

Eine neue merkwürdige blaue Grünkorrosion. Die abenteuerliche Restaurierung eines Fantoccini-Theaters

Robert Fuchs, Sif Dagmar Dornheim

Zusammenfassung

Bei der Restaurierung eines Skizzenbuches für das Fantoccini-Theaters wurde ein bisher unbekannter Grünfraß festgestellt. Die grüne Mischung von Gummigutti und Indigokarmin war für das Papier schädlich, da Indigokarmin mit konzentrierter Schwefelsäure zubereitet wird. Die schädliche Schwefelsäure muß mit Wasser ausgespült werden, was aber so nicht möglich war, da der Indigokarmin stark wasserlöslich ist. Die begleitenden Analysen und Versuche an Dummies zeigten, daß Indigokarmin mit dem organischen Fixierungsmittel (REWINEL) immobil gemacht und danach die Schwefelsäure in einem Wasserbad entfernt werden kann, ohne daß der Farbstoff ausblutet.

Abstract

During the restoration of a sketch book for the Fantoccini theatre showed an up-to-now not known green corrosion. The green colour was mixed out of the very acidic blue indigo carmine with gamboge. Indigo carmine was produced with concentrated sulfuric acid which is very corrosive for the paper. The analysis and the reconstruction with dummies demonstrated that the dyestuff could be fixed with REWINEL. This made the neutralisation of the corrosion possible without bleeding or washing out the dyestuff.

Einführung

Anfang 1998 erhielten wir vom Theater Museum Köln ein Skizzenbuch von 1852 für ein Fantoccini-Theater. Über den Verfasser Carl Friedrich Socrates von der Noddgerie zu Pfefferkorn konnte nicht sehr viel in Erfahrung gebracht werden. Sein Wappen ist im „Neues Allgemeines Deutsches Adels-Lexikon“ von 1865 enthalten mit der Notiz, daß er ein königlich-preußischer Major des 33. Infanterie-Regiments in Berlin war.

Socrates von der Noddgerie gründete 1819 in Erfurt das Fatoccini- und Metamophosen Theater, in dem dem Publikum verschiedene Darstellung gezeigt wurden, die mit einer speziellen Mechanik bewegt werden konnten. Sie wurden wahrscheinlich mit lauter Musik und Geräuschen begleitet. Die wechselnden Szenen endeten mit einem moralischen Fingerzeig und mußten den Beschreibungen nach sehr eindrücklich gewesen sein. Frau Anne Caroline Reichsfreifrau von der Noddgerie zu Pfefferkorn wird im Skizzenbuch ebenfalls erwähnt, es ist jedoch nicht klar, welche Rolle sie bei der Ausführung des Theaters gespielt hat.

Das Skizzenbuch wurde mit Eisengallustinte auf Papier gezeichnet und mit verschiedenen Farbmittel koloriert. Einige Seiten zeigen einen gravierenden Tintenfraß (s. Abb. 1). Wie bekannt ist, entwickelt die in der Tinte enthaltene und entstehende Schwefelsäure soviel Säure, daß das Papier geschwächt wird und sich regelrecht auflöst. Wenn auch auf vielen Seiten der Fraß erst in einem Frühstadium vorliegt, so hat er dennoch auf manchen Seiten schon Löcher in das Papier gefressen. In der Frühphase schlägt die schwarzbraune Tinte auf die Rückseite durch und weist einige wenige brüchige Stellen auf. Die Schäden müssen auf einigen Seiten schon relativ früh aufgetreten sein, da einige Stellen schon mit aufgeklebten Papier repariert und neue Zeichnungen darüber gesetzt waren.

Die Schwefelsäure auf solchen mit Tintenfraß geschädigten Blätter kann üblicherweise nur durch eine wäßrige Be-



Abb. 1: Carl Friedrich Socrates von der Noddgerie zu Pfefferkorn, Skizzenbuch für ein Fantoccini-Theater; Theaterwissenschaftliche Sammlung Köln-Wahn, p.244. Tintenfraßgeschädigtes Blatt.



Abb. 2: Carl Friedrich Socrates von der Noddgerie zu Pfefferkorn, *Skizzenbuch für ein Fantoccini-Theater*, Theaterwissenschaftliche Sammlung Köln-Wahn, p. 149. Von Grünfraß geschädigtes Blatt.

handlung ausgewaschen werden. Erst dann kann man sicher sein, daß der Schwefelsäurefraß gestoppt wurde.

Unglücklicherweise sind jedoch einige Blätter farbig koloriert, was eine wäßrige Behandlung erschwert. Im Test erwiesen sich die meisten Farbmittel als wasserbeständig. Jedoch wurde auch ein Grünfraß beobachtet, der bei der wäßrigen Behandlung ausblutete (s. Abb. 2 und 3). Grünspan ist normalerweise der Auslöser für den Grünfraß und in Wasser löslich. Er würde ausgewaschen werden oder ausbluten. Da es manchmal möglich ist, das Kupfergrün mit Chemikalien zu komplexieren und so in ein wasserunlösliches Produkt überzuführen, wurden kleine herausgebrochene Partikel im Elektronenmikroskop mit EDX untersucht. Überraschenderweise konnte kein Kupfer festgestellt werden, sondern nur eine geringe Menge von Aluminium. Zuerst dachten wir, daß es sich um einen grünen Pflanzenfarbstoff handeln müßte, der mit Kalialaun stabilisiert wurde, doch die Analyse mit dem Farbspektrometer [2] ergab die Farbkurve von Indigo.

Normalerweise ist Indigo nicht grün sondern blau. Daraus schlossen wir, daß es sich um eine Mischung von blauem Indigo mit einem gelben Pflanzenfarbstoff handeln muß. Da dieser gelbe Farbstoff an der untersuchten korrodierten Stelle nicht zu finden war, konnte es sich nur um eine Mischung von viel hellblauem Indigo mit wenig gelben Farbstoff handeln. Erst eine andere grüne Stelle zeigte in der Farbkurve die Mischung aus gelbem Farbstoff mit blauem Indigo. Bei genauerem Durchsehen der



Abb. 3: Carl Friedrich Socrates von der Noddgerie zu Pfefferkorn, *Skizzenbuch für ein Fantoccini-Theater*, Theaterwissenschaftliche Sammlung Köln-Wahn, p. 150. Rückseite von p. 149 vgl. Abb. 2.

kolorierten Blätter fanden wir, daß auch die blauen Kolorierungen einen Fraß aufwiesen. Auch an diesen Stellen handelte es sich um Indigo.

Aber warum zeigt der Indigo diese starke Zerstörung?

Die blaue Kolorierung zeigt nicht die normalerweise tiefblaue Färbung von Indigo Pigment sondern eher die hellblaue Färbung eines mit Indigo gefärbten Textils. Auf der Suche nach einem hellen Indigofarbstoff fanden wir, daß in der Mitte des 18. Jds. um 1743 der Bergwerksingenieur Johann Christian Barth [3] ein „*Sächsisches Blau*“ erfand, das durch die Reaktion von konzentrierter Schwefelsäure mit Indigopulver erzeugt wurde. Er beschrieb dieses Blau als ein schwach färbendes Blau mit dem Textilien sich sehr leicht färben lassen. Wenn man bedenkt, daß für eine Blaufärbung üblicherweise eine Küpe bereitet werden muß, in der das Indigopulver erst umständlich mit verfaultem Urin und Kalk über mehrere Tage aufbereitet werden muß, war die Erfindung des „*Sächsisch Blau*“ eine große Erleichterung. Es ist leicht wasserlöslich und kann über längere Zeit gelagert werden. Es wurde ab 1754 unter dem modernen Namen *Indigokarmin* verkauft. Leider zeigte es sich, daß es jedoch nicht sehr lichtstabil war, was seine Verwendung einschränkte.



Abb. 4: Verschiedene Flaschen mit Indigokarmin.

Bei der Suche in den alten Quellen fanden wir in einem Chemiebuch von Georg Adolph Suckow (4) von 1789 eine der ältesten Rezepte.

§ 280. Für die Färbereien kann der blaufärbende Theil des Indigs nur entweder durch das Vitriolöl (Schwefelsäure), oder durch die Gährung gehörig aufgeschlossen werden. Ein Theil Vitriolsäure nimmt 0.125 vom Indig auf und vertheilt ihn dermaßen fein, daß er sich in einer sehr großen Menge Waßer ausbreitet und solche blau färbt. *Pörner* reibt einen Theil Indig mit 8 Theilen Vitriolöl in einem gläsernen Mörser, und verdünnt diese ohne Wärme gemachte Auflösung mit 96. Theilen Wasser. Will man hiemit auf Wolle färben, so nimmt man auf zwei Theile der Indigotinktur gegen einen Theil eingeweichte Wolle 24. Theile siedendes Waßer. Der auf diese Art schwarzblau gefärbte Zeug weird dadurch lebhafter und heller gemacht, wenn man ihn in eine Brühe von einem Theil Kochsalz und 48. Theilen Waßer legt. Eben dieses Verfahren geht auch Seide ziemlich gut, giebt aber auf Baumwolle und Leinen nicht die beständigsten Farben. Jener Indigotinktur bedient man sich auf die angezeigte Art zu dem sächsischen Blau und Grün. Ein detailliertes Rezept zur Herstellung der „Indigotinktur“ findet sich auch 1804 bei Hermbstädt, Bleichkunst [5]:

§195. Um die Indigotinktur zu verfertigen, wird ein Loth feiner Guatimalo=Indig zum feinsten Pulver zerrieben, und solches nun, in einer porzellanenen Tasse, oder auch in einem gläsernen Mörser, mit vier Loth gutem Vitriolöl so lange anhaltend zusammen gerieben, bis die Masse nicht mehr schäumt. Ist dies geschehen, so wird das Gefäß bedeckt, und alles 24 Stunden lang ruhig stehen gelassen, damit die Auflösung im Vitriolöl so vollkommen wie möglich erfolgen kann. Hierauf wird mit 12 Loth Regenwasser verdünnt, alles durch Druckpapier filtriert, und nun in einem wohlverstopften Glase zum Gebrauch aufbewahrt. Sehr genau wird beschrieben, daß 1 Teil Indigopulver in 4 Theilen

konzentrierter Schwefelsäure gelöst wird. Diese Lösung kann dann mit 12 Teilen Regenwasser verdünnt werden und durch ein Papier filtriert werden. Diese Färbelösung kann sehr lange aufbewahrt werden und eignet sich vor allem zum Färben von Wolle.

Ähnliche Rezepte finden sich auch später bis ins 20. Jh. Diese Art von Färbung wurde vor allem in kleinen Färbeateliers angewendet. Es wird erwähnt, sie nur für Wolle oder Seide, nicht für Baumwolle oder Leinen anzuwenden sind, da es durch den hohen Säuregehalt zu Schäden kommen kann. Das Färben mit Indigokarmin kann für die Textilien deshalb schädlich sein, da das üblicherweise Waschen nach der Färbung hierbei nicht möglich ist und der Farbstoff wasserlöslich bleibt. Daher wurde nach und nach im 19. Jh. das *Sächsische Blau* vor oder während der Färbung mit Kochsalz ausgefällt und mit Soda neutralisiert. Mit Licht kann die Färbung leicht von Blau ins Grüne umschlagen, was die Verwendung von Indigokarmin immer mehr einschränkte.

In dem Buch: *Das illustrierte Buchbinderbuch* von Ludwig Brade von 1860 [6], d.h. aus der Entstehungszeit des Skizzenbuches, findet sich, daß Indigokarmin als blaue Tinte verwendet werden kann:

S. 272: Eine gute blaue Tinte:

Man erhält eine solche, wenn man 1 Loth vom besten Indigocarmin in 1/2 Pfund Wasser auflöst und 1 Quentchen arabisches Gummi zusetzt. Allein diese Tinte darf man nur mit der Gänsefeder schreiben, indem sie sehr leicht durch Metallfedern in Grün umgeändert wird.

Die Nebenbemerkung, daß diese Tinte nur mit dem Gänsekiel verschrieben werden darf, da sich mit der Stahlfeder die blaue Tinte grün verfärbt ist bezeichnend für den hohen Säuregehalt. Dadurch löst sich etwas Eisen aus der Stahlfeder und bildet mit Indigo einen grünen Eisenkomplex.

Diese Indigokarmin-tinte scheint Socrates von der Noddgerie zu Pfefferkorn für die blaue und grüne Kolorierung benutzt zu haben. Daher frißt an den grünen und blauen Stellen diese Tinte das Papier auf. Auch dies muß schon relativ früh der Fall gewesen

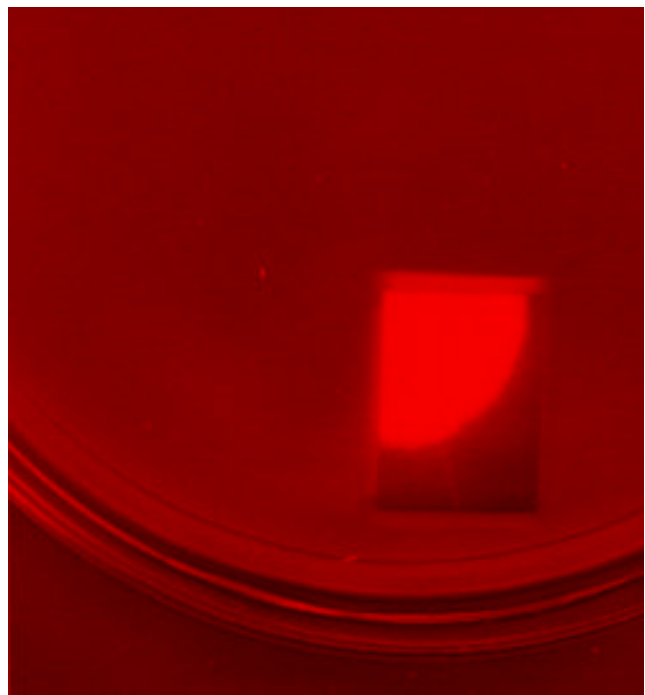


Abb. 5: Jede Probe von Indigokarmin auf Papier blutet in Kontakt mit Wasser leicht aus.

sein, da es auch einige grüne und blaue Fraßstellen gibt, die früh schon repariert worden sind. Nicht selten zeigen diese übermalten Reparaturen erneut einen Tinten- und Farbfraß.

Weitere Untersuchungen zeigten, daß die blauen und grünen Korrosionsstellen sehr gut wasserlöslich sind. Beim Auflegen von feuchtem Filtrierpapier zeigte in beiden Fällen einen Abklatsch von blauer Farbe; der Sulfattest mit Silbernitrat war in beiden Fällen positiv.

Nun wußten wir, daß der Grund für den Grünfraß und den Blaufraß das blaue Indigokarmin war, d.h. eigentlich die Schwefelsäure, die im Indigokarmin enthalten ist. Doch es stellte sich nun die Frage, wie dieser Schaden zu restaurieren wäre, denn jeder Kontakt mit Wasser läßt das Blau ausbluten (s. Abb. 5).

In unserer Sammlung war eine Flasche mit Indigokarmin von 1930 enthalten (vgl. Abb. 4), mit dem wir Muster herstellen konnten. Die Tests mit einer Reihe von zunehmend konzentriertem Ethanol zeigte, daß der blaue Farbstoff bei einer Konzentration von unterhalb 90% Ethanol/Wasser ausblutet. Das bedeutet, daß die Blätter mit 90%igem Ethanol gewaschen werden könnten. Unglücklicherweise blutet jedoch der gelbe Farbstoff, der als Gummi gutti [7] identifiziert werden konnte, mit dieser Alkohollösung aus, während er relativ stabil auf eine stärker wasserhaltiges Bad reagierte. D.h. ein Waschen mit 90%igem Ethanol kam nun doch nicht in Frage.

Wie ist es nun möglich, den Farbstoff Indigokarmin stabil gegenüber einer wäßrigen Behandlung zu machen?

Wie schon erwähnt, wurde in den Rezepten des 19. Jds. Indigokarmin mit Kochsalz ausgefällt. Dies wurde nun an unseren Indigokarminmustern erprobt. Leider zeigte es sich, daß das Ausfällen nur an der Oberfläche geschah und daß der Farbstoff beträchtlich ausblutete.

Bei der Behandlung von Eisengallustinte, die in bestimmten Fällen beim Waschen auch ausbluten kann [8], wird ein mit Ca- oder Mg-Ionen angereichertes Wasser zum Waschen benutzt. Durch die Anreicherung von Ionen im Waschwasser wird verhindert, daß andere Ionen in Lösung gehen. Diesen Vorgang nennt man in der Chemischen Thermodynamik Einsalzeffekt [9]. Wir versuchten das Waschen ebenfalls mit diesem angereicherten Waschwasser, doch auch hier ließ sich ein Ausbluten nicht verhindern.

Daraufhin beschäftigten wir uns erst mit dem chemischen Hintergrund.

Das Indigokarmin ist ein anionisches Molekül. Es kann nur mit einer kationischen Verbindung komplexiert werden. Als nächstes versuchten wir eine Komplexierung mit Kalialaun, einem kationischen Komplexbildner für viele Farbstoffe, doch auch dies brachte keine Verbesserung. Der gebildete Komplex muß nicht nur stabil sein, sondern auch in Wasser unlöslich. In der Papierrestaurierung wird dieser Vorgang bisher bei der Fixierung von Stempelfarben bzw. Farben von Dochtstiften, Kugelschreibern etc. genutzt. Auch diese modernen Farbstoffe sind anionische oder kationische Moleküle, die im Wasser gerne ausbluten und vor einer Behandlung erst immobil gemacht werden müssen. Je nachdem, ob ein kationisches oder anionisches Fixiermittel benötigt wird, wird das anionische Mesitol NBS oder das kationische Rewin EL [10] benutzt. Beide sind künstlich hergestellte Gerbstoffe bzw. Tenside, die in der Textilindustrie verwendet werden. In einer Ionenreaktion entstehen mit dem Farbstoffmolekül unbewegliche Moleküle, die im

Wasser stabil sind und nicht ausbluten. Aber nur die an die Farbstoffe gebundenen Fixiermoleküle sind stabil, der ungebundene Teil muß immer in einer Wasserbad ausgewaschen werden, da Mesitol oder Rewin sonst im Laufe der Zeit verbräunt und braune Flecken erzeugt.

An den Mustern wurden beide Fixiermittel ausprobiert und wie erwartet war die Fixierung mit dem kationischen Rewin EL perfekt. Eine Behandlung der Muster mit 2% Rewin EL fixierte das blaue Indigokarmin derart, daß das Muster ohne Farbverlust gewässert werden konnte.

Nun verstanden wir auch, daß das Indigokarmin nur Wolle oder Seide gut zu färben vermag. Nur die Proteinfasern von Wolle und Seide haben kationische Endgruppen (Aminogruppen), die das Indigokarmin binden können. Die Cellulose der Baumwolle besitzt nur anionische Endgruppen (Hydroxylgruppen) und kann somit nur kationische Farbstoffe gut binden. Auch ist jetzt verständlich, warum nach so langer Zeit das Indigokarmin immer noch so schlecht vom Papier festgehalten wurde und so stark zum Ausbluten neigt. Es wird von der Cellulose einfach nicht gebunden.

Die Fixiertechnik wurde zuerst an den herausgebrochenen Papierstückchen des Skizzenbuches getestet. Es wurde schnell bemerkt, daß auch die Aufbringung des Fixiermittels eine wichtige Rolle spielt. Werden die bemalten Blätter in ein Fixier-Bad gelegt, kann das Fixiermittel nicht so schnell binden, als daß kein Farbstoff auslaufen würde. Daher wurden wiederum verschiedene Test mit der Aufbringung der Rewinlösung durchgeführt. Als beste Technik erwies sich, ein mindestens 15 maliges Aufsprühen der Rewinlösung. Nach jedem Vorgang mußte die fixierte Schicht mit dem Haartrockner getrocknet werden. Danach konnten die Blätter in reinem klaren Wasser solange gebadet werden, bis der Sulfattest negativ war und zeigte, daß alle Schwefelsäure aus den Blättern entfernt war.

Zum Schluß leimte man die Papiere mit Methylcellulose nach. Wenn sie sehr fragil waren, wurden sie in dünnes Japanpapier eingebettet, da sie beidseitig bemalt waren. Ein Spalten der Blätter hätte weitere Probleme gebracht, weshalb darauf verzichtet wurde. Die Papiere waren nach dem Kaschieren wieder so stabil, daß das Buch wieder gebunden werden konnte und nun wieder benutzbar ist.

In dem Vortrag sollte die erfolgreiche und über viele Wege verschlungene Restaurierung eines sehr interessanten Skizzenbuches des letzten Jhds. gezeigt werden.

Die Analysen brachten einen neuen Blau- und Grünfraß zum Vorschein. Indigokarmin und Gummi gutti wurde als Kolorierungstinte im Skizzenbuch von Socrates von der Noddgerie zu Pfefferkorn benutzt.

Als abschließendes Bild zeige ich die Darstellung der blauen Frau Venus von S. 150.

Sie möge hier als Symbol für den Sieg über den Grün- und Blaufraß gelten oder aber auch als Schutzgottheit für die gelungene Restaurierung.

Bibliographie

1. Für die Analysetechnik mit dem Farbspektrometer vgl.: R. Fuchs, D. Oltrogge, *Das Auge des Restaurators und*

- das Auge des Naturwissenschaftlers*. Untersuchungen an einer Stuttgarter Handschrift. Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung 4.1, 1990, p. 90 - 106. **Robert Fuchs**, **Doris Oltrogge**, *Painting materials and painting technique in the Book of Kells*. In: The Book of Kells. Proceedings of a Conference at Trinity College Dublin, 6-9 September 1992. [Ed. F. O'Mahony], Aldershot 1994, p.133 - 171, pl. 147 - 191.*
2. Fritz Ferchl-Mittenwald, *Chemisch-Pharmazeutisches Bio- und Bibliographikon*, Mittenwald 1938, Reprint Sändig, Niederwalluf 1971, p. 24.
 3. Georg Adolph Suckow, *Anfangsgründe der ökonomischen und technischen Chymie*, Leipzig 1789, § 280, p. 209.
 4. Sigismund Friedrich Hermbstädt, *Allgemeine Grundsätze der Bleichkunst*, Berlin 1804, §195, p. 138-139.
 5. Ludwig Brade / Emil Winkler: *Das illustrierte Buchbinderbuch*, Leipzig 1860. Reprint der Originalausgabe: Zentralantiquariat der DDR Leipzig 1990.
 6. Manche Arten der Pflanzenfamilie *Guttiferae* die in Indien, Kambodscha und Sumatra heimisch sind, wie z.B. *Garcinia pictoria* ROXB., *Garcinia morella* DESR. bzw. *Cambogio gutta* L, sondern ein gelbes Harz aus, das unter dem Namen *Gummigutt*, *Indischer Lack* (*nicht Indisch Gelb!*) in der Malerei und als Gelbfirnis Anwendung fand. Gummi gutti wird als gelbe Tinte und in Mischungen mit blauen Tinten, wobei auch Indigakarmin ist, als grüne Tinte auch im Buchbinderbuch von Brade (Vgl. Anm. 6) aufgeführt.
 7. Wenn eine imperfekte Eisengallustinte neben zuviel Sulfationen auch zuviel nicht umgesetzte Gerbstoffe enthält, können diese braunen wasserlöslichen Gerbstoffe beim Waschen in Lösung gehen. Vgl. Robert Fuchs, *Der Tintenfraß historischer Tinten und Tuschen - ein komplexes nie enden wollendes Problem*, in: Tintenfraßschäden und ihre Behandlung, Gerhard Banik, Hartmut Weber (Hg.), Werkhefte der Staatlichen Archivverwaltung Baden-Württemberg, Serie A, Heft 10, Stuttgart 1999, i. Druck.
 8. Gustav Kortüm, *Einführung in die chemische Thermodynamik*, 5. Aufl., Göttingen 1966, p. 283
 9. Rewin EL (CHT Chemische Fabrik, Bismarckstr. 102, D-72072 Tübingen) ist ein stickstoffhaltiges Kondensationsprodukt, Mesitol NBS (Bayer AG Leverkusen) ist ein methylengebundene kondensierte Arylsulfonsäure. Über den Gebrauch von diesen und anderen Gerbstoffen bei der Stempelfarbfixierung vgl.: K. Bredereck, A. Blüher, A. Siller-Grabenstein, *Untersuchungen zur Fixierung von Schreibstoffen auf modernen Papieren als Voraussetzung für Restaurierungs- und Konservierungsmaßnahmen in Archiven*, Das Papier 44.4, 1990, p. 137 - 146.

Biographien

Robert Fuchs leitet seit 1989 die Studienrichtung Restaurierung und Konservierung von Schriftgut, Graphik und Buchmalerei am Fachbereich Restaurierung und Konservierung von Kunst- und Kulturgut an der Fachhochschule Köln. Er promovierte in Chemie und Ägyptologie und widmet sich seit 1984 in der Forschung der zerstörungsfreien Analyse von Kunstwerken. Er leitet den Forschungsschwerpunkt

“Baudenkmalpflege und Restaurierung” und stellvertretend den “Arbeitskreis Analytik” an der Fachhochschule Köln. In verschiedenen Forschungsprojekten werden Farbmaterien, Restaurierungsmittel, Alterungsvorgänge und Umweltschäden untersucht und Quellentexte erarbeitet.

Sif Dagmar Dornheim war Studentin in meiner Studienrichtung Restaurierung und Konservierung von Schriftgut, Graphik und Buchmalerei im Fachbereich Restaurierung und Konservierung von Kunst- und Kulturgut an der Fachhochschule Köln, Ubierring 40, D-50678 Köln. Sie führte sowohl die Restaurierung als auch den experimentellen Teil der Untersuchungen durch. Ihre Diplomarbeit im Januar 1999 beschäftigte sich mit dem Thema: *Die Restaurierung und Malschichtenfestigung des Evangeliars von St. Maria Lyskirchen (11. - 12. Jh.), Rißschließung in durch Kupferfraß geschädigten Miniaturen und Konservierung der Prachthandschrift*.

Kontaktadresse

Prof. Dr. Robert Fuchs
 Fachhochschule Köln
 Restaurierung und Konservierung von Schriftgut,
 Graphik und Buchmalerei
 Ubierring 40,
 D-50678 Köln
 Tel.: +49 (221) 8275-3477
 Fax.: +49 (221) 8275-3485
 E-mail: fuchs@re.fh-koeln.de

