

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“ – Experimentiererset 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 Hilfsmaßnahme im gründlichen Spülen mit viel Wasser.

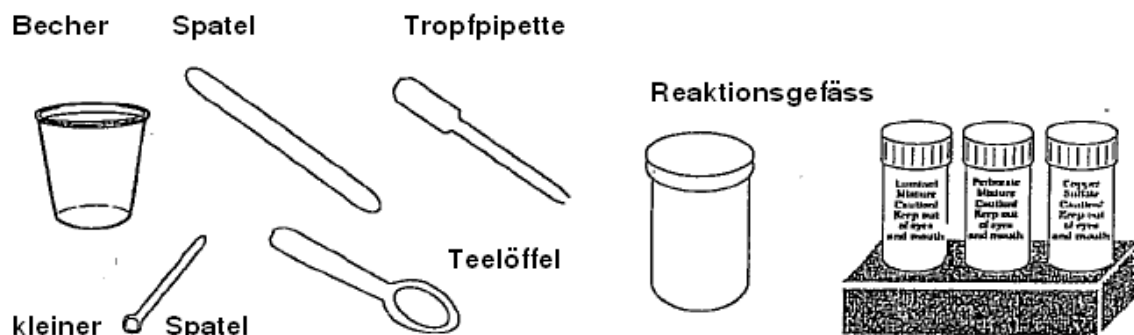
Solltest du versehentlich das Reagenz verschlucken, trinke ein Glas Wasser oder Milch und suche einen Arzt auf oder rufe die Giftnotzentrale an.
Arbeite auf einer Zeitung oder einem Papiertuch, um dir das spätere Reinigen zu erleichtern.

Das Luminol-Gemisch sollte im Dunkeln gelagert werden.
Lies die Anleitung mit Sorgfalt. Experimentiere niemals mit Dingen, von denen du keine Kenntnisse hast.

Experimentiere mit kleinen Materialmengen. Das ist weniger gefährlich und wird leichter zu kontrollieren sein als größere Mengen; und du sparst Ressourcen.

Wenn du mit einem Experiment fertig bist, gieße die Flüssigkeit in den Ausguss und spüle eine halbe Minute mit Wasser nach.

Reinige alle Becher oder Löffel, die du im Experiment verwendet hast, mit Wasser.
Wasche deine Hände und lege deine Materialien weg, sobald du fertig bist.



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.

Füge eine kleine Kelle mit dem Luminol-Gemisch und eine kleine Kelle des Perborat-Gemisches zu dem Becher mit Wasser. Verwende den Holzstab, um einige kleine Kristalle des Kupfersulfats herauszunehmen und lege sie ebenfalls in den Becher. Bring den Becher in einen dunklen Raum und beobachte.



Abbildung: Luminol-Gemisch — Perborat-Gemisch — Kupfersulfat-Kristalle — Wasser

Du solltest ein schönes blaues Licht sehen, das dort entsteht, wo sich das Kupfersulfat gerade löst und mit dem Luminol reagiert. Schwenke den Becher vorsichtig, um das Vermischen zu beschleunigen. Das Licht ist ein „kaltes“ Licht. Das bedeutet, dass die Lösung nicht heiß ist. Es ist auch „cool“, weil es ganz toll und interessant ist. Das Gemisch wird das Licht einige Minuten lang emittieren bzw. abgeben, bis einer der Reaktanden bzw. eine der Zutaten aufgebraucht wurde. Man kann die gebrauchte Lösung entweder mit Wasser den Ausguss runterspülen oder zur Verwendung in Experiment 5 aufheben.

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.

Nimm das größere, durchsichtige Gefäß und vergewissere dich, dass es trocken ist. Gib eine kleine Kelle des Luminol-Gemisches hinzu sowie eine kleine Kelle des Perborat-Gemisches und ein paar Kristalle Kupfersulfat. Verschließe das Gefäß mit dem dafür vorgesehenen Deckel.

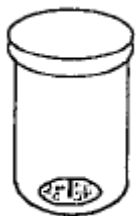


Abbildung :
1 kl. Kelle Luminol-Gemisch — 1 kl. Kelle Perborat-Gemisch — ein paar Kupfersulfat-Kristalle

Diese Mischung ist nun so weit vorbereitet, dass sie Licht produzieren kann; wo und wann es dir gefällt. Sie ist eine längere Zeit haltbar und funktionsfähig. Wenn du sie zum Leuchten bringen willst, brauchst du nur Wasser hinzu zu geben. Beim Hinzufügen von Wasser lösen sich die Zutaten auf, wodurch sie näher aneinander geraten und die Reaktion auslösen. Eine Lösung ist für das Zustandekommen der Reaktion erforderlich.

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. Das Licht im Glühwürmchen stammt aus einem Organ in der Bauchhaut, das „Lanterne“ genannt wird. Kurz bevor das Glühwürmchen aufleuchtet, werden in der „Lanterne“ zwei Chemikalien freigesetzt bzw. abgegeben. In handelsüblichen Leuchtstäben befinden sich zwei Lösungen, eine davon befindet sich in einer Glasröhre. Um die Reaktion zu aktivieren oder zu starten, bricht man das Glasröhrchen, worauf die beiden Lösungen sich vermischen, miteinander reagieren und zu leuchten beginnen.

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.

Das „kalte“ Licht, das du hergestellt hast, ist jedoch anders. **Luminiszenz** ist eine Emission von Licht ohne Wärmeentwicklung. Mitunter spricht man von „kaltem Licht“. „Lumin“ ist das lateinische Wort für Licht. Indem wir Wortteile analysieren, können wir die Bedeutung anderer Wörter herleiten; z.B. bedeutet „illuminieren“ beleuchten.

Bioluminiszenz ist ein Sonderfall der **Chemolumineszenz**. Sie tritt in einigen Lebewesen auf, u.a. in Leuchtkäfern. „Bio“ als Präfix steht für Leben. Es gibt bestimmte Bakterien, Pilze, marine Tierarten und Insekten, die in spezialisierten Zellen ihres Körpers spezielle chemische Verbindungen herstellen und auf diese Weise Licht erzeugen können. „Foxfire“ (dt. „Fuchsfeuer“) nennt man Licht produzierende Pilze, die auf verwesendem Holz wachsen. Wenn man sie berührt, geben einige Quallenarten eine Lösung ab, die leuchtet, wenn sie mit Meerwasser in Kontakt kommt. Der Chemolumineszenz aus diesem Experimentierset oder aus Glühwürmchen liegen dieselben allgemeinen Reaktionen zugrunde, nur die chemischen Verbindungen unterscheiden sich.

Gegenstände, die im Dunkeln leuchten, beinhalten eine andere Art der Luminiszenz. Diese wird **Phosphoreszenz** genannt. Solche Gegenstände müssen die Lichtenergie einer anderen Quelle, z.B. einer Lampe oder Sonnenlicht, absorbieren. Erst dann können sie Energie für eine kurze Zeit in Form von Licht abgeben. **Fluoreszenz** ist ein ähnliches Phänomen, es leuchtet nur für eine äußerst kurze Zeit. Schaltet man eine Fluoreszenz-Deckenlampe aus, geht auch das Licht aus. Ein weiteres Beispiel ist Fluoreszenzfarbe, die leuchtet, wenn sie mit Schwarzlicht oder UV-Licht angestrahlt wird.

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.

Gieße eine sehr kleine Menge Flüssigbleiche in einen alten Plastikbecher. Nimm dann einen der Becher aus diesem Bausatz und fülle ihn zur Hälfte mit Wasser. Benutze dann die Tropfpipette und gib einen Tropfen der Bleichmittellösung in den Becher mit Wasser. Rühre das Wasser und den Tropfen des Bleichmittels vorsichtig mit dem Rührstab, damit sie sich vermischen. Wir werden dies die verdünnte Bleichmittellösung nennen. Verdünnt bedeutet so viel wie verwässert oder weniger konzentriert. Die übliche Bleichlösung ist eine ca. 5%ige Lösung aus Natriumhypochlorit. Deine verdünnte Bleichlösung ist jetzt ca. 0,0005%ig.



Falls du einen Rest des Reaktionsgemisches aus Experiment 1 oder Experiment 2 übrig hast, nimm ihn und füge einen Tropfen der verdünnten Bleichlösung hinzu. Ein sehr hell leuchtendes Blaulicht sollte dadurch entstehen. Das Licht ist so stark, dass man es sehen kann, ohne in einen dunklen Raum zu gehen. Gib mehr von der Bleichlösung hinzu, bis das Licht zu leuchten aufhört. Das Bleichmittel ist sehr reaktiv und macht das Licht sehr hell, aber es ist schnell verbraucht und wird so lange leuchten wie das Licht in Experiment 1. Normalerweise bleibt im Reaktionsgemisch ein Rest an Luminol übrig und dieser ist es nun, der mit dem Bleichmittel reagiert. Luminol ist nicht sonderlich gut in Wasser löslich. Das bedeutet, dass einige kleine ungelöste Luminol-Partikel vorhanden sein werden.

Falls du irgendeinen Rest des Reaktionsgemisches übrig hast oder eine weitere Luminol-Lösung herstellen möchtest, um sie mit dem Bleichmittel reagieren zu lassen, probiere dieses Experiment aus. Gib eine kleine Kelle des Luminol-Gemisches und zwei Teelöffel Wasser in einen Becher. Füge dann einen Tropfen Bleichmittel hinzu. Was geschieht? Beachte, dass kein Perborat-Gemisch oder Kupfersulfat hierbei erforderlich ist.

Experiment 5: Das Oxidationsmittel

In Experiment 1 reagierten Luminol, Perborat und Kupfersulfat miteinander und riefen das schaurige Leuchten hervor. 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.

Gieße etwas Wasserstoffperoxyd in einen der Plastikbecher. Gib in einen zweiten Becher eine kleine Kelle des Luminol-Gemisches, einige Kupfersulfat-Kristalle und zwei Teelöffel Wasser. Schwenke den Becher, um die Komponenten zu vermischen. Dies ist fortan die Luminol/Kupfersulfat-Lösung. Nimm die Pipette und füge zwei Tropfen Wasserstoffperoxyd zur Luminol/Kupfersulfat-Lösung hinzu. Bring die Probe in einen dunklen Raum und beobachte sie. Was geschieht? Gib einige zusätzliche Tropfen Wasserstoffperoxyd hinzu. Wie sieht das Leuchten im Vergleich zu den anderen Experimenten aus?

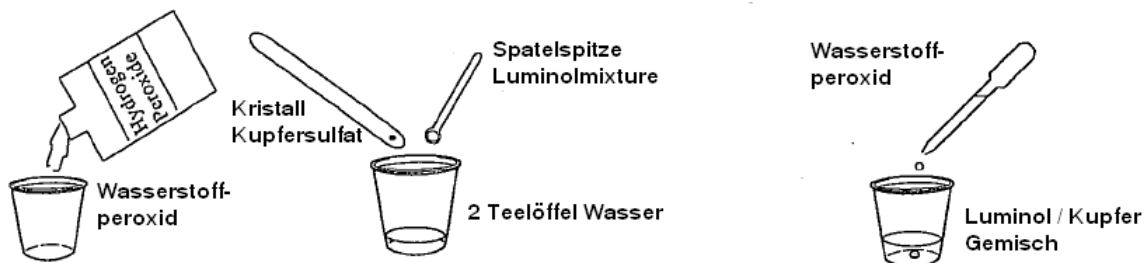


Abbildung: Herstellung der Luminol/Kupfersulfat-Lösung

Wasserstoffperoxyd erzeugt Sauerstoff. Womöglich hast du schon einmal die Blasen bemerkt, die sich bilden, wenn Wasserstoffperoxyd auf eine Schnittwunde gegeben wird. Diese Blasen bestehen aus Sauerstoff. Der Sauerstoff reagiert mit Luminol und erzeugt das blaue Licht. Chemiker sprechen davon, dass Luminol oxidiert wird. Jede Substanz, die sich wie Sauerstoff verhält, nennt man Oxidationsmittel. Das Bleichmittel aus dem letzten Experiment ist ein Oxidationsmittel. Sauerstoff ist ein hoch-energetisches Molekül, das die Energie für einen Quantensprung liefern kann. Auf der rechten Seite befindet sich das Sicherheitssymbol für ein Oxidationsmittel. Es ist für die Sicherheit sehr wichtig. Oxidationsmittel können Verbrennungsreaktionen unterstützen, wie Sauerstoff. Lagere daher

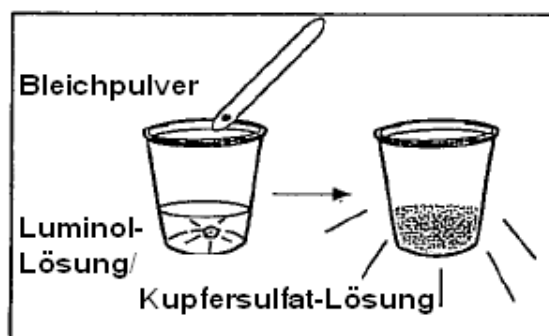
niemals ein Oxidationsmittel in der Nähe von brennbarem Material, das ein Feuer entfachen könnte.

Wasserstoffperoxyd ist eines der Inhaltsstoffe handelsüblicher „Leuchtstäbe“. Leuchtstäbe enthalten eine Verbindung, einen Oxalessigsäureester, der mit Wasserstoffperoxyd reagiert und die chemische Energie bereitstellt. Ein Fluoreszenzfarbstoff leuchtet, wenn er diese Energie absorbiert. Lichtstäbe enthalten eine große Vielfalt unterschiedlicher Fluoreszenzfarbstoffe, um unterschiedliche Leuchtfarben hervorzurufen.

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.

Stelle mehr Luminol/Kupfersulfat-Lösung her als in Experiment 5 (eine kleine Kelle des Luminol-Gemisches, ganz wenige Kupfersulfat-Kristalle und zwei Teelöffel Wasser). Gib einen kleinen Schuss Waschmittel in einen alten Becher und benutze den Rührstab, um eine kleine Menge des Waschmittels in die Luminol/Kupfersulfat-Lösung zu geben. Gehe in einen dunklen Raum und beobachte.



Die reinigenden Bleichmittel enthalten Oxidationsmittel. Sie oxidieren Luminol und rufen so die Chemolumineszenz hervor. Das Perborat-Gemisch in diesem Bausatz ist tatsächlich identisch mit Chlorox II ®. Lies die Zutatenliste auf den Verpackungsetiketten, wenn du dich in der Waschmittelabteilung eines Supermarkts aufhältst.

Mittel zur Chlorierung von Swimmingpools, die Calciumhypochlorit enthalten, sind starke Oxidations- und Bleichmittel. Und sie bringen Luminol zum Leuchten. Sie sind zudem sehr gefährlich und korrodierend. Frisch behandeltes Swimmingpoolwasser könnte Luminol auch oxidieren.

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.

Gib zwei Teelöffel Wasser in einen Becher. Füge 1 Kelle mit Luminol und eine Kelle mit Perborat-Gemisch hinzu und schwenke den Becher leicht hin und her, damit sich die Stoffe vermischen. Lege einen schmutzigen (angelaufenen) Pfennig in die Lösung. Bringe den Becher an einen dunklen Ort und beobachte. Du solltest das blau leuchtende Licht sehen. Es könnte länger dauern als im Experiment 1, bevor es auftritt und könnte nicht ebenso hell ausfallen.

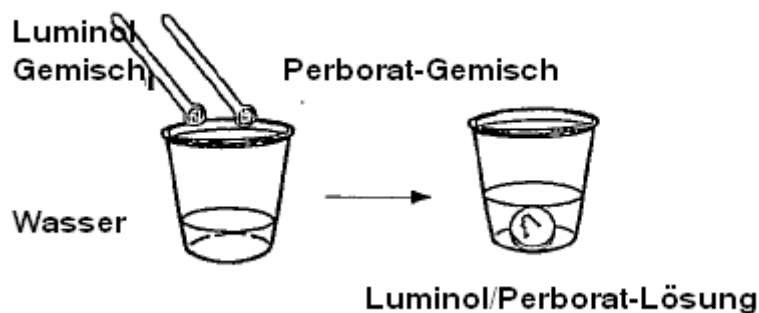


Abbildung: Angelaufener Kupferpfennig

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.

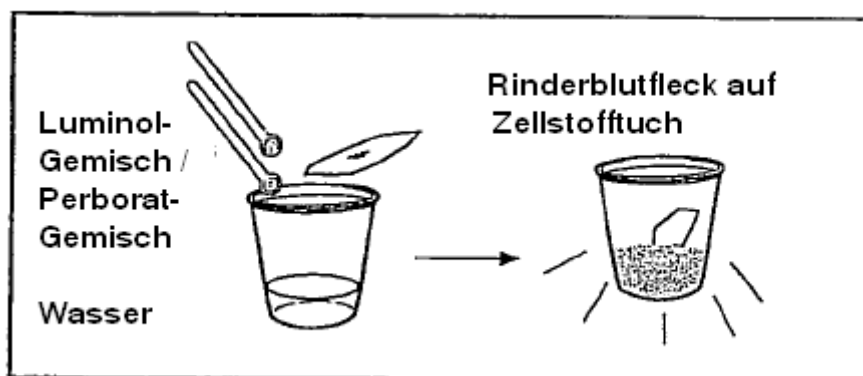
Experiment 8 : Der Hämoglobin-Detektor

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 Suppe kochen 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



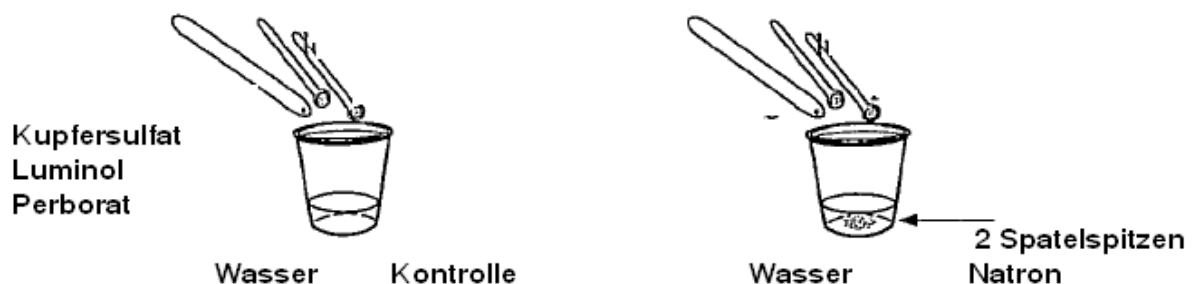
heißes Wasser

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

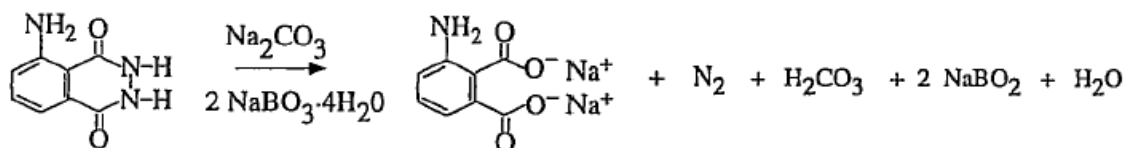
Schwenken der Mischung könnte das Leuchten wieder in Gang setzen. Beachte, dass dies nicht ein besonders aufregendes Experiment ist.

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: $C_8H_7N_3O_2$.

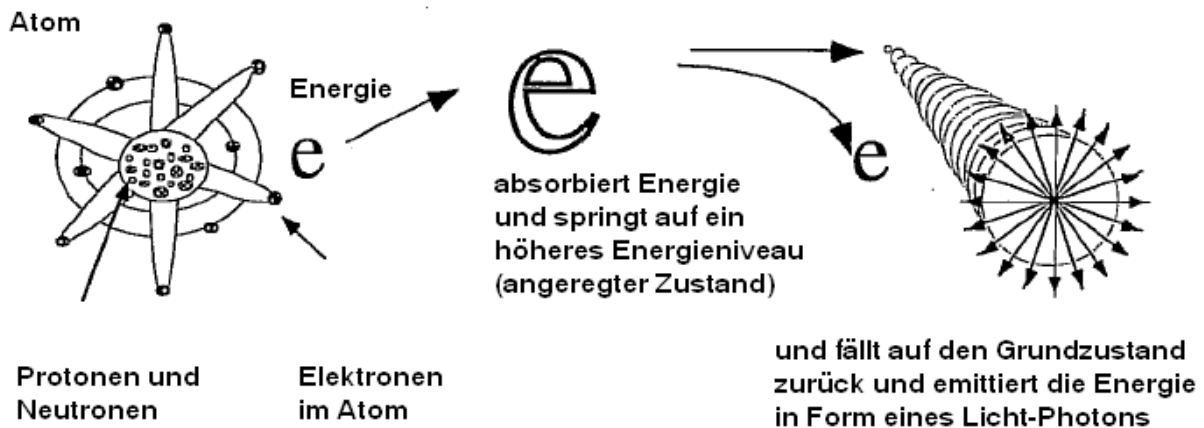
Das Perborat-Gemisch ist ein Gemisch aus Natriumperborat, $NaBO_3 \cdot 4H_2O$, und Natriumkarbonat, Na_2CO_3 . Natriumkarbonat ist eine Base und Natriumperborat ein Oxidationsmittel. Kupfer in Form von Cu^{++} ist ein Aktivator bzw. Katalysator. Die Reaktion ist kompliziert, aber wir werden einen Ausschnitt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



Der Quantensprung

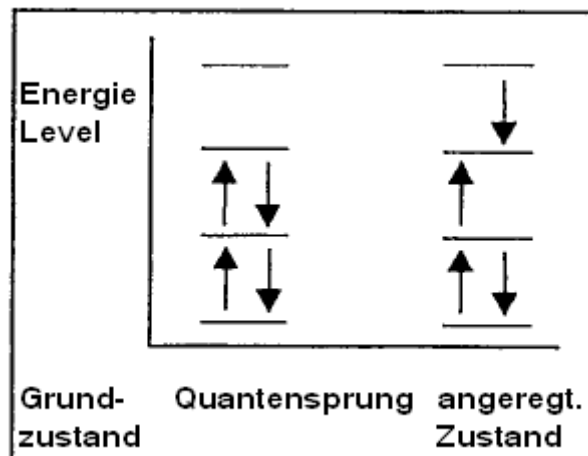
Es sind die Elektronen in den Atomen, die den Quantensprung vollziehen, der wiederum das kalte, blaue Licht erzeugt. Alle Dinge bestehen aus Materie. Materie besteht aus chemischen Verbindungen, Moleküle genannt. Letztere sind aus Atomen aufgebaut, die aus Protonen, Neutronen und Elektronen bestehen. 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 Hügels 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.

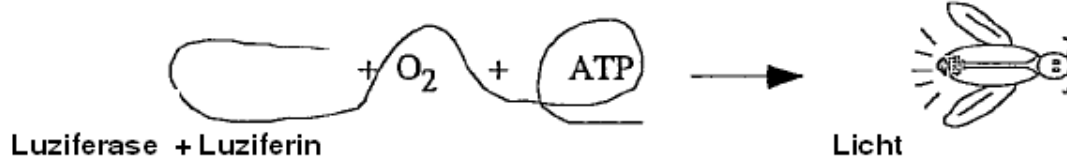
Max Planck und Albert Einstein waren zwei berühmte Physiker, die an dieser Theorie arbeiteten. Plancks Gleichung, $E = h \cdot \nu$, bringt die Energie eines Quantensprungs (E) in Beziehung zu der Frequenz bzw. Farbe des emittierten Lichts (ν).

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 Leuchtwurm. 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 (O_2) 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.