

Purpur & Indigo – die Farbstoffe von Toga & Jeans

WOLFGANG KIRSCH

Online-Ergänzung

WOLFGANG KIRSCH

Purpur & Indigo – die Farbstoffe von Toga & Jeans



Purpur (Abb. 1) und Indigo (Abb. 2) sind Farbstoffe, die in der menschlichen Kulturgeschichte seit dem Altertum eine bedeutende Rolle spielen. Purpur ist ein leuchtstarker rotvioletter Farbstoff, der aus Purpurschnecken gewonnen wird. Im römischen Reich war es nur Senatoren und Kaisern erlaubt, purpurne Togen und Schärpen zu tragen. Um 1 g des Farbstoffes zu gewinnen, waren etwa 10.000 Purpurschnecken erforderlich. Die Struktur von Purpur wurde 1909 von PAUL FRIEDLÄNDER als 6,6'-Dibromindigo bestimmt.

Indigo ist ein Farbstoff, der in der Antike und im Mittelalter der einzige verfügbare tiefblaue Farbstoff war. Heutzutage verwendet man Indigo zum Färben von Denim-Stoffen, aus denen Blue-Jeans hergestellt werden. Die Wellenlänge des Absorptionsmaximums von Indigo beträgt $\lambda_{\max} = 606 \text{ nm}$ (in Ethanol, *Chemie.de*, 2015), die von Purpur $\lambda_{\max} = 596 \text{ nm}$ (in Tetrachlorethan, MELZER et al., 2001). Ausfärbungen beider Farbstoffe sowie ihre Strukturformeln kann man vergleichend bei (Wikipedia, 2015 c) betrachten. Indigoweiß (Abb. 3) ist die reduzierte Form von Indigo, die wasserlöslich ist und aufgrund dieser Eigenschaft bei der Indigo-Färbung im wässrigen System eine wichtige Rolle spielt.

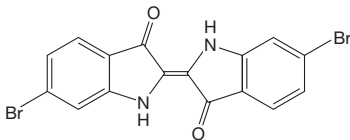


Abb. 1. Strukturformel von Purpur (Wikipedia, 2015 c)

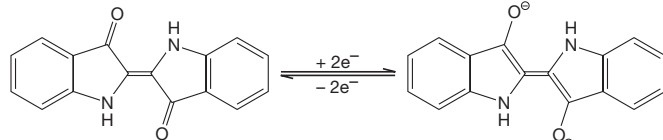


Abb. 3. Reduktion von wasserunlöslichem Indigo zu wasserlöslichem Indigoweiß (Leukoform) (Wikipedia, 2015 b).

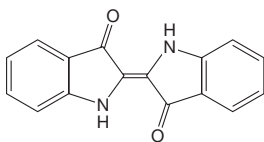
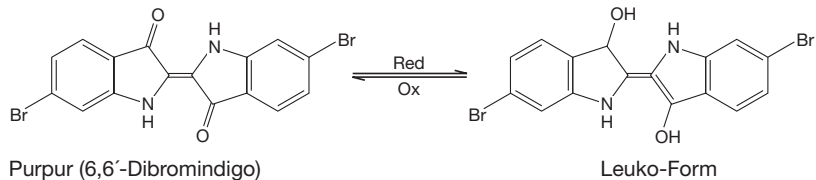


Abb. 2. Strukturformel von Indigo (Wikipedia, 2015 b).



Purpur (6,6'-Dibromindigo)

Leuko-Form

Abb. 4. Reduktion von wasserunlöslichem Purpur (6,6'-Dibromindigo) zur wasserlöslichen Leuko-Form

Aufgaben

- Vergleichen Sie die Strukturformeln von Purpur und Indigo (Abb. 1 und 2) hinsichtlich des Kohlenstoffgerüsts und der funktionellen Gruppen. Erläutern Sie hierbei, inwiefern Purpur zu den indigoiden (mit Indigo verwandte Stoffe) Farbstoffen zählt.
- Erläutern Sie anhand der Strukturformeln (Abb. 1, 2, 3 und 4), wieso Indigo und Purpur nur wenig wasserlöslich im Gegensatz zu Indigoweiß (reduzierte weiße Form des Indigos) und der Leukoform (reduzierte weiße Form des Purpurs) von Purpur ist.
- Begründen Sie, wieso das Absorptionsmaximum von Purpur im Vergleich zu Indigo im kurzwelligeren Bereich liegt.
- Erläutern Sie anhand der vier Verbindungen das chemische Basiskonzept Struktur-Eigenschaftsprinzip.
- Obwohl Toga und Jeans Kleidungsstücke sind, die nicht unterschiedlicher sein können, sind sie doch über ihre Farbstoffe eng miteinander verbunden. Nehmen Sie kurz dazu Stellung.



Lösungsvorschlag:

Zu erwartende, mögliche Schülerlösung

Zu a)

Purpur und Indigo besitzen ein ähnliches aromatisches Kohlenstoff-Gerüst, bei dem zwei Pyrolringe zu erkennen sind, die mit jeweils einem Benzolring verbunden sind. Diese beiden aromatischen Heterocyklen, die auch als Indol oder 2,3-Benzopyrrol bezeichnet werden, sind miteinander über eine Doppelbindung verknüpft. Beide Pyrolringe weisen jeweils eine Keto-Gruppe auf. Im Unterschied zum Indigo-Molekül ist am Purpur-Molekül an den Benzolringen jeweils ein Brom-Atom substituiert. Deshalb wird das Purpur-Molekül auch als 6-6'-Dibromindigo bezeichnet.

Hinweis: Aufgrund der engen Verwandtschaft beider Moleküle auf Teilchenebene sind nach dem Struktureigenschaftsprinzip auch die Eigenschaften sehr ähnlich. Deshalb kann man Färbungen bei Purpur und bei Indigo nach dem Prinzip der Küpenfärberei vollziehen. Bei dieser Färbemethode verwendet man wasserlösliche Stoffe wie Indigoweiß und die Leukoform von Purpur zum Färben von hydrophilen Textilien aus Baumwolle, Leinen, Wolle und Seide, die aus Cellulose oder Protein bestehen. Erst beim Trocknen der behandelten Textilien in Sonne und Luft entstehen durch Oxidation der Leukoformen die Farben Indigo und Purpur (Abb. 3 und Abb. 4). Da sich das Purpur-Molekül nur durch die beiden substituierten Brom-Atome vom Indigo unterscheidet, zählt Purpur zu den indigoiden Farbstoffen.

Zu b)

Indigoweiß kann aufgrund der beiden negativ geladenen Sauerstoffatome an den Pyrolringen mit Wassermolekülen Ion-Dipol-Wechselwirkungen eingehen, was zu einer guten Wasserlöslichkeit führt. Beim Indigo-Molekül fehlen diese geladenen Gruppen. Da keine weiteren hydrophile Gruppen am Molekül vorhanden sind, verhält sich Indigo lipophil und hydrophob. Die Leukoform des Purpurs hingegen besitzt zwei hydrophile polare Hydroxyl-Gruppen. Durch diese funktionellen Gruppen ist die Leukoform von Purpur wasserlöslich.

Zu c)

Aufgrund der zahlreichen Doppelbindungen absorbieren Indigo- und Purpur-Moleküle im Wellenlängenbereich des sichtbaren Lichts. Die substituierten Brom-Atome beeinflussen ebenfalls die Absorption und verschieben das Absorptionsmaximum beim Purpur im Vergleich zum Indigo in den kürzerwelligen Bereich, so dass Purpur im Vergleich zum blaufarbenen Indigo einen violetten Farbstich aufweist. Die beiden zusätzlichen Brom-Substituenten im Purpur-Molekül wirken folglich hypsochrom (WIKIPEDIA 2015 c). Die Leukoformen der beiden Farbstoffe besitzen weniger konjugierte Doppelbindungen.

Zu d)

Wie oben aufgezeigt, weisen die vier Strukturformeln der Stoffe nur geringfügige Unterschiede auf, was aber einen erkennbaren Unterschied bei der Wasserlöslichkeit und bei der Farbe, also bei den Eigenschaften der Stoffe, zur Folge hat. Purpur und Indigo sowie ihre Leukoformen sind somit Belege für das Struktur-Eigenschafts-Konzept, einem Basis-Konzept der Chemie: Die Struktur der Verbindung auf der Teilchenebene bestimmt die stoffliche Eigenschaft der Verbindung.

Zu e)

Toga und Jeans gehören zwei sehr unterschiedlichen, 2000 Jahre auseinanderliegenden, historischen Epochen an. Dabei wurden pupurne Togen in der Antike von der Oberschicht und Blue Jeans in der Neuzeit von Goldgräbern und der Arbeiterklasse getragen, bevor sie zu einem modischen Highlight in den siebziger Jahren des 20. Jahrhunderts wurden. Purpur und Indigo gehören zu den indigoiden Farbstoffen und sind somit eng miteinander verwandt. Sie unterscheiden sich nur durch die beiden Brom-Substituenten beim Purpur. So verbindet die indigoide Farbstoffklasse auf elegante Weise historische Epochen und soziale Klassen.

Literatur

MELZER, R. R., BRANDHUBER, P., ZIMMERMANN, T. & SMOLA, U. (2001). Der Purpur - Farben aus dem Meer. *Biologie in unserer Zeit* **31**(1), 30-39.

CHEMIE.DE (2015) http://www.chemie.de/lexikon/Absorptionswerte_chemischer_Substanzen.html (31.05.2015).

WIKIPEDIA (2015 a). [http://de.wikipedia.org/wiki/Purpur_\(Farbe\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Purpur_(Farbe)) (15.06.2015).

WIKIPEDIA (2015 b). <http://de.wikipedia.org/wiki/Indigo> (14.06.2015).

WIKIPEDIA (2015 c). <http://de.wikipedia.org/wiki/Auxochrom> (14.06.2015).