

Langzeit-Löslichkeit von Störleim

Tatsache oder Märchen?

Maria Przybylo

Störleim wird aus den Schwimmblasen von Stören gewonnen. Seit Jahren zählt er in Deutschland und den weiter östlich gelegenen Ländern Europas zum Handwerkszeug eines jeden Gemälde- und Skulpturen-Restaurators. Dennoch liegen nur wenige Untersuchungen zu dessen wichtigsten Eigenschaften Alterung, Kompatibilität mit anderen Materialien und späteren Löslichkeit vor. Ungenau sind zudem die Angaben zu Herkunft und Vorbehandlung des im Handel erhältlichen Materials. Die genannten Eigenschaften werden anhand eigener Untersuchungen geprüft, denn sie sind Voraussetzung für den Einsatz von Störleim in der Restaurierung. Schwimmblasen von einheimischen Zuchtstören und aus dem Handel dienen als Rohstoffe zur Leimherstellung. Die anschließend künstlich gealterten Leime ergeben eine deutliche Minderung ihrer Löslichkeit in Wasser. Die parallel dazu erfolgten Versuche mit natürlich gealterten Leimfolien bestätigen das Ergebnis. Wechselwirkungen zwischen den Leimen und bestimmten Metallen bzw. Lösungsmitteln werden beobachtet. Dabei entstehen Reaktionsprodukte, die die Klebkraft des Leimes herabsetzen und zudem in Wasser unlöslich sein können.

Long-Term Solubility of Sturgeon Glue: Fact or Fairy Tale?

Sturgeon glue is prepared from the swim bladder of the sturgeon, a large fresh-water fish. Despite the fact that sturgeon glue is very widely used in Germany and elsewhere by conservators of paintings and polychromy, there is very little information available concerning its basic physical properties, such as ageing characteristics, compatibility with other materials and reversibility. Moreover, the origin and processing methods used for the preparation of commercially-available swim bladders are usually unknown. In this paper, the results of research into two aspects essential for conservation use are presented: the effects of ageing of sturgeon glue and its solubility (thus, reversibility) after ageing. The glue used for this study was produced from the fresh bladders of locally farmed sturgeons. Freshly extracted swim bladders were examined for signs of pre-treatment, and the effects of these treatments on the glue made from them were investigated. The analysis of the artificially aged glues showed that they no longer dissolved completely in water. Additional experiments with commercially acquired swim bladders and with naturally aged glue sheets confirmed these results. During the course of the study, chemical reactions between glue and certain metals or solvents were observed. The resulting substances not only reduce the adhesive strength of the glue, additionally, these reaction products appear to be insoluble in water.

Einleitung

Anfang des 20. Jahrhunderts wurde in DER-EL-BAHRI in einer Felsengrotte unterhalb des Totentempels der Königin HATSCHEPSUT „ein Stück Leim“ gefunden, so bezeichnen es jedenfalls die Ausgräber. HOWARD-CARTER zitiert A. LUKAS, der über diesen Leim schreibt: „Nach den Gegenständen im Grab zu urteilen, ist der Leim im alten Ägypten genau wie heute von den Schreibern zum Zusammenhalten von Holz und zum Aufkleben von Furnieren oder von Ebenholz, Elfenbein und anderen Einlagen benutzt worden. Im Aussehen ist es nicht von dem heutigen Leim zu unterscheiden und reagiert noch ebenso auf die üblichen Proben“. ¹ LUKAS beobachtet eine Reaktion, die uns natürlich erscheint, denn „selbstverständlich“ sind tierische Leime selbst viele Jahre später in Wasser löslich. Doch ist dem wirklich so? Ist diese allgemein akzeptierte Annahme wirklich genügend gründlich untersucht worden? Gilt sie für alle tierischen Leime? Welche Auswirkungen könnte die spätere eventuelle Unlöslichkeit von derartigen Leimen für eine Restaurierung haben?

Einblick in die Störleimverwendung

Als erster soll Aristoteles beschrieben haben, wie man aus der Schwimmblase von Stören (Abb. 1) eine gelatineartige Substanz herstellt und diese als Klebstoff sowie zum Klären von Wein verwendet. ² Noch heute, über 2000 Jahre später, erfreut sich dieser Fisch hoher Wertschätzung: nach wie vor

bei der Weinbereitung, bei den Gourmets wegen der aus ihm gewonnenen kulinarischen Delikatessen, bei Restauratoren wegen der zur Leimherstellung verwendeten Schwimmblase (Abb. 2).

Seit langen Jahren wird Störleim, vor allem in der Gemälde- und Skulpturenrestaurierung als Klebstoff eingesetzt. Die Vorzüge dieses Leimes gegenüber anderen Klebstoffen machen ihn – trotz seines relativ hohen Handelspreises – zum meistverwendeten Material in Deutschland³. Die Vorzüge sind: gute Klebkraft, Transparenz, Elastizität, Hygroskopizität und niedriger Gelpunkt (Gelierpunkt). Die Klebkraft garantiert eine gute Verbindung zwischen den zu bearbeitenden Partien eines Kunstwerks, seine Transparenz hat nur geringen verändernden Einfluss auf den Farbeindruck bei der Festigung von Farbschichten. Die ihm zugesprochene Elastizität und Hygroskopizität schließlich – so die landläufige Meinung – erzeugen, im Gegensatz zu anderen Klebstoffen, keine zusätzlichen Spannungen im behandelten Gefüge des Kunstwerkes. Der niedrige Gelpunkt erleichtert die Verarbeitung bei Raumtemperatur.

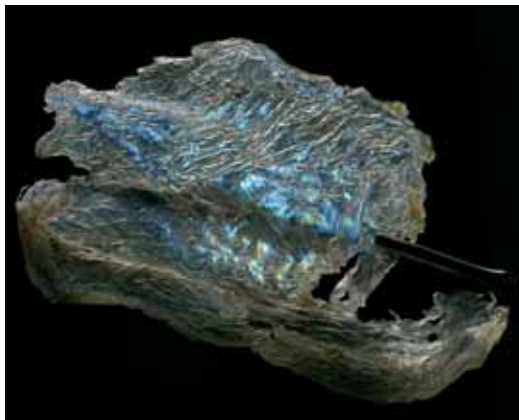
Der Nachteil dieses Materials ist dessen aufwändige Zubereitung. Üblicherweise werden die Schwimmblasen im getrockneten Zustand im Handel erworben. Um aus diesen einen Leim zu gewinnen, werden sie klein geschnitten oder -gerissen, etwa 24 Stunden in Wasser vorgequollen, dann für einige Stunden erwärmt und schließlich filtriert. Die so gewonnene Lösung kann direkt als Leim gebraucht werden. Üblich ist jedoch die Praxis, den Leim auf Vorrat zu einer Leimfolie zu verarbeiten. Dabei wird die warme Leimlösung auf einen inertem Untergrund dünn ausgegossen und getrocknet. Zur



1
Zuchtstöre (*Acipenser baeri*),
18 Monate alt

2
„Irisieren“ einer von der Autorin
präparierten Zuchtstör-Schwimm-
blase

3
Lage der Schwimmblase im Stör



4
Frische Schwimmblase nach der
Entnahme aus dem Fischbauch



5
Bei unpräpariert getrockneten
Schwimmblasen reagiert das
leimgebende Gewebe mit dem
im Gewebe eingelagerte Fett:
Es wird dunkel.

späteren Verarbeitung wird die Leimfolie in Wasser erwärmt und somit gelöst, die Lösung wird dann mit einem Pinsel dem Behälter entnommen und aufs Kunstwerk gebracht.

Untersuchungen

Die Untersuchungen verfolgen das Ziel, getrocknete Leime zu altern, um sie dann auf deren Löslichkeit in Wasser hin zu prüfen. HEIBER hatte bereits 1996 festgestellt, dass sich Störleimfolie nach einigen Jahren Lagerung nicht mehr vollständig in Wasser lösen lässt.⁴ Die Frage nach der späteren Löslichkeit ist damit gestellt und noch immer nicht ausreichend beantwortet. Bei den Vorbereitungen zu dieser Arbeit wurde zudem herausgefunden, dass die bisherigen Untersuchungen zur Alterung, Reversibilität oder späteren Löslichkeit dieses Leimes nicht befriedigen können. Das Arbeiten mit Störleim hat die Praktiker offensichtlich so zufrieden gestellt, dass weitergehende Fragen kaum erhoben wurden. Trotz der verbreiteten Verwendung des Störleims ist bisher ebenfalls zu wenig über die Gewinnung und Behandlung der frischen Schwimmblase bis zum getrocknet vorliegenden Produkt bekannt.⁵ Die frische Schwimmblase (Abb. 3, 4) besteht aus mehreren Gewebeschichten.⁶ Aus der innen liegenden wird der Leim gewonnen. Dazu werden bei der Präparierung die äußeren Gewebeschichten, insbesondere das Fettgewebe, entfernt.⁷ Dieser Arbeitsschritt ist notwendig, um den Kontakt zwischen dem Fettgewebe und dem leimgebenden Gewebe zu vermeiden, da diese nachdunkeln würden (Abb. 5). Der aus diesen nachgedunkelten Geweben gewonnene Leim würde Fetttropfchen auf der Oberfläche aufweisen⁸ und in seiner Klebekraft vermindert werden. Weitere Verunreinigungen der leimgebenden Schicht können durch Blut hervorgerufen werden und zu Verfärbungen führen. Falsche Lagerungsbedingungen der Schwimmblasen können außerdem zu biogenem Befall wie Schimmel oder Insektenfraß führen (Abb. 6).

Aus den zur Verfügung stehenden Schwimmblasen (Abb. 7), die sich in ihrer Herkunft und Vorbereitung unterscheiden, wurden zunächst zwei Produkte untersucht. Diese Materialien wurden verglichen, um eventuelle Unterschiede hinsichtlich deren Vorbehandlungen und daraus resultierende Einflüsse auf das Alterungsverhalten herauszustellen: Dabei handelt es sich um getrocknete Schwimmblasen, zum einen aus Zuchtstören (mit Kenntnis von Herkunft, Alter und Vorbehandlung, weil sie selber präpariert wurden) und zum anderen um im Handel erworbene Schwimmblasen (mit unbekannter Herkunft, unbekanntem Alter und unbekannter Vorbehandlung).

HAUPT zufolge sind die Faktoren Zeit und Temperatur ausschlaggebend dafür, welche Inhaltsstoffe der Schwimmblasen in Lösung gehen.⁹ Deshalb wurden aus diesen jeweils zwei Leime hergestellt, die sich in der Herstellungstemperatur unterscheiden (3 Stunden bei 48°C bzw. 3 Stunden bei 68°C). Zur Leimherstellung wurden saubere, blutfreie, helle Stücke aus den jeweiligen Blasen beider Provenienzen herausgeschnitten. Diese wurden in kleine Stücke gerissen und abgewogen. Das Material wurde 24 Stunden in destilliertem und abgekochtem Wasser vorgequollen (Abb. 8). Die Leim-

gewinnung wurde, wie bereits erwähnt, für 3 Stunden bei 48 bzw. 68°C vorgenommen. Die so gewonnene Leimlösung wurde auf Hostaphanfolie ausgegossen und getrocknet. Dieser Leim wurden dann erneut in Lösung, jetzt mit definierter Konzentration, gebracht und zu quasi standardisierten Probekörpern verarbeitet.¹⁰ Dazu wurden Probeträger aus starker Folie geschnitten und in diese Lösungen getaucht. Nach dieser Methode¹¹ bildet sich auf der gesamten Oberfläche (mit Ausnahme der Randzonen) ein Film jeweils gleicher Stärke aus. Dieser Film wurde nach der Trocknung vom Träger abgenommen. Die eine Hälfte der Leimfilme wurde archiviert, die andere künstlich gealtert. Ergänzt wurde das Probenmaterial durch natürlich gealterte, etwa vier Jahre alte Leimfolien,¹² die zu einer Hälfte ebenfalls der künstlichen Alterung ausgesetzt wurden.

Um die natürliche Alterung zu simulieren, wurden die Leimfolien dem Leuchtmedium UVB-313 über eine Expositionsdauer von 150 Stunden über 25 Tage verteilt ausgesetzt.¹³ Der Bestrahlungszyklus erfolgte mit 1 Stunde Belichtung und 3 Stunden Dunkelheit. Nach Ablauf der Exposition hatten sich die Probekörper verworfen, zudem war ihre Farbe im Vergleich zu den archivierten Proben deutlich gelblicher geworden (Abb. 9).

Vor den praktischen Versuchen zur Löslichkeit der gealterten Leime in Wasser wurden diese zunächst im IR-Spektroskop¹⁴ analysiert. Bei der Untersuchung der künstlich gealterten Leime gegenüber den ungealterten fällt im infraroten Spektrum die Verlagerung des Amid-Peaks II in den Bereich kleinerer Wellenlängen auf (Abb. 10). Dieser Hinweis auf molekulare Veränderungen, z.B. mögliche Veränderung der Aminosäuren, ist auch eine Erklärung für die Ergebnisse der Löslichkeitsversuche. Um die Löslichkeit der gealterten Leimfilme zu ermitteln, wurden diese unter definierten Bedingungen in Wasser gebracht, dem in der Praxis gängigen Lösungsmittel. Anhand des Verhaltens der Leime sowie deren möglichen Gewichtsunterschieden vor und nach der Behandlung in Wasser, wurde der Einfluss der künstlichen Alterung untersucht. Die Versuche erfolgten bei Wassertemperaturen von 21, 31 und 60°C. Bereits nach einstündiger Temperierung war zu beobachten, dass die nicht gealterten Leimfilme bei 21°C Wassertemperatur lediglich gequollen waren, sich bei 31 bzw. 61°C aber vollständig lösten. Dies gilt ähnlich für die natürlich gealterte Probe. Die künstlich gealterten Proben lösten sich dagegen in keinem Fall vollständig auf. Deren nicht gelösten Bestandteile wurden getrocknet, gewogen und deren Gewicht zu dem von vor den Lösungsversuchen in Beziehung gesetzt. Während die Versuche zur Lösung der Leimfilme bei 21°C aufgrund der niedrigen Temperatur nicht aussagekräftig waren (hier gab es ja lediglich eine Quellung), lösten sich die künstlich gealterten Leime bei 31°C zu 23–29 % und bei 60°C zwischen 37 und 48 % (Tab. 1).

Dabei erreichte die natürlich und zusätzlich künstlich gealterte Leimfolie die höchsten Löslichkeitswerte, diese lagen bei 60°C Wassertemperatur zwischen 44 und 48 %. Der aus Zuchtschwimmblasen gewonnene Leim zeigt bei gleichen Bedingungen eine Löslichkeit von 44 %, und die aus Handelschwimmblasen gewonnene Folie ergibt Löslichkeitswerte, die zwischen 40 und 44 % liegen.

6
Bei den weißlichen Partikeln handelt es sich um Insektenener. Dunkle Verfärbungen (rechts im Bild) könnten aufgrund von Blut- oder Fettkontakt entstehen (Schwimmblase aus dem Handel).



7
Schwimmblasen unterschiedlicher Herkunft. Links: Zucht-, Mitte unten: nicht separierte Schwimmblasen, Mitte oben: Handelschwimmblasen, rechts: Schwimmblasen (?) aus Beijing (China)



8
Unterschiede im Quellen der Schwimmblasen. Links: Zucht-, rechts: Handelsschwimmblasen

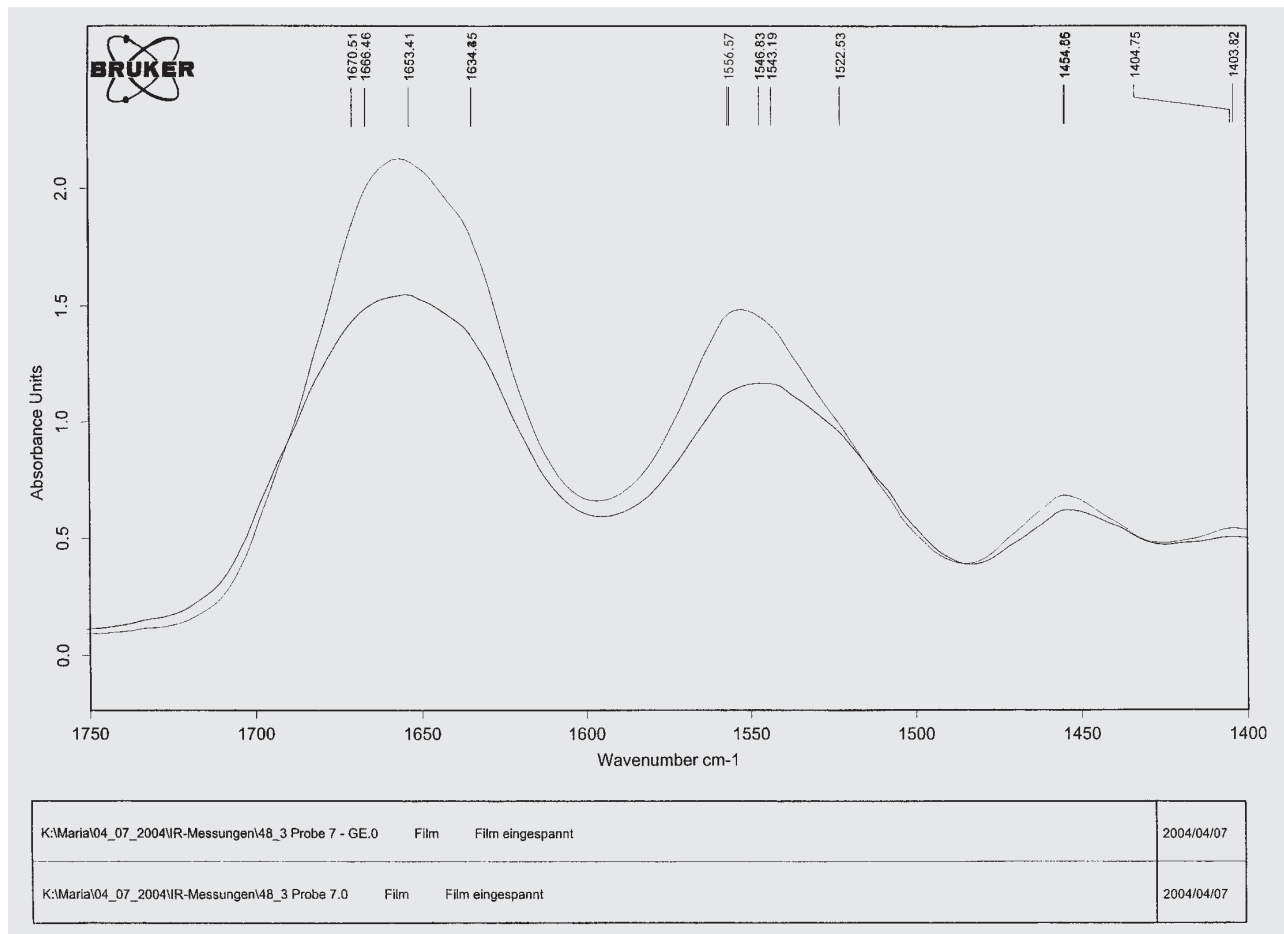


9
Probekörper nach 150 Stunden künstlicher Alterung

Rohmaterial	Herstellung	Temperierung der Leimfilme	Löslichkeit
Schwimmblase aus Zuchtfischen	68°C/3 h	31°C/1 h	23-29 %
		60°C/1 h	44 %
Schwimmblase aus dem Handel	48°C/3 h	31°C/1 h	23-24 %
		60°C/1 h	37-38 %
	68°C/3 h	31°C/1 h	25 %
		60°C/1 h	40-44 %
Ältere Leimfolie	Alter nicht genau bekannt	31°C/1 h	26 %
		60°C/1 h	44-48 %

Tab. 1
Löslichkeit der künstlich gealterten Materialien (alle nicht künstlich gealterten Materialien lösen sich vollständig auf).

Abb. 10
 Nach der künstlichen Alterung der Filme fällt im IR-Spektrum die Verlagerung des Amid-Peaks II in den Bereich kleinerer Wellenlängen auf (unten: gealterter Film).



Ergebnisse und deren Gültigkeit

Der Vergleich der Löslichkeit zeigt, dass die Herkunft der Leime (eigene Präparation der Schwimmblasen bzw. Handelsmaterial) offensichtlich keinen großen Einfluss auf die Eigenschaften des späteren Leimes hat, und auch die Temperatur der Leimgewinnung auf die Löslichkeit anscheinend ohne Bedeutung ist. Auch unterscheiden sich die natürlich gealterten sowie die künstlich gealterten Folien in ihrer Löslichkeit nur gering von frisch hergestellten Leimfolien aus Schwimmblasen von Zuchtstören und Material aus dem Handel.

Wie steht es also um die spätere Löslichkeit dieser Leime in der praktischen Anwendung? Sollte man Störleim weiterhin verwenden? Verhalten sich andere tierische Leime, wie Knochen- oder Hautleim, ähnlich wie Leime aus Fischblasen? Untermauert werden obige Ergebnisse zunächst durch zwei Studien: eine aus dem Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege (1997),¹⁵ die andere aus einer Kooperation mehrerer

Züricher Institute.¹⁶ Dabei wurden neben tierischen Leimen (Knochen-, Haut-, Störleim) auch Leimfolien aus verschiedenen Celluloseethern oder Funori-Algen in der gleichen Weise, wie oben geschildert, künstlich gealtert. Geprüft wurden die Löslichkeit der Klebstoffe in Wasser und auch deren mechanische Eigenschaften. Die Ergebnisse der Studien bestätigen die Abnahme der Löslichkeit gealterter tierischer Leime (Knochen-, Haut-, Störleim). Festgehalten wird darin, dass sich der gealterte Störleim im Vergleich mit Celluloseethern, Gelatine oder Funori-Algen in Hinblick auf optische und mechanische Eigenschaften am wenigsten verändert. Er bleibt auch nach der künstlichen Alterung flexibel und hygroskopisch.

Inwiefern sich die Ergebnisse der künstlichen Alterung auf die natürlichen Alterungsprozesse übertragen lassen, muss noch anhand von Langzeituntersuchungen nachgewiesen werden. Doch zeigen die genannten Ergebnisse, dass natürlich gealterte Störleimfolie nicht in jedem Fall unlöslich wird. Wie ist also vor dem genannten Hintergrund die von HEIBER

beobachtete Unlöslichkeit von gelagerter Leimfolie zu erklären? Gibt es möglicherweise noch andere Faktoren, die einen Einfluss auf die spätere Löslichkeit haben könnten?

Leime in Wechselwirkungen

Halten wir fest, dass der künstlich gealterte und anschließend untersuchte Leim bisher unter isolierten, idealen Bedingungen betrachtet wurde. Doch sowohl die Umstände der Leimzubereitung als auch die Einwirkung auf die zu bearbeiteten Partien eines Kunstwerks können sich als weitere Faktoren auf das spätere Lösungsverhalten auswirken.

Bereits während der Leimherstellung wurden Reaktionen zwischen dem Störleim und der Aluminiumfolie beobachtet. Die Aluminiumfolie diente anfangs zum Abdichten der Gläser. Während des Temperierens der Leimlösungen kam es zwischen dem Aluminium und dem Leim über das Kondenswasser zum Kontakt: das Aluminium verschwärzte, die Leimlösung trübte sich bläulich ein und verlor den Ausgangszustand der Transparenz. Diese Eintrübung kann auf die Bildung wasserunlöslicher Flocken (Denaturierung) zurückgeführt werden, die wiederum als eine Art Gerbvorgang zu verstehen ist, ähnlich der Behandlung mit Gerbstoffen wie dem Aluminiumsalz Alaun.

Bei Recherchen zum Thema der Wechselwirkungen mit einigen Metallen stellte sich heraus, dass die Herstellung von Unlöslichkeit bei Leimen in der Maltechnik seit langem bewusst eingesetzt wird, z.B. zur Isolierung von Grundierungsschichten. So rät der Maltechniker WEHLTE 1981 noch zur Zugabe von Gerbstoffen oder Beizen (z. B. Alaun (!), Tanninen, Formaldehyd) zu Lösungen tierischer Leime, um „... die an sich reversiblen Glutinleime nach dem Trocknen wasserunlöslich zu machen“. Die Angaben werden von DOERNER bestätigt. Der Einsatz von Urin oder die Beigabe von Salzlake, Calcium-, Zink- oder Magnesiumchlorid verursachen dagegen „... ein Flüssigbleiben normaler Warmleime beim Erkalten“.

Interessant ist in diesem Zusammenhang die Arbeit von FIEDLER.¹⁷ Diese untersucht die Stabilität proteinhaltiger Matrices in Gegenwart anorganischer Pigmente und stellt anhand von Langzeituntersuchungen (also natürlichen Alterungsprozessen) fest, dass proteinhaltige Bindemittel im Laufe von nur wenigen Monaten mit Pigmenten Wechselwirkungen eingehen. Diese reduzieren deutlich die Löslichkeit des Bindemittels in Wasser. Das Genannte gilt beispielsweise für einen Aufstrich aus Umbra und tierischem Leim, der „bereits nach einem Monat die Wasserlöslichkeit des Leims um die Hälfte herabsetzt“.¹⁸ Verminderte Löslichkeit erzielt auch ein mit Mennige ausgemischter Leim. Leim in Verbindung mit Gips bzw. Azurit bleibt, FIEDLERs Untersuchung zufolge, nach Ablauf derselben Zeit löslich. Weitere Untersuchungen bestätigen die Unterschiedlichkeit der Ergebnisse. Zu erklären ist die in einer Reihe von Fällen beobachtete Unlöslichkeit damit, dass zwischen den proteinhaltigen Stoffen (also Leimen) und Schwermetallen (wie zum Beispiel Gold, Blei, daneben auch Calcium), des weiteren auch mit Zuckern und Radikalen (z.B. aus anwesenden Lipiden), reaktive Produkte (wie Alkene, Amine, Aldehyde und Carbonyle) entstehen können. Diese Produkte reagieren mit den Seitenketten der Aminosäuren der Leime und bilden wasserunlösliche Kondensationsprodukte.¹⁹

Wichtig war die Beobachtung einer Wechselwirkung zwischen Störleim und Aluminiumfolie zudem für die restauratorische Praxis, denn oftmals kommen der Störleim oder andere tierische Leime schon während der Herstellung mit Metallgegenständen in Kontakt, wenn sie gerührt werden oder der Leimbehälter aus Metall besteht. Es stellte sich somit die Frage, inwiefern die beobachtete Reaktionen auf ein Kunstwerk und die dort stattfindenden Prozesse allgemein übertragbar sind.

Für die praktische Arbeit der Restauratoren ist zudem interessant, dass Leime ebenfalls mit bestimmten Lösungsmitteln reagieren. So ist es in der restauratorischen Praxis gängig, den tierischen Leimen Ethanol zuzugeben, um einerseits deren Oberflächenspannung herabzusetzen und somit das Fließvermögen zu verbessern, andererseits die Haltbarkeit zu verlängern. Doch bereits seit 1920 belegen naturwissenschaftliche Studien (1920 von BOGUE²⁰), dass beispielsweise Ethanol in kleinen Konzentrationen (z.B. 5%ig) Knochen- und Hautleime degeneriert. Das Ethanol verursacht dabei eine Denaturierung (weißliche, wasserunlösliche Flockung) und somit den Verlust der Klebeeigenschaften des Leimes. Dieses Ergebnis konnte in eigenen Versuchen belegt werden.²¹

Fazit

Sollten die genannten Mechanismen auf alle Proteine bzw. proteinhaltigen Stoffe (wie tierische Leime) übertragbar sein, so ergeben sich daraus für die Kunsttechnologie und Restaurierung folgende Konsequenzen:

- Im Kunstwerk können durch Zusätze modifizierte Leime vorliegen, die schon bei der Herstellung/Zubereitung des betreffenden Leimes eingebracht wurden.
- Bei Restaurierungsarbeiten können ins Kunstwerk eingebrachte Leime mit anderen Materialien, z.B. Pigmenten, Wechselwirkungen eingehen, die eine Modifikation und damit ein Unlöslichwerden von Leimen zur Folge haben.
- Zudem ist es denkbar, dass im Zuge von Restaurierungsarbeiten eingebrachte Leime mit zeitnah verwendeten Lösungsmitteln reagieren.

Sollten wir in unseren Restaurierungsmaßnahmen das Ziel der Löslichkeit verfolgen, sollten wir dann nicht auch darauf achten, die einzubringenden Leime nicht unabsichtlich durch eventuell Unlöslichkeit hervorrufende Mittel zu modifizieren? Sollten „Konservierungsmittel“ oder so genannte „Plastifizierungsmittel“ wie Honig, Ethanol, Xylen²² etc. den Leimen zugegeben werden? Die aus den genannten Untersuchungen gewonnenen Erkenntnisse sollten in der restauratorischen Praxis Beachtung finden und vertieft werden, um unsere Arbeitsmittel einerseits und unser Handeln und dessen Folgen andererseits besser zu verstehen.

Dipl.-Rest. (univ.) Maria Przybylo
Klenzestraße 93
80469 München
www.stoerleim.de

Dank

Meinen herzlichen Dank möchte ich folgenden Personen aussprechen: meinen Betreuern Herrn Prof. Winfried Heiber, Hochschule für Bildende Künste Dresden, und Herrn PD Dr. Eric Fontain sowie Herrn Prof. Erwin Emmerling, Frau Dr.-Ing. Heidi Samarian, Herrn Dipl. Chem. Steffen Jungermann,

Herrn Prof. Dr. Letsch und Herrn Dipl. Ing. Patrick Wenzl, alle Technische Universität München, Frau Univ. Ass. Mag. art. Helmgard Holle, Akademie der Bildenden Künste Wien, des Weiteren einer privaten Fischzucht, die mir Zugang zu frischen Schwimmblasen verschaffte.

Anmerkungen

Die vorstehende Untersuchung wurde 2004 im Rahmen einer Diplomarbeit an der Technischen Universität München durchgeführt.

- 1 Howard-Carter, Tut-ench Amun. Ein ägyptisches Königsgrab, Bd. II, S. 206, Leipzig 1927, in Gerngross/Goebel 1933
- 2 Boeckmann/Rebeiz-Nielsen 2000, S. 11
- 3 Ergebnis einer Umfrage unter Kollegen
- 4 Heiber 1996, S. 134
- 5 Verlässliche Quellen zu diesem Thema lagen bisher aus dem 18. Jahrhundert vor: Du Hamel du Monceau. Die Kunst verschiedene Arten von Leim zu machen. Leipzig 1772; S. 167, Kapitel 6. In: Habel-Schablitzky 1992, S. 28–30
- 6 Fänge 1953, S. 21
- 7 Habel-Schablitzky 1992, S. 28–30, Habel-Schablitzky zitiert Du Hamel de Monceau
- 8 Feststellung der Autorin anhand zahlreicher Präparierungsversuche
- 9 Haupt 2000, S. 57 ff.
- 10 Es wurde festgestellt, dass die aus den Blasen gewonnenen Lösungen unterschiedliche Viskositäten hatten.
- 11 Dörfler 1994, S. 73 ff.
- 12 Die Leimfolie wurde mir freundlicherweise von Herrn Andreas Hoppmann, freischaffendem Restaurator aus Köln, zur Verfügung gestellt.
- 13 Bewitterungsgerät: QUV, The Q-Panel Company
- 14 FT-IR Spektrometer: IFS 55, Fa. Bruker
- 15 Fiedler/Walch 1998
- 16 Michel et al. 2002
- 17 Fiedler 2001
- 18 Fiedler 2001, S. 53
- 19 Ullmanns Encyclopädie der technischen Chemie 1977, Boon 1997
- 20 Bogue 1920, S. 8
- 21 Bogue 1920, S. 8 ff.
- 22 In seiner Arbeit über die Modifikation von Warmleim konnte Christoph Pitzen diesen Effekt nicht beobachten.

Literatur

- Boeckmann, S./Rebeiz-Nielsen, N., Kaviar. München 1999
- Bogue, R., Properties and Constitution of Glues and Gelatins I. In: Chemical and Metallurgical Engineering, July 7, 1920, S. 5–12
- Boon, J. J./Peulvé, S. L./van den Brink, O. F./Duursma, M. C./Rainford, D., Molecular Aspects of mobile and stationary phases in ageing tempera and oil paint films. In: Early Italian Paintings, Techniques and Analysis. Hrsg. von T. Bakkenist, C. Hoppenbrouwers, H. Dobois. Maastricht 1997, S. 35–56
- Doerner, M., Malmaterialien. Stuttgart 1994
- Dörfler, H.-D., Grenzflächen- und Kolloidchemie. Weinheim 1994
- Fänge, R., The mechanism of gas transport in the euphysoclist swimbladder. Acta Physiologica, Vol. 30, Supplem. 110. Lund 1953
- Fiedler, I./Walch, K., Fluoreszenzunterschiede von Leimen an Furnieren. In: Lacke des Barock und Rokoko. Arbeitshefte des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege, Bd. 81, 1998
- Fiedler, I., Anorganische Biochemie und Kunst: Zur Stabilität proteinhaltiger Matrices in Gegenwart anorganischer Pigmente. Diss.: Fakultät für Chemie und Pharmacie, Eberhard-Karls-Universität, Tübingen 2001
- Gerngross, O./Goebel, E., Chemie und Technologie der Leim- und Gelatine-Fabrikation. Dresden, Leipzig 1933
- Habel-Schablitzky, A., Fischblasenleim – Geschichte und Eigenschaften sowie Anwendung in der Holzrestaurierung. Dipl.-Arbeit, Fachhochschule Köln 1992
- Du Hamel de Monceau, J. H., Die Kunst verschiedene Arten von Leim zu machen. Leipzig 1772, S. 167, Kap. 6. Zit. bei: Habel-Schablitzky, A., Fischblasenleim ..., S. 28–30
- Handbuch der Zoologie, Bd. 6, I. Berlin 1962
- Haupt, T., Zubereitung von Störleim. Dipl.-Arbeit, Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, Institut für Technologie der Malerei, 1992
- Haupt, T., Zubereitung von Störleim. Auswirkungen der Zubereitungstemperatur und -zeit auf Viskosität, Geliervverhalten und Molekulargewicht. In: Zs. F. Kunsttechnologie und Konservierung, 2005/1, S. 318–328
- Heiber, W., Die Rissverklebung. In: Kunsttechnologie und Konservierung, 10/1996, H. 1, S. 117 ff.
- Love, R. M., The Chemical Biology of Fishes. London 1974
- Michel, F./Geiger, T./Reichlin, A./Teoh-Sopotka, G., Funori, ein japanisches Festigungsmittel für matte Malerei. In: Zs. f. Kunsttechnologie und Konservierung, 16. Jg., 2002/2
- Pitzen, C., Warmleimmodifikationen. Dipl.-Arbeit, FH Köln 1991
- Petukhova, T. A./Bonadies, S. D., Sturgeon glue for consolidation in Russia. In: JAIC 1993, Vol. 32, No. 1, Article 3, S. 22–31
- Ullmanns Encyclopädie der technischen Chemie. Weinheim/New York 1977
- Wehlte, K., Werkstoffe und Techniken der Malerei. Ravensburg 1967

Abbildungsnachweis

Alle Abbildungen stammen von der Verfasserin