

# Farbe und Chemieunterricht –

## eine bunte Sache

von Bernd Lutz und Peter Pfeifer

Herrn Univ. Prof. Dr. Heinz Schmidkuz  
zur Vollendung seines 70. Lebensjahres  
herzlich gewidmet



Foto: H. M. Koch

Abb. 1: Bereits in der Primarstufe kann auf phänomenologischer Ebene das Thema „Farbe“ behandelt werden wie hier am Beispiel des Färbens von Wolle

Wir sind gewohnt, die Welt um uns herum bunt und farbenprächtigt wahrzunehmen, nicht wie auf alten Fotografien in Schwarz-Weiß-Darstellung. Die Farbempfindung erfreut Jung und Alt. So liegt es nahe, mit den Beiträgen in diesem Heft die Brücke zu schlagen zwischen den Schulanfängern in der Primarstufe und den Schülerinnen und Schülern in der Sekundarstufe II. Wie können aber die Inhalte jeweils so zur Vermittlung aufbereitet werden, dass neben der Motivation auch der fachliche Teil nicht zu kurz kommt, eine Gratwanderung zwischen Vereinfachung und Komplexität [1]? Sprossen für diese farbige Leiter, die eine Verbindung zwischen Anfängern auf der reinen Phänomenebene und den für das Chemieverständnis der Farbstoffe fachlich vorbereiteten Oberstufenschülern schaffen soll, bestehen aus adressatengerecht ausgewählten Fachinhalten. Die „Sprossen“ erfüllen diese Funktion, wenn sie den Prinzipien der didaktischen Reduktion folgend, jeweils nach steigendem Abstraktionsniveau und mit zunehmender Komplexität aufeinander folgen, z. B. in den jeweiligen Jahrgangsstufen. Bereits 1986 hat Schmidkuz dazu eine Dreiteilung in absteigender Komplexität vorgeschlagen [2, S. 19]:

- Stufe der geringsten Reduktion (Sekundarstufe II)
  - Elektronenanregungssysteme, realisiert mit  $\pi$ -Elektronen, konjugierten Doppelbindungen, einigen mesomeren Grenzstrukturen, pH-Einfluss auf das Farbvermögen, Einteilung der Farbstoffe und der Färbverfahren
  - Oltmanns entwickelt dazu eine detaillierte Vorstellung der Behandlung von Farbstoffen in einem Kurs der Oberstufe. Er schlägt Polyenale und Cyanine als exemplarisch geeignete Farbstoffklassen vor [3].
- Stufe der FarbabSORptionstheorie (Sekundarstufe I oder als Projekt vor der organischen Chemie)
  - Farbe und Komplementärfarbe (additive Farbmischung), anorganische Farbpigmente und deren Kategorisierung (Elemente, Oxide, Salze)
- Stufe des reinen Phänomens der Farbe (Primarstufe und Orientierungsstufe) [2]

- Farbigeit von anorganischen und organischen Stoffen als Faktum, Gewinnung von Farbstoffen als Produkte aus Blüten, subtraktive Farbmischung.

### Alltag und Farbe

Die Alltagssprache unterscheidet üblicherweise nicht zwischen dem Farbstoff (Farbstoff, Pigment) und dem durch das menschliche Auge vermittelten Sinneseindruck der Farbe. Dieser Eindruck ist in der belebten Natur durchaus unterschiedlich. So können z. B. Bienen und Schmetterlinge im Gegensatz zum Menschen UV-Strahlung wahrnehmen. Dies führt zu völlig anderen Sinneseindrücken von bunten Blüten. Mit „Farbe“ kann somit der farbige Stoff selbst gemeint sein, also z. B. das Blattgrün, oder der Sinneseindruck „Farbe“.

Wie nehmen wir Farben wahr? [4]. Edwin Land hat dazu ein interessantes Experiment durchgeführt, indem er eine Landschaft sowohl durch ein Gelbfilter, als auch durch ein Orangefilter fotografierte. Im ersten Fall erschien das Bild gelb, im zweiten Fall orange. Das Erstaunliche passierte, als er beide Aufnahmen übereinander projizierte: Das vom Menschen wahrgenommene Ergebnis war die ursprüngliche, bunte Landschaft.

Wir kennen sechs Grundfarben, Rot, Grün, Blau, Gelb, Schwarz und Weiß, besitzen aber lediglich Netzhautrezeptoren für Rot, Grün und Blau. Unser Gehirn nimmt also Farben wahr, die es physikalisch so eigentlich nicht gibt. Das Licht der Natriumdampflampe (reines Gelb) wirkt trübe, weißes Papier spiegelt den blauen Himmel oder das grüne Blätterdach des Waldes, für uns ist weißes Papier aber immer weiß. Die Erklärung liegt, zumindest teilweise, in unserer Anatomie begründet. Die lichtempfindlichen Rezeptoren im Auge liegen ziemlich weit innen (Stäbchen für Schwarz und Weiß, Zapfchen für Farben). Kommt Gelb im Auge an, werden Rot und Grün hinter der Netzhaut voneinander subtrahiert, die Differenz im Rot-Grün-Kanal weitergeleitet. Rot und Grün werden auch mitein-

ander addiert, von Blau subtrahiert, die Differenz wandert über den Gelb-Blau-Kanal weiter. Gelb regt also gleich zwei der drei Farbrezeptoren an, es resultiert ein sehr starker Reiz, Gelb erscheint sehr hell. Außerdem „denkt“ sich das Gehirn Komplementärfarben dazu [4]. Das Farbsehen ist also äußerst komplex, mindestens fünf Gehirnzentren sind bis heute bekannt, die daran beteiligt sind. Näheres besagt die „Hering-Theorie“ (siehe Abb. 2).

## Farben in der fach-(didaktischen) Literatur – Zur schulischen Erschließung des Themas

Einen breiten Raum nehmen Themen im Rahmen der Fächer Biologie, Physik und Kunsterziehung ein. Sie eröffnen für verschiedene Schulstufen unterschiedliche Ansätze zu fachbezogenem und fachübergreifendem Arbeiten. Wichtige didaktische Informationen sind über Datenbanken zu erhalten. Die Datenbank Schulpraxis [6] führt zum Teilbegriff „Farb-“ 817 Dokumente auf. Auch das Internet bietet einiges zum Thema Farbe. Nimmt man die Datenbank der Uni Frankfurt [7] zu Hilfe, so werden dort 90 Veröffentlichungen zum Thema Farbe unter rein fachdidaktisch-chemischem Aspekt nachgewiesen. Dabei fällt eine starke Gewichtung der Themen Analytik 11/90, Alltagsbezug 14/90 und Erklärung der Farbigkeit 12/90 auf. Die Analytik kann man noch in die Sparten „Chromatografie“ 6/90 und allgemeine Analytik 5/90 unterteilen, Komplexverbindungen schlagen mit 7/90 zu Buch, Indikatoren mit 3/90 (Vor kurzem wurden Radieschen als Indikator vorgeschlagen [8]), didaktische Probleme mit 7/90, Färben 3/90, Historie 4/90, Schülerversuche 3/90, Medizin/Biologie 2/90.

Zur Synthese von Farbstoffen finden sich verhältnismäßig wenig Beiträge (2/90), nicht ganz unerwartet, denn Farbstoffsynthesen für die Schule unterliegen vielfältigen Einschränkungen bei den Auswahlkriterien. Es genügt nicht, dass das Produkt der Synthese farbig ist, sondern es sind noch eine Reihe anderer Aspekte von Bedeutung:

- Verfügbarkeit und Preis der Edukte
  - Unbedenklichkeit der Edukte und Produkte hinsichtlich der Gefahrstoffverordnung
  - Durchführbarkeit mit schulischen Mitteln (z. B. bezüglich der Reaktionsbedingungen)
  - Erforderlicher Zeitaufwand für die Durchführung der Synthese (sollte innerhalb einer oder zwei Schulstunden beendet sein)
  - Didaktisches Potential des Versuches (Erklärungsmächtigkeit des Versuches)
  - Eignung als Schüler- oder Lehrerdemonstrationsversuch, vgl. [11].
- Als methodische Varianten sind zu erwähnen:
- die Synthese eines Azofarbstoffes als Rätsel [9]
  - die Farbstoffsynthese mit anschließender Immobili-

sierung an Trägermaterialien, die dann zum Ionenaustausch genutzt werden [10],

- die elektrochemische Synthese von Eosin aus Fluoresceinsalz und Kaliumbromid (so wird die Bildung überschüssigen Broms vermieden) [12]
- die Bildung von Farbstoffen als Beweis für die Wirkung eines Phasentransferkatalysators in sonst nicht mischbaren Verbindungen [13].

Eine elegante Variante zur Lösung vieler der oben skizzierten Probleme mit Farbstoffsynthesen in der Schule zeigen *Full* und *Ruf* für Orange II in einer „Petrischalensynthese“ als Projektionsversuch auf [14]. Andere Vorschläge, wie die von *Roesky* propagierte „Chemie en miniature“ [15] erfordern spezielle Videoprojektionssysteme.

Von der Universität Bielefeld kann man über Internet neben anderen Chemiethemata auch Materialien zum Thema Farbstoffe abrufen [16]. Sie umfassen die Punkte: Farbstoffe und Färben – Einbindung in den Unterricht, Färben: Was einen Farbstoff auszeichnet, Fluoreszenz und Halochromie.

Zur Farbenchemie werden auch Experimente bzw. Synthesen farbiger Stoffe vorgeschlagen:

- Versuch 1: Aromatenprobe
- Versuch 2: Synthese von Phenolphthalein
- Versuch 3: Synthese von Fluorescein
- Versuch 4: Synthese eines Azofarbstoffes
- Versuch 5: Synthese von Indigo

Färbeversuche

- Versuch 6: Substantivfärbung mit Biofarbstoffen
- Versuch 7: Substantivfärben mit künstlichen Farbstoffen
- Versuch 8: Reaktivfärbung mit Berliner Blau
- Versuch 9: Reaktivfärben mit Anilinschwarz
- Versuch 10: Küpenfärbung mit Indigo
- Versuch 11: Beizenfärbung mit Alizarin

Ein Blick in einige Schulbücher zeigt, dass, abgesehen von der Verknüpfung mit dem Indikatorbegriff, das Thema „Farbe“ hauptsächlich in Schulbüchern der Sekundarstufe II eine Rolle spielt. Ähnliches lässt sich aus Lehrplänen ableiten.

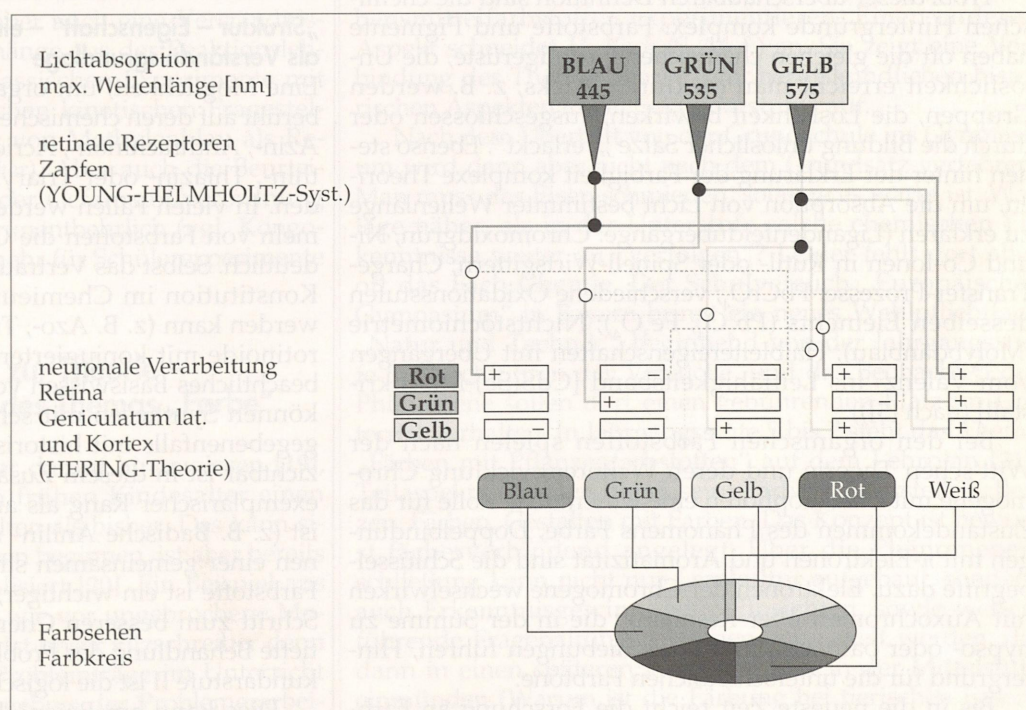


Abb. 2: Überlagerung der Signale nach Hering (entnommen aus [5])

Natürliche Pigmente	Synthetische Pigmente
Kreide	Weißpigmente: Titanweiß (Titandioxid), Bleiweiß, Zinkweiß, Lithopone (Zinksulfid/Bariumsulfat)
Ocker (Aluminiumsilikate/ Eisen(III)-oxid)	Schwarzpigmente: Ruß (über 90 % Marktanteil), Eisenoxidschwarz, Manganschwarz
Umbr/Terra di Sienna (ähnlich dem Ocker, aber höhere Anteile an Eisenoxid; zusätzlich Mangan (IV)-oxid) Weitere Beispiele: Zinnober, Kupferlasuren (2 CuCO <sub>3</sub> , Cu(OH) <sub>2</sub> ) Malachit (Berggrün)	Buntpigmente: Bleichromat, Mennige, Zinkgelb, Zinkgrün, Cadmiumrot, Cobaltblau, Berliner Blau, Ultramarin, Manganolett Cadmiumgelb, Schweinfurter Grün, Molybdatorange u. Molybdatotrot, Chromorange u. -rot, Eisenoxidrot, Chromoxidgrün, Strontiumgelb und Glanzpigmente
Grünerde (durch Verwitterung von Silikaten entstanden, von Eisen(II)-verbindungen grün gefärbt, z. B. Veroneser Grün)	
	Glanzpigmente (Gold-, Silber-, Aluminiumbronze)
Perlglanzpigmente (Fischsilber)	Perlglanzpigmente (auf Grundlage von basischem Bleicarbonat, Glimmer oder Bismutoxidchlorid)
Graphit	

Tab. 1: Natürliche und synthetische Anorganische Pigmente (zusammengestellt aus [5])

### Fachliche Leitlinien

Aus Sicht der Fachwissenschaft Chemie ist der Begriff „Farbmittel“ die Sammelbezeichnung für alle farbgebenden Stoffe [5], wobei drei Gruppen von Farbmitteln voneinander unterschieden werden können:

- die Pigmente (lat.: Malerfarbe): Sie sind unlöslich im Anwendungsmedium, teilweise sogar selbst Füllstoff
- die organischen Pigmente (unlöslich im Anwendungsmedium): siehe Magazinteil!
- die organischen Farbstoffe (löslich): siehe Magazinteil (vom Produktnamen zur Formel)

Trotz dieser überschaubaren Definition sind die chemischen Hintergründe komplex. Farbstoffe und Pigmente haben oft die gleichen chemischen Grundgerüste, die Unlöslichkeit erreicht man oft durch Tricks, z. B. werden Gruppen, die Löslichkeit bewirken, ausgeschlossen oder durch die Bildung unlöslicher Salze „verlackt“. Ebenso stehen hinter der Erklärung der Farbigkeit komplexe Theorien, um die Absorption von Licht bestimmter Wellenlänge zu erklären (Ligandenfeldübergänge: Chromoxidgrün, Ni- und Co-Ionen in Rutil- oder Spinell-Wirtsgittern; Charge-Transfer-Prozesse: PbCrO<sub>4</sub>; verschiedene Oxidationsstufen desselben Elements (Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>); Nichtstöchiometrie (Molybdänblau); Halbleitereigenschaften mit Übergängen vom Valenz- ins Leitfähigkeitsband [CdS(Se)-Mischkristall] (nach [5])).

Bei den organischen Farbstoffen spielen nach der Witt'schen Theorie und deren Weiterentwicklung Chromogene mit Chromophoren eine wesentliche Rolle für das Zustandekommen des Phänomens Farbe, Doppelbindungen mit π-Elektronen und Aromatizität sind die Schlüsselbegriffe dazu. Elektronen der Chromogene wechselwirken mit Auxochromen über Resonanz, die in der Summe zu hypso- oder bathochromen Verschiebungen führen, Hintergrund für die unterschiedlichen Farbtöne.

Bis in die neueste Zeit reicht die Forschung an Farbstoffsystemen [17]. Ein Modellsystem für solche Untersu-

chungen ist BDH<sup>+</sup> (1,7-Bis(dimethylamino)-heptamethinkation, vgl. Abb. 3), ein ebenes Molekül, das man modellhaft als Kasten mit Kantenlängen im Nanometerbereich beschreiben kann (l = 1,5 nm, b = 0,35 nm und h = 0,9 nm). Dessen Elektronen des π-Systems können nur in Längsrichtung des Kastens mit bestimmter Wellenlänge schwingen, es wird nur Licht absorbiert, wenn sowohl Wellenlänge, als auch Schwingungsrichtung der Welle mit dem π-Elektronensystem übereinstimmen. Daraus resultiert eine orange Farbe. Für Licht mit einer anderen Schwingungsrichtung ist das Molekül farblos. Gegenstand der Untersuchungen ist die gezielte Variation der Farbe in dünnen Schichten durch gesteuerte Anordnung der Moleküle zueinander sowie deren Neigung zur Schichtoberfläche. Wenn die

Molekülanordnung in Farbstoffschichten mit der neu entwickelten Dünnschicht-Aggregationsmethode einmal gesteuert werden könnte, würden sich breite Anwendungsmöglichkeiten für Laserdrucker, Kopierer oder fotografische Systeme eröffnen.

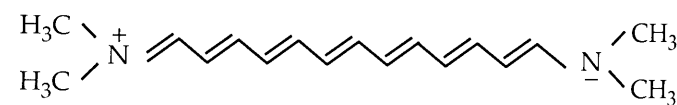


Abb. 3

### „Struktur – Eigenschaft“ – eine wichtige Beziehung als Verständnisgrundlage

Eine Möglichkeit, um organische Farbmittel einzuteilen, beruht auf deren chemischer Konstitution. Es werden Azo-, Azin-, Anthrachinon-, Acridin-, Cyanin-, Oxazin-, Polymethin-, Thiazin- oder Triarylmethin-Farbstoffe unterschieden. In vielen Fällen werden allein durch die Strukturformeln von Farbstoffen die Grenzen des Chemieunterrichts deutlich. Selbst das Vertrautwerden mit Farbstoffen, deren Konstitution im Chemieunterricht zugänglich gemacht werden kann (z. B. Azo-, Triarylmethinfarbstoffe oder Carotinoide mit konjugierten Doppelbindungen), setzt ein beachtliches Basiswissen voraus. Als didaktischer Zugang können Synthesen mit schulnahen Synthesebausteinen, gegebenenfalls mit historischem Akzent, dienen. Unverzichtbar ist in diesem Zusammenhang das Anilin, dessen exemplarischer Rang als aromatisches Amin unbestritten ist (z. B. Badische Anilin- und Soda-Fabrik). Das Erkennen einer gemeinsamen strukturellen Basis verschiedener Farbstoffe ist ein wichtiger, zugleich aber anspruchsvoller Schritt zum besseren Chemieverständnis. Die späte vertiefte Behandlung des Problemkreises Farbmittel in der Sekundarstufe II ist die logische Folge daraus.

Dies kann am Beispiel einer Reihe von Amino-Triphenylmethanfarbstoffen gezeigt werden (s. Abb. 4).

Die für Chemieverständnis wichtige Leitlinie „Farbstoff – Molekülstruktur – Eigenschaften“ kann auch am Thema Färben aufgezeigt werden [18]. Sie liefert Erklärungen für viele praktische Erfahrungen und technische Anwendungen. Hier spielt die chemische Wechselwirkung zwischen dem zu färbenden Stoff und der Konstitution des Farbstoffs eine wichtige Rolle. Dies kann besonders anschaulich bei der Färbung von Textilien oder Papier gezeigt werden. Deren jeweilige Struktur bestimmt, ob die chemische Wechselwirkung mit den Farbstoffen stark oder schwach ist. Daraus resultieren mehr oder weniger haltbare und in überschaubarer Zeitspanne realisierbare Färbungen. Speziell bei der Haarfärbung kann ebenso eine Wechselwirkung zwischen der chemischen Struktur der Haare (Keratin) und der des Farbstoffs aufgezeigt werden. Daraus leitet sich eine vor allem in der Technik gebräuchliche Einteilung der Farbstoffe nach dem Verhalten zur Faser bzw. nach den verwendeten Färbetechniken ab. Man spricht dann von basischen oder kationischen, Beizen-, Direkt-, Dispersions-, Entwicklungs-, Küpen-, Metallkomplex-, Reaktiv-, Säure-, Schwefel- oder Substantiven Farbstoffen. Um auf dieser Basis Chemieverständnis zu entwickeln, müssen entsprechende fachliche Voraussetzungen geschaffen werden. Dies sind z. B. Kenntnisse über Eigenschaften des zu färbenden Stoffes (Textil, Kunststoff, Metall, Papier), über dessen chemische Struktur, sowie daraus ableitbare Eignungen zur Behandlung mit speziell ausgewählten Farbstoffen.

Die herausgehobene Leitlinie „Farbstoff – Molekülstruktur – Eigenschaften“ ist aber auch eine Verständnisbasis für wichtige Zusammenhänge aus der Reaktionslehre. Als Beispiele gelten die klassischen Experimente mit Kristallviolett zu grundsätzlichen kinetischen Fragestellungen oder die Verwendung von Methyleneblau als Redoxindikator (vgl. Beitrag *Kreher*). Aber auch die Beurteilung von Farbstoffen seitens der Gefahrstoffverordnung macht diese Grundkenntnisse unentbehrlich (vgl. Kongorot: als Benzidinderivat nicht mehr für Schülerexperimente zulässig).

### Vom Phänomen zur Theorie – Didaktische Reduktion des Themas „Farbe“

Erst vor kurzem wurde wieder darauf hingewiesen [19], dass Naturwissenschaften im frühen Kindesalter einen höheren Stellenwert haben sollten als bisher. Das kann sicher auch schon im Kindergarten beginnen, ist aber bereits in der Primarstufe institutionalisiert [20]. Ein Beispiel aus der Schulpraxis zeigt die nach wie vor ungebrochene Motivationskraft solcher Inhalte: „Ist unser Filzschreiber denn wirklich schwarz?“, war die Problemfrage im Unterricht einer 4. Jahrgangsstufe. Als Ergebnis der Problemlösung und der Lösungshypothesen wurde vereinbart, in

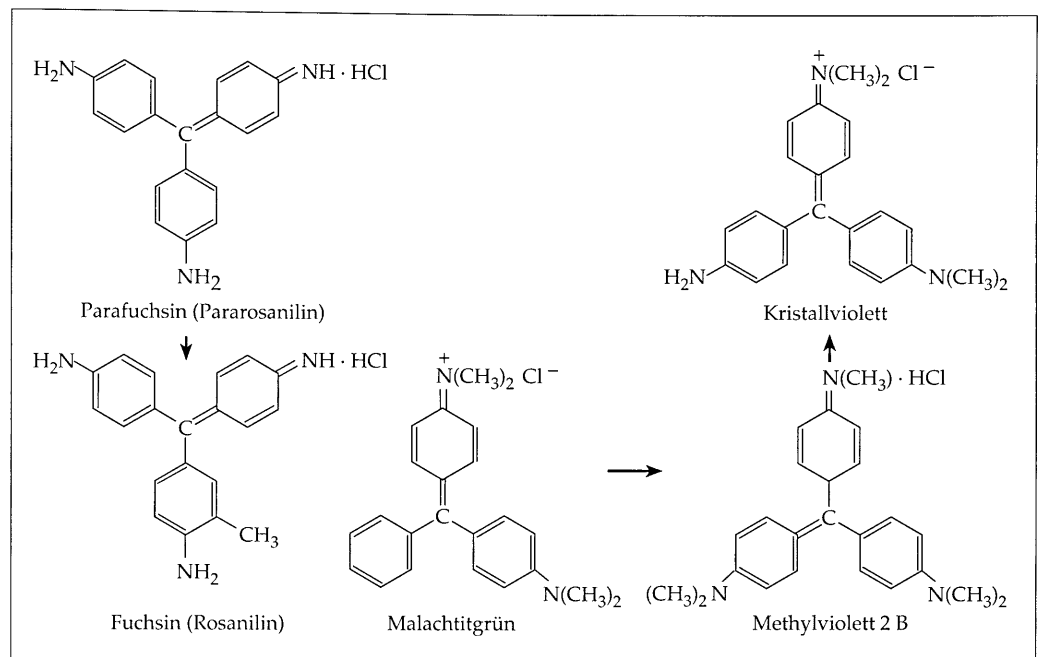


Abb. 4: Vom Parafuchsin zum Kristallviolett

Viergruppen zu versuchen, verschiedenfarbige Filzschreiber zu untersuchen: Wirklich nur Schwarz? Auf weißem Löschpapier wurde ein schwarzer Strich mit einem wasserlöslichen Filzschreiber gezeichnet. In Bechergläser mit Leitungswasser getauchte Papierstücke zeigten bei schwarzen Stiften unterschiedliche Farben, aufgetrennt ohne Sicherheitsrisiko. Die Fragen der neun bis zehn Jahre alten Schülerinnen und Schüler kamen wie aus der Pistole geschossen, als sie das Trennergebnis registriert hatten: „Können wir das nochmal machen? Wieso sind das jetzt so viele Farben, das war doch nur schwarz vorher? Können wir das auch noch mit einem roten, grünen, blauen Filzschreiber machen? Geht das dann genauso oder nicht?“ Nicht nur hohe Motivation war in dieser Grundschule zu beobachten, sondern auch anspruchsvollere Denkstufen vom einfachen Transfer bis zum problemlösenden Denken. Ähnlich erfolgreich kann man mit Lebensmittel-Farbstoffen experimentieren. Einen anderen Aspekt schneidet *H. Koch* (S. 14 f.) an. Sie zeigt eine Verbindung des Themas „Farbe“ mit berufskundlichen historischen Aspekten in der Sekundarstufe I auf.

Nach dem Übertritt von der Grundschule ins Gymnasium wird dann aber nicht nach dem Grundsatz verfahren: Man muss das Eisen schmieden, solange es warm ist. Was läge näher, als in der Unterstufe solche chemischen Erkenntnisse weiter zu „verfolgen“? Leider fehlt dort aber oft das Fach Chemie. Der Schulversuch „Europäisches Gymnasium“ in Bayern bringt ein neues Wahlpflichtfach „Natur und Technik“, beginnend von der Jahrgangsstufe 5. Durchführen der Versuche, und das Beobachten der Phänomene sollen dort einen gebührenden Platz im Unterricht erhalten. In Jahrgangsstufe 5 bis 7 steht das Thema „Färben mit Pflanzenfarbstoffen“ auf dem Lehrplan [21]. Teilaspekte könnten dabei sein: Färbesud herstellen, Beizen, Färben, Gestalten mit Farben. Das Konzept ist bewusst fächerverbindend angelegt. Über die Phänomenschließung kann nicht nur Lernkultur aufgebaut, sondern auch Erkenntnisgewinn, neue Einsichten, sowie weiterführende Fragehaltungen entwickelt werden, die dann in einen späteren Fachunterricht in der Mittelstufe einmünden (Warum ist die Färbung bei tierischen Fasern meist kräftiger als bei pflanzlichen?) [22]. Dort gibt es

dann ab der 9. Jahrgangsstufe das Fach Chemie zweistündig. Man kann im Interesse der naturwissenschaftlichen Bildung nur hoffen, dass dieser Schulversuch als gängige Praxis übernommen wird.

Eine Arbeitsgrundlage auf einfacher fachlicher Ebene für fächerverbindenden Unterricht (Biologie, Chemie, Physik) in der Sekundarstufe I bietet z. B. [23]. In fünf Abschnitten werden dort zum Thema „Farben“ verschiedene Aspekte zusammengetragen:

- Licht und Sehen
- Farben in der Natur
- Farben im Alltag
- Farbgebende Stoffe
- Verfahren zur Farbgebung.

Die Lebensmittelfarbstoffe bieten die Chance zu fachübergreifendem Chemieunterricht, insbesondere Naturfarbstoffe. Sie lassen sich mit einfachen analytischen Methoden gut nachweisen [24].

Wichtig ist auf dieser Stufe aber auch die weitere Erarbeitung des Phänomens Farbe und Färben unter Umwelt- und Gesundheitsaspekten. Textilien können sicher bei allergiegefährdeten Menschen gesundheitliche Probleme verursachen, genauso wichtig ist aber die Erkenntnis, dass bei der Gewinnung von Naturfarben auch Gifte extrahiert werden können. So enthalten die Samen und Früchte des Goldregens Cytisin, ein Chinolictin-Alkaloid. Zehn Samen dieser Pflanze können für Kinder bereits tödliche Folgen haben [5], eine Möglichkeit, natürliche und gezielt industriell synthetisierte Farbstoffe unter toxikologischem Aspekt vergleichend zu betrachten.

So ergeben sich zahlreiche unterschiedliche Ansätze zur Umsetzung der Thematik in den verschiedenen Jahrgangsstufen.

Dazu einige Überschriften:

*Hauptschule:*

- Wir färben Kunststoffe ein
- Indikatorfarbstoffe zeigen uns, ob ein Stoff mit Wasser sauer oder alkalisch reagiert

*Realschule:*

Mit Farbreaktionen können wir Stoffe identifizieren

- Fehling- Reaktion auf reduzierende Zucker
- Xanthoprotein-Reaktion auf Eiweiß
- Fuchsinchweflige Säure für reduzierende Aldehyde

*Gymnasium:*

Stoff-Struktur-Eigenschaftsbeziehung

- konjugierte  $\pi$ -Systeme und Farbe
- Farbe und Komplexchemie der Übergangsmetalle
- Maßgeschneiderte Farbstoffe

An dieser Stelle könnte die Indigo-Synthese als Ergebnis eines lange währenden Entwicklungsprozesses aufgegriffen werden [25]. Aus den Bausteinen Anilin, Formaldehyd und Blausäure wird Indigo unter Verwendung von Natrium, Wasser und Sauerstoff produziert. Trotz wirtschaftlicher Optimierung ist der sparsame Umgang mit den Ressourcen bindend. Deshalb wurde schon frühzeitig das bei der Phenylglycin-Synthese eingesetzte Alkali-Hydroxid aufgearbeitet und in den Prozess zurückgeführt. Das bei der Synthese entstehende Ammoniakgas verwendet man entweder für die Umsetzung von Natrium zu Natriamid oder anderweitig. N-Methylanilin, ein Abbauprodukt der Indoxylatschmelze, wird durch Kondensation und Phasentrennung aus dem Abgas isoliert. So werden 94 % der Gesamtmaterialbilanz verkauft, wieder eingesetzt oder im Rahmen des BASF-Stoffverbands anderen chemischen Prozessen zugeführt. Die ca. 6 % Abfallprodukte gelangen in das behandlungsbedürftige Abwasser und werden in der zentralen Kläranlage der BASF biologisch abgebaut.

## Literaturverzeichnis

- [1] Lutz, B.: Chemie lehren – Balanceakt zwischen Vereinfachung und Komplexität. NiU – Chemie 7 (1996), Nr. 36, S. 4–8
- [2] Schmidkunz, H.: Didaktische Aspekte zur Behandlung der Farbstoffe im Chemieunterricht. NiU-P/C 11 (1986), S. 16–19
- [3] Oltmanns, O.: Farbe in den Unterricht – Farbstoffe im Grundkurs Chemie. PdN – Chemie 38 (1989) Heft 4, S. 24–30
- [4] Ripota, P.: Wie kommen Farben ins Gehirn? Peter Moosleitners-Magazin P. M. 12/1998, S. 68–73
- [5] Falbe, J., Regitz, M. (Hrsg.). Römpp Lexikon Chemie, 10. Auflage, Version 1.1., Stuttgart, Thieme 1996 (Thieme interactive)
- [6] Datenbank Schulpraxis 1997. Literaturnachweise für Schule und Unterricht, DruckVerlag Kettler GmbH, Postfach 1150, 59193 Bönen
- [7] <http://www.rz.uni-frankfurt.de/cgi-bin/literatur.tcl>
- [8] Möllencamp, H.: MNU 51 (1998) S. 410–413
- [9] Braun, Th. M.: Das Rätsel mit den drei Salzen. NiU – Physik/Chemie 34 (1986), Nr. 11, S. 35–37
- [10] Hilgers, U., Blume, R.: Chelatbildende Ionenaustauscher – Eine Anwendung der Komplexchemie. NiU – Ph/Ch 43 (1994), Nr. 1, S. 12–18
- [11] Schallies, M.: Farbstoffchemie in ausgewählten Schülerversuchen. PdN – Chemie 38 (1989), Nr. 4, S. 31–36
- [12] Jentsch, R.: Eosin-Synthese im Schülerversuch. PdN – Chemie 46 (1997), Nr. 5, S. 44–45
- [13] Sommerfeld, H., Blume, R., Bader, H. J.: Demonstrationsversuche zur Phasentransfer-Katalyse. PdN – Chemie 42 (1993), Nr. 2, S. 39–41
- [14] Full, K., Ruf, W.: Internes Material f. regionale Lehrerfortbild. 1998
- [15] Roesky, H. W., Kusche, C.: Chemie en Miniature. PdN – Ch 45 (1996), Nr. 5, S. 39–40
- [16] <http://www.dc2.uni-bielefeld.de>
- [17] Dähne, L.: Farbenvielfalt aus dem Reagenzglas. Forschung, Mitteilungen der DFG 3/98, S. 4–7
- [18] Pfeifer, P., Häusler, K., Lutz, B. (Federführung): Konkrete Fachdidaktik Chemie, Oldenbourg Verlag, München, 1997
- [19] Lück, G., Demuth, R.: Naturwissenschaften im frühen Kindesalter. CHEMKON 5 (1998), S. 71–78
- [20] Büttner, D.: Mischen und Trennen von Farbstoffen. NiU – Physik/Chemie (1986) H. 11, S. 20–27
- [21] Renoth, P.: Natur und Technik – ein fächerverbindendes Konzept für die Unterstufe. NiU – Chemie 8 (1997), Nr. 40, S. 13–16
- [22] John, S., Ludwischowski, I.: Naturfarbstoffe im Unterricht. Aulis Verlag Deubner & Co KG, Köln 1998
- [23] Dietrich, V.: Naturwissenschaften Biologie, Chemie, Physik. Farben. Volk und Wissen Verlag GmbH & Co., Berlin 1998
- [24] Deifel, A., Treiber, D.: Lebensmittelfarbstoffe. NiU-Chemie 6 (1995), Nr. 30, S. 24–26; S. 31–33.
- [25] Miederer: Moderne Farbstoffproduktion am Beispiel der BASF-Indigosynthese. Vortrag im Rahmen einer Werksführung 1998
- [26] Spitzer, M.: Geist im Netz. Modelle für Lernen, Denken und Handeln. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 1996
- [27] Internet-Adressen:  
Psychologische Wirkung der Farben:  
<http://www.svoboda.at/Farben.htm>  
Test: Sind Sie farbenblind?  
[http://dir.yahoo.com/Health/Diseases\\_and\\_Conditions/Color\\_Blindness/](http://dir.yahoo.com/Health/Diseases_and_Conditions/Color_Blindness/)  
Wie die Herbstblätter zu ihren Farben kommen:  
<http://scifun.chem.wisc.edu/chemweek/fallcolr/fallcolr.html>
- [28] Farbenlexikon <http://members.tripod.com/seilnacht/Flexikon.htm>

Dr. Bernd Lutz, geb. 1944,  
seit 1980 Leiter der Abteilung Didaktik der Chemie der Fakultät für Chemie und Pharmazie an der Universität Würzburg.

Adresse: Zentralgebäude Chemie, Universität Würzburg,  
Am Hubland, 97074 Würzburg.

Prof. Dr. Peter Pfeifer, geb. 1939,  
seit 1993 Professor für Didaktik der Chemie an der Universität Erlangen-Nürnberg, Regensburger Str. 160, 90478 Nürnberg.

Adresse: Spessartstr. 3, 95448 Bayreuth.