

**Leistungskurs Chemie (NRW)**  
**Übungsaufgabe 6: Farbstoffe**

**Thema: Alizaringelb R**

**Aufgabenstellung**

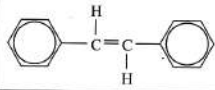
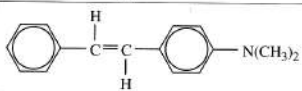
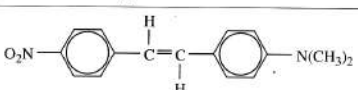
1. Geben Sie an, welche Farbe Sie für das Stilben und das 4-Nitro-4'-N,N-dimethylaminostilben erwarten und begründen Sie Ihre Zuordnung! (4 BE)
2. Erklären Sie ausführlich – auch anhand der mesomeren Grenzstrukturen – das unterschiedliche Absorptionsverhalten der drei Stoffe Stilben, 4-N,N-Dimethylaminostilben und 4-Nitro-4'-N,N-dimethylaminostilben! (24 BE)
3. Ordnen Sie den Farbstoff Alizaringelb R in eine Farbstoffklasse ein und begründen Sie Ihre Zuordnung! (4 BE)
4. Aus welcher Diazokomponente und aus welcher Kupplungskomponente kann man den Farbstoff Alizaringelb R herstellen? Begründen Sie die Wahl Ihrer Komponenten! (6 BE)
5. Geben Sie vollständige Reaktionsgleichungen und einen Reaktionsmechanismus für die Herstellung des Farbstoffs Alizaringelb R aus der Diazokomponente und der Kupplungskomponente an! (10 BE)
6. Alizaringelb R ist bei einem pH-Wert < 10 gelb. Bei Zugabe von Natronlauge (hoher Konzentration) zu einer Alizaringelb R-Lösung wird die Lösung ab pH 12 braunrot. Geben Sie für den pH-Bereich < 10 und für den stark alkalischen Bereich jeweils eine weitere mesomere Grenzformel an! Erklären Sie unter Einbeziehung der mesomeren Grenzformeln die Farbänderung von Alizaringelb R! (18 BE)  
(66 BE)

**Fachspezifische Vorgaben**

Die Substanzen Stilben, 4-N,N-Dimethylaminostilben und 4-Nitro-4'-N,N-dimethylaminostilben haben die in der Tabelle 1 angegebenen Strukturformeln. Sie haben ihr Absorptionsmaximum bei den in der dritten Spalte der Tabelle angegebenen Wellenlängen.

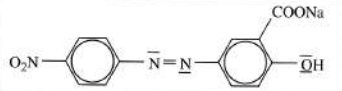
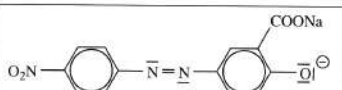
**Zusatzinformationen**

• Tabelle 1

Substanz	Strukturformel	Absorptionsmaximum in nm
Stilben		306
4-N,N-Dimethylaminostilben		340
4-Nitro-4'-N,N-dimethylaminostilben		495

Der Farbstoff Alizaringelb R ist ein Indikatorfarbstoff. Die Strukturformeln dieses Farbstoffs in Abhängigkeit vom pH-Bereich sind in der Tabelle 2 angegeben.

• Tabelle 2

Name	Strukturformel	pH	Farbe
Alizarin-gelb R		7-10	gelb
		> 12	braunrot / purpur

## Lösungsvorschläge

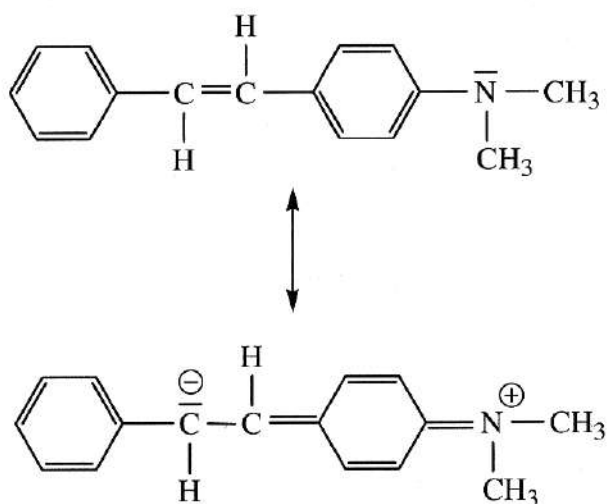
In den Aufgaben werden folgende Inhalte thematisiert:

- *Aromatische Systeme: Farbstoffe, Synthese von Azofarbstoffen, Azokupplung, mesomere Grenzstrukturen und Effekte, Theorie der Lichtabsorption, Farbigkeit, auxochrome Gruppen, Bathochromie, Molekülorbitale, HOMO, LUMO*
- *Säure-Base-Reaktionen: Indikator, Protonen-Aufnahme, -Abgabe*
- *Organische Stoffe: substituierte Stilbene, Alizarin, Gelb R*

1 Das Absorptionsmaximum von Stilben liegt nicht im Bereich des sichtbaren Lichts, sondern im ultravioletten Bereich ( $< 400$  nm). Daher ist Stilben farblos. Das Absorptionsmaximum von 4-Nitro-4'-N,N-dimethylaminostilben liegt bei 495 nm und damit im Bereich des sichtbaren Lichts. 4-Nitro-4'-N,N-dimethylaminostilben absorbiert im Bereich des blaugrünen Lichts. Die reflektierten Spektralfarben des weißen Lichts setzen sich additiv zur Komplementärfarbe (zum Farbeindruck) Rot zusammen (s. Tab. 3).

2 **Stilben** besitzt zwar ein ausgedehntes System von konjugierten Doppelbindungen (ausgedehntes konjugiertes  $\pi$ -Elektronensystem) als Chromophor. Dieses ist jedoch nicht so groß, dass die Substanz im Bereich des sichtbaren Lichts absorbieren könnte. Zur Absorption wird die energiereiche UV-Strahlung benötigt. Stilben ist daher farblos.

**4-N,N-Dimethylaminostilben** absorbiert bei längeren Wellen, d. h. zur Anregung von Elektronen ist hier weniger Energie erforderlich als beim Stilben. Das liegt daran, dass zusätzlich zu dem Chromophor aus konjugierten Doppelbindungen ein Auxochrom (auxochrome Gruppe) vorhanden ist, nämlich die N,N-Dimethylaminogruppe. Diese Gruppe hat einen positiven mesomeren Effekt (+M-Effekt), der bewirkt, dass das System aus konjugierten  $\pi$ -Elektronen erweitert wird. Dies kommt durch eine weitere mesomere Grenzformel zum Ausdruck:



Die untere Grenzformel ist jedoch wegen der Ladungstrennung energetisch ungünstiger als die obere. Die zwei energetisch ungleichwertigen Grenzformeln bringen zum Ausdruck, dass der Zustand des 4-N,N-Dimethylaminostilben

- Tabelle 3:

Wellenlänge (in nm) des absorbierten Lichts	Farbe des absorbierten Lichts	Farbeindruck
400–435	violett	gelbgrün
435–480	blau	gelb
480–490	grünblau	orange
490–500	blaugrün	rot
500–560	grün	purpur
560–580	gelbgrün	violett
580–595	gelb	blau
595–605	orange	grünblau
605–770	rot	blaugrün