

Chemische Kabinettstücken

[Kaltes Licht _ Chemolumineszenz]



Name: _____

Klasse: _____

Datum: _____

Hast du dich jemals darüber gewundert, wie Leuchtkäfer oder Glühwürmchen es fertig bringen, zu leuchten? Sie können das aufgrund chemischer Reaktionen. Wenn chemische Reaktionen ablaufen, wird Energie entweder absorbiert oder freigesetzt. In bestimmten Sonderfällen wird Energie freigesetzt bzw. in Form von Licht emittiert. Das kann sehr schön aussehen. Chemolumineszenz ist das große Wort für solche chemischen Reaktionen, die Licht produzieren. Jetzt kannst du ein kaltes, blaues Licht im Dunkeln erzeugen, indem du die besonderen Chemikalien aus diesem Bausatz miteinander reagieren lässt!

Vorsicht!

Das „Cool Blue Light“ – Experimentierset ist sicher, wenn es unter Beachtung der Bedienungsanweisung eingesetzt wird. Hingegen kann alles gefährlich sein, wenn es falsch in Gebrauch genommen wird. Verwende jede Chemikalie einschließlich Haushaltschemikalien mit Vorsicht.

Bei der Verwendung von Chemikalien aus diesem Bausatz sind Schutzbrillen zu tragen.

Halte diese Chemikalien von Säuglingen und Kleinkindern fern.

Sollte irgendeine Chemikalie mit der Haut, den Augen oder dem Mund in Berührung kommen, besteht die beste Erste Hilfemaßnahme im gründlichen Spülen mit viel Wasser.

Solltest du versehentlich das Reagenz verschlucken, trinke ein Glas Wasser oder Milch und suche einen Arzt auf oder rufe die Giftnotzentrale an.

Arbeite auf einer Zeitung oder einem Papiertuch, um dir das spätere Reinigen zu erleichtern.

Experiment 1 „Cooles“ blaues Licht

Man braucht einen dunklen Raum, um die Reaktion sehen zu können, aber einen hellen Arbeitsplatz, um das Experiment durchzuführen. Nimm einen Plastikbecher und gib 2 Teelöffel Wasser hinein. Wenn ein Stoff in einem flüssigen Medium aufgelöst ist, spricht der Chemiker von einer Lösung. Eine Lösung bezeichnet aber auch die Antwort auf ein Problem. Begriffe können manchmal verwirren, weshalb die Benutzung eines Lexikons, wenn du Fragen zu Begriffen hast, sinnvoll ist.

.....

Experiment 2 Instant-Fertiglicht

Dies ist eine Variation von Experiment 1. Es wird das Experiment vereinfachen, so dass es zu jeder beliebigen Zeit durchgeführt werden kann. Variation bedeutet eine Abweichung in der Form. Du wirst ein Licht produzierendes Gemisch herstellen, und zwar nur durch Hinzugeben von Wasser.

.....

Was ist geschehen?

Der Begriff für diese Experimente lautet Chemolumineszenz. Er steht für „**Licht aus chemischen Reaktionen**“ und wird „Chemo-lu-minis-zenz“ ausgesprochen.

Chemolumineszenz ist es auch, was Glühwürmchen und „Leuchtstäbe“ zum Leuchten bringt.

.....

Emittiertes Licht

Wenn eine Lampe angeschaltet wird, wird die Glühlampe heiß, und zwar so heiß, dass sie brennt. Wenn ein Streichholz oder eine Kerze angezündet wird, werden Wärme und Licht im Zuge der chemischen Reaktion der Verbrennung erzeugt. Dies nennt man **Glühen oder Erglühen**, durch Wärme erzeugtes Licht. Viele Materialien wie Holz und Papier sind brennbar und geben bei ihrer Verbrennung Wärme und Licht zugleich ab.

.....

Experiment 3 Übung mit der Tropfpipette

Dies ist nur eine einfache Übung mit der Tropfpipette, der wir im nächsten Experiment begegnen werden. Übe die Handhabung der Pipette so, dass du jeweils nur einen Tropfen herausdrücken kannst. Das Wort Pipette (ausgesprochen: „Pie-pette“) leitet sich von dem französischen Wort für „kleines Röhrchen“ ab. Nimm die Pipette und lege sie in einen mit Wasser gefüllten Becher. Tauche die Spitze der Pipette in die Flüssigkeit ein und übe einen leichten Druck auf den Gummiball aus. Beobachte, wie Luftblasen austreten. Halte die Pipette weiterhin in die Flüssigkeit und lass den Gummiball sich ausdehnen. Beobachte nun, wie die Flüssigkeit in die Pipette aufsteigt. Durch das Auspressen der Luft entsteht ein Vakuum bzw. ein leerer Raum. Die Wegnahme des Drucks gibt der Flüssigkeit die Möglichkeit, das Vakuum auszufüllen. Hebe die Pipette mit der in ihr enthaltenen Flüssigkeit hoch und halte sie über den Becher. Drücke den Gummiball nun so, dass jeweils nur ein Tropfen austritt.

Experiment 4 Helles Bleichlicht

Achtung! Bitte einen verantwortlichen Erwachsenen um Erlaubnis und Hilfe bei der Durchführung dieses Experiments. Du wirst eine kleine Menge eines Flüssigbleichmittels wie „Clorox“ benötigen. Das Bleichmittel ist äußerst reaktiv. Das bedeutet, dass es sehr schnell chemische Reaktionen eingeht und sich verändert, unter Freisetzung hoher Energiemengen. Dadurch ist es sehr gefährlich.

.....

Experiment 5 Das Oxidationsmittel

In Experiment 4 sahen wir, wie Luminol und Bleichmittel Licht erzeugen konnten. Nun werden wir versuchen, eine weitere Zutat zu ersetzen, wodurch wir besser verstehen werden, wie die Reaktion funktioniert. Wissenschaftler wissen, dass Perborate in Wasser Wasserstoffperoxyd bilden. Lass uns Wasserstoffperoxyd anstelle des Perborat-Gemisches verwenden. **Achtung!** Bitte einen verantwortlichen Erwachsenen um Erlaubnis und Hilfe bei der Durchführung dieses Experiments. Du wirst eine kleine Menge an Wasserstoffperoxyd benötigen. Wasserstoffperoxyd findet man üblicherweise in Medizinschränken und wird in Drogerien verkauft.

.....

Experiment 6 Bleichpulver lassen es aufleuchten !

Achtung! Bitte einen verantwortlichen Erwachsenen um Erlaubnis und Hilfe bei der Durchführung dieses Experiments. Du wirst eine kleine Menge an Waschmittel oder farbbeständiger Bleiche wie „Clorox II“, das Bleichmittel enthält, benötigen.

.....

Experiment 7 Schmutziges Kupfer

In Experiment 1 wurde ein Kupfersulfat-Kristall benutzt. Nun kannst du eine andere Kupferquelle ausprobieren: einen Pfennig. Aber damit dieses Experiment gelingt, muss der Pfennig leicht angelaufen (korrodiert) sein. Wir erklären später weshalb. Finde einen Pfennig, der an einer Stelle grün angelaufen ist.

.....

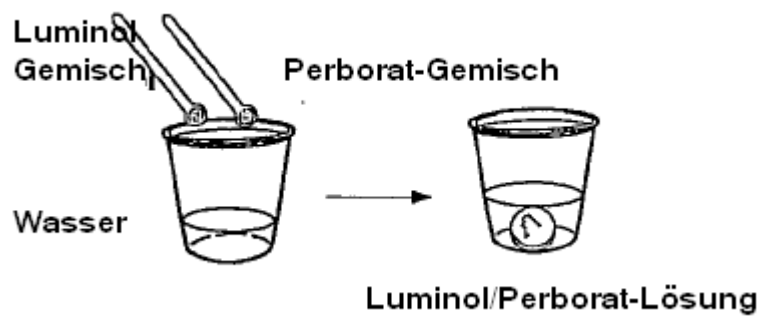


Abbildung: Angelaufener Kupferpfennig

Kupfer fungiert als Aktivator oder Katalysator in diesem Experiment. Ein Katalysator beschleunigt eine Reaktion; sie wird schneller gestartet. Das Kupfer muss jedoch in Form von Kupferionen vorliegen.

Pfennige bestehen aus metallischem Kupfer. Pfennige, die seit 1983 hergestellt werden, bestehen aus einer Mischung (Legierung) aus Kupfer und Zink. Diese sind in der Herstellung billiger, aber sie korrodieren schneller als ältere Pfennige. Für unser Experiment bevorzugen wir aber den stärker korrodierten Pfennig. Metallisches Kupfer, das eine orange oder bräunliche Farbe aufweist, befindet sich in einem anderen chemischen Zustand als das Kupfer in Kupfersalzen, z.B. Kupfersulfat, das blau oder grün gefärbt ist. Letztere sind Cu^{++} oder Kupfer(II)-Ionen. Vielleicht hast du mal einen „Gold“-Ring gesehen, der sich grün verfärbte. Der Ring enthielt tatsächlich Kupfer und korrodierte unter Bildung von blaugrünen Kupfersalzen.

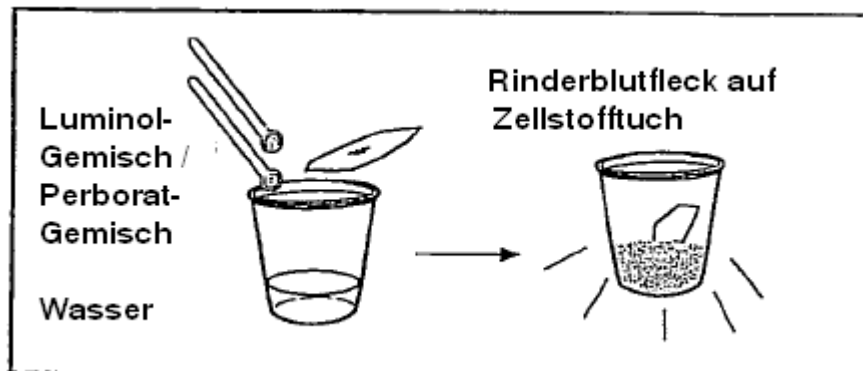
Experiment 8 Der Hämoglobin-Detektor

Luminol wird von forensischen Wissenschaftlern benutzt, um Blut nachzuweisen. Die forensische Wissenschaft befasst sich mit der Untersuchung von Gegenständen, die an einem Tatort gefunden werden. Das Wort **forensisch** weist auf die rechtliche Auseinandersetzung hin. Folglich verwenden Rechtsanwälte forensische Beweismittel im Gerichtssaal.

Detektieren bedeutet etwas Verstecktes entdecken. Ein winziger Blutfleck mag in vielen Fällen unsichtbar sein, aber im kriminaltechnischen Labor kann man eine Luminol-Lösung aufsprühen und alle Blutflecke strahlen im Dunkeln ein blaues Licht ab. Rote Blutzellen enthalten Hämoglobin, das für den Transport von Sauerstoff im Körper verantwortlich ist. Hämoglobin enthält Eisen, das genauso wie Kupfer mit Luminol reagiert. Das Eisen befindet sich in der zweifach positiv geladenen Form des Eisen(II)-Ions.

Du wirst eine Bezugsquelle für Blut brauchen. Blut auf einer Stelle in einer Fleischwanne wäre eine Idee. Du brauchst nicht viel, nur eine Spur ist am besten. Gib eine Kelle Luminol- und Perborat-Gemische sowie zwei Teelöffel Wasser in einen Becher. Lege dann einen kleinen Rinderblutfleck, der sich auf einem Stück

Zellstoff befindet oder ein Stück Fleischfolie in den Becher hinein. Schwenke den Becher vorsichtig und bringe ihn an einen dunklen Ort und beobachte. Was passiert?



Experiment 9 Heiße und kalte Faktoren

Die Reaktionsrate sagt etwas darüber aus, wie schnell eine Reaktion abläuft. Diese Geschwindigkeit hängt von mehreren Faktoren ab. Beispielsweise ist beim Suppekochen die Temperatur der entscheidende Faktor. Im Allgemeinen gilt, je heißer der Topf, desto schneller ist die Suppe gar. Das stimmt bis zu einem gewissen Punkt. Bei zu großer Hitze brennt die Suppe an. Das Umrühren und die Größe der Zutaten beeinflussen die Geschwindigkeit ebenfalls. Kleine Stücke garen schneller als große. Das Umrühren sorgt für eine bessere Verteilung der Hitze. Das folgende Experiment zeigt die Auswirkung der Temperatur auf die Blaulicht-Reaktion. Du wirst das Experiment zweimal zur selben Zeit durchführen, und zwar einmal mit kaltem Leitungswasser und einmal mit heißem Leitungswasser. Versuche immer, alle Versuchsbedingungen konstant zu halten, bis auf den Unterschied, den du gerade untersuchst. In diesem Fall ist es die Temperatur.

Stelle dir zwei Becher hin. Gib in jeden Becher jeweils eine Kelle der Luminol- und Perborat-Gemische und einige Kupfersulfat-Kristalle. Lasse dann den Kaltwasserhahn einige Minuten laufen, um einen Becher mit kaltem Wasser zu bekommen. Alternativ kann man auch etwas Eis ins Wasser geben. Lasse dann den Warmwasserhahn einige Minuten laufen und fülle dann einen zusätzlichen Becher mit Warmwasser. Gib dann 2 Teelöffel des kalten Wassers zu einem der Gemische und gib ebenfalls 2 Teelöffel des heißen Wassers zu dem anderen. Bringe beide Becher an einen dunklen Ort und beobachte eventuelle Unterschiede



kaltes Wasser



Luminol / Perborat / Kupfersulfat



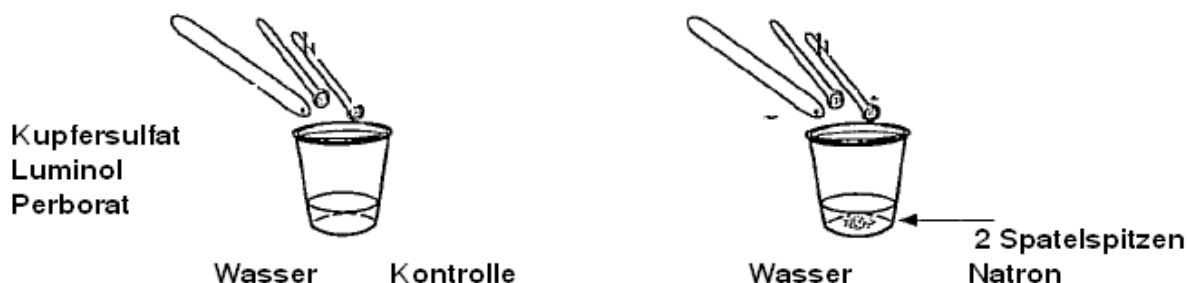
heißes Wasser

Die Reaktion, die mit heißem Wasser durchgeführt wird, sollte schneller und leuchtender sein, aber schneller erlöschen als die mit kaltem Wasser durchgeführte Reaktion. Auf solche Weise können Chemiker die Reaktionsgeschwindigkeit kontrollieren. **Kinetik** befasst sich mit den Reaktionsgeschwindigkeiten.

Experiment 10 Andere Faktoren

Helligkeit und Dauer der Blaulicht-Reaktion hängen von mehreren Faktoren oder Variablen ab, u.a. vom Lösungsmittel, von der Menge und Art des Oxidationsmittels, des Katalysators und vom pH-Wert. Das Lösungsmittel ist die Substanz, in der die Reaktanden gelöst sind. In unserem Experiment ist Wasser das Lösungsmittel. Der pH-Wert ist ein Maß für den Säure- bzw. Basegehalt der Lösung. Chemiker haben herausgefunden, dass ein pH-Wert von 11 für diese Reaktion am besten (optimal) ist. Im Folgenden werden zwei weitere Versuche beschrieben, die du ausprobieren kannst, um zu sehen, wie der pH-Wert die Reaktion beeinflusst. Du benötigst eine kleine Menge Backpulver oder Natron sowie Essig.

Stelle dir zwei Becher hin. Einer davon wird die **Kontrolle** sein. Ein Kontrollansatz ermöglicht dem Experimentator festzustellen, wie sich die Änderung einer Versuchsbedingung auswirkt. Unterschiede lassen sich dann vergleichen. Gib zwei kleine Kellen Backpulver bzw. Natron in nur einen der Becher. Gib dann alle Zutaten in beide Becher wie in Experiment 1. Bringe beide an einen dunklen Ort und beobachte eventuelle Unterschiede.



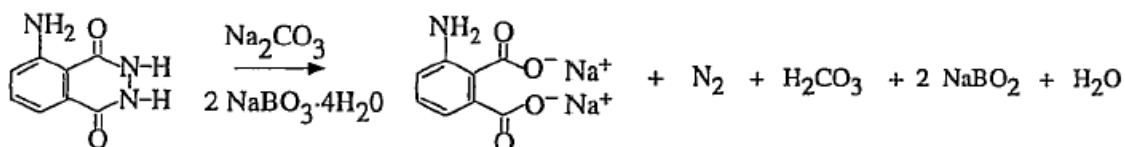
Der Becher mit dem Backpulver bzw. Natron wird zunächst nicht besonders hell sein, dafür wird das Leuchten aber länger anhalten. Backpulver besteht aus Natriumbicarbonat und bildet zusammen mit Natriumcarbonat, das im Luminol-Gemisch enthalten ist, einen Puffer. **Puffer** tragen zur Aufrechterhaltung eines konstanten pH-Werts bei. Ein weiterer Versuch besteht darin, einen Tropfen Essig dem kalten blauen Licht hinzu zu fügen. Das Licht wird ausgehen. Essig ist eine Säure und dämpft die Reaktion oder bringt sie zum Erliegen. Ein Schwenken der Mischung könnte das Leuchten wieder in Gang setzen. Beachte, dass dies nicht ein besonders aufregendes Experiment ist.

Die Chemie des Luminols

Der chemische Name für Luminol lautet 5-Amino-2,3-dihydrophthalazin-1,4-dion. Es ist auch als ein 3-Aminophthalhydrazid bekannt. Seine Molekularstruktur sieht kompliziert aus. Das ist ein Grund, weshalb sein Name so kompliziert aussieht. Die Molekularstruktur ist:

Der Name Luminol ist ein Trivialname. Er weist auf die Eigenschaft des Luminols, Licht zu emittieren, hin. Die anderen Namen sind systematische Namen, die auf der chemischen Struktur basieren. Jede chemische Verbindung hat einen eigenen Namen, von dem der Chemiker die Struktur der Verbindung ableiten kann. Die chemische Formel (Summenformel) für Luminol lautet: $C_8H_7N_3O_2$.

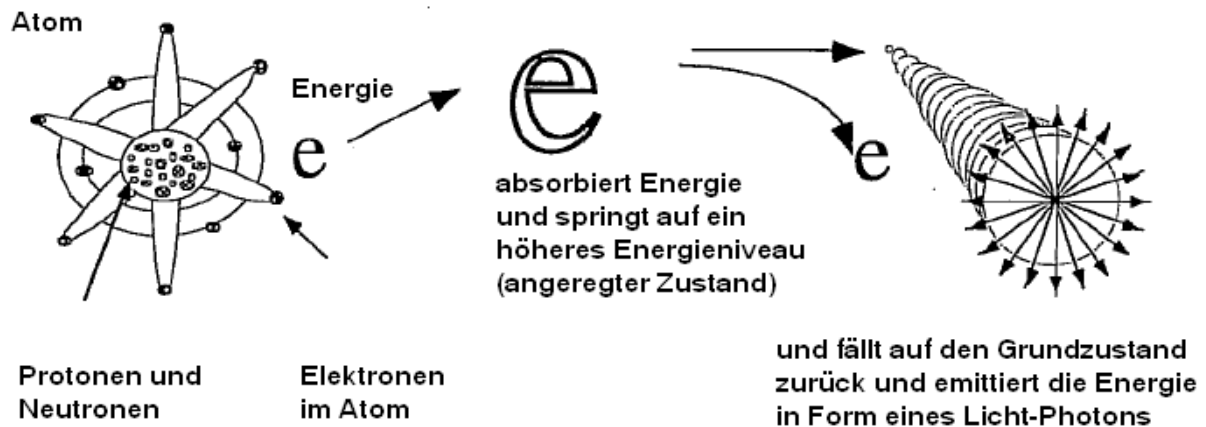
Das Perborat-Gemisch ist ein Gemisch aus Natriumperborat, $NaBO_3 \cdot 4H_2O$, und Natriumkarbonat, Na_2CO_3 . Natriumkarbonat ist eine Base und Natriumperborat ein Oxidationsmittel. Kupfer in Form von Cu^{++} ist ein Aktivator bzw. Katalysator. Die Reaktion ist kompliziert, aber wir werden einen Ausschnitt daraus wiedergeben.



Der Quantensprung

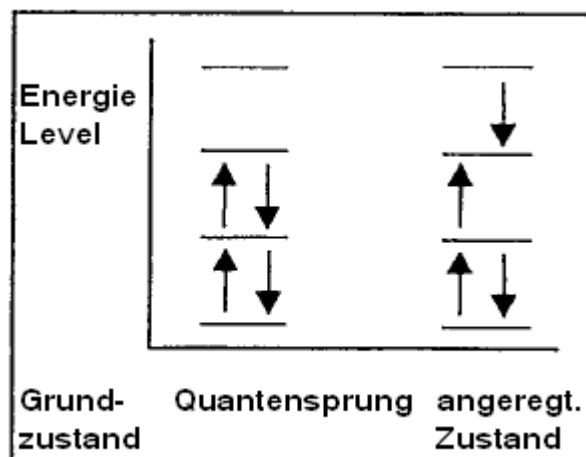
Es sind die Elektronen in den Atomen, die den Quantensprung vollziehen, der wiederum das kalte, blaue Licht erzeugt. Alle Dinge bestehen aus Materie. Materie besteht aus chemischen Verbindungen, Moleküle genannt. Letztere sind aus Atomen aufgebaut, die aus Protonen, Neutronen und Elektronen bestehen. Bei der Chemolumineszenz wird Energie durch eine chemische Reaktion freigesetzt. Diese Energie wird von den Elektronen in solchen Molekülen wie Luminol absorbiert. Das Elektron springt auf eine höhere Ebene und man sagt, es befinde sich in einem **angeregten Zustand**. Wenn das Elektron auf seinen niedrigeren Grundzustand zurückfällt, gibt es die aufgenommene Energie in Form eines Licht-Photons wieder ab. Das ist dann das leuchtende Licht, das wir sehen. Die Energiemenge nennt man **Quant**.

Die Elektronen müssen entweder von einer Quantenebene zur anderen springen oder zurückfallen. Dies ist der Quantensprung. Einige Substanzen leuchten im Dunkeln, nachdem sie mit Licht bestrahlt wurden. Farbe, die im Dunkeln leuchtet, muss zunächst Sonnenlicht oder künstliches Licht absorbieren, um leuchten zu können. Auch dieser Vorgang beinhaltet Elektronen, angeregte Zustände, Photonen und Quantensprünge.



Angeregte Zustände

Unter natürlichen Umständen existiert alles in seinem niedrigsten Energiezustand. Ein auf einem Hügel befindlicher Ball wird beispielsweise selbstverständlich den Hügel hinabrollen, da der Hügel einen höheren Zustand als die Basis des Hügel einnimmt. Um den Ball den Hügel hinaufzurollen, bedarf es des Einsatzes von Energie. Elektronen fließen nach denselben energetischen Gesetzen. Im Falle der Elektronen sind jedoch die Hügel mit den Orbitalen gleichzusetzen, in denen sie um den Atomkern kreisen. Chemiker und Physiker benutzen Energiediagramme, um Energiedifferenzen aufzuzeigen.



Die Pfeile repräsentieren Elektronen. Elektronen sind rotierende negative Ladungen. Sie können sich in zwei Richtungen drehen, und zwar im Uhrzeigersinn und gegen den Uhrzeigersinn. Dies ist ein komplizierterer Sachverhalt als die Orbitale es auf Seite 17 wiedergeben.

Wenn ein Elektron die Energie aus einer chemischen Reaktion absorbiert, kann es auf eine höhere Quantenebene springen. Das ist der Anregungszustand. Doch bleibt nichts für lange in diesem Zustand, nicht einmal wir Menschen. Das Elektron fällt auf

seinen Grundzustand zurück und setzt die Energie in Form eines Photons bzw. Lichtenergiequants wieder frei. Das ist das kalte Licht, das wir dann sehen. Blitze am Himmel, die während eines Gewitters entstehen, resultieren aus den angeregten Zuständen von Stickstoff und Sauerstoff in der Luft, von denen Lichtemissionen ausgehen.

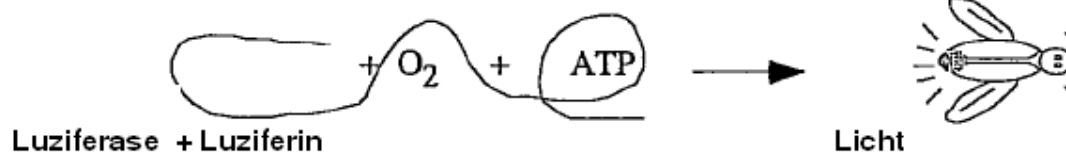
Max Planck und Albert Einstein waren zwei berühmte Physiker, die an dieser Theorie arbeiteten. Plancks Gleichung, $E = h \cdot \nu$, bringt die Energie eines Quantensprungs (E) in Beziehung zu der Frequenz bzw. Farbe des emittierten Lichts (ν).

Leuchtkäfer

Glühwürmchen werden häufig auch Leuchtkäfer genannt. Sie treten im Sommer auf und sind besonders schön anzusehen, wenn sie aufleuchten. Sie gehören zu der Familie der Käfer und haben blaue Flügel und orangefarbene Köpfe mit zwei dunklen Flecken. Mitunter findet man sie am Tage, wenn sie auf einem Blatt rasten. Die Larve des Leuchtkäfers bezeichnet man als Leuchturm. Auch sie erzeugt und emittiert Licht. Eine Larve ist das junge Stadium eines Insekts, bevor es zu einem Erwachsenenstadium herangereift ist. Eine Raupe ist die Larve eines Schmetterlings oder einer Motte.

Man weiß noch nicht ganz genau, warum oder zu welchem Zweck diese Tiere ein Licht emittierendes Organ (Laterne genannt) besitzen. Es könnte sein, dass sie einander auf diesem Wege anziehen oder miteinander kommunizieren. Die Männchen leuchten heller als die Weibchen. Das Licht zieht aber auch Räuber an, die sie entweder fressen oder einsammeln. Einige Entomologen (Wissenschaftler, die Insekten erforschen) beobachteten, dass unterschiedliche Arten oder Typen von Leuchtkäfern auch unterschiedliche Leuchtmuster aussenden. Die Leuchtkäfer kontrollieren ihr Aufleuchten durch Regulieren oder Justieren der Luftmenge, die zur Laterne gelangt, ein Vorgang, der mit unserer Atmung vergleichbar ist. Es ist der Sauerstoff (O₂) in der Luft, der mit der Substanz Luziferin reagiert. Luziferin wird in bestimmten Zellen der Leuchtkäfer gebildet.

Alle chemischen Reaktionen, die in Lebewesen ablaufen, benötigen eine Energiequelle und ein Enzym. Enzyme sind große und komplizierte Moleküle, die andere Substanzen auf eine Weise zusammenbringen und fixieren können, dass sie schnell miteinander reagieren. Enzyme sind Katalysatoren, die Reaktionen in lebenden Zellen beschleunigen. Das Enzym in der Leuchtkäfer-Reaktion heißt Luziferase, weil es mit Luziferin reagiert. Die Energie in Zellen, die für chemische Reaktionen zur Verfügung steht, ist in Form eines hoch energetischen Moleküls gespeichert, das ATP bzw. Adenosintriphosphat genannt wird.



Experiment 11 Zucker-Licht

Ein letztes Experiment, das zeigen soll, dass wir umgeben sind von vielen seltsamen und erstaunlichen Phänomenen, die jedoch mitunter kaum zu sehen sind. Ein Phänomen ist ein(e) beobachtbare(s) Tatsache oder Ereignis. Dazu müssen wir aufmerksam sein, günstige Bedingungen vorfinden und auch etwas Glück haben.

Du benötigst ein gebrauchtes kleines, durchsichtiges Trinkglas, eine Schüssel und einen Teelöffel Zucker. Der Zucker muss granuliert sein. Kein Puderzucker. Gib den Zucker in die Schüssel und bring sie mit dem Glas in einen dunklen Raum. Reibe, mahle und zerstoße die Zuckerkristalle mit dem Glasboden. Du wirst kleine Blitze sehen, die dort entstehen, wo der Zucker zerstoßen wurde. Versuche dasselbe mit einem Pfefferminzbonbon darzustellen. Begib dich in einen dunklen Raum, schaue in den Spiegel und zerbeiße den Bonbon.

Wenn Druck oder Reibungskräfte auf ein Kristall einwirken, entsteht Licht. Dieses Phänomen nennt man **Triboluminiszenz**. *Tribo* stammt aus dem Griechischen und bedeutet Reibung. Eine Theorie besagt, dass das Zerstoßen des Kristalls eine Trennung der positiven und negativen Ladungen bewirkt. Das ist der so genannte piezoelektrische Effekt (*piezo-* bedeutet drücken oder pressen). Die Ladungen finden wieder zueinander unter Bildung von winzigen Lichtblitzen. Wissenschaftler sind auf der Suche nach Nutzungsmöglichkeiten und Anwendungen für dieses Phänomen.