

Meeresleuchten und Biolumineszenz mariner Organismen



719519 SE/1 Seminar Marinbiologie –
Entwicklungsbiologie
Isabella Hilti

✧ **Meeresleuchten:**

- Einleitung - Der Mythos „Meeresleuchten“
- Geheimnisvolle Blinkzeichen: Das Meeresleuchten
- Dinoflagellaten als Verursacher des Meeresleuchten:
 - Ökologische Bedeutung
 - *Noctiluca miliaris* – Das Meeresleuchttierchen

✧ **Biolumineszenz:**

- Definition „Biolumineszenz“
- Biochemischer Vorgang
- Unterschied „Selbstleuchter“ und „Fremdleuchter“
- Lumineszierende Tiere
- Biologische Funktion

✧ **Licht in der Tiefsee:**

- „Fremdleuchter“: Symbiose mit Leucht Bakterien
- Leucht Bakterien und deren Wirtsorganismen
- Biolumineszenz und Prädatoren
- Biolumineszenz als Camouflage („Tarnung“)

Einleitung:

Der Mythos – „Meeresleuchten“

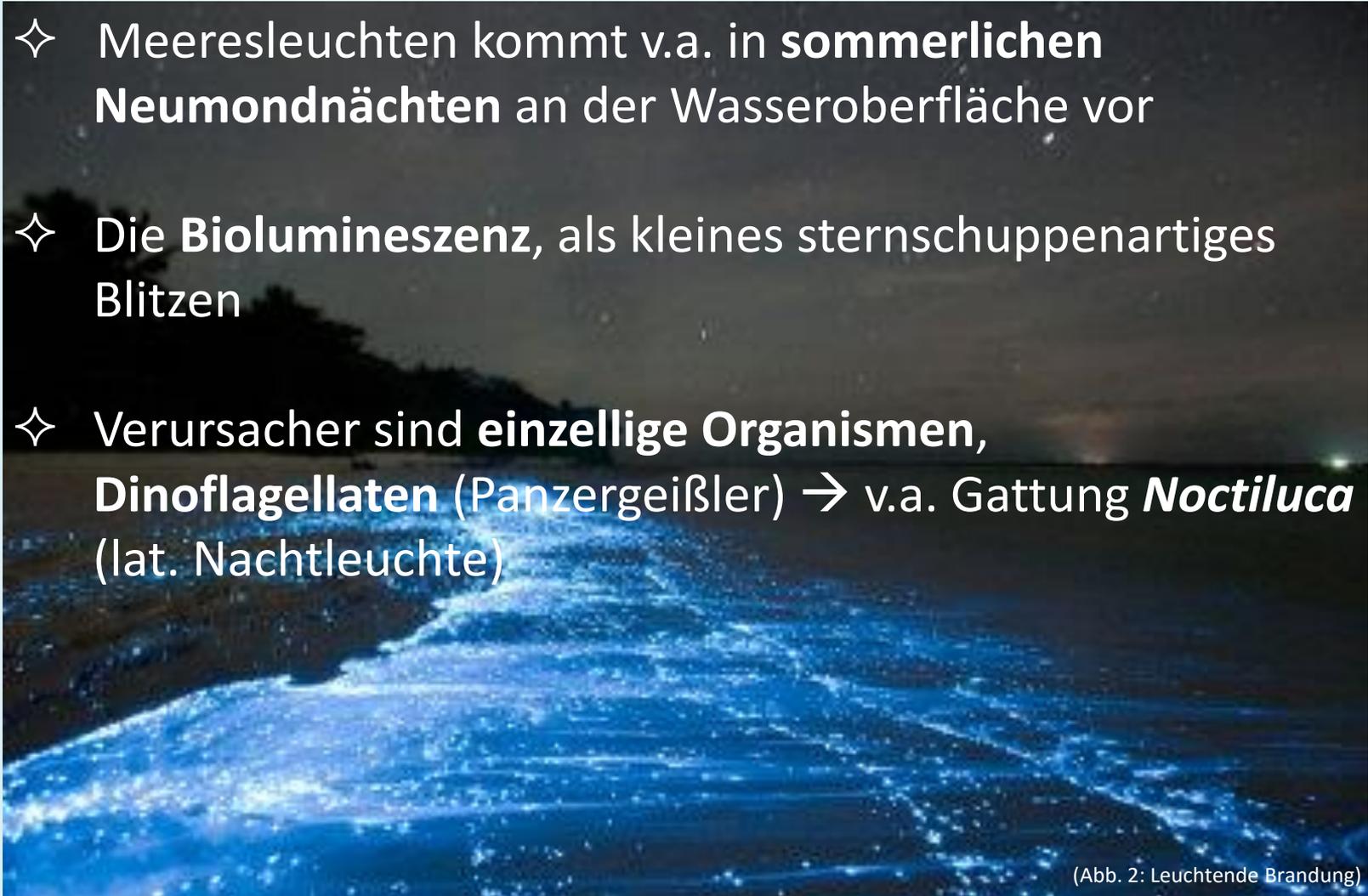
Meeresleuchten in der germanischen Mythologie:

Der Riese Ägir/ Oegir mit seinem prunkvoll geschmückten Palast am Meeresboden erzeugt bei ausgelassenen Feiern das Meeresleuchten.

*“Dann kommen sogar die hohen Asen zu Gast und feiern in seinen herrlichen Hallen, die von dem Gold, womit Säulen, Wände und Deckengewölbe reich geziert sind, taghell erleuchtet werden, heitere Gelage. **Der Glanz des Goldlichts schimmert aus der Tiefe hindurch bis auf die Oberfläche der See; das ist das wundersame Meeresleuchten in schönen Sommernächten.**“* Deutsche Götter und Helden Sagen Gondrom Verlag Bayreuth S. 20

Geheimnisvolle Blinkzeichen: Das Meeresleuchten

- ✧ Meeresleuchten kommt v.a. in **sommerlichen Neumondnächten** an der Wasseroberfläche vor
- ✧ Die **Biolumineszenz**, als kleines sternschuppenartiges Blitzen
- ✧ Verursacher sind **einzellige Organismen, Dinoflagellaten** (Panzergeißler) → v.a. Gattung ***Noctiluca*** (lat. Nachtleuchte)



(Abb. 2: Leuchtende Brandung)

Dinoflagellaten als Verursacher des Meeresleuchten

- ✧ **Dinoflagellaten** = Pyrrhophyta, Dinophyta, Panzergeißler und Feueralge
- ✧ Klasse Dinophyceae (> 1000 Arten)
- ✧ **Heterogene einzellige Eukaryonten** (Protisten)
- ✧ Starke morphologische Variabilität
- ✧ Meiste Arten mit **Panzer** (Theka-Platten = Zelluloseplatten)
- ✧ Zwei lange und feinbewimperte heterokonte **Geißeln**
- ✧ Phototrophe (1/2 alle Dinoflagellaten), auxotrophe und heterotrophe Arten (z.B. *Noctiluca miliaris* lebt räuberisch)
- ✧ Chloroplasten mit Chlorophyll a und b und **Carotinoide** und Xanthophylle
- ✧ Vermehrung: ungeschlechtlich durch **Zweiteilung**

Dinoflagellaten als Verursacher des Meeresleuchten

Ökologische Bedeutung der Dinoflagellaten:

- ✧ Im **Meer-** wie auch im **Süßwasser** vorkommend
- ✧ Dinoflagellaten als wichtiger Bestand des **Phytoplanktions** → zentrale Rolle in den aquatischen Nahrungsnetzen
- ✧ **Dinoflagellaten-Dichte:**
 - **Warmes Wasser:** hohe Artenvielfalt, geringe Individuenzahl
 - **Kaltes Wasser:** geringe Artenvielfalt, hohe Individuenzahl
- ✧ Massenvermehrung in den Sommermonaten:
 - „**Red Tides**“ → Carotinoide färben Wasser rot bzw. orange:
→ Toxische Substanzen (z.B. *Gonyaulax catenella* produziert das Nervengift Saxitoxin) → Anreicherung in der Nahrungskette (z.B. in Muscheln)
 - **Meeresleuchten**, z.B. *Noctiluca miliaris* (Meeresleuchttierchen)

Dinoflagellaten als Verursacher des Meeresleuchten



(Abb. 4: *Noctiluca scintillans*)

Noctiluca miliaris – Das Meeresleuchttierchen:

- ✧ Synonym: *Noctiluca scintillans*
- ✧ **Heterotrophe** Lebensweise
- ✧ selten toxische Wasserblüte
- ✧ **Massenaufreten** von Juni – August:
 - Besondere Zellsaftzusammensetzung (hohe NH_4^+ - Konz.)
 - Schichtbildung an der Wasseroberfläche
 - Wind erzeugt Wellenkämme (**Berührungsreiz!**)
 - bläulich bis grünes Leuchten
- ✧ Leuchtfähigkeit von *Noctiluca miliaris*/*Gonyaulax polyedra* unterliegt einem **endogenen Rhythmus**

Biolumineszenz: Definition

⇒ **Biologische Lichterzeugung!**

✧ Erzeugung von sichtbarem kaltem Licht **ohne** Temperaturänderung (→ „**Kaltes Leuchten**“) durch lebende Organismen oder Zellextrakte

✧ Die Biolumineszenz ist im **Tier-** wie auch im **Pflanzenreich** stark verbreitet, im **Wasser** wie auch am **Land**

Biolumineszenz: Biochemischer Vorgang

- ✧ **Luziferasen** (Leuchtenzyme) führen eine **katalytische Oxidation** unter Verbrauch von **Luziferin** (Leuchtstoffen) durch



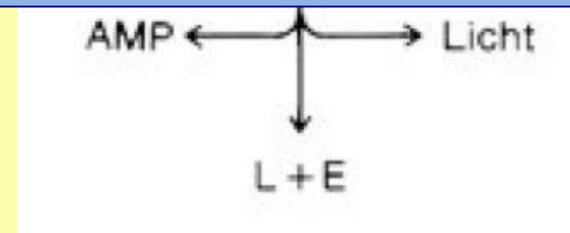
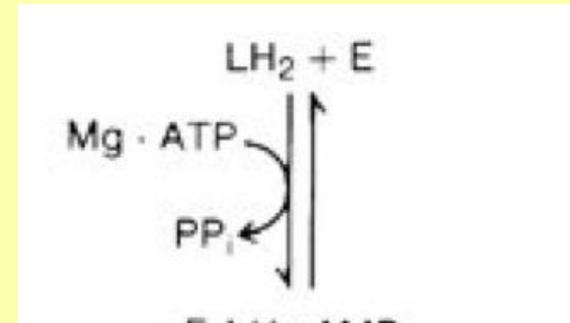
Biolumineszenz hat einen **polyphyletischen Ursprung** → chemisch und strukturell unterschiedliche Luziferine und Luziferasen:

→ Im Meer v.a. **Coelenterazine**



- ✧ **Sichtbares Licht**

=> **O₂ – und ATP – abhängig!**



(Abb. 6: Biolumineszenz)

Biolumineszenz: Biochemischer Vorgang

1.) Induzierte Lumineszenz:

Durch kräftiges Schütteln (z.B. Wellenschläge) → Lichtblitze
(0,1 Sek.)

endogener Tagesrhythmus

=> **Meeresleuchten!**

2.) Spontane Lumineszenz:

Stetige Lichtemission mit tagesperiodisch schwankender
Intensität

✧ Farbe die Biolumineszenz:

- Meist **blau**
- Benthische und küstenbewohnende Arten → **grünlicheres Licht**
- Bsp.: **Leuchtqualle** *Aequorea forskalea*
- → **zweistufige** Biolumineszenz mit **Aequorin** und **GFP**

Biolumineszenz:

Unterschied „Selbstleuchter“ und „Fremdleuchter“

✧ „Selbstleuchter“ (primäre Biolumineszenz):

Luziferase und Luziferine werden **selbstständig** vom Organismus produziert (z.B. Protozoen – *Noctiluca*, Muschelkrebse - *Vargula*)

✧ „Fremdleuchter“ (sekundäre Biolumineszenz):

Besitzen **symbiotische Leuchtbakterien**, die in den speziellen Leuchtorganen leben (z.B. „Flashfish“ – Laternenträger)

Biolumineszenz: Lumineszierende Tiere



(Abb. 7: *Noctiluca scintillans* mit Flagellum)

500µm



(Abb. 8: *Aequorea victoria*)



(Abb. 11: *Vargula hilgendorffii*)



(Abb. 9: *Pholas dactylus* (Linnaeus, 1758))



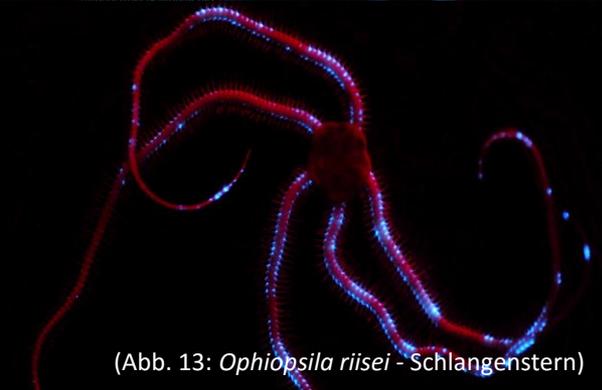
(Abb. 10: *Diplocardia longa*)



(Abb. 15: Kleiner Blaugeringelter Krake (*Hapalochlaena maculosa*))



(Abb. 12: *Photinus pyralis*)



(Abb. 13: *Ophiopsila riisei* - Schlangensterne)



(Abb. 14: *Photoblepharon palpebratus* – Laternenträger)

In **11** (12) von 17
Tierstämmen, in **Eubakterien**
und **Protisten**

Biolumineszenz: Biologische Funktion

- ✧ **Kommunikation** (z.B. Glühwürmchen)
- ✧ Anlockung von **Sexualpartnern**
- ✧ Anlockung von **Beute** → Anglerfische und „Flashlight“-Fische (Laternenträger)
- ✧ Licht als **Abschreckung** oder **Tarnung** (Bsp. Muschelkrebs *Vargula*, Haarsterne)

Licht in der Tiefsee

- ✧ Emission von Licht ist ein **wichtiges Charakteristikum** von Tiefseeorganismen
- ✧ **Geringes Wissen** über die physiologischen Systeme der Tiefseetiere und deren Potential zur Biolumineszenz

Abundanz und Verbreitung von lumineszierenden Organismen in der Tiefsee:

- **Östlicher Nord-Atlantik:** in Tiefen > 500 m sind mehr als **70%** aller Fische lumineszierend ($> 90\%$ aller Individuen)

Licht in der Tiefsee: „Fremdleuchter“: Symbiose mit Leuchtbakterien

- ✧ hochspezifische **Lebensgemeinschaft** mit Bakterien in Leuchtorganen von marinen Organismen („Fremdleuchter“)
- ✧ Bsp.: Hawaiianischer Tintenfisch *Euprymna scolopes* (Zwergtintenfisch) mit dem Bakterium *Vibrio fischeri*:
 - Leuchtorgan mit Bakterien in der **Mantelhöhle**
 - **Quorum Sensing** und **Autoinduktion** der Biolumineszenz



(Abb. 17: *Euprymna scolopes*)



(Abb. 18: *Vibrio fischeri*)

Licht in der Tiefsee:

Leuchtbakterien und deren Wirtsorganismen

✧ Gattungen:

- *Photobacterium*
- *Vibrio*
- *Shewanella*

✧ Leuchtbakterien mit unterschiedlichen **Temperatur-Präferenzen:**

→ z.B.: Im **warmen Gewässer** v.a. *Vibrio fischeri*,
Photobacterium leiognathi

Im **kalten Gewässer/ Tiefsee** v.a. *Photobacterium
phosphoreum*

✧ Leben auch auf der **Haut** oder **Darmflora** mariner Organismen

✧ **Vorteil der Biolumineszenz für Bakterien:**

Anheftung an Partikel/ Meeresschnee → Leuchten → Nahrung für Meeresorganismen →
nahrungsreicher Darmtrakt des Wirts, als neuer Lebensraum

Licht in der Tiefsee: Leuchtbakterien und deren Wirtsorganismen

✧ Wirtstiere:

- „Flashlight“ Fische (Laternenträger = Anomalopidae)
- „Pony“ – Fische (Leiognathidae)
- Tiefsee – Anglerfische (Ceratioidei)
- Gespensterfische (*Opisthoproctus*, *Winteria*)

✧ Leuchtorgane:

- Leuchtorgane **mit** Darm assoziiert
- Leuchtorgane **nicht** mit dem Darm assoziiert („Flashlight“ – Fische, Tiefsee-Anglerfisch)

Bsp.: Tiefsee-Anglerfische:

- Poren in den Leuchtorganen → Verbindung zum Meerwasser
- Gattung *Vibrio*

Bsp.: Kalamare:

- *Euprymna* (Zwergtintenfisch)
- *Photobacterium fischeri*



(Abb. 19: „Flashlight“ Fische)



(Abb. 20: „Pony“ – Fisch)



(Abb. 21: Tiefsee-Anglerfisch)

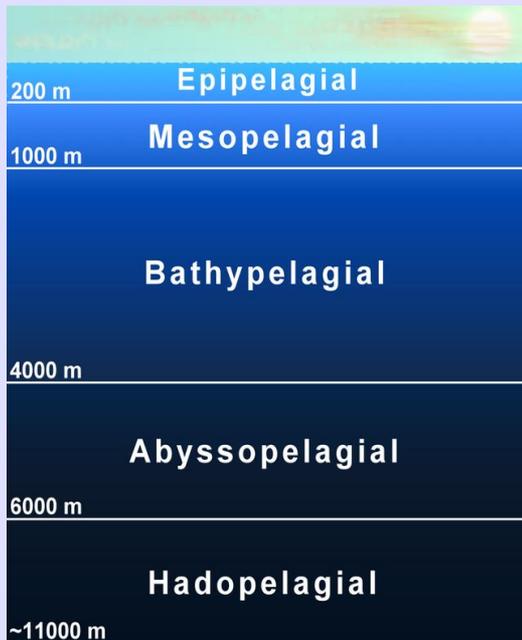


(Abb. 22: Gespensterfisch)

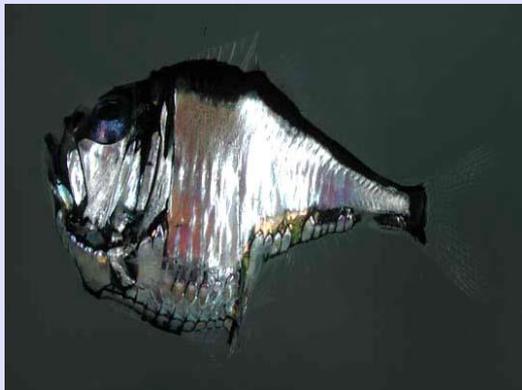
Licht in der Tiefsee: Biolumineszenz und Prädatoren

- ✧ Biolumineszenz in der Tiefsee ist stark **defensiv**:
 - Lichtblitze können Prädatoren **ablenken** oder **hemmen**
 - Lichtblitze verhindern **Kollisionen** mit sessilen Lebewesen (z.B. Seefedern)
- ✧ Biolumineszenz vorwiegend **nur** in der Tiefsee
 - **Ausnahme**: Dinoflagellaten (Meeresleuchten)

Licht in der Tiefsee: Biolumineszenz als Camouflage („Tarnung“)



(Abb. 23: Pelagial Tiefenzonierung)



(Abb. 24: „hatchetfish“ – Tiefsee-Beilfisch)

Ventrale Biolumineszenz:

- ✧ **Silhouette** wird **unsichtbar** (Photophoren an der ventralen Körperseite)
- ✧ Phänomen der „**Counterillumination**“
- ✧ **Mittelgroße** und **langsame** Tiere
- ✧ Ventrale Photophoren dominieren in der **Mesopelagischen Fauna** (200 – 1000 m Tiefe)
- ✧ **Lumineszenz** entspricht **Spektralbereich** und **Winkelverteilung** des herabgerichteten Sonnenlichts → Fisch wird unsichtbar
- ✧ **Weiters:** Camouflage an der Seite (silbrige und farbige Muster)

Quellen

✧ Literaturquellen:

- Fuchs, Gregor (1969, 2007): Allgemeine Mikrobiologie. 8. Auflage. Stuttgart, New York. Georg Thieme Verlag.
- Götting, K./ Kilian, E. / Schnetter, R. (1982): Einführung in die Meeresbiologie 1. Marine Organismen, Marine Biogeographie. Braunschweig. Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH.
- Herring, Peter (2002): The Biology of the Deep Ocean. Oxford. University Press Oxford.
- Munk, K. (2009): Taschenlehrbuch Biologie. Ökologie • Evolution. Stuttgart. Georg Thieme Verlag.
- Podbregar, N./ Lohmann, D. (eBook 2014): Im Fokus: Meereswelten. Reise in die unbekanntenen Tiefen der Ozeane. Berlin, Heidelberg. Springer Verlag.
- <http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/e44/44f.htm>
- <http://www.spektrum.de/lexikon/biologie-kompakt/dinophyta/3093>
- <http://www.wasistwas.de/geschichte/die-themen/artikel/liink//b8183eb956/article/es-werde-licht.html>
- <http://meerblog.wordpress.com/2007/10/17/meeresleuchten-bei-den-germanen/>
- <http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/biolumineszenz/8709>
- <http://www.biologie-lexikon.de/lexikon/biolumineszenz.php>
- <http://www.youtube.com/watch?v=eETvHdOMzVc>
- <http://www.spiegel.de/video/gespensterfische-und-riesenkalmar-forscher-erfassen-die-bizarren-wesen-der-tiefsee-video-1077779.html>

✧ Bildquellen:

- Abb. 1: Biolumineszenz am Strand von San Diego: <http://segelreporter.com/panorama/naturschauspiel-surfen-auf-der-roten-tide-vor-san-diego/>
- Abb. 2: Leuchtende Brandung: <http://www.travelbook.de/welt/Einmal-ist-keinmal-An-diesen-Orten-steht-Weihnachten-oder-Neujahr-noch-vor-der-Tuer...-233539.html>
- Abb. 3: „Red Tide“: http://www.cdph.ca.gov/HealthInfo/HealthInfo/HealthInfo/HealthInfo/PublishingImages/Lingulodinium_SD_KaiSchumann2_10x6.jpg
- Abb. 4: *Noctiluca scintillans*: http://de.wikipedia.org/wiki/Noctiluca_scintillans
- Abb. 5: Imposante Qualle: <http://www.scinexx.de/dossier-bild-356-4-9055.html>
- Abb. 6: Biolumineszenz: <http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/biolumineszenz/8709>
- Abb. 7: *Noctiluca scintillans* mit Flagellum: <http://www.imas.utas.edu.au/zooplankton/image-key/noctiluca-scintillans>
- Abb. 8: *Aequorea victoria*: <http://news.nationalgeographic.com/2012/04/03/love-and-war-the-essence-of-luminosity/aequorea/>
- Abb. 9: *Pholas dactylus* (Linnaeus, 1758): <http://www.habitas.org.uk/marinelife/photo.asp?item=24405a>
- Abb. 10: *Diplocardia longa*: <http://biolum.eemb.ucsb.edu/organism/pictures/earthworm.html>
- Abb. 11: *Vargula hilgendorffii*: <http://myintrepidadventures.blogspot.com/2012/04/sea-firefly-vargula-hilgendorffii.html>
- Abb. 12: *Photinus pyralis*: <http://www.animogen.com/2013/09/10/la-bioluminescence-au-service-des-creatures-marines-et-terrestres/>
- Abb. 13: *Ophiopsila riisei* – Schlangensterne: https://bioweb.uwlax.edu/bio203/f2013/lee_abby/habitat.htm
- Abb. 14: *Photoblepharon palpebratus* – Latenträger: <http://reefbuilders.com/2013/07/09/photoblepharon-palpebratus-unique-glowing-oddball-deepwater-biotope/>
- Abb. 15: Kleiner Blaugeringelter Krake (*Hapalochlaena maculosa*): [http://de.wikipedia.org/wiki/Blaugeringelte_Kraken#mediaviewer/Datei:Blue-ringed_octopus_\(Hapalochlaena_maculosa\),_Parsley_Bay,_Sydney,_NSW.jpeg](http://de.wikipedia.org/wiki/Blaugeringelte_Kraken#mediaviewer/Datei:Blue-ringed_octopus_(Hapalochlaena_maculosa),_Parsley_Bay,_Sydney,_NSW.jpeg)
- Abb. 16: Die Tiefsee: <http://www.zdf.de/ZDFmediathek/contentblob/1242624/imageFile/4204735>
- Abb. 17: *Euprymna scolopes*: <http://www.thefeaturedcreature.com/2010/11/hawaiian-bobtail-squid-and-its-crazy.html>
- Abb. 18: *Vibrio fischeri*: https://c1.staticflickr.com/3/2330/2201737021_0a70f02d87.jpg
- Abb. 19: „Flashlight“ – Fische: http://school.discoveryeducation.com/schooladventures/planetocean/zoom_flashlight.html
- Abb. 20: „Pony“ – Fisch: <http://australianmuseum.net.au/Common-Ponyfish-Leiognathus-equulus-Forsskal-1775/>
- Abb. 21: Tiefsee-Anglerfisch: http://www.frankfurt-live.com/front_content.php?idcat=153&idart=30701
- Abb. 22: Gespensterfisch: http://de.wikipedia.org/wiki/Gespensterfische#mediaviewer/Datei:Opisthoproctus_soleatus.png
- Abb. 23: Pelagial Tiefenzonierung: http://de.wikipedia.org/wiki/Pelagial#mediaviewer/Datei:Pelagial_Tiefenzonierung.png
- Abb. 24: „hatchetfish“ – Tiefsee-Beilfisch: http://de.wikipedia.org/wiki/Tiefsee-Beilfische#mediaviewer/Datei:Argyropelecus_aculeatus.jpg
- Abb. 25: Der Gespensterfisch: <http://www.watson.ch/imgdb/fbd/7/Qx,A,0,236,2560,1363,73,643,1482,912/8800256430412986>



**Danke fürs
Zuhören!**