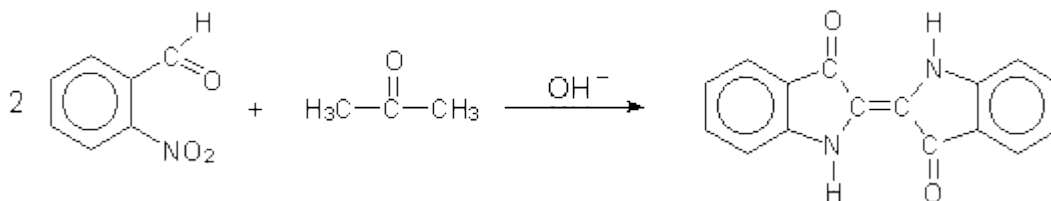


## Gruppe 12: Synthese von Indigo

### Reaktion:



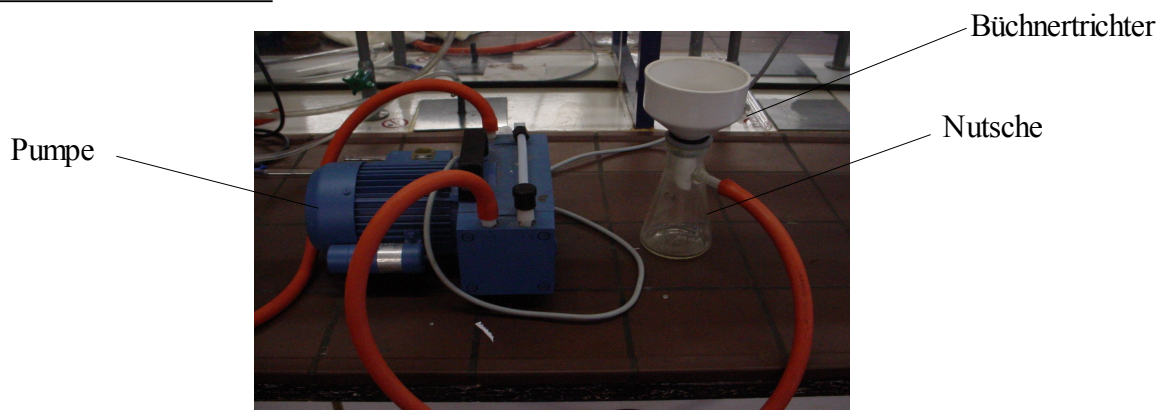
### Chemikalien:

Eingesetzte Stoffe	Gefahrensymbole	R- und S- Sätze	Einsatz in der Schule
o-Nitrobenzaldehyd	Xn	R 26	(in Soester-Liste nicht aufgeführt) gilt als unbedenklich.
Aceton	F, Xi	R 11-36-66-67 S 2-9-16-26	Sekundarstufe I
Natronlauge (c = 1 mol/l)	C	R 34 S 26-36/37/39-45	Sekundarstufe I
Ethanol	F	R 11 S 2-7-16	Sekundarstufe I

### Materialien:

Becherglas (50 ml), Nutsche, Pumpe, Büchnertrichter, Filterpapier

### Aufbau beim Abnutschen:



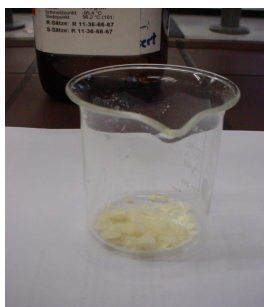
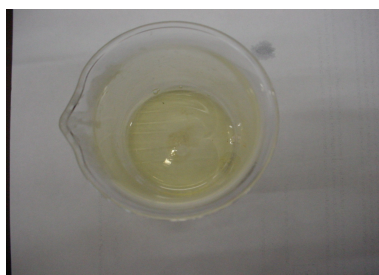
### **Durchführung:**

Man löst 1 g o-Nitrobenzaldehyd in 3 ml Aceton und gibt 4 ml Wasser zu. Danach tropft man unter Umrühren 4 ml Natronlauge ( $c = 1 \text{ mol/l}$ ) zu.

Lasse einige Minuten stehen und nutsche dann ab. Wasche den Rückstand mit Ethanol.

### **Beobachtung:**

Die Lösung des o-Nitrobenzaldehyd, Aceton und des Wasser ist leicht gelblich (Foto A), genauso wie zuvor der Feststoff Nitrobenzaldehyd (Foto B).



Bei der Zugabe der Natronlauge färbt sich die Lösung rasch dunkel (Foto C). Es bildet sich ein dunkler Niederschlag. Nach dem Abnutschen und Waschen mit Ethanol zeigt dieser Niederschlag den typischen Kupferglanz von kristallinem Indigopulver (Foto D).



### **Entsorgung:**

Entleeren Sie das Filtrat in den Kanister für Lösungsmittelabfälle und kratzen Sie den Indigo mit einem Spatel und heben sie es entweder für Färbeversuche auf oder geben sie es in die Feststofftonne.

### **Fachliche Analyse:**

Allgemeines zum Thema Indigo:

Indigo ist einer der ältesten und wichtigsten Naturfarbstoffe, mit dem schon vor Jahrtausenden in der ganzen Welt - in Aegypten, Indien und China - Kleider, Teppiche und Tongefäße gefärbt wurden. Bei einigen Volksstämmen in Südamerika diente Indigo gar als Schminke für die Lippen und die Kelten färbten als Kriegsbemalung ihren ganzen Körper mit Indigo ein.



Früher wurde Indigo pflanzlich gewonnen: Neben dem Indigostrauch (Foto siehe links), der vor allem in Indien vorkommt, wurde Indigo auch aus dem einheimisch vorkommenden Färberwaid isoliert. Nach der Ernte ließ man die Pflanzen wässern und vergären. Aus der so erhaltenen Lösung konnte entweder Indigo gewonnen werden oder sie konnte direkt zum Färben verwendet werden.

1878 gelang die erste Indigosynthese. Während der Industrialisierung wurde Indigo vor allem dazu verwendet, um Arbeitskleidung blau zu färben. Heute werden hingegen 90% des künstlich hergestellten Indigo für die Färbung von Jeanskleidung benutzt.

Der synthetische Indigo verdrängte also den pflanzlich gewonnenen und die Plantagen gingen weltweit ein. Doch auch der künstliche Indigo konnte neben den vielen neu synthetisierten blauen Farbstoffen, die billiger und lichtechter waren, nicht lange bestehen. Erst mit der Jeans-Mode wurde er wieder begehrt.

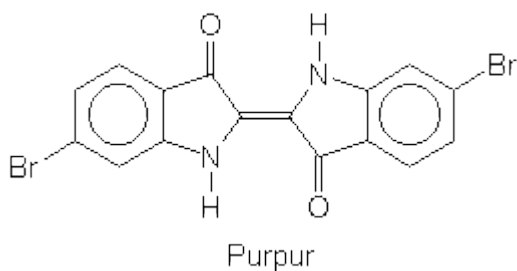


In Afrika wird Indigo heute noch viel zum Färben verwendet (siehe Foto links). Die sogenannten "Blauen Männer" erhielten ihren Namen von ihrer Kleidung. Als kriegerische Nomaden hatten sie keine Textilproduktion, sondern erwarben Stoffe oder fertige Kleidungsstücke auf den lokalen Märkten der Sahara, des Maghreb oder Westsudan (Sahel). Die "Blauen Männer" in der Sahara sind zu einem festen Begriff geworden. Heute bezeichnet man damit nicht selten die *Twareg* (Tuareg) in der Zentralsahara und im Sahel von Niger und Mali. Indigo färbt auf die Haut ab, daher stammt der Name der "Blauen Männer". Die Beliebtheit der blauen

Farbe hat wohl viel mit der Vorstellung zu tun, dass Blau allein schon vor dem "Bösen Blick" schützt, sei es als Wandfarbe, als Keramikfliese, als Kleider- oder heutzutage als Autofarbe. Färbt ein blaues Kleidungsstück die Haut, würde sich dieser Vorstellung gemäß der Schutz übertragen.

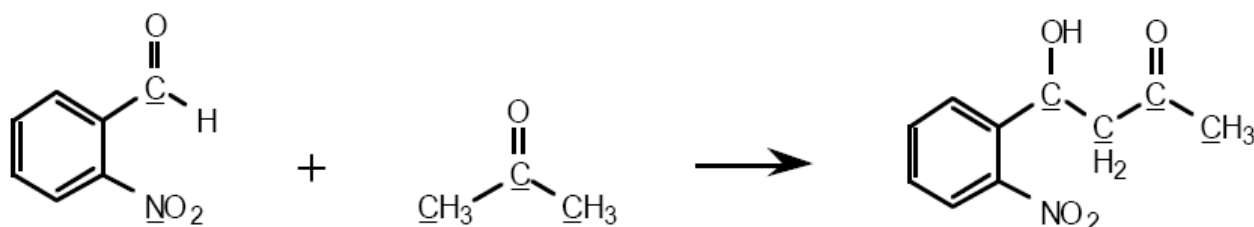
Synthetischer Indigo lässt sich auf verschiedene Arten herstellen. In der oben beschriebenen Versuchsvorschrift handelt es sich um diejenige Synthese, mit der dem deutschen Chemiker Bayer die Strukturaufklärung von Indigo gelang - ein Meilenstein in der organischen Chemie.

Substituiert man zwei H-Atome durch Brom, so erhält man den berühmten Farbstoff der Purpurschnecke. Dies zeigt, wie leicht Farbeigenschaften bestimmter Moleküle beeinflussbar sind.

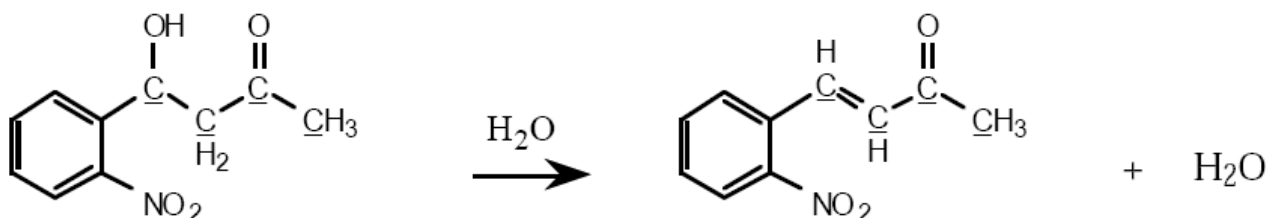


### Reaktionsmechanismus:

1) Im ersten Schritt lassen wir ortho-Nitrobenzaldehyd mit Aceton reagieren:

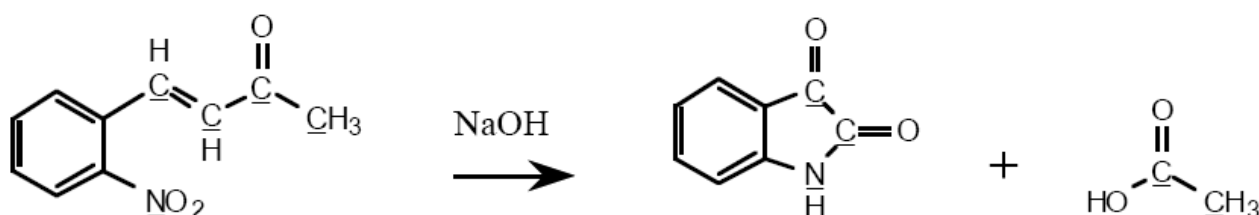


2) Die katalytische Wirkung der Zugabe von Wasser bewirkt, dass sich unter Abspaltung eines Wassermoleküls eine Doppelbindung ausbildet:

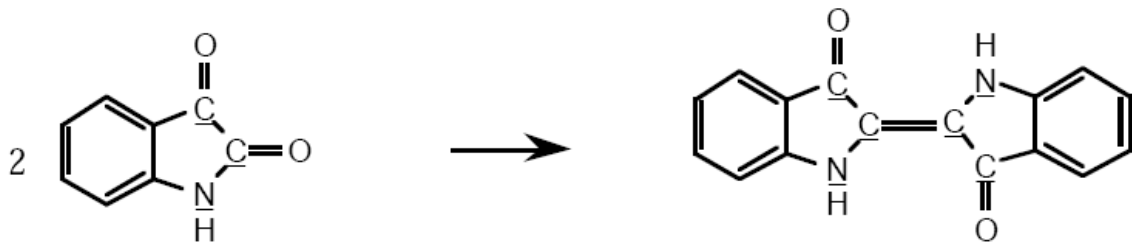


Fassen wir den ersten und zweiten Schritt zusammen, ergibt sich eine Reaktion, bei der sich zwei Moleküle unter Austritt eines kleineren Moleküls (hier ein Wassermolekül) verbinden. Solche Reaktionen werden Kondensationsreaktionen genannt.

3) Im dritten Schritt wird Natronlauge (NaOH(aq)) zugegeben. Dabei wird zunächst in einem komplizierten Reaktionsmechanismus, der heute noch nicht vollständig erklärt werden kann, unter Abspaltung von Essigsäure Isatin gebildet:



4) Zwei Moleküle Isatin vereinigen sich schließlich zu einem Indigo-Molekül:

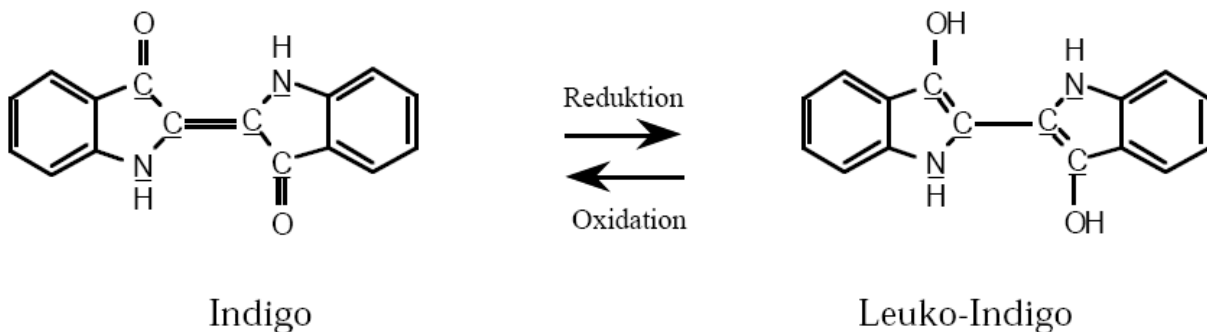


### Färben mit Indigo:



Indigo ist in wässrigen Lösungen unlöslich. Um einen Farbstoff auf Fasern aufzuziehen, ist es jedoch notwendig, dass er in gelöster Form vorliegt. Im sogenannten "Verküpen" wandelt man Indigo zu diesem Zweck mit Natriumdithionit zum löslichen, hellgelb gefärbten "Leuko-Indigo" um. Es handelt sich dabei um einen Reduktionsvorgang:

Hängt man das Kleidungsstück nach dem Aufziehen an die Luft, wird Leuko-Indigo durch den Luft-Sauerstoff wieder zum blauen Indigo oxidiert.



Diesen Versuch kann man ebenfalls in der Schule durchführen (zu empfehlen ist die Versuchsvorschrift auf der Seite <http://www.experimentalchemie.de/versuch-007.htm>).

### Methodisch- Didaktische Analyse:

Der zeitliche Aufwand für diesen Versuch ist gering, die Vorbereitung dauert ca. 5 Minuten die Durchführung ungefähr 10 und die Nachbereitung aufgrund der einfachen Entsorgung ebenfalls höchstens 5 Minuten.

Der apparative Aufwand (mal abgesehen von der teuren Pumpe die vielleicht nicht an jeder Schule vorhanden ist) ist ebenfalls niedrig, vorausgesetzt man führt diesen Versuch als Lehrerversuch

durch. Sollte man ihn jedoch als Schülerversuch durchführen, so sollte man bedenken das man mehrere Nutschen und Büchnertrichter benötigt, die vielleicht nicht an jeder Schule vorhanden sind. Dem kann man jedoch aus dem Weg gehen wenn sich die Schüler abwechseln bei der Benutzung dieser Geräte.

Der finanzielle Aufwand ist gering da schon kleine Mengen genügen um die gewünschten Effekte zu erzielen (man kann den oben genannten Ansatz auch durchaus verkleinern, die Ausbeute dürfte immer noch reichlich sein).

Der Versuch gelingt sehr gut und ist methodisch schon aus dem Grund sehr sinnvoll da man ein wichtiges und bekanntes Herstellungsverfahren eines Farbstoffes durchführt. Der Effekt das ein Farbstoff entsteht gelingt sehr gut und ist deutlich zu erkennen, da es zu einer intensiven Färbung kommt (aus dem Grund empfiehlt sich auch bei diesem Versuch mit Kittel durchzuführen).

Didaktisch ist dieser Versuch ebenso wertvoll, da er zeigt mit welchen einfachen Mitteln man einen Farbstoff herstellen kann. Außerdem handelt es sich um einen Farbstoff zudem die Schüler einen großen Bezug haben dürften, da wohl jeder von ihnen eine Jeans-Hose besitzt.

Es bietet sich an diesen Versuch im Schülerexperiment durchführen zu lassen, da Färbeverfahren ein sehr wichtiges auch für den Alltag brauchbares Thema sind, dafür sprechen auch die laut Soester-Liste ungefährlichen Chemikalien.

Im Unterricht kann man diesen Versuch sehr gut zum Thema Farbstoffe anbringen. Dieses Thema wird laut dem neuen G8 Lehrplan in der 12 Klasse unter dem Wahlthema angewandte Chemie behandelt. Man könnte diesen Versuch auch sehr gut mit dem Fach Geschichte im fächerübergreifenden Unterricht behandeln, da man anhand von diesem Farbstoff die Industrialisierung behandeln könnte.

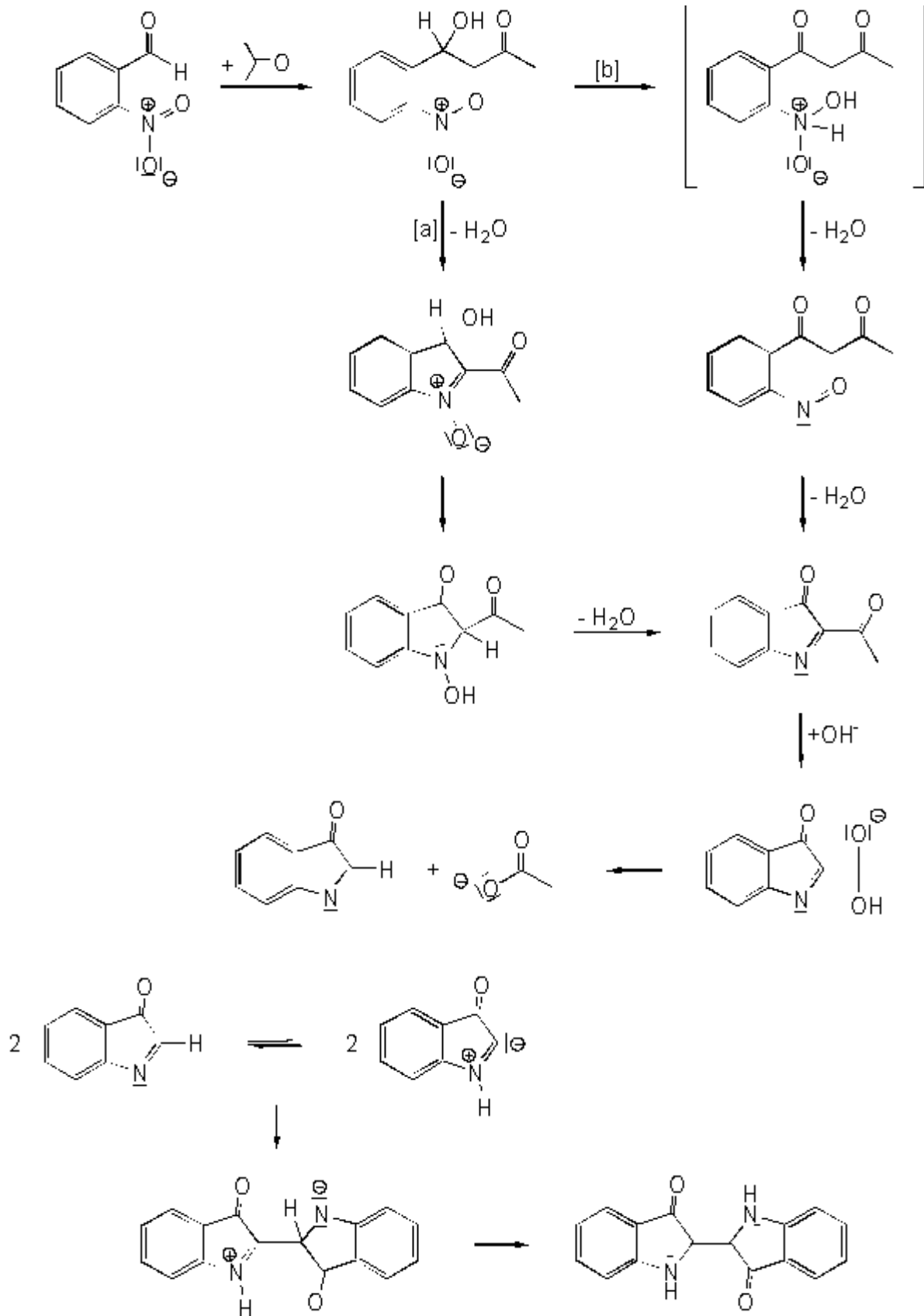
Zu empfehlen ist auf jedenfall das man mit dem „selbstgemachten“ Indigo Färberversuche durchführt. Da es die Schüler erstens bestimmt interessiert ob ihr Farbstoff denn auch „funktioniert“ und zweitens das Färbeverfahren für die Industrie sehr wichtig ist und deshalb auf jedenfall auch besprochen werden sollte.

### **Literatur:**

- [http://dc2.uni-bielefeld.de/dc2/farben/farbv\\_05.htm](http://dc2.uni-bielefeld.de/dc2/farben/farbv_05.htm)
- <http://www.swisseduc.ch/chemie/labor/indigo/docs/indigo.pdf>
- <http://www.seilnacht.com/Lexikon/Indigo.htm>
- <http://www.experimentalchemie.de/versuch-007.htm>
- <http://www.kohlbach.org/marokko/guelmim.htm>
- Experimentalvortrag: die Naturfarbstoffe Alizarin und Indigo; Achim Müller
- Chemie heute, Sekundarstufe II; M.Jäckel; Schroedel Schulbuchverlag; 1992

**Anhang (Verbesserung):**

Der Reaktionsmechanismus ist bis heute ungeklärt. Nachfolgend sind zwei Mechanismen aufgeführt, die plausibel erscheinen. Sie unterscheiden sich nur in der Art der Hydridverschiebung.



[vgl.: Experimentalvortrag: die Naturfarbstoffe Alizarin und Indigo; Achim Müller]