



## NatLab

MITMACH- & EXPERIMENTIERLABOR  
FACHBEREICH BIOLOGIE, CHEMIE, PHARMAZIE  
FREIE UNIVERSITÄT BERLIN

Schülerlabor NatLab – FU Berlin  
FB Biologie, Chemie, Pharmazie  
Fabeckstraße 34-36, 14195 Berlin  
Homepage: <http://www.natlab.de>

Koordination Chemie  
Dr. Katharina Kuse  
[katharina.kuse@fu-berlin.de](mailto:katharina.kuse@fu-berlin.de)

Kontakt:  
+49 (0)30 838-59858  
[info@natlab.fu-berlin.de](mailto:info@natlab.fu-berlin.de)

StR Carolin Garbe Abgeordnete Lehrkraft  
Dreilinden Gymnasium  
[c.garbe@fu-berlin.de](mailto:c.garbe@fu-berlin.de)

Schüler:innenskript

# Fluoreszenzfarbstoff

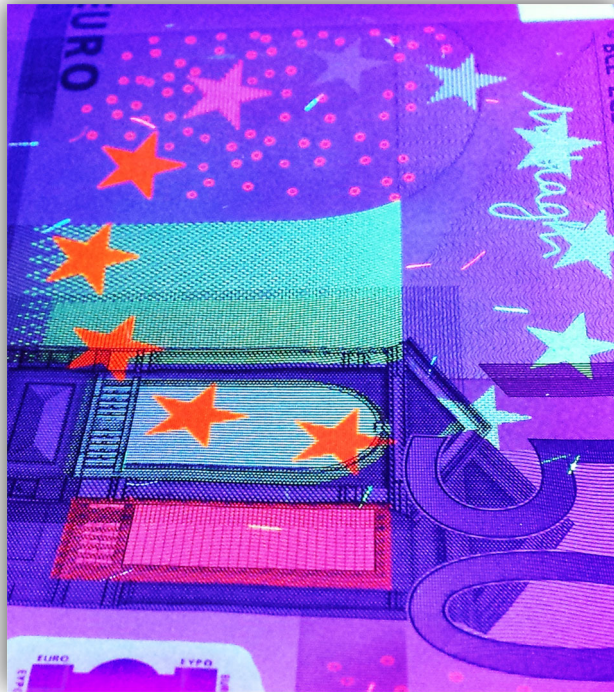
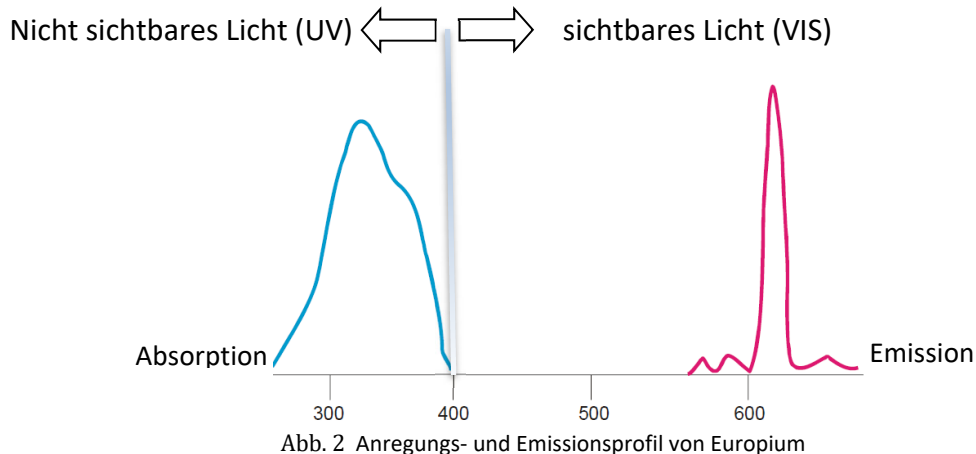


Abb. 1: UV aktiver Fluoreszenzfarbstoff auf einer Euro-Banknote

## Einführung

Es gibt Stoffe, die besitzen die Eigenschaft unter Einstrahlung von Licht bestimmter Wellenlänge, meist ultraviolettem (UV) Licht, zu fluoreszieren. Darunter befinden sich auch Elemente oder Verbindungen der Seltenen Erden (SE). Abhängig von ihrer chemischen Umgebung leuchten die Seltenerdionen rot, blau, grün oder gelb. Solche Substanzen sind sehr interessant für Technologie, Wirtschaft und Wissenschaft. Die Industrie setzt solche fluoreszierenden Farbstoffe bspw. für LED-, Leuchtstoffröhren- Lichttechnik, Fotovoltaik und Sicherheitspigmente<sup>1</sup> ein. In den Fächern Biochemie, Biologie und Medizin finden sie u.a. in der Mikroskopie, Umweltanalytik, bei Wirkstoffscreenings und in der Diagnostik Anwendung. Grundsätzlich sind die auf Seltenen Erden basierenden Farbstoffe sehr lichtresistent, d. h. sie bleichen, anders als organische Farbmittel, unter UV-Einstrahlung nur wenig aus. Ein besonderer Einsatzbereich der fluoreszierenden Farbstoffe findet sich bei den Sicherheitsmerkmalen für Identitätsdokumente (Reisepässe, Visa) und Banknoten. Um Fälschungen zu verhindern werden fluoreszierende Spezialtinten verwendet.

Die Fluoreszenz ist ein Photolumineszenzprozess bei dem der Farbstoff Licht kurzer (hohe Energie) Wellenlänge (UV 200 - 380 nm) aufnimmt (Absorption) und Licht im sichtbaren Bereich des Spektrums (VIS 400 - 800 nm, niedrigere Energie) wieder abgibt (Emission). Mit UV Licht der Wellenlänge  $\lambda = 366\text{nm}$  (Schwarzlicht) lassen sich europiumhaltigen Farbstoffe zum Leuchten bringen.



Verantwortlich für eine rotviolett-fluoreszierende Farbe auf Banknoten sind oft europiumhaltige Verbindungen<sup>2</sup>. Bestimmte Motive auf den Euro-Banknoten, wie die Europa-Sterne werden mit diesen Verbindungen imprägniert. Ein solcher Sternenkranz befindet sich beispielsweise auf der 20 €- bzw. 50 €-Banknote.

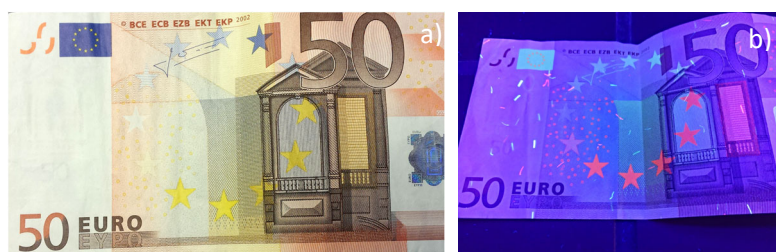


Abb. 3: a) Eurobanknoten; b) Sicherheitsfarben leuchten unter UV-Licht.

<sup>1</sup> Findeisen, A. M.; Aigner, S. (2012); Sicherheitspigmente aus Seltenen Erden und die Anti-Stokes-Lumineszenz bei Seltenen Erden im Hochsicherheitsdruck der OeSD, SIAK-Journal-Zeitschrift für Polizeiwissenschaft und polizeiliche Praxis (3), 70-79, Online: [http://dx.doi.org/10.7396/2012\\_3\\_G](http://dx.doi.org/10.7396/2012_3_G)

<sup>2</sup> Suyver, J.F.; Meijerink, A. (2002) Chemisch2Weekblad, volume 98-4, pp. 12 - 13

In diesem Versuch wird eine der Verbindungen hergestellt, die sich als Sicherheitsfarbstoff auf Banknoten befindet. Es handelt sich um eine dreistufige Synthese bei der zwei Ausgangsstoffe geschaffen werden müssen, welche dann in einem weiteren Schritt zum Fluoreszenzfarbstoff Europium(III)tris(acetylacetonat)  $[\text{Eu}(\text{acac})_3]$  umgesetzt werden.

## Versuchsdurchführung

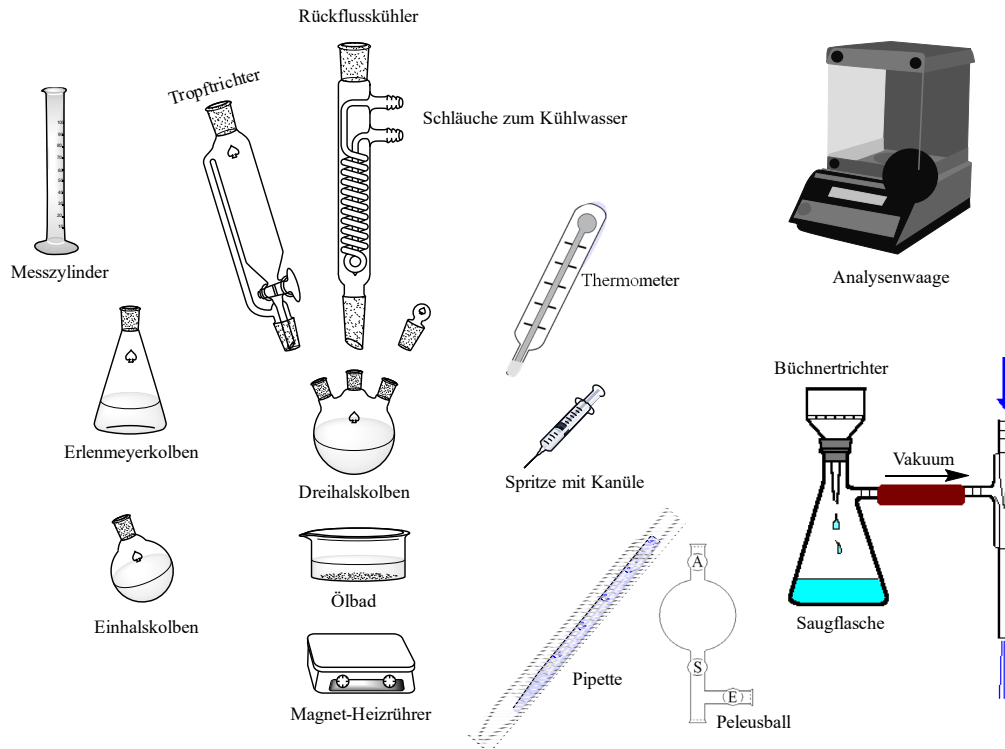


Abb. 4 Labormaterial für die Versuchsdurchführung.

## Reaktion 1: Säure/Base Reaktion zum Liganden

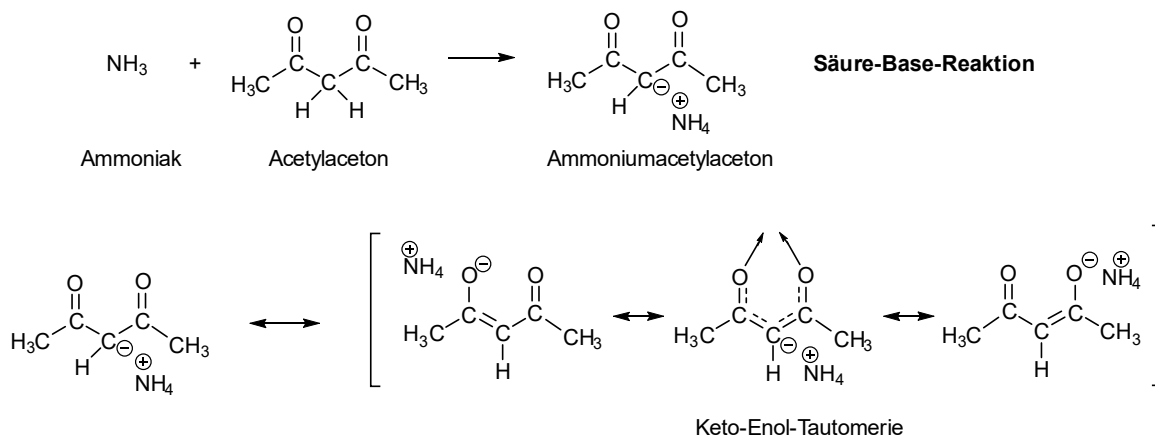


Abb. 5: Säure-Base Reaktion (oben) und Keto-Enol-Tautomerie des Liganden (unten).

**Materialien:**

Stativmaterial, Magnetheizrührer, Einhalskolben (50 mL), Rührfisch, Kunststoffstopfen, Spritze ( $V = 1$  mL), kleiner Messzylinder (5 mL), Peleusball;

**Chemikalien:**

**Acetylaceton ( $C_5H_8O_2$ )** CASNr: 123-54-6  
(M: 100,12 g/mol)



H: 226-302-311+331  
P: 210-261-280-  
302+352-312-  
304+340+310-  
403+233

**Ammoniak-Lösung (25%  $NH_3 \cdot aq$ )**  
CASNr: 1336-21-6;  $\rho = 0,9069$  g/cm<sup>3</sup>  
(M: 63,02 g/mol)



H: 314, 335, 400  
P: 260, 273, 280.1-  
3+7, 303+361+353,  
304+340,  
305+351+338, 310

**Durchführung:**

In einem Einhalskolben (50 mL) werden zu 0,451 g (4,5 mmol / 0,46 mL) Acetylaceton 3 mL Wasser gegeben (es bilden sich 2 Phasen aus). Dazu werden mit einer Spritze 0,28 g (4,5 mmol, 0,31 mL) einer Ammoniaklösung (25%) unter Rühren zugetropft ( $\approx 0,07$  g  $NH_3$ ). Beim Zutropfen der Base fällt ein farbloser Niederschlag aus, der sich unter Rühren wieder löst. Man erhält schließlich eine klare Lösung.

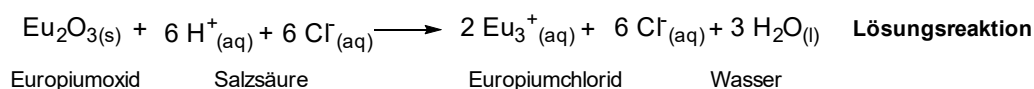
**Reaktion 2: Bildung des löslichen Europiumions  $Eu^{3+}_{(aq)}$** 

Abb.6 Reaktion von Europiumoxid ( $Eu_2O_3$ ) mit Salzsäure ( $HCl \cdot aq$ ).

**Chemikalien:**

**Europiumoxid ( $Eu_2O_3$ )** CAS-Nr:  
1308-96-9 (M= 351,92 g/mol)



H: 315-319-335  
P: 261-305+351+338

**Salzsäure (1M, 3,6% HCl)**  
(M = 36,46 g/mol)  
CASNr. 7647-01-0



H: 290

**Verdünnte Ammoniak-Lösung  
(3%  $NH_3 \cdot aq$ )**  
(M = 35,10 g/mol)  
 $\rho = 0,985$  g/cm<sup>3</sup>



H: 290, 314, 335  
P: 260, 280, 301+330+331,  
303+361+353 305+351+338

**Materialien:**

Fein-/Analysenwaage, Wägeschälchen, Dreifuß, Drahtnetz, Teclubrenner, Erlenmeyerkolben (50 mL), pH-Universalindikator-Papier, Pipette (1 mL), Messzylinder (15 mL), Becherglas (50 mL);

**Durchführung:**

Die Herstellung der dafür benötigten Base kann über das Mischungskreuz (Andreaskreuz) erfolgen. Die Anzahl an Millilitern „Base“ wird mit einer Pipette vorsichtig der Vorratsflasche des wässrigen  $\text{NH}_3$  (25%) entnommen (Abzug!) und in ein Becherglas gegeben. In einem Messzylinder wird die Anzahl an Millilitern „Wasser“ mit destilliertem Wasser abgemessen und ebenfalls in das Becherglas gegeben.

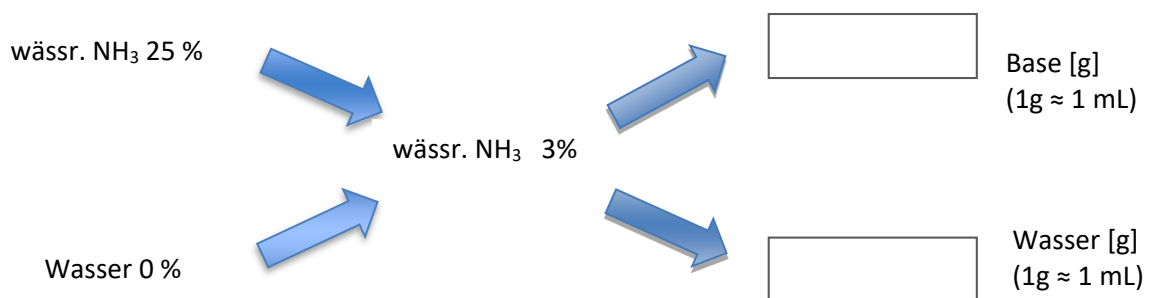


Abb. 7 Schema für das Mischungskreuz zum Verdünnen von wässriger ammoniakalischer Lösung

In einem Erlenmeyerkolben (50 mL) werden 0,352 g (1 mmol) Europiumoxid in 4-5 mL verdünnter Salzsäure unter Erwärmen über dem Gasbrenner gelöst. Der pH Wert wird ganz vorsichtig und mit verdünnter Ammoniaklösung (3%) auf pH 4-5 eingestellt (ca. 0,5 mL).

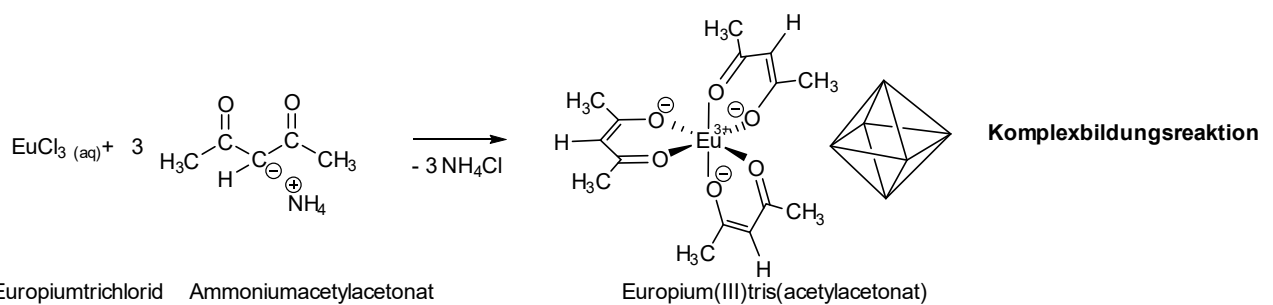



**Reaktion 3: Komplexbildung von Europiumchlorid mit Acetylacetonat**

Abb. 8 Darstellung des Fluoreszenzfarbstoffs  $\text{Eu}(\text{acac})_3$ ;  $\text{C}_{15}\text{H}_{21}\text{EuO}_6$ , CASNr. 14284-86-7.

**Materialien:**

Magnetheiz-Rührer, Ölbad, Badthermometer, Dreihalskolben 100 mL, Rührfisch, pH-Papier, Rückflusskühler, Tropftrichter 25 mL, Innenthermometer, Stopfen; Spritze 1 mL, Kanülen, Zentrifugengläser, Spatel, Membranpumpe, Büchnertrichter ( $\varnothing$  4cm), Rundfilter ( $\varnothing$  4cm), Saugflasche (100mL);

**Chemikalien:**

Lösung aus Reaktion 1: <b>Ammoniumacetylacetonat</b> ( $C_5H_{10}NO_2$ ), CASNr. 13154-77-3		H: 315-319-335 P: 261-305+351+
Lösung aus Reaktion 2: <b>Europium(III)-chlorid (<math>EuCl_3 \cdot 6 H_2O</math>)</b> CASNr. 13759-92-7		H: keine P: keine
<b>Salzsäure (1M, 3,6% HCl)</b> CASNr. 7647-01-0 (M = 36,46 g/mol)	 	H: 290-314-335 P: 280-303+361+353-305+351+338-310
<b>Natriumchlorid (NaCl)</b> CASNr. 7647-14-5, (M = 58,44 g/mol)		H: keine P: keine

**Durchführung:**

Die Lösung des Ammoniumacetylacetonats wird langsam (1 Tr/s) über einen Tropftrichter unter Rühren zur Europiumchlorid-Lösung getropft. Wichtig ist, dass der pH-Wert der Reaktionsmischung stets unter pH 5 gehalten wird (Warum?). Nach beendeter Zugabe wird die Reaktionsmischung auf 80°C (innen) für 1 h. erhitzt.

Man lässt die Mischung auf RT abkühlen und fügt so viel gesättigter Kochsalzlösung hinzu, dass der Europiumkomplex aus der Lösung verdrängt wird und einen Niederschlag bildet. Die Suspension wird auf einen Büchnertrichter gegeben und der Feststoff abgesaugt.

Der farblose Feststoff wird unter der UV-Lampe (Anregungswellenlänge  $\lambda = 366 \text{ nm}$ ) betrachtet. Die fluoreszierende Farbe wird mit den Europa-Sternen auf den 20 €- bzw. 50 €-Banknoten verglichen (siehe auch Sicherheitsfarbmittel auf Personalausweis/Reisepass).



„Schüler:innenskript Fluoreszenzfarbstoff“ von Katharina Kuse ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)