

Zeitschrift: Prisma : illustrierte Monatsschrift für Natur, Forschung und Technik
Band: 4 (1949)
Heft: 10

Artikel: Kaltes Licht und Krebs
Autor: Kruse, Egon
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-654462>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 21.11.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

weltlichen, damals längst ausgestorbenen Zwergelaffen-Art fanden, das Loch der Rüsselöffnung in der Mitte für das eines einzigen mächtigen Auges ansahen und den Schädel dem Kyklopen zuschrieben, den sie aus Seemannsgeschichten kannten. „Kyklop“ heißt „rundäugig“, ist also ein Beweis, daß die Alten das Affenauge, in dem das Weiße nicht sichtbar ist, sehr wohl vom Menschenauge zu unterscheiden wußten. Auch das furchtbare Gebrüll des Kyklopen — „Polyphem“ heißt nichts anderes als „Brüller“ — paßt auf den Gorilla; Vorliebe für Alkohol kann er allerdings, wie alle Affen, nur in der Gefangenschaft zeigen. Noch eine zweite antike Sagengestalt führt Zell auf den Gorilla zurück, die Gorgonen, von denen Medusa die bekannteste ist. Er stützt sich namentlich auf ein

Tempelrelief, das eine Gorgo darstellt, die zwei Leoparden erwürgt. Wenn man, wie es einzelne Philologen getan haben, die Medusa und ihre beiden Schwestern mit dem Gewitter gleichstellen will, bleibt die Frage unbeantwortet, was denn der Leopard mit dem Gewitter zu tun habe. Dagegen löst sich das Rätsel leicht, wenn man sich der Auffassung Zells anschließt. Möglich wäre es schon, daß die Eingeborenen Westafrikas oder von dort stammende Sklaven phönizischen und diese wieder griechischen Seeleuten erzählt haben, daß der Leopard gelegentlich einen Angriff auf einen jungen Gorilla oder ein Weibchen versuche, vor dem zu Hilfe eilenden Männchen aber schleunigst fliehen müsse, da er sonst von diesem sofort gepackt und erwürgt werde.

Dr. Kurt Schmidt

Kaltes Licht und Krebs

Das Leuchten von Körpern kann durch verschiedene Ursachen hervorgerufen werden. Erhitzt man einen Eisenstab auf etwa fünfhundert Grad Celsius, so wird er rot glühend; steigert man die Temperatur, so strahlt er ein weißes Licht aus. Mit der Erhöhung der Temperatur verschiebt sich also der Bereich der Lichtwellen zum kurzwelligen, energiereicheren Teil des Spektrums hin. Unsere Glühbirnen leuchten dagegen auf, wenn wir dem Leuchtdraht einen elektrischen Strom, also einen kontinuierlichen Fluß von Elektronen zuführen. Damit ein Körper aufleuchten kann, ist es also notwendig, ihm Energie zuzuführen. In welcher Art diese Energiezufuhr erfolgt, ist zur Erzielung des Leuchtens gleichgültig; im Fall des Eisenstabes war es Wärme, bei der Glühbirne Elektrizität. Durch die Energiezufuhr werden die den Atomkern umkreisenden Elektronen, die für die chemische Wertigkeit, die Valenz, entscheidend sind, auf die Bahn einer höheren Elektronenschale, also auf ein höheres, instabiles Energieniveau gehoben, von dem sie unter Abgabe der zusätzlich aufgenommenen Energie wieder auf ihre ursprüngliche Valenzschale zurückspringen. Die hierbei wieder freiwerdende Energie wird dann in Form von Wärme- oder von Lichtwellen ausgestrahlt. Dabei hängt es von dem Betrag der zunächst aufgenommenen, absorbierten, und dann wieder ausgestrahlten, emittierten Energie ab, ob die wieder ausgestrahlte Energie in Form von Wärme oder Licht in Erscheinung tritt. In jedem Falle ist jedoch zur Erzielung des Leuchtens eine Anregung der Valenzelektronen durch Zufuhr von Energie notwendig.

Wenn das emittierte Licht eine andere, im allgemeinen größere Wellenlänge als das absorbierte Licht hat, bezeichnet man den Leuchtvorgang als Fluoreszenz. Diese Erscheinung finden wir bei Uran-Glas, Petroleum, vielen organischen Farbstoffen und deren

Lösungen, zum Beispiel Eosin oder Fluoreszin, und bei manchen physiologischen Substanzen, wie dem Chlorophyll. Sobald keine Anregungsenergie mehr zugeführt wird, bricht der Leuchtvorgang ab. Manche Substanzen leuchten jedoch noch einige Zeit weiter, wenn der Anregungsprozeß schon beendet ist. Die Valenzelektronen solcher Stoffe erreichen bei der Anregung einen „metastabilen“ Zustand, aus dem sie erst nach und nach unter fortlaufender Aussendung der aufgenommenen Energie in den ursprünglichen Zustand zurückkehren. Einen derartigen Leuchtvorgang nennt man Phosphoreszenz. Er wird vielfach bei Leuchtziffern von Uhren und bei Leuchtfarben angewendet.

Alle chemischen Reaktionen sind mit Energieumsetzungen verbunden. Bei vielen dieser Reaktionen wird Energie frei. Liegt die freiwerdende Energie im langwelligen Bereich, tritt sie als Wärmestrahlung in Erscheinung. In diesem besonderen Fall spricht man von „exothermen chemischen Reaktionen“. Liegt dagegen die freiwerdende Energie im Bereich der Lichtwellen, hat man es also in der Verbindung mit Valenzelektronen zu tun, welche die infolge einer chemischen Reaktion in Freiheit gesetzte Energie absorbieren und im sichtbaren Wellenbereich wieder emittieren können, so leuchten solche Verbindungen bei den entsprechenden chemischen Umsetzungen auf. Die Entstehung solcher Leuchtvorgänge durch chemische Reaktionen bezeichnet man als Chemolumineszenz.

Der Energieumsatz liegt bei den meisten Reaktionen zwischen zehn und hunderdfünfzig Kilokalorien je Mol (ein Mol ist das in Gramm ausgedrückte, an sich dimensionslose Molekulargewicht). Nach quantenphysikalischen Gesetzmäßigkeiten, deren Erläuterung hier zu weit führen würde, haben wir daraus

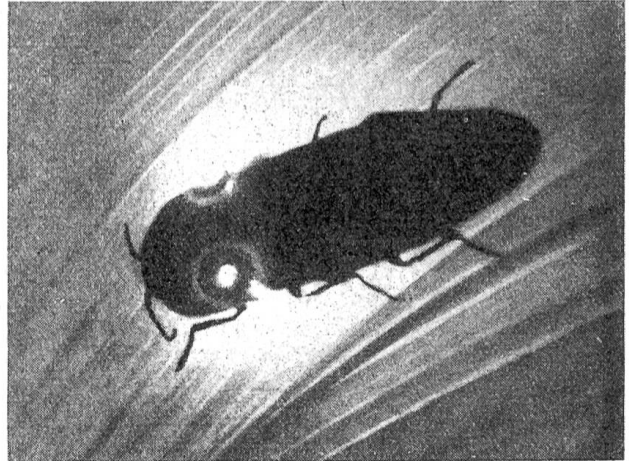
Strahlungen zu erwarten, die zwischen dem infraroten Bereich, also den Wärmestrahlen, und dem ultravioletten Bereich liegen. Sowohl der Anfangsbereich wie der Endbereich ist für unsere Augen nicht sichtbar, aber mit empfindlichen Meßinstrumenten gut nachweisbar. Röntgenstrahlen können wegen des hierzu notwendigen großen Energieumsatzes bei einfachen chemischen Reaktionen nicht erzeugt werden.

Dadurch, daß die Valenzelektronen der vielen Moleküle, die in einer chemolumineszierenden Verbindung vorhanden sind, nicht alle im gleichen Grade angeregt werden und daher auch nicht alle im gleichen Wellenbereich emittieren, entsteht keine reine Leuchtfarbe, etwa ein reines Grün, sondern eine verwaschene Farbe, die in diesem Fall ein wenig nach Gelb und nach Blau hinüberspielt. Die Chemolumineszenz einer Verbindung ist sehr stark von ihrer Struktur abhängig, weil die Bindfestigkeit der Valenzelektronen solcher Verbindungen und damit der Grad ihrer Anregbarkeit durch strukturelle Änderungen des Moleküles wesentlich beeinflußt wird. Die Einführung bestimmter Atome oder Atomgruppen fördert, die Einführung anderer hemmt die Anregbarkeit und damit die Fähigkeit zur Chemolumineszenz.

Unter Beobachtung der nötigen Voraussetzungen kann Chemolumineszenz durch die verschiedenartigsten chemischen Reaktionen im Laboratorium leicht erzeugt werden. Oxydiert man zum Beispiel Anthrazen, Phenantren oder Chrysen — das sind mehrkernige, ringförmige Kohlenwasserstoffe —, die man in heißem, mit Kaliumhydroxyd gesättigten Alkohol gelöst hat, mit Chlor- oder Bromwasser, so entstehen gut zu beobachtende Lichterscheinungen. Mit Hilfe von Benzoëpersäure oder Chloroformlösungen kann man unter geeigneten Bedingungen ebenfalls Chemolumineszenz erzielen.

Alle sofflichen Umsetzungen innerhalb jedes Organismus sind chemische oder physikochemische Reaktionen und Energieumsatz. In sehr seltenen Fällen können diese Reaktionen, wenn sie an der Oberfläche des Körpers stattfinden, zu Leuchterscheinungen führen. Da diese Leuchtvorgänge durch Lebensfunktionen des betreffenden Organismus hervorgerufen werden, faßt man sie unter der Bezeichnung Biolumineszenz zusammen. Im Prinzip unterscheiden sich diese Vorgänge nicht von denen der Chemolumineszenz. Die Entstehung der Anregungsenergie findet bei der Biolumineszenz jedoch im allgemeinen nicht durch große stoffliche Umsetzungen, sondern durch ganz einfache Reaktionen statt, und zwar meist durch Oxydationen, das sind Verbindungen der Reaktionspartner mit Sauerstoff, also langsame Verbrennungen. Auch die genannten Methoden zur Erzeugung von Chemolumineszenz sind solche Oxydationsreaktionen. Die dabei freiwerdende Energie dient direkt zur Anregung der Valenzelektronen. Die Biolumineszenz kann man bei uns besonders schön an warmen Sommerabenden an den Leuchtkäferchen beobachten, die wie kleine Lichtfunken durch die Luft schwirren, ab und zu erlöschen und nach einer Erho-

lungspause wiederum aufleuchten. Bestimmte Zellen in Organen an der Oberfläche dieser Glühwürmchen enthalten eine Verbindung, deren Natur noch nicht genau bekannt ist; man hat ihr die Bezeichnung Luziferin gegeben. Das Leuchten ist stets mit einer Oxydation des Luziferins verbunden und kann nur in Gegenwart von Sauerstoff erfolgen. Deshalb ist anzu-



Der „Cucujo“, ein Leuchtkäfer der Tropen

nehmen, daß während der Leuchtpausen das oxydierte Luziferin durch Reduktion wieder in seinen ursprünglichen Zustand zurückgeführt wird. Ähnliche Regenerationsvorgänge sind bereits seit längerem vom Sehpurpur unserer Augen bekannt.

Wie unser Glühwürmchen leuchtet auch der brasilianische Cucujo, ein Leuchtkäfer, der grünliches, weißes, rötliches oder violettes Licht in solcher Fülle aussendet, daß man beim Lichtschein besonders gro-

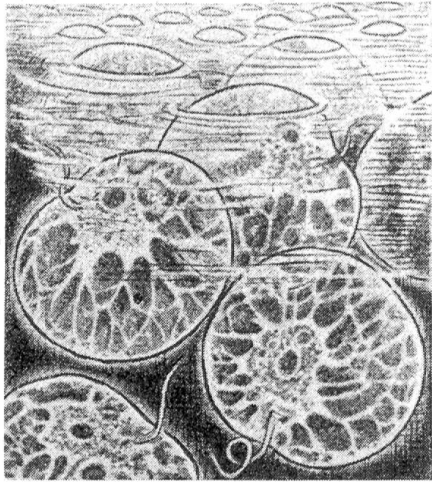


Der Schein des Cucujo ist so hell, daß man bei seinem Lichte lesen kann

ßer Tiere sogar zu lesen vermag. Das durch einzellige Lebewesen verursachte Meeresleuchten, das eigenartige Schimmern abgestorbener Baumstämme oder in der Speisekammer aufbewahrter Fische infolge der Anwesenheit von Leuchtbakterien, die sonderbaren Lichtsignale von Tieren der Tiefsee —

all diese Erscheinungen entstehen durch gleiche oder ähnliche Vorgänge wie die beim Glühwürmchen.

Fängt man ein Glühwürmchen ein und hält es in der Hand, so stellt man erstaunt fest, daß das Käferchen trotz des von ihm ausgestrahlten Lichtes ganz kalt ist. Dies gilt auch für alle anderen Leucht-tiere. Aus der täglichen Erfahrung weiß man aber, daß alle leuchtenden Gegenstände, sei es der er-hitzte Metallblock oder die Glühlampe, heiß sind. Die Wärme dieser leuchtenden Gegenstände rührt daher, daß bei ihnen nur ein sehr geringer Bruch-



Einzellige, etwa millimetergroße Wassertierchen (Noctiluca), die das Meeresleuchten hervorrufen

teil der zugeführten Energie in Licht, der weitaus größere Teil jedoch in Wärme verwandelt wird. In der Glühbirne, die doch ausschließlich der Beleuchtung dienen soll, werden unter Ausnutzung der modernsten technischen Hilfsmittel immer noch etwa nur drei Prozent der Anregungsenergie in Licht verwandelt, so daß siebenundneunzig Prozent als Wärme verloren gehen. In den tierischen Leuchtorganen aber hat die Natur die ideale Lichtquelle geschaffen, in der die zugeführte Energie fast ausschließlich in Licht umgewandelt wird. Ein derartiges Licht bezeichnet man deshalb als „kaltes Licht“, und solche Lichtquellen sind die wirtschaftlichsten, die man sich überhaupt vorstellen kann. Die Erzeugung von künstlichem kaltem Licht ist für die Beleuchtungsindustrie ein Problem ersten Ranges, an dessen Lösung in vielen Forschungsinstituten eifrig gearbeitet wird. Wahrscheinlich kann sie nur durch Vorgänge der Chemolumineszenz erfolgen, wobei die Biolumineszenz-Reaktionen richtungweisend sind.

Bei der Oxydation des dreiwertigen zum fünfwertigen Phosphor wird schon bei gewöhnlicher Temperatur der größte Teil der durch diese chemische Reaktion umgesetzten Energie in Form von Licht ausgestrahlt. Hier liegt wahrscheinlich ein Ansatzpunkt zur künstlichen Herstellung von kaltem Licht. Durch eine Steigerung der Intensität der chemischen Reaktion läßt sich eine Erhöhung der Lichtausstrahlung

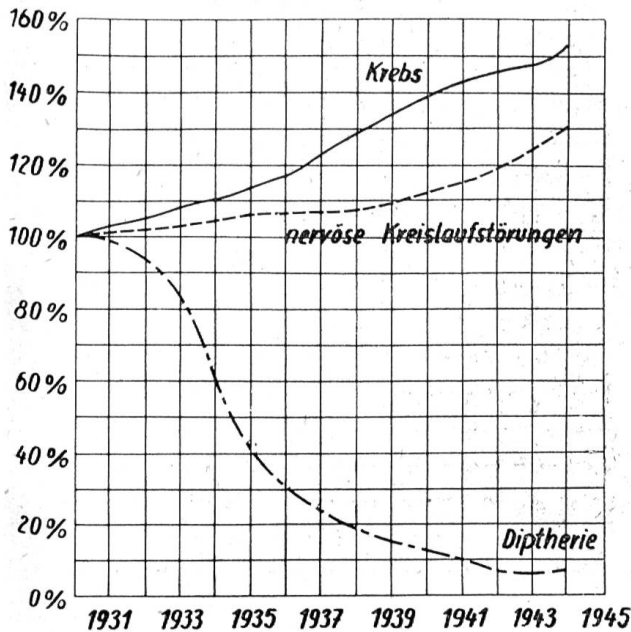
erzielen, aber die Regenerierung des Phosphors, die nötig ist, um ein kontinuierliches Leuchten ohne steten Ersatz des verbrauchten Phosphors zu erzielen, macht noch Schwierigkeiten. Einen anderen Weg zeigten Lösungen, die durch Zusatz von Alkali und Wasserstoffsperoxyd zu wäßrigen Lösungen von Dimethyldiakridiniumnitrat oder Aminophthalsäurehydrazid entstehen und ohne Temperatursteigerung recht hell strahlen. Besonders die letzte, die unter dem Namen Luminol bekannt wurde, erzeugt schon ein verhältnismäßig gutes Licht. Bisher ist es mit Hilfe künstlicher Chemolumineszenzreaktionen jedoch bei weitem noch nicht gelungen, an die Leistungen der Biolumineszenz der Tiere heranzukommen. Hier harret noch ein sehr wichtiges Problem seiner Lösung.

Sonderbar mag die Feststellung anmuten, daß sich auch im Innern unseres Körpers chemolumineszenzartige Vorgänge abspielen. Ein Leuchten kann selbstverständlich nur eintreten, wenn die absorbierte Energie frei in die Umgebung ausgestrahlt werden kann, also an der Oberfläche von Körpern. Im Innern des Körpers kann diese Energie jedoch nur an benachbarte Moleküle weitergegeben werden, größtenteils in Form von Wärme. Der Zellstoffwechsel spielt sich in einem ununterbrochenen Strom ab. Finden nun im Organismus durch Oxydation geeigneter Verbindungen, die allerdings recht selten vorhanden sind, chemolumineszenzartige Reaktionen statt, bei denen gerade jene Energiebeiträge frei werden, die zum Stoffwechselumsatz benötigt werden, so kann durch eine Steigerung des Energieumsatzes eine Zunahme des Stoffwechsels in diesen Zellen eintreten — vor allem dann, wenn ihre natürliche Widerstandsfähigkeit solchen Änderungen gegenüber bereits durch andere Einflüsse geschwächt worden war. Diese Stoffwechselsteigerung durch Verschiebung des Energiegleichgewichtes der Zellen infolge chemolumineszenzartiger Reaktionen ist eine der Ursachen des wuchernden Zell-Wachstums, das unter Umständen zur Ausbildung von Tumoren und zu krebsartigen Erscheinungen führen kann.

Damit steht der in jüngster Zeit erbrachte experimentelle Nachweis in Zusammenhang, daß mehrere Substanzen, die in unserem Organismus Krebs erzeugen, also karzinogen sind, chemolumineszierend wirksam sein können. So wird zum Beispiel das Buttergelb — ein gelber Farbstoff, der früher häufig zum Färben von Butter verwendet worden war, heute aber wegen seiner karzinogenen Wirkung nicht mehr benutzt werden darf — in unserem Organismus unter Freigabe eines bestimmten Energiebetrages oxydiert. Durch Behandeln des gleichen Farbstoffes mit bestimmten organischen, oxydierend wirkenden Substanzen ließ sich an ihm Chemolumineszenz hervorrufen, wobei er in grünlich-weißem Licht erstrahlt. Dieses Licht besitzt eine Energie von etwa sechzig Kilokalorien je Mol, ist also von der Größenordnung der für physiologische Umsetzungen innerhalb unseres Körpers benötigten Energiemenge.

Es ist deshalb anzunehmen, daß eine Voraussetzung zur Möglichkeit des Entstehens von Krebs das

Vorliegen geschwächter Zellstrukturen ist, die der Verschiebung des Energiegleichgewichtes nur geringen Widerstand entgegensetzen können. Eine solche Schwächung kann durch Kreislaufstörungen erfolgen. Die Veranlagung für solche Kreislaufstörungen ist zum Teil erblich. Wir können in ihr also einen wesentlichen Faktor für die Entstehung des Krebses vermuten. In diesem Zusammenhang ist die etwa



Die Kurve zeigt das bedrohliche Ansteigen der Krebserkrankungen

parallel gehende Steigerung der Häufigkeit von Krebs- und Kreislaufkrankheiten interessant, über die das obenstehende Diagramm Auskunft gibt.

Die Wirkung der chemolumineszierenden Verbindungen ist also sicher einer der auslösenden Faktoren bei der Entstehung des Krebses. Unabhängig von ihrem chemischen Aufbau müssen sie nur die Bedingungen zur Erzeugung der Chemolumineszenz erfüllen. Damit läßt sich einmal die Beobachtung erklären, daß so verschiedenartige Krebserzeuger die gleiche Krankheitserscheinung hervorrufen können, wie auch die Tatsache, daß krebserzeugende Substanzen in den Zellen der verschiedenen Gewebe des Organismus: in Haut, Magen, Darm oder Leber, verschiedene Erscheinungsformen hervorrufen; denn das Energiegleichgewicht und der stoffliche Umsatz ist infolge der unterschiedlichen Aufgaben in den jeweiligen Geweben und Zellen verschieden, der anormal gesteigerte Stoffwechsel aber führt zu krebsähnlichen Wucherungen. Weiter sind die durch Chemolumineszenz hervorgerufenen Formen des Krebses abhängig von der natürlichen Widerstandskraft der Zellen gegen anormale Änderungen des Energiegleichgewichtes, von der Geschwindigkeit, mit der die karzinogenen Substanzen in die Zelle transportiert und wieder aus ihr herausgebracht werden können und von der Leichtigkeit, mit der sie oxydierbar sind und mit der sie die freiwerdende Energie an die anderen Zell-Reaktionssysteme weitergeben können.

Die Untersuchungen über die Vorgänge der Chemolumineszenz und Biolumineszenz eröffnen so einen neuen Ausblick, den Krebs, eine der Geißeln der Menschheit, an der heute ein Großteil aller Kulturmenschen vorzeitig stirbt, zu bannen. Durch Unterbindung der geschilderten Vorgänge innerhalb des Organismus kann der auslösende Faktor des Krebses, der erst den Anstoß zu verschiedenen Formen des Krebses bildet, beseitigt werden. Dieses äußerst wichtige Problem harret noch der Lösung.

Egon Kruse

Winterschlaf bei Vögeln

Fledermaus und Hamster, Dachs und Bär ziehen sich bei Eintritt der kalten Jahreszeit in Verstecke zurück und halten Winterschlaf. Früher hat man geglaubt, auch manche Vogelarten versammelten sich im Herbst zu gemeinsamer Winterruhe; hatte doch der griechische Philosoph Aristoteles in seiner Tierkunde behauptet, man habe Schwalben in Löchern überwintert gefunden. Plinius der Ältere übernahm diesen Irrtum in seine „Historia naturalis“, und der große Reformator der Biologie, Linnaeus, meinte noch im 18. Jahrhundert, die Schwalben brächten den Winter auf dem Meeresgrund zu. Heute wissen wir, daß solche Behauptungen vom Überwintern der Schwalben im Schlamm oder Wasser ins weite Reich der Fabel gehören. Die intensive Erforschung des Vogel-

lebens und des teilweise immer noch rätselvollen Vogelzuges hat erwiesen, daß unsere Zugvögel im Herbst in südlichere Breiten abwandern und so den Unbilden und der Nahrungsarmut des nördlichen Winters entgehen. Ihre Winterherbergen liegen großenteils in Afrika, bis hinunter in den äußersten Süden dieses Kontinents; das seit Jahrzehnten so erfolgreich betriebene Beringungsverfahren hat für diese Feststellung unzählige exakte Beweise geliefert.

Die Ergebnisse der Vogelzugforschung lassen die Frage nach einem Winterschlaf bei Vögeln von vornherein zunächst als sinnlos erscheinen. Aber auch die hochentwickelte Organisation der stets nahezu gleichwarmen — homöothermen — Vögel scheint dafür zu sprechen, daß bei den Gefiederten auch unter un-