# 1 Chemie mit Leuchtstäben

Die Farbstoffe in Leuchtstäben leuchten dank einer chemischen Reaktion, das Leuchten heisst **Chemilumineszenz.** Das Kunststoffrohr des Leuchtstabes enthält Wasserstoffperoxid H2O2. Darin liegt ein Glasrohr, das den Oxalat-Ester **A** enthält. Wird es gebrochen, vermischen sich die beiden und die Reaktion startet. Als Lösungsmittel dienen z. B. Alkylphtalate, Acetylcitratester und Alkylbenzoate.

**Experimente**

1. **Öffnen der Leuchtstäbe**

Nach dem Aktivieren werden die Leuchtstäbe am einen Ende mit einer Kunststoffrohrschere (Schlauchschere) aufgeschnitten und in ein RG entleert.

1. **Reaktionsgeschwindigkeit/Leuchtstärke durch Basenkatalyse steuern**

Salicylat als Base kann die Reaktion katalysieren. Salicylsäure C6H5(o-OH)COOH mit pKa 3 steht im Gleichgewicht mit der korrespondierende Base Salicylat. Letztere ist im Basischen bevorzugt.

Allgemeine Basenkatalyse: Ein aktivierter blauer oder roter Leuchtstift und je 5-10ml werden in drei RG’s verteilt. Zum ersten RG werden etwa 1-2 ml HCl aq 0.1m gegeben, zum zweiten 1-2 ml NaOH aq 0.1 M und zum dritten 1-2 ml entmineralisiertes Wasser. Die Inhalte der RG werden gemischt.

Die Mischung mit Base leuchtet am stärksten (das Gleichgewicht wurde zugunsten des Salicylates verschoben), die Mischung mit Säure leuchtet schwächer als die Referenz mit entmineralisiertem Wasser. Meistens kann hier das Leuchten durch Laugenzugabe wieder erhöht werden. Umgekehrt kann die stark leuchtende Mischung mit Säure „gebremst“ werden.

Spezifische Basenkatalyse: Natriumsalicylat zum Gemisch zugeben: Beobachte die Kohlenstoffdioxidentwicklung und die Wärmeabgabe.

**Bildungsenthalpie fH° / (kJ ⋅ mol-1) der Verbindungen in der Leuchtstabreaktion**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Phenyloxalatester C14H10O4 (s) | -540 | CO2 (g) | -394 |
| H2O (l) | -188 | Phenol C6H5OH | -165 |

Reaktionsenthalpie rH° = fH° (Produkte) - fH° (Edukte) = -394 kJ ⋅ mol-1

1. **Chemilumineszenz anderer Farbstoffe**

Ein weisser Leuchtstab wird geöffnet und die Lösung in ein RG gegeben. Eine Lösung von Chlorophyll in Aceton herstellen und zugeben.

1. **Fluoreszenz**

Die Farbstoffe in Leuchtstäben leuchten auch, wenn sie von Lichtenergie (meist UV) angeregt werden (Fluoreszenz) statt mit chemischer Energie (Chemilumineszenz). Die angeregten Farbstoffmoleküle geben dann Photonen ab und relaxieren auf den Grundzustand.

Beleuchte die Chlorophylllösung in Aceton mit UV-Licht. Vergleiche mit dem Versuch oben.

**Die Schritte der Leuchstabreaktion**

1. Ein Oxalatester **A** wird mit H2O2 zersetzt und ein reaktives CO2-Dimer **B** entsteht.
2. **B** zerfällt und gibt einen Teil der Reak­tionsenergie an ein Farbstoffmolekül **F**. Es wird angeregt: **F\***
3. Das angeregte Farbstoffmolekül **F\*** gibt die über­schüssige Energie als Licht ab: Photon h.



**Energieniveaudiagramm möglicher Energieübergänge in der Leuchtstabreaktion**

|  |  |
| --- | --- |
| Das Molekül wird durch die chemische Reaktion vom Grundzustand S0 in den ersten angeregten Zustand S1 befördert (Excitation). Es kann auf verschiedenen Vibrationsniveaus landen, relaxiert (entspannt) aber schnell auf das tiefste Niveau.  Von dort kann es unter Abgabe eines Photons (Lumineszenz) wieder auf S0 zurückfallen. Oder es kann durch innere Konversion in ein sehr hohes Vibrationsniveau von S1 übergehen und alle Energie als Wärme abgeben (Vibrationsrelaxation). |  |

**Präzisierung: Substituenten am Oxalatester**

|  |  |
| --- | --- |
| Produkte mit substituierten Phenylresten sind weniger toxisch, so werden Bis(2,4,6-tri­chlor­phenyl)-oxalat (TCPO) oder Bis(2,4,5-tri­chlor-6-carbopentoxyphenyl)-oxalat (CPPO) verwendet. |  |

Quellen: Thomas Scott Kuntzleman et al., The Chemistry of Lightsticks, J. Chem. Educ. 2012, 89, 910−916