

# WISSEN

TECHNIK · FORSCHUNG · UMWELT · MENSCH

## ZAHL DES TAGES

150

Insekten sterben Schweizer Forschern zufolge im Schnitt pro Sommernacht an einer Straßenlampe. Hochgerechnet auf 6,8 Millionen Laternen in Deutschland wären das rund eine Milliarde toter Insekten pro Nacht.

In der Tiefsee, da, wo es am schwärzesten ist, machen sich die Bewohner ihr Licht selbst – um zu entkommen, um sich zu tarnen oder um sich zu fressen. Von Hannah Lesch und Saskia Flunkert

Es ist stockdunkel hier, 800 Meter unter der Oberfläche. Ein kleiner Fisch schwimmt auf die einzige Lichtquelle weit und breit zu – eine glimmende Laterne im weiten Ozean. Neugierig kommt er näher. Plötzlich erscheint aus dem Nichts ein riesiges Maul mit spitzen, langen Zähnen – und verschluckt den Unvorsichtigen. Der Kleine ist einem Anglerfisch in die Falle gegangen. Beim Anglerfisch hat nur das Weibchen ein Leuchtorgan, mit dem es die Beute anlockt, die instinktiv auf den Lichtpunkt zuhält. Dann reißt der Jäger sein Maul weit auf, sodass ein Unterdruck wie bei einem Staubsauger entsteht: Das Opfer wird ihm ins Maul gespült.

**Der Leuchtstoff Luciferin wird durch das Enzym Luciferase mit Sauerstoff versetzt – es glimmt.**

Fast 90 Prozent der Tiefseebewohner machen in der Dunkelheit ihre eigenen Leuchtstoffröhren an. Diese Fähigkeit heißt Biolumineszenz. Das Licht dient nicht nur zum Jagen, sondern auch, um mit Artgenossen zu kommunizieren oder um Feinde zu täuschen. Das funktioniert auch dort, wo es noch Restlicht gibt: Der Beilfisch etwa hat Streifen aus fluoreszierenden Schuppen, die funkelnde Sonnenstrahlen nachahmen. Dadurch lösen sich seine Konturen auf, was ihn gut tarnt, wie der Meeresbiologe Michael Türkay vom Senckenberg Museum in Frankfurt erklärt. Sonst würde sich ihre Silhouette von unten her gesehen scharf von den helleren Wasserschichten abgrenzen.

Wie Tiere sich selbst zum Leuchten bringen, beschrieb der französische Pharmakologe Raphael Dubois 1885 an Leuchtkäfern zum ersten Mal. Der Wissenschaftler beobachtete, dass bestimmte chemische Prozesse Energie freisetzen, die dann als Licht abgegeben wird. Dahinter steckt ein ganz bestimmtes Prinzip: Der Leuchtstoff Luciferin wird durch das Enzym Luciferase mit Sauerstoff versetzt. Bei dieser Oxidation entstehen instabile Substanzen. Wenn die zerfallen, geben sie Kohlendioxid und Licht ab. Übrig bleibt oxidiertes Luciferin, das nicht mehr aktiv, also abgeschaltet ist.

Kein Lebewesen kann ununterbrochen leuchten, wie Meeresbiologe Türkay erklärt. Die meisten Organismen haben keinen Speicher für den Leuchtstoff. Sie müssen also frisches Luciferin ständig selbst herstellen, was Energie verbraucht. Hinzu kommt: Je intensiver das Licht, desto mehr Luciferase wird verbraucht und umso schneller erlischt es wieder. Das erklärt Helligkeitsschwankungen, die außerdem damit zu tun haben, ob und welche Signale gegeben werden sollen. Einige Quallenarten leuchten, wenn Jäger in der Nähe sind, um ihnen anzuzeigen: Wir schmecken euch nicht! Werden sie trotzdem angegriffen, machen die Quallen ein besonders helles Licht, um damit die Feinde ihrer Feinde anzulocken.

Eine andere Verteidigungsstrategie hat ein Tiefseewurm entwickelt, dessen Name übersetzt „Schwimmer mit grünen Bomben“ bedeutet. Das ist genau, was Swima bombiviridis tut: Er trägt bis zu acht Blasen am Körper, die er abschnürt, wenn er sich angegriffen fühlt. Die Leuchtballons steigen einige Zentimeter über dem Wurm auf und zerplatzen dort. Damit verwirrt er womöglich den Gegner, glauben seine Entdecker, Karen Osborn und Kollegen von der Scripps Institution im kalifornischen La Jolla.

Sieben offenbar nah verwandte Arten haben die Experten beschrieben, zwischen 1,8 und 10 Zentimeter sind sie groß. Die Würmer leben vor der Westküste Nordamerikas und im

## Helle Momente



### ANGLER MIT LATERNE

Der Bucklige Anglerfisch lebt in den Ozeanen in 100 bis 4500 Metern Tiefe. Mit seiner Laterne ködert er kleine Krebse oder Fische. Die Laterne wird durch Bakterien zum Leuchten gebracht, mit denen er in Symbiose lebt. Anglerfische haben extrem dehnbare Mägen: Sie können Beute verschlucken die mehr als dreimal so groß ist wie sie selbst. (foto: imago)

Westpazifik in ungefähr 1900 bis 3800 Metern Tiefe.

Ganz ähnlich arbeiten manche Quallen- und Haarstern-Arten: Nur sind es keine Leuchtkörper, die sie auf der Flucht abstoßen, sondern glimmende Körperteile. An Land kennt man das von Eidechsen, die bei Gefahr ihren Schwanz abwerfen können.

Auf eine Art Attrappe setzt dagegen der Ruderfußkreb: Er presst eine leuchtende Wolke heraus, wenn er Angst hat, ähnlich wie die schwarze Wolke des Tintenfischs. Durch eine Drüse drückt der kleine Krebs das Leuchtmittel Luciferin und das aktivierende Enzym ins Wasser, die Substanzen vermischen sich dort und reagieren miteinander. Die Wolke ahmt den Umriss des Krebses nach, sodass der Angreifer sich über das Gebilde im Meer hermacht und der Krebs entkommen kann.

Mithilfe von Licht können sich manche Arten sogar unsichtbar machen, zum Beispiel der Drachenfisch. Er nutzt eine Lücke im Spektrum: Zwar streuen die letzten Reste des Sonnenlichts in bis zu 1000 Metern, wo die Tiefsee beginnt, aber die roten Lichtanteile verebben schon nach den ersten 100 Metern. Wie die amerikanische Ozeanographin und Meeresbiologin Edith Widder herausfand, leuchtet der Drachenfisch seine Umgebung mit rotem Licht aus. Er selbst kann sich damit orientieren, nicht aber seine Beute, die nie mit Rotlicht zu tun hatte. Wie unter einer Tarnkappe bleibt der Drachenfisch im Dunkeln, während er selbst mit einer Art Nachtsichtgerät hantiert.

Licht dient aber nicht nur als Jagd- oder Verteidigungsinstrument, sondern – zumindest an Land – auch der Fortpflanzung: Von Glühwürmchen ist bekannt, dass sie mithilfe ihrer Laternen einen Partner finden.

Die Farbe, in der die Organismen glimmen, ist nicht zufällig, sondern hängt vom Leuchtstoff und von der ökologischen Nische ab, an die sie sich angepasst haben. So zeigen Studien, dass jede Spezies mit anderen

Luciferinvarianten arbeitet: Deshalb leuchten Glühwürmchen gelblich, Quallen dagegen blau oder blaugrün. Blaues Licht durchdringt Wasser gut, gelbes nicht. Der Anglerfisch könnte mit einer Glühwürmchen-Laterne in der Tiefsee nichts anfangen, sie wäre zu schwach, um Beute anzulocken.

Bei der Biolumineszenz gibt es zwei Formen: Einige Lebewesen sind in der Lage, von sich aus zu glimmen; die meisten allerdings leben in Symbiose mit Licht-Bakterien. Fische etwa bilden spezielle Hauttaschen aus, in denen sich die Einzeller ansiedeln. Die Untermieter sind dort geschützt und ihr Partner versorgt sie mit Nahrung oder Sauerstoff. Dafür leuchten ihm die Mikroben, wenn der Fisch sie braucht. Gesteuert wird das über spezielle Reize.

**Der Drachenfisch jagt mit einem Nachtsichtgerät: Er sendet im roten Spektrum, in dem nur er sieht.**

Obwohl der evolutionäre Nutzen der Biolumineszenz vor allem in der Tiefsee auf der Hand liegt, ist nicht endgültig geklärt, warum sie entstand. Eine Theorie besagt, dass das Leuchten zunächst ein Nebeneffekt von chemischen Reaktionen war, bei denen das Leben auf der Erde entstand, gab es keine Sauerstoffatmosphäre. Die bildete sich über Jahrmillionen durch die Photosynthese, die Cyanobakterien und Algen erfanden, um Energie aus Sonnenlicht zu gewinnen. Für viele Mikroorganismen war der Sauerstoff anfangs giftig oder schwer verträglich, sodass sie ihn möglichst wegschaffen mussten – und dabei von selbst zu leuchten begannen. Irgendwann nutzten auch Vielzeller dieses Prinzip.

Auch der Mensch versucht seit Längerem, die Leuchtmittel der Natur in seinem Sinn einzusetzen. So trugen während des Ersten Weltkriegs (1914 bis 1918) die Soldaten der japanischen Armee Beutel bei sich, die mit Muschelkrebse gefüllt waren. Die Tiere geben, wenn man sie mit Salzwasser übergießt, ein relativ helles Licht ab, mit dem man in der Dunkelheit den Weg sehen kann. Gleichzeitig hatte die Taschenlampe aus Meerestier den Vorteil, dass sie nicht hell genug war, um vom Feind entdeckt zu werden.

Weniger kriegerisch geht es in der modernen Wissenschaft zu, wo man die Methoden der Natur auf die Technik überträgt und mit medizinischer Biolumineszenz oder mit pflanzlichen Lampen experimentiert (siehe Infokasten). Was die Tiefsee betrifft, steht die Forschung dabei noch ganz am Anfang. Hier unten hausen die meisten selbstleuchtenden Organismen, es ist der größte Lebensraum der Erde und gleichzeitig die Region, über die wir am wenigsten wissen.

Mehr als 60 Prozent des blauen Planeten liegen einen Kilometer unter der Wasseroberfläche. Trotz Tauchrobotern und anderem Hightech-Gerät kennen wir gerade einmal fünf Quadratkilometer der dunklen Zone, wie Michael Türkay vom Senckenberg-Museum betont, der schon viele Unterwasser-Erkundungen hinter sich hat. Das entspricht 0,0000016 Prozent des Tiefsee-Terrains.

Darüber hinaus steht die Wissenschaft vor besonderen Herausforderungen, wenn sie die Wesen aus dem Untergrund an die Oberfläche holen will, um sie sich genauer anzuschauen. Die selbstleuchtenden Tiefseebewohner sind an extreme Bedingungen angepasst: hoher Druck, geringe Sauerstoffkonzentration. In flachen Gewässern überleben sie nicht, man muss also ihre Umwelt beispielsweise mit Druckkammern simulieren, was sehr aufwendig ist.

Derzeit jedenfalls ist bei Weitem nicht abzuschätzen, welche Geheimnisse des Lichts sich noch auf dem Weg zum Meeresgrund verbergen.

## LAUTER LEUCHTEN IM WASSER, AN LAND

### WASSERLAMPE

Nicht nur in den Tiefen der Ozeane, auch an der Nordseeküste kann man im Sommer Leuchtorganismen beobachten: biolumineszentes Plankton. Die Einzeller mit dem Namen *Noctiluca miliaris* senden bei Strömungsveränderungen Licht aus. Bei jeder Welle, die sich nachts am Strand bricht, schimmert das Wasser bläulich-grün. Durchschwimmt man das Plankton, reicht ein Armzug, um das Meer zum Leuchten zu bringen.

### RECYCLINGLAMPE

Einen Selbstleuchtmechanismus mit Recyclingeffekt hat die pazifische Qualle *Aequorea victoria*: Sie benutzt ein Photo-Eiweiß namens Aequorin, das über Kalzium gesteuert wird. Der Vorteil: Da das Eiweiß während der Reaktion nicht wie andere Luciferine chemisch umgewandelt wird, sondern in seinen Ausgangszustand zurückkehrt, wenn es Licht abgegeben hat, ist es wiederverwertbar.

### TUMORLAMPE

Viele Bemühungen zielen darauf ab, natürliche Glüh-Systeme medizinisch nutzbar zu machen. Das Fraunhofer-Institut für Zelltherapie und Immunologie zum Beispiel experimentiert an Mäusen damit, Tumoren mit dem Leuchtstoff Luciferin zu markieren statt wie sonst üblich mit radioaktiven Stoffen. Wird Luciferin in die Tumorzellen gegeben, kann man sich das Krebsgewebe in einer Dunkelkammer anschauen. Sollte sich dieses Prinzip als ungefährlich für den Menschen erweisen, könnte das für die Patienten künftig weniger Strahlungsbelastung bedeuten.

### BAUMLAMPE

Einen Schritt weit in den Alltag wagt sich das US-Biotechnologie-Unternehmen BioGlow: Man habe mithilfe von Gentechnik und biolumineszierenden Enzymen eine Pflanze gezüchtet, die leuchtet, heißt es vonseiten der Firma. Diese Pflanze soll irgendwann die elektrische Lampe ersetzen können. Darüber hinaus versuchen sich einige Wissenschaftlerteams an selbstleuchtenden Bäumen, die irgendwann die Straßenlaternen ersetzen könnten. Das ist freilich alles noch Zukunftsmusik: Das Grünzeug aus dem Labor lebt im Moment nicht länger als zwei bis drei Monate.