



1. Lesen Sie den Lückentext und ergänzen Sie dann anhand den Abbildung sinnvolle Begriffe. Beschriften Sie die Abbildung mit den kursiv geschriebenen und unterstrichenen Schlagworten.

Bei Raumtemperatur befinden sich die meisten **Energie**

Moleküle im Schwingungsgrundzustand des elektro-
nischen Grundzustandes. Durch Absorption von elek-
tromagnetischer Strahlung gelangt das Farbstoff-
molekül in einen elektronisch angeregten Zustand,
meist den 1. elektronisch angeregten Zustand (...).

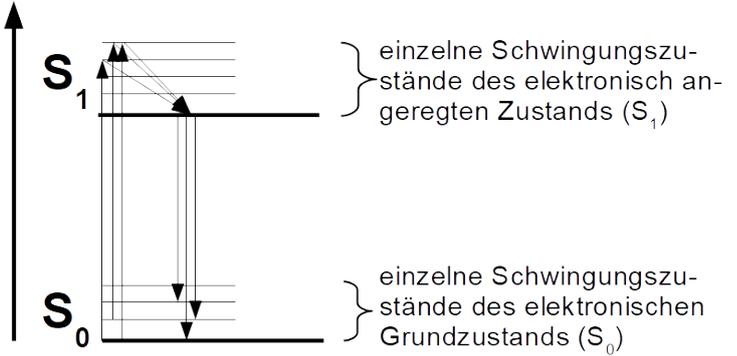


Abb. 1: Energieniveaus fluoreszierender Moleküle. (Q: e. W.)

Dieser Vorgang dauert ca. 10^{-15} s und führt in der

Regel in höhere

Die meisten Verbindungen können ihre Anregungsenergie vollständig durch Wärmeabgabe abgeben (strahlungslose Desaktivierung) um in den Schwingungsgrundzustand des elektronischen Grundzustand zurückzukehren. Bei einigen Verbindungen ist dies jedoch nicht möglich. Hier kann durch lediglich der Schwingungsgrundzustand des elektronisch angeregten Zustands erreicht werden. Zur weiteren muss das Molekül seine Anregungsenergie in Form eines abgeben. Die abgegebene elektromagnetische Strahlung hat eine charakteristische Wellenlänge und wird **Fluoreszenz-Licht** genannt.

2. Wie kann erklärt werden, dass das Fluoreszenzlicht in der Regel langwelliger als das Anregungslicht ist?

.....
.....
.....

Der Zustand S_1 ist in den meisten Fällen nur kurzlebig und instabil. Alle angeregten Moleküle geben in Sekundenbruchteilen ihre in Form von EM-Strahlung ab. Natürlich können sie, wenn die Anregungsquelle noch vorhanden ist, durch Absorption von EM-Strahlung sofort erneut angeregt werden. Sobald aber die Anregungsquelle (in der Regel UV-Strahler) ausgeschaltet wird, erlischt innerhalb von Sekundenbruchteilen das Leuchten.

Bei manchen Verbindungen ist der Zustand S_1 außergewöhnlich und langlebig. Die angeregten Moleküle können also Sekunden bis hin zu Stunden im angeregten Zustand S_1 verharren. Es ist eine statistische Frage, wann sie durch Emission von EM-Strahlung wieder in den Grundzustand (S_0) gelangen. In solchen Fällen spricht man auch von **Phosphoreszenz (Nachleuchten)**, denn auch nach Ausschalten der ist das für einige Sekunden bis Stunden zu sehen.

Eine „**Tagesleuchtfarbe**“ wandelt einstrahlende, unsichtbare UV-Strahlung, die immerhin zu etwa 4% im Tageslicht enthalten ist, oder blaues Licht (Blauanteile des Lichts bei Dämmerung besonders hoch!) in sichtbares bzw. in langwelligeres Licht um. Es handelt sich also um eine Fluoreszenz. Solche Tagesleuchtfarben finden sich beispielsweise auf Rettungswesten oder auch als Leuchtschicht auf Notarzt- und Feuerwehrwägen (grelles Rot, Signalrot) oder auch als Farbe in Textmarkern.



Abb. 2: „**Grellrotes**“ Feuerwehrauto: Roter als Rot. (Q: commons.wikimedia.org. Autor: Norbert Nagel)

Eine **Nachleuchtfarbe** speichert Energie, die bei der Beleuchtung aufgenommen worden ist und gibt sie zeitverzögert wieder ab. Sie finden sich beispielsweise auf Aufklebern, die in Gebäuden den Rettungsweg kennzeichnen. Dieser Effekt beruht also auf Phosphoreszenz.



Abb. 3: Leuchtsterne im Dunkeln (Q: e.W.)

3. Warum wird das Leuchten immer schwächer? Erklären Sie mit dem Energieniveauschema.

Eine **radioaktive Leuchtfarbe** besteht stets aus einer radioaktiven Substanz, früher meist Radiumsalz, heute meist eine Tritiumverbindung und einer fluoreszierenden Substanz, wie zum Beispiel Zinksulfid. Die radioaktive Strahlung regt hierbei die fluoreszierende Substanz ständig an. Die verwendeten fluoreszierenden Substanzen oder andere zusätzliche Stoffe sind oft auch zur Phosphoreszenz in der Lage, deshalb ist das Leuchten bei Anbruch der Dunkelheit stärker.



Abb. 4: Leuchtendes Ziffernblatt – ein Beispiel für **Radiolumineszenz**. (Q: commons.wikimedia.org. Autor: Arma95)

Optische Aufheller in Waschmittel (Weißmacher) und Papier

Optische Aufheller werden Waschmitteln beigefügt, um die Wäsche weißer erscheinen zu lassen, sie werden umgangssprachlich als Weißmacher bezeichnet. Es sind Substanzen, die im *unsichtbaren* Ultraviolett (bei 290-400 nm) absorbieren und nach intramolekularem Zwischenspiel den größten Teil der absorbierten Energie als sichtbares Licht im Bereich zwischen 400 - 480 nm (blaues Licht) wieder emittieren. Durch diese Fluoreszenz erscheint das Grundmaterial heller („*weißer als weiß*“). Zusätzlich ergibt die additive Zumischung von blauem Licht eine Überdeckung von Gelbtönen. Im Übrigen wirkt ein blaues Weiß frischer und intensiver als ein gelbliches Weiß, es wird leichter mit „*sauber*“ assoziiert.

Vor der Verwendung von Fluoreszenzfarbstoffen als Weißtöner wurden gewöhnliche blaue Farbstoffe eingesetzt um den Gelbstich zu einem weißem Gesamteindruck zu kompensieren. Dabei wird jedoch von der Wäsche weniger Licht als zuvor abgestrahlt, so dass ein eher gräuliches Weiß entsteht.

Optische Aufheller mengt man auch bei der Herstellung von manchen Papierarten bei. Dies soll die Papiere leuchtend weiß erscheinen lassen. Angewendet werden sie bei Magazinpapieren und Plakatpapieren, um hier eine bessere Helligkeit zu erreichen.

Leuchtende Einblicke in den inneren Bau von Zellen: Anwendungen der Fluoreszenz

Das Prinzip ist bei allen ähnlich...

An große Biomoleküle (Proteine, DNA etc.) kann durch eine Reaktion eine fluoreszierende chemische Gruppe angehängt werden. Bestrahlt man dann mit Licht bestimmter Wellenlänge, so zeigen die Biomoleküle ihren Aufenthaltsort an (**Fluoreszenzmarkierung**).



Abb. 1: Prinzip der Fluoreszenzmarkierung

Fluoreszenzmarkierung von Antikörpern

In der Immunologie werden Antikörper mit einer fluoreszierenden Gruppe versehen. Die Orte an denen die Antikörper spezifisch binden, beispielsweise Zelloberflächen, sind dann anhand der Fluoreszenz erkennbar. Nur die Strukturen leuchten, bei denen das zum Antikörper passende Antigen vorhanden ist. Die Antigenkonzentration kann damit sogar durch das Fluoreszenzlicht quantitativ bestimmt werden. Die Analyse erfolgt häufig mit speziellen **Fluoreszenzmikroskopen**. Eine starke Lichtquelle wird auf das Präparat eingestrahlt um eine ausreichend starke Fluoreszenz zu bewirken. Wegen seiner Stärke würde das Licht die Detektion des Fluoreszenzlichts stören. Deshalb wird es auf dem Weg zum Detektor durch Filtersysteme ausgefiltert. Ein strahlenteiler Spiegel, der nur bis zu einer bestimmten Wellenlängen-Obergrenze die EM-Strahlung spiegelt, sorgt dafür, dass das vom Objekt zurückgeworfene Fluoreszenzsignal zum Detektor gelangen kann.

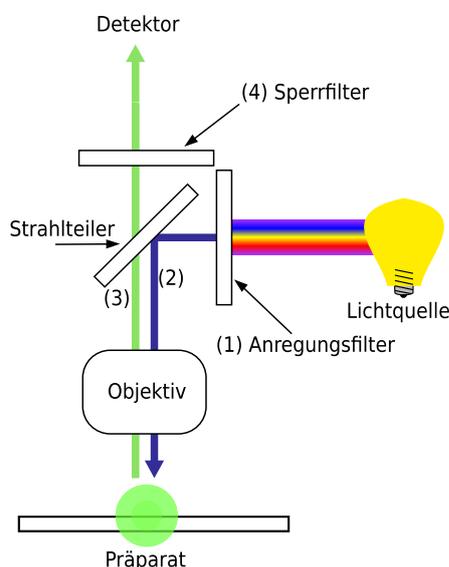


Abb. 2: Fluoreszenzmikroskop. Quelle: wikicommons. Autor: Diezel 65

Färbung von Nukleinsäuren

Gelelektrophorese ist eine wichtige Methode, um ein Biomolekül-Gemisch zu trennen. Dabei wandert die Mischung unter dem Einfluss eines elektrischen Feldes durch ein Gel. Je nach Größe und Ladung der Moleküle (z.B. unterschiedlich lange DNA-Fragmente) bewegen sich diese unterschiedlich schnell durch das Gel. Nach der Gelelektrophorese sind auf dem Gel verschiedene Banden zu sehen.

Ethidiumbromid wird in der Gelelektrophorese zum Anfärben von Nukleinsäuren. Es zeigt für sich alleine kaum Fluoreszenz. Erst durch die Einlagerung zwischen die Basen der DNA bzw. RNA, wird die Fluoreszenz der Substanz stark erhöht. Auf diese Weise leuchten im Gel nur die Stellen, an denen sich Nukleinsäuren befinden hell auf, während alles andere dunkel bleibt. Die Lichtintensität ist proportional zur vorhandenen DNA/RNA-Menge.

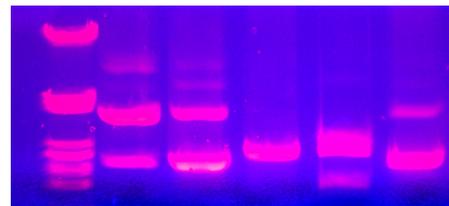


Abb. 3: DNA-Banden mit Ethidiumbromid. Q: wikicommons. A: Mnolf. verändert.

Grün fluoreszierendes Protein (GFP)

Das *Green fluorescent protein* (GFP) ist ein kleines Protein, das aus bestimmten Quallen isoliert werden konnte. Das fluoreszierende Protein bewirkt, dass die Quallen grün leuchten, wenn sie mit blauem Licht (oder UV-Licht) bestrahlt werden.

GFP hat in der Biologie eine außergewöhnlich große Bedeutung erlangt, da es durch gentechnische Methoden in Zellen und Gewebe anderer Organismen eingeführt werden kann: Der DNA-Strang, der für GFP codiert, wird in die DNA einer Zelle eingebaut. Die Zelle produziert nun *in vivo* das fluoreszierende Protein. Bei Bestrahlung mit dem passenden Wellenlängen leuchten nun die gentechnisch veränderten Zellen und verraten ihren Aufenthaltsort, beispielsweise in einem Gewebe.

Auch lässt sich DNA, die für GFP codiert, mit DNA verbinden, die für ein bestimmtes Protein codiert (Gen). In den meisten Fällen hat das angehängte GFP keine Auswirkungen auf Transport und Funktion des Proteins. So lassen sich die Proteinwanderung und die Aufenthaltsorte bestimmter Proteine studieren.