

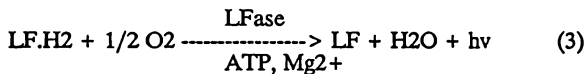
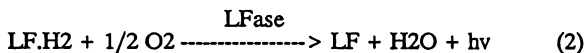
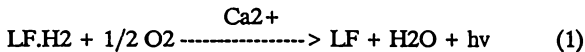
BIOLUMINESZENZ BEI MEERESTIEREN

von Andreas HARTL

Das Phänomen der Biolumineszenz stellt in der Natur eine Fähigkeit von lebenden Organismen dar, durch einzymatisch katalysierte Reaktionen sichtbare Strahlung auszusenden (TARDENT, 1979). Diese faszinierende Erscheinung ist keineswegs auf die Dunkelheit großer Meerestiefen beschränkt (TARDENT, 1979). Man findet dieses charakteristische Merkmal auch bei vielen mesopelagischen und Flachwasserfischen. Bei Süßwasserfischen sind keine derartigen Ausprägungen bekannt (BONE und MARSHALL, 1985).

Die Biolumineszenz ist eine sehr effizient arbeitende Methode, um Licht zu erzeugen, was ein Vergleich mit der menschlichen Technologie verdeutlichen mag: während bei einer Glühlampe 80 bis 95 % der eingesetzten Energie in Form von Wärme verloren geht, ist der Verlust an Energie durch Biolumineszenz verschwindend gering. Er beträgt gerade 5 bis 20 % (TARDENT, 1979).

Biogenes Licht ist, wie Untersuchungen an terrestrischen Leuchtkäfern und marinen Muschelkrebse zeigen, das Produkt einer chemischen Reaktion (TARDENT, 1979). Chemische Energie wird mit hoher Quantenausbeute in Lichtenergie (hv) verwandelt. In der Regel dient dabei ein Luciferin (LF) als Substrat für eine Luciferase (LFase), die das Luciferin unter Quantenemission oxidiert:



Die artspezifischen Emissionsspektren liegen über den ganzen sichtbaren Bereich des Lichtes gestreut (GEHRING und WEHNER, 1990). Das Luciferin - Luciferase - System ist bisher bei einigen Polychaeten (*Odontosyllis sp.*), Krebsen (Ostracoda, Decapoda) und

Mollusken (*Pholas sp.*) nachgewiesen worden, wobei es noch abzuklären gilt, ob die Biolumineszenz anderer Artengruppen eventuell aufgrund anderer chemischer Reaktionen zustande kommt (TARDENT, 1979).

Man unterscheidet im allgemeinen drei Arten von Lumineszenz:

- * Von extrazellulärer Biolumineszenz spricht man, wenn leuchtende, in besonderem Drüsenzellen, sogenannte Photocyten, produzierte Sekrete ins Wasser gelassen werden. Derartige Sekrete werden z. B. von *Chäatopterus variopedatus*, von einigen nachts schwärmenden Borstenwürmern (*Odontosyllis*), von der Muschel *Pholas dactylus*, von den Ostracoden der Gattung *Cypridina* sowie von mehreren bathypelagischen Großkrebsen abgesondert (TARDENT, 1979).
- * Das intrazelluläre Leuchten bleibt auf bestimmte Körperbereiche bzw. Leuchtorgane konzentriert, wobei sich die lichterzeugenden chemischen Reaktionen im Inneren von spezialisierten Leuchtzellen abspielen (TARDENT, 1979).
- * Die dritte Art der Biolumineszenz beruht darauf, daß die photogenen Zellen keine körpereigenen Zellen sind, sondern fremde Zellen. So können Leuchtorgane symbiontische Leuchtbakterien enthalten (TARDENT, 1979). Bakterielle Leuchtorgane stehen immer entweder mit dem Darmtrakt oder mit dem Wasser in offener Verbindung (BONE und MARSHALL, 1979). Beispiele für bakterielle Leuchtorgane sind u.a. das im Tintenbeutel des Cephalopoden *Sepiola lingulata* eingebettete Lichtorgan, sowie das lichtstarke Organ von *Photoblepharon palperatus* (TARDENT, 1979). Dieses Lichtorgan enthält 10^{10} Bakterien pro cm^2 (BONE und MARSHALL, 1985). es sendet ein kaltes, blaugrünes Licht aus, dessen Leuchtkraft ausreicht, daß der Fisch auch selbst im Dunkeln sehen kann (ROTTMANN, 1985).

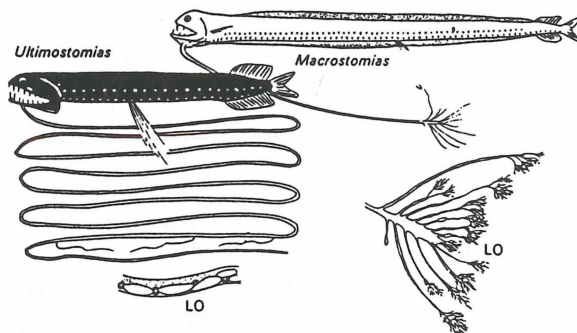


Abb. 9.20: Barteln von Stomiatoideen. *Ultimostomias* besitzt auf den Barteln aufgereihete Leuchtorgane (LO), während *Macrostomias* Leuchtorgane an der Spitze der Barteln trägt. Man beachte die zur Bauchseite hin ausgerichteten Tarn-Leuchtorgane längs des Körpers. Nach Beebe (1933).

Abb. aus BONE & MARSHALL, 1985

Im Bau von Leuchtorganen findet man eine Fülle gruppenspezifischer Unterschiede und konvergente Anpassungen (GEHRING und WEHNER, 1990). Die Strukturen von Leuchtorganen (Photophoren) erstrecken sich von einfachen, mit photogenen Zellen ausgekleideten oder mit Leuchtbakterien ausgefüllten Beuteln bis hin zu komplex gebauten Scheinwerfern, deren Rückseiten mit spiegelartig wirkenden Reflektoren versehen sind und/oder deren Licht dank eines vorgeschalteten Linsensystems in eine bestimmte Richtung gelenkt werden kann (TARDENT, 1979).

Bezüglich der Körperstellen, an denen Photophoren vorkommen, herrscht große Mannigfaltigkeit. Viele ozeanische Fische sind mit Leuchtorganen ausgerüstet, die sich an den Körperseiten befinden, an denen sie in charakteristischen Mustern verteilt sind. Sie können aber auch an peitschenartigen Fortsätzen (Angeln) getragen werden. Ferner gibt es verschiedene Arten von Fischen, die leuchtende Barteln (Barthaare) tragen (COKER, 1966).

Die Lichtemission ist in den wenigsten Fällen kontinuierlich. Körpereigene Photophoren sind meist der nervösen Kontrolle unterstellt. Doch auch Leuchtorgane, die auf der Basis von symbiontischen Bakterien arbeiten, können gesteuert werden. Manche Tiere besitzen unter oder über ihrem Leuchtorgan einen Hautdeckel, der als Lid dient (TARDENT, 1979). So erreicht *Photoblepharon* durch rhythmisches Öffnen und Schließen der Lidfalte ein blinkendes Lichtsignal (BONE und MARSHALL, 1985).

Die Gesamtwirkung der Leuchtorganismen ist nicht zu unterschätzen. So zeigten Untersuchungen von Forschern in einhundert Meter Meerestiefe ein wahres Blitzlichtgewitter. Man fand dort Frequenzen von mehr als 160 Lichtblitzen pro Minute. Die Einzelblitzdauer betrug dabei 0,2 bis 1 Sekunden, durch Überlappen der Blitze resultierte eine Dauerbeleuchtung von bis zu zehn Sekunden Dauer. Aus solchen Werten kann ersehen werden, daß die bei gleichmäßiger Dauerbeleuchtung erreichten Helligkeitswerte vor allem in der Nacht eine erhebliche ökologische Bedeutung besitzen (FRIEDRICH, 1965).

Über die biologische Bedeutung der Biolumineszenz läßt sich nur schwer eine Aussage machen, da es sich oft um Lebewesen handelt, über deren Verhalten und Ökologie man nur wenig weiß, da sie in einer für Menschen schwer zugänglichen Umwelt leben. Die Funktion der Leuchtorgane ist im einzelnen fast noch ungeklärt. Man nimmt aber an, daß die Biolumineszenz polyphyletisch (d.h. nicht von einer Stammform aus), als Nebenprodukt chemischer Reaktionen mit anderer Zweckbestimmung, entstanden ist und daß sie nun in den Dienst anderer Funktionen gestellt wird (TARDENT, 1979).

Die Funktionen der Leuchtorgane sind mannigfaltig. Sie dienen z.B. dem Nahrungserwerb im engeren und weiteren Sinn (TARDENT, 1979). Viele Fische tragen leuchtende Köder in den verschiedensten Formen als Lockmittel. Oft sind peitschenartige Fortsätze (Angeln) bestimmter Arten mit Widerhaken versehen, bei einigen Arten befindet sich der Leuchtkörper direkt im Maul (TAIT, 1971).

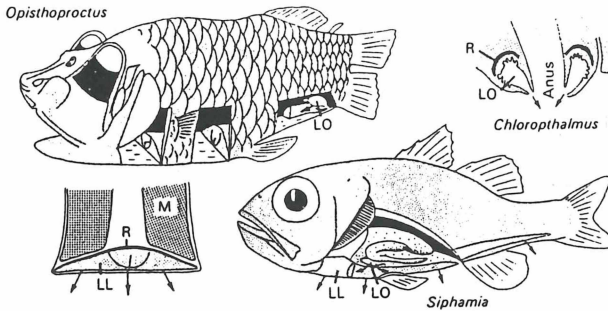


Abb. 9.21: Bakterielle Leuchtorgane. Links: *Opisthoproctus* hat ein rektales Leuchtorgan (LO), das Licht in einen abgeplatteten Lichtleiter (LL) schickt. An dessen Rückseite befindet sich ein Reflektor (R), der das Licht durch die «Sohle» des Fisches emittiert, wie im Querschnitt unten zu sehen. M myotomale Muskeln. Rechts: Anale Leuchtorgane von *Chlorophthalmus* öffnen sich zum Rektum hin und sind an der Rückseite ebenfalls mit Reflektoren versehen. Unten: der Kardinalfisch *Siphamia* besitzt ein Leuchtorgan, das sich vom Darmtrakt her nach außen öffnet und einen Lichtleiter beleuchtet, der das Licht ventral abstrahlt. Nach Herring (1977), Somiya (1977) und Iwai (1971).

Abb. aus BONE & MARSHALL, 1985

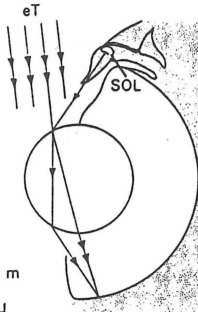
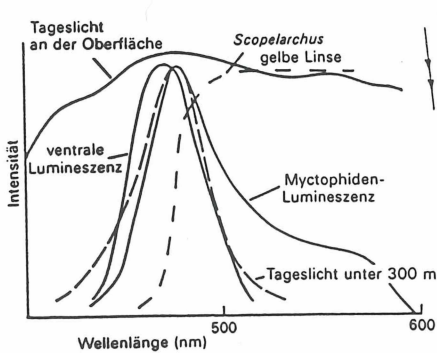
Bei vielen Cephalopoden, Crustaceen und Teleosteen, die ganze Batterien ventral angeordneter Leuchtorgane besitzen, ist die Feindvermeidung die zentrale Funktion des Leuchtorgans. Dies wird dadurch erreicht, daß die nach unten strahlenden Leuchtorgane die Körpersilhouette ihres Trägers für einen tiefer schwimmenden, ins helle Oberlicht blickenden Räuber optisch auflösen. Dabei kann der Fisch die Intensität des nach unten abgestrahlten Lichts über neuronale Steuerung so genau an die vom Auge gemessene Intensität des Oberlichtes anpassen, daß er - von unten gesehen - stets im Oberlicht verschwindet (GEHRING und WEHNER, 1990). Diese erstaunliche Anpassung wird aber von einigen Fischen mit Hilfe von Filterlinsen geknackt (BONE und MARSHALL, 1985).

Leuchtorgane können auch ein artspezifisches und geschlechtsspezifisches Muster bilden, sodaß sich Geschlechtspartner damit finden können. Sie dienen auch als Hilfsmittel zur Schwarmbildung (Schutzfunktion). Meeresorganismen, die die Photophoren ein- bzw. ausschalten können, kommunizieren so mit ihren Artgenossen. Zur Verteidigung dienen ins Wasser abgegebene leuchtende Wolken. So hüllen sich gewisse Cephalopoden und Crustaceen in leuchtende Nebelwolken ein, um so ihren Freßfeinde zu enttrinnen (FRIEDRICH, 1965).

Als Scheinwerfer dienen die Leuchtorgane des Tintenfisches *Pachystomias*. Das rote Licht, das sie abstrahlen, entspricht in seinem Emissionsspektrum dem Absorptionsspektrum der rotempfindlichen Photorezeptoren. Da das natürliche Umgebungslicht eines Tiefseefisches nur noch den kurzwelligen Strahlungsanteil enthält, wäre das Auftreten von

Rotrezeptoren ohne die Scheinwerferfunktion der Leuchtorgane unverständlich (GEHRING und WEHNER, 1990).

Biolumineszenz ist nach wie vor ein wenig erforschtes Phänomen, da man häufig an Zufallsfunde angewiesen ist (TAIT, 1971).



Tarnung durch ventrale Beleuchtung und gelbe Linsen. Links: Spektrale charakteristika des Tageslichtes an der Oberfläche und des Tageslichtes in 300 m Tiefe (gestrichelte), verglichen mit dem Licht aus den ventralen Leuchtorganen von *Argyroleucus* (durchgezogene) und den Leuchtorganen von *Myctophiden*. Man beachte die gute Übereinstimmung zwischen dem einfallenden Tageslicht (eT) und dem von *Argyroleucus* emittierten Licht. Die gestrichelte Kurve zeigt die Durchlässigkeit der gelben Linsen von *Scopelarchus*, aus der hervorgeht, daß die Leuchtorgane des *Myctophiden* (aber nicht von *Argyroleucus*), mit gelben Linsen betrachtet, heller als der Hintergrund erscheinen. Rechts: Vergleich der Intensitäten des von supraorbitalen Leuchtorganen (SOL) emittierten Lichtes mit dem einfallenden Tageslicht (eT) bei dem *Myctophiden* *Tarletonbeania*. Nach Denton (unveröffentlicht), Lawry (1974) und Muntz (1976). Abb. aus BONE & MARSHALL, 1985.

LITERATUR:

- BONE Q. und MARSHALL N.B.: *Biologie der Fische*. Gustav Fischer Verl., Stuttgart, New York, 1985, pp 235
- COKER R.E.: *Das Meer - der größte Lebensraum*. Paul Parey Verl., Hamburg, Berlin, 1966, pp 211
- FRIEDRICH H.: *Meeresbiologie*. Gebrüder Bornträger Verl., Berlin - Niklasee, 1965, pp 436
- ROTMANN L.: *Faszinierende Unterwasserwelten*. Birkhäuser Verl., Basel, Boston, Stuttgart, 1985, pp 197
- TAIT R.V.: *Meeresökologie*. Georg Thieme Verl., Stuttgart, 1971, pp 305
- TARDENT P.: *Meeresbiologie*. Georg Thieme Verl., Stuttgart, 1979, pp 381
- WEHNER R. und GEHRING W.: *Zoologie*. 22. Aufl. Georg Thieme Verl., Stuttgart, New York, 1990, pp 816

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Bufus-Info - Mitteilungsblatt der Biologischen Unterwasserforschungsgruppe der Universität Salzburg](#)

Jahr/Year: 1991

Band/Volume: [9](#)

Autor(en)/Author(s): Hartl Andreas

Artikel/Article: [Biolumineszenz bei Meerestieren 14-18](#)