

Gold- und Silbertuschen: Drei Beispiele aus drei Jahrhunderten

Christa Hofmann, Dubravka Jembrih-Simbürger, Maurizio Aceto, Frederica Cappa

Die Gold- und Silbertuschen von drei Handschriften der Österreichischen Nationalbibliothek – der Wiener Genesis, dem Dagulf-Psalter und dem Stundenbuch des Galeazzo Maria Sforza (*Schwarzes Gebetbuch*) – wurden mit verschiedenen Methoden untersucht. Die Kombination von visueller Beobachtung, Materialanalyse (FORS, RFA, Raman-Spektroskopie) und Rekonstruktionen half die Herstellung und den Zustand der Kunstwerke besser zu verstehen. Auf Basis dieser Erkenntnisse wurden Konservierungsmaßnahmen entwickelt. Die Arbeiten an der Wiener Genesis und am Dagulf-Psalter sind abgeschlossen, jene am Stundenbuch werden fortgesetzt.

The gold and silver inks of three manuscripts from the Austrian National Library – the Vienna Genesis, the Dagulf-Psalter and the Book of Hours of Galeazzo Maria Sforza (aka. *Schwarzes Gebetbuch*) – were investigated with different methods. The combination of visual observation, material analysis (FORS, XRF, Raman spectroscopy) and reconstruction helped to understand the production and the condition of the artefacts. Conservation methods were developed based on this research. The projects on the Vienna Genesis and the Dagulf-Psalter are completed. The investigation and the conservation of the Book of Hours are in progress.

1. Einleitung

Gold- und Silbertuschen auf Pergament sind seit der Antike exklusive Schreibmaterialien, die den Wert eines Schriftstückes oder die Stellung des Auftraggebers hervorheben. Das Schreiben auf dunklen Untergründen von purpurner, blauer oder schwarzer Farbe, erhöhte den Effekt des glänzenden Metalls. Beim Umblättern der Seiten ändert sich die Reflexion der Silber- und Goldoberflächen. Der dabei entstehende dreidimensionale Effekt verstärkt sich bei spärlicher Beleuchtung, wie flackerndem Kerzenlicht in einem dunklen Raum.

Tinten bestehen aus Farbstoffen in einem wässrigen Medium. Tuschen sind eine Suspension von festen Stoffen, Pigmenten oder Metallen, in einem wässrigen Medium. Aus technologischer Sicht verwenden wir in diesem Beitrag den Begriff Tusche für aus Silber und Gold her-



memo

Empfohlene Zitierweise:
Hofmann, Christa/
Jembrih-Simbürger,
Dubravka/Aceto, Maurizio / Cappa, Frederica:
**Gold- und Silbertuschen:
Drei Beispiele aus
drei Jahrhunderten. In:**
MEMO 13 (2026): Tinte,
S. 63–84. Pdf-Format,
doi: 10.25536/20261306.

gestellte Schreibmedien. Silber- und Gold wurden gerieben und mit Bindemitteln wie Gummi arabicum oder Gelatine gemischt.¹ In der Antike und im Frühen Mittelalter wurden das massive Metall oder Metallgegenstände wie z.B. Münzen zerkleinert.² Ab der Verbreitung von geschlagenen Metallfolien verwendete man vermutlich bevorzugt Silber- und Goldfolien zur Herstellung von Tuschen.³ In historischen Rezepturen finden sich neben reinen Silber- und Goldtuschen auch zahlreiche Mischungen mit diversen Zusatzstoffen.⁴ Beimengungen, wie Kupferpigmente, verändern die Farbigkeit. Andere Zusätze wie Gummi arabicum beeinflussen die Schreibfähigkeit. Neben reinen Silber- und Goldtuschen stellte man auch zahlreiche Imitationen her, z. B. mit Quecksilber und Zinn.⁵ Durch das Polieren der Metalloberfläche erzielte man glatte Oberflächen, die das einfallende Licht stärker reflektieren.

Drei Beispiele aus der Sammlung für Handschriften und alte Drucke der Österreichischen Nationalbibliothek demonstrieren, dass die Wertschätzung für diese besondere Ästhetik und ihre Symbolik von der Spätantike bis ins Spätmittelalter fort dauerte. Die drei Beispiele zeigen jedoch auch wie unterschiedlich das Erscheinungsbild und der Zustand dieser Tuschen sein können. Im vorliegenden Beitrag konzentrieren wir uns auf die Untersuchung der Materialien, ihre Veränderungen und die Konsequenzen für Erhaltung und Konservierung.

In der Wiener Genesis, einer illuminierten Handschrift aus der zweiten Hälfte des 6. Jahrhunderts (Österreichische Nationalbibliothek, Codex theologicus graecus 31), wurde mit Silbertusche auf purpurgefärbtem Pergament geschrieben (**Abb. 1**).⁶

Im unteren Drittel jeder Seite illustrieren Miniaturen den Text des Buches Genesis. Das Silber ist korrodiert und erscheint jetzt dunkel. Korrosionsprodukte haben das dünne Schafpergament abgebaut und an vielen Stellen durchbrochen. Der ursprüngliche Kontrast von glänzendem hellem Silber auf dunklem Purpurpergament ist nicht mehr wahrnehmbar. Im Gegensatz dazu sind die Miniaturen mit Szenen aus dem Buch Genesis in einem guten Zustand, der ihre Rezeption kaum einschränkt. Die 24 erhaltenen Folios werden seit dem Ende des 19. Jahrhunderts ungebunden aufbewahrt.

Im Dagulf-Psalter, einem Psalterium aus dem späten 8. Jahrhundert (Österreichische Nationalbibliothek, Codex 1861), wurde mit Goldtusche auf ungefärbtem Pergament geschrieben (**Abb. 2**).⁷ Karl der Große ließ den Psalter als Geschenk für Papst Hadrian I. herstellen. In dem Widmungs-



Abb. 1 Wiener Genesis, Der Auszug aus der Arche und Noahs Opfer, Cod. theol. gr. 31, Folio 2, Seite 4. (Falls nicht anders angegeben stammen im Folgenden die Fotos vom Institut für Restaurierung, Österreichische Nationalbibliothek)

1 Thompson 2018, S. 190–219.

2 Turner 2021, S. 64–68.

3 Turner 2021, S. 103–110.

4 Schreiner/Oltrogge 2011.

5 Trost 1991, S. 34f.

6 Mazal 1980.

7 Holter 1980.



Abb. 2 Dagulf-Psalter, Cod. 1861, Folios 108v–109r, auf Folio 108v Zierseite mit dem Beginn von Psalm 101.

gedicht des Schreibers Dagulf an Karl den Großen wird die symbolische Bedeutung des Goldes betont. Auf den drei Zierseiten, dem Beginn der Psalmen 1, 51 und 101, wurde Schrift und Dekor in Gold- und Silbertusche auf purpurnem (Psalm 1, Folio 25r), blauem (Psalm 101, Folio 108v) und dunkelblauem (Psalm 51, Folio 67v) Untergrund gestaltet, eine Reverenz an antike Vorbilder. Das Gold ist in gutem Zustand erhalten, während das Silber korrodiert ist. Die Veränderung des Silbers macht es nicht möglich, die ursprünglichen Kontraste wahrzunehmen. Auf den Rückseiten der Folios haben Korrosionsprodukte dunkle Schatten gebildet. Das Kalbpergament ist jedoch noch nicht gerissen oder durchgebrochen. Im frühen 19. Jahrhundert wurde die Handschrift in einen braunen Ganzledeereinband gebunden.

Das sogenannte Schwarze Gebetbuch, das Stundenbuch des Herzogs Galeazzo Maria Sforza (Österreichische Nationalbibliothek, Codex 1856), eine flämische Handschrift aus dem dritten Viertel des 15. Jahrhunderts, besteht aus mit Eisengallustinte gefärbtem Pergament, auf dem mit einer Feder in Silber- und Goldtusche geschrieben wurde (Abb. 3).⁸ Initialen sind mit Blattgold vergoldet und mit Goldfarbe dekoriert. In den Miniaturen wurde mit einem Pinsel in Silber- und Goldfarbe gezeichnet. Die Handschrift entstand wahrscheinlich in Brügge im damaligen Herzogtum Burgund. Die Kontraste von Silber und Gold auf schwarzem Grund spiegeln die ästhetischen Vorlieben der Herzöge Philipp des Guten und seines Sohnes Karl des Kühnen wider, die sich auch in ihrem Kleidungsstil⁹ und im burgundischen Kunsthandwerk finden.¹⁰ Die Exklusivität einer Handschrift in Metalltusche auf schwarzem Pergament erinnert an die antiken Purpurhandschriften. Silber und Gold sind in sehr gutem Zustand erhalten. Dadurch ist der Kontrast der Metalltuschen auf Schwarz unverändert wahrnehmbar. Die Eisengallustinte, mit der das Pergament ganzflächig eingestrichen worden war, hat jedoch dessen Kollagenfasern

8 Jenni/Thoss 1982.

9 Pastoureau 2008.

10 Jenni/Thoss 1982.

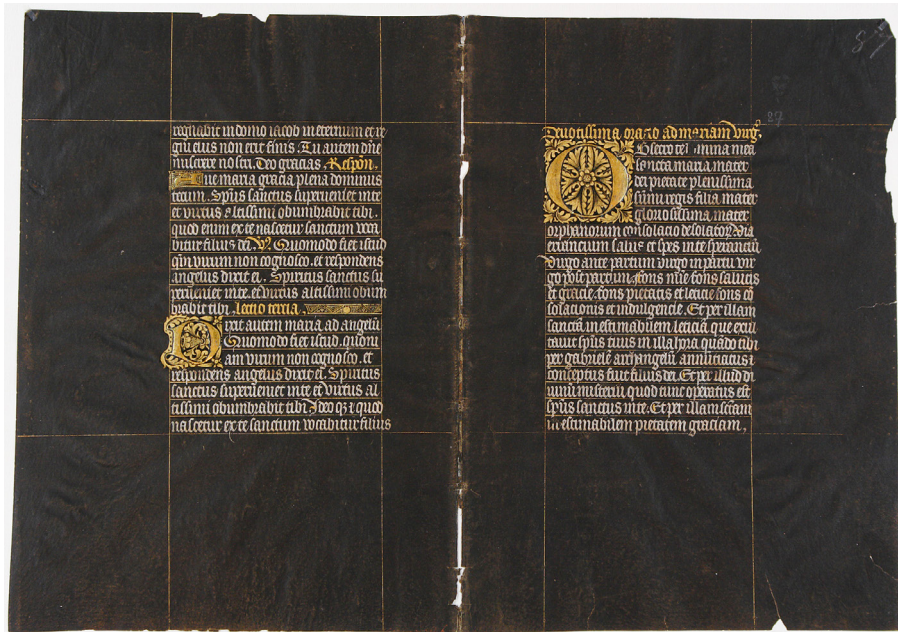


Abb. 3 Gebetbuch des Galeazzo Maria Sforza, Cod. 1856, Folios 95v–87r.

abgebaut und die Folios brüchig gemacht. Der fragile Zustand des Pergaments zeigt sich in zahlreichen Fehlstellen und Rissen. 1928 wurden die Bindung gelöst und die Folios getrennt vom roten Samteinband aufbewahrt. 1975 wurden alle Folios zwischen Acrylglasplatten montiert.

In Projekten¹¹ haben wir uns mit der Herstellung, der Zusammensetzung und dem Zustand dieser drei Handschriften auseinandergesetzt. In allen drei Fällen war und ist das Ziel der Untersuchungen die bestmögliche langfristige Erhaltung der Werke. Die Handschriften wurden visuell untersucht und ihr Zustand geprüft. Naturwissenschaftliche Analysen gaben Aufschluss über die Zusammensetzung der Materialien und halfen Abbaureaktionen besser zu verstehen. In experimentellen Rekonstruktionen wurde versucht, die Färbung des Pergaments und die Herstellung der Tuschen nachzuvollziehen. Die Untersuchungsergebnisse bildeten die Grundlage für die Entwicklung von Konservierungsmaßnahmen. An Probekörpern wurden Versuche zur beschleunigten Alterung durchgeführt, um die Langzeitwirkung von Maßnahmen abzuschätzen. Die Projekte zur Wiener Genesis und zum Dagulf-Psalter sind abgeschlossen. Die Arbeiten am Schwarzen Gebetbuch haben begonnen und werden fortgesetzt.

2. Zustand und Untersuchungen

2.1. Untersuchungsmethoden

Die Schreibmedien der drei Handschriften wurden visuell untersucht, bei Auflicht, im Streiflicht und im UV-Licht. Der Zustand der Tuschen und des Pergaments wurde eingeschätzt und verschiedene Stellen miteinander verglichen. Ausgewählte Bereiche wurden im Stereomikroskop (Zeiss Stemi 508 KMAT) bei Vergrößerungen von 6,3 bis 50fach untersucht. Signifikante Beispiele wurden fotografisch dokumentiert. Das Pergament wurde visuell untersucht. Zusätzlich zur visuellen Bestimmung wurde

11 Hofmann u. a. 2020, Hofmann u. a. 2024, Hofmann u. a. 2025.

die Tierart mittels Proteinanalyse (eZooms) vom Abrieb mit Radiergummi ermittelt.¹² Die Dicke des Pergaments wurde abhängig vom Zustand an mehreren Stellen im Randbereich mit einem Mikrometer (Mitutoyo Digimatic Micrometer MDC-SX) gemessen.

Nach einer Literaturrecherche wurden Rezepturen zur Herstellung von Silber- und Goldtuschen ausgewählt und in Rekonstruktionen nachvollzogen. Besonders ausführlich konnten diese Experimente im Rahmen des FWF-Projekts zur Wiener Genesis durchgeführt werden.¹³ Für die Rekonstruktionen zum Dagulf-Psalter und zum schwarzen Gebetbuch wurden Silber- und Goldfolien (Ögussa und Wamprechtsamer) mit dem Finger unter Zugabe von Gummi arabicum (Kremer) in einer Porzellanschale gerieben (vgl. **Abb. 12**).¹⁴ Diese Technik wird in der orientalischen Miniaturmalerei nach wie vor praktiziert und wurde im Institut für Restaurierung vom Buchrestaurator Cahit Karadana demonstriert. Nach mehrmaligem Waschen mit Wasser wurde die Suspension in Porzellanschalen abgegossen. In den Porzellanschalen bildete sich ein Niederschlag von fein verteiltem Metall. Zum Schreiben und Malen wurde dieser Niederschlag mit dem Pinsel und mit Gelatine (Photogelatine, GMW) verrieben. Die Pergamentproben wurden mit Orchil, *Rocella tinctoria* (Juan Cazorla), Indigo (Kremer), Färberwaid (Kremer) und selbst hergestellter Eisengallustinte¹⁵ mit dem Pinsel eingestrichen. Nach dem Einstreichen wurden die Proben mit Nadeln gespannt auf einer Dämmplatte getrocknet. Auf den gefärbten, trockenen Pergamentprobestücken wurde mit dem Pinsel Silber- und Goldfarbe aufgetragen. Die Probekörper von Silber- und Goldfarbe auf Pergament wurden optisch mit den Handschriften verglichen. Mikroskopische Untersuchungen ergänzten den Vergleich.

Mit faseroptischer Reflexions-Spektroskopie (FORS) wurde das Purpurpergament der Wiener Genesis¹⁶ und die farbigen Untergründe der Zierseiten im Dagulf-Psalter untersucht.¹⁷ FORS-Messungen ergeben Spektren des reflektierten Lichts im sichtbaren und im UV-Bereich, die mit Referenzen verglichen werden.¹⁸ Die Versuchsanordnung ist im Anhang beschrieben.

Mit Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) wurden die chemischen Elemente und deren Verteilung in ausgewählten Bereichen der drei Handschriften untersucht. Die RFA-Analysen an der Wiener Genesis wurden vom Naturwissenschaftlichen Labor des KHM Wien¹⁹ in situ durchgeführt.²⁰ Am Dagulf-Psalter und am Schwarzen Gebetbuch machte das INTK der Akademie der bildenden Künste RFA-Punktmessungen und Scans in situ; siehe Versuchsanordnung im Anhang.

Bei der Wiener Genesis wurde die Charakterisierung der Silbertusche durch Röntgendiffraktionsanalyse (XRD) an der TU Wien²¹ und durch rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen mit energiedispersiver

12 Fiddymment u. a. 2015.

13 Rabitsch u. a. 2020c.

14 Ruffach 1549 in Benziger (Hg.) 1913, S. 53–58.

15 Verwendet wurde hierzu ein Rezept aus Lehner 1899, S. 50.

16 Aceto u. a. 2020.

17 Jembrih-Simbürger u. a. 2024.

18 Aceto u. a. 2014.

19 Die RFA-Untersuchungen wurden von Antonia Malissa, Katharina Uhlir und Martina Griesser vom Naturwissenschaftlichen Labor des KHM Wien durchgeführt.

20 Hofmann u. a. 2020.

21 Klaudia Hradil vom Röntgenzentrum der TU Wien führte die XRD-Analysen durch.

Röntgenanalyse (REM-EDX) an der Universität für angewandte Kunst²² ergänzt.²³

Mit Raman-Spektroskopie wurden am INTK der Akademie der bildenden Künste Wien die organischen Bestandteile der Eisengallustinte an einer Pergamentprobe des Schwarzen Gebetbuchs charakterisiert. Die Raman-Spektroskopie ist eine nicht-invasive Technik, die Materialien durch die Analyse von Molekülschwingungen mittels Lichtstreuung untersucht. Sie kann Pigmente gleicher Farbe, aber unterschiedlicher Zusammensetzung unterscheiden.

2. 2. Ergebnisse und Diskussion

2. 2. 1. Wiener Genesis (Cod. theol. gr. 31, fol. 1–24)

Die Silbertusche der Wiener Genesis ist durchgehend korrodiert. Die Farbe rangiert in verschiedenen Grautönen.

Die raue Oberfläche ist von Rissen durchzogen (**Abb. 4**). Spuren auf dem Pergament lassen vermuten, dass die Silberschrift nach dem Schreiben poliert worden war. Korrosionsprodukte migrierten im Perga-

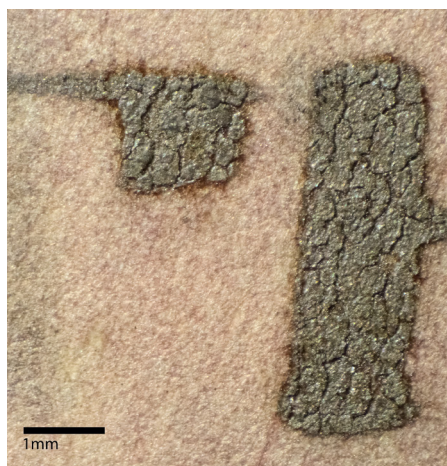


Abb. 4 Wiener Genesis, Cod. theol. gr. 31, Folio 12, Seite 24, Mikroskop-Aufnahme der Silbertusche, Skala 1 mm.

ment und bilden auf der anderen Seite dunkle Schatten, was die Lesbarkeit beeinträchtigt. Die Korrosionsprodukte des Silbers bauten die Kollagenfasern des Pergaments ab. Im Bereich der Tinte ist das Pergament dadurch brüchig geworden. Es entstanden Risse und zahlreiche Fehlstellen. Das Schadensbild ist ähnlich wie bei Tintenfraß auf Papier. Im Durchlicht wirkt die Schrift wie ein Netzwerk (**Abb. 5**).

Die Tusche besteht aus Silber mit einem signifikanten Kupferanteil. Chrom, Gold und Quecksilber sind in Spuren nachweisbar. RFA-Punkt-

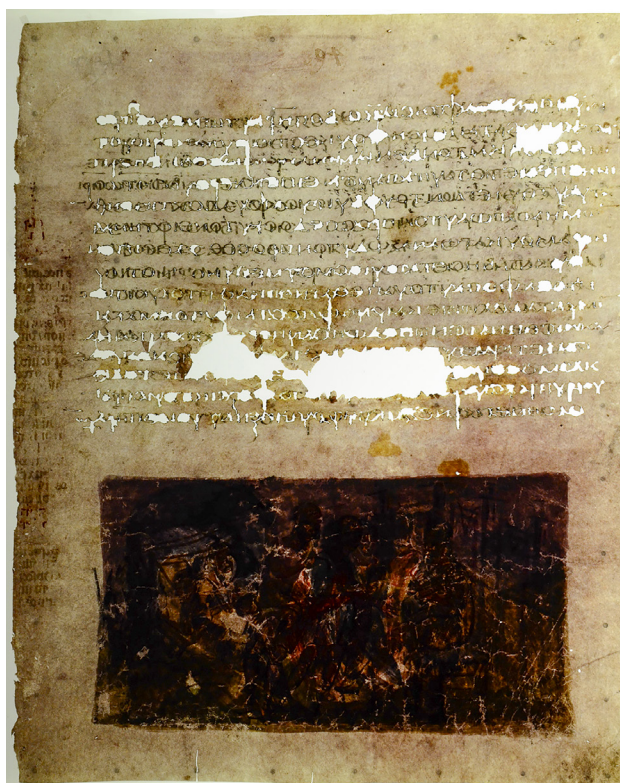


Abb. 5 Wiener Genesis, Cod. theol. gr. 31, Folio 21 im Durchlicht

²² Rudolf Erlach vom Institut für Kunst und Technologie der Universität für angewandte Kunst machte die REM-EDX-Analysen.

²³ Rabitsch u. a. 2020b.

messungen an mehreren Stellen auf verschiedenen Folios zeigten ein ähnliches Verhältnis von Silber zu Kupfer. Anhand der Zusammensetzung der Tusche konnte nicht zwischen den zwei angenommenen Schreibern unterschieden werden.²⁴ Die Intensitäten der Spurenelemente variierten abhängig von der Schichtdicke der Tusche. XRF-Punktmessungen wiesen Chlor in der Tusche und im Pergament nach. In Ergänzung konnte mit XRD-Untersuchungen von Mikroproben festgestellt werden, dass das Haupt-Korrosionsprodukt Silberchlorid ist. Wir vermuten, dass die Korrosion des Silbers interne und externe Ursachen hat. Die Silbertusche könnte mit Salz als Reibhilfe hergestellt worden sein, wie in zahlreichen Rezepturen beschrieben.²⁵ Nicht ausreichend ausgewaschenes Kochsalz, Natriumchlorid, könnte mit Silber reagiert und Silberchlorid gebildet haben.²⁶ Es wird vermutet, dass Kreuzfahrer oder Handelsreisende die Handschrift von Kleinasien nach Italien gebracht haben.²⁷ Nachweislich befand sich die Handschrift im 14. Jahrhundert in Oberitalien.²⁸ Hohe Luftfeuchtigkeit mit Salzgehalt könnte die Korrosion und somit die Bildung von Silberchlorid beschleunigt haben. Der Chlorgehalt im unbeschriebenen Pergament ist höher als in zwei in Wien aufbewahrten Folios von *Codex Petropolitanus Purpureus* (Cod. theol. gr. 31, fol. 25–26), einer mit Silber- und Goldtusche geschriebenen Purpurhandschrift des 6. Jahrhunderts.²⁹ Der vergleichsweise hohe Kupferanteil in der Silbertusche der Wiener Genesis hat wahrscheinlich den Abbau der Kollagenfasern beschleunigt.³⁰

Die Maler der Miniaturen setzten Gold vermutlich in Form von mit dem Pinsel aufgetragenem Muschelgold ein, um königliche Attribute oder sakrale Gegenstände darzustellen.³¹ Beispiele dafür sind das Opfer Noahs auf Folio 2, Seite 4 (vgl. **Abb. 1**) oder die Begegnung von Abraham und König Melchisedek auf Folio 4, Seite 7.

Das experimentelle Nachstellen verschiedener Rezepturen zeigte, dass für ein deckendes Schriftbild auf Purpurpergament ein hoher Silbergehalt und ein pastoser Auftrag notwendig sind. Bei Schreibversuchen mit Bambusrohrfedern war es schwierig, ein gleichmäßiges Schriftbild zu erzielen. Das Verhältnis von Silber zu Bindemitteln war in der Handschrift gut ausbalanciert, was bei den nachgestellten Rezepturen oft nicht der Fall war. Pudersilber, das aus Schlagsilber hergestellt worden war, hat eine feiner strukturierte Oberfläche als jenes, das aus geriebenen Silberspänen im Mörser produziert worden war (**Abb. 6**).

Durch Polieren der Silberoberfläche mit einem Achat erhielt die graue Oberfläche einen silbrigen Schein. In den Experimenten und Alterungsversuchen mit Silbertuschen verschiedener Herstellung konnte die Korrosion des Silbers und die Schädigung des Pergaments nicht exakt nachgestellt werden. Der Einfluss späterer Behandlungen, wie durch Festigungsmittel oder wässrige Klebstoffe, hat das Erscheinungsbild der Tuschen weiter beeinflusst. Die Rekonstruktionen und Alterungsreihen zeigten, dass

24 Mazal 1980.

25 Trost 1991.

26 Schreiner/Oltrogge 2011, S. 107 und 126.

27 Mazal 1980.

28 Gastgeber u. a. 2019.

29 Dobrynina 2020.

30 Rabitsch u. a. 2020b.

31 Hofmann u. a. 2020.



Abb. 6 Mikroskop-Aufnahmen von rekonstruierter Silbertusche auf Purpurpergament, hergestellt aus von mit der Hand geriebenem Schlagmetall (links) und von im Mörser geriebenen Silberspänen (rechts).

bei der Herstellung Zusätze wie Natriumchlorid oder Kupferverbindungen schon in geringen Mengen zu starken Veränderungen der Tuschen und des Pergaments führen können. Externe Faktoren wie hohe Luftfeuchtigkeit, natriumchlorid-haltiger Wasserdampf oder wässrige Behandlungen bewirkten bei den Probenkörpern drastische Veränderungen.³²

Bei der antiken Herstellungsart des Pergaments wird die oberste Schicht der Haarseite von Schafpergament in feuchtem Zustand abgezogen. Nach dem gespannten Trocknen der Haut entsteht ein auf beiden Seiten glattes, dünnes Pergament, wie Jiří Vnouček rekonstruierte.³³ Das Schafpergament wurde mit Orchil purpur gefärbt und vermutlich nochmals gespannt getrocknet, wie wir in Versuchen nachstellten.³⁴ Auf dem dünnen Pergament, 108 µm–168 µm, führten die Korrosionsprodukte des Silbers zu einem Abbau der Pergamentfasern und zu zahlreichen Verlusten im Bereich der Schrift. Im Durchlicht erkennt man das ganze Ausmaß der Zerstörung (vgl. **Abb. 5**).

2. 2. 2. Dagulf-Psalter (Cod. 1861)

Der Text des Psalteriums wurde mit Goldtusche auf Kalbpergament geschrieben.³⁵ Das Pergament hat eine durchschnittliche Dicke von 181 µm. Es wurde in der karolingisch/insularen Tradition hergestellt, bei der die Haut des Kalbes während der gespannten Trocknung am Rahmen geschabt und geglättet wird.³⁶ Spuren verschiedener Werkzeuge sind im Streiflicht und im Mikroskop sichtbar (**Abb. 7**). Die Oberflächen von Haar- und Fleischseite sind sowohl was Textur als auch Farbe betrifft sehr gleichmäßig, ein Zeichen für die hohe Qualität der Herstellung.

Die Goldtusche besteht aus reinem Gold mit Spuren von Kupfer (**Abb. 8**). Die Zusammensetzung bleibt in der ganzen Handschrift konsistent. Anhand der Tusche kann nicht zwischen den zwei angenommenen Schreibern unterschieden werden.³⁷ Die Goldpartikel sind groß und reflektieren das einfallende Licht in verschiedene Richtungen (**Abb. 9**). Wir vermuten, dass die Goldschrift poliert wurde. Durch die Wellung

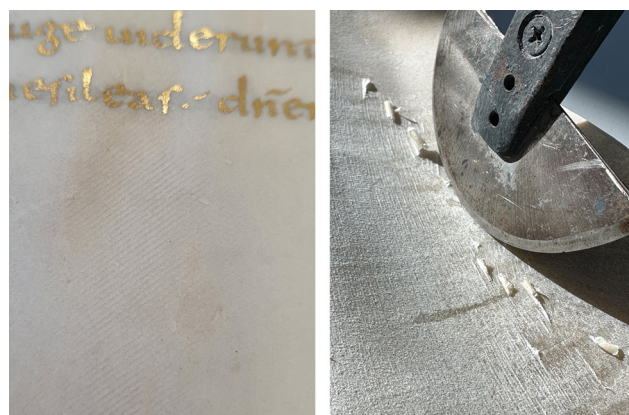


Abb. 7 Nah-Aufnahme im Streiflicht von Werkzeugspuren im Dagulf-Psalter, Fol. 50r (links), im Vergleich mit den Bewegungen des Messers bei der Rekonstruktion von Pergamentherstellung (rechts); (rechtes Foto: © Jiří Vnouček)

³² Rabitsch u. a. 2020c.

³³ Vnouček u. a. 2020.

³⁴ Rabitsch u. a. 2020a.

³⁵ Hofmann u. a. 2025.

³⁶ Vnouček 2019.

³⁷ Holter 1980.

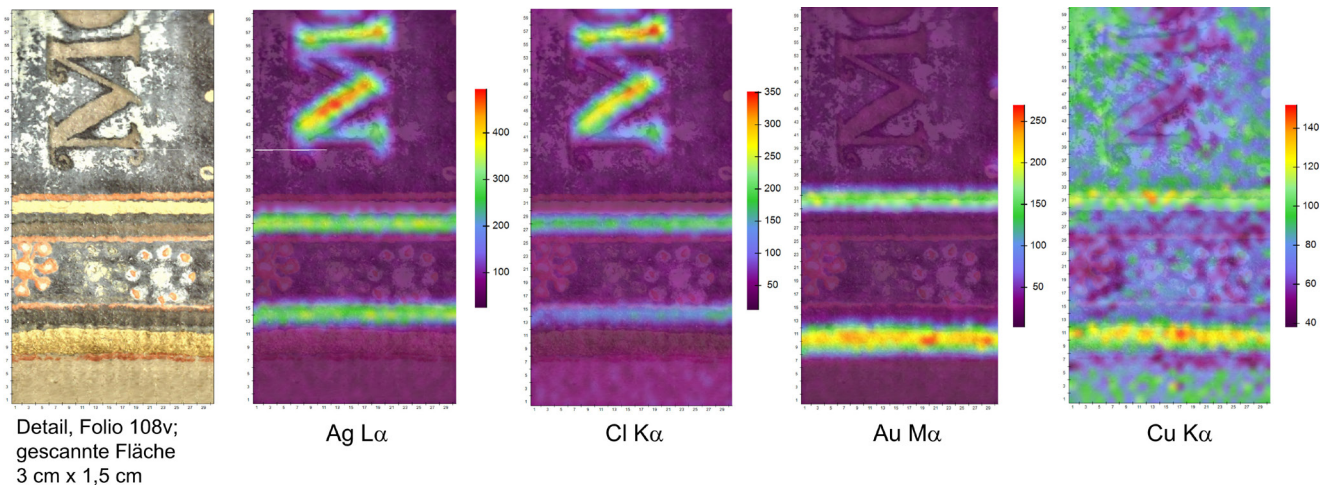


Abb. 8 RFA-Scan eines Details (Bild links) am Folio 108v mit den darin dargestellten Verteilungen von Silber (Ag L α), Chlor (Cl K α), Gold (Au M α) und Kupfer (Cu K α). Skalierung: Rot entspricht den hohen Intensitäten eines Elementes, violett bedeutet nicht vorhanden. (Foto: © INTK, Akademie der bildenden Künste Wien)

der Pergament-Folios im Buchblock gibt es an einigen Stellen Abriebspuren. Auf dem unbeschriebenen Pergament finden sich in der ganzen Handschrift Spuren von Goldpartikeln. Der Zustand der Goldtusche und des Pergaments ist im Hinblick auf die bewegte Geschichte der Handschrift sehr gut.³⁸

Im Gegensatz zum Gold hat sich das Silber in der Schrift und im Randdekor durch Korrosion stark verändert. Auf den Linien im Randdekor der Zierseiten ist das Silber schwarz geworden. In der Schrift erscheint das Silber grau mit irisierenden Schattierungen an der Oberfläche. Korrosionsprodukte bilden auf den Verso-Seiten dunkle Schatten (**Abb. 10**). Auf dem Kalbpergament der Handschrift kam es zu keinen mechanischen Schäden. Die RFA-Analysen und Scans (vgl. **Abb. 8**) ergaben Silber als Hauptbestandteil der Silbertusche. Mittels RFA wurde in der Silbertusche kein Kupfer nachgewiesen. Anhand der in der **Abb. 8** dargestellten Elementverteilungen von Silber (Ag L α -Röntgenlinie) und Chlor (Cl K α -Röntgenlinie) ist sichtbar, dass die Verteilung von Silber in der Silberschrift und in den Zierlinien eindeutig mit der Verteilung von Chlor übereinstimmt. Dies lässt auf chlorhaltige Silber-Korrosionsprodukte in der Silbertusche schließen. Es handelt sich vermutlich um Silberchlorid. Kupfer konnte nur in geringen Mengen bestimmt und der Goldtusche zugeschrieben werden.

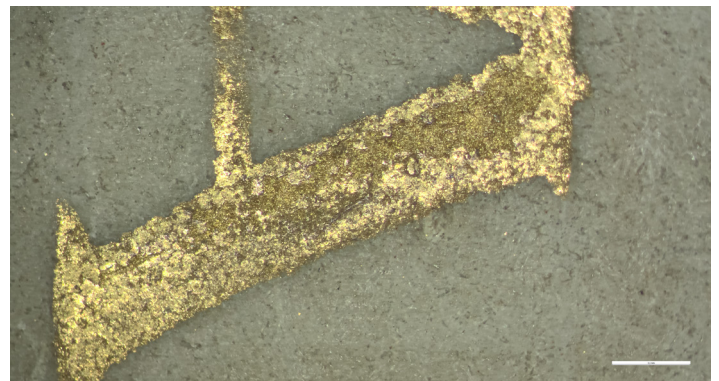


Abb. 9 Mikroskop-Aufnahme eines Goldbuchstabens auf Folio 24v des Dagulf-Psalters.



Abb. 10 Dagulf-Psalter, Detail von Folio 108v: Migration von Korrosionsprodukten des Silbers (links) und Detail von Folio 108r: Korrosion der Silbertusche (rechts).

38 Holter 1980.

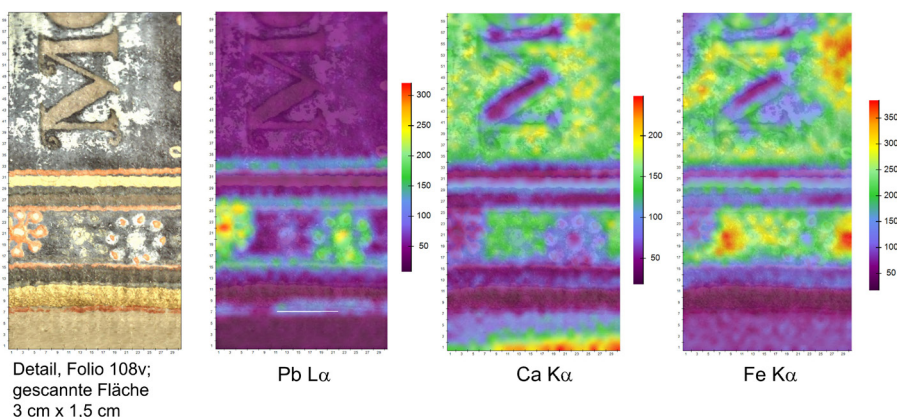


Abb. 11 RFA-Scan eines Details (Bild links) am Folio 108v mit den darin dargestellten Verteilungen von Blei (Pb L α), Calcium (Ca K α) und Eisen (Fe K α). Skalierung: Rot entspricht den hohen Intensitäten eines Elementes, violett bedeutet nicht vorhanden. (Foto: © INTK, Akademie der bildenden Künste Wien)

Aus der **Abb. 11** ist weiters ersichtlich, dass die Verteilung von Blei (anhand der Pb L α -Röntgenlinie) mit Rot und Weiß im gescannten Detail korreliert, woraus hervorgeht, dass hier die roten Linien mit Mennige und weiße Blümchen im Dekor mit Bleiweiß ausgeführt worden sind. Die höheren Intensitäten der Calcium- (Ca) und Eisen- (Fe) K α -Röntgenlinien korrelieren sehr schön mit Hilfe von FORS nachgewiesenem Indigo im dunkelblauen Bereich. Die Anwesenheit von Eisen hängt mit dem Zusatz von Eisenvitriol bei der Herstellung von Indigo zusammen.³⁹ Dies wurde bereits in der Literatur erklärt.⁴⁰

Die Rekonstruktionen von Gold- und Silberfarbe aus Blattgold und Blattsilber bestehen aus fein verteilten kleinen Partikeln (**Abb. 12**). Im Gegensatz dazu sieht man auf den Oberflächen der Gold- und Silberfarben im Dagulf-Psalter wesentlich größere Gold- und Silberpartikel (vgl. **Abb. 9**).⁴¹ Beim Umblättern der Seiten wird das Licht an den großen Partikeln stärker reflektiert, ein Effekt, der bei spärlicher Beleuchtung wie Kerzenlicht wahrscheinlich noch ausgeprägter ist.

Auf Folio 25r konnte die Purpurfarbe mit FORS als Orchil identifiziert werden (**Abb. 13**). Vermutlich durch Lichteinwirkung hat sich der Farbton

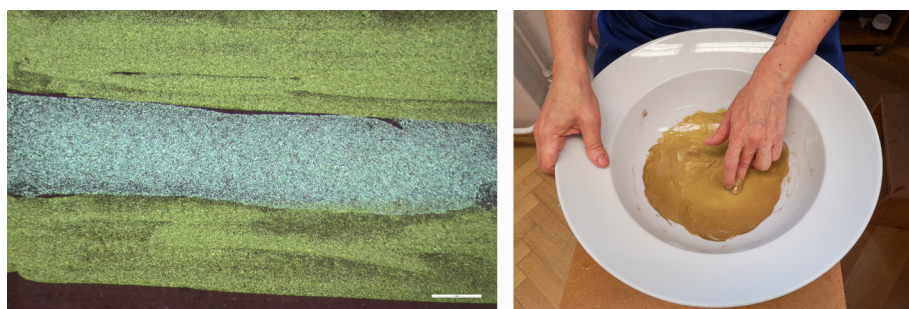


Abb. 12 Aufstriche von Pulvergold und -silber auf Purpurpergament (links), Reiben von Blattgold in einer Porzellanschale (rechts).

von Purpurrot zu einem rotbraunen Ton gewandelt. Auf den Folios 67v und 108v konnte der blaue Farbstoff Indigo mit FORS nachgewiesen werden (**Abb. 14**). Das FORS-Spektrum des blauen Untergrunds auf Folio 67v (rote Linie) und das FORS-Spektrum einer Indigo-Standard-Referenz (blaue Linie) zeigen eine gute Übereinstimmung. In den FORS-Spektren kann aufgrund großer Ähnlichkeit nicht zwischen Färberwaid (*Isatis tinctoria*) und Indigo (*Indigofera tinctoria*) unterschieden werden. Vermutlich wurde der in Europa angebaute Färberwaid für die Herstellung des

³⁹ Tschelnitz 1857, S. 202–213.

⁴⁰ Kaiser-Alexnat 2008.

⁴¹ Turner 2021, S. 69–72, 103–110.

blauen Untergrunds verwendet. Das Blau auf Folio 108v ist durch Bewegungen des Pergaments stark abgerieben (vgl. **Abb. 2**). Der ursprünglich dunkle blaue Farbton ist nur mehr in Teilbereichen wie z.B. beim „TE“ in der letzten Zeile zu sehen.

Die Rekonstruktionen zeigen die intensive Purpurrote-Farbe, die durch Aufstreichen von Orchil (*Rocella tinctoria*) erzielt werden kann (**Abb. 15**). Der Farbstoff ist transparent und hat eine leicht glänzende Oberfläche. Indigo und Färberwaid können mit Gummi arabicum wie ein Pigment vermahlen werden. Mit beiden Farbstoffen erhält man je nach Farbstoff-Bindemittel-Verhältnis und mehrschichtigem Auftrag sehr dunkle blaue Farbtöne (**Abb. 16**). Die Indigo/Waid-Oberfläche ist rauer als die Oberfläche von Orchil und reibt sich leichter ab.

Das Pergament des Dagulf-Psalters scheint gegenüber dem durch die Silbertusche verursachtem Abbau resistenter zu sein. Dies liegt vermutlich daran, dass in der Silbertusche des Psalteriums keine chemischen Elemente wie Kupfer oder Zink nachgewiesen wurden, die üblicherweise die Alterung maßgeblich beschleunigen.⁴² Beim Schwarzen Gebetbuch wurden in der direkt auf Pergament aufgetragenen Eisengallustinte neben Eisen auch höhere Mengen an Kupfer bestimmt, bei der Wiener Genesis, wie bereits erwähnt, enthielt die Silbertusche einen signifikanten Kupferanteil. Ein weiterer Faktor ist die Herstellung des Pergaments. Das Kalbpergament aus dem 8. Jahrhundert ist dicker als das Schafpergament aus dem 6. Jahrhundert und wurde anders produziert.



Abb. 13 Dagulf-Psalter, Folios 24v–25r, auf Folio 25r Zierseite mit dem Beginn von Psalm 1.

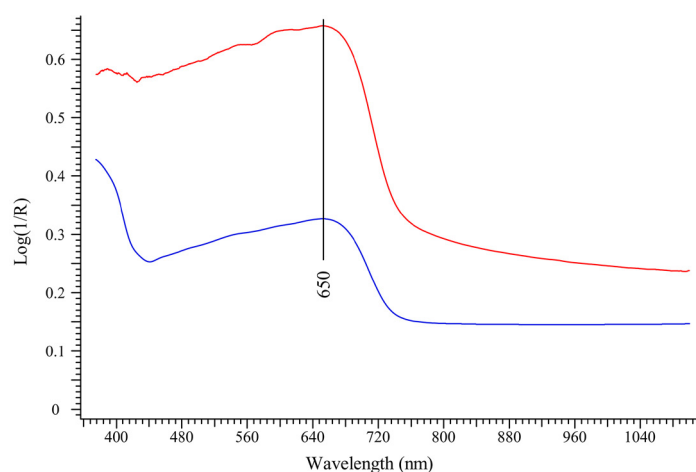


Abb. 14 FORS-Spektrum (rote Linie) vom blauen Untergrund auf Folios 67v des Dagulf-Psalters im Vergleich zu einem Indigo-Standard (blaue Linie).

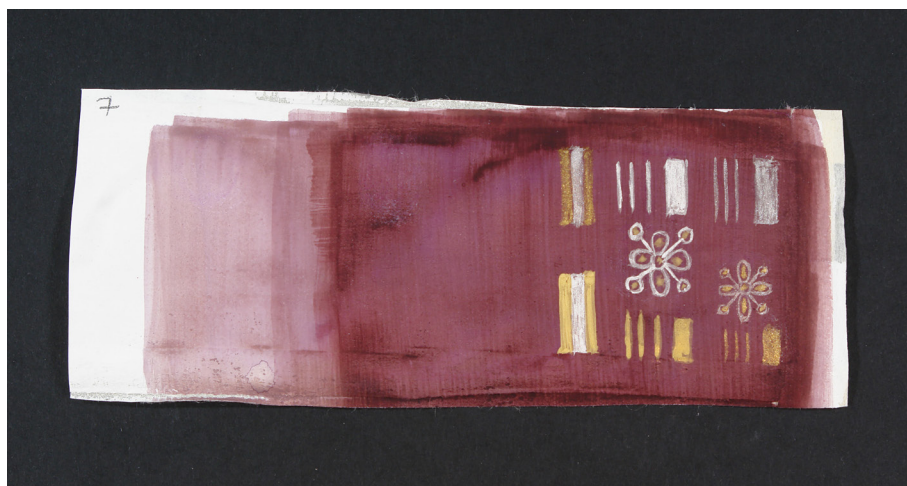


Abb. 15 Aufstriche von Pulvergold und -silber auf mit Orchil gefärbtem Kalbpergament.

42 Rabitsch u. a. 2020c.

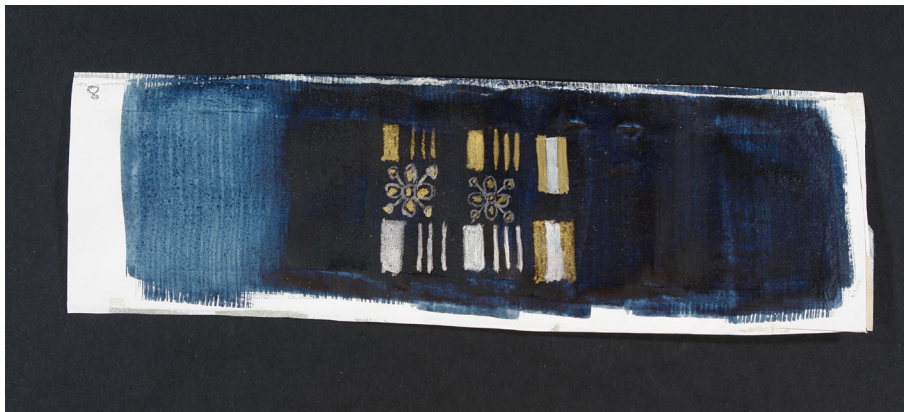


Abb. 16 Aufstriche von Pulvergold und -silber auf mit Indigo gefärbtem Kalbpergament.

2. 2. 3. Das Stundenbuch des Galeazzo Maria Sforza, Schwarzes Gebetbuch (Cod. 1856)

Die Folios des Schwarzen Gebetbuchs wurden mit Eisengallustinte vermutlich mit einem Pinsel eingestrichen.⁴³ Auf einigen Folios sind im Durchlicht Pinselspuren sichtbar. Mit RFA konnten Eisen und Kupfer als Hauptbestandteile der Tinte festgestellt werden. Raman-Spektroskopie zeigte die organische Zusammensetzung der schwarzen Tinte, die als natürlicher Extrakt aus Aleppo-Eichengalläpfeln identifiziert wurde und reich an Tanninen wie Gerbsäure ist. Wichtige Spektralbanden (bei 1338 cm^{-1} und $1430\text{--}1470\text{ cm}^{-1}$) halfen bei der Charakterisierung von Eisen-Polyphenol-Komplexen, die mit C-O-Streckschwingungen in phenolischen Gruppen verbunden sind (Abb. 17).

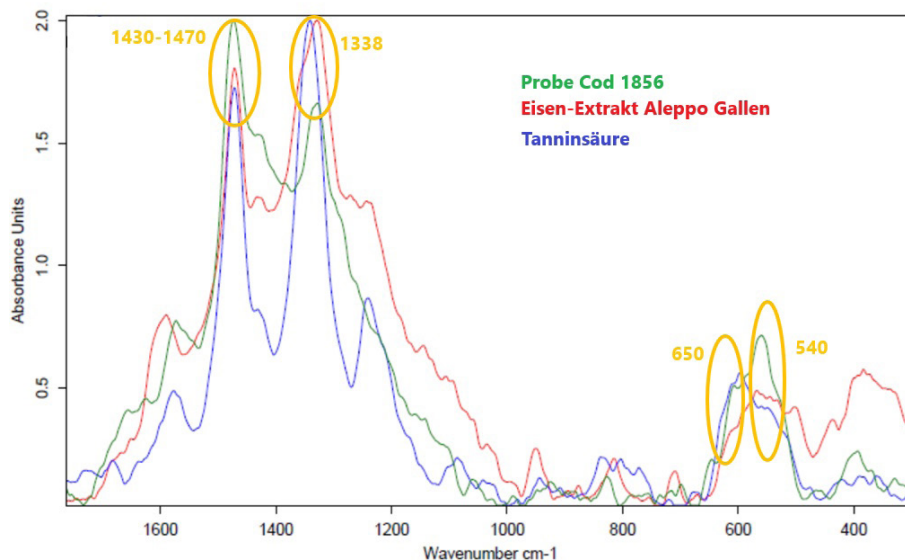


Abb. 17 Raman-Spektren von einer Probe aus Cod. 1856 (grün) im Vergleich zu einem Eisenkomplex, der mit Aleppo-Gallenreferenzsubstanz (INTK) aus natürlichem Extrakt hergestellt wurde (rot), und Tanninsäure (Sigma Aldrich) (blau). (Foto: © INTK, Akademie der bildenden Künste Wien)

Weitere Signale zwischen 540 und 650 cm^{-1} lieferten Informationen über Fe-O-Streckschwingungen und wiesen auf die Struktur des Chelatkomplexes hin. Die Farbe der Tinte variiert innerhalb der Handschrift von schwarz, dunkelbraun bis hellbraun. Die Oberflächenstruktur und die Farbschattierungen sind typisch für Eisengallustinte. Durch Bewegungen

43 Hofmann u. a. 2024.

des Pergaments bei klimatischen Schwankungen entstanden Abriebspuren. Ein feiner schwarzer Staub findet sich auf den Innenseiten der Acrylglasplatten, zwischen denen die Folios montiert sind.

Auf der Fleischseite des Kalbpergaments ist die Farbe heller als auf der Haarseite. Das Pergament, das vermutlich aus Kalbshäuten hergestellt wurde, ist dünn und von gleichmäßig feiner Textur. Messungen der Pergamentdicke an zwei Folios ergaben Werte zwischen 115 µm und 126 µm. Die Eisengallustinte hat die Pergamentfasern stark abgebaut. Im Durchlichtmikroskop sind an einer Mikroprobe nach Kontakt mit Wasser keine Fasern mehr sichtbar. Die Fasern schrumpfen zu Gelatine-



Abb. 18 Cod. 1856, Folios 22av–23r, auf Folio 22av Miniatur mit der Darstellung von Pfingsten.

klumpen.⁴⁴ Das Pergament ist brüchig und hat seine Flexibilität verloren, davon zeugen zahlreiche Risse und Fehlstellen. Die Folios mit Miniaturen sind in deutlich schlechterem Zustand als jene ohne Miniaturen (Abb. 18). Vermutlich wurden die illuminierten Folios häufiger hantiert und ausgestellt.

Die Silber- und Goldtuschen sind im Gegensatz zum Pergament in sehr gutem Zustand. Es handelt sich um Tuschen aus purem Gold und vermutlich aus sehr reinem Silber. Durch die große Eindringtiefe der Röntgenstrahlen ins Material sind in den RFA-Spektren der Gold- und Silbertuschen auch immer die Elemente der darunterliegenden Eisengallustinte sichtbar. Das Gold ist an den vergoldeten Initialen abgerie-

44 Mühlen Axelsson u. a. 2016.

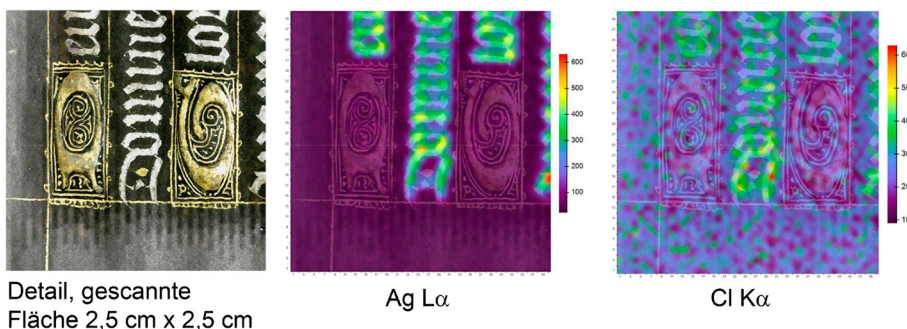


Abb. 19 RFA-Scan eines Details (links) am Folio 94v von Cod. 1856 mit den darin dargestellten Verteilungen von Silber (Ag L α), und Chlor (Cl K α). Skalierung: Rot entspricht den hohen Intensitäten eines Elementes, violett bedeutet nicht vorhanden. (Foto: © INTK, Akademie der bildenden Künste Wien)

ben. Das Silber ist an manchen Stellen korrodiert jedoch in seinem metallischen Glanz gut erhalten. RFA-Scans zeigen anhand eines Details von Folio 94v eine gute Korrelation zwischen der Verteilung des Silbers (Ag) und des Chlors (Cl) in der Silberschrift (**Abb. 19**). Daraus ergibt sich, dass wir es auch hier mit chlorhaltigen Silberkorrosionsprodukten zu tun haben. Bis jetzt wurde kein Schutzüberzug auf der Silberoberfläche festgestellt. Mit RFA wurden in den blattvergoldeten Initialen Calcium und Schwefel nachgewiesen, daraus kann man schließen, dass die Vergoldung der Initialen auf einem Gipsgrund, Calciumsulfat, ausgeführt wurde (**Abb. 20**).



Abb. 20 Cod. 1856, Folio 94v, Detail von Silberschrift und Initiale G (Gloria) mit Blattvergoldung und Dekoration in Pulvergold.

Auf den Folios des Schwarzen Gebetbuchs sind die intensiven Kontraste von Silber und Gold auf dunklem Hintergrund weitgehend erhalten geblieben. Die Silberschrift wurde vermutlich mit einer Rohr- oder Metallfeder geschrieben. Die Golddekoration der Initialen sowie die Silber- und Goldfarbe in den Illuminierungen wurden wahrscheinlich mit dem Pinsel aufgetragen. Die feinen Zeichnungen mit Goldfarbe sind ein Charakteristikum der Handschrift. Beim Gold spielten die Schreiber mit den Kontrasten von mit dem Pinsel aufgetragenem Pulvergold und polierter Blattvergoldung. Wenn man das 1982 herausgegebene Faksimile⁴⁵ bei Kerzenlicht betrachtet, heben sich die Schrift, die Goldzeichnungen und die vergoldeten Initialen noch stärker vom dunklen Untergrund ab und wirken dreidimensional.⁴⁶ Die feinteilige Oberfläche von Silber und Gold lässt vermuten, dass zur Herstellung Blattsilber und Blattgold verwendet wurden. Bei der mit einer Feder geschriebenen Schrift liegt eine kompakte Metallschicht auf dem Pergament. Bei den Pinselzeichnungen sind Silber- und Goldfarbe dünn aufgetragen.

⁴⁵ Jenni/Thoss 1982.

⁴⁶ Hartmann 2024.

3. Zusammenfassung

An den drei vorgestellten Handschriften kann die Entwicklung des Einsatzes von Metall in der Buchgestaltung verfolgt werden. In der Wiener Genesis wurde der Text mit körniger Silbertusche, die große Silberpartikel enthält und poliert wurde, auf Purpurpergament geschrieben. In den Darstellungen verwendeten die Maler Gold als Farbe zur Betonung von königlichen Attributen oder zur Gestaltung heiliger Gegenstände. Der Schreiber Dagulf benutzte körnige, polierte Goldtusche von hoher Reinheit auf ungefärbtem Pergament. Die Zierseiten dekorierte er mit Gold- und Silbertusche auf purpurnem und blauem Untergrund. Die Tuschen des 6. und 8. Jahrhunderts bestehen aus groben Metallpartikeln, die nachträglich poliert wurden. Im Schwarzen Gebetbuch wurden Pudersilber und Pudergold für die Schrift verwendet. Initialen wurden auf Gipsgrund mit Blattgold vergoldet. Das Gold wurde poliert. Mit Pudergold wurden die Initialen mit dem Pinsel dekoriert. Die Miniaturen wurden mit Pudergold und -silber mit dem Pinsel gezeichnet. In diesem Stundenbuch des 15. Jahrhunderts arbeiteten die Künstler mit den unterschiedlichen Kontrasten der Metalle Silber und Gold als Tusche, Farbe und Imitat von purem Gold in den vergoldeten Initialen.⁴⁷

Die drei Beispiele zeigen, dass Erscheinungsbild und Zustand von Silbertuschen von mehreren Faktoren beeinflusst werden.⁴⁸ Ein Kupferanteil in der Tusche beschleunigt die Alterungsprozesse und den Abbau von Pergament. Zusatzstoffe bei der Herstellung wie Natriumchlorid können bei Silber zu chlorhaltigen Korrosionsprodukten führen, deren Farbe schwarz ist. Die Tierart und die Herstellung des Pergaments beeinflussen dessen Erhaltungszustand. Dünnes nach antiker Tradition produziertes Pergament wird von Korrosionsprodukten stärker angegriffen als dickeres mittelalterliches Kalbpergament. Je stärker sich ein Pergament bei Klimaschwankungen bewegt, desto mehr Abrieb und mechanische Beschädigung kann an Metalltuschen und farbigen Untergründen in einem Buch entstehen.

Hohe Luftfeuchtigkeit beschleunigt Korrosionsprozesse und erhöht die Migration von Kupferionen. Schadstoffemissionen oxidieren die Silberoberfläche, wie man an verschiedenen Silbergegenständen beobachten kann. Instabile Klimaverhältnisse, hohe Schadstoffkonzentration, häufige Handhabung und Licht während Ausstellungen beschleunigen Alterungsvorgänge von Silber und Pergament. Alle drei beschriebenen Handschriften haben eine wechselvolle Geschichte, bei der sie unterschiedlichsten Bedingungen ausgesetzt waren.

Das Stundenbuch des Galeazzo Maria Sforza ist ein drastisches Beispiel, wie stark Eisengallustinte Pergament abbauen kann. Im Vergleich zu neuem Pergament und zu ungefärbtem Pergament des 15. Jahrhunderts sind die Kollagenfasern durch Eisen- und Kupferionen degradiert. Das von beiden Seiten ganzflächig eingestrichene dünne Kalbpergament ist ein Extremfall von Tintenfraß.

Das reine Gold im Dagulf-Psalter und im Stundenbuch des Galeazzo Maria Sforza ist gut erhalten und weist lediglich Abriebspuren auf. Das

⁴⁷ Panayotova 2020, S. 128–132.

⁴⁸ Turner 2021, S. 59–62.

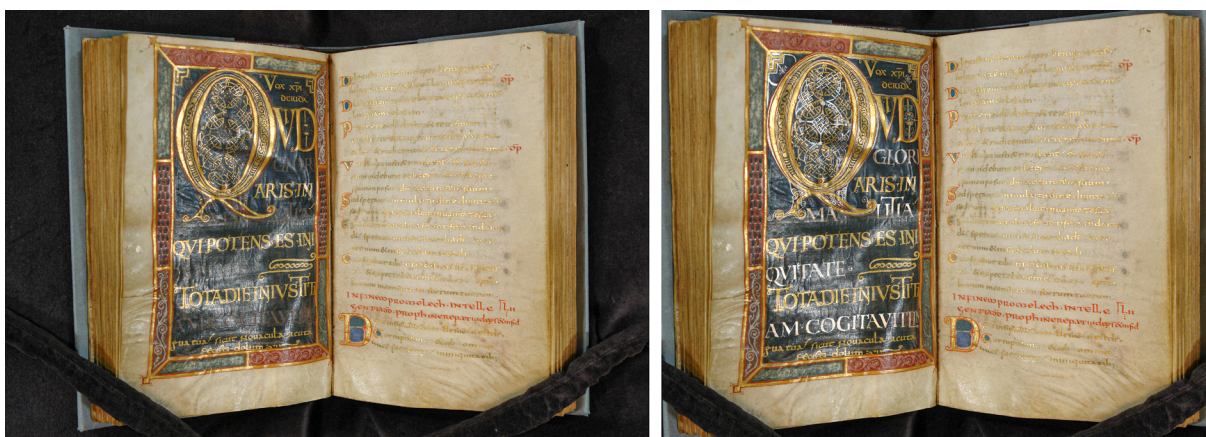


Abb. 21 Dagulf-Psalter, Folios 67v–68r (links) und mit digital rekonstruierter, nicht-korrodiertes Silberschrift (rechts), auf Folio 67v Zierseite mit dem Beginn von Psalm 51.

Edelmetall ist stabiler als Silber und Eisengallustinte. Deshalb ist das Erscheinungsbild des Goldes durch die Alterung am wenigsten beeinflusst.

Die Alterung von Silber hat die Ästhetik der Wiener Genesis und des Dagulf-Psalters am meisten verändert. Der Kontrast von glänzendem Metall auf dunklem Untergrund ist nicht mehr wahrnehmbar. Bei Folio 67v des Psalteriums kann man durch eine digitale Rekonstruktion zeigen, wie Silber und Gold zusammen auf dem dunklen, fast schwarzen Indigo-Untergrund gewirkt haben mögen (Abb. 21).⁴⁹ Veränderungen der farbigen Untergründe, ob ausgebleichter Purpurfarbstoffe, mechanisch beschädigte Indigo-schichten oder durch Eisengallustinte braun und brüchig gewordenes Pergament verschieben ursprüngliche Kontraste und Farbgestaltungen.

Handschriften, die auf Grund ihres gefährdeten Zustands nur mehr eingeschränkt zugänglich sind, werden hauptsächlich über Faksimiles, Fotografien und digitale Aufnahmen rezipiert. Gold und Silber fotografisch und drucktechnisch adäquat wiederzugeben ist schwierig. Ein möglichst gleichmäßiges Ausleuchten führt zu einem anderen Eindruck als das Reflektieren von Gold- und Silberoberflächen beim Umblättern der Seiten eines Buches. In einem dunklen Raum bei spärlicher Beleuchtung, sei es durch kleine Fenster oder flackerndes Licht von Kerzen, ist diese Reflexion und die dreidimensionale Wirkung der Metalloberflächen noch stärker.

4. Konservierung

Welche Konsequenzen ergeben sich aus den Untersuchungen der Tuschen und Tinten für die Konservierung und langfristige Erhaltung der besprochenen Handschriften? Ziel konservatorischer Maßnahmen ist, den bestehenden Zustand zu stabilisieren und negativen Veränderungen vorzubeugen. Die Korrosion des Silbers kann nicht rückgängig gemacht werden, ohne die Handschriften zu gefährden. Die durch Eisengallustinte abgebauten Kollagenfasern können nicht wieder hergestellt werden. Es gilt den gealterten Zustand in vollem Umfang zu bewahren.

⁴⁹ Die Rekonstruktion der Silbertinte wurde von Birgit Hofer, Institut für Restaurierung, digital erstellt.

Aufgrund der Fragilität der Wiener Genesis und des Stundenbuchs von Galeazzo Maria Sforza muss der Eintrag von Feuchtigkeit minimiert werden. Durchbrüche und lose Teile der Silbertinte auf den 24 Blättern der Wiener Genesis wurden mit Brücken aus beschichteten Japanpapieren gesichert. Ein dünnes Japanseidenpapier (Berlin Tissue, 2 g/m²) wurde mit Hydroxypropylcelluloseether (Klucel G), 5 % in Wasser, auf einer Silikonmatte beschichtet. Das Japanpapier wurde vor der Beschichtung mit Aquarellfarben (Schmincke Horadam) eingefärbt, um auf dem Purpurpergament möglichst unauffällig zu sein. Die trockene Beschichtung von schmalen Streifen des Papiers wurde indirekt über eine Löschkartonkompresse mit Ethanol aktiviert. Mit den Streifen wurden über gefährdete Bereiche kleine Brücken gelegt (**Abb. 22**). Wichtig war dabei weiteren Verlusten vorzubeugen und das ästhetische Erscheinungsbild so wenig wie möglich zu beeinträchtigen.⁵⁰



Abb. 22 Stabilisierung von Fehlstellen im Bereich der Schrift mit Brücken von beschichtetem Japanseidenpapier auf einem Folio der Wiener Genesis.

Es ist geplant, gefährdete Stellen des brüchigen Pergaments im Schwarzen Gebetbuch mit Streifen von beschichtetem Papier zu sichern. In diesem Fall wird das Japanpapier (KR4C, 4 g/m²) mit Aquarellfarben (Schmincke Horadam) schwarzbraun eingetönt, angepasst an den jeweiligen Farbton des Folios.⁵¹ Da das abgebaute Pergament sehr feuchtigkeitsempfindlich ist, muss auch bei dieser Handschrift mit einem beschichteten Papier gearbeitet werden, das man mit Propanol aktivieren kann.

Im Dagulf-Psalter haben die Korrosionsprodukte der Silbertusche zu keinen mechanischen Schäden am Pergament geführt. Es besteht derzeit keine Notwendigkeit für konservatorische Eingriffe im Bereich des Silbers.

Die Folios der Wiener Genesis werden in Umschlägen aus Japanpapier und Museumskarton aufbewahrt, die wiederum in versenkten Passepartouts lagern (**Abb. 23**).⁵² Dabei kommen nur schadstofffreie und al-



Abb. 23 Aufbewahrung von Folio 3 der Wiener Genesis in Japanpapier- und Kartonumschlägen (links), die in versenkten Passepartouts und Archivboxen gelagert werden (rechts).

⁵⁰ Rabitsch u. a. 2020d, S. 265–275.

⁵¹ Hofmann u. a. 2024.

⁵² Rabitsch u. a. 2020d, S. 276–281.

terungsbeständige Materialien zum Einsatz. Der Dagulf-Psalter wird in einer maßangefertigten Archivbox aufbewahrt. Bei den Zierseiten schützen glatte, dünne Japanpapiere (Mitsumata, 6,4 g/m²) die Oberflächen vor weiterem Abrieb. Die Aufbewahrung der Folios des Schwarzen Gebetbuchs ist noch in Entwicklung. Alle drei Werke werden in einem klimatisierten Depot bei 50 % relativer Luftfeuchtigkeit und 20 °C gelagert.

Durch ein möglichst stabiles Klima, alterungsbeständige Aufbewahrungsmaterialien und einen stark eingeschränkten Zugang versuchen wir die drei Handschriften in ihrer Einzigartigkeit zu bewahren. Neue digitale Aufnahmen der Wiener Genesis und ein neues Faksimile ermöglichen eine andere Art von Zugang zu dieser Zimelie. Für das Stundenbuch des Galeazzo Maria Sforza sind nach der Konservierung neue digitale Aufnahmen geplant.

5. Schlussfolgerungen und Ausblick

Gold- und Silbertuschen sind exklusive Schreibmedien, die auf dunklen Untergründen das übliche Schriftbild, dunkel auf hellem Grund, umkehren. Aufgrund der chemischen Zusammensetzung sind Texte in Goldschrift generell gut erhalten, während sich Texte in Silberschrift häufig stark verändert haben. Die Korrosion des Silbers wird durch chlorhaltige Zusätze bei der Herstellung, hohe Luftfeuchtigkeit und Schadstoffe beschleunigt. Licht kann zu Veränderungen der farbigen Untergründe führen. Im Laufe der Alterung verändern sich die ursprünglich starken Kontraste.

An drei Handschriften der Österreichischen Nationalbibliothek konnte mit Hilfe visueller und analytischer Untersuchungen in Kombination mit Rekonstruktionen die Zusammensetzung der Tuschen und ihre Alterung erforscht werden. Die Ergebnisse dienen der Entwicklung von geeigneten Konservierungs- und Präventivmaßnahmen.

Die Untersuchungen am Stundenbuch des Galeazzo Maria Sforza befinden werden fortgesetzt. Wir möchten wissen, ob die Zusammensetzung von Gold- und Silbertuschen sowie der Eisengallustinte auf den 154 Folios variiert. Die geplante Charakterisierung der organischen Bestandteile der Eisengallustinte sowie der Pigmente und Farbstoffe der Miniaturen hilft das Stundenbuch mit den anderen sechs weltweit erhaltenen Handschriften auf schwarzem Untergrund zu vergleichen und eventuell Werkstattzusammenhänge herzustellen.⁵³ Darüber hinaus wollen wir anhand von Rekonstruktionen Konservierungsmethoden testen.

53 Hofmann u. a. 2024.

Anhang 1: Materialangaben

Indigo, Färberwaid, Gummi arabicum
Kremer Pigmente
Hauptstr. 41–47, 88317 Aichstetten, Deutschland
<https://www.kremer-pigmente.com/>, Zugriff 6.9.2024

Japanpapier Berlin Tissue, Spezialanfertigung
Gangolf Ulbricht Papier
Mariannenplatz 2, Kunstquartier Bethanien, 10997 Berlin, Deutschland
<http://papiergangolfulbricht.com/>, Zugriff 6.9.2024

Japanpapier KR4C
Moriki Paper
Kikugawa 1-15-1, Sumida-ku, Tokyo, 130-0024, Japan
<https://www.morikipaper.co.jp/en/>, Zugriff 18.7.2024

Klucel GF Pharm Powder
Deffner & Johann
Mühlackerstraße 13, 97520 Röthlein, Deutschland
www.deffner-johann.de, Zugriff 18.7.2024

Mitsumata und Mino Papiere, Spezialanfertigung
Association for Successors of Traditional Preservation Techniques in
Japan
Shinmachi 12-308, Fushimi-ku, Kyoto-shi, 612-8081 Japan
www.dendenkyo.or.jp, Zugriff 18.7.2024

Museumskarton, Archivboxen
Klug Conservation
Zollstraße 2, 87509 Immenstadt, Deutschland
www.klug-conservation.com, Zugriff am 18.7.2024

Photogelatine Typ Restoration 1
GMW, Wilhelm Leo's Nachfolger
Kasseler Str. 84b, 34246 Vellmar, Deutschland
<https://gmw-shop.de/>, Zugriff 6.9.2024

Anhang 2

Faseroptische Reflexionsspektroskopie (FORS)

Die FORS-Analyse wurde mit einem Spektralphotometer des Modells Avantes (Apeldoorn, Niederlande) AvaSpec-ULS2048XL-USB2 und einer Wolfram-Halogen-Lichtquelle AvaLight-HAL-S-IND durchgeführt; Detektor und Lichtquelle waren über Glasfaserkabel mit einer Sonde FCR-7UV200-2-1,5x100 verbunden. Der Spektralbereich des Detektors betrug 200–1160 nm; der relevante Spektralbereich des Geräts (Kombination aus Lampe und Detektor) betrug 375–1100 nm. Die spektrale Auflösung betrug 2,4 nm, berechnet als FWHM. Die Reflexionsspektren der Proben wurden mit der von Avantes zur Verfügung gestellten WS-2-Referenz

verglichen, die im untersuchten Spektralbereich garantiert zu 98 % oder mehr reflektierend ist. Der untersuchte Bereich auf der Probe hatte einen Durchmesser von 1 mm. Die Sonde wurde mit der Hand gehalten und der Abstand zwischen Sonde und Probe betrug bei allen Messungen 2 mm. Die instrumentellen Parameter waren wie folgt: 10 ms Integrationszeit, 100 Scans, d. h. eine Gesamtaufnahmezeit von 1,0 s für jedes Spektrum. Das gesamte System wurde mit der speziellen Software AvaSoft v. 8 betrieben, die unter Windows 11™ läuft.

Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA)

Die Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) wurde an ausgewählten Stellen der in der Publikation erwähnten Folios des Dagulf Psalters (Codex 1861) und des Schwarzen Gebetbuches (Codex 1856) in-situ durchgeführt. Es wurden Punktanalysen (40 kV, 100 μ A, 60 s) sowie RFA-Scans (Mappings) ausgewählter Flächen (40 kV, 100 μ A, die Messzeit variierte abhängig von der Größe der gescannten Fläche und betrug in der Regel unter einer Stunde) mit dem portablen RFA-Gerät vom Typ ELIO (XGLab-Bruker) durchgeführt. Das Gerät ist mit einer Rhodium-Röntgenröhre (Rh), einem Silizium-Driftkammer-Detektor (SDD), zwei Laserpointern als Positionierungssystem und einer Kamera zur Visualisierung der Messfläche ausgestattet. Der Röntgenstrahl hat einen Strahldurchmesser von ca. 1 mm. Beide Codices wurden in horizontaler Position analysiert. Als Hintergrund bei den Messungen diente eine 4mm dicke PMMA-Platte, welche bei der Interpretation der Ergebnisse selbstverständlich berücksichtigt wurde.

Raman-Spektroskopie

Die Raman-Spektroskopie ermöglicht in Kombination mit einem Mikroskop eine präzise Analyse spezifischer Bereiche, wie einzelner Pigmentkörner, ohne Vorbehandlung. Die Messungen wurden mit dem tragbaren ProRaman-L-Dual-G-Spektrometer durchgeführt, das einen 785 nm Diodenlaser und eine faseroptische Sonde mit einer Arbeitsdistanz von 7,5 mm verwendet. Der Detektor ist ein temperaturgeregeltes CCD-Array und das Spektrum reicht von ~ 100 cm^{-1} bis 3300 cm^{-1} . Mit einem integrierten Mikroskop (Leica 50x LWD) wurden die interessierenden Bereiche untersucht und die Spektren mit der OPUS 7.0 Software anhand einer Referenzdatenbank analysiert.

Bibliografie

- Aceto, Maurizio / Agostino, Angelo / Fenoglio, Gaia u. a.: „Characterisation of Colourants on Illuminated Manuscripts by Portable Fibre Optic UV-Visible-NIR Reflectance Spectrophotometry“. *Analytical Methods* 2014 (6, Nr. 5), 1488–500. Online: <https://doi.org/10.1039/C3AY41904E>.
- Aceto, Maurizio / João Melo, Maria / Calà, Elisa / Nabais, Paula und Araújo, Rita: „Identification of the purple dye on the Vienna Genesis“. In: *The Vienna Genesis*, hg. v. Christa Hofmann. Köln/Wien 2020. Online: <https://doi.org/10.7767/9783205210580.103>.
- Boltz von Ruffach, Valentinum: *Illuminierbuch: Wie man allerlei Farben bereiten, mischen und auftragen soll. Nach der ersten Auflage 1549* hg. v. C. J. Benzinger, Sammlung maltechnischer Schriften, Bd. IV, hg. v. Ernst Berger, München 1913.
- Dobrynina, Elina: „Painting Materials and Techniques in Byzantine and Slavonic Illuminated Manuscripts, c. 800–c. 1500“. In: *The Art & Science of Illuminated Manuscripts*, hg. v. Stella Panayotova. London 2020.
- Fiddymont, Sarah / Holsinger, B. / Ruzzier, C. u. a.: „Animal Origin of 13th-Century Uterine Velum Revealed Using Non-invasive Peptide Fingerprinting“. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America* 2015 (112 [49]), S. 146–53.
- Gastgeber, Christian / Hofmann Christa / Zimmermann, Barbara: *Die Wiener Genesis, Codex theologicus graecus 31, Österreichische Nationalbibliothek, Wien, Kommentar zur Faksimile-Edition*. Luzern 2019.
- Hartmann, Marie: „Schwarz vor Augen. Materialität und Medialität von gefärbten Stundenbüchern, Dissertation“. Berlin 2024.
- Hofmann, Christa (Hg.): *The Vienna Genesis: Material analysis and conservation of a Late Antique illuminated manuscript on purple parchment*. Köln/Wien 2020. Online: <https://doi.org/10.7767/9783205210580.201>.
- Hofmann, Christa / Rabitsch Sophie / Malissa Antonia u. a.: „The miniatures of the Vienna Genesis: colour identification and painters’ palettes“. In: *The Vienna Genesis*, hg. v. Christa Hofmann. Köln/Wien 2020. Online: <https://doi.org/10.7767/9783205210580.201>.
- Hofmann, Christa / Sonderegger, Junko / Hofer, Birgit / Mühlen Axelsson, Kathleen / Sommer, Dorte / Withmore, Karin / Bernardi, Johannes / Jembrih-Simbürger, Dubravka / Cappa, Federica und Aceto, Maurizio: „The Black Hours: Material and Conservation Study, Part 1“. In: *Journal of Paper Conservation* 2024. Online: <https://doi.org/10.1080/18680860.2024.2420274>
- Hofmann, Christa / Jembrih-Simbürger, Dubravka / Aceto, Maurizio / Vnouček, Jiří / Rainer, Thomas: „Questions to Dagulf: On the Psalterium Codex 1861 at the Austrian National Library“. In: *Care and Conservation of Manuscripts 19, Proceedings of the nineteenth international seminar held at the University of Copenhagen 19th–21st April 2023*, hg. v. Matthew J. Driscoll. Copenhagen 2025, S. 231–248.
- Holter, Kurt: *Der goldene Psalter „Dagulf Psalter“*. Kommentarband. Graz 1980.
- Jembrih-Simbürger, Dubravka / Vetter, Wilfried / Hofmann, Christa / Aceto, Maurizio / Rainer, Thomas: „The Dagulf Psalter (Austrian National Library Cod. 1861): A Multi-Analytical Approach to Study Inks, Dyes, and Pigments of This Early Carolingian Manuscript“. *Restaurator. International Journal for the Preservation of Library and Archival Material* 2024 (0, Nr. 0). Online: <https://doi.org/10.1515/res-2023-0026>.
- Jenni, Ulrike / Thoss, Dagmar: *Das schwarze Gebetbuch (Gebetbuch des Galeazzo Maria Sforza), Codex 1856 der Österreichischen Nationalbibliothek in Wien. Kommentarband*. Frankfurt a. Main 1982.
- Kaiser-Alexnat, Renate: „Indigo – Der König der Farbstoffe“. In: *Südostasien-Magazin* 2008 (3), S. 110–121.
- Lehner, Sigmund: *Die Tinten-Fabrikation und die Herstellung der Hektographen und Hektographirtinten; die Fabrikation der Tusche*. Hartleben 1899.

- Mazal, Otto: Wiener Genesis: Purpurpergamenthandschrift aus dem 6. Jahrhundert; vollständiges Faksimile des Codex theol. gr. 31 der Österreichischen Nationalbibliothek in Wien: Kommentar zur Wiener Genesis. Frankfurt a. Main 1980.
- Mühlen Axelsson, Kathleen / Larsen, Renée und Sommer, Dorte V. P.: „Degradation of collagen in parchment under the influence of heat-induced oxidation: Preliminary study of changes at macroscopic, microscopic and molecular levels“. *Studies in Conservation* 2016 (61 [1]), S. 46–57.
- Pastoureau, Michel: *Noir, histoire d'une couleur*. Paris 2008.
- Panayotova, Stella (Hg.): *The Art & Science of Illuminated Manuscripts*. London 2020.
- Rabitsch, Sophie / Boesken Kanold, Inge, und Hofmann, Christa: „Purple dyeing of parchment“. In: *The Vienna Genesis: Material analysis and conservation of a Late Antique illuminated manuscript on purple parchment*, hg. v. Christa Hofmann. Köln/Wien 2020a.
- Rabitsch, Sophie / Malissa, Antonia / Hradil, Klaudia u. a.: „The Silver Inks of the Vienna Genesis“. In: *The Vienna Genesis*, hg. v. Christa Hofmann. Köln/Wien 2020b. Online: <https://doi.org/10.7767/9783205210580.119>.
- Rabitsch, Sophie / Malissa, Antonia / Uhlir, Katharina / Griesser, Martina / Hofmann, Christa: „Alteration Study of Silver Inks on Parchment“. In: *The Vienna Genesis*, hg. v. Christa Hofmann. Köln/Wien 2020c. Online: <https://doi.org/10.7767/9783205210580.155>.
- Rabitsch, Sophie / Hofmann Christa / Sonderegger Junko: „Conservation of the Vienna Genesis and the new storage system“. In: *The Vienna Genesis*, hg. v. Christa Hofmann. Köln/Wien 2020d. Online: <https://doi.org/10.7767/9783205210580.155>
- Thompson, Daniel V.: *The Materials and Techniques of Medieval Painting*. New York 2018.
- Trost, Vera: *Gold- und Silbertinten: technologische Untersuchungen zur abendländischen Chrysographie und Argyrographie von der Spätantike bis zum hohen Mittelalter*. Wiesbaden 1991.
- Turner, Nancy K.: „Surface Effect and Substance: Precious Metals in Illuminated Manuscripts“. In: *Illuminating Metalwork*, ed. Joseph Salvatore Ackley and Shannon L. Wearing. Berlin 2022. Online: <https://doi.org/10.1515/9783110637526-002>.
- Tschelnitz, Samuel: *Farben-Chemie insbesondere der Oel- und Wasserfarben nach ihrem chemischen und physikalischen Verhalten, ihrer Darstellung und Verwendung sowie ihren gewöhnlichen Verfälschungen, für Fabrikanten, Maler, Techniker*. Wien 1857.
- Vnouček, Jiří / Fiddymment, Sarah / Quandt, Abigail / Rabitsch, Sophie / Collins, Matthew / Hofmann, Christa: „The Parchment of the Vienna Genesis: Characteristics and Manufacture“. In: *The Vienna Genesis*, hg. v. Christa Hofmann. Köln/Wien 2020. Online: <https://doi.org/10.7767/9783205210580.35>.