

# *Praxis der Naturwissenschaften Chemie in der Schule*

Aulis Verlag Deubner · Köln und Leipzig

*Chemie  
und Kunst*





# Kunst und Chemie

## Ein Kunststück?

J. Lipscher

### 1 Vorbemerkungen

Die Rolle der naturwissenschaftlichen Untersuchungsmethoden bei der Entlarvung von Fälschungen im Bereich der bildenden Kunst wurde vom Autor in dieser Zeitschrift erörtert [1]. Der vorliegende Beitrag sollte die wechselseitigen Beziehungen der Chemie und der Kunst in einem etwas breiteren Rahmen darstellen und einige Anregungen zur Integration dieser Thematik in den gymnasialen Chemieunterricht liefern.

### 2 Materielle Grundlagen der Kunst

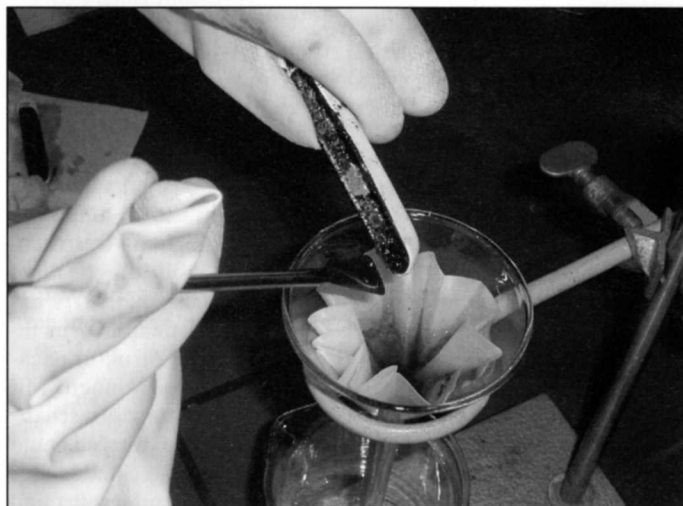
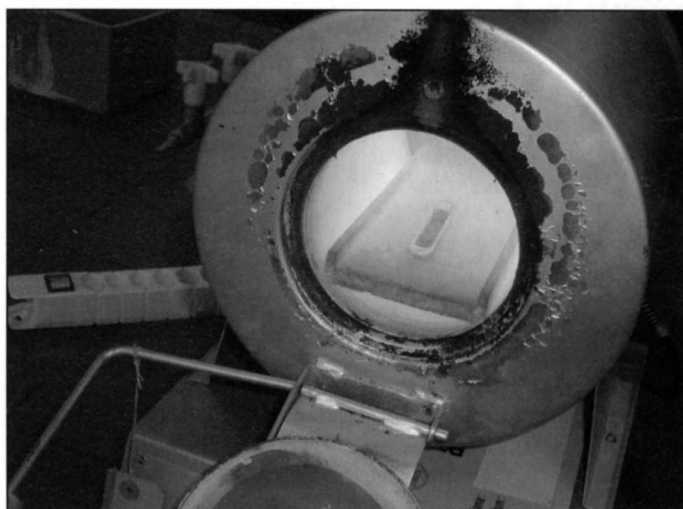
Die materielle Grundlage der bildenden Künste sind chemische Stoffe: Leinwand, Pigmente und Bindemittel für die Malerei, Bronze, Marmor und andere Gesteine für die Bildhauerei, Silbersalze und Farbstoffe für die Fotografie. Der Einbezug solcher Stoffe in chemische Praktika, Projektunterricht oder andere Unterrichtsgefäße stellt die erste Möglichkeit dar, Themen aus dem Bereich Kunst in den Chemieunterricht zu integrieren. Der Autor hat mit seinen Schülern ein größeres Projekt in dieser Art mit dem Thema „Chemie und Malerei“ durchgeführt [2].

Im ersten Teil dieses Projektes beschäftigten sich die Studierenden mit Pigmenten. Zunächst haben wir 16 verschiedene vorwiegend anorganische Malerpigmente hergestellt. Hierbei kamen entweder Fällungsreaktionen (Chromgelb, Cadmiumgelb, Kobaltgelb, Kobaltviolett, Berlinerblau, Malachit und Grünspan) oder Hochtemperatursynthesen (Bleizinngelb, Kobaltblau, Chromoxidgrün, Ägyptischblau und Smalte (Abb. 2–4) zum Einsatz. Alle Laborvorschriften sind bei [2] zu finden.

**Abb. 1:** Rembrandt, Belshazzars Fest, etwa 1645. Die Pigmentanalyse dieses Gemäldes ist durch die Abbildungen selber hergestellten Pigmente an den entsprechenden Stellen im Bild visualisiert [2].



**Abb. 2–4:** Herstellung von Smalte durch Schmelzen von Co(II,III)-oxid,  $K_2CO_3$  und  $SiO_2$  [2].



**Eitempera**

- 1 Volumenteil rohes Ei
- 1 Volumenteil Leinöl
- 1 Volumenteil Wasser

werden in dieser Reihenfolge unter kräftigem Schütteln in einen Kolben gegeben.

Das Pigment wird gut mit Wasser benetzt bis zu einer Konsistenz von Sahne und danach

1 Volumenteil Pigment und 0,3 Volumenteile Eitempera werden zusammengewaschen und gut durchgeschüttelt. Nun kann ein Probeaufstrich gemacht werden und nach Bedarf weiteres Eitempera dazugeben.

**Acryl**

Das Pigment wird gut mit Wasser benetzt bis zu einer Konsistenz von Sahne und danach

1 Volumenteil Pigment mit 0,3 Volumenteilen Acrylemulsion (z. B. von Lascaux) werden zusammengewaschen und gut durchgeschüttelt.

**Kasten 1: Ausmalungen mit verschiedenen Bindemitteln [3]**

Ein wichtiger Aspekt der Beschäftigung mit Pigmenten ist die anschließende Vermahlung der Pigmente durch die Studierenden. Dies kann zuerst ganz bescheiden auf ein Blatt Künstlerpapier mit Acrylbindemittel geschehen. In Zusammenarbeit mit dem Fachkreis Kunstunterricht kann der Einfluss verschiedener Bindemittel auf die Qualität der Ausmalung untersucht oder es können die Pigmente natürlich auch zu einem Gemälde vermalt werden.

Danach haben wir in der Literatur und im Internet Informationen zu den einzelnen Pigmenten gesucht und diese tabellarisch dargestellt. In diesem Teil lernten die Studierenden die Möglichkeiten der multidimensionalen Informationsdarstellung mittels Hypertext-Technologie kennen. Die gefundenen Angaben wurden innerhalb und natürlich auch außerhalb des eigenen Dokuments, also im Internet, mit anderen relevanten Informationen vernetzt. So haben wir zu jedem Pigment außer seiner chemischen Beschreibung (Name, Formel) auch noch die geschichtlichen Informationen (Entdeckung, Verwendung), seine Eigenschaften (Deckkraft, Lichtbeständigkeit, Verträglichkeit mit anderen Pigmenten), Spektren (Raman, UV) und schließlich auch noch die Herstellungsvorschrift aufgeführt.

Im zweiten Teil des Projektes haben wir uns den Pigmentanalysen von Gemälden zugewandt. Eine ausgedehnte Recherche der zum Teil schwer zugänglichen Primärliteratur brachte eine Fülle von Pigmentanalysen von Gemälden aus verschiedenen Epochen zu Tage. Die Beschäftigung mit solchen Analysen ermöglichten den Studierenden Zusammenhänge zwischen der Kunstgeschichte und der Geschichte der Chemie zu erkennen. So kann beispielsweise die Farbenpracht der impressionistischen Bilder durch kunsthistorische und stilistische Überlegungen begründet werden. Auf der anderen Seite sollte die Tatsache in Betracht gezogen werden, dass viele der leuchtenden Pigmente in impressionistischen Gemälden Elemente enthalten, die kurz vor den Anfängen des Impressionismus (etwa 1860) entdeckt worden sind (Abb. 5 und Tab. 1)

Solche Unterrichtseinheiten können in verschiedenen Varianten durchgeführt werden. Außer der hier beschriebenen Variante kann sich jede Schülergruppe mit einer bestimmten Farbe beschäftigen, die zugehörigen Pigmente herstellen und Gemälde suchen, in denen diese Farbe eine wichtige Rolle spielt. Eine andere Möglichkeit besteht darin, sich ein Gemälde auszusuchen und möglichst alle darin vorkommenden Pigmente herzustellen und zu charakterisieren.

Dieses Projekt wurde im Jahre 2000 mit dem Ehrenpreis im europaweiten Wettbewerb „Science Education Award“ des Verbandes der Europäischen Chemischen Industrien (CEFIC) ausgezeichnet.

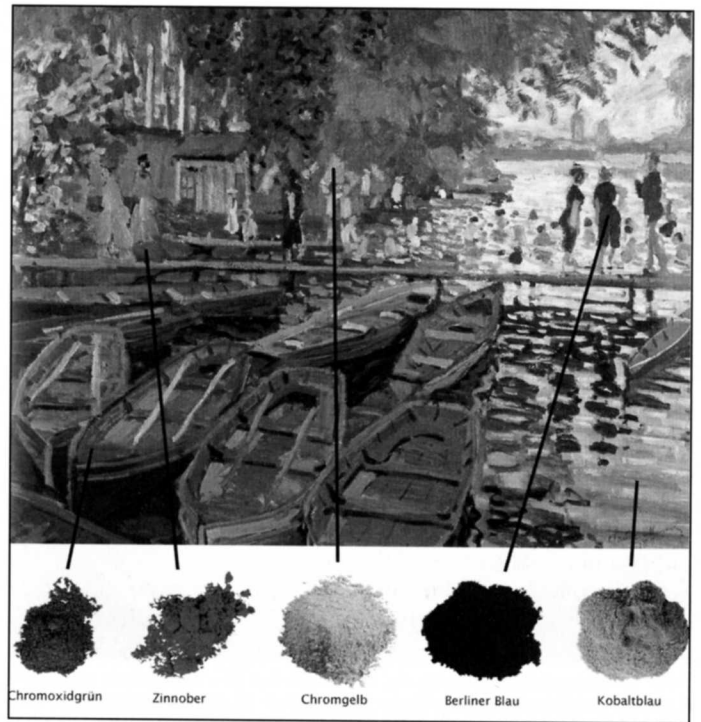


Abb. 5: Die Pigmente im Bild von C. Monet, Baden in La Grenouillere, 1869

Tab. 1

| Element | Entdeckungsjahr | Pigmente                    |
|---------|-----------------|-----------------------------|
| Kobalt  | 1735            | Kobaltblau<br>Kobaltviolett |
| Chrom   | 1797            | Chromgelb<br>Chromoxidgrün  |
| Cadmium | 1817            | Cadmiumgelb                 |

**3 Kunstvolle Chemie**

Einen ganz anderen Zugang zu unserem Thema stellt die Beschäftigung mit ästhetischen Aspekten chemischer Reaktionen dar. Diese Idee ist sicherlich nicht neu, liegen doch beispielsweise die Rungebilder in der Schatztruhe einer jeden Chemielehrkraft, die auch das Auge ihrer Adepten erfreuen will [4].

Ein neueres Projekt des Autors in Zusammenarbeit mit einem Lehrer aus dem Fachkreis Kunstunterricht stellte die Selbstorganisation in chemischen Systemen ins Zentrum des Interesses [5]. Solche chemische Reaktionen bieten Anlass zu anspruchsvollen mechanistischen und thermodynamischen Betrachtungen und sind außerdem wahrhaftig schön. Stellen solche Aspekte nicht ideale Voraussetzungen für Bildung im gymnasialen Sinne dar?

Wir haben in diesem Projekt elf verschiedene sich selbstorganisierende Systeme zuerst theoretisch untersucht und uns mit den Ursachen der Musterbildung befasst [6] (Tab. 2).

Im zweiten Teil haben wir dann die Laborvorschriften für diese Reaktionen soweit optimiert, dass wir den gesamten Verlauf in entsprechender Qualität fotografieren konnten (Abb. 6 und 7). Die Fotos wurden dann in einer Internetsite als Animation aufbereitet, so dass der Verlauf der gesamten Reaktion, und somit die Entstehung der Muster aus einer homogenen Lösung heraus, betrachtet werden kann. Natürlich wurden alle zusätzlichen Informationen über die

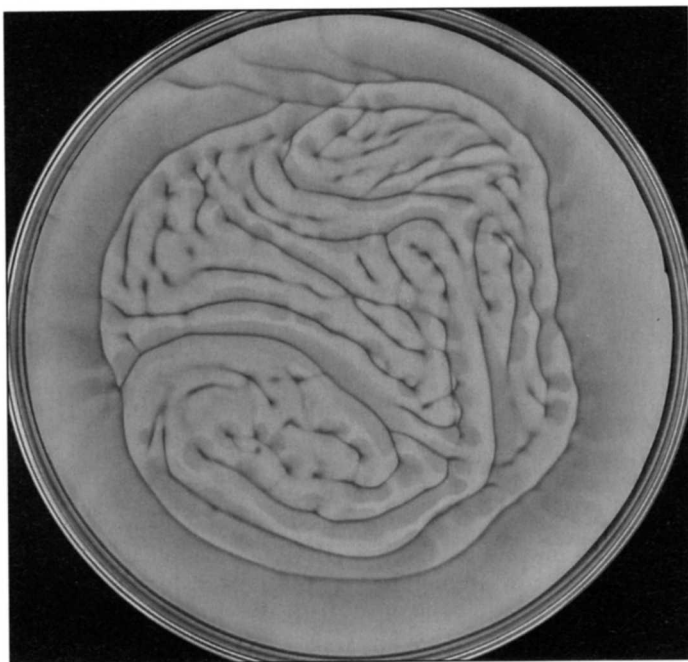


Abb. 6: Musterbildung durch die Luftoxidation des Amidols in wässriger Lösung (2,4-Diaminophenol; eine fotografische Entwicklersubstanz). Die Animation der Musterentstehung aus einer homogenen Lösung kann bei [5] betrachtet werden.



Abb. 7: Musterbildung durch Luftoxidation des Farbstoffes Safranin in alkoholischer Lösung. Die Animation der Musterentstehung aus einer homogenen Lösung kann bei [5] betrachtet werden.

Tab. 2

| Reaktion                            | Ursache der Musterbildung [6]  |
|-------------------------------------|--|
| Belousov-Zhabotinsky                | Zusammenspiel komplexer rückgekoppelter Reaktionen in wässriger Lösung |
| Belousov-Zhabotinsky fluoreszierend | Zusammenspiel komplexer rückgekoppelter Reaktionen in wässriger Lösung |
| Methylviologen                      | Oxidation von Farbstoffen in alkoholischer Lösung                      |
| Safranin                            | Oxidation von Farbstoffen in alkoholischer Lösung                      |
| Cacothelin                          | Oxidation von Farbstoffen in alkoholischer Lösung                      |
| Methylenblau                        | Oxidation von Farbstoffen in alkoholischer Lösung                      |
| Amidol                              | Oxidation von Farbstoffen in wässriger Lösung                          |
| Metol                               | Oxidation von Farbstoffen in wässriger Lösung                          |
| Pyrogallol                          | Oxidation von Farbstoffen in wässriger Lösung                          |
| Brenzkatechin                       | Oxidation von Farbstoffen in wässriger Lösung                          |
| Hydrochinon                         | Oxidation von Farbstoffen in wässriger Lösung                          |

Reaktionen, die Laborvorschriften und externe Links ebenfalls in die Site integriert.

Ich möchte an dieser Stelle nochmals betonen, dass die Beschäftigung mit der Selbstorganisation in chemischen Systemen im gymnasialen Chemieunterricht keineswegs neu oder originell ist. Unser Anliegen in diesem Projekt war die ästhetische Dimension der ordnungsbildenden Vorgänge in der Natur, die wir in zweitem Teil der Arbeit den Wechselbeziehungen zwischen Ordnung und Chaos in der bildenden Kunst gegenüber stellten. Deshalb haben wir einen beträchtlichen Aufwand mit der Optimierung der Laborvorschriften und der

Qualität der fotografischen Abbildungen getrieben. Auch dieses Projekt wurde im Jahre 2002 mit dem Ehrenpreis im europaweiten Wettbewerb „Science Education Award“ des Verbandes der Europäischen Chemischen Industrien (CE-FIC) ausgezeichnet [7].

#### 4 Kunst unter der Lupe

Kunsthistorische, kunstwissenschaftliche und auch kriminalistische Fragestellungen werden häufig mit naturwissenschaftlichen Untersuchungsmethoden beantwortet. Viele der verwendeten Methoden sind auch für eine Chemielehrkraft von Interesse, so dass Anwendungsbeispiele aus diesem Bereich die Thematisierung moderner analytischer Methoden im Unterricht ermöglichen.

Eine allgemeine Übersicht über die Verwendung naturwissenschaftlicher Methoden zur Untersuchung von Kunstgegenständen findet sich bei [1, 8, 9].

#### Chemische Pigmentanalyse

Eine vollständige Beschreibung der Eigenschaften, Verwendung, Herstellung und des Nachweises praktisch aller Malerpigmente findet sich im dreibändigen Standardwerk „Artists' Pigments“ [10].

Für Unterricht konzipiert ist das Pigmentlexikon von Th. Seilnacht [11], eine Fülle von Informationen über Pigmente enthält die Site von V. Emrath [12]. Die chemischen Methoden der Pigmentanalyse in Gemälden sind in [1, 10, 13] umschrieben.

#### UV-Fluoreszenz

*Prinzip:* Manche Firnisse (natürliche Harze) und Pigmente (Zinkweiß) fluoreszieren nach der Bestrahlung mit UV-Licht.  
*Anwendung:* Nachweis von Reparaturen, Nachweis von Zinkweiß.



## IR-Reflektografie

*Prinzip:* IR-Strahlung durchdringt die äußeren Pigment-schichten und wird an den unteren Schichten des Gemäldes reflektiert. Die reflektierte Strahlung wird mit einer IR-empfindlichen Kamera sichtbar gemacht [14, 15].

*Anwendung:* Untersuchung der inneren Schichten und der Unterzeichnung eines Gemäldes.

## Raman-Mikroskopie

*Prinzip:* Untersuchung der inelastischen Streuung der monochromatischen Strahlung an Pigmentpartikeln [16, 17].

*Anwendung:* Zerstörungsfreie Untersuchung einzelner Pigmentkörnchen in einem Gemälde, die eine Identifikation der Pigmente ermöglicht. Im Internet sind zwei umfangreiche Sammlungen von Ramanspektren zu finden [18, 19].

## Neutronenaktivierungs-Autoradiografie (NARG)

*Prinzip:* Das Gemälde wird in einem Kernreaktor mit Neutronen bestrahlt. Elemente in Pigmenten werden in radioaktive Isotope verwandelt. Anschließend werden Röntgenfilme auf das Gemälde gelegt und die Strahlung der radioaktiven Isotope sichtbar gemacht [20, 21].

*Anwendung:* Die inneren Malschichten können sichtbar gemacht, Pigmente durch charakteristische Strahlung der darin enthaltenen Isotope identifiziert werden.

## Röntgenanalyse

*Prinzip:* Das Gemälde wird durch Röntgenstrahlen durchstrahlt und die durchgelassenen Strahlen werden auf einem Röntgenfilm sichtbar gemacht.

*Anwendung:* Abbildung tieferer Malschichten, wobei nur Elemente mit hohen Ordnungszahlen sichtbar werden (vor allem Blei im Bleiweiß).

## Röntgenfluoreszenz

*Prinzip:* Die Probe (z. B. ein Pigmentkörnchen) wird mit energiereichen Elektronen bestrahlt, worauf die enthaltenen Elemente charakteristische Röntgenstrahlung aussenden.

*Anwendung:* Identifikation von Pigmenten. Kann mit einem Elektronenmikroskop kombiniert werden (EDX/SEM = Energy Dispersive X-Ray Analysis/Scanning Electron Microscopy)

## Laser Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS)

*Prinzip:* Eine Stelle im Gemälde wird durch einen intensiven Laserpuls bestrahlt, was zur Plasmabildung führt. Die resultierende Fluoreszenzstrahlung ist für die enthaltenen Elemente charakteristisch.

*Anwendung:* Eine minimal destruktive Methode zur Pigmentanalyse. Wird eine ganze Serie von Laserpulsen auf eine bestimmte Stelle im Gemälde gerichtet, kann ein Tiefenprofil der Malschicht erstellt werden.

## Untersuchung einzelner Gemälde

*G. Bellini, Tizian, Götterfest, 1514–1529*

Dieses Bild ist wahrscheinlich das bestuntersuchte Gemälde überhaupt. Ursprünglich im Auftrag des italienischen

Grafen *Alfonso d'Este* von *G. Bellini* im Jahre 1514 gemalt, wird es als einer der grossen Meisterwerke der italienischen Renaissance angesehen. Das Gemälde war aber seit längerer Zeit stilistisch umstritten. Erst die eingehende Untersuchung in der National Gallery in Washington bestätigte, dass das Bild von zwei weiteren Malern, *Dosso Dossi* und *Tizian*, teilweise übermalt wurde. Der Bericht über die Untersuchung ist in Buchform erschienen [22a] und als eine Internetseite aufgearbeitet worden [22b]. Die Internetseite „Feast of the Gods“ von *M. Douma* gehört zu den besten Beispielen der sinnvollen Nutzung technischer Möglichkeiten des Internets und der Hypertext-Technologie für didaktische Zwecke.

Die Site enthält einen bildhaften und ansprechenden Abriss der historischen Umstände mit einer virtuellen Tour des Palastes des Grafen d'Este, Darstellung der venezianischen Kunst der damaligen Zeit und sogar Beispiele zeitgenössischer Musik. Die gesamte Untersuchung des Gemäldes durch Röntgenanalyse, IR-Reflektografie und auch die klassische Pigmentanalyse sind beispielhaft didaktisch aufgearbeitet.

*P. Picasso, Die Tragödie, 1903*

Die Untersuchung dieses Gemäldes mit naturwissenschaftlichen Methoden in der National Gallery in Washington ermöglicht tief greifende Einsichten in die Maltechnik von *Picasso*. Die Aufarbeitung für Internet ist ebenfalls vorbildlich [23].

Investigating the Renaissance

Eine sehr ansprechende Aufarbeitung der Analyse von drei Gemälden aus den Beständen der Harvard University Art Museum [24].

**Abb. 8:** *G. Bellini und Tizian, Götterfest, 1514–1529.* Detail des Gemäldes (rechts) wird mit der Röntgenaufnahme (links oben) und mit der IR-Reflektografie (links unten) verglichen. [22b]. Sowohl in der Röntgenaufnahme als auch in der IR-Reflektografie sind die von *Bellini* gemalten Bäume sichtbar, welche später von *Tizian* übermalt worden sind (rechts). Bild mit Genehmigung von *M. Douma, WebExhibits*.



Das Bild „Die Regenschirme“ von P.A. Renoir (Abb. 9) wurde um 1880 gemalt, die exakte Zeit seiner Entstehung ist nicht genau bekannt. Das Gemälde ist kunsthistorisch von großem Interesse, da man auf den ersten Blick darin zwei völlig verschiedene Malstile entdecken kann.

Die Figuren auf der rechten Seite hat Renoir in weichem, leicht verschwommenem Stil mit kräftigen Farben gemalt, welcher um 1870 charakteristisch für seine Arbeit war. Das Paar auf der linken Seite zeigt jedoch eindeutig schärfere Umrisse und dezenteren Farben. Die Analyse des Kleidungsstils der abgebildeten Damen legte die Vermutung nahe, dass Renoir an dem Gemälde in zwei getrennten Phasen gearbeitet haben muss in einem Zeitraum von etwa vier Jahren.

Die naturwissenschaftliche Untersuchung des Gemäldes in der National Gallery in London erlaubte eine Bestätigung dieser Vermutungen und brachte neue Erkenntnisse über die Entstehung des Bildes und über die künstlerische Entwicklung Renoirs ans Licht. Eine Röntgen-durchleuchtung zeigte zunächst, dass die Dame links ursprünglich in dem weicheren verschwommenen Stil gemalt wurde und einen Hut trug, der später übermalt wurde. Das genaue Aussehen des Gemäldes nach dem Abschluss der ersten Phase konnte jedoch aus der Röntgenaufnahme nicht ermittelt werden.

Nun kam den Wissenschaftlern die chemische Analyse der Pigmente zur Hilfe. Genaue Untersuchungen zeigen nämlich, dass Renoir seine Palette zwischen den beiden Phasen wesentlich veränderte. So verwendete er in der ersten Phase ausschließlich Kobaltblau, in der zweiten Phase brauchte er jedoch nur Ultramarin. Glücklicherweise enthalten viele Schichten dieses Gemäldes blaue Pigmente, so dass ihre Identifizierung die Zuordnung jeder einzelnen Schicht zu den beiden Phasen ermöglicht hatte. Im Weiteren malte Renoir vor 1880 mit chromhaltigen Gelbpigmenten (Chromgelb), die er um 1880 durch Antimongelb ersetzte. Durch den Nachweis dieser beiden Pigmente konnte die Zuordnung der einzelnen Malschichten zu den beiden Phasen nochmals bestätigt werden.

„Die Regenschirme“ gehören zu den komplexesten Gemälden, die in der National Gallery je untersucht worden sind. Die komplexe Struktur zeugt von innerem Kampf des Malers, in dem er seine sich widersprechenden Interessen zur kohärenten künstlerischen Aussage verschmelzen wollte. Die Pigmentanalyse verdeutlicht in eindrücklicher Weise, dass der Maler um 1880 seine gesamte Maltechnik einer gründlichen Revision unterzogen hatte [32 s. 188–195].



**Abb. 9:**  
P.-A. Renoir,  
Regenschirme,  
etwa 1880

Kasten 2

## Fallstudie über die Untersuchung eines Gemäldes von P. Cézanne

Diese Internet-Aufarbeitung ist für die direkte Verwendung im Chemieunterricht bestimmt. Sie ist in der Form einer Diskussion unter mehreren Wissenschaftlern gestaltet und enthält alle notwendigen Informationen (Pigmentanalysen, Spektren, etc.) für die Studierenden, welche die Authentizität des Gemäldes beurteilen sollten [25].

Im Weiteren können naturwissenschaftliche Untersuchungen der Werke „Knaben am Flussufer“ von P. Sérusier [26], „Fête Champêtre“ von J.-A. Watteau [27] und einigen Aquarellen von P. Cézanne [28] im Internet gefunden werden.

In Buchform sind Berichte über die naturwissenschaftliche Untersuchung der Werke folgender Maler erschienen: D. Velázquez [29], J. Vermeer [30], P. Gauguin [31] und zwei ansprechende Publikationen der Londoner National Gallery über die Werke von Rembrandt [33] und über impressionistische Gemälde [32] (siehe hierzu Kasten 2)

### 5 Allgemeine Quellen

Im Lexikon *ArtLex* [34] können allgemeine Informationen über Kunst konsultiert werden. Die umfangreichste Sammlung von Gemälden im Internet, die nach verschiedensten Kriterien abgesucht werden kann ist in der *Artcyclopedia* [35] zu finden.

### 6 Methodische Überlegungen

Verschiedene Unterrichtsmethoden können bei der Integration dieser Thematik eingesetzt werden. Eine ausführliche Diskussion der mannigfaltigen Möglichkeiten wurde vom Autor bereits in [1] angeführt.

#### Literatur:

- [1] J. Lipscher, Echt falsch? Naturwissenschaftliche Methoden überführen Kunstfälscher, PdN-Chemie 53 (2004) 7–12
- [2] J. Lipscher, Chemie und Kunst, <<http://www.swisseduc.ch/chemie/pigmente/>>, Zugriff am 6.3.2005
- [3] S. Muntwyler, unpublizierte Arbeit
- [4] F. Kober, Rungebilder, PdN-Chemie 42 (1993) 39–44
- [5] J. Lipscher, Ordnung und Chaos, <<http://www.swisseduc.ch/chemie/orderchaos/>>, Zugriff am 6.3.2005
- [6] H. Kunz, Prinzipien der Selbstorganisation: Untersuchungen zu strukturbildenden Prozessen und Entwicklung einer experimentellen Konzeption zur Einbindung dieser Thematik in einen zeitgemäßen Chemieunterricht 2001. – VII, 275 S., [28] Bl. – Oldenburg, Univ., Diss., 2001. <<http://docserver.bis.uni-oldenburg.de/publikationen/dissertation/2001/kunpri01/kunpri01.html>>, Zugriff am 6.3.2005
- [7] CEFIC Science Education Award 2002, Prize Book, <<http://www.cefic.org/Files/Publications/1SEA.pdf>>, Zugriff am 6.3.2005
- [8] The Cleveland Museum of Art, Methods of scientific Examinations, <<http://www.clevelandart.org/exhibcef/picassoas/html/1461880.html>>, Zugriff am 6.3.2005
- [9] J.L. Mass, <[http://meetings.chess.cornell.edu/UserMeeting2003/Talks/MassCHESStalk2\\_forweb.pdf](http://meetings.chess.cornell.edu/UserMeeting2003/Talks/MassCHESStalk2_forweb.pdf)>, Zugriff am 6.3.2005
- [10] Artists' Pigments. A Handbook of Their History and Characteristics, Band 1: R. L. Feller (Hrsg.) Cambridge University Press 1986; Band 2: A. Roy (Hrsg.) Oxford University Press 1993; Band 3: E. W. Fitzhugh (Hrsg.) Oxford University Press 1997
- [11] T. Seilnacht, Pigmentlexikon, <<http://www.seilnacht.tuttlingen.com/Lexikon/FLexikon.htm>>, Zugriff am 6.3.2005
- [12] Volker Emrath, <<http://www.emrath.de/index.html/>>, Zugriff am 6.3.2005
- [13] H. Kühn, Die analytische Bestimmung der Pigmente auf Gemälden, ChiuZ 3 (1969) 50–57
- [14] Seeing Red, National Gallery of Australia <<http://www.nga.gov.au/Red/Index.htm>>, Zugriff am 6.3.2005

- [15] Ch. Weiner, Improved Acquisition Technique of Underdrawings in Oil-Paintings Using IR-Reflectography <<http://www.cis.rit.edu/research/thesis/bs/1999/weiner/contents.html>>, Zugriff am 6.3.2005
- [16] P. Vandenabeele und L. Moens, The application of Raman Spectroscopy for the Non-destructive Analysis of Art Objects, <<http://www.ndt.net/article/wcndt00/papers/idn163/idn163.htm>>, Zugriff am 6.3.2005
- [17] R. Withnall, Pigment Analysis of Portrait Miniatures Using Raman Microscopy, <<http://www.gre.ac.uk/~wr02/poster/>>, Zugriff am 6.3.2005
- [18] Clark et al., Raman Spectroscopic Library of Natural and Synthetic Pigments, <<http://www.chem.ucl.ac.uk/resources/raman/speclib.html>>, Zugriff am 6.3.2005
- [19] Università di Firenze, Raman Spectra of Pigments, <[http://www.chim.unifi.it/raman/lista\\_pigmen.html](http://www.chim.unifi.it/raman/lista_pigmen.html)>, Zugriff am 6.3.2005
- [20] M.J. Cotter, Neutron Activation Analysis of Paintings, American Scientist, 1981/1-2, 17-27
- [21] J. Kelch, Ein Blick über die Schultern des Malers. Museum J. 5 (1989) 52-56
- [22] a) D. Bull und J. Plesters, The Feast of the Gods: Conservation, Examination and Interpretation, Studies in the History of Art 40. Monograph Series II., D.C. National Gallery of Art, Washington 1990.  
b) Investigating Bellini's Feast of Gods, WebExhibits, <<http://webexhibits.org/feast/>>, Zugriff am 6.3.2005
- [23] National Gallery of Arts, Pablo Picasso's The Tragedy, <<http://www.nga.gov/feature/picasso/>>, Zugriff am 6.3.2005
- [24] Harvard College, Investigating the Renaissance, <<http://www.artmuseums.harvard.edu/Renaissance/index.html>>, Zugriff am 6.3.2005
- [25] E. Del Federico et al., As Light Meets Matter: Art under Scrutiny, <[http://www.sciencecases.org/art\\_under\\_scrutiny/art\\_under\\_scrutiny.asp](http://www.sciencecases.org/art_under_scrutiny/art_under_scrutiny.asp)>, Zugriff am 6.3.2005
- [26] National Gallery of Victoria, Sérusier's Boys on a riverbank: A technical examination, <<http://www.ngv.vic.gov.au/collection/conservation/serusier/serusier03.html>>, Zugriff am 6.3.2005
- [27] The Art Institute of Chicago, Uncovering Watteau, <<http://www.artic.edu/aic/students/sciarttech/2e1.html>>, Zugriff am 6.3.2005
- [28] F. Zieske, An Investigation of Paul Cézanne's Watercolors with Emphasis on Emerald Green, <<http://aic.stanford.edu/sg/bpg/annual/v14/bp14-09.html>>, Zugriff am 6.3.2005
- [29] G. McKim, G. Andersen-Bergdoll und R. Newman, Examining Velázquez, Yale University Press, New Haven 1988
- [30] I. Gaskell und M. Jonker, Hrsg. Vermeer Studies, Studies in the History of Art 55, National Gallery of Art, Washington 1998
- [31] C. Christensen, The Painting Materials and Technique of Paul Gauguin, in Conservation Research, Studies in the History of Art, 41, Monograph Series II, National Gallery of Art, Washington 1993, 63-103
- [32] D. Bomford, et al., Art in the Making: Impressionism, National Gallery, London 1990
- [33] D. Bomford, C. Brown, A. Roy, Art in the Making: Rembrandt, National Gallery, London 1988
- [34] ArtLex, <<http://www.artlex.com/>>, Zugriff am 6.3.2005
- [35] Artcyclopedia <<http://artcyclopedia.com/index.html>>, Zugriff am 6.3.2005

**Anschrift des Verfassers:**

Dr. Juraj Lipscher, Kantonsschule Baden, Seminarstr. 3, CH-5400 Baden, Schweiz, E-Mail: [juraj@lipscher.ch](mailto:juraj@lipscher.ch)

# Alternative fotografische Verfahren

## 1. Teil: Cyanotypie

R. Deuber

*"(...) how charming it would be if it were possible to cause these natural images to imprint themselves durably and remain fixed upon the paper."*

Henry Fox Talbot (1800-1877)

### 1 Projekt „Belichtete Welt“

„Belichtete Welt – Die Erfindung der Fotografie“ hiess das Thema für den Projektunterricht an der Kantonsschule Baden, das ich zusammen mit einem Lehrer für Kunstunterricht plante, und für das ich Literatur suchte, als mir zwei Dinge auffielen:

1. Es wurde eine unerwartet große Vielfalt an chemisch unterschiedlichen fotografischen Verfahren entwickelt, bevor sich die Silbersalz fotografie als Standardverfahren durchsetzte.
2. Obwohl viele Fotografen diese Verfahren weitgehend unbemerkt von der breiten Öffentlichkeit immer noch –

bzw. wieder – anwenden, gibt es nur rudimentär Literatur zur gymnasialen Umsetzung im Unterricht.

Im Rückblick auf das Projekt, in dem sich die Schülerinnen mit großer Begeisterung beteiligten, lohnt es sich, die Thematik im gymnasialen Chemieunterricht aufzugreifen, da die Verknüpfung der Chemie mit Geschichte und Kunst und in der Anwendung von klassisch chemischer Arbeit und digitaler Bildverarbeitung eine große Anzahl von chemisch-didaktischen Zielen in sich vereinigt.

Da die Studierenden im Projektunterricht mit allen Verfahren ansprechende Resultate erzielten, möchte ich diese im Folgenden zusammen mit konkreten Versuchsanleitungen vorstellen:

- Cyanotypie
- Heliografie
- Daguerreotypie
- Bichromat-Verfahren (Negativ- und Positiv)
- Photogenic Drawing
- Albuminverfahren



Abbildungen zum Beitrag *J. Lipscher, Kunst und Chemie – Ein Kunststück?*



Abb. 1: Rembrandt, Belshazzars Fest, etwa 1645. Die Pigmentanalyse dieses Gemäldes ist durch die Abbildungen selber hergestellten Pigmente an den entsprechenden Stellen im Bild visualisiert [2].



Abb. 5: Die Pigmente im Bild von C. Monet, Baden in La Grenouillere, 1869



Abb. 2–4: Herstellung von Smalte durch Schmelzen von Co(II,III)-oxid,  $K_2CO_3$  und  $SiO_2$  [2].

Abb. 6: Musterbildung durch die Luftoxidation des Amidols in wässriger Lösung (2,4-Diaminophenol; eine fotografische Entwicklersubstanz). Die Animation der Musterentstehung aus einer homogenen Lösung kann bei [5] betrachtet werden.



Abb. 7: Musterbildung durch Luftoxidation des Farbstoffes Safranin in alkoholischer Lösung. Die Animation der Musterentstehung aus einer homogenen Lösung kann bei [5] betrachtet werden.

