Bayerische StaatsBibliothek

Technische Universität München

Restaurierung eines feuchtigkeitsgeschädigten Pergamentbands aus dem 16. Jahrhundert auf der Grundlage einer Untersuchung zur Verklebung von Pergament mit Hausenblasenleim

(München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9)

Masters‘ Thesis

im Studiengang **Restaurierung, Kunsttechnologie und Konservierungswissenschaft**
an der **Technischen Universität München**

Isabell Hertkorn

Bearbeitungszeitraum: 1. April bis 30. Oktober 2015

Prüfer an der TUM: Prof. Erwin Emmerling
Dr. phil. Irmhild Schäfer

Danksagung

Diese Abschlussarbeit wurde in Kooperation mit dem Institut für Bestandserhaltung und Restaurierung der Bayerischen Staatsbibliothek erstellt.

Mein besonderer Dank gilt Frau Dr. phil. Irmhild Schäfer, Leiterin des Instituts für Bestandserhaltung und Restaurierung (IBR) der Bayerischen Staatsbibliothek für die sachkundige Begleitung meiner Arbeit in der Staatsbibliothek.

Dank sagen möchte ich auch Frau Karin Eckstein M.A. für die Unterstützung bei meinen Restaurierungsarbeiten und den wertvollen Anregungen zum Gelingen meiner Masterarbeit.

Ein weiteres Dankeschön Herrn Dr. rer. nat. Thorsten Allscher, stellvertretender Leiter des IBR für die kompetente Begleitung bei den Testreihen.

Lieben Dank dem gesamten Team des IBR, besonders hervorheben möchte ich hier Frau Ritsuko Schuster – Ishii.

Keineswegs vergessen möchte ich meine Kommilitoninnen für die unermüdliche mentale Unterstützung in den vergangenen Monaten.

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung 1

2 Beschreibung des Pergamentbands 2

2.1 Der Pergamentumschlag 5

2.2 Das erste Werk des Bands 6

2.3 Das zweite Werk des Bands 9

2.4 Das dritte Werk des Bands 11

2.5 Signaturen und Stempel 13

2.6 Lagensignaturen und -schema 13

2.7 Bünde und Heftung 15

2.8 Verbindung von Buchblock und Pergamentumschlag 15

3 Zustandsbeschreibung des Pergamentbands 16

3.1 Zustandsbeschreibung des Pergamentumschlags 16

3.2 Zustandsbeschreibung des Buchblocks 20

4 Testreihen zur Klebekraft verschiedener Hausenblaseansätze 23

4.1 Auswahl der Materialien und Testverfahren 23

4.2 Zubereitungstemperaturen und –zeiten 28

4.3 Probenmenge und –größe 28

4.4 Herstellung der Leimfolien 30

4.4.1 Quellen der Hausenblase 30

4.4.2 Temperieren und Filtrieren der Hausenblasenlösungen 31

4.4.3 Ausgießen und Trocknen der Hausenblasenlösungen 32

4.5 Zuschneiden des Trägermaterials der Proben 34

4.6 Herstellung der Proben für die Testverfahren 35

4.6.1 Herstellung der Proben für den Zugschertest 35

4.6.2 Herstellung der Proben für die T-Schälprüfung 37

4.6.3 Zuschneiden der Proben 39

4.7 Durchführung und Auswertung der Testergebnisse des Zugschertests 41

4.8 Durchführung und Auswertung der Testergebnisse der T-Schälprüfung 48

4.9 Diskussion der Testergebnisse 54

5 Restaurierungskonzept zum Pergamentband 56

5.1 Restaurierungskonzept zum Pergamentumschlag 56

5.2 Restaurierungskonzept zum Buchblock 58

6 Restaurierungsmaßnahmen am Pergamentband 60

6.1 Herauslösen der Bundenden aus dem Pergamentumschlag 60

6.2 Trockenreinigen des Pergamentumschlags 61

6.3 Auslegen umgeschlagener und deformierter Pergamentbereiche 61

6.4 Ergänzen der Fehlstellen des Pergamentumschlags 64

6.5 Trockenreinigen des Buchblocks 70

6.6 Papierrestaurierung 70

6.7 Stabilisieren der Bünde 71

6.8 Nachheften einzelner Lagen 74

6.9 Runden des Rückens 74

6.10 Aufbringen der Hinterklebung 75

6.11 Zusammenführen von Buchblock und Pergamentumschlag 77

6.12 Anfertigen einer Schutzhülle / Hinweise zur Benutzung des Pergamentbands (konservatorische Maßnahmen) 79

7 Zusammenfassung 80

8 Verzeichnisse 82

8.1 Literaturverzeichnis 82

8.2 Abbildungsverzeichnis 86

8.3 Tabellenverzeichnis 91

8.4 Material- und Bezugsquellenverzeichnis 91

9 Anhang 93

9.1 Vorzustandsaufnahmen des Pergamentbands 93

9.2 Nachzustandsaufnahmen des Pergamentbands 97

9.3 Tabellarische Auflistung der Messwerte zum Zugschertest 101

9.4 Tabellarische Auflistung der Messwerte zur T-Schälprüfung 108

9.5 Abbildungsverzeichnis Anhang..... 115

9.6 Tabellenverzeichnis Anhang..... 116

1 Einführung

Hausenblasenleim gilt unter den Proteinleimen als das bestgeeignete Klebemittel zur Verklebung von Pergament. Jeder Restaurator hat dabei durch jahrelange Erfahrung oder auf Empfehlungen anderer seinen speziellen Ansatz bei der Aufbereitung der Hausenblase. In der Literatur finden sich jedoch nur unzureichende Untersuchungen zur Messung der Klebkraft von Hausenblasenleim und Pergament.

Die vorliegende Arbeit mit dem Titel „Restaurierung eines feuchtigkeitsgeschädigten Pergamentbands aus dem 16. Jahrhundert auf der Grundlage einer Untersuchung zur Verklebung von Pergament mit Hausenblasenleim“ soll anhand zweier Testreihen untersuchen, in wie weit die bei der Extraktion der Hausenblase angewendete Zubereitungstemperatur und -zeit Auswirkungen auf die Klebkraft des Leims bezüglich Zug- und Scherfestigkeit hat. Vor den Testreihen steht die detaillierte Beschreibung der Herangehensweise bei der Probenherstellung. Auf die Testverfahren folgt die Darlegung eines Konzepts, welches auf die nacheinander durchzuführenden Arbeitsschritte bei der Restaurierung des Pergamentbands eingeht. Die gemessenen Klebkraftwerte sowie deren Interpretation bilden die Grundlage für die nachfolgende Restaurierung des Pergamentumschlags, welcher durch einen Feuchtigkeitseintrag im Rückenbereich stark beschädigt ist.

Das wesentliche Ziel der Restaurierungsarbeiten besteht in der Wiederherstellung der Benutzbarkeit sowie der Stabilität bei größtmöglichem Erhalt des Originals.

2 Beschreibung des Pergamentbands

Bei dem Buch aus dem Bestand der Bayerischen Staatsbibliothek München (4 L.impr.c.teg.mss. 9)[1], handelt es sich um einen Sammelband aus dem 16. Jahrhundert, bestehend aus drei Druckwerken, welche zu einem Buch gebunden wurden. Der Sammelband wurde in einen flexiblen Pergamentumschlag[2] aus dem 12. Jahrhundert[3] (Abb. 1, 2) eingebunden, woraus sich die Bezeichnung des Buchs als Pergamentband ergibt.

Alle drei Werke beinhalten zu einem Teil Texte griechischer Autoren und zumindest zwei der drei Werke (erstes und drittes Werk) wurden nachweislich in Frankreich gedruckt (siehe Kapitel 2.2 bis 2.4). Vermutlich wurden die Werke auf Grund dieser Übereinstimmungen in einen Sammelband zusammengebunden. Dem Titelblatt zufolge wurde das dritte und zugleich jüngste Werk 1574 gedruckt (siehe Kapitel 2.3). Demnach muss der Pergamentband nach 1574 gebunden worden sein.

Das Buch misst H x B x T (cm): 24,8 x 17,0 x 2,5. Der Band umfasst insgesamt 172 Blätter[4] und ist vollständig erhalten. Der Text wurde beidseitig auf Hadernpapier gedruckt.[5]

[1] L.impr.c.teg.mss. = Libri impressi cum tegumentis manuscriptis. Die Signatur bezeichnet Drucke mit Einbandmaterialien aus Handschriften. Die 4 vor dem Kürzel steht für das Buchformat (hier: Quartformat), vgl. Haller, 2011, S. 6 ff. Unter der Signatur sind im Onlinekatalog alle drei Werke zu finden.

[2] Nähere Informationen zum Pergamentumschlag s. Kapitel 2.1.

[3] https://opacplus.bsb-muenchen.de/metaopac/search?&query=4+L.impr.c.teg.mss.+9 (20.04.15).

[4] Die vordere und hintere Vorsatzlage ging nicht in die Blattzählung mit ein.

[5] Die Blätter des dritten Werks weisen am Vorder- und Fußschnitt zum Teil noch den originalen Büttenrand auf.

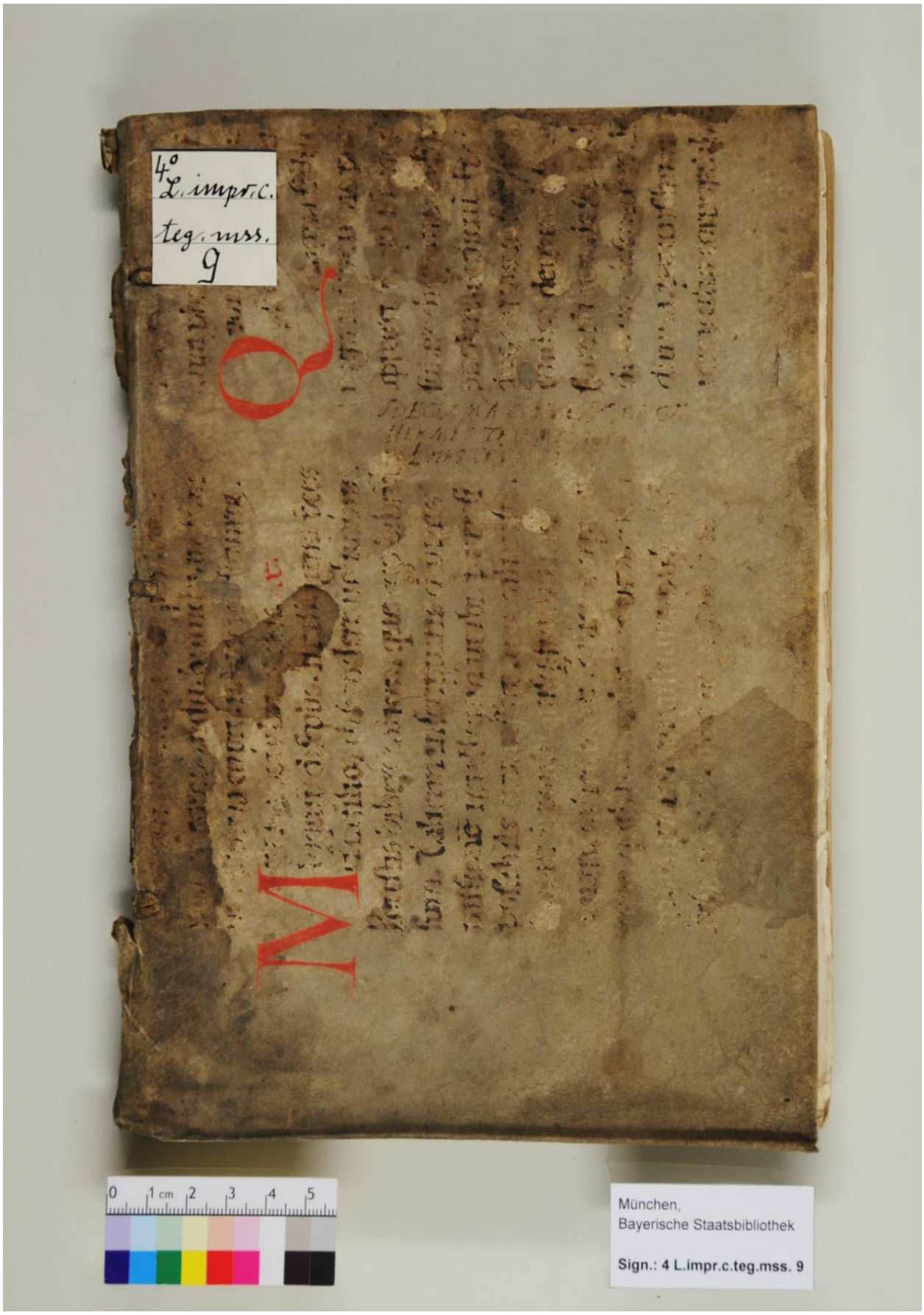


Abb. 1: Vorderansicht des Pergamentbands mit den im Falz des Umschlags durchgezogenen Bünden im Vorzustand (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss.9).

Abb. 2: Rückansicht des Pergamentbands mit den angedeuteten schweren Beschädigungen im Rückenbereich im Vorzustand. (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9)

2.1 Der Pergamentumschlag

Zum Schutz des Buchblocks wurde dieser mit einem flexiblen Pergamentumschlag aus beidseitig aufgerautem Schreibpergament (Kalb) versehen. Bei dem Pergamentumschlag handelt es sich um ein aus einem Homiliar[6] ausgelöstes handschriftliches Fragment aus dem 12. Jahrhundert[7], welches am oberen Einschlag beschnitten wurde. Der Umschlag besitzt keine Deckeleinlage aus Holz beziehungsweise aus Karton und wird deswegen als flexibel bezeichnet. Zur Verstärkung des Umschlags wurde dieser an allen vier Seiten mit Einschlägen versehen. Hier wurde das Pergament lediglich nach innen umgeschlagen und nicht zusätzlich verklebt. Das Pergamentblatt ist beidseitig beschrieben. Zur Schmückung des Textes wurden mehrere rote Initialen sowie eine in rot, grün, gelb eingetönte Rankeninitiale (auf der Außenseite der hinteren Hälfte des Umschlags, Abb. 2) eingefügt. Am unteren Einschlag finden sich noch originale Linierungslöcher, welche dem Schreiber halfen, den richtigen Zeilenabstand einzuhalten. Das Buch war ursprünglich mit vier Schließenbändern aus alaungegerbtem Leder ausgestattet. Diese sind durch Schlitze (ca. 1,0 cm lang) an der Vorderkante des Pergamentumschlags gezogen worden. Die Enden der Bänder wurden auf der Außenseite der Einschläge verklebt. Fragmente zweier Bänder finden sich noch in den oberen Schlitzen der Einschläge (Abb. 3).

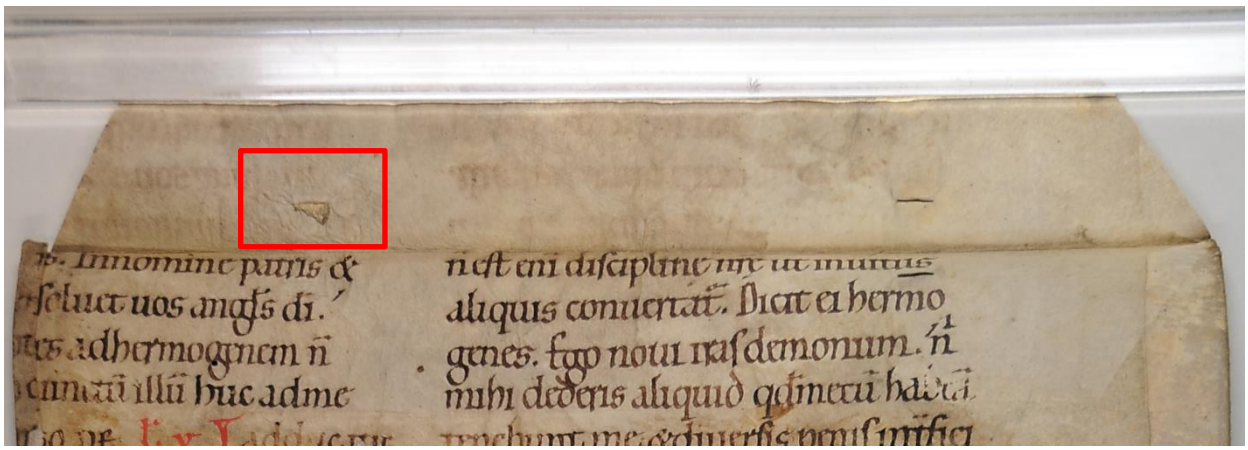


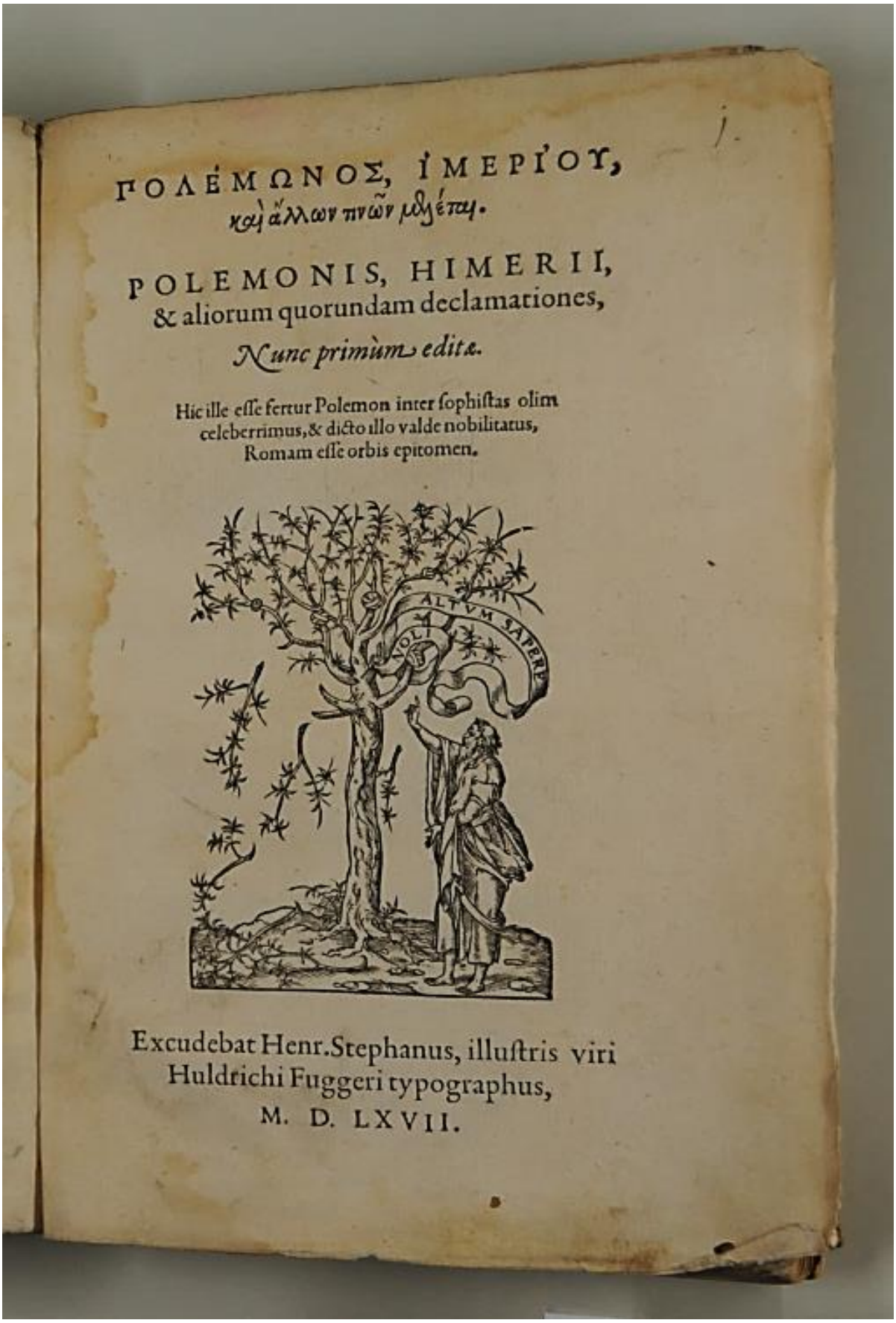
Abb. 3: Fragment eines Schließenbands im oberen Schlitz des aufgeschlagenen hinteren Einschlags (rot), (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9).

[6] Als Homiliar wird eine mittelalterliche Sammlung von Homilien (gr. Predigten) bezeichnet, welche nach dem Kirchenjahr geordnet sind.
[7] https://opacplus.bsb-muenchen.de/metaopac/search?&query=4+L.impr.c.teg.mss.+9 (20.04.15).

2.2 Das erste Werk des Bands

Das erste Werk des Bands trägt den Titel: *„Polemônos, Himeriou, kai allôn pnôn Mêletai, Polemonis, Himerii & aliorum quorundam declamationes, nunc primum editae.“*.[8]
Das Werk umfasst 50 Blätter und wird mit einem Titelblatt (Abb. 4) eingeleitet
Dem Titelblatt ist das Druckjahr 1567 sowie Henri II Estienne als Drucker zu entnehmen. Der Druckort wird hier nicht erwähnt. Jedoch wird in der Literatur von Paris ausgegangen.[9] Das Werk beinhaltet in griechischer Sprache gedruckte, ausgewählte Reden des Himerios sowie Erläuterungen in lateinischer Sprache und stellt die erste Ausgabe der Neuzeit dar.[10] Himerios gilt als einer der herausragenden Sophisten des 4. Jahrhunderts n. Chr. Er war ein Anhänger des alten griechischen Glaubens, was er in seinen Reden zum Ausdruck brachte. Zu Beginn des 4. Jahrhunderts wurde Himerios in der Stadt Prusias im kleinasiatischen Bithynien geboren und starb wohl Mitte der 380er Jahre. Himerios absolvierte das Rhetorikstudium in Athen und ging anschließend nach Konstantinopel, wo er zwischen 343 und 352 Rhetorik unterrichtete.[11] Im Anschluss ging Himerios zurück nach Athen und lehrte dort von 352 – 361. Zu seinen dortigen Schülern zählte unter anderem der spätere Kaiser Julianus. Im Winter 361/362 verließ Himerios Athen und begab sich schließlich an den Hof von Kaiser Julianus, wo er als ehemaliger Lehrer des Kaisers sowie als Verteidiger des alten Glaubens Wertschätzung fand. Ab etwa 369 n. Chr. war Himerios wieder als Rhetoriklehrer in Athen beschäftigt.[12]

[8] https://opacplus.bsb-muenchen.de/metaopac/search?&query=4+L.impr.c.teg.mss.+9 (20.04.15).
[9] Völker 2003, S. 15.
[10] Ebd., S. 15.
[11] Barnes 1987, zitiert nach: Völker 2003, S. 4.
[12] Völker 2003, S. 3 ff.



ΠΟΛΕΜΩΝΟΣ, ΙΜΕΡΙΟΥ,
καὶ ἄλλων τινῶν μελέται.

POLEMONIS, HIMERII,
& aliorum quorundam declamationes,
Nunc primùm edita.

Hic ille esse fertur Polemon inter sophistas olim
celeberrimus, & dicto illo valde nobilitatus,
Romam esse orbis epitomen.

Excudebat Henr. Stephanus, illustris viri
Huldrichi Fuggeri typographus,
M. D. LXVII.

Abb. 4: Titelblatt des ersten Werks des Bands mit dem Druckersignet des Henri II Estienne (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9).

Unterhalb des Titels befindet sich die Druckermarke des Henri II Estienne. Diese verweist auf das Ölbaumgleichnis: Paulus zeigt auf einen Ölbaum, auf den einige Zweige aufgepfropft sind und von dem andere Zweige herunterfallen. Auf dem Spruchband steht *„Noli altum sapere* [Seid nicht hochmütig! (Röm 11,21)]".[13] Henricus Stephanus stellt die latinisierte Namensform des Henri II Estienne dar. Henri II Estienne entstammt einer Drucker-Familie. Sein Vater Robert Estienne (*1499 †1559) druckte Ausgaben der lateinischen, griechischen und hebräischen Bibel und brachte mit seinem 1531 veröffentlichten *„Thesaurus linguae Latinae"* ein umfassendes Werk heraus, in welchem er den lateinischen Wortschatz aufarbeitete. Dank seiner herausragenden Druckqualität erhielt Robert Estienne den Titel eines Königlichen Druckers (*Typographus Regius*), zunächst für Latein und Hebräisch, dann auch für Griechisch und somit für die drei klassischen Sprachen der Humanisten. Von 1526 bis 1550 wirkte Robert Estienne als Drucker des französischen Königs François I. in Paris. Im Anschluss ging er zurück nach Genf, wo er für Johannes Calvin druckte. Sein Sohn Henricus Stephanus (*1531 in Paris, †1598 in Lyon), trat beruflich in die Fußstapfen des Vaters und betrieb ab 1557 dessen Buchdruckerei in Genf weiter. Henri II Estienne wandte sich ebenfalls dem Calvinismus zu und wurde ebenso wie sein Vater zum Drucker Calvins. Sein Hauptverdienst liegt jedoch in seinen Editionen klassischer Autoren. Als gewandter Philologe, der vor allem an der handschriftlichen Überlieferung der von ihm edierten und kommentierten Texte interessiert war, hat Henri II Estienne eine Vielzahl von Werken griechischer und lateinischer Autoren gedruckt und verlegt. Da die Kosten für seine Ausgaben häufig die Einnahmen durch deren Verkauf, überstiegen war Henri II auf finanzielle Förderung angewiesen. Zwischen 1558 – 1568 erhielt er diese Unterstützung durch den Augsburger Kaufmann und Bibliophilen Ulrich Fugger. Um seine Verbundenheit gegenüber Ulrich Fugger zu zeigen, bezeichnete sich Estienne in seinen Druckwerken wie auch in dieser Ausgabe, als Drucker-Verleger des berühmten Ulrich Fugger (*„illustris viri Huldrichi Fuggeri typographus"*). Zu Henricus Stephanus eindrucksvollsten Werken zählt der 1572 in fünf Foliobänden erschienene *„Thesaurus Linguae Graecae"*, eine Entsprechung zum *Thesaurus* seines Vaters. Von 1579 an druckte Estienne unter anderem für den französischen Hof und König Henri III.[14]

[13] http://www.ekd.de/calvin/arbeit/bibliothek/buch07.html (29.04.15).
[14] Widmann 1970, S. 8 ff.

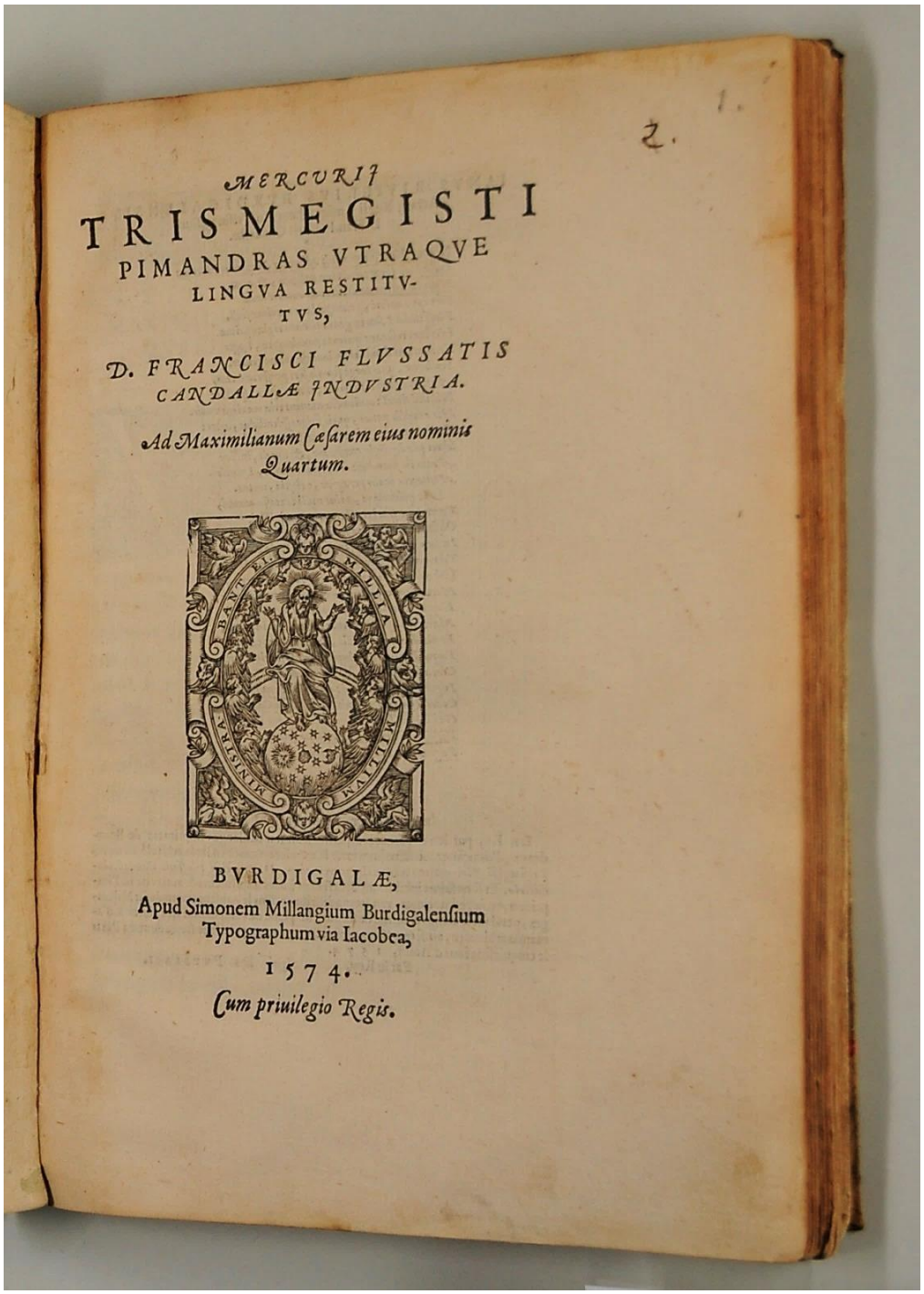
2.3 Das zweite Werk des Bands

Das zweite Werk des Pergamentbands trägt den Titel *„Mercurii Trismegisti Pimandras Utraque Lingua Restitutus“*[15] und bietet eine auf gegenüberliegenden Seiten lateinisch-griechisch gedruckte Parallelausgabe des Traktats *„De sapientia et potestate dei“* aus dem 2. Jahrhundert.[16] Das Werk (66 Blätter) beinhaltet das Traktat *Pimandras*, welches das erste der insgesamt 17 Traktate des *Corpus Hermeticum* (hermetische Schriften) darstellt und Hermes Trismegistos zugeschrieben wird. Hermes Trismegistos („der dreimal Größte“) ist die griechische Bezeichnung für den Mondgott der alten Ägypter (ägypt.: Thoth). Er war gleichzeitig Weltschöpfer, Gott der Zeit und des Maßes, Gott des Geistes und der Intelligenz. Inbegriffen sind: Lehrer der Künste und Wissenschaften, Erfinder von Sprache und Schrift, Schutzherr der Bibliotheken. Das *Corpus Hermeticum* bezeichnet eine Sammlung von Traktaten in Brief-, Dialog- und Predigtform über die Entstehung der Welt, die Gestalt des Kosmos sowie menschliche und göttliche Weisheit.[17] Das Werk schließt mit einem in zwei Kolumnen gedruckten Index.

Dem Titelblatt (Abb. 5) sowie dem auf dem letzten Blatt dieses Werks verso gedruckten Kolophon (*„Excudebat Simon Millangius Burdegalen- / sium Typographus Burdegalae Anno / Salutis Humanae 1574.“*) können Angaben zu den an der Bearbeitung des Werks beteiligten Personen, dem Druckort sowie dem Druckdatum entnommen werden. Demnach wurde das Werk im Jahre 1574 in Bordeaux von Simon Millanges gedruckt. Millanges wurde vermutlich vor 1540[18] in der französischen Region Limousin geboren und starb 1623 in Bordeaux. Simon Millanges entstammt einer Familie von Druckern und Buchhändlern. Er kam in jungen Jahren nach Bordeaux und wurde dort zunächst Lehrer an der Schule von Guyenne. 1572 gründete er seine eigene Druckerei. 1576 wurde Millanges zum ordentlichen Drucker des Königs von Bordeaux ernannt.[19] Millanges spielte in Bordeaux eine bedeutende Rolle in der Förderung des Humanismus und der Renaissance sowie der Gegenreformation. Das Druckersignet von Millanges, welches auch in diesem Werk in der Mitte des Titelblatts zu sehen ist, zeigt Gott mit dem Spruch *„Millia millium ministrabant ei.“*[20]. Als weitere an der Bearbeitung des Werks beteiligte Person wird auf dem

[15] https://opacplus.bsb-muenchen.de/metaopac/search?&query=4+L.impr.c.teg.mss.+9 (15.04.15)
[16] Brüning 2004, S. 71.
[17] Bonnet 2000, S. 289ff.
[18] http://thesaurus.cerl.org/record/cni00041484 (18.08.15).
[19] Nach Forschungsmeinungen (Labarre 1999, S. 187) wurde Millanges erst 1576 zum ordentlichen Drucker des Königs ernannt. Auf dem Titelblatt dieses Werks (von 1574) erscheint jedoch, in Zusammenhang mit Millanges, bereits der Zusatz „cum privilegio regis“ (dt. mit königlichem Privileg). Demnach müsste Millanges bereits vor 1576 das Privileg des Königs von Bordeux innegehabt haben.
[20] Labarre 1999, S. 187.

Titelblatt François de Foix Candale[21] angeführt. Candale war ein französischer Graf und lebte von 1502 bis 1594. Candale war hier vermutlich für die Übersetzung des Textes in Latein und Griechisch verantwortlich.[22]



MERCURII
TRISMEGISTI
PIMANDRAS VTRAQVE
LINGVA RESTITV-
TVS,

D. FRANCISCI FLVSSATIS
CANDALLÆ INDVSTRIA.

Ad Maximilianum Cæsarem eius nominis
Quartum.

BVRDIGALÆ,
Apud Simonem Millangium Burdigalensium
Typographum via Iacobea,
1574.
Cum priuilegio Regis.

Abb. 5: Titelblatt des zweiten Werks des Bands mit dem Druckersignet von Simon Millanges (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9).

[21] Es finden sich auch Varianten des Namens: Franciscus Flussas Candalla, Franciscus Flussas Candalla. Entnommen aus http://data.bnf.fr/14634553/francois_de_foix_candale/ (20.08.15).
[22] http://data.bnf.fr/14634553/francois_de_foix_candale/ (20.08.15).

2.4 Das dritte Werk des Bands

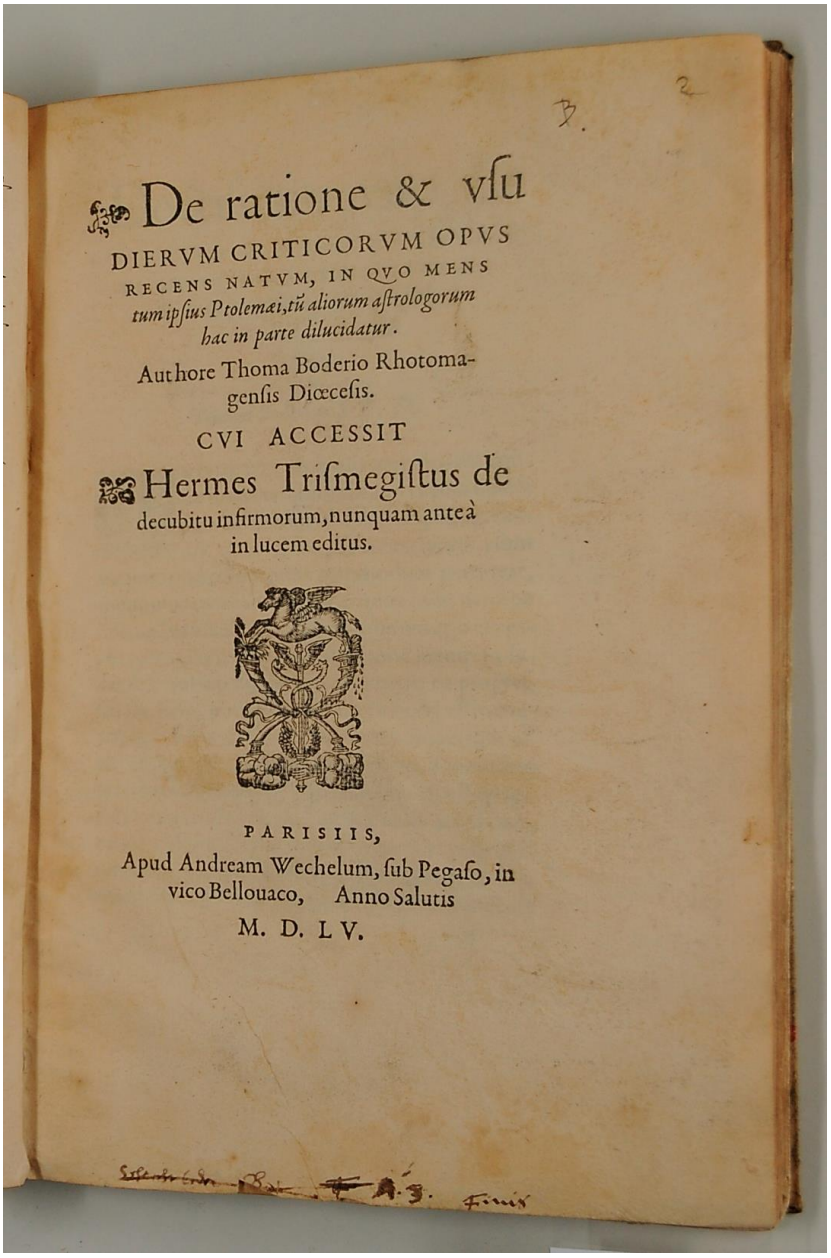
Das dritte Werk (66 Blätter) ist in lateinischer Sprache verfasst und trägt den Titel „*De ratione & usu. Dierum Criticorum Opus*“.[23] Das Werk beinhaltet zugleich ein bis dato noch nie gedrucktes Traktat des Hermes Trismegistos mit dem Titel „*De decubitu infirmorum*“[24], bei dem es sich um einen astrologisch-medizinischen Text handelt, wonach die sieben Planeten eine entscheidende Rolle für die Menschheit von dem Moment der Zeugung an spielten und Einfluss auf bestimmte Organe haben. So soll die Sonne zum Beispiel das rechte Auge, der Mond das linke Auge, und Saturn das Hören beeinflussen.[25]

Dem Titelblatt (Abb. 6) zu Folge wurde das Werk von Thomas Bodier verfasst und in Paris im Jahre 1555 von Andreas Wechel gedruckt und herausgegeben. Thomas Bodier war ein französischer Arzt und Astrologe. Der von ihm verfasste Text beinhaltet insgesamt 55 medizinische Horoskope. Grundlage dieser Horoskope bildete die von ihm zwischen 1549 und 1554 angefertigte Sammlung von Patientendaten, in welcher er die astrologischen Konstellationen beim Ausbruch der Krankheit bis hin zur Heilung oder gar bis zum Tod des Patienten zusammentrug. Bodiers Idee war es, die astrologischen Konstellationen des Patienten mit dem Ausgang der Krankheit zu vergleichen. Für ihn war die Prognose mithilfe der Sterne wichtiger als die Diagnose. Die 55 Fälle organisierte er in insgesamt vierzehn *observationes*, wobei jede *observatio* eine gewisse Anzahl an Fällen bündelte.[26]

Auf dem Titelblatt befindet sich zwischen Titel und Ortsangabe das Druckersignet Wechels. Es zeigt eine symmetrische Anordnung dreier antiker Motive: zwei gekreuzte Füllhörner, einen von Schlangen umwundenen geflügelten Heroldstab (*Caduceus*), den zwei aus Wolken kommende Hände halten und ein über allem springendes Flügelpferd (Pegasus).[27] Auf dem letzten Blatt des Werks befindet sich verso das Druckerkolophon: „*Excudebat Andreas Wechelus, sub Pegaso, in / vico Bellouaco, Anno Salutis / 1555.*“. Wechel (*unbekannt, †1581) gehörte einer bedeutenden Buchdrucker- und Buchhändlerfamilie des 16. Jahrhunderts an. Sein Vater Christian Wechel (* unbekannt, † 1554), stammte vermutlich aus Basel und war ab 1522 in Paris als Buchhändler tätig.[28] Nach dem Tod seines Vaters hatte Andreas Wechel in Paris dessen Verlag übernommen und druckte beziehungsweise verlegte dort wissenschaftliche und französische Gegenwartsliteratur. Wechel wurde auf Grund seiner Doppelfunktion (Drucker und Verleger) als „*Typographus*

[23] https://opacplus.bsb-muenchen.de/metaopac/search?&query=4+L.impr.c.teg.mss.+9 (20.04.15).
[24] Faber 1754, S. 533.
[25] Erskine 2012, S. 163.
[26] Broecke 2005, zitiert nach: Pomata 2011, S. 54 f.
[27] Estermann 2005, S. 75 f.
[28] Steiff 1896, S. 364 ff.

et Bibliopola" bezeichnet und unterschied sich so von den Buchdruckern, Buchführern und Buchbindern. Auf Grund religiös-motivierter Repressalien gegen die Hugenotten musste Wechel aus Paris fliehen und ließ sich 1572 in Frankfurt am Main nieder, wo er seine Druckerei bis kurz vor seinem Tod 1581 betrieben hat.[29]



De ratione & vſu
DIERVM CRITICORVM OPVS
RECENS NATVM, IN QVO MENS
tum ipſius Ptolemæi, tũ aliorum aſtrologorum
hac in parte dilucidatur.
Authore Thoma Boderio Rhotoma-
genſis Diœceſis.
CVI ACCESSIT
Hermes Triſmegiſtus de
decubitu infirmorum, nunquam anteà
in lucem editus.

PARISIIS,
Apud Andream Wechelum, ſub Pegaſo, in
vico Bellouaco, Anno Salutis
M. D. LV.

Abb. 6: Titelblatt des dritten Werks des Bands mit dem Druckersignet Wechels (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9).

[29] Richter 1967, zitiert nach: Estermann 2005, S. 71 ff.

2.5 Signaturen und Stempel

Auf der Außenseite des Pergamentumschlags befinden sich zwei aufgeklebte Papierschilder mit unterschiedlichen Signaturen. Das Signaturschild in der linken oberen Ecke, trägt die aktuelle Signatur des Pergamentbands („4° L.impr.teg.mss. 9“). Das zweite Signaturschild, auf dem Rücken des Umschlags, trägt die Signatur „A.Gr.C. 37“.[30] Diese Signatur findet sich in einer leicht veränderten Version („coll.a.gr. 37.“), mit Bleistift geschrieben, verso auf der zweiten Blatthälfte des vorderen Vorsatzes, am oberen Rand. Neben der Signatur finden sich zwei weitere mit Bleistift geschriebene Anmerkungen: „4°“, welche das Buchformat (Quartformat) angibt und „Stephanus“, welches auf den Drucker des ersten Werks verweist. Am unteren Rand des Blattes ist mit Tinte eine weitere Signatur geschrieben „Auct.Gr.Vet.Collect.49“.[31] Zusätzlich findet sich auf zwei Blättern (verso auf dem ersten Titelblatt und verso auf dem letzten Blatt der letzten Lage) der Stempel der Bayerischen Staatsbibliothek.

2.6 Lagensignaturen und -schema

Der Buchblock besteht aus insgesamt 43 Lagen, darunter befinden sich 40 Binionen (aus zwei Doppelbögen zusammengesetzte Lagen), ein Ternion (eine aus drei Doppelbögen zusammengesetzte Lage) und zwei Lagen, welche nur aus einem Doppelblatt bestehen. Die ersten 13 Lagen bilden das erste Werk des Bands, die nachfolgenden 16 Lagen das zweite und die restlichen 14 Lagen das dritte Werk. Die Blätter des Buchblocks wurden bis auf den in Lage P des zweiten Werks befindlichen Index, welcher in zwei Kolumnen gedruckt wurde, in einer Kolumne beidseitig bedruckt. Unterhalb des Textblocks befindet sich am rechten Rand, auf der Vorderseite des Blattes, die mitgedruckte Lagensignatur. Ohne Signatur blieb das jeweilige Titelblatt der drei Werke. Diese drei Blätter wurden bei der Bogenzählung zwar vom Drucker berücksichtigt, jedoch weisen sie keine entsprechende Signatur auf.

Im ersten Werk wurden die Blätter einer Lage bis zum ersten Blatt nach der Lagenmitte mit einer Lagensignatur versehen. Als Lagensignatur dient ein Großbuchstabe aus dem lateinischen Alphabet (A – M), die Blattzahl innerhalb einer Lage ist durch ein „i“ vermerkt. Die erste Lage trägt mit einem vorangestellten „*“, eine von der Lagenzählung unabhängige Lagensignatur. Ab der zweiten Lage wurde dann mit dem Alphabet begonnen. Ab der ersten Seite der zweiten Lage

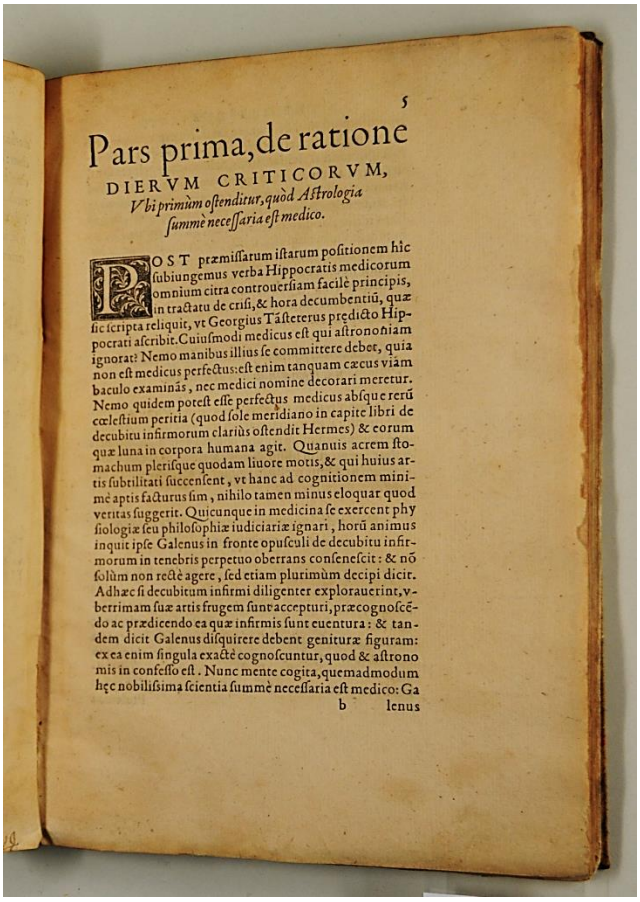
[30] A.Gr.C. steht für Auctores graeci antiqui profani collecti und bezeichnet Sammelwerke griechischer Autoren bis 1500, vgl. Haller 2011, S. 14.

[31] Das Kürzel ist in den „Repertorien der Bayerischen Staatsbibliothek“ nicht aufgeführt, sodass davon ausgegangen werden kann, dass diese Signatur von einer vorhergehenden Provenienz angebracht wurde.

(Lage A) wurde oberhalb des Textblocks zudem eine Kollationierung des Werks in Form einer Paginierung aufgedruckt.

Die Lagensignatur des zweiten Werks unterscheidet sich von der des ersten Werks. Hier wurde die Lagensignatur nur auf die erste Hälfte der Doppelblätter einer Lage mitgedruckt. Die Signatur besteht aus einem Großbuchstaben aus dem lateinischen Alphabet (A – P, ohne J) sowie einer Ziffer, welche die Blattzahl innerhalb der Lage angibt. Die erste Lage wurde von dieser Lagenzählung ausgeschlossen und erhielt mit einem „†“ eine unabhängige Signatur.

Die Blätter des dritten Bands erhielten eine Lagensignatur, welche sich aus einem Kleinbuchstaben aus dem lateinischen Alphabet (a – o, ohne j) sowie einem „i“ zusammensetzt. Das „i“ verweist wiederum auf die Blattzahl innerhalb einer Lage. Oberhalb des Textblocks befindet sich zudem eine mitgedruckte Foliierung in arabischen Ziffern. Neben der Lagensignatur wurde auf den ersten drei Lagen dieses Werks eine weitere Ordnungshilfe in Form einer Kustode[32] aufgedruckt (Abb.7).



5

Pars prima, de ratione
DIERVM CRITICORVM,
Vbi primùm ostenditur, quòd Astrologia summè necessaria est medico.

POST præmissarum istarum positionem hic subiungemus verba Hippocratis medicorum omnium citra controuersiam facilè principis, in tractatu de crisi, & hora decumbentiũ, quæ sic scripta reliquit, vt Georgius Tãsteterus prędicto Hippocrati ascribit. Cuiusmodi medicus est qui astronomiam ignorat? Nemo manibus illius se committere debet, quia non est medicus perfectus: est enim tanquam cæcus viam baculo examinãs, nec medici nomine decorari meretur. Nemo quidem potest esse perfectus medicus absque rerũ cœlestium peritia (quod sole meridiano in capite libri de decubitu infirmorum clariùs ostendit Hermes) & eorum quæ luna in corpora humana agit. Quanuis acrem stomachum plerisque quodam liuore motis, & qui huius artis subtilitati succensent, vt hanc ad cognitionem minimè aptis facturus sim, nihilo tamen minus eloquar quod veritas suggerit. Quicunque in medicina se exercent physiologiæ seu philosophiæ iudiciariæ ignari, horũ animus inquit ipse Galenus in fronte opusculi de decubitu infirmorum in tenebris perpetuo oberrans consenescit: & nõ solùm non rectè agere, sed etiam plurimùm decipi dicit. Adhæc si decubitum infirmi diligenter explorauerint, vberrimam suæ artis frugem sunt accepturi, præcognoscẽdo ac prædicendo ea quæ infirmis sunt euentura: & tandem dicit Galenus disquirere debent genituræ figuram: ex ea enim singula exactè cognoscuntur, quod & astronomis in confesso est. Nunc mente cogita, quemadmodum hęc nobilissima scientia summè necessaria est medico: Ga

b lenus

Abb. 7: Folio 5 recto der zweiten Lage des zweiten Werks mit der mitgedruckten Foliierung am oberen Rand sowie der unter dem Textblock angebrachten Lagensignatur (b) und Kustode (lenus) (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9).

Aus der vorherigen Beschreibung ergibt sich für den Buchblock folgendes Lagenschema:

$_{*}{}^{2}$ A-L^{4} M^{2} $_{\dagger}{}^{4}$ A-O^{4} P^{6} a-o^{4} [33]

[32] Als Kustode bezeichnet man die in der rechten unteren Ecke des Blatts angebrachte Angabe der Anfangssilbe oder des ersten Worts des Folgeblatts.

[33] Die Zahl der Blätter einer Lage ist hier als Exponent nach der Bogensignatur vermerkt. Bei mehreren Lagen mit der gleichen Blattzahl steht der Exponent nach der letzten Lage mit dieser Blattzahl.

2.7 Bünde und Heftung

Die Lagen wurden auf drei erhabene Doppelbünde aus alaungegerbtem Leder (ca. 0,5 – 1,0 cm breit) aufgeheftet. Die Lederbünde wurden dafür in Buchblockbreite längs geschlitzt. Die Bünde wurden zum Ende hin spitz zugeschnitten, sodass diese leichter durch den Pergamentumschlag gezogen werden konnten. Abbildung 8 zeigt den unteren der drei Doppelbünde.

Abb. 8: Unterer geschlitzter Doppelbund (die Aufnahme entstand während der Restaurierung des Bands, nach Separierung von Buchblock und Pergamentumschlag. München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9).

Die Lagen wurden vorwiegend mittels Durchaushefftung geheftet. Vermutlich um die Steigung des Buchblockrückens ein wenig zu reduzieren, wurden einige Lagen mittels Wechselstichheftung geheftet. Neben den verwendeten Heftlöchern finden sich im Falz der Lagenmitten weitere Einstichlöcher. Diese stammen vermutlich von einer vorangegangenen Heftung, bevor die Werke zusammen in einen Sammelband gebunden wurden.[34]

2.8 Verbindung von Buchblock und Pergamentumschlag

Eine direkte Verbindung des Buchblocks mit dem Pergamentumschlag existiert heute nur noch über die Lederbünde. Die Bundenden wurden im Falz des Umschlags nach außen geführt und kommen durch ein nebengelegenes zweites Bundloch schließlich auf der Innenseite des Umschlags zum Liegen. Dort wurden sie nicht zusätzlich verklebt. Eine zusätzliche Verbindung der beiden Komponenten bestand ursprünglich in einem vorgehefteten Doppelblatt, wobei eine Blatthälfte dieser Vorsatzlage als Spiegel auf der Innenseite des Pergamentumschlags verklebt wurde. Die Doppelblätter wurden zudem im Falz auf der ersten beziehungsweise letzten Lage verklebt (Abb. 9).

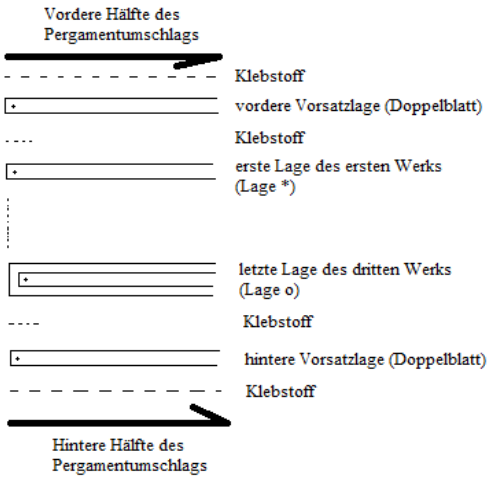


Abb. 9: Schematische Darstellung der ursprünglichen Verbindung von Buchblock und Pergamentumschlag durch die vordere und hintere Vorsatzlage.

[34] Das Einstichprotokoll befindet sich im Institut für Bestandserhaltung und Restaurierung in der Bayerischen Staatsbibliothek München.

3 Zustandsbeschreibung des Pergamentbands

Der Pergamentband erlitt einen Feuchtigkeitsschaden. Zudem finden sich zahlreiche Beschädigungen auf Grund mechanischer Beanspruchung. Das Kapitel geht zunächst auf den Erhaltungszustand des Pergamentumschlags, im Anschluss auf den des Buchblocks ein.

3.1 Zustandsbeschreibung des Pergamentumschlags

Der Pergamentumschlag ist oberflächlich stark verschmutzt. Der ursprüngliche Farbton des Pergaments ist noch unterhalb der Einschläge zu erkennen, da das Pergament an diesen Stellen vor Staub und Schmutz geschützt war. Die Oberfläche ist zudem stark berieben und die Schrift zum Teil verblasst und nicht mehr lesbar. Eingelaufene Flüssigkeit hat den Bereich des Rückens stark beschädigt. Dieser führte zu einer zusätzlichen Verdunklung des Pergaments, vor allem auf der Außenseite des Umschlags. Der Feuchtigkeitseintrag hatte auch eine Abnahme des Volumens des Pergaments sowie dessen Verhärtung zur Folge. Durch den übermäßigen Feuchtigkeitseintrag sowie mechanischer Belastung entstanden im Rückenbereich zwei Fehlstellen unterschiedlichen Ausmaßes. Die obere Fehlstelle ist etwa 6,5 cm lang und 0,5 cm breit. Die darunter liegende Fehlstelle bemisst sich auf etwa 11,5 cm in der Länge und 2,9 cm in der Breite. Entlang der Fehlstellen befinden sich kleine Risse sowie mehrere umgeschlagene Bereiche. Das Pergament ist im Rückenbereich unflexibel und brüchig. Auf Grund mechanischer Beanspruchung beim Öffnen und Schließen des Buches weist das Pergament auch einzelne Brüche, welche parallel zum Falz verlaufen, auf.
An der unteren Kante ist der Pergamentumschlag von der vorderen, rechten Ecke ausgehend ca. 0,3 cm weit eingerissen. Die untere Kante ist auf Grund der stehenden Lagerung zudem leicht aufgestoßen. In der vorderen unteren Ecke als auch links der großen Fehlstelle findet sich jeweils ein durch Insekten verursachtes Loch. Auf der hinteren Hälfte des Pergamentumschlags befindet sich auf dem oberen Einschlag ein rosa-violetter Fleck, dessen Herkunft nicht geklärt werden konnte. Vermutlich handelt es sich hierbei um Rückstände eingelaufener Farbmittel.

In der unteren Ecke des hinteren Teils des Pergamentumschlags sowie auf dem vorderen und hinteren Einschlag befinden sich auf der Außenseite parallel verlaufende Spuren (Abb. 10). Diese entstanden vermutlich bei der Herstellung des Schreibpergaments, indem man die meist getrocknete Haut mittels eines Schabmessers (lat. rasoria, novacula) mit einer halbmondförmigen Klinge (lat. lunellarium) auf die gewünschte Stärke schabte.[35]

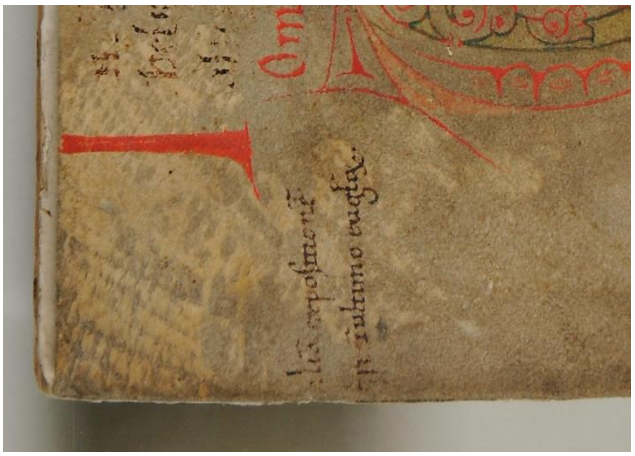


Abb. 10: Bei der Herstellung des Schreibpergaments entstandene parallel verlaufende Schabspuren in der unteren Ecke auf der Außenseite des Pergamentumschlags (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9).

Auf der Innenseite des Pergamentumschlags befinden sich partiell aufgeklebte Spiegelfragmente sowie vereinzelt Klebstoffreste der ehemaligen Spiegelverklebung. Die im vorderen und hinteren Falz des Pergamentumschlags befindlichen Bundschlitze bzw. -löcher sind teilweise leicht ausgerissen.

Abbildungen 11 und 12 zeigen die Zustandskartierung des Pergamentumschlags.

[35] Fuchs 2001, S. 49.

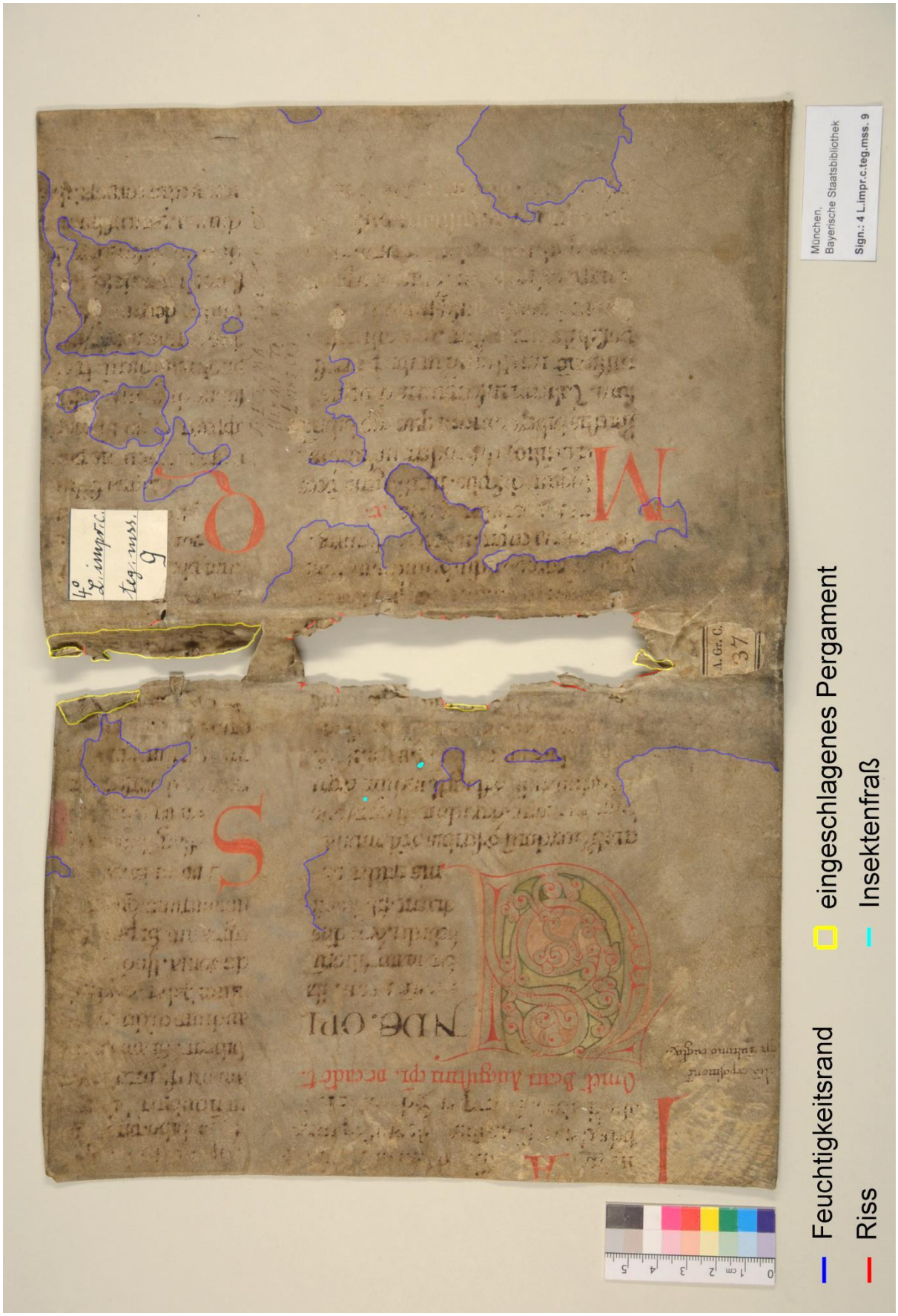


Abb. 11: Zustandskartierung der Außenseite des Pergamentumschlags (Die Fehlstellen im Rückenbereich wurden nicht in die Kartierung aufgenommen, da dessen Ausmaße zu diesem Zeitpunkt nicht eindeutig bestimmt werden konnten. Die Aufnahme entstand nach der im Zuge der Restaurierung getätigten Separierung von Pergamentumschlag und Buchblock. München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9).

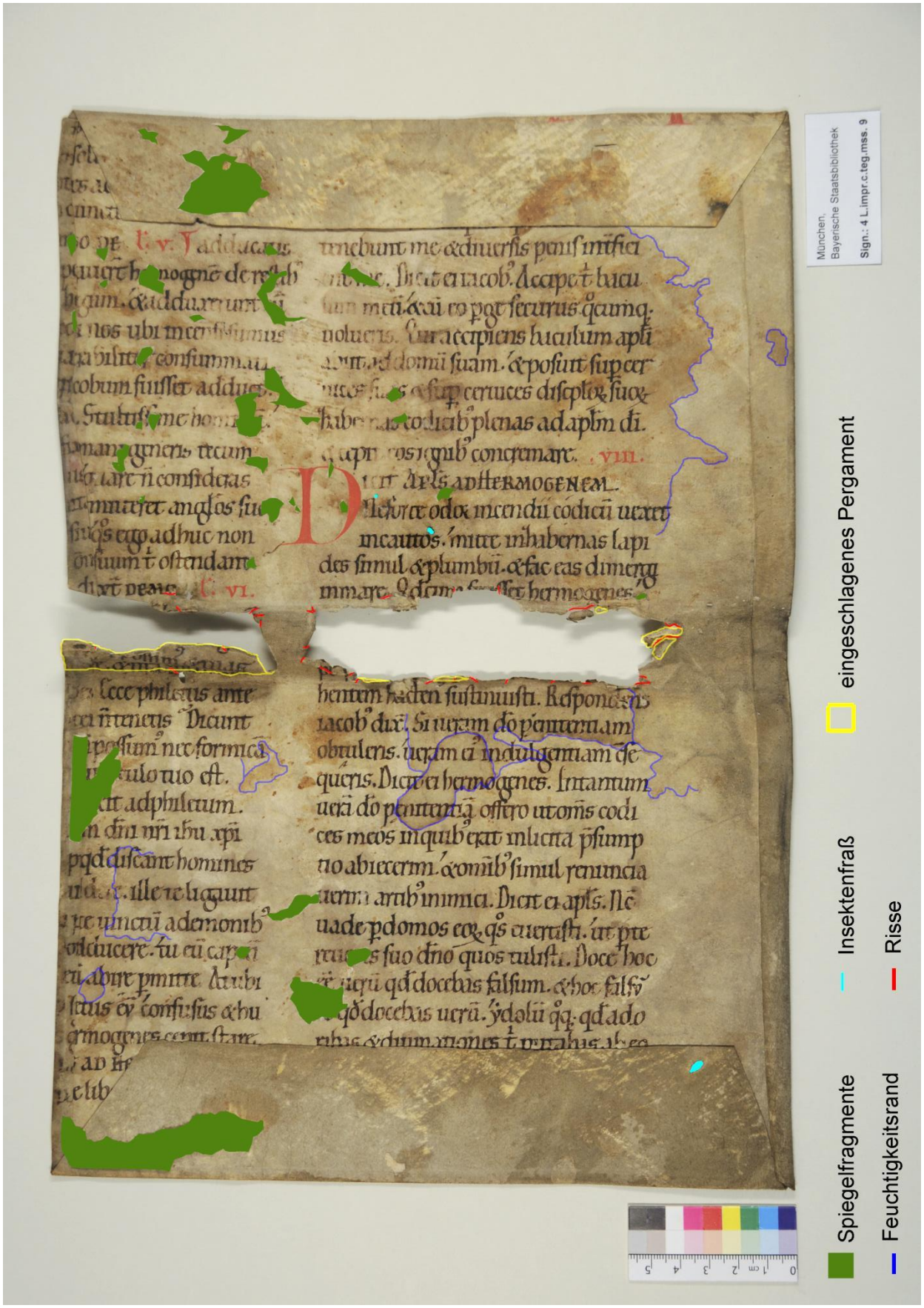


Abb. 12: Zustandskartierung der Innenseite des Pergamentumschlags (Die Fehlstellen im Rückenbereich wurden nicht in die Kartierung aufgenommen, da dessen Ausmaße zu diesem Zeitpunkt nicht eindeutig bestimmt werden konnten. Die Aufnahme entstand nach der im Zuge der Restaurierung getätigten Separierung von Pergamentumschlag und Buchblock. München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9).

3.2 Zustandsbeschreibung des Buchblocks

Alle drei Schnitte des Buchblocks sind verschmutzt, wobei der Kopfschnitt auf Grund der stehenden Lagerung am meisten verschmutzt ist. Etwa in der Mitte des Buchblocks liegt über mehrere Lagen eine Gegenrundung des Buchblocks (Abb. 13) vor. Hier „schießt“ der Buchblock leicht nach vorne. Die Bünde sind allesamt sehr steif und unflexibel und dadurch auch extrem brüchig. Das vordere mittlere sowie das hintere mittlere und obere Bundende sind gebrochen. Alle drei Bünde sind im Bereich der Gegenrundung durch zahlreiche Brüche stark geschwächt. Auf dem ersten Bundfeld befindet sich ein aufgeklebtes Pergamentstück (Abb. 13), welches sich teilweise vom Buchblockrücken gelöst hat und auf Grund der eingelaufenen Flüssigkeit sowie im Zuge der Gegenrundung des Buchblockrückens leicht verworfen ist. Die Funktion dieses Pergamentstücks konnte nicht eindeutig geklärt werden. Es könnte sich hierbei um eine Art Lagenverstärkung handeln, welche die Fälze der Lagen stabilisieren soll. Möglicherweise war das Pergamentstück auch Teil einer Hinterklebung, wobei das restliche (bei einer Hinterklebung des unteren und oberen Bundfeldes) beziehungsweise die restlichen drei Pergamentstücke (bei einer Hinterklebung jedes Bundfeldes) verloren gegangen sein müssten. Unwahrscheinlich ist hingegen, dass das Pergamentstück als Kapitalgrundlage gedient haben soll, da sich in dem Pergamentstück keine Einstichlöcher, durch welche bei der Kapitalherstellung zwangsläufig geheftet werden musste, befinden. Zusätzlich finden sich auf dem Buchblockrücken Reste einer Rückenleimung (Abb. 13).

Abb. 13: Buchblockrücken mit den freiliegenden Heftfäden der vorderen / hinteren Vorsatzlage und der ersten Lage des ersten Werks sowie dem auf dem ersten Bundfeld aufgeklebten Pergamentfragment (Die Aufnahme entstand nach der im Zuge der Restaurierung des Bands getätigten Separierung von Buchblock und Pergamentumschlag, München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9).

Der übermäßige Feuchtigkeitseintrag und der damit einhergehende leichte mikrobielle Befall führte auf den ersten und letzten Blättern, am Kopfschnitt, zu einer Abnahme des Volumens des Papiers, welches sehr weich und „flauschig“ wurde. Zusätzlich entstanden durch die Feuchtigkeit im Falzbereich des Buchblocks sowie in Bereichen des Kopf- und Fußschnitts große, braune

Feuchtigkeitsränder. Zusätzlich zeigt sich am Kopfschnitt der letzten Blätter des Buchblocks eine rosa-violette Verfärbung des Papiers, welche durch eingedrungene Farbe entstand (Abb.14).

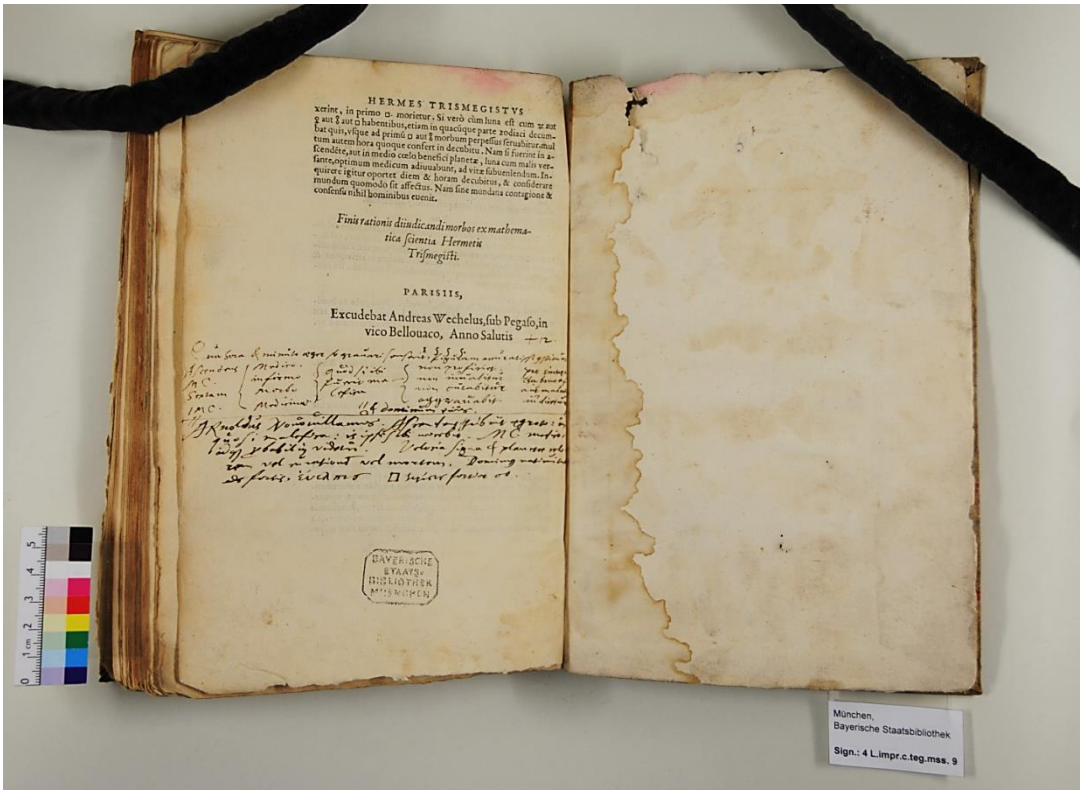


Abb. 14: Extremer Feuchtigkeitsrand im Falz des Buchblocks, eingerissene Blattkanten sowie durch Farbeintrag entstandene rosa Verfärbung am Kopfschnitt. (Folio 4 verso der letzten Lage des dritten Werks mit der im Falz verklebten Blatthälfte der hinteren Vorsatzlage. München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9).

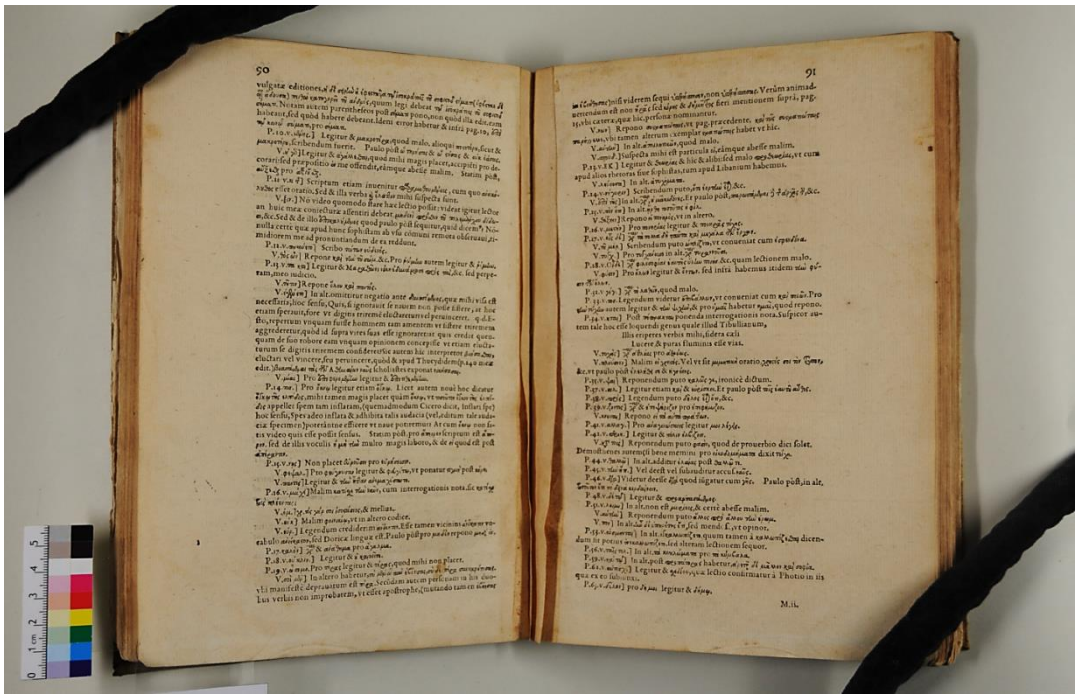


Abb. 15: Altreparatur in Form eines im Falz verklebten Papierstreifens. (Folio 1 verso und Folio 2 recto (Lage M, zweites Werk). München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 l.impr.c.teg.mss. 9)).

Beim ersten Drittel des Buchblocks ist die vordere untere Ecke geknickt beziehungsweise gestaucht. Innerhalb des Buchblocks finden sich vereinzelt Risse im Papier, zudem sind mehrere Fälze eingerissen. Vor allem die ersten und letzten Seiten sind stark beschädigt und weisen an den Blattkanten umgeschlagene Bereiche sowie zahlreiche Risse auf. In der Mitte der letzten Lage (Lage M) des ersten Werks befindet sich eine Altreparatur (Abb.15). Hier wurde ein Papierstreifen in den Falz eingeklebt, um die getrennten Blatthälften wieder miteinander zu verbinden. Ob diese Reparatur erst bei der Einbindung in diesen Sammelband oder bereits zu einem früheren Zeitpunkt ausgeführt wurde, ist ungewiss. Die Verklebung des Streifens hat sich teilweise gelöst. Die ehemals partiell auf dem Pergamentumschlag verklebten Spiegel wurden entlang des Falzes von der zweiten Blatthälfte abgetrennt und fehlen. Dieser Verlust liegt womöglich darin begründet, dass man die darunter liegende Schrift lesen wollte. Durch die Entfernung der Spiegel liegt der Heftfaden des vorderen und hinteren Vorsatzes frei. Zudem ist die erste Lage des Buchblocks (Lage ∗) im Falz fast auf der gesamten Länge gerissen, sodass auch der dort befindliche Heftfaden frei liegt, welcher zudem an mehreren Stellen gerissen ist. Des Weiteren ist der Heftfaden mehrerer Lagen des zweiten Werks (Lagen B – L) stellenweise gerissen. Im zweiten Werk fand ein leichter Abbau der Tinte statt. Hier schlagen die handschriftlichen Anmerkungen am Rand des Textblocks auf die Rückseite durch, und es liegt eine bräunliche Hofbildung um die Schrift vor (Abb. 16).

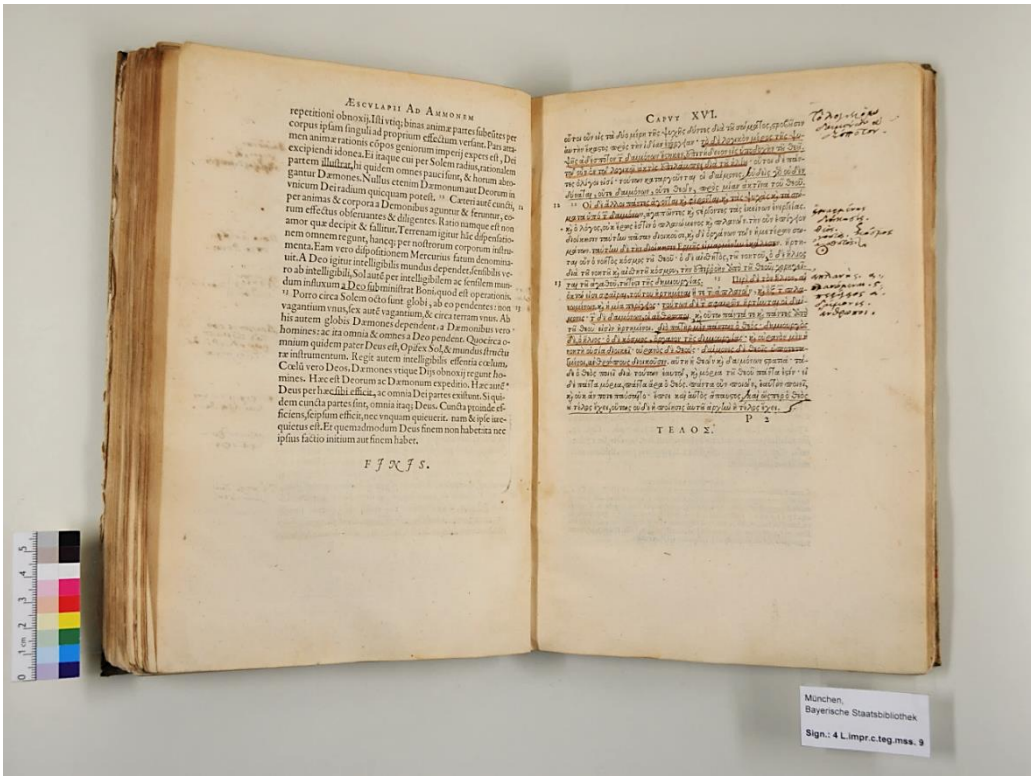


Abb. 16: Auf die Rückseite des Blatts durchgeschlagene Marginalien (dt.: Randnotizen) in Eisengallustinte. (Folio 1 verso, Folio 2 recto (Lage P, zweites Werk). München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9)).

4 Testreihen zur Klebekraft verschiedener Hausenblaseansätze

Im Zuge der anstehenden Restaurierung des Pergamentumschlags sollen Klebekrafttests unterschiedlich zubereiteter Hausenblasenleime durchgeführt werden. Die Tests sollen Aufschluss darüber geben, wie unterschiedliche Zubereitungszeiten und -temperaturen bei der Extraktion der Hausenblase deren Klebekraft beeinflussen. Die Ergebnisse der Tests bildeten die Grundlage für die Wahl des bei der Fehlstellenergänzung des Pergamentumschlags verwendeten Hausenblasenansatzes.

Das Kapitel geht zunächst auf theoretische Vorüberlegungen ein (Kapitel 4.1 bis einschließlich 4.3), wie die Auswahl der Materialien und Testverfahren. Des Weiteren folgt eine Übersicht über die verwendeten Zubereitungstemperaturen und -zeiten bei der Extraktion der Hausenblase sowie die Ermittlung der für die Testverfahren erforderlichen Probenmenge. Im Anschluss an den theoretischen Teil des Kapitels folgt die Beschreibung der praktisch durchgeführten Arbeitsschritte zur Herstellung der Leimfolien, dem Zuschnitt des Trägermaterials sowie der Herstellung der Proben für die Testverfahren. Am Ende des Kapitels stehen die Durchführung der Testverfahren sowie die Auswertung der Messergebnisse.

4.1 Auswahl der Materialien und Testverfahren

Um möglichst nah an der restauratorischen Praxis der Einbandrestaurierung testen zu können, wurde für die Klebekrafttests als Trägermaterial ein bei der Einbandrestaurierung verwendetes einseitig aufgerautes Kalbspergament[36] (Ø 0,32 mm dick) ausgewählt. Als Klebemittel diente ein aus der Salianski-Hausenblase[37] hergestellter Leim. Als Hausenblase bezeichnet man die getrocknete, präparierte, innere, pulpöse und vaskuläre Haut der Schwimmblase verschiedener in europäisch-asiatischen Gewässern lebenden Acipenser-Arten (Stör), zu denen auch der Hausen zählt.[38] Der englische Begriff „Isinglass“ bezeichnet dabei nicht nur die Gelatine aus der Hausen- oder Störblase, sondern auch die aus der Schwimmblase verschiedener anderer Fische. Die hier genützte Salianski-Hausenblase bezeichnet eine getrocknete, meist ganze Blase und ist neben der vorbehandelten, weißen Hausenblase im Handel erhältlich.[39] Bereits der BROCKHAUS von 1911 nennt die Salianskij-Hausenblase als die beste russische Sorte, welche aus Saljany

[36] Carl Wildbrett, Bobingen.
[37] Kremer Pigmente, Aichstetten.
[38] Ramstedt-Chemnitz 1932, S. 421.
[39] Haupt 2000, S. 23 ff.

stammt. Neben dieser Sorte findet sich die als weniger gute Sorte ausgewiesene Somowjij-Hausenblase, welche vom Wels bereitet wird[40]. Die Hausenblase zählt neben dem Pergamentleim, dem Hautleim und der Gelatine zu den Proteinleimen (Glutinleimen).[41]

Die Vorzüge der Hausenblase gegenüber anderen Glutinleimen sind vielfältig. So stellte HABEL-SCHABLITZKY fest, dass die Klebekraft von Fischblasenleimen bei 10 %igen Lösungen über denen von Haut- und Hasenleimen liegt sowie gute Alterungseigenschaften bei Lichteinfluss zeigen.[42]

FUCHS untersuchte verschiedene Proteinleime im Hinblick auf deren Alterungsverhalten und kam zu dem Schluss, dass sich Hausenblase und eventuell noch Gelatine für Restaurierungen am besten eignet, da diese beim Altern keine negativen Verfärbungen und Veränderungen zeigen.[43]

Sorte	Handels name	Hergestellt aus:	Kleber	Alterungs-verhalten	Herstellung durch:
Hautleim	Körnerleim, Hasenleim	Knorpel, Haut	Abgebautes Collagen	Braun	Kochen, evtl. mit Dampf
Pergamentleim		Pergament	Collagene (1 % Elastin)	Gelblich	Schmelzen bei 40 °C
Hausenblase	Fischleim, Störleim	Schwimmblase des Störs	Collagene (20–50 % Elastin)	Schwach gelblich	Schmelzen bei 40 °C
Casein		Milcheiweiß	Milchproteine	Braun	Aufschliessen mit Kalk, Borax, Phosphorsäureester
Eiweiß	Albumin	Hühnereiweiß	Albumine (kurzkettig)	Spröde, glänzend, gelblich	Rückstand aus dem Eischnee
Gelatine		Knorpel, Haut, Knochen gereinigt	Abgebautes Collagen	Gelblich, spröde	Typ A: Aufschluss mit Alkalien Typ B: Aufschluss mit Säure

Tab. 1: Vergleich verschiedener Proteinleime (Quelle: FUCHS 2001, S. 60).

Nach MICHEL et al. zeigte Störleim im Vergleich zu Gelatine bei Langzeitstabilitätstests (UV-Strahlung und Klimaschwankungen) optisch sowie in Bezug auf mechanische Eigenschaften die geringsten Veränderungen.[44]

[40] http://www.zeno.org/Brockhaus-1911/A/Hausenblase (16.06.15).
[41] Fuchs 2001, S. 60.
[42] Habel-Schablitzky 1992, S. 94.
[43] Fuchs 2001, S. 61.
[44] Michel et al. 2002, S. 274.

Weiter zeichnet sich der Hausenblasenleim durch seine hohe Transparenz, Elastizität, Hygroskopizität und einen niedrigen Gelpunkt (Gelierpunkt) aus.[45] Störleim ist zudem unlöslich in Öl, Wachs, organischen Lösungsmitteln und Alkohol[46] und bleibt nach dem Trocknen in kaltem Wasser quellbar und in warmem Wasser kolloidal löslich.[47]

Auf Grund des nahezu identischen Brechungsindexes von Hausenblase und Pergament bringt die Verklebung mittels Hausenblasenleim auch optische Vorteile mit sich, da nach der Verklebung die Klebestelle meist nicht mehr sichtbar ist. Ein weiterer Vorteil ist, dass Hausenblase als Proteinleim im Materialsystem des Pergaments bleibt. Auf Grund des hohen Elastinanteils (laut FUCHS 20 – 50 %) ähnelt der Klimareflex von Hausenblase dem des Pergaments, wodurch kaum Spannungen beim Trocknen der Verklebung entstehen.[48] Auch BELAYA testete verschiedene tierische Leime (Knochenleim, Gelatine und Störleim) in Hinblick auf deren Belastungsfähigkeit und Ausdehnung bis zum Bruch. BELAYA nennt Störleim wegen seines soliden und elastischen Leimfilms von den untersuchten tierischen Leimen als bestgeeignet für die Restaurierung von Hauteinbänden und Pergament.[49]

Den Hauptbestandteil der Hausenblase bildet das Kollagen.[50] Während der Leimherstellung wird Kollagen durch thermische Denaturierung von der wasserunlöslichen Form in die wasserlösliche Form überführt, die allgemein als Glutin bezeichnet wird. Nach HAUPT findet jedoch keine chemische Umwandlung von Kollagen zu Glutin statt, so dass eine Substanz Glutin real nicht existiert. Vielmehr stehe Glutin für den Zustand des denaturierten Kollagens.[51]

Über den Gehalt an Kollagen in Schwimmblasen finden sich in der Literatur widersprüchliche Aussagen, die Werte reichen von 79 – 85 %[52] bis hin zu 98 %[53]. Laut Lieferant liegt der Eiweißgehalt der Salianski-Hausenblase bei 80 %.[54]

Kollagen (gr. kolla = Leim, gennan = erzeugen)[55] stellt das häufigste bei den Wirbeltieren vorkommende Protein dar und bildet den Hauptbestandteil des Bindegewebes, der Haut, der Knochen, der Sehnen, Knorpel, Zähne und Blutgefäße.[56] Kollagen zählt zu den Skleroproteinen und ist ein wasserunlösliches, faserig aufgebautes, tierisches Protein. Es macht bis zu 25 % des Pro-

[45] Przybylo 2006, S. 117
[46] Brandis 1990, S. 127.
[47] Reuber 2010, S. 23.
[48] Fuchs 2001, S. 60 ff.
[49] Belaya 1970, S. 221 ff.
[50] Ramstedt-Chemnitz 1932, S. 421.
[51] Haupt 2000, S. 17.
[52] Seyb 1956, S. 209.
[53] Leach 1967, S. 8.
[54] http://www.kremer-pigmente.com/media/files_public/63110_SHD_DEU.pdf. (S. 1) (10.06.15.)
[55] http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/kollagen/36671 (06.08.15).
[56] Haupt 2000, S. 25.

teingehalts des menschlichen und tierischen Körpers aus.[57] Das Kollagen erfüllt verschiedene Aufgaben: Es besitzt eine stützende Funktion und ist zudem für den Wasser- und Elektrolythaushalt von Bedeutung, da es bis zu einem Drittel der Körperflüssigkeit enthält.[58] Die Grundeinheit des Kollagens bildet das Tropokollagen, das aus drei gleich langen, aus ca. 1000 Aminosäuren aufgebauten Peptidketten besteht, in denen die Tripeptidsequenz Gly–X–Y (X und Y = beliebige Aminosäuren, X häufig Prolin, Y häufig Hydroxyprolin) vielfach wiederholt ist.[59] Die genaue Abfolge der Aminosäuren innerhalb einer Aminosäurekette, die man **α**-Kette nennt, wird als Primärstruktur des Kollagens bezeichnet. Jede dieser leicht spiralförmig verlaufenden **α**-Ketten ist zusätzlich zu einem linksgedrehten Strang verdrillt (Sekundärstruktur).[60] Drei **α**-Ketten lagern sich schließlich zu einer gemeinsamen rechtsdrehenden Spirale, der Tripelhelix zusammen (Tertiärstruktur), die durch Wasserstoffbrückenbindungen stabilisiert wird.[61] Bei dem Kollagentyp, der hauptsächlich in Haut, Sehnen und Knochen vorhanden ist (Typ I Kollagen), wird das Kollagenmolekül aus zwei in ihrer Aminosäuresequenz identischen **α**-Ketten (**α**1-Ketten) und einer leicht davon abweichenden Kette (**α**2-Kette) gebildet. Das Kollagen Typ I sorgt für eine hohe Reiß- und Zugfestigkeit der Kollagenfaser.[62] Eine wichtige Voraussetzung für die Ausbildung der Tripelhelix ist, dass jede dritte Position mit Glycin besetzt ist, das im Inneren der Tripelhelix angeordnet ist, während die Seitenketten der anderen Aminosäuren nach außen ragen und so für zwischenmolekulare Wechselwirkungen zur Verfügung stehen. Diese Struktur wird durch den hohen Gehalt an den Aminosäuren Prolin und Hydroxyprolin stabilisiert. Die Tripelhelices lagern sich zu lockeren Fibrillen aneinander. Durch zwei Arten von Quervernetzungen (intramolekulare und intermolekulare) verfestigen sich die aneinandergelagerten Ketten im Laufe der Zeit zu unlöslichem, reifem Kollagen. Erwärmt man das Tropokollagen, so bricht bei einer bestimmten Temperatur die Tripelhelixstruktur zusammen und schmilzt, sodass sich eine „chaotische" Struktur (Gelatine) ergibt.[63] Nach HICKMAN et al. liegt diese Temperatur bei Schwimmblasen bei 29°C und somit weit unter der Denaturierungstemperatur von Kollagen anderer Säugetiere, welche ihnen zufolge bei 40 – 41°C liegt. HICKMAN et al. erklärten sich den Temperaturunterschied durch den niedrigeren Gehalt an Hydroxyprolin in der Schwimmblase, welcher essentiell für die Ausbildung von Wasserstoffbrückenbindungen zwischen den Hydroxylgruppen und den Peptid-

[57] http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/kollagen/36671 (06.08.15).
[58] Haupt 2000, S. 25.
[59] http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/kollagen/36671 (06.08.15).
[60] Haupt 2000, S. 25.
[61] Veis 1964, zitiert nach Haupt 2000, S. 25.
[62] Westphal et al. 2003, S. 44.
[63] Haupt 2000, S. 25 ff.

ketten ist und somit zur Stabilisierung der Tripelhelix beiträgt.[64] Zudem variiert die Temperatur der Denaturierung des Kollagens je nach Temperatur des Lebensraumes der Fische.[65] HAUPT stellte weiter eine Abhängigkeit der Denaturierungstemperatur kollagener Fasern zum Grad der Quervernetzung (und damit vom Alter der Tiere und der Art der Gewebe) fest.[66]
Für die unter Restauratoren wertgeschätzte hohe Elastizität des Hausenblasenleims sorgt der darin befindliche Anteil an Elastin. Elastin bezeichnet eine Kollagenfaser. Es besteht alternierend aus kristallinen Bereichen und amorphen Zonen, die durch ihre gezielte Quervernetzung elastische Eigenschaften aufweisen. In der Literatur schwankt der Gehalt an Elastin in der Schwimmblase zwischen 1 %[67] und 50 %.[68]

Zur Prüfung der Klebekraft unterschiedlich zubereiteter Hausenblasenleime auf Pergament sollen diese mittels zweier Prüfverfahren auf ihre Zug- und Scherfestigkeit hin getestet werden. Die Prüfmethoden sollen in Anlehnung an DIN EN 1465 „Klebstoffe – Bestimmung der Zugscherfestigkeit von Überlappungsklebungen“[69] sowie an DIN EN ISO 11339 „Klebstoffe – T-Schälprüfung für geklebte Verbindungen aus flexiblen Fügeteilen“[70] durchgeführt werden. Die Messung der Bruchkraft bzw. der T-Schälkraft erfolgte mittels einer Zugprüfmaschine[71] (Abb. 17), in welche die Prüfkörper eingespannt werden.

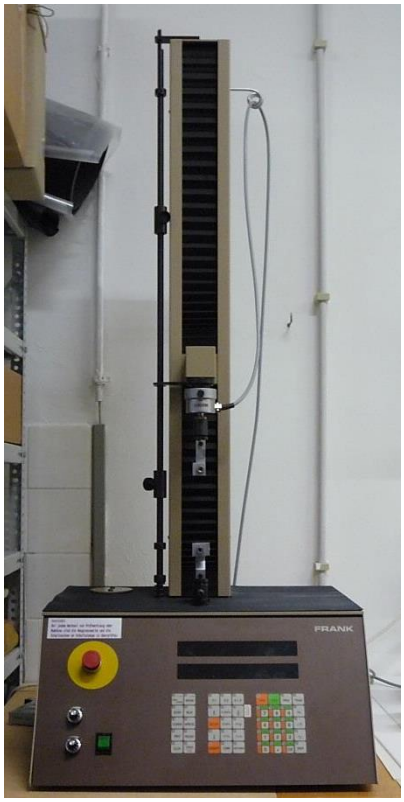


Abb. 17: Verwendete Zugprüfmaschine der Fa. Frank-PTI GmbH.

[64] Hickman et al. 2000, S. 245ff.
[65] Haug et al. 2004, zitiert nach: Schellmann 2009, S. 36.
[66] Haupt 2000, S. 30.
[67] Hickman et al. 2000, S. 250.
[68] Fuchs 2001, S. 18.
[69] DIN EN 1465:2009
[70] DIN EN ISO 11339:2010.
[71] Easy-Test-Prüfmaschine 86802/E mit Rechner 81062 in Epis-Pult, Frank-PTI GmbH, die der DIN 51221-1:1993 entspricht.

4.2 Zubereitungstemperaturen und -zeiten

Die Leimlösungen sollen bei unterschiedlichen Temperaturen und verschiedenen Erwärmungszeiten hergestellt werden. Die ausgewählten Temperaturen von 38°C, 45°C, 55°C und 70°C, basierten auf HAUPTs Beobachtungen, denen zufolge die Temperatur und Zeit ausschlaggebend für die in Lösung gehenden Inhaltsstoffe der Blasen sind.[72] Die Erwärmungszeiten wurden auf ein, zwei und vier Stunden festgelegt.

Die verschiedenen Leimlösungsansätze wurden mit Kürzeln versehen, welche Aufschluss über die verwendete Zubereitungszeit und deren zugehörige Temperatur geben. Das vorangestellte S steht für die Leimart (Salianski-Hausenblase). Zum Beispiel bezeichnet das Kürzel S 2/55 einen für die Dauer von zwei Stunden bei 55°C aus getrockneter Blase hergestellten Hausenblasenleim. Insgesamt wurden für die nachfolgenden Prüfverfahren zwölf verschiedene Ansätze zubereitet (Tab. 2).

Zeit / Temp.	1h	2h	4h
38°C	S 1/38	S 2/38	S 4/38
45°C	S 1/45	S 2/45	S 4/45
55°C	S 1/55	S 2/55	S 4/55
70°C	S 1/70	S 2/70	S 4/70

Tab. 2: Zusammenstellung der in dieser Arbeit verwendeten Kürzel der zwölf verschiedenen Hausenblasenansätze.

4.3 Probenmenge und -größe

Neben den Auswirkungen unterschiedlicher Zubereitungstemperaturen und -zeiten auf die Klebekraft, sollten zudem vier unterschiedliche Konzentrationen (5 %, 10 %, 20 %, 30 %) des Hausenblasenleims getestet werden. Dies soll Aufschluss darüber geben, in wie weit eine Verdopplung beziehungsweise eine Verdreifachung der Konzentration die Klebekraft der Hausenblasenleime beeinflusst und wie groß die Klebekraftunterschiede zwischen den einzelnen Konzentrationen sind. Um in den späteren Testverfahren ein statistisch aussagekräftiges Ergebnis zu erhalten, sollen pro Leimansatz und entsprechender Konzentration, pro Test, fünf Probekörper in Form von Probestreifen hergestellt werden. Die Anzahl von fünf Prüfkörpern entspricht der

[72] Haupt 2000, S. 56 ff.

Mindestanzahl, in den für die Klebekraftmessungen herangezogenen Normen.[73] Daraus ergibt sich pro Test eine Probenmenge von 240 Stück (Tab. 3).

Klebstoff-ansatz / Konzentration	S 1/38	S 2/38	S 4/38	S 1/45	S 2/45	S 4/45	S 1/55	S 2/55	S 4/55	S 1/70	S 2/70	S 4/70
5%	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
10%	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
20%	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
30%	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
										pro Test:		240 Proben
										bei zwei Tets:		480 Proben

Tab. 3: Ermittlung der herzustellenden Probenanzahl für ein beziehungsweise beide Testverfahren.

Da jede Probe aus zwei Pergamentstreifen besteht, welche für die Prüfung der Zugscherfestigkeit überlappend beziehungsweise für die T-Schälprüfung auf Stoß miteinander verklebt werden sollen, ergibt sich eine Streifenanzahl von insgesamt 960 Stück (480 Prüfkörper à 2 Streifen).

In den für die nachfolgenden Prüfverfahren relevanten Normen wird die Probengröße eines verklebten Prüfkörpers wie folgt angegeben (Abb. 18, 19):

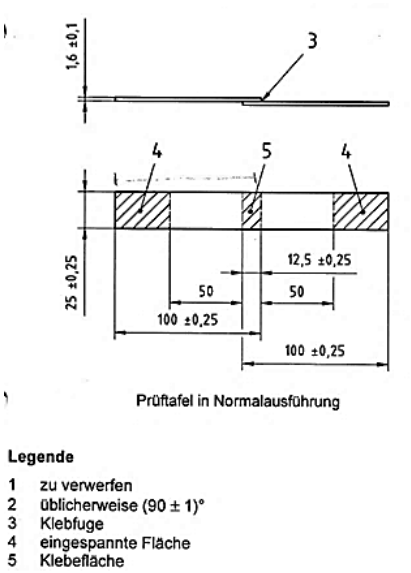


Abb. 18: Form und Maße der Prüfkörper für den Zugschertest in normgerechter Ausführung (Quelle: DIN EN 1465:2009, S. 8).

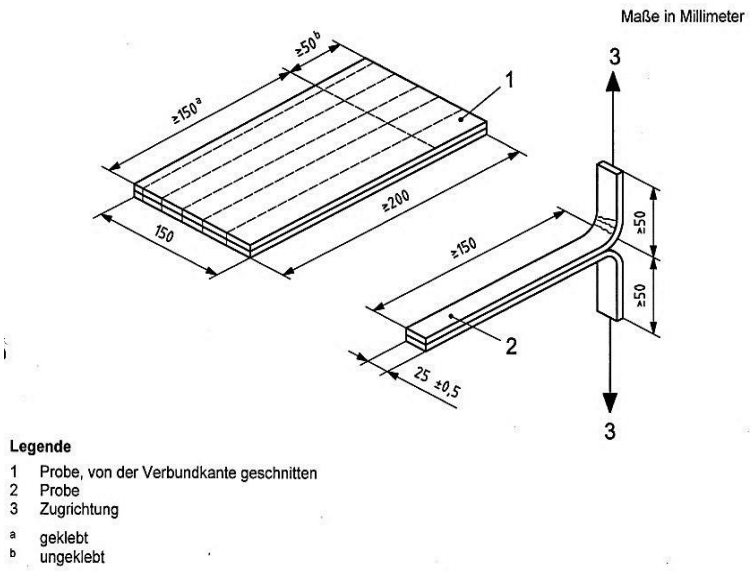


Abb. 19: Form und Maße einer Verbundverklebung vor dem Schneiden und Einzelproben nach dem Schneiden zur T-Schälprüfung (Quelle: DIN EN ISO 11339:2010, S. 6).

[73] DIN EN 1465:2009, S. 6. / DIN EN ISO 11339:2010, S. 6.

Um die Prüfkörper später ohne Überstand in die Spannbacken der Prüfmaschine einspannen zu können, wurde die Breite der einzelnen Proben von 25 auf 15 mm geschmälert. Die Länge (100 mm) der für die Zugscherfestigkeitsprüfung verwendeten Prüfkörper sowie die Höhe der Klebefläche (12,5 mm) entsprechen den Norm-Werten. Die Länge der für die T-Schälprüfung verwendeten Prüfkörper wurde von 200 mm auf 100 mm eingekürzt. Durch die Verkürzung der Proben konnte Material eingespart werden, was bei einer derart großen Probenmenge (480 Proben) bedeutsam war. Zudem spielte die Länge der Prüfkörper bei der späteren Messung keine allzu große Rolle, da zur Messung der Klebekraft bereits eine kurze Strecke von ca. 2,0 cm, auf welcher sich die verklebten Schichten voneinander trennten, ausreichte. Das Längenmaß der nicht geklebten Enden wurde aus der Norm übernommen.

4.4 Herstellung der Leimfolien

Das Kapitel zur Herstellung der Leimfolien und der damit verbundenen Extraktion der Hausenblase beinhaltet mehrere Arbeitsschritte, angefangen beim Einweichen beziehungsweise Quellen der rohen Hausenblase, über die Erwärmung und dem Filtrieren, bis hin zum Ausgießen und Trocknen der Hausenblasenlösungen.

4.4.1 Quellen der Hausenblase

Pro Leimlösungsansatz wurden 50 ml hergestellt. Dazu wurden jeweils 5 g der zerkleinerten Salianski-Schwimmblasen[74] auf 0,002 g genau abgewogen und in 100 ml Glasgefäße[75] gegeben. Anschließend wurden die Gläser mit 45 ml deionisiertem Wasser aufgefüllt, sodass sich ein Verhältnis von 1 Feststoff : 9 Wasser ergab. Die Gläser wurden mit einem Glasstopfen abgedichtet, woran sich eine Quellzeit von 24 Stunden anschloss.
Die von HAUPT festgestellte Beobachtung, worin die mit deionisiertem Wasser angesetzten Blasenstücke bereits nach wenigen Stunden sämtliches Wasser aufgenommen hatten[76], konnte nicht bestätigt werden. Zwar zeigten die eingeweichten Blasenstücke ebenfalls eine Zunahme an Volumen, jedoch war nach 24 Stunden noch etwa ein Drittel des Wassers abgießbar. Möglicherweise liegen die Quellunterschiede in der Vorbehandlung der Schwimmblasen begründet, welche

[74] Saliansky-Hausenblase,Kremer Pigmente Aichstetten, 100 g-Beutel. Die getrockneten Schwimmblasen wurden mit der Schere in ca. 0,5 x 1,0 cm große Stücke geschnitten.
[75] Erlenmeyerkolben mit Normschliff.
[76] Haupt 2000, S. 52.

in Lösungen eingeweicht werden, um sie zu entfetten, bzw. an „konservatorischen“ Behandlungen der aus dem Fisch entnommenen Blasen.[77]

4.4.2 Temperieren und Filtrieren der Hausenblasenlösungen

Nach einer Quellzeit von 24 Stunden wurden die Leimlösungsansätze entsprechend der zuvor festgelegten Temperaturen (Kapitel 4.2.) jeweils für eine, zwei und vier Stunden im Wasserbad erhitzt. Um die große Anzahl an Leimlösungsansätzen (insgesamt zwölf Ansätze) zu sortieren, wurden die Glasgefäße mit dem entsprechenden Kürzel gekennzeichnet (z. B. S 1/38) und immer nur drei Ansätze bei derselben Temperatur gleichzeitig temperiert. Die Glasgefäße wurden mit einem Magnetrührstäbchen versehen und mittels Glasstopfen abgedichtet. Anschließend erfolgte die Erwärmung auf drei beheizbaren Magnetrührern. Um die Temperatur kontrollieren zu können, wurde jedes Wasserbad mit einem Glasthermometer versehen. Da die beheizbaren Magnetrührer kleinen Temperaturschwankungen unterliegen, wurde eine Toleranz von ± 2°C während der Temperierung eingeräumt. Die Zubereitungszeiten begannen zu laufen, sobald die Wasserbäder die vorgegebenen Temperaturen erreicht hatten.
Vor beziehungsweise nach der Temperierung erfolgte für jeden Klebstoffansatz eine Messung des pH-Wertes mittels Glaselektrode und einem pH-Meter[78] (Tab. 4).

Leimlösungsansatz	pH-Wert vor der Temperierung	pH-Wert nach der Temperierung
S 1/38	6,01	6,2
S 2/38	6,13	6,34
S 4/38	5,7	6,12
S 1/45	6,25	6,25
S 2/45	6,33	6,16
S 4/45	6,38	6,25
S 1/55	6,43	6,19
S 2/55	6,36	6,14
S 4/55	6,26	6,13
S 1/70	6,53	6,21
S 2/70	6,64	6,34
S 4/70	6,6	6,38

Tab. 4.: Gemessene pH-Werte der Leimlösungen vor und nach der Temperierung.

[77] Przybylo 2004, S. 28.
[78] pH-Meter, Fa. Mettler Toledo, Seven Easy mit Unitrode, Fa. Metrohm.

Die gemessenen pH-Werte zeigten vor der Temperierung im Schnitt einen Wert von 6,3 und nach der Temperierung einen Wert von durchschnittlich 6,24. Die auf 38°C erwärmten Ansätze zeigten nach der Temperierung einen leichten Anstieg der pH-Werte. Möglicherweise gelangen hier die leicht basischen Aminosäuren, welche sich zuvor noch innerhalb der Kollagenstränge befunden haben, an die Oberfläche der Kollagenstränge, was zu einem leichten Anstieg des pH-Wertes führte. Bei den restlichen Ansätzen konnte ein Abfall des pH-Werts mit zunehmender Zubereitungstemperatur beobachtet werden. Dies ist eventuell bereits ein Indiz für den Abbau der Kollagenstränge und der damit einhergehenden Kettenkürzung, welche zu einer Senkung des pH-Wertes führt.

Um nicht-gelöste Bestandteile aus den Ansätzen zu entfernen, wurden diese durch ein doppellagiges Gewebe[79] filtriert, welches zuvor in deionisiertem Wasser für ca. eine halbe Stunde ausgekocht worden war. Das Gewebe wurde leicht durchhängend über einem Glasgefäß mittels eines Gummibands fixiert (Abb. 20). In die entstandene Mulde des Gewebes wurde dann die Leimlösung in kleinen Dosen stetig nachgegossen. Durch das leicht durchhängende Gewebe wurde ein übermäßiges Aufsaugen der Flüssigkeit durch das Gewebe sowie ein Wandern der Flüssigkeit von der Mitte in Richtung der Randbezirke, wie PRZYBYLO während des Filtrierens mit gespanntem Filter beobachtete, vermieden.[80] Durch das doppelt gelegte Gewebe genügte bereits ein einmaliges Filtrieren der Leimansätze, um die nicht-gelösten Bestandteile auszufiltern

Abb. 20: Mit einem Gewebe bedecktes Becherglas zum Filtrieren der Leimlösungen.

4.4.3 Ausgießen und Trocknen der Hausenblasenlösungen

Die filtrierten Leimansätze wurden auf dünne Polyesterfolien (0,1 mm dick) ausgegossen. Die Polyesterfolien wurden zuvor an den Ecken mit Selbstklebestreifen fixiert. Die Fixierung der Untergrundfolien war erforderlich, um ein durch Trocknungsspannungen verursachtes Verwerfen und unkontrolliertes Einrollen zu verhindern. Vor dem Ausgießen der Lösungsansätze wurden die Polyesterfolien mit Ethanol (99 %) und anschließend mit deionisiertem Wasser und ei-

[79] feines Batist-Gewebe, auf 1,5 cm² Fläche: 45 Kettfäden und 55 Schussfäden, u.a. bei Weipert, München.

[80] Przybylo 2004, S. 30.

nem nicht-fusselnden Zellstofftuch abgerieben, um mögliche Fett- und Schmutzreste zu entfernen. Nun wurden die Lösungen möglichst gleichmäßig auf die Polyesterfolien ausgegossen und bei ca. 24°C und 47 % rF getrocknet. Um einen Staubeintrag in die klebrigen Lösungsansätze und eine daraus resultierende Verunreinigung zu unterbinden, wurden die Lösungen während der Trocknung über Abstandshalter mittels Kunststoffgitter abgedeckt. Für eine Trocknungsbeschleunigung wurde ein Ventilator in der Nähe der Leimlösungen platziert. Eine schnell fortschreitende Trocknung der Hausenblasenleime ist wichtig, da diese ansonsten schnell durch oberflächlichen mikrobiellen Befall geschädigt würden und somit für die weitere Anwendung nicht mehr zu gebrauchen wären.

Direkt nach dem Ausgießen der Leimlösungen konnte ein Zusammenziehen der Lösungen von den Randbereichen hin zur „inneren“ Leimfläche beobachtet werden. Zudem bildeten sich kleine Inseln aus, welche während der Trocknung immer größer wurden. Dies liegt womöglich an der vorhandenen Oberflächenspannung. Auf Grund der Inselbildung und der daraus folgenden unkontrollierten Ausbildung von Strukturen konnte keine einheitliche Schichtdicke der Leimfolien erzielt werden. Ein weiteres Phänomen konnte vor allem bei den hoch temperierten Lösungsansätzen (70°C) beobachtet werden. Hier hob sich die ausgegossene Folie gegen Ende der Trocknungszeit extrem von der Untergrundfolie ab (Abb. 21).

Abb. 21: Von der Trägerfolie abgehobene und verformte Leimfolie des bei einer Stunde auf 70°C erwärmten Ansatzes.

Im Vergleich zu den gering erwärmten Lösungen trockneten die auf 55°C und 70°C erhitzten Lösungsansätze schneller. Diese waren bereits nach 20 Stunden getrocknet, wohingegen die restlichen Ansätze erst nach ca. 24 Stunden getrocknet waren. Die kürzere Trocknungszeit der hoch temperierten Lösungen liegt womöglich in der noch in den Leimen vorhandenen höheren Grundwärme begründet. Die getrockneten Leimfolien wurden in kleine Stücke (ca. 1,0 cm x 0,5 cm) geschnitten und in mit dem jeweiligen Kürzel des Lösungsansatzes versehene verschließbare PP-Kunststoffdosen gegeben und an einem dunklen und trockenen Ort aufbewahrt.

4.5 Zuschneiden des Trägermaterials der Proben

Dem in den Normen genannten Vorschlag, die Proben aus Verbünden zu schneiden, wurde entsprochen. Diese Methode ermöglichte ein wesentlich effizienteres und strukturierteres Arbeiten. So sollen später fünf Proben aus einem Verbund geschnitten werden. Hierfür wurden pro Test 96 so genannte „Probenpakethälften“[81] aus den zur Verfügung stehenden Pergamenten[82] zugeschnitten, welche später, der Testmethode entsprechend, miteinander verklebt werden sollen. Die „Probenpakethälften“ waren allesamt 10,0 cm hoch und 8,5 cm breit (Abb. 22). Die Breite der Probenpakete beinhaltet die Breite der fünf zu verklebenden Probestreifen sowie einen Überstand von 0,5 cm, welcher sich rechts und links der fünf direkt nebeneinander liegenden Probestreifen befindet. Ohne diesen Überstand könnte eine Verfälschung der Messergebnisse auftreten, da der aufgetragene Klebstoff zu den Seiten der Probenpakete herausquellen könnte und so die Kanten der außenliegenden Probestreifen zusätzlich mit Klebstoff versehen werden würde.

Abb. 22: Zugeschnittene Probenpakethälfte aus einseitig aufgerautem Kalbspergament.

[81] Zwei verklebte Probenpakethälften bilden ein Probenpaket. Für die Anzahl von 240 Proben pro Test benötigt man demnach 96 Probenpakethälften, welche zu 48 Probenpaketen verklebt wurden. Aus den Probenpaketen wurden später die Probestreifen geschnitten.

[82] Insgesamt wurden für den Zuschnitt des Trägermaterials knapp vier Kalbspergamente (insgesamt knapp 1,75 m²) verwendet. Verhornte sowie geschwächte Bereiche wie der Flanken- und Rückenbereich entlang der Wirbelsäule wurden vom Zuschnitt ausgespart.

4.6 Herstellung der Proben für die Testverfahren

In diesem Unterkapitel wird die Herangehensweise bei der Herstellung der Proben beider Testverfahren, zunächst jene für den Zugschertest, im Anschluss diejenigen für die T-Schälprüfung, erläutert. Die Herstellung aller Proben umfasste als vorbereitende Maßnahmen die Präparierung der Unterlage für die Verklebung sowie die Erwärmung der Hausenblasenlösungen. Im Anschluss daran erfolgten die Verklebung und die Trocknung der Probenpakete. Zuletzt wurden die einzelnen Probenpakete in Probestreifen geschnitten.

4.6.1 Herstellung der Proben für den Zugschertest

Als Unterlage für die Verklebung der Proben diente ein mit einem Polyestervlies (80 g/m²) belegter Löschkarton (700 g/m²). Auf die Löschkartonunterlage wurden nun mit Bleistift zwei parallel verlaufende Linien im Abstand von 1,25 mm aufgezeichnet. Der Abstand zwischen den Linien gibt die zu klebende Fläche an. Nun wurden auf die untere Linie mit einem gewissen Abstand drei Löschkartonstücke (700 g/m²) aufgelegt, wobei die obere Kante dieser zuvor durch ein umgeschlagenes Stück Polyestervlies (31 g/m²) eingefasst wurde. Die Löschkartonstücke waren etwas breiter als die zu verklebenden Probenpakethälften. Die Löschkartons wurden in der Mitte jeweils mit einem Gewicht beschwert.[83]
Nachdem der Untergrund für die Verklebung vorbereitet war, konnte die Klebstofflösung hergestellt werden. Es wurden immer drei Klebstoffansätze derselben Konzentration für die anstehende Verklebung zubereitet. Begonnen wurde mit den bei 38°C temperierten Ansätzen in 5 %iger Konzentration. Es folgten die bei 45°C, 55°C, 70° C erwärmten Klebstoffansätze in 5 %iger Konzentration. Danach erfolgten die Verklebungen der Lösungsansätze in 10 %iger, 20 %iger und 30 % iger Konzentration. Als Klebstoffmenge wurde 0,03 ml / cm² festgesetzt. Auf die entsprechende Klebefläche (H x B: 1,25 cm x (1,5 cm x 5 Proben + 1,0 cm Überstand)) hochgerechnet, ergibt sich daraus eine Klebstoffmenge von 0,3 ml[84] / Probenpaket. Der daraus errechnete Feststoffanteil an Leimfolie (variiert je nach Konzentration des Klebstoffs) wurde in ein mit dem jeweiligen Kürzel versehenes Becherglas eingewogen und mittels einer Glaspipette mit der entsprechenden Menge an deionisiertem Wasser (variiert je nach Konzentration des Klebstoffs) aufgefüllt. Um die Gleichmäßigkeit des späteren Leimauftrags besser kontrollieren zu können,

[83] Vorangegangene Versuche die Löschkartonstücke durch Polyesterfolie zu ersetzen, erzielten kein zufriedenstellendes Ergebnis. Auf Grund entstehender Kapillarkräfte floss der aufgetragene Klebstoff unter die Folie und sammelte sich dort an dessen Kante.
[84] Wert wurde auf die erste Nachkommastelle gerundet.

wurde dem deionisierten Wasser der Farbstoff Cochenille hinzugefügt. Um die unlöslichen Bestandteile des Farbstoffs aus dem eingefärbten Wasser herauszufiltern, wurde dieses durch ein Kunststoffsieb gegossen. Nun wurden die befüllten Bechergläser in separate Wasserbäder gestellt und eine halbe Stunde bei 45°C ± 2°C erwärmt. Während der Erwärmung wurden die Bechergläser mit einem Stück Polyesterfolie abgedeckt, um ein Verdunsten des Wassers und eine Veränderung der Konzentration zu vermeiden.

Für die Verklebung wurde nun je eine Probenpakethälfte[85] mit der angerauten Seite nach oben bis zur Markierung unter die Löschkartonstücke[86] geschoben (Abb. 23).

Abb. 23: Unter einen Löschkarton eingeschobene Probenpakethälfte zur Vorbereitung der Verklebung eines Probenpakets für den Zugschertest. Der freiliegende Pergamentteil stellt die zu verklebende Fläche dar.

[85] Die Probenpakethälften wurden mit Bleistift mit dem Kürzel des entsprechenden Klebstoffansatzes sowie der verwendeten Konzentration versehen (z. B. S 1/38/5).

[86] Die Löschkartonstücke wurden nach jeder Probenpaketverklebung durch neue ersetzt. Dadurch konnte eine Kontamination der aufzutragenden Leimlösung durch Rückstände vorhergehender Verklebungen vermieden werden.

Die erwärmte Leimlösung wurde auf den freiliegenden Teil der Probenpakethälfte aufgestrichen. Um den unter der Probenpakethälfte liegenden Löschkarton sauber zu halten, wurde während des Klebstoffauftrags ein Stück dünner Löschkarton (260 g/m²) unter das freiliegende Pergament gelegt. Die Leimlösung wurde mit einem Pinsel aufgetragen, so war ein gezielter Auftrag möglich.[87] Nachdem die Lösung aufgetragen war, wurde die zweite Probenpakethälfte mit der rauen Seite nach unten auf die Klebefläche aufgelegt und mit einem Falzbein kurz angerieben. Folgend wurde das Polyestervlies des Löschkartons auf die verklebte Fläche umgelegt und diese mit einem Löschkarton (700 g/m²) abgedeckt und mit einem Gewicht zwischenbeschwert. Auf diese Art und Weise folgte die Verklebung des zweiten und dritten Probenpakets. Nachdem drei Probenpakete verklebt waren, wurden diese zusammen mit Löschkartons (700 g/m²) und Polyestervliesen (80 g/m²), zwischen Bretter gegeben und zum Trocknen in eine Presse gelegt. Die Presse wurde bis zum Anschlag zugedreht. In der zuvor beschriebenen Art und Weise wurden alle 48 Probenpakete (240 Proben) dieses Typs verklebt und im Stapel, zwischen Löschkartons und Polyestervliesen (80 g/m²) in der Presse getrocknet. Die Trocknungszeit betrug 48 Stunden. In den ersten sechs bis acht Stunden der Trocknungsphase wurden die Löschkartons in der Presse dreimal durch neue ersetzt, um dem Pergament so schneller die eingebrachte Feuchtigkeit zu entziehen und die Trocknungszeit zu verkürzen. Abbildung 24 zeigt ein fertig verklebtes Probenpaket vor dessen Zuschnitt.

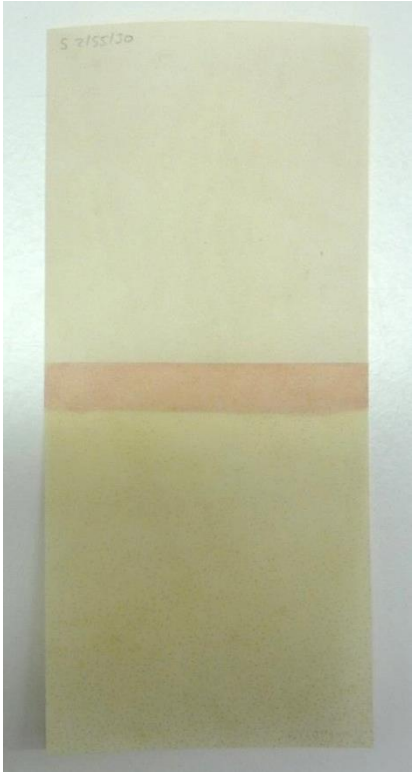


Abb. 24: Fertig verklebtes Probenpaket für den Zugschertest vor dessen Zuschnitt. Der eingefärbte Bereich stellt die Fläche der Überlappungsklebung dar.

4.6.2 Herstellung der Proben für die T-Schälprüfung

Als Unterlage für die Verklebung diente wiederum ein mit einem Polyestervlies (80 g/m²) bedeckter Löschkarton (700 g/m²). Auf diese Unterlage wurden zwei parallel verlaufende Bleistiftlinien gezogen, im Abstand von 5,0 cm (Höhe der Klebefläche), gezogen. Nun wurden entlang

[87] Versuche, die Lösung mittels eines Glasstabs oder eines Rakels aufzubringen, schlugen fehl. Auf Grund der geringen Klebefläche konnte kein exakter Auftrag erfolgen. Zudem perlte die Lösung auf dem Pergament ab und zog nicht ins Material ein.

der oberen Markierung drei mit einem Polyestervlies (31 g/m²) eingeschlagene Löschkartonstücke (700 g/m²) angelegt und wiederum durch aufgelegte Gewichte am Verrutschen gehindert.
Die Abfolge der nacheinander aufzutragenden Klebstofflösungen sowie die aufzutragende Klebstoffmenge mit 0,03 ml/cm² wurden beibehalten (s. Kapitel 4.6.1). Auf die Klebefläche (H x B: 5,0 cm x (1,5 cm x 5 Proben + 1,0 cm Überstand)) gerechnet, ergibt sich daraus eine aufzutragende Klebstoffmenge von 1,4 ml[88] pro Probenpaket. Die in der entsprechenden Konzentration angesetzten Klebstofflösungen wurden für ca. eine halbe Stunde bei 45°C im Wasserbad erwärmt.

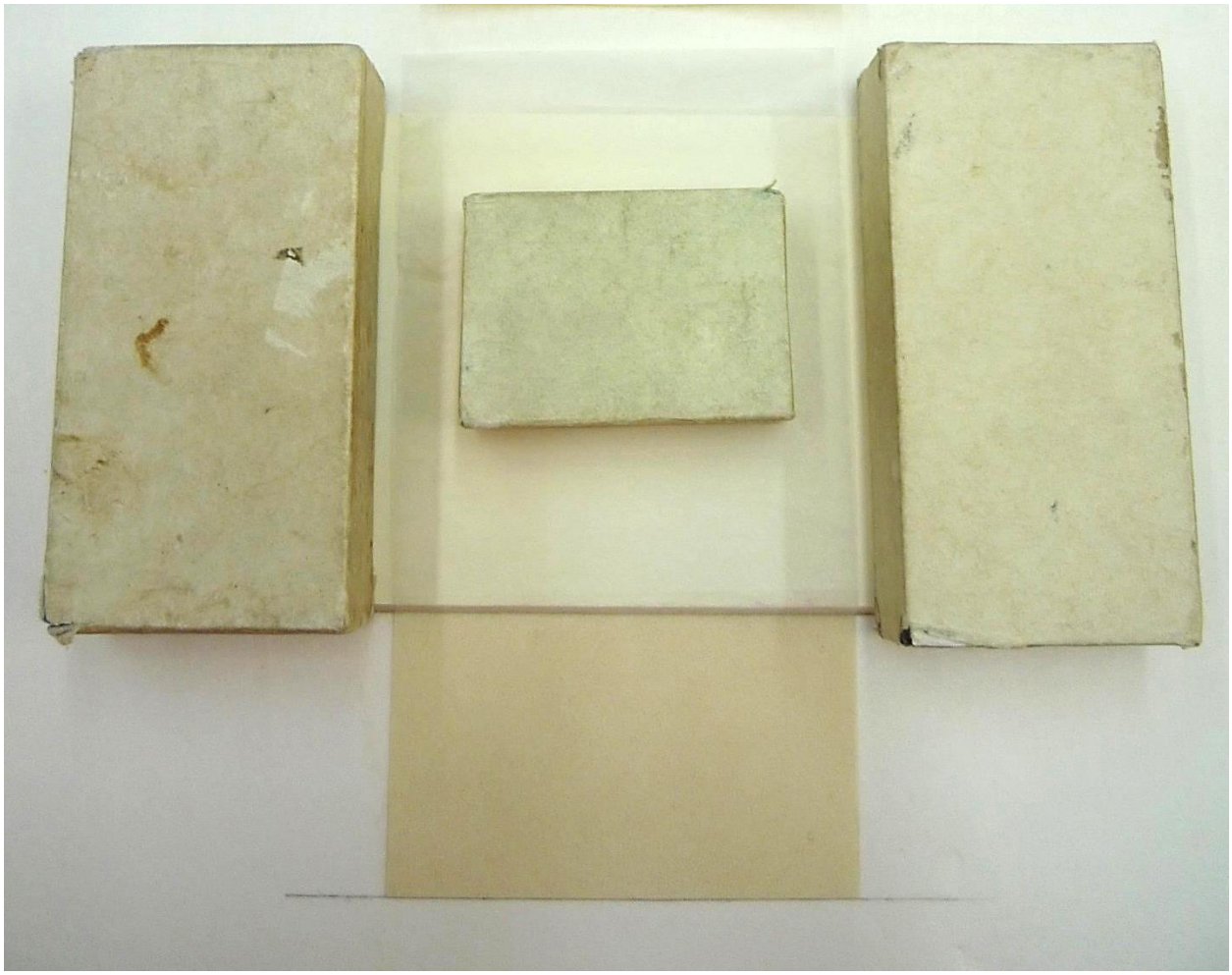


Abb. 25: Unter einen Löschkarton eingeschobene Probenpakethälfte zur Vorbereitung der Verklebung eines Probenpakets für die T-Schälprüfung. Der freiliegende Pergamentteil stellt die zu verklebende Fläche dar.

Für die Verklebung wurden die zuvor mit dem entsprechenden Kürzel der aufzubringenden Klebstofflösung beschrifteten Probenpakethälften mit der rauen Seite nach oben unter die Löschkartonstücke geschoben (Abb. 25).

[88] Wert wurde auf die erste Nachkommastelle gerundet.

Die im Wasserbad erwärmten Klebstofflösungen wurden nun nacheinander auf die entsprechenden Probenpakethälften aufgestrichen. Nach dem Klebstoffauftrag wurden die Löschkartonstücke entfernt und durch einen Streifen Polyestervlies (37 g/m²) ersetzt.

Im Anschluss daran wurde die zweite Probenpakethälfte mit der rauen Seite nach unten bündig auf die angeschmierte Probenpakethälfte aufgelegt und mit einem Falzbein angerieben. Der innenliegende Polyestervliesstreifen verhinderte ein Verkleben der Probenpakethälften oberhalb der Klebefläche und wurde nach dem Trocknungsvorgang wieder entfernt. Die verklebten 48 Probenpakete (240 Proben) wurden wie in Kapitel 4.6.1. beschrieben getrocknet. Abbildung 26 zeigt ein fertig verklebtes Probenpaket vor dessen Zuschnitt.

Abb. 26: Fertig verklebtes Probenpaket für die T-Schälprüfung vor dessen Zuschnitt. Der eingefärbte Bereich stellt die Fläche der Verklebung dar.

4.6.3 Zuschneiden der Proben

Auf die Verklebung und Trocknung der Probenpakete folgte der Zuschnitt der Probestreifen an einer Pappschere (Abb. 27, 28).

Abb. 27: Aus einem Probenpaket geschnittene Probestreifen für den Zugschertest mit der jeweiligen Probennummer.

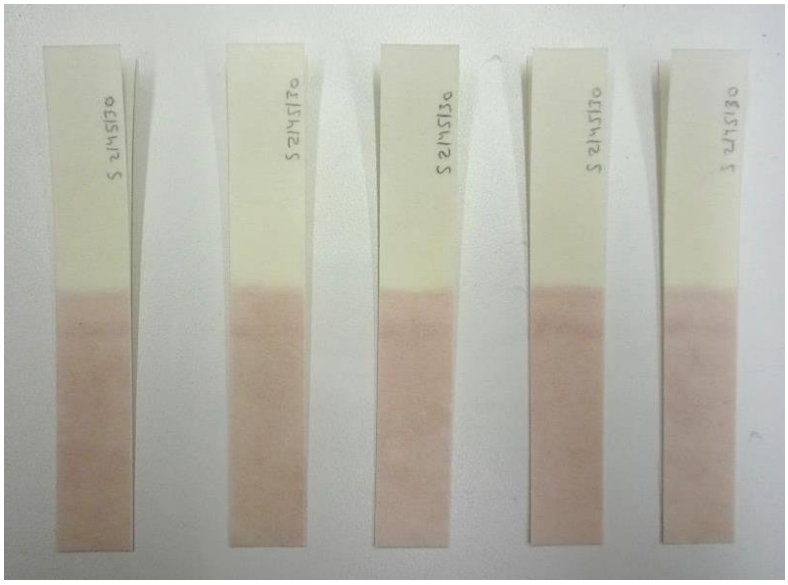


Abb. 28: Aus einem Probenpaket geschnittene Probestreifen für die T-Schälprüfung mit der jeweiligen Probennummer (hier. Fünf Teststreifen des Ansatzes S 2/45 in 30 % iger Konzentration).

Jeder Probestreifen eines Probenpakets wurde nach dessen Zuschnitt mit einer Probennummer versehen, welche sich aus dem entsprechenden Kürzel des jeweils verwendeteten Klebstoffansatzes (z.B. S 1/38/5) sowie einer in Klammer stehenden Zahl von 1 – 5 (Proben für die Zugscherfestigkeitsprüfung) beziehungsweise 6 – 10 (Proben für die T-Schälprüfung) zusammensetzt.[89]

Probestreifen, welche mit demselben Klebstoffansatz und derselben Konzentration verklebt wurden, wurden aus Gründen der Übersichtlichkeit, mittels einer Papiermanschette, zusammengefasst (Abb. 29 und 30).

Abb. 29: Mit einer Papiermanschette zusammengefasste Probestreifen für den Zugschertest. Die zusammengefassten Streifen wurden mit demselben Hausenblasenansatz und derselben Konzentration verklebt.

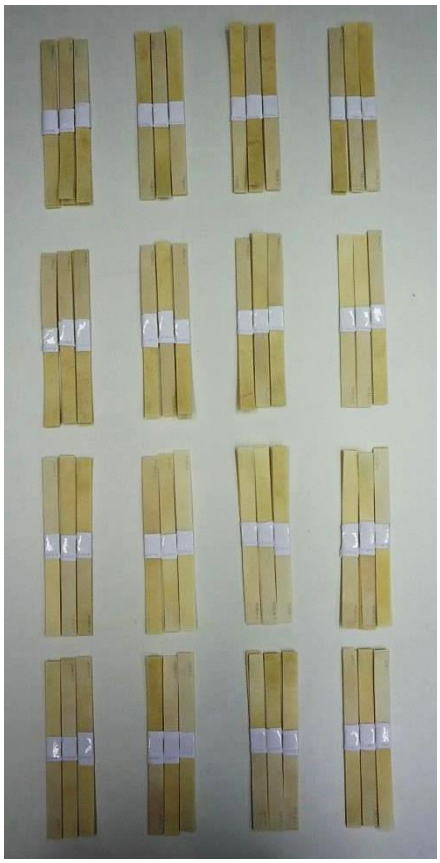


Abb. 30: Mit einer Papiermanschette zusammengefasste Probestreifen für die T-Schälprüfung. Die zusammengefassten Streifen wurden mit demselben Hausenblasenansatz und derselben Konzentration verklebt.

[89] Beispiel für eine Probennummer eines Teststreifens für die Zugscherfestigkeitsprüfung: S 1/38/5 (1). Beispiel für eine Probennummer eines Teststreifens für die T-Schälprüfung: S 1/38/5 (6)

4.7 Durchführung und Auswertung der Testergebnisse des Zugschertests

Die Proben wurden in den Einspannklemmen der Prüfmaschine symmetrisch angeordnet und fixiert (Abb. 31). Jede Einspannklemme befand sich im Abstand von 50 ± 1 mm von der nächstgelegenen Kante der Überlappung der Verklebung.[90] Die obere Traverse der Prüfmaschine fuhr mit einer Geschwindigkeit von 8 – 11 mm/min[91] nach oben. Nach DIN EN 1465:2009-07 wurde die größte Kraft während der Zerstörung als Bruchkraft (N) ermittelt.[92, 93]

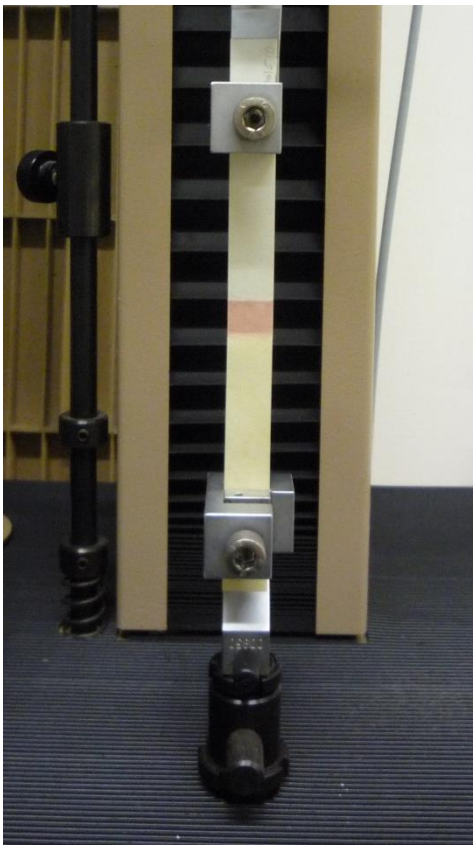


Abb. 31: In die Zugprüfmaschine eingespannte Probe für den Zugschertest, vor der Messung.

[90] DIN EN 1465:2009, S.6.
[91] Nach DIN EN 1465:2009 soll die Prüfgeschwindigkeit so gewählt werden, dass die Klebeverbindung innerhalb einer Zeit von 65 ± 20 Sekunden zerstört wird.
[92] DIN EN 1465:2009, S. 6.
[93] Die Messungen wurden bei ca. 23°C und 50 % rF durchgeführt.

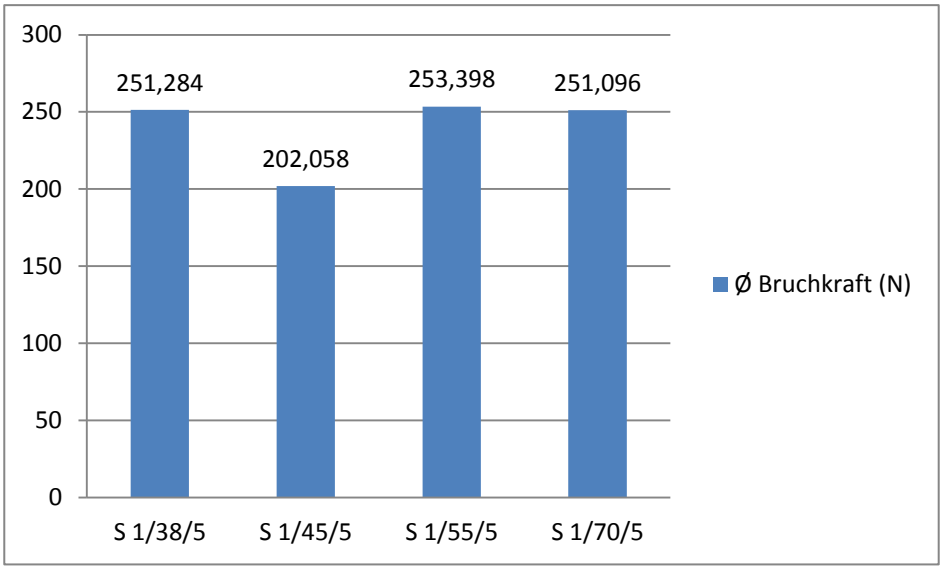


Abb. 32: Ø Bruchkraft (N) der für eine Stunde bei 38 / 45 / 55 / 70°C temperierten Hausenblaseansätze in 5 %-iger Konzentration.

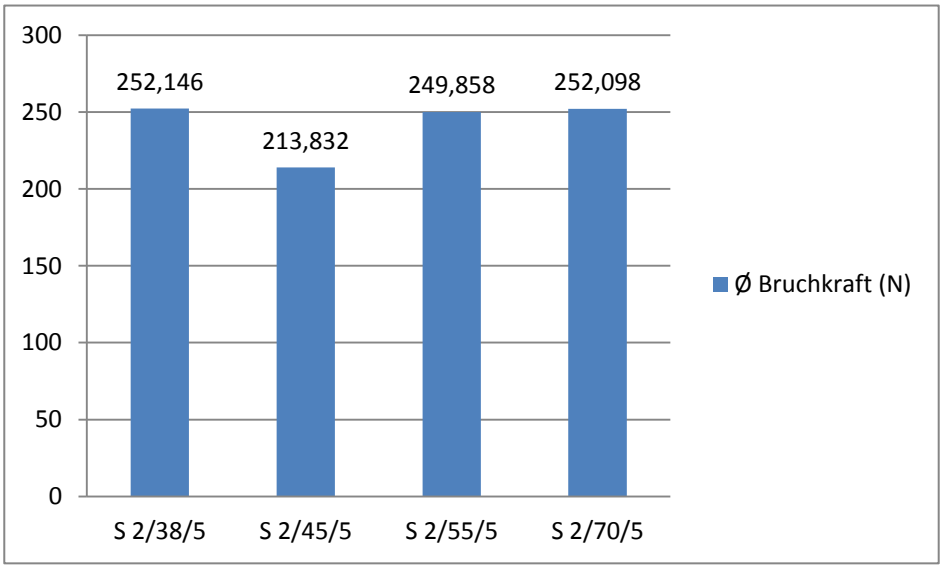


Abb. 33: Ø Bruchkraft (N) der für zwei Stunden bei 38 / 45 / 55 / 70°C temperierten Hausenblaseansätze in 5 %-iger Konzentration.

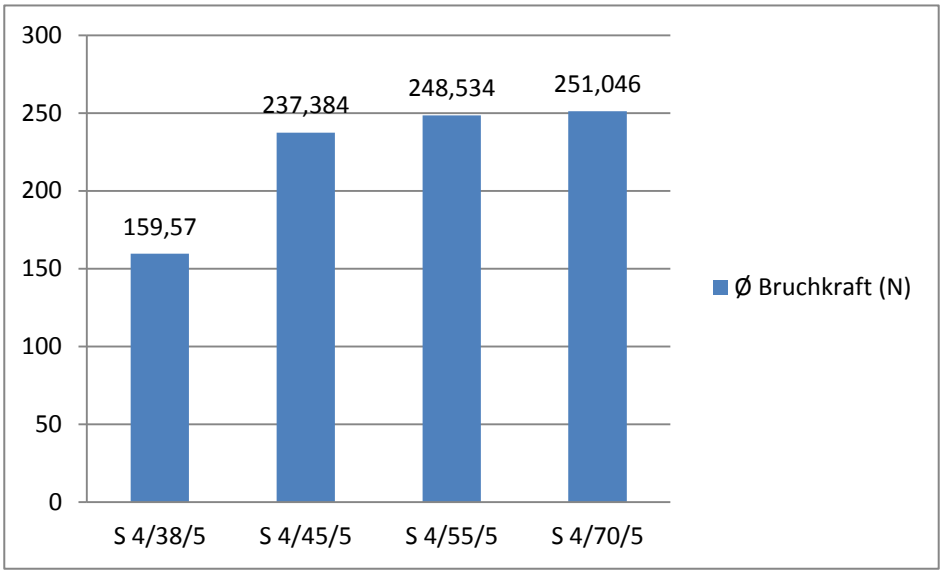


Abb. 34: Ø Bruchkraft (N) der für vier Stunden bei 38 / 45 / 55 / 70°C temperierten Hausenblaseansätze in 5 %-iger Konzentration.

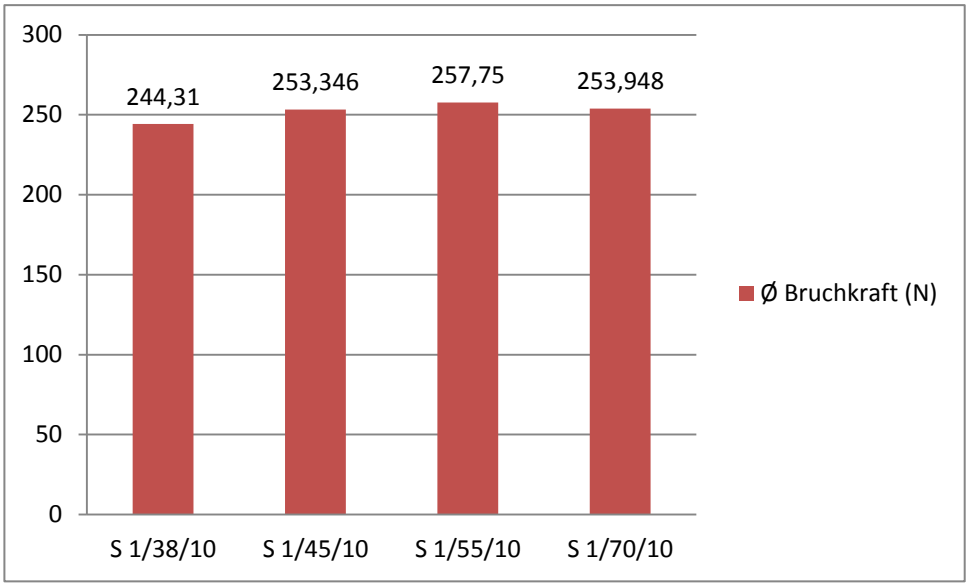


Abb. 35: Ø Bruchkraft (N) der für eine Stunde bei 38 / 45 / 55 / 70°C temperierten Hausenblaseansätze in 10 %-iger Konzentration.

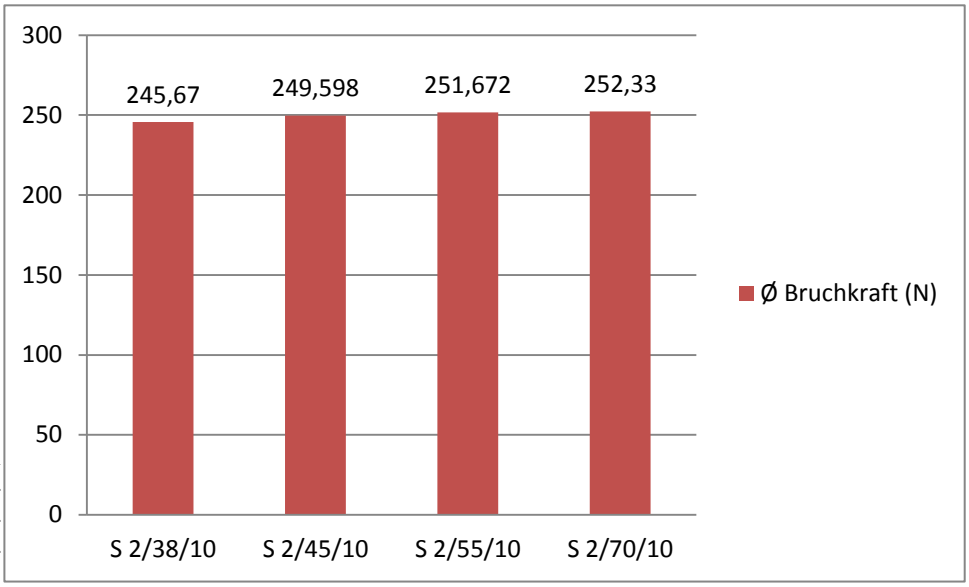


Abb. 36: Ø Bruchkraft (N) der für zwei Stunden bei 38 / 45 / 55 / 70°C temperierten Hausenblaseansätze in 10 %-iger Konzentration.

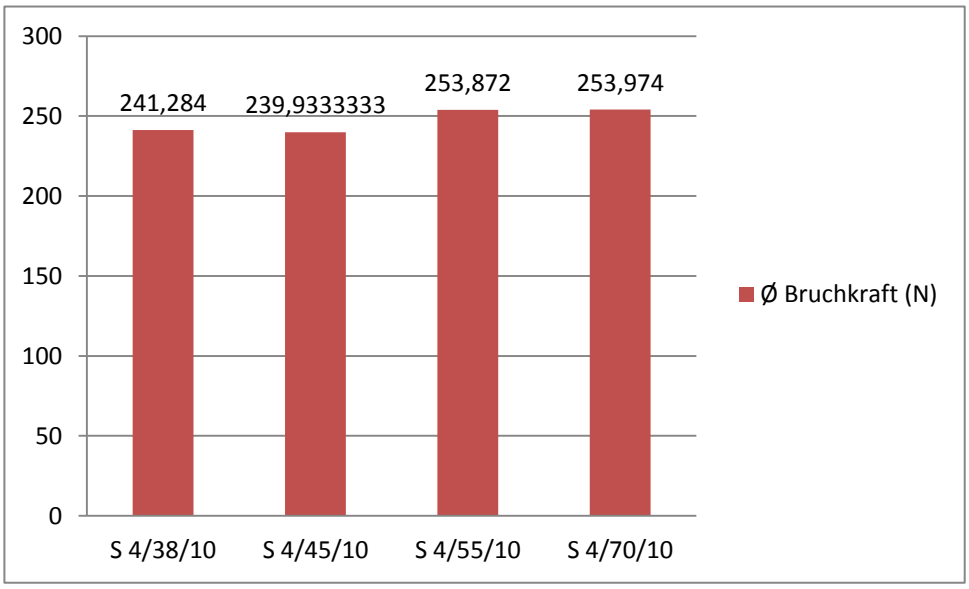


Abb. 37: Ø Bruchkraft (N) der für vier Stunden bei 38 / 45 / 55 / 70°C temperierten Hausenblaseansätze in 10 %-iger Konzentration.

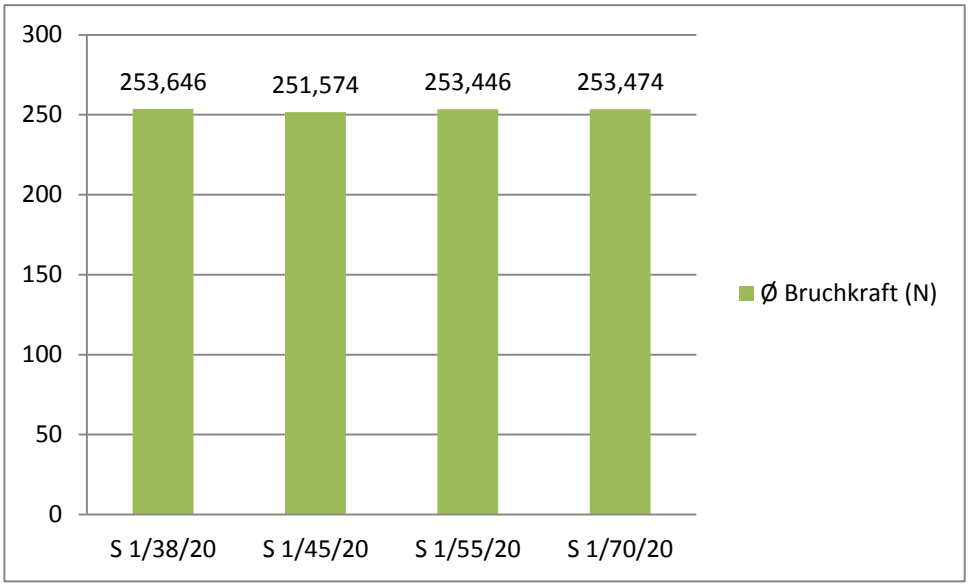


Abb. 38: Ø Bruchkraft (N) der für eine Stunde bei 38 / 45 / 55 / 70°C temperierten Hausenblaseansätze in 20 %-iger Konzentration.

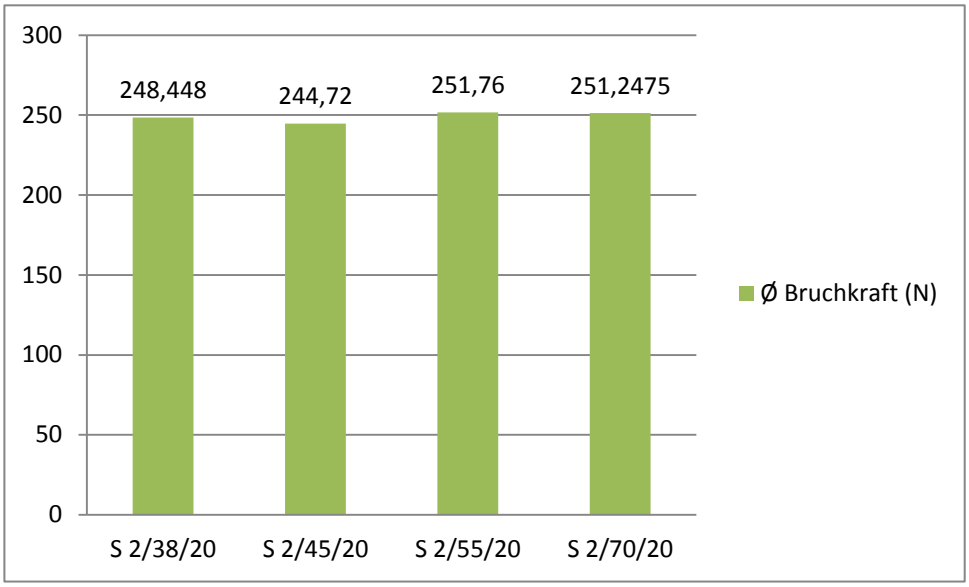


Abb. 39: Ø Bruchkraft (N) der für zwei Stunden bei 38 / 45 / 55 / 70°C temperierten Hausenblaseansätze in 20 %-iger Konzentration.

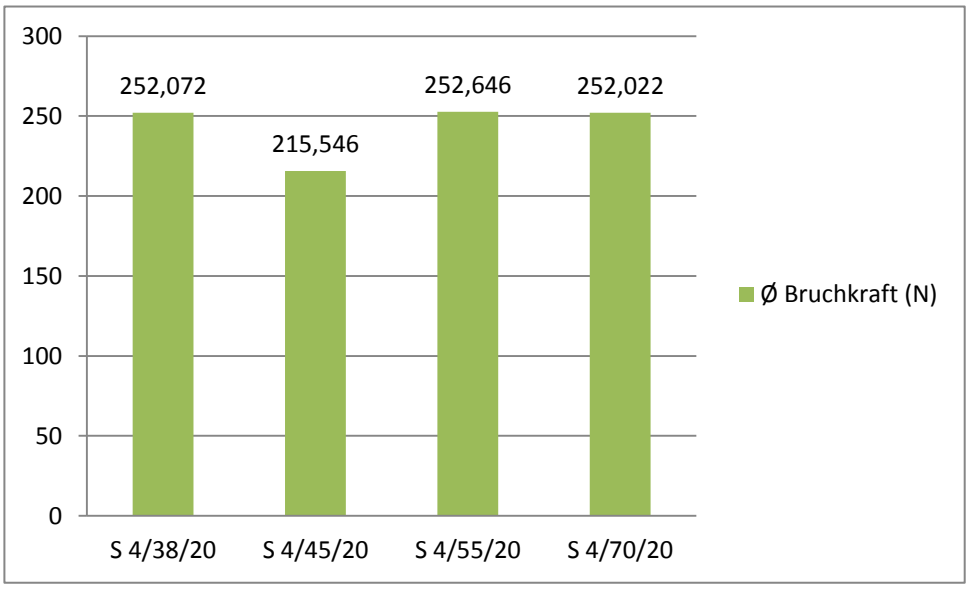


Abb. 40: Ø Bruchkraft (N) der für vier Stunden bei 38 / 45 / 55 / 70°C temperierten Hausenblaseansätze in 20 %-iger Konzentration.

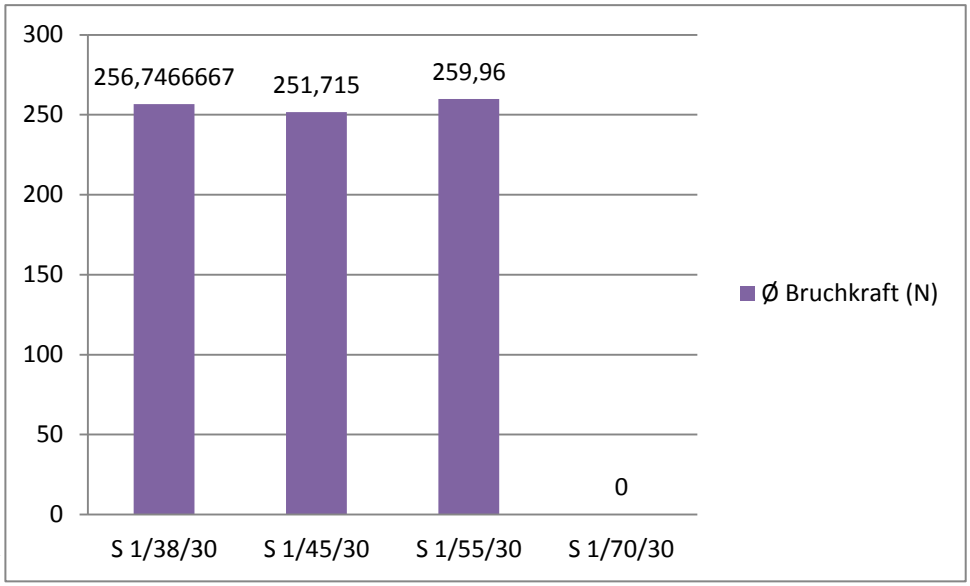


Abb. 41: Ø Bruchkraft (N) der für eine Stunde bei 38 / 45 / 55 / 70°C temperierten Hausenblaseansätze in 30 %-iger Konzentration.

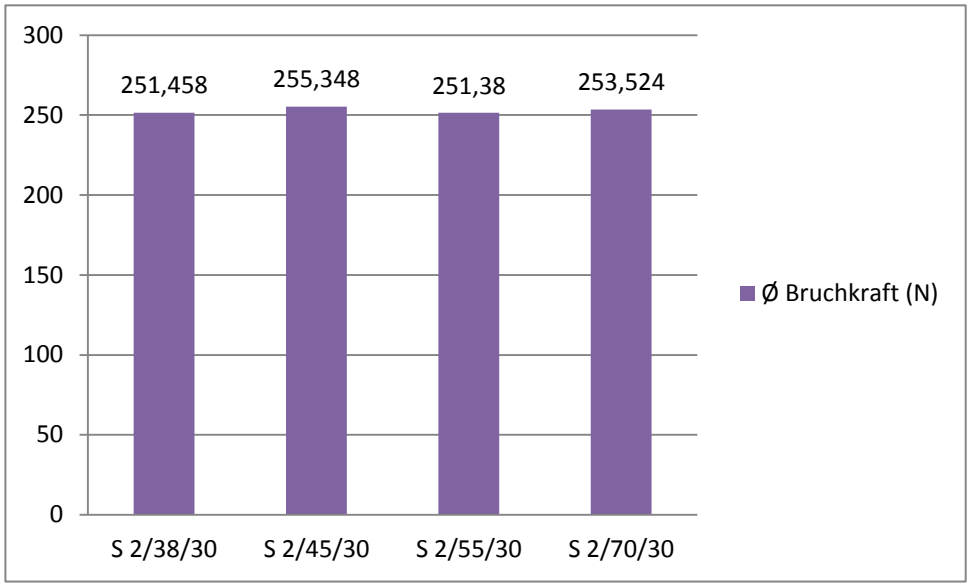


Abb. 42: Ø Bruchkraft (N) der für zwei Stunden bei 38 / 45 / 55 / 70°C temperierten Hausenblaseansätze in 30 %-iger Konzentration.

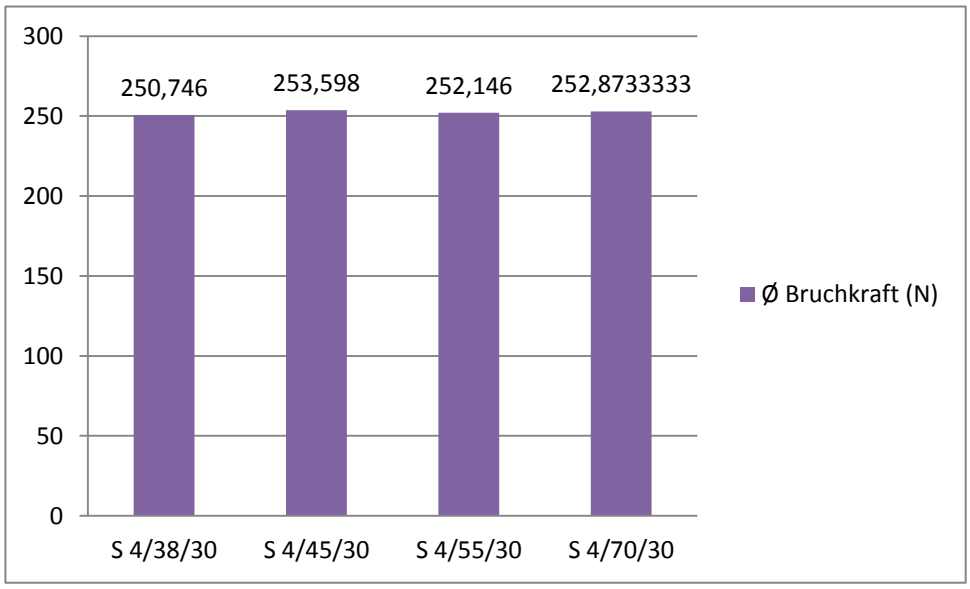


Abb. 43: Ø Bruchkraft (N) der für vier Stunden bei 38 / 45 / 55 / 70°C temperierten Hausenblaseansätze in 30 %-iger Konzentration.

Die Abbildungen 32 bis 43 geben die durchschnittlichen Bruchkraftwerte (N) von fünf getesteten Proben eines Klebstoffansatzes wieder. Während der Durchführung konnten an den Proben unterschiedliche „Bruchbilder“ beobachtet werden. Diese so genannten „Bruchbilder“ wurden in fünf Kategorien eingeteilt.

Kategorie 1: Verklebung komplett gelöst

Kategorie 2: maximal die Hälfte der Verklebung gelöst

Kategorie 3: Kante der Verklebung gelöst

Kategorie 4: Pergament gerissen

Kategorie 5: Kein sichtbares Ablösen der Verklebung

Eine Auflistung der Messergebnisse aller 240 Proben inklusive der jeweils festgestellten Kategorie des „Bruchbilds“ findet sich im Anhang (Kapitel 9.3). Die Ergebnisse von Proben, bei denen das Pergament gerissen ist, wurden in die Auflistung der Messdaten mit aufgenommen, bei der nachfolgenden Auswertung jedoch nicht berücksichtigt.
Betrachtet man die vorliegenden Diagramme mit den ermittelten Durchschnittswerten der Bruchkraft, so stellt man fest, dass sich diese kaum voneinander unterscheiden und sich somit auch nur sehr schwer vergleichen lassen. Die Durchschnittswerte ähneln sich so sehr, dass in diesem Falle keine Rückschlüsse auf Unterschiede in der Klebekraft der verschiedenen Klebstoffansätze gezogen werden können. Auffällig ist zudem die nicht festzustellende Zunahme der Klebekraft mit steigender Konzentration, welche man erwarten würde.
Alle fünf Proben, welche mit dem Klebstoffansatz S 1/70/30 verklebt wurden, sind während der Messung gerissen, sodass diese Reihe keine auswertbaren Messergebnisse liefern konnte. Neben dieser Probenreihe zeigten 16 weitere Proben verschiedener Klebstoffansätze dasselbe Schadensbild beziehungsweise dasselbe „Bruchbild“. Womöglich war hier das Trägermaterial im Verhältnis zur Stabilität der Verklebung zu schwach. Andererseits könnte sich im Trägermaterial auch eine naturbedingte Schwachstelle befunden haben, welche durch die Zugkraft letztlich zu einer Zerstörung und einem Einreißen des Trägers führte. Messwerte der Proben der Kategorie 5 (insgesamt 80 Proben) sind schwer auszuwerten, da hier kein sichtbares Ablösen der Verklebung festgestellt werden konnte und die Verklebung beim Messstopp noch intakt war. Lediglich bei 51 der 240 getesteten Proben hatte sich die Verklebung durch die Zugkräfte komplett gelöst.

Ein weiteres Indiz für das Fehlschlagen der Messmethode stellt die teilweise unverhältnismäßig hohe Streuung der Messwerte und der daraus resultierenden hohen Standardabweichung innerhalb einer Probenserie dar. Der Wert der Standardabweichung lag bei rund 71% der getesteten Proben weit über dem vertretbaren Bereich von eins.

4.8 Durchführung und Auswertung der Testergebnisse der T-Schälprüfung

Vor der Durchführung der Prüfung musste die zu messende Probe in einer Art und Weise gebogen werden, die die Verklebung nicht beeinflusst. Hierfür wurden die nicht geklebten Enden der flexiblen Probe in entgegengesetzte Richtungen gebogen, bis jedes Ende senkrecht zur Klebung stand und eine T-förmige Probe zum Einspannen in die Klemmen der Maschine vorlag. Durch die Biegung der Probestreifen konnte die eingebrachte Schälkraft direkt auf die Klebeverbindung einwirken, wodurch die Materialeigenschaften des Trägerstoffs im Vergleich zur Zugscherfestigkeitsprüfung in den Hintergrund traten. Die gebogenen Enden der Probe wurden in die Klemmen der Prüfmaschine symmetrisch eingespannt, sodass jede Einspannklemme 25 mm der nicht geklebten Enden der Fügeteile fixierten (Abb. 44). Die obere Traverse fuhr nun mit einer konstanten Geschwindigkeit von 10 mm/min nach oben, was zu einer Trennung der Fügeteile innerhalb der Verklebung führte (Abb. 45)[94].

Die zur Trennung der Fügeteile benötigte Schälkraft (N) wurde ermittelt. Die gemessenen Werte bildeten die Grundlage für die nachstehende Auswertung in Bezug auf vorhandene Klebekraftunterschiede.

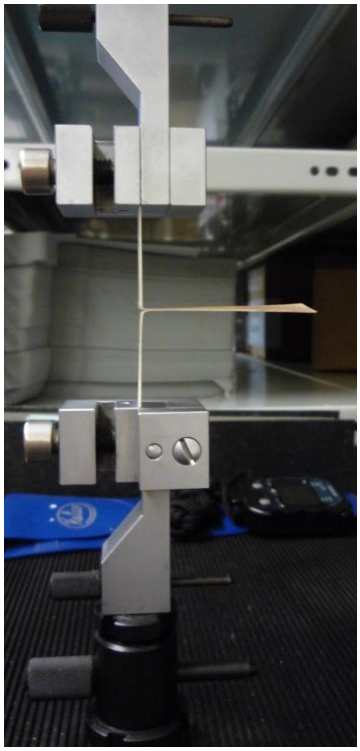


Abb. 44: In die Zugprüfmaschine eingespannte Probe für die T-Schälprüfung vor der Messung.

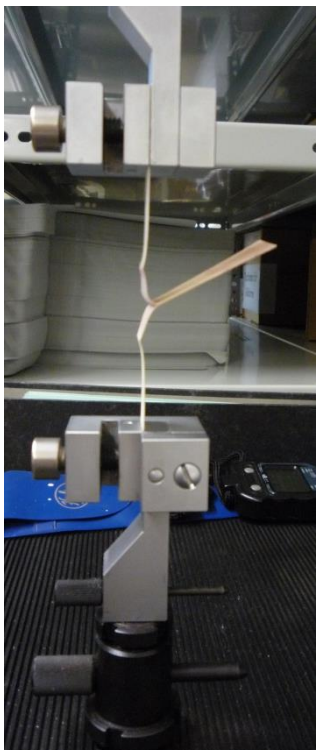


Abb. 45: Eingespannte T-Schälprobe während der Messung.

[94] Die Messungen wurden bei ca. 23°C und 50 % rF durchgeführt.

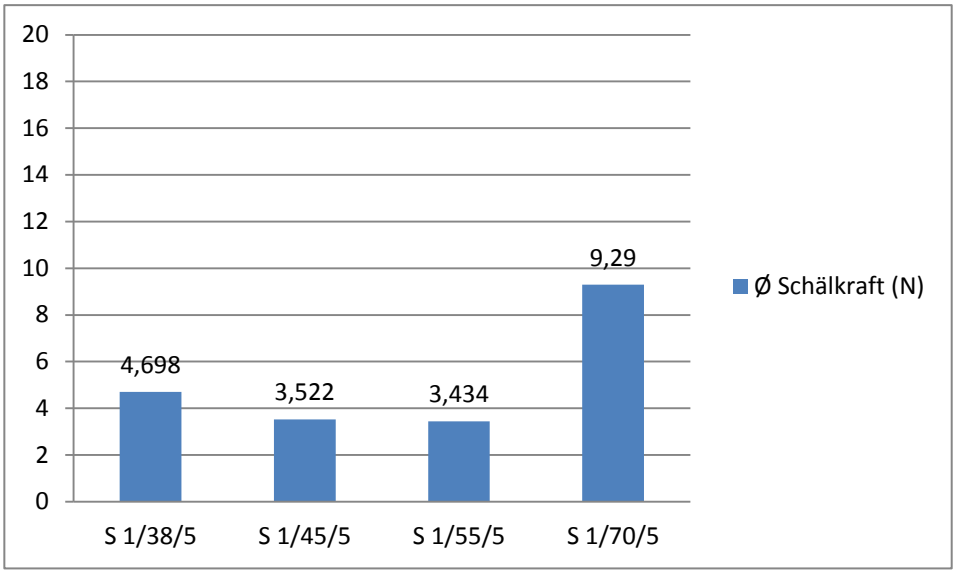


Abb. 46: Ø Schälkraft (N) der für eine Stunde bei 38 / 45 / 55 / 70°C temperierten Hausenblaseansätze in 5 %-iger Konzentration.

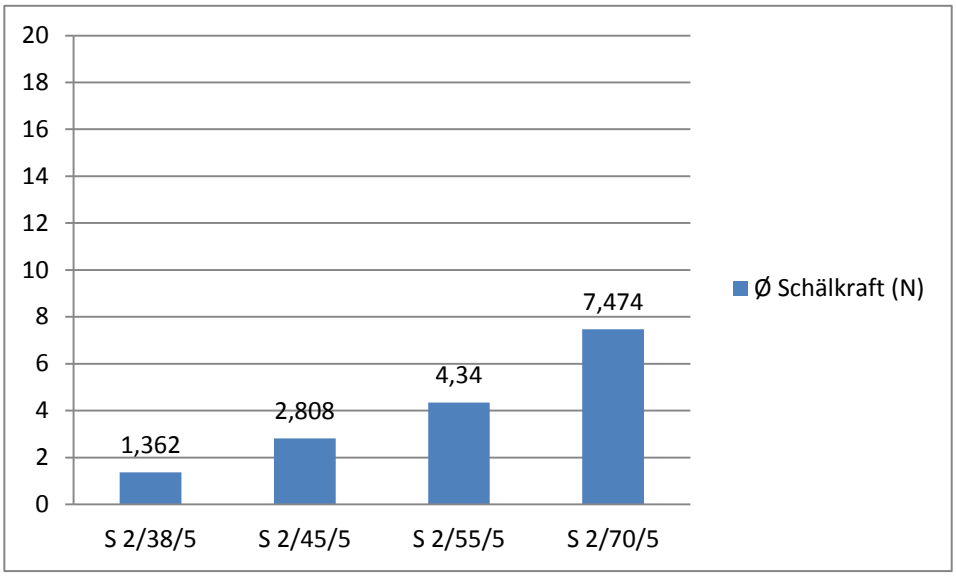


Abb. 47: Ø Schälkraft (N) der für zwei Stunden bei 38 / 45 / 55 / 70°C temperierten Hausenblaseansätze in 5 %-iger Konzentration.

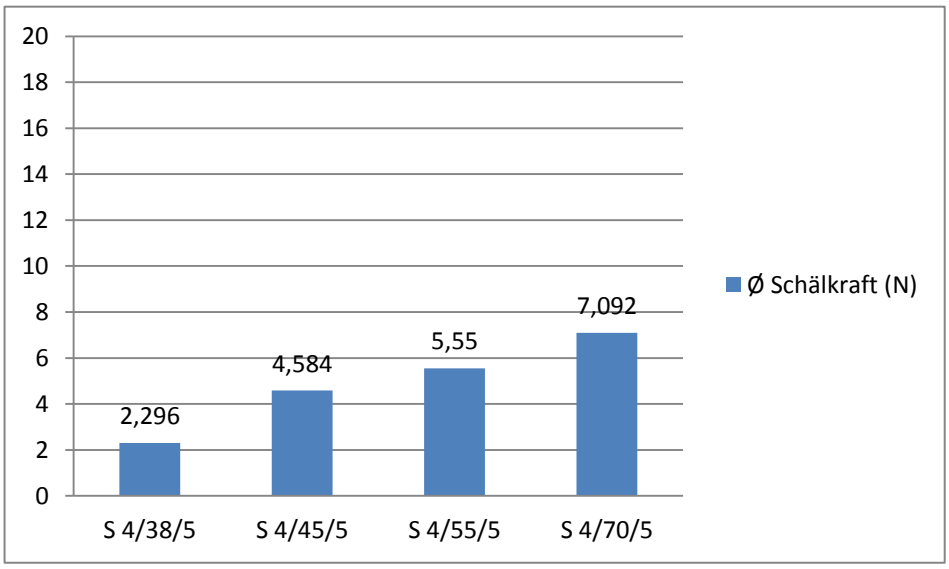


Abb. 48: Ø Schälkraft (N) der für vier Stunden bei 38 / 45 / 55 / 70°C temperierten Hausenblaseansätze in 5 %-iger Konzentration.

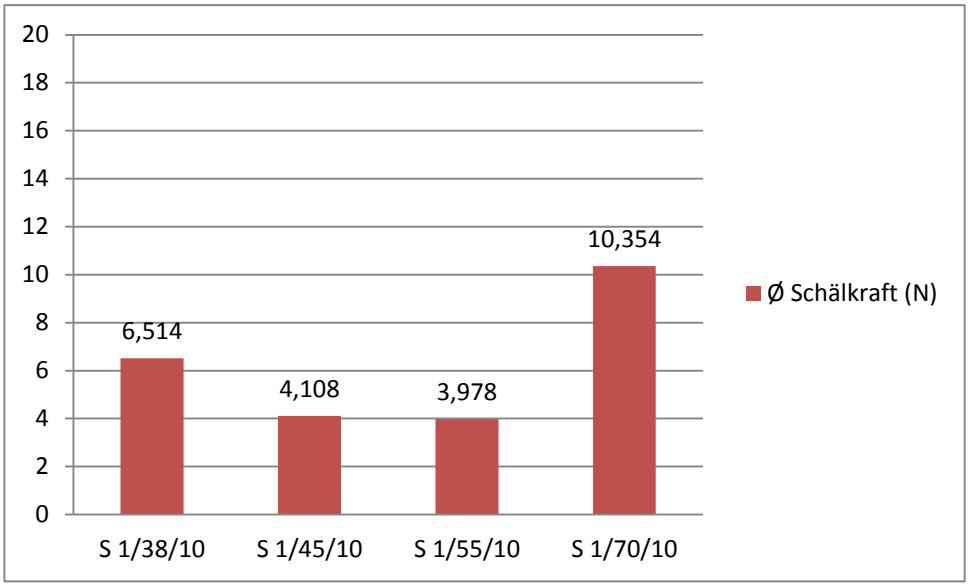


Abb. 49: Ø Schälkraft (N) der für eine Stunde bei 38 / 45 / 55 / 70°C temperierten Hausenblaseansätze in 10 %-iger Konzentration.

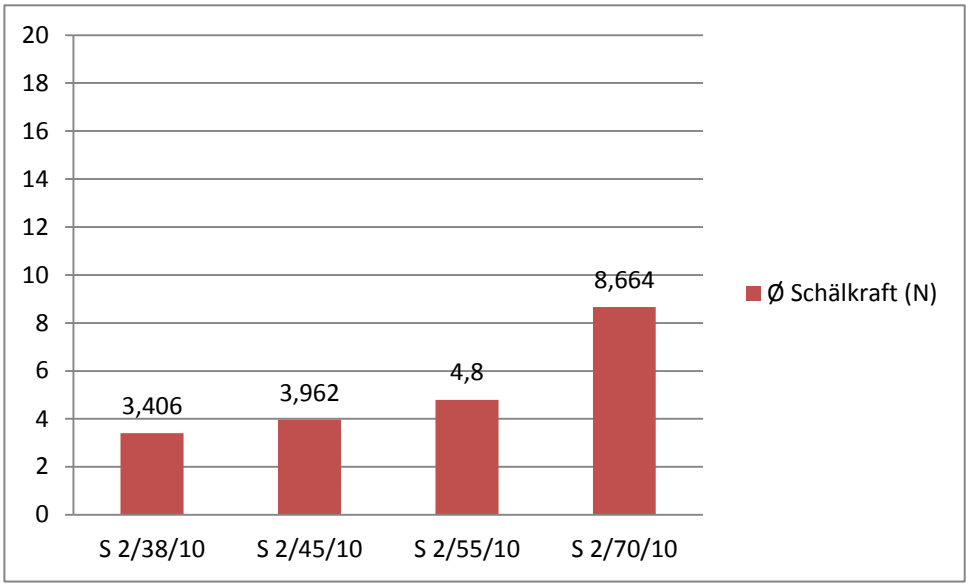


Abb. 50: Ø Schälkraft (N) der für zwei Stunden bei 38 / 45 / 55 / 70°C temperierten Hausenblaseansätze in 10 %-iger Konzentration.

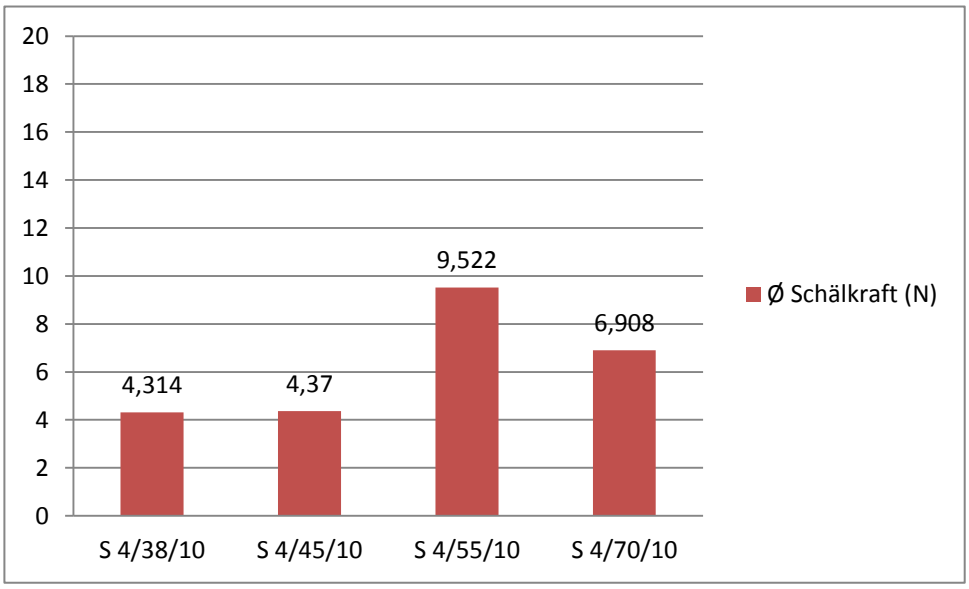


Abb. 51: Ø Schälkraft (N) der für vier Stunden bei 38 / 45 / 55 / 70°C temperierten Hausenblaseansätze in 10 %-iger Konzentration.

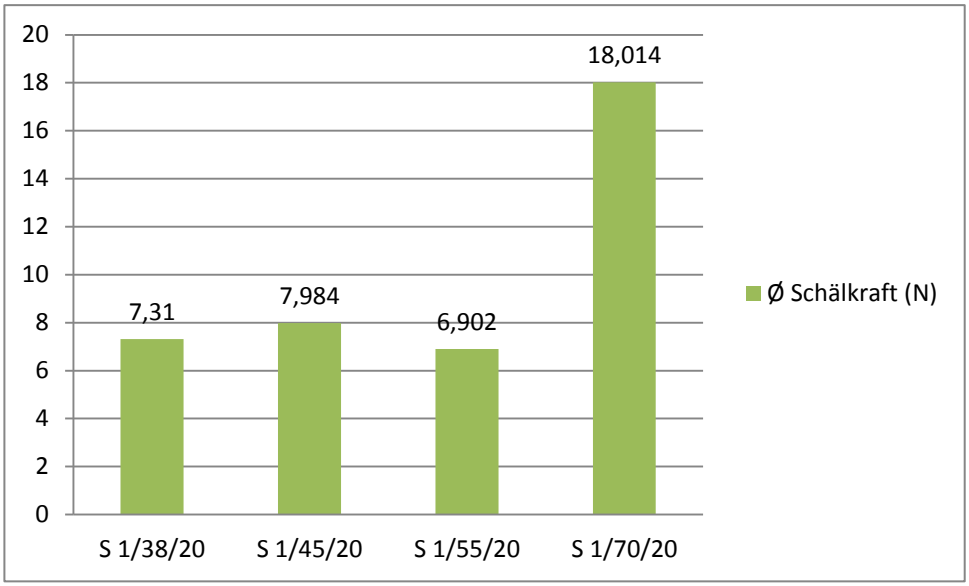


Abb. 52: Ø Schälkraft (N) der für eine Stunde bei 38 / 45 / 55 / 70°C temperierten Hausenblaseansätze in 20 %-iger Konzentration.

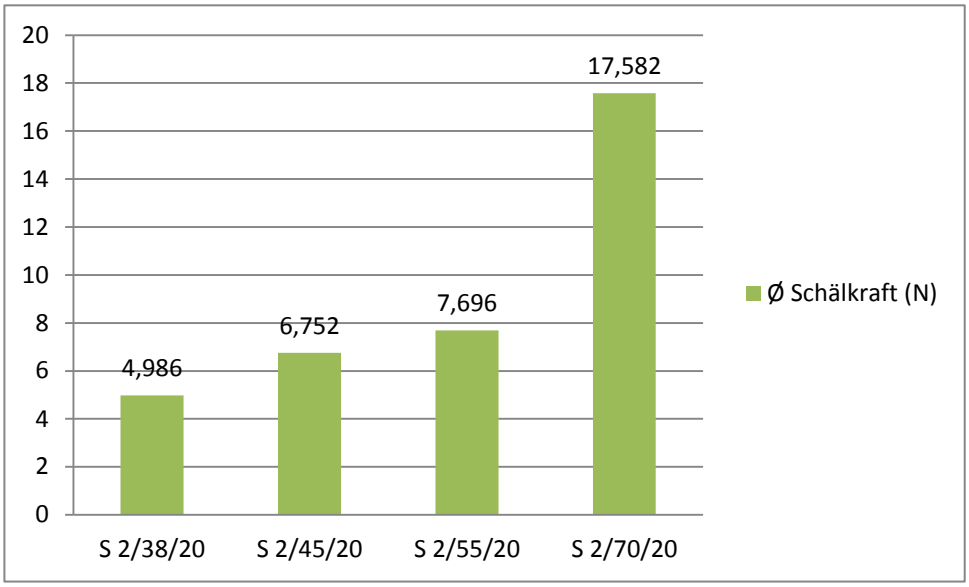


Abb. 53: Ø Schälkraft (N) der für zwei Stunden bei 38 / 45 / 55 / 70°C temperierten Hausenblaseansätze in 20 %-iger Konzentration.

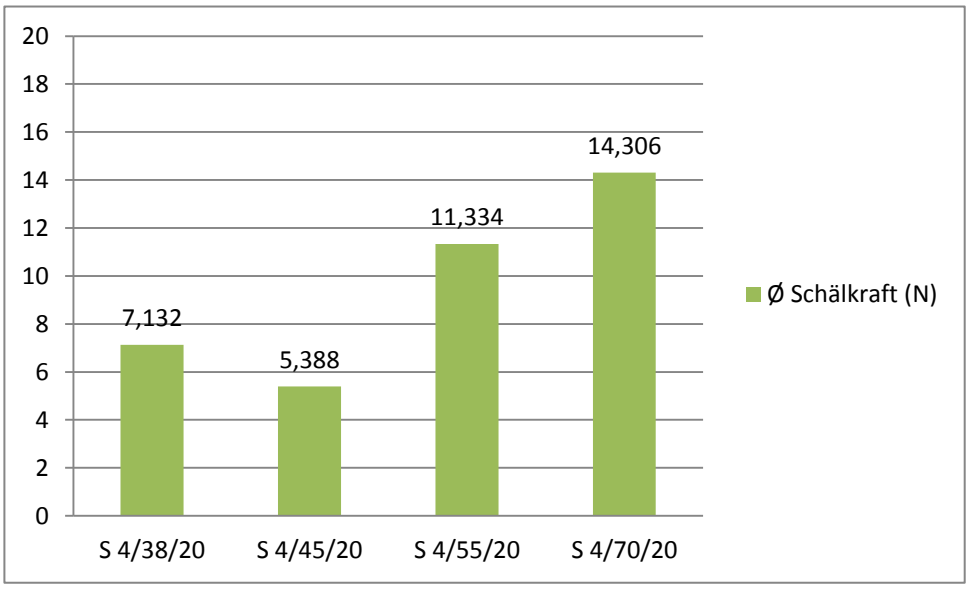


Abb. 54: Ø Schälkraft (N) der für vier Stunden bei 38 / 45 / 55 / 70°C temperierten Hausenblaseansätze in 20 %-iger Konzentration.

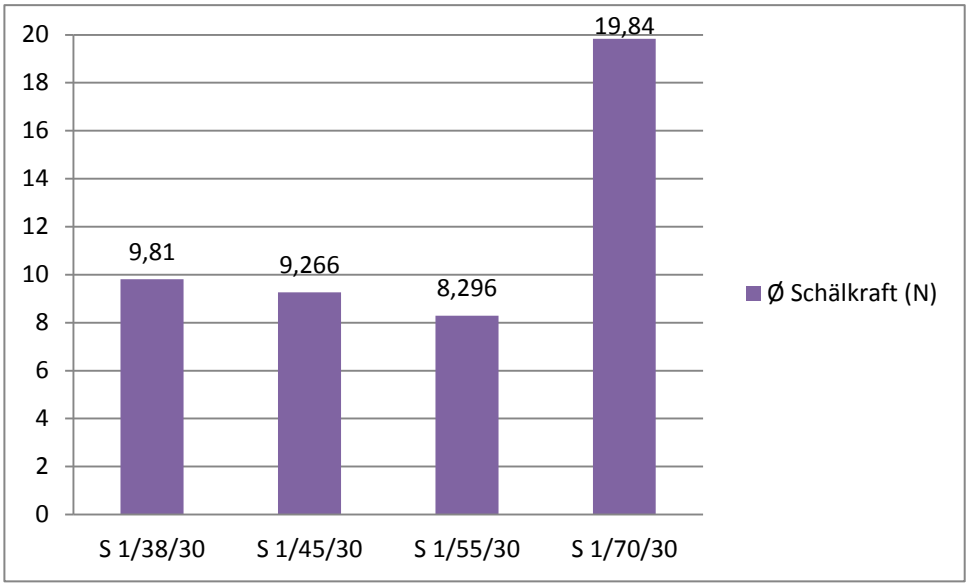


Abb. 55: Ø Schälkraft (N) der für eine Stunde bei 38 / 45 / 55 / 70°C temperierten Hausenblaseansätze in 30 %-iger Konzentration.

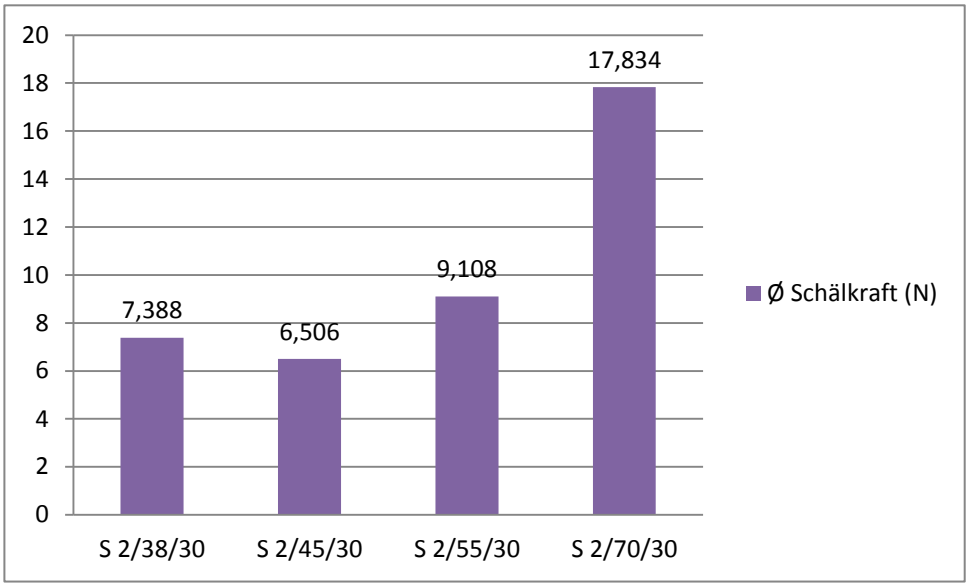


Abb. 56: Ø Schälkraft (N) der für zwei Stunden bei 38 / 45 / 55 / 70°C temperierten Hausenblaseansätze in 30 %-iger Konzentration.

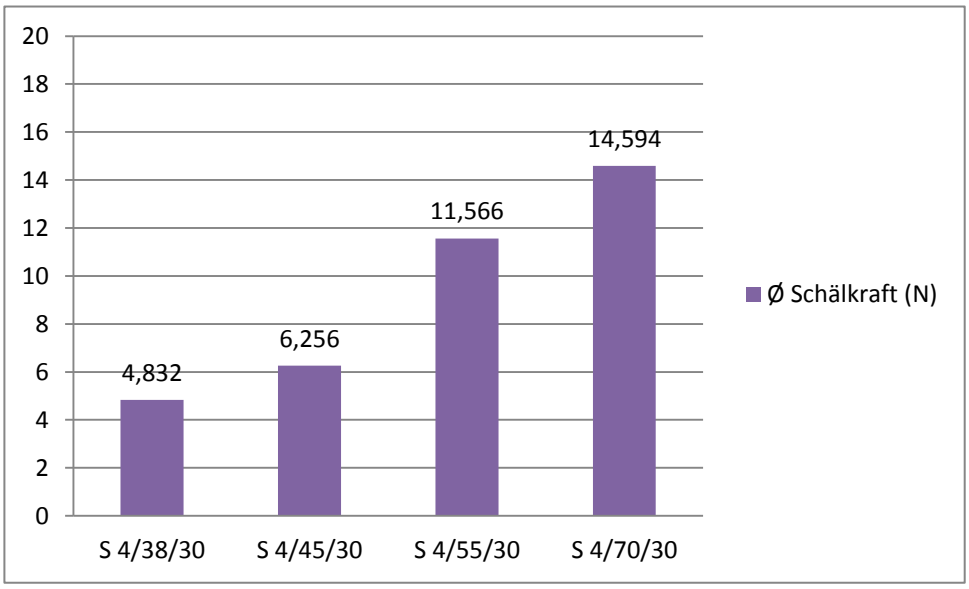


Abb. 57: Ø Schälkraft (N) der für vier Stunden bei 38 / 45 / 55 / 70°C temperierten Hausenblaseansätze in 30 %-iger Konzentration.

Die Abbildungen 46 - 57 zeigen die Durchschnittswerte der aufzuwendenden Schälkräfte von jeweils fünf Proben, welche mit demselben Klebstoffansatz verklebt wurden.
Während die Prüfung der Zugscherfestigkeit keine aussagekräftigen und verwertbaren Messergebnisse hervorbringen konnte, können hier anhand der Diagramme und der ermittelten Durchschnittswerte Tendenzen zu Klebekraftunterschieden der Klebstoffansätze erkannt werden. Tendenziell konnte eine Steigerung der Klebekraft durch eine Erhöhung der Temperatur, bei welcher die Hausenblase extrahiert wurde, beobachtet werden. Diese Temperatureffekte kommen bei den zwei- und vierstündig erwärmten Ansätzen deutlicher zum Tragen als bei den für die Dauer von einer Stunde erhitzten Ansätzen.
Die Klebekraftwerte der auf 38°C und 45°C erhitzten Ansätze lagen relativ eng beieinander, was möglicherweise in dem geringen Temperaturunterschied begründet ist. Geht man von einer Schmelztemperatur des Kollagens von ca. 29°C aus, bei der nach LEACH lediglich die Hälfte des Kollagens in denaturierter Form vorliegt[95], so könnte man vermuten, dass bei den niedrigeren Temperaturen (38°C und 45°C) eine gewisse Renaturierung einsetzt und man einen Klebstoff mit hohem Molekulargewicht und langen Kettenlängen[96] erhält, welcher sich durch eine hohe Gelstärke und Viskosität, eine geringe Eindringtiefe in das Trägermaterial, gute Gelatinierungseigenschaften und starke Bindungen auszeichnet.[97] Somit überwiegen die intramolekularen Wechselwirkungen im Vergleich zu den intermolekularen Verbindungen der Kollagenfaser, was die elastischen Eigenschaften des Klebstoffs erklären würde, welcher jedoch auf Grund der unvollständigen Denaturierung des Kollagens im Vergleich zu den höher erhitzten Hausenblasenansätzen (55°C und 70°C) eine vergleichsweise geringe Klebekraft besitzt.
Die auf 55°C erhitzten Ansätze zeigten mit zunehmender Extraktionsdauer einen Anstieg der Klebekraft. Vermutlich liegt dies in der zunehmenden intermolekularen Vernetzung zwischen den einzelnen Kollagenfasern begründet, sodass hier von einer Abnahme der Elastizität (durch zunehmende dreidimensionale Vernetzung) ausgegangen werden kann.
Die einstündig auf 70°C erhitzten Klebstoffansätze zeigten durchweg die höchsten Klebekraftwerte, wobei ein starker Abfall der Klebekraftwerte mit zunehmender Extraktionsdauer beobachtet werden konnte. Die hohen Werte bei den S 1/70-Ansätzen lassen sich durch die zwischen den Kollagenfasern entstehenden maximalen Quervernetzungen (wenig intramolekulare Verbindungen, statt dessen sehr viele intermolekulare Verbindungen) erklären, welche jedoch vermutlich mit dem Verlust der Elastizität einhergehen. Der Klebekraftverlust bei den S 2/70 / S 4/70-Ansätzen deutet auf einen zunehmenden irreversiblen Bruch der Aminosäureströnge und eine

[95] Leach 1967, S. 14.
[96] Hull / Bangert 1952, zitiert nach: Schellmann, 2009, S. 37.
[97] Schellmann 2009, S. 37.

Verkürzung der Ketten hin, was ein Absinken des Molekulargewichts beziehungsweise einen immensen Verlust der Elastizität zur Folge hätte. Diese zunehmende Versprödung des Klebstoffs konnte vermutlich bereits beim Ausgießen und anschließendem Trocknen der Leimlösungen beobachtet werden, da sich die Folien im Laufe der Trocknungszeit immer stärker zusammenzogen und sich letztlich von der Trägerfolie abhoben. Ein weiteres Indiz für den zunehmenden Abbau der Primärstruktur und einer damit einhergehenden Kürzung der Aminosäureketten bei hohen Extraktionstemperaturen könnte die kontinuierliche Abnahme des pH-Wertes (s. Kapitel 4.4.1) bilden. HABEL-SCHABLITZKY bestätigte anhand ihrer Untersuchungen, dass durch übermäßiges Erhitzen (> 65°C) während der Extraktion der Hausenblase die Leimeigenschaften negativ beeinflusst werden. Ihrer Meinung nach sind in den meisten Fällen kürzere Gelatinierzeiten, stärkere Trocknungsspannungen, Verspröden und Klebekraftverluste die Folge.[98]

Anhand der Abbildungen 46 – 57 lässt sich zudem ein erwartungsgemäßer Anstieg der Klebekraft mit zunehmender Konzentration ablesen, welcher bei dem zuvor durchgeführten Zugschertest nicht zu erkennen war. Dieser Klebekraftanstieg konnte vor allem zwischen den 10 und 20 %-igen Ansätzen beobachtet werden. Hier war nahezu eine Verdopplung der Klebekraft zu erkennen. Die Klebekraftwerte der 5 und 10 %igen sowie der 20 und 30 %igen Ansätze unterschieden sich nur geringfügig voneinander.

Zusammenfassend konnte beobachtet werden, dass mit zunehmender Temperatur, auf Grund der hohen Quervernetzung der Kollagenstränge, die Klebekraft zunimmt, dies jedoch vermutlich mit einem Verlust der Elastizität des Klebstoffs einhergeht. Je höher und länger temperiert wird, desto getrennter liegen die Aminosäureströnge der Kollagenfaser vor und desto weniger kann eine Renaturierung einsetzen.

4.9 Diskussion der Testergebnisse

Der Zugschertest konnte keine auswertbaren Ergebnisse in Bezug auf vorhandene Klebekraftunterschiede der unterschiedlich zubereiteten Hausenblaseansätze liefern. Ein möglicher Grund für das Scheitern dieses Prüfverfahrens könnte in der Wahl des Trägermaterials liegen. Pergament, ein organisches, inhomogenes Produkt, verhält sich bei eingebrachter Zugbelastung unterschiedlich. Zudem befinden sich innerhalb der Pergamenthaut Schwachstellen, welche oft nicht erkannt werden, jedoch entscheidende Auswirkungen auf die Zugfestigkeit des Materials haben. Womöglich spielten die materialbedingten Eigenschaften des Pergaments bei diesem Prüfverfahren

[98] Habel-Schablitzky 1992, S. 95.

eine zu große Rolle und die ermittelten Werte spiegeln größten-teils lediglich die Zugfestigkeit des Trägermaterials, liefern jedoch keine Auskunft über die tatsächlich existierende Klebekraft der verschiedenen Klebstoffansätze. Letzten Endes war die angewandte Prüfmethode für die Bewertung von Klebeverbindungen organischer Materialien ungeeignet, da die Inhomogenität des Trägermaterials die Ergebnisse der Klebung überdecken und somit nivellieren.

Womöglich wäre für diese Testmethode ein maschinell gefertigter Trägerstoff (wie z.B. ein Gewebe) besser geeignet. Dies widerspräche jedoch dem Gedanken, die Testmethoden möglichst nah an der restauratorischen Praxis in Bezug auf Pergament durchzuführen. Letzten Endes war die angewandte Prüfmethode für die Bewertung von Klebeverbindungen organischer Materialien ungeeignet, da die Inhomogenität des Trägermaterials die Ergebnisse der Klebung überdecken und somit nivellieren.

Die mittels der T-Schälprüfung getesteten Klebeverbindungen zeigten signifikante Unterschiede im Klebekraftverhalten. Da bei der T-Schälprüfung jedoch nur der Messwert der maximalen Schälkraft bei maximalem Wegunterschied gemessen wurde, andere Parameter aber nicht bestimmt werden konnten, kann eine Interpretation der Testergebnisse nur näherungsweise erfolgen. So ließe sich anhand einer Gelelektrophorese (SDS-PAGE) eine Einschätzung des Molekulargewichts treffen, welche wiederum Rückschlüsse auf die Viskosität und den Abbaugrad der Leimlösung zuließe. Ein weiterer Parameter, welcher bei der Untersuchung der Klebekraft eine tragende Rolle spielt ist das Eindringverhalten der Leimlösung in das Trägermaterial. Nach SPRINGOB nimmt die Klebekraft mit zunehmender Eindringtiefe des Klebemittels zu.[99] Die Eindringtiefe ist jedoch auch abhängig von der oberflächlichen Beschaffenheit des Trägermaterials, welche bei einer von Hand aufgerauten Pergamentoberfläche, wie sie hier zum Einsatz kam, naturgemäß nie einheitlich sein kann. Um zusätzlich Aussagen über die elastischen Eigenschaften des Klebstoffs zu erhalten, wäre eine Aufzeichnung der Kraftentwicklung in Abhängigkeit von der Distanz der gelösten Klebeverbindung von Nöten, welche jedoch mittels der zur Verfügung stehenden Prüfmaschine nicht möglich war. Die gemessenen Klebekraftwerte können Tendenzen aufzeigen, für eine umfassendere Interpretation der Messergebnisse müssen jedoch weitere Untersuchungen des Klebstoffs erfolgen.

[99] Springob 2001, S. 126.

5 Restaurierungskonzept zum Pergamentband

Im folgenden Kapitel wird zunächst auf das Restaurierungskonzept des Pergamentumschlags eingegangen. Daran schließt sich das Restaurierungskonzept des Buchblocks an. In den Restaurierungskonzepten wird kurz umrissen, welche Maßnahmen bei der späteren Restaurierung durchgeführt werden sollen, beziehungsweise welche Arbeitsschritte für eine erfolgreiche Restaurierung notwendig sind. Im Vordergrund der Restaurierungskonzepte sowie der daran anknüpfenden Restaurierung steht der größtmögliche Originalerhalt sowie die Wiederherstellung der Benutzbarkeit und Stabilität des Pergamentbands

5.1 Restaurierungskonzept zum Pergamentumschlag

Um den Umschlag sorgfältiger restaurieren zu können, wird dieser zunächst vom Buchblock separiert. Hierfür werden die Bundenden indirekt gefeuchtet und flexibilisiert, um sie anschließend durch die Bundlöcher im Umschlag ziehen zu können.
Der Pergamentumschlag wird vorsichtig trockengereinigt, um ihn von oberflächlichen Verschmutzungen zu befreien.
Anschließend werden umgeschlagene Bereiche im Bereich der Fehlstellen sowie die obere Hälfte des Rückenbereichs indirekt gefeuchtet, um die betroffenen Stellen auszulegen und den Rückenbereich in Form zu bringen und ausrichten zu können und ihn so auf die nachfolgende Fehlstellenergänzung vorzubereiten.
Um eine geeignete Methode für die Fehlstellenergänzung zu finden, wurden im Vorfeld zwei Varianten in Betracht gezogen und Vor- und Nachteile dieser Methoden abgewogen. Von einer Ergänzung der Fehlstellen aus Japanpapier wird abgesehen, da dieses einen anderen Klimareflex besitzt als das zu ergänzende Pergament. Dies hätte ein unterschiedliches Verhalten des Materials bei Klimaschwankungen zur Folge. Zudem passt das Japanpapier durch seine eher offene Faserstruktur optisch nicht ins Erscheinungsbild des dichten Pergaments. Als Möglichkeit der Ergänzung kommt die Verwendung einer Intarsie aus Pergament in Frage, welches durch angefasertes Pergament[100] mit dem originalen Pergamentumschlag verbunden werden soll. Diese Art der Fehlstellenergänzung wurde an einem Probestück aus Pergament getestet. Dazu wurde

[100] Angefasertes Pergament, im Institut für Bestandserhaltung und Restaurierung hergestellt: transparent, 100 ml Suspension, 1,5 ml Olivbraun N 0,002 %, 4 Aufschüttungen. Produktzusammensetzung: Mit Formaldehyd vernetztes Kollagen, Methylcellulose MH 300, CaCO3

aus dem Probestück eine Fehlstelle ausgeschnitten und das ausgeschnittene Fragment an der Kante mit ca. 4 mm breiten Stücken aus angefasertem Pergament und Hausenblasenleim beklebt. Nach der Trocknung des angefaserten Pergaments wurde die Intarsie passgenau in die Fehlstelle eingesetzt und der existierende Überstand wiederum mit Hausenblase auf dem Probestück verklebt. Nach der Trocknung zeigte sich, dass die während des Verklebens der Intarsie entstandene Transparenz des angefaserten Pergaments wieder verloren ging und das angefaserte Pergament wieder seine Ausgangsfarbe und damit auch seine Deckkraft erhielt. Die geringe Transparenz des getrockneten angefaserten Pergaments würde bei einer Verklebung am Original ein Problem darstellen, da sich rund um die Fehlstellen Schriftbereiche befinden, welche auch nach der Fehlstellenergänzung noch zu lesen sein sollten. Zudem stellte der Bereich zwischen Intarsie und dem zu ergänzenden Pergament, sei er auch durch das passgenaue Einsetzen der Ergänzung noch so gering, eine zusätzliche Schwachstelle dar. Ein weiterer Nachteil dieser Methode wäre der Einsatz eines zusätzlichen Materials durch das angefaserte Pergament, welches sich trotz Artverwandtheit zum ergänzenden Pergament bei aufkommenden klimatischen Veränderungen anders verhielt. Als weitere Möglichkeit wurde eine Ergänzung aus reinem Schreibpergament (Kalb) in Betracht gezogen und an einem Probestück getestet. Die Ergänzung beinhaltet einen ca. 0,3 mm breiten Überlappungsbereich, welcher um die Fehlstelle herum verlaufend ausgeschärft und auf dem originalen Pergament mit Hausenblasenleim verklebt wurde. Durch das eingebrachte Material sowie die Art der Verklebung konnte bei hoher Flexibilität zugleich eine große Stabilität der Ergänzung sowie ein optisch gelungenes Ergebnis erzielt werden, sodass diese Methode letztlich für die Fehlstellenergänzung am Original ausgewählt wurde. Die Ergänzung soll farblich an das Original angepasst werden.

Auf der Grundlage der vorangegangenen Testreihen zur Klebkraft unterschiedlich zubereiteter Hausenblasenleime (Kapitel 4) wurde in Absprache mit dem Institut für Bestandserhaltung und Restaurierung der für vier Stunden bei 55°C erwärmte Ansatz (S 4/55) als Klebemittel für die Fehlstellenergänzung ausgewählt. Dieser Ansatz schnitt neben den auf 70°C erhitzten Ansätzen bezüglich der ermittelten Klebkraft am besten ab. Die auf 70°C erhitzten Ansätze wurden für die Verklebung ausgeschlossen, da bei dem verwendeten Ansatz im Vergleich zu den höher temperierten von einem elastischeren und damit weniger spröden Klebefilm und einem einhergehenden besseren Alterungsverhalten und einer höheren Langzeitstabilität ausgegangen werden, welcher dennoch eine hohe Klebekraft besitzt. Da sich die Fehlstellenergänzungen im Rückenbereich befinden und größtenteils im Falz des Pergamentumschlags verklebt werden müssen, wo durch das Öffnen und Schließen des Buches eine hohe Belastung und Beanspruchung des Materials sowie der Verklebung existiert, musste eine hohe Klebekraft sowie

eine gewisse Flexibilität und Elastizität des Klebstoffs gewährleistet werden. Zudem liegt die Zubereitungstemperatur von 55°C bei der Extraktion der Hausenblase im Vergleich zu 70°C näher an der im Institut üblicherweise verwendeten Zubereitungstemperatur von 45°C, welche dadurch bezüglich Langzeiterfahrung besser einzuschätzen ist. Die Konzentration des Hausenblasenleims wurde auf 15 % festgesetzt. Die verwendete Konzentration liegt im Bereich der in der Einbandrestaurierung vorwiegend eingesetzten Konzentration zwischen 10 % und 20 %. Von einer 20 %igen Konzentration wurde abgesehen, da das zu restaurierende Pergament stark abgebaut ist. Die 10 %ige Konzentration wurde hingegen auf Grund der exponierten Lage der Fehlstellenergänzungen und der im Zuge der Benutzung zu erwartenden mechanischen Belastung sowie der geringen Auftragsmenge des Klebstoffs als zu gering erachtet.
Nachdem die Fehlstellen ergänzt sind, sollen neue Bundlöcher gesetzt werden, da die originalen im Bereich der Ergänzungen liegen. Bei der Positionierung der neuen Bundlöcher wird dem Originalzustand gefolgt.

5.2 Restaurierungskonzept zum Buchblock

Der Buchblock soll mit einer weichen Bürste ausgepinselt werden. Stärker verschmutzte Stellen, sollen mit einem Latexschwamm trockengereinigt werden.
Die vorhandenen Risse werden mit Japanpapieren unterschiedlicher Stärke und Weizenstärkekleister geschlossen. Umgeknickte Ecken und Blattkanten werden zunächst gefeuchtet und anschließend geglättet. Stark abgebaute und fragile Blattkanten sollen mit Japanpapier eingefasst und so zusätzlich stabilisiert werden. Von einer Ergänzung und einem daraus resultierenden Verkleben der beiden Spiegel wurde abgesehen, da dieses ein Abdecken des Schriftbereichs des Pergamentumschlags zur Folge hätte, was zu vermeiden ist.
Bevor mit der Auf- bzw. Nachheftung einzelner Lagen fortgefahren werden kann, wird der Rücken des Buchblocks in Form gebracht und hinterklebt. Der Rücken wird zunächst indirekt gefeuchtet und somit erweicht und anschließend geformt. Durch die Formung des Buchblockrückens soll die bestehende Gegenrundung reduziert werden.
Um die fragilen Bünde zu stabilisieren und um abgebrochene Bundenden wieder ansetzen zu können, wird unter jeden Bund ein geschlitzter Streifen aus Schreibpergament eingeführt. Diese Bundstabilisierung greift die Form der Bünde auf und wird mit Hausenblase auf der Unterseite der Bünde verklebt. Durch diese Methode gewinnen die Bünde an Stabilität und vorhandene Brüche in den Bünden werden unterstützt und stabilisiert. Im Anschluss werden die

abgebrochenen Bundenden wieder an die Bünde angesetzt und mit Hausenblase auf dem eingebrachten Streifen Schreibpergament verklebt.

Nun können einzelne Lagen wieder auf- bzw. nachgeheftet werden. Um die Form des Buchblockrückens zu erhalten und zu festigen und um zuvor restaurierte Fälze zusätzlich zu stabilisieren, wird eine Hinterklebung aus Japanpapier auf den Buchblockrücken aufgebracht. Diese wird mit Weizenstärkekleister auf den Bundfeldern verklebt.

Zuletzt werden die Bundenden durch indirekte Befeuchtung formbar gemacht und durch die Bundlöcher gezogen, sodass der Buchblock wieder mit dem Pergamentumschlag verbunden ist.

6 Restaurierungsmaßnahmen am Pergamentband

Um eine Benutzbarkeit sowie Stabilität des Pergamentbands zu erreichen, müssen zahlreiche Maßnahmen durchgeführt werden. Dieses Kapitel beschreibt die durchgeführten Restaurierungsmaßnahmen. Zunächst werden die Arbeitsschritte am Pergamentumschlag dargelegt (bis einschließlich Kapitel 6.4.) im Anschluss daran folgen die am Buchblock ausgeführten Maßnahmen (ab Kapitel 6.5.).

6.1 Herauslösen der Bundenden aus dem Pergamentumschlag

Dieser Arbeitsschritt verfolgte das Ziel, den Pergamentumschlag vom Buchblock zu trennen. Die Separierung von Buchblock und Pergamentumschlag brachte im folgenden Verlauf der Restaurierung mehrere Vorteile mit sich. Zum einen ließ sich der Pergamentumschlag so wesentlich gründlicher und sorgfältiger trockenreinigen. Zum anderen erleichterte es die Restaurierung des Umschlags sowie des Buchblocks, da man durch die Trennung der beiden Komponenten wesentlich einfacher an schwer zugängliche Stellen gelangte, wie z. B. den stark beschädigten Rückenbereich des Pergamentumschlags. Bevor die Bundenden aus dem Pergamentumschlag herausgelöst werden konnten, wurden die Bundlöcher im Pergamentumschlag mittels eines flachen Spatels vorsichtig auf deren Durchgängigkeit hin kontrolliert. Die Löcher sollten genügend Spielraum und Platz bieten, sodass die Bundenden später ohne Kraftaufwand hindurchgezogen werden konnten. Die Bundenden durften sich beim Durchziehen zu keinem Zeitpunkt in den Löchern verhaken, da es ansonsten zu einer Beschädigung des Pergaments beziehungsweise einem weiteren Einreißen oder einem Ausweiten der Bundlöcher kommen könnte. Um zu verhindern, dass die Bundlöcher beim Herauslösen der

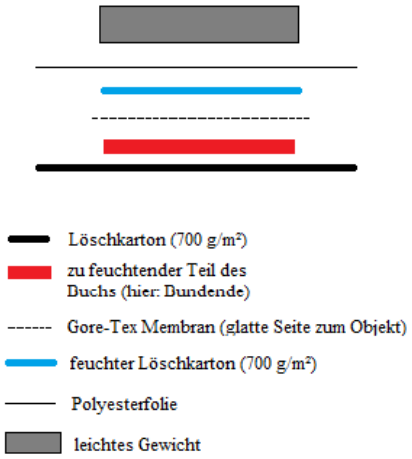


Abb. 58: Schematischer Aufbau der Befeuchtung im Gore-Tex-Sandwich.

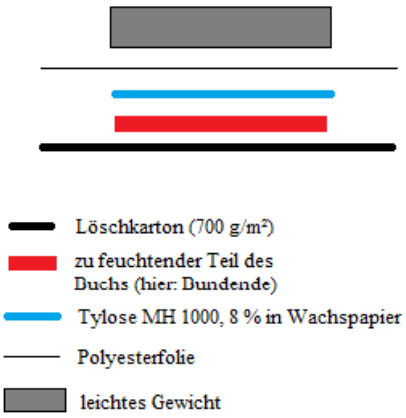


Abb. 59: Schematischer Aufbau der Befeuchtung mittels Tylose-Kompresse.

Bünde beschädigt werden, wurden die Bundenden (alle drei vorderen Bundenden sowie das obere hintere Bundende) zunächst indirekt gefeuchtet. Durch die indirekte Befeuchtung wurden die Bünde flexibler und leichter verformbar, sodass sie sich einfacher durch die Löcher ziehen lassen konnten. Es wurden zunächst zwei Methoden der indirekten Befeuchtung an zwei Bundenden getestet. Zum einen die Befeuchtung im Gore-Tex-Sandwich (Abb. 58) und zum Anderen die Befeuchtung mittels Tylosekompresse (Tylose MH 1000, 8 %) in Wachspapier (Abb. 59). Die Bundenden wurden solange gefeuchtet, bis diese flexibel und weich waren und sich ohne großen Widerstand durch die Löcher ziehen ließen. Beim direkten Vergleich der beiden Befeuchtungsmethoden zeigte sich, dass die indirekte Befeuchtung mittels Tylosekompresse zu einem schnelleren Handlungserfolg führte, da dort die Feuchtigkeit schneller in das Bundmaterial abgegeben wurde. Deswegen wurden die zwei noch unbehandelten Bundenden auf diese Weise gefeuchtet und somit flexibilisiert. Das mittlere sowie das untere hintere Bundende musste nicht gefeuchtet werden, da die Löcher im Pergamentumschlag groß genug waren, um die Bundenden ohne vormaliges Feuchten durchziehen zu können. Sobald die Bundenden ausreichend gefeuchtet und weich waren, wurden diese an der dicksten Stelle vorsichtig zusammengedrückt und durch das entsprechende Bundloch geführt und auf den Buchblock umgelegt. Um einer Verformung der Bünde sowie einem unkontrollierten Zusammenziehen dieser während der Trocknung entgegenzuwirken, wurden diese zwischen Löschkartons und Polyestervliese (80 g/m²) gelegt und mit Sandsäckchen leicht beschwert.

6.2 Trockenreinigen des Pergamentumschlags

Der Pergamentumschlag wurde mit einem Latexschwamm in leicht drehenden Bewegungen vorsichtig abgetupft, wobei der Schriftbereich ausgespart wurde, um diesen vor Abrieb oder Beschädigungen zu schützen. Zudem wurde dadurch ein unerwünschtes, zusätzliches Aufrauen der Pergamentoberfläche vermieden.

6.3 Auslegen umgeschlagener und deformierter Pergamentbereiche

Um die umgeschlagenen Bereiche auslegen zu können, mussten diese zunächst indirekt gefeuchtet werden. Dies geschah mittels Tylosekompressen (MH 1000, 8 %ig, in Wachspapier). Durch die gezielte Vorfeuchtung dieser Stellen wurde das Pergament erweicht und

eingeschlagene beziehungsweise eingerollte Partien ließen sich leichter auslegen. Für die Befeuchtung wurden kleine Kompressen angefertigt, welche unter die auszulegenden Stellen gelegt wurden. Gleichzeitig wurden die zu befeuchtenden Stellen mit einem Spatel gegen die Kompresse gehalten (Abb. 60). Durch den schwachen Druck des Spatels wurde die Einwirkzeit der Kompresse verkürzt und ein schnellerer Handlungserfolg erzielt. Sobald die eingeschlagenen Partien flexibel und erweicht waren, konnten diese ohne großen Widerstand ausgelegt werden und zwischen Polyestervliesen (31 g/m²) und Löschkartons (700 g/m²) trocknen.

Abb. 60: Indirekte Befeuchtung eines umgeschlagenen Pergamentbereichs mittels Tylosekompresse (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9).

Um ein Wiedereinrollen beziehungsweise eine wiederkehrende Verformung der feuchten Partien während der Trocknung zu verhindern, wurden diese mit leichten Sandsäckchen beschwert. An die partielle Befeuchtung kleinerer Teilbereiche schloss sich die indirekte Befeuchtung des oberen Rückenbereichs an. Dieser war durch den ehemaligen Feuchtigkeitsschaden leicht verzogen und verformt und sollte vor der anschließenden Ergänzung der Fehlstelle wieder in die gewünschte Position gebracht werden. Da es sich hierbei um eine größere Fläche handelte, welche gefeuchtet werden sollte, wurde dieser Bereich mit einer Gore-Tex-Kompresse (schematischer Aufbau der Befeuchtung im Gore-Tex-Sandwich siehe Abb. 58) belegt. Nach ca. 10 Minuten Einwirkzeit konnte die Kompresse abgenommen und das leicht feuchte Pergament in die gewünschte Form gezogen und gespannt werden. Beim Spannen sollte so wenig Kraft wie möglich aufgewendet werden, um das Pergament nicht zu beschädigen oder zu verletzen. Besondere Vorsicht sollte man in Bereichen mit kleinen Rissen walten lassen, da sich diese durch zu starkes Spannen und Ziehen im schlimmsten Falle vergrößern und weiter einreißen können. Nachdem der Rückenbereich des Pergamentumschlags richtig ausgerichtet und wieder in die entsprechende Form gebracht war, wurde er mit einem Polyestervlies (31 g/m²) und Löschkarton (700 g/m²) abgedeckt und mit Sandsäckchen beschwert trocknen gelassen.

Abbildung 58 und 59 zeigen den Pergamentumschlag nach dem Auslegen der umgeschlagenen und deformierten Bereiche.

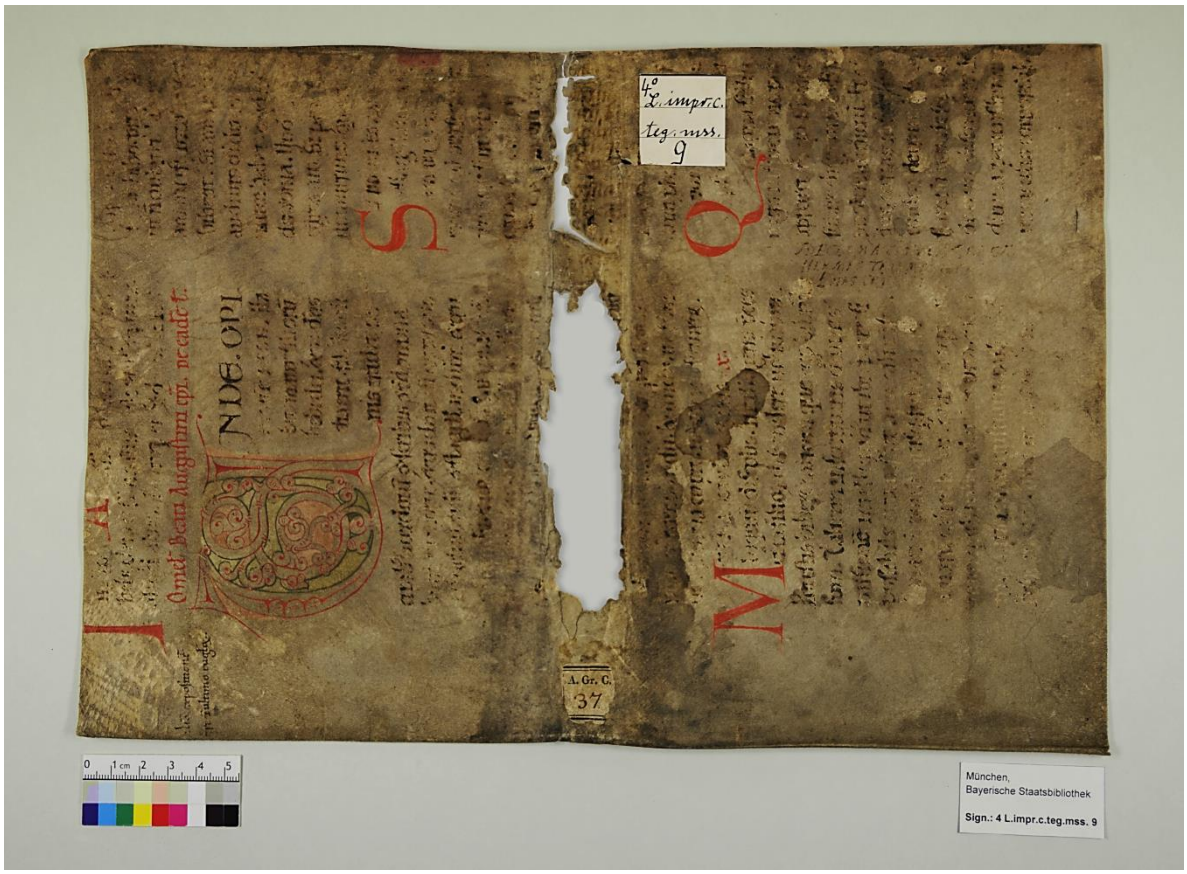


Abb. 61: Außenseite des Pergamentumschlags nach dem Auslegen umgeschlagener und deformierter Bereiche (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9)

Abb. 62: Innenseite des Pergamentbands mit aufgeschlagenen vorderen Einschlägen nach dem Auslegen umgeschlagener und deformierter Bereiche (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9).

6.4 Ergänzen der Fehlstellen des Pergamentumschlags

Für die Fehlstellenergänzung wurde ein Kalbspergament (15-20/100 mm dünn, hell, beidseitig geschliffen und gleichmäßig angeraut) ausgewählt. Das Pergament wurde auf Grund der benötigten Flexibilität etwas dünner als das originale Pergamentumschlagpergament gewählt. Die Flexibilität spielte bei einer Verklebung im Rückenbereich sowie im Gelenk auf Grund der großen mechanischen Beanspruchung durch Zug- und Scherkräfte beim Auf- und Zuschlagen des Buches eine große Rolle.

Um das Ergänzungspergament farblich an den originalen Farbton anzupassen, wurde dieses mit Lederfarben eingetönt. Als Grundlage für die Wahl des Farbtons diente ein Mittelton der Innenseite des Pergamentumschlags. Der aus verschiedenen Farben angemischte Farbton wurde auf Reststücken des Ergänzungsmaterials zunächst probeweise aufgestrichen. Anschließend wurde die Farbmischung relativ trocken mit einem Schwamm von beiden Seiten auf einen zugeschnittenen Streifen Kalbspergament aufgetragen. Die Annäherung an den entsprechenden Farbton konnte durch mehrmaligen Auftrag der Farbmischung erreicht werden. Zum Trocknen wurde der Pergamentstreifen auf einen Löschkarton gelegt und jeweils an der oberen und unteren Kante durch ein mit Polyesterfolie eingefasstes Gewicht beschwert und gleichzeitig gespannt. Durch die Gewichte wurde ein Zusammenziehen bzw. ein Verformen des Pergamentstreifens während der Trocknung unterbunden.

Nachdem das Ergänzungspergament den passenden Farbton hatte, konnte mit der eigentlichen Anfertigung der Fehlstellenergänzungen begonnen werden. Hierfür wurde für jede der beiden Ergänzungen eine Schablone aus Polyesterfolie angefertigt. Der Pergamentumschlag wurde hierfür mit der Innenseite nach oben zunächst auf einen Leuchttisch aufgelegt und passend ausgerichtet. Die Beleuchtung von unten hatte den Vorteil, Schwachstellen wie kleine Risse, welche durch die Ergänzung mitgesichert werden sollten, leichter zu erkennen. Nun wurde die Polyesterfolie auf die zu ergänzende Stelle aufgelegt und mit einem wasserfesten Stift die Konturen der Fehlstelle abgenommen und auf die Folie übertragen. Zusätzlich zu der inneren Kontur wurde eine zweite Kontur angelegt. Der Zwischenraum zwischen der inneren und äußeren Kontur gibt den Überstand der Ergänzung an, welcher später ausgeschärft und auf dem originalen Pergament verklebt werden soll. Der Überstand bemisst sich auf etwa zwei bis drei mm, wobei in Bereichen, in denen sich Schrift befindet, der Überstand so gering wie möglich ausfallen muss, um diese nicht mehr als nötig zu verdecken. Nun wurde unter das Ergänzungspergament die Schablone gelegt und mit einem Bleistift die vorgezeichneten Konturen nachgefahren und somit die Form der Ergänzung einschließlich des benötigten

Überstands auf das neue Pergament übertragen. Im Anschluss daran wurde etwas außerhalb der äußeren Kontur das Ergänzungsstück aus dem Streifen Pergament ausgeschnitten und von der innen liegenden Kontur ausgehend der aufgezeichnete Überstand der Pergamentergänzung mit Hilfe eines Skalpells ausgedünnt. Der Überstand wurde dabei so dünn ausgeschärft, dass die Schrift beim Auflegen der Ergänzung auf das Original sichtbar blieb und weiterhin zu lesen ist. Die Kante der Ergänzung wurde stark verlaufend ausgeschärft. Dadurch entsteht beim späteren Verkleben der Ergänzung ein fließender Übergang zum Original, ohne harte Kanten und spürbaren Versatz. Abbildung 63 und 64 zeigen die ausgeschärften Pergamentergänzungen sowie deren zugehörige Schablone.

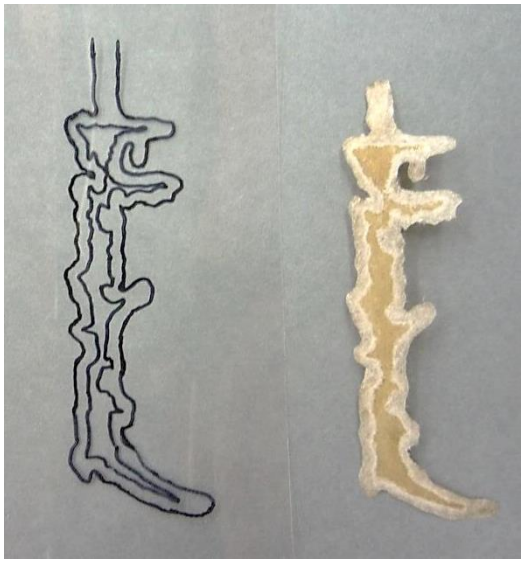


Abb. 63: Auf Polyesterfolie übertragene Konturen der oberen Fehlstellenergänzung (links) und die ausgeschärfte Fehlstellenergänzung (rechts).

Bevor die Ergänzung auf dem Original verklebt werden konnte, wurden das Original als auch die Ergänzung mittels einer Gore-Tex-Kompresse schwach vorkonditioniert und vorgefeuchtet, um sie so auf die nachfolgende Verklebung klimatisch vorzubereiten. Durch die indirekte Befeuchtung wird das Pergament leicht entspannt und einem Verwerfen auf Grund der bei der Verklebung eingebrachten Feuchtigkeit wird entgegengewirkt. Zudem schlägt der aufgebrachte Klebstoff nicht so schnell weg und zieht nicht sofort in das Pergament ein. Ein weiterer Vorteil der Vorkonditionierung des Pergaments stellt die Verlängerung der offenen Zeit des Klebstoffs dar, da dieser nicht sofort in das Pergament einzieht, was beim Einpassen der Ergänzung hilfreich ist.

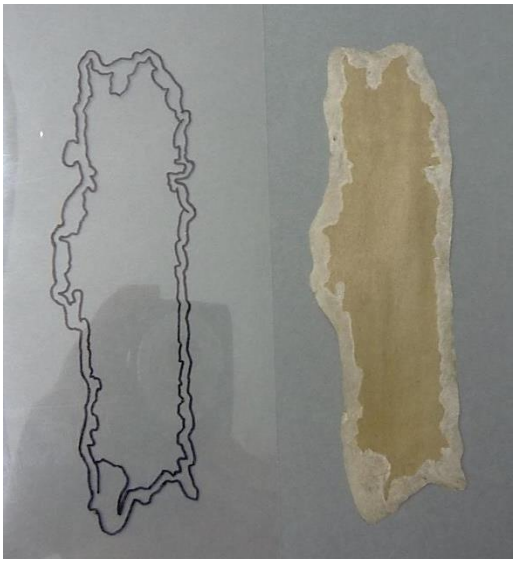


Abb. 64: Auf Polyesterfolie übertragene Konturen der unteren Fehlstellenergänzung (links) und die ausgeschärfte Fehlstellenergänzung (rechts).

Nach der Vorkonditionierung des Pergaments konnte mit der Fehlstellenergänzung fortgefahren werden. Es wurde zunächst die obere Fehlstelle ergänzt. Dafür wurde das Original mit der Innenseite nach oben auf ein Polyestervlies (31 g/m²) und anschließend auf einen Leuchttisch gelegt. Durch die Beleuchtung von unten lässt sich die Position der Fehlstellenergänzung exakter bestimmen. Um ein Verrutschen der Pergamentumschlagdecke während der Verklebung zu verhindern, wurde der Pergamentumschlag mit leichten Sandsäckchen beschwert. Nun wurden

der ausgeschärfte Überstand der Ergänzung als auch die Kante der Fehlstelle mit der Hausenblasenlösung (Ansatz S 4/55, 15 %) mit einem Pinsel vorsichtig bestrichen. Dabei wurde so viel Klebstoff aufgebracht, dass die Oberfläche gerade so benetzt war. Die aufgetragene Klebstoffmenge sollte so gering wie möglich ausfallen, da es ansonsten leicht passieren kann, dass überschüssiger Klebstoff an den Seiten der Ergänzung austritt und auf dem Original Glanzstellen hinterlässt. Die mit Klebstoff versehene Ergänzung wurde nun passgenau in die Fehlstelle eingesetzt und händisch vorsichtig angerieben, um deren Position zu fixieren. Um eine gute Haftung der Ergänzung zum originalen Untergrund zu garantieren, wurde der Überstand der Ergänzung Stück für Stück mit einem Falzbein leicht angerieben. Schnell stellte sich heraus, dass das originale Pergament extrem stark und äußerst sensibel auf Feuchtigkeit in der Kombination mit Druck reagierte. Nach schwachem Anreiben der Ergänzung mittels eines Falzbeins zeigte das Pergament in diesem Bereich bereits eine dunkle Verfärbung. Vermutlich wurde der im Pergament sowie an dessen Oberfläche befindliche Schmutz durch die eingebrachte Feuchtigkeit zusätzlich gebunden, was zu einer Verdunklung des Pergaments führte. Nach dieser Erkenntnis musste eine neue Methode für die Verklebung der zweiten Ergänzung gefunden werden. Um das Verhalten des Originals während der Verklebung der Ergänzungen besser beobachten und kontrollieren zu können und um bei eventuell auftretenden Komplikationen schneller handeln zu können, wurde das Original schließlich mit der Außenseite nach oben auf ein Polyestervlies (31 g/m²) sowie einen Löschkarton (700 g/m²) gelegt und so die Ergänzungen von der Vorderseite verklebt. Das Ergänzungspergament wurde unter das Original gelegt und passgenau positioniert. Um ein Verrutschen der Ergänzung als auch des Originals zu verhindern, wurde auf die obere Hälfte der Fehlstellenergänzung ein Sandsäckchen aufgelegt. Anschließend wurde der ausgeschärfte Überstand der Ergänzung Stück für Stück mit einer geringst möglichen Menge an Hausenblasenleim (S 4/55, 15 %) angestrichen und das Original mit dem bloßen Druck der Finger vorsichtig aufgedrückt. Um keinen Schmutz oder zusätzliche Feuchtigkeit in das Original einzubringen, wurde zwischen Finger und die originale Oberfläche ein Polyestervlies (31 g/m²) gelegt. Durch die Wärme der Finger wurde dem Klebstoff schneller die Feuchtigkeit entzogen und man wirkte somit der dunklen Randbildung des Pergaments entgegen. Zudem besaß man dadurch eine bessere Kontrolle über den eingesetzten Druck und konnte diesen je nach Bedarf variieren. Nachdem die Ergänzungen vollständig verklebt waren, wurden die Kanten der Ergänzung als auch der Fehlstelle auf deren Klebeverbindung hin kontrolliert. An Partien mit unzureichender Klebstoffmenge und einer daraus resultierenden schwachen oder gar fehlenden Verklebung wurde nochmals mit einem Pinsel Hausenblasenleim (S 4/55, 15 %) auf die betroffenen Stellen aufgestrichen und mit dem Finger sanft über die Klebestelle gerieben, sodass

die Ergänzung überall eine gute Haftung zum Original hatte. Um den Farbton der Außenseite der Ergänzungen zu optimieren und um die Fehlstellenergänzungen optisch noch besser in die originale Umgebung einzupassen, sodass ein harmonischer Gesamteindruck entstand, wurden diese mittels Pastellkreiden nachgetönt. Dazu wurden von den Pastellkreiden mit einem Skalpell Pigmente abgetragen und mit Ethanol (99 %) vermengt. Das Ethanol dient als Transportmittel und verhindert, dass sich die Pigmente nach deren Auftrag wieder vom Untergrund lösen und abpudern. Die eingefärbte Ethanollösung wurde dann mit einem Pinsel auf die Ergänzung aufgestrichen. Während des Aufstreichens sollte darauf geachtet werden, dass zwischen den unterschiedlichen Farbtönen ein verlaufender Übergang entsteht. Abbildungen 65 - 70 zeigen den Pergamentumschlag nach der Fehlstellenergänzung.

Abb. 65: Außenseite des Pergamentumschlags mit der oberen Fehlstellenergänzung (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss.9).

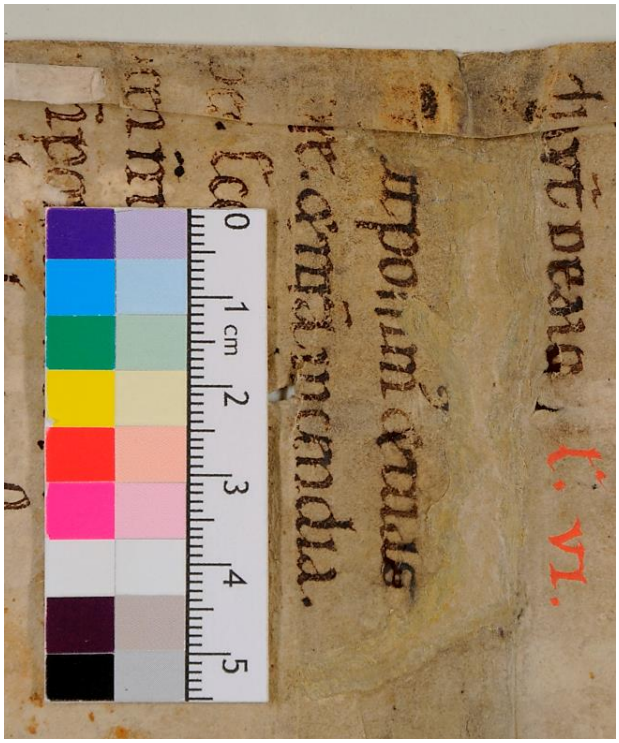


Abb. 66: Innenseite des Pergamentumschlags mit der oberen Fehlstellenergänzung (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss.9).

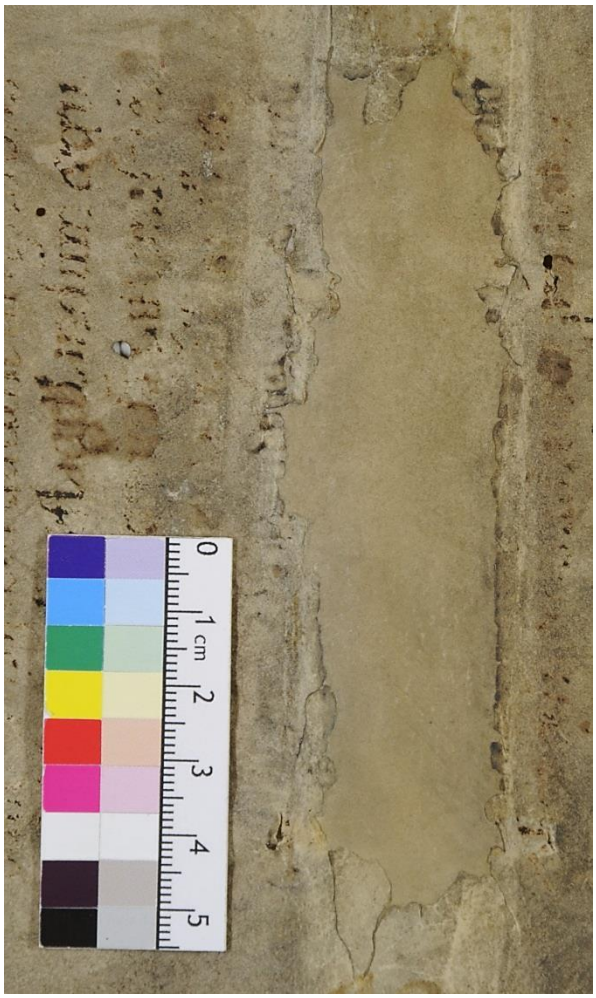


Abb. 67: Außenseite des Pergamentumschlags mit der unteren Fehlstellenergänzung (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss.9).

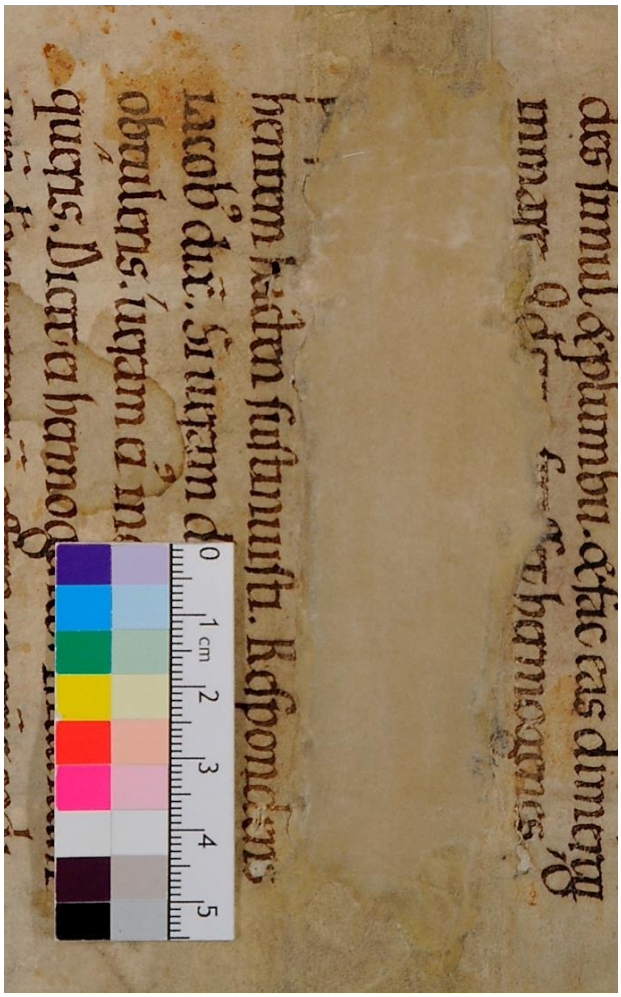


Abb. 68: Innenseite des Pergamentumschlags mit der unteren Fehlstellenergänzung (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss.9).

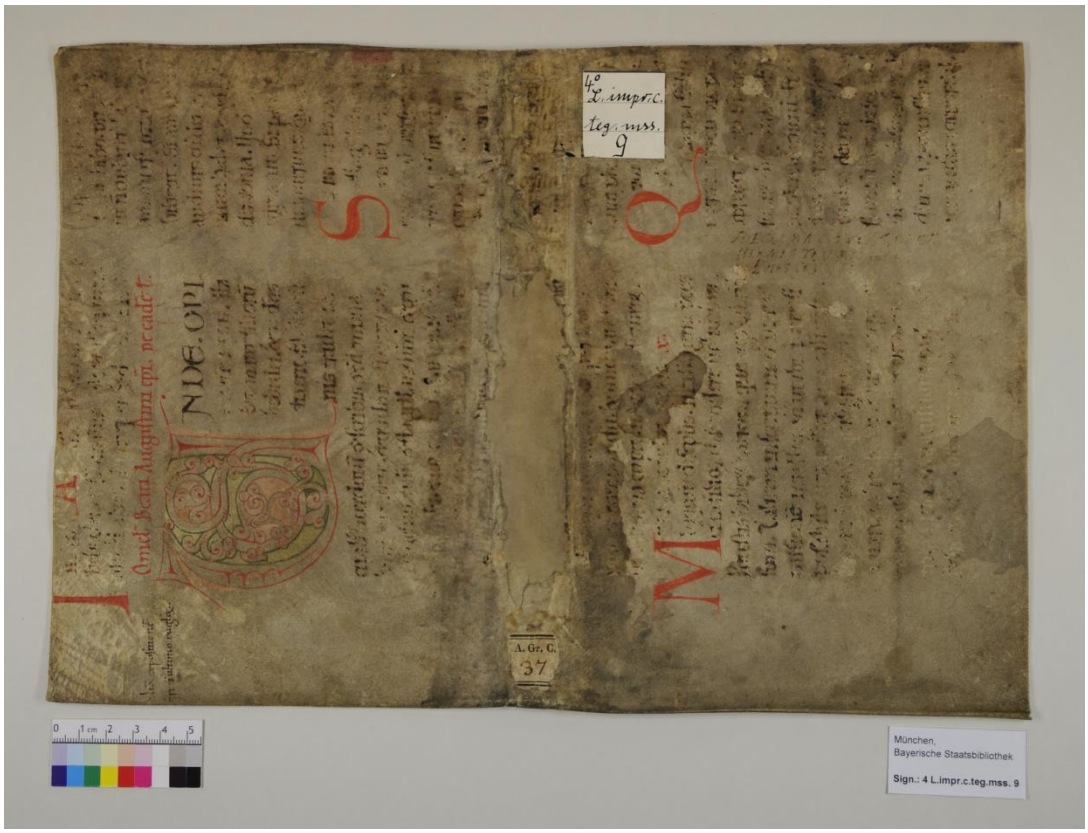


Abb. 69: Außenseite des Pergamentumschlags mit den beiden Fehlstellenergänzungen im Rückenbereich (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9).

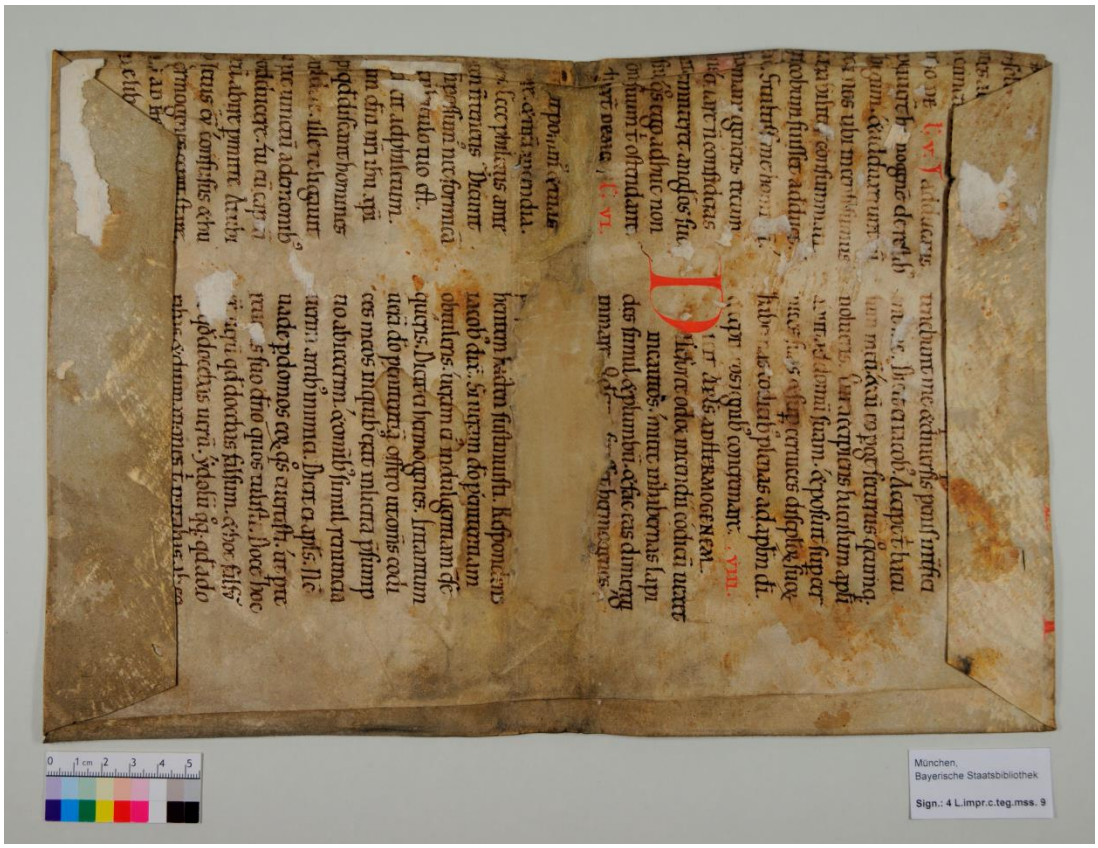


Abb. 70: Innenseite des Pergamentumschlags mit den beiden Fehlstellenergänzungen im Rückenbereich (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9).

6.5 Trockenreinigen des Buchblocks

Der komplette Buchblock wurde unter dem Abzug trockengereinigt und so von oberflächlich anhaftendem Schmutz befreit. Jedes Blatt wurde recto und verso an den Rändern mit einem Latexschwamm abradiert. Hierbei war darauf zu achten, dass man bei der Reinigung keinen großen Druck aufwendet, um das Papier durch die entstehende Reibung nicht aufzurauen. Zudem wurde bei der Reinigung der bedruckte Bereich ausgespart, da man sonst Gefahr lief, die Schrift durch die während der Reinigung entstehende Reibung zu beschädigen. Anschließend erfolgte das Auskehren der Fälze mit Hilfe eines schmalen Borstenpinsels und einer weichen Bürste aus Ziegenhaar.

6.6 Papierrestaurierung

Geknickte Bereiche im Buchblock, wie Ecken oder Blattkanten, wurden zunächst mit einem Wasser-Alkohol-Gemisch (50:50) und einem Pinsel schwach befeuchtet, anschließend ausgelegt und mit einem Vlies, einem Löschkarton und einem leichten Gewicht beschwert getrocknet. Hierbei durfte nicht zu viel Feuchtigkeit in das Papier eingebracht werden, da ansonsten sehr schnell Feuchtigkeitsränder entstehen können. Stark abgebaute Blattkanten wurden zusätzlich mit Gossamer Tissue (2 g/m²), welches mit Weizenstärkekleister (25 %) verklebt wurde, eingefasst. Vorhandene Risse wurden je nach originaler Papierstärke mit dem Japanpapier Gossamer Tissue (2 g/m²) beziehungsweise dem Japanpapier RK 00 (3,6 g/m²) geschlossen. Verklebt wurde das Japanpapier mit Weizenstärkekleister (25 %). Im Buchblock befindliche gerissene Fälze wurden ebenfalls mit Japanpapier geschlossen. Hier wurden die in einer Lage innen liegenden Papierbögen im Falz mit dem Japanpapier RK 2 (11 g/m²) restauriert, die äußeren Papierbögen mit dem Japanpapier RK 27 (18 g/m²). Das dickere Japanpapier sorgt für eine höhere Stabilität, welche vor allem bei den beiden äußeren Doppelblättern einer Lage vonnöten ist, da diese die höchste mechanische Belastung z. B. während des Heftens des Buchblocks, Stand halten müssen. Für die Restaurierung der Fälze wurde zunächst ein Streifen des entsprechenden Japanpapiers in der Länge des zu schließenden Risses und ca. 0,5 cm breit zugerissen. Nun wurde hinter den Falz des zu bearbeitenden Doppelblatts ein Stück Polyestervlies (31 g/m²) eingelegt. Dieses verhinderte, dass beim späteren Verkleben des Japanpapiers Klebstoff auf darunter liegende Doppelblätter gelangt. Zudem fängt es überschüssige Feuchtigkeit, welche durch die spätere Verklebung entsteht, auf und hält sie von der Umgebung fern. Nachdem das Japanpapier in die gewünschte Position gebracht wurde (Abb.

71), wurde eine Hälfte des Streifens auf einem mit Folie beschichteten Stück Karton mit Weizenstärkekleister angestrichen (Abb. 72), auf der Innenseite des Doppelblattes verklebt und mit einem Falzbein vorsichtig angerieben. Dadurch bekommt das Japanpapier eine höhere Haftung zum Untergrund. Die Verklebung wurde kurz zwischentrocknen gelassen. Im Anschluss konnte die andere Hälfte des Streifens angeschmiert und verklebt werden. Nachdem die Verklebung getrocknet war, wurde das Polyestervlies (31 g/m²) wieder entfernt. Auf diese Weise wurden die gerissenen Fälze innerhalb des Buchblocks geschlossen und so partiell voneinander getrennte Blatthälften wieder miteinander verbunden. Um das aufgebrachte Japanpapier farblich an die originale Papierfarbe anzupassen, wurde dieses im Anschluss an dessen Verklebung mit Pastellstiften eingetönt. Von den Stiften wurde mit Hilfe eines Skalpells Pigmente abgeschabt, welche mit relativ trockenem Weizenstärkekleister (30 %) vermengt und somit gebunden wurden. Der eingefärbte Weizenstärkekleister (30 %) wurde auf das Japanpapier aufgestrichen. Der Pinselauftrag ermöglichte einen sehr gezielten und exakten Auftrag. Zudem kann der entsprechende Farbton vorab passend angemischt werden.

Abb. 71: Unter den Heftfaden eingeführter Japanpapierstreifen zur Sicherung des gerissenen Falzes vor dessen Verklebung (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9).

Abb. 72: Anschmieren des Sicherungsstreifens aus Japanpapier auf einem laminierten Karton (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9).

6.7 Stabilisieren der Bünde

Um die sehr geschwächten und teilweise gebrochenen Bünde zu stabilisieren und um einen Träger für die abgebrochenen Bundenden zu schaffen, um diese wieder anzusetzen, wurde ein geschlitzter Streifen aus Schreibpergament (Kalbspergament) unter die Bünde eingeführt. Für diesen Schritt wurde der Buchblock mit dem Rücken nach oben zwischen Löschkartons und Bretter gelegt und in eine Presse gesetzt. Für die Bundstabilisierung wurden insgesamt drei Streifen Pergament zugeschnitten (je ein Streifen pro Bund, Abb. 73). Der Teil des Streifens,

welcher später unter die Bünde eingeführt wird, entspricht in der Breite der des originalen Bundes, die Enden der Bundstabilisierung, wo später die Bundenden aufgeklebt werden, wurde etwas länger und breiter gelassen, um hier ein wenig Spielraum in der Passform zu erhalten. Der

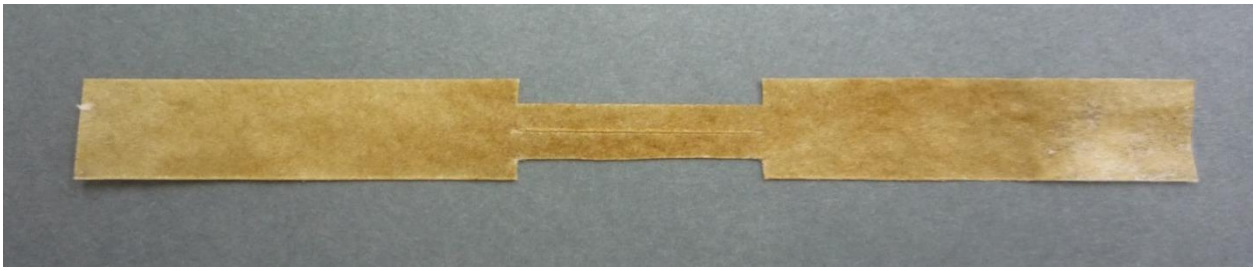


Abb. 73: Pergamentzuschnitt für die Bundstabilisierung.

Überstand wurde zu einem späteren Zeitpunkt entfernt. Das Pergament wurde anschließend mit Lederfarben leicht eingetönt, sodass sich dieses farblich besser in die originale Umgebung anpasst und nicht unter den Bünden hervorsticht. Nachdem die eingefärbten Pergamentstreifen getrocknet waren, wurden diese längs mittig eingeschnitten. Um die Länge und Position des Schnitts zu ermitteln, wurde je ein Streifen des Pergaments neben einen originalen Bund gelegt und mit Bleistift der Anfangs- und Endpunkt des Schnitts markiert. Dieser Schnitt reicht von etwas unterhalb der ersten bis knapp vor der letzten Lage. Dadurch ist der Start und Endpunkt des Schnitts später nicht zu sehen und die gebrochenen und brüchigen Bünde werden durch die leicht unter Spannung stehende Bundstabilisierung zusätzlich unterstützt. Nun wurden die Pergamentstreifen unter die Bünde geschoben und die nicht gebrochenen Bundenden durch die Schlitze auf die Oberseite der Pergamentstreifen geführt. Im Anschluss wurden die Pergamentstreifen vorsichtig straff gezogen. Hierbei wurde der rechts und links vom Schlitz liegende Teil des Pergamentstreifens soweit unter den originalen Bund geschoben, dass dieser kaum noch zu sehen war und vom originalen Bund verdeckt wurde. Sobald das eingezogene Pergament in der richtigen Position war, wurde es unter dem Bund mit Hausenblasenleim (10 %) angestrichen und dort verklebt (Abb. 74). Das neue Pergament sollte möglichst nur mit dem originalen Bund verklebt werden und nicht mit dem darunter liegenden Buchblockrücken, da zu einem späteren Zeitpunkt noch um die Bundstabilisierung herum geheftet werden muss und eine Verklebung hierbei hinderlich wäre. Nachdem das neue Pergament unter den Bünden verklebt wurde, konnten die gebrochenen Bundenden angesetzt und ebenfalls mit dem Pergament verklebt werden. Dazu wurde zunächst nur die Partie um den Bruch der Bundenden sowie die Bruchkante mit Hausenblasenleim (10%) angestrichen, richtig positioniert und auf das neue Pergament aufgeklebt. Durch diese partielle Verklebung wird das Bundende in der richtigen Position gehalten und fixiert. Eine vollflächige Verklebung war zu diesem Zeitpunkt nicht

erwünscht, da dies eine zusätzliche Versteifung der Bundenden und somit ein Erschweren beim späteren Zusammenführen des Buchblocks mit dem Pergamentumschlag zur Folge gehabt hätte. Abschließend folgte das passgenaue Zuschneiden des Pergamentstreifens mittels eines Skalpells (Abb. 75).

Abb. 74: Unter dem oberen Bund verklebter Pergamentstreifen vor dem Ansetzen des hinteren Bundendes sowie vor dessen Zuschnitt. (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9).

Abb. 75: Unter dem oberen Bund verklebter Pergamentstreifen nach dem Ansetzten des hinteren Bundendes sowie nach dessen Zuschnitt. (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9).

6.8 Nachheften einzelner Lagen

Im Anschluss an die Bundstabilisierung wurden die Lagen mit gerissenem Heftfaden nachgeheftet, bzw. die lose erste Lage aufgeheftet. Hierfür wurde ein Heftfaden (Hanf) verwendet, welcher in der Farbe nahezu dem originalen Heftfaden entsprach. Um nicht mehr Material als nötig in die Lagen einzubringen und dadurch die Steigung des Buchblocks zu erhöhen, wurde der neue Heftfaden etwas dünner als der originale gewählt. Es wurde in jener Lage begonnen nachzuheften, in welcher die Heftung intakt ist. Es wurde bei Lage A begonnen nachzuheften, um die erste Lage des Buchblocks aufzuheften. Um die Lagen B – L zu stabilisieren, wurden die Lagen A – M[101] nachgeheftet. Beim Nachheften wurde stets dem originalen Fadenverlauf gefolgt.

6.9 Runden des Rückens

Um den Buchblockrücken wieder in Form zu bringen, bzw. die Gegenrundung zu reduzieren, wurde der Rücken zunächst indirekt mittels Tylosekompressen (Tylose MH 1000, 8 %, in Wachspapier) gefeuchtet. Der gesamte Buchblock wurde knapp unterhalb des Gelenks zwischen Löschkartons und Bretter gelegt und mit dem Rücken nach oben in eine Presse gesetzt. Bevor mit dem Feuchten begonnen werden konnte, wurde das Pergamentstück, welches auf dem 1. Bundfeld verklebt war, mechanisch vom Buchblockrücken getrennt. Durch die Abnahme des Pergaments ließ sich nun auch dieser Teil des Rückens problemlos feuchten und das Pergament wurde vor eindringender Feuchtigkeit geschützt. Daraufhin folgte ein zweigeteilter Feuchteprozess, wobei zunächst das zweite und dritte Bundfeld des Buchblockrückens gefeuchtet wurde, welcher noch mit originalen Klebstoffresten der Rückenleimung versehen war und die Gegenrundung am stärksten hervortrat. Da diese Partien des Rückens, in Folge des noch aufliegenden Leims eine längere Befeuchtungsdauer verlangten als die übrigen, mussten diese vorgefeuchtet werden. Die Kompressen wurden individuell so hergestellt, dass sich diese in die Gegenrundung legten und sich an deren Form anpassten. Die Kompressen sollten nicht auf die Bünde übergehen, da durch die Einstichlöcher der Heftung leicht Feuchtigkeit ins Innere des Buchblocks gelangen und dort kleine Feuchtigkeitsränder verursachen kann. Zudem muss man darauf achten, dass die Kompressen nicht länger als nötig auf den zuvor restaurierten Fälzen aufliegen, da es auch dort, auf Grund der offeneren Papierstruktur, leicht zu einem

[101] Bei den Lagen A – M handelt es sich um zwölf Lagen des zweiten Werks des Bands.

unerwünschten Feuchtigkeitseintrag ins Innere des Buchblocks kommen kann. Die Kompressen wurden nun solange auf dem Buchblockrücken belassen, bis dieser an den gefeuchteten Stellen ein wenig flexibel wurde und sich formen ließ. Nun wurden verbliebene Leimreste mittels eines Spatels vorsichtig vom Buchblockrücken abgetragen und reduziert sowie die dadurch entstandene Verhärtung des Rückens langsam gemildert. Beim Abtragen der Leimreste musste stets darauf geachtet werden, das darunter liegende Papier nicht zu beschädigen. Im Anschluss wurde der Buchblock aus der Presse genommen und auf den Rücken aufgestoßen, sodass dieser ein wenig begradigt werden konnte. Anschließend wurde der Buchblock abermals in die Presse eingespannt und alle Bundfelder mit einer Tylosekompresse (Tylose MH 1000, 8 %, in Wachspapier) belegt. Um die Einwirkzeit der Kompressen zu verkürzen und um sie besser an die Form des Rückens anzupassen, wurden die Kompressen mit einem leichten Sandsäckchen beschwert. Sobald der Rücken ausreichend gefeuchtet war, wurde mechanisch mittels eines flachen Spatels sowie den Fingerspitzen versucht, die Lagen vorsichtig voneinander zu trennen und so die Klebeverbindung, welche durch das Ableimen entstanden war, zu lösen. Durch das behutsame Trennen der einzelnen Lagen wurde der Buchblockrücken noch flexibler und konnte leichter in die gewünschte Form gebracht werden. Nun wurde der Buchblock aus der Presse genommen, wiederum auf den Rücken aufgestoßen und anschließend so auf einem Tisch abgelegt, dass der Rücken leicht vorstand. Danach folgte das vorsichtige Runden bzw. Begradigen des Rückens mit Hilfe eines Gummihammers. Mittels gezielter Hiebe auf die Bundfelder, von der Mitte des Buchblockrückens ausgehend nach vorne, wurde zuerst die eine Hälfte des Rückens gerundet. Bei den Hieben sollte keine Kraft eingesetzt werden. Sobald die gewünschte Form erreicht war, wurde der Buchblock umgedreht und die andere Hälfte des Rückens wie beschrieben in Form gebracht. Während des Vorgangs sollte regelmäßig der Vorderschnitt kontrolliert werden, um zu überprüfen, ob auch dort die Rundung stimmt und gleichmäßig ist. Nun wurde der in Form gebrachte Buchblock zwischen Löschkartons und Bretter gelegt und mit Gewichten beschwert. In dieser Position konnte der Buchblockrücken trocknen, ohne seine Form zu verlieren.

6.10 Aufbringen der Hinterklebung

Um die gewünschte Form des Rückens zu fixieren und um die geschwächten Fälze der Lagen zusätzlich zu stabilisieren, wurde eine Hinterklebung aus Japanpapier (RK 27, 18 g/m²) aufgebracht. Dafür wurde der Buchblock ausgerichtet, mit dem Rücken nach vorne zwischen

Bretter gelegt und mit Gewichten beschwert. Von einem Einspannen in eine Presse wurde abgesehen, da sich durch den sehr hohen Pressdruck die noch leicht bestehende Gegenrundung verstärkt hätte. Bevor die Hinterklebung aufgebracht werden konnte, wurden die Enden der neuen Heftfäden aufgezwirbelt und flach auf dem Buchblockrücken mit Weizenstärkekleister (25 %) aufgeklebt. Anschließend wurde das Japanpapier in der Größe der Bundfelder zurechtgerissen. Die Laufrichtung des Japanpapiers verläuft hierbei senkrecht zum Buchblockrücken. Durch die gegensätzliche Laufrichtung entsteht eine höhere Stabilität des Buchblockrückens bzw. ein höherer Zusammenhalt der einzelnen Lagen. Zudem wird ein Einreißen des Japanpapiers bei übermäßiger mechanischer Beanspruchung, wie dem Auf- und Zuschlagen des Buches, weitestgehend unterbunden. Jetzt wurden die Bundfelder mit Weizenstärkekleister (25 %) bestrichen und die Japanpapierstücke aufgelegt. Beim Anschmieren des Rückens wurden die Bünde ausgespart, da diese während des Trocknens verhärten könnten. Zum Schluss wurde das Japanpapier mit dem Falzbein angerieben und an der Luft trocknen gelassen (Abb. 76). Nachdem die Hinterklebung getrocknet und die Form des Buchblockrückens

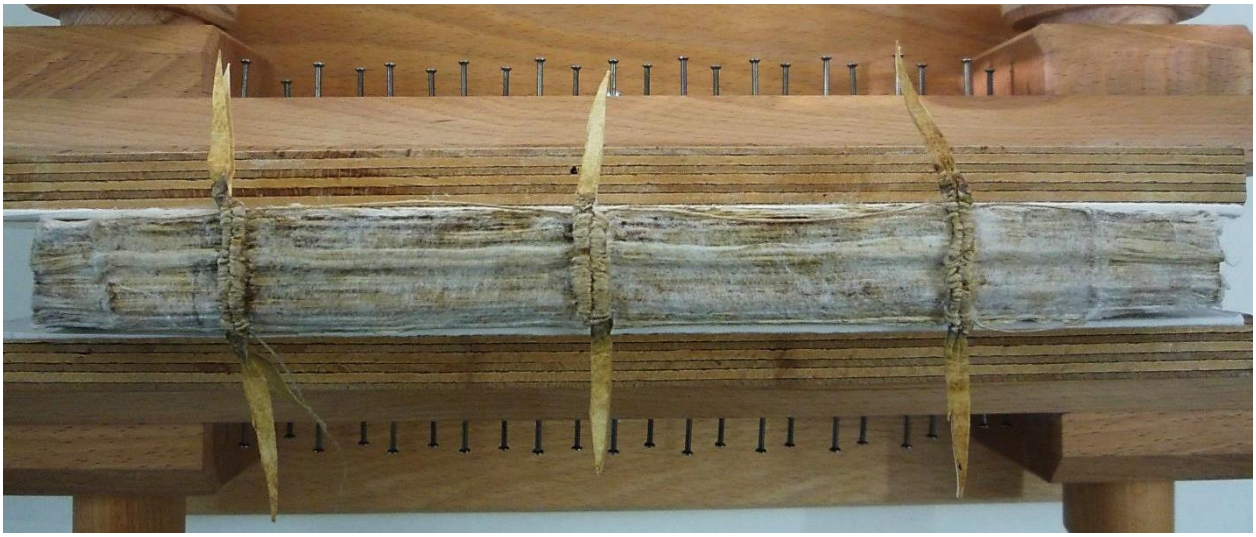


Abb. 76: Buchblockrücken nach der Hinterklebung mit Japanpapier und vor dem Anbringen des originalen Pergamentfragments auf dem oberen Bundfeld (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9).

fixiert war, wurde der Buchblock inklusive der Bretter mit dem Rücken nach oben in eine Presse gesetzt. Nun wurde das zuvor abgenommene Pergamentfragment wieder an seiner ursprünglichen Position aufgeklebt. Dazu wurde das Fragment mit Weizenstärkekleister (30 %) angestrichen und somit vorgrundiert. Unmittelbar danach wurde das durch den aufgebrachten Klebstoff leicht gefeuchtete Pergamentfragment auf den mit Weizenstärkekleister (25 %) angeschmierten Buchblockrücken aufgeklebt, mit einem Falzbein angerieben, einem Polyestervlies (31 g/m²) abgedeckt und einem leichten Sandsäckchen beschwert trocknen gelassen.

6.11 Zusammenführen von Buchblock und Pergamentumschlag

Nachdem der Pergamentumschlag sowie der Buchblock restauriert waren, konnten die beiden Komponenten wieder miteinander verbunden werden. Da sich die meisten Bundlöcher (bis auf das oberste, vordere Bundloch) im Bereich der Fehlstellenergänzungen befanden, mussten diese zunächst neu gesetzt werden. Die Position der originalen Bundlöcher war jedoch noch zu erkennen, da das Pergament an diesen Stellen, durch den Zug der Bünde, leicht gestaucht war. Für das Setzen der Bundlöcher wurde der Buchblock zunächst in den Pergamentumschlag eingelegt, ausgerichtet und positioniert, so dass das Erscheinungsbild mit dem Vorzustand korrespondierte. Im Anschluss wurde die Position der Bundlöcher mit einem Bleistift auf den Fehlstellenergänzungen des Umschlags angezeichnet und der Buchblock aus dem Umschlag genommen. Nun wurden die Endpunkte der Bundlöcher mit einer Nadel vorgestochen. Um schließlich Schlitze für die Bundlöcher ausschneiden zu können, wurde am Anfangs- und Endpunkt jedes Bundlochs ein kleines Loch mittels eines Stanzwerkzeugs (Ø 1,0 mm)[102] von der Vorderseite aus der Pergamentergänzung ausgestanzt. Durch den Durchmesser der Stanzlöcher wurde die Breite der Bundlöcher bzw. Bundschlitze bereits vorgegeben, welche nahezu der Stärke der Bünde entsprach. Zudem wurde dadurch ein mögliches Ausreißen der Bundlöcher während des abschließenden Einführens der Bünde vermieden. Nun wurde mit einem Skalpell der Bereich zwischen den gestanzten Löchern mit zwei Schnitten freigelegt, sodass ein Schlitz entstand (Abb. 77). Um die Bundenden für die nachfolgende Durchführung durch die Bundlöcher flexibler und formbarer zu machen, mussten diese wieder mittels Tylosekompressen (MH 1000, 8%ig, in Wachspapier) indirekt gefeuchtet werden. Dafür wurde der Buchblock mit dem Rücken nach oben und mehreren Brettern in eine Presse gesetzt. Auf den miteingespannten Brettern kamen zunächst ein Löschkarton und darauf die sechs Bundenden zum Liegen. Nun wurden die vorbereiteten Tylosekompressen auf die Bundenden aufgelegt. Nach ausreichender Befeuchtung wurden die Kompressen wieder abgenommen und die Bundenden durch die Schlitze in dem Pergamentumschlag geführt (Abb. 78).

Abb. 77: Aus der Fehlstellenergänzung herausgeschnittenes Bundloch. (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9)

[102] „Screw Punch“, eine japanische Lochstanze.

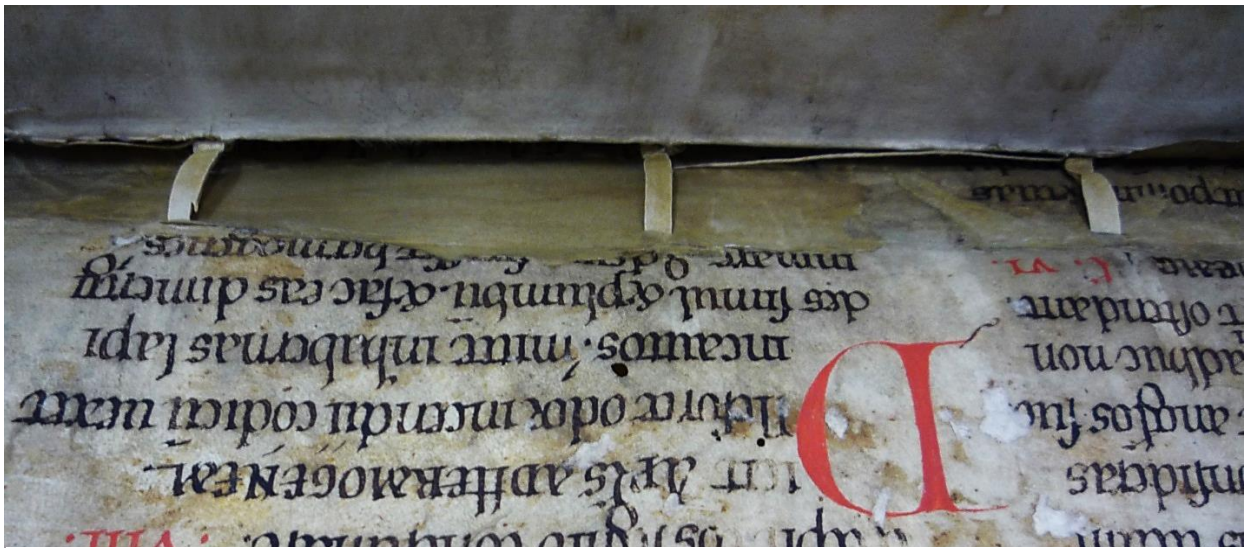


Abb. 78: Durchführung der drei vorderen Bundenden durch die im Falz liegenden Bundlöcher (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4. L.impr.c.teg.mss. 9).

Bei der Durchführung der Bundenden sollte man stets darauf achten, die Bundenden nicht übermäßig zu strapazieren und zu verbiegen, da sich dies negativ auf deren Stabilität auswirken kann. Nachdem alle sechs Bundenden durch das erste der beiden Bundlöcher gezogen worden waren und auf der Außenseite des Pergamentumschlags zum Liegen kamen, wurde das Buch der Presse wieder entnommen und auf einem Tisch abgelegt. Im Anschluss folgte die Durchführung der Bundenden durch das zweite, auf dem Vorder- bzw. Rückdeckel des Pergamentumschlags befindliche Bundloch. Dafür wurden die bis dahin getrockneten Bundenden nacheinander erneut mittels Tylosekompresse (MH 1000, 8 %, in Wachspapier) gefeuchtet. Das zu feuchtende Bundende wurde mit der Hand aufgenommen und mit einer Kompresse belegt. Durch die Handwärme wurde der Feuchteprozess zusätzlich beschleunigt und intensiviert. Das gefeuchtete und flexibilisierte Bundende konnte nun schadfrei durch das zweite Bundloch geschoben bzw. gezogen werden. So wurde ein Bundende nach dem anderen zunächst indirekt gefeuchtet und anschließend durch das zweite Bundloch auf die Innenseite des Pergamentumschlags gebracht. Schließlich wurde das auf den Bundenden aufliegende Stabilisierungspergament noch mit Hausenblase (10 %) punktuell verklebt.

6.12 Anfertigen einer Schutzhülle / Hinweise zur Benutzung des Pergamentbands (konservatorische Maßnahmen)

Abb. 79: Eingeklappter Schutzumschlag aus säurefreiem Archivkarton.

Zum Schutz des Pergamentumschlags wurde dieser mit einem Umschlag aus säurefreiem Archivkarton versehen (Abb. 79). Der Schutzumschlag verhindert den späteren Kontakt im Depot zu benachbarten Büchern. Die Klappen der Schutzhülle werden auf die Innenseite des Pergamentumschlags umgeschlagen und ragen hierbei bis knapp ins Gelenk. Dadurch drücken sich die Bundenden im geschlossenen Zustand des Buchs nicht zu sehr auf dem Buchblock ab. Die Schutzhülle verhindert den direkten Kontakt mit dem Pergamentumschlag während der Einsicht des Buches durch den Benutzer. Die Schutzhülle soll vor der Einlagerung des Bands auf dem Rücken noch mit einem Signaturschild versehen werden, sodass auf den ersten Blick ersichtlich wird, welches Buch sich in dem Schutzumschlag befindet, ohne diesen vorher abnehmen zu müssen. Das Buch sollte stets mitsamt der Schutzhülle auf einer Buchwiege in einem Öffnungswinkel von maximal 90° genutzt werden. Die Schutzhülle dient hier zusätzlich als Unterlage, sodass der Pergamentumschlag keinen direkten Kontakt zur Buchwiege hat. Dies ist vor allem bei Buchwiegen aus Schaumstoff bedeutsam, da die relativ raue Oberfläche des Schaumstoffs den Schriftbereich des Pergamentumschlags schädigen könnte. Durch den relativ geringen Öffnungswinkel von 90° werden das Gelenk und die fragilen Bünde vor einer zu großen mechanischen Beanspruchung geschont. Bei der näheren Begutachtung des Bands sollten stets Handschuhe (z. B. aus Baumwolle) getragen werden. Dadurch wird der direkte Kontakt des Benutzers mit den empfindlichen Materialien vermieden.

7 Zusammenfassung

Insgesamt wurden für die beiden zur Prüfung der Klebkraft durchgeführten Testreihen zwölf Hausenblasenansätze zubereitet, welche sich in der Extraktionsdauer und -temperatur unterschieden. Die Ansätze wurden schließlich in vier unterschiedlichen Konzentrationen verklebt.

Die mittels des Zugschertests getesteten Proben zeigten keine signifikanten Unterschiede im Hinblick auf die Klebekraft der unterschiedlich zubereiteten Hausenblasenansätze. Möglicherweise lag das Scheitern dieses Prüfverfahrens in der Wahl des Trägermaterials begründet. Vermutlich spielten hier die materialbedingten Eigenschaften eine zu große Rolle.

Im Gegensatz zur Prüfung der Zugscherfestigkeit konnten bei der T-Schälprüfung Tendenzen bezüglich vorhandener Klebekraftunterschiede gemessen werden. Mit zunehmender Temperatur bei der Zubereitung der Hausenblase ging eine Steigerung der Klebkraft einher. Möglicherweise sind die hohen Klebkraftwerte jedoch mit einer Verminderung der Elastizität des Klebstoffs verbunden. Die gemessenen Werte der Klebekraft können Tendenzen aufzeigen. Eine für die Interpretation der Messergebnisse notwendige Untersuchung, vor allem in Bezug auf die molekularen Eigenschaften des Klebstoffs, war im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich.

Für die Verklebung der Fehlstellenergänzungen am zu bearbeitenden Pergamentband wurde letztendlich ein Hausenblasenleim (S 4/55) in 15 %iger Konzentration ausgewählt. Damit konnte eine, dem Erhaltungszustand des Pergaments angemessene, hohe und flexible Verbindung hergestellt werden.

Dem Ziel der Wiederherstellung der Benutzbarkeit und Stabilität des Pergamentbands konnte durch die umfangreichen Restaurierungsarbeiten entsprochen werden.

ABSTRACT

The presented master thesis is titled “Restaurierung eines feuchtigkeitsgeschädigten Pergamentbands aus dem 16. Jahrhundert auf der Grundlage einer Untersuchung zur Verklebung von Pergament mit Hausenblasenleim“ and thus combines theoretic background information, research and restoration.

First it describes systematically various aspects of the damaged original.

Based on the results of two test series with sturgeon glue the most suitable batch is chosen to restore the vellum bound book

Subsequently focus lies particularly upon the restoration of the vellum bound book’s envelope.

8 Verzeichnisse

8.1 Literaturverzeichnis

Barnes, T. D.: *Himerius and the Fourth Century*, In: Classical Philology, Vol. 82, No. 3 (1987), University of Chicago Press (Hrsg.), S. 206 – 225, zitiert nach: Völker, H: *Himerios – Reden und Fragmente: Einführung, Übersetzung und Kommentar*, Dr. Ludwig Reichert Verlag, Wiesbaden 2003, S. 4.

Belaya, I. K.: *Selecting and testing adhesives for the restoration of skin-bindings and parchments*. In: Restaurator, I, Nr.4, 1970.

Brandis, R.: *Animal Glue*. In: Handbook of Adhesives. Irving Skeist et al. (Hrsg.), New York 1990, S. 123 – 134.

Broecke, S.: *Evidence and Conjecture in Cardano's Horoscope Collection*, in: Günther Oesterman, H. Darrell Rutkin, Kocku von Stuckrads, Horoscopes and Public Spheres, de Gruyter Verlag, Berlin / New York 2005, S. 215 – 217, zitiert nach: Pomata, G.: *Observation Rising: Birth of an Epistemic Genre, 1500 – 1650*, in: Daston, L. / Lunbeck, E.: *Histories of scientific observation*, University of Chicago Press, Chicago, Chicago 2011, S. 45 – 80.

Brüning, V. F.: *Die alchemistischen Druckwerke von der Erfindung der Buchdruckerkunst bis zum Jahre 1690*, de Gruyter-Verlag, München 2004

DIN EN 1465:2009: *Klebstoffe – Bestimmung der Zugscherfestigkeit von Überlappungsklebungen*.

DIN EN ISO 11339:2010: *Klebstoffe – T-Schälprüfung für geklebte Verbindungen aus flexiblen Fügeteile.*

Erskine, R.: *Astral and Divine Medicine*, In: Collis, Robert: The Petrine Instauration: Religion, Esotericism and Science at the Court of Peter the Great, 1689-1725, BRILL, 2012, S. 161 – 170.

Estermann, M.: *Signete und Widmungsbriefe Frankfurter Verleger des späten 16. Jahrhunderts.* In: Archiv für Geschichte des Buchwesens, Historische Kommission des Börsenvereins des Deutschen Buchhandels (Hrsg.), Band 59, de Gruyter Verlag, 2005.

Faber, J. A: *Abrisz einer allgemeinen Historie der Gelehrsamkeit*, Band 3, Leipzig 1754.

Fuchs, R.: Pergament – Geschichte, Material, Konservierung, Restaurierung. Kölner Beiträge zur Restaurierung und Konservierung von Kunst- und Kulturgut, Band 12, Siegl, München 2001.

Habel-Schablitzky, A.: *Fischblasenleim – Geschichte und Eigenschaften sowie Anwendung in der Holzrestaurierung*, Diplomarbeit, Fachhochschule Köln 1992.

Haller, K.: *Die Repertorien der Bayerischen Staatsbibliothek*, 4., aktualisierte Ausgabe, Bayerische Staatsbibliothek, München 2011.

Haug, I.J. et al.: *Physical and rheological properties of fish gelatin compared to mammalian gelatin*, Food Hydrocolloids 18, 2004, S. 203 – 213, zitiert nach: Schellmann, N. *Animal Glues – their adhesive properties, longevity and suggested use for repairing taxidermy specimens*. NatSCA News, Band 16, 2009, S. 36.

Haupt, T.: *Zubereitung von Störleim*. Diplomarbeit, Staatliche Akademie der Bildenden Künste, Stuttgart 2000.

Hickman, D. et al.: *Isinglass / collagen: denaturation and functionality*. In: Journal of Biotechnology, Band 79, 2000, S. 245 – 257.

Hull, W. Q./ Bangert, W.G.: *Animal glue - a staff-industry collaborative report.* In. Industrial and Engineering Chemistry 44 (10), 1952, S. 2275 – 2284, zitiert nach: Schellmann, N: *Animal Glues – their adhesive properties, longevity and suggested use for repai-ring taxidermy specimens*. NatSCA News, Band 16, 2009, S. 37.

Labarre, A.: *Millanges*, In: Lexikon des gesamten Buchwesens, 2., völlig neubearbeitete Auflage, Band 5, Hiersemann Verlag, Stuttgart 1999.

Leach, A. A.: *Collagen chemistry in relation to Isinglass and Isinglass finings – a review*. In: Journal oft he Institute of Brewing, Band 73, 1967, S. 8 – 16.

Michel, F. et al.: *Funori, ein japanisches Festigungsmittel für matte Malerei*. In: Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung 16, 2006, S. 257 – 275.

Pomata G.: *Observation Rising: Birth of an Epistemic Genre*, 1500 – 1650, in: Daston, L. / Lunbeck, E.: *Histories of scientific observation*, University of Chicago Press, Chicago, Chicago, 2011, S. 45 – 80.

Przybylo, M.: *Vergleichende Untersuchungen zu Störleim – Herkunft, Herstellung, Alterungsverhalten*. Diplomarbeit, Technische Universität München 2004.

Ramstedt-Chemnitz, O.: *Klebstoffe und Kitte*. In: Liesegang, Raphael Eduard (Hrsg.): *Kolloidchemische Technologie: Ein Handbuch kolloidchemischer Betrachtungsweise in der chemischen Industrie und Technik*, 2. vollständig überarbeitete Auflage, Springer Verlag, Berlin / Heidelberg 1932, S. 412 – 430.

Reuber, L.: *Klebstoffe für die Rissverklebung an Leinengeweben*. Kölner Beiträge zur Restaurierung und Konservierung von Kunst- und Kulturgut, Band 1, CICS (Hrsg.), Köln 2010.

Richter, G.: *Christian Egenolffs Erben*, in: Archiv für Geschichte des Buchwesens, Historische Kommission des Börsenvereins des Deutschen Buchhandels (Hrsg.), Band 7, Buchhändler-Vereinigung, Frankfurt a. M., 1967, zitiert nach: Estermann, M.: *Signete und Widmungsbriefe Frankfurter Verleger des späten 16. Jahrhunderts*, in: Archiv für Geschichte des Buchwesens, Historische Kommission des Börsenvereins des Deutschen Buchhandels (Hrsg.), Band 59, de Gruyter Verlag, 2005, S. 71 – 75.

Schellmann, N: *Animal Glues – their adhesive properties, longevity and suggested use for repairing taxidermy specimens*. NatSCA News, Band 16, 2009, S. 36 – 40.

Seyb, H. G.: *Botanik und Drogenkunde: I und II Teil*, Springer Verlag, Wiesbaden 1956.

Springob, C.: *Stärkekleister als Verdickungsmittel von Störleim zur Malschichtfestigung*. In: Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung, Heft 1, 2001, S. 111 – 132.

Steiff, K.: *Wechel*, Historische Commission bei der königl. Akademie der Wissenschaften (Hrsg.), In: Allgemeine Deutsche Biographie, 55 Bde. u. 1 Registerbd., 1875-1912, [verwendeter Band: Bd. 41], Duncker & Humblot, München/Leipzig 1896

Veis, A.: *The Macromolecular Chemistry of Gelatin*. Academic Press New York / London 1964 zitiert nach: Haupt, T.: *Zubereitung von Störleim*. Diplomarbeit, Staatliche Akademie der Bildenden Künste, Stuttgart 2000, S. 25.

Völker, H: *Himerios – Reden und Fragmente: Einführung, Übersetzung und Kommentar*, Band 17, Dr. Ludwig Reichert Verlag, Wiesbaden 2003.

Westphal, G.: *Proteine - nutritive und funktionelle Eigenschaften*, Springer Verlag, Berlin / Heidelberg, 2003.

Widmann, H.: *Der Drucker-Verleger Henri II Estienne (Henricus II Stephanus),* Verlag der Gutenberg-Gesellschaft, Mainz 1970.

Weblinks

URL:https://opacplus.bsb-muenchen.de/metaopac/search?&query=4+L.impr.c.teg.mss.+9 (20.04.15).

URL:http://thesaurus.cerl.org/record/cni00041484 (18.08.15).

URL:http://data.bnf.fr/14634553/francois_de_foix_candale/ (20.08.15).

URL:http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/kollagen/36671 (06.08.15).

URL:http://www.zeno.org/Brockhaus-1911/A/Hausenblase (16.06.15).

URL:http://www.ekd.de/calvin/arbeit/bibliothek/buch07.html (29.04.2015).

URL:http://www.kremer-pigmente.com/media/files_public/63110_SHD_DEU.pdf. (10.06.15.)

8.2 Abbildungsverzeichnis

Alle Abbildungen ohne Quellenangabe wurden von der Autorin der Arbeit angefertigt.

Abb. 1: Vorderansicht des Pergamentbands mit den angedeuteten schweren Beschädigungen im Vorzustand (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss.9). 3
Abb. 2: Rückansicht des Pergamentbands mit den angedeuteten schweren Beschädigungen im Rückenbereich im Vorzustand. (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9). 4
Abb. 3: Fragment eines Schließenbands im oberen Schlitz des aufgeschlagenen hinteren Einschlags (rot), (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9). 5
Abb. 4: Titelblatt des ersten Werks des Bands mit dem Druckersignet des Henri II Estienne. (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9). 7
Abb. 5: Titelblatt des zweiten Werks des Bands mit dem Druckersignet von Simon Millanges. (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9). 10
Abb. 6: Titelblatt des dritten Werks des Bands mit dem Druckersignet Wechels. (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9). 12
Abb. 7: Folio 5 recto der zweiten Lage des zweiten Werks mit der mitgedruckten Foliierung am oberen Rand sowie der unter dem Textblock angebrachten Lagensignatur (b) und Kustode (lenus) (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9). 14
Abb. 8: Unterer geschlitzter Doppelbund (die Aufnahme entstand während der Restaurierung des Bands, nach Separierung von Buchblock und Pergamentumschlag). (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9). 15
Abb. 9: Schematische Darstellung der ursprünglichen Verbindung von Buchblock und Pergamentumschlag durch die vordere und hintere Vorsatzlage). 15
Abb. 10: Bei der Herstellung des Schreibpergaments entstandene parallel verlaufende Schabspuren in der unteren Ecke auf der Außenseite des Pergamentumschlags (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9). 17
Abb. 11: Zustandskartierung der Außenseite des Pergamentumschlags (Die Fehlstellen im Rückenbereich wurden nicht in die Kartierung aufgenommen, da dessen Ausmaße zu diesem Zeitpunkt nicht eindeutig bestimmt werden konnten. Die Aufnahme entstand nach der im Zuge der Restaurierung getätigten Separierung von Pergamentumschlag und Buchblock. München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9). 18
Abb. 12: Zustandskartierung der Innenseite des Pergamentumschlags (Die Fehlstellen im Rückenbereich wurden nicht in die Kartierung aufgenommen, da dessen Ausmaße zu diesem

Zeitpunkt nicht eindeutig bestimmt werden konnten. Die Aufnahme entstand nach der im Zuge der Restaurierung getätigten Separierung von Pergamentumschlag und Buchblock. München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9). 19
Abb. 13: Buchblockrücken mit den freiliegenden Heftfäden der vorderen / hinteren Vorsatzlage und der ersten Lage des ersten Werks sowie dem auf dem ersten Bundfeld aufgeklebten Pergamentfragment (Die Aufnahme entstand nach der im Zuge der Restaurierung des Bands getätigten Separierung von Buchblock und Pergamentumschlag, München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss.9). 20
Abb. 14: Extremer Feuchtigkeitsrand im Falz des Buchblocks, eingerissene Blattkanten sowie durch Farbeintrag entstandene rosa Verfärbung am Kopfschnitt. (Folio 4 verso der letzten Lage des dritten Werks mit der im Falz verklebten Blatthälfte der hinteren Vorsatzlage. München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9). 21
Abb. 15: Altreparatur in Form eines im Falz verklebten Papierstreifens. (Folio 1 verso und Folio 2 recto (Lage M, zweites Werk). München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 l.impr.c.teg.mss. 9)). 21
Abb. 16: Auf die Rückseite des Blatts durchgeschlagene Marginalien (dt. Randnotizen) in Eisengallustinte. (Folio 1 verso, Folio 2 recto (Lage P, zweites Werk). München, Bayerische Staatsbibliothek, 4L.impr.c.teg.mss.9)). 22
Abb. 17: Verwendete Zugprüfmaschine der Fa. Frank-PTI GmbH. 27
Abb. 18: Form und Maße der Prüfkörper für den Zugschertest in normgerechter Ausführung (Quelle: DIN EN 1465:2009, S. 8). 29
Abb. 19: Form und Maße einer Verbundverklebung vor dem Schneiden und Einzelproben nach dem Schneiden zur T-Schälprüfung (Quelle: DIN EN ISO 11339:2010, S. 6). 29
Abb. 20: Mit einem Gewebe bedecktes Becherglas zum Filtrieren der Leimlösungen. 32
Abb. 21: Von der Trägerfolie abgehobene und verformte Leimfolie des bei einer Stunde auf 70°C erwärmten Ansatzes. 33
Abb. 22: Zugeschnittene Probenpakethälfte aus einseitig aufgerautem Kalbspergament. 34
Abb. 23: Unter einen Löschkarton eingeschobene Probenpakethälfte zur Vorbereitung der Verklebung eines Probenpakets für den Zugschertest. Der freiliegende Pergamentteil stellt die zu verklebende Fläche dar. 36
Abb. 24: Fertig verklebtes Probenpaket für den Zugschertest vor dessen Zuschnitt. Der eingefärbte Bereich stellt die Fläche der Überlappungsklebung dar. 37

Abb. 25: Unter einen Löschkarton eingeschobene Probenpakethälfte zur Vorbereitung der Verklebung eines Probenpakets für die T-Schälprüfung. Der freiliegende Pergamentteil stellt die zu verklebende Fläche dar. 38
Abb. 26: Fertig verklebtes Probenpaket für die T-Schälprüfung vor dessen Zuschnitt. Der eingefärbte Bereich stellt die Fläche der Verklebung dar. 39
Abb. 27: Aus einem Probenpaket geschnittene Probestreifen für den Zugschertest mit dem verwendeten Kürzel der Leimlösung. 39
Abb. 28: Aus einem Probenpaket geschnittene Probestreifen für die T-Schälprüfung mit dem verwendeten Kürzel der Leimlösung (hier. Fünf Teststreifen des Ansatzes S 2/45 in 30 %iger Konzentration). 39
Abb. 29: Mit einer Papiermanschette zusammengefasste Probestreifen für den Zugschertest. Die zusammengefassten Streifen wurden mit demselben Hausenblasenansatz und derselben Konzentration verklebt. 40
Abb. 30: Mit einer Papiermanschette zusammengefasste Probestreifen für die T-Schälprüfung. Die zusammengefassten Streifen wurden mit demselben Hausenblasenansatz und derselben Konzentration verklebt. 40
Abb. 31: In die Zugprüfmaschine eingespannte Probe für den Zugschertest, vor der Messung. 41
Abb. 32: Ø Bruchkraft (N) der für eine Stunde bei 38 / 45 / 55 / 70° C temperierten Hausenblaseansätze in 5 %iger Konzentration. 42
Abb. 33: Ø Bruchkraft (N) der für zwei Stunden bei 38 / 45 / 55 / 70° C temperierten Hausenblaseansätze in 5 %iger Konzentration. 42
Abb. 34: Ø Bruchkraft (N) der für vier Stunden bei 38 / 45 / 55 / 70° C temperierten Hausenblaseansätze in 5 %iger Konzentration. 42
Abb. 35: Ø Bruchkraft (N) der für eine Stunde bei 38 / 45 / 55 / 70° C temperierten Hausenblaseansätze in 10 %iger Konzentration. 43
Abb. 36: Ø Bruchkraft (N) der für zwei Stunde bei 38 / 45 / 55 / 70° C temperierten Hausenblaseansätze in 10 %iger Konzentration. 43
Abb. 37: Ø Bruchkraft (N) der für vier Stunde bei 38 / 45 / 55 / 70° C temperierten Hausenblaseansätze in 10 %iger Konzentration. 43
Abb. 38: Ø Bruchkraft (N) der für eine Stunde bei 38 / 45 / 55 / 70° C temperierten Hausenblaseansätze in 20 %iger Konzentration. 44
Abb. 39: Ø Bruchkraft (N) der für zwei Stunden bei 38 / 45 / 55 / 70° C temperierten Hausenblaseansät-ze in 20 %iger Konzentration. 44

Abb. 40: Ø Bruchkraft (N) der für vier Stunden bei 38 / 45 / 55 / 70° C temperierten Hausenblaseansätze in 20 %iger Konzentration. 44
Abb. 41: Ø Bruchkraft (N) der für eine Stunde bei 38 / 45 / 55 / 70° C temperierten Hausenblaseansätze in 30 %iger Konzentration. 45
Abb. 42: Ø Bruchkraft (N) der für zwei Stunden bei 38 / 45 / 55 / 70° C temperierten Hausenblaseansät-ze in 30 %iger Konzentration. 45
Abb. 43: Ø Bruchkraft (N) der für vier Stunden bei 38 / 45 / 55 / 70° C temperierten Hausenblaseansät-ze in 30 %iger Konzentration. 45
Abb. 44: In die Zugprüfmaschine eingespannte Probe für die T-Schälprüfung vor der Messung. 47
Abb. 45: Eingespannte T-Schälprobe während der Messung. 47
Abb. 46: Ø Schälkraft (N) der für eine Stunde bei 38 / 45 / 55 / 70° C temperierten Hausenblaseansätze in 5 %iger Konzentration. 48
Abb. 47: Ø Schälkraft (N) der für zwei Stunden bei 38 / 45 / 55 / 70° C temperierten Hausenblaseansätze in 5 %iger Konzentration. 48
Abb. 48: Ø Schälkraft (N) der für vier Stunden bei 38 / 45 / 55 / 70° C temperierten Hausenblaseansätze in 5 %iger Konzentration. 48
Abb. 49: Ø Schälkraft (N) der für eine Stunde bei 38 / 45 / 55 / 70° C temperierten Hausenblaseansätze in 10 %iger Konzentration. 49
Abb. 50: Ø Schälkraft (N) der für zwei Stunden bei 38 / 45 / 55 / 70° C temperierten Hausenblaseansätze in 10 %iger Konzentration. 49
Abb. 51: Ø Schälkraft (N) der für vier Stunden bei 38 / 45 / 55 / 70° C temperierten Hausenblaseansät-ze in 10 %iger Konzentration. 49
Abb. 52: Ø Schälkraft (N) der für eine Stunden bei 38 / 45 / 55 / 70° C temperierten Hausenblaseansät-ze in 20 %iger Konzentration. 50
Abb. 53: Ø Schälkraft (N) der für zwei Stunden bei 38 / 45 / 55 / 70° C temperierten Hausenblaseansätze in 20 %iger Konzentration. 50
Abb. 54: Ø Schälkraft (N) der für vier Stunden bei 38 / 45 / 55 / 70° C temperierten Hausenblaseansät-ze in 20 %iger Konzentration. 50
Abb. 55: Ø Schälkraft (N) der für eine Stunde bei 38 / 45 / 55 / 70° C temperierten Hausenblaseansätze in 30 %iger Konzentration. 51
Abb. 56: Ø Schälkraft (N) der für zwei Stunden bei 38 / 45 / 55 / 70° C temperierten Hausenblaseansät-ze in 30 %iger Konzentration. 51

Abb. 57: Ø Schälkraft (N) der für vier bei 38 / 45 / 55 / 70° C temperierten Hausenblaseansät-ze in 30 %iger Konzentration. 51
Abb. 58: Schematischer Aufbau der Befeuchtung im Gore-Tex-Sandwich. 59
Abb. 59: Schematischer Aufbau der Befeuchtung mittels Tylose-Kompresse. 59
Abb. 60: Indirekte Befeuchtung eines umgeschlagenen Pergamentbereichs mittels Tylosekompresse (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9)..... 61
Abb. 61: Außenseite des Pergamentumschlags nach dem Auslegen umgeschlagener und deformierter Bereiche (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9) 62
Abb. 62: Innenseite des Pergamentbands mit aufgeschlagenen vorderen Einschlägen nach dem Auslegen umgeschlagener und deformierter Bereiche (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9). 62
Abb. 63: Auf Polyesterfolie übertragene Konturen der oberen Fehlstellenergänzung (links) und die ausgeschärfte Fehlstellenergänzung (rechts). 64
Abb. 64: Auf Polyesterfolie übertragene Konturen der unteren Fehlstellenergänzung (links) und die ausgeschärfte Fehlstellenergänzung (rechts). 64
Abb. 65: Außenseite des Pergamentumschlags mit der oberen Fehlstellenergänzung (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss.9). 66
Abb. 66: Innenseite des Pergamentumschlags mit der oberen Fehlstellenergänzung (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss.9). 66
Abb. 67: Außenseite des Pergamentumschlags mit der unteren Fehlstellenergänzung (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss.9). 67
Abb. 68: Innenseite des Pergamentumschlags mit der unteren Fehlstellenergänzung (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss.9). 67
Abb. 69: Außenseite des Pergamentumschlags mit den beiden Fehlstellenergänzungen im Rückenbereich (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9). 68
Abb. 70: Innenseite des Pergamentumschlags mit den beiden Fehlstellenergänzungen im Rückenbereich (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9). 68
Abb. 71: Unter den Heftfaden eingeführter Japanpapierstreifen zur Sicherung des gerissenen Falzes vor dessen Verklebung (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9).. 70
Abb. 72: Anschmieren des Sicherungsstreifens aus Japanpapier auf einem laminierten Karton (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9). 70
Abb. 73: Pergamentzuschnitt für die Bundstabilisierung. 71
Abb. 74: Unter dem oberen Bund verklebter Pergamentstreifen vor dem Ansetzen des hinteren Bundendes sowie vor dessen Zuschnitt. (München, Bayerische Staatsbibliothek,

4 L.impr.c.teg.mss. 9). 72
Abb. 75: Unter dem oberen Bund verklebter Pergamentstreifen nach dem Ansetzten des hinteren Bundendes sowie nach dessen Zuschnitt. (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9). 72
Abb. 76: Buchblockrücken nach der Hinterklebung mit Japanpapier und vor dem Anbringen des originalen Pergamentfragments auf dem oberen Bundfeld (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9). 75
Abb. 77: Aus der Fehlstellenergänzung herausgeschnittenes Bundloch. (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9) 76
Abb. 78: Durchführung der drei vorderen Bundenden durch die im Falz liegenden Bundlöcher (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4. L.impr.c.teg.mss. 9). 77
Abb. 79: Eingeklappter Schutzumschlag aus säurefreiem Archivkarton. 78

8.3 Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Vergleich verschiedener Proteinleime (Quelle: FUCHS 2001, S. 60). 24
Tab. 2: Zusammenstellung der in dieser Arbeit verwendeten Kürzel der zwölf verschiedenen Hausenblasenansätze. 28
Tab. 3: Ermittlung der herzustellenden Probenanzahl für ein beziehungsweise beide Testverfahren 29
Tab. 4.: Gemessene pH-Werte der Leimlösungen vor und nach der Temperierung. 31

8.4 Material- und Bezugsquellenverzeichnis

Produktzusammensetzung	Handelsname	Bezugsquelle
Kalbspergament		Franz Hoffmann, Stuttgart
Kalbspergament		Carl Wildbrett, Bobingen
Azo/-Komplexfarbstoff, anionische Farbstoffe	Luganil Lederfarbstoffe	BASF AG, Ludwigshafen
Hanf	Hanfschnur, Hanffaden	Hanfwerke Füssen – Immenstadt AG, Joh. Kienmoser, München
Naturkautschuk = vulkanisiertes cis-1,4-Polyisopren	Sootmaster Sponge	Unger Enterprise Inc., Bridgeport, UK

Methylhydroxyethylcellulose	Tylose MH 1000	Ehemalige Hoechst AG, Frankfurt
Weizenstärke	Drei Hasen Weizenstärke	Crespel & Deiters GmbH & Co., Ibenbüren
Kollagen / Schwimmblase vom Stör	Salianski-Hausenblase (Stör)	Kremer Pigmente, Aichstetten
Kozo (30%), Mitsumata (70%)	Berliner Gossamer	Gangolf Ulbricht, Berlin
Kozo	RK-00; 3,6 g/m^2	Anton Glaser, Stuttgart / Paper Nao, Tokyo
Kozo	RK-0; 5 g/m^2	Anton Glaser, Stuttgart / Paper Nao, Tokyo
Kozo	RK-2; 11 g/m ^{2}	Anton Glaser, Stuttgart / Paper Nao, Tokyo
Kozo	RK-27, 18 g/m^2	Anton Glaser, Stuttgart / Paper Nao, Tokyo
Anorg. / org. Pigmente, China Clay u.a. Füllstoffe, Kreiden, Gumen, PVA	Derwent Pastel Pencils	Cumberland Pencil Company Cumbria, UK
Nadel- / Laubholzzellstoff, CaCO3, pH = 7,6	Archival cover Blue - Grey, 300 g/m^2	John Purcell Paper, London, UK

9 Anhang

9.1 Vorzustandsaufnahmen des Pergamentbands

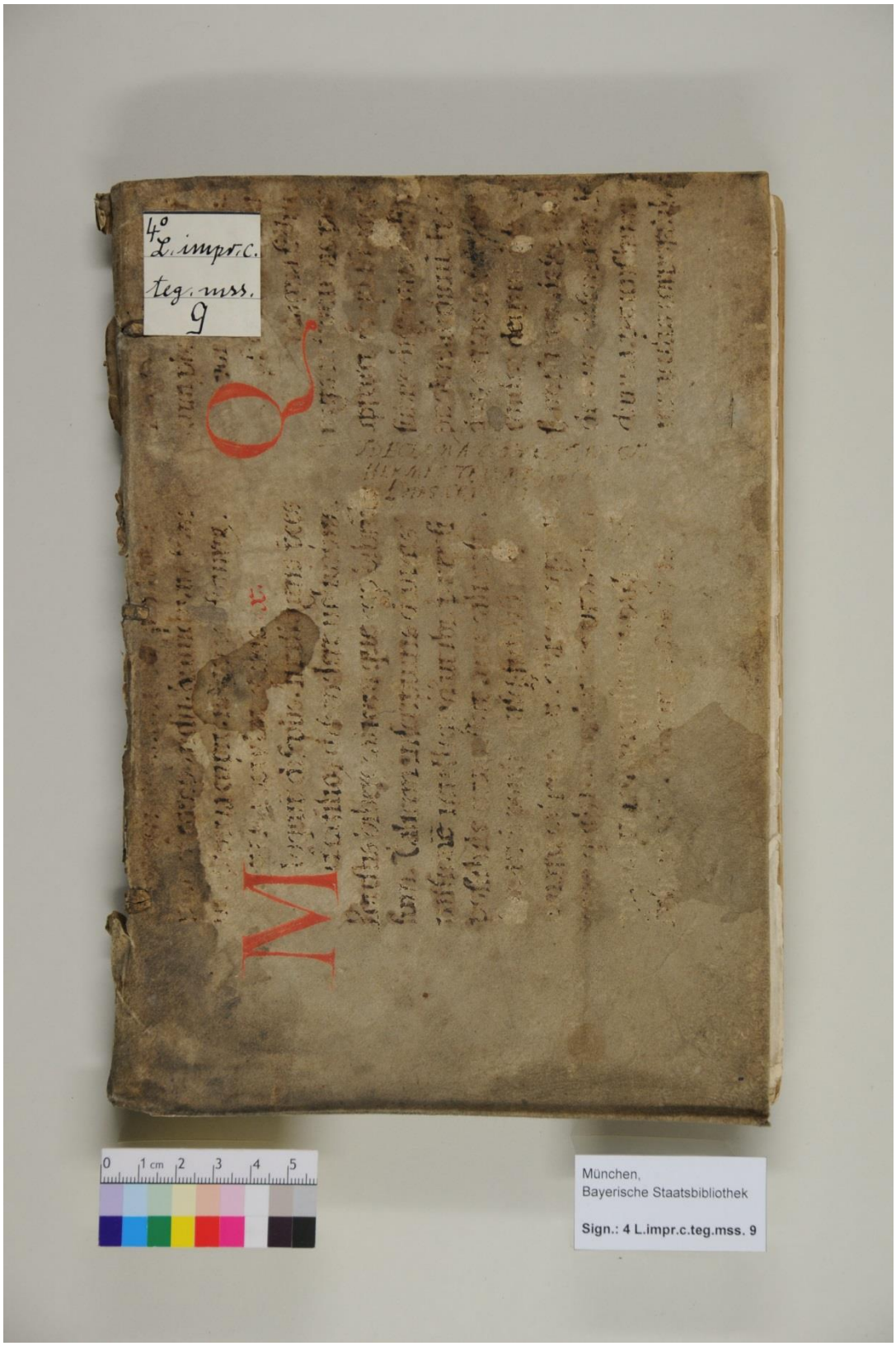


Abb. A 1: Vorderansicht des Pergamentbands vor der Restaurierung (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9).

Abb. A 2: Rückansicht des Pergamentbands vor der Restaurierung (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9).

Abb. A 3: Rücken des Pergamentbands mit der großen Fehlstelle im Pergamentumschlag , den freiliegenden Heftfäden im Vorzustand (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9).

Abb. A 4: Kopfschnitt des Pergamentbands mit der Gegenrundung des Rückens im Vorzustand (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9).

Abb. A 5: Vorderschnitt des Pergamentbands im Vorzustand (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9).

Abb. A 6: Fußschnitt des Pergamentbands mit dem gegenrunden Rücken im Vorzustand (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9).

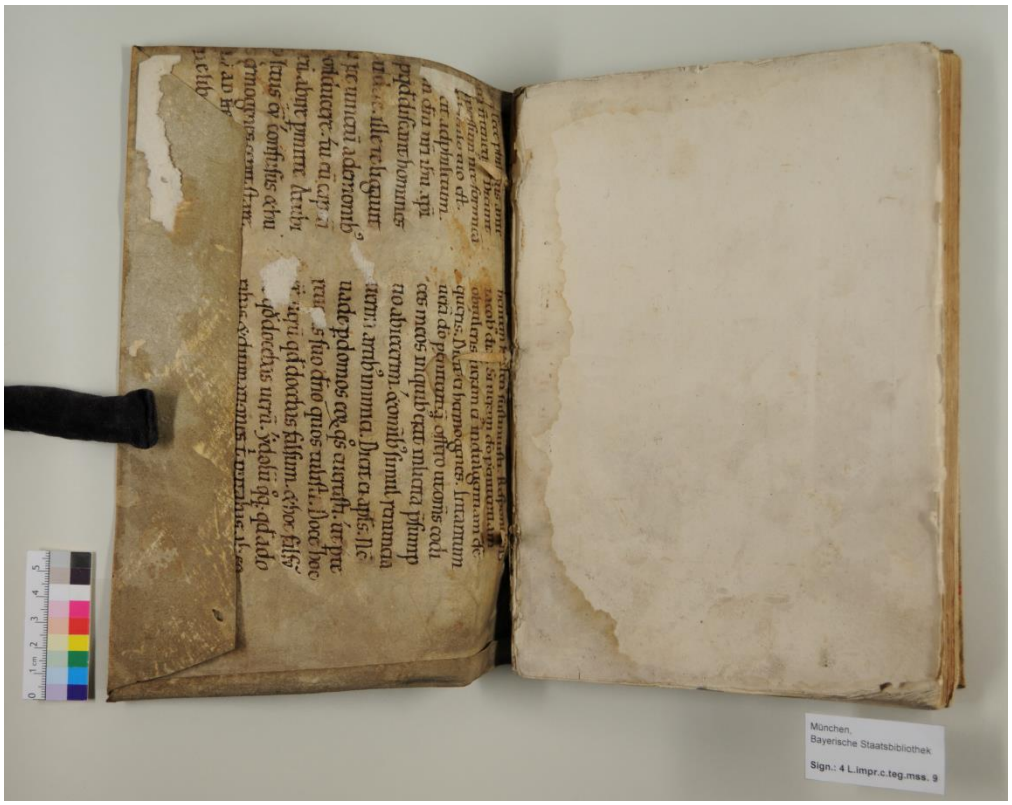


Abb. A 7: Innenseite der vorderen Hälfte des Pergamentumschlags mit den im Falz durchgezogenen Bünden und der Spiegelfragmente sowie die zweite Hälfte des Doppelblatts der Vorsatzlage mit dem extremen Feuchtigkeitsschaden im Falzbereich vor der Restaurierung (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9).

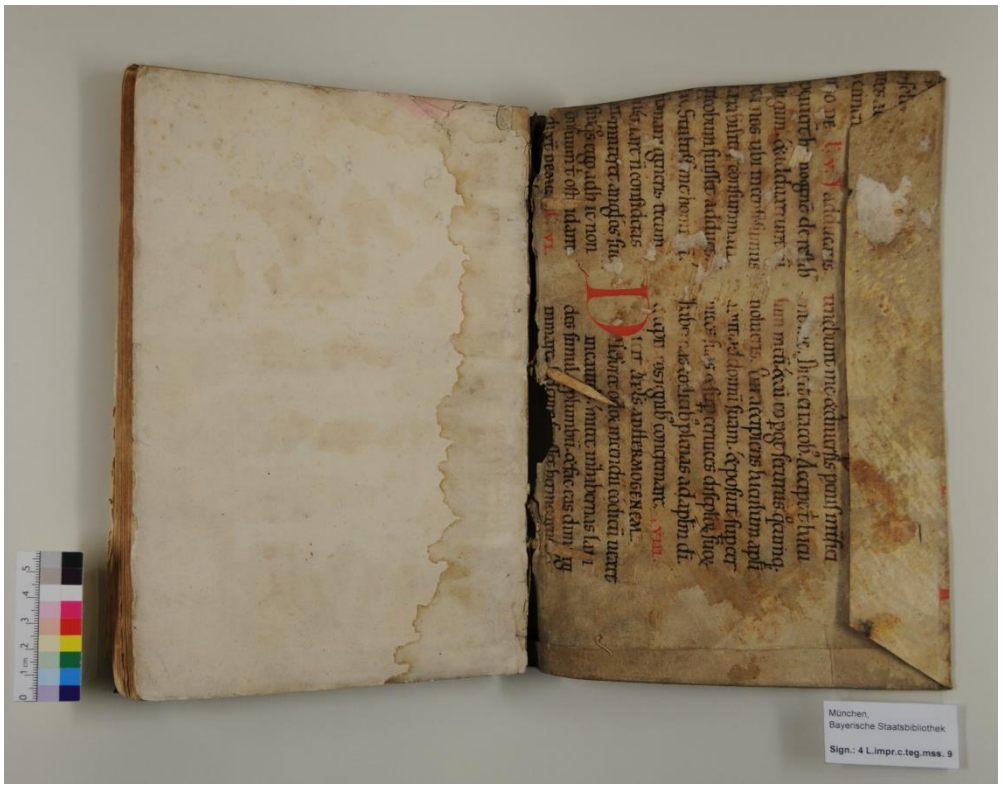


Abb. A 8 Innenseite der hinteren Hälfte des Pergamentumschlags mit den im Falz durchgezogenen Bünden und der Spiegelfragmente sowie die zweite Hälfte des Doppelblatts der Vorsatzlage mit dem extremen Feuchtigkeitsschaden im Falzbereich vor der Restaurierung (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9).

9.2 Nachzustandsaufnahmen des Pergamentbands

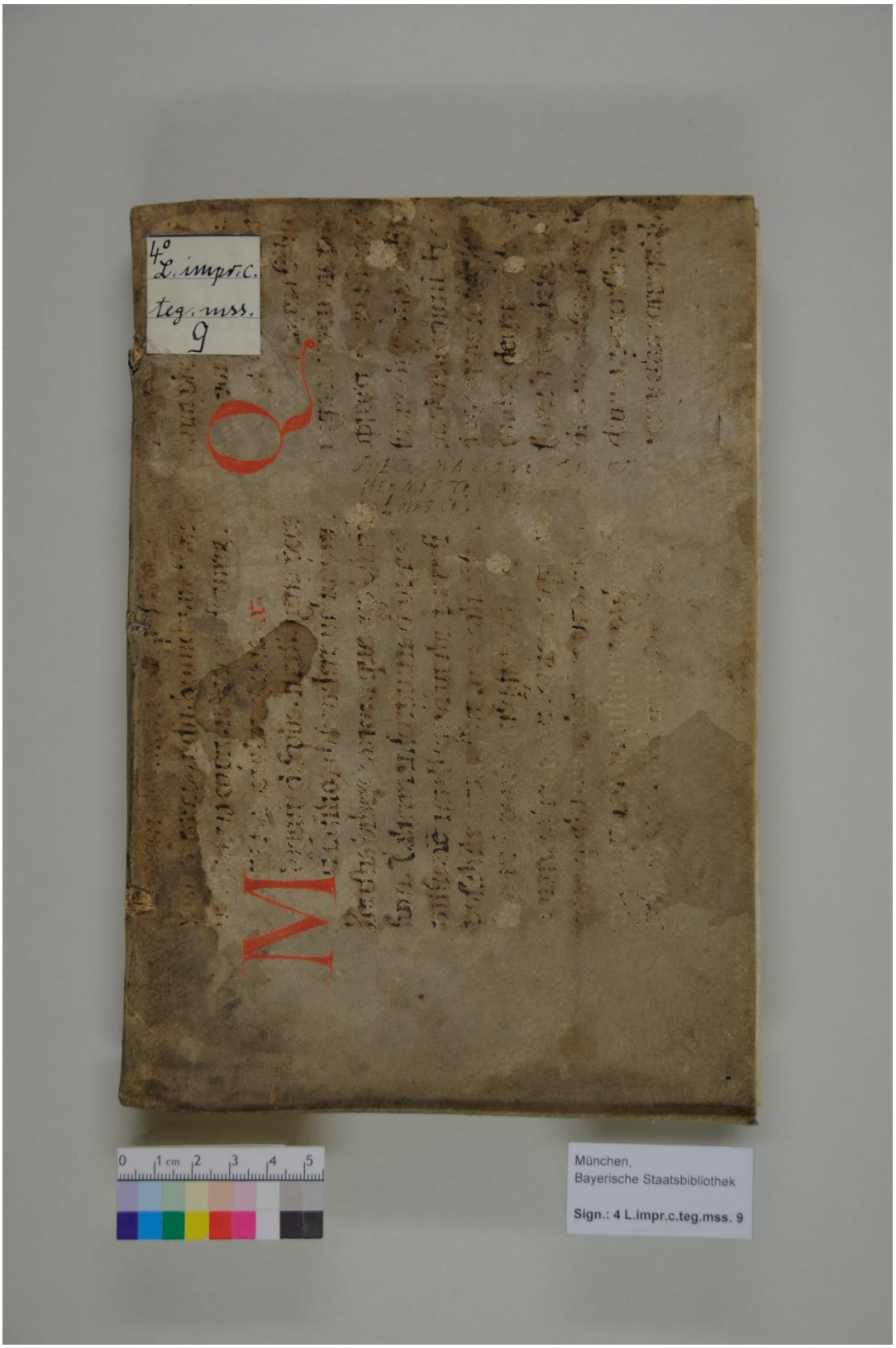


Abb. A 9: Vorderansicht des Pergamentbands nach der Restaurierung (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9).

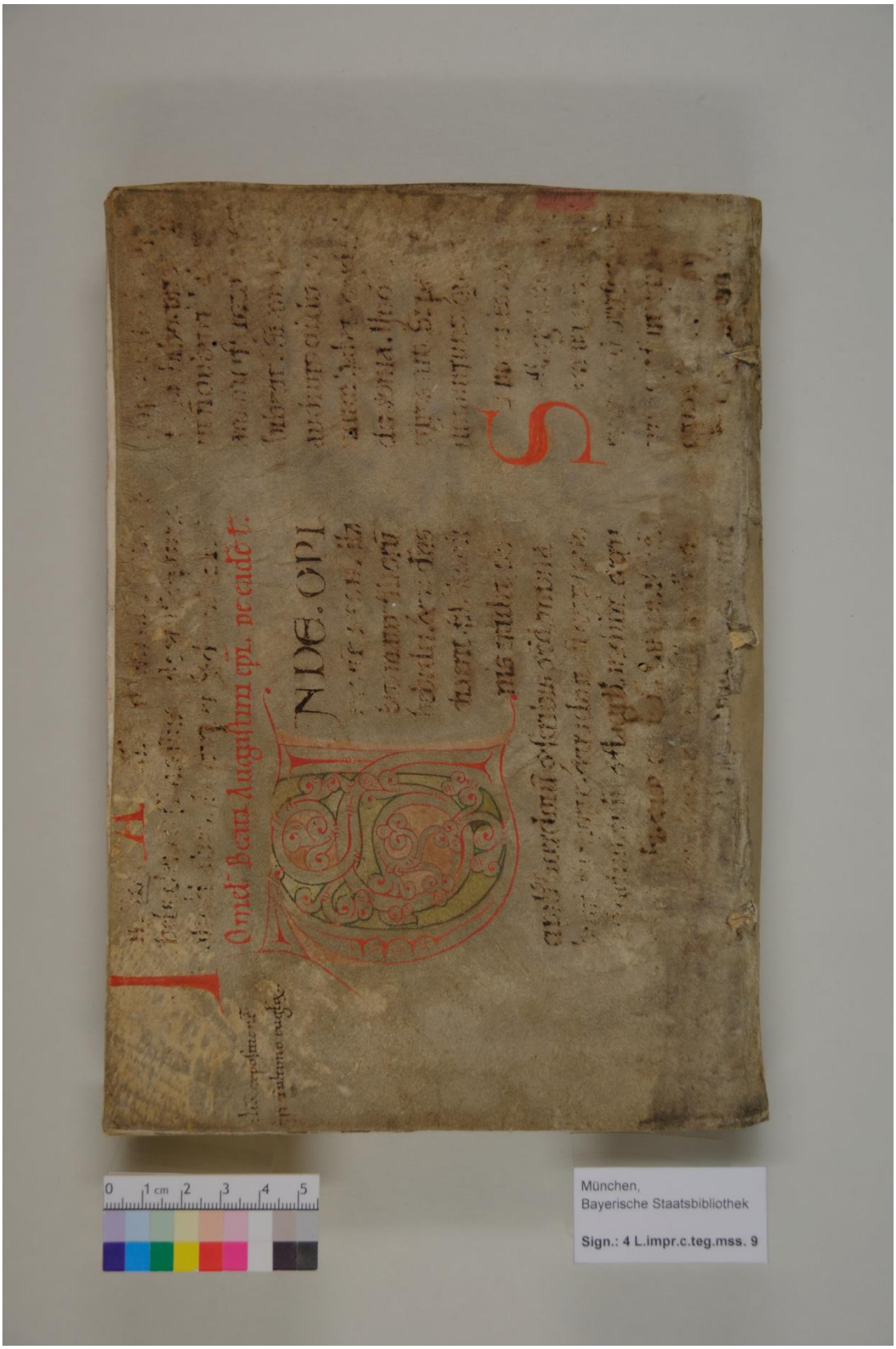


Abb. A 10: Rückansicht des Pergamentbands nach der Restaurierung (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9).

Abb. A 11: Rücken des Pergamentbands mit den ergänzten Fehlstellen (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9).

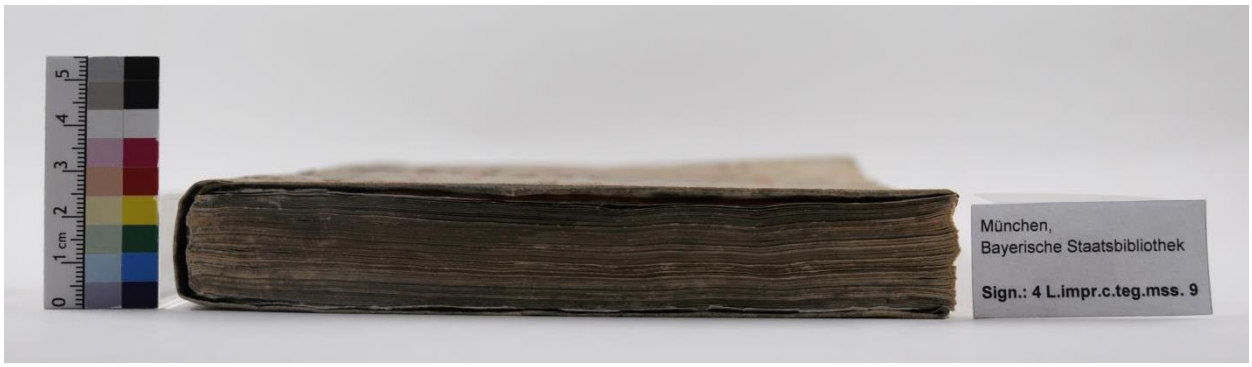


Abb. A 12: Kopfschnitt des Pergamentbands nach der Restaurierung (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9).

Abb. A 13: Vorderschnitt nach der Restaurierung (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9).

Abb. A 14: Fußschnitt nach der Restaurierung (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9).

Abb. A 15: Innenseite der vorderen Hälfte des Pergamentumschlags mit den im Falz durchgezogenen Bünden und der Spiegelfragmente sowie die zweite Hälfte des Doppelblatts der Vorsatzlage nach der Restaurierung (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9).

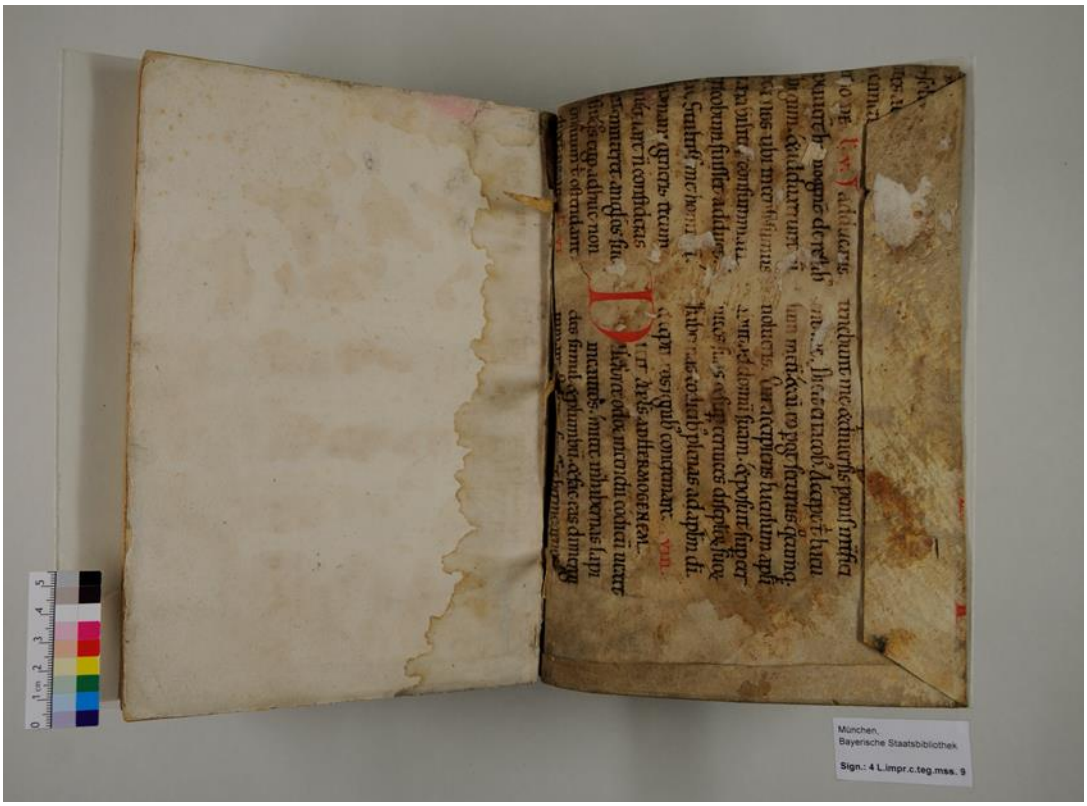


Abb. A 16: Innenseite der hinteren Hälfte des Pergamentumschlags mit den im Falz durchgezogenen Bünden und der ersten Hälfte des Doppelblatts der Vorsatzlage nach der Restaurierung (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9).

9.3 Tabellarische Auflistung der Messwerte zum Zugschertest

Probennr.	Geschwindigkeit (mm/min)	Zeit (sek)	Bruchkraft (N)	Bruchkraft Min. (N)	Bruchkraft Max. (N)	Ø Bruchkraft (N)	STABW	Kategorie
S 1/38/5 (1)	8	73	251					2
S 1/38/5 (2)	8	88	251,25					2
S 1/38/5 (3)	9	72	251,37					2
S 1/38/5 (4)	10	69	251,5					2
S 1/38/5 (5)	10	77	251,3	251	251,5	251,284	0,184	2
S 2/38/5 (1)	10	47	251,87					3
S 2/38/5 (2)	10	49	252,37					3
S 2/38/5 (3)	10	45	252,5					3
S 2/38/5 (4)	10	45	252,37					3
S 2/38/5 (5)	10	45	251,62	251,62	252,5	252,146	0,38	3
S 4/38/5 (1)	10	45	177,81					1
S 4/38/5 (2)	10	43	161,93					1
S 4/38/5 (3)	9	44	154,56					1
S 4/38/5 (4)	9	44	132,93					1
S 4/38/5 (5)	9	44	170,62	132,93	177,81	159,57	17,29	1
S 1/45/5 (1)	9	61	199,56					1
S 1/45/5 (2)	9	62	189,56					1
S 1/45/5 (3)	9	73	216,62					1
S 1/45/5 (4)	9	69	199,37					1
S 1/45/5 (5)	9	69	205,18	189,56	216,62	202,058	9,893	1
S 2/45/5 (1)	9	61	216,31					1
S 2/45/5 (2)	9	45	189,62					1
S 2/45/5 (3)	9	70	228,18					1
S 2/45/5 (4)	9	64	217,62					1
S 2/45/5 (5)	9	45	217,43	189,62	228,18	213,832	14,37	1
S 4/45/5 (1)	9	61	251,62					2
S 4/45/5 (2)	9	49	236,75					1
S 4/45/5 (3)	9	38	240,12					1
S 4/45/5 (4)	9	32	207,31					1
S 4/45/5 (5)	9	64	251,12	207,31	251,62	237,384	18,05	2
S 1/55/5 (1)	9	38	251,62					3
S 1/55/5 (2)	9	44	250,87					3
S 1/55/5 (3)	9	40	253,5					3
S 1/55/5 (4)	9	41	259,75					2
S 1/55/5 (5)	9	40	251,25	250,87	259,75	253,398	3,692	2

Probennr.	Geschwindigkeit (mm/min)	Zeit (sek)	Bruchkraft (N)	Bruchkraft Min. (N)	Bruchkraft Max. (N)	Ø Bruchkraft (N)	STABW	Kategorie
S 2/55/5 (1)	9	83	249,87					1
S 2/55/5 (2)	9	90	248,12					1
S 2/55/5 (3)	9	76	252					3
S 2/55/5 (4)	9	92	248,43					1
S 2/55/5 (5)	9	59	250,87	248,12	252	249,858	1,633	3
S 4/55/5 (1)	9	73	250,87					2
S 4/55/5 (2)	9	67	250,87					2
S 4/55/5 (3)	9	66	251					2
S 4/55/5 (4)	9	62	251					2
S 4/55/5 (5)	9	71	238,93	238,93	251	248,534	5,369	1
S 1/70/5 (1)	9	89	251,37					3
S 1/70/5 (2)	9	79	251					3
S 1/70/5 (3)	9	86	250,87					3
S 1/70/5 (4)	9	83	251,37					3
S 1/70/5 (5)	9	84	250,87	250,87	251,37	251,096	0,256	3
S 2/70/5 (1)	9	53	253,12					5
S 2/70/5 (2)	9	57	252,5					5
S 2/70/5 (3)	9	88	250,87					5
S 2/70/5 (4)	9	76	252,5					5
S 2/70/5 (5)	9	62	251,5	250,87	253,12	252,098	0,899	5
S 4/70/5 (1)	9	62	251,12					5
S 4/70/5 (2)	9	67	250,87					3
S 4/70/5 (3)	9	62	251,37					5
S 4/70/5 (4)	9	67	250,87					5
S 4/70/5 (5)	9	61	251	250,87	251,37	251,046	0,209	5
S 1/38/10 (1)	10	73	241,25					4
S 1/38/10 (2)	10	92	248,06					1
S 1/38/10 (3)	11	76	251,25					4
S 1/38/10 (4)	11	72	237,5					4
S 1/38/10 (5)	11	65	240,56	240,56	248,06	244,31	5,303	1
S 2/38/10 (1)	11	52	251,5					3
S 2/38/10 (2)	11	47	229,5					1
S 2/38/10 (3)	11	30	186,31					4
S 2/38/10 (4)	11	50	251,25					2
S 2/38/10 (5)	11	56	250,43	229,5	251,5	245,67	10,79	1

Probennr.	Geschwindigkeit (mm/min)	Zeit (sek)	Bruchkraft (N)	Bruchkraft Min. (N)	Bruchkraft Max. (N)	Ø Bruchkraft (N)	STABW	Kategorie
S 4/38/10 (1)	11	30	200,43					1
S 4/38/10 (2)	11	37	251,75					3
S 4/38/10 (3)	11	44	252					3
S 4/38/10 (4)	11	53	251,12					2
S 4/38/10 (5)	11	51	251,12	200,43	252	241,284	22,84	1
S 1/45/10 (1)	11	37	253,62					3
S 1/45/10 (2)	11	39	253					3
S 1/45/10 (3)	11	46	253,87					3
S 1/45/10 (4)	11	45	252,37					3
S 1/45/10 (5)	11	46	253,87	252,37	253,87	253,346	0,651	3
S 2/45/10 (1)	11	49	252,5					5
S 2/45/10 (2)	11	45	253,25					5
S 2/45/10 (3)	11	48	237,87					1
S 2/45/10 (4)	11	49	251,37					1
S 2/45/10 (5)	11	49	253	237,87	253,25	249,598	6,596	7
S 4/45/10 (1)	11	41	246,18					4
S 4/45/10 (2)	11	38	193,93					4
S 4/45/10 (3)	11	35	235,37					1
S 4/45/10 (4)	11	49	251,37					5
S 4/45/10 (5)	11	47	233,06	233,06	251,37	239,933333	9,972	1
S 1/55/10 (1)	11	34	260,38					3
S 1/55/10 (2)	10	28	262,25					3
S 1/55/10 (3)	10	29	255,25					3
S 1/55/10 (4)	10	28	254,5					3
S 1/55/10 (5)	10	29	256,37	254,5	262,25	257,75	3,387	3
S 2/55/10 (1)	10	72	252,12					3
S 2/55/10 (2)	10	63	251,12					3
S 2/55/10 (3)	10	47	252,12					3
S 2/55/10 (4)	10	50	251,5					3
S 2/55/10 (5)	10	51	251,5	251,12	252,12	251,672	0,437	3
S 4/55/10 (1)	10	40	255,62					3
S 4/55/10 (2)	10	41	252,37					5
S 4/55/10 (3)	10	60	255,37					5
S 4/55/10 (4)	10	50	252,75					5
S 4/55/10 (5)	10	54	253,25	252,37	255,62	253,872	1,517	5

Probennr.	Geschwindigkeit (mm/min)	Zeit (sek)	Bruchkraft (N)	Bruchkraft Min. (N)	Bruchkraft Max. (N)	Ø Bruchkraft (N)	STABW	Kategorie
S 1/70/10 (1)	10	49	254,25					3
S 1/70/10 (2)	10	55	255,62					5
S 1/70/10 (3)	10	46	252,25					5
S 1/70/10 (4)	10	45	252,37					5
S 1/70/10 (5)	10	46	255,25	252,25	255,62	253,948	1,578	5
S 2/70/10 (1)	10	69	252,87					3
S 2/70/10 (2)	10	77	217,87					4
S 2/70/10 (3)	10	79	252,12					3
S 2/70/10 (4)	10	70	252					5
S 2/70/10 (5)	10	82	208	252	252,87	252,33	0,471	4
S 4/70/10 (1)	10	51	254					5
S 4/70/10 (2)	10	49	255,5					3
S 4/70/10 (3)	10	43	252,37					3
S 4/70/10 (4)	10	42	253					3
S 4/70/10 (5)	10	49	255	252,37	255,5	253,974	1,314	3
S 1/38/20 (1)	10	58	252,12					5
S 1/38/20 (2)	10	56	254,75					5
S 1/38/20 (3)	10	56	252,87					3
S 1/38/20 (4)	10	65	254,87					3
S 1/38/20 (5)	10	59	253,62	252,12	254,87	253,646	1,188	3
S 2/38/20 (1)	10	73	251,5					2
S 2/38/20 (2)	10	70	251,87					2
S 2/38/20 (3)	10	75	236,5					1
S 2/38/20 (4)	10	63	251,12					2
S 2/38/20 (5)	10	65	251,25	236,5	251,87	248,448	6,685	2
S 4/38/20 (1)	10	45	251,87					5
S 4/38/20 (2)	10	52	251					5
S 4/38/20 (3)	10	60	250,87					3
S 4/38/20 (4)	10	47	253,5					5
S 4/38/20 (5)	10	51	253,12	250,87	253,5	252,072	1,201	5
S 1/45/20 (1)	10	49	251,37					5
S 1/45/20 (2)	10	40	252,5					5
S 1/45/20 (3)	10	54	251					3
S 1/45/20 (4)	10	57	251,5					3
S 1/45/20 (5)	10	43	251,5	251	252,5	251,574	0,557	3

Probennr.	Geschwindigkeit (mm/min)	Zeit (sek)	Bruchkraft (N)	Bruchkraft Min. (N)	Bruchkraft Max. (N)	Ø Bruchkraft (N)	STABW	Kategorie
S 2/45/20 (1)	10	60	250,87					1
S 2/45/20 (2)	10	63	242,93					1
S 2/45/20 (3)	10	62	240,06					1
S 2/45/20 (4)	10	57	244,31					1
S 2/45/20 (5)	10	61	245,43	240,06	250,87	244,72	3,982	1
S 4/45/20 (1)	10	26	168,31					1
S 4/45/20 (2)	10	60	219,5					1
S 4/45/20 (3)	10	62	250,68					1
S 4/45/20 (4)	10	42	217,93					1
S 4/45/20 (5)	10	44	221,31	168,31	250,68	215,546	29,67	1
S 1/55/20 (1)	10	41	253,12					5
S 1/55/20 (2)	10	44	253,87					5
S 1/55/20 (3)	10	42	254,37					5
S 1/55/20 (4)	10	40	252,75					3
S 1/55/20 (5)	10	45	253,12	252,75	254,37	253,446	0,658	3
S 2/55/20 (1)	10	44	250,81					1
S 2/55/20 (2)	10	63	252,75					2
S 2/55/20 (3)	10	54	251					3
S 2/55/20 (4)	10	49	251,87					5
S 2/55/20 (5)	10	51	252,37	250,81	252,75	251,76	0,843	5
S 4/55/20 (1)	10	37	251,12					5
S 4/55/20 (2)	10	34	253,25					5
S 4/55/20 (3)	10	45	252,37					5
S 4/55/20 (4)	10	35	254,12					5
S 4/55/20 (5)	10	41	252,37	251,12	254,12	252,646	1,12	5
S 1/70/20 (1)	10	40	253,25					5
S 1/70/20 (2)	10	56	253,5					5
S 1/70/20 (3)	10	50	253,62					5
S 1/70/20 (4)	10	51	253					5
S 1/70/20 (5)	10	63	254	253	254	253,474	0,379	5
S 2/70/20 (1)	10	48	251,12					5
S 2/70/20 (2)	10	31	186,18					4
S 2/70/20 (3)	10	52	251,12					5
S 2/70/20 (4)	10	55	251,75					5
S 2/70/20 (5)	10	46	251	251	251,75	251,2475	0,34	5

Probennr.	Geschwindigkeit (mm/min)	Zeit (sek)	Bruchkraft (N)	Bruchkraft Min. (N)	Bruchkraft Max. (N)	Ø Bruchkraft (N)	STABW	Kategorie
S 4/70/20 (1)	10	74	251,62					5
S 4/70/20 (2)	10	70	252,62					3
S 4/70/20 (3)	10	70	252,25					5
S 4/70/20 (4)	10	74	251,25					5
S 4/70/20 (5)	10	69	252,37	251,25	252,62	252,022	0,568	5
S 1/38/30 (1)	10	59	249,43					4
S 1/38/30 (2)	10	30	259,62					5
S 1/38/30 (3)	10	44	254,12					5
S 1/38/30 (4)	10	50	214,37					4
S 1/38/30 (5)	10	36	256,5	254,12	259,62	256,746667	2,758	5
S 2/38/30 (1)	10	40	236,18					2
S 2/38/30 (2)	10	44	262,12					3
S 2/38/30 (3)	10	44	252,87					3
S 2/38/30 (4)	10	39	252,75					3
S 2/38/30 (5)	10	58	253,37	236,18	262,12	251,458	9,413	3
S 4/38/30 (1)	10	43	245,5					1
S 4/38/30 (2)	10	58	251,37					2
S 4/38/30 (3)	10	63	251,37					2
S 4/38/30 (4)	10	43	253,62					2
S 4/38/30 (5)	10	56	251,87	245,5	253,62	250,746	3,075	2
S 1/45/30 (1)	10	63	251,75					5
S 1/45/30 (2)	10	55	251,68					5
S 1/45/30 (3)	10	26	154,62					4
S 1/45/30 (4)	10	34	149,62					4
S 1/45/30 (5)	10	61	231,06	251,68	251,75	251,715	0,049	4
S 2/45/30 (1)	10	36	252					5
S 2/45/30 (2)	10	47	258,12					5
S 2/45/30 (3)	10	41	255,75					5
S 2/45/30 (4)	10	41	252,25					5
S 2/45/30 (5)	10	42	258,62	252	258,62	255,348	3,137	3
S 4/45/30 (1)	10	44	255,37					5
S 4/45/30 (2)	10	48	252					5
S 4/45/30 (3)	10	43	252,25					5
S 4/45/30 (4)	10	44	252,12					5
S 4/45/30 (5)	10	37	256,25	252	256,25	253,598	2,045	5

Probennr.	Geschwindigkeit (mm/min)	Zeit (sek)	Bruchkraft (N)	Bruchkraft Min. (N)	Bruchkraft Max. (N)	Ø Bruchkraft (N)	STABW	Kategorie
S 1/55/30 (1)	10	27	259,43					1
S 1/55/30 (2)	10	30	262,87					1
S 1/55/30 (3)	10	32	261,87					2
S 1/55/30 (4)	10	30	258,25					2
S 1/55/30 (5)	10	30	257,38	257,38	262,87	259,96	2,344	1
S 2/55/30 (1)	10	50	251,5					3
S 2/55/30 (2)	10	39	251,25					1
S 2/55/30 (3)	10	39	251,78					1
S 2/55/30 (4)	10	50	251,62					1
S 2/55/30 (5)	10	43	250,75	250,75	251,78	251,38	0,402	1
S 4/55/30 (1)	10	50	251,62					5
S 4/55/30 (2)	10	55	252,37					5
S 4/55/30 (3)	10	60	251,75					5
S 4/55/30 (4)	10	51	253,12					5
S 4/55/30 (5)	10	54	251,87	251,62	253,12	252,146	0,614	5
S 1/70/30 (1)	10	66	188,31					4
S 1/70/30 (2)	10	81	190,25					4
S 1/70/30 (3)	10	62	183,25					4
S 1/70/30 (4)	10	70	189,68					4
S 1/70/30 (5)	10	72	208,56	0	0	0	0	4
S 2/70/30 (1)	10	45	254,5					5
S 2/70/30 (2)	10	40	251,5					5
S 2/70/30 (3)	10	49	253,25					5
S 2/70/30 (4)	10	50	252,25					5
S 2/70/30 (5)	10	35	256,12	251,5	256,12	253,524	1,836	5
S 4/70/30 (1)	10	58	252					5
S 4/70/30 (2)	10	47	251,37					5
S 4/70/30 (3)	10	44	255,25					5
S 4/70/30 (4)	10	33	188,43					4
S 4/70/30 (5)	10	37	200,75	251,37	255,25	252,873333	2,082	4

Tab. A 1: Messdaten der 240 getesteten Proben zum Zugschertest.

9.4 Tabellarische Auflistung der Messwerte zur T-Schälprüfung

Probennr.	Geschwindigkeit (mm/min)	Schälkraft (N)	Schälkraft Min.	Schälkraft Max.	Ø Schälkraft (N)	STABW
S 1/38/5 (6)	10	5				
S 1/38/5 (7)	10	4,28				
S 1/38/5 (8)	10	3,21				
S 1/38/5 (9)	10	5,5				
S 1/38/5 (10)	10	5,5	3,21	5,5	4,698	0,97037
S 2/38/5 (6)	10	1,21				
S 2/38/5 (7)	10	1,43				
S 2/38/5 (8)	10	1,4				
S 2/38/5 (9)	10	1,15				
S 2/38/5 (10)	10	1,62	1,15	1,62	1,362	0,18754
S 4/38/5 (6)	10	2,31				
S 4/38/5 (7)	10	1,93				
S 4/38/5 (8)	10	2,65				
S 4/38/5 (9)	10	2				
S 4/38/5 (10)	10	2,59	1,93	2,65	2,296	0,32921
S 1/45/5 (6)	10	2,78				
S 1/45/5 (7)	10	4,28				
S 1/45/5 (8)	10	3,37				
S 1/45/5 (9)	10	3,81				
S 1/45/5 (10)	10	3,37	2,78	4,28	3,522	0,55997
S 2/45/5 (6)	10	2,28				
S 2/45/5 (7)	10	2,65				
S 2/45/5 (8)	10	3,43				
S 2/45/5 (9)	10	2,25				
S 2/45/5 (10)	10	3,43	2,25	3,43	2,808	0,58925
S 4/45/5 (6)	10	3,84				
S 4/45/5 (7)	10	3,81				
S 4/45/5 (8)	10	5,5				
S 4/45/5 (9)	10	4,37				
S 4/45/5 (10)	10	5,4	3,81	5,5	4,584	0,82209
S 1/55/5 (6)	10	2,68				
S 1/55/5 (7)	10	4,03				
S 1/55/5 (8)	10	3,06				
S 1/55/5 (9)	10	4,25				
S 1/55/5 (10)	10	3,15	2,68	4,25	3,434	0,6727

Probennr.	Geschwindigkeit (mm/min)	Schälkraft (N)	Schälkraft Min.	Schälkraft Max.	Ø Schälkraft (N)	STABW
S 2/55/5 (6)	10	3,81				
S 2/55/5 (7)	10	3,06				
S 2/55/5 (8)	10	4,68				
S 2/55/5 (9)	10	5,59				
S 2/55/5 (10)	10	4,56	3,06	5,59	4,34	0,9547
S 4/55/5 (6)	10	5,59				
S 4/55/5 (7)	10	5,78				
S 4/55/5 (8)	10	4,82				
S 4/55/5 (9)	10	6				
S 4/55/5 (10)	10	5,56	4,82	6	5,55	0,44441
S 1/70/5 (6)	10	11,56				
S 1/70/5 (7)	10	9,15				
S 1/70/5 (8)	10	8,68				
S 1/70/5 (9)	10	8,03				
S 1/70/5 (10)	10	9,03	8,03	11,56	9,29	1,34162
S 2/70/5 (6)	10	7,78				
S 2/70/5 (7)	10	6,86				
S 2/70/5 (8)	10	7,56				
S 2/70/5 (9)	10	8,46				
S 2/70/5 (10)	10	6,71	6,71	8,46	7,474	0,71308
S 4/70/5 (6)	10	7,96				
S 4/70/5 (7)	10	7,09				
S 4/70/5 (8)	10	5,96				
S 4/70/5 (9)	10	7,47				
S 4/70/5 (10)	10	6,98	5,96	7,96	7,092	0,73998
S 1/38/10 (6)	20	7,03				
S 1/38/10 (7)	20	4,71				
S 1/38/10 (8)	20	7,53				
S 1/38/10 (9)	20	6,71				
S 1/38/10 (10)	20	6,59	4,71	7,53	6,514	1,07204
S 2/38/10 (6)	20	3,15				
S 2/38/10 (7)	20	3,28				
S 2/38/10 (8)	20	3,56				
S 2/38/10 (9)	20	3,98				
S 2/38/10 (10)	20	3,06	3,06	3,98	3,406	0,37226

Probennr.	Geschwindigkeit (mm/min)	Schälkraft (N)	Schälkraft Min.	Schälkraft Max.	Ø Schälkraft (N)	STABW
S 4/38/10 (6)	20	4,78				
S 4/38/10 (7)	20	4,18				
S 4/38/10 (8)	20	5,56				
S 4/38/10 (9)	20	3,62				
S 4/38/10 (10)	20	3,43	3,43	5,56	4,314	0,87332
S 1/45/10 (6)	20	3,28				
S 1/45/10 (7)	20	4,43				
S 1/45/10 (8)	20	3,49				
S 1/45/10 (9)	20	4,25				
S 1/45/10 (10)	20	5,09	3,28	5,09	4,108	0,73411
S 2/45/10 (6)	20	2,87				
S 2/45/10 (7)	20	2,53				
S 2/45/10 (8)	20	5,78				
S 2/45/10 (9)	20	3,85				
S 2/45/10 (10)	20	4,78	2,53	5,78	3,962	1,34442
S 4/45/10 (6)	20	4,21				
S 4/45/10 (7)	20	4,31				
S 4/45/10 (8)	20	4,87				
S 4/45/10 (9)	20	4,59				
S 4/45/10 (10)	20	3,87	3,87	4,87	4,37	0,38
S 1/55/10 (6)	20	4,25				
S 1/55/10 (7)	20	4,15				
S 1/55/10 (8)	20	3,4				
S 1/55/10 (9)	20	4,31				
S 1/55/10 (10)	20	3,78	3,4	4,31	3,978	0,38311
S 2/55/10 (6)	20	5,43				
S 2/55/10 (7)	20	4,71				
S 2/55/10 (8)	20	4,93				
S 2/55/10 (9)	20	4,81				
S 2/55/10 (10)	20	4,12	4,12	5,43	4,8	0,47021
S 4/55/10 (6)	20	10,31				
S 4/55/10 (7)	20	11,12				
S 4/55/10 (8)	20	8,81				
S 4/55/10 (9)	20	9,37				
S 4/55/10 (10)	20	8	8	11,12	9,522	1,22689

Probennr.	Geschwindigkeit (mm/min)	Schälkraft (N)	Schälkraft Min.	Schälkraft Max.	Ø Schälkraft (N)	STABW
S 1/70/10 (6)	20	11,03				
S 1/70/10 (7)	20	8,62				
S 1/70/10 (8)	20	10,56				
S 1/70/10 (9)	20	9,75				
S 1/70/10 (10)	20	11,81	8,62	11,81	10,354	1,22382
S 2/70/10 (6)	20	10,62				
S 2/70/10 (7)	20	8,12				
S 2/70/10 (8)	20	8,15				
S 2/70/10 (9)	20	8,28				
S 2/70/10 (10)	20	8,15	8,12	10,62	8,664	1,09518
S 4/70/10 (6)	20	5,75				
S 4/70/10 (7)	20	6,53				
S 4/70/10 (8)	20	7,46				
S 4/70/10 (9)	20	7,84				
S 4/70/10 (10)	20	6,96	5,75	7,84	6,908	0,81546
S 1/38/20 (6)	20	6,18				
S 1/38/20 (7)	20	7,03				
S 1/38/20 (8)	20	8,25				
S 1/38/20 (9)	20	7,75				
S 1/38/20 (10)	20	7,34	6,18	8,25	7,31	0,77997
S 2/38/20 (6)	20	4,25				
S 2/38/20 (7)	20	5,75				
S 2/38/20 (8)	20	6,34				
S 2/38/20 (9)	20	5				
S 2/38/20 (10)	20	3,59	3,59	6,34	4,986	1,10767
S 4/38/20 (6)	20	7,18				
S 4/38/20 (7)	20	6,96				
S 4/38/20 (8)	20	8				
S 4/38/20 (9)	20	7,12				
S 4/38/20 (10)	20	6,4	6,4	8	7,132	0,57473
S 1/45/20 (6)	20	7,03				
S 1/45/20 (7)	20	6,34				
S 1/45/20 (8)	20	9,18				
S 1/45/20 (9)	20	8,62				
S 1/45/20 (10)	20	8,75	6,34	9,18	7,984	1,22826

Probennr.	Geschwindigkeit (mm/min)	Schälkraft (N)	Schälkraft Min.	Schälkraft Max.	Ø Schälkraft (N)	STABW
S 2/45/20 (6)	20	8,25				
S 2/45/20 (7)	20	6,25				
S 2/45/20 (8)	20	6,03				
S 2/45/20 (9)	20	6,96				
S 2/45/20 (10)	20	6,27	6,03	8,25	6,752	0,90731
S 4/45/20 (6)	20	6,28				
S 4/45/20 (7)	20	4,87				
S 4/45/20 (8)	20	5,18				
S 4/45/20 (9)	20	5,25				
S 4/45/20 (10)	20	5,36	4,87	6,28	5,388	0,53082
S 1/55/20 (6)	20	7,62				
S 1/55/20 (7)	20	6,31				
S 1/55/20 (8)	20	6,62				
S 1/55/20 (9)	20	7,68				
S 1/55/20 (10)	20	6,28	6,28	7,68	6,902	0,696
S 2/55/20 (6)	20	8,59				
S 2/55/20 (7)	20	6,18				
S 2/55/20 (8)	20	8,81				
S 2/55/20 (9)	20	8,15				
S 2/55/20 (10)	20	6,75	6,18	8,81	7,696	1,16614
S 4/55/20 (6)	20	10,62				
S 4/55/20 (7)	20	10,56				
S 4/55/20 (8)	20	11,12				
S 4/55/20 (9)	20	13,37				
S 4/55/20 (10)	20	11	10,56	13,37	11,334	1,16313
S 1/70/20 (6)	20	18,9				
S 1/70/20 (7)	20	17,75				
S 1/70/20 (8)	20	17,59				
S 1/70/20 (9)	20	16,96				
S 1/70/20 (10)	20	18,87	16,96	18,9	18,014	0,84825
S 2/70/20 (6)	20	16,87				
S 2/70/20 (7)	20	16,75				
S 2/70/20 (8)	20	17,43				
S 2/70/20 (9)	20	17,18				
S 2/70/20 (10)	20	19,68	16,75	19,68	17,582	1,20265

Probennr.	Geschwindigkeit (mm/min)	Schälkraft (N)	Schälkraft Min.	Schälkraft Max.	Ø Schälkraft (N)	STABW
S 4/70/20 (6)	20	15,62				
S 4/70/20 (7)	20	13,93				
S 4/70/20 (8)	20	14,68				
S 4/70/20 (9)	20	12,46				
S 4/70/20 (10)	20	14,84	12,46	15,62	14,306	1,19381
S 1/38/30 (6)	20	10,53				
S 1/38/30 (7)	20	11,25				
S 1/38/30 (8)	20	9,03				
S 1/38/30 (9)	20	8,59				
S 1/38/30 (10)	20	9,65	8,59	11,25	9,81	1,08563
S 2/38/30 (6)	20	7,71				
S 2/38/30 (7)	20	7,59				
S 2/38/30 (8)	20	7,53				
S 2/38/30 (9)	20	6,65				
S 2/38/30 (10)	20	7,46	6,65	7,71	7,388	0,42263
S 4/38/30 (6)	20	4,71				
S 4/38/30 (7)	20	5,03				
S 4/38/30 (8)	20	4,9				
S 4/38/30 (9)	20	4,34				
S 4/38/30 (10)	20	5,18	4,34	5,18	4,832	0,32476
S 1/45/30 (6)	20	9,28				
S 1/45/30 (7)	20	9,34				
S 1/45/30 (8)	20	9,03				
S 1/45/30 (9)	20	10,9				
S 1/45/30 (10)	20	7,78	7,78	10,9	9,266	1,11125
S 2/45/30 (6)	20	7,75				
S 2/45/30 (7)	20	6,79				
S 2/45/30 (8)	20	4,75				
S 2/45/30 (9)	20	6,03				
S 2/45/30 (10)	20	7,21	4,75	7,75	6,506	1,16554
S 4/45/30 (6)	20	6,56				
S 4/45/30 (7)	20	4,15				
S 4/45/30 (8)	20	6,48				
S 4/45/30 (9)	20	7,34				
S 4/45/30 (10)	20	6,75	4,15	7,34	6,256	1,22443

Probennr.	Geschwindigkeit (mm/min)	Schälkraft (N)	Schälkraft Min.	Schälkraft Max.	Ø Schälkraft (N)	STABW
S 1/55/30 (6)	20	9,31				
S 1/55/30 (7)	20	7,28				
S 1/55/30 (8)	20	8,5				
S 1/55/30 (9)	20	8,13				
S 1/55/30 (10)	20	8,26	7,28	9,31	8,296	0,72988
S 2/55/30 (6)	20	9,93				
S 2/55/30 (7)	20	8,37				
S 2/55/30 (8)	20	9,43				
S 2/55/30 (9)	20	9,78				
S 2/55/30 (10)	20	8,03	8,03	9,93	9,108	0,85698
S 4/55/30 (6)	20	12,43				
S 4/55/30 (7)	20	10,59				
S 4/55/30 (8)	20	10,27				
S 4/55/30 (9)	20	12,08				
S 4/55/30 (10)	20	12,46	10,27	12,46	11,566	1,05382
S 1/70/30 (6)	20	21,37				
S 1/70/30 (7)	20	19,75				
S 1/70/30 (8)	20	18,62				
S 1/70/30 (9)	20	18,59				
S 1/70/30 (10)	20	20,87	18,59	21,37	19,84	1,27091
S 2/70/30 (6)	20	18,81				
S 2/70/30 (7)	20	17,5				
S 2/70/30 (8)	20	16,78				
S 2/70/30 (9)	20	16,65				
S 2/70/30 (10)	20	19,43	16,65	19,43	17,834	1,23735
S 4/70/30 (6)	20	15,4				
S 4/70/30 (7)	20	13,46				
S 4/70/30 (8)	20	15,77				
S 4/70/30 (9)	20	15				
S 4/70/30 (10)	20	13,34	13,34	15,77	14,594	1,12427

Tab. A 2: Messdaten der 240 getesteten Proben zur T-Schälprüfung.

9.5 Abbildungsverzeichnis Anhang

Abb. A 1: Vorderansicht des Pergamentbands vor der Restaurierung (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9). 93
Abb. A 2: Rückansicht des Pergamentbands vor der Restaurierung (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9). 94
Abb. A 3: Rücken des Pergamentbands mit der großen Fehlstelle im Pergamentumschlag , den freiliegenden Heftfäden im Vorzustand (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9). 95
Abb. A 4: Kopfschnitt des Pergamentbands mit der Gegenrundung des Rückens im Vorzustand (München, Bayeri-sche Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9). 95
Abb. A 5: Vorderschnitt des Pergamentbands im Vorzustand (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9). 95
Abb. A 6: Fußschnitt des Pergamentbands mit dem gegenrunden Rücken im Vorzustand (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9). 95
Abb. A 7: Innenseite der vorderen Hälfte des Pergamentumschlags mit den im Falz durchge-zogenen Bünden und der Spiegelfragmente sowie die zweite Hälfte des Doppelblatts der Vorsatzlage mit dem extremen Feuchtigkeitsschaden im Falzbereich vor der Restaurierung (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9). 96
Abb. A 8 Innenseite der hinteren Hälfte des Pergamentumschlags mit den im Falz durchge-zogenen Bünden und der Spiegelfragmente sowie die zweite Hälfte des Doppelblatts der Vorsatzlage mit dem extremen Feuchtigkeitsschaden im Falzbereich vor der Restaurierung (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9). 96
Abb. A 9: Vorderansicht des Pergamentbands nach der Restaurierung (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9). 97
Abb. A 10: Rückansicht des Pergamentbands nach der Restaurierung (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9). 98
Abb. A 11: Rücken des Pergamentbands mit den ergänzten Fehlstellen (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9). 99
Abb. A 12: Kopfschnitt des Pergamentbands nach der Restaurierung (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9). 99
Abb. A 13: Vorderschnitt nach der Restaurierung (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9). 99
Abb. A 14: Fußschnitt nach der Restaurierung (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9). 99

Abb. A 15: Innenseite der vorderen Hälfte des Pergamentumschlags mit den im Falz durchgezoge-nen Bünden und der Spiegelfragmente sowie die zweite Hälfte des Doppelblatts der Vorsatzlage nach der Restaurierung (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9)..... 100
Abb. A 16: Innenseite der hinteren Hälfte des Pergamentumschlags mit den im Falz durchgezogenen Bünden und der ersten Hälfte des Doppelblatts der Vorsatzlage nach der Restaurierung (München, Bayerische Staatsbibliothek, 4 L.impr.c.teg.mss. 9)..... 100

9.6 Tabellenverzeichnis Anhang

Tab. A 1: Messdaten der 240 getesteten Proben zum Zugschertest. 101

Tab. A 2: Messdaten der 240 getesteten Proben zur T-Schälprüfung. 108

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere, die Masterarbeit selbstständig und lediglich unter Benutzung der angegebenen Quellen und Hilfsmittel verfasst zu haben.

Ich erkläre weiterhin, dass die vorliegende Arbeit noch nicht im Rahmen eines anderen Prüfungsverfahrens eingereicht wurde.

München, den 30. Oktober 2015

I. Hert

Isabell Hertkorn

Abbildung Umschlag: Aus einem Probenpaket geschnittene Probestreifen für die T-Schälprüfung mit der jeweiligen Probennummer (hier: Fünf Teststreifen des Ansatzes S2/45 in 30 % iger Konzentration) (siehe S. 39)