

Leven in de diepzee: Bioluminescentie

Gebruiksinfo voor de leerkracht

Dit document omvat een lespakket rond het thema 'Bioluminescentie'.

- In de sectie '**Leerplannen**' kan je nagaan aan welke leerplandoelstellingen je voldoet bij het geven van dit lespakket.
- In de sectie '**Achtergrondinformatie**' kan je je inlezen in het thema. Dit biedt de nodige achtergrond voor de leerkracht om aan de slag te gaan met het thema en kan ook als inleiding dienen voor leerlingen. Onderaan deze sectie vind je ook een aantal betrouwbare en interessante links om verder te lezen, mocht je nog informatie willen.
- De sectie '**Leerkrachteditie**' geeft de volledige ingevulde versie (schuingedrukt) van het document '**Werkbundel**' die er voor de leerlingen is. De werkbundel kan je apart op de Planeet Zee website downloaden.
- **Videomateriaal** van experimenten is voorhanden op de website.

Leven in de diepzee:

Bioluminescentie

Leerplannen

Tweede graad

Inzicht ontwikkelen in de bouw, structuur en eigenschappen van materie in levende en niet-levende systemen.

6.24 De leerlingen gebruiken een atoommodel om de structuur van atomen en ionen te beschrijven.

6.28 De leerlingen brengen organische en anorganische stoffen in verband met toepassingen en biologische en chemische processen in het dagelijks leven.

Inzicht ontwikkelen in de verschijningsvormen van energie, de wisselwerking tussen materie onderling en met energie alsook de gevolgen ervan.

6.36 De leerlingen gebruiken de wet van behoud van energie kwalitatief en kwantitatief om energieomzettingen, rendement en vermogen in systemen te beschrijven.

6.38 De leerlingen leiden bij een chemische reactie de energie-uitwisseling met de omgeving af aan de hand van waarnemingen en voorbeeldreacties in authentieke contexten.

Inzicht ontwikkelen in de basiseigenschappen van levende systemen.

6.42 De leerlingen leggen uit hoe de coördinatie tussen een prikkel en de reactie op die prikkel gebeurt en bijdraagt tot het functioneren van plant en dier.

6.45 De leerlingen analyseren het gedrag van en interacties tussen organismen van dezelfde soort en verschillende soorten om het overleven van organismen te verklaren.

6.46 De leerlingen analyseren materie- en energiestromen in een ecosysteem.

Cesuurdoel 8.1.6 De leerlingen leggen het belang van micro-organismen uit aan de hand van structuur of voortplanting.

Cesuurdoel 8.1.7 De leerlingen leggen het verband uit tussen het voorkomen van organismen en hun omgeving.

Cesuurdoel 9.1.7 / 9.2.4 De leerlingen leggen het verband tussen de structuur en de eigenschappen van stoffen.

Derde graad

Inzicht ontwikkelen in de bouw, structuur en eigenschappen van materie in levende en niet-levende systemen.

6.17 De leerlingen brengen biomoleculen en macromoleculen in verband met hun structuurkenmerken, toepassingen en biologische en chemische processen in het dagelijks leven.

6.18 De leerlingen leggen het verloop van een chemische reactie, de ligging en de verschuiving van een chemisch evenwicht uit.

Inzicht ontwikkelen in de basiseigenschappen van levende systemen.

6.26 De leerlingen leggen het verband tussen celtypen en hun functie in weefsels en organen.

Cesuurdoel 8.1.6 De leerlingen leggen het belang van micro-organismen uit aan de hand van structuur, metabolisme of voortplanting.

Cesuurdoel 8.1.7 De leerlingen leggen het verband uit tussen het voorkomen van organismen en hun omgeving.

Cesuurdoel 8.1.1. / 8.9.1 De leerlingen leggen cellulaire processen op moleculair en subcellulair niveau uit.

Cesuurdoel 8.4.1 / 8.8.1 De leerlingen leggen het verband tussen celtypen en hun functies in weefsels en organen.

Cesuurdoel 9.2.5 De leerlingen analyseren het verloop van een chemische reactie, de ligging en de verschuiving van een chemisch evenwicht.

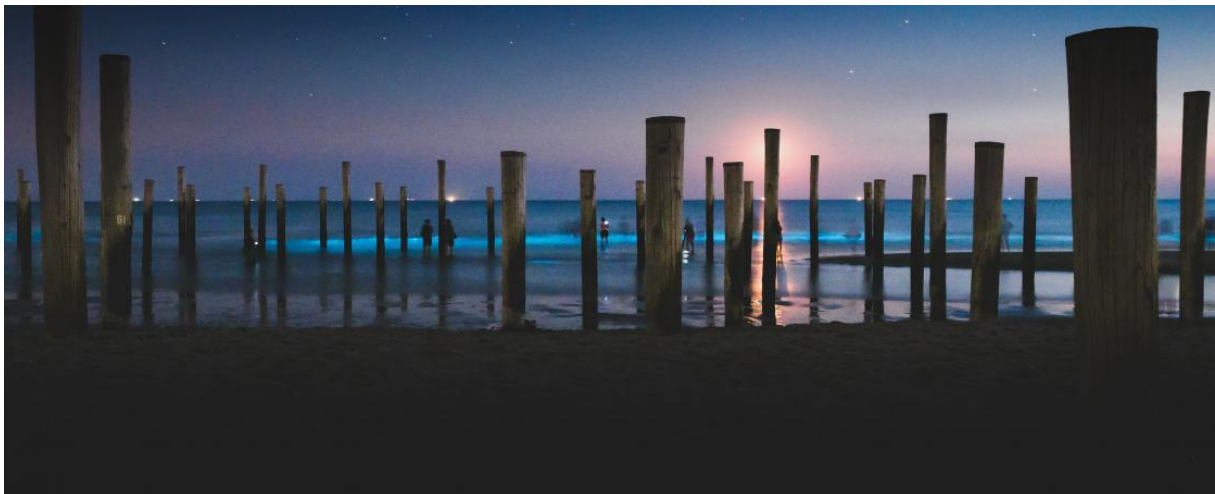
Leven in de diepzee:

Bioluminescentie

Achtergrondinformatie

Sleutelwoorden: communicatie – lichtgevende organismen – bioluminescent – zeevonk – hengelvis – verdediging – camouflage – lokmiddel – chemoluminescentie – luciferine – luciferase – katalysator – licht – toepassingen voor de mens

Lichtgevende organismen spreken tot de verbeelding. Dit onderwerp kan je introduceren bij de leerlingen door hen onderstaande tekst te laten lezen. Hier ook [digitaal](#) te raadplegen.



©Sven Brandsma – Unsplash

De lichtjes van de zee

Elf oktober 1492. Christopher Columbus staat op het dek van de Santa María en tuurt in de verte. Het schip bevindt zich in de Caraïben. Ze zijn op zoek naar land. Opeens bemerkt hij een glinstering. Zo klein, zo kortstondig en zo vaag dat hij twijfelt aan zijn eigen waarneming. Hij schreef achteraf over zichzelf in de derde persoon in zijn dagboek: “Hij merkte het opnieuw eenmaal of tweemaal op, wat leek op de flikkering van een theelichtje dat op en neer bewoog”.

We kunnen niet met zekerheid zeggen wat Columbus precies zag bij zijn aankomst in de Nieuwe Wereld, maar het heeft er alle schijn van dat de [paringsdans van lichtgevende borstelwormen](#) (*Odontosyllis enopla*) hem en zijn bemanning welkom heette. Dit bijzonder schouwspel vindt maandelijks plaats in de kustwateren van de Bahamas, enkele nachten na vollemaan en een klein uur na zonsondergang. De vrouwelijke wormen, niet groter dan anderhalve centimeter, zwemmen naar het wateroppervlak om in

kleine cirkels rond te draaien. Enthousiaste mannetjes sluiten aan bij de paringsdans. Samen dansen ze in een spiraalvormige beweging, waarbij zowel de mannetjes als de vrouwtjes een groen licht uitstralen. De vrouwtjes produceren een blauwachtig gloeiend slijm gevuld met eitjes, dat de mannetjes vervolgens bevruchten. Na een halfuur eindigt het lichtspektakel en keert de rust in de wateren onder de maneschijn terug.

Een hoofdzakelijk marien fenomeen

Echt verwonderlijk is het niet wat Columbus overkwam. Ook aan land zijn er organismen die 's nachts of onder de grond licht geven, denk maar aan vuurvliegjes, glimwormen of sommige zwammen. Wetenschappers noemen deze eigenschap 'bioluminescent', een samentrekking van het Griekse woord *bios* (levend) en het Latijnse woord *lumen* (licht), en betekent 'uitstralen van licht door een levend wezen', letterlijk 'levend licht'. Maar in de diepzee is dit fenomeen alomtegenwoordig. De oceaan is gemiddeld bijna vier km diep. Veel dieper dan 200 m kan zonlicht niet doordringen, waardoor het in het overgrote deel van de oceaan pikdonker is. In een dergelijke omgeving vormen bioluminescente organismen de enige lichtbron. Ook in kustwateren komen lichtgevendende organismen veelvuldig voor. Denk maar aan de feeëriek zeevonk (*Noctiluca scintillans*). Volgens schattingen bevat elke kubieke meter oceaanwater minstens één lichtgevend organisme.

Communiceren met licht

Organismen gebruiken bioluminescentie voor uiteenlopende redenen: niet enkel als uitnodiging om te paren, maar ook om te jagen, om zich te verdedigen, of om zich te beschermen tegen vijanden. Hoe vreemd dit laatste ook klinkt.

Verdediging tegen belagers staat op nummer één als drijfveer voor bioluminescentie. Misschien heb je op het einde van een relatief warme en rustige voorjaarsdag wel al eens blauwe lichtflitsen gezien in de golven of voor de boeg van een schip? Een betoverend schouwspel van de planktonsoort zeevonk (*Noctiluca scintillans*) die korte en plotse lichtflitsen produceert om mogelijke predatoren in verwarring te brengen.

"Overdag herken je een bloei van zeevonk als een oranje-rode film op het water," zegt Anouk Ollevier, planktononderzoekster bij het VLIZ. "Dan is het de moeite om 's avonds terug te keren naar het strand. Met het blote oog kan je kleine bolletjes zien of voelen als je een schep water neemt. Zeevonk is met zijn 0,5-1 mm lengte namelijk een relatief grote planktonsoort. Zelf heb ik het schouwspel 's nachts nog niet uitgebreid kunnen bewonderen. Maar tijdens een staalname aan boord van het onderzoeksschip Simon Stevin zocht ik wel al eens een donker plekje op, om samen met collega's dicht op elkaar gepropt, het blauwe licht van zeevonk te aanschouwen. We zaten daar mooi in die kast," lacht Anouk. Zeevonk komt wereldwijd voor. Uit LifeWatch-onderzoek blijkt dat de eencellige de voorbije jaren talrijker wordt in de zuidelijke Noordzee. "In 2014 troffen we zeevonk aan in 20% van onze stalen, vier jaar later in 58%. Bijna een verdrievoudiging dus. Waarschijnlijk is dit te wijten aan het opwarmende zeewater. De optimale groeitemperatuur van zeevonk ligt tussen de 23 en 24°C. We verwachten dat we dit lichtspektakel de komende jaren vaker zullen kunnen bewonderen aan onze kust."



Een bloei van zeevonk (*Noctiluca scintillans*) toont zich overdag als een oranjerode film op het water.
©Anouk Ollevier.

De strategie van zeevonk om predatoren weg te jagen kan je eerder 'braaf' noemen. Het kan ook een stuk agressiever. De diepzeegarnaal *Acanthephyra purpurea* spuugt een lichtgevend blauwgroen slijm uit in de richting van een predator om deze af te schrikken en zo makkelijker te ontsnappen.

Andere organismen zetten licht in om zich te **verstoppen** voor vijanden. Ze maken daarbij gebruik van 'contra-belichting'. De [Hawaiiaanse bobtail inktvis](#) (*Euprymna scolopes*), slechts enkele centimeters groot, graaft zich overdag in, in het zand van ondiep kustwater. 's Nachts gaat het dier op zoek naar voedsel. Bij maanlicht kan zijn schaduw op de zeebodem hem verraden bij belagers. Maar daar heeft de inktvis een slimme truc voor bedacht: hij trekt als het ware zijn Harry Potter onzichtbaarheidsmantel aan. In de huid van de inktvis zitten kleine organen, fotofoeren genaamd, waarin bioluminescente bacteriën (*Vibrio fischeri*) leven. Met lichtdetectoren op zijn kop meet de inktvis de intensiteit van het maanlicht dat in de waterkolom doordringt. Vervolgens regelt hij de hoeveelheid licht die hij zelf uitstraalt met sluiters in de fotofoeren. Vergelijk het met de sluiters van een camera of de pupil van een oog. Zo is zijn schaduw op de zeebodem gecamoufleerd en blijft hij onopgemerkt voor vijanden.

Tot de verbeelding spreken ook organismen die bioluminescentie gebruiken als **lokmiddel** voor prooi. Voor Columbus werkte het opduiken van een bewegend lichtje in de verte in volstrekte duisternis als een magneet. In de diepzee schuilt achter dat lichtje echter vaak een hongerige predator die meedogenloos toeslaat. [Hengelvissen](#), figurerend in de animatiefilm *Finding Nemo*, herbergen lichtproducerende bacteriën in het uiteinde van hun verlengde rugvin. Bij deze vissen is enkel het vrouwtje bioluminescent. Het veel kleinere mannetje jaagt actief op zijn prooi, althans tot hij een vrouwtje van zijn soort aantreft. Dan hecht hij er zich aan vast en sommigen versmelten er zelfs mee. In ruil voor voedsel krijgt het vrouwtje dan een levenslange partner om mee te paren. Gemakkelijk in de oneindig grote diepzee, toch?!

En er is meer. Er dwarrelen zelfs lichtgevende uitwerpselen in de oceaan! Heel wat darmbacteriën van vissen zijn bioluminescent. Wanneer die uitwerpselen naar de zeebodem zinken, stralen de uitgescheiden bacteriën licht uit en trekken zo andere vissen aan. Die eten de uitwerpselen op en dat is precies wat de bacteriën willen. Zo komen ze opnieuw in het spijsverteringsstelsel van een vis terecht. En het zorgt voor een betere recyclage van organisch materiaal in de oceaan.

Het is allemaal chemie

Hoe ontstaat dat licht nu eigenlijk? Bioluminescentie is een chemisch proces waarbij twee stoffen cruciaal zijn. In de meeste gevallen is dat **luciferine** en **luciferase**. Luciferine reageert met zuurstofgas tot oxyluciferine. Luciferase treedt hierbij op als katalysator om de chemische reactie te versnellen. Hierbij komt licht vrij. De term luciferine is afgeleid van het Latijnse *lucifer* en betekent 'lichtdragend'. Het is een verzamelnaam voor een groep lichtgevende pigmenten.

Bij de luciferine-luciferase reactie is altijd zuurstofgas nodig. Ondertussen ontdekten wetenschappers andere fotoproteïnen die geen zuurstofgas vereisen, zoals aequorine. Deze stof is genoemd naar *Aequorea victoria*, de kristalkwal, waarin de stof werd ontdekt. In deze reactie gaan calciumionen, die de kwal vrijstelt, binden met aequorine en komt energie vrij. Het **Groen Fluorescerend Proteïne (GFP)** absorbeert vervolgens deze energie en stuurt hierbij een groen fluorescerend licht uit.



*De kristalkwal (*Aequorea victoria*) bezit het lichtgevend eiwit aequorine. De kwal stelt calciumionen vrij die met aequorine binden. De energie die hieruit voortkomt, wordt geabsorbeerd door het Groen Fluorescerend Proteïne (GFP) dat vervolgens een groen fluorescerend licht uitstuurt.*

De oorsprong en evolutie van bioluminescentie: een hypothese

Er bestond al meer dan een miljard jaar [primitief leven op onze planeet](#), toen zo'n 2,4 miljard jaar geleden de hoeveelheid zuurstofgas significant toenam. De reden? Voorouders van cyanobacteriën deden aan fotosynthese en produceerden hierbij zuurstofgas. Hoewel dit uiteindelijk bevorderlijk zou blijken te zijn voor de ontwikkeling van leven op langere termijn, was dit initieel niet het geval. Zuurstofgas was voor de primitieve levensvormen giftig, omdat het biomoleculen afbreekt. Om te kunnen overleven in deze 'vijandige' omgeving, moesten cellen hier iets op vinden.

Men vermoedt dat luciferine en luciferase, die zuurstofgas gebruiken en zo de concentratie ervan in cellen doen dalen, toen zijn ontstaan. Licht was louter een bijproduct. Later, toen de zuurstofgasconcentratie in de atmosfeer verder steeg, volstond het luciferine-luciferase-systeem niet langer en ontstonden andere methoden die de destructieve effecten van zuurstofgas tegengingen.

Bij soorten waar het uitsturen van licht een bijkomend voordeel bleek te zijn geworden, is bioluminescentie bewaard gebleven in de evolutie. Deze hypothese is een plausibele verklaring voor het wijdverspreid voorkomen van het fenomeen in velerlei levensvormen op aarde. Plausibel maar voorlopig nog niet onomstotelijk bewezen.

Nut voor de mens

Tot voor kort viel onderzoek naar bioluminescentie onder ‘fundamenteel onderzoek’: kennis omwille van de kennis. Vandaag de dag zijn de toepassingen ervan voor de mens wel haast ontelbaar.

Zo maakt de geneeskunde belangrijke stappen door gebruik te maken van bioluminescente organismen. Een voorbeeld van nieuw inzicht op die manier verkregen, zijn de lichtgevende bacteriën uit de Hawaïaanse bobtail inktvis (*Euprymna scolopes*). Elke bacterie stuurt eerst een signaalmolecule uit om te melden dat zij er is. Eveneens meet elke bacterie de concentratie van die signaalmolecule, een proces dat *quorum sensing* heet. Pas vanaf een bepaalde concentratie van de signaalmolecule beginnen ze samen te gloeien. Hetzelfde gebeurt in ons lichaam bij ziekteverwekkende bacteriën. Pas als ze met genoeg zijn, verspreiden ze hun toxines en maken ze ons ziek. Onderzoekers gebruiken de bacteriën uit de Hawaïaanse bobtail inktvis als modelsysteem om bij te leren over *quorum sensing*. Zo willen ze opsporen hoe ze dit systeem onderuit kunnen halen, zodat ziekteverwekkers moeilijker kunnen toeslaan.

Andere onderzoekers gaan nog een stap verder en gebruiken het Groen Fluorescerend Proteïne (GFP) als een soort verklekker, om zichtbaar te maken wat eerder onzichtbaar was. Hiervoor planten ze het GFP-gen afkomstig van de kristalkwal in bij tal van organismen, zodat bepaalde cellen gaan oplichten. Dat bevordert onder meer het onderzoek naar ziektes zoals Alzheimer, Parkinson, kanker en malaria. Ook bij vaccinonderzoek gebruikt men het om te visualiseren hoe virussen op cellen ingrijpen.



Onderzoekers gebruiken het Groen Fluorescerend Proteïne (GFP) als een soort verklekker, om zichtbaar te maken wat eerder onzichtbaar was. Hiervoor planten ze het GFP-gen afkomstig van de kristalkwal in bij tal van organismen, zodat bepaalde cellen gaan oplichten. Dat bevordert onder meer het onderzoek naar ziektes zoals Alzheimer, Parkinson, kanker en malaria.

En daar houdt het niet op. Luciferine en luciferase kun je ook inzetten om na te gaan of het werkoppervlak in een labo steriel is of niet. Alle levende organismen bevatten immers ATP (of adenosinetrifosfaat), een molecule die een sleutelrol speelt als drager van chemische energie. Luciferine en luciferase toevoegen aan het werkblad, zorgt voor de productie van licht wanneer er ATP – en dus leven – aanwezig is. Diezelfde procedure past men in de voedingsindustrie toe om bacteriële en schimmelbesmettingen te testen, vooraleer voedsel in de voedselketen terechtkomt. En helemaal tot

de verbeelding sprekend is dat via deze weg bioluminescentie zelfs kan bijdragen tot het ontdekken van buitenaards leven. Astrobiologen speuren op Mars naar extremofielen, organismen die in extreme omstandigheden leven (zoals in hydrothermale bronnen op de oceaanbodem), door luciferine en luciferase toe te voegen aan de grond. Als die oplicht, is dit een bewijs voor buitenaards leven.

Het mag duidelijk zijn dat een waaier aan organismen niet enkel de oceaan, maar ook de wetenschap verlicht!

Verder lezen in het Engels:

- More than 75% of surveyed sea animals glow in the dark:
www.sciencemag.org/news/2017/04/more-75-surveyed-sea-animals-glow-dark

Verder lezen in het Nederlands:

- De schemerzone: uniek, onbekend en onbemind:
<https://www.vliz.be/groterede/magazine/53#de-schemerzone-uniek-onbekend-en-onbemind>

Video's:

- Paringsdans van lichtgevende borstelwormen:
www.youtube.com/watch?v=eiFkmUC4aaM
- De betoverende zeevonk in 'Iedereen beroemd':
www.onzenatuur.be/artikel/betoverende-zeevonk-in-iedereen-beroemd
- First-Ever Footage of Deep-Sea Anglerfish Mating Pair | Nat Geo Wild:
www.youtube.com/watch?v=XhsyZnVx2rQ
- This Adorable Bobtail Squid Is a Master of Disguise | National Geographic:
www.youtube.com/watch?v=66KOladStvQ
- Glowing Squid - Science Nation:
www.youtube.com/watch?v=x5-VcJyZRc4
- Anouk Ollevier - Planktononderzoekster LifeWatch @VLIZ:
www.youtube.com/watch?v=WwYiKy2iWEI