

B1 Herstellung von Leuchtproben in V4

### Auswertung

- Ordnen Sie die verschiedenen Leuchterscheinungen aus V1 bis V4 mithilfe von B2 den Begriffen *Fluoreszenz* und *Phosphoreszenz* zu und nennen Sie Gemeinsamkeiten und Unterschiede dieser Leuchterscheinungen.
- Nennen Sie ähnliche, Ihnen bekannte Leuchterscheinungen.
- Recherchieren Sie in *Chemie 2000+ Online* in der Flash-Animation „Ein Fall für 2“ die Teilchenmodelle zur Erklärung der Farb- und Leuchteigenschaften von  $\beta$ -Carotin und Chlorophyll (vgl. auch S. 265).

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

## Wie entstehen Leuchtfarben?

### Versuche

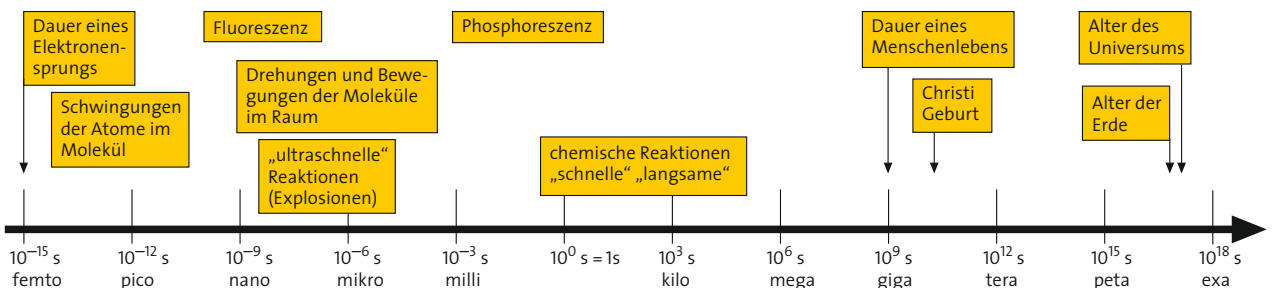
*Hinweis:* Für V1 bis V4 wird ein verdunkelbarer Raum benötigt<sup>1</sup>.

**V1** Untersuchen Sie Geldscheine, Kreditkarten, Ausweise und Leuchtgegenstände aus Bastel- und Spielzeugläden im Licht einer UV-Handlampe ( $\lambda = 366 \text{ nm}$  und  $\lambda = 254 \text{ nm}$ ). Vergleichen Sie die Unterschiede zu den Farben der gleichen Gegenstände bei Tageslicht und beobachten sie genau, was jeweils beim Ausschalten der UV-Lampe geschieht.

**V2** Lösen Sie in einem großen Rggl. eine kleine Spatelspitze Fluoreszein-Natriumsalz\* in ca. 70 mL Wasser und betrachten Sie die Lösung im Licht einer UV-Handlampe ( $\lambda = 366 \text{ nm}$ ). Stellen Sie den Unterschied zwischen der Lösungen UV- und Tageslicht fest und beobachten Sie, was beim Ausschalten der UV-Lampe geschieht.

**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.

**V4** Zerreiben Sie in zwei Mörsern 25 mg Fluoreszein-Natriumsalz\* und 10 g Weinsäure bzw. 25 mg Aesculin und 10 g Weinsäure. Beschicken Sie je drei große Rggl. ca. 2 cm hoch mit jeweils einer dieser Mischungen. Fixieren Sie jeweils ein Rggl. in einer Klemme, die Sie in der Hand halten, und erhitzen Sie das Gemisch vorsichtig, bis es schmilzt (B1). Verteilen Sie die Schmelze durch Drehen des Rggl. möglichst auf die gesamte Innenfläche des Rggl. Lassen Sie je eine der hergestellten Proben auf Raumtemperatur abkühlen, kühlen Sie eine zweite im Gefrierfach auf ca.  $-5^\circ\text{C}$  und erwärmen Sie die dritte im Wasserbad auf ca.  $70^\circ\text{C}$ . Untersuchen Sie zunächst die Proben 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 und verschiedener Temperaturen gleichzeitig ins Licht der Lampe und beobachten Sie die Unterschiede beim Ausschalten der Lampe.



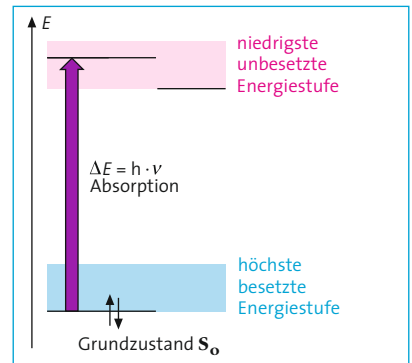
B2 Zeitskala zum Vergleich von Vorgängen aus dem „zeitlichen Mikrokosmos“ und aus dem „zeitlichen Makrokosmos“



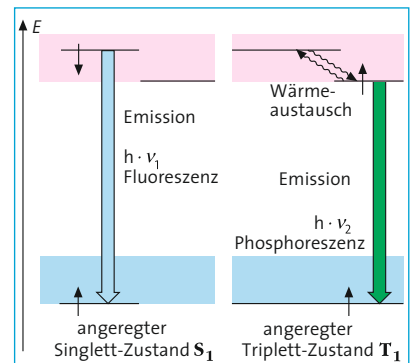
## Energistufenmodell zur Lichtabsorption und Lichtemission

Wenn Gegenstände wie Textilien, Geldscheine, Kreditkarten etc. nur während der Bestrahlung mit einer UV-Lampe leuchten, spricht man von **Fluoreszenz** (V1 bis V3). Leuchtet eine Probe auch nach dem Ausschalten der UV-Lampe weiter, handelt es sich in der Regel um **Phosphoreszenz** (V4). Fluoreszenz und Phosphoreszenz sind zwei Arten von **Lumineszenz** und kommen durch **Lichtemission**<sup>2</sup> zustande.

Auf molekularer Ebene sind Fluoreszenz und Phosphoreszenz mit der Fähigkeit von Molekülen verbunden, Lichtquanten nicht nur zu absorbieren, sondern auch zu emittieren. Das kann mithilfe des **Energistufenmodells** erklärt werden. Danach können Moleküle außer im **elektronischen Grundzustand  $S_0$**  auch in **elektronisch angeregten Zuständen** existieren. Die Elektronen eines Moleküls können im Grundzustand 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>3</sup> aufgefüllt, soweit der Elektronenvorrat des Moleküls reicht. Über den besetzten Energiestufen liegen noch weitere erlaubte, jedoch im Grundzustand 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** (B3). Wenn ein Lichtquant (Photon), dessen Energie gleich der Energiedifferenz zwischen der niedrigsten unbesetzten und der höchsten besetzten Energiestufe ist,  $\Delta E = h \cdot \nu$ , (B3) vom Molekül absorbiert wird, „springt“ ein Elektron innerhalb der unvorstellbar kurzen Zeit von einer Femtosekunde ( $10^{-15}$  s, B2) 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 (B4). Unter bestimmten Umständen, beispielsweise wenn die lichtabsorbierenden Teilchen wie bei V4 in einem Feststoff fixiert sind, kann es im angeregten Zustand zu einer strahlungslosen reversiblen Spinumkehr innerhalb der gleichen Energiestufe kommen (geschlängelte Pfeile in B4). Die Lebensdauer des angeregten **Triplet-Zustands  $T_1$**  (B4) kann 1 s bis 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.



**B3** Elektronische Anregung  $S_0 \rightarrow S_1$  durch Absorption eines Lichtquants



**B4** Lichtemission durch Fluoreszenz  $S_1 \rightarrow S_0$  und Phosphoreszenz  $T_1 \rightarrow S_0$

### Fachbegriffe

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

<sup>2</sup> von *emittere* (lat.) = aussenden

<sup>3</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.

### Aufgaben

**A1** Erklären Sie mithilfe von B4, warum eine kalte Probe länger phosphoresziert als eine warme.

**A2** Die Probe mit Aesculin in V4 fluoresziert blau und phosphoresziert gelb. Erklären Sie den Sachverhalt mithilfe von B4.