

## II. d<sub>1</sub> Noctiluca

von A. PRATJE, Erlangen

Mit 6 Abbildungen

**Charakteristik** Die „Cystoflagellaten“ (*Noctiluca* im besonderen) sind mit dem unbewaffneten Auge gerade noch sichtbare Flagellaten, die von einer kräftigen Pellicula umhüllt sind und außer dem Protoplasma große Mengen von Zellsaft enthalten, wodurch sie eine für Protozoen ziemlich ansehnliche Größe ( $\frac{1}{2}$ —2 mm) erreichen. *Noctiluca* besitzt eine kleine Fadengeißel, die nicht zur Fortbewegung dient, und einen kräftigen Tentakel. Die Noktiluken ernähren sich rein tierisch und finden sich ausschließlich im Plankton, an der Oberfläche des Meeres, besonders in den Küstenregionen. Ungeschlechtliche Fortpflanzung durch Zweiteilung; außerdem Schwärmerbildung durch mehrfache Kernteilung und Knospenbildung; geschlechtliche Vorgänge wahrscheinlich, aber nicht sicher bekannt.

**Systematik** Die Cystoflagellaten sind eine kleine Tierklasse, die sich nur aus drei Gattungen, jede mit nur einer Art, zusammensetzt. Außer *Noctiluca* rechnet man zu ihnen den von R. HERTWIG bei Messina gefundenen *Leptodiscus medusoides* sowie die von KOFOID an der kalifornischen Küste beobachtete *Craspedotella pileolus*. Diese beiden letztgenannten Formen kommen aber in der Nordsee nicht vor. Das von MINGAZZINI aus dem Mittelmeer beschriebene „Cystoflagellat“ *Radiozoum lobatum* aber scheint mir nicht in diese Klasse zu gehören, sondern zu den von BORGERT beschriebenen skeletlosen Radiolariengattungen. Endlich ist das von LOHMANN kurz beschriebene Genus *Pratjella* zu wenig erforscht, als daß man über seine systematische Stellung etwas aussagen könnte.

Über die systematische Zugehörigkeit der Cystoflagellaten und der *Noctiluca* im besonderen ist viel geschrieben worden; sie ist aber bis auf den heutigen Tag noch nicht endgültig geklärt, da uns der Lebenszyklus dieser Tiere bis jetzt nicht vollständig bekannt ist. Daß es sich dabei um Flagellaten handelt, ist wohl zweifellos. Auch besitzen die Noktiluken, vor allem ihre Schwärmer, große Ähnlichkeit mit den Dinoflagellaten; doch scheint es mir heute noch zu weit gegangen, wenn KOFOID neuerdings *Noctiluca* unmittelbar unter die nackten Dinoflagellaten einreihet. Heute müssen wir wohl noch die Klasse der Cystoflagellaten für die drei oben genannten Formen beibehalten; mag man sie nun als selbständige Unterklasse der Flagellaten betrachten, wie es die älteren Autoren nach dem Beispiel von HAECKEL taten,

oder mag man sie nur als eine Ordnung, bzw. Unterordnung der Dinoflagellaten auffassen, wie JOLLOS und HARTMANN & SCHILLING wollen.

Von *Noctiluca* ist bisher nur eine Art bekannt, *Noctiluca miliaris* Suriray.

Von BUSCH und GIGLIOLI sind noch drei weitere Arten benannt worden, die sich vor allem durch eine andere Färbung des ausgesandten Lichtes unterscheiden sollen; doch handelt es sich hierbei um keine Artcharaktere, so daß wohl alle diese Tiere die gleiche Spezies darstellen. Die älteren Autoren haben *Noctiluca miliaris* unter anderen Namen beschrieben, und es entsteht die Frage, ob nicht einer von diesen älteren Namen nach dem Prioritätsgesetz gelten muß. KOFOID & SWEZY haben sich ausführlich mit dieser Frage auseinandergesetzt und kommen schließlich zu dem Ergebnis, daß der Gattungsname „*Noctiluca*“ doch wohl bestehen bleiben müsse; dieser Auffassung schließe ich mich an. Als Artname soll aber „*scintillans*“ (MACARTNEY 1810) zu gelten haben. Demgegenüber möchte ich dafür eintreten, daß der altbekannte Name *N. miliaris* (SURIRAY 1816) beibehalten wird; denn einerseits ist die Beschreibung MACARTNEYS noch ziemlich ungenügend, während SURIRAYS Schilderung viel eingehender ist und das Tier erst klar erkennen läßt, andererseits müssen wir den Namen SURIRAYS zu den „nomina conservanda“ nach den Bestimmungen des Internationalen Zoologenkongresses in Monaco rechnen, da MACARTNEYS Name „20 Jahre lang keinen Eingang in die systematische Wissenschaft gefunden hat“, während SURIRAYS Name durch LAMARCKS „*Histoire naturelle*“ allgemein bekannt und gebraucht wurde.

**Technik** Über die Untersuchungstechnik ist nicht viel zu bemerken. Die Tiere werden am besten lebend beobachtet. Sie lassen sich in kleinen Glasschälchen sehr leicht einige Wochen lebend erhalten; auch Teilung und Schwärmerbildung geht in solchen Schälchen gut vor sich. Die Fixierung erfolgt am besten durch Sublimat-Alkohol oder FLEMMINGS Gemisch.

**Eidonomie und Anatomie** Bei *Noctiluca miliaris* handelt es sich um kleine bläschenförmige Tiere, die ein rundliches, fast kugeliges Äußeres besitzen. Für Protozoen haben sie eine recht ansehnliche Größe; sie sind schon gut mit bloßem Auge zu erkennen. Ihr Durchmesser beträgt durchschnittlich 0,5 bis 1,0 mm. Doch hat man auch kleinere Tiere (bis 0,2 mm) beobachtet, während als größtes Maß 2,0 mm angegeben wird. Auf der einen Seite besitzen die Tierchen eine mehr oder weniger tiefe Einsenkung (wie etwa die Einkerbung einer Aprikose), in deren Tiefe die Mundöffnung, das Cytostom, ein langgestreckter Spalt, gelagert ist. Die Einsenkung wird als „Peristom“ bezeichnet. An den Rändern des Peristoms, oben auf der Höhe der Oberfläche des Tieres, bemerkt man einige leistenartige Verdickungen, welche auf der einen Seite in einen zahnartigen Vorsprung übergehen, den sogenannten „Zahn“ (Fig. 1, za), welcher den tief sich nach unten erstreckenden Abgrund des Peristoms überragt (Fig. 2, za). Er besitzt meistens drei Spitzen, doch können auch weniger ausgebildet

sein. In der Nähe des Zahnes, am Vorderende des eigentlichen Peristoms befindet sich noch ein zungenförmiger Vorsprung, die „Lippe“. Sie liegt etwas tiefer als der Zahn. Auch der der Zahnleiste gegenüberliegende Peristomrand ist manchmal etwas leistenartig verdickt. Diese verschiedenen leistenförmigen Verdickungen lassen sich an fixierten Präparaten manchmal nur schwer wahrnehmen, während sie bei lebenden Tieren stets leicht beobachtet werden können.

Unter dem Zahn sieht man die sogenannte „Fadengeißel“ hervorkommen, eine kleine, kurze Geißel, die im Peristom gelagert ist und dort schlängelnde Bewegungen ausführt. Sie scheint nicht

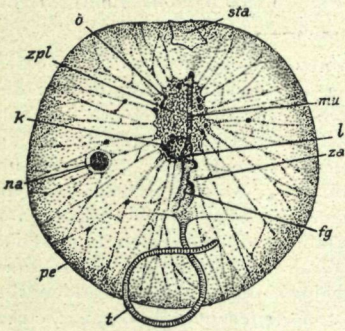


Fig. 1.

*Noctiluca miliaris* Sur., von der Ventralseite (nach PRATJE aus KÜHN). fg Fadengeißel, k Kern, l Lippe, mu Mundspalte (Nahrungsvakuole), ö Öltropfen, pe Pellicula, sta Staborgan, t Tentakel, za Zahn, zpl Zentralplasma.

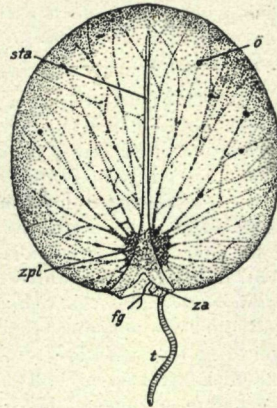


Fig. 2.

*Noctiluca miliaris* Sur., von der Dorsalseite (nach PRATJE aus KÜHN). fg Fadengeißel, ö Öltropfen, sta Staborgan, t Tentakel, za Zahn, zpl Zentralplasma.

vom Zahn selbst, sondern etwas tiefer von der Peristomwand zu entspringen, liegt oft lange Zeit ruhig, kommt aber von Zeit zu Zeit hervor und führt dann schlängelnde Bewegungen aus. Diese Geißel ist es, welche uns berechtigt, *Noctiluca* zu den „Flagellaten“ zu rechnen.

Das Peristom wird nach hinten zu durch ein weiteres Organell abgeschlossen, das wesentlich dazu beiträgt, den Tieren das ihnen eigenartige Gepräge zu geben, der „Tentakel“ (Fig. 1 und 2, t). Er wurde früher auch als „Bandgeißel“ bezeichnet, ein Name, den wir lieber ganz fallen lassen wollen, da dieses Gebilde mit den typischen Geißeln der Flagellaten nichts zu tun hat. Die Länge des Tentakels ist durchschnittlich halb so groß wie der Körperdurchmesser; es ist ein schmales, bandförmiges Gebilde; die zum Peristom schauende Breitseite ist rinnenförmig vertieft. Auf dieser konkaven Seite erkennt man eine Querstreifung, die durch parallel angeordnete Plasmafäden mit knötchenartigen Verdickungen bedingt wird. Diese Granulationen sollen nach FAURÉ-FREMIET Mitochondrien sein, die Querstreifung soll mit der Kontraktilität des Organs im Zusammenhang stehen.

Nach vorn zu setzt sich das Peristom noch als eine seichte Furche fort; im Grunde dieser Furche bemerken wir eine Verdickung der übrigen Körperoberfläche, das „Staborgan“ (Fig. 1 und 2, sta); zahlreiche Protoplasmafäden setzen an diesen Stellen der Körpermembran an. Die Ränder dieser verdickten Platte nähern sich einander sehr rasch und laufen in eine Spitze aus. —

Die ganze Oberfläche des Tieres ist von einer derberen membranartigen Hülle umgeben, welche aus verfestigtem Protoplasma besteht und daher wohl am besten als „Pellicula“ bezeichnet wird. Diese hat eine nicht unbedeutende Widerstandsfähigkeit äußeren Einflüssen gegenüber, doch wird sie bei stärkeren Verletzungen abgeworfen, während sich die Hauptprotoplasmamasse nach dem Zentrum hin zusammenzieht.

Das Protoplasma von *Noctiluca* besteht aus einer größeren, in der Nähe des Cytostoms gelegenen Plasmaanhäufung, dem sogen. „Zentralplasma“, von dem nach allen Richtungen an die Zelloberfläche ein feines Plasmanetz ausstrahlt. Diese Fäden treten mit einem feinen, unter der Oberfläche des *Noctiluca*körpers gelegenen unregelmäßigen Plasmanetzwerk in Verbindung, welches direkt unter der mehr oder weniger homogenen Pellicula zu liegen scheint. Die vom Zentralplasma ausstrahlenden Plasmafäden verästeln sich und stehen durch zahlreiche Anastomosen miteinander in Verbindung. Manchmal sind diese Fäden auch zu dünnen, scheidewandähnlichen Gebilden verbreitert. Das gesamte Plasmanetz ist in dauernder Bewegung: einige Fäden kontrahieren sich und fließen zusammen, während andere in die Länge gezogen und stärker ausgespannt werden. Die einzelnen Fäden sind durch eine große Menge einer ziemlich flüssigen Substanz, eines Zellsaftes, voneinander getrennt, welche dem ganzen Tiere das bläschenförmige Aussehen verleiht. Das „Zentralplasma“ liegt meist nicht im Zentrum des kugeligen Tieres, sondern mehr an der Oberfläche, meist in der Nähe des Peristoms; doch ist seine Lage und Form veränderlich, da man auch an ihm, wie im Plasmanetz eine dauernde Bewegung, ein Fließen wahrnehmen kann. In dieses Zentralplasma eingebettet liegt der Zellkern (Fig. 1, k), der eine Größe von 30—50  $\mu$  besitzt. Er erscheint am lebenden Tier mehr oder weniger homogen und stärker lichtbrechend als das umgebende Protoplasma; nur selten kann man die größeren Nukleolen im Inneren schwach wahrnehmen. Am fixierten und gefärbten Präparat erscheint die eigentliche Kernsubstanz als ein achromatisches Netzwerk, in welches einzelne Chromatinkörnchen eingelagert sind. Außerdem enthält er mehrere rundliche bis ovale Binnenkörper, die „Nukleolen“, deren Form, Farbe und Lage sehr wechselnd ist. Meine lösungsschemischen Untersuchungen zeigten, daß sie aus Globulin bestehen, während die übrige Kernsubstanz u. a. auch Nukleoproteide enthält. Sowohl im Zentralplasma wie auch in den Plasmafäden, die zur Peripherie gehen, und im peripheren Plasma sind zahlreiche kleine, meist stärker lichtbrechende Körnchen und Kügelchen eingelagert. Durch verschiedene Färbungs- und Lösungsmittel, sowie durch makrochemische Analyse konnte ich zeigen, daß diese Körnchen zum größten Teil aus Fett-

tropfen bestehen, echten Neutralfetten, Glycerinestern der Fettsäuren, besonders der Ölsäure, neben Cholesterinen und Lipoiden. An einzelnen Stellen erkennt man im Plasma einige Nahrungskörper (Fig. 1, na), meist Kieselalgen, die von einem kleinen Flüssigkeitsbläschen umgeben sind; es handelt sich um Nahrungsvakuolen (s. u.).

**Vorkommen** *Noctiluca* kommt in der gesamten Nordsee und im westlichen Teile der Ostsee vor, wie diese Form überhaupt ein Kosmopolit ist. Wie weit sich ihre Verbreitung in der Ostsee nach O erstreckt, vermag ich leider nicht mit Sicherheit der Literatur zu entnehmen. MÖBIUS und LOHMANN fanden sie bei Alsen und in der Kieler Bucht, über die sie nicht wesentlich hinauszugehen scheint. Im Skagerrak und an den ihm benachbarten Küsten ist *Noctiluca* verschiedentlich beobachtet worden. Von der Nordsee ist ihr Vorkommen eigentlich aus allen Teilen bekannt, nördlich noch bei 58° N, bei Helgoland, an der dänischen Küste den nord- und ostfriesischen Inseln, der holländischen Küste, im Kanal (an der französischen und englischen Küste) an der Westküste Englands usw. Nach AURIVILLIUS soll sich die Verbreitung der *Noctiluca* von etwa 60° N bis zum Mittelmeer und von 11° 5' W bis 12° O (im Skagerrak), bzw. 10° O (in der Ostsee) erstrecken. Zahlreiche einzelne Fundortangaben hat HAMBURGER im „Nordischen Plankton“ zusammengestellt. *Noctiluca* scheint sich im wesentlichen auf die Küstenregion zu beschränken, während sie auf hoher See im allgemeinen nicht beobachtet ist. So berichtet BRANDT, daß die deutsche Planktonexpedition *Noctiluca* auf hoher See niemals bemerkt habe. Auch die Valdivia-Expedition fand sie nur in den Küstenregionen. Zu dem gleichen Ergebnis war die Challenger-Expedition gekommen.

Die Hauptfundezeit von *Noctiluca* sind in unseren nordischen Meeren die Spätsommer- und Herbstmonate, August bis Oktober; in geringeren Mengen tritt sie auch schon im Juli auf, und man findet sie bis in den Februar hinein. Diese Zeiten des Auftretens zeigen deutlich, daß die Abhängigkeit von der Temperatur keine große ist; das Optimum soll nach AURIVILLIUS zwischen 9 und 16° C liegen; doch wurde sie noch bei  $\pm 0^\circ$  gefunden. Als Grenzen des notwendigen Salzgehaltes gibt der gleiche Verfasser (für das Skagerrak) 19–30‰ an. — Zu gewissen Zeiten kann *Noctiluca* in ungeheuren Mengen auftreten. So fand ich z. B. bei Helgoland an ruhigen, windstillen Tagen eine mehrere cm dicke Schicht dieser Tierchen, die als breite, schmutzige Streifen weithin zu sehen war. Von einem ähnlichen Massenauf-treten der *Noctiluca* berichtet SURIRAY bei Havre, VERHAEGHE bei Ostende, THÉEL und AURIVILLIUS an der schwedischen Küste des Skagerraks. Bei ruhigem Wetter sammeln sich die Tiere infolge ihres geringen spezifischen Gewichtes an der Oberfläche des Meeres an; ihre Tiefenausdehnung scheint jedoch nur eine sehr geringe zu sein. Bei bewegter Wasseroberfläche werden die Tiere (durch diese Bewegung) etwas in die Tiefe getrieben. Auch AURIVILLIUS gibt an, daß sie sich in den Oberflächen-Fängen (0–4 m) sehr allgemein fanden, während sie in den tieferen Fängen (10–25 m) nur noch selten vorhanden waren.

**Bewegung** Die aktiven Bewegungen der *Noctiluca* sind außerordentlich gering. Die kleine Fadengeißel liegt ganz versenkt in der Tiefe des Peristoms und scheint auf die Fortbewegung des Tieres keinerlei Einfluß zu haben. Aber auch die trägen Bewegungen des Tentakels haben für die Fortbewegung keine große Bedeutung, es kann dadurch höchstens eine langsame Rotation des Tieres eintreten, die jedoch mit keiner wesentlichen örtlichen Fortbewegung verbunden ist. Der Tentakel führt langsam schlagende Bewegungen aus, meist 2 bis 4 Schläge in der Minute, selten bis zu 8 oder 9 Schlägen. Es findet ein Einwärtsschlagen in das Peristom hinein statt, wobei das Ende des Tentakels ein- und dann wieder ausgerollt wird. Diese Bewegungen spielen vielleicht bei der Nahrungsaufnahme eine gewisse Rolle. Auch durch Kontraktionen des Körpers, und des Peristoms im besonderen, scheinen keine aktiven Schwimmbewegungen ausgeführt zu werden. Das Schweben erfolgt vielmehr rein passiv durch das geringe spezifische Gewicht der Tiere (1,014 gegenüber 1,024 bis 1,028 der Umgebung).

Da die Tiere keine wesentlichen aktiven Bewegungen auszuführen vermögen, können auch keine aktiven Wanderungen stattfinden. Das gelegentlich beobachtete plötzliche Massenaufreten von *Noctiluca* zeigt aber deutlich, daß doch erhebliche „Wanderungen“ stattfinden müssen, die aber rein passiv erfolgen und zwar in erster Linie durch die Meeresströmung. Jene Massenansammlungen von *Noctiluca* beobachtete ich fast stets an den sogenannten „Stromkanten“, also jenen Stellen des Wassers, wo die Strömung aufhört, an den Ruhekanten des Stromes oder dort, wo zwei verschieden gerichtete Strömungen zusammentreffen. Dieses Vorkommen deutet auf passive Fortbewegung durch die Strömung hin. Daneben wird auch der Wind auf die Fortbewegung der an der Wasseroberfläche befindlichen Tiere einen Einfluß ausüben. Eine wesentliche vertikale Wanderung scheint nicht stattzufinden. Daß die Schwärmer der *Noctiluca* gewisse Wanderungen ausführen, erscheint mir nicht unwahrscheinlich, ist aber noch nicht erwiesen. Auffallend ist auf alle Fälle das oben erwähnte periodische Auftreten von *Noctiluca*, das noch einer Erklärung bedarf.

**Ernährung** Während die nahe verwandten Peridineen eine autotrophe Ernährung besitzen und mit großen Chromatophoren ausgestattet sind, ist die Ernährung der *Noctiluca* ausgesprochen holozöisch, rein tierisch. Dabei sind die Noktiluken außerordentlich gefräßig und in keiner Weise wählerisch. Sie verzehren fast sämtliche Planktonorganismen, selbst Formen, die größer sind als sie selbst. Ihr wichtigstes Nahrungsmittel sind wohl die Diatomeen, die in den Sommermonaten die Hauptmenge des Phytoplanktons ausmachen, besonders die mit vier großen Stacheln versehene *Biddulphia*, sowie der runde *Coscinodiscus*. Auch andere Planktonalgen (Dinoflagellaten usw.) werden verzehrt; neben dem Phytoplankton wird auch Zooplankton gefressen: Protozoen, Kopepoden, Krustazee-Larven, kleine Würmer, Gastropoden-Eier u. -Larven, Fischeier usw. Auch künstliche Fütterung mit Hühnereigelb und Fett-Tröpfchen kann man durchführen. Selbst gegenseitig können sich die gefräßigen Tiere verzehren, wie ich einmal

beobachten konnte; oder es dienen ihnen die jungen *Noctiluca*-Schwärmer als Nahrung. Manchmal sind die aufgenommenen Nahrungskörper in einer Richtung größer als das Tier selbst, so daß es in seiner Körperform stark deformiert und in die Länge gezogen werden kann. Die Aufnahme der Nahrung ist direkt noch nicht beobachtet worden, doch scheint der Tentakel dabei eine Rolle zu spielen. Die Ausstoßung der Nahrungsreste konnte ich mehrfach beobachten; sie werden langsam aus dem Peristom herausgepreßt, ohne unmittelbare Mitwirkung des Tentakels.

Die aufgenommenen Nahrungskörper gelangen in das Protoplasma, meist in das Zentralplasma, doch findet man auch in dem Plasmanetz bisweilen Nahrungskörper. Diese liegen stets in einer Vakuole, deren Flüssigkeitsmenge aber häufig sehr gering ist. Die Vakuole selbst ist von einem dünnen Plasmahäutchen umgeben. Die Ausnutzung der aufgenommenen Nahrung ist sehr unvollkommen; denn man sieht, daß die ausgestoßenen Nahrungsreste häufig noch große Mengen organischer Substanzen enthalten. Ein Teil der aufgenommenen Nahrung scheint als Reservefett gespeichert zu werden.

Läßt man die Tiere längere Zeit (10 bis 14 Tage und mehr) hungern, so zeigen sich charakteristische Inanitionserscheinungen. Zuerst verschwinden die Nahrungsreste, dann die Reservesubstanzen (Fettkügelchen), das Protoplasma wird verringert, schließlich werden auch die festeren, peripheren Organellen noch zurückgebildet und aufgelöst, wie Staborgan, Tentakel, Zahn und Lippe; nach 3 Wochen oder später sterben die Tiere ab.

**Fortpflanzung** Die Fortpflanzung von *Noctiluca* geschieht auf zweifache Weise, entweder durch einfache Zweiteilung oder durch Schwärmerbildung.

Die Teilung, sowie die Knospenbildung wird dadurch eingeleitet, daß die verschiedenen an der Oberfläche des Tieres vorhandenen Organellen zurückgebildet werden. Zuerst verschwindet langsam das Peristom, dann die Fadengeißel, der Zahn und die leistenartigen Verdickungen am Fuße des Tentakels und schließlich der Tentakel selbst. Bei der Rückbildung der letztgenannten Organelle wird die festere periphere Protoplasmaschicht wieder verflüssigt und von der übrigen Zelle resorbiert. Auf diese Weise entstehen rundliche, bläschenförmige Individuen, die an der Peripherie keine besondere Differenzierung mehr aufweisen und im Inneren das Zentralplasma mit dem Kern, sowie das von dort an die Peripherie ausstrahlende Plasmanetz und den Zellsaft enthalten. Im Plasma sind meist zahlreiche kleine Fett-Tröpfchen vorhanden. Da diesen Formen die aktive Beweglichkeit des Tentakels, der Fadengeißel usw. fehlt, hat man sie früher als sogen. „Ruhestadien“ bezeichnet; ein Ausdruck, der nicht ganz treffend ist, da im Innern der Zelle, im Kern und Zentralplasma lebhaftere Veränderungen vor sich gehen.

Die Teilung eines derartigen „Ruhestadiums“ beginnt in der Weise, daß sich das Zentralplasma zusammenballt und zur sogenannten „Sphäre“ wird (Fig. 3, sph). Diese streckt sich in die Länge, wird

hantelförmig und teilt sich in 2 Tochttersphären, die durch die „Spindelfasern“ (sp) miteinander in Verbindung stehen; ein besonderes Zentriol scheint zu fehlen. Der vorher rundliche Kern zieht sich in die Breite und legt sich als ein Ring, welcher an einer Seite offen ist, um die Spindelfasern herum. Dann streckt er sich langsam in die Länge, wird hantelförmig und schnürt sich schließlich durch. Auf die cytologischen Veränderungen im Kern kann ich hier nur kurz eingehen (Fig. 3): aus der chromatischen Kernsubstanz bilden sich langgestreckte chromosomenartige Gebilde, die aber nicht Chromosomenindividuen wie bei den Metazoen-Kernen darstellen, sondern zahllose chromatische Segmente, ähnlich wie bei den Peridineen-Kernen.

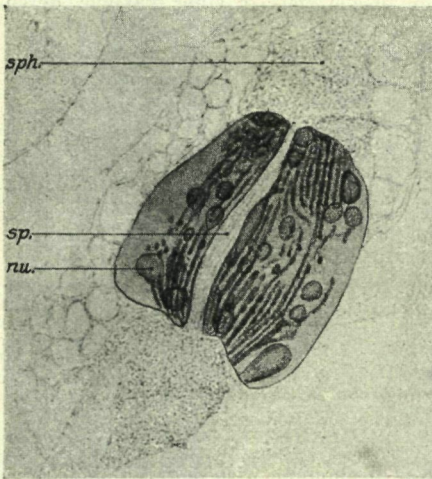


Fig. 3. Kernteilung von *Noctiluca* (Telophase), optischer Schnitt (Original). sph Sphäre, sp Spindelfasern, nu Nukleolen.

Während diese Veränderungen im Kern vor sich gehen, beginnt sich die Zelle an der Oberfläche einzuschnüren und zwar in Richtung der Äquatorialebene der Kernteilung. Die Sphären mit den zwei Tochterkernen rücken weiter auseinander und die ringförmige Plasmaeinschnürung dringt tiefer ein, bis schließlich nur noch eine schmale Verbindungsbrücke vorhanden ist, die dann durchreißt. Die entstehenden Tochterindividuen sind meistens gleich groß, doch kann man nicht selten auch Verschiedenheiten der Größe wahrnehmen.

Die Neubildung der äußeren Organe beginnt mit der Ausstülpung des Tentakels, welcher aus dem Zentralplasma (Tochttersphäre) hervorgeht. Auch Staborgan, Zahn, Lippe usw. werden durch Veränderungen im Protoplasma neu gebildet. Die Entstehung dieser Organellen geschieht meistens bereits, während die Tochtertiere noch miteinander in Verbindung stehen, doch kann die Durchschnürung auch schon vorher vollzogen sein. Der gesamte Teilungsvorgang, von der Rückbildung der Organellen an bis zu den beiden getrennten fertigen

Individuen, ähnlich wie bei den Peridineen-Kernen. In gewissen Stadien kann man eine deutliche Längsspaltung dieser „Chromatinsegmente“ beobachten. Wir haben hier zweifellos die primitive Form einer mitotischen Kernteilung vor uns. Die Nukleolen bleiben, wenigstens zum Teil, während der Kernteilung erhalten; aus ihnen bilden sich nicht, wie CALKINS annahm, die Chromosomen; doch strecken sie sich während der Teilung ebenfalls in die Länge.



Tochtertieren, erfordert etwa 12 bis 24 Stunden. Abweichungen von dem oben geschilderten, normalen Teilungsvorgang kommen nicht selten zur Beobachtung.

Die Schwärmerbildung beginnt genau in der gleichen Weise wie die einfache Zweiteilung: zuerst Rückbildung der äußeren Organellen und Kernteilung, wie oben geschildert, nur daß die Durchschnürung des Zellkörpers unterbleibt. Auch kehren die Kerne nicht in den Ruhezustand zurück, sondern beginnen sich sogleich wieder zu teilen, nachdem eine zweite Teilung der Tochtterspindeln vorangegangen ist. Dieser Vorgang wiederholt sich nun mehrere Male, so daß 4, 8, 16 usw. Kerne und Sphären entstehen, bis ungefähr 256 oder 512. Da aber in den späteren Stadien die Teilung der einzelnen Tochterkerne nicht mehr ganz gleichzeitig erfolgt, so finden wir häufig Knospenzahlen, die nicht eine Potenz von 2 darstellen. Jede Kernteilung erfordert durchschnittlich 3 bis 4 Stunden. Die Sphären mit den Tochterkernen rücken an die Oberfläche des Muttertieres und wölben diese zu kleinen Hügeln empor. Dadurch entstehen knospenartige Gebilde, die aber mit dem Muttertier immer noch in Zusammenhang stehen. Das Protoplasma konzentriert sich immer mehr in diesen die

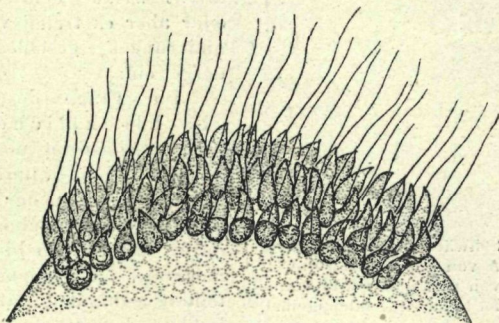


Fig. 4.

Teil einer *Noctiluca* mit Knospen-(Schwärmer)-Scheibe. Die Schwärmer sind fast fertig entwickelt und bereits mit Geißeln versehen (n. CIENKOWSKY aus KÜHN).

Sphäre enthaltenden Knospen, so daß schließlich das feine Plasmanetzwerk im Innern der Mutterzelle verschwindet und diese nur ein mit Zellflüssigkeit angefülltes Bläschen darstellt, an dessen Oberfläche die Knospen in Form einer Scheibe oder Kalotte dicht gedrängt aneinandersetzen (Fig. 4). Aus diesen Knospen bilden sich schließlich die Schwärmer, indem sich an jeder Knospe eine konvexe und eine konkave Seite ausbildet und das distale Ende sich etwas zuspitzt und sich schon lange vor der Ablösung der Schwärmer die Geißeln ausbilden. Ihre Ablösung vom Muttertier erfolgt unregelmäßig, je nach der Reifung der Schwärmer.

Die freien, frisch losgelösten Schwärmer (Fig. 5) haben eine Länge von etwa  $20 \mu$  und eine Breite von durchschnittlich  $14 \mu$ . Die Bauchseite erscheint eiförmig, das hintere Ende ist abgerundet oder auch etwas zugespitzt, die Dorsalseite konvex gewölbt, die Ventralseite dagegen konkav, doch wird diese Aushöhlung durch den Kopfteil des Schwärmers überragt. In der Bauchansicht erscheint diese Stelle als Querfurchung, in deren Mitte die Schleppeiße (fl) des Schwärmers entspringt, welche etwa 3 bis 4mal so lang ist wie der Schwärmer selbst.

Das Innere des Schwärmer besteht aus einem fein granulierten Plasma, das einen stark lichtbrechenden Kern, sowie zahlreiche Fett-Tröpfchen enthält. Außer dieser normalen Schwärmer-sorte werden auch abweichende Formen mit einem kürzeren Fortsatz, mit mehreren Geißeln usw. beobachtet, die vielleicht nur Anomalien darstellen. Die Fortbewegung der Schwärmer erfolgt durch Rotation um die Längsachse und leichte Pendelbewegungen, wobei die Geißel als Steuerruder nachgeschleppt wird. Das weitere Schicksal der Schwärmer ist leider noch nicht endgültig aufgeklärt, es können sich aus ihnen entweder direkt wieder erwachsene Tiere entwickeln, oder aber es treten vorher noch andere Veränderungen, geschlechtliche Vorgänge oder dergl. ein.

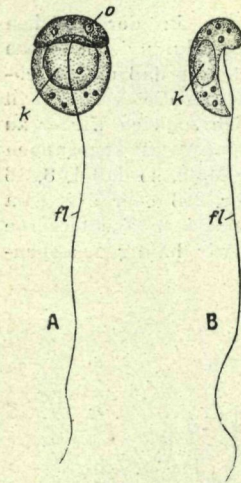


Fig. 5.

Schwärmer von *Noctiluca*, A von der Ventralseite, B von rechts (n. PRATJE aus KÜHN). fl Schleppgeißel, k Kern, o Öltröpfen.

Die Frage des Vorhandenseins einer geschlechtlichen Fortpflanzung bei *Noctiluca* ist noch nicht endgültig entschieden. Die älteren Autoren vermuteten eine Kopulation der erwachsenen Tiere, im „Ruhezustand“. Meine Beobachtungen sprechen dafür, daß es sich hierbei wohl nur um Plasmogamie oder rückgängig gemachte Zweiteilung gehandelt hat. Größere Wahrscheinlichkeit besitzt die Annahme einer Kopulation der Schwärmer. Manchmal fand ich

Doppelbildungen von Schwärmern, die man als Kopulationszustände hätte deuten können. Der Lebenszyklus bedarf also noch weiterer Aufklärung.

**Leuchten** Mit einer Lebenserscheinung der *Noctiluca* müssen wir uns hier noch etwas näher befassen, ist sie es doch, welche den Tierchen ihren Namen gegeben und die alten Untersucher immer wieder veranlaßt hat, sich mit ihnen zu beschäftigen: das Leuchten. In unseren nordischen Meeren haben wir die *Noctiluca* als den wichtigsten Erzeuger des Meerleuchtens zu betrachten, während die anderen leuchtenden Formen, wie die Ceratien oder die höheren Tierformen doch wesentlich in den Hintergrund treten. Bei Helgoland tritt die Erscheinung des Meerleuchtens meistens dann auf, wenn in den warmen Sommermonaten nach einigen ruhigen, windstillen Tagen ein leichter Wind aufkommt und die sonst ruhige Wasseroberfläche zu leichten Wellenkämmen bewegt. Dann scheint des Nachts das Meer über und über mit weißen Streifen bedeckt; und wenn ein Boot die Wasserfläche durchfurcht, so bildet sich an seinem Bug eine glitzernde und schimmernde Welle, und jeder Ruderschlag scheint wie in flüssiges Silber getaucht. APSTEIN hält das *Noctiluca*-Meerleuchten sogar für schöner als das in den Tropen beobachtete.

Läßt man die Tierchen vollständig in Ruhe, so leuchten sie nicht, sondern senden nur auf mechanische Reize hin, durch Erschütterung

usw., einzelne Lichtblitze aus. Absterbende Tiere erglänzen dagegen in gleichmäßigem, aber schwachem Dauerlichte. Auch durch andere Reize kann das Aufleuchten der Tiere erzeugt und beeinflußt werden, so durch den elektrischen Strom, durch Wärme, durch chemische Substanzen, deren Einfluß in zahlreichen Experimenten näher studiert ist. Die Anwesenheit von Sauerstoff ist für die Lichterzeugung unbedingt erforderlich. Durch Narkotika kann die normale Lichtreaktion zum Stillstand gebracht werden. Die Farbe des ausgesandten Lichtes ist bläulich bis grünlich, oder erscheint weißlich, je nach dem Zustande des beobachtenden menschlichen Auges (Adaptation). Die Intensität des Lichtes ist nicht sehr groß, doch kann man bei dem Schein eines Glases mit *Noctiluca* enthaltendem Wasser das Zifferblatt einer Uhr noch auf einige cm Entfernung erkennen.

Nähere Untersuchung zeigt, daß das gesamte Protoplasma imstande ist, Licht auszusenden, doch leuchtet in erster Linie die Oberfläche des Tieres, so daß, bei schwacher Vergrößerung betrachtet, *Noctiluca* in leuchtendem Zustand ganz oder teilweise von einem diffusen Lichtschimmer überkleidet zu sein scheint. Bisweilen sieht man außerdem noch einen stärker leuchtenden Fleck, der dem Zentralplasma zu entsprechen scheint. Auch kann das Licht an der Pellikula des

Tieres, besonders an der Peristomwand reflektiert werden, so daß dort ein mehr gleichmäßiger Lichtschein erzeugt wird. Im übrigen zeigt aber stärkere Vergrößerung, daß die leuchtenden Stellen der *Noctiluca* aus zahllosen, feinen leuchtenden Pünktchen zusammengesetzt sind (Fig. 6).

Die Auflösung des Lichtes der *Noctiluca* in einzelne Lichtpünktchen legt die Vermutung nahe, daß diese Lichtpünktchen den zahllos im Plasma verstreut liegenden, stärker lichtbrechenden Körnchen entsprechen und ihnen ihre Entstehung verdanken. Diese setzen sich, wie wir oben sahen, größtenteils aus Fettsubstanzen, echten Neutralfetten, neben Cholesterinen und Lipoiden zusammen. Und in der Tat können derartige Stoffe im Reagenzglas unter Lichterscheinung oxydiert werden. Ein absoluter Beweis für diese Annahme, daß die Oxydation dieser Fettsubstanzen das Leuchten hervorbringt, ist allerdings heute noch nicht erbracht, wenn ich auch beobachten konnte, daß Individuen mit besonders zahlreichen Fett-Tröpfchen besonders hell aufleuchten.

Der bei anderen Tieren gefundene Leuchtstoff, das Luciferin, sowie das Leuchtferment, die Luciferase, welche einzeln nicht leuchten, zu-

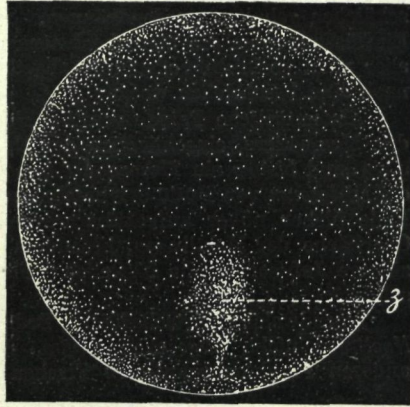


Fig. 6.  
Leuchtende *Noctiluca* (nach PRATJE).  
z leuchtende Zentralplasmamasse.

sammen dagegen Licht erzeugen, konnten bei *Noctiluca* nicht isoliert werden. Trotzdem sieht DUBOIS in den leuchtenden Körnchen organisierte Enzyme („Vakuoliden“). Eine andere Theorie stellt BUCHNER auf, der in diesen leuchtenden Pünktchen Leuchtbakterien sieht, die in Symbiose mit *Noctiluca* leben, eine Annahme, die nach meiner Meinung für *Noctiluca* wenig Wahrscheinlichkeit besitzt.

Das Leuchten selbst scheint für die Tiere keinerlei Nutzen zu haben, sondern vielmehr nur eine Nebenerscheinung des Stoffwechsels darzustellen.

**Beziehungen zur Umwelt** Die Noktiluken sind ziemlich widerstandsfähige Tiere, die, wie schon erwähnt, mehrere Wochen in kleinen Glaschälchen gehalten werden können. Selbst durch stärkere mechanische Einflüsse werden die Tiere höchstens in ihrer äußeren Form verändert, aber nicht so leicht vollständig abgetötet. Regenerationsvorgänge hier nach sind beschrieben worden.

Als natürliche Feinde von *Noctiluca* kommen alle planktonfressenden Meerestiere, einschließlich der Nutzfische, in Betracht. Als Parasiten sind bisher ein Mesozoon (*Amoebophrya*) von NERESHEIMER und ein *Distomum* von POUCHET beschrieben worden, ohne jedoch, daß diese Fälle bisher näher aufgeklärt wären. Häufig begegnet man an der Oberfläche der Noktiluken, besonders ihrer Schwärmerbildungsstadien, ziliaten Infusorien, die bisweilen Teile der Knospenscheibe wegfressen sollen.

Irgendwelche wirtschaftliche Bedeutung für den Menschen besitzt *Noctiluca* nicht, abgesehen davon, daß sie selbstverständlich neben anderen Planktonorganismen Fischen zur Nahrung dient.

**Literatur** Nur einige wenige Abhandlungen und Arbeiten, namentlich solche, in denen man nähere Literatur-Angaben über die Cystoflagellaten findet (\*), seien hier angegeben:

\*BÜTSCHLI, O., *Protozoa*, in: BRONNS Klassen und Ordnungen des Tierreichs, 2. Aufl. 1. 2, p. 1030—1097. Leipzig 1885.

CALKINS, G. N.: Journ. Morphol. 15. 1899.

HAMBURGER, CL., *Flagellata*, in: BRANDT & APSTEIN, Nordisches Plankton, Lfg. 16, Tl. 13, p. 201—202. Kiel u. Leipzig 1913.

HARVEY, E. B., A physiological study of the specific gravity and luminescence in *Noctiluca* . . . , in: CARNEGIE-Inst. Publ. 251, p. 235 bis 253. Washington 1917.

\*KOFROID & SWEZY, The Free-living Unarmored *Dinoflagellata*, in Mem. Univ. California 5, p. 52—54, 406—413. 1921.

LOHMANN, H.: Arch. Biontol. 4. 3, p. 598. 1920.

\*PRATJE, A., *Noctiluca miliaris* Sur., Beiträge zur Morphologie, Physiologie und Cytologie, I: Arch. Protistenk. 42, p. 1—98; II: Z. Anat. Entwickl. 62, p. 171—232. 1921.

\* — —: Das Leuchten der Organismen I. München 1923; auch: Ergebn. Physiol. 21. 1, p. 166—273. 1923.

\*VAN GOOR, A. C. J.: Arch. Protistenk. 39. 1918.