form von geraden oder gebogenen Stäbchen im Zellinnern. Eine genauere Untersuchung eines solchen Klümpchens lehrt, daß die *Chlamydomonas*-Zellen von einer zähflüssigen Substanz, welche vom Tentakel abgeschieden wird, zusammengekittet werden.

Die sog. Schwärmer oder Sporen von *Noctiluca* sind Gameten und zwar Isogameten getrenntgeschlechtlicher Elterindividuen. Die Geschlechtsbestimmung ist sehr wahrscheinlich eine genotypische. Die aus der Kopulation der Gameten resultierenden Zygoten sinken in den Kulturschalen zu Boden und gehen — wenn keine wesentliche Veränderung des Mediums eintritt — regelmäßig zugrunde.

Versuche, eine vollkommene Entwicklung der Zygoten zu vegetativen Noctilucen zu erzielen, waren erfolglos. Jedoch konnte durch Erhöhung der Wasserstoffionenkonzentration des Mediums soviel erreicht werden, daß die Zygoten nach einiger Zeit beträchtlich an Volumen zunahmen und in der Kulturflüssigkeit schwebten.

Dies führte zu der Annahme, daß die Zygoten nach Resorption der Geißeln auch im Meer absinken und in Regionen erhöhter Azidität gelangen. Durch eine intrazelluläre Speicherung der Säure wird das spezifische Gewicht der Zellen herabgesetzt und die Zygoten steigen allmählich wieder zur Oberfläche.

Mit dieser Annahme stimmen folgende Tatsachen überein: Das spezifische Gewicht der vegetativen Noctilucen ist viel niedriger als das des Seewassers. Wie frühere Autoren festgestellt haben, geben die Zellen nach mechanischer und elektrischer Reizung Säure an das umgebende Medium ab. Gleichzeitig schrumpfen sie ganz zusammen und sinken in den Glasschalen zu Boden. Der Säuregehalt stellt somit eine notwendige Voraussetzung ihrer Schwebefähigkeit dar.

Mit Hilfe des Mikromanipulators konnte ein außerordentlich hoher Säuregehalt des Zellsaftes von *Noctiluca* nachgewiesen werden. Das p_H des Zellsaftes liegt ungefähr bei 3.

Literaturverzeichnis.

- CHAMBERS, R. (1928): Intracellular Hydrion Concentration Studies. I. The relation of the environment to the p_H of protoplasm and of its inclusion bodies. Biol. Bulletin Vol. 55.
- CHAMBERS, R. and POLLACK, H. (1926): The Hydrogen Ion Concentration of the Nucleus and Cytoplasm of the Egg Cell. Proc. Soc. exper. Biol. and Med. Vol. 24.
- CHAMBERS, R., POLLACK, H. and HILLER, ST. (1927): The protoplasmic p_H of living cells. Proc. Soc. exper. Biol. and Med. Vol. 24.
- FÖYN, B. (1934): Lebenszyklus, Cytologie und Sexualität der Chlorophyceen *Cladophora Suhriana* KÜTZING. Arch. f. Protistenk. Bd. 83.

- HARVEY, E. B. (1917): A physiological study of specific gravity and of luminescence in *Noctiluca*, with special reference to anaesthesia. Carnegie Inst. Washington, Pub. Nr. 251.
- HOFKER, J. (1930): Über *Noctiluca scintillans* (Macartney). Arch. f. Protistenk. Bd. 71.
- JOLLOS, V. (1933): Flagellata. In: Handwörterbuch der Naturwissenschaften. 2. Aufl.
- LUND, E. J. and LOGAN, G. A. (1925): The relation of the stability of protoplasmic films in *Noctiluca* to the duration and intensity of an applied electric potential. Journ. General Physiol. Vol. 7.
- LYON, E. P. (1922—1923): Effects of electricity on *Noctiluca*. Proc. Soc. exper. Biol. and Med. Vol. 20.
- NEEDHAM, J. and NEEDHAM, D. (1925): The hydrogen ion concentration and oxydation-reduction potential of the cell-interior. Journ. Physiol. Bd. 59.
- (1926): The Hydrogen Ion Concentration and Oxydation-Reduction Potential of the Cell-Interior before and after Fertilisation and cleavage: A Micro-Injection Study on Marine Eggs. Proc. Royal Soc. Series B Vol. 99.
- PRATJE, A. (1921): *Noctiluca miliaris* SURIRAY. Beiträge zur Morphologie, Physiologie und Cytologie. I. Morphologie und Physiologie (Beobachtungen an der lebenden Zelle). Arch. f. Protistenk. Bd. 42.
- (1925): *Noctiluca*. In: Die Tierwelt der Nord- und Ostsee. Teil II d1.
- WULFF, A. (1927): Physikalische, chemische und biologische Analyse des Meerwassers. Tabulae biologicae Bd. 4. Berlin.
- In der Arbeit von PRATJE (1921) befindet sich ein genaues Verzeichnis der älteren Literatur.

Tafelerklärung.

Tafel 6.

Nahrungsaufnahme von *Noctiluca miliaris* in den Kulturen.

Die auf Fig. 1—5 sichtbaren Stäbchen und Spiralen im Innern der Zellen sind zusammengesetzt aus *Chlamydomonas*-Zellen, die in größeren Klumpen verschlungen werden.

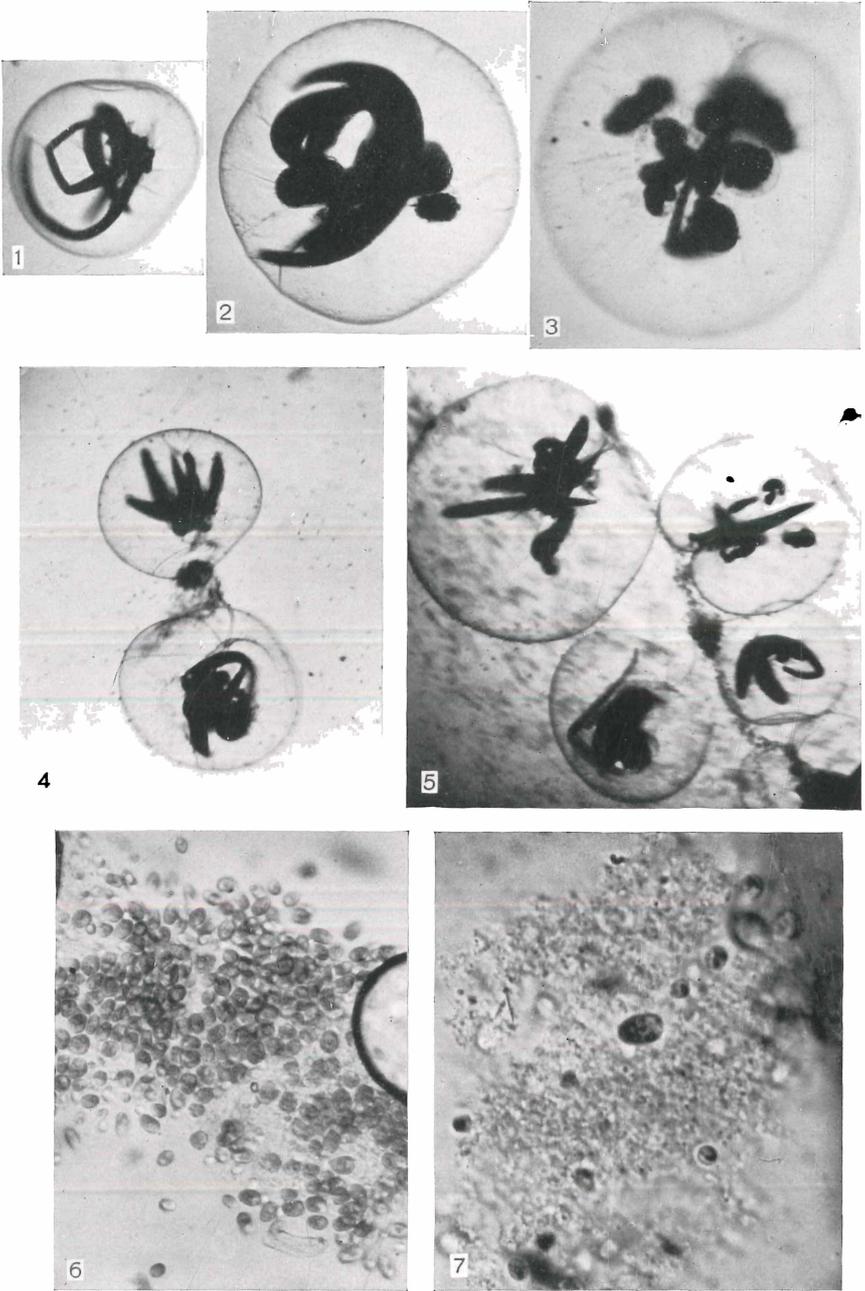
Fig. 3. Zerlegung dieser Gebilde in einzelne Brocken, die von Nahrungsvakuolen umgeben werden.

Fig. 4. Zwei *Noctilucen* mit einem Klümpchen von zusammengeklebten *Chlamydomonas*-Zellen an der Spitze ihres Tentakels.

Fig. 5. Mehrere *Noctilucen* an einem Strang von *Chlamydomonas*-Zellen „zerrend“.

Fig. 6 u. 7. Ein von der Spitze des Tentakels entferntes Klümpchen von *Chlamydomonas*-Zellen bei stärkerer Vergrößerung. Man sieht, daß die Zellen von einer Substanz umgeben und zusammengekittet werden.

Mikrophotographien. Vergr.: Fig. 1, 4, 5: 45×, Fig. 2, 3: 75×, Fig. 6: 320×, Fig. 7: 750×.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1934

Band/Volume: [83_1934](#)

Autor(en)/Author(s): Gross Fabius

Artikel/Article: [Zur Biologie und Entwicklungsgeschichte von Noctiluca miliaris. 178-196](#)