

2.17 Farbstoffe

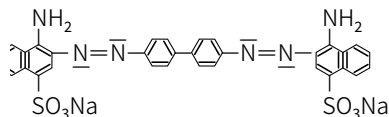
Farbstoffe haben die Eigenschaft, Materialien zu färben. Nicht alle farbigen Stoffe sind Farbstoffe. Farbstoffe werden vorwiegend zum Färben von Textilien, Papier und Leder verwendet, während bei der Einfärbung von Kunststoffen und Lacken die Benutzung von Pigmenten überwiegt. Darüber hinaus gibt es funktionelle Farbstoffe für spezielle Einsatzbereiche wie CDs, DVDs, Biomarker, LC-Displays. Eine Gruppe von Farbstoffen sind Lebensmittelfarbstoffe.

A

- Mit den Substanzen Natronlauge, Sulfanilsäure, Natriumnitrit, N,N-Dimethylanilin und Salzsäure lässt sich Methylorange herstellen. Stellen Sie die Gleichungen für diese Farbstoffsynthese auf.
 - Erläutern Sie am Beispiel von Methylorange den prinzipiellen Aufbau eines Farbstoffmoleküls.
 - Methylorange ist ein pH-Indikator. Erklären Sie den Farbwechsel im sauren Medium von Orange nach Rot.

Beziehen Sie in Ihre Ausführungen auch Gleichgewichtsbetrachtungen ein.

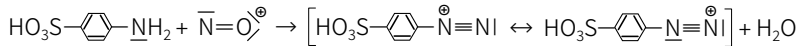
- Folgende Strukturformel beschreibt den Farbstoff Kongorot. Erläutern Sie, warum Kongorot Licht im sichtbaren Bereich absorbiert.



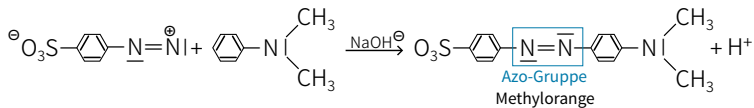
- In eine wässrige Lösung von 4-Nitroanilin wird Chlorwasserstoffgas eingeleitet. Die vorher gelbe Lösung wird nahezu farblos. Erklären Sie die Beobachtung unter Verwendung von Strukturformeln.
- Durch Kondensation von einem Molekül Benzaldehyd mit zwei Molekülen N,N-Dimethylanilin entsteht in Gegenwart von Zink(II)-chlorid Leukomalachitgrün. Dieses geht in saurer Lösung durch Oxidation mit Blei(IV)-oxid in Malachitgrün über. Stellen Sie die Reaktionsgleichungen auf und ordnen Sie Malachitgrün einer Farbstoffklasse zu. Erklären Sie auch, warum Malachitgrün in saurer Lösung gelb wird.
- Blaue Veilchen färben sich unter Einwirkung von Chlorwasserstoffgas rot. Unter Einwirkung von Ammoniak werden sie gelblich bis grün. Erklären Sie.
- Der Triphenylmethanfarbstoff Kristallviolett wird in Tintenkillern eingesetzt. Der Farbstoff wird beim Einsatz entfärbt. Erläutern Sie die Farbänderung unter Nutzung Ihrer Kenntnisse über die Struktur von Triphenylmethanfarbstoffen. Erklären Sie die Tatsache, dass rote Lehrertinte nicht auf Tintenkiller anspricht.

1. a) Reaktionsgleichungen:

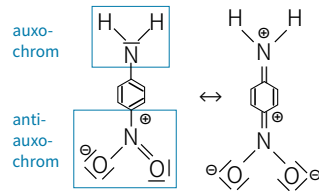
Diazotierung:



Kupplung:



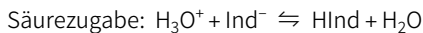
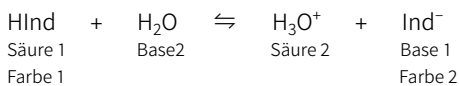
- b) Farbstoffmoleküle bestehen aus einem Chromophor (Gruppen mit π -Elektronen, auch konjugierte π -Elektronensysteme), sowie auxochromen (Elektronendonatoren/+M-Effekt) und antiauxochromen Elektronenakzeptoren/-M-Effekt) Gruppen, die die Farbe beeinflussen können. Endgruppen dominieren in der Farbgebung vor konjugierten π -Elektronen.



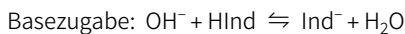
- c) Indikatorfarbstoffe sind schwache, organische Säuren. Sie unterscheiden sich farblich von ihren korrespondierenden Basen. Durch Protonierung und Deprotonierung ändert sich die Elektronenverteilung im Molekül und es kommt zur Veränderung der Absorptionsmaxima.

Gleichgewichtsbetrachtungen:

Indikatoren sind meist schwache organische Säuren. In Wasser ergeben sich folgende Gleichgewichte:



⇒ Gleichgewicht wird zur Indikatorsäure verschoben



⇒ Gleichgewicht wird zur Indikatorbase verschoben

Sind die Konzentrationen von Indikatorsäure (HInd) und Indikatorbase (Ind⁻) gleich, erhält man eine Mischfarbe aus Farbe 1 und Farbe 2.

$$K_S = \frac{c(\text{H}_3\text{O}^+) \cdot c(\text{Ind}^-)}{c(\text{HInd})}$$

Am Äquivalenzpunkt gilt:

$$c(\text{Ind}^-) = c(\text{HInd}) \Rightarrow K_S = c(\text{H}_3\text{O}^+)$$

$$\text{pH} = \text{p}K_S$$

Beispiel: Methylorange: Indikatorsäure rot, Indikatorbase gelb, Mischfarbe orange.

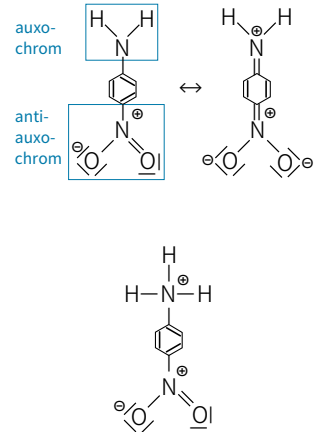
2. Kongorot hat ein durchgehendes π -Elektronensystem, welches als Chromophor wirkt und im sichtbaren Bereich anregbar ist. Die Amino-Gruppen haben +M-Effekt. Sie sind Elektronendonatoren und wirken farbvertiefend. Kongorot sieht deshalb rot aus.

3. Paranitroanilin sieht gelb aus, weil die auxochrome Amino-Gruppe mit der antiauxochromen Nitro-Gruppe wechselwirkt.

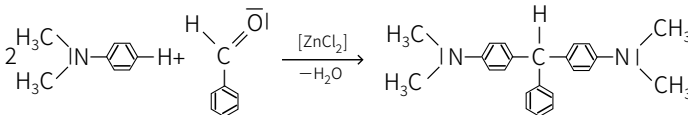
Es kommt zu einer Verschiebung des Absorptionsmaximums in den langwelligen Bereich.

Durch Protonierung wird die Wechselwirkung der Nitro- und der Amino-Gruppe aufgehoben.

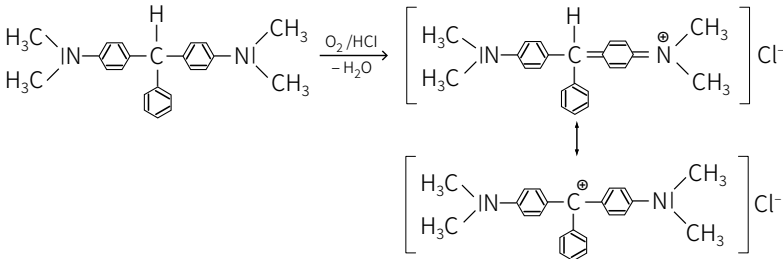
Die Ammonium-Gruppe ist kein Elektronendonator. Es tritt eine Verschiebung zu kürzeren Wellenlängen auf.



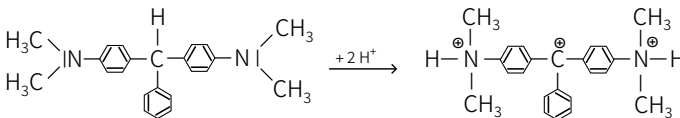
4. Bildung von Leukomalachitgrün.



Bildung von Malachitgrün:



Protonierung:



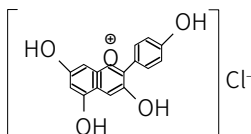
Malachitgrün ist ein Triphenylmethanfarbstoff.

Im Gegensatz zum Leukomalachitgrün, bei dem die π -Elektronen durch das sp^3 -hybridisierte zentrale C-Atom getrennt sind, ermöglicht das beim Malachitgrün sp^2 -hybridisierte zentrale C-Atom eine Wechselwirkung der auxochromen Dimethylamino-Gruppen und des antiauxochromen Immonium-Ions.

Es kommt zu einer Farbvertiefung (bathochromer Effekt). Die Protonierung schränkt die Konjugation des π -Elektronensystems ein. Es erfolgt eine Farbaufhellung (hypsochromer Effekt).

5. Veilchen enthalten als Farbstoffe Anthocyane, deren Absorptionsverhalten wie bei pH-Indikatoren vom pH-Wert abhängt. Chlorwasserstoffgas entspricht Säurezugabe, Ammoniak-Lösung entspricht Basezugabe.

Beispiel: Pelargonidinchlorid



6. Bei der farbigen Form (Tinte-Blau) befindet sich der zentrale Kohlenstoff durch eine Doppelbindung in Konjugation zu den Benzolringen. Er ist sp^2 hybridisiert.

Bei Zugabe von Hydrogensulfit aus dem Tintenkiller wird dieses an die Doppelbindung angelagert. Die Doppelbindung wird gespalten. Dadurch ist keine Konjugation zu den Ringen mehr möglich. Wir beobachten eine Entfärbung. Der zentrale Kohlenstoff geht in die Hybridisierung sp^3 über.

Lehrentinte ist meist Eosin, also kein Triphenylmethanfarbstoff. Deshalb können die beschriebenen Reaktionen nicht stattfinden.

