

## BIG B4NG challenge, 19. Wettbewerb Aufgabe 4

Diese Aufgabe wird von der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Leibniz Universität Hannover gestellt.

Weitere MINT-Projekte für Schüler\*innen findet ihr unter:

[www.uni-hannover.de/schulangebote](http://www.uni-hannover.de/schulangebote) und auf Instagram: @unikik\_schulprojekte

### Nichts leuchtet so schön wie Elektronen!

In dieser Aufgabe geht es um den biologischen und wissenschaftlichen Nutzen von fluoreszierenden Farb- und Naturstoffen. Die Vorteile solcher Stoffe bemerken wir jeden Tag, wenn wir zum Beispiel wichtige Passagen in einem Text markieren oder unser strahlend weißes T-Shirt anziehen. Ziel dieser Aufgabe ist es, das Phänomen der Fluoreszenz zu erläutern und dessen Nutzen in verschiedenen Bereichen zu analysieren.

Um das Phänomen der Fluoreszenz physikalisch beschreiben zu können, ist es wichtig, aufbauend auf dem atomaren Schalenmodell (Abb. 2) auch das Atomorbitalmodell in seinen Grundzügen beschreiben zu können (Abb. 3).



Abbildung 1: Fluoreszenzfarben unter UV-Licht

### Chemische und physikalische Grundlagen (10 Punkte):

#### Aufgabe 1.1: Das Atomschalenmodell

- Beschreibt das Modell knapp und geht dabei genauer auf den Kern und die verschiedenen Schalen ein.
- Wie nennt man die Elektronen der äußersten Schale und welche Rolle spielen sie bei Bindungen zwischen Atomen?
- Welches Element ist in Abb. 2 zu sehen? Zeichnet zusätzlich die Elemente Mg und P (als Schalenmodell).

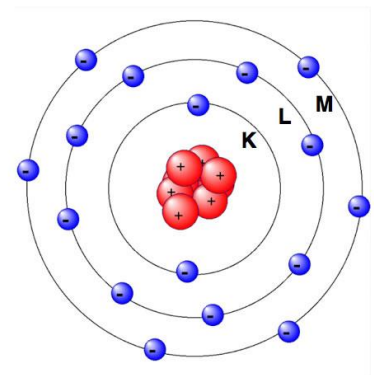


Abbildung 2: Das Atomschalenmodell

Quelle: <http://www.uhlmich.de/che/EF/atom/bilder2018/schwefelatom.jpg>

### Aufgabe 1.2: Das Atomorbitalmodell

Das Atomorbitalmodell ist eines der aktuellsten Modelle, um den Aufbau von Atomen zu beschreiben und ihr Verhalten in chemischen Reaktionen zu erklären. Im Gegensatz zum Schalenmodell ist dies eine dreidimensionale Darstellung der Aufenthaltswahrscheinlichkeit von Elektronen.

- Erklärt in einfachen Worten, also mit möglichst wenigen Fachbegriffen, was das Orbitalmodell vom Schalenmodell unterscheidet und welche Vorteile es dem Schalenmodell gegenüber hat.
- Definiert die Begriffe Hauptquantenzahl, Nebenquantenzahl, Spinquantenzahl und Magnetquantenzahl in Stichpunkten.
- Zeichnet alle s- und d-Orbitale in einem dreidimensionalen Koordinatensystem (mit x-, y-, z-Achse).
- Welche Orbitale besitzen die Elemente H, He und B?

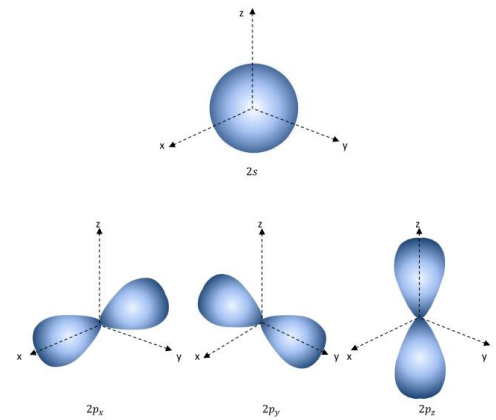


Abbildung 3: Das Atomorbitalmodell  
Quelle: <https://www.abiweb.de/assets/courses/media/orbital-01-ca.png>

### Definition Jablonski-Diagramm und vereinfachter Ablauf einer Fluoreszenz-Reaktion:

Das Jablonski-Diagramm (Abb. 4) zeigt, wie Fluoreszenz eigentlich funktioniert, denn es stellt die verschiedenen Übergangszustände von Valenzelektronen dar. Bei fluoreszierenden Stoffen wird ein solches Valenzelektron angeregt; in diesem Fall passiert das durch ultraviolettes Licht. Durch die Absorption des UV-Lichts wird das Elektron auf ein energetisch höheres Niveau gehoben. Dieser Zustand ist jedoch nicht stabil, da das negativ geladene Elektron vom positiv geladenen Kern angezogen wird. Das Elektron geht daher wieder in seinen Ursprungszustand zurück; dafür muss es jedoch die aufgenommene Energie wieder abgeben. Dies passiert ebenfalls wieder in Form von elektromagnetischen Wellen. Bei den allermeisten Stoffen wird jedoch nicht die gleiche Wellenlänge emittiert, die zuvor absorbiert wurde, da bei den Übergängen zwischen den einzelnen Energieniveaus Energie z. B. in Form von Wärme verloren geht und/oder eine Spinumkehr des Elektrons stattfindet.

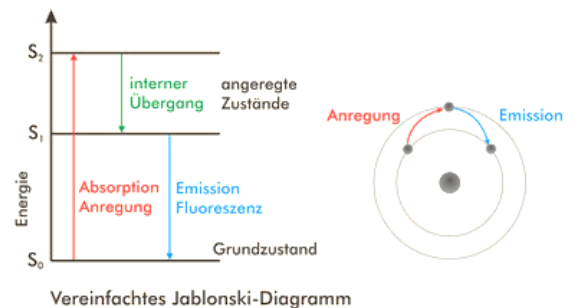


Abbildung 4: Jablonski-Diagramm  
Quelle: [https://www.sita-process.com/uploads/RTEmagicC\\_Jablonski-Diagramm-D.jpg.jpg](https://www.sita-process.com/uploads/RTEmagicC_Jablonski-Diagramm-D.jpg.jpg)

### Aufgabe 1.3: Elektromagnetische Wellen

- Definiert Licht, Emission und Absorption stichpunktartig.
- Hat Licht mit einer kleineren oder einer größeren Wellenlänge mehr Energie?
- In welchem Frequenzbereich (also welche Wellenlängen) kann das menschliche Auge Licht wahrnehmen? Und können wir UV-Licht wahrnehmen?

### Experimenteller Teil (10 Punkte):

Zwar nehmen wir die Fluoreszenz oft gar nicht wahr, jedoch kommt sie in vielen Bereichen unseres Alltags vor. Einige davon sollen in den folgenden Experimenten untersucht werden.

Ihr benötigt für die folgenden Experimente:

- einen gelben Textmarker
- einen Kaffeefilter, in Streifen geschnitten, oder Löschpapier
- Wasch- oder Backnatron (gibt es in den meisten Supermärkten) → daraus stellt ihr eure Lauge her
- Zitronensäure oder Essigsäure (gibt es auch in den meisten Drogerien oder Supermärkten – bitte keinen Zitronensaft verwenden, die Säure sollte klar und ohne Fruchtstücke sein)
- eine UV-Lampe oder einen Geldscheinprüfer (gibt es schon für wenige Euro bei Conrad, Amazon oder im Elektronikhandel eures Vertrauens, eventuell könnt ihr euch auch eine in eurer Schule ausleihen oder bei uniKIK nach einer Leihgabe für wenige Tage fragen)
- mehrere durchsichtige Gläser
- Leitungswasser
- einen möglichst jungen, frischen Ast von einer Kastanie (kann man draußen sammeln, aber bitte nicht viel vom Baum abschneiden, da dieser besonders in der kalten Jahreszeit anfällig ist)
- Tonic Water (chininhaltig)
- weißen Textilstoff (keine Sorge, er muss nicht zerschnitten oder dreckig gemacht werden)
- schwarzen Textilstoff
- Spülmittel
- Geldschein (beliebigen Werts)
- Rotkohlsaft (kann man in manchen Supermärkten im Tetrapack kaufen; alternativ kann man frischen Rotkohl schneiden und aufkochen und dann filtern)

Wichtig: Alle Experimente sollten abends, wenn es dunkel ist, oder in einem sehr gut abdunkelbaren Raum durchgeführt werden! Und es soll ein klassisches wissenschaftliches Protokoll geführt werden, wie ihr es auch aus der Schule kennt (mit Material, Durchführung, Skizze des Versuchsaufbaus, Beobachtung & Ergebnis). Die Ergebnisse sollten mit Fotos protokolliert werden.

#### Experiment 1: Fluoreszenz-Test

In das erste Glas kommt Leitungswasser, in das zweite Tonic Water, in das dritte Wasser mit einem Tropfen Spülmittel (gut mischen), in das vierte warmes Wasser und in das fünfte ebenfalls kaltes Leitungswasser. Der junge Ast der Kastanie wird vorsichtig mit einem scharfen Messer von seiner Rinde befreit und danach wird die Rinde auf die Oberfläche des warmen Wassers im vierten Glas gelegt. Nehmt einen Streifen vom Filter- oder Löschpapier und bemalt diesen sorgfältig mit dem gelben Textmarker. Den bemalten Streifen legt ihr nun in das fünfte Glas. Wartet, bis sich das Wasser gelb färbt. Während ihr wartet, könnt ihr den Raum abdunkeln und die Proben in Glas 1-4 unter UV-Licht betrachten und eure Beobachtungen fotografisch dokumentieren. Zusätzlich könnt ihr auch den weißen und den schwarzen Stoff und den Geldschein unter dem UV-Licht betrachten. Wenn sich die Textmarkertinte im Wasser gelöst hat, könnt ihr auch diese Probe unter UV-Licht betrachten und eure Ergebnisse dokumentieren.

**Fragen zum ersten Experiment:**

- a) Welche Inhaltsstoffe in den Proben fluoreszieren? Benennt diese für jede der positiven Proben in den Gläsern. In den hellen Textilien sind sogenannte optische Aufheller für die Fluoreszenz verantwortlich und im Geldschein handelt es sich um spezielle fluoreszierende Farben.

**Fun Fact:** Warum kann eine UV-Lampe auch für Katzenbesitzer\*innen nützlich sein, wenn die Katzen zum Markieren von Möbeln neigen?

**Experiment 2: Geheimtinte**

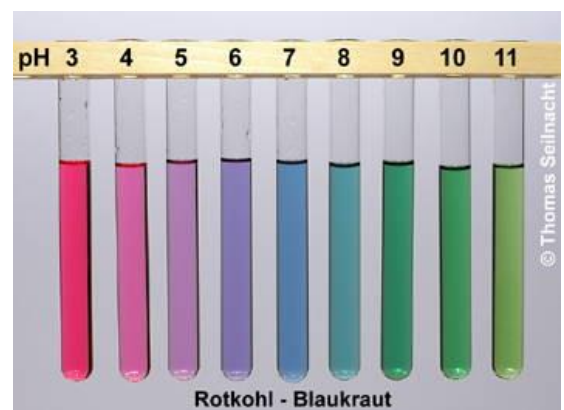
Teilt euer Textmarkertinte-Wasser-Gemisch auf 2 neue Gläser auf und achtet dabei darauf, die Gläser maximal halbvoll zu machen. Mischt danach eure Säure und eure Lauge an. Gebt im Dunkeln eine großzügige Menge der Säure in eines der Gläser und bestrahlt es dabei mit der UV-Lampe. Beobachtet, was passiert, und dokumentiert es. Ihr könnt nun die Proben mit und ohne Säure auch bei Tageslicht betrachten und eure Beobachtungen vergleichen. Dokumentiert den Unterschied zwischen den beiden Gläsern.

Danach gebt ihr etwas von der Lauge das Glas, in dem die Säure bereits enthalten ist. Es sollte etwa genauso viel Lauge in das Glas gegeben werden, wie zuvor Säure hineingegeben wurde. Betrachtet die Probe nun erneut unter UV-Licht und unter Tageslicht. Dokumentiert eure Beobachtungen. Zum Schluss gebt ihr noch etwas Lauge in das zweite Glas, in das bisher noch nichts gegeben wurde. Beobachtet erneut unter Tages- und UV-Licht, was passiert, und dokumentiert dies.

Zum Schluss nehmt ihr einen Pinsel, tunkt diesen in euer Textmarkertinte-Wasser-Gemisch und schreibt euren Teamnamen auf ein Blatt Papier. Dann lasst ihr das Ganze trocken und probiert aus, eure Schrift verschwinden und wieder auftauchen zu lassen. Dokumentiert die Tests eurer Geheimtinte mit Bildern.

**Fragen zum Experiment 2:**

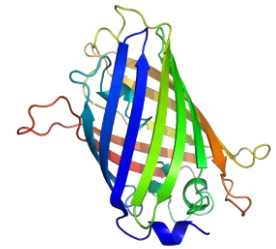
- a) Welchen pH-Wert hat eine Säure und welchen eine Lauge?
- b) Wie genau ist der pH-Wert definiert?
- c) Bestimmt mit Hilfe von Abbildung 5 und dem Rotkohlsaft den pH-Wert eurer Säure und eurer Lauge. Schreibt dafür eure eigene kurze Versuchsanleitung und dokumentiert eure Ergebnisse.



**Abbildung 5:** Rotkohl als pH-Indikator  
 Quelle: <https://www.seinacht.com/Lexikon/tnblaukr.JPG>

Teil für Profis (10 Punkte):

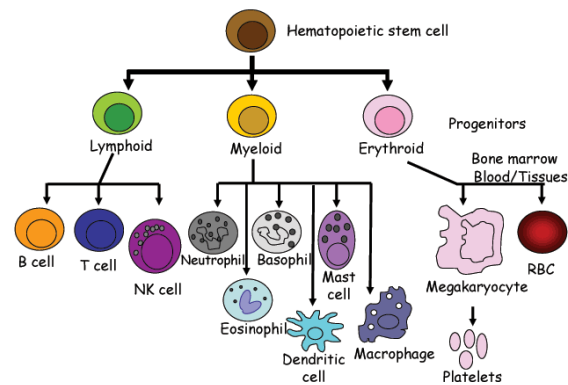
Nachdem wir schon wissen, welchen Nutzen Fluoreszenz in unserem Alltag haben kann, wollen wir uns nun näher mit dem Nutzen von Fluoreszenz in den Naturwissenschaften beschäftigen. Eines der wohl bekanntesten fluoreszierenden Proteine ist GFP (Abb. 6), welches bei der Qualle *Aequorea victoria* entdeckt wurde. Die DNA-Sequenz, welche das fluoreszierende Protein codiert, wurde entschlüsselt und konnte bereits erfolgreich in Bakterien, Wirbeltieren, Säugetierzellen und auch in ganzen Organismen exprimiert werden (d. h. das Protein wird von der DNA-Vorlage abgelesen und von den Zellen/Organismen hergestellt; vgl. Abb. 7). Das Protein wird auch gern genutzt, um in lebenden Organismen nachvollziehen zu können, wie sich zum Beispiel Stammzellen (auch Vorläuferzellen genannt) differenzieren (Abb. 8).



**Abbildung 6: GFP**  
Quelle: [https://de.wikipedia.org/wiki/Gr%C3%BCn fluoreszierendes\\_Protein#/media/Datei:GFP\\_structure.png](https://de.wikipedia.org/wiki/Gr%C3%BCn fluoreszierendes_Protein#/media/Datei:GFP_structure.png)



**Abbildung 7: GFP-Mäuse**  
Quelle: [https://de.wikipedia.org/wiki/Gr%C3%BCn fluoreszierendes\\_Protein#/media/Datei:GFP\\_Mice\\_01.jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Gr%C3%BCn fluoreszierendes_Protein#/media/Datei:GFP_Mice_01.jpg)



**Abbildung 8: Differenzierung einer hematopoetischen Stammzelle (Blutkörperchen und Zellen des Immunsystems)**  
Quelle: <https://docplayer.org/docs-images/56/39252055/images/5-0.png>

Für die nächste Aufgabe stellen wir uns vor, dass wir eine Ratte haben, die ein defektes Immunsystem hat, da ihre B-Zellen wegen eines Gendefekts in der hematopoetischen Stammzelle (siehe Abb. 8) nicht richtig funktionieren. Unsere Ratte ist daher sehr anfällig für alle möglichen Infektionskrankheiten. Wir möchten ihr mit einer Gentherapie helfen und ihren Gendefekt beheben. Dafür steht uns ein Virus zur Verfügung, welcher mittels gentechnischer Methoden so verändert wurde, dass er das kaputte Gen der Stammzelle in Zellen einbringen kann. Zusätzlich wird das GFP-Gen eingebracht, um zu überprüfen, ob das Gen tatsächlich in die Stammzelle eingebracht wurde. Aus Sicherheitsgründen ist das Virus so verändert, dass es nicht in den lytischen Zyklus übergehen kann und somit nicht mehr infektiös ist. Aus dem Blut unserer Ratte können wir Stammzellen extrahieren, auf welche wir unseren Virus geben. Wenn unser Gen dank des Virus in die Stammzellen unserer Ratte eingebaut ist, können wir die Stammzellen wieder in die Blutlaufbahn unserer Ratte injizieren. Wenn unsere Therapie erfolgreich war, hat die Ratte nun funktionierende Immunzellen. Problematisch ist jedoch, dass wir nicht kontrollieren können, an welcher Stelle des Genoms der Zelle das Gen eingebaut wird. Virale Promotoren (diese kontrollieren durch das Ablesen des eingebauten Genabschnitts, welche Menge Protein (wenig, mittel, viel) hergestellt wird) sind in der Regel deutlich stärker als die zelleigenen Promotoren.

Jetzt die Aufgaben: Gentherapie für eine kranke Ratte

- 1) Wofür steht die Abkürzung GFP?

- 2) Wofür sind B-Zellen im Immunsystem des Menschen zuständig? Erklärt stichpunktartig.
- 3) Welche ausdifferenzierten Zellen (siehe Abb. 8) würden fluoreszieren, wenn der Einbau unseres Gens erfolgreich war?
- 4) Erklärt den Unterschied zwischen Fluoreszenz und Lumineszenz stichpunktartig und nennt mindestens ein Lebewesen, das Biolumineszenz betreiben kann.
- 5) In den USA kann man einen so genannten „Glowfish“ für das heimische Aquarium kaufen. Worum genau handelt es sich bei einem „Glowfish“ und warum darf man solche Fische nicht in deutschen Aquarien halten?

Viel Erfolg!

### **Allgemeine Hinweise**

**Einsendeschluss: Sonntag, 02. Februar 2020, 19:59 Uhr.**

Gebt eure Lösungen über unser Portal ab: <https://portal.studienberatung.uni-hannover.de/anmeldungen/users/login>

Zulässige Dateiformate sind: PDF für die zusammengeschriebene Lösung (mit eingebetteten Bildern) sowie unter Windows gängige Videoformate, die sich ohne Installation von zusätzlicher Software abspielen lassen, z. B. mp4.

Die Dateien sollten nicht größer als 7,5 MB sein (die Dateien können gezippt sein)! Bitte gebt auch euren Teamnamen, die Namen der Gruppenmitglieder sowie deren Schulen an. Bitte benennt eure hochgeladenen Dateien nach dem Gruppennamen.

**ACHTUNG bei Zip-Dateien!** Um sicherzugehen, dass eure Dateien wirklich fehlerfrei und für die Korrektor\*innen zu öffnen sind, solltet ihr eure Zip-Dateien etc. noch mal von eurem Account herunterladen und öffnen. Dateien, die sich nicht öffnen lassen, können nicht bewertet werden!

Die Teilnahmebedingungen und weitere Informationen findet ihr unter: [www.uni-hannover.de/bigbangchallenge](http://www.uni-hannover.de/bigbangchallenge)

Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.