

Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart
Konservierung und Restaurierung von Kunstwerken auf Papier, Archiv- und Bibliotheksgut

Lederdegradation

Ein Vergleich von Festigungsmitteln zur Behandlung
von abgebautem Leder

Bachelorarbeit von Jana Müller

Betreuung am Studiengang: Dr. Dipl.-Rest. Andrea Pataki-Hundt, Prof. Dr. Irene Brückle

Fellbach, 29. Juli 2016

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	4
Abstract	5
Danksagung	6
1 Stand der Forschung zum Lederzerfall und Problematik der Restaurierung	7
2 Probenmaterial	10
3 Untersuchungsmöglichkeiten für abgebautes Leder.....	11
3.1 Schadenskategorisierung.....	11
3.2 Physikalische Bewertung	13
3.2.1 Visuelle Einschätzung	13
3.2.2 Weitere physikalische Parameter	13
3.3 Wasserempfindlichkeit	14
3.4 Messung des pH-Werts	14
3.5 Sulfat-Test	15
3.6 Zusammenfassung.....	16
4 Die Festigungsmittel	17
4.1 Klucel® G.....	17
4.2 Lascaux® Acrykleber 498 HV	18
4.3 Lascaux® Medium für Konsolidierung	18
4.4 Ersatz für den Red Rot Cocktail.....	18
4.5 Voruntersuchung der acrylbasierten Festigungsmittel.....	19
4.5.1 Ergebnis.....	19
5 Praktische Durchführung an historischem Probenleder	21
5.1 Erste Versuchsreihe.....	21
5.2 Ergebnisse.....	22
5.3 Evaluierung der Aufstriche auf Papierproben.....	24
5.4 Zweite Versuchsreihe	24
5.5 Ergebnisse.....	25
5.6 Evaluierung der Aufstriche auf Papierproben.....	26
6 Bewertung der Festigung.....	27
6.1 Physikalische Parameter	28
6.1.1 Flexibilität	29
6.1.2 Deformation und Spannungen.....	29
6.1.3 Dimensionsveränderung	29
6.1.4 Behandlungskontrolle der oberflächlichen Festigung.....	30
6.1.5 Wasserempfindlichkeit	31
6.2 Künstliche Alterung	32
6.3 Zusammenfassung.....	33

7 Ablaufbeschreibung einer Lederbehandlung	36
7.1 Vorbereitung.....	36
7.2 Festigung und Verklebung	37
7.3 Risiken bei der Anwendung	38
8 Schlussbetrachtung	40
Literaturverzeichnis	41
Weiterführende Literatur.....	43
Persönliche Mitteilungen	44
Abbildungsverzeichnis.....	45
Abbildungsnachweis.....	48
Tabellenverzeichnis.....	49
Tabellennachweis.....	50
Herstellernachweis	51
Anhang A Abbildungen	53
Anhang B Tabelle	64

Zusammenfassung

Aufgrund der Schwierigkeiten bei der Restaurierung von degradiertem Leder, die sich vor allem durch Empfindlichkeiten gegenüber Feuchtigkeit und mechanischer Belastung bemerkbar machen, wurden anhand von historischen Lederproben Möglichkeiten zur Festigung evaluiert. Im theoretischen Teil werden Ursachen und Mechanismen des Abbaus aufgeführt und eine Schadenskategorisierung zur Bestimmung von Degradationsstadien vorgeschlagen.

Für den praktischen Versuch wurden Hydroxypropylcellulose (Klucel G[®]) in verschiedenen Mischungsverhältnissen in Ethanol und Butanol gelöst, Lascaux[®] Acrykleber 498 HV und Lascaux[®] Medium für Konsolidierung auf die historischen Lederproben aufgetragen.

Um die Festigungsmittel zu bewerten, wurden die Proben vor und nach der Behandlung unter anderem auf veränderte Eigenschaften geprüft. Die Behandlungskontrolle erfolgte durch Aufträge der Mittel auf Whatman[®] Filterpapier und schwarzem Fotokarton, als auch mithilfe von Haftnotizen, mit denen die oberflächenfestigende Wirkung der Mittel geprüft wird. Als langzeitliche Behandlungskontrolle wurde eine Auswahl an Proben mit guten Behandlungsergebnissen einer achttägigen künstlichen Lichtalterung nach DIN EN ISO 105-B02 bei einer Wellenlänge von 420 nm unterzogen. Zur Durchführung einer Lederbehandlung in der restauratorischen Praxis wurde mit dem Festigungsmittel Medium für Konsolidierung (10 % in Butanol), das ein vielversprechendes Ergebnis aufwies, eine Behandlungsstrecke anhand eines Dummies vorgeschlagen.

Abstract

Degraded leather is sensitive against moisture and mechanical stress. This study evaluates approaches to chemical consolidation based on the treatment of historical leather samples.

The theoretical part describes the principles and mechanisms of the degradation process and a categorisation of damage to determine the state of degradation is suggested.

In the practical part hydroxypropyl cellulose (Klucel G[®]), solved in ethanol as well as in butanol, Lascaux[®] acrylic glue 498 HV, as well as Lascaux[®] Medium for Consolidation are applied on the historical leather samples. To assess the consolidation agents, the samples are tested for changes in properties before and after treatment.

The treatment control takes place through the application of the agents onto Whatman[®] filter paper and black photo cardboard as well as sticky notes which allows for control of the impact of each agent on surface consolidation.

As a long-term treatment control, samples with good results undergo an artificial light-induced ageing process over eight days, complying with DIN EN ISO 105-B02 at a wavelength of 420 nm.

For an independent application of leather treatment in conservation practice, the use of the chemical consolidation agent Medium for Consolidation[®] (10 % in butanol), which gave promising results, in combination with a treatment regime on a dummy book is suggested.

Danksagung

Am Studiengang Konservierung und Restaurierung von Kunstwerken auf Papier, Archiv- und Bibliotheksgut möchte ich mich für die fachliche Betreuung meiner Bachelorarbeit bei Dr. Dipl. Rest. Andrea Pataki-Hundt und Prof. Dr. Irene Brückle für Tipps, Denkanstöße, Anleitungen und ein immer offenes Ohr bedanken. Ein herzliches Dankeschön geht an alle meine Kommilitoninnen für aufschlussreiche Diskussionen und Ideen. Für die Mithilfe bei der Benutzung des Lichtalterungsschranks danke ich besonders Dr. Dipl. Rest. Andrea Pataki-Hundt. Bei der Württembergischen Landesbibliothek Stuttgart, insbesondere bei Sonja Brandt, MA, bedanke ich mich für die Bereitstellung des Probenmaterials und den Vorschlag, Butanol in meine Versuchsreihen nach der Idee von Stefanie Behrendt, Stadtarchiv Köln, aufzunehmen.

Ein besonderer Dank gilt meiner Familie, die mich immer unterstützt und ermutigt und mir das Studium ermöglicht. Bei meinem Freund Paul Friesen möchte ich mich dafür bedanken, dass er mir eine angenehme Arbeitsatmosphäre geschaffen und mich immer wieder bestärkt und ermuntert hat. Zuletzt bedanken möchte ich mich bei Melissa Egle für die Hilfe bei der englischen Übersetzung der Zusammenfassung.

1 Stand der Forschung zum Lederzerfall und Problematik der Restaurierung

Leder untersteht, wie jedes Material, der natürlichen Alterung und einer daraus resultierenden Veränderung der chemischen und physikalischen Eigenschaften.

Bei vegetabil gegerbtem Leder verändern sich die Eigenschaften besonders drastisch. Der Narben wird spröde und löst sich ab, das Fasergefüge der unteren Hautschichten wird durch den Abbau fragmentiert. Die Folge ist ein loses, pudriges Leder, das mechanischer Belastung kaum stand halten kann. Neben inneren Faktoren wie Übersäuerung, Fettgehalt und -qualität beeinflussen äußere Faktoren wie Handhabung, Aufbewahrung und Umweltbedingungen die Degradation erheblich.

Die Anfänge der Lederforschung begannen in der Mitte des 19. Jahrhunderts. Anlass für eine erste Untersuchung der schädigenden äußeren Einflüsse war der seit den 1830er Jahren fortschreitende Zerfall von Bucheinbänden aus vegetabil gegerbtem Leder.

So untersuchte der britische Naturforscher und gelernte Buchbinder Michael Faraday 1842 in der Bibliothek des „Athenaeum Club“ in London die Parameter, die zur Schädigung von Einbandledern führen. Er konzentrierte sich im Rahmen seiner Forschung auf die Auswirkungen der damals gebräuchlichen Beleuchtung durch Öl- und Gaslampen. 1899 wurde ein Komitee einberufen, das sich abermals mit der Problematik des Lederzerfalls beschäftigte. In Untersuchungen und Versuchen wurde ermittelt, dass die Umweltbedingungen, insbesondere Tageslicht, Schadgase der Luft und die modernisierte Herstellung mit Schwefelsäure im 19. Jahrhundert, eine deutlich verringerte Lederqualität verursachten und die Abbauprozesse beschleunigten (Society of Arts and the Worshipful Company of Leathersellers, 1905).

Leder hat, wie alle proteinhaltigen Materialien, einen pH-Wert im sauren Bereich, dadurch ist es von säurebedingtem Abbau besonders betroffen. Vor allem im 18. und 19. Jahrhundert oberflächlich angewandte Dekorationsmethoden^{1,2}, bei denen Metallsalze eingesetzt wurden, als auch das Einwirken von Luftschadstoffen wie Schwefeldioxid oder gasförmige Stickstoffoxide führen zur Übersäuerung.

¹ Im Report of the Committee on Leather for Bookbinding wurde 1905 festgestellt, dass vor allem gesprenkelte oder marmorierte Kalbsleder sich in besonders schlechtem Zustand befinden.

² Nähere Informationen zu den Dekorationsmethoden finden sich bei Puissant, 1989, S.195 f.

Schwefeldioxid wird durch im Leder vorhandene Metallionen zu Schwefeltrioxid oxidiert. Als Folge bildet sich durch Anwesenheit von Wassermolekülen Schwefelsäure im Leder, die zu einem pH-Wert von bis zu 2,0 führen kann (Giovannini, 2010, 252 f.). Durch die Schwefelsäure und den geringen pH-Wert wird eine saure Hydrolyse katalysiert, die in Anwesenheit von Wasser die Aminosäureketten des Kollagens spalten. Durch die verkürzten Ketten verliert das Leder an Festigkeit. Dieser Prozess führt besonders bei vegetabil gegerbten Ledern zu starken Zerfallsreaktionen.

Eine weitere, im Leder ablaufende Reaktion ist die Oxidation. Sie wird durch UV-Strahlung katalysiert und schädigt zusätzlich die Aminosäureketten. Des Weiteren werden die Gerbstoffe durch Licht quervernetzt, was zu Farbveränderungen und Verhärtung des Leders führt. Ebenso werden die Fette im Leder durch Hydrolyse und Oxidation zersetzt, wodurch das Leder austrocknet und dadurch steif und brüchig wird (Wouters, 2015, 4). Eine Möglichkeit, die Degradationsprozesse nicht invasiv zu verlangsamen, besteht darin, das Leder in einer schadstoffarmen Umgebung lichtgeschützt zu lagern. Außerdem sollte das Klima überwacht und konstant zwischen 15-21 °C und 50-55 % rF nach Empfehlung von Wouters (2015) gehalten werden. Wird das Leder in einer zu trockenen oder zu feuchten Umgebung aufbewahrt, kann es zu Versprödung und Verhärtung beziehungsweise zu mikrobiellem Befall kommen. Klimaschwankungen sind zu vermeiden, da Leder – ebenso wie Papier – der Hysterese unterliegt. Das bedeutet, dass Sorptions- und Desorptionsvorgänge nicht reversibel sind. Wenn also die Luftfeuchtigkeit herabgesetzt wird, ist der Wassergehalt im Leder dementsprechend niedrig. Wird dann die Luftfeuchtigkeit erhöht, kann das Leder nicht mehr die gleiche Menge Wasser aufnehmen, die es vorher bei erhöhter Luftfeuchtigkeit hatte. Langfristig führen Klimaschwankungen deshalb zur Austrocknung des Leders.

Degradiertes Leder restauratorisch zu behandeln gestaltet sich als schwierig, da Leder sehr wasserempfindlich sein kann und durch wässrig aufgebraute Klebstoffe irreversibel verschwärzt. Bei weiteren Abbauprozessen wird die Lederstruktur zerstört, sodass das Leder sich rötlich verfärbt und die Lederfasern zu pudrigen Faserfragmenten zerfallen. In der Fachwelt ist dieses Schadensbild als roter Zerfall bekannt. In diesem Stadium führt mechanische Belastung oder Berührung zu Materialverlust in Form von pudrigem Lederstaub. Aus diesem Grund ist bei einer Restaurierung eine vorbeugende Maßnahme nötig, um die Empfindlichkeiten gegenüber Feuchtigkeit und mechanischer Belastung herab zu setzen. Geeignete Festigungsmethoden werden in diversen Abhandlungen vorgestellt und untersucht, jedoch sind die erreichten Ergebnisse oft nicht befriedigend.

Diese Arbeit soll einen Beitrag dazu leisten, Möglichkeiten von vorgeschlagenen Behandlungen an historischen Probenledern durchzuführen und zu evaluieren, um eine Lederrestaurierung mit einem zufriedenstellenden Ergebnis erzielen zu können.

Die Behandlungsmöglichkeiten sollen dem Leder wieder Stabilität verleihen und die Feuchtigkeitsempfindlichkeit herabsetzen sowie eine sich anschließende Behandlung überhaupt erst zu ermöglichen. Dies kann zum Beispiel das Anbringen eines neuen Rückens an einem Ledereinband oder ein stabilisierender Eingriff an einem alten Lederobjekt sein.

Bisher gibt es keine Methoden den Grad des Zerfalls zu beeinflussen, da die Leder keine chemische Stabilisierung erfahren. So wird lediglich das Symptom und nicht die Ursache behandelt. Von Verfahren zur Entsäuerung und Einbringen einer alkalischen Reserve oder einer Nachgerbung nimmt man heute eher Abstand, da die Behandlungserfolge nicht ausreichend gewährleistet werden können und unerwünschte Nebenwirkungen auftreten. Um eine Lederstruktur in einen annähernd originalen Zustand bringen zu können, sind umfangreiche Forschungsprojekte nötig. Bisher kann Lederdegradation nur beeinflusst werden, wenn das Klima und die Umwelteinflüsse kontrolliert werden.

2 Probenmaterial

Das Leder, welches als Probenmaterial für die praktischen Versuche im Hauptteil der Arbeit verwendet wird, wurde freundlicherweise von der Württembergischen Landesbibliothek Stuttgart zur Verfügung gestellt. Es handelt sich hierbei um Lederfragmente, die bei Restaurierungen der „Sammlung Nicolai“³, welche aus 155 großformatigen Halblederleinbänden besteht, nicht rückgeführt werden konnten. Die Proben setzen sich aus zwei verschiedenen Ledern zusammen: Das Originalleder und ein „Restaurier-Leder“, das bei früheren Reparaturen hinzugefügt worden ist. Die hier verwendeten Leder stammen von den Einbänden mit den Signaturen Nic 2 und Nic 78.

Die Leder können nur ungenau datiert werden. Das Alter des originalen Leders kann auf die Lebenszeit von Ferdinand Friedrich von Nicolai 1730–1814 beschränkt werden. Das „Restaurier-Leder“ wurde daher vermutlich im 20. Jahrhundert hinzugefügt. Beide Leder wurden vegetabil gegerbt und sind vermutlich aus Kalbshäuten hergestellt. Als Probenmaterial wurde das „Restaurier-Leder“ gewählt, da erfreulicherweise ein großer Ledernutzen, der einmal als Buchrücken Verwendung fand, für die Versuche zur Verfügung stand. Da die 8 x 3 cm großen Proben aus dem gleichen Stück zugerichtet werden konnten, war es möglich, die aufgetragenen Festigungsmittel miteinander zu vergleichen, ohne beeinflussende Faktoren durch verschiedenartige Leder beachten zu müssen. Des Weiteren entspricht das historische Probenmaterial einem Objekt der Zeit, daher konnten die Aufträge der Festigungsmittel realitätsnah interpretiert werden.

³ Weitere Informationen zur „Sammlung Nicolai“ sind im WLB Forum - Mitteilungen der Württembergischen Landesbibliothek, Jg. 17 (2015/2), S. 7-11 oder unter <http://www.wlb-stuttgart.de/sammlungen/karten-und-graphik/bestand/sammlung-nicolai/> gegeben.

3 Untersuchungsmöglichkeiten für abgebautes Leder

Wie genau Leder sich bei der Alterung verändert, ist schwer vorher zu sehen, da die Schadensbilder von sehr vielen Faktoren abhängig sind. Jedes Leder ist durch Tierart, Alter, Rasse sowie Geschlecht einzigartig (Giovannini, 2010, 251). Zudem beeinflussen Gerbungsart, Dekorationen, Aufbewahrungsbedingungen und die Nutzungsbeanspruchung den Grad der Schädigung.

Um festzustellen, ob ein zu restaurierendes Leder eine festigende Behandlung benötigt, werden im Folgenden einige Möglichkeiten vorgestellt, das Leder zu untersuchen.

3.1 Schadenskategorisierung

Um sich einen Überblick über den Zustand eines Leders zu verschaffen, kann ein Objekt mit den aufgeführten Schadensklassen (Abb.1 – 4, S. 12) verglichen werden. In Anlehnung an die von Martin Strebel 2001 vorgestellten Richtlinien zur Konservierung von Leder, wird hier eine abgeänderte und zur Veranschaulichung mit Abbildungen ergänzte Klassifizierung vorgeschlagen. Ein zu untersuchendes Leder kann Schäden mehrerer Schadensklassen aufweisen. Generell kann Leder ab der Schadensklasse 1 empfindlich gegenüber Feuchtigkeit oder mechanischer Belastung reagieren. Schadensklasse 2 und 3 sind äußerst vorsichtig zu handhaben, da bereits geringe mechanische Beanspruchung zu weiterem Substanzverlust führt. Vor allem bei rotem Zerfall führt Berührung dazu, dass der lose pulverisierte Narben abpudert. Das Objekt sollte in diesem Fall nur mit glatten Oberflächen in Kontakt kommen. Raue Oberflächen, wie zum Beispiel die eines Löschkartons, führen zu Abrieb, daher sollte das Objekt so wenig wie möglich berührt und bewegt werden. Kontakt mit Wasser ist entschieden zu vermeiden, da Leder dieser Schadensklassen mit großer Wahrscheinlichkeit irreversibel verschwärzen. Eine Behandlung wird ab Schadensklasse 1 empfohlen.

Tabelle 1: Beschreibung der Schadensklassen 0 – 3, bebildert mit Ledern aus der Sammlung des Studiengangs

	<p>Schadensklasse 0 = Guter Zustand</p> <p>Keine oder minimale Beschädigungen</p>
	<p>Schadensklasse 1 = Befriedigender Zustand</p> <p>Kleine Risse in der Oberfläche mit geringer Tiefe im Narben</p>
	<p>Schadensklasse 2 = Schlechter Zustand</p> <p>Größere, tiefer gehende Risse im Narben, Narben spaltet sich ab</p>
	<p>Schadensklasse 3 = Sehr schlechter Zustand</p> <p>Tief in die Lederstruktur reichende Risse, schollige Abspaltungen, loser pulverisierter Narben</p> <p>→ Roter Zerfall</p>

Abbildung 1 - 4: Lederproben der Sammlung des Studiengangs

3.2 Physikalische Bewertung

3.2.1 Visuelle Einschätzung

Der Zustand von Leder kann am besten und einfachsten mit geschultem Blick beurteilt werden. Die vorgestellte Schadenskategorisierung kann bei einer Beurteilung helfen. Daher ist im Rahmen dieser Arbeit die erste Untersuchungsmöglichkeit, das historische Probenmaterial zunächst unter normalen Bedingungen bei Tageslicht zu betrachten und den Zustand festzustellen.

Im Leder sind viele kleine Risse vorhanden. Da das Leder ehemals als Buchrücken Verwendung fand, ist das Leder an den Stellen, unter denen die erhabenen Bünde lagen, besonders abgerieben. Hier ist das Leder sehr weich, einzelne Fasern sind erkennbar und durch geringe mechanische Belastung, zum Beispiel durch sanftes Abstreichen mit einem Kopierpapier, lösen sich Faserfragmente, die am Papier haften. Verglichen mit den Schadensklassen, die in der Tabelle 1 (S. 12) aufgeführt sind, kann das Leder den Schadensklassen 2 und 3 zugeordnet werden. Unter makroskopischer Betrachtung bei bis zu 40-facher Vergrößerung wird das Schadensausmaß noch deutlicher. Der Narben ist rissig und teilweise abgespalten (Anhang A, S. 53, Abb. 10). An Stellen, an denen der Narben bereits verloren ist, bilden die kurzen Fasern eine offenporige, leicht angreifbare Oberfläche, die kaum Festigkeit aufweist (Anhang A, S. 53, Abb. 9).

3.2.2 Weitere physikalische Parameter

Die physikalischen Eigenschaften eines Leders zu untersuchen, kann eine Entscheidungshilfe bei der Wahl der Konservierungs- oder Restaurierungsmethode sein. Wichtige Größen sind hierbei der Faserzusammenhalt, die Flexibilität und die Reißfestigkeit. So kann mit einfachen Hilfsmitteln die Belastbarkeit festgestellt werden. Leder an einem Bucheinband muss an einigen Stellen, wie zum Beispiel dem Deckelfalz, großer Belastung standhalten. Durch eine zusätzliche Restaurierungsmaßnahme kann das Leder stabilisiert werden, sodass eine langfristige Erhaltung erreicht werden kann. Genauso muss das Leder flexibel genug sein, die Öffnungsbewegung eines Buches ohne Materialverlust aushalten zu können. Das hier verwendete Probenleder ist flexibel, allerdings bricht bei Biegung die Narbenstruktur auf, wodurch sich zum Abheben neigende Schollen bilden (Anhang A, S. 53, Abb. 11). Das Leder lässt sich mit geringem Kraftaufwand auseinander reißen. Hierbei bilden die Stellen ohne Narben einen empfindlichen Angriffspunkt. Die innere Festigkeit ist aufgrund der abgebauten und dadurch verkürzten Lederfasern stark herabgesetzt.

Bei dem Probenleder, würde es sich um ein Objekt handeln, wäre eine Sicherungsmaßnahme durch herabgesetzte mechanische Eigenschaften begründet und empfehlenswert.

3.3 Wasserempfindlichkeit

In der Regel reagiert abgebautes Leder sehr heftig auf Wasserkontakt. Die Reaktion macht sich optisch durch eine irreversible schwarze Verfärbung der mit Wasser in Kontakt getretenen Stellen bemerkbar. Haptisch wird das Leder an betroffenen Stellen in seiner Struktur verdichtet und dadurch geschrumpft, sowie hart und brüchig. Grundsätzlich soll der Kontakt zu Wasser bei Leder vermieden werden. Ebenfalls zu berücksichtigen ist, dass eine sehr hohe Luftfeuchtigkeit diesen Effekt ebenfalls auslösen kann.

Durch Wasser können gerbende Mineralsalze migrieren oder ausgespült werden. Das Leder wird dann teilweise entgerbt und steif. Des Weiteren werden Salze durch Wasser gelöst, die sich zu Säuren umwandeln, die sofort zerstörend auf das Leder einwirken. Andere Leder dagegen reagieren unempfindlich gegenüber Wasser und behalten ihre ursprünglichen Eigenschaften sehr lange (Giovannini, 2010, 255 f.).

Wenn bei einem Leder die Notwendigkeit einer Behandlung mit wasserbasierten Klebstoffen besteht, sollte die Feuchtigkeitsempfindlichkeit getestet werden. Dazu wird mit einer Pipette, einem feinen Pinsel oder idealerweise einem Kapillarröhrchen ein kleiner Wassertropfen aufgebracht und die Reaktion beobachtet. Bei einem Objekt wird eine Stelle ausgewählt, an der das Einwirken atmosphärischer Einflüsse berücksichtigt wird. Vor allem bei Büchern kann das Leder am Buchrücken im Vergleich zu dem der Deckel sehr viel empfindlicher sein.

Das Probenleder wurde ebenfalls auf seine Wasserempfindlichkeit getestet, indem, wie oben beschrieben, mit einer Pipette ein Wassertropfen aufgebracht wurde. Das Leder verfärbte sich sofort dunkel und blieb auch nach dem Verdunsten des Wassers schwarz, hart und brüchig (Anhang A, S. 54, Abb. 12). Die Auswirkungen des Wassers sind so stark, dass im Leder eine flache Vertiefung „eingebrannt“ wurde (Anhang A, S. 54, Abb. 13).

3.4 Messung des pH-Werts

Der pH-Wert von Leder liegt herstellungsbedingt grundsätzlich im sauren Bereich von circa 4,5 bis 5,5. Degradiertes Leder weist aufgrund der in Kapitel 1 (S. 7ff) genannten Faktoren oft einen deutlich verminderten pH-Wert auf, der bis auf 2 sinken kann.

Wenn der pH-Wert außerhalb 3,0 und 6,0 liegt, wird Leder als nicht stabil bewertet (Heiduk, 1985, 143).

Eine oberflächliche Messung mit einem Indikatorstäbchen ist kaum möglich, da die Messung wässrig durchgeführt werden muss, was bei der eventuellen Wasserempfindlichkeit des Leders einen Schaden verursachen würde. Besser geeignet ist ein wässriges Extrakt. Zu Bedenken ist jedoch die große Probenmenge, die dafür benötigt wird. Aus diesem Grund muss bei einem Objekt eher von einer pH-Messung abgesehen werden.

Der pH-Wert des Probenleders wird vor den Festigungsbehandlungen mit einem pH-Meter ermittelt. Als Richtlinie für die Extraktion dient die TAPPI Norm T 509 om-88, eine Anleitung für eine Kaltextraktion von Papier. Dazu wird aus dem Probenleder 1 g Material heraus geschnitten und in kleine Stückchen gerissen. Nun werden etwa 5 ml demineralisiertes Wasser hinzugefügt und das Leder vollständig durchnässt. Das Gemisch wird auf 70 ml mit demineralisiertem Wasser aufgefüllt. Nach ein bis vier Stunden kann der pH-Wert gemessen werden.

Das in dieser Arbeit verwendete Leder hat einen pH-Wert von 3,4. Gemessen wurde dieser Wert zwei Stunden nach Ansetzen des Extraktes sowie mit gleichbleibendem Ergebnis 24 Stunden später. Mit diesem pH-Wert liegt das Leder laut Heiduk (1985) an der unteren Grenze bezüglich seiner Stabilität.

3.5 Sulfat-Test

Mit dem Sulfat-Test kann der Sulfatgehalt des Leders bestimmt werden. Hierbei wird die Konzentration der im Leder vorhandenen Ionen gemessen. Sie sind Salze oder Ester der Schwefelsäure, also Abbauprodukte der sauren Hydrolyse, daher kann die Konzentration Auskunft über den Zustand geben. Stark degradierte Leder weisen deshalb einen hohen Sulfatgehalt auf (Strebel, 2001, 23).

Der Gehalt kann zum Beispiel mit Teststäbchen der Firma Merck ermittelt werden.

Die Konzentration von Sulfat-Ionen wird halbquantitativ durch visuellen Vergleich der Reaktionszonen des Teststäbchens mit den Farbreihen einer Farbskala ermittelt.

Hierzu kann die wässrige Extraktion der pH-Wert Messung verwendet werden.

Eine Menge des Extrakts wird in ein separates Gefäß dekantiert, der pH-Wert nach Anleitung des Sulfattests mit Natriumacetat zwischen 4 und 8 eingestellt und dann mit einem Indikatorteststreifen gemessen. Mit den Teststreifen wurde am Extrakt des Probenleders ein Wert von über 400 mg/l Sulfat festgestellt. Die Anwesenheit von Sulfationen ist ein Nachweis, dass im Probenleder saure Hydrolysereaktionen stattgefunden haben.

Leider liegen keine Ergebnisse anderer Messungen von Leder vor, sodass hier keine Bewertung gegeben werden kann.

3.6 Zusammenfassung

Die durchgeführten Untersuchungen bestätigen den anhand der Schadenskategorisierung visuell bestimmten Abbau des Probenleders. Haptisch lassen Festigkeit und Flexibilität zu wünschen übrig. Der geringe pH-Wert von 3,4 und der Sulfatgehalt von 400 mg/l unterstützen diese Annahme. Der Zustand kann als schlecht bis sehr schlecht beurteilt werden, da das Leder das Erscheinungsbild von rotem Zerfall aufweist.

Neben den hier vorgestellten Untersuchungsmöglichkeiten existieren einige Andere, zum Beispiel untersuchte Heiduk (1985, 138 ff.) zusätzlich den Gehalt an freien Fetten und die Gerbstoffe. Auch kann die Feststellung der Schrumpfungstemperatur Auskunft über den Abbaugrad eines Leders geben (Kourgierakis, 2013, 26 f., Larsen et al., 1994, 156).

4 Die Festigungsmittel

Um Anwendung auf Kulturgut zu finden, muss ein Festigungsmittel einige Voraussetzungen erfüllen. Im Idealfall ist es ungiftig, verlangsamt durch eine Sperrschicht den Lederabbau durch Umweltverschmutzungen und setzt die Feuchtigkeitsempfindlichkeit herab. Außerdem soll die Oberflächenbeschaffenheit des Leders verbessert werden, sodass es verlustfrei berührt werden kann. Das Mittel muss in die Faserstruktur eindringen, da ein oberflächlicher Film Spannungen auslösen kann, die wiederum zu Brüchigkeit oder Abplatzen der Oberfläche führen. Das Leder soll Flexibilität und Festigkeit erreichen.

Da ein Festigungsmittel nicht vollständig entfernbar ist, muss es chemisch und physikalisch langzeitstabil sein. Das Mittel darf keine Nahrungsgrundlage für Schimmel oder Schädlinge sein (Appelbaum, 1991, 188). Nach einer Festigung sollte das Leder optisch ein gleiches oder ähnliches Erscheinungsbild vorweisen wie vor der Behandlung, es sollte zum Beispiel nicht maßgeblich dunkler sein und darf keinen Glanz aufweisen. Für die Wahl der Festigungsmittel wurden einige der in Literatur und Fachzeitschriften empfohlenen Festigungsmittel ausgewählt.

Eines der in Betracht gezogenen Mittel, das SC 6000[®], das in der Publikation von Johnson (2013) untersucht wurde, musste schon zu Beginn der Auswahl ausscheiden. Da das Produkt in Deutschland nicht verfügbar ist, wurde von einer Untersuchung abgesehen. Laut Hersteller besteht es aus einer Mischung von in Isopropylalkohol emulgierten Wachsen und einem Acrylharz. Ersatzweise wurde auf andere acrylbasierte Produkte der Firma Lascaux[®] ausgewichen. Die wachshaltige Komponente des SC 6000[®], die in den Lascaux[®]-Produkten nicht enthalten ist, wurde vernachlässigt, da sie keine festigende Eigenschaft hat und die Veränderung des Wachses durch Alterung im Hinblick auf Farbveränderungen des Leders fragwürdig ist (Mahony und Pearlstein, 2014).

4.1 Klucel[®] G

Hierbei handelt es sich um eine Hydroxypropylcellulose, die sowohl in Wasser, als auch in organischen Lösungsmitteln löslich ist. Das Klucel[®] G ist chemisch neutral und ungiftig. Es bildet nach dem Trocknen einen transparenten, flexiblen, nicht klebrigen Film mittlerer Viskosität. In der Restaurierung ist es ein verbreitetes Festigungsmittel, besonders bei wasserempfindlichen Ledern. Im Kontext der Lederbehandlungen ist es ein oft genutztes Mittel, jedoch im Ergebnis nicht immer zufriedenstellend (Brewer, 2004, 2).

Das Klucel® G kommt in zwei verschiedenen Lösungsmitteln zur Anwendung. Ethanol, das in der Literatur häufig vorgeschlagen wird, und Butanol, nach der Idee von Stefanie Berendt (Kölnisches Stadtmuseum). Die Lösungsmittel wurden im folgenden Versuch in zwei verschiedenen Konzentrationen angesetzt, um 5-prozentige mit 10-prozentigen Aufträgen der beiden Stoffe vergleichen zu können.

4.2 Lascaux® Acrylkleber 498 HV

Der Acrylklebstoff ist eine Dispersion thermoplastischer Acrylpolymerer auf Basis von Methylmethacrylat und Butylacrylat. Er ergibt einen zähelastischen, transparenten Film und ist extrem zugfest. In dieser Untersuchung fungierte er als Ersatz für das SC 6000®. Vor dem Auftrag auf die historischen Probenleder wurden auf neuem Leder Voruntersuchungen durchgeführt. Dem Klebstoff wurde 30 % Ethanol zugesetzt, um ihn zu verdünnen und das Penetrationsvermögen zu erhöhen.

4.3 Lascaux® Medium für Konsolidierung

Bei dem Medium für Konsolidierung handelt es sich um eine feindisperse, wässrige Acrylcopolymerisat-Dispersion. Es hat auf Grund der niedrigen Viskosität ein besonders gutes Eindringungsvermögen. Diese Eigenschaft könnte bei der Behandlung von stark abgebautem Leder von Vorteil sein. Ein Nachteil könnte die wässrige Komponente im Hinblick auf die Feuchtigkeitsempfindlichkeit von abgebautem Leder sein. Deshalb wurde auch dieses Mittel vorab für die Vorversuchsreihe auf neuem Leder untersucht.

4.4 Ersatz für den Red Rot Cocktail

Als Grundlage dieser Idee dient der Red Rot Cocktail nach Glen Ruzicka vom *Conservation Center for Art and Historic Artifacts*, Philadelphia, USA.

Der Cocktail besteht aus einer Mischung von SC 6000® (ein Acrylharz mit Wachskomponenten), Ethanol und Klucel® G (2 % in Ethanol), angesetzt im Verhältnis 1:1:1.

Wie in der Einleitung genauer beschrieben, wird das SC 6000® durch Lascaux® Acrylkleber 498 HV ersetzt. Das modifizierte Rezept wurde ebenfalls an neuem Leder in der Voruntersuchung getestet.

4.5 Voruntersuchung der acrylbasierten Festigungsmittel

Bevor die Lascaux[®]-Produkte an den historischen Lederproben zum Einsatz kamen, wurden zunächst Aufträge an neuen Ledern durchgeführt, die auf visuelle und haptische Veränderungen untersucht wurden. Aus einem vegetabil gegerbten Ziegenleder wurden fünf Proben und eine Referenz in jeweils 7 x 5 cm große Nutzen geschnitten.

Die Referenz bleibt unbehandelt. Die anderen Lederproben wurden in einmaligem Auftrag mit einem handelsüblichen Flachpinsel mit den Mitteln, wie in Tabelle 2 beschrieben, bestrichen. Der Auftrag erfolgte nur auf der Narbenseite, um die realistische Situation einer restauratorischen Behandlung zu imitieren, da die Fleischseite bei vielen Objekten nicht zugänglich ist.

Probe	Festigungsmittel, je einmaliger Auftrag mit Flachpinsel
1	Lascaux [®] Acrylkleber 498 HV mit Ethanol (Verhältnis 70:30)
2 a	Auftrag mit Klucel [®] G (2,5 % in Ethanol), nach Trocknen ein zweiter Auftrag mit Lascaux [®] Acrylkleber 498 HV mit Ethanol (Verhältnis 70:30)
2 b	Auftrag mit Lascaux [®] Acrylkleber 498 HV mit Ethanol (Verhältnis 70:30), nach Trocknen ein zweiter Auftrag mit Klucel [®] G (2,5 % in Ethanol)
3	Ersatz für den Red Rot Cocktail
4	Lascaux [®] Medium für Konsolidierung

Tabelle 2: Die Probenleder 1 bis 4 mit dem jeweils verwendeten Festigungsmittel der Voruntersuchung

4.5.1 Ergebnis

Die Proben werden 24 Stunden luftgetrocknet und dann visuell und haptisch beurteilt. Alle Mittel führen zu einer mehr oder weniger starken Verdunkelung der Oberfläche und die Nutzen haben, verglichen mit der Referenz, an Steifigkeit zugenommen (Anhang A, S. 54, Abb. 14).

Die Probe 1 hat optisch ein gutes Ergebnis erzielt, jedoch hat das Leder etwas mehr Glanz. Problematisch zeigt sich eine leichte Dauerklebrigkeit. Bei gestapelter Lagerung der Proben für einige Tage haftete sich Probe 1 an das darüber liegende Leder an. Da dieses Leder die Referenzprobe war, konnte eine klebende Wirkung durch dieses ausgeschlossen werden.

Abgesehen davon ist die Farbverdunkelung minimal, deshalb wird Lascaux® Acrylkleber 498 HV für die weiteren Versuche auf den historischen Proben als Festigungsmittel Anwendung finden.

Probe 2 a ist, verglichen mit der Referenz, deutlich dunkler und fleckig. Das Ergebnis spricht gegen weitere Versuche mit einem durch Zwischentrocknen separiertem Auftrag von Klucel® G (2,5 % in Ethanol) und Lascaux® Acrylkleber 498 HV.

Dagegen weist Probe 2 b, bei der der Auftrag von Probe 2 a vertauscht aufgetragen ist, ein annehmbares Erscheinungsbild auf. Das Leder ist gleichmäßig etwas dunkler geworden, jedoch dem Referenzfarbton ähnlich. Aus diesem Grund wurde es für die historischen Proben ausgewählt.

Der Ersatz für den Red Rot Cocktail, der auf Probe 3 aufgetragen wurde, liefert in dieser Probenreihe neben Probe 2 a das schlechteste Resultat. Das Leder ist sehr dunkel und fleckig. Es hat eine weniger glänzende Oberfläche, auf der sich kleine Krümel, vermutlich vom Lascaux® Acrylkleber 498 HV, abgesetzt haben. Außerdem ragen die Ränder des Nutzens bis zu 4 mm nach oben. Dies deutet auf Spannungen durch den aufgetragenen Film hin, der die Lederstruktur nur zum Teil durchdrungen hat. Im schlimmsten Fall führt dies zu einem Abspalten der oberen gefestigten Lederschicht. Das Mittel schied daher an dieser Stelle von weiteren Untersuchungen aus. Kourgierakis (2013) vermutet, dass die Farbveränderung durch das Ausbilden eines Films an der Lederoberfläche zu einem anderen Lichtbrechungsindex führt.

Bei Probe 4, welche mit dem Medium für Konsolidierung bestrichen wurde, ist der Oberflächenglanz unverändert geblieben. Auch die Farbigkeit ist vielversprechend ähnlich zur Referenz. Das gute Eindringvermögen des Mittels äußert sich auf der Fleischseite durch kleine dunkle Punkte. Hier hat das Mittel die Lederstruktur vollständig durchdrungen. In dieser Versuchsreihe konnte mit dem Medium für Konsolidierung optisch das beste Ergebnis erzielt werden.

Abgesehen von den Proben 2 a und 3 werden die Festigungsmittel für die Untersuchungsreihe an historischem Leder in zum Teil modifizierten Verhältnissen verwendet. Im Hinblick auf ausschließliche Aufstriche mit acrylhaltigen Mitteln gibt Brewer (2004) zu bedenken, dass diese Produkte für beschädigtes oder von rotem Zerfall betroffenes Leder nicht empfehlenswert sind, da sie Verdunklung und Versprödung hervorrufen.

5 Praktische Durchführung an historischem Probenleder

Nachdem die Voruntersuchung abgeschlossen ist, wurde die wesentliche Untersuchung an den historischen Lederproben durchgeführt. Die historischen Ledernutzen werden singular mit dem jeweiligen Mittel mit einem handelsüblichen Flachpinsel bestrichen. Wie in der Voruntersuchung werden die Mittel auch in diesen Versuchsreihen lediglich auf der Narbenseite der Leder aufgetragen. In einer realistischen Situation wären wohl mehrfache Aufträge vonnöten, jedoch ist für einen ersten Eindruck der Reaktion des Leders auf die Festigungsmittel ein Auftrag ausreichend.

In einer zweiten Untersuchung werden daher als gut bewertete Mittel mehrfach aufgetragen, um zu gewährleisten, dass zusätzliche Aufträge das Resultat auf dem Leder nicht negativ beeinflussen. Die optischen und haptischen Ergebnisse der Lederproben werden vergleichend geschildert. Als Behandlungskontrolle wurden Papierproben mit den Festigungsmitteln bestrichen und die Ergebnisse untersucht und verglichen.

5.1 Erste Versuchsreihe

In der ersten Versuchsreihe werden die in Punkt 4 (S. 17 f.) aufgeführten Festigungsmittel unter Berücksichtigung der Voruntersuchung in Punkt 4.5 (S. 19) auf den historischen Probeledern angewendet. Probe 8 wird als unbehandelte Referenz die Versuchsreihe komplettieren, sodass Rückschlüsse auf Veränderungen der Leder durch die Festigungsmittel gezogen werden können. Abbildung 5 auf Seite 23 zeigt die Proben vor dem Auftrag der Festigungsmittel. Die Versuchsreihe wurde in einem Raumklima bei 26,8 °C und 47,6 % rF durchgeführt. Bei der Vorbereitung der Mittel wurde festgestellt, dass sich für Probe 5 der Lascaux® Acrykleber nur schlecht mit dem Ethanol in Mischung bringen lässt. In der Suspension sind kleine Krümel des Acryklebers nicht zu vermeiden. Direkt nach dem Auftrag dunkeln die Proben stark, daher wurden sie vor der Bewertung der Ergebnisse über Nacht, circa 24 Stunden, getrocknet, um zu gewährleisten, dass vor allem bei den Proben 1 bis 4 das Lösungsmittel zumindest größtenteils verdunstet war. In Tabelle 3 ist aufgeführt, mit welchem Festigungsmittel die Proben behandelt wurden.

Probe	Feststoff	Lösungsmittel	Gewichtsprozent (w/w)
1	Klucel® G	Ethanol	5 %

2	Klucel® G	Ethanol	10 %
3	Klucel® G	Butanol	5 %
4	Klucel® G	Butanol	10 %
5	Lascaux® Acrykleber 498 HV	Ethanol	60 %
6	Lascaux® Acrykleber 498 HV + Klucel G®	Klucel® G in Ethanol	1. Auftrag: Lascaux® Acrykleber 498 HV Zwischentrocknen 2. Auftrag: Klucel® G, 2,5 %
7	Lascaux® Medium für Konsolidierung	-	-
8	Referenzprobe, unbehandelt		

Tabelle 3: Die Probenleder 1 bis 8 mit dem jeweils verwendeten Festigungsmittel der ersten Versuchsreihe

5.2 Ergebnisse

Alle behandelten Proben haben, verglichen mit der Referenzprobe 8, einen veränderten optischen Eindruck. Auf der Abbildung 6 (S. 23) leider nicht so gut zu erkennen, haben die Proben 1 bis 4 einen rötlicheren Farbton angenommen.

Vergleicht man die Proben 1 und 2 miteinander, fällt der Konzentrationsunterschied von 5-prozentigem Klucel® G in Ethanol zu dem 10-prozentigen kaum ins Gewicht.

Das Farbergebnis der Proben 3 und 4 ist minimal ansprechender als der Proben 1 und 2, da diese einige schwarz verfärbte Stellen hervorgerufen haben (Anhang A, S. 55, Abb. 15). Die acrylbasierten Produkte auf den Proben 5 bis 7 haben zu einer deutlichen Farbveränderung zu einem dunklen, schwärzlichen Ton geführt. Stellen, an denen der Narben verloren ist, sind besonders betroffen. Die Proben 5 und 6, auf die Acrykleber 498 HV aufgetragen wurde, weisen zudem eine störende Klebrigkeit auf.

Aus der Gruppe der acrylbasierten Mittel sticht indes Probe 7, die mit dem Medium für Konsolidierung behandelt wurde, positiv heraus, da der Auftrag auf den intakten Narbenflächen ein optisch gutes Ergebnis liefert.

Das Mittel ist partiell bis auf die Fleischseite durchgedrungen und hat auch hier Verschwärzungen verursacht, jedoch wird das gute Penetrationsvermögen als vorteilhafte Eigenschaft gewertet. Problematisch ist beim Medium für Konsolidierung die Wasserbasis des Mittels, die vermutlich zur Verschwärzung der Lederstruktur geführt hat.

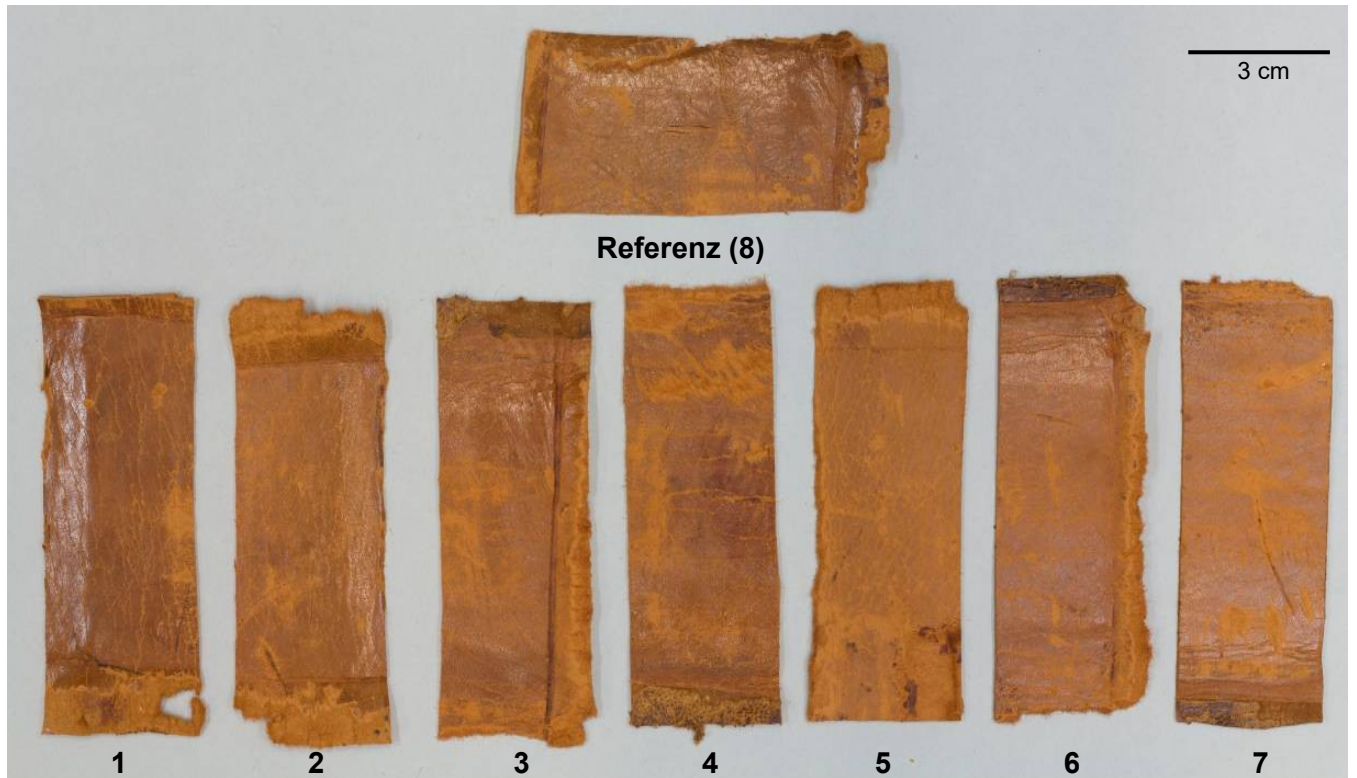


Abbildung 5: Lederproben der ersten Versuchsreihe vor dem Auftrag der Festigungsmittel

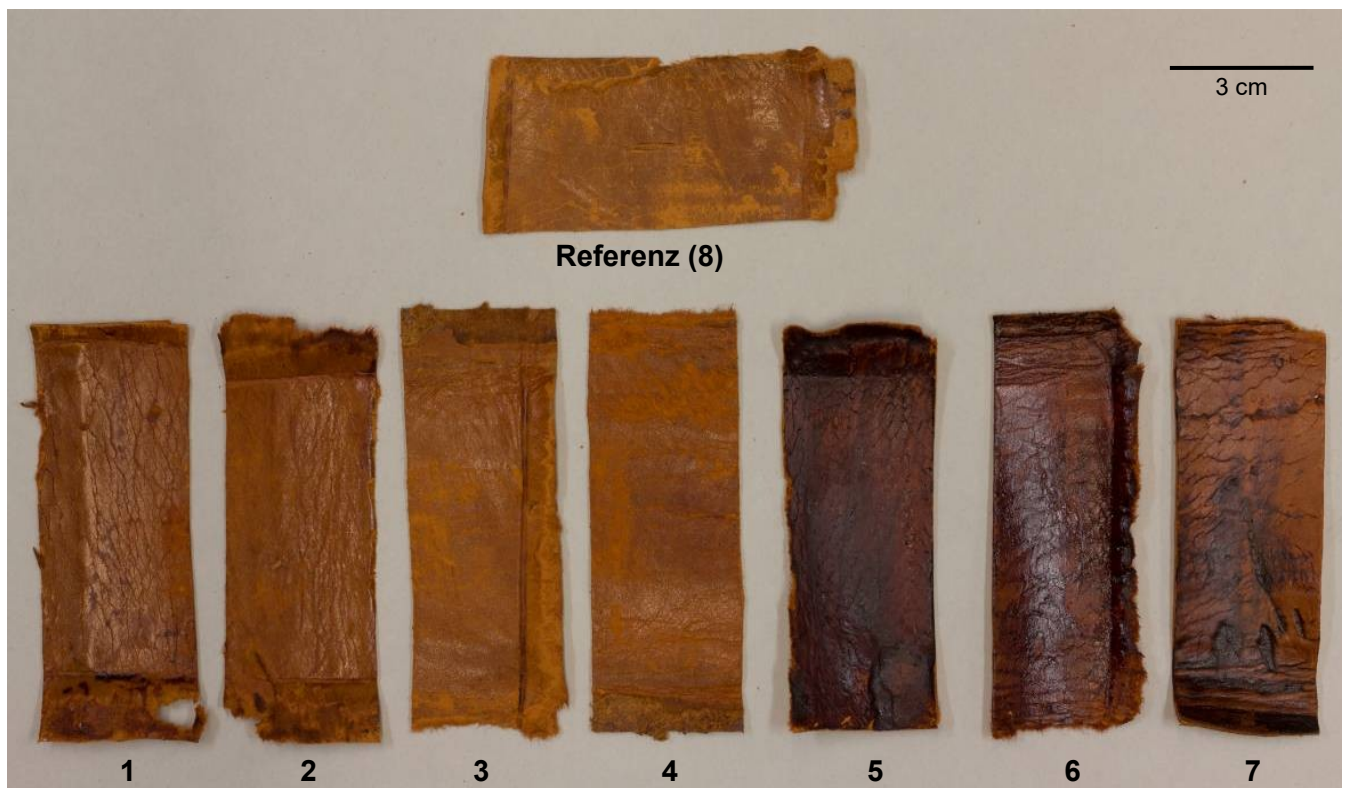


Abbildung 6: Lederproben der ersten Versuchsreihe nach dem Auftrag der Festigungsmittel

5.3 Evaluierung der Aufstriche auf Papierproben

Zur Behandlungskontrolle wurden die Festigungsmittel jeweils auf ein Whatman® Filterpapier und einen schwarzen Fotokarton aufgestrichen (Anhang A, S. 55, Abb. 16).

Das weiße Filterpapier dient dazu, bei der folgenden Lichtalterung (Punkt 6.2, S. 32) eine allein auf das Festigungsmittel zurückzuführende farbliche und haptische Veränderung der Lederproben festzustellen. Anhand des schwarzen Fotokartons konnten die Aufstriche optisch beurteilt werden.

Auf dem Filterpapier zeigen sich nur an zwei Proben Auffälligkeiten: Probe 2, die mit 10-prozentigem Klucel® G in Ethanol bestrichen wurde, ist deformiert. Des Weiteren sind am unteren Rand der Probe 7 Wasserränder des Mediums für Konsolidierung sichtbar. Anhand der Aufstriche auf dem schwarzen Fotokarton können die Glanzeigenschaften der Mittel aufgezeigt werden. Die Proben 1 bis 4 zeigen keine Besonderheiten, jedoch rufen die acrylbasierten Mittel der Papiere 5 bis 7 deutlich Glanz hervor.

5.4 Zweite Versuchsreihe

Aufgrund der vielversprechenden Ergebnisse der Proben 3, 4 und 7 der ersten Versuchsreihe werden Butanol und das Lascaux® Medium für Konsolidierung für eine zweite Versuchsreihe ausgewählt. Auf zwei weitere historische Lederproben wurden die Festigungsmittel, die in Tabelle 4 aufgeführt sind, aufgetragen. Als Referenz dient erneut Probe 8 der ersten Versuchsreihe. Auf Abbildung 7 (S. 25) sind die Leder vor dem Festigungsmittelauftrag abgebildet. Diese Versuchsreihe wurde in einem Raumklima bei 27,4 °C und 49,3 % rF durchgeführt.

Probe	Feststoff	Lösungsmittel	Gewichtsprozent (w/w)
Referenz (8)	-	-	-
7	Lascaux® Medium für Konsolidierung	-	-
7 a	Lascaux® Medium für Konsolidierung	Ethanol	10 %
7 b	Lascaux® Medium für Konsolidierung	Butanol	10 %

Tabelle 4: Die Probenleder mit dem jeweils verwendeten Festigungsmittel der zweiten Versuchsreihe

Das Medium für Konsolidierung ist mit Ethanol kaum mischbar, große Ausflockungen sind dabei unvermeidlich. Dieser negative Effekt ist auf dem schwarzen Fotokarton besonders deutlich sichtbar (Punkt 5.6, S. 26).

Um das Medium für Konsolidierung mit Butanol zu mischen, muss zuerst das Butanol unter einem Abzug abgewogen werden. In einem separaten Gefäß wird das Medium für Konsolidierung abgewogen. Wenn das Butanol-Gefäß auf einem Magnetrührer platziert ist, kann tröpfchenweise das Medium für Konsolidierung hinzugefügt werden. Es wird so lange gerührt, bis es größtenteils vermischt ist. Es empfiehlt sich, kleine Mengen anzusetzen, da sich das Gemisch innerhalb eines Tages in zwei Phasen trennt und entsorgt werden muss, da es nicht mehr in Mischung zu bringen ist.

5.5 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Lederproben fallen überraschend unterschiedlich aus (Abb.8, S. 26). Probe 7 a hat eine starke dunkle Verfärbung. Das Leder ist steif und brüchig geworden und hat sich deformiert.

Insgesamt ist das Resultat als schlecht zu bewerten, da die optischen und haptischen Eigenschaften stark von denen der unbehandelten Referenzprobe abweichen.

Probe 7 b hat einen deutlich besseren Farbeindruck. Hier hat das Leder, wie die Proben 1 bis 4 der ersten Versuchsreihe (Kluwel G[®] in Ethanol beziehungsweise Butanol), einen rötlichen Farbton angenommen. Das Leder ist steifer als die Referenz, dabei aber noch ausreichend flexibel, sodass es von Hand gebogen werden kann, ohne Schaden zu nehmen.



Abbildung 7: Probe 7 mit den Proben der zweiten Versuchsreihe vor dem Auftrag der Festigungsmittel

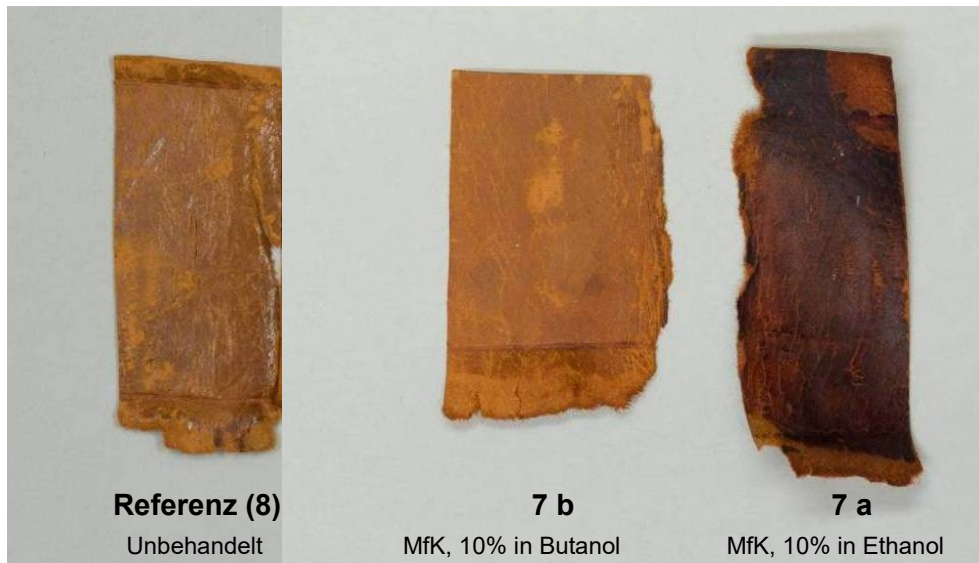


Abbildung 8: Die Proben der zweiten Versuchsreihe nach dem Auftrag der Festigungsmittel, im Vergleich mit der Referenz. (MfK= Medium für Konsolidierung)

5.6 Evaluierung der Aufstriche auf Papierproben

Bei den Aufstrichen auf dem weißen Whatman® Filterpapier zeigen sich keine Auffälligkeiten. Bei den schwarzen Fotokartonaufstrichen stechen neben der in Punkt 6.3 auf Seite 25 beschriebene Probe 7 nur die Probe 7 a heraus. Hier sind deutlich sichtbar kleine weiße Punkte auf der Fläche verteilt (Anhang A, S. 56, Abb. 17).


Entstanden sind sie dadurch, dass sich das Medium für Konsolidierung mit Ethanol kaum mischen lässt und die in der Suspension vorhandenen Stückchen des Mediums auf den Karton beim Auftrag des Festigungsmittels übertragen wurden.

6 Bewertung der Festigung

Um eine Behandlungskontrolle zu gewährleisten, werden die Probenleder nach optischen und haptischen Eigenschaften beurteilt sowie ihre festigende und schützende Wirkung bewertet. Dies geschieht durch Untersuchungen der physikalischen Merkmale wie Flexibilität und durch Spannungen verursachte Deformationen. Weiter werden die Dimensionsveränderungen durch die Festigungsmittelaufträge analysiert.

Bei der Behandlungskontrolle der oberflächlichen Festigung wird die Wirkung der Festigungsmittel mithilfe von Haftnotizen vor und nach den Behandlungen sowie nach der Lichtalterung geprüft. Die Wasserempfindlichkeit wird als weitere Behandlungskontrolle an den Nutzen jeweils erprobt. In einer künstlichen Lichtalterung wird die Langzeitwirkung der Festigungsmittel im Hinblick auf Veränderungen der Leder bewertet. Am Ende dieses Kapitels werden im Fazit die Ergebnisse zusammengefasst und evaluiert.

In der nachstehenden Tabelle 5 sind sämtliche Lederproben nach der Behandlung aufgeführt, sodass die Bewertungskriterien besser nachzuvollziehen sind.

Probe	Festigungsmittel	Lederprobe
1	Klucel G [®] in Ethanol, 5 %	
2	Klucel G [®] in Ethanol, 10 %	
3	Klucel G [®] in Butanol, 5 %	
4	Klucel G [®] in Butanol, 10 %	

5	Lascaux® Acrylkleber 498 HV	
6	1. Auftrag: Lascaux® Acrylkleber 498 HV Zwischentrocknen 2. Auftrag: Klucel G® in Ethanol, 2,5 %	
7	Lascaux® Medium für Konsolidierung	
7 a	Lascaux® Medium für Konsolidierung in Ethanol, 10 %	
7 b	Lascaux® Medium für Konsolidierung in Butanol, 10 %	
Referenz (8)	-	

Tabelle 5: Auflistung der Festigungsmittel, veranschaulicht durch Abbildungen der Lederproben

6.1 Physikalische Parameter

Durch die Untersuchung der physikalischen Parameter, im genauen durch die Unterpunkte separiert, können die Veränderungen, die durch den Auftrag der Festigungsmittel entstanden sind, aufgezeigt werden. Neben den flexiblen Eigenschaften der Leder wird auf Deformationen und daraus resultierende Spannungen eingegangen. Außerdem werden die Veränderungen der Dimensionen und die Festigungswirkung untersucht.

6.1.1 Flexibilität

Nach der Behandlung muss das Leder flexibel genug sein, um die Öffnungsbewegung eines Buches aushalten zu können. Auf Basis dieses Gedankens werden die Ledernutzen nach dem Auftrag der Mittel gebogen und bewegt, um die Flexibilität zu beurteilen.

Bei den mit Klucel[®] G behandelten Proben 1 bis 4 fallen die Konzentrationsunterschiede von 5 % und 10 % kaum ins Gewicht. Die Proben 1 und 2 haben im Vergleich zu den anderen und der Referenz eine mittlere Flexibilität. Dagegen sind die Proben 3 und 4 flexibel, ähnlich zur Referenz.

Probe 5 ist sehr brüchig, aber flexibel, ähnlich wie Probe 7 a, die jedoch steifer ist. Probe 6 ist flexibel, im Vergleich mehr als die Proben 1 und 2, jedoch steifer als die Proben 3 und 4. Probe 7 weist ein gutes Biegeverhalten auf, das Leder ist fest, aber flexibel.

6.1.2 Deformation und Spannungen

Einer Deformation des Leders liegt zugrunde, dass das Leder vom Festigungsmittel nur teilweise durchdrungen wurde und einen oberflächlichen Film bildet. Wenn das Festigungsmittel trocknet, wird das Leder nach oben gebogen. Eine nur oberflächliche Festigung kann dazu führen, dass der Narben sich von der darunterliegenden, ungefestigten Schicht löst. Dies geschieht, wenn die Kohäsion der gefestigten Schicht höher ist, als die Adhäsion zu den darunterliegenden Lederfasern.

In den Versuchsreihen treten bei den acrylbasierten Festigungsmitteln der ersten Versuchsreihe vor allem bei Probe 5 (Lascaux[®] Acrylkleber 498 HV), Probe 6 (Acrylkleber 498 HV und Klucel[®] G) und Probe 7 (Medium für Konsolidierung) Spannungen auf. Die Ränder dieser Proben sind geringfügig nach oben gebogen. Die mit Abstand größte Deformation ist bei Probe 7 a (Medium für Konsolidierung, 10 % in Ethanol) zu beobachten. Hier biegt sich das Leder an den Rändern bis zu 15 mm nach oben.

6.1.3 Dimensionsveränderung

Generell wird ein befeuchtetes Leder nach dem Trocknen schrumpfen und je stärker es abgebaut ist, umso mehr schrumpft es. Um zu überprüfen, ob die Probenleder nach der Festigungsbehandlung eine Dimensionsveränderung erfahren haben, wurden die Leder vor und nach der Behandlung ausgemessen. Dies ist eine wichtige Kenngröße, da ein Leder meistens Teil eines aus verschiedenen Materialien bestehenden Objekts ist.

Eine Dimensionsveränderung würde zu Problemen bei der weiteren Restaurierung führen, wenn beispielsweise ein behandeltes Einbandleder nicht mehr an seine ursprüngliche Stelle am Buch passt.

Der Tabelle 7 (Anhang B, S. 64) können die Dimensionen der Ledernutzen der ersten und zweiten Versuchsreihe, vor und nach der Behandlung, entnommen werden. Die Angaben sind jeweils angegeben in Höhe x Breite x Dicke in Millimeter, gemessen an der breitesten beziehungsweise dicksten Stelle jedes Leders. Zusätzlich wurde in der letzten Spalte die Differenz der jeweiligen Werte errechnet.

Bei Probe 1 kann aufgrund des geringen Dimensionsunterschiedes keine Interpretation der Messung erfolgen. Ebenso verhält es sich bei den Proben 2 und 3.

Da Probe 3 mit 5-prozentigem Klucel® G in Butanol keine auffälligen Abweichungen in der Messung zeigt, könnte bei Probe 4, bei der der Unterschied zu 3 im Mischungsverhältnis liegt, ein Fehler der Messung vorliegen.

Probe 5 ist prägnant durch den Acrykleber verdunkelt und verhärtet. Anscheinend führt dieser Effekt zu einer dimensionalen Verkleinerung. Im Vergleich dazu steht Probe 6, die ebenfalls mit Acrykleber bestrichen wurde und keine bedeutsame Änderung zeigt. Eventuell beeinflusst aber der zweite Aufstrich von Klucel® G das Ergebnis.

Die Dimensionsveränderung der Probe 7 beruht wohl auf einer fehlerhaften Messung der Höhe aufgrund der erschwerten Bedingungen durch die Deformation des Nutzens. Bei der unbehandelten Referenz kann definitiv ein Fehler in der Dickenmessung von 0,03 mm festgestellt werden.

Probe 7 a ist, wie Probe 5, auffällig geschrumpft. Auch hier ist das Leder verschwärzt und verhärtet. Eventuell hängen, in Bezug zu Probe 5, die stark veränderten Eigenschaften des Leders mit einer dimensionalen Schrumpfung zusammen.

Die mit Medium für Konsolidierung in Butanol behandelte Probe 7 a ist nach der Behandlung in Höhe und Dicke geringfügig vergrößert. Zu bemerken ist, dass alle butanolhaltigen Mittel einen geringen dimensionalen Zuwachs aufweisen. Die Ausnahme bildet Probe 4, die durch eine verringerte Dimension diese These widerlegt. Insgesamt sind die Veränderungen der Dimension nicht aussagekräftig. Der Versuch müsste mit deutlich mehr Proben als Vergleichsbasis durchgeführt werden, um ein relevantes Ergebnis zu erhalten.

6.1.4 Behandlungskontrolle der oberflächlichen Festigung

In Anlehnung an den Wax-Pick-Test (TAPPI T 459 om-93), mit dem die Delamination von Papier getestet wird, wird die Wirksamkeit der oberflächlichen Festigung der Lederproben mithilfe von handelsüblichen Haftnotizen geprüft.

Zur Durchführung des hier so genannten Pudertests werden unbenutzte Haftnotizen auf jedes Leder lose aufgelegt und für circa eine Minute mit einem vorher definierten Gewicht beschwert.

Fünf kleine Gewichte mit 841,7 g Gesamtgewicht wurden für diesen Zweck als ausreichend schwer befunden. Nach dem Beschweren wird die Haftnotiz nach oben, in Richtung des Klebestreifens, abgezogen.

Für jede Lederprobe wurde ein Pudertest vor der Festigungsbehandlung, ein weiterer nach der Behandlung sowie ein dritter nach der künstlichen Alterung durchgeführt.

Die zugehörigen Abbildungen 18-22 befinden sich im Anhang A auf Seite 56-58.

Vor den Behandlungen haften an jeder Probe oben an den Klebestreifen deutlich sichtbar kleine Lederfragmente. Nach den Behandlungen bleiben an keiner der Proben Fragmente haften, abgesehen von der unbehandelten Referenzprobe 8.

Das bedeutet im Bezug auf die oberflächlich festigende Wirkung, dass alle Mittel in der Lage sind, das Leder zu festigen.

Um die Langzeitwirkung der Festigung zu überprüfen, wurde der Pudertest nach der künstlichen Lichtalterung erneut durchgeführt. Der Test verläuft bei fast allen Proben rückstandsfrei. Lediglich Probe 7 b besteht den Test nicht. Hier haften einige Lederfragmente an dem Klebestreifen (Anhang A, S. 58, Abb. 22).

6.1.5 Wasserempfindlichkeit

Neben der festigenden Wirkung ist das Herabsetzen der Wasserempfindlichkeit ein wichtiges Kriterium, um ein Festigungsmittel grundsätzlich als solches einstufen zu können. Aus diesem Grund wurden die Lederproben nach den Festigungsmittelaufträgen auf ihre Wasserempfindlichkeit getestet.

Mittels eines Kapillarröhrchens wurde auf jeden Nutzen, jeweils im Eckbereich, ein kleiner Tropfen demineralisiertes Wasser aufgetragen. Nachdem das Wasser vom Leder absorbiert wurde und verdunstet ist, kann das Ergebnis begutachtet und interpretiert werden. Auf allen Proben ist eine drastische Verschwärzung durch den Wassertropfen zu beobachten (Anhang A, S. 58, Abb. 23), jedoch zeigen sich bei genauer Betrachtung Unterschiede im Grad der Schwarzfärbung.

Die Proben 1, 5, 7 a sowie die Referenzprobe 8 zeigen die stärksten Veränderungen auf den Wasserauftrag mit einer schwarzen Verfärbung.

Probe 2, 4 und 6 haben eher eine schwarz-bräunliche Verfärbung und sind als stark verschwärzt einzustufen.

Auf den Ledern 3 und 7 b hat der Wassertropfen nur einen dunkelbraunen Fleck hinterlassen.

Auf Probe 7 (Medium für Konsolidierung) lässt sich dagegen der Fleck nur noch erahnen, das Leder ist kaum verschwärzt.

Infolgedessen wurde mit dem Medium für Konsolidierung (10 % in Butanol) in einer weiteren Untersuchung auf einem unbehandelten historischen Lederstück eine mehrfache Festigung durchgeführt. Auf der Narbenseite wurde das Mittel dreimal aufgetragen, wobei auf jeden Auftrag eine Trocknungszeit folgte. Anschließend konnte verfärbungsfrei auf der Fleischseite eine Schicht Weizenstärkekleister aufrocknen (Anhang A, S. 59, Abb. 24). Durch den dreifachen Auftrag des Mittels konnte die Feuchtigkeitsempfindlichkeit weit genug herabgesetzt werden, sodass das Leder mit Stärkekleister bestrichen werden konnte, ohne zu dunkeln. Im Rückschluss könnte der Erfolg des mehrschichtigen Auftrags auch auf die anderen Proben übertragen werden, zumal bei dem viel verwendeten Mittel Klucel® G in den meisten Fällen ein mehrfacher Auftrag empfohlen wird.

6.2 Künstliche Alterung

Die Festigungsmittel werden irreversibel in die Lederstruktur eingebracht und müssen daher alterungsstabil sein. Das heißt im Idealfall, dass ein Festigungsmittel das Leder weder verändert, noch schädigt. Infolge werden die Lederproben als weitere Behandlungskontrolle einer künstlichen Lichtalterung ausgesetzt, um zukünftige negative Auswirkungen des Festigungsmittels auf dem Leder abschätzen zu können.

Für die vorhandene Fragestellung existieren bisher keine Standards bezüglich der Alterung. Um dennoch eine erste Einschätzung der Alterungsbeständigkeit der behandelten Lederproben zu erhalten, werden diese lichtgealtert.

Bei dem verwendeten Alterungsschrank handelt es sich um eine Q-Sun Xenon Prüfkammer Xe-1-BC mit Xenonbogenlampen. Die künstliche Alterung wird nach DIN EN ISO 105-B02 durchgeführt, wobei diese Norm in der Regel zur Farbechtheitsprüfung von Textilien gegen künstliches Licht verwendet wird. Die Prüfkammer wird vor der Alterung auf 50 °C Schwarzstandardtemperatur kalibriert. Die Proben werden 192 Stunden (8 Tage) dem Licht ausgesetzt.

Aus Platzgründen in der Alterungskammer wurden lediglich die Proben mit besserem optischem Erscheinungsbild gealtert. Somit schieden die Proben 5, 6 und 7 a aus. Den zur Alterung ausgewählten Proben entsprechend, wurden die weißen Papieraufstriche 1 bis 4, 7, 8 und 7 b mit den Proben in den Probenhaltern der Kammer montiert. Als Anhaltspunkt begleiten blaue Lichtechtheitstypen aus Wollgewebe der Typen 1 bis 6 die Lichtalterung. Jeweils wurden die Hälften mit Aluminiumfolie abgedeckt, ebenso die Blauwollstandards (Anhang A, S. 59, Abb. 25)

Nach der Alterung sind alle Probenpartien, die dem Licht ausgesetzt wurden, ausgeblichen.

Das Leder hat bei allen Proben seinen rötlichen Farbton verloren und ist stattdessen zu einem grünstichigen, hellbraunen Farbton ausgebleichen. Probe 2, 4 und 7 b sind dabei am hellsten, wohingegen Probe 1 und 3 eine dezent bräunlichere Nuance aufweisen. Probe 7 ist, abgesehen von den durch das Festigungsmittel verursachten schwarz verfärbten Stellen, auf dem Narben ebenfalls als hell einzustufen (Anhang A, S.60, Abb. 26).

Die Glanzeigenschaft, die die Lederproben vor der Alterung aufwiesen, ist teilweise durch die Alterung verloren gegangen. Bei der Referenz macht sich der Unterschied stark bemerkbar. Die gealterte Hälfte hat im Gegensatz zur nicht gealterten Seite ihren Glanz nahezu vollständig verloren. Die gealterten Proben 1 und 2 hingegen haben ihren Glanz behalten; 3 und 4 glänzen wiederum kaum. Bei Probe 7 glänzen die gedunkelten Stellen, wohingegen auf dem Narben kaum Glanz sichtbar ist. Auf Probe 7 b ist auf beiden Hälften, gealtert und nicht gealtert, kaum Glanz zu erkennen. Abgesehen von den Glanzeigenschaften weist keine Probe außerordentliche optische oder haptische Veränderungen durch die Lichtalterung auf.

Auch auf den gealterten Whatman[®] Filterpapieren ist keine wahrnehmbare Veränderung zu beobachten (Anhang A, S. 60, Abb. 27).

Bei den Blauwollstandards ist einzig Typ 1 gänzlich ausgebleichen. 2 und 3 sind fast vollständig ausgebleichen. Typ 4 ist wenig ausgebleichen. Bei 5 und 6 ist der Standard kaum merklich verblasst (Anhang A, S. 60, Abb. 28). Das bedeutet, dass die Proben mit großer Annäherung bis zu einer Lichtechtheit von 4 lichtgealtert wurden. Dies entspricht 192 Stunden.

6.3 Zusammenfassung

Optisch konnten nicht alle Proben überzeugen. Lediglich die butanolhaligen Mittel der Proben 3, 4 und 7 b weisen ein annehmbares Erscheinungsbild auf.

Bei der Überprüfung der physikalischen Parameter wurden die Proben 5 und 7 a als ungenügend flexibel bewertet. Spannungen durch Deformation weisen die Proben 5 bis 7 und 7 a auf. Da die hier gemessenen Dimensionsveränderungen geringfügig ausfallen, scheint dieser Parameter vernachlässigbar zu sein. Unglücklicherweise sind nach dem Auftrag der Festigungsmittel alle Proben mehr oder weniger wasserempfindlich. Zurückzuführen ist dies auf eine noch ungenügend eingebrachte Menge der Mittel durch den einmaligen Auftrag, zumindest ergab bei Probe 7 b ein mehrfacher Auftrag eine Unempfindlichkeit gegenüber Weizenstärkekleister, was im Kontext einer Verklebung ausreichend ist.

Die Kontrolle der oberflächlichen Festigung ergab eine festigende Wirkung bei allen Mitteln, allerdings, bei Wiederholung des Tests nach der künstlichen Alterung, besteht die bis dahin favorisierte Probe 7 b den Test nicht. Es haften wenige Lederfragmente an dem Klebestreifen. Vermutlich könnte ein mehrfacher Auftrag des Mediums für Konsolidierung in Butanol Abhilfe schaffen. Dagegen ist anzumerken, dass alle anderen Mittel, die ebenfalls einen einfachen Auftrag erfahren haben, den Pudertest nach der Alterung bestehen konnten.

Bei der künstlichen Lichtalterung sind alle Proben entsprechend der Referenz ausgeblieben, es ergaben sich keine Besonderheiten. Beim jetzigen Versuchsstand entsprechen alle Medien einer Lichtechtheit von 4. Weitere Versuche müssten sich anschließen, um eine Lichtechtheit von mindestens 5 zu erreichen, was als ausreichend für das Feld der Restaurierung angesehen ist.

Zur besseren Übersicht wurden die Bewertungen vereinfacht, das heißt, ohne ein gutes von einem besseren Ergebnis zu differenzieren, in der Tabelle 3 zusammen gefasst.

Die Referenzprobe 8 wurde hierbei ausgelassen.

Probe	Farb- veränderung	Biege- festigkeit	Planlage- störung	Wasser- empfindlichkeit	Oberflächen- festigkeit	Oberflächen- festigkeit nach Alte- rung
1	0	✓	x	✓	✓	✓
2	0	✓	x	✓	✓	✓
3	x	✓	x	✓	✓	✓
4	x	✓	x	✓	✓	✓
5	✓	x	✓	✓	✓	-
6	✓	✓	✓	✓	✓	-
7	✓	✓	✓	x	✓	✓
7 a	✓	x	✓	✓	✓	-
7 b	x	✓	x	✓	✓	x

Tabelle 6: Bewertungssystem der Festigungsmittel in Bezug auf die untersuchten Eigenschaften

- ✓ Trifft zu
- 0 Trifft teilweise zu
- x Trifft nicht zu

Bei Betrachtung der Tabelle wird schnell deutlich, welche Mittel als Festigungsmittel ungeeignet sind und welche Mittel Potential für eine befriedigende Lederrestaurierung haben. Probe 7 b sticht mit fünf von sechs positiv bewerteten Kriterien heraus, ebenso wie Probe 3 und 4. Eindeutig durchgefallen sind die Proben 5, 6 und 7 a. Probe 7 hat Potential, allerdings überzeugt das optische Ergebnis kaum.

Alle Kriterien dieser Studie berücksichtigt, werden Probe 4 (Klucel® G, 10-prozentig in Butanol) und Probe 7 b (Medium für Konsolidierung, 10-prozentig in Butanol) hier als beste Möglichkeit zur Festigung von abgebautem Leder bewertet.

7 Ablaufbeschreibung einer Lederbehandlung

Um die Erkenntnisse dieser Arbeit in einen praxisorientierten Kontext zu bringen, wird in diesem Kapitel konkret auf die Durchführung einer Lederbehandlung mit einem Festigungsmittel eingegangen. Um den Ablauf einer Behandlung so realistisch wie möglich zu gestalten, wurde ein neu gehefteter Buchblock aus Kopierpapier auf Heftbänder gebunden und mit Pappdeckeln versehen. Am Buchrücken wurde eine Hälfte mit Leder und die andere mit Japanpapier bezogen, sodass zwei übliche Methoden für eine Rückenergänzung (Rebacking) dargestellt werden können (Anhang A, S.62, Abb. 30). Auf diese Weise soll ein zu restaurierendes Objekt imitiert werden.

Oft liegt bei einer Einbandrestaurierung der Rücken lose vor und muss vor dem Verkleben auf dem Ergänzungsmaterial gefestigt werden. In der simulierten Restaurierung stellt ein Nutzen des historischen Probenleders solch einen Rücken dar.

In der Bewertung der Festigungsmittel schnitten Probe 4, die mit Klucel® G, 10 % in Butanol bestrichen wurde, und Probe 7 b, die mit dem Ergebnis der mehrfachen Aufträge von Medium für Konsolidierung, 10 % in Butanol überzeugt, am besten ab.

Um Probe 4 genauer zu untersuchen, wurde eine weitere unbehandelte historische Lederprobe drei Mal von der Narbenseite und ein Mal von der Fleischseite mit dem Festigungsmittel bestrichen. Anschließend wurde auf der Fleischseite partiell Weizenstärkekleister aufgetrocknet. Das Leder ist sehr brüchig und verschwärzt (Anhang A, S. 61, Abb. 29). Somit schied Klucel® G, 10 % in Butanol, als Festigungsmittel aus. Aus diesem Grund wurde für die Lederbehandlung das Lascaux® Medium für Konsolidierung, 10 % in Butanol, trotz des nicht bestandenen Pudertests, ausgewählt.

7.1 Vorbereitung

Teil der Vorbereitung ist die Voruntersuchung, für die eine Vergrößerungshilfe in Form einer Lupe oder Mikroskops anzuraten wäre. Dies kann helfen, das Leder detailliert zu untersuchen und Besonderheiten festzustellen. Zwingend nötig für eine erfolgreiche Behandlung ist eine vergrößerte Betrachtung nicht. Weiter kann es hilfreich sein, das Leder in eine der unter Punkt 3.1 (S. 12) erörterten Schadenskategorien einzuordnen.

Nach der visuellen Begutachtung wird das Leder trocken gereinigt. Hierfür empfehlen sich unter anderem Latexschwämme, Tücher oder Pinsel. Diese Maßnahme ist allerdings nur für Leder der Schadensklassen 0 und 1 geeignet.

Bei fortgeschrittener Degradation, wenn das Leder in die Schadensklassen 2 und 3 fällt, ist eine Trockenreinigung nur eingeschränkt oder nicht möglich, da die Gefahr des Materialverlustes zu hoch ist.

Sofern das Leder verklebt werden muss, kann es auf seine Wasserempfindlichkeit getestet werden. Diese invasive Maßnahme sollte jedoch nur durchgeführt werden, wenn Zweifel über eine Empfindlichkeit bestehen. Hierzu kann, wie in Punkt 3.3 (S. 14) beschrieben, beispielweise mit einem Kapillarröhrchen ein kleiner Tropfen demineralisiertes Wasser auf das Leder gebracht und die Reaktion beobachtet werden. Es empfiehlt sich, diesen Test unter einer Vergrößerung durchzuführen, um die geprüfte Fläche möglichst klein zu halten, damit der eventuell verschwärzte Wasserfleck das Erscheinungsbild des Leders nicht stört. Wenn das Leder eine Reaktion in Form einer Farbveränderung zeigt, ist eine Behandlung vor einer Verklebung zwingend erforderlich.

7.2 Festigung und Verklebung

Zunächst muss ein passendes Festigungsmittel ausgewählt werden. In diesem Fall wird Lascaux® Medium für Konsolidierung (10 %) in Butanol verwendet. Für Kulturgut wird dieses Mittel noch nicht empfohlen, da ein langfristig negativer Einfluss des Mittels auf das Leder mit den Untersuchungen dieser Arbeit bei weitem nicht abgedeckt ist.

Das Festigungsmittel wird idealerweise frisch angesetzt, da eine verdunstende Komponente das Mischungsverhältnis verändert. Hieraus ergibt sich das Mischen einer geringen Menge als angemessen, zum Beispiel sind Mengen von 10 bis 20 ml meist völlig ausreichend. In diesem Fall wird das Butanol unter einem Abzug abgewogen und auf einer magnetischen Rührplatte gerührt, während tröpfchenweise das Medium für Konsolidierung hinzugefügt wird. Der sorgfältig verschlossene Behälter wird so lange gerührt, bis sich eine milchig-weiße Flüssigkeit gebildet hat.

Prinzipiell ist es ratsam, das Mittel stets gut verschlossen zu halten, um den Eintrag von Fremdkörpern und das Verdunsten des Lösungsmittels zu verhindern.

Der Auftrag des Festigungsmittels erfolgt mithilfe eines handelsüblichen Flachpinsels mehrfach, zwei bis vier Aufträge sind empfehlenswert, wobei das Leder nach jedem Auftrag zwischentrocknen sollte.

Eine bebilderte Behandlungsstrecke der folgenden Schritte befindet sich im Anhang A, S. 62, 63, Abb. 30-37.

Erwartungsgemäß wird das Leder stark durch den Festigungsmittelauftrag dunkeln (Anhang A, S. 62, Abb. 31), wird aber im Verlauf des Trocknungs- beziehungsweise Verdunstungsprozesses wieder heller (Anhang A, S. 62, Abb. 32).

Der Auftrag kann auf der Narben- oder Fleischseite erfolgen, als auch beidseitig, sofern gewünscht. Für das Probenleder wird ein zweifacher Auftrag auf der Narbenseite in Kombination mit einem einfachen Auftrag der Fleischseite gewählt (Anhang A, S.62, Abb. 33). Bevor das Leder verklebt werden kann, sollte mindestens mit einem Tag Trocknungszeit gerechnet werden.

Eine Behandlungskontrolle kann durch einen erneuten Wassertropfentest erfolgen. Der Test kann aber auch mit Weizenstärkekleister durchgeführt werden (Anhang A, S.63, Abb. 34, 35). Je nach Ergebnis kann ein erneuter Festigungsmittelauftrag in Erwägung gezogen werden. Im Fall des Probenleders ist durch den aufgebrauchten Kleister eine leichte Verfärbung bemerkbar, die jedoch nicht bis zur Narbenseite durchdringt.

Das zu restaurierende Objekt erhält üblicherweise eine Ergänzung mit Leder oder Japanpapier beziehungsweise wird damit unterlegt. Darauf wird dann das gefestigte Originalfragment verklebt (Anhang A, S.63, Abb. 36). Vor dem Aufbringen des gefestigten Fragments muss die Klebung der Ergänzung vollständig getrocknet sein. Eine sofortige Verklebung von Ergänzungs- und Originalmaterial hätte trotz der Festigung eine Verschwärzung des Originalfragments zur Folge, da sehr viel Feuchtigkeit durch das gefestigte Originalfragment verdunsten muss. Auch kann die Verwendung eines trockenen Weizenstärkekleisters den Feuchtigkeitseintrag etwas geringer halten. Abschließend sollte das Leder keiner weiteren Behandlung, zum Beispiel mit Lederpflegemitteln, unterzogen werden, da hierdurch unerwartete Folgeschäden entstehen können (Blaschke, 2008, 80).

7.3 Risiken bei der Anwendung

Bei der festigenden Behandlung von Leder ergeben sich Risiken, die der/die Restaurator/in vor einer Behandlung berücksichtigen und abwägen muss. So muss grundsätzlich eine Behandlung, falls nicht unbedingt notwendig, vermieden werden, da in nicht unerheblichem Maße das Objekt irreversibel verändert wird.

Im Falle einer Behandlung kann bei Bedenken das Risiko der Farbveränderung des Leders so klein wie möglich gehalten werden, indem man das Mittel zunächst testweise auf einer kleinen Fläche aufträgt.

Falls im Festigungsmittel gesundheitsgefährdende Stoffe zum Einsatz kommen, sollten dementsprechende Vorkehrungen durch die Verwendung von Handschuhen, Schutzbrille und dem Arbeiten unter einem Abzug getroffen werden.

Einige der hier verwendeten Festigungsmittel haben bisher keine Anwendung in der Lederrestaurierung gefunden beziehungsweise sind durch Forschung nicht ausreichend als alterungsstabil einzuschätzen, sodass von einer Verwendung an Kulturgut abgeraten wird.

8 Schlussbetrachtung

In dieser Arbeit wurden verschiedene, teilweise neue Möglichkeiten zur Festigung von Leder vorgestellt. Die neu präsentierten Festigungsmittel haben sehr vielversprechende Ergebnisse geliefert, besonders in Kombination mit dem Lösungsmittel Butanol konnten erfolgreich Leder gefestigt werden. Die Auswertung der Ergebnisse spricht vor allem für in Butanol gelöstes Lascaux[®] Medium für Konsolidierung, welches das Leder stabilisiert, es dabei farblich wenig verändert und die Wasserempfindlichkeit bei genügenden Aufstrichen herabsetzt. Die Polarität der Lösungsmittel könnte hierbei eine Rolle spielen: je unpolarer das Lösungsmittel ist, desto geringer waren die farblichen Veränderungen. Diese Arbeit kann den Forschungsbedarf bezüglich der Verwendung der Mittel an Kulturgut nicht abdecken, daher wird hier nochmals ausdrücklich davon abgeraten, die neu präsentierten Mittel in der Praxis anzuwenden. Die Festigungsmittel sollten in einer fortführenden Untersuchung mit deutlich mehreren und verschiedenartigen Lederproben umfangreicher getestet werden. Auch könnte eine andere Art der künstlichen Alterung neue Hinweise zur Beständigkeit der Festigungsmittel auf dem Leder liefern, zum Beispiel könnte eine klimatische Alterung mit schadstoffbelasteter Luft gut geeignet sein, um die chemischen Reaktionen der Oxidation und Hydrolyse zu erforschen (Chahine, 1994). Weitere Untersuchungsmethoden zur Evaluierung der Festigungsmittel könnten die genaue Feststellung der Farbveränderung durch Farbmessungen sein. Die Eindringtiefe des Mittels könnte mithilfe der Herstellung eines Querschliffs festgestellt werden. Neben der Untersuchung von Festigungsmitteln kann mit von Zerfall betroffenen Ledern Ursachenforschung betrieben werden. Hier wären interessante Aspekte, wie weit zum Beispiel Gerbstoffe oder die Tierart den Lederzerfall beeinflussen. Bei der simulierten Lederrückenbehandlung in Kapitel 7 weist das Ergebnis der Behandlung unschöne Makel auf (Anhang A, S. 62, Abb. 36, 37). In einigen Bereichen sind auf dem mit Medium für Konsolidierung behandelten Nutzen des historischen Probenleders durch die Verklebung verschwärzte Stellen entstanden. In einer fortführenden Studie könnte man mit dem hier als bestes Festigungsmittel bewerteten Medium für Konsolidierung in Butanol die Eigenschaften optimieren. Außerdem sollte das Medium für Konsolidierung in Bezug auf seine Bestandteile und Alterungsbeständigkeit weiter überprüft werden.

Literaturverzeichnis

Appelbaum, B. *Guide to environmental Protection of Collections*. Sound View Press, Madison (Connecticut), 1991

Blaschke, K. *Lederpflegemittel auf vegetabil gegerbtem Leder – Auswirkungen und chemische Veränderungen*. Diplomarbeit, Hochschule der Künste Bern, 2008.

Verfügbar unter: http://www.atelierstrebel.ch/ctrb_daten/7_diplomarbeit_blaschke.pdf, 17.06.2016.

Brewer, T. *SC 6000® and Other Surface Coatings for Leather: Chemical Composition and Effectiveness*. INF 392E Technology and Structure of Records Materials, the University of Texas, 2004.

Verfügbar unter: <https://www.ischool.utexas.edu/~cochine/pdfs/t-brewer-04-sc6000.pdf>, 26.07.2016.

Chahine, C. Ageing Experiments CRCDG. In: *STEP Leather Project*, Research Report N°1, R. Larsen (Hrsg.), Protection and Conservation of European Cultural Heritage, Dänemark, 1994, 31-34.

Giovannini, A. *De Tutela Librorum. Die Erhaltung von Büchern und Archivalien*, vierte Auflage, hier+jetzt, Verlag für Kultur und Geschichte GmbH, Baden, 2010.

Heiduk, U. *Leder*. Diplomarbeit, Akademie der bildenden Künste Wien, 1985

Johnson, A. Evaluation of the use of SC 6000® in conjunction with Klucel G as a conservation treatment for bookbinding leather: notes on a preliminary study. In: *Journal of the Institute of Conservation*, Vol. 36, No. 2 (2013): 125-144.

Kougierakis, J. *Stabilisierung und Konsolidierung von degradiertem vegetabil gegerbtem Einbandleder*. Masterthesis, CICS Institut für Restaurierungs- und Konservierungswissenschaft der Fachhochschule Köln, 2013.

Larsen, R., M. Vest, K. Nielsen. Determination of Hydrothermal Stability (Shrinkage Temperature). In: *STEP Leather Project*, Research Report N°1, R. Larsen (Hrsg.), Protection and Conservation of European Cultural Heritage, Dänemark, 1994, 151-164.

Mahony, C., E. Pearlstein. *Evaluation of Consolidants for the Treatment of Red Rot on Vegetable Tanned Leather*. Poster, AIC 42th Annual Meeting, San Francisco, Mai 2014
Verfügbar unter: <http://bit.ly/1YpmMQo>, 14.06.2016

Pust, H.-C. *Die Digitalisierung der „Sammlung Nicolai“ der WLB*. In: WLBforum. Mitteilungen der Württembergischen Landesbibliothek, Dr. H. Kowark (Hrsg.), Jg. 17 (2015/2), 7-11.

Puissant, M. J. *Erfahrungen bei der Konservierung und Restaurierung von wasserempfindlichen Einbandletern*. In: Internationale Leder- und Pergamenttagung, ICOM, Offenbach, Mai 1989, 193-208.

Reidell, S. Mitteilung Conservation DistList, <http://cool.conservation-us.org/byform/mailling-lists/cdl/2003/0783.html>, 27.07.2016.

Royal Society of Arts and the Worshipful Company of Leathersellers. *Report of the Committee on Leather for Bookbinding*, George Bell & Sons, London, 1905.

Verfügbar unter:

http://www.siegelleather.com/downloads/Report_of_the_Committee_on_leather_for_b.pdf, 27.07.2016.

Atelier Strebel AG (Hrsg.) *Richtlinien für die Konservierung von Leder- und Pergament-einbänden*, Arbeitsanleitung, Hunzenschwil (CH), 2001.

Verfügbar unter: http://www.atelierstrebel.ch/ctrb_daten/7_einbandleder.pdf, 05.06.2016

Wouters, J. Leather and Parchment Manufacture. In: *Leder*, Handout, Staatliche Akademie der Bildenden Künste, Stuttgart, 2015.

Wouters, J. The Chemistry and Physicochemistry of Products and Techniques for the Conservation of Leathercraft. In: *Leder*, Handout, Staatliche Akademie der Bildenden Künste, Stuttgart, 2015.

Weiterführende Literatur

Blaschke, K. *Lederpflegemittel auf vegetabil gegerbtem Leder – Auswirkungen und chemische Veränderungen*, Diplomarbeit, Hochschule der Künste, Bern, 2008.

Haines, B., C. Calnan (Hrsg). *Leather– Its composition and changes with time*. The Leather Conservation Centre, Printhaüs Northamptonshire, England, 1991

Persönliche Mitteilungen

Stefanie Behrendt, telefonische Mitteilung, Kölnisches Stadtmuseum, Köln, 18.07.2016

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 - 4: Lederproben der Sammlung des Studiengangs	12
Abbildung 5: Lederproben der ersten Versuchsreihe vor dem Auftrag der Festigungsmittel	23
Abbildung 6: Lederproben der ersten Versuchsreihe nach dem Auftrag der Festigungsmittel	23
Abbildung 7: Probe 7 mit den Proben der zweiten Versuchsreihe vor dem Auftrag der Festigungsmittel	25
Abbildung 8: Die Proben der zweiten Versuchsreihe nach dem Auftrag der Festigungsmittel, im Vergleich	26
Abbildung 9: Loser, brüchiger Narben des Probenleders	53
Abbildung 10: Offen liegende Faserstruktur des Probenleders	53
Abbildung 11: Sich durch Biegung abhebende Schollen der Narbenschicht, hier dargestellt mit der Referenzprobe 8 nach der Lichtalterung	53
Abbildung 12: Verhalten des Probenleders nach Auftrag eines Wassertropfens, Auflichtfotografie	54
Abbildung 13: Starke Reaktion des Probenleders auf Wassereintrag, Streiflicht von links	54
Abbildung 14: Ergebnis der Lederproben der Voruntersuchung nach den Festigungsmittelaufträgen	54
Abbildung 15: Die Lederproben 1 bis 4 nach dem Auftrag der Festigungsmittel. Die Pfeile markieren durch das Mittel verschwärzte Bereiche	55
Abbildung 16: Aufstriche der Festigungsmittel auf Filterpapier (oben) und Fotokarton (unten) der ersten Versuchsreihe	55
Abbildung 17: Aufstriche der Festigungsmittel auf Filterpapier (oben) und Fotokarton (unten) der zweiten Versuchsreihe	56
Abbildung 18: Ergebnis des Pudertests vor dem Auftrag der Festigungsmittel. An allen Proben haften Lederfragmente	56
Abbildung 19: Ergebnis des Pudertests nach dem Auftrag der Festigungsmittel. Die Referenz nicht beachtet, haften an keiner Probe Lederfragmente	56

Abbildung 20: Pudertest der zweiten Versuchsreihe, links vor, rechts nach dem Auftrag der Festigungsmittel. Nach der Behandlung haften keine Lederfragmente mehr an den Haftnotizen	57
Abbildung 21: Ergebnis des Pudertests nach der Lichtalterung der Lederproben. Es haften Fragmente an Probe 7 b und der Referenz	57
Abbildung 22: Detail der Haftnotiz der Lederprobe 7 b. Die Pfeile verweisen auf anhaftende Lederfragmente	58
Abbildung 23: Ein Wassertropfen führt bei allen Lederproben zu einer schwarzen Verfärbung, wobei die Farbnuancen variieren.	58
Abbildung 24: Historische Lederprobe, die zur weiteren Untersuchung drei Mal mit Medium für Konsolidierung, 10 % in Butanol behandelt wurde. Links die Narbenseite, rechts die Fleischseite mit aufgetrocknetem Weizenstärkekleister.....	59
Abbildung 25: Für die Lichtalterung wurden die in den Probenhaltern montierten Lederproben, die Filterpapiere und die Blauwollstandard-Typen zur Hälfte mit Aluminiumfolie abgedeckt.....	59
Abbildung 26: Die Lederproben nach der künstlichen Alterung. Die oberen ausgebleichten Hälften der Proben wurden dem Licht ausgesetzt.....	60
Abbildung 27: Ergebnis der künstlichen Alterung der Filterpapiere. Die obere Hälfte jeder Probe war dem Licht ausgesetzt.	60
Abbildung 28: Die Blauwollstandard-Typen 1-6. Jeweils die obere Hälfte wurde dem Licht ausgesetzt.....	60
Abbildung 29: Historische Lederprobe, die zur weiteren Untersuchung beidseitig mit Klucel® G, 10 % in Butanol behandelt wurde. Die Fleischseite (rechte Abbildung) wurde in der oberen Hälfte mit Weizenstärkekleister bestrichen. Die Abbildung zeigt die Probe nach der Trocknung. Der Kleister hat Schwärzungen verursacht, die bis auf die Narbenseite durchgedrungen sind (linke Abbildung).	61
Abbildung 30: Dummy mit simulierter Rückenergänzung, rechts ein Nutzen Probenleder, der einen historischen Rücken darstellt.	62
Abbildung 31: Das Probenleder dunkelt durch den Auftrag des Festigungsmittels auf der Narbenseite temporär.....	62
Abbildung 32: Beim Trocknungsprozess wird das Leder wieder heller. Eine leichte Verdunkelung bleibt zurück	62

Abbildung 33: Zweiter Auftrag des Festigungsmittels mit einem Flachpinsel auf der Narbenseite.....	62
Abbildung 34: Aufgetragener Weizenstärkekleister links oben zur Prüfung der Wasserempfindlichkeit.....	63
Abbildung 35: Nach Entfernung des Kleisters und Trocknen der Feuchtigkeit bleibt eine braune Verfärbung zurück	63
Abbildung 36: Der aufgeklebte historische Rücken nach der Trocknung	63
Abbildung 37: An den mit Pfeilen markierten Stellen sind durch die Verklebung Verbräunungen entstanden.	63

Abbildungsnachweis

Abb. 1–37 Jana Müller, Staatliche Akademie der Bildenden Künste, 2016

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Beschreibung der Schadensklassen 0 – 3, bebildert mit Ledern aus der Sammlung des Studiengangs.....	12
Tabelle 2: Die Probenleder 1 bis 4 mit dem jeweils verwendeten Festigungsmittel der Voruntersuchung.....	19
Tabelle 3: Die Probenleder 1 bis 8 mit dem jeweils verwendeten Festigungsmittel der ersten Versuchsreihe	22
Tabelle 4: Die Probenleder mit dem jeweils verwendeten Festigungsmittel der zweiten Versuchsreihe	24
Tabelle 5: Auflistung der Festigungsmittel, veranschaulicht durch Abbildungen der Lederproben.....	28
Tabelle 6: Bewertungssystem der Festigungsmittel in Bezug auf die untersuchten Eigenschaften	34
Tabelle 7: Dimensionsveränderungen der Ledernutzen durch die Festigungsmittel der ersten und zweiten Versuchsreihe.....	64

Tabellennachweis

Tab. 1–7 Jana Müller, Staatliche Akademie der Bildenden Künste, 2016

Herstellernachweis

Voruntersuchung

Demineralisiertes Wasser

Herco Wasseraufbereitungsanlage

Herco Wassertechnik GmbH, Freiberg

Telefon 07141 7095-0

MQuant™ 1.10019.0001 Sulfat-Test SO_4^{2-}

Merck KGaA, 64271 Darmstadt, Germany,

Tel. +49(0)6151 72-2440

Festigungsmittel

Ethanol, Butanol

VWR Merck Eurolab GmbH, 64293 Darmstadt

Tel. (0180) 57 02 00

Lascaux® Acrylkleber 498 HV, Lascaux® Medium für Konsolidierung

Lascaux-Farbenfabrik

A.K. Diethelm AG, Ch-8306 Brüttisellen

Hydroxypropylcellulose Klucel® G

Kremer-Pigmente

Dr. Georg Kremer, Farbmühle, D – 88317 Aichstetten / Allgäu

Telefon: (0 75 65) 10 11 ; (0 75 65) 16 04

Flachpinsel

Handelsüblich

Papiere

Whatman® Filterpapier

GE Healthcare UK Limited, HP7 9NA UK Buckinghamshire

Telefon: +44(0)8706061921

Fotokarton, schwarz

Handelsüblich

Pudertest

Haftnotizen, gelb

Handelsüblich

Voruntersuchung und Ergänzung für Dummy

Leder

Franz Hoffmann, 70197 Stuttgart

Telefon: (0711) 61 74 75

Buchdummy

Kopierpapier

Handelsüblich

Heftzwirn

Anton Glaser , 70174 Stuttgart

Telefon: (0711) 29 78 83

Heftbänder, Planatol

Leo's Nachfolge GmbH, 70327 Stuttgart

Telefon: (0711) 33 73 81

Japanpapiere

Anton Glaser , 70174 Stuttgart

Telefon: (0711) 29 78 83

Weizenstärkekleister

Roth GmbH & Co., 76185 Karlsruhe

Telefon: (0800) 5 69 90 00

Künstliche Alterung

Q-SUN Xenon Prüfkammer Xe-1-BC

Q-Lab Corcoration, Q-Lab Headquarters & Instruments Divison,

Cleveland, OH 44145 USA

Tel: +1-440-835-8700

Aluminiumfolie

Handelsüblich

Fotoausrüstung

Color Checker X-Rite

www.xrite.com

Digitale Spiegelreflexkamera CANON EOS 60D

www.canon.de

Objektive (Nahlinsen):

EFS 60 mm f/2.8 MACRO USM

EF 50 mm f/1.8 II

www.canon.de

Fotoanlage

Manfred Mayer, 8010 Graz, Österreich

Anhang A Abbildungen

Zu 3.2.1 Visuelle Einschätzung, S. 13

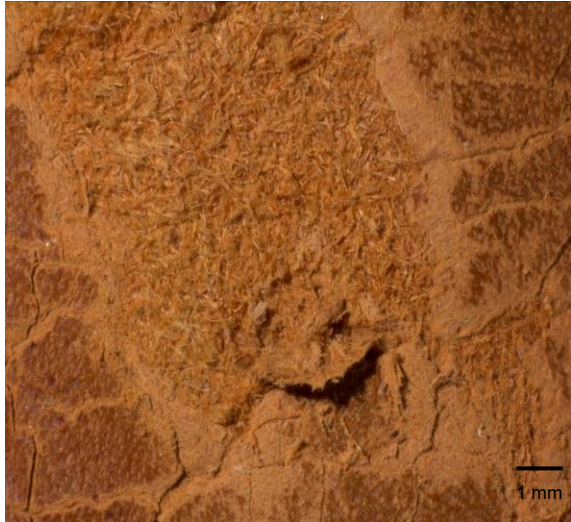


Abbildung 9: Loser, brüchiger Narben des Probenleders

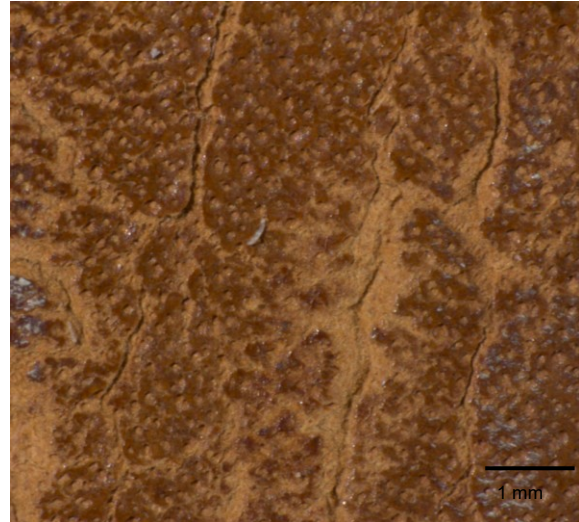


Abbildung 10: Offen liegende Faserstruktur des Probenleders

Zu 3.2.2 Physikalische Parameter, S. 14



Abbildung 11: Sich durch Biegung abhebende Schollen der Narbenschicht, hier dargestellt mit der Referenzprobe 8 nach der Lichtalterung

Zu 3.3 Wasserempfindlichkeit, S. 14



Abbildung 12: Verhalten des Probenleders nach Auftrag eines Wassertropfens, Auflichtfotografie



Abbildung 13: Starke Reaktion des Probenleders auf Wassereintrag, Streiflicht von links

Zu 4.5.1 Voruntersuchungen der acrylbasierten Festigungsmittel, S. 19

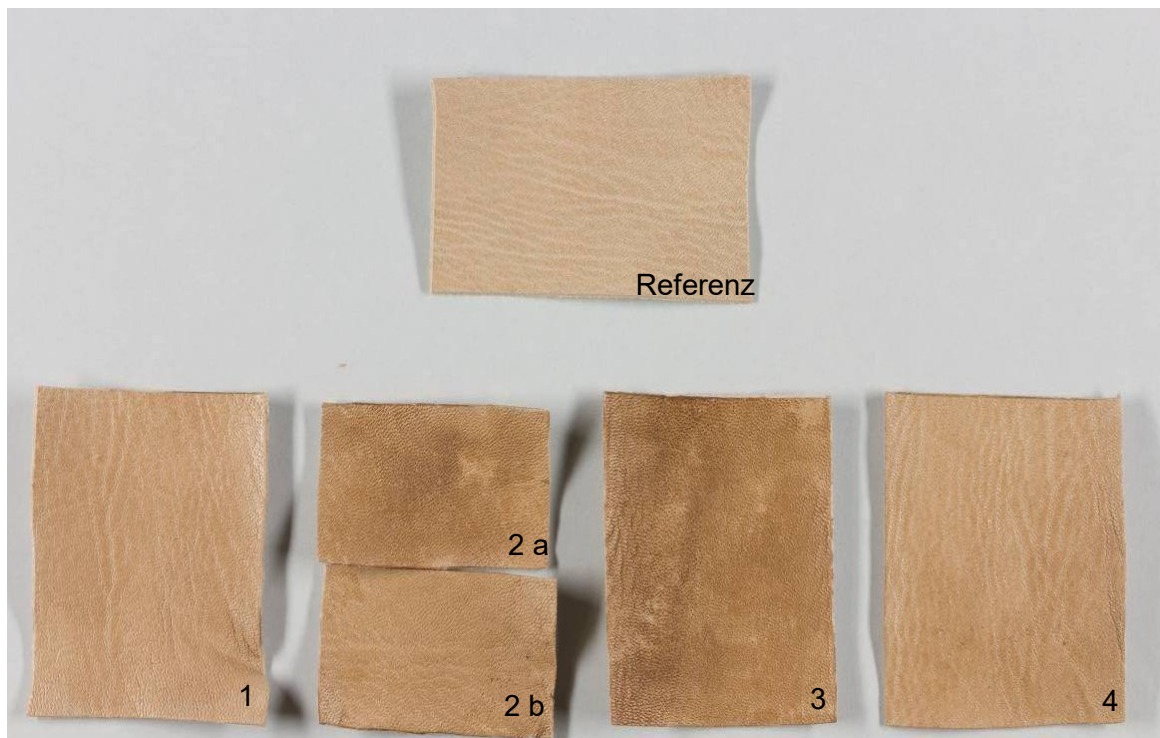


Abbildung 14: Ergebnis der Lederproben der Voruntersuchung nach den Festigungsmittelaufträgen

Referenz: Unbehandelt

1: Lascaux[®] Acrykleber 498 HV in Ethanol (70:30)

2 a: Klucel[®] G (2,5 % in Ethanol), zweiter Auftrag mit Lascaux[®] Acrykleber 498 HV in Ethanol (70:30)

2 b: Lascaux[®] Acrykleber 498 HV in Ethanol (70:30), zweiter Auftrag mit Klucel[®] G (2,5 % in Ethanol)

3: Ersatz für den Red Rot Cocktail

4: Lascaux[®] Medium für Konsolidierung

Zu 5.2 Ergebnisse, S. 22

Alle Proben wurden mit Klucel® G gefestigt. Das Mischungsverhältnis und das Lösungsmittel sind unter der jeweiligen Probe angegeben.

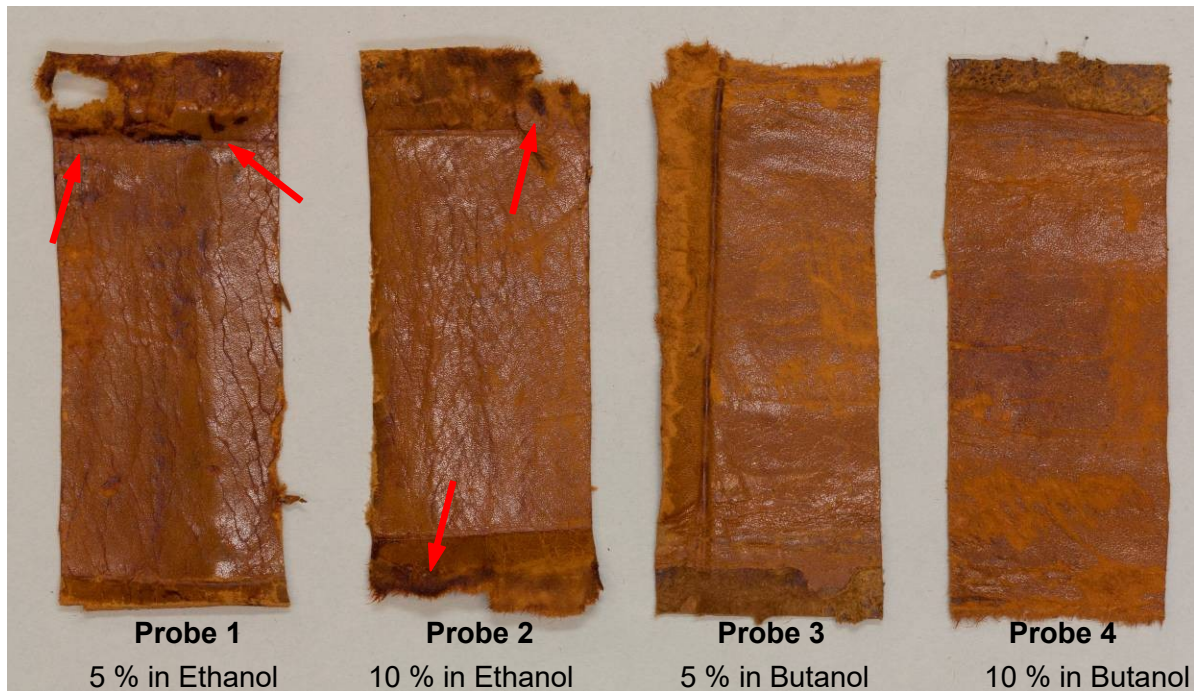


Abbildung 15: Die Lederproben 1 bis 4 nach dem Auftrag der Festigungsmittel. Die Pfeile markieren durch das Mittel verschwärzte Bereiche.

Zu 5.3 Evaluierung der Papieraufstriche, S. 24

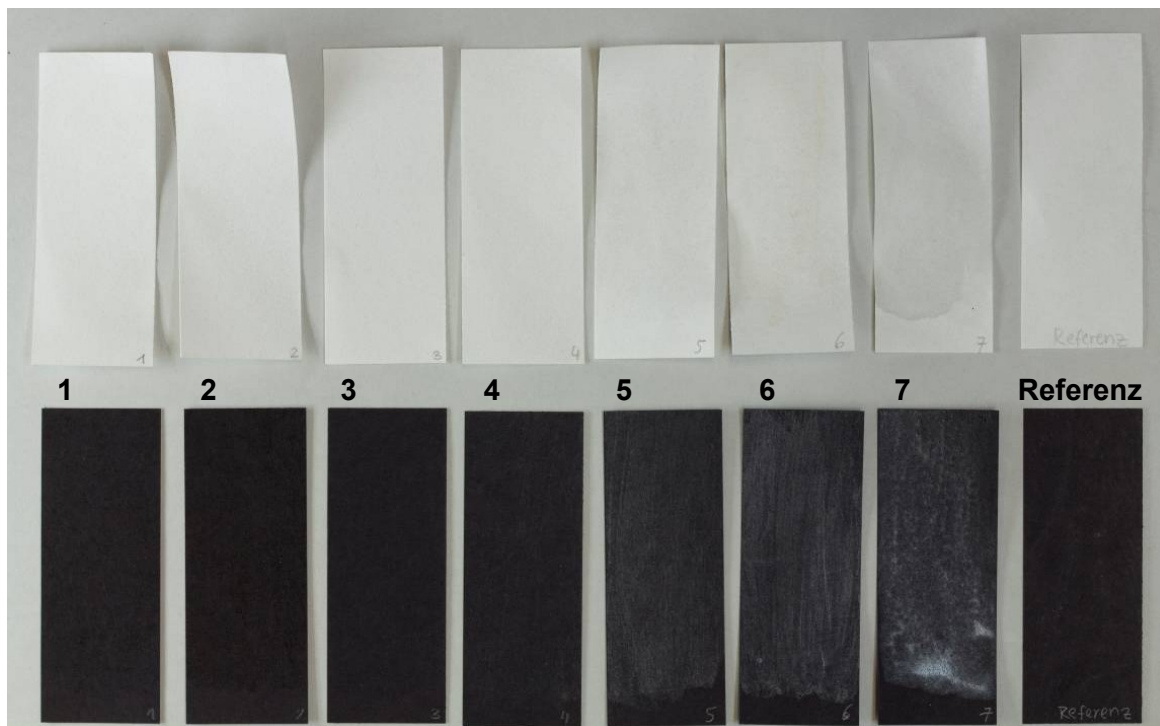


Abbildung 16: Aufstriche der Festigungsmittel auf Filterpapier (oben) und Fotokarton (unten) der ersten Versuchsreihe

Zu 5.6 Evaluierung der Papieraufstriche, S. 26

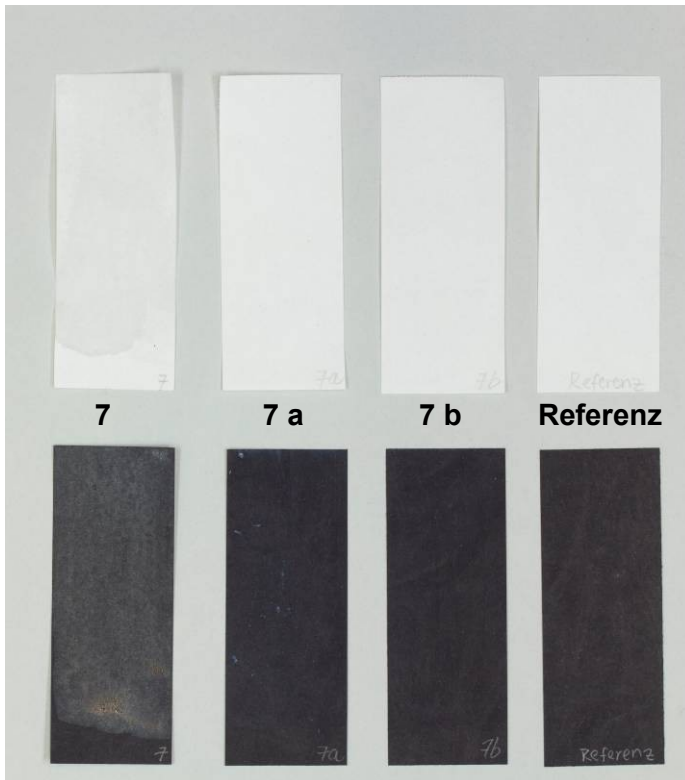


Abbildung 17: Aufstriche der Festigungsmittel auf Filterpapier (oben) und Fotokarton (unten) der zweiten Versuchsreihe.

Zu 6.1.4 Behandlungskontrolle der oberflächlichen Festigung, S.31

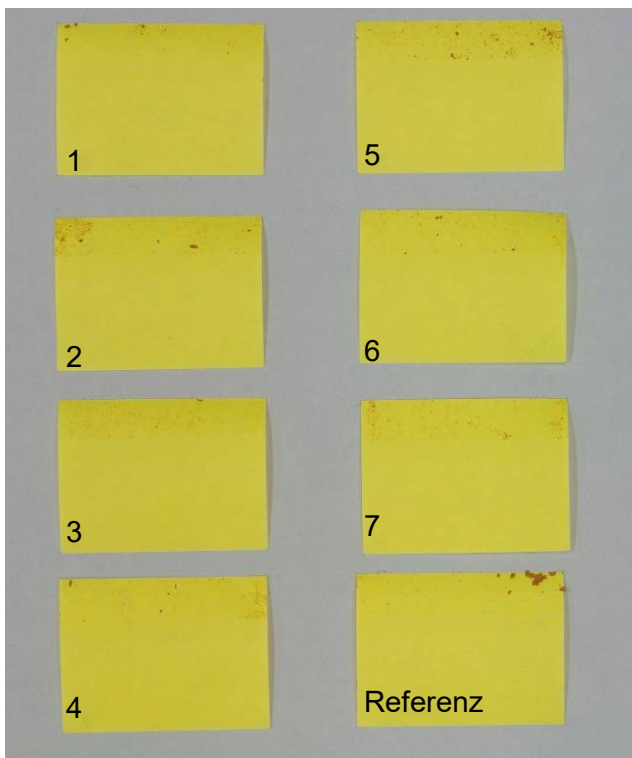


Abbildung 18: Ergebnis des Pudertests vor dem Auftrag der Festigungsmittel. An allen Proben haften Lederfragmente

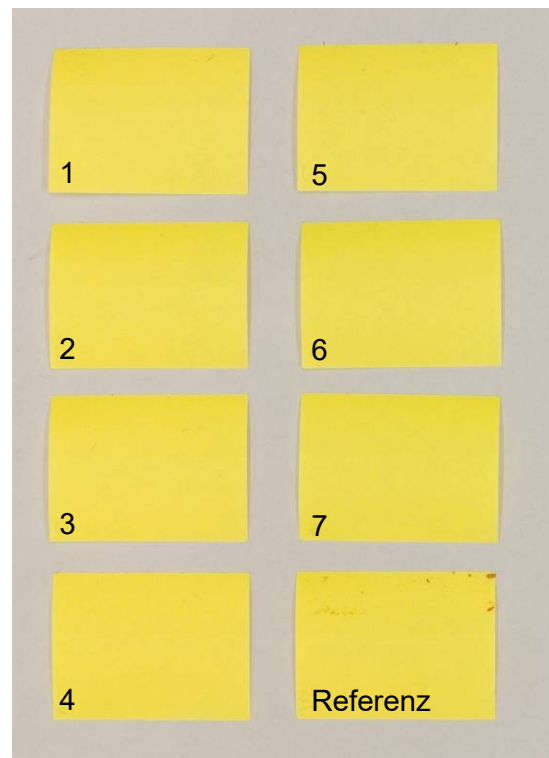


Abbildung 19: Ergebnis des Pudertests nach dem Auftrag der Festigungsmittel. Die Referenz nicht beachtet, haften an keiner Probe Lederfragmente

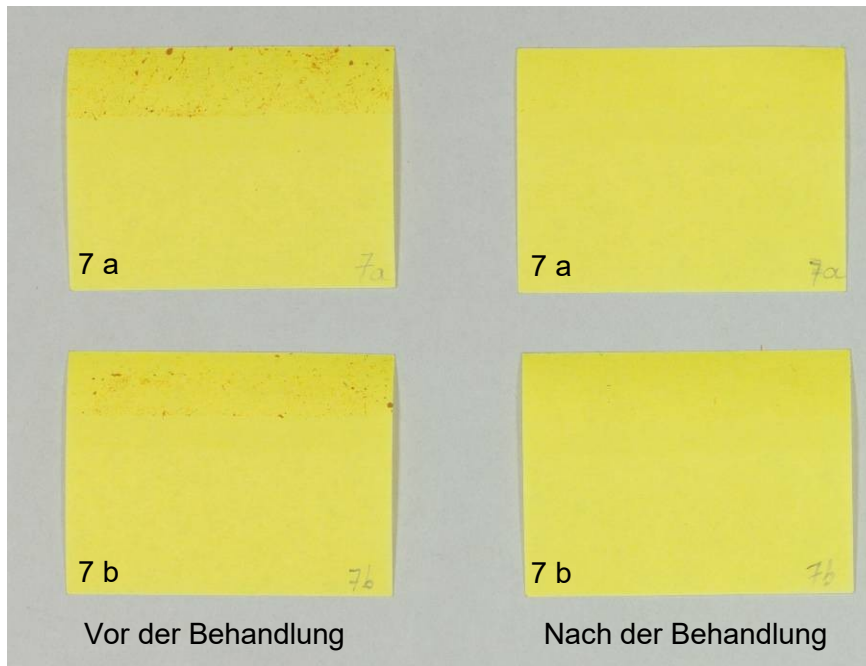


Abbildung 20: Pudertest der zweiten Versuchsreihe, links vor, rechts nach dem Auftrag der Festigungsmittel. Nach der Behandlung haften keine Lederfragmente mehr an den Haftnotizen

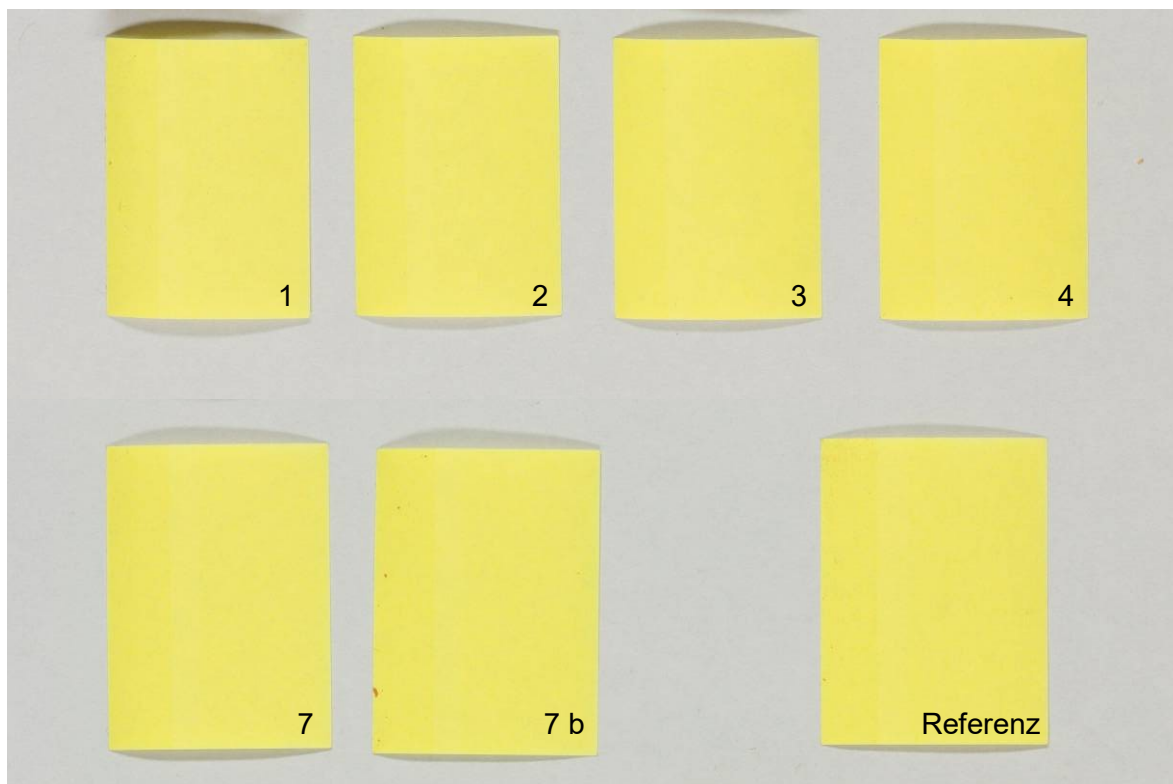


Abbildung 21: Ergebnis des Pudertests nach der Lichtalterung der Lederproben. Es haften Fragmente an Probe 7 b und der Referenz

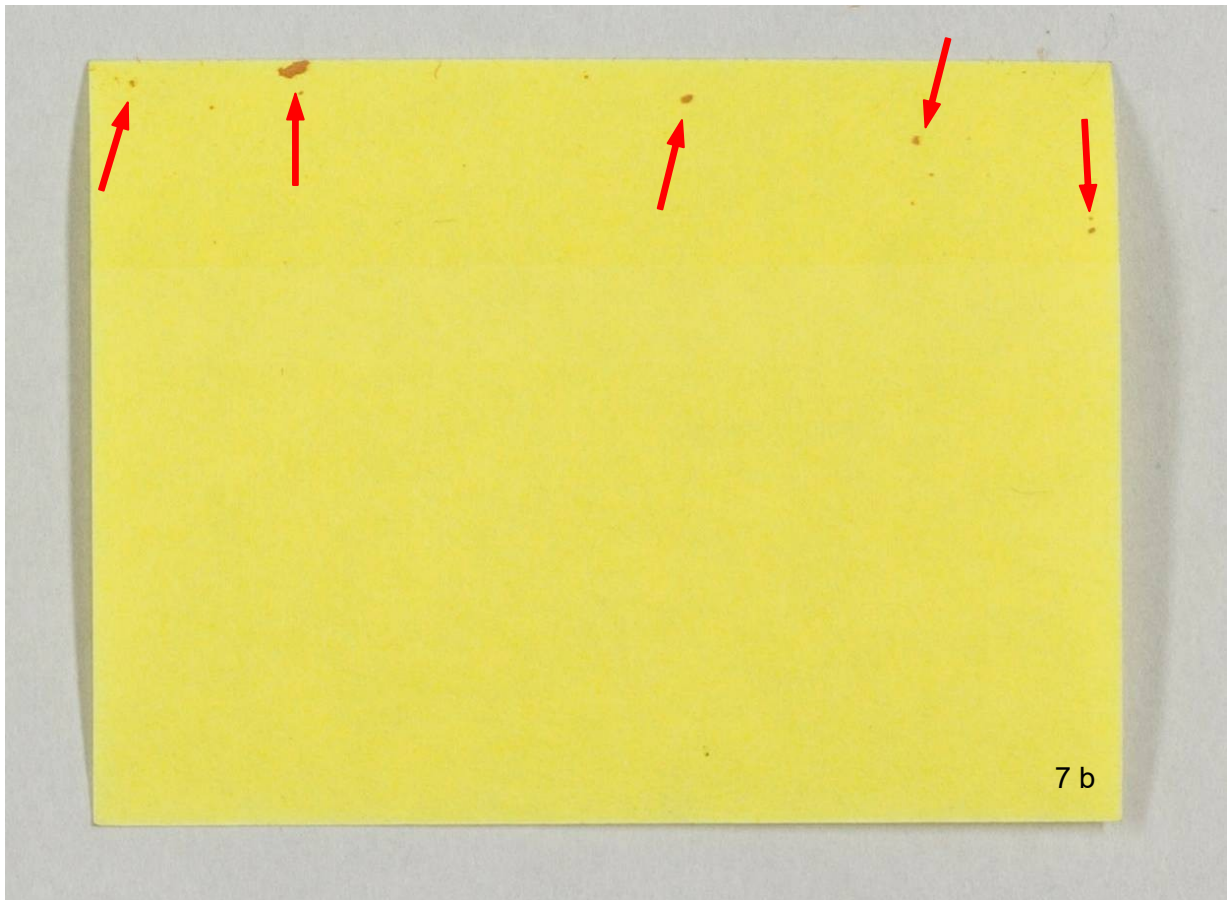


Abbildung 22: Detail der Haftnotiz der Lederprobe 7 b. Die Pfeile weisen auf anhaftende Lederfragmente

Zu 6.1.5 Wasserempfindlichkeit, S. 31

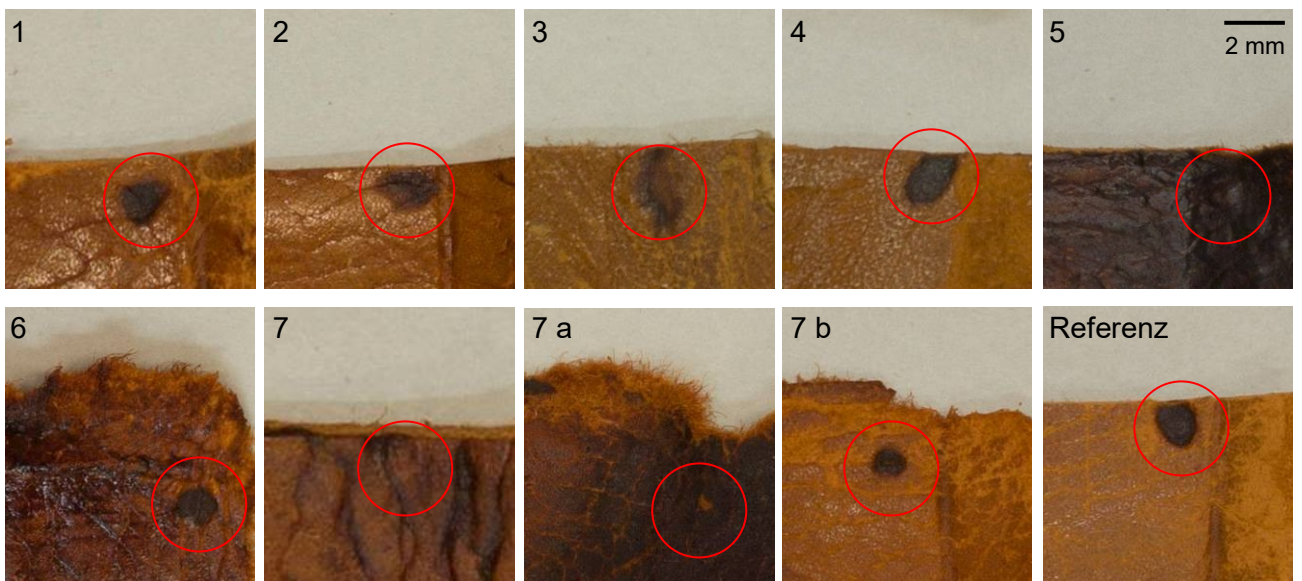


Abbildung 23: Ein Wassertropfen führt bei allen Lederproben zu einer schwarzen Verfärbung, wobei die Farbnuancen variieren. Die Kreise markieren die beprobten Stellen.



Abbildung 24: Historische Lederprobe, die zur weiteren Untersuchung drei Mal mit Medium für Konsolidierung, 10 % in Butanol behandelt wurde. Links die Narbenseite, rechts die Fleischseite mit aufgetrocknetem Weizenstärkekleister.

Zu 6.3 Künstliche Alterung, S. 32



Abbildung 25: Für die Lichtalterung wurden die in den Probenhaltern montierten Lederproben, die Filterpapiere und die Blauwollstandard-Typen zur Hälfte mit Aluminiumfolie abgedeckt

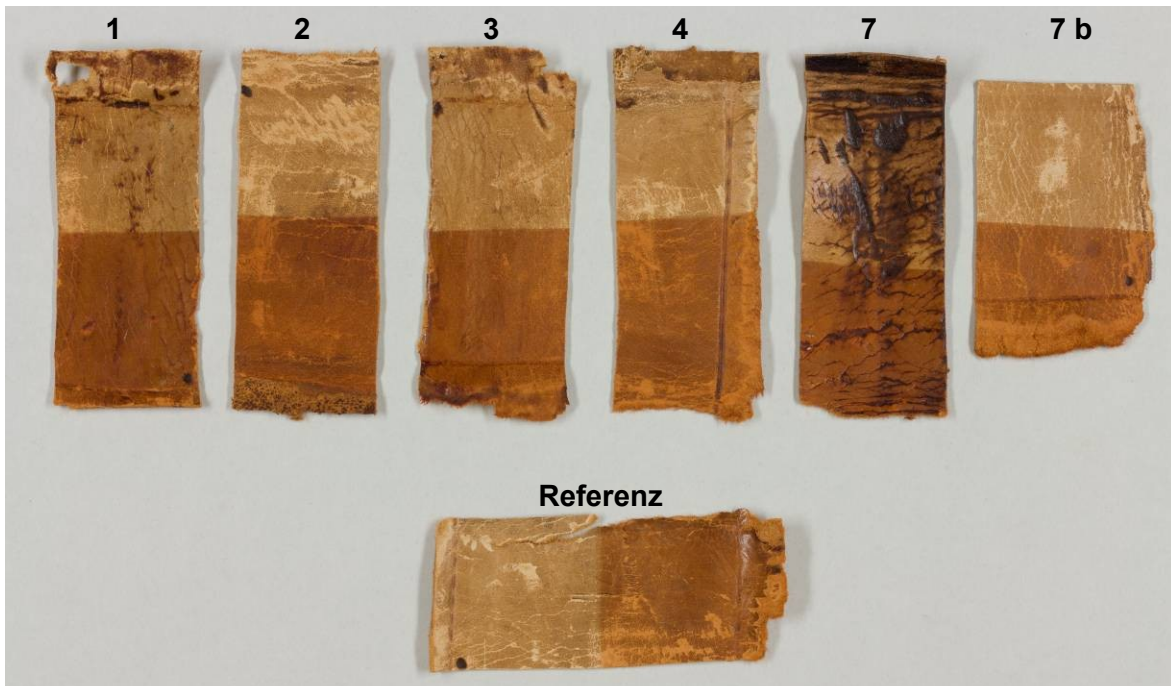


Abbildung 26: Die Lederproben nach der künstlichen Alterung. Die oberen ausgebleichenen Hälften der Proben wurden dem Licht ausgesetzt.

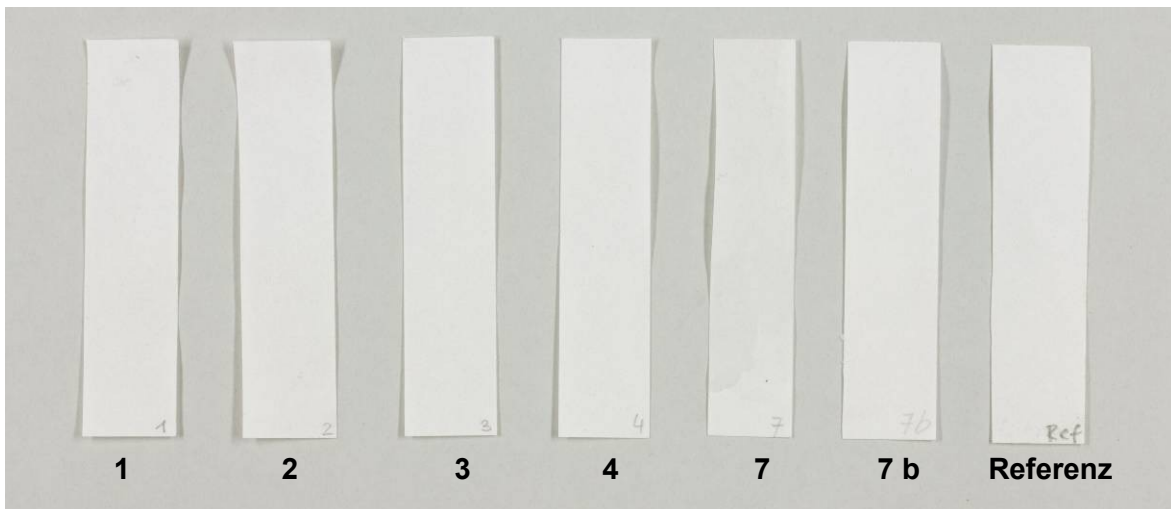


Abbildung 27: Ergebnis der künstlichen Alterung der Filterpapiere. Die obere Hälfte jeder Probe war dem Licht ausgesetzt.

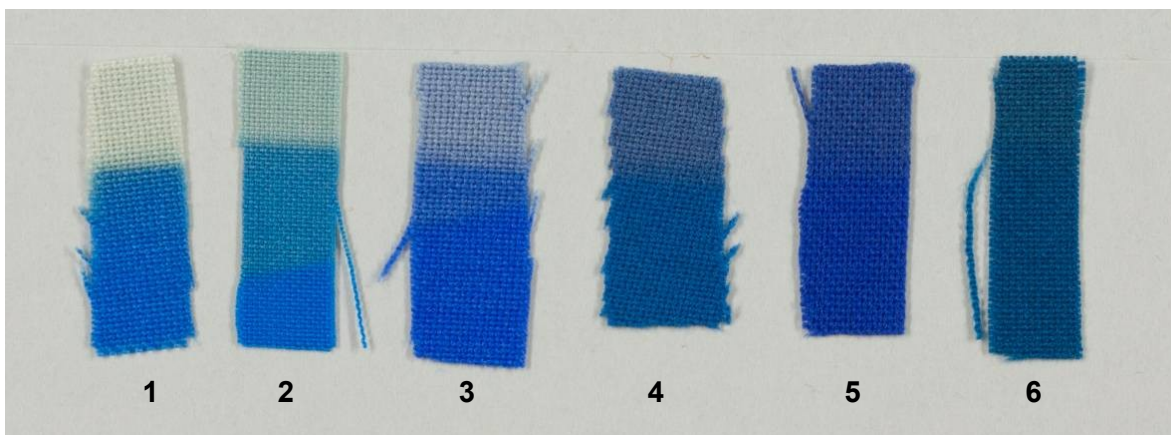


Abbildung 28: Die Blauwollstandard-Typen 1-6. Jeweils die obere Hälfte wurde dem Licht ausgesetzt

Zu 7 Ablaufbeschreibung einer Lederbehandlung, S. 36



Abbildung 29: Historische Lederprobe, die zur weiteren Untersuchung beidseitig mit Klucel® G, 10 % in Butanol behandelt wurde. Die Fleischseite (rechte Abbildung) wurde in der oberen Hälfte mit Weizenstärkekleister bestrichen. Die Abbildung zeigt die Probe nach der Trocknung. Der Kleister hat Schwärzungen verursacht, die bis auf die Narbenseite durchgedrungen sind (linke Abbildung).

Zu 7.2 Festigung und Verklebung, S. 37



Abbildung 30: Dummy mit simulierter Rückenergänzung, rechts ein Nutzen Probenleder, der einen historischen Rücken darstellt.



Abbildung 31: Das Probenleder dunkelt durch den Auftrag des Festigungsmittels auf der Narbenseite temporär



Abbildung 32: Beim Trocknungsprozess wird das Leder wieder heller. Eine leichte Verdunkelung bleibt zurück



Abbildung 33: Zweiter Auftrag des Festigungsmittels mit einem Flachpinsel auf der Narbenseite.



Abbildung 34: Aufgetragener Weizenstärkekleister links oben zur Prüfung der Wasserempfindlichkeit



Abbildung 35: Nach Entfernung des Kleisters und Trocknen der Feuchtigkeit bleibt eine braune Verfärbung zurück



Abbildung 36: Der aufgeklebte historische Rücken nach der Trocknung

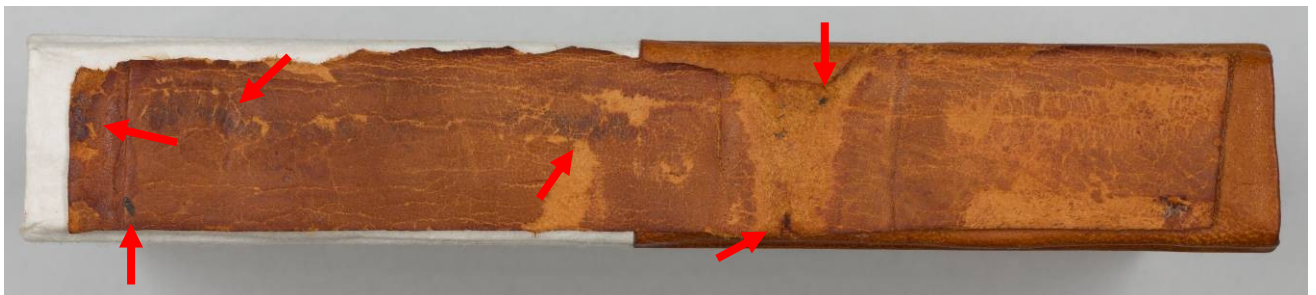


Abbildung 37: An den mit Pfeilen markierten Stellen sind durch die Verklebung Verschwärzungen entstanden.

Anhang B Tabelle

Tabelle 7: Dimensionsveränderungen der Ledernutzen durch die Festigungsmittel der ersten und zweiten Versuchsreihe

Probe	Dimension vor der Festigung	Dimension nach der Festigung	Differenz
1	81 x 32 x 0,78	81 x 33 x 0,80	0 x 1 x 0,02
2	84 x 32 x 0,82	84 x 32 x 0,85	0 x 0 x 0,03
3	83 x 33 x 0,81	83 x 33 x 0,85	0 x 0 x 0,04
4	81 x 31 x 0,85	82 x 32 x 0,79	1 x 1 x -0,06
5	82 x 33 x 0,87	81 x 32 x 0,85	-1 x -1 x -0,02
6	84 x 34 x 0,85	84 x 34 x 0,83	0 x 0 x -0,02
7	84 x 33 x 0,79	82 x 33 x 0,83	-2 x 0 x 0,04
8	80 x 34 x 0,81	80 x 34 x 0,83	0 x 0 x 0,03
7 a	81 x 33 x 0,83	80 x 32 x 0,79	-1 x -1 x -0,4
7 b	62 x 40 x 0,84	63 x 40 x 0,88	1 x 0 x 0,04

Die Angaben sind jeweils angegeben in Höhe x Breite x Dicke in Millimeter, gemessen an der breitesten beziehungsweise dicksten Stelle jedes Leders.

Erklärung

Die Autorin versichert die selbständige und eigenhändige Anfertigung der Bachelorarbeit.

Ort, Datum

(Vor- und Zuname)