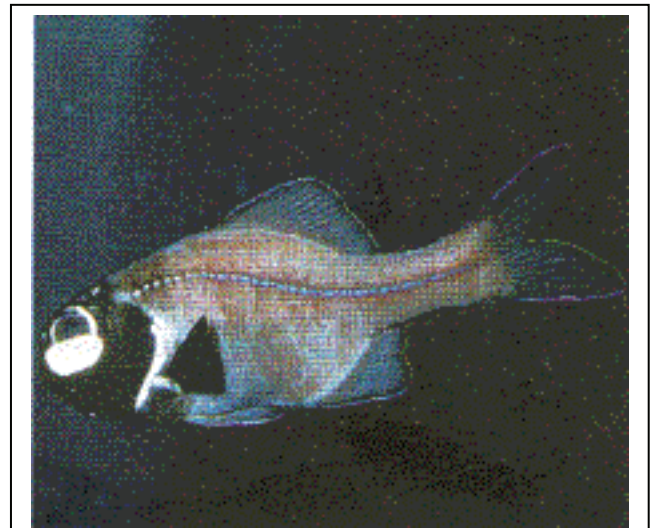


Demonstrationsversuch Chemilumineszenz

Einleitung

Als Chemilumineszenz wird eine mit einer chemischen Reaktion verbundene Lumineszenz bezeichnet, d. h. die Emission von Licht, meist im sichtbaren Bereich bei Wellenlängen zwischen 400 und 700 nm, aber auch von ultraviolettem, ggf. auch von infrarotem Licht. Die Temperatur liegt dabei deutlich unterhalb der Glühtemperatur der beteiligten Substanzen. Man spricht auch von „kaltem Licht“. Wird derartige Licht von Organismen mit arteigenen, spezifischen lichterzeugenden Substanzen enzymkatalysiert erzeugt, spricht man von Biolumineszenz.



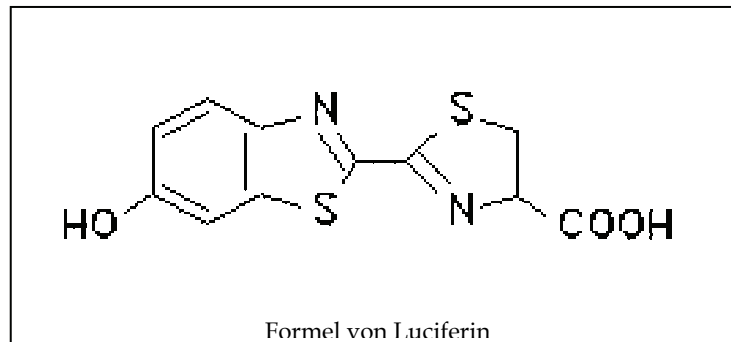
Laternenrägerfisch (Photoblepharon palebratus)

Geduldig wartet der Anglerfisch auf dem Grunde des Meeres. In diese Tiefe dringt kein Sonnenlicht hinab - es ist dunkel. Dunkel bis auf die leuchtende Kugel, die sich vor dem Maul des Fisches in der Strömung bewegt. Das Leuchten dieser Kugel, die sich auf einem Körperanhang des Anglerfisches befindet, dient dem Räuber als Köder. Sobald ein neugieriger Fisch den Fehler macht, dem leuchtenden Gebilde zu nahe zu kommen, schnappt das Maul des Anglerfisches blitzschnell zu.

Diese kräftesparende Jagd verdankt das Tier einem in der Tiefsee weit verbreiteten Phänomen: der Biolumineszenz. Die Lumineszenz wird vielseitig eingesetzt, nicht nur zum Beutefang. Bei einigen Quallen dienen schillernde Streifen als Signal für die Paarung oder -durch plötzliches Aufblinken - als Schutz vor Räubern. Laternenfische nutzen das Lumineszenz-Licht als eine Art Taschenlampe, möglicherweise zur Nahrungssuche. Andere Tiere, deren Biolumineszenz-Organ an der Unterseite liegen, schützen sich auf diese Weise vor Räubern, da sie so von unten nicht gegen das hellere Oberlicht als dunkler Schatten erkannt werden können.

Aber Lumineszenz findet man nicht nur in der Tiefsee, sondern auch an Land. Auch Pilze können leuchten, um Insekten zur Verbreitung ihrer Sporen anzulocken und Leuchtkäfer (Glühwürmchen) nutzen das Leuchten zur Partnersuche. Der Mechanismus der Lichterzeugung ist bei allen Tieren gleich. Chemische Energie wird mit hoher Ausbeute in Lichtenergie verwandelt. In der Regel oxidiert

das Enzym Luciferase dabei die lichterzeugende Substanz Luciferin. Bei dieser Reaktion werden Lichtquanten unter Verbrauch von ATP freigesetzt.



Unter den Tiefseebewohnern nutzen über zwei Drittel die Lumineszenz. Einige besitzen körpereigene lichterzeugende Zellen. Diese Art der Lichterzeugung wird primäres Leuchten genannt. Die meisten von ihnen nutzen jedoch das sekundäre Leuchten. Die körpereigenen Zellen sind nicht zur Lichterzeugung befähigt, diese Aufgabe übernehmen symbiotische Bakterien. Der Korallenfisch Photoblepharon zum Beispiel beherbergt in seinen unter den Augen gelegenen Leuchtorganen Bakterien, die außerhalb des Organes nicht überleben könnten. Als Gegenleistung für das erzeugte Licht werden sie mit Sauerstoff und Nährstoffen versorgt. Anders als bei primärem Leuchten, wo die Leuchtaktivität ein- und ausgestellt werden kann, kann der Korallenfisch den Bakterien nicht befehlen, das Licht bei drohender Gefahr zu löschen. Er kann es aber verdecken, indem er eine Hautfalte über das leuchtende Organ zieht.

Auch in der Forschung hat man die vielseitige Nutzbarkeit der Lumineszenz bereits entdeckt. Eine neue Technik, in der das Phänomen der Lumineszenz genutzt wird, soll den Tuberkulose-Test revolutionieren. Bisher dauerte es drei Monate, bis die Kulturen von tuberkulose-auslösenden Bakterien so weit gewachsen waren, dass ein Antibiotikum gefunden werden konnte, gegen das der Stamm nicht resistent ist. Wird aber ein Gen in die DNA der entnommenen Bakterien eingebracht, welches die Information für die Bildung des Enzyms Luziferase codiert, so eröffnen sich neue Möglichkeiten. Schon eine zwei Tage gewachsene Kultur enthält genug Zellen, um mit empfindlichen Luminometern (Nachweisgeräte für das Licht) Lichtbildung festzustellen, sobald der Kultur Luciferin zugegeben wird. Nun können verschiedene Antibiotika getestet werden. Hört die Lichterzeugung auf, so war der Stamm nicht resistent. Eines Tages werden auf diese Weise vielleicht die drei Millionen Menschen gerettet werden können, die heute noch jährlich an Tuberkulose sterben.

Eine weitere Anwendungsmöglichkeit der Biolumineszenz liegt im Bereich der Umweltanalytik. So kann etwa die Wassergüte mithilfe leuchtender Symbiose-

bakterien ermittelt werden. Bei großen Schadstoffmengen wird von den Bakterien weniger Licht produziert.

Anwendungsmöglichkeiten der Luminolreaktion:

- Mit Hilfe des Luminols als Chemilumineszenz-Indikator lassen sich Spuren von Schwermetallen, soweit sie die Luminolreaktion katalysieren, nachweisen.
- Auch Blutspuren, z. B. in der Kriminalistik, lassen sich durch das in ihnen enthaltene Hämeisen nachweisen.
- Rettungsboote führen Luminolpräparate mit sich, die auf das Wasser geworfen, das Boot mit einer nachts weithin sichtbaren Leuchtzone umgeben.

Voraussetzungen für Chemilumineszenz

Um eine relativ starke, d. h. analytisch gut verwertbare Chemilumineszenz zu erhalten, muss ein System mehreren Ansprüchen genügen:

- der Lumineszenz muss ein exergonischer Prozess zugrunde liegen, der zwischen ca. 160 und 320 kJ/mol liefert
- es muss Atome oder Moleküle enthalten, die sich in einen geeigneten elektronisch angeregten Zustand überführen lassen;
- die Fluoreszenz-Quantenausbeute muss möglichst hoch sein.

Bei der Mehrzahl der starken Chemilumineszenzen handelt es sich um Oxidationsreaktionen unter Beteiligung von Sauerstoff.

Experimenteller Teil

Lösung A:

1 g Luminol

In einem 1 L Erlenmeyerkolben mit Wasser auf 800 ml auffüllen

30 ml 1 M NaOH zugeben

Lösung B

0.2 g Hämin

In einem 1 L Erlenmeyerkolben mit Wasser auf 800 ml auffüllen

30 ml 36%ige Wasserstoffperoxid-Lösung zugeben

Diese Lösung ist nur wenige Stunden haltbar

Vorgehen

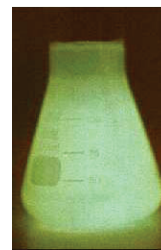
1. Drei 500 ml Erlenmeyerkolben mit Magentfisch auf Magnetrührer vorlegen:



keine Zugabe



mit Spatelspitze Rhodamin B



mit Spatelspitze Fluorescein

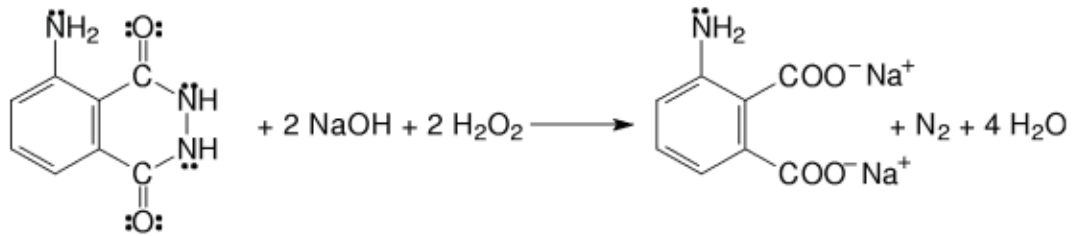
2. Zimmer verdunkeln

3. In alle Erlenmeyerkolben zu gleichen Mengen Lösung A und B zugeben,

Das Leuchten hält mindestens 45 Min an

Gesamtreaktion und Mechanismus der Luminol-Reaktion

Gesamtreaktion



Mechanismus

