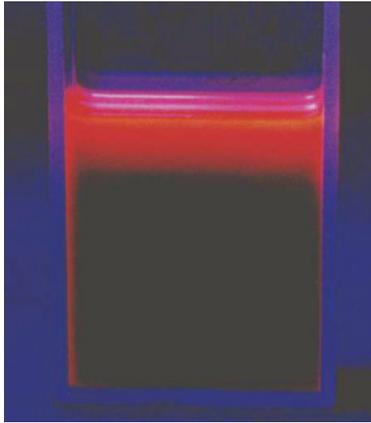
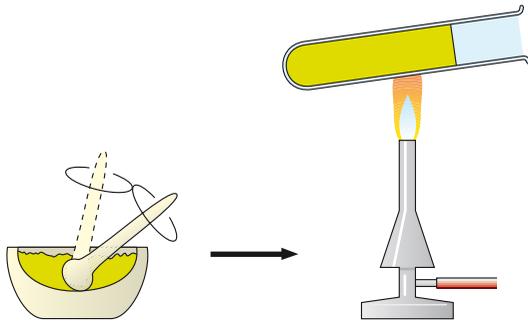


## Wie entstehen Leuchtfarben?



B1 Rote Fluoreszenz von Chlorophyll-Lösung im UV-Licht. A: Warum fluoresziert nur der obere Teil der Lösung?



B2 Herstellung von Leuchtproben in V5. A: Borsäure  $H_3BO_3$  wird beim Erhitzen teilweise dehydratisiert. Formulieren Sie die Reaktion.

<sup>1</sup> Weitere Versuche zur Fluoreszenz, Phosphoreszenz und Chemolumineszenz sind über *Chemie 2000+* Online zugänglich.

### Versuche

*Hinweis:* Für V1 bis V7 wird ein verdunkelbarer Raum benötigt<sup>1</sup>.

V1 Untersuchen Sie Geldscheine, Kreditkarten, Ausweise und Leuchtgegenstände aus Bastel- und Spielzeugläden im Licht einer UV-Handlampe ( $\lambda = 366 \text{ nm}$  und  $\lambda = 254 \text{ nm}$ ). Was geschieht jeweils beim Ausschalten der Lampe?

V2 Lösen Sie in einem großen Rggl. eine kleine Spatelspitze Fluorescein-Natriumsalz\* in ca. 70 mL Wasser und betrachten Sie die Lösung im Licht einer UV-Handlampe ( $\lambda = 366 \text{ nm}$ ). Was geschieht beim Ausschalten der Lampe?

V3 Halten Sie einen frisch angeschnittenen Kastanienzweig (*Aesculus hippocastanum*) in ein mit Wasser gefülltes 1-L-Becherglas, das mit der UV-Handlampe ( $\lambda = 366 \text{ nm}$ ) angestrahlt wird. Beobachten Sie das Geschehen an der Schnittstelle genau und rühren Sie dann mit dem Zweig im Wasser.

V4 Stellen Sie in Rggl. Lösungen von verschiedenen Vollwaschmitteln mit und ohne optische Aufheller her und verfahren Sie wie in V1.

V5 Zerreiben Sie in zwei Mörsern a) 25 mg Fluorescein-Natriumsalz\* und 10 g Borsäure bzw. b) 200 mg Mononatriumsalz der 4-Amino-5-hydroxynaphthalin-2,7-disulfonsäure\* (sogenannte H-Säure) und 10 g Borsäure. Beschicken Sie mehrere (mindestens drei) große Rggl. ca. 2 cm hoch mit jeweils einer dieser Mischungen. Fixieren Sie jeweils ein Rggl. in eine Klemme, die Sie in der Hand halten, und erhitzen Sie das Gemisch vorsichtig, bis es schmilzt. Verteilen Sie die Schmelze durch Drehen des Rggl. möglichst auf die gesamte Innenfläche des Rggl. Lassen Sie eine der hergestellten Proben auf Raumtemperatur abkühlen, kühlen Sie eine zweite im Gefrierfach auf ca.  $-5 \text{ }^\circ\text{C}$  und erwärmen Sie die dritte im Wasserbad auf ca.  $70 \text{ }^\circ\text{C}$ . Untersuchen Sie zunächst die beiden Proben a) und b) mit Raumtemperatur im Licht der UV-Lampe ( $\lambda = 366 \text{ nm}$ ). Beobachten Sie genau, was beim Ausschalten der Lampe geschieht. Halten Sie dann jeweils zwei Proben gleicher Zusammensetzung a) bzw. b) gleichzeitig ins Licht der Lampe und beobachten Sie den Unterschied beim Ausschalten der Lampe.

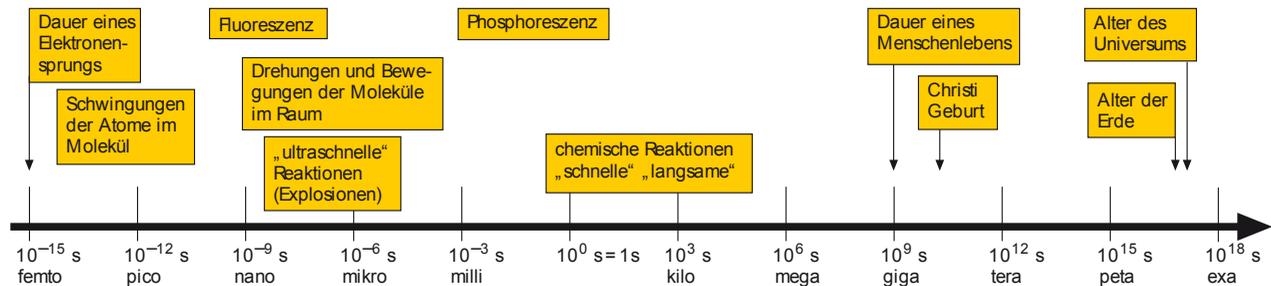
V6 Der Boden eines 1-L-Erlenmeyerkolbens wird ca. 0,5 cm hoch mit Kaliumhydroxid\*-Plätzchen bedeckt. Es werden 1 mL Dimethylsulfoxid\* und eine kleine Spatelspitze Luminol\* hinzugefügt. Dann wird durch Rotationsbewegungen des offenen Kolbens für eine gute Durchmischung gesorgt. Beobachtung?

V7 Lösen Sie in 100 mL Wasser 0,5 g Natriumcarbonat\* und 2 g Natriumhydrogencarbonat. Fügen Sie eine kleine Spatelspitze Luminol\* hinzu und schütteln Sie, bis es sich gelöst hat. Geben Sie noch je eine Spatelspitze Kupfersulfat\* und Ammoniumcarbonat\* hinzu und schütteln Sie erneut. Gießen Sie schließlich im Dunkeln 1 mL Wasserstoffperoxid-Lösung\*,  $w = 30 \%$ , hinzu. Beobachtung?

### Auswertung

a) Ordnen Sie die verschiedenen Leuchterscheinungen aus V1 bis V6 mithilfe von B3 den Begriffen *Fluoreszenz*, *Phosphoreszenz* und *Chemolumineszenz* zu und nennen Sie Gemeinsamkeiten und Unterschiede dieser Leuchterscheinungen.

b) Nennen Sie ähnliche, Ihnen bekannte Leuchterscheinungen.



B3 Zeitskala zum Vergleich von Vorgängen aus dem „zeitlichen Mikrokosmos“ und aus dem „zeitlichen Makrokosmos“

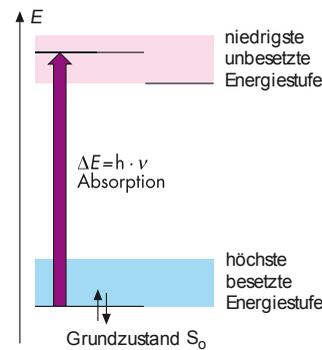
# Lumineszenz – Farben durch Lichtemission

Viele Gegenstände erscheinen in leuchtenden Farben, jedoch erst dann, wenn sie mit energiereicher Strahlung, beispielsweise mit UV-Licht, angestrahlt werden (V1 bis V5 und B4). Die Leuchtfarben sind im Licht der UV-Lampe aber nicht enthalten, sondern entstehen in dem leuchtenden Stoff. Dieser wandelt UV-Licht in Farben des sichtbaren Lichts um und strahlt sie aus. Für die Leuchtfarben sind also Vorgänge von Lichtemission<sup>1</sup> verantwortlich. Dieses kalte Leuchten bezeichnet man ganz allgemein als Lumineszenz. Wenn die Probe nur so lange leuchtet, wie sie mit energiereicher Strahlung (UV-, Elektronen-, Röntgen- oder g-Strahlung) bestrahlt wird, spricht man von Fluoreszenz. Leuchtet die Probe auch nach Ausschalten der UV-Lampe weiter (V5), so handelt es sich in der Regel um Phosphoreszenz. Weder bei der Fluoreszenz noch bei der Phosphoreszenz finden letztlich stoffliche Veränderungen statt. Dagegen ist bei der Chemolumineszenz eine exergonisch verlaufende chemische Reaktion die Ursache für das kalte Leuchten (V6, V7)

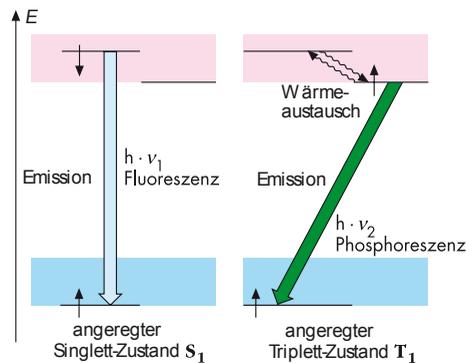


B4 Verschiedene Arten von Lumineszenz auf einen Blick

Auf molekularer Ebene sind Fluoreszenz, Phosphoreszenz und Chemolumineszenz mit der Fähigkeit von Molekülen verbunden, Lichtquanten auszusenden (zu emittieren). Eine Erklärung für diese Fähigkeit liefert die Modellvorstellung, dass Moleküle außer im elektronischen Grundzustand  $S_0$  auch in elektronisch angeregten Zuständen existieren können. Das wird im Energiestufenmodell veranschaulicht (B5, B6). Die Elektronen eines Moleküls können danach nur bestimmte erlaubte Energiestufen (Energiezustände) „besetzen“. Die erlaubten Energiestufen werden „von unten nach oben“ mit je einem Elektronenpaar, d.h. zwei Elektronen mit entgegengesetztem Spin<sup>2</sup> aufgefüllt, soweit der Elektronenvorrat des Moleküls reicht. Über den besetzten Energiestufen liegen noch weitere erlaubte, jedoch im Grundzustand  $S_0$  nicht besetzte Energiestufen. Alle Vorgänge, bei denen Licht beteiligt ist, lassen sich in guter Näherung mithilfe von nur zwei Energiestufen erklären, der höchsten besetzten und der niedrigsten unbesetzten Energiestufe (B5). Wenn ein Lichtquant geeigneter Energie,  $E = h \cdot \nu$  vom Molekül absorbiert wird, „springt“ ein Elektron innerhalb der unvorstellbar kurzen Zeit von einer Femtosekunde ( $10^{-15}$  s, B3) ohne Spinumkehr aus der höchsten besetzten in die niedrigste unbesetzte Energiestufe. In dem so erreichten angeregten Singlett-Zustand  $S_1$  verweilt das Molekül nur ca. eine Nanosekunde ( $10^{-9}$  s). Beim Rücksprung des Elektrons wird ein Lichtquant emittiert, die Stoffprobe fluoresziert. Unter bestimmten Umständen, beispielsweise wenn die lichtabsorbierenden Teilchen wie bei V5 in einer erstarrten Schmelze fixiert sind, kann es im angeregten Zustand zu einer strahlungslosen reversiblen Spinumkehr innerhalb der gleichen Energiestufe kommen (geschwängelte Pfeile in B6). Die Lebensdauer des angeregten Triplet-Zustands  $T_1$  (B6) kann bis zu 10 s betragen, weil der Rücksprung des Elektrons aus  $T_1$  nach  $S_0$  „verboten“, d.h. sehr unwahrscheinlich ist. Die Folge ist, dass eine phosphoreszierende Probe nach Ausschalten der Lampe nachleuchtet.



B5 Elektronische Anregung  $S_0 \rightarrow S_1$  durch Absorption eines Lichtquants



B6 Lichtemission durch Fluoreszenz  $S_1 \rightarrow S_0$  und Phosphoreszenz  $T_1 \rightarrow S_0$

## Aufgaben

- A1 Erklären Sie mithilfe von B6, warum eine kalte Probe länger phosphoresziert als eine warme.
- A2 Die Probe b) aus V5 fluoresziert blau und phosphoresziert gelb. Erklären Sie den Sachverhalt mithilfe von B6.

## Fachbegriffe

Lichtemission, Lumineszenz, Fluoreszenz, Phosphoreszenz, Chemolumineszenz, elektronischer Grundzustand, angeregter (Singlett- und Triplet-) Zustand, Spin, höchste besetzte und niedrigste unbesetzte Energiestufe

<sup>1</sup> von *emittere* (lat.) = aussenden

<sup>2</sup> von *to spin* (engl.) = rotieren. Der Spin ist eine Eigenschaft des Elektrons, die man als Eigendrehung um die eigene Achse, in die eine oder die andere Richtung, veranschaulichen kann.