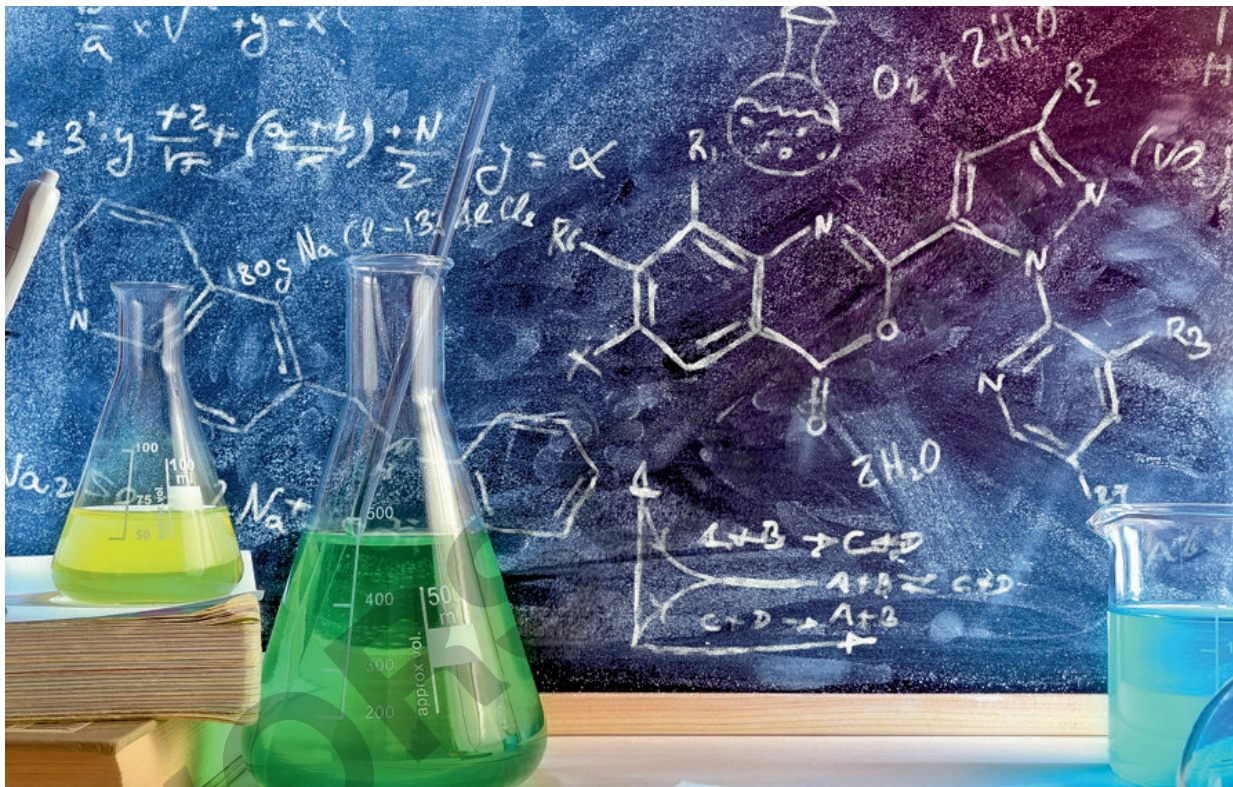


Farbigkeit beeinflussen – Möglichkeiten der Chemie

Ein Beitrag von Dennis Dietz



© Davizroi/Stock /Getty Images Plus/Getty Images

In diesem Beitrag können die Schülerinnen und Schüler ihr erworbenes Wissen in Bezug auf die molekularen Voraussetzungen für die Entstehung von Farbigkeit anwenden und sich mit der gezielten Beeinflussung von Farbigkeit auseinandersetzen. Mit Hilfe von vielfältigen und alltagsnahen Kontexten wird die Beeinflussung von Farbigkeit durch chemische Reaktionen, den pH-Wert, die Temperatur sowie die Anwesenheit von Wasser thematisiert.

Impressum

RAABE UNTERRICHTS-MATERIALIEN Chemie Sek. I/II

Das Werk, einschließlich seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Es ist gemäß § 60b UrhG hergestellt und ausschließlich zur Veranschaulichung des Unterrichts und der Lehre an Bildungseinrichtungen bestimmt. Die Dr. Josef Raabe Verlags-GmbH erteilt Ihnen für das Werk das einfache, nicht übertragbare Recht zur Nutzung für den persönlichen Gebrauch gemäß vorgenannter Zweckbestimmung. Unter Einhaltung der Nutzungsbedingungen sind Sie berechtigt, das Werk zum persönlichen Gebrauch gemäß vorgenannter Zweckbestimmung in Klassensatzstärke zu vervielfältigen. Jede darüber hinausgehende Verwertung ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Hinweis zu §§ 60a, 60b UrhG: Das Werk oder Teile hiervon dürfen nicht ohne eine solche Einwilligung an Schulen oder in Unterrichts- und Lehrmedien (§ 60b Abs. 3 UrhG) vervielfältigt, insbesondere kopiert oder eingescannt, verbreitet oder in ein Netzwerk eingestellt oder sonst öffentlich zugänglich gemacht oder wiedergegeben werden. Dies gilt auch für Intranets von Schulen und sonstigen Bildungseinrichtungen. Die Aufführung abgedruckter musikalischer Werke ist ggf. GEMA-meldepflichtig.

Für jedes Material wurden Fremdrechte recherchiert und ggf. angefragt.

In unseren Beiträgen sind wir bemüht, die für Experimente nötigen Substanzen mit den entsprechenden Gefahrenhinweisen zu kennzeichnen. Dies ist ein zusätzlicher Service. Dennoch ist jeder Experimentator selbst angehalten, sich vor der Durchführung der Experimente genauestens über das Gefährdungspotenzial der verwendeten Stoffe zu informieren, die nötigen Vorsichtsmaßnahmen zu ergreifen sowie alles ordnungsgemäß zu entsorgen. Es gelten die Vorschriften der Gefahrstoffverordnung sowie die Dienstvorschriften der Schulbehörde.

Dr. Josef Raabe Verlags-GmbH
Ein Unternehmen der Klett Gruppe
Rotebühlstraße 77
70178 Stuttgart
Telefon +49 711 62900-0
Fax +49 711 62900-60
meinRAABE@raabe.de
www.raabe.de

Redaktion: Irene Dick
Satz: Röser MEDIA GmbH & Co. KG, Karlsruhe
Bildnachweis Titel: © Davizro/iStock /Getty Images Plus/Getty Images
Korrektorat: Barbara Hajek

Farbigkeit beeinflussen – Möglichkeiten der Chemie

Autor: Dennis Dietz

Methodisch-didaktische Hinweise	1
M 1: Farbigkeit durch chemische Reaktionen beeinflussen	3
M 2: Farbigkeit durch den pH-Wert beeinflussen	9
M 3: Farbigkeit durch die Temperatur beeinflussen	13
M 4: Farbigkeit durch Wasser beeinflussen	16
M 5: Informationsmaterial	20
Lösungen	22
Literatur	34

VORSCHAU

Kompetenzprofil

Niveau	vertiefend
Fachlicher Bezug	Farbstoffe, Säure-Base-Chemie
Methode	Einzelarbeit, Partnerarbeit, Klausuraufgabe
Basiskonzepte	Struktur-Eigenschaft-Basiskonzept, Konzept der chemischen Reaktion
Erkenntnismethoden	einen Versuch planen
Kommunikation	ein Fließdiagramm erstellen, eine Skizze erstellen
Bewertung/Reflexion	Diskussion von Aussagen, Zukunftsaussichten bewerten
Inhalt in Stichworten	Farbstoff, Triphenylmethanfarbstoff, Oxazolidinon, HOMO, LUMO, π -Elektronensystem, Hybridisierung, Chromophor, Auxochrom, Antiauxochrom, Absorption, Reflexion, Komplementärfarbe, pH-Wert, Thermochromie, Hydrochromie.

Überblick

Legende der Abkürzungen:

AB Arbeitsblatt **TX** Text **ÜA** Übungsaufgaben

Thema	Material	Methode
Farbigkeit durch chemische Reaktionen beeinflussen	M 1	AB, TX, ÜA
Farbigkeit durch den pH-Wert beeinflussen	M 2	AB, TX, ÜA
Farbigkeit durch die Temperatur beeinflussen	M 3	AB, TX, ÜA
Farbigkeit durch Wasser beeinflussen	M 4	AB, TX, ÜA
Informationsmaterial	M 5	TX

Farbigkeit beeinflussen – Möglichkeiten der Chemie

Methodisch-didaktische Hinweise

Synthetische und natürliche Farbstoffe begegnen uns im täglichen Leben. Aber auch die Veränderung von Farbigkeit ist in zahlreichen Produkten zu sehen. In Schulen wird mithilfe von Tintenkillern die Farbigkeit von Tinten gezielt zerstört. In der Küche sehen wir eine mögliche Beeinflussung von Farbigkeit durch die Zugabe von sauren oder basischen Lebensmitteln – der pH-Wert hat also auch einen Einfluss auf die Farbigkeit einer Verbindung. In Tassen und Nagellacken kommen thermochrome Farbstoffmischungen zum Einsatz – hier wird durch die Variation der Temperatur Farbigkeit beeinflusst. Und sogar Wasser kann die Farbigkeit einer Verbindung beeinflussen. Durch sogenannte hydrochrome Farbstoffe können beispielsweise Bilder auf Straßen erzeugt werden, wenn es regnet. Damit eignet sich das Thema „Farbigkeit beeinflussen“ für eine materialgestützte Lernaufgabe im Sinne des Unterrichtsansatzes Chemie im Kontext.

© RAABE 2020

Die Lernaufgabe besteht aus vier Materialien, die unabhängig voneinander verwendet werden können. Ein weiteres Material kann zusätzlich zur Unterstützung als Mittel der Binnendifferenzierung eingesetzt werden (**M 5**). In allen Materialien ist der fachsystematische Schwerpunkt klar den Farbstoffen zuzuordnen. Inhaltlich geht es um die Beeinflussung von Farbigkeit durch chemische Reaktionen (**M 1**), durch den pH-Wert (**M 2**), durch die Temperatur (**M 3**) sowie durch Wasser (**M 4**). Als Voraussetzung für die Nutzung der Lernaufgabe sollten die Schülerinnen und Schüler die molekularen Grundlagen für die Entstehung der Farbigkeit einer organischen Verbindung bereits verstanden haben:

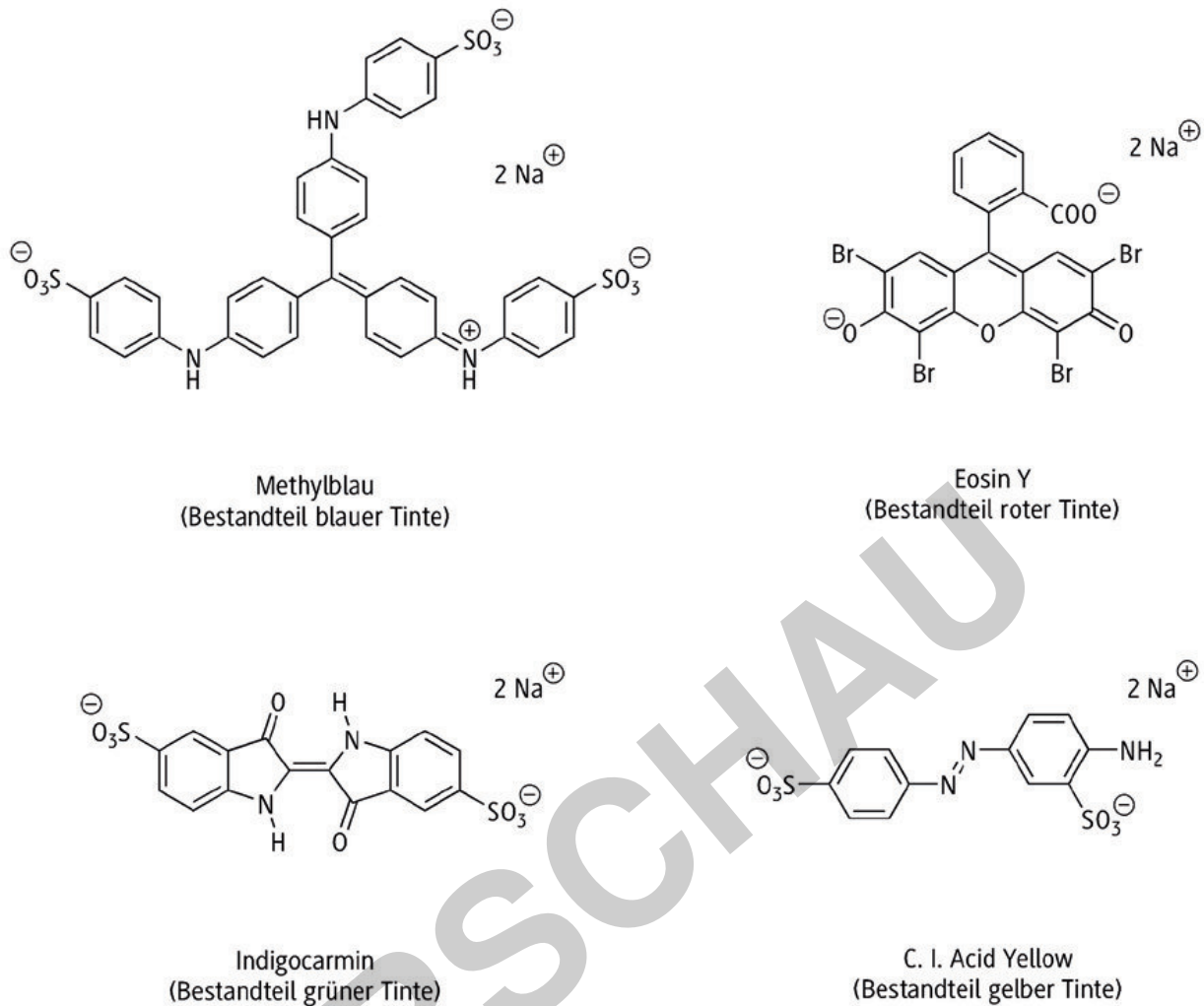
In organischen Molekülen entsteht die Farbigkeit nach der Farbtheorie von Witt durch das Vorhandensein eines Chromophors (eines konjugierten π -Elektronensystems) sowie von farbvertiefenden Gruppen (Auxochrome und Antiauxochrome). Bei der Absorption von Licht aus dem sichtbaren Bereich des elektromagnetischen Spektrums (380 nm – 750 nm) werden Elektronen vom HOMO in das LUMO angeregt. Das nicht-absorbierte

Licht wird reflektiert und erscheint dem Beobachter als Komplementärfarbe. Die Elektronen bewegen sich unter Abgabe von Wärmeenergie nach der Absorption wieder zurück in das HOMO. Aufbauend auf dieses grundsätzliche Konzept kann nun die Veränderung von Farbigkeit durch verschiedene Faktoren erlernt oder auch vertieft werden. Dazu ist es hilfreich, wenn die Schülerinnen und Schüler ebenfalls mit dem Konzept von mesomeren Grenzstrukturen vertraut sind.

In der Lernaufgabe werden Kompetenzen aus allen vier Kompetenzbereichen gefördert. Die Anwendung des Struktur-Eigenschaft-Basiskonzepts in jedem der vier Materialien ist dem Kompetenzbereich Fachwissen zuzuordnen. Die Veränderung der Farbigkeit muss für jeden Einflussfaktor mit der Molekülstruktur erklärt werden. Der Kompetenzbereich der Kommunikation wird dadurch berücksichtigt, dass in einem Fall ein Fließdiagramm (**M 3**) und in einem anderen Fall eine Skizze (**M 4**) erstellt werden muss. Der Wechsel der Darstellungsebene – also der Wechsel von einem Fließtext in eine Abbildung – ist eine typische Kompetenz aus diesem Kompetenzbereich. Der Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung wird beispielsweise dadurch gefördert, dass die Schülerinnen und Schüler einen Versuch zur Identifikation eines Einflussfaktors planen sollen (**M 2**). Auch der Kompetenzbereich der Bewertung wird berücksichtigt. So müssen Aussagen bewertet (**M 1**) und Zukunftsaussichten (**M 4**) diskutiert werden.

Mit den Arbeitsaufträgen kann flexibel umgegangen werden. So können einzelne Materialien oder auch Aufgaben herausgenommen und als Hausaufgabe erteilt werden. Die Materialien eignen sich auch für die Verwendung als Klausuraufgabe.

Als zeitlichen Rahmen für diese Aufgabe werden 45–60 Minuten je eingesetztes Material empfohlen. Die benötigte Unterrichtszeit ist von der Lerngruppe und dem Vorwissen abhängig.



© RAABE 2020

Abbildung M 1.2: Weitere lösliche Farbstoffe in Füllertinten.

Die Wirkungsweise des Tintenkillers

Die Wirkung des Tintenkillers beruht nun darauf, dass die Größe des konjugierten π -Elektronensystems erheblich verkleinert wird. Auf diese Weise wird der HOMO-LUMO-Abstand so groß, dass Licht aus dem nicht-sichtbaren Bereich absorbiert wird – der Farbstoff wird farblos. Bei Triphenylmethanfarbstoffen ist dies durch die Addition eines Moleküls an das zentrale sp^2 -hybridisierte Kohlenstoffatom möglich. Durch die Addition wird das zentrale Kohlenstoffatom sp^3 -hybridisiert und damit tetraedrisch. Dadurch beinhaltet der Triphenylmethanfarbstoff nun nur noch mehrere kleine π -Elektronensysteme, die nicht mehr miteinander konjugiert sind.

Für die Addition eines Moleküls an das zentrale Kohlenstoffatom beinhalten Tintenkiller beispielsweise eine wässrige Natriumsulfitlösung. Natriumsulfit bildet in wässriger Lösung Hydrogensulfit-Ionen.

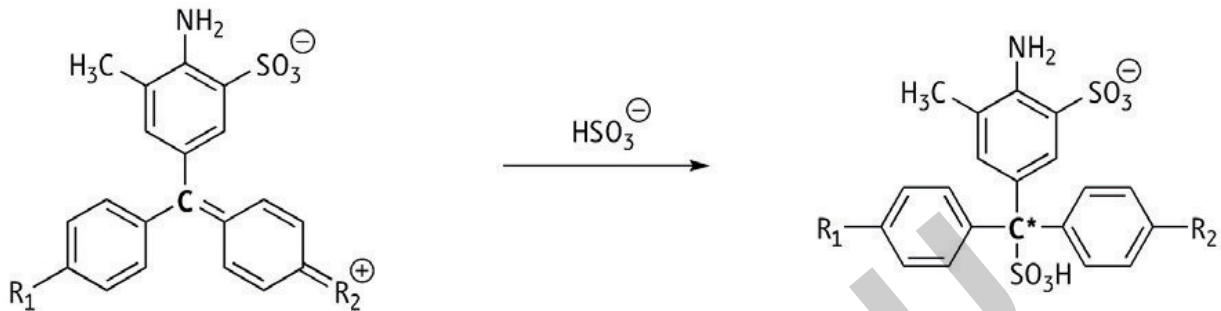
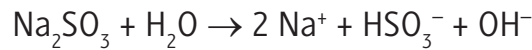


Abbildung M 1.3: Die Wirkungsweise eines Tintenkillers am Beispiel des Wasserblau-Moleküls.

Die Hydrogensulfit-Ionen können dann wie in Abbildung M 1.3 dargestellt an das zentrale Kohlenstoffatom des Wasserblau-Moleküls binden, wodurch dieses farblos wird. Auch andere Stoffe wie Carbonate, Thiosulfate und Dithionite können zum „Löschen“ der Tinte eingesetzt werden.

Um herauszufinden, ob der genutzte Tintenkiller Sulfit-Ionen enthält, kann man den farblosen Filz des Tintenkillers mit Wasser extrahieren und folgende Versuche durchführen:

1. Das Filzextrakt wird mit Unitestlösung überprüft. Wenn im Filzstift Sulfit-Ionen eingesetzt werden, dann verfärbt sich die Lösung blau, da die Sulfit-Ionen wie eine Brønsted-Base mit Wasser reagieren.
2. Eine Probe des Filzextrakts wird mit verdünnter Salzsäure angesäuert. Wenn Hydrogensulfit-Ionen vorhanden sind, dann bildet sich die instabile schweflige Säure, die direkt zerfällt. Man kann den stechenden Geruch von Schwefeldioxid wahrnehmen.

Aufgaben

1. **Erläutern** Sie die allgemeine Funktionsweise eines Tintenkillers. Vergleichen Sie dazu die fettgedruckten Kohlenstoffatome (C und C*) in der Abbildung M 1.3 hinsichtlich Hybridisierung, Geometrie und Bindungsart.
2. **Zeigen** Sie anhand einer mesomeren Grenzstruktur des Triphenylmethanfarbstoffs Wasserblau, weshalb das Hydrogensulfit-Ion am zentralen Kohlenstoffatom addieren kann.
3. **Begründen** Sie, welche der in Abbildung M 1.2 dargestellten Farbstoffe mit einem Tintenkiller „gelöscht“ werden können. Ordnen Sie die dargestellten Farbstoffe dafür auch den entsprechenden Farbstoffklassen zu.
4. **Formulieren** Sie die Reaktionsgleichungen für den Nachweis von Sulfiten in Tintenkillern.
5. **Diskutieren** Sie die folgende Aussage:

„Durch die Zugabe von Aldehyden kann gelöschte Tinte immer sichtbar gemacht werden. Die gelöschte Tinte erscheint dabei violett.“