

# Journal of *Paper Conservation*

IADA Reports **IADA** Mitteilungen der IADA e.V.



*Wlodek Witek*

*Karin Scheper*

*Helmgard Holle et al*

*Cornelia Ripplinger*

**Original Manuscript or Hectograph Copy?**

**Considering Book Conservation**

**Cellulosefasern – Identifizierung  
mittels Mikroskopie**

**Mengenrestaurierung von Leder- und  
Pergamenteinbänden**

# Journal of *Paper Conservation*

IADA Reports **IADA** Mitteilungen der IADA e.V.

## CONTENT

IMPRINT 2

EDITORIAL 3

IADA NEWS 4

PERSONALIA 9

MATERIALS & EQUIPMENT 11

PROJECTS 12

*Wlodek Witek*

### Original Manuscript or Hectograph Copy?

Three Versions of Knut Hamsun's Play 'In the Grip of Life'

23

*Karin Scheper*

### Considering Book Conservation

Developments in Materials, Techniques, and Approaches

31

LITERATURE 37

TRAINING 40

CALENDAR 44

# IMPRINT

## Journal of PaperConservation –

### IADA Reports | Mitteilungen der IADA e.V.

formerly | ehemals PapierRestaurierung – Mitteilungen der IADA

ISSN 1868-0860

#### Editors | Herausgeber:

Wolfgang Jaworek, Stuttgart  
IADA e.V. Board, Bern

#### Editorial Staff | Redaktion:

Birgit Reißland, Amsterdam; Dr Anna Bülow, London;  
Birgit Vinther Hansen, Copenhagen  
(Peer reviewed scientific papers | Fachbeiträge)  
Dr Anna Bülow, London (IADA News)  
Wolfgang Jaworek, Dr Wolfgang Seidel, Stuttgart  
(News & reports | Info-Beiträge)

#### Publishing House & Distribution | Verlag & Bestelladresse:

FOTOTEXT Verlag Wolfgang Jaworek  
Liststraße 7/B, 70180 Stuttgart, Germany  
Tel. +49-711-609021, Fax +49-711-609024  
w.jaworek@fototext.s.shuttle.de

#### Publisher's Bank Information | Verlagskonto:

No. 2 170 574, Baden-Württembergische Bank, BLZ 600 501 01  
IBAN: 19 6005 0101 0002 1705 74; BIC/S.W.I.F.T.-Code: SOLA DE ST

#### Publication Dates | Erscheinungsweise:

Four times per year | 4mal jährlich  
Next issue: September 1, 2010 | Nächste Ausgabe: 1. September 2010  
(Short reports deadline: August 1, 2010 | Redaktionsschluß Kurzmitteilungen: 1. August 2010; Closing date of advertisement: August 1, 2010 | Anzeigenschluß: 1. August 2010)

#### Terms of Purchase | Bezugsbedingungen:

Included in the IADA membership | Für IADA-Mitglieder im Mitgliedsbeitrag enthalten  
Annual subscription 71,50 EUR; Single issue 22,50 EUR (incl of 7 % VAT and dispatch) | Jahrgangsabonnement 71,50 EUR; Einzelheft 22,50 EUR (inkl. 7 % MwSt. und Versand)

#### Guidelines for Authors | Schreibanweisungen für Autoren:

[http://www.iada-online.org/jpc\\_guidelines\\_en.pdf](http://www.iada-online.org/jpc_guidelines_en.pdf)  
[http://www.iada-online.org/jpc\\_guidelines\\_de.pdf](http://www.iada-online.org/jpc_guidelines_de.pdf)

The content expressed in this journal does not necessarily reflect the views of the editors; it is solely that of individual contributors. | Namentlich gezeichnete Beiträge geben nicht unbedingt die Meinung der Redaktion wieder.

© bei Verlag und Autoren gemäß § 38 UrhG.

© by publisher and authors according to German copyright

**Print | Druck:** Grafische Werkstätte der BruderhausDiakonie Reutlingen, Germany

♾ Printed on acid-free paper according to ISO 9706:1994 (Gardapat 13) | Gedruckt auf alterungsbeständigem, säurefreiem Papier gemäß ISO 9706:1994 (Gardapat 13)

## IADA ONLINE

### > IADA INTERN

### > IADA-PUBLIKATIONEN

PapierRestaurierung / Kongreß-Preprints / IADA-Mitteilungen in „Restaura“ (1976–1999) / PapierRestaurierung 2000–2008

### > TEXTE

### > TERMINE

### > LINKS

### > VOLLTEXTSUCHMASCHINE

<http://www.iada-online.org>

## ADVERTISEMENTS

- > **U2** Römerturm Feinstpapier GmbH & Co. KG, DE-Frechen
- > **5** Gabi Kleindorfer, Geräte, Material und Werkzeuge für Papierrestauratoren, DE-Vilsheim  
Dipl. Ing. Gangolf Ulbricht, Werkstatt für Papier, DE-Berlin
- > **22** Fototext Verlag Wolfgang Jaworek, DE-Stuttgart  
Hamburger Buntpapier Susanne Krause, DE-Hamburg
- > **48** Zentrum für Bucherhaltung GmbH (ZFB), DE-Leipzig  
Karthäuser-Breuer GmbH, Herstellung und Vertrieb von hochwertigen Kartonqualitäten für die Einrahmung und Archivierung, DE-Köln  
Föll-Vertriebs-GmbH, DE-Köln  
Schempp Bestandserhaltung GmbH, DE-Kornwestheim  
Deffner & Johann GmbH, Fachgroßhandel für Restaurierungsbedarf, DE-Röthlein
- > **U3** Klug-Conservation, DE-Immenstadt  
Anton Glaser, Feinpapiergroßhandlung, DE-Stuttgart  
GSA-Produkte, Gisela Sand, Produkte für die Archivierung, Konservierung und Restaurierung von Archiv- und Bibliotheksgut, DE-Telgte  
Hans Schröder GmbH, DE-Karlsdorf-Neuthard

## COVER ILLUSTRATIONS

- > **U1** Verschiedene Spatel (gerade und gebogen) zum Ablösen fester Lederrücken. Foto: HAAB, Ripplinger. > pp 18–22
- > **U4 links oben** UBL 1031 D 31 – Johanna W A Naber: Van onze oudtantes en tantes, 1917. Detail of the treatment: a strip of Tyvek® is adhered in the fold-ins at head and tail and will be inserted into the slit board, to strengthen the joint. > pp 31–36
- > **U4 links unten** Papierprobe 7, Fasermischung angefärbt mit Chlorzinkjod nach Herzberg, 100fache Vergrößerung: Holzschliff gelb, Zellstoff blau. > pp 12–18
- > **U4 rechts** The three versions of Knut Hamsun's play 'In the Grip of Life' opened on page 185 for comparison: C (top left), A (below) and B (right). Only B bears marks and notes in a second handwriting; they are made in pencil and crayon. > pp 23–30

## Cellulosefasern: Identifizierungsmöglichkeiten und Bestimmung des Abbaugrades von Papierobjekten

### Teil 2: Identifizierung mittels Mikroskopie\*

Der Projektinhalt des vorangegangenen ersten Teiles, der interdisziplinär zwischen der Akademie der bildenden Künste Wien mit der TU Graz und der TU Wien durchgeführt werden konnte, konzentriert sich auf die Projektbegründungen, die eingesetzten Versuchspapiere und Alterungsmethoden (Holle et al. 2010). Bevor die Identifizierung mittels Mikroskopie durchgeführt wurde, konnte in der Voruntersuchung mit mikrochemischen Tests die Leimungsart bestimmt werden. Eine Oberflächen-pH-Wert-Bestimmung der einzelnen Versuchspapiere schloß die Voruntersuchung ab. Der zweite Teil besteht in erster Linie aus einfachen mikroskopischen Untersuchungen der Papiermatrix, damit auch auf diesem Wege die Frage nach der Papierzusammensetzung beantwortet werden kann. Der Fokus liegt auf der Bestimmung der Faserart (Morphologie und in speziellen Fällen auch die quantitative Faseranalyse) sowie diverse Anfärbemethoden in der Licht- und UV-Mikroskopie. In den folgenden drei Teilen werden die Möglichkeiten und Grenzen der FTIR-Spektroskopie, Vis-Spektrometrie sowie der Photometrie in Kombination mit Pyrolyse-Kapillargaschromatographie bei ausgesuchten handgeschöpften und maschinell erzeugten Papieren vorgestellt. Als Abschluß des Projektes ist angedacht, die Ergebnisse in digitaler Form zusammenzustellen, welche dem Papierrestaurator ermöglichen, eine Identifizierung und Bestimmung des Schadensbildes von Papierfasern in der Praxis einfach nachzuvollziehen und selbst durchzuführen.

Vor der lichtmikroskopischen Identifizierung sowie den Analysen mit instrumentellen Methoden wurden an den Papierproben mikrochemische Nachweistests (Spottests) durchgeführt, um die Leimungsart zu bestimmen (Holle et al. 2010: 10/11).

Diese Untersuchungen umfaßten den Test auf Stärke mittels Jod-Kaliumjodidlösung (E. Merck AG 1957: 249; Schramm und Hering 1988: 205), Test auf Proteine mit Ninhydrin (Franke 1993: 80 [1]), Test auf Aluminium (Paper Conservation Catalog 1990: 23 [2]) mit dem Panduranstift (Klug-Conservation [3]) und Eriochromcyaninlösung (Fries und Getrost 1977: 19–21). Ferner wurde der Oberflächen-pH-Wert mittels nicht blutender pH-Indikatorstäbchen (Merck) bestimmt [4]. Die Ergebnisse dieser wichtigen Voruntersuchungen sind in Tab. 1 zusammengestellt. Es sind einfach auszuführende Untersuchungen, die jede Restauratorin und jeder Restaurator selbst im Atelier durchführen kann.

Einen extrem niedrigen pH-Wert von 4 zeigen zwei Papiere (P6 und P7), die neben Zellstoff auch Holz-

schliff- und Alaungehalt aufweisen. Ein Papier aus dem Jahr 1745 (P3), das aus Hanf besteht, tierisch geleimt ist und kein Alaun beinhaltet, fällt positiv durch den hohen pH-Wert (pH 7) auf. Hadernhältige Papiere (P1–P5) haben trotz Alaunhaltigkeit einen höheren pH-Wert als holzschliffhältige (P6 und P7).

#### Die Lichtmikroskopie

Die Lichtmikroskopie (Gerlach 1985: 12) ist eine der wichtigsten naturwissenschaftlichen Untersuchungstechniken, die für die Konservierung bzw. Restaurierung von Kunst und Kulturgut eingesetzt werden.

- > *Identifizierungsmöglichkeiten von Papierfasern:* Für die Papierfaserbestimmung (Jayme und Harders-Steinhäuser 1970: 83) ist primär die Durchlichtmikroskopie in Verwendung. Um Strukturen kleiner Objekte unterscheidbar abzubilden, ist nicht die Vergrößerung, sondern die Auflösung entscheidend, und diese ergibt sich aus der Wellennatur des Lichts. Für die einfache Fasermikroskopie ist eine 50fache (Überblick) bis max.

200fache Vergrößerung (Detail) ausreichend. Die zusätzliche Einrichtung der Polarisationsmikroskopie ist nur dann erforderlich, wenn der Kontrast verstärkt werden muß, der bei der Unterscheidung z.B. von Bastfasern (Hanf von Flachsfasern) nach Herzog [5] wichtig ist.

Hier werden die Faser-Interferenzfarben in der Orthogonalstellung bestimmt. Fasermischungen können durch Anfärbung mit Chlorzinkjod nach Herzberg (Herzberg 1921: 79–81) charakterisiert und die Ligninhaltigkeit mit Hilfe der Phloroglucinollösung nach Wiesner (Herzberg 1921: 114/115) festgestellt werden.

- > *Bestimmung von Cellulosefasern anhand ihrer Morphologie im Durchlicht:* Im erwähnten Projekt wurden die durchlichtmikroskopischen Untersuchungen mit dem Lichtmikroskop Axioplan 2 (Carl Zeiss; Abb. 1) durchgeführt [6] und anhand eines Faseratlases (Ilvessalo-Pfaffli 1995: 79–359) zur mikroskopischen Untersuchung von Zellstoffen und Papieren (Morphologie der Pflanzenzellen) von Harders-Steinhäuser (Harders-Steinhäuser 1974: 13–106; Catling und Crayson 1982: 12–14) herangezogen. Nach Harders-Steinhäuser werden unter Fasern im Sinne des Papiermachers allgemein lang gestreckte, mehr oder weniger dickwandige, eng- oder weiltumige Pflanzenzellen verstanden, die unter Verfilzung zur Papierblattbildung geeignet sind. Diese Fasern lassen sich nach ihrer Herkunft in Samenhaare (z.B. Baumwollinters), Blattfasern (z.B. Sisal- und Manilafasern), Rinden-(Bast)fasern (z.B. Leinen- und Hanffaser; Abb. 2) und Holzfasern (Abb. 3) unterscheiden.

Die Holzfasern werden wieder in Nadelholzfasern, die Tracheiden, und die eigentlichen Holz- oder Librifasern der Laubhölzer eingeteilt. Für ein erfolgreiches Arbeiten sind eine intensive Beschäftigung mit der Fasermikroskopie und Erfahrung von Bedeutung wie auch das geordnete Sammeln von Vergleichsmaterial

**Tab. 1** Zusammenfassung der Ergebnisse der mikrochemischen Voruntersuchungen, die an den Papierproben P1 bis P10 durchgeführt wurden.

Probe	Test auf Stärke mit Jod-Jodkalium	Test auf Proteine mit Ninhydrin	Test auf Aluminium mit 1 = Panduranstriff 2 = Eriochromxyanin	pH-Wert mit Indikator- stäbchen (Acilit pH 0–6, Akalit pH 7,5–14)
<i>Reine Hadernpapiere aus Büchern des 16. bis 18. Jahrhunderts</i>				
P1	negativ	positiv, hellrotviolett	schwach positiv, 1 = hellblau, 2 = rosa	5
P2	negativ	positiv, hellrotviolett	schwach positiv, 1 = hellblau, 2 = rosa	5
P3	negativ	positiv, hellrotviolett	negativ	7
<i>Papiere verschiedener Zusammensetzung aus Büchern [9] des 19. und 20. Jahrhunderts</i>				
P4	negativ	positiv, rotviolett	schwach positiv, 1 = hellblau, 2 = rosa	6
P5	positiv, gefärbte Partikel	schwach positiv, hellrotviolette Faserenden	schwach positiv, 1 = hellblau, 2 = rosa	5
P6	positiv, gefärbte Partikel	schwach positiv, hellrotviolett	positiv, 1 = blau, 2 = rotviolett	4
<i>Holzhältige Papiere (Zeitungspapiere) des 19. bis 21. Jahrhunderts</i>				
P7	negativ	schwach positiv, hellrotviolette Faserenden	positiv, 1 = blau, 2 = rotviolett	4
P8	positiv, gefärbte Partikel	negativ	negativ	7
P9	positiv, gefärbte Partikel	schwach positiv, hellrotviolette Faserenden	schwach positiv, 1 = hellblau, 2 = rosa	7
P10	positiv, gefärbte Partikel	schwach positiv, hellrotviolette Faserenden	negativ	7

(Referenzmaterial) für die Bestimmung von durch den Mahlvorgang oft sehr beschädigten Papierfasermaterials.

Die Betrachtung der Papierfasern im polarisierten Licht, einschließlich der Methode nach Herzog (Herzog 1940), ermöglicht Aussagen über die Leinen- oder Hanffaserhaltigkeit der Proben. Durch die Einstellung gekreuzter Polarisatoren lassen sich besonders gut Details und spezifische Merkmale von Cellulosefasern be-

stimmen. Nach der Herzog-Methode (Wülfert 1999: 290–292) können Hanf- und Flachsfasern durch die Faser-Interferenzfarben in der Orthogonalstellung zwischen gekreuzten Polarisatoren durch Einschieben der Lambda-Platte unterschieden werden (Abb. 4). Bei der Nord-Süd-Stellung zeigen die Fasern Flachs, Nessel und Ramie eine orange Färbung und Hanf und Jute eine indigoblaue. Bei der Ost-West-Stellung sind die Fasern Flachs, Nessel und Ramie indigoblau gefärbt und die Fasern Hanf und Jute orange (Abb. 5a und b).

> *Bestimmung der Ligninhaltigkeit:* Möchte man nur die Ligninhaltigkeit der Papierprobe (Tab. 2) prüfen, reicht eine Anfärbung der Papier- oder Faserprobe mit dem Wiesnerschen Reagenz (Phloroglucinlösung, salzsauer; Herzberg 1921: 114/115) aus:

#### Herstellung des Wiesnerschen Reagenzes

1 g Phloroglucin (diresorzinfrei zur Analyse) werden in 50 ml Alkohol (96 Vol. %) gelöst (schwache Gelbfärbung), danach 25 ml konzentrierte Salzsäure zugefügt.

Die Lösung ist nicht beständig, daher ist es ratsam, die reine Phloroglucinlösung ohne Salzsäure anzusetzen und erst vor der Untersuchung Salzsäure beizugeben. Die Lösung färbt holzhaltiges Papier rot.

> *Identifizierung von Fasermischungen mittels Chlorzinkjodanfärbung nach Herzberg:* Das am häufigsten verwendete Reagenz in der Papierfasermikroskopie, um Fasermische zu bestimmen, ist sicher Chlorzinkjod nach Herzberg (Jayme und Harders-Steinhäuser 1970: 83; Franke 1993: 66/67). Wie der Dichroismus beweist, handelt es sich bei dieser Anfärbung der Cellulose um eine gerichtete Jodeinlagerung. Das Jod kann auf Grund



**1** Lichtmikroskop Axioplan 2 (Carl Zeiss). Akademie der bildenden Künste Wien, Institut für Konservierung und Restaurierung.



**2** Papierprobe 4, Flachsfasern im Durchlicht, 100fache Vergrößerung.



**3** Papierprobe 9, Holzfasern im Durchlicht, 100fache Vergrößerung.

**Tab. 2** Zusammenstellung der Färbereaktionen der Papierproben P1 bis P10 nach Herzberg und Wiesner (Herzberg 1921: 114/115) sowie der Bastfaseridentifizierung nach Herzog 1940.

Probe	Chlorzinkjodanfärbung nach Herzberg	Phloroglucinlösung – Reagenz nach Wiesner	Herzogtest (Gehalt an Bastfasern)
<i>Reine Hadernpapiere aus Büchern des 16. bis 18. Jahrhunderts</i>			
P1	rosa-purpur (Hadern)	ungefärbt	Flachs: N-S-Stellung = orange, O-W-Stellung = indigo
P2	rosa-purpur (Hadern)	ungefärbt	Flachs: N-S-Stellung = orange, O-W-Stellung = indigo
P3	rosa-purpur (Hadern)	ungefärbt	Hanf, Jute: N-S-Stellung = indigo, O-W-Stellung = orange
<i>Papiere verschiedener Zusammensetzung aus Büchern des 19. und 20. Jahrhunderts</i>			
P4	rosa-purpur (Hadern)	ungefärbt	Flachs: N-S-Stellung = orange, O-W-Stellung = indigo
P5	rosa-purpur (Hadern)	ungefärbt	Hanf, Jute: N-S-Stellung = indigo, O-W-Stellung = orange
P6	gelb (Holzschliff), blauviolett (Zellstoff), rosa-purpur (Hadern)	rote (Holzschliff) und ungefärbte Fasern	–
<i>Holzhältige Papiere (Zeitungspapiere) des 19. bis 21. Jahrhunderts</i>			
P7	gelb (Holzschliff), blauviolett (Zellstoff)	rote (Holzschliff) und ungefärbte Fasern	–
P8	gelb (Holzschliff), blauviolett (Zellstoff)	rote (Holzschliff) und ungefärbte Fasern	–
P9	gelb (Holzschliff),	rote Anfärbung (Holzschliff)	–
P10	gelb (Holzschliff), blauviolett (Zellstoff)	rote (Holzschliff) und ungefärbte Fasern	–

der quellenden Eigenschaften des Chlorzinks in die Zellwand der Faser eindringen und wird dort in kolloidaler Verteilung fixiert.

Durch die Färbereaktion kann eine größere Aussagekraft von den verwendeten Fasergemischen bei den zu untersuchenden Papieren (Tab. 2) erzielt werden. Holzschliff (P7) erscheint wegen seines hohen Lignin-gehaltes gelborange und kann daher von den blauviolettten Cellulosefasern (P7; Abb. 6) und den hellroten bis weinroten Hadernfasern (P4), wie Leinen, Hanf und Baumwolle, unterschieden werden (Abb. 7). Weitere Anfärbe-Reagenzien beschreibt die einschlägige Fachliteratur [7]:

**Herstellung von Chlorzinkjod nach Herzberg:**

*Lösung A:* 20 g Zinkchlorid trocken werden in 10 ml Aqua dest. gelöst.

*Lösung B:* 2,1 g Kaliumjodid z.A. und 0,1 g Jod doppelt sublimiert werden trocken vermischt und dann unter ständigem Rühren langsam und tropfenweise mit 5 ml Aqua dest. versetzt.

Diese beiden Lösungen werden zusammengegeben, und den entstandenen Niederschlag läßt man einige Stunden absetzen. Danach gießt man die überstehende klare Lösung ab. Man versetzt nun das Reagens mit einem Blättchen Jod und bewahrt es in einer Pipettenflasche aus dunklem Glas auf.

Die Ausführung der Anfärbung ist relativ einfach. Die Faserprobe wird auf einem Objektträger trocken oder leicht durchfeuchtet mit einem Tropfen der Chlorzinkjodlösung benetzt und mit Nadeln zu einem gleichmäßigen Präparat zerteilt. Das Deckglas soll bald darauf gelegt werden, damit das Jod nicht sublimieren kann.

**UV-Mikroskopie nach Haitinger, Jayme und Harders-Steinhäuser**

Die Fluoreszenzmikroskopie ergänzt die Beobachtungen im sichtbaren Bereich in sinnvoller Weise, da einige Substanzen unter Anregung im UV-Licht charakteristische Fluoreszenz-erscheinungen zeigen.

Sowohl die Faserstoffe als auch die Papierproben (Haitinger 1938: 30–33, 60–67, 84–86) wurden mit dem Fluoreszenzmikroskop Orthopan (Leica Microsystems) mit dem UV-Filter B2 BP bei 340–410 nm (Bandpaßfilter RKP 455, Sperrfilter 470 nm, LP Langpaßfilter: Leica Microsystems) vorerst im Durchlicht (Abb. 2), danach unter UV-Licht die Primärfluoreszenz, d.h. die meist schwache Eigenfluoreszenz der Fasern (Abb. 8) betrachtet. Wo die Eigenfluoreszenz der Fasern zur optischen Differenzie-



4 Papierprobe 4 mit gekreuzten Polarisatoren, 100fache Vergrößerung.



5 Papierprobe 4, Faserbestimmung nach Herzog, Faserinterferenzfarben in der Orthogonalstellung zwischen gekreuzten Polarisatoren und λ-Platte, 200fache Vergrößerung: (a) N-S-Stellung, orange Flachsfaser; (b) O-W-Stellung, indigoblaue Flachsfaser.



**Tab. 3** Zusammenstellung der UV-Fluoreszenzuntersuchungen an den ungealterten (F1–F10) und gealterten (F1a–F10a) Faserstoffen (Primär- oder Eigenfluoreszenz und Sekundärfluoreszenz durch Rhodamin-6G-Anfärbung).

Probe	Primärfluoreszenz (Eigenfluoreszenz)	Sekundärfluoreszenz (Anfärbung mit Rhodamin 6G)
F1	schwach hellblau bis hellgrün	gelb bis orange
F1a (gealtert)	stark hellgrün	gelb, orange Teile
F2	schwach hellblau	orange
F2a (gealtert)	hellblau bis hellgrün	orange, rote Teile
F3	schwach hellblau bis hellgrün	orange bis rot
F3a (gealtert)	hellblau bis hellgrün	gelb, orange Teile
F4	schwach hellblau	orange bis rot
F4a (gealtert)	hellblau bis hellgrün	gelborange, orangefarbene Teile
F5	hellblau	orange
F5a (gealtert)	hellblau bis hellgrün	gelborange, orange Teile
F6	schwach hellblau	gelb, orange Teile
F6a (gealtert)	hellblau	gelb bis orange, orange Teile
F7	stark hellblaugrün	stark orangefarbene
F7a (gealtert)	stark hellgrün	stark rot

zung nicht ausreichte, wird diese mit dem Fluorochrom Rhodamin 6G (0,05 % in Aqua dest.: Sigma-Aldrich), die Jayme und Harders-Steinhäuser [8] empfehlen, angefärbt (Abb. 3). Die erhaltene Sekundärfluoreszenz der Cellulosefasern (Abb. 9) wird anschließend mit der Primärfluoreszenz und dem normalen Durchlicht verglichen.

- > **Primär- oder Eigenfluoreszenz:** Allgemein fluoreszieren reine Cellulosefasern (Rost 1995: 16) bläulich, eingelagerte Naturfarbstoffe können aber die Eigenfluoreszenz verändern. Das Lignin und die Pektinstoffe weisen immer einen gelblichen Farbton

auf. Bei den zu untersuchenden Faserstoffen (Tab. 3) konnte beobachtet werden, daß sie im Allgemeinen im ungealterten Zustand eine schwächere Eigenfluoreszenz aufweisen, die sich in unterschiedlich hellen Farbnuancen bei F1 und F3 von schwachem Hellblau bis Hellgrün bewegen, als die künstlich gealterten Papierproben von F1a bis F7a.

Nach Haitinger soll in der Eigenfluoreszenz der ungebleichte Sulfatzellstoff blauviolett leuchten und daher vom alkalisch aufgeschlossenen Sulfatzellstoff, der gelblich fluoresziert, gut unterschieden werden können (Haitinger 1937: 85). Keiner der zu untersuchenden Sulfatzellstoffe



**6** Papierprobe 7, Fasermischung angefärbt mit Chlorzinkjod nach Herzberg, 100fache Vergrößerung: Holzschliff gelb, Zellstoff blau.



**7** Papierprobe 4, Fasern angefärbt mit Chlorzinkjod nach Herzberg, 100fache Vergrößerung: Hadernfasern hellrot bis weinrot.



**8** Papierprobe 4, UV-Aufnahme, 100fache Vergrößerung: schwache grüne Primär- oder Eigenfluoreszenz der Flachsfasern.

**Tab. 4** Zusammenstellung der UV-Fluoreszenzuntersuchungen an den Cellulosefasern der Papierproben P1 bis P10 (Primär- oder Eigenfluoreszenz und Sekundärfluoreszenz durch Rhodamin-6G-Anfärbung).

Probe	Primärfluoreszenz (Eigenfluoreszenz)	Sekundärfluoreszenz (Anfärbung mit Rhodamin 6G)
<i>Reine Hadernpapiere aus Büchern des 16. bis 18. Jahrhunderts</i>		
P1	stark hellgrün	stark rote (und gelbgrüne Fasern)
P2	hellblau und hellgrün	gelborange, orange Teile
P3	hellgrün bis gelbgrün	gelborange bis rot
<i>Papiere verschiedener Zusammensetzung aus Büchern des 19. und 20. Jahrhunderts</i>		
P4	hellgrün bis gelbgrün	gelb, orange Teile
P5	hellblau bis stark hellgrün	gelb und orange, orange Teile
P6	stark gelbgrün	orange, rote Teile
<i>Holzhältige Papiere (Zeitungspapiere) des 19. bis 21. Jahrhunderts</i>		
P7	stark gelbgrün	orange, rote Teile
P8	stark hellblau	stark orange, rote Teile
P9	stark hellblau	orange, rote Teile
P10	stark hellblau	orangefarbene, rote Teile

(F1–6) zeigte eine gelbliche Eigenfluoreszenz, nur einige eine hellblaue bis hellgrüne. Der stark ligninhaltige Holzstoff (F7 und F7a) fluoreszierte stark hellblaugrün.

Bei den Papieren weisen die ligninhaltigen Cellulosefasern der Zeitungspapiere (P7–P10) eine stark hellblaue Eigenfluoreszenz auf (Abb. 9). Bei den hadernhaltigen Papieren (P1–P6) zeigte sich die Eigenfluoreszenz durch die Bastfasern in hellblauen, hellgrünen bis stark gelbgrünen Tönen (Tab. 4).

- > **Sekundärfluoreszenz durch Anfärbung mit Fluorochromen:** Bei Papierfasern wurden schon in den

30er und 40er Jahren des 20. Jahrhunderts eingehende Fluoreszenz-Untersuchungen unter anderen von Göthel (Göthel 1933: o.S.), Noss und Sadler (Noss und Sadler 1933: 413) durchgeführt, wobei neben dem Rhodamin G6 auch andere Fluorochrome [9] benutzt wurden. Es konnte damals bewiesen werden, daß die unterschiedliche sekundäre Fluoreszenz von Zellstoffen, hervorgerufen durch basische Farbstoffe, auf ihren unterschiedlichen Carboxylgruppengehalt beruhen. Dieser wird wiederum durch ihre Aufschlußbedingungen mitbestimmt. Der mildere Aufschluß beläßt einen höheren Anteil von carboxylgruppentragenden Hemicellulosen im Zellstoff. Aus Lösungen basischer Farbstoffe wird von carboxylreichen Fasern mehr Farbstoff aufgenommen als von carboxylarmen, da die basischen Farbstoffe salzartig an die Carboxylgruppen gebunden werden (Abb. 10).

Wird mit Rhodamin 6G (Rost 1995: 368) ein carboxylarmer Zellstoff angefärbt, so zeigt er eine gelbe Fluoreszenz (Abb. 11) und ein carboxylreicher eine braunrote bis rotbraune Fluoreszenz. Eine Vorbehandlung mit Natronlauge, wobei Carboxylgruppen entfernt werden, zeigt eine veränderte Sekundärfluoreszenz. Nach Schulze und Göthel können in Papieren mit Rhodamin 6G sogar Linters (blauviolett) von Baumwollfasern (rotviolett, gelb und blau) unterschieden werden (Schulze und Göthel 1934).

Bei den zu untersuchenden Faserstoffen (F1–F7 und F1a–F7a) zeigte sich die Sekundärfluoreszenz durch

die Anfärbung mit dem Fluorochrom Rhodamin G6 im nicht gealterten Zustand mehr im gelb-orangen und im gealterten Zustand im orangen bis roten Bereich. Auffallend ist die starke Rotfärbung beim gealterten Holzstoff F7a. Diese Rotfärbung könnte eine vermehrte Anwesenheit von Carboxylgruppen demonstrieren, was auf Abbauprodukte bzw. den Abbaugrad hinweisen könnte. Bei der Sekundärfluoreszenz der Cellulosefasern bei den Papieren (P1–P10) ist auch hier wieder bei den ligninhaltigen Cellulosefasern die besonders starke orange bis rote Färbung (P6–P10) auffallend.

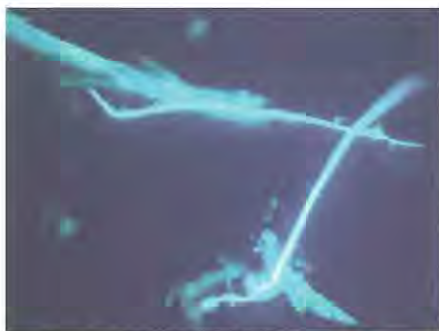
### Zusammenfassung

Der Projektinhalt dieses Abschnittes (Teil 2) bestand aus einfachen Voruntersuchungen an ungealterten und künstlich gealterten Faserstoffen (Sulfatzellstoffen, Baumwolle und Holzstoff) und Papierproben aus dem 16. bis 21. Jahrhundert, die in Form von Spot- und mikrochemischen Tests auf Stärke-, Leim-, Alaunhaltigkeit und Bestimmen des pH-Wertes mittels Indikatorstäbchens durchgeführt wurden. Die Ergebnisse dieser einfachen Tests brachten bereits einen guten Überblick über die Säurehaltigkeit der Papiere, die meist im Zusammenhang mit der Alaun- und Ligninhaltigkeit steht.

Die lichtmikroskopischen Untersuchungen des Fasermaterials, die im Durchlicht mit und ohne Anfärbungen (Faserbestimmung und Morphologie der Fasern) durchgeführt wurden, stellen eine erste Einschätzung des vorliegenden Fasermaterials

dar, das für die Papierproduktion verwendet wurde. Die Untersuchungen, die die einfache Durchlicht-, die Polarisations- und die UV-Mikroskopie einschließlich der Eigenfluoreszenz und Sekundärfluoreszenz mittels Anfärbung mit dem Fluorochrom Rhodamin 6G beinhalten, sind aufwendigere Untersuchungen als die Durchführung der Spot- und mikrochemischen Tests und bedürfen einer speziellen Einrichtung. Nichtangefärbte Faserproben sind durch die Bearbeitung zum Papierfasermaterial (Stampfen oder Mahlen) in ihrer Charakteristik auch mit Faserbestimmungsbüchern oft schwer zu identifizieren. Daher sind Anfärbungen wie z.B. nach Herzberg zur Unterscheidung verschiedener Faserarten von großer Bedeutung. Die Eigenfluoreszenz- und Sekundärfluoreszenzuntersuchungen mit Rhodamin 6G der sieben ungealterten und gealterten Faserstoffe der TU Graz und der zehn Papierproben zeigen interessante farbige Merkmale auf, die nur zum Teil mit den verwendeten Literaturangaben übereinstimmen. Sie sind noch zu wenig aussagekräftig hinsichtlich der Bestimmung des Abbaugrades und bedürfen daher noch weiterer systematischer Untersuchungen.

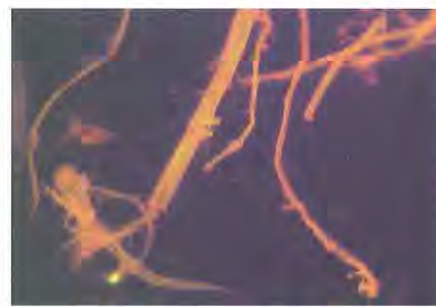
Die im zweiten Teil des Projekts durchgeführten einfachen Untersuchungsmethoden, die vor allem die Spot- und mikrochemischen Tests betreffen, können in dieser Form, da sie in ihren Ergebnissen durchaus aussagekräftig sind, den praktisch arbeitenden Restauratorinnen und Restauratoren empfohlen werden. Die teu-



9 Papierprobe 9, UV-Aufnahme, 100fache Vergrößerung: stark hellblaue Primär- oder Eigenfluoreszenz des Holzstoffes.



10 Papierprobe 4, Faseranfärbung (Flachs) mit Rhodamin 6G, Durchlicht, 100fache Vergrößerung.



11 Papierprobe 4, UV-Aufnahme, Faseranfärbung mit Rhodamin 6G, 100fache Vergrößerung: carboxylarme Stellen fluoreszieren gelblich, carboxylreiche Stellen rot.



ren Mikroskope sind oft nur Institutionen vorbehalten und weniger von privaten Restaurierateliers leistbar. Auch setzen die lichtmikroskopischen Untersuchungen zur Faserbestimmung aufgrund der Morphologie und die Interpretation von Anfärbungen im UV-Mikroskop Erfahrung auf diesem Gebiet und eine Sammlung guter Referenzmaterialien voraus. Weitere Untersuchungen sind noch notwendig, besonders von fehlenden Papierarten und ungealterten und gealterten Referenzfasern (wie z.B. Flachs, Hanf, Jute und Sulfitzellstoffen), die in historischen und gegenwärtigen Papieren vorkommen können.

In den folgenden Teilen werden die instrumentellen Identifizierungsmethoden von Cellulosefasern im Infrarot- und sichtbaren Bereich (FTIR-Spektroskopie und Spektralphotometrie), die physikalischen und chemischen Prüfmethoden und die chemische Bestimmung der wasserlöslichen Celluloseabbauprodukte mittels Photometrie und Pyrolyse-Gaschromatographie der ungealterten und gealterten Faserstoffe und Papierproben (16. bis 21. Jahrhundert) behandelt und diskutiert.

### Anmerkungen

- \* Der vorliegende Beitrag wurde als Vortrag auf dem XI. IADA Congress im September 2007 in Wien gehalten und für den Abdruck bearbeitet. (Der erste Teil zu „Versuchspapiere und Alterung“ ist im zurückliegenden Heft erschienen.)
- [1] Allgemeiner Protein-Nachweis mit Ninhydrin als Sprühreagenz siehe Franke 1993, eine weitere Möglichkeit wäre die Biuretreaktion; hier entsteht eine Blau- oder Violettfärbung bei der Behandlung von Eiweißkörpern mit Kupfersalzen in Gegenwart von Ätznatron.
  - [2] Ein anderer Nachweis wird mit Aluminium (Rosafärbung) durchgeführt, der im IAC Paper Conservation Catalogue genau beschrieben ist.
  - [3] Mit dem Panduranstift (Klug-Conservation), der Erichrom-Farbstoff enthält, kann die Anwesenheit von Aluminiumionen durch Blaufärbung im Papier oder Karton nachgewiesen werden.
  - [4] Nicht blutende pH-Stäbchen: Alkalit<sup>®</sup> pH Indikatorstäbchen pH 0–14, 0–6, 7,5–14.
  - [5] Herzog hat schon im Jahre 1940 die Unterscheidungsmöglichkeit von Hanf

und Flachs durch den unterschiedlichen Fibrillenverlauf in der S1-Wand unter dem Polarisationsmikroskop erkannt (Herzog 1940).

- [6] Akademie der bildenden Künste, Institut für Konservierung und Restaurierung: Lichtmikroskop Axioplan 2 (Carl Zeiss).
- [7] Die wichtigsten Anfärbeverfahren sind bei Harders-Steinhäuser 1974 sowie bei Jayme und Harders-Steinhäuser 1970 beschrieben.
- [8] Haitinger hat diese Methode bereits im Jahre 1927 eingeführt.
- [9] Außer Rhodamin 6G wurden noch Flavophosphin 4G und Sulforhodamin herangezogen. Weitere Anfärbungen mit Trypflavin, Aurophosphin, Diamantphosphin und Acridingelb (Jayme und Harders-Steinhäuser 1970: 159–165) können andere Farbkombinationen ergeben, was den Arbeitsinhalt eines weiteren Projektes darstellen könnte.

### Literatur

- Catling, D., und Grayson, J. (1982): Identification of Vegetable Fibres. London, New York: Chapman and Hall.
- E. Merck AG (Hg., 1957): Chemisch-technische Untersuchungsmethoden für die Zellstoff- und Papierfabrikation. Weinheim: Verlag Chemie GmbH.
- Franke, W. (Hg., 1993): Prüfung von Papier, Pappe, Zellstoff und Holzstoff. Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag.
- Fries, J., und Getrost, H. (1977): Organische Reagenzien für die Spurenanalyse. Darmstadt: E. Merck (S. 15: Aluminium; S. 124: Eisen; S. 193: Kupfer).
- Gerlach, D. (1985): Das Lichtmikroskop. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag.
- Göthel, E. (1933): Fluoreszenzmikroskopie von Faserstoffen, Dissertation Technische Hochschule Dresden.
- Haitinger, M. (1938): Fluoreszenz-Mikroskopie. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft M.B.H.
- Harders-Steinhäuser, M. (1974): Faseratlas. Biberach/Riß: Güntter-Staib Verlag.
- Herzberg, W. (1921): Papierprüfung. Berlin: Verlag Julius Springer.
- Herzog, A. (1940): Zur Unterscheidung von Flachs und Hanf in Papieren. In: Wochenblatt für Papierfabrikation 71, Nr. 48, S. 640/641.
- Holle, H., et al. (2010): Cellulosefasern: Identifizierungsmöglichkeiten und Bestimmung des Abbaugrades von Papierobjekten. Teil 1: Versuchspapiere und Alterung. In: Journal of Paper Conservation, Vol. 11, Nr. 1, S. 9–13.
- Ilvessalo-Pfäffli, M.-S. (1995): Fiber Atlas. Identification of Papermaking Fibres. Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag.

Jayme, G., und Harders-Steinhäuser, M. (1970): Mikroskopie der Holz- und Papierfasern. Frankfurt a.M.: Umschau-Verlag (Handbuch der Mikroskopie in der Technik, Bd. V).

Noss, F., und Sadler, H. (1933): Beiträge zur mikroskopischen Unterscheidung von Natron (Sulfat-) und Sulfitzellstoff mit Hilfe der primären und sekundären Fluoreszenz. In: Papierfabrikant, Vol. 31, No. 31, S. 413–416.

Paper Conservation Catalog (1990): 10. Spot Tests. Seventh Edition. Washington D.C.: AIC American Institute for Conservation, Book and Paper Group.

Rost, F.W.D. (1995): Fluorescence microscopy – Vol II. Cambridge New York, Port Chester, Melbourne, Sydney: Cambridge University Press.

Schramm, H.-P., und Hering, B. (1988): Historische Malmaterialien und ihre Identifizierung. Graz: Akademische Druck- und Verlagsanstalt.

Schulze, B., und Göthel, E. (1934): Fluoreszenzmikroskopische Untersuchungen an Papierfaserstoffen. In: Papierfabrikant, Vol. 32, No. 10, S. 110–114.

Wülfert, S. (1999): Der Blick ins Bild. Ravensburg: Ravensburger Buchverlag Otto Maier GmbH (Bücherei des Restaurators, Bd. 4).

### Bezugsquellen

- Carl Zeiss, Mikroskopie, Carl-Zeiss-Promenade 10, 07740 Jena, Germany, Tel. +49-3641-64-0, Fax +49-3641-642856, www.zeiss.de/mikro (Lichtmikroskop Axioplan 2).
- Klug-Conservation GmbH & Co. KG, Badeweg 9, 87509 Immenstadt, Germany, Tel. +49-8323-9653-30, Fax +49-8323-9653-7287, www.klug-conservation.com (Panduranstift).
- Leica Microsystems Wetzlar GmbH, Ernst-Leitz-Str. 17-37, 35530 Wetzlar, Germany, Tel. +49-644129-0, Fax +49-6441-29-2590, www.leica-microsystems.com (Fluoreszenzmikroskop Orthoplan mit dem UV-Filter B2 BP bei 340-410 nm, Bandpaßfilter RKP 455, Sperrfilter 470 nm, LP Langpaßfilter).
- Merck KGaA, 6100 Darmstadt, Germany, Tel. +49-6151-72-0, Fax +49-6151-72-2000, www.merck.de (Chemikalien für Reagenzien: Phloroglucin zur Analyse Nr. 107069, Salzsäure 37 % zur Analyse Nr. 113386, Zinkchlorid zur Analyse Nr. 108816, Kaliumjodid zur Analyse Nr. 105043, Jod zur Analyse Nr. 104761; pH-Teststreifen; Alkalit<sup>®</sup> pH Indikatorstäbchen pH 0–14, 0–6, 7,5–14).
- Sigma-Aldrich Chemie GmbH, Eschenstr. 5, 82024 Taufkirchen, Germany,

Tel. +49-89-6513-0, Fax +49-89-6513-1169, www.sigmaaldrich.com (Standard Fluka Rhodamin 6G Nr. 83698).

#### Autoren

Ass.Prof. Mag.art. Helmgard Holle, Institut für Konservierung und Restaurierung, Akademie der bildenden Künste Wien, Schillerplatz 3, 1010 Wien, Austria, Tel. +43-1-58816-8710, Fax +43-1-58816-8799, h.holle@akbild.ac.at

Mag. Wilfried Vetter, Institut für Naturwissenschaften und Technologie in der Kunst, Akademie der bildenden Künste Wien, Schillerplatz 3, 1010 Wien, Austria, Tel. +43-1-58816-8614, Fax +43-1-58816-8699, w.vetter@akbild.ac.at, www.ntk.akbild.ac.at

O.Univ. Prof. DI Dr. Manfred Schreiner, Institut für Naturwissenschaften und

Technologie in der Kunst, Akademie der bildenden Künste, Schillerplatz 3, 1010 Wien, Austria, Tel. +43-1-58816-8600, Fax +43-1-58816-8699, m.schreiner@akbild.ac.at, www.ntk.akbild.ac.at

Ao.Univ.Prof. DI Dr. Leopold Puchinger, Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und technische Biowissenschaften, Technische Universität Wien, Getreidemarkt 9, 1060 Wien, Austria, Tel. +43-1-58801-173-16, Fax +43-1-58801-17399, lpuching@mail.zserv.tuwien.ac.at, www.vt.tuwien.ac.at

Ao. Univ.-Prof. DI Dr. Rudolf Eichinger, Institut für Papier-, Zellstoff- und Fasertechnik, Technische Universität Graz, Kopernikusgasse 24, 8010 Graz, Austria, Tel. +43-316-873-7515, Fax +43-316-873-8010, r.eichinger@tugraz.at, www.ipz.tugraz.at

## Fünf Jahre nach dem Brand der HAAB Weimar V Fachlicher Austausch: Workshops als Teil der Konzeptentwicklung zur Mengenrestaurierung von Leder- und Pergamenteinbänden

Von den etwa 34.000 Büchern, die beim Brand der Herzogin Anna Amalia Bibliothek (HAAB) im September 2004 durch Löschwasser und Hitze beschädigt wurden, sind etwa 6.500 Halb- und Ganzledbände sowie etwa 1.400 Pergamentbände restaurierungsbedürftig. Workshops schaffen Zeit und Raum für Beratungen und praktische Tests zu einzelnen Problemstellungen und helfen, die Leistungsbeschreibungen für die öffentlichen Ausschreibungen der Restaurierung festzulegen. Es werden Kollegen mit entsprechenden Erfahrungen in den verschiedenen Gebieten der Einbandrestaurierung nach Weimar eingeladen, deren Freistellung durch die Bibliotheken und Archive die Durchführung der Workshops möglich macht. Die Finanzierung wird durch die Volkswagen-Stiftung unterstützt.

Um die Entscheidungsfindung im Hinblick auf die besten Konzepte und Restaurierungsmethoden auf eine möglichst breite fachliche Basis zu beziehen, wurden seit 2008 jeweils zwei oder drei externe Restauratoren

zu mehrtägigen Workshops nach Weimar eingeladen. Für den fachlichen Austausch werden bestimmte Problemstellungen vorbereitet und zur Diskussion gestellt. Je nach Problemstellung können in Vorbereitung auf den Workshop Schadensbände zur Ansicht geschickt werden. Teilweise werden auch praktische Tests verschiedener Verfahren durchgeführt.

Das Spektrum der Schäden ist bei den Lederbänden vielfältig. Ein Teil der Bände kann nach der Sicherung von durch das Löschwasser gelösten Einbandmaterialien und Spiegeln wieder in den Bestand eingegliedert und der Benutzung zugänglich gemacht werden. Bei den übrigen Bänden gehören zu den typischen Schadensbildern neben den gelösten Einbandmaterialien auch Fehlstellen im Bezugsmaterial, aufgeplatzte Fälze, Ecken und Kanten, partielle Verschwärzung und damit einhergehend Versprödung des Leders, Schrumpfung und Deformation sowie fehlende Deckel und fehlende oder unterschiedlich stark beschädigte Lederücken. Die Buchblöcke wurden beim

Brand durch die Einbände geschützt und weisen meist nur leichte Wasser-ränder und teilweise leichte Verwölungen auf. Nur ein geringer Teil der Buchblöcke hat mechanische Schäden davongetragen oder ist so stark deformiert, daß über die Trockenreinigung hinaus eine Bearbeitung notwendig ist (Abb. 1).

#### Gesamtkonzept

Die restauratorische Bearbeitung der wasser- und hitzegeschädigten Bücher unterliegt gewissen Rahmenbedingungen: Die Einbandrestaurierung soll bis 2015 abgeschlossen sein und die Bestände wieder für die Benutzung zur Verfügung stehen. Gleichzeitig stehen nur begrenzte finanzielle und personelle Mittel zur Verfügung, um eine verhältnismäßig große Menge Bücher zu restaurieren.

Ziel der Restaurierungsmaßnahmen ist die Benutzbarkeit der Bücher. Die HAAB ist eine aktive Forschungsbibliothek. Durch ihre Sammlungsgeschichte hat sie zugleich Archivfunktion und teilweise, im Rahmen der Präsentation der Bücher im Rokokosaal, den Charakter eines Bibliotheksmuseums (Knoche 1999). Durch größtmöglichen Originalerhalt sollen dieser Charakter und der Informationsgehalt der Sammlung erhalten bleiben. Die Folgen des Brandes, eines einschneidenden Ereignisses in der Geschichte der Bibliothek, dürfen und sollen sichtbar bleiben (Weber 2009; Herrmann und Ripplinger 2007).

In der Vorbereitung der öffentlichen Ausschreibungen bestehen die schwierigsten Aufgaben darin, die Aufträge entsprechend ihrer „Schadensbilder“ zusammenzustellen und passend zu diesen Schadensgruppen eine Leistungsbeschreibung zu formulieren (Metzger 2009).

#### 1. Workshop Ledereinbände

Vom 20. bis 24. Oktober 2008 fand der erste Workshop zur Restaurierung von wasser- und hitzegeschädigten Ledereinbänden in der Werkstatt für Einbandrestaurierung der HAAB statt.