

Indigo – Der Farbstoff der Blue Jeans



Indigotin – Die Farbe blauer Ostereier



**Seminararbeit
zur LV**

„Spezielle Fachdidaktik aus Chemie“

WS 2004/05

Susanne Kogler

Inhalt	Seite
A) Thema.....	3
B) Didaktisches Konzept.....	3
1. Was? (Inhalt).....	3
2. Wie? (Methodik).....	4
3. Warum? (Ziel).....	4
C) Fachliche Inhalte.....	5
1. Geschichte der Farbstoffe.....	5
- Exkurs: Geschichte des Indigo.....	5
2. Physikalisch-chemische Grundlagen.....	9
- Physikalische Grundlagen.....	9
- Chemische Grundlagen.....	11
3. Arten von Farbstoffen und Färbung.....	13
- Einteilung nach chemischen Gesichtspunkten.....	13
- Einteilung nach färbetechnischen Gesichtspunkten.....	14
4. Indigo.....	16
- Eigenschaften.....	16
- Gewinnung.....	16
- Strukturaufklärung und Synthese.....	18
- Küpenfärbung.....	23
- Alltagsbezug Jeans.....	25
5. Indigotin als Lebensmittelfarbstoff.....	26
- Wozu Lebensmittelfarbstoffe?.....	26
- Was sind Lebensmittelfarbstoffe?.....	26
- Indigotin.....	27
D) Methodenwahl.....	27
E) Lernzielkontrollen.....	28
F) Literatur.....	28
G) Anhang.....	29
1. Lückentext: Indigo	
2. Versuchsvorschriften	

A) Thema

Wie der Titel dieser Seminararbeit schon sagt geht es darin um Indigo und den Lebensmittelfarbstoff Indigotin.

Zuerst möchte ich aber ganz allgemein die Geschichte der Farbstoffe behandeln.

Wichtig erscheinen mir auch die physikalisch-chemischen Grundlagen von Farben, Farbsehen und Farbstoffen.

Bevor ich speziell auf die Indigofarbstoffe eingehe möchte ich noch einen kurzen Überblick über Farbstoffe und Färberei geben.

Bei der speziellen Behandlung des Farbstoffes Indigo möchte ich auf Gewinnung und Synthese und natürlich auf die Begegnung mit Indigo im Alltag eingehen.

Auch bei dem mit Indigo verwandten Farbstoff Indigotin möchte ich einen Bezug zum Alltag herstellen, da er als Lebensmittelfarbstoff Verwendung findet und somit allgegenwärtig ist.

B) Didaktisches Konzept

1. Was? (*Inhalt*):

Als erstes möchte ich darlegen, was die Schüler von diesem Thema mitnehmen sollen und was sie möglichst lange behalten sollen:

- a) Was ist Farbe beziehungsweise wie kommt der Farbeindruck zustande (physikalisch-chemische Grundlagen)?
- b) Was ist ein Farbstoff, welche Eigenschaften muss er haben und welche Arten von Farbstoffen gibt es?
- c) Wie lange schon verwendet die Menschheit Farbstoffe und wie wurden sie gewonnen und verarbeitet (Geschichte)?
- d) Was ist Indigo, wie wird er gewonnen, verwendet und wozu wird er bis heute gebraucht?
- e) Wo im Alltag begegnen uns Farbstoffe allgemein und im speziellen Indigo und verwandte Farbstoffe?

2. Wie? (Methodik):

Die verschiedenen Inhalte erfordern auch verschiedene Methoden und Medien um sie möglichst interessant zu gestalten und vor allem um sie im Gedächtnis der Schüler zu festigen:

- a) Die physikalisch-chemischen Grundlagen sollten am besten in Form von Frontalunterricht dargelegt werden, wobei auf möglichst gute Illustration zu achten ist. Dies könnte zum Beispiel mittels Overhead- oder Power-Point-Folien geschehen (elektromagnetisches Spektrum, Zerlegung von weißem Licht,...)
- b) Die Eigenschaften und die Arten von Farbstoffen kann man sicher in Form von Gruppenarbeit wie Gruppenpuzzles, Kugellager usw. durchnehmen.
- c) Die Geschichte der Farbstoffe muss natürlich nicht so genau beherrscht werden und kann vom Lehrer vorgetragen werden. Eine andere Möglichkeit ist es, einfach zwischendurch einige interessante Episoden aus der Geschichte der Chemie zu erzählen. Weiters könnte man auch fächerübergreifend mit Geschichte oder Bildnerischer Erziehung das Thema behandeln.
- d) Bei der Behandlung des Indigo bietet sich natürlich an, mit Experimenten zu arbeiten. Es kann sowohl die Synthese des Indigo als auch die Küpenfärbung von den Schülern durchgeführt werden.
- e) Der Alltagsbezug kann am besten durch Frageunterricht hergestellt werden. Wenn die Schüler selbst erst überlegen müssen, wo sie es überall mit Farbstoffen zu tun haben, wird es für sie interessanter und sie werden sich mehr davon merken.

3. Warum? (Ziel):

Grobziel:

Die Schüler sollten wissen, was Farbstoffe sind, warum sie farbig erscheinen und wozu sie verwendet werden.

Feinziel:

Die Schüler sollten sich der Alltagsrelevanz des großen Themas Farbstoffe bewusst werden und im speziellen über die Anwendung von Indigo und Indigotin bescheid wissen. Sie sollten wissen, dass Farbstoffe sowohl für Textilien als auch für Lebensmittel verwendet werden.

C) Fachliche Inhalte

1. Geschichte der Farbstoffe:

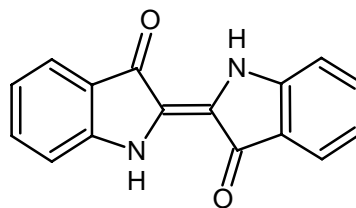
Die Geschichte der Farbstoffe beginnt schon unglaublich früh, und zwar in der Altsteinzeit (um 15000-9000 v. Chr.). Schon damals haben sich Menschen *anorganischer Pigmente* wie Holzkohle, Rötel (Fe_2O_3), Ocker (Verwitterungsprodukte von Eisenerzen), Braunstein (MnO_2) und Kalk bedient um die Wände ihrer Höhlen zu bemalen.

Zum Beispiel findet man noch heute Malereien der Cro-Magnon-Kultur in den Höhlen von Altamira (Nordspanien) und Lascaux (Südfrankreich). Die Farbstoffe von denen Reste in Muschelschalen und Knochennäpfchen gefunden wurden, hat man ohne Bindemittel auf das Felsgestein aufgetragen. Die Konservierung dieser Farbstoffe verdanken wir dem Einsickern von kalkhaltigem Wasser, welches die Zeichnungen von Tieren und Jägern im Laufe der Zeit mit einer durchsichtigen Schicht aus Calcium- und anderen Mineralsalzen überdeckt hat.

Über die Verwendung *organischer Farbstoffe* sind wir heute weniger gut informiert, da diese die Zeiten bis heute nur selten überdauert haben. Der Grund liegt darin, dass organische Verbindungen relativ leicht durch Einwirkung von Luft, Licht und Mikroorganismen zersetzt werden.

Exkurs: Geschichte des Indigo:

Abb. 1: Indigo



Indigo ist einer der ältesten und wichtigsten organischen Naturfarbstoffe, mit dem schon vor Jahrtausenden in der ganzen Welt unter anderem Kleider und Teppiche gefärbt wurden. Die ältesten Funde stammen aus einer steinzeitlichen Höhle in Frankreich. Auch in Mumien der Ägypter, 2000 v. Chr., wurden mit Indigo gefärbte Bänder gefunden, die in den luftdicht abgeschlossenen Grabkammern konserviert wurden.

Der Name des Farbstoffes geht auf das griechisch Wort $\iota\upsilon\delta\iota\kappa\acute{o}\nu$ (indikón: das Indische) zurück und wurde über das Lateinische „indicum“ zum heute verwendeten spanischen „indigo“.

Der älteste schriftliche Hinweis kann bei *Cäsar* in seinem „Gallischen Krieg“ (V, 14) nachgelesen werden: „*Omnes vero se Britanni vitro inficiunt, quod caeruleum efficit*“

colorem, atque hoc horridiores sunt in pugna aspectu.“ (Dt.: „Alle Briten aber bestreichen sich mit Waid, welches himmelblau färbt, und sehen dadurch im Kampf umso

fürchterlicher aus.“) Die Römer benutzten Indigo als Heilmittel, aber allgemein galt der blaue Farbstoff bis etwa 1100 n. Chr. als Teufelsfarbe. Zum ersten Mal wird im 3. oder 4. Jahrhundert n. Chr. auf einem Papyrus eines thebanischen Grabes beschrieben, wie man aus Waid einen Farbstoff herstellt. In Europa gewann man Indigo lange Zeit aus Färberwaid, einer Blütenpflanze aus der Familie der Kreuzblütler.



Abb. 2: Färberwaid

Verschiedene Urkunden aus dem 12. Jahrhundert berichten vom Waidanbau in Thüringen, dessen Handel die Stadt Erfurt zur wirtschaftlichen Entwicklung verhalf. Die Waidhändler kauften das pflanzliche Rohmaterial von den Kleinbauern, die in den umliegenden ländlichen Gebieten Waid anbauten. Danach verarbeiteten sie es zum Farbpulver, das sie an die Färber weiterverkauften. Der in Thüringen produzierte Indigo wurde in die Tuchstadt Köln, aber auch nach Holland und nach England exportiert. Im Jahre 1602 gründeten die Holländer die ostindische Handelsgesellschaft. Damit war der Untergang des europäischen Indigos besiegelt, denn die holländischen Seefahrer begannen, Indigo aus Indien zu importieren. Der Farbstoff war preisgünstiger herzustellen, weil die indische Indigopflanze sich durch eine höhere Farbausbeute auszeichnete.

Abb. 3: Indigofera tinctoria



Zur Stützung des einheimischen Verbote und Bedrohung mit

Waidhandels wurden zunächst Todesstrafe erlassen, die die

Einfuhr und die Weiterverarbeitung der indischen Indigopflanze verhindern sollten. Nach einem langen Konkurrenzkampf setzte sich der indische Indigo im 17. Jahrhundert durch. Im Jahre 1897 z.B. befanden sich in Indien 700.000 Hektar Anbaufläche für Indigo und die indische Jahresproduktion lag bei cirka 8.000 Tonnen. 1878 gelang dem deutschen Chemiker Adolf von Baeyer die erste künstliche Herstellung von Indigo. Die im Jahr 1897 gegründete Badische Anilin- und Sodafabrik (BASF) brachte diesen zu einem sehr günstigen Preis in den Handel. Deshalb sank der Marktanteil an natürlichen Indigo drastisch (im Jahre 1914 betrug der Marktanteil 4%). Die Färbungen mit künstlichem Indigo zeichnen sich durch eine wesentlich höhere Farbintensität und dunklere Färbungen aus, aber heutige Färber bevorzugen

immer noch den natürlichen Indigo, weil sein etwas helleres „Originalblau“ bei Liebhabern von natürlichen Fasern und Farbstoffen mehr geschätzt ist.

Ein weiterer wichtiger Farbstoff ist *Krapp*, der schon den alten Ägyptern neben Indigo bekannt war. Die Krapp-Pflanze besitzt einen gelbfleischigen Wurzelstock, der sich beim Trocknen rot verfärbt. Der färbende Bestandteil der Pflanze ist das Alizarin.

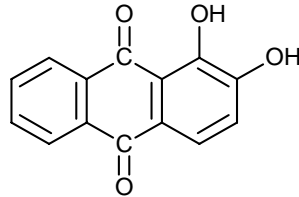


Abb. 4: Alizarin

Neben den Ägyptern verwendeten auch die Griechen, Römer, Inder, Perser und Türken Krapp zum Färben von Teppichen.

Über Italien kam der Farbstoff nach Westeuropa (vor allem nach Frankreich, Holland und ins Elsass). Bis ins 19. Jahrhundert waren blau und rot die wichtigsten Farben für Uniformen.

Weiters gab es noch einen wichtigen roten Farbstoff. *Purpur* der „König aller Farben“ wurde in der Antike aus einer Meeresschnecke gewonnen (Purpurschnecke). Dieser echte oder antike Purpur zeichnete sich durch seine Lichtechtheit aus.

In der Nähe von Sur und Saide im Libanon, beziehungsweise Tyros und Sidon, wie diese Städte im antiken Phönizien hießen findet man heute noch große Mengen an Schneckengehäusen.

Die Gewinnung von Purpur war ein sehr kompliziertes Verfahren: Eine bestimmte winzige Drüse in der Kiemenhöhle der Schnecke enthält eine Vorstufe des Farbstoffes. Diese wird durch Zermahlen der Schnecken gewonnen und ergibt nach Zusatz von Salz eine trübe, bräunlich-gelbe Flüssigkeit. Diese Brühe muss man circa zehn Tage erhitzen bis ungefähr 100 Liter Flüssigkeit auf fünf Liter reduziert sind. Diese Flüssigkeit ist dann die gelbe Vorstufe des Purpurs, die sich bei Einwirkung von Licht in Purpur verwandelt. So brauchte man für 1g Purpur circa 8000 Schnecken. Somit ist es kein Wunder, dass Purpurwolle als Luxusartikel galt. Im Römischen Reich durfte nur eine bestimmte Zunft Purpur herstellen und diese wurde staatlich überwacht. Das Verfahren musste geheim gehalten werden. Ein weiteres Zeichen für die Kostbarkeit des Farbstoffes war, dass nur der römische Kaiser eine purpurne Toga tragen durfte und die Senatoren eine Toga mit Purpurstreifen trugen.

Dieser Farbstoff tierischer Herkunft hat eine verblüffende chemische Ähnlichkeit mit Indigo (Dibromindigo)!

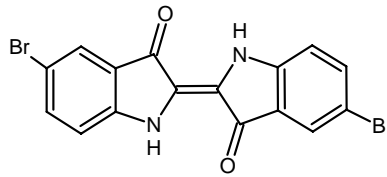


Abb. 5: Dibromindigo (Purpur)

Der Königspurpur des Mittelalters und der Kardinalspurpur waren meist kein echter Purpur mehr, sondern Krapprot.

Weitere Farbstoffe des Altertums waren *Safran* (ein Krokusgewächs) und *Kermes* (Kermesschildlaus).

Der Handel über die Handelsstraßen kam mit dem Verfall des Römischen Reiches zum Erliegen. In den folgenden Jahrhunderten entwickelte sich ein neuer Levantehandel (ital.: levante = Osten) zwischen dem östlichen Mittelmeer und Venedig. Zur Hochburg der mittelalterlichen Färberei wurde Florenz. Die Stoffe dafür kamen aus England und Flandern und die Farben wie Indigo, Kermes und Safran aus dem Orient.

Mit der Entdeckung Amerikas 1492 kamen unter anderem neue Farbstoffe nach Europa. Dies waren vor allem Färbehölzer wie *Blau- und Rotholz* aber auch *Cochennille* aus der Schildlaus *coccus cacti* welches auch *Karmin* genannt wird.

Im 19. Jahrhundert hatte schließlich die Entwicklung der *synthetischen Farbstoffe* einschneidende wirtschaftliche und soziale Folgen. Die großen deutschen Farbenfabriken wie die „Farbenhandlung Bayer“ die „Badische Anilin- und Sodafabrik“ (BASF) und die „Farbwerke Hoechst“ entstehen.

2. Physikalisch- chemische Grundlagen

Physikalische Grundlagen:

Sichtbares Licht ist ein schmales Gebiet im *elektromagnetischen Schwingungsspektrum*, das die Netzhaut des menschlichen Auges reizt und über das Gehirn Seheindrücke vermittelt.

Jeder Schwingungszahl ν entspricht eine ganz bestimmte Farbe. Die längste wahrnehmbare Wellenlänge ($\lambda = 800 \text{ nm}$) entspricht einem dunklen Rot und die kürzeste ($\lambda = 400 \text{ nm}$) einem dunklen Violett. Dazwischen liegen unendlich viele weitere Farben.

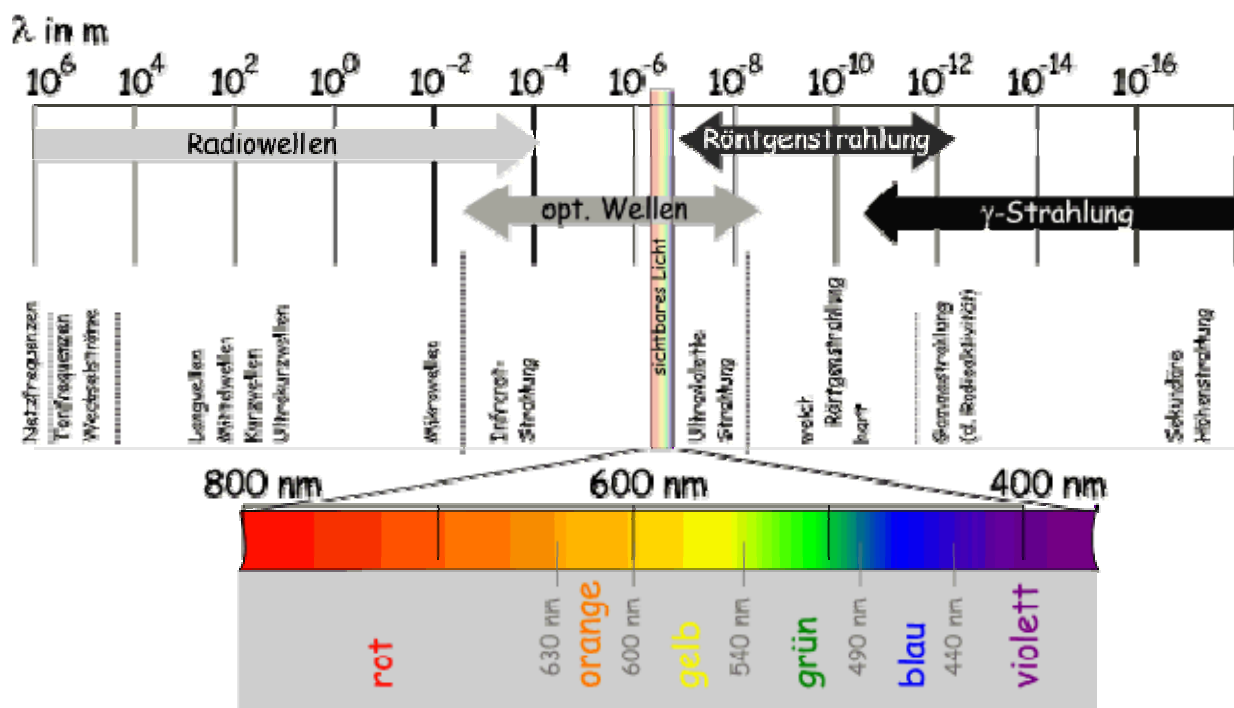


Abb. 6: Das elektromagnetische Spektrum

Leitet man weißes Licht durch einen Spalt auf ein Glasprisma wird es in unendlich viele farbige Lichtstrahlen, die kontinuierlich ineinander übergehen, zerlegt.

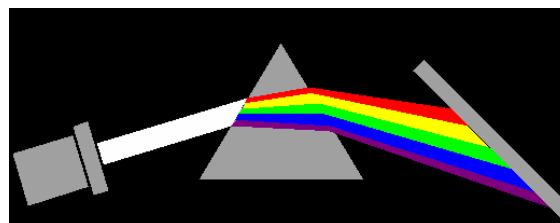


Abb. 7: Zerlegung von weißem Licht

Vereinigt man die farbigen Lichtstrahlen durch eine Sammellinse ergeben sie wieder weißes Licht.

Fasst man einen beliebigen Teil der Strahlen zusammen, ergibt sich eine Mischfarbe. Zwei Farben, die zusammen wieder Weiß ergeben, nennt man Komplementärfarben.

Die Farben der Körper müssen vom farbigen Licht unterschieden werden. Farbige Licht geht von einem selbstleuchtenden Körper aus und die Farbe wird eindeutig durch die Frequenz der ausgestrahlten Wellen bestimmt.

Körper erhalten ihre Farbe erst durch auffallende Lichtwellen. Sie erscheinen nur dann in ihrer natürlichen Farbe, wenn sie mit weißem Licht bestrahlt werden, da weißes Licht alle Farben enthält.

Wenn ein Körper zum Beispiel rot erscheint, werden alle übrigen Frequenzen des weißen Lichtes von der Oberfläche des Körpers absorbiert. Nur die Wellenlängen des Rot gelangen reflektiert ins Auge.

Die Tomate erscheint rot, sobald sie von Licht getroffen wird. Erst unsere Augen und vor allem das Gehirn erzeugen aus den Informationen, die dann von der Tomate ausgehen, einen Farbeindruck. Die Oberfläche der Tomate "verschluckt", bzw. absorbiert alle Farbanteile des Lichts außer dem roten, dieser wird reflektiert. Eine Tomate in grünem Scheinwerferlicht würde demnach schwarz erscheinen, da im grünen Licht kein rotes enthalten ist!

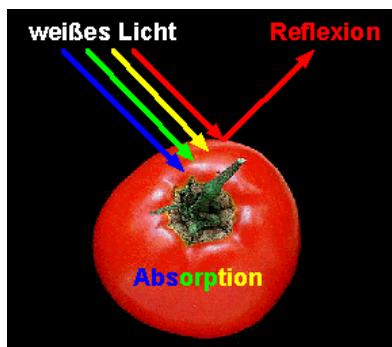


Abb. 8: Tomate in weißem Licht



Abb. 9: Tomate in grünem Licht

Ein weißer Körper reflektiert sämtliche Strahlenarten gleichmäßig und ein schwarzer Körper absorbiert sämtliche Strahlen.

Zusammengefasst kann man sagen, dass *farbiges Licht* immer seine Farbe behält, die von der Frequenz der Strahlung hervorgerufen wird. Nichtbeleuchtete *Körper* ändern ihre Farbe mit der Art der Strahlung, von der sie getroffen werden. Sie wählen bestimmte Frequenzen aus und werfen sie zurück

Chemische Grundlagen:

Eine chemische Verbindung erscheint dann farbig, wenn sie aus dem sichtbaren Teil des Spektrums (400-800 nm) einen gewissen Wellenbereich *selektiv absorbiert*. Die vom Auge wahrgenommene Farbe dieser Verbindung entspricht der jeweiligen Komplementärfarbe des absorbierten Spektralbereiches.

Färbung anorganischer Stoffe:

Farbigkeit tritt bei *binären und komplexen Verbindungen* auf. Die Ursache für diese Farbigkeit von Komplexen der Übergangsmetalle liegt an den sich im Ligandenfeld aufspaltenden d-Orbitale und am Übergang eines Elektrons aus einem energetisch tiefer liegenden Orbital in ein unbesetztes, energetisch angehobenes Orbital (d-d-Übergang). Ich möchte aber an dieser Stelle nicht näher auf anorganische Stoffe eingehen und mich den organischen zuwenden.

Färbung organischer Stoffe:

Gesättigte organische Verbindungen erscheinen für unsere Augen farblos, da sich ihr Absorptionsbereich im Ultraviolett befindet.

Ein organischer Stoff erscheint farbig wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

Er muss *konjugierte* oder *kumulierte π -Bindungen* oder besondere Systeme *nichtlokalisierter Elektronen* besitzen. Weiters müssen die Moleküle Dipole und das delokalisierte Elektronensystem polarisierbar sein.

Je größer die Anhäufung konjugierter Doppelbindungen in einem organischen Molekül ist, desto größer ist auch die Möglichkeit delokalisierte Elektronen zu bilden. Im Gegensatz zu konjugierten Doppelbindungen erfordern isolierte π -Bindungen zur Anregung ihrer Eigenschwingungen eine höhere Energie, sodass die eingestrahlten Wellen im UV-Bereich liegen.

Durch Einführung von π -Bindungssystemen, wie C=O, C=N-, C=C oder N=O, verschieben sich die Absorptionsbanden zum sichtbaren Bereich des Spektrums. Die π -Elektronen der Mehrfachbindungen (Mesomerie!) sind somit für die selektive Lichtabsorption und die Farbigkeit verantwortlich. Je stärker delokalisiert die π -Elektronen sind, umso langwelliger ist das Licht, welches die Verbindung absorbiert.

Atomgruppen, die die selektive Absorption beeinflussen, nennt man *Chromophore*.

(Chromophore Gruppen nennt man dementsprechend Chromogene).

Allerdings reicht eine chromophore Gruppe nicht aus, um eine Lichtabsorption im sichtbaren Bereich hervorzurufen. Erst die Anhäufung von mehreren Chromophoren ruft eine Farbvertiefung (*Bathochromie*) hervor - eine Verschiebung der Absorptionsmaxima ins sichtbare Spektrum. Eine typisch chromophore Gruppe ist die *Azogruppe* -N=N-.

Chromogene sind Verbindungen mit Gruppen wie: -C=C-, -C≡C-, C=O, -N=O. Auch *chinoide* Gruppen wirken als Chromophore:

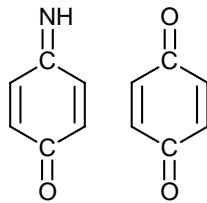


Abb. 10: chinoide Chromophore

Bei gleicher Zahl von π -Bindungen ist die Farbvertiefung bei linearer Anordnung der konjugierten Doppelbindungen stärker als bei cyclischen Systemen.

Um einen Farbcharakter zu erzeugen benötigt man neben Chromophoren die *Auxochrome*. Das sind salzbildende Gruppen, die die Farbe der jeweiligen Verbindung entwickeln und verstärken und für sich nicht farbgebend sind.

Die wichtigsten Auxochrome sind: -NH₂, -NHR, -NR₂, -OH, OCH₃, -SO₃H, -COOH. Sie geben die Elektronen ihrer freien Elektronenpaare zur Resonanz der delokalisierten Systeme ab.

Neben ihrer Funktion als Bindeglied zwischen Farbstoff und Faser rufen die auxochromen Gruppen meist auch eine Farbvertiefung hervor. Die Stärke dieses bathochromen Effekts hängt von der Elektronendonatorwirkung der auxochromen Gruppen ab - inwieweit sich ihre freien Elektronenpaare an der Mesomerie der meist aromatischen Systeme beteiligen.

Die Absorption am Stoff geschieht dadurch, dass Elektronen bestimmter Systeme (wie NO₂, N=N etc.) delokalisiert sind (=Mesomerie).

3. Arten von Farbstoffen und Färbung:

Da eine einfache Einteilung der unzähligen Farbstoffe nicht möglich ist, wird als erstes eine Einteilung nach *chemischen* und nach *färbetechnischen* Gesichtspunkten unterschieden.

Folglich behandle ich in diesem Kapitel die Arten von Farbstoffen und die Färbetechniken gemeinsam, da man sie auch nach diesen einteilen kann.

Zuerst muss aber noch definiert werden, *was* überhaupt ein Farbstoff ist:

Ein *Farbstoff* ist ein farbiger Stoff, der andere Stoffe anfärbt. Das heißt er muss nicht nur farbige sein, sondern auch *übertragbar* und vor allem *haftbar*. Die Haftfähigkeit ist ein wichtiges Kriterium für Farbstoffe.

Das Färben von Textilien lässt sich auf zwei Ursachen zurückführen: Der Farbstoff und die Faser können durch *chemische Bindung* oder durch *Oberflächenadsorption* verbunden sein.

Einteilung nach chemischen Gesichtspunkten:

Bei der Einteilung der Farbstoffe gibt es leider keine einheitliche Meinung und daher finden sich verschiedenste Einteilungen. Grundsätzlich werden sie aber nach charakteristischen, im Molekül auftretenden Gruppen gegliedert. Hier ein Versuch einer möglichst überschaubaren Einteilung:

→ *Nitrofarbstoffe*: Zentraler Bestandteil ist die Nitrogruppe (NO_2).

Vertreter: Pirkinsäure

→ *Azofarbstoffe*: Zentraler Bestandteil ist die Azogruppe ($\text{R-N=N-R}'$), die als chromophore Gruppe wirkt. Der Farbkomplex wird durch Diazotierung mit aromatischen Phenolen oder Aminen hergestellt.

Vertreter: Kongorot, Alizarinorange R

→ *Indigofarbstoffe*: Küpenfarbstoffe

Vertreter: Indigo, Purpur

→ *Phthalocyaninfarbstoffe*: Sie finden vor allem in der Kunststoffverarbeitung als Pigmentfarbstoffe Verwendung. Sie weisen im Allgemeinen eine besonders starke Säure-, Laugen-, und Lichtbeständigkeit auf.

→ *Phthalsäurefarbstoffe*: Sie sind in saurer oder neutraler Lösung oder im trockenen Zustand farblos. Erst in basischer Lösung bildet sich ein rotes Salz
Vertreter: Eosin, Phenolphthalein

→ *Triphenylmethanfarbstoffe*: Sie finden hauptsächlich in der Drucktechnik oder als Indikatoren Anwendung und sind wenig lichtecht.
Vertreter: Fuchsin, Methylviolett

→ *Anthrachinonfarbstoffe*: Sie zeichnen sich auf vielen Fasern durch große Wasch- und Lichtechtheit aus und leiten sich alle von Anthrachinon ab.

Einteilung nach färbetechnischen Gesichtspunkten:

→ *saure Farbstoffe*: Sie sind wasserlöslich und färben Wolle, Seide und Polyamidfasern unter Salzbildung mit der basischen Gruppe der Substanz.

→ *basische Farbstoffe*: Sie sind wasserlöslich und färben tierische Fasern direkt. Pflanzliche Fasern müssen vorgebeizt werden.

→ *Substantive oder Direktfarbstoffe*:

Sie sind wasserlöslich und haften ohne Beize direkt auf der Zellulosefaser. Sie binden durch Van der Waals-Kräfte oder Wasserstoffbrücken und werden vor allem für billige Färbungen verwendet.

→ *Küpenfarbstoffe*: Sie sind wasserunlöslich und werden durch Reduktion in ihre löslichen Verbindungen überführt (im alkalischen Milieu). Als Reduktionsmittel dient Natriumdithionit ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$). Die Leukoverbindung zieht auf pflanzliche Fasern auf und wird mittels Luftsauerstoff wieder zur farbigen Verbindung oxidiert. Der Farbstoff wird wieder wasserunlöslich.

→ *Beizen- und Chromierfarbstoffe:*

Sie sind wasserlöslich, haben saure Gruppen (Sulfogruppen) und Strukturen, die die Bildung von inneren Komplexsalzen erlauben. Es sind fast ausschließlich Azoverbindungen.

Bei den Beizenfarbstoffen wird die Faser vorher mit einer Metallsalzlösung gebeizt und beim Färbeprozess bildet sich der Komplex.

Geeignet sind nur Verbindungen, die in o-Stellung zur Azogruppe eine Hydroxygruppe besitzen.

→ *Dispersionsfarbstoffe:*

Sie sind wasserunlöslich und werden in wässriger Dispersion zum Färben von Acetatrayon, Polyamid-, Polyester- und Polyacrylnitrilfasern verwendet.

→ *Entwicklungsfarbstoffe:*

Das sind keine fertigen Farbstoffe. Sie werden erst im Verlauf des Färbeprozesses aus ihren Komponenten auf der Faser erzeugt.

→ *Metallkomplexfarbstoffe:*

Sie sind wasserlöslich und bilden direkt mit einer Metallsalzlösung (vor allem Chrom) auf der Faser einen komplexen Farbstoff. Sie färben tierische und vollsynthetische Fasern.

→ *Reaktivfarbstoffe:* Sie sind wasserlöslich und weisen im Molekül eine reaktionsfähige Gruppe auf. Sie besitzen keine Affinität zur Faser. Durch alkalische Fixierung geht der Farbstoff mit dem Fasermolekül eine chemische Verbindung ein.

→ *Pigmentfarbstoffe:* Das sind Farbstoffpigmente, die Wasser schwer bis unlöslich sind. Mit Hilfe eines Kunstharzbildners werden sie auf der Faser fixiert.

4. Indigo

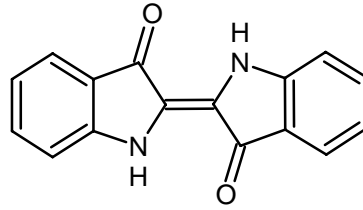


Abb. 11: Strukturformel Indigo

Eigenschaften:

Indigo ist im reinen Zustand ein dunkelblaues, kupferrot schimmerndes Pulver, welches in Alkohol nicht und in Wasser nur schwer löslich ist. In konzentrierter Schwefelsäure löst es sich mit grüner, beim Erwärmen mit blauer Farbe auf. Die Indigopflanze enthält keinen Indigo, sondern Indican, eine gelbe Vorstufe des Farbstoffes. Erst nach einer Reihe von chemischen Umwandlungsprozessen entfaltet der äußerst lichtechte Farbstoff seine jeansblaue Farbe auf Textilmaterial.

Echter, indischer Indigo ist im Handel in zu Blöcken gepressten Würfeln erhältlich.



Abb. 12: Indigo in Blöcken

Gewinnung:

a) Gewinnung aus dem einheimischen Färberwaid

In den Indigopflanzen findet sich nirgends ein blauer Farbstoff. Alle Teile der Pflanze und vor allem die Blätter enthalten eine Vorstufe des Indigos, die Zuckerverbindung Indican. Zur Gewinnung von Indigo aus Färberwaid zerstampften die Bauern früher die Waidblätter in einer Waidmühle. Das zerquetschte Material schichteten sie auf einen Haufen und ließen es 2 Wochen lang gären. Aus dem vergorenen Brei formten sie kleine Bällchen, so genannte Waidkugeln. Diese wurden von den Waidhändlern auf den Märkten gekauft. Eine sehr übel riechende Tätigkeit übernahmen die Angestellten der Waidhändler, die Waidknechte: Sie

feuchteten die Waidkugeln mit Urin an und setzten sie erneut einer Gärung aus. Nach einer Lagerzeit von etwa zwei Jahren kam der vergärrte Waid in die Färbehäuser. Dort wurde er nochmals mit Urin und Pottasche bei 60°C verrührt. Erst nach 3 Tagen entstand eine Brühe, die Küpe, welche zum Färben geeignet war.

Die Textilien wurden für eine Stunde in die Küpe getaucht. Beim Herausziehen der gefärbten Stoffe waren diese zunächst gelb eingefärbt. Erst an der Luft entwickelte sich durch eine Oxidation der blaue Farbton des Indigos.

b) Gewinnung aus der indischen Indigopflanze

Die Pflanzenteile wurden nicht per Schiff eingeführt, sondern in Indien vor Ort verarbeitet. Zur Gärung legte man sie in große, in den Boden eingelassene Becken. Hierbei wandelte sich das Indican in Indoxyl und Traubenzucker um. Nach ca. 15 Stunden wurde die gelbe Flüssigkeit in ein tiefer gelegenes Becken gelassen, in das durch einfaches Schlagen oder mit Hilfe von Schaufelrädern Luft hinzugefügt wurde.

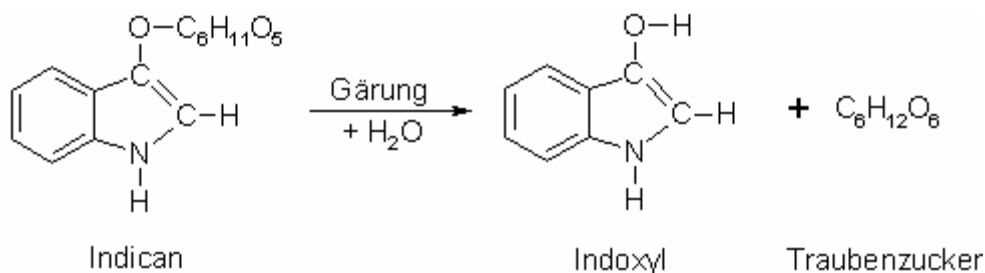


Abb.13: Gärung von Indican

Der durch das Schlagen in die Becken eingebrachte Sauerstoff reagierte mit dem wasserlöslichen, gelben Indoxyl in einer Oxidation zu blauem Indigo.

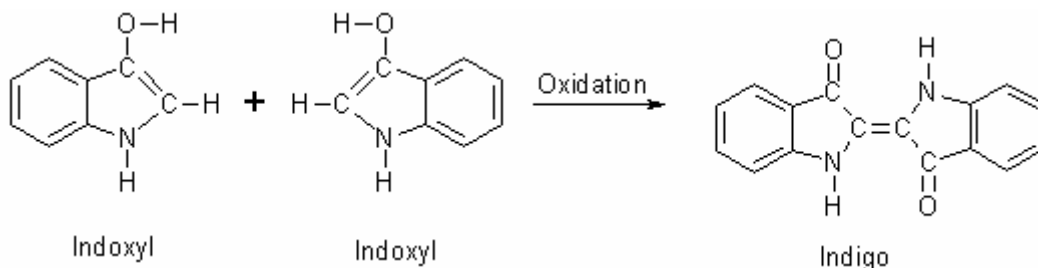


Abb. 14: Oxidation von Indoxyl zu Indigo

Der so gewonnene Farbstoff war nicht mehr wasserlöslich und setzte sich am Boden ab. Er wurde getrocknet und danach zu Blöcken verarbeitet. Noch heute ist natürlicher Indigo im Handel, der aus Indien stammt und in Blockform geliefert wird.

Strukturaufklärung und Synthese:

Allmählich begann sich die wissenschaftliche Chemie mit dem Indigo zu befassen. Die einfachste Reinigungsoperation für eine Substanz bestand darin, sie zu verdampfen und wieder zu kondensieren. 1826 versuchte der Apotheker Otto Unverdorben dieses Verfahren mit Indigo. Die Substanz zersetzte sich dabei und Unverdorben nannte das flüssige Zersetzungsprodukt in Anlehnung an die portugiesische Sprache Anilin.

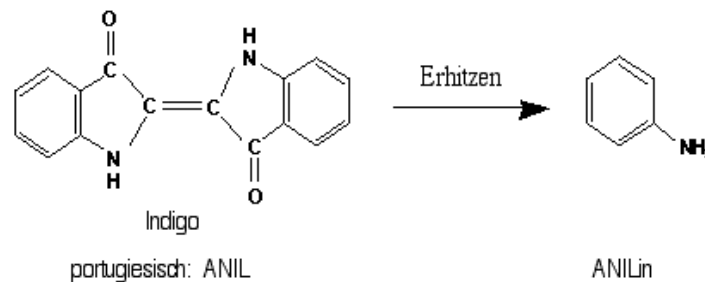


Abb. 15: Anilin aus Indigo

Damit war der Weg für einen neuen, wichtigen Industriezweig vorgezeichnet. Manche Firmen tragen heute noch das Anilin im Firmennamen, so z.B. die *Badische Anilin und Sodafabrik (BASF)* oder die *Aktiengesellschaft für Anilinfarben (AGFA)*. 1841 wurde durch Abbau unter milderem Bedingungen aus dem Indigo die Anthranilsäure gewonnen. Weitere Abbaumethoden führten später zum Indol und zum Isatin. Die Namen dieser Substanzen verraten den ursprünglichen Zusammenhang mit den natürlichen Farbprodukten. Nun erst wurden auch die chemischen Zusammenhänge zwischen dem Färberwaid und dem asiatischen Indigo erkannt.

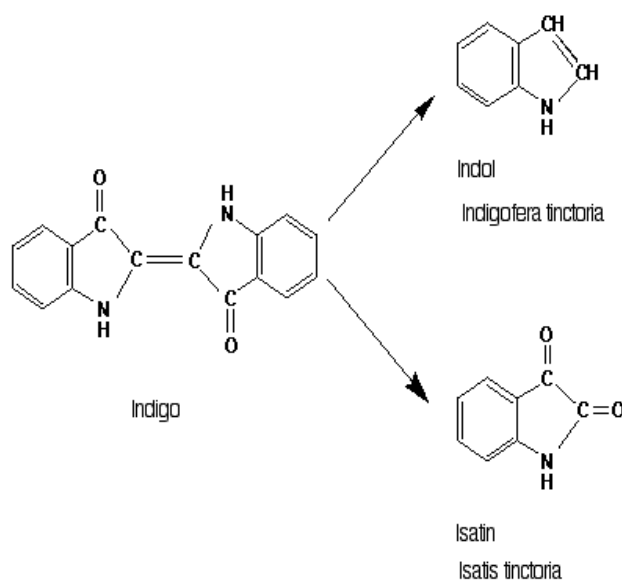


Abb. 16: Abbau zu Indol und Isatin.

1865 beginnt *Adolf von Baeyer* mit der Strukturaufklärung und Synthese des Indigos. Seine ersten Erfahrungen mit Indigo machte Baeyer schon mit 13 Jahren, als er mit seinem Taschengeld ein Stück davon kaufte und nach dem Chemiebuch von Wöhler weiterverarbeitete.

Bis zum Abschluss dieser Arbeiten sollten 15 Jahre vergehen. Einen ersten Erfolg erzielte Baeyer schon 1866, als es ihm durch Zinkstaubdestillation gelang aus dem Indigo Indol herzustellen. 1870 stellte er den ersten synthetischen Indigo durch Chlorierung und anschließende Reduktion von Isatin her. Da aber das Isatin durch Oxidation von Indigo erhalten wurde, stellte sich nun das Problem nach einer machbaren Isatinsynthese. Es brauchte weitere 8 Jahre bis die Herstellung von Isatin aus Phenyllessigsäure glückte und die erste wirkliche *Vollsynthese von Indigo* erfolgte am 6. Juni 1878. Doch die genaue Struktur von Indigo blieb immer noch unbekannt. Bei seinen Arbeiten wurde Adolf von Baeyer stark vom damaligen technischen Direktor der BASF, Heinrich Caro, unterstützt. Es entwickelte sich für Jahre eine gute Zusammenarbeit zwischen Hochschule und Farbstoffindustrie. Es folgte eine Zahl von weiteren Synthesen für Indigo, die allerdings wegen den kleinen Ausbeuten und den Kosten für die Edukte technisch nicht machbar waren.

Im Jahre 1880 glückte Baeyer eine neue Herstellungsmethode aus Zimtsäure (Abb. 18). Es zeigte sich bald, dass zur Herstellung von Indigo, Isatin und Indol die Zimtsäure ein besseres Ausgangsmaterial war, als alle bisher verwendeten. Am 19. März 1880 wurde die erste Indigosynthese ausgehend von o-Nitrozimtsäure patentiert (Deutsche Patentschrift 11 857)



Abb. 17: Adolf von Baeyer

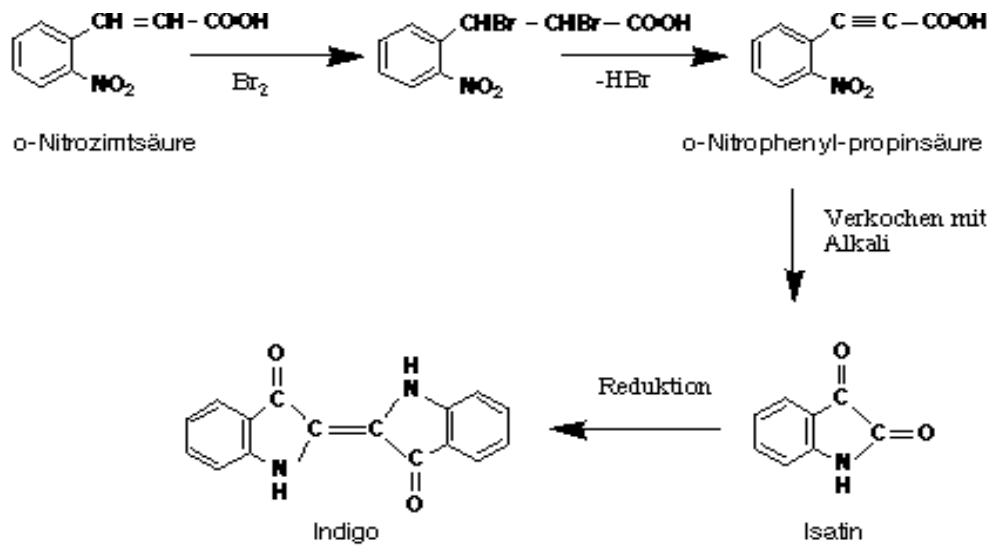


Abb. 18: Erste Indigosynthese nach Adolf von Baeyer.

Ein weiteres von Baeyer im Jahre 1883 patentiertes Verfahren geht von o-Nitrobenzaldehyd aus (Abb. 19). Mit Hilfe dieser Synthese konnte nun erstmals die Struktur von Indigo eindeutig festgelegt werden. Baeyer konnte befriedigt bemerken, dass nun jedes Atom im Molekül seinen Platz gefunden hat. Die genaue Struktur - nämlich die trans-Form - konnte erst nach dem Tod von Adolf von Baeyer durch Röntgenstrukturanalyse im Jahr 1928 einwandfrei festgestellt werden. Mit 4-Brom-2-nitrobenzaldehyd als Edukt konnte später mit dieser Methode das 6,6'-Dibromindigo (Purpur) dargestellt werden.

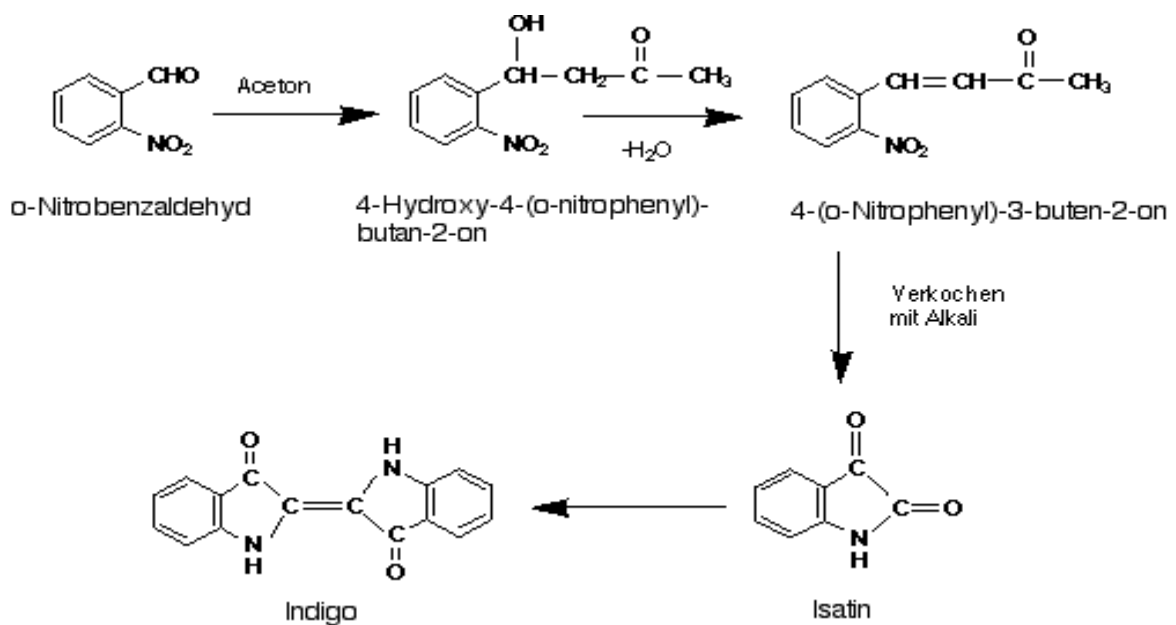


Abb. 19: Zweite Indigosynthese nach Adolf von Baeyer.

Für den Universitätsprofessor Adolf von Baeyer war damit die Arbeit mit Indigo abgeschlossen. Die weitere Nutzung und Anwendung seiner Forschung war ihm gleichgültig. Dies ist ein gutes Beispiel für den Unterschied zwischen rein akademischer und industrieller Forschung.

Die von Baeyer gefundenen Synthesen erwiesen sich als unwirtschaftlich, da durch rationellen Plantagenanbau der indische Indigo zu einem Preis auf den Markt kam, der für die Herstellung des synthetischen Produktes enge Grenzen setzte. Insbesondere die aromatische Nitrierung bereitete Schwierigkeiten, da sie immer zu einem Isomergemisch führte. Doch war es Adolf von Baeyer, der grundsätzlich zeigte, dass die Synthese von Indigo möglich ist. Ein Meilenstein in der Entwicklung der synthetischen Farben war gelegt.

Doch muss an dieser Stelle auch auf die Kehrseite der Entwicklung hingewiesen werden. Flüsse wurden als Abwasserkanäle missbraucht und mit Gift- und Reststoffen aller Art belastet. Viele der neuen Farben erwiesen sich zudem als giftig und die gesundheitsgefährdenden Arbeitsbedingungen in den neuen Fabriken prägten bald die Begriffe "Anilinhölle" und "Giftküche".

Nun setzte eine stürmische Entwicklung ein und viele neue Verfahren zur Herstellung von Indigo wurden patentiert (unter anderem auch in Basel bei Geigy mit der von Traugott Sandmeyer entwickelten Thiocarbanilid-Synthese)

Besonders wichtig war eine von *Karl Heumann* (1851-1894) am 6. Mai 1890 patentierte, von Anilin ausgehende Synthese. Heumann fand in der Alkalischmelze von N-Phenylglycin 10% Indigo. Alle für die technische Synthese von Phenylglycin gebrauchten Edukte wie Anilin, Essigsäure, Chlor und Alkali standen schon damals in ausreichender Menge billig zur Verfügung (Abb. 20).

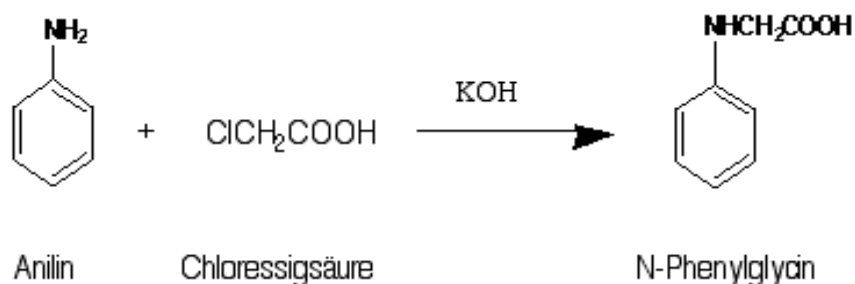


Abb. 20: N-Phenylglycin aus Anilin.

Noch im gleichen Jahr entwickelte Heumann eine zweite, von Naphthalin ausgehende Synthesefolge (Abb. 21). Endprodukt war die N-Phenylglycin-o-carbonsäure, die in der Alkalischemelze wesentlich größere Ausbeuten (bis 90%) an Indigo liefert.

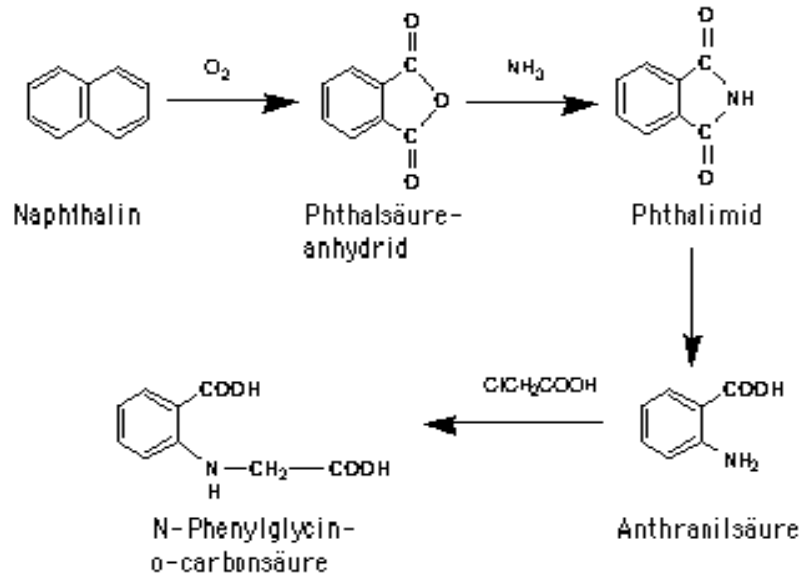


Abb. 21: N-Phenylglycin-o-carbonsäure aus Naphthalin.

Der gebürtige Darmstädter Heumann war zu dieser Zeit Professor an der ETH in Zürich. Die Schweizer Industrie verpasste die einmalige Gelegenheit und so wurden seine Erfindungen von der BASF und von der Firma Meister, Lucius & Brüning (später wurde daraus die Hoechst AG) patentiert und weiterentwickelt. Den wirtschaftlichen Durchbruch seines Verfahrens durfte Heumann nicht mehr erleben.

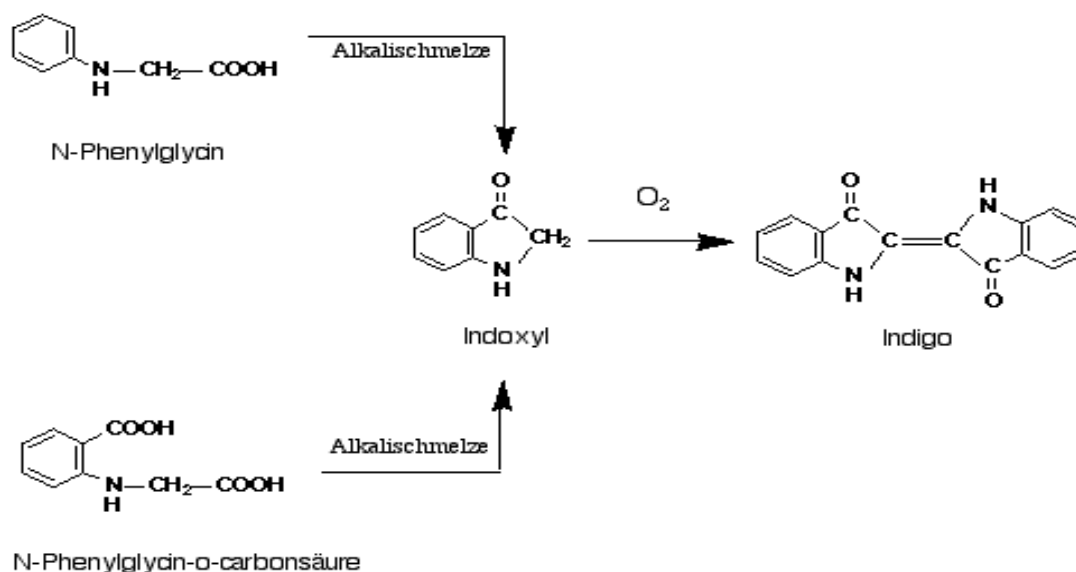


Abb. 22: Indigosynthesen nach Heumann.

Doch mussten nochmals sieben Jahre vergehen, bis der erste synthetische Indigo durch die BASF auf den Markt kam. In dieser Zeit wurden viele technische Verfahren zur Gewinnung der Grundsubstanzen (z.B. das wichtige Schwefelsäure-Kontakt-Verfahren) entwickelt.

Küpenfärbung:

Weder der aus der Indigopflanze gewonnene noch der synthetisch hergestellte blaue Indigofarbstoff löst sich in Wasser. Daher kann Indigo selbst nicht direkt zum Färben verwendet werden, sondern muss erst wieder in seine wasserlösliche, (fast) farblose Form, die „Leukoform“ (griech. λευκός: weiß) überführt werden, um auf eine Stofffaser aufgezogen werden zu können. Dazu wurde ein spezielles Färbeverfahren entwickelt, die so genannte Küpenfärbung (lat. cupa: Tonne, Kübel), welche auf der Reduktion des blauen Indigos mit einem Verküpfungsmittel zu seiner gelblichen „Leukoform“, das Indigoweiß (= Indigotin = Leuk(o)indigo) basiert.

Historische Küpenfärbung

Der biochemische Prozess der Indigofärberei gehörte wie unter anderem auch die alkoholische Gärung oder das Brotbacken mit Sauerteig schon sehr früh zum Kulturgut der Menschheit. Bis ins 19. Jh. war die Blaufärbung nach komplizierten und streng traditionsgebundenen Verfahrensvorschriften betrieben worden. Um aus Indigo das wasserlösliche Indigoweiß zu gewinnen, verwendete man Zucker oder Arsensulfid und gab fauligen Urin hinzu, um eine alkalische Lösung zu erhalten. Durch die anaeroben Bakterien im vergorenen Urin ergab sich ein Färbebad, die so genannte Küpe. Da die Reduktion des blauen Indigos zum Indigotin in der Küpe abläuft, spricht man auch von Verküpfung. Das Indigotin lag nun als wasserlösliches Salz in der Küpe vor und konnte auf Textilfasern aufgezogen werden.

Küpenfärbung heute

Bei der heutigen Küpenfärbung dient Natriumdithionit ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) als Reduktionsmittel. Dabei wird feingepulvertes Indigo mit NaOH-Plätzchen und $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ im Verhältnis 1:2:2 mit etwas Wasser gelöst und auf 70°C erhitzt. Nach einigen Minuten verschwindet die Blaufärbung und weicht einer gelben bis braunen Färbung, da der Indigo erst zu seiner phenolischen Form (Indigoweiß) reduziert, dann im alkalischen Milieu zum Indigoweiß-Anion protolysiert wird. Diese Anionen reagieren nun mit den Natriumkationen des durch Wasserzugabe gelösten Natriumhydroxids bzw. Natriumdithionits zu einem wasserlöslichen Salz, dem Indigoweiß-

Natrium. Diese Salzlösung (Leuk(o)indigo-Lösung) entspricht der Küpe aus Urin und Zucker bzw. Arsensulfid.

Färbevorgang

Beim Färbevorgang werden die Textilien in die Küpe getaucht, wobei sich die Stoffe zunächst gelb färben.

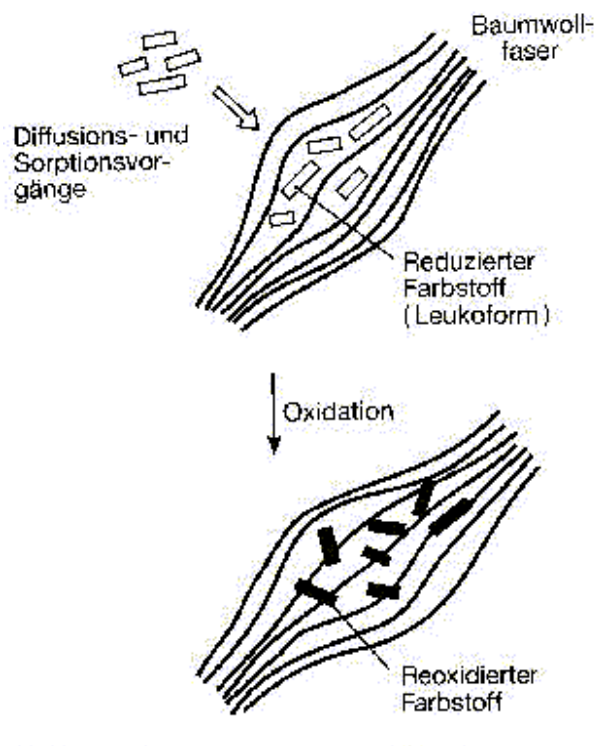


Abb. 23: Oxidation des Indigoweiß auf der Faser

Gelangt das mit der Küpe getränkte Material nach kurzem Ausspülen mit Wasser an die Luft, so wird die Reduktion des Indigos durch den Luftsauerstoff wieder rückgängig gemacht; d.h. es kommt zu einer Oxidation des Indigoweiß direkt auf der Faser, wodurch sich der blaue unlösliche Farbstoff Indigo auf dem Gewebe zurückbildet (Abb. 23). Dabei kann der Übergang von gelb über grün zu blau gut beobachtet werden.

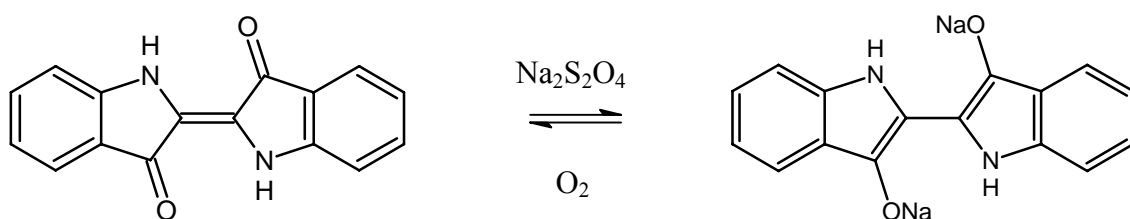


Abb. 24: Reduktion mit Natriumdithionit

Je nach Verweildauer und Farbstoffkonzentration in der Küpe können von hellblau bis dunkelblau alle Farbtöne des Blaus erzielt werden.

Von diesem Färbeverfahren sind auch die Redewendungen des „Blau machens“ oder des „blauen Montags“ abgeleitet. Denn der Vorgang dauerte damals längere Zeit, so dass man die Stoffe über das Wochenende in der Küpe ließ und am Montag das eigentliche Färben durchführte, das „Blau machen“, das keinen körperlichen Aufwand mehr verlangte, da die Blaufärbung durch den Luftsauerstoff von selbst ablief.

Alltagsbezug Jeans:

Jeans sind aus der heutigen Mode nicht mehr wegzudenken. Dabei war sie ursprünglich als Arbeiterhose für die amerikanischen Goldwäscher gedacht. *Löb Strauß*, ein deutscher Aussiedler, der sich in Amerika in „*Levi*“ umbenannt hat, ließ sie 1873 patentieren. Daher stammt auch die Marke „Levi's“.



Abb. 25: Jeans

Das Besondere an dieser Hose ist der durch eine besondere Webtechnik sehr widerstandsfähige Stoff, die Verstärkung der Nähte durch Nieten und die typische Farbe: *Indigo*.

Beim typischen Jeansstoff, dem *Denim* werden nur die Kettfäden mit synthetisch hergestelltem Indigo blau gefärbt.

Die Bezeichnung Denim stammt übrigens von „Serge de Nimes“, da der strapazierfähige Baumwollstoff ursprünglich aus der französischen Stadt Nimes stammte. Nimes war damals auf die Herstellung von Kleiderstoffen in Körperbindung, die Serge spezialisiert. Auch die Bezeichnung *Blue Jean* stammt eigentlich aus dem Französischen. Die Rohstoffe für die Jeans wurden über Genua in die USA importiert und somit nannte man die Farbe auch „Bleu de Gênes“, aus dem durch undeutliche Aussprache Blue Jean wurde.

Zunächst wird das Garn von kleinen Spulen auf eine große, den so genannten Kettbaum, aufgewickelt. Im anschließenden Färbeprozess werden die Fäden durch die Farbbäder geführt- je nach gewünschter Farbtiefe bis zu sechsmal. Die Farbe durchdringt die Faser nicht, sie legt sich nur außen herum, deshalb nennt man diese Färbemethode „Mantelfärbung“. Bei Gebrauch wird die blaue Farbe nach und nach abgeschleuert. Die Jeans bekommt ihren typischen Look.

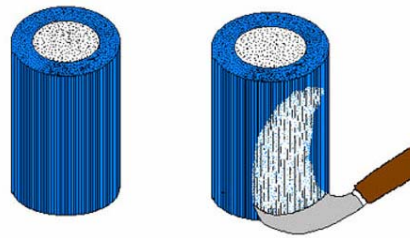


Abb. 26: Mantelfärbung

5. Indigotin als Lebensmittelfarbstoff:

Wozu Lebensmittelfarbe?

Die natürlichen Farben von Lebensmitteln sind häufig nicht sehr beständig. Bei der Verarbeitung und Lagerung verlieren sie oft ihr natürliches Aussehen, die ursprüngliche Farbe verändert sich und sie werden unansehnlich.

Da der Verbraucher aber für Lebensmittel eine bestimmte Farbe fordert (das Auge isst ja bekanntlich mit!), müssen sie gefärbt werden. Vor allem bei Zuckerwaren signalisiert eine bestimmte Farbe auch eine bestimmte Geschmacksrichtung.

Was sind Lebensmittelfarben?

Lebensmittelfarben sind Lebensmittelzusatzstoffe, die dazu dienen, Lebensmittel besser aussehen zu lassen und die Farberwartungen der Verbraucher zu befriedigen. Sie dienen auch dem Ausgleich von verarbeitungsbedingten Farbverlusten und können daher unter Umständen eine bessere Qualität vortäuschen. Nur wenige Farbstoffe sind pflanzlichen Ursprungs (z.B. Betanin oder Chlorophyll), üblich sind synthetische Nachbildungen von in der Natur vorkommenden Substanzen (naturidentische Stoffe) oder gänzlich synthetische Verbindungen. Letztere haben von allen Lebensmittelzusatzstoffen den schlechtesten Ruf. Speziell Azofarbstoffe (in Lebensmitteln, Kosmetika und Medikamenten) sind umstrittene

Zusatzstoffe. Sie gelten als Allergieauslöser und stehen nach einigen Untersuchungen in Verdacht, unter bestimmten Voraussetzungen Krebs auszulösen.

Indigotin:

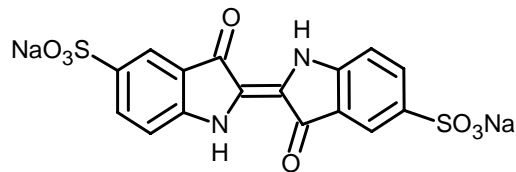


Abb. 27: Strukturformel Indigotin

Indigotin (auch Indigokarmin), E 132, ist eine blaue Lebensmittelfarbe, die in Kombination mit gelben Farbstoffen auch zur Grünfärbung verwendet wird. Indigotin ist wasserlöslich und verträgt Temperaturen bis 150°C.

Wegen seiner geringen Säurebeständigkeit kann Indigotin nicht in sauren Lebensmitteln eingesetzt werden. Indigotin wird zur Färbung von alkoholfreien Getränken, Likör, Süßwaren, Speiseeis, Dragees und Ostereiern verwendet (Ein blaues Osterei steht übrigens für Unglück und Kälte!).

Indigotin gilt als unbedenklich, in längeren Fütterungsstudien haben sich jedoch Hinweise ergeben, dass in Anwesenheit von Nitrit (Pökelsalz) aus anderen Lebensmitteln Nitrosamine entstehen können.

Die Bezeichnung Indigotin für den Farbstoff E 132 ist übrigens nicht eindeutig, da sich in der Literatur derselbe Name auch für die farblose Form des Indigo, den Leukindigo findet (siehe S. 23). Eindeutiger ist es, wenn man den Lebensmittelfarbstoff als sulfonierte Form des Indigo bezeichnet.

D) Methodenwahl

➤ *fächerübergreifend:*

Bei diesem Thema finden sich gleich mehrere Ansatzpunkte zum fächerübergreifenden Arbeiten:

Physik: Das elektromagnetische Spektrum als Grundlage von Farbe und Farbsehen

Bildnerische Erziehung: Farben in der Kunst und ihre Bedeutung und Anwendung

Biologie: Naturfarbstoffe aus Pflanzen

➤ *experimentell:*

allgemein Farbstoffe: Papier- oder Dünnschichtchromatographie von Farbstoffen

Indigo: Synthese und Küpenfärbung

(Experimentiervorschriften finden sich im Anhang)

➤ **frontal:**

physikalische Grundlagen: elektromagnetisches Spektrum, Zerlegung von weißem Licht

➤ **Gruppenpuzzle:**

Arten von Farbstoffen

Färbemethoden

Geschichte der Farbstoffe

E) Lernzielkontrollen

Am sinnvollsten bei diesem Thema erscheint mir die Lernzielkontrolle in Form von Wiederholungen (schriftlich oder mündlich) und Festigung durch Ausfüllen eines Lückentextes.

Ein Beispiel für so einen Lückentext findet sich im Anhang.

F) Literatur

Schwedt, Georg: Farbstoffen analytisch auf der Spur – Köln: Aulis-Verlag Deubner, 1996

John, Stefan: Naturfarbstoffe im Unterricht – Köln: Aulis-Verlag Deubner, 1998

Jenette, Alfred: Farbe, Farbstoff, Färben - Köln: Aulis-Verlag Deubner, 1983

Duden, Etymologie: Herkunftswörterbuch der deutschen Sprache – Mannheim: Dudenverlag, 1997

G. I. Caesar: Commentarii de Bello Gallico (Buch V,14)

Internet: Jänner 2005

www.roro-seiten.de/physik

www.chf.de

www.seilnacht.tuttlingen.com/Farben.htm

www.akgym.asn-graz.ac.at

de.wikipedia.org

www.netlexikon.de

www.textilgestaltung-schule.de

www.dutly.ch/indigohtml/indigo1.html

www.chemie.tfh-berlin.de

www.experimentalchemie.de

www.dc2.uni-bielefeld.de

www.bayer.de

G) Anhang

Im Anhang zu dieser Seminararbeit finden sich:

➤ *Lückentext zum Thema Indigo:*

Dieser Text soll zur Wiederholung des Gelernten dienen, wobei zu bemerken ist, dass die Schüler ihn nicht abgeben müssen und darauf eine Note bekommen. Vielmehr soll der Text gemeinsam in der Klasse ausgefüllt werden oder eventuell als Hausübung dienen. Die einzige „Benotung“, die dabei stattfinden kann, ist das Notieren von Mitarbeitspunkten.

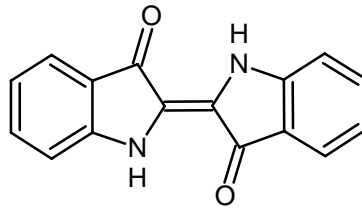
➤ *Versuchsvorschrift zur Indigosynthese und Küpenfärbung:*

Bei diesem Versuch sollen die Schüler das Gelernte anwenden und durch die praktische Arbeit motiviert werden.

➤ *Versuchsvorschrift zur Chromatographie von Eierfarben und Farbstoffen in Süßwaren:*

Diese Versuche dienen zur Herstellung des Alltagsbezuges beim Thema Lebensmittelfarbstoffe.

Indigo – der Farbstoff der Blue Jeans



Geschichte:

Indigo ist einer der ältesten und wichtigsten organischen....., mit dem schon vor Jahrtausenden in der ganzen Welt unter anderem Kleider und Teppiche gefärbt wurden. Die ältesten Funde stammen aus einer steinzeitlichen Höhle in Frankreich. Auch in Mumien der, 2000 v. Chr., wurden mit Indigo gefärbte Bänder gefunden, die in den luftdicht abgeschlossenen Grabkammern konserviert wurden.

In Europa gewann man Indigo lange Zeit aus....., einer Blütenpflanze aus der Familie der Kreuzblütler. Die in Indien vorkommende Pflanze *Indigofera tinctoria* lieferte aber viel größere Ausbeuten an Farbstoff und verdrängte so den Färberwaid.

1878 gelang dem deutschen Chemikerdie erste künstliche Herstellung von Indigo.

Eigenschaften:

Indigo ist im reinen Zustand ein....., kupferrot schimmerndes Pulver, welches in Alkohol nicht und innur schwer löslich ist.

Die Indigopflanze enthält keinen Indigo, sondern....., eine gelbe Vorstufe des Farbstoffes. Erst nach einer Reihe von chemischen Umwandlungsprozessen entfaltet der äußerst lichtechte Farbstoff seine jeansblaue Farbe auf Textilmaterial.

Küpfenfärbung:

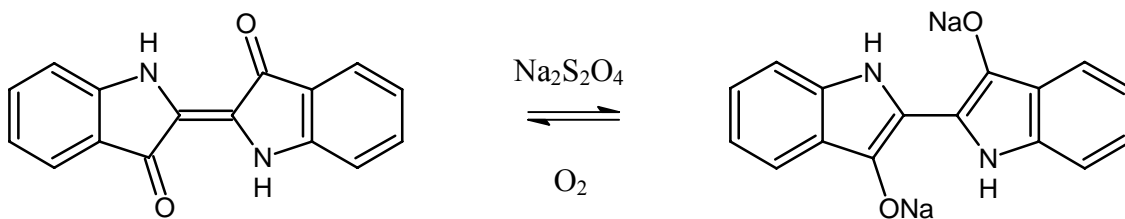
Weder der aus der Indigopflanze gewonnene noch der synthetisch hergestellte blaue Indigofarbstoff löst sich in Wasser. Daher kann Indigo selbst nicht direkt zum Färben verwendet werden, sondern muss erst wieder in seine wasserlösliche, (fast) farblose Form, die(griech. λευκός: weiß) überführt werden, um auf eine Stofffaser aufgezogen werden zu können. Dazu wurde ein spezielles Färbeverfahren entwickelt, die so

genannte(lat. cupa: Tonne, Kübel), welche auf der Reduktion des blauen Indigos mit einem Verküpfungsmittel zu seiner gelblichen „Leukoform“, des Indigoweiß basiert.

Bei der Küpfenfärbung dient($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) als Reduktionsmittel. Dabei wird feingepulvertes Indigo mit NaOH-Plätzchen und $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ im Verhältnis 1:2:2 mit etwas Wasser gelöst und auf 70°C erhitzt.

Beim Färbevorgang werden die Textilien in die Küpe getaucht, wobei sich die Stoffe zunächstfärben.

Gelangt das mit der Küpe getränkte Material nach kurzem Ausspülen mit Wasser an die Luft, so wird diedes Indigos durch den Luftsauerstoff wieder rückgängig gemacht; d.h. es kommt zu einer Oxidation des Indigoweiß direkt auf der Faser, wodurch sich der blaue unlösliche Farbstoff Indigo auf dem Gewebe zurückbildet.



Jeans:

Jeans ist aus der heutigen Mode nicht war sie ursprünglich als



mehr wegzudenken. Dabei

.....für die amerikanischen Goldwäscher gedacht.

Das besondere an dieser Hose ist der durch eine besondere Webtechnik sehr widerstandsfähige Stoff, die Verstärkung der Nähte durch Niete und die typische Farbe:

.....

Synthese von Indigo und Küpfenfärbung

Ziel:

Indigo, der Farbstoff mit dem Jeans gefärbt werden wird in einer organischen Synthese hergestellt. Anschließend kann damit ein Kleidungsstück gefärbt werden.

Geräte:

100 ml Erlenmeyerkolben, Messzylinder 10 ml, Pipette 10 ml, Kochtöpfe oder große Bechergläser zum Färben, Wasserstrahlvakuumpumpe, kleine Nutsche mit Zubehör, Spatel, Thermometer, Glasstab

Chemikalien:

2-Nitrobenzaldehyd, Aceton, Natronlauge, NaOH - Plätzchen, Natriumdithionit

Versuchsanleitung:

Herstellung von Indigo:

Löse in einem 100 ml Erlenmeyerkolben 2 g 2-Nitrobenzaldehyd in 20 ml Aceton, gib 10 ml dest. Wasser hinzu und schwenke um. Füge anschließend mit einer Pipette 8 ml 1 M Natronlauge zu und rühre mit einem Glasstab gut um. Nach etwa 5 Minuten fällt der Indigo in feinen Kristallen aus. Beachte die Erwärmung der Lösung und die Farbänderung. Schalte die Wasserstrahlpumpe an und filtriere den Indigo mit einer kleinen Nutsche ab.

Entleere das Filtrat in den Kanister für Lösungsmittelabfälle und kratze den Indigo mit einem Löffel ab und gib ihn zurück in den Erlenmeyerkolben.

Färbevorgang:

Gib 40 ml dest. Wasser, 5 g Natriumdithionit und 12 Plätzchen NaOH in den Erlenmeyerkolben mit deinem Indigo und erwärme das Gemisch auf 80 Grad Celsius (Thermometer!).

Warte, bis die blaue Farbe verschwunden ist, und stell inzwischen ein Becherglas bereit, das in der Größe zu deinen Textilien passt. Fülle in das Becherglas soviel heißes Wasser, dass deine Textilien gerade untergetaucht werden können, gib die Lösung von Leukindigo ins Becherglas und koche auf.





Nach fünf Minuten haben die Textilien die Farbe genügend angenommen. Nimm sie aus dem Bad, wring sie aus und häng sie an die vorbereitete Wäscheleine. Da sich jetzt noch Indigo im Gewebe befindet, der sich nicht mit den Fasern verbunden hat und an der Haut abfärben würde, müssen die gefärbten Textilien vor dem Tragen gründlich von Hand oder in der Waschmaschine gewaschen werden.

Vergiss nicht, wie immer alles was du machst und beobachtest aufzuschreiben und danach ein ordentliches Protokoll anzufertigen!

Farbstoffe in Süßwaren

Ziel:

Gewinnung einer Farbstofflösung aus gefärbten Lebensmitteln (Schokolinsen) und Bestimmung der verschiedenen verwendeten Farbstoffe in Süßwaren durch Chromatographie.



Geräte:

Schnapsgläser, bunte Schokolinsen, Filterpapier, Plastiktrichter, Chromatographiepapier, Marmeladegläser mit Schraubdeckel, Stecknadel im Holzstab

Chemikalien:

Wasser, Spiritus

Laufmittel: 20% Wasser in Spiritus, 20% Ammoniak in Spiritus, 5%ige Essigsäure in Spiritus

Versuchsanleitung:

➤ Probenvorbereitung:

Behandle rote Schokolinsen (oder eine andere Farbe, nur müssen alle dieselbe Farbe haben!) in einem Schnapsglas mit einem Gemisch aus je einem Teil Wasser und Brennschneppiritus so lange, bis eine trübe, dunkelrote Lösung entstanden ist. Dazu brauchst du circa fünf bis acht Schokolinsen.

Nimm die Schokolinsen sofort aus dem Schnapsglas, wenn der größte Teil des Farbstoffes von der Oberfläche abgelöst ist. Du solltest nicht bis zum vollständigen Ablösen des Farbstoffes warten, da sich gleichzeitig andere, im Chromatogramm störende Stoffe wie Zucker usw. ebenfalls lösen.

Filteriere danach die Lösung zur Entfernung eines Teils der Trübstoffe durch einen Papierfilter. Du kannst den Vorgang nun mit Schokolinsen anderer Farben wiederholen.

➤ Chromatographie:

Tropfe auf einen Papierstreifen von etwa 4cm Breite und 8 bis 10cm Länge mit Hilfe des Stecknadelkopfes je einen Punkt etwa 1,5cm vom unteren Rand entfernt auf das Papier.

Fülle eines der Laufmittel circa 1cm hoch in ein verschließbares Marmeladeglas. Das Glas muss immer gut verschlossen gehalten werden, da sonst die Laufmittelmischung

durch Verdunsten verändert werden würde. Gib den Papierstreifen in das Marmeladeglas und warte bis die Farbstoffe aufgetrennt sind.

Führe die Trennung mit allen drei Laufmitteln durch.

Auswertung:

Schreib alle Beobachtungen auf und verfasse ein Protokoll.

Besonders zu beachten sind folgende Punkte:

- Enthalten die Farben einen oder mehrere Farbstoffe?
- Welches Laufmittel ist am besten für welchen Farbstoff?
- Welche Farbstoffe sind in den Schokolinsen enthalten?



Versuche deine Beobachtungen zu begründen!

Papierchromatographie von Ostereierfarben

Ziel:

Es gilt herauszufinden, ob Ostereierfarben jeweils nur aus einem Stoff oder aus mehreren zusammengesetzt sind.



Das gemeinsame Merkmal aller dieser Farben ist ihre Löslichkeit in Wasser (oder in verdünnter Essigsäure). Sie enthalten eine organisch gebundene Schwefelsäure(sulfonsäure)gruppe und liegen als Natriumsalze vor. Sie werden auch als saure Farbstoffe bezeichnet.

Geräte:

Schnapsglas, Ostereierfarben, Chromatographiepapier, Marmeladengläser mit Schraubdeckel, Stecknadel im Holzstab

Chemikalien:

5%ige Ammoniaklösung, Speiseessig, Zitronensäure

Versuchsanleitung:

- Löse jeweils eine halbe Tablette einer Eierfarbe in möglichst wenig Wasser in einem Schnapsglas auf, sodass eine sehr konzentrierte Farbstofflösung entsteht. Anstelle von Wasser kannst du auch den farblosen Speiseessig verwenden. Die Tablette muss sich nicht vollständig gelöst haben.

Tropfe nun auf einen Papierstreifen von etwa 4cm Breite und 8 bis 10cm Länge mit Hilfe des Stecknadelkopfes je einen Punkt etwa 1,5cm vom unteren Rand entfernt auf das Papier.

Als Laufmittel für die Trennung von sauren Farbstoffen benötigst du eine Ammoniaklösung. Fülle einen Teil der 5%igen Lösung circa 1cm hoch in ein verschließbares Marmeladeglas. Das Glas muss immer gut verschlossen gehalten werden, da die Wirksamkeit dieses Laufmittels entscheidend vom Ammoniakgehalt abhängt.

Gib den Papierstreifen in das Marmeladeglas und warte bis die Farbstoffe aufgetrennt sind.

- Den zweiten Versuch bereitest du genau gleich vor, nur dass du zu der Ammoniaklösung etwas Zitronensäure gibst (circa einen halben Teelöffel voll), und sie darin auflöst. Die Lösung erwärmt sich (*warum?*), ein Teil des Ammoniaks wird in das Salz Ammoniumcitrat umgewandelt und somit neutralisiert. Deshalb musst du das Gefäß vor Gebrauch in verschlossenem Zustand unter fließendem Wasser von außen abkühlen.

Dann kannst du die Chromatographie wie beim ersten Versuch durchführen.

Auswertung:

Schreib alle Beobachtungen auf und verfasse ein Protokoll.

Besonders zu beachten sind folgende Punkte:

- Ergab die Chromatographie eine scharfe Trennung (Punkte) oder lang gezogene Bahnen?
- Enthalten die Farben einen oder mehrere Farbstoffe?
- Gibt es Unterschiede bei den Laufstrecken?



Versuche deine Beobachtungen zu begründen!