

# Eine gebrauchsfertige Enzymkomresse zur Ablösung von Stärkekleisterverklebungen

**Agnes Blüher, Ingrid Schwarz, Gerhard Banik, Gerlinde Römer, Elisabeth Thobois**

## Zusammenfassung.

Die Zusätze von Proteinleim und/oder Alaun führen bei Kleisterverklebungen zu Verspröden und Aushärten. Sie sind mit Wasser nur quell- aber nicht lösbar. In der vorliegenden Arbeit wird eine gebrauchsfertige  $\alpha$ -Amylasekomresse, sowie ihre Anwendung zur lokalen Lösung von Kleisterverklebungen vorgestellt. Die Komresse ist in trockenem Zustand lagerfähig und durch die Zugabe von Wasser aktivierbar. Die Einsatzfähigkeit der Komresse wird an verschiedenen Objekten der Graphischen Sammlung Albertina in Wien, des Kupferstich-kabinetts der Hamburger Kunsthalle, des Kupferstichkabinetts Dresden und des Goethe- und Schiller-Archives der Stiftung Weimarer Klassik demonstriert.

## Abstract

Starch paste, when used as mounting adhesive modified with additives such as protein-glue or alum, causes heavy damage to papers as a result of embrittlement and hardening. It cannot be simply detached by means of humidification. The contribution presents a ready to work  $\alpha$ -amylase poultice and its application for local removal of starch based adhesives from archival documents or works of graphic art. The poultice can be stored under dry conditions and simply be activated by humidification. Results gained by the application of the newly developed amylase poultice is demonstrated on different items from the Graphic Collection Albertina in Vienna, the Hamburger Kunsthalle Kupferstichkabinett, the Dresden Kupferstichkabinett and the Goethe- and Schiller-Archive of the Weimarer Klassik Foundation

## Einleitung

Als Klebemittel für Papier hat sich seit Jahrhunderten Stärkekleister bewährt. Beträchtliche Mengen von Graphiken, Schriftgut und Photographien, die mit Stärkekleister verklebt oder montiert sind, befinden sich in den Beständen von Graphischen Sammlungen, Archiven und Bibliotheken. Die dauerhafte Klebkraft und anhaltende Elastizität gegenüber Luftfeuchtigkeitsschwankungen sind gerade bei Weizenstärkekleister wichtige Charakteristika. Eine weitere wesentliche Eigenschaft ist seine unproblematische Lösbarkeit durch Quellung in wäßrigen Medien. Im 19.

Jahrhundert wurden Kleister bei der Zubereitung Additive, wie Alaun (Kaliumaluminiumsulfat bzw. Aluminiumsulfat) und Proteinleim, zugesetzt, wodurch sich die Quellbarkeit in wäßrigen Medien stark reduzierte. Im Laufe seiner Alterung verhärtet ein solcher modifizierter Kleister und kann mit Wasser kaum noch angequollen werden. Zahlreiche Schäden bei Papierobjekten sind heute auf diese Zusätze im Kleister zurückzuführen.

Speziell wenn Schäden durch modifizierte Kleisterverklebungen eingetreten sind, dazu gehören Wellen- und Faltenbildungen, aber auch Ausrisse der Papiere, empfiehlt es sich, diese Klebestellen zu lösen. Die Papieren können dann plangelegt und konservatorisch günstiger aufbewahrt und auch einfacher zu Ausstellungen herangezogen werden. In diesem Beitrag wird eine Enzymkomresse und ihre Anwendung zum Lösen modifizierter Kleisterverklebungen vorgestellt. Dieses neu entwickelte Verfahren ist systematisch anwendbar und erlaubt eine schnelle, feuchtigkeitsarme und vor allem verlustfreie Entklebung gefährdeten und beschädigten Sammlungsguts.

Nicht nur die beschriebenen Eigenschaften modifizierter Kleister stellen erhebliche Schwierigkeiten beim Ablösen und Entfernen von Papieroberflächen dar, sondern auch Verklebungen besonders empfindlicher, kaum geleimter Papiere. Bei Druckgraphiken auf Japanpapieren, können Montagestreifen nicht ohne Faserverlust mit herkömmliche restauratorischen Methoden entfernt werden. Mit Klebern auf Stärkebasis kaschiertes oder montiertes Archivgut kann häufig mit traditionellen Befeuchtungsmethoden nicht voneinander getrennt werden. Das ist insbesondere dann der Fall, wenn im Befeuchtungsbereich wasserempfindliche Beschreibstoffe oder durch Eisengallustinten verursachte Papierschäden vorliegen. Daher ist es wünschenswert, einerseits die für die Lösung der Verklebung notwendige Feuchtigkeit zu reduzieren, andererseits aber eine möglichst weitgehende Verflüssigung des Stärkekleisters zu erreichen.

## Ablösen von verklebten Papieren

Traditionelle Methoden zum Anquellen und Ablösen der graphischen Blätter, beispielsweise mit Methylcellulosekompressen oder im GORE-TEX® - Sandwich, blieben im Falle dieser modifizierten Kleisterverklebungen ohne den gewünschten Erfolg. Mechanische Abnahmetechniken erwiesen sich ebenfalls als ungeeignet. Zur konservatorischen Sicherung der Bestände sollte ein Verfahren gefunden werden, das es erlaubte, die Verklebungen schonend und angesichts des Mengenproblems zugleich in zeitsparender Weise zu lösen. Nachdem die modifizierten Stärkekleister sich kaum anquellen und entfernen ließen, konzentrierten sich die weiteren Arbeiten auf den Einsatz von stärke-spaltenden Enzymen.

Hauptbestandteil des verwendeten Kleisters ist Stärke. Stärke ist ebenso wie Cellulose ein pflanzliches Polysaccharid, das aus D-Glucopyranose aufgebaut ist. Chemisch ist Stärke der Cellulose verwandt, allerdings sind bei Cellulose die D-Glucopyranosen ausschließlich durch  $\beta$ -1,4-glucosidische Bindungen verbunden, während diese im Stärkemolekül vorwiegend durch  $\alpha$ -1,4-glucosidische Bindungen verbunden sind [1].

Enzyme können als hochkomplexe Moleküle nur von lebenden Zellen erzeugt werden. Sie haben im Organismus die Aufgabe, jeweils ganz spezifische biochemische Reaktionen zu beschleunigen, das heißt zu katalysieren. Die für den Abbau von Klebstoffen auf Stärkebasis eingesetzten Amylasen sind Enzyme, welche die Hydrolyse von 1,4- $\alpha$ -glucosidischen Bindungen in Polysacchariden katalysieren. Sie gehören zu den Glucosidasen, welche spezifisch Kohlehydrate oder Glucoside spalten. Die  $\alpha$ -Amylasen sind Endo-Enzyme, d. h. sie spalten die 1,4- $\alpha$ -glucosidischen Bindungen auch im inneren Bereich des Substrates. Die Viskosität einer kolloidalen Stärkelösung nimmt stark ab. Eine derart abgebaute Stärke verfügt nicht mehr über klebende Eigenschaften, womit eine verlustfreie Trennung auch empfindlicher Papiere möglich wird. Amylase kann nur die  $\alpha$ -1,4-glucosidische Bindungen des Stärkemoleküls spalten, aber keine Abbaureaktionen am Cellulosemolekül verursachen, so daß ihre Verwendung kein Risiko für die Grundsubstanz von Papier - die Cellulose - darstellt [2] [3].

Das Enzym lagert sich nach dem Schlüssel-Schloß-Prinzip an eine passende chemische Bindung, also eine  $\alpha$ -glucosidische Bindung an und bildet einen Enzym-Stärke-Komplex. Die Bindungen im Stärkemolekül werden gespalten und liegen nach der Spaltung als wasserlösliche Spaltprodukte vor. Danach steht das Enzymmolekül für weitere Spaltungsreaktionen zur Verfügung.

Generell laufen enzymatische Reaktionen nur in Gegenwart von Wasser ab. Die Anwendung von Enzymen ist in verdünnten wäßrigen Lösungen bei sehr moderaten Temperaturen und pH-Bedingungen möglich. Die charakteristische dreidimensionale Struktur von Enzymen - es handelt sich um Proteine - kann durch Denaturierung zerstört werden. Dies kann unter anderem durch verschiedene mit Wasser mischbare organische Lösungsmittel, wie Alkohol oder Aceton erfolgen [4].

## Die Anwendung von Enzymen in Form von Enzymgelen und fertigkompressen

Die lokale Anwendung von Methylcellulosegelen mit einem Enzymzusatz beschrieben Hatton 1977[5] und Chapman 1986[6]. Die Anwendung im Gel ermöglicht den feuchtigkeitsarmen Transport von Enzymen durch verklebte Papiere zum Klebstoff und dessen Spaltung zu wasserlöslichen Produkten. Eine standardisierte Enzymgelrezeptur gestattete das unproblematische Ablösen von Graphiken aus den Klebebänden der Graphischen Sammlung Albertina in Wien ohne daß aufwendige restauratorische Nacharbeiten an den enzymatisch abgenommenen Blättern erforderlich wären[7].

Zum Lösen von Kleisterverklebungen in der Graphik-, Buch- und Archivgutrestaurierung wurde von Liedle-Fürst bereits 1996 ein Amylasegel entwickelt, das eine verlustfreie, lokal begrenzte und feuchtigkeitsarme Abnahme von Klebstoffen auf Stärkebasis erlaubt[8]. Für die Bedürfnisse in Restaurierungswerkstätten sollte das Amylasegel aber in einer gebrauchsfertigen und haltbaren Form verfügbar sein.

Hierfür wurde gemeinsam mit industriellen Partnern eine haltbare und durch Feuchtigkeit aktivierbare Amylasekompreße entwickelt, die unter der Bezeichnung Albertina - Kompreße erhältlich ist. Die Kompreße besteht aus einem inerten, synthetischen Vliesstoff, der mit einem speziell zusammengesetzten amylosehaltigen Gel getränkt und anschließend getrocknet wurde. Im trockenen Zustand liegen Enzyme und Hilfsstoffe in dieser Kompreße in einem stabilen und lagerungsfähigen Zustand vor. Sie lassen sich vor einer Anwendung durch Befeuchten mit Wasser aktivieren.

Diese Kompreße wurde mit Methoden der künstlichen Alterung, Enzymrückstandsbestimmungen sowie der Bestimmung des Durchschnittspolymerisationsgrades der Cellulose behandelter Papiere eingehend auf ihre Unbedenklichkeit für papierrestauratorische Anwendungen in der nachfolgend beschriebenden Technik überprüft. Die Kompreßematerialien und das enthaltene Enzymgel erfüllen bei einer papierrestauratorischen Anwendung die folgenden Funktionen:

- Ungehinderte Wanderung der Enzyme durch das Papier zur Klebeschicht
- Kontrollierte Dosierung der Feuchtigkeit zur Gewährleistung der Enzymaktivität einerseits und der Vermeidung von Wasserschäden andererseits
- Beschwerbarkeit zur homogenen Auflage der Kompreße auch auf unebenen Objektflächen
- Minimale Kontamination der zu behandelnden Objekte mit dem Enzymgel

## Anwendung der Amylase-Kompreße

Eine standardisierte Anwendungstechnik wurde Anhand von Tests festgelegt und in einer Anleitung reproduzierbar beschrieben. Die Enzymkompreße wird nur im verklebten Bereich auf das Papier aufgesetzt. Dabei ist es wichtig, zu entscheiden, ob die Kompreße beispielsweise direkt auf eine Graphik aufgebracht werden kann, oder von der Rückseite, also durch das Trägerpapier einwirken soll. Der Kompreßenaufbau ist schematisch in Abb.1 dargestellt.



Abb.1 Schematische Darstellung der Enzymkompressenanwendung.

Die Kompreßematerialien werden passend zur Größe der Verklebung zugeschnitten, befeuchtet und nacheinander aufgelegt.

- Als erste Komponente wird das Zwischenlagepapier aufgelegt. Das Befeuchten dieses Papiers mit Wasser erbringt eine Verkürzung der Ablösezeit.
- Anschließend wird der mit Enzymgel getränkte Vliesstoff auf dem Zwischenlagepapier plaziert. Dieser Vliesstoff wird auf die Größe der Verklebung zugeschnitten. Das Zwischenlagepapier hingegen sollte an allen Seiten mindestens 2mm größer sein. Dadurch entsteht ein verlaufender Befeuchtungsrand der Komresse.
- Dritte Schicht ist das Befeuchtungsmaterial, das in gleicher Größe wie der enzymgelgetränkte Vliesstoff verwendet wird.

Alle drei Komponenten werden mit Wasser gleichmäßig befeuchtet. Zur Befeuchtung hat sich die Verwendung eines kleinen, flachen japanischen Pinsels bewährt. Der Befeuchtungsgrad hängt von der Qualität der zu behandelnden Papiere ab. Liegen sehr saugfähige, schwach geleimte Papiere, wie beispielsweise Japanpapiere vor, so wird nur ein leichtes Anfeuchten der Komresse empfohlen. Bei Papieren, die schwer Feuchtigkeit aufnehmen, kann die Komresse stärker angefeuchtet werden. Der Ablöseprozess kann auch durch ein geringes Vornetzen des Papiers im verklebten Bereich etwas beschleunigt werden. Der Zusatz von 5% Ethanol zum Wasser erleichtert Eindringen und Durchwandern von Amylase und Hilfsstoffen durch die Papiere. Höhere Alkoholgehalte sollten jedoch wegen der möglichen Denaturierung der Enzyme vermieden werden. Um ein Austrocknen der Komresse während der Behandlungsdauer zu verhindern, muß sie mit einer Melinexfolie abgedeckt werden, die den Behandlungsbereich an allen Seiten 4 cm überragt. Zum Beschweren sind Gewichte von ca. 100-150g bei 10 cm<sup>2</sup> Behandlungsfläche empfehlenswert. Nach ausreichender Einwirkungszeit wird die Komresse abgehoben. Die Verklebung ist gelöst, die Papiere lassen sich verlustfrei trennen.

## Anwendung der Albertina komresse

In der Graphischen Sammlung Albertina in Wien werden hunderttausende druckgraphische Blätter, zumeist Druckgraphiken und Lithographien, in Alben – den sogenannten Klebebänden - aufbewahrt. Auch im Kupferstichkabinett Dresden und im Worcester College in Oxford liegt diese Aufbewahrungsart für Zeichnungen und Druckgraphiken vor. Die Blätter wurden mit mehreren Klebepunkten auf die Seiten der Klebebände montiert. Heute zeigen sich zum Teil auffallende Schäden in den Bereichen der Verklebungen dieser Blätter. Die Beimischung von Alaun und Proteinkleim im Kleister verursacht eine Hydrophobierung der Papiere unmittelbar im Verklebungsbereich und das Aushärten des Kleisters. Bei Luftfeuchtigkeitsschwankungen sind die graphischen Blätter, ebenso wie die Buchseiten Dehnungs- und Schrumpfungsprozessen ausgesetzt. Starke Spannungen entstehen, weil die Graphiken an den Montierungspunkten einer Fixierung durch den modifizierten Kleister unterliegen. Die Papiere sind daher im Bereich der Verklebung wellig, Falten bildeten sich und es kommt zu Ausrissen, durch die Zugspannung der Graphiken insgesamt hervorgerufen. Diese Schadensbilder finden sich auch

im Kupferstichkabinett Dresden und im Worcester College in Oxford in unterschiedlichen Ausprägungen. (Abb.2).

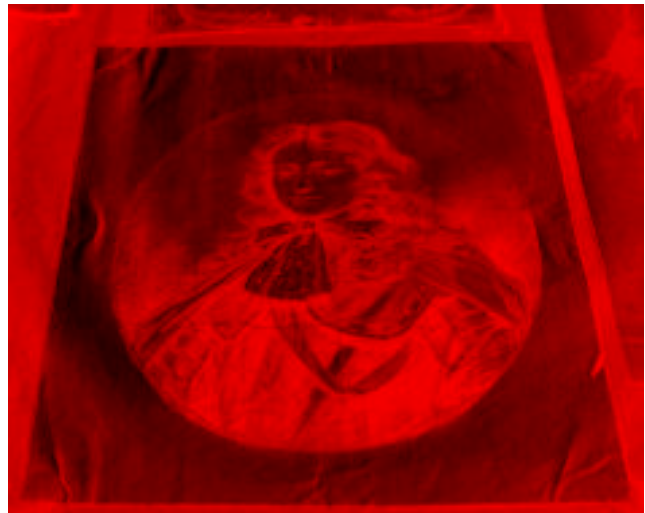


Abb.2 In ein Album eingeklebten Zeichnung des Kupferstichkabinetts Dresden. Erkennbar sind Wellenbildungen und Spannungen im Bereich der Klebepunkte an den Rändern des Blattes (Staatliche Kunstsammlung Dresden, Kupferstichkabinett, Klebeband CA 11, Deutsch, Ende des 17. Jh., C7615).

Die Enzymkompressen wurden ursprünglich entwickelt, um graphische Blätter aus den Klebebänden der Albertina problemlos und zeitsparend entnehmen zu können. Hauptaugenmerk war dabei, eine schonende und reproduzierbare Ablösmethode zu finden und die Nachreinigung so zeitökonomisch wie möglich zu gestalten.

Die Anwendungstechnik wurde zunächst anhand von Ablöseversuchen unter Laborbedingungen und für die in den Klebebänden montierten Blätter in der Graphischen Sammlung Albertina entwickelt. Dazu wurden aus zwei Klebebänden druckgraphische Blätter von Friedrich Gauermann und Johann Kriehuber herausgelöst(9).

In den meisten Fällen empfahl sich das Ablösen von der Albumpapierseite aus. Dadurch konnte eine Befeuchtung der meist kaum geleimten Druckgraphiken vermieden werden. Eine Befeuchtung dieser Papiere kann die neben der Migration von Enzym und Hilfsstoffen in die Blätter auch die Wanderung von löslichen Bestandteilen, wie Leim, Vergilbungsprodukten und Verschmutzungen, zur Folge haben und fallweise zu braunen Randbildungen führen. Die Untersuchung der mit Enzymkompressen behandelten Papiere zeigte, daß die Bestandteile des Enzymgels keine Verbräunungen der Papiere hervorruft[10]. Da es sich um eine lokale Feuchtbehandlung handelt, sollte die Befeuchtung sehr dosiert stattfinden.

Die durchschnittliche Ablösezeit bei den Graphiken liegt bei 90 Minuten. Im Falle der abgebildeten Graphik aus dem Kupferstichkabinett Dresden war zwischen dem graphischen Blatt und der Albumseite ein etwa 1 x 2 cm großes Papier eingeklebt. Zur Abnahme dieses Papiers erfolgte eine zweite Anwendung der Enzymkomresse auf der Rückseite der Graphik, die wieder einen Zeitaufwand von 90 Minuten erforderte (Abb. 3 + 4).

Eine homogene Befeuchtung ist zur optimalen Wirksamkeit der Komresse erstrebenswert. Der Feuchtigkeitseinsatz

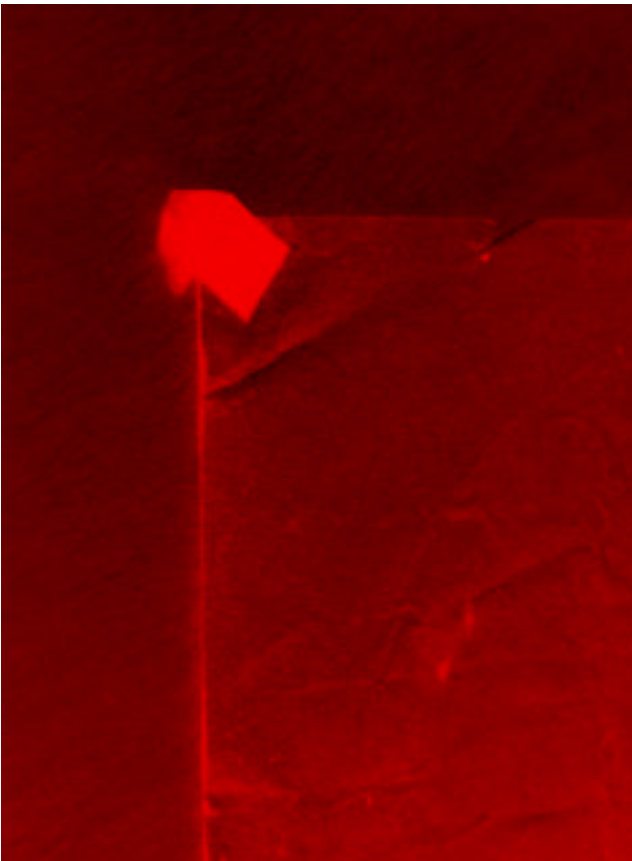


Abb.3 Auf der Zeichnungsrückseite befanden sich zusätzlich im Bereich der Klebepunkte ca. 1 x 2 cm große Papierstücke.

erfordert etwas Übung. Einerseits soll die Enzymaktivität gewährleistet sein, andererseits die Vermeidung von Feuchtigkeitsrändern. Der als Befeuchtungskomponente empfohlenen voluminösen Löschkarton erwies sich als kontrolliert wirksamer Feuchtigkeitsspeicher. Er ist flexibel und drückt sich nicht in das zu Dehnung neigende Trägerpapier ein.

Bei der Kompressenanwendung in den Alben ist besonders darauf zu achten, eine stabile und plane Unterlage z.B. eine Glasplatte einzulegen. Dadurch wird die Planlage des lokal befeuchteten Bereiches gewährleistet. Eventuell empfiehlt es sich, gerade im Falzbereich eines solchen Albums, um die beschwerte Stelle einige kleine Gewichte zu legen, damit der Kompressenaufbau stabil plaziert ist.

Wesentlich ist auch das Beschweren einer Enzymkompressse. Der möglichst homogene und plane Kontakt mit der Klebestelle gewährleistet eine schnelle Diffusion der Enzyme. Die Verwendung einer beleuchtbaren Unterlage kann dann hilfreich sein, wenn die Klebestellen nicht eindeutig erkennbar sind. Mit einem schmalen Spatel kann man die Größe der Verklebung ermitteln, die Kompressse entsprechend zuschneiden und auflegen. Nach dem Einwirken der Enzyme können die Graphiken mit Hilfe eines Spatels voneinander getrennt werden. Die erweichten Klebstoffreste lassen sich mit einem Spatel und mit Wattestäbchen entfernen.

Der behandelte Papierbereich muß unter leichtem Beschweren länger als 2 Stunden - am besten über Nacht - trocknen. Durch sofortige Beschwerung wird eine Wölbung des Papiers durch Ausdehnung verhindert.



Abb.4 Die Zeichnung nach der Ablösung mit Enzymkompressen.

## Anwendungsbeispiele

Im Kupferstichkabinett der Hamburger Kunsthalle werden die Graphiken in Passepartouts montiert in Kassetten verwahrt. Die Druckgraphiken sind mit Fälzelstreifen aus Chinapapier an allen vier Seiten durchgehend mit einem alauhaltigen Kleister am Passepartoutkarton fixiert. Diese Technik wählte man aufgrund der Empfehlungen von H. W. Singer (1916)[11] für die Verwahrung von Graphiken. Heute weisen die graphischen Blätter starke Verwellungen auf. Gerade bei dünnen Papieren, beispielsweise Drucken auf Japanpapieren sind diese Schäden augenscheinlich. Sie sind - wie oben beschrieben - Resultat des eingeschränkten Dehnungsverhaltens Blätter an der verklebten Einfassung. Bei einem Hantieren der Graphiken sind die exponierten Papierbereiche durch Abrieb und dadurch verursachten Farbverlust gefährdet. Daher ist es erforderlich, die Montagestreifen zu entfernen, um die Graphiken in ihrer ursprünglichen Form plan aufzubewahren.

In diesem Falle sind nicht nur die Verklebungen das sehr dünnen Druckpapiere. Der verwendete Kleister läßt sich prinzipiell nach einiger Zeit anquellen, indem man die Fälzelstreifen und die darunterliegenden Verklebungen befeuchtet. Durch diese Befeuchtung erweichen jedoch auch die Originalpapiere, die nur eine sehr geringe Naßfestigkeit aufweisen. Der nur mit wäßrigem Medium angequollene Kleister kann daher wegen seiner verhältnismäßig hohen Viskosität ohne Faserverluste und Deformationen kaum von den Originalpapieren entfernt werden. Prinzipiell unterschied sich die Anwendung der Amylasegelkompressen im Falle des Kupferstichkabinettes der Hamburger Kunsthalle nicht von den Anwendungen in der Graphischen Sammlung Albertina in Wien.

Die leichte Durchlässigkeit für Enzyme und Feuchtigkeit der in Hamburger Kunsthalle vorliegenden Papiere ermöglicht

ein Ablösen der Montierungsstreifen schon nach 20 Minuten. Die Fälzelstreifen auch Chinapapier sind sehr leicht diffundierbar, so daß der Kleister schnell enzymatisch gespalten wird. Die Graphiken selbst, obwohl auf saugfähigem und empfindlichem Japanpapier gedruckt, bleiben nahezu trocken. So ist außer der Entfernung noch verbliebener Kleisterreste vom Original und dem Planlegen der Blätter keine weitere Nachbehandlung nötig.

Statt wie bei der lokalen punktförmigen Anwendung bei Klebepunkten, wurden in diesem Fall die Kompressen in eine den Fälzelstreifen entsprechende in eine lange, schmale Form zugeschnitten. Die Befeuchtung der Kompressenmaterialien mit einem schmalen japanischen Pinsel erwies sich als vorteilhaft. Auch hier fand das Zwischenlagepapier Verwendung, obwohl man annehmen könnte, daß der Fälzelstreifen als eine Art Zwischenlage fungiert. Das Gelrückhaltevermögen der Fälzelstreifen erwies sich aber als unzureichend. Die Anwendung einer Enzymkomresse ohne Zwischenlagepapier ist nicht empfehlenswert und sollte jedenfalls nur dann stattfinden, wenn ein genügendes Auswässern der Gelrückstände nach der Behandlung gewährleistet werden kann.

Auch tintenfraßgeschädigte Papiere können mit Enzymkompressen behandelt werden. Briefe Schriftstellers Karl Benedikt Hase (1780-1864) aus den Beständen des Goethe- und Schiller-Archives der Stiftung Weimarer Klassik bestehen aus sehr dünnen, brüchigen Papieren unterschiedlicher Formate. Diese Autographen sind im Falzbereich häufig mit feuchtigkeitsempfindlichen Tinten beschrieben und weisen teilweise Tintenfraßschäden auf. Sie wurden gefaltet, übereinandergeklebt und zu Büchern zusammengefügt. Die Bindetechnik mit punktförmigen Kleisterverklebungen, die Heftung der so gebildeten „Lagen“ und die Ableimung mit Proteinleim verursachten erhebliche Folgeschäden. Ziel der restauratorischen Behandlung dieser Briefe war das Auseinandernehmen der Bände.

Die Autographen aus dem Goethe- und Schiller Archiv der Stiftung Weimarer Klassik erfuhren zum Schutz der Tinte ebenfalls eine sehr feuchtigkeitsarme Behandlung und ihre Verklebungen wurden deshalb erst nach 3 Stunden unter Einsatz von Enzymkompressen gelöst. In den mit Eisengallustinte beschriebenen Bereichen ließen sich keine Veränderungen, etwa durch Migration von Tintenbestandteilen oder Rißbildungen im Schriftbereich feststellen.

## Zusammenfassung

Mit der Amylasekomresse liegt eine Fertigungskomresse zur feuchtigkeitsarmen Abnahme von Kleisterverklebungen und Kaschierungen. Der Vorteil der Komresse liegt darin, daß sie eine ca. zwölfmonatige Lagerungsfähigkeit aufweist und unter Werkstattbedingungen problemlos und reproduzierbar eingesetzt werden kann. Im Gegensatz zu der herkömmlichen Kompressentechnik erzeugt die Amylasekomresse besonders niedrige Rückstände auf den behandelten Papieren. Aus den analytischen Untersuchungen ist zu schließen, daß bei einer Anwendung der Enzymkomresse nur minimale Enzym- und Tensidrückstände im Papier verbleiben. Eine Nachwässerung des behandelten Objektes erscheint aufgrund der vorliegenden Daten zwar vorteilhaft, jedoch nicht zwingend notwendig. Entscheidend

sind die Verwendung des Zwischenträgerpapiers, die sorgfältige Entfernung der Klebstoffreste, verbunden mit einer lokalen Nachreinigung des Behandlungsbereichs.

Der Einsatz Enzymkompressen zur Ablösung verhärteter Stärkekleisterverklebungen hat sich an verschiedenen Objekten der Graphischen Sammlung Albertina in Wien, des Kupferstichkabinetts der Hamburger Kunsthalle, des Kupferstichkabinetts der Staatlichen Kunst-sammlungen Dresden, des Goethe- und Schiller-Archivs der Stiftung Weimarer Klassik, aber auch in privaten Werkstätten bewährt.

Nicht nur für lokal verklebte Papiere, wie bei den hier vorgestellten montierten Graphiken ist die Anwendung der Albertina - Komresse vorteilhaft. Die Kompressen lassen sich bei geringfügiger Modifikation der Anwendungstechnik auch zur Abnahme vollflächig kaschierter Großformate von Trägermaterialien erfolgreich und sehr ökonomisch einsetzen.

Das neu entwickelte Verfahren ist systematisch anwendbar und erlaubt eine schnelle, feuchtigkeitsarme und vor allem verlustfreie Entklebung gefährdeten und beschädigten Sammlungsguts in Graphischen Sammlungen, Bibliotheken und Archiven.

## Danksagung

Die Entwicklung der Albertina - Komresse wurde in den vergangenen Jahren durch Industrie, Handel und Forschungsförderungsfonds unterstützt. Die Autoren danken Henkel Central Eastern Europe, Wien; Henkel KGaA, Düsseldorf; Klug & Co., Immenstadt und dem Forschungsförderungsfonds für die Gewerbliche Wirtschaft, Wien für die gewährte technische und finanzielle Unterstützung. Für wertvolle Anregungen und Diskussionen danken wir Barbara Hassel (Staatliche Akademie der Bildenden Künste), Mag. Hannah Singer (Graphische Sammlung Albertina), Dipl. Rest. Monika Fürst (Stiftung Weimarer Klassik) und Chr. Hädrich (Staatliche Kunstsammlungen Dresden).

## Anmerkungen

- 1 Ullmann's Encyclopädie der Technischen Chemie, Band 22, Stärke, Weinheim: Verlag Chemie, 1982, pp. 166 – 109.
- 2 A. L. Lehninger, Prinzipien der Biochemie, Berlin/New York (1987): 156.
- 3 Literatur zu den wirkungsspezifischen Faktoren von Enzymen: D. Grattan, The Characterization of Enzymes for the Use in Paper Conservation, Conservation of Library and Archive Materials and the Graphic Arts, London (1980): 15-24; H. Ruttloff (Hrsg.), Industrielle Enzyme, Hamburg (1994): 581
- 4 Erickson, H. M.: Usage Recommendations for Alpha-Amylases: Maximizing Enzyme Activity while Minimizing Enzyme-Artifact Binding Residues. The Book and Paper Group Annual 11 (1992): 24-33.
- 5 Hatton, M., Enzymes in a Viscous Medium. *The Paper Conservator* 2 (1977): 9.
- 6 Chapman, V.: Amylase in a Viscous Medium - Textile Applications. *The Conservator* 10, (1986): 7-11.

- 7 Blüher, A., Banik, G., Maurer K.-H., Thobois, E.: The Application of Enzyme Containing Methylcellulose Gels for Removal of Starch - Based Adhesives i Albums. *ICOM Committee for Conservation 11th Triennial Meeting*, Edinburgh, Preprints, James & James, London (1996): 494-499.
- 8 Lidle-Fürst, M., Blüher, A., Banik, G., Thobois, E.: Amylasegele zur lokalen Lösung von Stärkeverklebungen. Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung, in Druck.
- 9 Schwarz, I., Blüher, A., Banik, G., Thobois E., Maurer, K.-H.: Die Entwicklung einer gebrauchsfertigen Enzymkomresse zum lokalen Lösen von Stärkekleisterverklebungen, *Restaurator*, in Druck.
- 10 Die Bestimmung der Amylase- bzw. Tensidrückstände führten Dr. K.-H. Maurer, Henkel KgaA, TTR Biomaterialien / Biotechnologie, Düsseldorf und Dr. M. Schmitt, Henkel KgaA, TTA Zentrale Analytik, Düsseldorf durch.
- 11 „Alle älteren, von den neueren wenigstens die wertvollen Blätter, besonders solche auf dünnem, leicht flederndem Papier, müssen auf allen vier Seiten aufgeklebt werden. Man benutzt dazu einen Weizenstärkekleister, dem ein wenig Alaun beigeetzt worden ist...“ aus: H.W. Singer: Handbuch für Kupferstichsammlungen, Leipzig (1916): 63.

## Biographien

**Agnes Blüher** ist Chemikerin und hat 1993 an der Universität Stuttgart auf dem Gebiet der Textilchemie promoviert. Sie ist seit 1989 auf dem Gebiet der Papierrestaurierung tätig mit den Schwerpunkten Entsäuerung von Papier, Fixierung von wasserlöslichen Schreibfarbstoffen, Anwendung von Verdickungsmitteln und Klebstoffen sowie dem Einsatz von Enzymen und Enzymkompressen. Von 1993 bis Anfang 1999 war sie wissenschaftliche Mitarbeiterin am Studiengang Restaurierung und Konservierung von Graphik, Archiv- und Bibliotheksgut in Stuttgart. Ab dem 1. Juni 1999 ist sie Leiterin der Massenentsäuerung in der Schweizerischen Landesbibliothek in Bern.

**Ingrid Schwarz** absolvierte an der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste Stuttgart den Studiengang "Restaurierung und Konservierung von Graphik, Archiv- und Bibliotheksgut" mit dem Abschluß zur Diplom Restauratorin im Jahr 1998.

Im Anschluß daran arbeitete sie als freie Mitarbeiterin des Studienganges im Rahmen von Enzymanwendungen in der Papierrestaurierung und als selbständige Papierrestauratorin. Seit April 1999 ist sie als Papierrestauratorin am Saarland Museum Saarbrücken tätig. Der Schwerpunkt ihrer Arbeit liegt in der Graphikrestaurierung.

**Gerhard Banik** ist Chemiker und hat im Jahre 1977 an der Technischen Universität Wien promoviert. Seit 1990 ist er Professor am Institut für Technologie der Malerei in Stuttgart und Leiter des Studienganges "Restaurierung und Konservierung von Graphik, Archiv- und Bibliotheksgut" an der Akademie der Bildenden Künste Stuttgart. Er ist Dozent am Institut für Angewandte Botanik, Technische Mikroskopie und Organische Rohstofflehre der Technischen

Universität Wien und ständiger Mitarbeiter von ICCROM in Rom. Er leitet Entwicklungsarbeiten auf den Gebieten: nichtwäßrige Entsäuerung, Massenkonservierungsverfahren, Enzymanwendungen in der Papierrestaurierung und Malschichtkonsolidierung mittels ultraschallzerstäubter Bindemittellösungen.

**Gerlinde Römer** ist Graphikrestauratorin und leitet die Restaurierungswerkstätten des Kupferstich-Kabinetts an der Hamburger Kunsthalle. Sie ist seit 1996 in die praktische Erprobung von Enzymkompressen und -Gelen eingebunden, die an der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste Stuttgart in Zusammenarbeit mit der Graphischen Sammlung Albertina in Wien entwickelt wurden.

**Elisabeth Thobois** ist akademische Restauratorin und Absolventin der Meisterschule für Restaurierung an der Akademie der Bildenden Künste in Wien. Sie ist Leiterin der Restaurierungswerkstätten der Graphischen Sammlung Albertina. Sie ist seit dem Jahr 1990 Projektleiterin des von Henkel Central Europe geförderten Forschungsvorhabens zur Entwicklung von Enzymkompressen.

## Kontaktadressen

Agnes Blüher, Ingrid Schwarz, Gerhard Banik  
Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart  
Höhenstr.16  
D-70736 Fellbach  
Germany  
Tel.: +49 711 582920  
Fax.:+49 711 596453

Gerlinde Römer  
Hamburger Kunsthalle  
Glockengiesserwall  
D-20095 Hamburg  
Germany  
Tel.:+49 40 42854 2691  
Fax.:+49 40 42854 2482

Elisabeth Thobois  
Graphische Sammlung Albertina  
Augustinerstr. 1  
A-1010 Wien  
Austria  
Tel.: +43 1 534 83 39  
Fax.:+43 1 533 76 97