

Studies 8

Charlotte Holzer

Das Kleid aus Glas

Eine Restaurierungsgeschichte im Deutschen Museum

Deutsches Museum 



Das Kleid aus Glas
Eine Restaurierungsgeschichte im Deutschen Museum

Deutsches Museum Studies

Herausgegeben von Eva Bunge, Frank Dittmann, Ulf Hashagen,
Marisa Pamplona Bartsch, Matthias Röschner, Helmuth Trischler

Band 8

Charlotte Holzer studierte Konservierung und Restaurierung von Textilien an der Universität für angewandte Kunst in Wien. Nach einem wissenschaftlichen Volontariat im Bayerischen Nationalmuseum München und Tätigkeit als selbstständige Textilrestauratorin promovierte sie am Lehrstuhl für Restaurierung, Kunsttechnologie und Konservierungswissenschaft der Technischen Universität München über das Glasfaserkleid der Infantin Eulalia im Deutschen Museum. Beim vorliegenden Buch handelt es sich um die überarbeitete Fassung ihrer Dissertation.

Im Deutschen Museum war Charlotte Holzer Scholar in Residence, der Rakow Grant for Glass Research führte sie zu einem Forschungsaufenthalt ins Corning Museum of Glass, NY, USA und seit 2019 arbeitet sie als wissenschaftliche Mitarbeiterin der Restaurierungsforschung für die Sammlungen Luffahrt, Raumfahrt und Schifffahrt im Deutschen Museum. Im Zentrum ihrer Forschung steht die Konservierung technischer Textilien.

Charlotte Holzer

Das Kleid aus Glas
Eine Restaurierungsgeschichte
im Deutschen Museum

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der
Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind
im Internet unter <http://dnb.de> abrufbar.

Diese Veröffentlichung – ausgenommen Zitate und Abbildungen – ist lizenziert unter
Creative Commons CC BY-SA 3.0 DE. Siehe Abbildungsverzeichnis für Bildnachweise.

Charlotte Holzer: »Das Kleid aus Glas: Eine Restaurierungsgeschichte im Deutschen Museum«

© Deutsches Museum Verlag, 2021

Alle Rechte vorbehalten

Redaktion: Dorothee Messerschmid-Franzen

Satz, Layout, Umschlaggestaltung: Jutta Esser

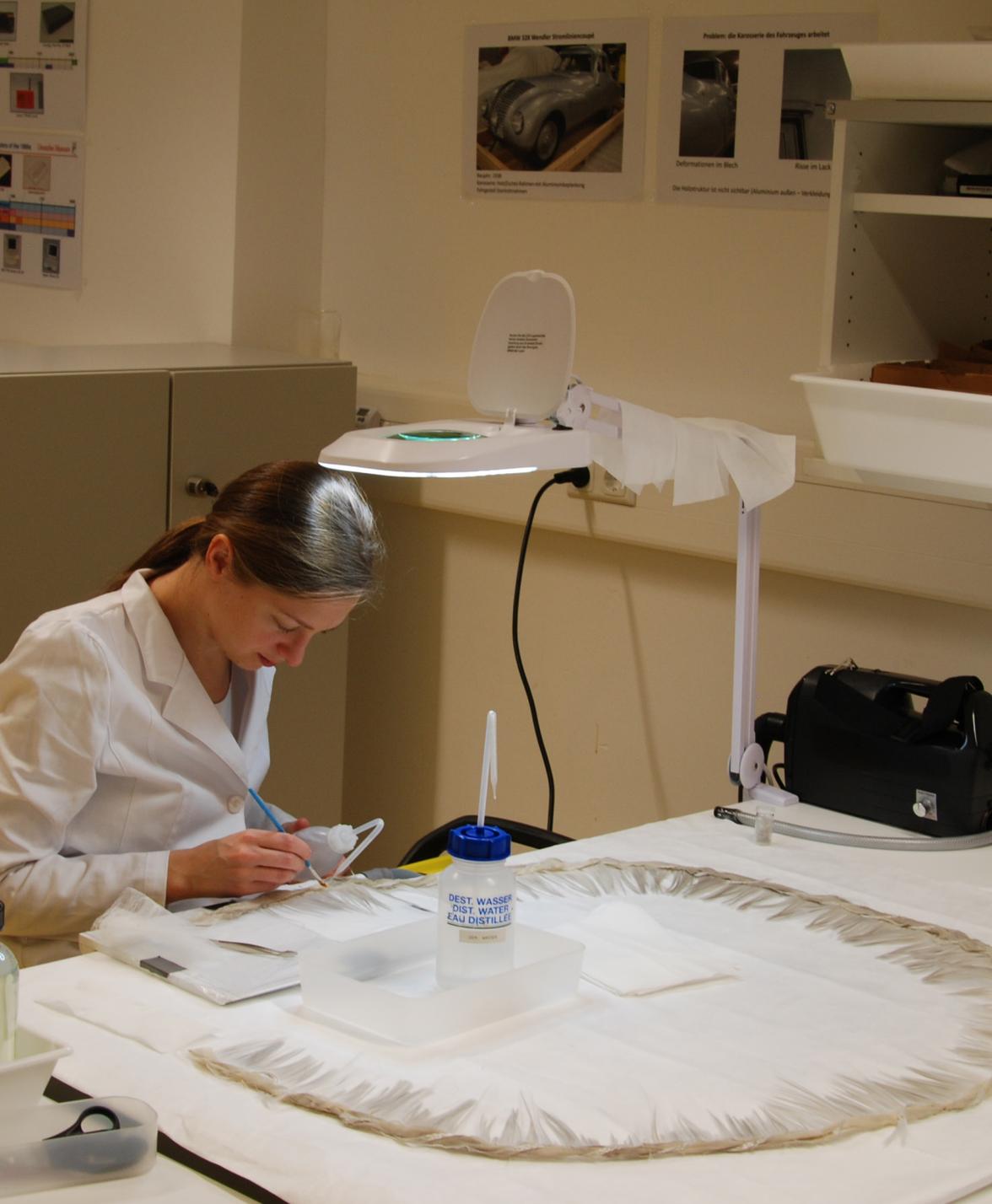
Umschlag Vordergrund: Der restaurierte Rock des Glasfaserkleids der Infantin Eulalia,
Chicago, 1893; Hintergrund: Detail am Bund des Rocks mit dem Glasfasergewebe und der
Nylontüll-Sicherung auf Seide; Fotos: Deutsches Museum Fotoatelier, Hubert Czech

Druck und Bindung: Steinger Druck, Eichenried

ISSN 2365-9149

ISBN 978-3-948808-01-3

URN nbn:de:bvb:210-dm-studies8-3



Reinigung der Fransenreihe vom Glasfaserkleid, Charlotte Holzer
im Restaurierungsforschungslabor des Deutschen Museums, September 2018

Inhalt

9	<u>Einleitung</u>
27	<u>Das Glasfaserkleid der Infantin Eulalia: Herstellung und Objektgeschichte</u>
29	<u>Vergleichende Untersuchung an drei Glasfaserkleidern</u>
40	<u>Der Glasbläser Hermann Hammesfahr und die Libbey Glass Company</u>
47	<u>Provenienz aus dem Besitz der Infantin Eulalia</u>
52	<u>Aufbewahrung im Deutschen Museum und im Bayerischen Nationalmuseum</u>
60	<u>Das Glasfaserkleid von Florence Scott Libbey im Toledo Museum of Arts</u>
65	<u>Historische Textilglasfasern</u>
65	<u>Funktion der Glasfasererzeugnisse</u>
74	<u>Herstellung von Glasfasern vor der Kunstglasbläserlampe</u>
81	<u>Verarbeitung zu Textilien</u>
99	<u>Damenkleider aus Glasfasern</u>
109	<u>Charakterisierung und Materialanalyse der Glasfaser</u>
109	<u>Eigenschaften von historischen Glasfasern</u>
118	<u>Auswahl von Analysemethoden und Faserproben</u>
132	<u>Analyse der Glaszusammensetzung</u>
143	<u>Untersuchung der Fasereigenschaften</u>
149	<u>Zustand des Glasfaserkleids vor der Konservierung-Restaurierung</u>
150	<u>Illustriertes Glossar von Schäden an Glasfasertextilien</u>
160	<u>Beschreibung der Schäden</u>
168	<u>Zustand des Vergleichsstücks im Toledo Museum of Arts</u>
171	<u>Schadensbegünstigende Aspekte der Herstellung</u>
175	<u>Schäden durch die Lagerung und Handhabung</u>
179	<u>Untersuchung der Schadensphänomene an Glas- und Seidenfasern</u>
189	<u>Auswertung der Zustandserfassung</u>

193	Konzept zum Erhalt des Glasfaserkleids
194	Zielsetzung
196	Versuchsreihe zur Reinigung der Glasfaser- und Seidentextilien
208	Diskussion und Auswahl stabilisierender Maßnahmen
219	Maßnahmenkonzept zur Konservierung-Restaurierung
222	Empfehlungen für die Ausstellung und Aufbewahrung
229	Conclusio
231	Dank

Anhang

235	Katalog der untersuchten Textilien
275	Transkription und Reproduktionen der Patente von Dubus Bonnel
294	Verwendete Geräte und Materialien
296	Abkürzungen
298	Bibliografie
313	Abbildungsverzeichnis
315	Personenregister



Abb. 1 Infantin Eulalias Kleid auf der Weltausstellung
Bildunterschrift im Buch: »The Infanta's Dress«. FotografIn unbekannt, Chicago 1893³

Einleitung

»Natürlich ist es durchaus möglich, beispielsweise aus Glaskunstseidengewebe ein Kleid herzustellen, aber ich glaube kaum, dass die Besitzerin eine besondere Freude daran haben wird. [...] Auf Grund meiner Kenntnisse über textile Fasern bzw. Fäden einerseits und Glasfäden andererseits wage ich zu behaupten, daß vorläufig an Bekleidungsstücke aus Glasfäden nicht zu denken ist, solange es nicht gelingt, der Glasfaser die Sprödigkeit zu nehmen [...]«¹

Das Deutsche Museum in München verfügt über eine weltweit einzigartige Fülle von technikhistorisch bedeutsamen Exponaten – ein Glasfaserkleid (Inv. Nr. 1924-51952) ist auch darunter. Die erste Besitzerin dieses Kleids war Infantin Eulalia von Spanien (1864–1958), die es von der Weltausstellung 1893 in Chicago, Illinois mitbrachte. Im Frühsommer jenes Jahres reiste die Infantin als Repräsentantin des Königshauses nach Kuba und in die USA und vertrat Spanien bei den unzähligen Feiern zur Landung von Christoph Columbus (1451–1506) am amerikanischen Kontinent. Neben den zahlreichen festlichen Anlässen rund um die Weltausstellung folgte die junge Prinzessin entgegen dem Protokoll der Anziehungskraft der Attraktionen auf der Midway Plaisance, zu denen auch der Crystal Palace gehörte. Am Rande des offiziellen Ausstellungsgeländes hatte die Libbey Glass Company aus Toledo, Ohio diese Glasfabrik errichtet und stellte im sogenannten Crystal Art Room ihre kunstfertig geschliffenen Gläser und Glasfasertextilien in nie dagewesenen Mengen aus. Die Infantin war fasziniert von den schimmernden, glänzenden Textilien aus Glasfasern, die den Raum ausschmückten und sogar als Kleiderstoffe benutzt wurden. Die Verkäuferinnen trugen Glasfaserwesten und die BesucherInnen konnten Krawatten, Puppen und Anstecknadeln aus dem ungewöhnlichen Material erwerben.² Das Highlight war allerdings ein Abendkleid aus Glasfasern und Seide.

Dieses Kleid hatte ein reich verziertes, dekolletiertes Oberteil mit Glasfaserfransen und Seidenrüschen um den Ausschnitt. Der bis heute erhaltene Rock ist schlicht gestaltet, mit einer kurzen Schleppe und Fransenreihen am Saum. Als Oberstoff dient ein leinwandbindiges Gewebe mit seidener Kette und alternierenden Schussfäden aus farblosen Glasfasern und Seidenfäden. Für Saum und Futterstoff wurde ein beigefarbener Seidentaft verwendet. Die Verbindungen zwischen den Schnittteilen erfolgten mit der Nähmaschine; die Applikationen, seidene Atlasbänder und Rüschen, Flechtbänder aus Glasfasern und die Fransen wurden von Hand angeheftet (Abb. 1).

1 Satlow, Glasfäden, 1950.

2 Klein, Weltausstellung, 1894, S. 417.

3 Die Bildunterschriften zu den Abbildungen insb. bei Bildern aus historischen Quellen und Beständen die jeweils verfügbaren Angaben zu UrheberIn, ggf. Titel, Ort und Jahr der Herstellung, Technik, ggf. dem Bild beigegebenen Metadaten. Die Abbildungsnachweise, insb. auch zu den neuen Objektfotos aus Museen finden sich im Abbildungsverzeichnis des Anhangs. Sofern nicht anders angegeben oder aus dem direkten Kontext ersichtlich, handelt es sich i. a. bei den neueren Objektfotos und insb. den Fotos zu dem im Anhang enthaltenen »Katalog der untersuchten Textilien« um Aufnahmen von DM-Artefakten.

Bereits 1892 hatte die Libbey Glass Company ihr Ausstellungsstück in Zeitungsartikeln angepriesen und im Verlauf der Weltausstellung konnte der Firmeninhaber, Edward Drummond Libbey (1854–1925), zunehmende Erfolge seiner Werbestrategie verzeichnen.⁴ Zunächst wurde ein Prototyp präsentiert, der nach dem Ende der Ausstellung in den Besitz seiner Ehefrau Florence Scott Libbey (1863–1938) ging und seit 1925 im Toledo Museum of Arts aufbewahrt wird. Im Mai 1893 kam die Schauspielerin Georgia Cayvan (1857–1906) für den »World's Women Congress« nach Chicago und besuchte ebenfalls den Crystal Art Room. Sie gab eine Kopie des ersten Glasfaserkleids in Auftrag und verhandelte mit Edward Libbey das Recht, dieses exklusiv, als Bühnenkostüm verwenden zu dürfen. Der Verbleib von Georgia Cayvans Kleid ist heute nicht bekannt. Anfang Juni landete Edward Libbey schließlich seinen größten Marketing-Coup, als er für die königliche Besucherin, Infantin Eulalia, eine weitere Nachbildung anfertigen ließ. Dieses Kleid war zunächst einige Zeit in Chicago ausgestellt, wurde dann nach Madrid geschickt und gelangte 1924 durch Eulalias Schwester, Infantin María de la Paz (1862–1946), ins Deutsche Museum.

Einordnung des Glasfaserkleids

Nun mag die eingangs zitierte, textiltechnologische Einschätzung aus dem Jahr 1950 insofern korrekt sein, als Glasfasern in der Bekleidungsindustrie bis heute eine deutlich geringere Rolle als andere Faserstoffe spielen. Die Anwendung von Glasfasergeweben als Schutzschicht in Raumanzügen war zu jenem Zeitpunkt noch nicht abzusehen und ist ebenfalls nur auf ein kleines Feld beschränkt. Auch weisen die Fasern in den Kleidern der Libbey Glass Company die beschriebene Sprödigkeit auf, die durch das zunehmende Alter zusätzlich verstärkt ist. Die Schlussfolgerung, ein Kleid aus Glasfasern würde der Besitzerin keine Freude bereiten, ist allerdings nur nachvollziehbar, wenn man sich ausschließlich den Tragekomfort vor Augen hält. Betrachtet man jedoch den Herstellungskontext im späten 19. Jahrhundert etwas näher, wird schnell klar, dass das Tragen von Glasfaserkleidern in Relation zur eigentlichen Funktion, nämlich ihrer öffentlichen Ausstellung, eine untergeordnete Rolle einnahm. So versprach schon der Erwerb eines Glasfaserkleids, seine Besitzerinnen mit prestigeträchtigen Attributen wie Luxus, Innovation, höfischer Glanz oder Mut zu Neuem auszuzeichnen.

Das Glasfaserkleid der Infantin Eulalia ist technologisch im Umfeld von KunstglasbläserInnen zu verorten, die ihre Erzeugnisse aus vorgefertigten Glasstäben vor einer Lampe herstellten. Fahrende GlasbläserInnen arbeiteten meist vor zahlendem Publikum und bewarben so nicht nur ihre Produkte, sondern demonstrierten auch ihr handwerkliches Geschick im Umgang mit dem erweichten Glas. Besondere Meisterwerke blieben zunächst als Ausstellungsstücke in ihrem Besitz und wurden auf Werbeplakaten als Teil der Show angekündigt.⁵ Diesem Prinzip folgte auch der Glasbläser Hermann

⁴ –: The Libby [sic] Glass Co., 1892.

⁵ Dunham, *Lampworking*, 2002, S. 12–18.

Hammesfahr (1845–1914), der mit seiner Familie für die Libbey Glass Company die Glasfasertextilien herstellte.⁶

Im Deutschen Museum wurde das Glasfaserkleid nach der Schenkung 1924 als Studienstück im Depot verwahrt. Die Geschichten um das Kleid gerieten zunehmend in Vergessenheit, wurden jedoch durch Anfragen von außen immer wieder aufs Neue belebt. 1968 erreichte das Deutsche Museum ein Brief aus dem Toledo Museum of Arts in Toledo, Ohio, das die Ausstellung »Libbey Glass. A Tradition of 150 Years 1818–1968« vorbereitete und nach dem Verbleib von Infantin Eulalias Glasfaserkleid fragte. Die Wortwahl im Antwortschreiben mit der Essenz, das Kleid sei noch vorhanden und solle ausgestellt werden, jedoch erst nachdem eine Restaurierung durchgeführt wurde, lässt vermuten, dass für die fachliche Einschätzung externe TextilrestauratorInnen hinzugezogen wurden.⁷ Das Interesse im Deutschen Museum war wieder geweckt, es wurden Fotoaufnahmen gemacht, die den immer schlechteren Zustand dokumentieren, doch falls tatsächlich eine Ausstellung geplant war, wurde diese dann damals ebensowenig realisiert wie die Restaurierung.

Wieder verliefen sich anschließend die Spuren des Kleids im Depot, bis in den 1980er Jahren das Kleid die Aufmerksamkeit der KuratorInnenwelt erneut auf sich zog. Im Deutschen Museum begannen die Vorbereitungen für die neue Dauerausstellung »Glas-technik« und die erhaltenen Teile des Kleids wurden 1983 aus dem Bayerischen Nationalmuseum München (BNM) zurückgeholt, wohin es augenscheinlich verliehen worden war. 1986/87 veröffentlichte Jane Shadel Spillman (Corning, NY, Corning Museum of Glass, Kuratorin bis 2013) Fotos des Rocks mit einigen losen Fransen und Schleifen.⁸ Das Oberteil des zweiteiligen Kleids war nicht mehr vorhanden. Nach einer Aufwandsbewertung durch RestauratorInnen im Münchner Stadtmuseum und Abwägen der Kosten stufte das KuratorInnenteam im Deutschen Museum das Glasfaserkleid als nicht ausstellungsfähig ein. Erneut wurde es im BNM als Leihgabe eingelagert.

Immer wieder öffneten die RestauratorInnen hier die Box mit dem Kleid für textiltechnologische Studien und um die Neugier der nächsten Generation zu wecken. 2005 untersuchte die Textilrestauratorin Christina Schmitt (Augsburg, Haus der bayerischen Geschichte, Textilrestauratorin) den Rock im Zuge ihrer Arbeiten an Stuhlbezügen aus Glasfasern und Seide aus der Residenz München. Gemeinsam mit dem Kurator für Textiltechnik Winfrid Glocker (München, Deutsches Museum, Kurator bis 2018) begann sie historische Glasfasertextilien zu erforschen, Museen mit Vergleichsstücken zu kontaktieren und Schriftquellen zu sammeln. Ebenfalls 2005 kam wieder eine Anfrage nach dem Kleid aus dem Toledo Museum of Arts, diesmal von Julie McMaster (Toledo, OH, Toledo Museum of Arts, Archivarin). Diese Untersuchungen und Korrespondenzen bildeten die Grundlage für die vorliegende Studie, die ab 2014 zur Konservierung-

⁶ Dorothy Stafford: Glass Dress, Now at Art Museum, Was World Fair Sensation in 1892. In: Toledo Blade v. 21.1.1951, S. 7.

⁷ Diem an Wittman, 4.9.1968, TMA. Siehe dazu auch das Zitat auf S. 193.

⁸ Spillman, Glass, 1986.

Restaurierung und Ausstellung des Glasfaserkleids im Deutschen Museum führte. Zu Beginn der Arbeit lagen der Rock sowie einige lose Zierelemente stark verschmutzt und zerschissen vor. Trotz intensiver Suche in den Depots ist bis heute ungeklärt, wo sich das Oberteil befindet und ob es noch erhalten ist.



Abb. 2 Infantin Eulalias Kleid 2017 vor der Konservierung-Restaurierung

Forschungskontext

Die erste Begutachtung des Rocks durch die Autorin der vorliegenden Studie fand im Depot des BNM im Juni 2014 statt und wurde zum Startpunkt für ihre Dissertation, die Erwin Emmerling (München, Technischen Universität München, Lehrstuhlinhaber für Restaurierung, Kunsttechnologie und Konservierungswissenschaft bis 2018) betreute. Bis zum Abschluss im Mai 2018 wurde die Arbeit mit dem Titel »Infantin Eulalias ›Damenkleid aus Glasfäden‹. Zur Technologie und Konservierung historischer Glasfasertextilien« darüber hinaus von Helmuth Trischler (München, Deutsches Museum, Leiter Forschung) und Heike Stege (München, Doerner Institut, Leiterin naturwissenschaftliche Abteilung) geprüft.⁹ Entscheidend für die Realisierung der Forschungs- und Restaurierungstätig-

⁹ Holzer, Infantin, 2018.

keiten waren zum einen das Scholar-in-Residence-Stipendium der Autorin im Deutschen Museum (2015/16), das in der damals neu gegründeten Abteilung Restaurierungsforschung durchgeführt wurde und sowohl der Nutzung der Forschungsinfrastruktur als auch der Etablierung einer engen Zusammenarbeit mit den KuratorInnen und WerkstattmitarbeiterInnen den Weg ebnete. Zum anderen ermöglichte der Rakow Grant for Glass Research 2016 ein Eintauchen in die Welt der Glastechnologie und die Glasrestaurierung durch den Forschungsaufenthalt am Corning Museum of Glass.

Die Kooperation zwischen dem Deutschen Museum und der Technischen Universität München (TUM) führte zur Umsetzung der Konservierung-Restaurierung durch die Autorin.¹⁰ Die Maßnahmen am Rock wurden in ca. 500 Stunden von Dezember 2016 bis Januar 2020 durchgeführt, wodurch Erkenntnisse aus der praktischen Umsetzung in die theoretische Forschungsarbeit einfließen konnten. Der Beginn der Restaurierung wurde somit zu einem fließenden Prozess, der durch das Wechselspiel aus Recherchen, Tests und handwerklicher Durchführung gekennzeichnet war.

Vom Winter 2020/21 bis zur zweiten Teilschließung des Deutschen Museums für die Modernisierung wird das Glasfaserkleid zum ersten Mal seit der Weltausstellung wieder der Öffentlichkeit präsentiert. Die Wahl des Standorts fiel auf einen Bereich in der Ausstellung Museumsgeschichte, wo das Artefakt losgelöst von traditionellen Einteilungen wie Textiltechnik oder Glastechnik seine vielschichtige Wirkung entfalten kann. Die Vermittlung der Objektgeschichte und der Konservierung-Restaurierung erfolgt zudem durch eine virtuelle Präsentation des Glasfaserkleids, die auch nach der planungsgemäß erneuten Einlagerung im Museumsdepot zum Ende der Ausstellung dauerhaft abrufbar sein wird. Auch der hier vorliegende Band soll im Zusammenspiel mit dem unpublizierten Museumsbericht¹¹ und der »Blog-Serie: Die Restaurierung des Glasfaserkleids«¹² auf der Website des Museums dazu beitragen, das Wissen zum Erhalt des Glasfaserkleids weiterzugeben.

Die Erforschung der historischen Glasfaser

Die gewählte Methodik orientierte sich an einer ganzheitlichen Betrachtungsweise des Exponats aus der Perspektive der Restauratorin. Das Glasfaserkleid und vergleichbare Glasfasertextilien von ca. 1740 bis ins frühe 20. Jahrhundert wurden hinsichtlich des Herstellungskontexts, der textiltechnologischen Verarbeitung und der verwendeten Gläser untersucht. Dabei konnte auch ein Verständnis für typische Schäden an historischen

10 In der vorliegenden Arbeit wurde das Begriffspaar Konservierung-Restaurierung aus der Berufsrichtlinie für RestauratorInnen gewählt. Grund dafür ist, dass am Glasfaserkleid sowohl eine Restaurierung durchgeführt wurde, die darauf abzielte, Wahrnehmung, Wertschätzung und Verständnis des Exponats wieder zu ermöglichen, als auch eine stabilisierende Konservierung (European Confederation of Conservator-Restorers' Organizations, Guidelines, 2004, S. 2).

11 Holzer, Dokumentation, 2020.

12 Holzer/Pelgjer, Blog-Serie, 2017–2020.

Glasfasern gewonnen werden, das in die Zustandsbewertung am Glasfaserkleid einfluss. Damit war die Basis für die Entwicklung eines Erhaltungskonzept gelegt.¹³

Der erste Schritt zum Verständnis des Glasfaserkleids aus dem Deutschen Museum war die Rekonstruktion der Herstellungs- und Aufbewahrungsgeschichte. Hauptquellen für die Recherche zur Provenienz waren die Autobiografien von Eulalia¹⁴ sowie die Korrespondenz von María de la Paz, die in Auszügen von ihrem Sohn, Adalbert von Bayern (1886–1970), veröffentlicht wurde.¹⁵ Von Florence Scott Libbey, in deren Besitz das erste Ausstellungsstück aus Chicago ging, sind keine Aufzeichnungen erhalten, da die meisten privaten Dokumente des Firmeninhabers Edward Drummond Libbey und seiner Ehefrau nach ihrem Tod vernichtet wurden.¹⁶ Die Ausstellungs- und Aufbewahrungsgeschichte der Kleider in den Museen wurde anhand von Archivalien aus dem Deutschen Museum, dem Bayerischen Nationalmuseum, dem Toledo Museum of Arts, dem Chicago History Museum Research Center und dem Corning Museum of Glass untersucht.¹⁷ Im Geheimen Hausarchiv des Bayerischen Hauptstaatsarchivs München wurden Akten zu den Infantinnen Eulalia und María de la Paz eingesehen.

Die Technologie historischer Glasfasertextilien wurde sowohl anhand historischer Quellentexte¹⁸ als auch anhand der vergleichenden Untersuchung von 34 Sammlungstücken, datiert zwischen 1741 und 1943, erforscht. Aus den Schriftquellen wurden Hin-

13 Frühere Fassungen der Abschnitte zur Provenienz und Aufbewahrung des Glasfaserkleids wurden in Teilen publiziert (Holzer, Abendkleid, 2016; Holzer, Kleid, 2017). Methoden für die Dokumentation und Kontrolle der Reinigungsmaßnahmen konnten im Rahmen der Tagung »Junges Forum für Objekt- und Sammlungsforschung« in Göttingen 2017 diskutiert und veröffentlicht werden. Das Konzept zur Restaurierung wurde mit einem Poster und Vorträgen beim »ICOM-CC Glass and Ceramics Working Group Interim Meeting« in Breslau 2016, den »Future Talks« in München 2017 und dem »ICON Textile Group Forum – The Nature of Textiles« in London 2018 präsentiert.

14 Nachlass Prinz Ludwig Ferdinand, Bayerisches Hauptstaatsarchiv, München (im folgenden BayHStA), Geheimes Hausarchiv. Infantin Eulalia veröffentlichte, zunächst unter dem Pseudonym Comtesse de Avila, später unter ihrem eigenen Namen, Artikel und Bücher, die vor allem in ihren gesellschaftlichen Kreisen und ihrer Familie umstritten waren. Darin gab sie ihre persönlichen Eindrücke zu den europäischen Adels- und Herrscherfamilien sowie ihre Ansichten über die Unabhängigkeit und Gleichberechtigung der Frau, Religion und Traditionen wieder.

15 Adalbert, Revolutionen, 1932.

16 Skrabec, Glassmaker, 2011, S. 194.

17 Bei den Recherchen standen Korrespondenzen, Artikel und historische Fotografien zur Verfügung. In den US-amerikanischen Institutionen waren die Unterlagen zentral in den Archiven bzw. Bibliotheken zusammengestellt, im BNM befanden sich die Dokumentationen im Atelier für Textilrestaurierung und im Deutschen Museum bei den Beständen verschiedener Abteilungen, wie dem Archiv oder der Exponatverwaltung, in der Inventarkarten sowie der Exponatbogen vorhanden sind. Zudem sind, wie auch im BNM, weitere Informationen in der elektronischen Datenbank abgelegt.

18 Die Schriften wurden in der Bibliothek des Deutschen Museums, Online-Ausgaben von Fachjournalen, in der Literatursammlung zu Glasfasern der Rakow Research Library am Corning Museum of Glass und in den Archiven der besuchten Sammlungen eingesehen. Einen weiteren wichtigen Quellenkorpus bildeten die von Edwina Ehrman (London, Victoria & Albert Museum, Kuratorin) zur Verfügung gestellten Ergebnisse ihrer Recherche in historischen Tageszeitungen.

weise zu Herstellungsverfahren, textilen Verarbeitungstechniken und die Rezeption der Funktion und Eigenschaften durch Zeitgenossen ausgewertet. Neben Einzeldarstellungen in Periodika finden Beiträge zu Glasfasern ab dem späten 18. Jahrhundert ihren Platz in Standardwerken zur Glas- und Textiltechnik, der Glasbläserkunst sowie in Enzyklopädien.¹⁹ In Zeitschriften, die technologische Neuerungen thematisieren, wie *Dingler's Polytechnisches Journal*, *Die Glashütte: Zeitschrift für die Glas-, Email- und keramische Industrie* oder *The Mechanics' Magazine and Journal of Science, Arts and Manufactures* wurde ab den 1830er Jahren über die Entwicklung der Glasfaserproduktion berichtet.

Zu den umfassendsten Gesamtdarstellungen über historische Glasfasern, mit zahlreichen Hinweisen auf erhaltene Exponate zählen der Aufsatz »Spun Glass« von Albert Christian Revi (Dallas, Texas, Autor/Glasforscher, tätig ca. 1950–1970er),²⁰ des Weiteren der Artikel »Glasfäden als Textilmaterial« des deutschen Textiltechnikers Paul-August Koch (1905–1998) in der CIBA-Rundschau²¹ sowie die Ergebnisse der Recherchen von Gewa Thoquet (Frankreich, private Textilforscherin), veröffentlicht unter dem Titel »Kleider aus gesponnenem Glas. Utopie oder Wirklichkeit«.²² Intensive Forschungen zu Glasfaserkleidern betrieb Carl U. Fauster (1907–1992), ehemaliger Advertising Director of Libbey Glass bei Owens-Illinois (Toledo, OH) und Mitbegründer der Antique & Historic Glass Foundation sowie des Glass Collectors Club of Toledo.²³ Aus kuratorischer Perspektive befassten sich um 1986 unter anderem Jane Shadel Spillman (Corning, NY, Corning Museum of Glass, Kuratorin bis 2013)²⁴ und Winfrid Glocker (München, Deutsches Museum, Kurator bis 2018) mit dem kulturhistorischen Hintergrund zu den Ursprüngen der Glasfaser.²⁵ Vom Archiv des Institut national de la propriété industrielle (INPI) in Paris wurden Digitalisate des Patents für Glasfasergewebe von Ignace Dubus Bonnel (Lille/Paris, Textilfabrikant, tätig ca. 1830–1850) zur Verfügung gestellt und die Recherche nach weiteren französischen HerstellerInnen unterstützt.

Durch den Vergleich des Kleids des Deutschen Museums mit dem Glasfaserkleid aus dem Toledo Museum of Arts sollten Unterschiede bzw. Ähnlichkeiten aufgezeigt werden.

¹⁹ In Diderot/D'Alembert, *Encyclopédie*, 1751–1765 finden sich Einträge zu Glasfäden unter den Begriffen »Aigrettes de verre« (Tome premier), »Ductilité« und »Émailleur« (Tome cinquième) sowie »Verrerie« (Tome dix-septième).

²⁰ Revi, *Spun Glass*, 1964.

²¹ Koch, *Glasfäden*, 1963.

²² Thoquet, *Kleider*, 2007.

²³ Fauster, *Glass*, 2006; Fauster, *Glass*, 1979; Fauster an Bentley, 12.8.1969 und Bentley an Fauster, 10.7.1969, Toledo Museum of Arts (im Folgenden TMA), Information Systems, Library and Archives, Toledo, Ohio, Miscellaneous, UNACC.1.1925/UNACC.2.1925, Libbey Glass Company, Dress & Parasol of Spun Glass Fabric, Folder 1 of 4; Fauster an Evans, 20.1.1987 und Evans an Fauster, 30.1.1987, New Brunswick Museum Collection (im Folgenden NBM), St. John, New Brunswick, Inv. No. 14441, Glass Dress of Ellen Jaqua.

²⁴ Spillmann, *Glass*, 1986.

²⁵ Glocker, *Glastechnik*, 1992, S. 152–154. Glocker war an der Neuaufstellung der Abteilung Glastechnik im Deutschen Museum in München Ende der 1980er Jahre beteiligt. Die Präsentation des Kleids der Infantin Eulalia in der Dauerausstellung stand zur Diskussion. Das Vorhaben wurde angesichts des schlechten Erhaltungszustands jedoch nicht weiterverfolgt.

Das New Brunswick Museum in Saint John, New Brunswick ist im Besitz eines weiteren Glasfaserkleids, datiert um 1900. Auch dieses Sammlungsstück wurde in die vergleichende Betrachtung zu technologischen Aspekten miteinbezogen. Eine zentrale Rolle bei der Vernetzung der Forschungen zu erhaltenen Glasfaserkleidern spielten Julie McMaster (Toledo, OH, Toledo Museum of Arts, Archivarin) und Peter Laroque (Saint John, NB, New Brunswick Museum, Kurator). Zu den Kleidern aus diesen zwei Museen ist ein besonders intensiver Austausch mit ForscherInnen, ReporterInnen und Laien in den Archiven dokumentiert. Die Sichtbarkeit der Kleider und anderer Glasfasertextilien ist dennoch gering und meist auf persönliches Interesse der ForscherInnen beschränkt. Um den Blick der Öffentlichkeit auf diese seltenen Sammlungsstücke zu lenken, wurden in Museen Ausstellungen initiiert, Führungen angeboten,²⁶ Blogbeiträge und Zeitungsartikel publiziert.²⁷

Die Geschichte des Glasfaserkleids wurde mit Rebecca Hopmann (Corning, NY, Corning Museum of Glass, Bibliothekarin) für die Ausstellung »Curious and Curious: Surprising Finds From the Rakow Library« (Corning, 8.4.2017–17.2.2019) aufbereitet. Der Austausch von Schriftquellen und Informationen zu Vergleichsstücken mit Edwina Ehrman (London, Textilien im Victoria & Albert Museum, Kuratorin) führte unter anderem zu einer tiefergehenden Thematisierung von historischen Glasfasern in der Ausstellung »Fashioned From Nature« (London, 21.4.2018–27.1.2019),²⁸ s. Abb. 3 und 4.

Bei der Erforschung von Glasfasertextilien in musealen Sammlungen wurden bisherige textiltechnologische Analysen sowie Untersuchungen der Glaszusammensetzung und Fasereigenschaften an Materialproben weitergeführt und ergänzt. Die Zusammenstellung der Ergebnisse der Objektuntersuchungen in einem Katalog für die vorliegende Arbeit orientierte sich an Ausstellungs- und Bestandskatalogen mit textilen Exponaten.²⁹

²⁶ Der Kurator am Turner Museum of Glass in Sheffield, UK, John Parker (Sheffield, Turner Museum of Glass, Kurator), integriert das Glasfaserkleid in seinen regelmäßigen Führungen durch die Ausstellung. Ebenso wird das Kleid von Ellen Jaqua bei Führungen hinter den Kulissen des New Brunswick Museum in St. John von Kurator Peter Laroque gezeigt.

²⁷ Beispiele finden sich in den folgenden Artikeln: A.F. Donnell: Would You Wear a Dress of Such ODD Material? In: Boston Sunday Post v. 8.5.1930; Dorothy Stafford: Glass Dress, Now at Art Museum, Was World Fair Sensation in 1892. In: Toledo Blade v. 21.1.1951, S. 7; –: Exhibit Markes Anniversary of '93 World Fair. Nostalgic Relics Shown at Historical Society. In: Chicago Daily Tribune v. 23.8.1953, S. 1–2; Al McKay: Historic Gown of Glass Sought for Rossford Gala. Borrowing One Owned by Museum is Doubtful Because of its Fragility. In: Toledo Plate v. 18.7.1996, S. 1–2. Aus Anlass der Untersuchungen für den hier vorliegenden Katalog organisierte das Museum zudem ein Radiointerview mit CBC News, das als illustriertes Transkript Online verfügbar ist (Wright, Fashion, 13.10.2016).

²⁸ Ehrman, Nature, 2018, S. 72–75.

²⁹ Aus den Katalogen wurden Anregungen zur übersichtlichen Identifikation und Auswahl von Grunddaten, Beschreibung der verwendeten Materialien und Techniken, Einsatz von Bildmaterial und Illustrationen, z.B. mit Schnittdafeln, Informationen zum Herstellungs-, Verwendungs- und Sammlungskontext sowie Kontextualisierung mit vergleichbaren Stücken und Literaturangaben übernommen. (Ackermann, Seidengewebe, 2000; Karner/Lindinger, Auftritt, 2009; Pietsch/Stolleis, Patrizier- und Bürgerkleidung, 2008)

Für die Untersuchungen gewährten zwölf Institutionen in Europa, den USA und Kanada Zugang zu ihren Exponaten, Depots und Archiven: Die Bayerische Verwaltung der staatlichen Schlösser, Gärten und Seen (BSV) in München, das Corning Museum of Glass (CMG) in Corning, New York, die Frankeschen Stiftungen (FSH) in Halle an der Saale, das Museum für angewandte Kunst (MAK) in Wien, das Musée des arts et métiers (MAM) in Paris, das New Brunswick Museum (NBM) in Saint John, New Brunswick, das Technische Museum Wien (TMW), das Toledo Museum of Arts (TMA) in Toledo, Ohio, das Turner Museum of Glass (TMG) der Sheffield University, das Ward M. Canaday Center for Special Collections der University of Toledo (UT) und das Victoria & Albert Museum (V&A) in London.

Die Charakterisierung der Materialeigenschaften basierte auf der Auswertung naturwissenschaftlicher Literatur zu handgezogenen Glasfasern und der instrumentellen Analyse an Faserproben aus 22 Textilien. Im naturwissenschaftlichen Kontext datieren die ersten Beschreibungen von Glasfasern bereits auf die Mitte des 17. Jahrhunderts. So empfiehlt z.B. der englische Universalgelehrte Robert Hooke (1635–1703) in seinem Werk *Micrographia* von 1665 die Fasern wegen ihrer Feinheit als Hilfsmittel für die Lichtmikroskopie und gibt Hinweise zur Herstellung.³⁰ Ein weiterer, als Meilenstein auf dem Weg zur Textilglasfaser rezipierter Aufsatz, ist René-Antoine Ferchault de Réaumur (1683–1757) »Sur la ductilité de quelques matières« von 1713, in dem er auf die Dehnbarkeit von erhitztem Glas und die damit einhergehenden Möglichkeiten zur Fadenherzeugung eingeht.³¹ Eben diese Stoffeigenschaft der Dehnbarkeit von Glas stellte Beneton de Perrin (Frankreich, Glasforscher, tätig um 1730) etwa 20 Jahre später in seiner *Dissertation sur la verrerie* in Abrede.³² Réaumur erläuterte daraufhin, dass er nicht behauptet hätte, Glas sei dehnbar, sondern dass Glasfasern in Geweben verarbeitet werden könnten, wenn sie eine Feinheit, ähnlich den Spinnenfäden hätten.³³ John Deuchar (1786–1863) publizierte 1822 mit *An Account on Several Circumstances Connected With the Ductility of Glass* seine Forschungen zur Morphologie und Kapillarwirkung von Glasfasern, die er an den Produkten schottischer GlasbläserInnen durchgeführt hatte.³⁴ Ab den 1830er Jahren setzten sich Kommissionen auf Gewerbeausstellungen und wissenschaftliche Vereine mit dem neuen Material in Geweben auseinander.

Entsprechend der allgemeinen Entwicklung in der Glas- und Textilindustrie gab es in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts auch naturwissenschaftliche Analysen an Glasfasern einzelner HerstellerInnen. Erste Analysen der Glaszusammensetzung und Faserfeinmessung an Proben von Jules de Brunfaut (*1819, Wien, Glasbläser, tätig bis ca. 1870er) bzw. böhmischen Glasfasern gab Hermann Emil Benrath (1838–1885), Autor

30 Hooke, *Micrographia*, 1665.

31 Réaumur, *Ductilité*, 1713, S. 11.

32 Perrin, *Dissertation*, 1733, S. 1710.

33 Réaumur, *Mémoires*, 1735, S. 183–198, S. 188–189.

34 Deuchar, *Circumstances*, 1822.

von *Die Glasfabrikation* für die Auflage von 1875 in Auftrag.³⁵ Da die Arbeit vor der Lampe, innerhalb der Glasverarbeitung dem fabrikmäßig uninteressanten Kleingewerbe zugeordnet wurde³⁶ und die so erzeugten Fasern für eine textile Verarbeitung zu grob waren, bestand zunächst wenig Interesse am Material von Seiten der Industrie. Erst als der Bedarf an Glasfasern für thermische und elektrische Isolierzwecke im späten 19. Jahrhundert stieg, wurden industrielle Herstellungsverfahren entwickelt und Versuche zu stabileren Glastypen durchgeführt. Bei diesen Prozessen setzte sich die Forschung noch bis in die 1950er Jahre mit den historischen Fasern auseinander. Es wurden vereinzelt Tests an Proben von Textilien des 19. Jahrhunderts und selbstgezogenen Fäden durchgeführt.³⁷ In zwei Untersuchungen um 1935 zur mechanischen Prüfung³⁸ bzw. Gewebekonstruktion³⁹ von Glasfasertextilien wurde historisches Material aus dem Glasfaserkleid im Toledo Museum of Arts als Bezugspunkt für die eigenen technologischen Fortschritte genutzt.

Nachdem die handwerklich produzierten Glasfasern seit den 1920er Jahren nicht mehr den Stand der Technik widerspiegeln,⁴⁰ ebte im 20. Jahrhundert das Interesse an einer Materialcharakterisierung ab. Stattdessen kam es zu einer Verschiebung der Wahrnehmung händisch erzeugter Glasfasertextilien als Forschungsgegenstand im Museum, der sich an Rechercheanfragen der 1950er bis 80er Jahre im Archiv des Toledo Museum of Arts und des New Brunswick Museum nachvollziehen lässt. Instrumentelle Analysen wurden nach aktuellem Kenntnisstand nur an Faserproben aus Exponaten des Musée des arts et métiers⁴¹ und den Stuhlbezügen aus der Residenz München⁴² durchgeführt.

Für diese Studie erfolgte die Bestimmung der Glaszusammensetzung der Materialproben an Faserquerschnitten mittels energiedispersiver Röntgenmikroanalyse. Zur Identifikation des Farbstoffs am Kleid des Turner Museum of Glass wurde mit RAMAN-Spektroskopie gearbeitet. Morphologische Besonderheiten der Glasfasern konnten durch verschiedene bildgebende Verfahren erfasst werden. Die Probendokumentation, Analysenprotokolle und die Faserproben sind in der Abteilung Restaurierungsforschung im Deutschen Museum archiviert.

Die am Lehrstuhl für Restaurierung, Kunsttechnologie und Konservierungswissenschaft der TUM vorhandenen Möglichkeiten zur instrumentellen Analyse wurden durch die fachliche Expertise und Ausstattung der Kooperationspartner im Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege, im Deutschen Museum und im Doerner Institut der Bayerischen

35 Benrath, *Glasfabrikation*, 1875, S. 365. Im selben Jahr publizierte er eine erweiterte Fassung der Untersuchungen in der Zeitschrift *Stummer's Ingenieur* unter dem Titel »Über Glasgespinst« (Benrath, *Glasgespinst*, 1875).

36 Benrath, *Glasfabrikation*, 1880, S. 351.

37 Anderegg, *Strength*, 1939; Plummer, *Fiber Glass*, 1938.

38 Anderegg, *Strength*, 1939.

39 Plummer, *Fiber Glass*, 1938.

40 Freytag, *Versuch*, 1941.

41 Drouet u. a., *Lion*, 2000, S. 54–56.

Staatsgemäldesammlungen erweitert. Impulse für die Auswahl von Methoden und die Auswertung der Ergebnisse gaben auch die MitarbeiterInnen der Abteilung Funktionsintegrierter Leichtbau des Fraunhofer-Instituts für chemische Technologie in Augsburg und die GlasrestauratorInnen im Corning Museum of Glass und Bayerischen Nationalmuseum.

Das Vorgehen zur Erforschung der Schadensursachen am Glasfaserkleid orientierte sich an der Schadensanalyse nach VDI-Richtlinie 3822. Aufbauend auf den Erkenntnissen aus der Materialanalyse wurde zunächst ein illustriertes Glossar typischer Schäden an Glasfasertextilien entwickelt, mit dem Ziel eine rein beschreibende Dokumentation des sichtbaren Erhaltungszustands durchführen zu können.⁴³ Das Ausmaß der Schädigung am Rock wurde durch eine Kartierung visualisiert. Es folgte eine Einteilung in herstellungs- und lagerungsbedingte Schäden auf Basis von Quellenrecherche und Berichten von MitarbeiterInnen. Zur Bewertung des Abbaugrads der Materialien wurden Glas- und Seidenfasern des Rocks mit anderen Produkten der Libbey Glass Company, vor allem dem Kleid aus dem Toledo Museum of Arts verglichen. Ausgehend von dieser Zustandserfassung und Kontextualisierung der Schadenssituation wurden instrumentelle Analysen durchgeführt, um Hypothesen zur Glasdegradation und Vorbehandlung der Seidenstoffe zu prüfen. Bei der Untersuchung der chemischen Instabilität der Gläser und der Metallsalzerschwerung der Futterstoffe wurde mit mikroskopischen Verfahren, energiedispersiver Röntgenmikroanalyse und pH-Messungen gearbeitet.

Die Sprödigkeit und Anfälligkeit von Glasfasern für Brüche durch mechanische Einwirkung wurden bereits um 1750 als Hauptschaden und Hindernis für die Etablierung der Textilglasfaser benannt.⁴⁴ Eine Beeinträchtigung der Festigkeit des Materials durch Alterung und Umwelteinflüsse war erst ab den 1930er bis 40er Jahren allgemein bekannt.⁴⁵ Im 19. Jahrhundert wurde jedoch noch die Beständigkeit von Glasfasertextilien gegen Umwelteinflüsse, wie schwefelhaltige Schadstoffe, im Vergleich zu Geweben mit Metallfäden hervorgehoben, weil sie nicht anlaufen und ihren Glanz behalten.⁴⁶ Gegen Rußablagerungen, verursacht durch Kamine oder Luftverschmutzung empfahl man die Reinigung mit harten Pinseln und einer Seifenlösung,⁴⁷ da die Glasfasern als unem-

42 Siegrid Dietz, Untersuchung von Glasfasern, Analytiklabor Pfeiffer GmbH, 3.12.–16.12.2002.

43 Kopelson, *Conditions Glossaries*, 2011; Pursche/Möller, *Schadensglossar*, 1998; The Getty Conservation Institute/Israel Antiquities Authority, *Mosaics*, 2003; Van Balen u. a., *Expert System*, 1999; Verein Deutscher Ingenieure, *Schadensanalyse. Grundlagen und Durchführung einer Schadensanalyse*, 2011, S. 7–8; Die für Glasfasern ausgelegte Vorgehensweise wurde anschließend auf Schäden an anderen Materialien, wie dem Futter, dem Saum und Rüschen aus Seide sowie den metallenen Verschlüssen übertragen.

44 T. S., *Glasparücken*, 1754, S. 276.

45 »Es wurde bereits [...] darauf verwiesen, daß die Glasfaser gas- und dampfförmige Stoffe zu adsorbieren vermag, und ihre Glassubstanz dem Angriff verschiedener chemischer Verbindungen, vornehmlich Säuren, Laugen und auch Wasser unterliegt. Diese Korrosionserscheinungen schwächen die Faser.« (Freytag, *Versuch*, 1941, S. 131)

46 – Exhibition at the Manchester Mechanics Institution. In: *The Manchester Guardian* v. 20.5.1840, S. 3.

pfänglich gegenüber Wasser galten. Die Glastypen der KunstglasbläserInnen sind jedoch wegen ihres potenziell hohen Alkaligehalts als wenig beständig zu bewerten.⁴⁸ Das Schadensbild äußert sich an Glasfasern in Form kristalliner Ausblühungen, einer Trübung des Glases oder irisierender Effekte. Erst die Glasforschung des 20. Jahrhunderts, die über neue instrumentelle Möglichkeiten zur Untersuchung der Faseroberfläche und mechanischen Prüfung verfügte, erbrachte den Nachweis der Anfälligkeit von Glasfasern für eine Schädigung durch Feuchtigkeit.⁴⁹

Für das Erkennen und Bewerten der »Glaskorrosion«⁵⁰ an historischen Gläsern liegen im Bereich der Glasrestaurierung eine Reihe von Systematiken vor,⁵¹ von denen sich einige gezielt auf Gläser konzentrieren, die vor der Lampe hergestellt wurden.⁵² In der Praxis hat sich die Einteilung in fünf Abbaugrade etabliert, die von Stephen Koob (Corning, NY, Corning Museum of Glass, Glasrestaurator) und Robert Brill (Corning, NY, Corning Museum of Glass, Glaschemiker) gemeinsam definiert wurden (s. Abb. 5 und 6):

1. Bildung eines schmierigen Films, kristalline Ausblühungen, Verlust der Transparenz oder Trübungen
2. Beginnendes Crizzling (feines Rissnetz an der Oberfläche des Glases)
3. Ausgeprägtes Crizzling in der Glasoberfläche
4. Fortgeschrittenes Crizzling mit Rissen, Schuppenbildung und in der Folge Entstehung von Fehlstellen
5. Zerfall durch Risse im Glas

47 –, Glass Bonnets, 1896.

48 Bobeth/Böhme, Textilfaserstoffe, 1955, S. 119.

49 Aktuelle Untersuchungen zur Begründung des Phänomens und zu anderen Schäden finden sich unter anderem in Jones/Huff, Structure, 2009, S. 552–562), Bledzki, Corrosion, 1985 oder Spaude, Korrosion, 1984.

50 In der vorliegenden Arbeit wird an Stelle des Begriffs Glaskorrosion jener der chemisch instabilen Gläser benutzt, um den Zusammenhang der Beständigkeit eines Glases mit der Zusammensetzung aufzuzeigen (Wirsing/Ranz, Risse, 2016) bzw. das Phänomen mit der Bezeichnung Glasdegradation, analog zum englischen »Glass degradation« beschrieben (Frdl. mdl. Mittlg. Astrid van Giffen, Corning Museum of Glass).

51 Brill, Crizzling, 1975, S. 174–175; Davison, Conservation, 2003, S. 173–176; 552–559; Hykin, Composition, 2010, S. 167; Koob, Conservation, 2006, S. 117–130; Kunicki-Goldfinger, Glass, 2008; Römich, Glass, 1999; Sirois, Deterioration, 1999, ebd., S. 87; Verità, Glass, 2006. 2014 bis 2016 fand am Bayerischen Nationalmuseum eine Studie zur reproduzierbaren optischen Untersuchung chemisch instabiler Gläser durch Steffi Wirsing (München, Bayerisches Nationalmuseum, Glasrestauratorin) und Hans-Jörg Ranz (München, Bayerisches Nationalmuseum, Kunsthandwerkrestaurator) statt (Wirsing/Ranz, Risse, 2016).

52 Bierley, Art Forms, 2009, S. 262; Fearn, TOF-SIMS Analysis, 2006; Van Giffen u. a., Deterioration, 2010, S. 60.



Abb. 5 Detail aus dem Glasfaser-Seidengewebe des Glasfaserkleids (DM) aus einem vor Staub und anderen Umwelteinflüssen geschützten Bereich

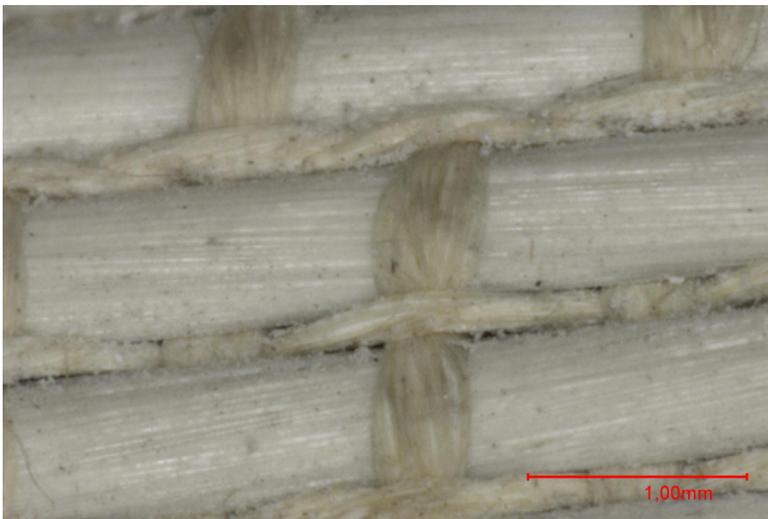


Abb. 6 Verschmutzung und kristalline Ausblühungen auf einem exponierten Bereich des Glasfaserkleids

Entwicklung des Konzepts zur Konservierung-Restaurierung

Für die Konservierung-Restaurierung wurde eine Material- und Disziplinergrenzen überschreitende Arbeitsweise adaptiert, die bereits im Projekt zum Erhalt des Figurenensembles »Der Löwe und die Schlange« aus dem Pariser Musée des arts et métiers angewandt worden war. Das interdisziplinäre Team französischer RestauratorInnen hatte gemeinsam den kulturhistorischen und technologischen Kontext des Exponats erarbeitet und Tests zu Reinigungs- und Stabilisierungsmethoden durchgeführt.⁵³

Der Austausch mit FachkollegInnen zeigte, dass die Seltenheit von Glasfasererzeugnissen nur ein Grund dafür war, dass bisher kaum eine wissenschaftliche Auseinandersetzung zum Erhalt stattgefunden hat. Den befragten TextilrestauratorInnen fehlte es an Zeit, sich im Berufsalltag vertieftes Wissen zum Material Glas anzueignen und RestauratorInnen für Objekte aus Glas waren selten im Umgang mit faserförmigen Stoffen ausgebildet. Ein ähnliches Bild vermitteln Standardwerke der Restaurierung aus den zwei Fachbereichen, die das Material nicht oder nur als Randerscheinung behandeln.⁵⁴ Vor Beginn der Arbeiten am Glasfaserkleid im Deutschen Museum erfolgte eine Weiterbildung in Methoden der Glaskonservierung und eine Einarbeitung in den Umgang mit Glasfasern.⁵⁵

Von anderen Museen konnten schriftliche bzw. mündliche Informationen zu ihren bereits erfolgten Restaurierungsmaßnahmen an Glasfasertextilien eingeholt werden: Dazu zählte das oben erwähnte Glasfaser-Figurenensemble »Le lion et le serpent«, deutsch »Der Löwe und die Schlange«, im Musée des arts et métiers in Paris,⁵⁶ ausgewählte, mit Glasfasertextilien bespannte Stühle aus der Residenz München⁵⁷ sowie das Glasfaserkleid und ein Glasfaser-Sonnenschirm im Toledo Museum of Arts.⁵⁸ Alle Exponate waren trocken mit einem Feinstaubsauger gereinigt worden. Andere Reinigungsschritte an der Figur beinhalteten die Abnahme haftender Verschmutzungen mit Speichel auf Wattestäbchen und die partielle Anwendung von Laser. Zur Fixierung loser Fasern fiel nach Durchführung einer Testreihe die Wahl auf das Klebemittel Paraloid B72 in Aceton. An den Stühlen erfolgte eine nähtechnische Sicherung. Für das Glasfaserkleid und den

⁵³ Drouet u. a., Lion, 2000.

⁵⁴ Siehe dazu unter anderem Davison, Conservation, 2003; Flury-Lemberg, Textilkonservierung, 1988; Koob, Conservation, 2006; Landi, Manual, 1992; Lennard/Ewer, Textile Conservation, 2010; Tímár-Balázsy/Eastop, Principals, 1998.

⁵⁵ Der erste Schritt war eine theoretische Auseinandersetzung mit der Fachliteratur zur Glasrestaurierung und der Besuch einer Fortbildung zum Thema (Marco Verità, Universität für angewandte Kunst Wien 2015). Auf dieser Grundlage konnten die spezifischen Problemstellungen beim Glasfaserkleid und das Restaurierungskonzept nicht nur mit Hans-Jörg Ranz und Steffi Wirsing, BNM sondern auch auf Tagungen, etwa mit einem Posterbeitrag (ICOM-CC Glass and Ceramics Working Group Meeting, Wrocław 2016) oder Vorträgen (Future Talks, Die Neue Sammlung, München 2017; Material Authenticity of the Ephemeral, Deutsches Museum, München 2017) diskutiert werden. Durch das Rakow Grant for Glass Research 2016 war ein Aufenthalt im Corning Museum of Glass und der Austausch mit den RestauratorInnen Stephen Koob und Astrid van Giffen vor Ort möglich.

⁵⁶ Drouet u. a., Lion, 2000, S. 48–53.

⁵⁷ Mdl. Mttlg. Christina Schmitt, München 10.5.2014.

⁵⁸ Korrespondenz und Restaurierungsbericht Rosenstiehl, 14.3.1991–2.11.1992, TMA.

Sonnenschirm aus dem Toledo Museum of Arts wurden objektangepasste Aufbewahrungsboxen gefertigt. Als weiteres Fallbeispiel zur Restaurierung bietet sich das Kunstwerk *Achrome* (1962) von Piero Manzoni (1933–1963) aus maschinell hergestellten und in Büscheln angeklebten Glasfasern an. Bei diesem wurde nach Tests von einer Reinigung abgesehen, weil die AutorInnen befanden, dass die Fasern dadurch ihr Volumen verlören und die Gewichtsbelastung der Reinigungslösung Brüche auslösen könnte.⁵⁹ Im industriellen Kontext wurde für die Reinigung von Glasfasertextilien unter anderem folgende Empfehlungen gegeben: »[...] glass textiles of pigmented glass or uncolored fibers may be washed with ordinary mild soap and water [...] may be spot cleaned or sterilized.«⁶⁰

Die extreme Sprödigkeit der Glasfasern und der brüchigen Seide am Glasfaserkleid setzte eine genaue Planung der einzelnen Arbeitsschritte in Bezug auf die Handhabung des fragilen Stücks voraus. Zur Auswahl geeigneter Reinigungsmethoden für das Glasfaserkleid wurde eine Versuchsreihe durchgeführt. Die Entscheidungen zu den stabilisierenden Maßnahmen sowie zu weiteren Empfehlungen für die Ausstellung und Aufbewahrung waren von den folgenden methodischen Ansätzen geleitet: Sicherung der strukturellen und ästhetischen Integrität des Rocks, Handhabung auf einer passgenauen Unterkonstruktion, Schutz vor Schadstoffbelastung und Luftzirkulation zur Vermeidung von feuchtem Mikroklima.

Die Kommunikation zur Forschung und Umsetzung von konservatorisch-restauratorischen Maßnahmen mit FachkollegInnen, MuseumsmitarbeiterInnen und BesucherInnen wurde als integraler Bestandteil aller Arbeitsschritte verstanden.⁶¹ Einerseits wurden somit an einem außergewöhnlichen Stück der Sammlung die Tätigkeiten der am Deutschen Museum neu gegründeten Abteilung Restaurierungsforschung illustriert. Andererseits konnten dadurch die Sichtbarkeit des Glasfaserkleids im technikhistorischen Kontext des Deutschen Museums erhöht und seine Bedeutung für Textil- und Glastechnologie, Werkstoffentwicklung und Elektrotechnik vermittelt werden.

Der Weg hin zum Erhaltungskonzept für das Glasfaserkleid beginnt in der vorliegenden Arbeit mit der Erforschung des Exponats und seiner Geschichte von der Weltausstellung 1893 bis zur Restaurierung ab 2016. Dabei werden auch die zwei anderen noch existierenden Kleider näher beleuchtet.

Diesem Einstieg folgt eine Auseinandersetzung mit historischen Glasfasern durch die Auswertung von Schriftquellen und materialwissenschaftlicher Literatur sowie die Untersuchung und instrumentelle Analyse von erhaltenen Textilien in Museen.

Der Katalog und das Transkript des ersten Patents zur Herstellung von Glasfasergeweben im Anhang stellen eine Vertiefung dieser Thematik dar. Die Bewertung der Schäden am Glasfaserkleid erfolgt über den Vergleich mit anderen Textilien und die Recherche zu den vorliegenden Schadensbildern. Im letzten Abschnitt wird schließlich das Erhaltungskonzept entwickelt.

59 Beerens, Art, 1999, S. 131. Die vorangehenden Tests mit einer wässrigen Tensidlösung hatten gezeigt, dass auf mikroskopischer Ebene keine starke Bindung zwischen Schmutzaufgaben und Glasfaser entstanden war.

60 Rogers, Glass, 1954, S. 1088.

61 Eastop/Dew, Context, 2006.



Abb. 7 Reinigung des Glasfaserkleids mit Feinstaubsauger und Pinsel

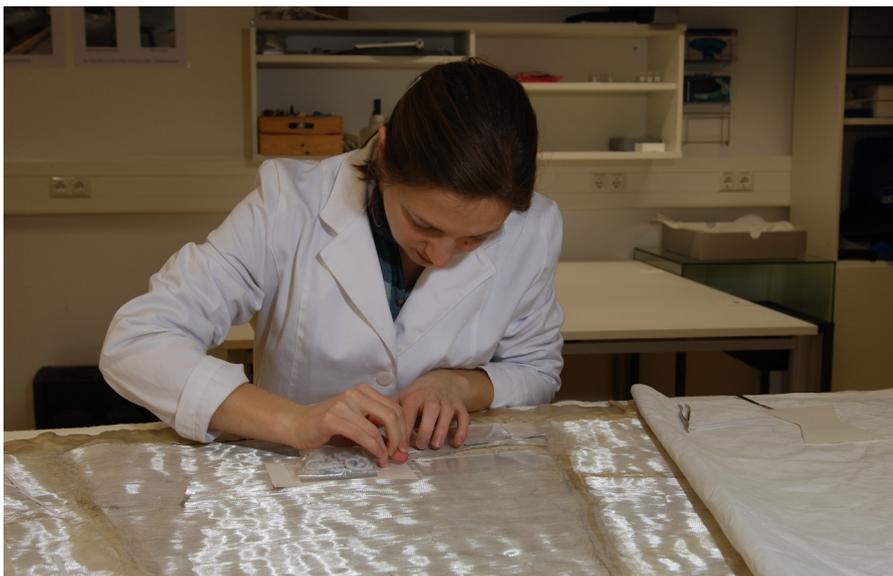


Abb. 8 Nhtechnische Sicherung des Glasfaser-Seidengewebes



Abb. 9 Rock des Glasfaserkleids der Infantin Eulalia im Deutschen Museum, Seitenansicht

Das Glasfaserkleid der Infantin Eulalia: Herstellung und Objektgeschichte

Zu Beginn der Untersuchungen zum Glasfaserkleid von Infantin Eulalia, das seit 1924 in der Sammlung des Deutschen Museums (DM) in München verwahrt wird, fanden sich zu diesem ungewöhnlichen Artefakt zunächst viele widersprüchliche Hintergrundinformationen. Die darauffolgenden eingehenden Quellenrecherchen und textiltechnologischen Untersuchungen des Exponats und Quellenrecherchen öffneten sodann jedoch eine Tür in die Welt der fahrenden GlasbläserInnen, der Glasindustriellen und der vernetzten adeligen Gesellschaft des ausgehenden 19. Jahrhunderts. Dabei stellte sich heraus, dass nach aktuellem Stand des Wissens heute noch zwei weitere Glasfaserkleider aus dieser Epoche in Museen erhalten sind: Das Kleid von Florence Scott Libbey im Toledo Museum of Arts (TMA) in Toledo, Ohio und das Bühnenkostüm von Ellen Jaqua von 1901 im New Brunswick Museum (NBM) in Saint John, New Brunswick, Kanada. Während zwei jeweils mehrtägigen Aufenthalten vor Ort konnten auch diese zwei Kleider untersucht und so mit dem Exponat im Deutschen Museum verglichen werden. Die Erkenntnisse aus der Dokumentation der verwendeten Materialien, Textiltechniken und der schneidertechnischen Verarbeitung der Kleider werden zu Beginn dieses Kapitels erläutert. Weitere technische Details finden sich im Katalog am Ende des Buchs unter den Katalognummern 7.5 bis 7.7.

Im weiteren Verlauf dieses Kapitels liegt der Fokus auf dem Herstellungskontext, der Provenienz und der Musealisierung der Kleider von Infantin Eulalia (DM) und Florence Scott Libbey (TMA). Beide wurden auf der »World Columbian Exposition« in Chicago 1893 von der US-amerikanischen Glasfirma Libbey Glass Company für Werbezwecke angefertigt. Für die Weltausstellung stellte der Glasbläser Hermann Hammesfahr im Auftrag des Firmeninhabers Edward Drummond Libbey Glasfasertextilien als Souvenirs, einzigartige Ausstellungsstücke zur Raumausstattung des sogenannten Crystal Art Room her.¹ Die Glasfaserkleider waren in diesem Kontext ein besonderer BesucherInnenmagnet: zunächst wurde der Prototyp präsentiert, der 1925 von Libbeys Ehefrau Florence Scott Libbey dem Toledo Museum of Arts geschenkt wurde. Auf der Ausstellung fertigten der Glasbläser und seine Familie dann eine Nachbildung für die SchauspielerIn Georgia Cayvan an, die nicht mehr erhalten ist und eine Weitere für Infantin Eulalia von Spanien (DM). Die unterschiedlichen Objektgeschichten der zwei heute existierenden Libbey-Kleider wurden durch die Auswertung von Archivalien und Befragung von MuseumsmitarbeiterInnen rekonstruiert.

1 Libbey Glass Company, World's Fair, 1893.



Abb. 1 Glasfaserkleid von Florence Scott Libbey, Toledo Museum of Arts
FotografIn unbekannt, Toledo, OH
ca. 1930er Jahre



Abb. 2 Glasfaserkleid von Georgia Cayvan,
nicht erhalten
Bezeichnung auf dem Foto: »Georgia Cayvan
in Her Glass Dress«. FotografIn unbekannt,
Chicago 1893, im Buch reproduzierte Fotografie



Abb. 3 Glasfaserkleid von Infantin Eulalia,
Deutsches Museum
FotografIn unbekannt, Chicago 1893,
Foto auf Karton



Abb. 4 Ellen Jaqua im Glasfaserkleid, New Brunswick Museum
Angaben laut NBM: »Ellene [sic] Jaqua, Vocalist, Wearing the Glass Dress. America 1902–1906«. FotografIn unbekannt, Albumindruck auf Karton

Vergleichende Untersuchung an drei Glasfaserkleidern

Glasfaserkleider sind extrem seltene und höchst fragile Kleidungsstücke, die ihre technologischen Wurzeln in der Kunst fahrender GlasbläserInnen haben. Mit großem handwerklichem Geschick, Ausdauer und einer erstaunlich einfachen Ausrüstung, bestehend aus der Glasbläserlampe, Pinzetten oder Rädern, produzierten sie aus Glasstäben individuelle kunsthandwerkliche Einzelstücke. Die Techniken wurden in der Regel im kleinen, familiären Kreis weitergegeben und bei öffentlichen Vorführungen vor Publikum demonstriert. Um Aufmerksamkeit für diese Darbietungen zu generieren, priesen GlasbläserInnen ihre außergewöhnlichsten Erzeugnisse an und kooperierten mit WerbeträgerInnen, wie beispielsweise SchauspielerInnen.² Vor dem Hintergrund dieser handwerklichen Tradition entstanden in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts Glasfaserkleider, die eng mit den Persönlichkeiten ihrer Trägerinnen verknüpft waren.³

² Dunham, *Lampworking*, 2002, S. 12–18.

³ –, *Emma Abbott's Glass Dress*, 1888; –, *Glass Dress*, 1990, S. 1, 4; Field, *Drama*, 1893, S. 32–34; Gilliams, *Wonders*, 1902, S. 95–96.

Bei den bis heute erhaltenen Glasfaserkleidern von Infantin Eulalia von Spanien (DM), Florence Scott Libbey (TMA) und Ellen Jaqua (NBM) wurde untersucht, wie und aus welchen Materialien sie von den GlasbläserInnen hergestellt wurden. Da es sich bei den Kleidern um sehr empfindliche, historische Museumsobjekte handelt, konnten dabei selbstverständlich keine Erfahrungen zum Tragen eines Glasfaserkleids gewonnen werden. Auf zeitgenössische Berichte über die Nutzung der Kleider aus historischen Quellen wird im Folgekapitel näher eingegangen.

Mit den Werbestrategien der GlasbläserInnen ging nicht selten ein großzügiger Umgang mit Informationen, zugunsten von eher publikumswirksamen Geschichten einher. Dadurch entstanden im Laufe der Jahre oft Unklarheiten bei der Zuschreibung der Kleider zu einem Herstellungskontext und zu ihrer Provenienz. Durch die Untersuchung der Originale konnten etliche solcher Unklarheiten im Zusammenhang mit dem Kleid von Ellen Jaqua (NBM) beseitigt werden. Es kam um 1930 aus dem Besitz des Schaustellers William Hewitt Mercer (o. D.–1938) in das New Brunswick Museum in Saint John, NB.⁴ In den Archivalien zu dem Exponat finden sich Berichte von ForscherInnen, die vermuten, dass es sich bei dem Kleid um das nicht erhaltene Exemplar von der Weltausstellung in Chicago 1893 handelte, welches der Schauspielerin Georgia Cayvan gehörte.⁵ Diese Annahmen konnten durch den Vergleich der modischen Kennzeichen und der verwendeten Glasfasertextilien klar widerlegt werden. Ob das Kleid, wie in einigen Artikeln um 1900 behauptet wird, von GlasbläserInnen aus Dresden und einem Modeschöpfer aus Paris hergestellt wurde, ist weiterhin nicht komplett nachgewiesen.⁶ Die Materialanalysen der verwendeten Gläser sollten dazu mehr Aufschluss geben.⁷

Kostümhistorische Einordnung

Die Damenmode der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts folgte strengen Regeln, die darauf abzielten, in jeder Situation und zu jeder Tageszeit jeweils passend gekleidet zu sein.⁸ Demzufolge unterschied sich ein Abendkleid klar vom morgendlichen Negligée oder dem Besuchskleid für den Nachmittag. Typisch für ein Abendkleid der Jahrhundertwende waren etwa ein tief ausgeschnittenes Dekolleté und kurze, gebauschte Puff-

4 Fotografie »The Wonderful Glass Dress, 1900–1902, Gift of William Hewitt Mercer 1930«, NBM, X16048.

5 Fauster an Evans, 20.1.1987 und Evans an Fauster, 30.1.1987, NBM; Shadel Spillman an Castle und Larocque, 23.1.1990 und Castle und Larocque an Shadel Spillman, 28.1.1990, NBM; Brown an Larocque, 10.7.1996–26.8.1999, NBM.

6 »Quant à la toilette elle-même, le modèle en fut dessiné à Paris, où elle fut aussi coupée et cousue. C'est dire qu'elle est des plus élégantes.« (–, Robe en Verre o.J., 1903, S. 939) Die Arbeit der Glasbläsergruppe wird im selben Artikel, wie folgt, kommentiert: »La fabrication de cette robe coûta à son auteur, on le devine, les plus grands soins. Il y employa les ouvriers les plus réputés. Cinq mois ne furent pas de trop pour filer tout le verre qu'elle nécessita: cette opération eut lieu en Allemagne, à Dresde.«

7 Die Analyseergebnisse sind entnommenen Faserproben der Kleider werden im Kapitel »Charakterisierung und Materialanalyse der Glasfaser« diskutiert.

8 Harris, Fashion, 1999, S. IV.

ärmel. Der bodenlange Rock konnte hinten in einer Schleppe auslaufen. Ab 1892/93 wandte man sich ab von den bis dahin üblichen langen Korsetts und geraden Nähten hin zu kurzen Blusen und Miedern, die gegen den Fadenlauf geschnitten wurden, wodurch sie sich genau der Figur anpassten. Die charakteristische »Sanduhr«-Silhouette der Zeit mit der schmalen Taille nahm durch das Anschwellen der Ärmel im Schulterbereich und der Betonung des weiten Rocksauams mit Rüschen und Fransen immer extremere Formen an.⁹

Oberteile von Abendkleidern waren häufig gefüttert und mit versteifenden Fischbeinen versehen. Eine typische Außenseite etwa war mit Stoffdrapierungen überzogen, die Ärmel und das Dekolleté mit Rüschen, Fransen, Spitzen, Bändern und anderen Besätzen verziert. Im Gegensatz dazu war der Rock einfach gehalten, ausladend, mit weiten, in der hinteren Mitte nach innen zusammengefassten Falten. Die Form des sogenannten Regenschirm-Rocks wurde mit trapezförmigen, sich an den Seiten nach unten verbreiternden Schnittteilen erzeugt. Die Rundung an der Hüfte und der Übergang zur schmalen Taille bildeten sich durch eine Krümmung der Schnittteile im oberen Bereich.¹⁰

Solche Kleider wurden zu Dinners, Theaterbesuchen oder auf Bällen getragen.¹¹ Der ökonomische Aufschwung erlaubte es auch Frauen der Mittelschicht, Kleider mit reichen Verzierungen zu tragen, die den Hauptkostenfaktor eines Kleids ausmachten.¹² Diese Entwicklung wurde von den mittlerweile weit verbreiteten Nähmaschinen verstärkt, mit denen die Ausführung komplizierter Schnitte und Applikationen von üppigem Dekor einfach und billiger möglich wurde.¹³ Die Oberschicht reagierte darauf mit einer Reduktion des Putzwerks an den Kleidern und dem Einsatz wertvoller Stoffe, die aufwendig von Bediensteten zu pflegen waren. Typisch für diese Zeit sind daher schwere Stoffe, wie Plüsch, Samt, schwerer Seidenatlas, Damaste und in seltenen Fällen auch Glasfasergewebe.¹⁴

Die Glasfaserkleider von Infantin Eulalia (DM) und von Florence Scott Libbey (TMA) sind Abendkleider, bestehend aus einem getrennten Rock und Oberteil, die in Form und Ausführung der Mode um 1893 entsprechen. Das Bühnenkostüm von Ellen Jaqua (NBM), ebenfalls ein zweiteiliges Kleid, wird auf ca. 1900 datiert und das Erscheinungsbild, wie es von den ersten Fotografien bekannt ist, entspricht modisch auch dieser zeitlichen Einordnung.

⁹ Blum, Paris, 1984, S. 1.

¹⁰ Waugh, Cut, 1968, S. 227–231.

¹¹ Waugh, Cut, 1968, S. 228, S. 231.

¹² Zur Anfertigung eines Abendkleids wurden etwa vier Meter Stoff für den Rock und drei bis fünfeinhalb Meter für das Oberteil, die Ärmel und zusätzliche Teile benötigt. In Abhängigkeit von den finanziellen Möglichkeiten der KäuferInnen wurden dafür die Ateliers der Couturiers oder Couturières, lokale SchneiderInnen, NäherInnen oder Hausfrauen beauftragt. Der Preis eines Abendkleids betrug etwa \$ 500–1000; Im Vergleich dazu kostete ein mittelteures, handgenähtes Kleid ca. \$ 10, was ungefähr dem Wochenlohn eines Mittelklasse-Angestellten entsprach (Harris, Fashion, 1999, S. III).

¹³ Harris, Fashion, 1999, S. 4.

¹⁴ Waugh, Cut, 1968, S. 231.

Beschreibung der Glasfaserkleider

Zum Zeitpunkt der Untersuchungen war das Oberteil von Infantin Eulalias Kleid im Deutschen Museum nicht vorhanden, aber anhand von historischen Fotografien kann darauf geschlossen werden, dass es mit dem Exemplar aus dem Toledo Museum of Arts weitestgehend übereinstimmte. Im Folgenden werden das Oberteil von Florence Scott Libbeys Kleid (TMA), die Röcke der beiden Libbey Kleider (DM, TMA) und das gesamte Kleid von Ellen Jaqua (NBM) beschrieben.

An der Ausführung der Nahtverbindungen lassen sich bei allen drei Kleidern Schwierigkeiten während der Verarbeitung der Glasfasertextilien ablesen, aber auch eine gewisse Unvorsorgfältigkeit. Ob dies an der handwerklichen Fähigkeit der SchneiderInnen lag oder an der Eile, mit der z.B. das Kleid zum Anlass von Infantin Eulalias Besuch in Chicago gefertigt wurde, ist nicht mehr zu festzustellen. Unabhängig davon war und ist die Verarbeitung von Glasfasertextilien zu einem Kleid eine überaus seltene Vorgehensweise, was die dreidimensionale Form zu einem der herausragenden Merkmale der Exponate macht.

Das Oberteil des Kleids von Florence Scott Libbey (TMA) setzt direkt am schmalen Bund des Rocks an und verbreitert sich stark zu den Schultern hin. Es wurde am Rücken mit einer Reihe von Haken und Ösen verschlossen. Der seidene Futterstoff ist mit Fischbeinstäben verstärkt und mit Crêpe-de-Chine überzogen. Am Bund sind zwei übereinanderliegende Reihen Atlasband, eingefasst mit dem Glasfaserflechtband, angenäht. Der weite Ausschnitt und die gepufften, kurzen Ärmel sind gerafft und rundherum mit Glasfaserfransen, -flechtbändern und Schleifen verziert. Schleifen sind auch auf Brusthöhe in der vorderen Mitte und hinten am Übergang zum Rock angebracht. Auf der Innenseite sind ein Etikett der Schneiderin mit folgender Beschriftung: »Madame Victorine [Victorine Carmody, †1924], West 32nd Street, New York« und ein Inventarschild mit dem Zugangsdatum »Accession Sept 1925« eingenaht (s. Abb. 5 bis 9).

Der Rock von Infantin Eulalias Glasfaserkleid (DM) ist schmal an der Taille mit ausladenden Falten bis zum Boden und einer kurzen Schleppe. Er wird in der hinteren Mitte mit Haken und Ösen geschlossen. Über den Verbindungsnahten der Rockbahnen liegen Atlasbänder, die an den Außenkanten mit Flechtbändern aus Glasfasersträngen versehen sind. Die Unterkante des Rocks ist mit einem Saumbeleg verstärkt, eingefasst und durch einen seidenen Saum verlängert. Oberhalb des Saums sind Rüschen und zwei Reihen Franses auf den Oberstoff angeheftet. Der Ansatz der Franses ist mit Rüschen verziert, um die ein geflochtenes Glasfaserband geschlungen ist. Schleifen aus breiteren Bändern sind zu beiden Seiten der frontalen Gewebbahn über den Fransesreihen angebracht. Am Bund sind innen beidseitig Aufhängebänder angeheftet. Die Nähfäden sind aus Seide und Baumwolle.¹⁵ Eine Schleife und einige lose Franses liegen separat vor, (s. Abb. 10 bis 14).

15 Siehe dazu die »Analyse der Nähfäden« bei Kat. 7.5 im »Katalog der untersuchten Textilien«, ab S. 269.



Abb. 5 Oberteil des Kleids von Florence Scott Libbey (TMA), Vorderseite



Abb. 6 Oberteil des Kleids (TMA), Rückseite



Abb. 7 Detail des rechten Schulterbereichs am Oberteil



Abb. 8 Etikett von Mme Victorine im Inneren des Oberteils



Abb. 9 Seitenansicht des Rocks vom Glasfaserkleid der Infantin Eulalia im Deutschen Museum, Kat. 7.5



Abb. 10 Öffnung des Rocks in der hinteren Mitte



Abb. 12 Detail des Glasfaser-Seidengewebes, des Flechtbands und der Rüschen)



Abb. 11 Metallene Haken und Ösen



Abb. 13 Schleife aus Seidenatlas rechts der vorderen Gewebbahn



Abb. 14 Rock des Glasfaserkleids von Florence Scott Libbey im Toledo Museum of Arts, Kat. 76

Der Rock von Florence Scott Libbeys Kleid (TMA) gleicht in der Konstruktion jenem aus dem Deutschen Museum, Unterschiede gibt es bei Details der Ausstattung: Es ist kein zusätzlicher Saum vorhanden, und an Stelle von zwei Fransenreihen wurde nur eine angenäht, deren Schnittkante mit einem Atlasband gesichert ist. Das Einfassband entlang der Unterkante besteht aus mehreren kurzen Stücken und wurde mit der Hand angebracht. Der Saumbeleg besteht aus einem gefälteten Seidenstoffstreifen, dessen Unterkante man mit einer ZACKENSCHERE in Bögen schnitt und nicht vernähte. Er wurde entlang der Oberkante, die zugleich die Webkante ist, mit zwei parallellaufenden Nähten fixiert. Um den Rockbund ist eine Verzierung aus Glasfaserflechtband angebracht, die bei dem Kleid der Infantin Eulalia womöglich abhandengekommen ist. Die Öffnung in der hinteren Mitte ist mit verschiedenen Verschlusssystemen versehen: rechts sind Haken angebracht, links finden sich zwei metallene Ösen sowie runde, stoffbezogene Ösen, die vermutlich später für Ausstellungen hinzugefügt wurden.

Das enganliegende Oberteil von Ellen Jaquas Glasfaserkleid (NBM) reicht bis zur Taille, hat kurze, gepuffte Ärmel, Fransen und Rüschen um den Ausschnitt und einen Gewebestreifen zur Verzierung an der Vorderseite. In der vorderen Mitte befindet sich die Öffnung, mit einer Reihe von 13 Haken auf der Rechten und Ösen auf der linken Seite. Der schmale Gürtel misst fünf Zentimeter in der Höhe und weist einen rautenförmigen Teil in der vorderen Mitte auf. Für den Rock von Ellen Jaquas Glasfaserkleid wurde eine grundlegend andere Konstruktionsweise als bei den Libbey-Kleidern gewählt. Er ist aus vier Schnittteilen gefertigt, die vor dem Zusammenfügen gefüttert wurden. Er lässt sich mit zwei Paaren von Haken und Ösen verschließen. Um die Taille, mit einem Umfang von ca. 59 cm ist ein weißes Seidenband gelegt. Bei diesem Rock wurden die Gewebbahnen des Oberstoffs mit horizontal verlaufender Kett verarbeitet, sodass die Glasfasern im Unterschied zu den Kleidern der Libbey Glass Company vertikal verlaufen. Ein Streifen des Glasfaser-Seidengewebes, das in Fransen ausläuft und drei Reihen weißer Glasfaserflechtbänder liegen über den Verbindungsnähten. Unten verlängert den Rock ein etwa 14 cm hoher Saum, der über einem gestärkten Saumbeleg angebracht ist.

Bei der Untersuchung des Kleids von Ellen Jaqua (NBM) und beim Vergleich desselben mit historischen Fotografien wurden mehrere Phasen von Veränderungen der ursprünglichen Schnittkonstruktion identifiziert, die wohl kurz nach der Herstellung um 1900 vorgenommen wurden. Die der Fotografie nach (vgl. Abb. 19) ursprünglich längeren Ärmel wurden verkürzt und dekorative Fransenreihen von der Taille entfernt. Spätere Zugaben sind der Gürtel, der außerdem schmaler gemacht wurde, sowie die Verzierung des Dekolletés mit Gewebestreifen. Die Position dieser Applikation dürfte mehrere Male geändert worden sein – auf der Schulter gibt es größere Fehlstellen, die auf frühere Montagen und Beschädigung des Gewebes durch das Gewicht der Verzierung hindeuten. Eine genaue Zuordnung der einzelnen Veränderungsphasen könnte nur mittels einer eingehenden Analyse der Nähfäden, Nahtlöcher, Falten und des im Archiv des NBM vorhandenen Bildmaterials vorgenommen werden.¹⁶

¹⁶ Diese Untersuchungen waren im Rahmen des zweitägigen Forschungsaufenthalts im New Brunswick Museum nicht durchzuführen.



Abb. 15 Glasfaserkleid von Ellen Jaqua: Detail der Vorderseite des Oberteils



Abb. 16 Innenseite verstärkt mit Fischbeinstäben



Abb. 17 Rockbund und Öffnung der hinteren Mitte



Abb. 18 Fransenreihe, Saum und Saumbeleg



Abb. 19 Kleid von Ellen Jaqua (NBM) vor den Veränderungen am Oberteil
Angaben laut NBM: Fotografin unbekannt, America 1900–1902

Beschreibung der Glasfasertextilien

Für die Herstellung des Oberstoffs und der Verzierung an den drei untersuchten Kleidern wurden Bündel von glatten Glasfaserfilamenten mit Seide verwoben bzw. Glasfaserstränge zu Bändern geflochten. Um auch an diesen Glasfasergeweben und -flechtbändern Unterschiede und Ähnlichkeiten zwischen den drei Exponaten herausarbeiten zu können, erfolgte eine Dokumentation der Materialien und Techniken.¹⁷ Zur Beschreibung von Geweben waren Bindungsart und Material, Drehung, Farbe und Durchmesser der Kettfäden bzw. Schusseinträge sowie die Webbreite anzugeben. Die Flechtbänder sind durch die Art und Anzahl der geflochtenen Stränge sowie durch ihre Breite charakterisiert. Die Gewebe und Flechtbänder am Kleid von Infantin Eulalia (DM) und Florence Scott Libbey (TMA) gleichen sich komplett und sind daher in der unten folgenden Tabelle 1 in einer Spalte zusammengefasst.

Die Glasfasergewebe der drei Exponate sind in identischer Technik hergestellt: In dem leinwandbindige Gewebe bilden beigefarbene Seidenfäden die Kette und alternierend sind Schussfäden aus Seide und Glasfasern eingetragen. Die Glasfasern stehen zu beiden Seiten der Webkante heraus, da sie zu spröde sind, um in einem kleinen Radius gebogen zu werden. Im Gewebe von Ellen Jaquas Kleid (NBM) sind die Glasfasern grün,

¹⁷ Der Herstellungsprozess der Glasfasern und die Weiterverarbeitung zu Textilien wird im Abschnitt »Der Glasbläser Hermann Hammesfahr und die Libbey Glass Company«, S. 40–43 und im Abschnitt »Herstellung von Glasfasern vor der Kunstglasbläserlampe«, S. 74–80 näher erläutert.

an den Libbey Kleidern (DM, TMA) wurde ausschließlich farbloses Glas verwendet. Weitere geringfügige Unterschiede konnten bei der Fadendichte, bei der Ausführung der Webkante und in der Webbreite festgestellt werden.

Die Flechtbänder der Libbey-Kleider (DM, TMA) bestehen aus sechs Strängen und sind etwa 5 mm breit. Für die Verzierung des Kleids von Ellen Jaqua (NBM) wurden je vier solcher Stränge wieder miteinander verflochten. Die Enden sind mit Baumwollfäden zusammengefasst.

Zusammenfassend sind die technischen Merkmale der Glasfasertextilien, die in den drei Kleidern verarbeitet wurden, im Einzelnen in der folgenden Tabelle einander gegenübergestellt:

Tabelle 1 Vergleich der Gewebe und Flechtbänder an den untersuchten Glasfaserkleidern

	Kleider von Infantin Eulalia (DM, Kat. Nr. 7.5) und Florence Scott Libbey (TMA, Kat. Nr. 7.6) Libbey Glass Company	Kleid von Ellen Jaqua (NBM, Kat. Nr. 7.7) Unbekannte/r HerstellerIn
Gewebe		
Bindung	Leinwandbindung mit Schussrippeffekt	Leinwandbindung mit Schussrippeffekt
Kette	Seide, Zwirn S aus 2 Fäden Z, écru, Ø 0,4 mm, 10 Kettfäden/cm	Seide, Zwirn S aus 2 Fäden Z, écru, Ø 0,4 mm, 12–13 Kettfäden/cm
Schuss	Seide, Zwirn S aus 2 Fäden Z, écru, Ø 0,4 mm, 12 Kettfäden/cm Glasfasern, ca. 260 Filamente o. e. D., rosa, Ø 0,6 mm, 10 Schusseinträge/cm	Seide, Zwirn S aus 2 Fäden Z, écru, Ø 0,4 mm, 12 Schusseinträge/cm; Glasfasern, o. e. D., grün, Ø 1,0 mm, 8 Schusseinträge/cm
Abfolge der Schusseinträge	2 Seide, 1 Glasfaser, 1 Seide, 1 Glasfaser, 1 Seide, 1 Glasfaser	2 Seide, 1 Glasfaser, 1 Seide, 1 Glasfaser, 1 Seide, 1 Glasfaser
Webkante	Doppelte Kettfadendichte, B. 2,5 mm	Unveränderte Kettfadendichte
Webbreite	ca. 915 mm (The Libbey Glass Company, Glass Dress, 1893)	ca. 1020 mm (gemessen)
Flechtbänder		
Geflochtener Strang	Glasfasern, 6 Stränge, o. e. D., farblos, Ø 1,5 mm	Strang aus 4 geflochtenen Strängen (Glasfaser, 6 Stränge o. e. D., farblos, Ø 1,0–2,0 mm, B. 4–6 mm)
Breite	5 mm	12–15 mm

Ergebnisse der vergleichenden Untersuchung

Die textiltechnologische Untersuchung der drei bis heute existierenden Glasfaserkleider ergab folgende Unterschiede bzw. Ähnlichkeiten in der Verarbeitung der Glasfasertextilien: Für die Kleider von Infantin Eulalia (DM) und Florence Scott Libbey (TMA) wurden jeweils dieselben Materialien verwendet und auch Schnittkonstruktion und nähtechnische Verarbeitung sind beinahe identisch. Beide wurden 1893 im Auftrag der Libbey Glass Company angefertigt, wobei der Entwurf von der Schneiderin Victorine Carmody, die Glasfasertextilien von Familie Hammesfahr stammen.

Das Bühnenkostüm von Ellen Jaqua (NBM) ist zwar aus ähnlichen Glasfasertextilien gefertigt, aber in seinem Gewebe wurde grünes statt farbloses Glas verwoben und auch Schnittkonstruktion, Verbindung der Schnittteile sowie die seidenen Futterstoffe und Rüschen unterscheiden sich eindeutig von jenen der Libbey-Kleider (DM, TMA). Damit ist die Vermutung von ForscherInnen, wie Jane Shadel Spillman widerlegt, beim Kleid im New Brunswick Museum handle es sich um das verschollene Exemplar, das die Libbey Glass Company für die Schauspielerin Georgia Cayvan anfertigen ließ.¹⁸ Laut schriftlichen Quellen zum Kleid von Ellen Jaqua (NBM) wurden für dieses um 1900 Dresdner Glasfasertextilien von einem Pariser Modeatelier verarbeitet.¹⁹ Die HerstellerInnen von Jaquas Kleid scheinen mit der Verarbeitungstechnik der Familie Hammesfahr vertraut gewesen zu sein, da dessen Gewebe und Flechtbänder bindungstechnisch exakt gleich aufgebaut sind, wie die von Hammesfahr-Kleidern.

Zwar arbeitete Familie Hammesfahr mit bis dahin für KunstglasbläserInnen durchaus typischen Werbestrategien und Verfahren zur Glasfaserherstellung, doch nehmen ihre Glasfaserkleider (DM, TMA) in der Geschichtsschreibung zur Glasfasertechnologie durch die Breitenwirkung, die die Zusammenarbeit mit der Libbey Glass Company bei der Weltausstellung in Chicago ermöglichte, einen besonders bedeutenden Platz ein. Einen gesteigerten Bekanntheitsgrad erlangte darüberhinaus speziell das Kleid aus dem Deutschen Museum durch seine prominente Besitzerin, Infantin Eulalia von Spanien.

Der Glasbläser Hermann Hammesfahr und die Libbey Glass Company

Zur Herstellung der Glasfaserkleider arbeitete die Libbey Glass Company mit dem Glasbläser Hermann Hammesfahr zusammen. Hammesfahr emigrierte 1862 mit seiner Familie aus dem Rheinland in die USA und ließ sich in Pittsburgh, Pennsylvania nieder. Im Jahr 1880 patentierte er mit Unterstützung seines Arbeitgebers, der Atterbury Glass Company ein Verfahren zur Herstellung von Glass Cloth or Fabric. Die darin beschriebene Verarbeitungstechnik unterschied sich nicht von den bis dahin bekannten Abläufen.

¹⁸ Die folgende frühere technologische Beschreibung konnte bei den Untersuchungen ebenfalls nicht bestätigt werden: »The dress fabric is made from cotton yarns in one direction and glass fibre in the other and carries quite a heavy water-soluble sizing.« (Horncastle an Tweedie, 15. 8. 1957, NBM)

¹⁹ –, Robe en Verre o.J., 1903, S. 939.

The glass having been spun, it is cut and arranged in a loom of ordinary or suitable construction and woven into cloth either with or without silk, woolen, or cotton strands, or fine wire of any suitable or ornamental character.²⁰

Er begründete die Neuheit der Erfindung jedoch wie folgt:

I am also aware that fabrics have been made in which glass fibers have been used to form ornamental portions; but in all such previously-made cloth the main parts have been woolen, cotton, or other similar fibrous material.²¹

Unter seinen Nachkommen war man der Überzeugung, dass Hammesfahr der Erfinder von Glasfasergeweben sei.²²

Auf der Suche nach finanzieller Unterstützung für die Erzeugung seiner Glasfasertextilien in größerem Umfang hatte er sich Anfang der 1890er Jahre an Edward Drummond Libbey, Gründer der Libbey Glass Company gewandt. Libbey sah, wie die Atterbury Glass Company vor ihm, keinen industriellen Verwendungszweck für handgefertigte Glasfasernerzeugnisse, erkannte jedoch ihr Potenzial im Bereich Werbung: »[...] he did jump at the idea of weaving enough of it to make a beautiful gown to exhibit at the World's Fair.«²³ Hammesfahrts gesamte Familie war in der Folge an den Vorbereitungen für die Weltausstellung in Chicago 1893 beteiligt.²⁴ Libbey stellte der Familie Werkstätten außerhalb des Fabrikgeländes zur Verfügung, wo sie den im Patent beschriebenen Herstellungsprozess in großem Maßstab durchführten und schließlich etwa 45 weitere ArbeiterInnen anlernten.²⁵ Die Glasfilamente wurden aus vorgefertigten farblosen und bunten Glasstäben gezogen, die man über einer Gaslampe schmolz und abzog. Das Ende des dabei entstehenden Filaments wurde auf einem Rad befestigt, das ein zweiter Arbeiter oder eine zweite Arbeiterin kontinuierlich drehte, während jene/r vor der Lampe stetig den Glasstab erhitze und nachschob. In der Regel führten allerdings Männer den Prozess des Glasspinnens durch²⁶ und übergaben die vom Rad abgeschnittenen Glasfaserbündel auf Tablett Frauen²⁷ zur weiteren Verarbeitung: Verweben mit Seidenfäden auf dem Zugwebstuhl oder Flechten.

²⁰ Hammesfahr, Glass, 1880.

²¹ Hammesfahr, Glass, 1880.

²² »Weaving of the cloth invented and patented by Herman [sic] Hammesfahr in September of 1880 at Pittsburgh, Pa.« (Knapp an Godwin, 1951, TMA)

²³ Dorothy Stafford: Glass Dress, Now at Art Museum, Was World Fair Sensation in 1892. In: Toledo Blade v. 21.1.1951, S. 7.

²⁴ Knapp an Godwin, 1951, TMA.

²⁵ Dorothy Stafford: Glass Dress, Now at Art Museum, Was World Fair Sensation in 1892. In: Toledo Blade v. 21.1.1951, S. 7.

²⁶ Libbey Glass Company, World's Fair, 1893, S. 10.

²⁷ Laut einem Hinweis seines Nachfahren James Hammesfahr (1908–1982) sollen unter anderem seine Tochter Mathilda Hammesfahr (1879–1923) und seine Schwiegertochter an dem Webprozess beteiligt gewesen sein (Dorothy Stafford: Glass Dress, Now at Art Museum, Was World Fair Sensation in 1892. In: Toledo Blade v. 21.1.1951, S. 7, Notiz am Artikel im Bestand der Rakow Research Library, CMG).

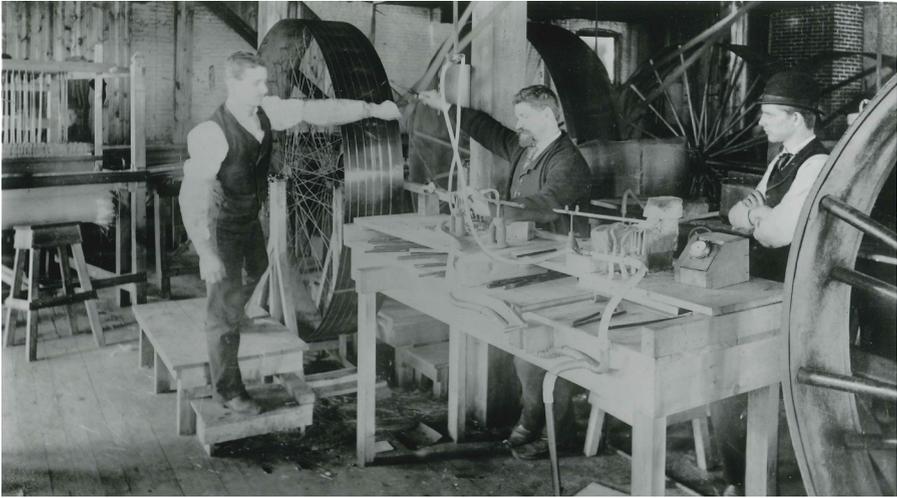


Abb. 20 Hammesfahr und Söhne beim »Glasspinnen« im Waite Building in Toledo
FotografIn unbekannt, Toledo, OH 1892–1893

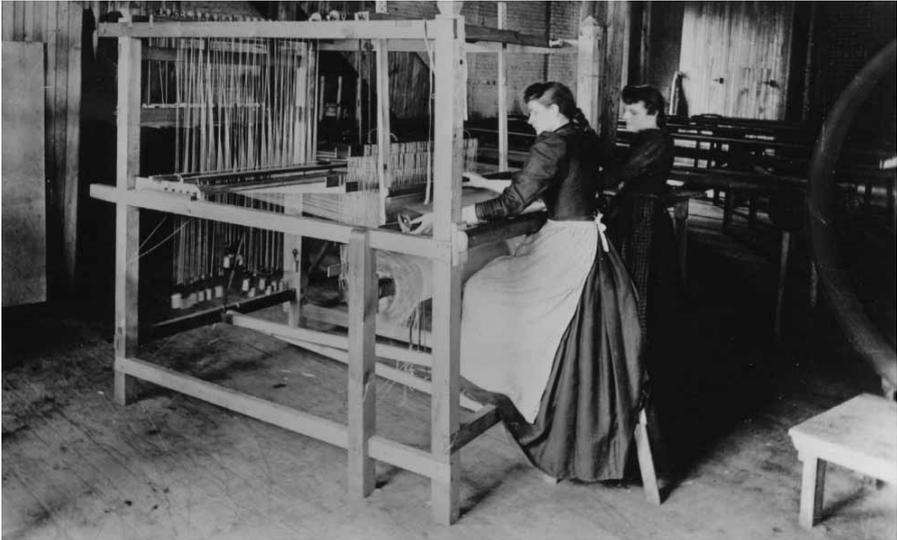


Abb. 21 Frauen beim Weben von Glasfaser-Seidengewebe Zugwebstuhl
FotografIn unbekannt Toledo, OH 1892–1893

Hermann Hammesfahr entwickelte für den Pavillon der Libbey Glass Company auf der Weltausstellung in Chicago 1893 eine Auswahl von Glasfasererzeugnissen. Im Crystal Art Room, dem Ausstellungsbereich, waren Divans, Stühle und Ottomane mit Bezügen aus Glasgewebe, Lampenschirme, Wandverhänge, Deckendekoration und sogar Leinwände für MalerInnen zu sehen.²⁸ Von Beginn an war für die Ausstellung auch die Anfertigung eines Glasfaserkleids geplant.²⁹ Den Zuschnitt für die Kleider und das Zusammennähen der Schnittteile auf der Nähmaschine bzw. mit der Hand führten Hammesfahr's Ehefrau Nettie Ruppel (eigentlich Emilia Mathilda Hammesfahr, geb. Hessmer [1841–1916]) und seine Schwiegertochter Mary Bainton (ca. 1872–1948) aus.³⁰ Sie arbeiteten nach einem Entwurf der New Yorker Modeschneiderin Victorine Carmody.³¹ Neben den Ausstellungsstücken wurden Souvenirs, wie Krawatten (Kat. Nr. 4.3) oder Puppen (Kat. Nr. 7.2) zum Verkauf angefertigt.

Darüber hinaus erhielten alle BesucherInnen zum Eintrittsticket in den Pavillon der Libbey Glass Company eine Anstecknadel mit Glasfaserflechtbändern (Kat. Nr. 4.1).³² In dem Buch *The Century World's Fair Book for Boys and Girls* berichtet der Tutor, Mr. Douglass, über tägliche Vorführungen zum »Glasspinnen« und »Glasweben«:

The compartments about the central hall contained, besides show-cases, a loom for weaving glass threads, a glass cutting wheel, and, most interesting of all, a glass-spinning wheel. [...] There was a big wheel with a broad, thin metal rim kept cool and moist. The workman sat at one side, holding a glass rod before a blowpipe and moving it round and round and slowly forward so as to keep it melted fast enough to feed the single long thread to the rapidly revolving wheel.³³

Hermann Hammesfahr und seine Nachkommen ließen sich in Brooklyn, New York, nieder, wo sie bis in die 1940er Jahre weiter tätig waren³⁴ und ein weiteres Patent zur Glasfaserverarbeitung einreichten.³⁵ Hier soll er auch an der Anfertigung eines Kleids beteiligt gewesen sein, das für die »Pan American Exposition« in Buffalo 1901 den Maßen

28 Libbey Glass Company, *World's Fair*, 1893.

29 Libbey Glass Company, *Company*, 1893, S. 48. Auf Anfrage berichtete ein Zeitzeuge: »I have just been able to talk to Mr. John Rufus Denman, who has been in semi-retirement but who is still active with the Libbey Glass Company. [...] He has been with the company since the day it moved to Toledo. He corroborates our story that the original dress was made by a Toledo seamstress for exhibition at the Fair.« (Jaffe an Maxson, 8.4.1953, TMA)

30 Dorothy Stafford: *Glass Dress, Now at Art Museum, Was World Fair Sensation in 1892*. In: *Toledo Blade* v. 21.1.1951, S. 7.

31 Im Oberteil des Kleides von Florence Scott Libbey ist das Etikett der Schneiderin eingenäht.

32 Scoville, *Revolution*, 1948, S. 95.

33 Jenks, *Book*, 1893, S. 222.

34 – *First Glass Blowers*. In: *The Corunna News* v. 31.12.1942, S. 2.

35 Hammesfahr/Hammesfahr, *Conducting-Wire*, 1902.

der Schauspielerin Maxine Elliott (1868–1940) angepasst wurde.³⁶ Die Familie Hammesfahr wird in keiner Quelle mit dem Glasfaserkleid der Schauspielerin Ellen Jaqua in Verbindung gebracht. Basierend auf der Analyse der Gewebe und des Glases, die nahezu identisch mit den Glasfaserkleidern der Weltausstellung 1893 sind, könnte jedoch auch hier ein Zusammenhang bestehen.³⁷ Auf der »Louisiana Purchase Fair« 1904 präsentierte Hammesfahr seine Glasfasernerzeugnisse nachweislich und war laut einem Bericht seiner Enkelin Leiter von Libbeys Ausstellung.³⁸



Abb. 22 Interieur aus Glasfasergeweben mit dem Hersteller Hermann Hammesfahr und seiner Enkelin, Weltausstellung in Saint Louis, Missouri 1904
FotografIn unbekannt, Saint Louis 1904

³⁶ –, Glass Dress, 1990, S. 1, 4; »[...] George [sic] Hammesfahr made a dress of spun glass for Princess Eulalie of Spain at the World's Columbian Exposition in Chicago 1893, and later made another for the noted actress and beauty, Maxine Elliott.« (–: First Glass Blowers. In: The Corunna News v. 31.12.1942, S. 2)

³⁷ Siehe dazu die Abschnitte »Vergleichende Untersuchung an drei Glasfaserkleidern«, S. 29–40 respektive »Analyse der Glaszusammensetzung«, S. 132–142.

³⁸ Knapp an Godwin, 1951, TMA. In dem Brief heißt es ebenfalls: »H. Hammesfahr continued to manufacture the woven glass cloth and articles made form it to anyone who could use it, it was mainly used for exhibition purposes at Fairs, until the time of his death.«

Die Libbey Glass Company ist eng mit dem Namen Edward Drummond Libbey verbunden. Er verlagerte 1888 sein Unternehmen, die East England Glass Company, aus wirtschaftlichen Gründen und wegen Rohstoffmangels von Boston, Massachusetts, in den mittleren Westen der USA und gründete dort die Firma neu. Neben den Standortvorteilen durch natürliche Gasvorkommen und den finanziellen Anreizen von Investoren soll auch Florence Scott die Entscheidung für Toledo in Ohio beeinflusst haben.³⁹

Sie stammte aus einer der Gründerfamilien der Stadt, hatte eine umfassende Erziehung in Europa genossen und teilte mit Libbey einen Enthusiasmus für Kunst. Die umfangreiche Sammlung des Ehepaars bildete den Grundstock des 1912 gegründeten Toledo Museum of Arts – eine Institution, die bei der Eröffnung das fünftgrößte Kunstmuseum in den Vereinigten Staaten war und bis heute das kulturelle Zentrum der Stadt bildet.⁴⁰

Die finanziellen Mittel für dieses philanthropische Werk bezog das Ehepaar aus den Gewinnen der Glasfirma. Nach anfänglichen Problemen, Arbeits- und Fachkräfte zu halten, sowie Umstellungsschwierigkeiten vom traditionellen Brennstoff Holz auf Erdgas, Erdöl und Kohle für die Glasöfen etablierte sich die Libbey Glass Company als Herstellerin mehrfarbiger Tafelgläser und geschliffener Gläser. Neben dem künstlerischen Zweig der Glasverarbeitung gelang der Firma durch Großaufträge für Glühlampen und Erfindungen zur Automatisierung der Glaserzeugung und der Flaschenherstellung ein ökonomischer Aufschwung. Hinter diesen Entwicklungen stand unter anderem der innovative Werksleiter Michael Owens (1859–1923), der sich zum Betriebsleiter in Toledo hocharbeitete.⁴¹

Gemeinsam planten Libbey und Owens für das Jahr 1893 ein Fabrik- und Ausstellungsgebäude auf der »World Columbian Exposition« in Chicago. Seit der Great Exhibition 1851 in London waren Weltausstellungen für Firmen die ideale Plattform, ihre Produkte weltweit bekannt zu machen. Dieses Forum nutzte die Glasfirma mit der Errichtung einer Fabrik auf der sogenannten Midway Plaisance, einem Straßenzug am westlichen Eingang des Ausstellungsgeländes am Jackson Park. Die Libbey Glass Company erwarb bereits im Vorfeld das exklusive Recht, Glaswaren zu verkaufen und die Glühlampen für die Beleuchtung der gesamten Ausstellungsfläche zu liefern.⁴² Das Gebäude der Libbey Glass Company wurde von dem Architekten David L. Stine (1857–1941) aus Toledo im Stil eines italienischen Pavillons errichtet, mit zwei Türmen am Haupteingang und einer riesigen Kuppel, die den langen Schornstein der Glasöfen kaschierte (s. Abb. 23).

39 Scoville, *Revolution*, 1948, S. 92.

40 Skrabec, *Glassmaker*, 2011, S. 153.

41 Skrabec, *Glassmaker*, 2011, S. 65–68. Zu den größten Schwierigkeiten bei der Etablierung der Firma in Toledo zählten die Umstellung auf die neuen Brennstoffe, Temperaturkontrolle und Zusammensetzung der Glasgemenge und die Verfügbarkeit fähiger GlasarbeiterInnen.

42 Skrabec, *Glassmaker*, 2011, S. 86.



Abb. 23 Ausstellungsgebäude der Libbey Glass Company in der Midway Plaisance Nr. 29 mit Werbeplakat für das Glasfaserkleid der Infantin Eulalia im rechten Fenster
FotografIn unbekannt, Chicago, 1893 Fotografie



Abb. 24 Infantin Eulalia in ihrem Glasfaserkleid, Fotografie aus Privatbesitz von Luis Manuel de Villena Cabeza (*1944)
FotografIn unbekannt, o. O. 1893–1924

BesucherInnen konnten die Herstellung von Glaserzeugnissen erleben, besonders kunstvolle Endprodukte im Crystal Room bewundern⁴³ und zahlreiche Souvenirs erwerben. Im Obergeschoss befanden sich Quartiere für die ArbeiterInnen und ein Apartment für Edward Libbey und seine Ehefrau Florence Scott Libbey.⁴⁴

Für die Weltausstellung wurde die Libbey Glass Company, Illinois gegründet und 1893 wurden Teile der Produktion von Toledo in die Glasfabrik in Chicago verlagert. Die Fabrik entwickelte sich nach den ersten weniger gut besuchten Wochen zu einem Publikumsmagnet der »World Columbian Exposition« und trug der Firma weltweite Bekanntheit ein.⁴⁵ Das Glasfaserkleid (TMA) fungierte in diesem Kontext zunächst als reines Ausstellungsstück. Erst in der Folge wurde eine Kopie für die SchauspielerIn Georgia Cayvan angefertigt. Sie war zum World's Womens Congress am 15. und 16. Mai 1893 angereist, um einen Vortrag über das Thema »The Stage and it's Women« zu halten.⁴⁶

Während dieser zwei Tage besuchte Georgia Cayvan die Produktion der Libbey Glass Company und gab die Anfertigung von zwölf Yards, also etwa elf Metern des Gewebes, in Auftrag. Für die Verarbeitung der Stoffe zu einem Abendkleid kam die Schneiderin aus

⁴³ Flinn, Guide, 1893, S. 12–13.

⁴⁴ Skrabec, Glass Industry, 2007, S. 163–165; Skrabec, Glassmaker, 2011, S. 7–17, 82–85.

⁴⁵ Bancroft, Book, 1893, S. 843; Hecht, City, 1999, S. 31; Skrabec, Glassmaker, 2011, S. 86–87.

⁴⁶ Wright Sewall, World's Congress, 1894.

Toledo, die sich auf den Zuschnitt und das Nähen des neuartigen Materials verstand.⁴⁷ Cayvan schloss mit der Libbey Glass Company einen Exklusivvertrag ab, demzufolge es nur ihr erlaubt war, ein Glasfaserkleid der Firma auf der Bühne zu tragen.⁴⁸

Die Beschreibung dieser Vorgänge und auch der Besuch der Infantin Eulalia auf der Weltausstellung im Juli 1893 wurden von der Schriftstellerin Kate Field (1838–1896) im Auftrag der Libbey Glass Company literarisch aufgegriffen und in ihrem Buch *The Drama of Glass* verbreitet.⁴⁹ Infantin Eulalias Kleid (DM) und jenes von Georgia Cayvan wurden nach ihrer Abreise im Crystal Art Room für einen kurzen Zeitraum ausgestellt (Abb. 23). Durch Zeitungsberichte, Kabinettkarten,⁵⁰ Bücher und Kataloge zur Glasfabrikation, die Vorführungen, die Produktausstellung im Crystal Art Room des Pavillons, Souvenirs und die Mitwirkung prominenter Persönlichkeiten wurden Glasfasererzeugnisse so einer breiteren Öffentlichkeit bekannt.⁵¹ Auf der Kombination von gezielt platzierten Marketing-erzeugnissen aus handwerklich beeindruckender Produktion und dem Vertrieb großer Warenmengen beruhte der wirtschaftliche Erfolg der Firma in Chicago.⁵² Die Glasfaserkleider erfüllten in diesem Kontext die Funktion von Marketingobjekten.

Provenienz aus dem Besitz der Infantin Eulalia

Das Glasfaserkleid war von 1893 bis 1924 Eigentum der Infantin Eulalia und ihrer Schwester Infantin María de la Paz. Eine Fotografie aus Privatbesitz belegt, dass Infantin Eulalia ihr Glasfaserkleid getragen hat (s. Abb. 24).⁵³ In den Biografien der Prinzessinnen und den Archivalien findet das Kleid keine Erwähnung, sodass heute nicht nachzuvollziehen ist, wie und wo es im besagten Zeitraum aufbewahrt wurde. Anhand biografischer Daten wurde versucht zu rekonstruieren, wie das Glasfaserkleid nach München und in der Folge an das Deutsche Museum kam.

47 »How to make it up was the next question, for Madame la Modiste vowed she wouldn't touch such material with scissors and needles. As a matter of fact a specialist is needed to cut and sew glass, which differs from other cloths in breaking and wickedly sticking into the hands, so a skillful and artistic young woman employee from Toledo was sent to New York to do what the ordinary seamstress could not.« (Field, *Drama*, 1893, S. 32–34) Siehe auch Kane, *Facts*, 1950, S. 211.

48 Zeitgenössischen Berichten zufolge trat sie in dem Kleid mit der Daniel Frohman's Lyceum Company auf, siehe: *Americans Abroad* (– *Glass Dresses a «Fad»*. In: *New York Times* v. 29.11.1893), *The Charity Ball* (Neville, *City*, 1975, S. 226, S. 230) oder *The Wife* (Revi, *Spun Glass*, 1958, S. 326). Die Schauspielerin starb 1906 im Sanatorium Sanford Hall in Flushing, einem Stadtteil von Queens, New York City. Siehe: *Brooklyn Standard Union* v. 20.11.1906) Der Verbleib ihres Glasfaserkleides ist unbekannt (Plummer, *Fiber Glass*, 1938, S. 726).

49 Field, *Drama*, 1893, S. 32–34.

50 Libbey Glass Company, *World's Fair*, 1893, S. 9–11, 13–14.

51 Zu den Werbestrategien der Libbey Glass Company siehe unter anderem – *Glass Dresses a «Fad»*. In: *New York Times* v. 29.11.1893; –, *Company*, 1893, S. 48; Bancroft, *Book*, 1893, S. 843; Field, *Drama*, 1893; Jenks, *Book*, 1893, S. 222; Libbey Glass Company, *World's Fair*, 1893; *The Libbey Glass Company, Glass Dress*, 1893.

52 Bancroft, *Book*, 1893, S. 843; Hecht, *City*, 1999, S. 31; Skrabec, *Glassmaker*, 2011, S. 86–87.

53 Luis Manuel de Villena Cabeza: María Eulalia de Borbón, <https://es.geneanet.org/media/public/x-maria-eulalia-de-borbon-1805229> (8.8.2020).

Die Prinzessin besuchte mit ihrem Ehemann, Infant Antonio von Spanien (1866–1930), die Weltausstellung in Chicago während einer diplomatischen Reise nach Kuba und in die Vereinigten Staaten von Amerika. Die Berichterstattung der lokalen Presse zum Besuch der Prinzessin war einerseits von großer Begeisterung über die junge, europäische Adelige geprägt. Es mangelte aber andererseits nicht an Kritik über ihre Neigung, sich den offiziellen Programmpunkten wiederholt zu entziehen und stattdessen individuelle Touren zu den Attraktionen der Weltausstellung, insbesondere der Midway Plaisance, zu machen.⁵⁴ Dadurch entstand der Eindruck, dass sie ein geringes Interesse an Repräsentation hatte und ihr die entgegengebrachten Ehrungen wenig bedeuteten.⁵⁵ Im Crystal Palace der Libbey Glass Company dagegen soll die Prinzessin besonders von den Glasfasererzeugnissen fasziniert gewesen sein. Nach der Besichtigung wurde ihr ein Abendkleid aus Glasfasern und Seide angefertigt.⁵⁶ In der offiziellen deutschen Veröffentlichung *Eine Beschreibung der Columbischen Weltausstellung in Chicago* 1893 heißt es dazu:

Die an der Spitze der Verkaufsabtheilung stehende junge Dame trug ein Mieder aus diesem Stoffe, welches ein wunderschönes Kleidungsstück bildete. [...] Als jedoch die spanische Infantin Eulalia das wundervolle Mieder sah, sprach sie den Wunsch aus, ein ebensolches zu besitzen und die Eigenthümer der Fabrik erboten sich, ihr ein ganzes Kleid herzustellen. Dies geschah in der Fabrik an der ‚Midway Plaisance‘ und lange ehe die Ausstellung ihr Ende erreichte, war hier ein Kleid von nie gesehener Pracht ausgestellt, das nicht schwerer oder unbequemer war, als die übliche ceremonielle Hoftracht.⁵⁷

Es ist unklar, ob das Kleid ein Geschenk der Glasfirma mit Blick auf die Werbewirkung war oder die Infantin dafür die Summe von \$ 2.500 bezahlte (s. Abb. 25). Ihr Ehemann Infant Antonio von Spanien schloss einen Vertrag mit der Libbey Glass Company ab, durch den sie zu seinem offiziellen Lieferanten für geschliffenes Glas wurde, wodurch sie wiederum fortan das Wappen des Infanten auf Schildern, Rechnungen und Etiketten verwenden durfte.⁵⁸

54 Wilson, Fair, 1966, S. 256–271. (8.8.2020)

55 Bezeichnend dafür ist eine Passage aus ihrem Buch *Court Life from Within: »Adventures in America [...]* Any one who makes a royal visit to any country must see it superficially; [...] If I had come to America as a person distinguished by intellect instead of merely by birth, I might have been very proud of the crowds that came to see me; and my contact with American life might have been an illuminating experience worth detailing. As it was, my apparent popularity could mean nothing to me personally, and my experiences, though pleasant, can mean nothing to anyone else.« (Eulalia, Court, 1915, S. 237)

56 Wilson, Fair, 1966, S. 262.

57 –, Weltausstellung, 1894, S. 417.

58 Field, Drama, 1893, S. 6; Fotografie des Vertrags zwischen der Libbey Glass Company und Infant Antonio von Spanien, unterzeichnet von seinem Privatsekretär Pedro Jover y Tovar (1855–1901), TMA.

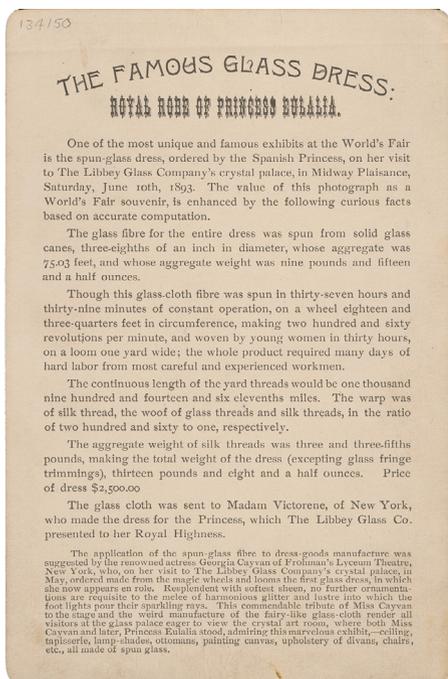


Abb. 25 Rückseite der Kabinettkarte zum Glasfaserkleid der Infantin Eulalia Chicago 1893, Druck auf Karton

Bei dem Glasfaserkleid (DM) handelte es sich, wie bereits beschrieben, nicht um eine Einzelanfertigung für die Prinzessin, sondern um die Kopie des Ausstellungsstücks (TMA). Ihr Kleid war somit zwar ohne Zweifel eine Besonderheit, andererseits aber auch nur eines von drei beinahe identischen Exemplaren, mit deren anderen Eigentümerinnen – einer Schauspielerin und einer bürgerlichen Fabrikbesitzergattin – sich die Infantin nicht auf einer gesellschaftlichen Ebene sah. Obgleich Infantin Eulalia für ihre modernen Ansichten bekannt war, spiegelt sich in den autobiografischen Publikationen ihr zeitlebens bestehendes Elitendenken wider.⁵⁹

Das Ehepaar, Infantin Eulalia und Infant Antonio, fuhr Ende Juni 1893 von New York nach Le Havre und anschließend nach Madrid, um der Königin-Regentin Christine von Spanien (1858–1929) und der spanischen Regierung Bericht zu erstatten.⁶⁰ Das

⁵⁹ Siehe dazu den folgenden Abschnitt aus ihrem Buch *Courts and Countries After the War*: »France is indeed a land of contradictions. Republicans in her government, she remains intensely aristocratic at heart, and she realises, perhaps even more so than England, the necessity of keeping the different classes apart – since the philosophy of the War shows that class cannot mix with any good result. Each class possesses a different mentality, and you cannot expect small minds to realise the value of a larger outlook.« (Eulalia, *Courts*, 1925, S. 19–20)

⁶⁰ Eulalia, *Fürstenthöfen*, 1936, S. 118.

Glasfaserkleid war in Chicago im Pavillon der Glasfirma ausgestellt und wurde der Prinzessin dann zugesandt.⁶¹ In der spanischen Zeitung *La Época* heißt es dazu:

Uno de los más curiosos obsequios que ha recibido Su Alteza en la República norte americana, consiste en un vestido de cristal, que, segun personas que le han visto, ofrece el aspecto de tisú de plats. Seguramente, el vestido de la Infanta será único en su clase en Madrid.⁶²

Von Madrid begaben sich Eulalia und ihr Ehemann im August 1893 nach Großbritannien, legten jedoch einen Halt in Paris bei der Mutter der Infantin, Ex-Königin Isabella II. von Spanien (1830–1904, reg. 1833–1868) ein.⁶³ Wenn das Glasfaserkleid nicht in Madrid verblieb, dann war es wohl ab diesem Zeitpunkt in Paris.⁶⁴ Das Kleid kann demnach auf einem der folgenden drei Wege nach München gelangt sein:

1. Infantin Eulalia ließ es nach ihrer Rückkehr aus den Vereinigten Staaten in Madrid, von wo sie oder ihre Schwester Infantin María de la Paz es nach einem ihrer Aufenthalte mitnahm.⁶⁵
2. Infantin Eulalia brachte es persönlich nach München.
3. Infantin Eulalia übergab es Infantin María de la Paz in Paris.⁶⁶ Sollte sich das Glasfaserkleid 1904 noch dort befunden haben, wäre es wahrscheinlich, dass es die Infantin ihrer Schwester im April gegeben hat, nachdem ihre Mutter am 9. des Monats verstorben war und ihr Haus verkauft wurde.⁶⁷

61 Libbey Glass Company, World's Fair, 1893.

62 –: Ecos madrileños. La recepción de los Infantes. In: *El Época* v. 9.7.1893, S. 2. Weitere Berichte finden sich in den Artikeln –: Madrid. In: *El Día* v. 9.7.1893, S. 1 und –: Sección de noticias. In: *El correo militar* v. 15.7.1893, S. 2.

63 Adalbert, *Revolutionen*, 1932, S. 192.

64 Eulalia, *Fürstenthöfen*, 1936, S. 120, 123, 135. Als Grund für die Trennung wurden dessen außereheliche Beziehung und die damit verbundenen Ausgaben für einen extravaganten Lebensstil angegeben, der sich aus dem gemeinsamen Vermögen und damit dem Erbe ihrer beiden Söhne, finanzierte: »Wir beide unterschrieben auf Wunsch des Anwaltes meiner Mutter im Beisein des spanischen Botschafters in Paris, Leon y Castillo, auf dem Konsulat das Schriftstück über unsere Trennung. Ich erhielt fortan meine Apanage, die er bis dahin, ohne mir etwas davon zu geben, verwaltet hatte. Jetzt hatte ich Ruhe und konnte ungestört bei meiner Mutter bis zu ihrem Ende bleiben.« (Eulalia, *Fürstenthöfen*, 1936, S. 126)

65 Infantin María de la Paz bewegte ihre jüngere Schwester erst 1922 zur Versöhnung mit ihrem Neffen, König Alfonso XIII. von Spanien (1886–1941), der sie 1911, wegen der Veröffentlichung ihres Buchs *Au fil de la vie* (Eulalia, Fil, 1911) vom spanischen Hof verbannt hatte. Nach einer Aussprache in Deauville reiste sie erstmals wieder nach Madrid (García Louapre, Eulalia, 1995, S. 282; Wilson, *Fair*, 1966, S. 253).

66 In den Jahren zwischen der Weltausstellung 1893 und der Schenkung des Kleides an das Deutsche Museum 1924 besuchten sich die Infantinnen Eulalia und María de la Paz regelmäßig an ihren Wohnorten in Paris und München. In Paris wohnte die Infantin am Boulevard des Invalides und nach der Trennung von ihrem Ehemann im März 1900 bis April 1904 im Palais de Castille bei ihrer Mutter. So verbrachte Infantin Eulalia im Januar 1894, Februar 1897 (Adalbert, *Revolutionen*, 1932, S. 193, 197) und Frühsommer 1914 Zeit bei ihrer Schwester in München (Eulalia, *Courts*, 1925, S. 9). Umgekehrt waren María de la Paz und ihr Ehemann Prinz Ludwig Ferdinand von Bayern mit ihrer Familie im Oktober 1896 und zu Weihnachten 1903 bis Februar 1904 in Paris.

67 García Louapre, Eulalia, 1995, S. 230–231.

Infantin Eulalia zog danach in ein Hotel, da sie sich meist auf Reisen aufhielt⁶⁸ und erwarb schließlich eine Wohnung in Paris⁶⁹ sowie ein Grundstück in der Normandie.⁷⁰ Die Reisetätigkeit wurde nur vom Ersten Weltkrieg unterbrochen. In dieser Zeit hielt sich die Infantin in Paris auf, zog aber nach Kriegsende zu ihrer Schwester in die Nähe von München, wo sie ein kleines Landhaus kaufte.⁷¹ Die folgenden Jahre verbrachte sie abwechselnd in Paris, München, Madrid, San Sebastian und Irun. Infantin Eulalia starb am 8. März 1958, 94jährig in ihrem Haus, der Villa Ataúlfo in Irun, nahe der spanisch-französischen Grenze und wurde im Pantheon der Infanten in der königlichen Klosterresidenz El Escorial beigesetzt.⁷²

Aufbewahrung im Deutschen Museum und im Bayerischen Nationalmuseum

Infantin María de la Paz von Spanien stiftete das Glasfaserkleid am 9. April 1924 dem Deutschen Museum.⁷³ Die Prinzessin und ihr Ehemann Prinz Ludwig Ferdinand von Bayern (1859–1949), der als Arzt in München tätig war, hatten reges Interesse an dem neuen Wissenschafts- und Technik-Museum gezeigt.⁷⁴ Für die technikhistorische Dimension der Institution war das Kleid wohl wegen des Herstellungskontexts auf der Weltausstellung und seiner Provenienz aus dem ehemaligen Herrscherhaus Wittelsbach bzw. Bourbon von besonderem Wert. Museumsgründer Oskar von Miller (1855–1934) bedankte sich am 10. April 1924 im Namen des Deutschen Museums für die Schenkung:

68 »Für mich begann jetzt das eigentliche Wanderleben. Ich ging zunächst mit meinen noch studierenden Kindern für einige Zeit nach Madrid und lebte von nun an abwechselnd in Spanien und Frankreich. Das hinderte aber nicht, daß meine Hauptbeschäftigung nach wie vor in Reisen bestand. Ich suchte meine Verwandten und Bekannten in verschiedenen Ländern auf und war fast ununterbrochen unterwegs. Das Schloß Galliera, die Höfe von Wien, London, Berlin und von vielen anderen fürstlichen Residenzen, Süddeutschland, Skandinavien, Rußland, verschiedene Meere und Flüsse sahen mich kommen und gehen und öfters auch wiederkehren, rastlos, mit erzwungenen Lächeln, das den anderen lustig, mir selbst aber traurig vorkam.« (Eulalia, Fürstenhöfen, 1936, S. 136–137)

69 29 Briefe Infantin Eulalia an Prinzessin Maria de la Paz 1916 u. o. D, BayHStA, Geheimes Hausarchiv München, Nachlass Prinz Ludwig Ferdinand.

70 Eulalia, Court, 1915, S. 239–240, Eulalia, Fürstenhöfen, 1936, S. 136.

71 García Louapre, Eulalia, 1995, S. 281, 291. Besagtes Landhaus liegt am Tegernsee (Eulalia, Courts, 1925, S. 147).

72 García Louapre, Eulalia, 1995, S. 299, 304–307.

73 Ihre Schwester, die Infantin Eulalia hielt sich einige Monate zuvor, im Herbst 1923 (García Louapre, Eulalia, 1995, S. 290) und spätestens wieder zum Jahreswechsel 1925 in München auf. Sie zog jedoch im selben Jahr nach Madrid, vermutlich vor der feierlichen Eröffnung des neuen Ausstellungsbaus des Deutschen Museums am 7. Mai 1925. María de la Paz war bis Anfang Februar 1924 mit ihrer Familie in Spanien, reiste dann über Rom nach München zurück und verbrachte den Herbst in London.

74 Abgesehen von dem Glasfaserkleid stifteten sie dem Museum eine Materialsammlung von Hölzern, Früchten und Blättern (Fachbereich 810 Bautechnik, Inv. Nr. 1924-52001, Zugang 30.4.24), ein Gewebestück aus Seide (Fachbereich 580 Textiltechnik, Inv. Nr. 11045, Zugangsdatum unbekannt) und verschiedene spanische Musikinstrumente (Fachbereich 590 Musik, Inv. Nr. 26932-26938, Zugangsdatum unbekannt).

Ihre Kgl. Hoheit Prinzessin Ludwig Ferdinand, München Fürstenstr. 1⁷⁵ Euere Kgl. Hoheit hatten die Gnade uns ein aus Glasfäden hergestelltes Gewand der Infantin Eulalia von der Ausstellung in Chicago zu überweisen. Wir möchten daher nicht versäumen Euere Kgl. Hoheit zu bitten für diese interessante Bereicherung unserer Sammlung unseren verbindlichsten Dank entgegennehmen zu wollen und verharren mit dem Ausdruck aufrichtigster Verehrung als Euer Kgl. Hoheit ergebenstes D. Oscar. v. Miller.⁷⁶

Als das Glasfaserkleid 1924 in den Besitz des Deutschen Museums in München kam, wurden die Ereignisse rund um den Besuch der spanischen Delegation auf der World Columbian Fair erneut in der internationalen Presse thematisiert.⁷⁷ Das Glasfaserkleid wurde im Museum unter der Nummer 1924-51952 inventarisiert und der Gruppe Textilindustrie zugeordnet, die seit 1960 mit Fachgebiet Textiltechnik bezeichnet wurde. Auf der Karteikarte der Exponatverwaltung⁷⁸ ist das Kleid identifiziert und einem Standort im Depot zugeordnet.⁷⁹ Aus einer Korrespondenz zwischen Annemarie Diem (1952–1974), der Sekretärin des Oberkonservators Max Rauck (1907–1996), mit dem Toledo Museum of Arts 1968, geht hervor, dass das Kleid im Museum zwar aktuell nicht, aber vormals ausgestellt gewesen sei:

Es [das Glasfaserkleid] wurde früher in der Abteilung Textiltechnik gezeigt, wir würden es aber, wenn es wieder hergerichtet ist, neben der Glasseidenziehmaschine in einer Wandvitrine aufstellen.⁸⁰

Durch die offiziellen Ausstellungsführer, Objektlisten und Notizen zu Führungen konnte diese Aussage von Annemarie Diem allerdings nicht belegt werden: Im Deutschen Museum wurde das Glasfaserkleid anscheinend weder in der Dauerausstellung Textil-

⁷⁵ Die Familie des Prinzen Ludwig Ferdinand wohnte im Schloss Nymphenburg, zog jedoch von 1919 bis Sommer 1924 dauerhaft ins Stadtpalais Ludwig Ferdinand am Wittelsbacherplatz 4, mit dem Haupteingang Richtung Odeonplatz, ehemals Fürstenstraße 1 (Walker, References, 1858), heute Kardinal-Döpfner-Straße 3.

⁷⁶ Miller an Prinzessin Ludwig Ferdinand, 10.4.1924, DMA, VA 2070 Textilindustrie 1919–1925, M–Z.

⁷⁷ Associated Press: Museum Gets Glass Dress. In: New York Times v. 28.11.1924, S. 2.

⁷⁸ Am 2. April 1952 wurde der Erhalt des Kleides nach den Kriegsschäden am Museumsbestand bestätigt, ersichtlich am Stempel und dem roten Haken in der rechten oberen Ecke der Karteikarte. Um 1960 erfolgte die Übertragung von Inventarnummer, Beschreibung, Stifterin und Zugangsdatum von der ursprünglichen Karteikarte des Exponats auf eine neue, die mit der Abteilungsbezeichnung »Textiltechnik«, an Stelle von »Textilindustrie« versehen war. Später wurde auf beiden Karten von der Exponatverwaltung handschriftlich die neue, museumsinterne Systematik hinzugefügt, die auf eine digitale Erfassung des Museumsbestands ausgelegt war. Das Glasfaserkleid ist dem Fachbereich 580 Textiltechnik, Bereich 07 (ehem. 02) Textile Erzeugnisse, Gruppe 07 Sonstige Erzeugnisse zugeteilt. Ebenfalls handschriftlich, aber wohl von einer anderen Person ist der Standort mit »D22-26d«, also Depot 22, Schrank 26d vermerkt (Hinweis Winfried Glocker, Deutsches Museum München, 11.8.2015).

⁷⁹ Karteikarte zu Inv. Nr. 1924-51952, DMO, Exponatverwaltung.

⁸⁰ TMA, Korrespondenz zwischen Otto Wittman und Annemarie Diem, 4.9.1968.

industrie (Raum 305 bis 312, ab 1925), noch bei den Glas-Fertigfabrikaten in der Abteilung Baumaterialien, Hochbau (Raum 228, eingerichtet 1927) gezeigt.⁸¹ Die Präsentation der Abteilung Textilindustrie war bereits im Oktober 1923, also einige Monate vor der Schenkung des Kleids, fertiggestellt worden.⁸² Die Herstellung von Glasfasern bzw. deren Weiterverarbeitung zu Geweben stand in den 1920er Jahren erst am Übergang von handwerklichen zu maschinellen Verfahren. Das Gewebe des Glasfaserkleids als handgefertigtes Produkt entstammt einer Phase vor dieser technologischen Entwicklung, deren spätere Bedeutung für die Textil-, Elektro- und Leichtbautechnik damals noch nicht abzusehen war. Das mag mit ein Grund dafür gewesen sein, warum Glasfasern in dieser Ausstellung nicht thematisiert wurden.

Beim Wiederaufbau des Museums nach dem Zweiten Weltkrieg wurde die Textilabteilung zunächst provisorisch mit den erhaltenen bzw. wieder instandgesetzten Maschinen im Erdgeschoss aufgestellt.⁸³ Die Neugestaltung der Ausstellungsräume im zweiten Obergeschoss begann im Herbst 1959 und zielte darauf ab, sowohl Laien als auch Fachleuten die Geschichte und die moderne Textiltechnik mit ausgewählten, repräsentativen Exponaten zu vermitteln.⁸⁴ Das Glasfaserkleid fand keinen Platz in der Ausstellung, vermutlich weil es in den 1950er Jahren bereits zu stark beschädigt war.⁸⁵

81 Vgl. dazu die Führer durch die Ausstellung (Deutsches Museum, Museum, 1925, S. 65–66; Deutsches Museum, Museum, 1928, S. 59, S. 81–83; Deutsches Museum, Museum, 1935, S. 100, S. 128–131; Deutsches Museum, Museum, 1942, S. 400–409) sowie die Verwaltungsberichte der Geschäftsjahre 1921–49, die Sitzungsprotokolle der Jahre 1924–1940 (DMA, VA 3971–3973) und die Führungsvorträge in der Abteilung Textilindustrie. (DMA, VA 6037–6038)

82 In acht Räumen wurden hier die Stufen der Textilerzeugung von den Gespinnstfasern, über Spinnverfahren, Verarbeitung von Flachs, Hanf und Seide, verschiedenen textilen Techniken (Weben, Nähen, Sticken, Wirken), Beispiele typischer Gewebe und der Prüfung von Geweben gezeigt. Mit historischen Maschinen sowie Nachbildungen, Faser- und Gewebeproben, Schautafeln, Modellen und Abbildungen erhielten die BesucherInnen, einen nach technikhistorischen Entwicklungen geordneten Überblick. Mineralische Fasern, zu denen die Glasfasern zählen, waren durch Proben von Asbestfasern und Metallfäden vertreten. (DMA, Verwaltungsberichte der Geschäftsjahre 1921–1923, S. 3; Johannsen, Textilindustrie, 1925)

83 An der Aufstellung vor dem Krieg war die große Menge oft ähnlicher Ausstellungsgegenstände bemängelt worden, die nicht alle Arbeitsvorgänge beachteten. Das neue Konzept war 1953 bis 1955 von Kurator Dr. Wißner in Zusammenarbeit mit den Herren Obering und Hentschel vom Textilnormenausschuss entworfen worden. (Abteilung Textil-Technik im Deutschen Museum, Januar 1960, DMA, VA 2082 Textiltechnik A–Z 1962–1966)

84 Vgl. dazu die Beschreibung der Ausstellung in Glaubitz, Textilschau, 1966, S. 86. Einen Katalog zur Ausstellung der Abteilung Textiltechnik in den 1960er Jahren gab es nicht. (Wißner an Lehmann, April/Mai 1966, DMA, VA 2082 Textiltechnik A–Z 1962–1966)

85 Dies galt auch bei der Modernisierung der Textilabteilung 1972, die anlässlich der Olympischen Spiele in München unter dem Kurator Horst Tietzel durchgeführt wurde. (DMA, VA 2083 Textiltechnik A–G SVI3, Bekleidungs-technik 1967–1674 und VA 2084 Textiltechnik L–Z SVI3, Bekleidungs-technik 1967–1674)

1988 gab es Bestrebungen, das Kleid in der Glastechnik-Abteilung zu präsentieren, die 1990 eröffnet wurde.⁸⁶ Im Bereich »Textilfasern: Traditionelle Verwendung« sollten »Objekte ausgestellt werden, die ursprünglich aus Glasfasern hergestellt worden sind.«⁸⁷ Bei den Vorbereitungen für dieses Ausstellungselement waren beim Münchner Stadtmuseum und im Bayerischen Nationalmuseum Erkundigungen über eine mögliche Restaurierung und Beschaffung einer Figurine eingeholt worden. Aus Zeitmangel entschied man sich gegen eine Präsentation und stufte das Kleid als nicht ausstellbar ein.⁸⁸ Es wurde stattdessen eine lebensgroße Fotografie des Kleids von Florence Scott Libbey (TMA) als Hintergrund zum Eingangstext gezeigt,⁸⁹ (s. Abb. 26).



Abb. 26 Schautafel mit dem Kleid von Florence Scott Libbey in der 1990 eröffneten Glastechnik-Ausstellung des Deutschen Museums

⁸⁶ Die Neuaufstellung erfolgte unter der Koordination von Günter Knerr (München, Deutsches Museum, Kurator), Winfrid Glocker und Ilse Keßler (München, Deutsches Museum, Innenarchitektin). Mdl. Mittlg. Winfrid Glocker, Deutsches Museum, 28.1.2015, 11.8.2015, 6.6.2018.

⁸⁷ Akten von Dr. Margarete Benz-Zauner (München, Deutsches Museum, Kuratorin), Abteilung Glastechnik, Ausstellungselement FAST 4, DMA.

⁸⁸ Mdl. Mittlg. Winfrid Glocker, Deutsches Museum, 19.2.2016.

⁸⁹ Die Ausstellungsflächen der Textiltechnik und Glastechnik wurden bzw. werden im Rahmen der Zukunftsinitiative des Deutschen Museums beräumt. Teile der Sammlungen, zu denen jedoch das Glasfaserkleid nicht zählt, sollen bei der Neueröffnung des Museums in der Ausstellung Werkstoffe, Energie und Produktion wieder gezeigt werden. (Deutsches Museum, Museum, 2017, S. 25.)

⁹⁰ Die Figurine mit der Konfektionsgröße 42 wurde am 14.7.1926 bei der Firma Herrmann Seiz München um M 22,50 angekauft und im Deutschen Museum mit der Inventarnummer 1926-56718 versehen (Exponatbogen zu Inv. Nr. 1924-51952, DMO, Exponatverwaltung).

Diese Aufnahme mit der Lichtbildnummer 3122 wurde vermutlich von der Bildstelle des Museums in Auftrag gegeben.⁹¹ Die nächsten Aufnahmen entstanden am 1. Juli 1969 und zeigen das Kleid im Depot auf der Schaufensterpuppe. In den 1980er Jahren wurden erneut Fotografien angefertigt,⁹² die das Exponat in der Form, wie es bis heute nachweisbar ist, abbilden: der Rock mit losen Fransen und einer Schleife sind erhalten (s. auch Abb. 70–74, S. 177–178). Diese Fotodokumentation entstand wohl, nachdem das Kleid am 4. Februar 1983 aus dem Bayerischen Nationalmuseum abgeholt worden war⁹³ – einen Tag zuvor war im Atelier für Textilrestaurierung ein Verwahrungsvertrag rückwirkend angelegt worden.⁹⁴ Seit wann sich das Stück außer Haus befunden hatte ist derzeit nicht klar, möglicherweise war es bereits kurz nach den Aufnahmen von 1969 zur Aufbewahrung übergeben worden. Das Kleid wurde nach der Abholung im Deutschen Museum im Depot 3 bei Schrank 5 aufbewahrt.



Abb. 29 Aufnahme des Glasfaserkleids im Depot des Deutschen Museums, 1. Juli 1969

91 »Photografien. Die Lichtbildstelle des Museums besitzt über 5000 Negative der wichtigsten Originale, Nachbildungen, Modelle, Bilder und Porträts aus den Sammlungen, wovon Papierabzüge, Diapositive und Vergrößerungen zu beziehen sind. Arbeitsmappen liegen im Verwaltungsbau, Zimmer 17, auf.« (Deutsches Museum, 1935, S. 10) Ein Abzug der Fotografie auf Albuminpapier im Format 6 × 6 cm ist auf der Rückseite der Karteikarte zum Glasfaserkleid aufgeklebt, das originale Negativ ist nicht erhalten. (Karteikarte zu Inv. Nr. 1924-51952, DMO, Exponatverwaltung) Unter der Bildnummer 3122 ist heute nicht mehr die Fotografie des Glasfaserkleides zu finden (Hinweis DMA).

92 Hinweis zur Datierung von Manfred Spachholz (München, Deutsches Museum, Exponatverwaltung), München 1.4.2015. Die Abbildung ist auch in zwei Artikeln zu sehen, die unter anderem das Glasfaserkleid behandeln: –, *Fashion*, 1987, S. 9; Thoquet, *Kleider*, 2007, S. 123.

93 »Datum der Meldung: 4.2.1983/le Inv. Nr. ? zu 51952 Bitte Abholung eines Glasfaserkleides vom Bayer. Nationalmuseum, Prinzregentenstrasse 3, München 22, Ansprechperson: Barbara Wagner, Tel. 21681 D3, An Herr Lechner« (Auftragsschein, Exponatbogen zu Inv. Nr. 1924-51952, DMO, Exponatverwaltung, Durchstreichung im Original)

94 Wagner, Arbeitskalender 1983, Bayerisches Nationalmuseum München (im Folgenden BNM), Textilrestaurierung.

Im September 1988 gab es wieder einen Austausch mit der Abteilung Textil im Bayerischen Nationalmuseum⁹⁵ und der Rock wurde zunächst in Amtshilfe in eine Kostümschachtel verpackt. Am 29. Januar 1990 brachte Horst Tietzel (München, Deutsches Museum, Kurator), das Kleid erneut ins Bayerische Nationalmuseum zur Aufbewahrung.⁹⁶ Im Deutschen Museum lief der Rock seitdem unter der Verwahrungsvertragsnummer V1990/0054,⁹⁷ im Bayerischen Nationalmuseum wurde 1995 die Inventarnummer L95/95 für die unbefristete Leihannahme vergeben. Im Dezember 1999 erstellten Dagmar Drinkler, Textilrestauratorin, und Dr. Brigit Borkopp (München, Bayerisches Nationalmuseum, Kuratorin), eine Zustandsbeschreibung, die im November 2001 von Barbara Wagner, Textilrestauratorin, ergänzt wurde. Bis Juni 2014 war der Rock in einer Kostümschachtel, eingeschlagen in säurefreies Seidenpapier, gelagert. Für eine erste Sichtung zu vorliegender Arbeit wurde der Rock im Depot ausgepackt und im März 2015 in das Atelier für Textilrestaurierung gebracht. Am 16. Januar 2017 erfolgte der Rücktransport der erhaltenen Bestandteile ins Deutsche Museum, wo es im Restaurierungsforschungslabor weiter untersucht und restauriert wurde.⁹⁸

In Tabelle 2 (siehe S. 58–59) sind die Eckdaten zur Geschichte von Infantin Eulalias Glasfaserkleid chronologisch zusammengefasst und zu den anderen zwei erhaltenen Kleidern in Relation gesetzt. Details zur Aufbewahrung und Ausstellung dieser Vergleichsstücke, die Archivalien, Ausstellungskatalogen und anderen Publikationen entnommen wurden, folgen im nächsten Abschnitt. Die Tabelle endet mit der Dokumentation der Objektuntersuchungen für die vorliegende Studie.

⁹⁵ »Datum der Meldung: 4.2.1983/le Inv. Nr. ? [sic] 51952 laut Fr. Pfister 6.7.88 Bitte Abholung eines Glasfaserkleides vom Bayer. Nationalmuseum, Prinzregentenstrasse 3, München 22, Ansprechperson: Barbara Wagner, Tel. 21681-292 Frau Dr. Durian Kontakt am 13.9.88 Fr. Dr. Durian/Fr. Näher z. Zt. D3 auf Schr. 5 7.8.85/Glo, An Herr Lechner« (Auftragsschein Durchschlag fortgeschrieben, Exponatbogen zu Inv. Nr. 1924-51952, DMO, Exponatverwaltung); »[13.9.1988] 16h Dt. Museum« (Elfriede Näher, Arbeitskalender 1988, BNM, Textilrestaurierung).

⁹⁶ Hinweis Barbara Wagner (München, Bayerisches Nationalmuseum, Textilrestauratorin) und Dagmar Drinkler (München, Bayerisches Nationalmuseum, Textilrestauratorin); Notizen zum Leihvertrag.

⁹⁷ Leihvertrag zwischen dem Deutschen Museum, vertreten durch den Generaldirektor Dr. Otto Mayr (*1930) und dem Bayerischen Nationalmuseum, vertreten durch die Textilkuratorin Dr. Saskia Durian-Ress (München, Bayerisches Nationalmuseum, Kuratorin), unterzeichnet am 18. respektive 20. Dezember 1989. Verlängerung am 1.12.2004, Umwandlungsvertrag mit dem BNM, läuft intern weiterhin als V1990/0054 (DMO, Datenbankeintrag MuseumPlus).

⁹⁸ Für den Transport wurde der Rock abgedeckt und flach liegend auf einer archivbeständigen Wabenkartonplatte in eine Box aus demselben Kartonmaterial und Holz gelegt. Diese Kiste konnte von der Textilwerkstatt im BNM horizontal in den Transportwagen gelegt und ebenso transferiert werden.

Tabelle 2 Herstellung, Nutzung und Musealisierung der Glasfaserkleider von Florence Scott Libbey im Toledo Museum of Arts (TMA), von Infantin Eulalia im Deutschen Museum (DM), Georgia Cayvan (Ort unbekannt) und von Ellen Jaqua im New Brunswick Museum (NBM)

Herstellung		
1892	Prototyp Hermann Hammesfahr für Libbey Glass Company, Toledo, Ohio	–, Company, 1893, S. 48
1893/06	Nachbildung für Georgia Cayvan (Verbleib unbekannt) Hermann Hammesfahr für Libbey Glass Company, Chicago, Illinois Nachbildung für Infantin Eulalia von Spanien Hermann Hammesfahr für Libbey Glass Company, Chicago, Illinois	Field, Drama, 1893, S. 32–34 Libbey Glass Company, World's Fair, 1893, S. 9–11, 13–14
1900	Kleid für Ellen Jaqua Dresden, Deutschland/Paris, Frankreich (?)	Gilliams, Wonders, 1902, S. 95
Nutzung		
1893	Zeichnung, Kleid getragen von Georgia Cayvan	Field, Drama, 1893, S. 32
1893–1924	Fotografie, Kleid getragen von Infantin Eulalia	Privatsammlung
1902	Fotografie, Kleid getragen von Ellen Jaqua	Gilliams, Wonders, 1902, S. 95
1930	Fotografie, Kleid getragen von Ethel Newcombe	Donnell, Dress, 1930
1930er Jahre	Fotografie, Kleid getragen von einem unbekanntem Modell	TMA
1980er	Fotografie, Kleid angelegt von einem unbekanntem Modell	TMA
Musealisierung		
1924/04/09	Schenkung durch Infantin María de la Paz Deutsche Museum, München, Inv. Nr. 1924-51952	Exponatbogen zu Inv. Nr. 1924-51952, DMO, Exponatverwaltung
1925/09	Schenkung des Prototyps durch Florence Scott Libbey Toledo Museum of Arts, Toledo, Ohio, Keine Inventarisierung	TMA

Musealisierung

1926	Kauf einer Schaufensterpuppe, Inv. Nr. 1926-56718	DMO
1920er Jahre	Fotografie, Kleid auf der Schaufensterpuppe vor Vitrine	DMO
1930	Schenkung durch William Hewitt Mercer New Brunswick Museum, St. John, New Brunswick, Inv. Nr. 14441	Fotografie, NBM, X16048
1938	Textiltechnologische Analyse an originalen Gewebeproben	Plummer, Fiber Glass, 1938, S. 726
1939	Messung des Durchmessers und der Zugfestigkeit Faserproben	Anderegg, Strength, 1939, S. 298
1951/01	Ausstellung »Libbey Glass Historic Exhibition«, TMA	-: Exhibit Markes Anniversary of '93 World Fair. Nostalgic Relics Shown at Historical Society. In: Chicago Daily Tribune v. 23.8.1953, S. 1-2.
1953	Ausstellung »World Columbian Exposition«, Chicaco History Museum	TMA
1968	Korrespondenz TMA-DM, Otto Wittman und Annemarie Diem	TMA
1968	Ausstellung »Libbey Glass. A Tradition of 150 Years 1818-1968«, TMA	The Toledo Museum of Arts, Glass, 1968
1969/07/01	Fotografie, Kleid auf der Schaufensterpuppe	DMA, L2959/05a, -/06a, -/10a
1983/04/02	Transport vom BNM ins DM	DMO
1986	Korrespondenz CMG-DM, Jane Shadel Spillman und Winfrid Glocker	-, Fashion, 1987
1986	Fotografie, Rock auf Kleiderhaken	DMO
1986	Ausstellung »Glass From World Fairs 1851-1901«, CMG	Spillman, Glass, 1986
1990	Transport vom BNM ins DM	Verwahrungsvertrag V1990/0054
1991/03/14-	Restaurierung, Dokumentationsaufnahmen, Konservierung und	TMA
1992/11/02	Verpacken (Helene von Rosenstiehl, Gina Bianco)	
1995/08/06	Leihvertrag im BNM für Inv Nr. L95/95	Objektdatenbank BNM
2001	Textiltechnologische Analyse	Objektdatenbank BNM
2004	Ausstellung des Oberteils »Unseen Art«, TMA	Ausstellungstext, Sept. 2004, TMA
2005	Korrespondenz TMA-DM, Julie McMaster und Winfrid Glocker	DMO
2005	Korrespondenz TMA-NBM, Julie McMaster und Peter Laroque	DMO
2014-2017	Textiltechnologische Analyse, Zustandsbewertung	Vgl. dazu Kat. Nr. 7.5, S. 266-269
2015	Korrespondenz DM-TMA, Charlotte Holzer mit Julie McMaster	DM, E-Mail Server
2015	Korrespondenz DM-NBM, Charlotte Holzer mit Peter Laroque	DM, E-Mail Server
2016/05 u. 10	Textiltechnologische Analyse, Zustandsbewertung	Vgl. dazu Kat. Nr. 7.6, S. 270-271
2016/10	Textiltechnologische Analyse, Zustandsbewertung	Vgl. dazu Kat. Nr. 7.7, S. 271-274
2016-2019	Restaurierung, Dokumentationsaufnahmen	Holzer, Dokumentation, 2020
2017/01/16	Transport vom BNM ins DM	DMO

Das Glasfaserkleid von Florence Scott Libbey im Toledo Museum of Arts

Anlässlich der Gegenüberstellung des Kleids von Infantin Eulalia (DM) mit dem von Florence Scott Libbey (TMA) und dem von Ellen Jaqua (NBM) wurden auch die Archivalien zu deren Geschichte als Museumsexponate verglichen.⁹⁹ Bei dem Glasfaserkleid in Toledo, Ohio handelt es sich um das erste Ausstellungsstück, das nach dem Ende der Weltausstellung in den Besitz von Florence Scott Libbey ging und heute vollständig erhalten ist. Das Ehepaar Libbey veranlasste die Vernichtung privater Dokumente nach ihrem Tod, sodass diese heute nicht als Quellen für eine eventuelle Nutzung des Glasfaserkleids im Privatbesitz zur Verfügung stehen.¹⁰⁰ Im September 1925 stiftete Florence Scott Libbey das Kleid gemeinsam mit einem Schirm aus derselben Produktion (vgl. Kat. Nr. 7.3) dem Toledo Museum of Arts.¹⁰¹ Es wurde nicht inventarisiert, der Archivbestand und das vorhandene Bildmaterial zeugen aber davon dass es über das Kleid einen regen Austausch mit lokal ansässigen ForscherInnen und Glasfaser-/ TextilspezialistInnen weltweit gab. So untersuchte Carl Fauster der von 1940 bis 1969 Advertising Director bei Libbey Glass war, die historische Dimension des Exponats besonders intensiv.¹⁰² Frederick O. Anderegg (Newark, OH, Owens-Corning Fiberglas Cooperation, Glasforscher, tätig um 1939), ermittelte während seiner Forschungen zur Festigkeit von industriell gefertigten Glasfasern den Faserdurchmesser und die Zugfestigkeit an Proben dieses Kleids.¹⁰³ Fotografien aus den 1930er und ca. 1980er Jahren, auf denen Mannequins mit dem Kleid posieren, zeigen, dass das Exponat in der Vergangenheit im Museum getragen wurde.¹⁰⁴ Dabei entstand auch jene Aufnahme, die in der Glastechnik-Ausstellung des Deutschen Museums von 1989 bis 2022 an Stelle des Originals verwendet wurde.

1951 wurde das Kleid im Toledo Museum of Arts in der Libbey Glass Historic Exhibition präsentiert, wie auch 1953 in der von der Chicago Historical Society organisierten Jubiläumsausstellung zu 60 Jahren Weltausstellung im Chicago History Museum (s. Abb. 31).¹⁰⁵ Im Jahr 1968 feierte die Libbey Glass Company ihr 150-jähriges Bestehen und zu

99 Umfangreiche Hinweise gaben der Autorin die Archivarin Julie McMaster in Gesprächen vor Ort in Toledo sowie der Kurator Peter Laroque in St. John, New Brunswick (2016). Zudem konnte die E-mail Korrespondenz zwischen dem Textilkurator im Deutschen Museum, Winfrid Glocker und Julie McMaster aus dem Jahr 2005 eingesehen werden (Korrespondenz im Exponatbogen, DMO, Exponatverwaltung).

100 Skrabec, *Glassmaker*, 2011, S. 194.

101 »Sept. 1925. Apparatus. Glass dress & parasol. Made of spun glass. Ex. At World Columbian Exp. Chicago – 1893. Gift of Mrs. E. D. Libbey. No value.« (Kopie aus dem Eingangsbuch, 1925, TMA) Die Schenkung steht folglich nicht mit dem plötzlichen Tod von Edward D. Libbey, am 13. November 1925 in Verbindung.

102 Fauster an Bentley, 12.8.1969 und Bentley an Fauster, 10.7.1969, TMA; Fauster, *Mementos*, 1979; Fauster, *Glass*, 2006; Fauster, *Glass*, 1979.

103 Anderegg, *Strength*, 1939, S. 298.

104 Siehe dazu den Vergleich im Abschnitt »Schäden durch die Lagerung und Handhabung« ab S. 175–179.

105 In einem Zeitungsbericht der Chicago Daily Tribune heißt es dazu: »A surprise to the younger generation will be the glass dress exhibit, providing that synthetic fibers are by no means the recent invention. The dress, of spun glass, was manufactured on the fair grounds.« –: Exhibit Markes Anniversary of '93 World Fair. Nostalgic Relics Shown at Historical Society. In: Chicago Daily Tribune v. 23.8.1953, S. 1–2.



Abb. 30 Ausstellung des Kleids von Florence Scott Libbey zur »Libbey Glass Historic Exhibition« in Toledo 1951; Kat. Nr. 7.6
FotografIn unbekannt; Toledo, OH 1951



Abb. 31 Präsentation von Florence Scott Libbeys Glasfaserkleid (TMA) im Chicago History Museum 1953, s. Abb. 34
FotografIn unbekannt, Chicago 1953

diesem Ereignis wurde auch das Glasfaserkleid von Florence Scott Libbey in Toledo, OH gezeigt.¹⁰⁶ Für die Präsentation in den 1950er und 60er Jahren wurde das Kleid zeitgenössischen Schaufensterpuppen angezogen, ohne weitere unterstützende Schichten, wie z. B. Unterröcke (s. Abb. 29, 30).

Nach der Ausstellung 1968 beließ man das Kleid auf einer Figur und lagerte es so bis in die frühen 1990er Jahre. Das Depot befand sich neben dem Aufnahmeraum des Konzertsais im Museum, im sogenannten Peristyle Building, wo unter anderem auch eine Modepuppensammlung aufbewahrt war. Um 1990 wurden die Exponate nach einem Wassereintritt aus dem Raum entfernt und das Kleid wurde von der Figurine genommen.¹⁰⁷ In der Folge beauftragte das Museum die zwei New Yorker Textilrestauratorinnen Helene von Rosenstiehl und Gina Bianco (New York, Restauratorinnen, tätig 1970er–2000er Jahre) mit der Entwicklung einer neuen Aufbewahrungslösung. 1991 bis 1992 führten sie eine Oberflächenreinigung durch und verpackten Oberteil, Rock und Schirm in drei separaten Aufbewahrungskartons,¹⁰⁸ (s. Abb. 31).

Die Anfrage zur Ausstellung von Judy Sikorski (*1939), einer Organisatorin der »Founders Day Celebrations« 1998 im nahegelegenen Rossford, wurde abgelehnt, mit Hinweis auf aktuelle Erhaltungsprobleme.¹⁰⁹ 2004 fand die Sonderausstellung *Unseen Art* im Toledo Museum of Arts statt, für die das Oberteil und der Schirm aus dem Depot geholt und in der Aufbewahrungsbox liegend präsentiert wurden. Bei den textiltechnologischen Analysen und der Zustandsbewertung durch die Autorin im Mai und Oktober 2016 konnten jeweils die oben aufliegenden Seiten der Exponate sowie weitere Glasfasertextilien untersucht werden.

Im Toledo Museum of Arts wird durch Ankäufe und die Annahme von Schenkungen der Bestand von Glasfasererzeugnissen der Libbey Glass Company und historischen Dokumenten zu den Ereignissen auf der Weltausstellung bis heute aktiv erweitert. Das Museum besitzt neben dem Kleid einen Sonnenschirm, eine Weste (vgl. Kat. Nr. 7.4), zwei Krawatten (vgl. Kat. Nr. 4.3), eine Anstecknadel (vgl. Kat. Nr. 4.1) und eine Gewebeprobe aus der Produktion von 1892/93,¹¹⁰ (s. Abb. 32).

106 The Toledo Museum of Arts, *Glass*, 1968. Eine Fotografie der Ausstellung ist publiziert in Fauster, *Glass*, 1979, S. 228.

107 Frdl. mdl. Mittlg. Julie McMaster, Toledo Museum of Arts, 5.5.2016.

108 Korrespondenz und Restaurierbericht Rosenstiehl, 14.3.1991–2.11.1992, TMA.

109 Al McKay: Historic Gown of Glass Sought for Rossford Gala. Borrowing One Owned by Museum is Doubtful Because of its Fragility. In: Toledo Blade v. 18.7.1996, S. 1–2.

110 Die Objektsammlung wird ergänzt durch drei Exemplare der Kabinettkarten, die das Kleid von Infantin Eulalia zeigen sowie zwei Exemplare von Kate Fields *A Drama of Glass*, das die Hintergründe zur Entstehung der Kleider publikumswirksam aufbereitet.



Abb. 32 Dokumentationsaufnahmen vor der Restaurierung 1991–1992; Kat. Nr. 73
Fotografin unbekannt, Toledo, OH 1991–1992



Abb. 33 Sonnenschirm aus dem Besitz von Florence Scott Libbey (TMA); Kat. Nr. 73

Die Quellenrecherche zum Zeitraum, in dem das Glasfaserkleid aus dem Deutschen Museum im Besitz von Infantin Eulalia war, erbrachte wenig neue Erkenntnisse, da sie es weder in ihren Memoiren noch in den gesichteten Briefen erwähnte. Durch ein Foto lässt sich jedoch belegen, dass die Infantin ihr Kleid nachweislich getragen hat. Bis heute ist unklar, wie genau es in den Besitz ihrer Schwester Infantin María de la Paz gelangte, die das Kleid 1924 dem Deutschen Museum stiftete. Der Vergleich der Ausstellungs- und Aufbewahrungsgeschichten von Infantin Eulalias Glasfaserkleid (DM) mit dem von Florence Scott Libbey (TMA) zeigte, dass jenes im Deutschen Museum vermutlich nur im Depot verwahrt wurde, während das Kleid im Toledo Museum of Arts vier Mal ausgestellt war. Fotografien dokumentieren, wie sich der Erhaltungszustand von Infantin Eulalias Glasfaserkleid zwischen 1926 und 1969 drastisch verschlechterte und der Standort des Oberteils spätestens seit den frühen 1980er Jahren nicht mehr bekannt ist. Zwischen 1969 und 2017 war es zweimal für einige Jahre als Dauerleihgabe im Bayerischen Nationalmuseum München. Hier nahmen auch die Recherchen zu den Ursprüngen und textiltechnologischen Entwicklungen historischer Glasfasertextilien für die vorliegende Studie ihren Anfang. Im nächsten Kapitel werden die Anwendungen der aus Glas gezogenen Fasern vorgestellt, wobei das Glasfaserkleid der Infantin Eulalia (DM) auch im größeren Kontext der frühen Glasfasertechnologie verortet wird.



Abb. 34 Präsentation von Florence Scott Libbeys Glasfaserkleid (TMA) im Chicago History Museum 1953, Ausstellung zum 60jährigen Jubiläum der »World Columbian Exposition« von 1893
 FotografIn unbekannt, Chicago 1953

Historische Textilglasfasern

Historische Glasfasern sind durch das Herstellungsverfahren, die Verarbeitung von Glasstäben- und röhren »vor der Lampe«, charakterisiert. Sowohl die Bearbeitung der erweichten Glasmasse in einer stabilen, gerichteten Flamme als auch das Ziehen von Fäden aus dieser Masse gehören zu den ältesten Techniken der Glasherstellung. Im Spätmittelalter entstand auf der Insel Murano bei Venedig ein Zentrum zur Glasbläserkunst, das durch die Geheimhaltung der Glasrezepte und Verarbeitungstechniken eine Monopolstellung in Europa entwickelt hatte. In der Renaissance erfuhr hier die sogenannte »Arbeit vor der Lampe« einen technologischen Aufschwung. Von Venedig aus verbreitete sich die Technik ab dem 16. Jahrhundert über den Kontinent, wobei die GlasbläserInnen ihr Material von den großen Glasproduktionsstätten, z. B. in Florenz, Nevers, Innsbruck oder Amsterdam, bezogen. In Mitteleuropa entstanden weitere Zentren in Thüringen und Böhmen, wo in Heimarbeit im Umfeld kleiner Glashütten gearbeitet wurde.¹ Seit dem späten 18. Jahrhundert brachten vor allem englische und deutsche EinwandererInnen ihre Glasbläsertraditionen in die Vereinigten Staaten.² Um die Jahrhundertwende 1900 setzte langsam die Entwicklung industrieller Fertigungsverfahren für Glasfasern ein, die die Arbeit vor der Lampe zunehmend obsolet machte.

Funktion der Glasfasererzeugnisse

Die Funktion von Glasfasertextilien in ihrem jeweiligen Entstehungszeitraum wird in diesem Abschnitt anhand schriftlicher Berichte von Zeitgenossen erläutert. Die Textpassagen konnten drei Sichtweisen auf Glasfasertextilien zugeordnet werden, die jeweils unterschiedliche Schwerpunkte setzen:³ Erstens: die HerstellerInnen und ihre ökonomische Motivation, zweitens: die kunsthandwerkliche Leistung, die unter anderem im Empfinden für die Ästhetik der Stücke Ausdruck fand, und drittens: Diskussionen über die Eignung von Glasfasern als textiler Faserstoff.

Ökonomische Motivation der HerstellerInnen

Glasfasertextilien entstanden innerhalb der etablierten Produktions- und Vermarktungsabläufe fahrender KunstglasbläserInnen bzw. in Textilmanufakturen. Der wirtschaftliche Nutzen für die HerstellerInnen lag vor allem in der Werbewirkung, die darauf beruhte,

1 Schack, *Glaskunst*, 1976, S. 22, 27, 48–56.

2 Dunham, *Lampworking*, 2002, S. 12–18; Drouet u. a., *Lion*, 2000, S. 3–6.

3 Die Einteilung erfolgte durch eine Analyse immaterieller Werte nach Appelbaum, die dafür den Begriff »value« einsetzt, um die Bedeutung, Wichtigkeit und Signifikanz eines erhaltenswerten Objekts zu fassen. (Appelbaum, *Conservation*, 2007, S. 86–119, 194–212.) Die Quellen wurden in der Rakow Research Library des Corning Museum of Glass eingesehen.

dass die Glasfaser ein unbekanntes und ungewöhnliches Material darstellte. Einerseits erfüllten die Erzeugnisse aus Glasfasern eine erzieherische Funktion bei den Vorführungen von GlasbläserInnen, die den Vorgang des Faserziehens und die Dehnbarkeit des erweichten Glases als materialtypisches Phänomen demonstrierten.⁴ Andererseits standen die erzeugten Anschauungsstücke aus den Vorführungen zum Verkauf. Glasfaser-textilien waren dabei in der Regel Einzelstücke, bedingt durch den aufwendigen Herstellungsprozess⁵ und die Arbeitsweise der GlasbläserInnen. Diese war auf kleine Stückzahlen ausgelegt und die Weitergabe der Fertigkeiten wurde meist auf den familiären Kreis beschränkt.⁶ Die Einnahmen der GlasbläserInnen setzten sich aus Eintrittsgeldern für Vorführungen und dem Verkauf ihrer Erzeugnisse zusammen. Dafür wurden verschiedene Strategien zur Vermarktung entwickelt:

- Aushängen von Werbetafeln und Plakaten
- Begrenzen der Schau auf einen gewissen Zeitraum
- Veröffentlichungen von Berichten in lokalen Zeitungen
- Vorbereiten und Anfertigen von kleinen Souvenirs zum Verkauf⁷
- Anbieten von schriftlichen Informationen zum Herstellungsprozess
- Engagieren einer bekannten Persönlichkeit als Werbeträger/in

Eine Ausnahme von der beschriebenen Praxis der Vermarktung stellten Dekorstoffe mit Glasfaserbrochierung dar. Sie entstanden im Kontext von ortsgebundenen Textilmanufakturen, wie bei Ignace Dubus Bonnel in Paris oder Louis Schwabe (1789–1845) in Manchester.⁸ Der Vertrieb fand in Verkaufsräumen in zentraler großstädtischer Lage statt.⁹ StoffhändlerInnen, wie die in London ansässigen Firmen Williams & Sowerby's oder Grand and Gask warben mit ihnen in eigens eingerichteten »Saloon[s] for the Royal Tissue de verre«.¹⁰

Zu den Preisen dieser Gewebe finden sich unterschiedliche Angaben, abhängig davon, mit welchen Faserstoffen oder textilen Erzeugnissen sie in Relation gesetzt wurden:

4 In Berichten von der Weltausstellung in Chicago heißt es dazu beispielsweise: »[...] the process of spinning, weaving and braiding glass fibre – all of them most interesting and instructive [...]« (Flinn, Guide, 1893, S. 13)

5 Hannich, Herstellung, 1926, S. 59.

6 Dunham, Lampworking, 2002, S. 25–27.

7 Souvenirs aus Glas finden sich seit der Antike als Flaschen in fantasievollen Formen oder als verzierte Trinkgläser der Bädereultur und Mikromosaik im 19. Jahrhundert (Davison, Conservation, 2003, S. 23, 37, 50, 54).

8 Dubus Bonnel hatte seine Werkstätten im 11. Pariser Arrondissement, 97 Rue de Charonne und verkaufte in der Passage de l'Opera, zwischen der Rue de la Grange-Batelière (heute Rue Drouot) und der Rue Le Peletier (Durand, Échantillon, 2015). Die Textilmanufaktur von Schwabe war in der Portland Street in Manchester lokalisiert. (–: Sir Henry Pottinger in Manchester. In: Manchester Times v. 28.12.1844, S. 6)

9 M. Leroy (Paris, Glasbläser, tätig um 1894) betrieb z. B. sein Geschäftslokal in der Avenue de l'Opéra in Paris (Bory, Étoffes, 1894) oder François Vouillon verkaufte am Hanover Square in London (Vouillon, Specification, 1840).

10 – Evans, Brothers & Co. In: Bristol Times and Mirror v. 6.5.1840, S. 3; – Exhibition at the Manchester Mechanics Institution. In: The Manchester Guardian v. 20.5.1840, S. 3.

SCIENCE AND ART.
PROF. OWEN.



S. OWEN
FANCY GLASS
WORKER

At *School House*
For *6 weeks*
Commencing *Monday Oct 14*
FIVE O'CLOCK AT 7. TO COMMENCE AT FIVE O'CLOCK.

PROF. OWEN has the pleasure of announcing to the citizens of this city and vicinity, that he will give a
GRAND DEMONSTRATION OF
GLASS-WORKING
SPINNING AND BLOWING!
Assisted by a
LECTURE
On some of the most interesting branches of
NATURAL PHILOSOPHY,
ILLUSTRATED BY PRACTICAL EXPERIMENTS.

As presented by him during the last three years, in the principal cities of the United States and Canada,
including BOSTON, NEW YORK, PHILADELPHIA, BALTIMORE, WASHINGTON,
MONTREAL, and TORONTO.

PROF. OWEN will demonstrate on Glass, in the presence of the Visitors, and without the aid of tools,
pneumatics, or models, all kinds of useful and ornamental articles, such as Bells, sugar and sugar-cake
cups, Baskets, Flowers and Flower Vases, Fountain, Finger Rings, Candelabra,
Cupids in Charades, Doves by Steam or Fire, beautiful Toys, connected to water fall, Daguerreotype
Frames and Stands, Turkish Smoking Pipes, Glass Tubes, Scales of Justice, or Lava Lighter
than a Battery, Galvanic Temperature Indicator, Philosophical Instruments, such as Sphygmometer,
THERMOMETER TUBES,
Giving a beautiful and full illustration of the process of Making, Filling, and Contracting the Instruments,
Fahrenheit Water-thermometer, exhibiting the action of
WATER IN VACUUM,
Vorsum Ballo, illustrating the principle on which
THUNDER IS PRODUCED,
Tullahoma, illustrating the
ELASTICITY OF THE AIR!
Fused-Glass, Cryophorus; in short, any article which every citizen, all of the most delicate work,
making, and with a facility and rapidity hitherto unknown, has been witnessed in. He will also
SPIN A THREAD OF GLASS!
At the rate of One Thousand Yards per Minute.
Finer than Silk, and equal in facility and elastic. The accomplishment with which Prof. Owen's skill has
been witnessed, has been exceeded only by the exhibition witnessed at the Delany and
BEAUTY OF THE SPECIMENS.
In order to render the Exhibition more interesting, he will present all the beautiful Specimens he manufactures
during his stay—a great variety will be given each evening. • Each visitor will
be presented with
A NUMBER GRATUITOUSLY!
Giving every one an equal chance of obtaining a Beautiful Specimen of
ART.
TICKETS OF ADMISSION, 25 CENTS.
FOR 50 HALF PRICE. SEATDS ADMITTED TO THE AFTERNOON SESSION ON ACCOMPANYING TERMS.
O. DICKINSON, Agent.

Abb. 1 Werbeplakat für den fahrenden Glasbläser »Prof. Owen« (Samuel Owen, 1820–1879)
Angaben laut CMG: Dickinson, O., o. O. 1850,
Ink on paper

Saloon for the Royal Tissu de Verre.



Under the Immediate Patronage
OF
Her Majesty the Queen.

Abb. 2 Anzeige für einen Ausstellungsraum
mit Glasfasergeweben in London
Walmsley, John, London ca. 1844, Holzdruck
auf Papier

On fait aussi des tentures, des rideaux, des étoffes pour meubles fort belles assurément, mais qui ont un grand défaut pour notre siècle positif: l'élévation du prix.¹¹

Zimmer-Tapeten aus diesem Stoffe sind bei Weitem glänzender, als die von Gold- und Silbersammt und haben noch dazu den in unserer ökonomischen Zeit sehr hoch anzuschlagenden Vorthail, daß sie viel weniger kosten. Eine Elle Goldsammt kann man, z. B., nicht wohl unter 300 Franken anfertigen, und diese Glasstoffe werden höchstens mit 30 bis 40 Franken die Elle bezahlt.¹²

Kunsthandwerkliche Leistung

GlasbläserInnen und ihre Erzeugnisse standen im Kontext der Glasfabrikation traditionell im Bereich des Kunsthandwerks.¹³ Eine wichtige Rolle bei der Bewertung der handwerklichen Bedeutung von Glasfasererzeugnissen spielte die Person des Glasbläfers oder, seltener, der Glasbläserin:

[...] we must at least endeavour to show here that spun glass has had its reign, and to prove that in skillful hands it may still possess an artistic interest.¹⁴

Fahrende GlasbläserInnen, die das Glasspinnen in ihrem Repertoire hatten, wurden als KunsthandwerkerInnen, SchaustellerInnen oder HändlerInnen wahrgenommen. Bei der Rezeption ihrer Glasfaserprodukte wurde eine Unterscheidung zwischen Ziergegenständen oder Accessoires und komplexeren Stücken gemacht. So bewertete Dionysius Lardner (1793–1859) in den 1830er Jahren Glasfaserspinnerei – als gefällige Anschauungs- und Verzierungsstücke.¹⁵ Die Glasfaserperücken des 18. Jahrhunderts dagegen (Kat. Nr. 2.4) wurden oft direkt nach dem Erwerb in königlichen Kunst- und Wunderkammern ausgestellt¹⁶ und auch René Lambourgs Skulptur »Le lion et le serpent« (Kat. Nr. 2.5) war nur wenige Jahre nach der Weltausstellung in Paris 1855 dauerhaft im Musée des arts et métiers ausgestellt.¹⁷ Glasfasergewebe wurden von Beginn an auf

11 Grouet, Émailleurs, 1844, S. 1200.

12 Leng, Handbuch, 1851, S. 658.

13 Hannich, Herstellung, 1926, S. 9.

14 Sauzay, Marvels, 1870, S. 149. Siehe auch: »By the end of the eighteenth century the spinning of glass had spread through France and Bohemia, where it was long practiced by peripatetic artists who frequented fairs and kermesses. [...] the process required great manual skill, attainable only by long practice.« in: The Uses of Spun Glass. In: North Otago Times v. 20.3.1909.

15 »Glass is only treated in this manner in order to afford a pleasing exemplification of some of its properties, or for purposes of ornament.« (Lardner, Manufacture, 1832, S. 231)

16 Frësig, Glasparryk, 1970; Frësig, Glass Wig, 1974; Müller-Bahlke, Wunderkammer, 1998, S. 72–73.

17 Morin/Huguet, Conservatoire, 1851, S. 114; Conservatoire national des arts et métiers, Catalogue, 1943; Conservatoire national des arts et métiers, Catalogue, 1908; Musée des arts et métiers, Inventaire des Collections, Inv. No. 05863 O.t.11, 7009, commence en 1849.

Gewerbeausstellungen gezeigt und ihre HerstellerInnen wurden mit Auszeichnungen geehrt.¹⁸

In der Erzählung »Nußknacker und Mäusekönig« von 1816 wird der kunsthandwerkliche Charakter von textilen Erzeugnissen aus Glas deutlich, wie ihn der Autor E. T. A. Hoffmann (1776–1822) beschrieben hat. Dies geschieht durch die Assoziation mit dem kunstfertigen Paten Droßelmeier, der neben seiner Tätigkeit als Jurist auch das Uhrmacherhandwerk beherrschte:

Der Obergerichtsrat Droßelmeier war gar kein hübscher Mann, nur klein und mager, hatte [...] auch gar keine Haare, weshalb er eine sehr schöne weiße Perücke trug, die war aber von Glas und ein künstliches Stück Arbeit. Überhaupt war der Pate selbst auch ein sehr künstlicher Mann, der sich sogar auf Uhren verstand und selbst welche machen konnte.¹⁹

Als charakteristisch für die ästhetische Wirkung der Glasfasertextilien galten ihr strahlender Glanz, die schillernde Farbigkeit sowie die Feinheit und Geschmeidigkeit der Fasern. Eine besonders bildliche Beschreibung findet sich bei Théodore Vilet (Lille, Mitglied Société des enfants du nord, um 1837), der die Stoffe von Dubus Bonnel (Kat. Nr. 6.3, 6.6) anpreist:

[...] divers tissus de verre qui l'emportent de beaucoup par l'éclat des couleurs et les reflets de la lumière sur tout ce que la laine et la soie réunies à l'or et à l'argent peuvent offrir de plus brillant. [...] Qu'on se figure un appartement tout décoré avec des tentures en étoffes de verre et resplendissant de lumières; il réalisera en un mot les merveilles des palais enchantés des contes des *Mille et une nuits*; car les lumières, en se jouant et se réfléchissant en tous sens à travers le tissu transparent auquel on peut donner toutes les couleurs comme toutes les nuances, lui donnera l'apparence d'un appartement tout en perles [...]²⁰

18 Siehe dazu Kapitel »Verarbeitung zu Textilien«, ab S. 81–97. Der Produktion von Hermann Hammesfahr auf der Weltausstellung in Chicago wurde eine Eignung für künstlerische Zwecke zugesprochen: »Among articles in spun glass there are curtains, portères, and decorations for ceilings and walls, with lamp shades and other fancy articles beautifully painted, all of them intended to show the adaptability of spun glass to artistic purposes.« (Bancroft, Book, 1893, S. 843) Zu sehen waren die Erzeugnisse neben geschliffenen Kristallgläsern und anderen Glaskunstwerken im sogenannten Crystal Art Room.

19 Hoffmann, Nußknacker, 1816.

20 Vilet, Industrie, 1837, S. 27; Das Allgemeine Organ für Handel und Gewerbe und damit verwandte Gegenstände druckte 1838 eine ähnlich überschwängliche Beschreibung aus dem Rheinischen Provinzblatt ab: »Schon lange – schreibt man von Paris – ward die Seide in allen möglichen Farben und Dessins zur Verzierung der Gemächer angewandt. Es bedurfte eines noch glänzenderen Stoffs, um mit ihr in die Schranken zu treten; da bearbeitete die Industrie den Kristall. Der Email in den reinsten und glänzendsten Farben, in feine und biegsame Fäden verwandelt, hat Stoffe gebildet, deren Glanz mit Gold und Silber wetteifert. Die darüber verwunderte Mode brachte sie in die ausgesuchtesten Salons der Hauptstadt. Hier breiten sie sich zu blumigen Drapperien aus, und wenn Abends das Gas seine Lichtströme darüber ausgießt, so glaubt man in Feenpalästen zu sein, welche vom Zauber einer übernatürlichen Welt durchwebt werden.« (–, Glasweberei, 1838b)

Eignung als textiler Faserstoff

Glasfasern standen am Beginn der Produktion synthetischer, also menschengemachter Fasern.²¹ Die Imitation von üblicherweise in der Konfektion verwendeten Faserstoffen wurde in den untersuchten Quellen mehrfach erwähnt, wobei die Gleichwertigkeit oder sogar Überlegenheit der Glasfaser in den Werbungen herausgestellt wurde.²² Die Seide wurde ebenso an Glanz übertroffen wie Metallfäden, deren lichtreflektierende Wirkung außerdem wegen Reaktionen mit Luftschadstoffen nicht von Dauer war.²³ Die mit Glas assoziierte Eigenschaft der Transparenz wurde jedoch nicht erreicht.²⁴

Durchwegs positiv bewertet wurde die Beständigkeit der Glasfasern gegenüber Schadstoffen aus der Luft²⁵ und gegenüber Flüssigkeiten sowie der geringe Aufwand zur Reinigung der Textilien.²⁶ Diese Eigenschaft wurde ebenfalls beim Einsatz von Glaswolle und Glasvliesen als Filtermaterial geschätzt.²⁷

Die morphologischen und physikalischen Eigenschaften der Glasfaser bewerteten die Zeitgenossen unterschiedlich: Die Feinheit, charakterisiert durch den Durchmesser und die Gleichförmigkeit sowie die Flexibilität der Fasern wurde hervorgehoben, man sprach vom »biegsamen Glas« und dem Fehlen von sprödem oder brüchigem Verhalten.²⁸ Diesen Berichten standen Einschätzungen wie die Folgende aus der Zeitschrift *China, Glass and Lamps* von 1904 konträr gegenüber:

But when they tried to extend its use, the brittle nature of the glass proved to be a great obstacle in the way, and so the issue was restricted to a few little ornaments which did not need to be very strong. [...] Some beautiful goods were made but

21 Koch, Vorgeschichte, 1954.

22 Über Jules de Brunfaufs Erzeugnisse wird geschrieben: »In Musselin als Einschlag eingewebt, verziert der glatte Glasfaden besonders Ballkleider weit schöner als Seideneinschlag.« (Herrmann, Glaswolle, 1874, S. 484)

23 Die Stoffe, die Louis Schwabe für das Hochzeitskleid von Queen Victoria verwendet haben soll, werden so charakterisiert: »The damask or tapestry, woven with glass, certainly surpasses articles woven even with gold and silver thread; because the former does not tarnish when exposed to the action of the air.« (– Exhibition at the Manchester Mechanics Institution. In: The Manchester Guardian v. 20.5.1840, S. 3)

24 »These fabrics, despite the transparency of glass are not transparent, because the index of refraction between the glass and the air interposed between the fibers is too great.« (– The Uses of Spun Glass. In: North Otago Times v. 20.3.1909)

25 »Manche seiner Fabrikate wetteifern mit den schönsten Gold- und Silber-Brocaten, vor denen sie noch das voraus haben, daß sie nicht anlaufen, wenn sie mit schwefelwasserstoffhaltigen Gasen in Berührung kommen.« (–, Glas-Gewebe, 1839, S. 211)

26 Als besonders vorteilhaft wurde diese bei Kopfbedeckungen empfunden: »[...] what is a great advantage, being impervious to water. [...] The spun glass when soiled is simply brushed with a hard brush and soap and water, and it is none the worse for being either stained or soiled.« (–, Glass Bonnets, 1896)

27 »Auch fanden Chemiker und Apotheker dieselbe besonders zu Filtern sehr geeignet, weil die Glaswolle weder von Säuren angegriffen wird, noch wie andere Filter schon nach einmaligem Gebrauche verdorben ist, da sich dieselbe mittelst Wasser waschen und zu fernem Gebrauche wieder herstellen läßt.« (Herrmann, Miniaturbilder, 1872, S. 26)

28 Es wird berichtet, die Fasern »[...] lassen sich so vollkommen in Knoten gleich Seidenfäden schlingen, ohne zu brechen.« (–, Glasgewebe, 1840)

the glass proved to be too brittle, and as the glass threads were very fine and stiff, when one broke it would be like needle point in the cloth, and equally annoying to anyone handling or wearing it. [...] Glass in the form of spun and woven fabric is yet merely a curiosity.²⁹

Auch die Farbigkeit von Glasfasertextilien wurde unterschiedlich beurteilt. Einige Zeitgenossen sahen in der eingeschränkten Farbpalette und den geringen Intensitäten der Farben einen Nachteil dieser Erzeugnisse.³⁰ Andere Quellen berichten ohne Wertung über die Herstellungsmethode und die Bedeutung der Glaszusammensetzung für die Farbigkeit:

The process by which the glass is spun remains a secret with the spinner, but some idea is given in saying that specially prepared glass was melted and made into tube forms of various lengths and colours.³¹



Abb. 3 Werbung für Unterröcke aus Glasfasergewebe
UrheberIn unbekannt, New York,
ca. 1870–1900, Lithografie auf Karton

29 –, Origin, 1904, S. 18–19.

30 –, Spun Glass, 1895, S. 17.

31 Gilliams, Wonders, 1902, S. 96.

Bei den Unterröcken aus Glasfasergewebe, die von der New Yorker Firma Goddard & Sons um 1900 auf den Markt gebracht wurden, stellte man die Verfügbarkeit aller Farben in den Vordergrund. Insbesondere das garantiert farbechte »Midnight Fast Black«. Der Vertreter William W. Boshop aus Genese, NY (New York, Textilfabrikant, tätig ca. 1870–1900) bot seinen Kundinnen an:

Dear Madam: We respectfully solicit inspection of our assortment of colors in the celebrated ›Spun Glass‹ Rusil Finish Skirt Lining.³²

Über die potenzielle Gesundheitsgefährdung durch Einatmen bzw. Verletzung der Haut durch abgebrochene Glasfasern herrschten ebenfalls verschiedene Ansichten.³³ Der Autor von *Gewebe aus gesponnenem Glas* bringt den angeblichen Rückgang von Glasfasergeweben um 1850 in Verbindung mit dem »[...] feinen Staub, welcher seiner Natur und seiner Form nach sehr geeignet war, in höchstem Grade schädlich und zerstörend zu wirken.«³⁴

Bei den Produkten von Jules de Brunfaut in Wien seien, wie von dem österreichischen Maschinenbauingenieur Friedrich Kick (1840–1915) bescheinigt, diese Missstände beseitigt:

Die älteren Fabricate dieser Art besaßen immer noch eine gewisse Sprödigkeit, und Stoffe, deren Einschuß ganz oder theilweise aus Glasfäden bestand, waren bald in ihrem Gebrauch verpönt, da sich kleine Splitter ablösten, in die Haut des diese Stoffe Tragenden eindringen und dort ein Jucken, ja selbst Geschwüre zur Folge hatten. Diese Nachtheile treten bei den Erzeugnissen de Brunfaut' nicht mehr auf.³⁵

32 Goddard, Linings, 1899.

33 Beispielhaft dafür ist der im Dezember 1863 in der britischen Tageszeitung *The Times* ausgetragene Konflikt zwischen dem Korrespondenten Mr. Buckland und »The Crystal Palace Glass Blower«: »[...] these threads of glass are as thin as cobwebs; and, though apparently solid as a mass, break and snap off, falling into almost impalpable powder with the greatest ease. Now, imagine the consequence these spiculae are very likely to find their way into the eyes of the fair wearers; and I need not tell them what pain and discomfort he would necessarily cause. It would, moreover, be a difficult matter for the surgeon to see them, and when he had discovered them it would be delicate work to remove them from the sensitive membranes which line the eyelids.« (Frank Buckland: A New Fashion. In: *The Times* v. 2.12.1863, S. 5) »Your correspondent states that there is danger to the eyes from the extreme fineness and brittleness of spun glass, and that it can be easily reduced to an impalpable powder. Sir, no doubt, Mr. Buckland's warning was well meant, and the public should feel obliged to him, but he is mistaken. Spun glass, such as the ›peacock's tails‹ and other ornaments are made of, is extremely elastic, can be tied into knots, and is the very reverse of brittle. It cannot be reduced into powder, any more than a feather can, until it is burnt or calcined.« (The Crystal Palace Glass Blower: Spun Glass. In: *The Times* v. 16.12.1863, S. 9)

34 –, *Gewebe*, 1897.

35 Kick, *Glasfäden-Erzeugnisse*, 1868. Eine Beurteilung dieser Aussage war im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich, da von de Brunfaut bisher keine erhaltenen Erzeugnisse gefunden wurden.

Um 1900 hatte sich die Verarbeitung von Glasfasern in Geweben etabliert, es gab jedoch noch keine industriell hergestellten Produkte. Die Stoffe wurden als luxuriöse Kuriositäten wahrgenommen, in denen man ein Potenzial für praktischen Nutzen in der Zukunft sah.³⁶ Als Voraussetzung dafür wurde die Entwicklung von Endlosfasern zum Aufwickeln auf Garnspulen gesehen:

Die G., welche bis jetzt nur über sehr wenige Farben verfügt, dürfte eine große Zukunft haben, sobald es gelingt, das Glasgespinnst von der Trommel abzuhaspeln.³⁷

Die Tradition der fahrenden HändlerInnen verlangte jedoch eine einfach zu transportierende instrumentelle Ausstattung, die kaum technologischen Neuerungsprozessen unterlag.³⁸

Im ausgehenden 19. Jahrhundert wurden Glasfasern zunehmend im technischen Bereich verwendet, etwa als beständige Filter für Chemikalien oder zur Hitzeisolierung.³⁹

Doch kann ich nicht unterlassen zu erwähnen, daß solche Glasfilter mit außerordentlicher Schnelligkeit ein sehr reines Filtrat geben.

Die Nachfrage auf diesem Gebiet verstärkte sich vor allem in Deutschland während des Ersten Weltkriegs, was zur Entwicklung neuer, maschineller Herstellungsverfahren führte.⁴⁰ Nach Kriegsende gab es Produktionseinbrüche, die jedoch mit einem letzten Wiedererstarben der Glasfasernerzeugung vor der Lampe einhergingen.⁴¹ Da den Kunstwerken aus Glasfasern weiterhin der praktische Nutzen fehlte, konnten sie sich in Konkurrenz zu

36 »Glass in the form of spun and woven fabric is yet merely a curiosity. Whether its use shall some time become common enough to remove it from this designation to that of a luxury, or even a necessity, remains yet to be seen.« (–, Origin, 1904, S. 19)

37 Autorenkollektiv, Glasspinnerei, 1885–1892, S. 409.

38 Dunham, Lampworking, 2002.

39 »Doch kann ich nicht unterlassen zu erwähnen, daß solche Glasfilter mit außerordentlicher Schnelligkeit ein sehr reines Filtrat geben«, Weißkopf, Filter, 1872.

40 »Glass-wool, which resembles silk, conducts heat poorly, because of the included air. [...] In Germany the longer fibers are braided into lamp wicks, which never burn out and act with the greeters regularity. These same braids serve also sometimes for non-conducting envelopes, or are used for the insulation of electric conductors; washers for steam joints are made of it and used in the same way as those of asbestos.« (– The Uses of Spun Glass. In: North Otago Times v. 20.3.1909), »The admirable non-conducting property of the material for heat, as well as the great quantity of air it retains in its interstices, would seem to fit it very well for a non-conducting casing to steam boilers and pipes, an application for which it is being tested.« (–, Cotton, 1872)

41 »During the World War, spun glass was much in demand for insulation and filtering purposes. [...] The demand for glass wool was practically unlimited. Then came a slump, prices collapsed, and factories closed down. But new applications for spun glass were found, as in the making of glass flowers etc. The silky shimmer of the spun glass in these articles enhanced their value.« (G.S.D., Glass Spinning, 1931, S. 402)

den industriell gefertigten Faserstoffen der 1930er Jahre nicht behaupten. Heute finden händisch vor der Lampe hergestellte Glasfasern Anwendung in Ziergegenständen, z. B. für Christbaumschmuck.

Eine Bewertung der Eignung als Faserstoff hinsichtlich der morphologischen und physikalischen Eigenschaften der Glasfasern ist auf Basis historischer Quellen wegen der vielfältigen Aussagen nur begrenzt möglich. Die Gegenüberstellung von Berichten zur Herstellung und textiltechnischen Verarbeitung mit erhaltenen Exponaten ermöglichten eine differenziertere Sichtweise: die Fasern zeichneten sich bei der Untersuchung durch sprödes Verhalten aus. Gleichzeitig waren die meisten Erzeugnisse derart gestaltet, dass sie sich eher als Ausstellungs- denn als Gebrauchsgegenstände eigneten. Insofern bewährten sich die historischen Glasfasern durchaus in der ihnen zugedachten Rolle als faszinierende Anschauungsstücke sowie hitze- und chemikalienbeständige Werkstoffe, auch wenn sie dabei nicht die Anforderungen an traditionelle Faserstoffe erfüllten und die händischen Herstellungsverfahren nicht für den industriellen Kontext praktikabel waren.

Herstellung von Glasfasern vor der Kunstglasbläserlampe

Der Ursprung der Glasfaserherstellung wird in der venezianischen Mosaik- und Perlenfabrikation gesehen: Erhitztes Glas wurde von zwei ArbeiterInnen, die in entgegengesetzte Richtung liefen, in lange Stangen ausgezogen, die man anschließend in kurze Stücke schnitt. Zur Vereinfachung dieses Verfahrens sollen GlasbläserInnen ein rotierendes Rad eingesetzt haben, auf das die ausgezogenen Stangen direkt aufgerollt wurden.⁴² In Johann Georg Krünitz' (1728–1796) *Oekonomisch-technologische Encyclopädie* von 1779 wird das Fadenziehen beschrieben wie folgt. Der Vorgang blieb im Prinzip für den gesamten Untersuchungszeitraum von der Mitte des 18. bis ins frühe 20. Jahrhundert gültig:

Wenn man das Ende einer dichten Glasröhre vor der Lampe glühend macht, und mit dem Ende einer andern allmählich erhitzten Glasröhre, beyde [sic] einander, so bald sie flüssig geworden sind, berührt: so schmelzen diese Enden zusammen; und wenn sich die Hand mit der einen von der Lampe entfernt, kann man haarfeine Glasfäden ziehen, die man über einen Haspel wirft; diesen dreht man schnell um, indessen die andere Person die Glasstange immerfort in die Flamme nachrückt, so wie sie der Haspel aufnimmt. Dieses ist die Art des Glasspinnens.⁴³

Der Herstellungsprozess wurde von Form und Zusammensetzung der Ausgangsprodukte sowie von den Nachbehandlungen der Fasern mit Dampf und Beschichtungen beeinflusst. Entscheidend waren ferner die Ausstattungen der GlasbläserInnen: die Lampe mit ihrem jeweiligen Brennmittel, Geometrie und Material der Ausströmungsspitze, die Art des

⁴² Herrmann, *Miniaturbilder*, 1872, S. 4–13.

⁴³ Krünitz, *Encyclopädie*, 1779, S. 655–656.

Gebüses und das Rad zum Glasspinnen. Auch der Werkstattkontext, die technische Fertigkeit der GlasbläserInnen und ihre Erfahrung beeinflussten die Qualität der Erzeugnisse.

Die Wirkstätte der GlasbläserInnen

Typisch für GlasbläserInnen war ein ortsunabhängiges Arbeiten, das durch die einfache Ausstattung ermöglicht wurde. In öffentlich zugänglichen Werkstätten, auf Märkten oder Gewerbeausstellungen stellten GlasbläserInnen chemische und physikalische Gerätschaften wie Thermometer oder Barometer, Glasperlen, Glasaugen, Figuren her. Diese Art der Vorführung von Glasbläserarbeiten wurde bereits im 17. Jahrhundert praktiziert, so z. B. von Abondius Lera (Mailand, fahrender Glasbläser, tätig um 1739), der auf seinen Reisen neben wissenschaftlichen Instrumente auch Kuriositäten wie Glasfaserperücken herstellte (Kat. Nr. 2.4).⁴⁴ Vor allem die Tätigkeit von KunstglasbläserInnen, die hauptsächlich kuriose und neuartige Kleinkunstwerke in ihrem Repertoire hatten, wurde im Verlauf des 19. Jahrhunderts zunehmend als Nebenbeschäftigung angesehen.⁴⁵ Einen solchen zeigt beispielsweise Abbildung 5, nämlich Glasbläser René Lambourg (ca. 1789–1880) aus Saumur in Frankreich, in seinem Museum, das Teil eines Hotels war, beim Arbeiten an seinen lebensgroßen Glasfaser-Tiermodellen vor Publikum.⁴⁶

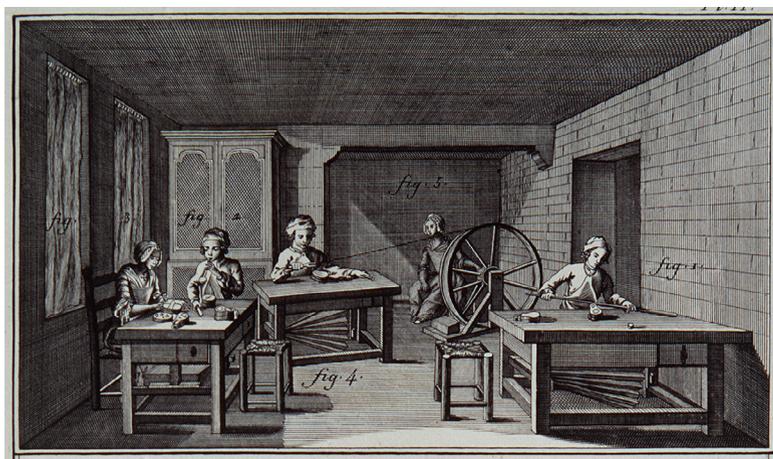


Abb. 4 Ausstattung und Arbeitsplatz eines Kunstglasbläses, Fig. 4 zeigt den »Ouvrier qui fait du fil de verre«, den Arbeiter der Glasfäden macht und Fig. 5 die »Ouvrière qui tourne le rouet, sur lequel le fil se dévide«, die Arbeiterin, die das Rad dreht, auf das sich der Faden aufwickelt

Detail aus: Diderot/D'Alembert, Encyclopédie, 1751–1765 (vgl. S. 108)

⁴⁴ T. S., Glasparücken, 1754, S. 273–276.

⁴⁵ »Le travail d'émailleur n'est plus un métier à part entier, [...] mais une annexe d'une profession principale plus lucrative.« (Nach Drouet, u. a. Lion, 2000, S. 5) Siehe dazu auch Dunham, Lampworking, 2002, S. 19.

⁴⁶ Drouet, Histoire, 2001, S. 55–56.



Abb. 5 René Lambourg in seinem Museum in Saumur, Quai de Limoges
KünstlerIn unbekannt, Paris 1844

Die Rolle der NaturforscherInnen und TextilfabrikantInnen

Im wissenschaftlichen Kontext bestand und besteht bis heute eine enge Zusammenarbeit zwischen GlasbläserInnen und ForscherInnen, da die Qualität der Gläser und ihrer Verarbeitung Einfluss auf Ergebnisse von Experimenten haben.⁴⁷ In einigen Fällen führten die WissenschaftlerInnen ihre Glasbläserarbeiten auch selber aus: Der englische Universalgelehrte Robert Hooke nutzte bei Arbeiten wie dem Ziehen feiner Kapillaren für das Vorbereiten mikroskopischer Präparate selbst eine Glasbläserlampe.⁴⁸ Einen wichtigen Anstoß, die gezogenen Fäden nicht nur als gläserne Werkzeuge, sondern als textile Faserstoffe zu betrachten, gab René-Antoine Ferchault de Réaumur: Der französische Natur- und Materialforscher diskutierte 1713 die Möglichkeit, Gewebe aus Glasfäden herzustellen:

Il décrit par quel art on en forme des fils d'une grande finesse, & par quelle industrie il est allé lui-même encore beaucoup plus loin, & jusqu'au point que ces fils de verre étaient presque aussi déliés que ceux de la soye des Araignées. Plus ils

⁴⁷ Espahangizi, Standardization, 2015.

⁴⁸ Hooke, Micrographia, 1665, S. 10.

deviennent fins, plus ils sont flexibles, & sur ce fondement M. de Réaumur avance ce paradoxe, que l'on feroit des tissus & des étoffes de verre, si l'on avoit des moyens faciles & commodes de l'étendre & de l'allonger suffisamment.⁴⁹

Réaumur regte damit die Produktion von Glasfasertextilien an und gab Ideen zur Erzeugung künstlicher Fasern aus einer erhitzten Flüssigkeit.⁵⁰ Um 1840 begann Louis Schwabe (1789–1845), ein Textilfabrikant in Manchester, seine Versuche dazu: Er war wohl einer der Ersten, der flüssiges Glas durch Löcher in einer Metallwanne tropfen ließ, wobei Fäden entstanden.⁵¹ StoffhändlerInnen wie François Vouillon (London, Textilfabrikant, tätig 1830–40er Jahre), William's & Sowerb, Gask und Grant in London, Ignace Dubus Bonnel in Paris oder Ignazio Pizzagalli (Mailand, Glasbläser, tätig um 1840) betrieben entweder ihre eigenen »Glaspinnerei«-Werkstätten oder kooperierten mit GlasbläserInnen.⁵² Auch bei größeren Betrieben wich man dabei nicht von der Tradition der GlasarbeiterInnen und GlasbläserInnen ab, die ihre Fertigkeiten nur innerhalb der Familie weitergaben.⁵³

Ausstattung

»GlaspinnerInnen« arbeiteten vor einer Öl- oder Gasgebläselampe, deren Spitzflamme durch einen Luftstrom in horizontale Richtung gelenkt wurde, wodurch eine größere, gerichtete Hitze erzeugt wurde. Als Brennmittel benutzte man Talg, Öl oder Weingeist, und die Dochte der Lampen bestanden aus Baumwoll- oder Asbestfasern. Ab der Mitte des 19. Jahrhunderts kam Leucht- bzw. Kochgas als Brennstoff hinzu. Die Gas- und Luftzufuhr konnte über Hähne reguliert werden. Zur Erzeugung des Gebläses nutzte man entweder einen Blasebalg, der mit einem Fußtritt unter dem Arbeitstisch betrieben wurde,

49 Réaumur, *Ductilité*, 1713, S. 11. Übersetzung der Autorin: »Er beschreibt, auf welche Weise man daraus Fäden größter Feinheit formt, und mit welcher Industrie er selbst schon viel weitergekommen ist, und bis zu dem Punkt, an dem diese Fäden aus Glas fast genauso fein wie jene der Spinnseide waren. Je feiner sie werden, desto flexibler sind sie, und auf dieser Grundlage behauptet M. de Réaumur dieses Paradox, dass man Gewebe und Stoffe aus Glas erhält, hätte man einfache und praktische Mittel, sie genügend zu dehnen und zu verlängern.«

50 Erste Versuche wurden im 18. Jahrhundert mit verschiedenen Gummen und Harzen gemacht (Koch, *Vorgeschichte*, 1954, S. 771).

51 Die Fasern konnten zwar verwoben werden, Schwabe befand sie aber als zu spröde. Weitere Experimente mit anderen Materialien sah er ebenfalls als gescheitert an (Koch, *Vorgeschichte*, 1954, S. 771–772).

52 Frdl. mdl. Mittlg. Edwina Ehrman, Victoria & Albert Museum, London 17.2.2017.

53 Dunham, *Lampworking*, 2002, S. 25–27. Von Dubus Bonnel wird berichtet: »Die Rohstoffe bereitet der Erfinder selbst zu, nur mit Hilfe seiner drei Kinder.« (–, *Glas-Gewebe*, 1839, S. 211) Ebenso ging Jules de Brunfaut vor, der in Wien seit den 1860er Jahren eine Glaspinnereimanufaktur betrieb (Herrmann, *Miniaturbilder*, 1872, S. 23–24). Und auch im Herstellungsprozess der Glasfaserkleider der Libbey Glass Company sollen die Glasfasern nur durch Hermann Hammesfahr und seine zwei Söhne erzeugt worden sein (Knapp an Godwin, 1951, TMA).

oder Wassertrommel- bzw. Wasserstrahlgebläse. Der Luftstrom wurde von unten durch Rohre geleitet, an deren Ende man die Ausströmungsspitze aus Metall oder Glas aufsetzte. Das Rad bzw. der Haspel zum Aufrollen der Glasfasern stand direkt auf dem Tisch bzw. daneben und war mit einer Handkurbel oder einer motorbetriebenen Kurbel versehen. Zur instrumentellen Ausrüstung von GlasbläserInnen zählten des Weiteren verschiedene Werkzeuge wie Scheren, Glasmesser, Schleifsteine und Pinzetten.⁵⁴

Auswahl der Gläser

Die verschiedenfarbigen Stangen und Röhren zur Verarbeitung vor der Lampe (Kat. Nr. 1.4) wurden von den GlasbläserInnen als Halbfabrikat bei den Glashütten gekauft.⁵⁵ Das Glas sollte nicht zu schwer schmelzbar sein, da es sonst durch die lange Bearbeitungszeit zur »Entglasung«, also Kristallisation an der Oberfläche, kommen konnte. Gleichzeitig durften die Stangen nicht zu leicht schmelzen weil man Tropfenbildung vermeiden wollte und das Glas nach dem Entfernen aus der Flamme auch zu schnell auskühlen würde.⁵⁶ Bei der äußerlichen Prüfung der Fabrikate mussten die GlasbläserInnen darauf achten, dass sie frei von Fehlern wie Knoten, Luftblasen oder Striemen waren, völlig gerade, von möglichst gleichmäßiger Dicke und gleicher Wandstärke. Bei der Aufbewahrung sollten sie vollflächig aufliegen um Verformungen zu vermeiden, zudem geschützt vor Einwirkung von Feuchtigkeit und Schadstoffen. Vor dem Bearbeiten wurden die Stangen und Röhren von Sand, Staub, Feuchtigkeit und Fetten gereinigt.⁵⁷

Nachbehandlung der Faser

Die Glasfasern wurden nach dem Ziehen zum Teil behandelt, in dem Bemühen die mechanischen Eigenschaften zu verbessern. So bedampfte der französische Hersteller Ignace Dubus Bonnel seine Fasern direkt nach dem Abziehen und vor dem Aufrollen mit heißem Wasserdampf um die Biegsamkeit zu verbessern. In seinem ersten Patent beschrieb er auch ein Vorgehen, bei dem die Fasern während der Weiterverarbeitung er-

⁵⁴ Rockstroh, Glasblasekunst, 1833, S. 5–8; Karmarsch, Bearbeitung, 1851, S. 1546–1547; Tscheuschner, Handbuch, 1885, S. 462–464; Ebert, Anleitung, 1895, S. 1–9.

⁵⁵ Der Herstellungsprozess der Halbfabrikate lief z. B. wie in dem folgenden Ausschnitt aus Pittsburgh Commercial ab, der im Syracuse Journal nachgedruckt wurde: »After the mass has gradually become fused into molten glass two of the employees of the factory, with tongs, take a mass of glass out of the furnace and then pull it slowly in opposite directions until it gradually stretches along the floor of the factory like a red hot rope, from one end of the apartment to the other. After a sufficient number of these long ropes of glass have been drawn, say of a thickness of from half to three-quarters of an inch in diameter, they are cut into lengths of three feet each and allowed to cool, becoming annealed gradually. They are taken into an adjoining room.« (– How Glass Cloth is Made. In: Syracuse Journal v. 4.1.1881)

⁵⁶ Tscheuschner, Handbuch, 1885, S. 463.

⁵⁷ Ebert, Anleitung, 1895, S. 15–16.

**Curiosity
Highly Gratified.**



**Mr. Hermann,
Artist in Glass,**

Who last Summer made the Tour of NEWCASTLE, EDINBURGH,
GLASGOW, &c. where he has been visited by the first Families;
MOST respectfully informs the Ladies and Gentlemen of HULL, and its Vicinity, that he
will Exhibit for a short time, his glowing ART of

**Glass Spinning,
Blowing, & Working in Miniature,
IN A VERY COMMODIOUS ROOM,**

No. 55, WHITEFRIARGATE,

Where Ladies and Gentlemen will be Admitted at ONE SHILLING Each, which will
entitle them to free access during the same day, between the hours of Eleven and Four, and
between Six and Nine in the Evening.

Mr. H. has built an elegant Glass Model of the Supposed IRON BRIDGE, over the Wear
at Sunderland, in the proportion of one inch, to 8 feet 3 inches; which model will afford to
the Spectator, a better idea of the Structure of the whole, than can be seen at one glance from
the Bridge itself; this with an elegant GLASS-SHIP of WAR, with her Guns, &c. and
various other Displays of Art, will be better communicated by such as have already visited
the exhibition; a variety of Ornaments, Fancy Toys, and Curiosities, such as his delicate
a bill to describe, and far superior to any thing of the kind ever exhibited in Hull.

He makes various kinds of Ornaments, of all Colours, in Glass, before the Company, for
Sale, and forms Birds and Quadrupeds without the use of any Instrument; a variety of
Necklaces, Crosses, Armbands, Fans, Buttons, Figures, Baskets, Pens, Rings, Micro-
scopes, Smelling Bottles, Imitations of Decanters and Dish Glasses; he also blows all sorts
of Glasses for Philosophical Experiments, according to direction, and Glasses to imitate the
Circulation of the Blood, Pulse Glasses, Water Hammers, and a variety of other Philosophical
Curiosities.—From an Apparatus of his own Construction and Workmanship, he is enabled
to spin One Pound of common Window Glass, into Four Millions and Thirty-two Thousand
Yards, at Two Thousand Yards in One Minute.

He presumes to say, that, from his long experience and intense application to his Improve-
ment, he has brought the art to the highest degree of Perfection, and which he has had the
honour to perform before the first Nobility in the Kingdom, and received their universal
approbation for his skill in this ART.

The best way to be satisfied is to come and see, as Mr. H.'s stay must of necessity be
very short.

May 15, 1814.

T. TOPPING, PRINTER, SCALE LANE, HULL.

Abb. 6 Glasbläser vor der Lampe
Angaben laut CMG: Topping, T., England 1814



Abb. 7 Glasspinnrad mit einer Handkurbel
Angaben laut CMG: Bacon: Spinning Wheel Used to Make
Spun Glass, Syracuse, NY 1883?

wärmt blieben.⁵⁸ In der Ergänzung zum Patent wird diese Behandlung nicht mehr empfohlen.⁵⁹ Der in London ansässige Seidenfabrikant François Vouillon ließ ein Verfahren zur Bedampfung von Glasfasern mit Chemikalien patentieren, mit dem Ziel, die Fasern zu reinigen und deren Biegsamkeit zu erhöhen. Faserbündel wurden dafür in Kupferkessel mit Zinnaukleidung auf Glasstangen gelegt. Auf diese Art wurden sie den Dämpfen einer gesättigten Ammoniumlösung, einer Mischung aus schwefeliger Säure und Weingeist sowie Wasserdampf ausgesetzt.⁶⁰

Angesichts der Empfindlichkeit von Glasfasern gegenüber äußeren Einflüssen, aber auch wegen der Reibung der Einzelfasern bei der Herstellung und im Gebrauch, ist der Gedanke einer schützenden Beschichtung naheliegend. Für historische Fasern sind bis auf wenige Ausnahmen solche Überzüge nicht nachgewiesen. Von dem amerikanischen Glaskünstler Theodore Grenier (San Francisco, Glasbläser, tätig um 1879) wurde berichtet, dass er die Fasern in einer Lösung roter Bete in Wasser wusch, als Schutz vor mechanischer Beanspruchung.⁶¹ Die Wirkung der Bedampfung bei Vouillon und der Beschichtung bei Grenier konnte bisher nicht an erhaltenen Stücken überprüft werden.

Glasfilamente und »Glaslocken«

Am Ende des Herstellungsprozesses erhielt man Bündel aus glatten oder gewellten Glasfasern, die von dem Rad abgeschnitten und weiterverarbeitet wurden. Die Herstellung der gekräuselten Glasfasern wird in dem Standardwerk *Die Glasfabrikation* von Hermann Emil Benrath näher erklärt. Demnach entstehen gelockte Glasfasern durch das Verschmelzen mehrerer Glasfaserstangen unterschiedlicher Zusammensetzung, die nicht denselben Ausdehnungskoeffizienten aufweisen.⁶² Die beschriebene Vorgehensweise deutet auf die gezielte Verwendung von Gläsern mit bestimmten Verarbeitungseigenschaften und Materialverhalten hin.⁶³

58 Dubus Bonnel, Application, 1836, S. 3. Siehe dazu das Transkription und Reproduktionen der Patente von Dubus Bonnel, ab S. 275.

59 Dubus Bonnel, Procédés, 1837.

60 Vouillon, Specification, 1840, S. 20–21.

61 –, Glass Robe, 1879; Freytag zählt des Weiteren Schellak, Guttapercha, Harze, Kollodium, Paragummi und Gummi als Beschichtungsmaterialien auf, ohne jedoch Quellen zu nennen. (Freytag, Versuch, 1941, S. 119f) Mit Entwicklung industrieller Fertigungsverfahren begann man verschiedene natürliche und petrochemische Beschichtungsmedien zu testen. Diese haben die Funktion, als Schutzfilm vor Reibung und Schädigung durch Feuchtigkeit bzw. Chemikalien zu agieren, als Gleitmittel während der Verarbeitung und als Klebemittel zwischen den Einzelfasern eines Garns (Freytag, Versuch, 1941, S. 119–120, 129; Mettes, Glass Fibers, 1969, S. 148).

62 Benrath, Glasfabrikation, 1875, S. 364–365. Auch für das Glasfaserkleid der Schauspielerinnen Ellen Jaqua soll ein Dresdner Glasbläser die Technik angewandt haben, indem er bis zu fünf hohle, verschiedenfarbige Glasstangen verschmolz. Die daraus entstandenen Glasfilamente wellten sich, sobald man einen Strang von dem geriffelten Rad schnitt (–, Robe en Verre o.J., 1903, S. 940).

63 Seit dem späten 18. Jh. begann man, die Zusammensetzung von Glasmassen systematisch zu untersuchen. Verbesserungen bei Ofentechnik und Glassätzen bildeten die Voraussetzung für die industrielle Massenfertigung. Hiervon profitierten GlaskunstbläserInnen, da sie ihre Glasstangen aus den Glashütten bezogen und in Fabriken neben der eigentlichen Produktion Forschung und Experimente durchführten (Schack, Glaskunst, 1976, S. 22–29).

Verarbeitung zu Textilien

Der Einsatz von Glasfasern als Textilfasern lässt sich ab dem frühen 18. Jahrhundert nachweisen. Zunächst versuchte man sich in Imitationen von Vogelfedern als modische Accessoires und von menschlichen Haaren für Perücken.⁶⁴ Um 1800 setzte die Verarbeitung von Glasfasern zu Zierelementen für Kleidung, geflochtene Gürtel und Körbchen ein. Ab den 1820er Jahren traten europaweit die ersten Gewebe auf. Der Weg zur industriell gefertigten Massenware Glasfaser ging in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts über die Erzeugung feiner Glaswolle für Filter, Isoliermaterial und gesponnene Garne.⁶⁵ Die Glasfaserzeugnisse werden im Folgenden nach ihren textiltechnischen Verarbeitungsverfahren vorgestellt, geordnet nach aufsteigender Komplexität der Faser- bzw. Fadenverarbeitung (Tab. 1, S. 98–99).

Fixieren und Kleben

Zur Erzeugung von Vogelfedern, Accessoires, Posamenten, Perücken oder Tierskulpturen wurden Glasfilamente zugeschnitten und in Bündel von einigen Millimetern Durchmesser zusammengefasst. Die Enden dieser Bündel schmolz man entweder über der Glasbläserlampe zusammen oder man verklebte sie mit natürlichen Klebemitteln oder Siegelwachs. Die Montage an Figuren aus Glas erfolgte ebenfalls durch erneutes Erhitzen der Fasern oder durch Ankleben auf anderem Untergrund, wie z. B. Papier.⁶⁶ Größere Büschel von Glasfasern erhielt man durch Verkleben mehrerer Bündel und Umwickeln mit Gewebestücken, Fäden oder Papier. Federn aus Glasfasern wurden bereits im 16. Jahrhundert als Verzierung für Gefäße verwendet.⁶⁷ Ab den 1820er Jahren finden sie Verwendung als Reiherbüsche, Straußenfedern und Federschmuck oder Quasten.⁶⁸ Perücken tauchten ab ca. 1740 als Sammlungsstücke auf und galten unter zeitgenössischen PerückenherstellerInnen als Kuriosum⁶⁹ (s. Abb. 9).

Bei der Perückenherstellung wurden 5–6 mm breite sogenannte Tressen aus Glasfilamenten auf einem Kopfnetz fixiert, indem man sie zwischen zwei Fäden einschob und mit Fäden aus Leinen oder Baumwolle umwickelte. Die Locken wurden mit heißen Eisenstangen gedreht.⁷¹ Der fahrende Händler und Glaskunstbläser Abondius Lera aus Mailand stellte auf diese Art im Winter 1739 eine Perücke für König Friedrich August III. von Sachsen/König August III. von Polen (1696–1763) her.⁷² Am Hof Ludwig XV.

64 T. S., Glasparücken, 1754, S. 274.

65 Johnson, Glass, 1995.

66 Drouet u. a., Lion, 2001, S. 57.

67 Zecchin, Storia, 2009.

68 Karmarsch, Bearbeitung, 1851, S. 1547.

69 »Auch giebt es Parücken von weißen und Fahrkrautaschen Glase: diese dienen aber blos zur Curiosität.« (Garsault, Paruckenmacherkunst, 1769, S. 18)

70 Frøsig, Glass Wig, 1974, S. 94.

71 Leng, Handbuch, 1835, S. 520.

72 T. S., Glasparücken, 1754.

(1710–1774) in Versailles soll es Allongeperücken mit langen, schwarzen Locken gegeben haben.⁷³ Auch im 19. Jahrhundert wurde über Perücken aus Glasfasern, etwa in einem Wiener Kaufhaus, berichtet:⁷⁴

Ein Wiener Friseur und Perückenmacher verfertigte aus den weißen Glasfadenlocken eine Rococoperücke, welche die Bewunderung aller Kenner erregte, und nachdem sie im Auslagekasten Monate lang stets neue Zugkraft auf die Passanten der Kärtnerstraße, wo sie ausgestellt war, ausgeübt hatte, für den Preis von 100 Gulden verkauft ward.⁷⁵

Um 1900 versprachen sich englische Perückenmacher einen praktischen Nutzen von Glasfasern als Ersatzstoff, nachdem gesetzliche Verbote für den An- bzw. Verkauf von Echthaaren in Kraft getreten waren. In einer Notiz aus *The Ornamental Glass Bulletin* vom Juni 1907 ist von erfolgreichen ersten Versuchen zu lesen:

The imitation is so realistic and true to life that it is impossible to detect the difference between it and real hair grown on the head.⁷⁶

Die Tiermodelle des französischen Glasbläfers René de Lambourg sollen bei den BesucherInnen seiner Ausstellungen einen ähnlichen Eindruck der perfekten Haarimitation hinterlassen haben. Charles Laboulaye (1813–1886), Autor des *Dictionnaire des arts et manufactures* schreibt:

J'ai vu chez lui des tigres, des hyènes rayées, des axis et autres animaux de grandeur naturelle, admirablement modelés et recouverts du poil du verre dont nous parlons.⁷⁷

Er ging sogar so weit, ausgestopfte Tiere durch die Imitationen aus Glas ersetzen zu wollen.⁷⁸ Dieses Vorhaben scheiterte am aufwendigen Arbeitsprozess – eine Kunstfertigkeit, die nur de Lambourg betrieb, was seine Figuren zu Einzelerscheinungen unter den Glasfasererzeugnissen macht (s. Abb. 10)⁷⁹

73 Krünitz, Encyclopädie, 1779, S. 656.

74 Vgl. dazu u.a. Leng, Handbuch, 1835; Laboulaye, Dictionnaire, 1854; Sauzay, Marvels, 1870.

75 Herrmann, Glaswolle, 1874, S. 483.

76 –, Wigs, 1907.

77 Laboulaye, Dictionnaire, 1854, Artikel zu »Souffler le verre«.

78 »L'imitation est si parfaite, que ces animaux remplaceraient avec avantage les peaux empaillées, toujours altérées, qui emcombrent nos cabinets.« (Laboulaye, Dictionnaire, 1854)

79 Bory, Étoffes, 1894.



Abb. 8 Hutschmuck aus
Glasfaser-Federn
Bildtafel aus Pelouze, *Récréations*,
1828, Pl. III



Abb. 9 Perücke der Frankeschen
Stiftungen zu Halle a. d. Saale,
um 1741; Kat. Nr. 2.4



Abb. 10 »Der Löwe und die Schlange« im Musée des arts et métiers, 1811–1830 von René Lambourg in Saumur hergestellt; Kat. Nr. 2.5

Spinnen und Zwirnen

Garne wurden durch paralleles Anordnen von langen, glatten Glasfilamenten oder später durch Verspinnen kurzer, meist gekräuselter Stapelfasern erzeugt. Das Spinnen von Glasfasern und das Verzwirnen von ein oder mehr Garnen durch Verdrehen kam gegen Ende des 19. Jahrhunderts auf, als die Einzelfasern in entsprechend verspinnbarer Feinheit erzeugt werden konnten (Kat. Nr. 3.1). Vorläufer der Garne waren sogenanntes Engelshaar oder Lampendochte. Unter Engelshaar verstand man gewellte Glasfasern für Christbaumschmuck oder Locken, die von GlaskunstbläserInnen bei Aufführungen erworben werden konnten.⁸⁰ Zur Verwendung von Glasfasern für Lampendochte existiert ein Patent über die Verbesserung von Lampen, das Alexander (1802–1868) und David Gordon (1774–1829) im Juli 1822 in London einreichten.⁸¹

⁸⁰ Sie wurden in den Quellen erst ab den 1870er Jahren erwähnt (Herrmann, *Miniaturbilder*, 1872, S. 23), jedoch in geschichtlichen Darstellungen zur Glasfaser auf GlasbläserInnen aus dem Thüringer Wald des 18. oder 19. Jahrhunderts zurückgeführt (Garke/Schneiders, *Geschichte*, 1979; Glocker, *Glastechnik*, 1992; Wulfhorst u. a., *Glasfasern* 1993).

⁸¹ Gordon/Gordon, *Inventions*, 1822, S. 245–246.

Nähen und Sticken, Knüpfen, Stricken und Häkeln

Berichte zur Verarbeitung von Glasfasern zu Näh- oder Stickgarn, Fäden zum Knüpfen, Stricken oder Häkeln tauchten in den 1860 und 70er Jahren in Zusammenhang mit dem Hersteller Jules de Brunfaut auf. Den Quellen zufolge konnte man mit Brunfauts Fäden Stepp- und Kettenstich auf der Nähmaschine nähen, Spiegel für Krawatten und Giletstoffe besticken, Spitzen herstellen, sie zu Netzen knüpfen, damit häkeln und sie auf der Lamb'schen Strickmaschine⁸² zu Schals stricken.⁸³ Auf der Weltausstellung in Paris 1878 stellte seine Ehefrau Amalie de Brunfaut (geb. Eichner, Wien, Glasweberin, tätig ca. 1850–1900) in der österreichischen Sektion der Glaswaren das Sortiment der Glasspinnmanufaktur vor, darunter »[...]quite a variety of colored and white laces; cloths embroidered with glass [...]«.⁸⁴ Er scheint einer der wenigen HerstellerInnen gewesen zu sein, die händisch gefertigte Glasfasern mit den genannten Techniken verarbeiteten. Sammlungsstücke aus seiner Produktion konnten bisher nicht lokalisiert werden.

Flechten

Das Flechten von Glasfasersträngen diente der Herstellung von Bändern oder Körbchen. Für die bandförmigen Produkte wird der jeweils äußere Strang diagonal von der einen Kante zur anderen geführt und mit den senkrecht laufenden Strängen gekreuzt. Flechtwerk in Form von Gürteln (Kat. Nr. 4.2), Krawatten (Kat. Nr. 4.3), »Kragen, Manschetten, Schleifen, Garnierungen aller Art«⁸⁵ war in den 1830er Jahren bereits eine verbreitete und gut dokumentierte Verarbeitungstechnik.⁸⁶ Benrath berichtete 1875 in seinem Artikel *Über Glasgespinst* in der Zeitschrift *Stummer's Ingenieur* von einer Modeerscheinung im Zusammenhang mit geflochtenen Glasfasern:

Böhmische Glasarbeiter concurren dann auch mit den Venetianern in Flechtarbeiten aus gesponnenem Glas, die, in den 20er und 30er Jahren unseres Jahrhunderts von hier aus auf den Markt gebracht, ein gesuchter Modeartikel wurden.⁸⁷

⁸² Maschine zum Stricken grober bis mittelfeiner Arbeiten aus Wolle, 1865 von Isaac William Lamb aus Rochester, New York, patentiert. (–, Strickmaschine, 1868)

⁸³ –, Glaswolle, 1868; Herrmann, Fortschritte, 1872; Herrmann, Glaswolle, 1874; Hirtzel/Gretschel, Jahrbuch, 1869; Kick, Kick 1868a, 1868; Wagner, Verwendung, 1869.

⁸⁴ Blake, Glass, 1878, S. 296.

⁸⁵ Tschuschner, Handbuch, 1885, S. 477.

⁸⁶ Das Flechten wird in den Quellen genannt, die im vorhergehenden Abschnitt behandelt wurden. Zudem finden sich Erwähnungen in den Werken zur Glasfabrikation von Leng (Leng, Handbuch, 1835, S. 520; Leng, Handbuch, 1851, S. 657), Karmarsch (Karmarsch, Bearbeitung, 1851, S. 1547) und Benrath (Benrath, Glasgespinst, 1875) sowie in einem Eintrag in Dingler's Polytechnischen Journal aus dem Jahr 1839 (–, Glasgewebe, 1839) und in Meyers Konversations-Lexikon von 1885–1892 unter dem Schlagwort «Glasspinnerei» (Autorenkollektiv, Glasspinnerei, 1885–1892, S. 408). Die Beschreibungen gehen nicht über eine reine Aufzählung von Produkten hinaus.

⁸⁷ Benrath, Glasgespinst, 1875.

Einer der erwähnten venezianischen Hersteller war Carlo Olivi (Venedig, Glasbläser, tätig 1830er Jahre), von dessen 1836 in Paris ausgestellten »aus Glas geflochtenen Gürteln und anderen derlei Gegenständen«⁸⁸ man weiß. Körbchen, ein typisches Produkt der italienischen GlasbläserInnen,⁸⁹ findet man unter der Bezeichnung »Blumen- oder Fruchtkörbchen«.⁹⁰ Sie bestehen aus Glasfilamentgarnen, die, ausgehend von der Mitte, spiralförmig gelegt, miteinander verschlungen und mit Naturfasern verflochten sind (Kat. Nr. 4.4). Herrmann beschrieb die Technik in *Miniaturbilder aus dem Gebiete der Wirthschaft*, ordnete sie aber als altmodische Erscheinung ein:

Doch waren die Produkte aus gesponnenem Glas ganz so primitiv wie dreißig Jahre zuvor [Venedig, 1810] unmittelbar nach der Erfindung des Glasspinnens, [...] Man erzeugte vorzüglich Fruchtkörbchen, die nach dem Muster der feinen Weidenruthen- und Stroharbeiten geflochten waren.⁹¹

Vliesherstellung

Für Filter zum Laborgebrauch wurden feine Glasfasern miteinander verschlungen und so zu Vlies verarbeitet (Kat. Nr. 1.3, 1.5). Die Herstellung von Vlies ab den 1860er bis 70er Jahren⁹² wird in den Quellen als Filzen bezeichnet, obwohl dieser Begriff technologisch nicht zutreffend ist. Zur Erzeugung von Filzen wird mit Wärme, Feuchtigkeit, Druckeinwirkung, Bewegung der Fasermasse und Walken in sauren, alkalischen oder neutralen Flüssigkeiten gearbeitet.⁹³ Diese Arbeitsschritte wurden laut den Beschreibungen hier nicht angewandt, obwohl sie vielleicht möglich gewesen wären. Der Glasbläser Paul Weißkopf (Morchenstern, Böhmen, Glasbläser, tätig um 1872) machte jedenfalls mit einem entsprechenden Eintrag in *Dingler's Polytechnischem Journal zu Filtern aus gefilzten Glasfäden* auf sich aufmerksam, in dem er seine Erfolge beim Filzen von Glas folgendermaßen beschrieb:

Neuerer Zeit werden auf Veranlassung der Österreichischen Regierung Versuche gemacht, zu außerordentlich feinen Fäden gesponnenes Glas zur Darstellung von Schmucksachen zu benutzen. Ich habe versucht solche Glasfäden zu filzen, was mir auch ohne Mühe gelang, und selbe dann nach Art des Asbestes als Filter anzuwenden.⁹⁴

88 –, Glas-Gewebe, 1839, S. 211.

89 Keess, Darstellung, 1824, S. 903.

90 Siehe dazu Poppe, *Lexicon*, 1816, S. 606, sowie Rockstroh, *Glasblasekunst*, 1833, S. 177) und Leng, *Handbuch*, 1851, S. 657.

91 Herrmann, *Miniaturbilder*, 1872, S. 18.

92 –, *Glass Silk*, 1877; –, *Glass Thread*, 1879; –, o. T., 1884; –, *Origin*, 1904, S. 18–19.

93 Koch/Satlow, *Textil-Lexikon*, 1965, S. 427.

94 Weißkopf, *Filter*, 1872.

Weben

Im 19. Jahrhundert wurden Glasfasern in unterschiedlichen Webtechniken und Kombinationen mit Naturfasern zu Geweben verarbeitet: Es gab erstens Gewebe mit Schussinträgen aus Glasfilamentgarnen, verwebt mit Naturfasern (Seide, Wolle, Baumwolle, Flachs). Die Glasfaser-Schussfäden hatten hier eine gewebebildende Funktion oder waren als Muster eingearbeitet. Die zweite Art waren Glasfasergewebe in Leinwandbindung mit einfachen Glasfilamentgarnen oder Glasfaserzwirnen in Kette und Schuss. Da man die Glasfaserbündel nicht um die Webkante führen konnte, standen sie entweder als Fransen aus dem Gewebeverbund heraus oder wurden entlang der Außenkante abgeschnitten.⁹⁵ Ein Ausfransen konnte z.B. durch Einstreichen der Schnittkante mit Klebemitteln oder An- und Zusammenschmelzen der Faserenden verhindert werden.



Abb. 11 Detail des Kleids von Infantin Eulalia, Glasfasern mit gewebebildender Funktion; Kat. Nr. 7.5

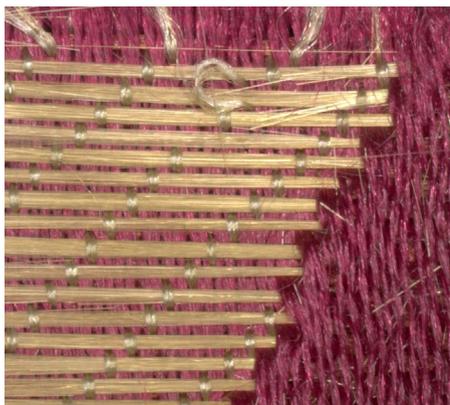


Abb. 12 Detail aus einem Dekorstoff in Lampasbindung (BSV), Glasfasern im Muster-schuss; Kat. Nr. 6.5

⁹⁵ Vouillon, Specification, 1840, S. 19.

Wann die Fabrikation von Glasfasergeweben begonnen hatte, war bereits den Zeitzeugen unklar.⁹⁶ Wahrscheinlich versuchten sich der venezianische Glasbläser Carlo Olivi und andere GlasbläserInnen in der Entwicklung von Glasfasergeweben, nachdem 1825 die Österreichische Regierung ein Preisgeld für entsprechende Produkte ausgeschrieben hatte (Kat. Nr. 1.1).⁹⁷ Zwischen 1833 und 1840 wurden in ganz Europa gewebte Glasfaserzeugnisse durch Preisverleihungen auf Gewerbeausstellungen, sowie durch Patentvergaben, Zeitungsberichte und Einträge in Lexika bekannt.⁹⁸ Carlo Olivi erhielt bereits 1833 bei der Verteilung der Auszeichnungen der Industrie in Venedig für seine »Tessuti in Vetro« die Silbermedaille.⁹⁹ Benetto Polacco (Venedig, Glasfabrikant, tätig 1830er Jahre), erhielt 1837 das fünf Jahre gültige Privileg,¹⁰⁰ Glasfasergewebe herzustellen (Kat. Nr. 1.2, 6.1, 6.2).¹⁰¹ In diesem Privileg heißt es:

Man erhält auf diese Weise einen aus sehr vielen feinen Glasfäden bestehenden Büschel (Kat. Nr. 1.2), der wie Flachs oder Hanf auf einem einfachen Webstuhl sich verarbeiten lässt.¹⁰²

In der 1851 erschienenen überarbeiteten Version von *Dr. Heinrich Leng's vollständiges Handbuch der Glasfabrikation* heißt es zu Polaccos Produkten:

Unter der Bezeichnung *stoffa di vetro di Veneta* verkauft man in Wien ein Gewebe aus Glasfäden, welches für Tapeziergegenstände verwendet wird.¹⁰³

Die Entwicklung von sogenannten Lampasgeweben mit Glasfaserbroschierung geht auf den Franzosen Ignace Dubus Bonnel aus Lille zurück (Kat. Nr. 6.3, 6.6). Es handelt sich dabei um Gewebe mit je zwei Kett- und Schusssystemen, in denen die Glasfaserbündel von Webkante zu Webkante als Musterschuss mitlaufen und in Abhängigkeit von der Musterkomposition auf der Vorder- und Rückseite sichtbar sind. Er erhielt 1836 das für fünf Jahre gültige Patent *Application du verre filé au tissage des étoffes*¹⁰⁴ und reichte im

⁹⁶ Bellani, *Arte*, 1841, S. 30.

⁹⁷ Herrmann, *Miniaturlbilder*, 1872, S. 15. Anm. Lombardo-Venetien war von 1815 bis 1859 Teil der Habsburgermonarchie.

⁹⁸ Das Allgemeine Organ für Handel und Gewerbe und damit verwandte Gegenstände hatte 1837/38 drei Artikel zum Thema abgedruckt und versuchte 1839 mit einem chronologischen Überblick Klarheit zu schaffen. (–, *Biectesames Glas*, 1837; –, *Glasweberei*, 1838b; –, *Glasweberei*, 1838a); –, *Glas-Gewebe*, 1839, S. 211)

⁹⁹ –, *Collezione*, 1839, S. 471.

¹⁰⁰ Prechtl, *Jahrbücher*, 1837, S. 471.

¹⁰¹ Er hatte 1835 Proben auf der Ersten allgemeinen Österreichischen Gewerbeausstellung (–, *Glas-Gewebe*, 1839, S. 211) und 1836 auf dem Concorso in Mailand (–, *Varieta*, 1840, S. 402) bzw. Venedig (Siehe Anm. 99) vorgestellt.

¹⁰² Kaiserlich königliche Hofkammer, *Beschreibungen*, 1842, S. 284.

¹⁰³ Leng, *Handbuch*, 1851, S. 658.

¹⁰⁴ Dubus Bonnel, *Application*, 1836. Die Materialprobe, die dem Patent beigelegt ist, zeigt ein leinwandbindiges Gewebe mit mehrfarbigen Glasfasern als Schusseinträgen. Bekanntheit erlangte Dubus Bonnel später vor allem durch seine Gewebe in Lampasbindung (vgl. Kat. 6.3, 6.6).

Folgejahr 1837 ein verbessertes Verfahren, *Procédés de filage et tissage du verre*,¹⁰⁵ ein.¹⁰⁶ Von seinen Erzeugnissen hieß es, dass sie

[...] ganz oder zum Theil aus Glas gewebt sind. [...] als Einschuß mit der Lade eingeschlagen werden können, ohne zu brechen. Durch Vermischung der weißen oder gefärbten Glasfäden mit Seide oder anderen Fäden, liefert Herr Dubus fabricierte Zeuge [...].¹⁰⁷

Die erwähnten anderen Fäden konnten Wolle, Baumwolle oder Flachs sein.¹⁰⁸ Ab 1838 betrieb er eine Fabrikation in Paris, mit ca. 30 Webstühlen, darunter einige mit Jacquard-einrichtung, auf denen über ein Lochkartensystem einzelne Kettfäden angehoben werden konnten.¹⁰⁹ Die Schusseinträge aus Glasfasern wurden händisch mit Haken eingezogen. In der Ergänzung zum ersten Patent beschreibt Dubus Bonnel die von ihm entworfene Apparatur für das Einbringen der Glasfaserbündel über eine seitlich positionierte Holzschiene mit Rillen: Die Weberin oder der Weber führte den eigentlichen Web-

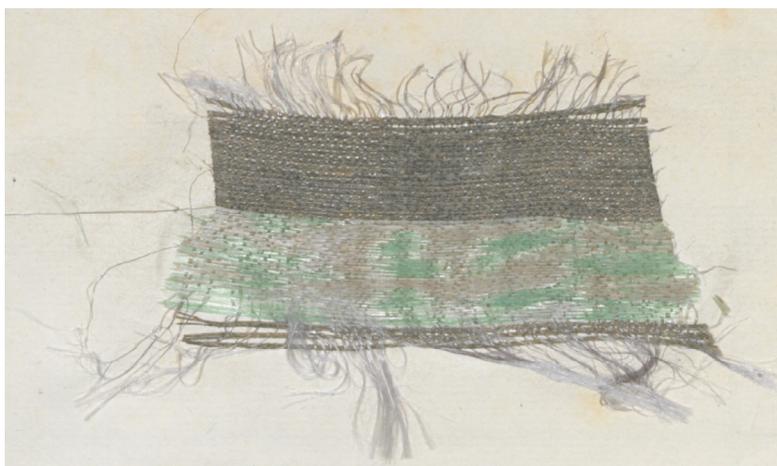


Abb. 13 Gewebeprobe aus dem Patent »No 7215« von Ignace Dubus Bonnel, Paris 1836

105 Dubus Bonnel, *Procédés*, 1837.

106 Für den Originaltext der Patente siehe den Anhang »Transkription der Patente von Dubus Bonnel«, S. 275–293.

107 –, *Fabrication*, 1837. Anm. Der Begriff Zeuge ist eine historische Bezeichnung für Gewebe, die aus Leinen oder Baumwolle gefertigt wurden. (Meyer zu Capellen, *Lexikon*, 2006, S. 450)

108 –, *Biegsames Glas*, 1837; Vilet, *Industrie*, 1837, S. 27.

109 –, *Revue*, 1839.

vorgang durch, und ein zweiter Arbeiter oder eine Arbeiterin schob von links die vorbereiteten Glasfaserschüsse mit einem Holzstab durch die Rillen in das geöffnete Fach zwischen die Kettfäden. Der Stab wurde mit einer Schnur zurückgezogen und ein neues Bündel von Glasfasern in die Rille eingelegt.¹¹⁰

Nach demselben Verfahren stellte der Seidenhändler François Vouillon gemusterte Stoffe aus Seide und Glasfasern her und verkaufte sie in seinem Londoner Geschäft in der Prince's Street, Hanover Square. In seinem Patent von 1839 wird, neben der Faserherstellung auch der Webprozess genau behandelt. Er nutzte ebenfalls Jacquardwebstühle und betonte, dass es essenziell sei, nach jedem gläsernen Schusseintrag Seidenfäden einzutragen, damit die Glasfasern weniger mechanisch belastet wurden.¹¹¹ Ignazio Pizzagalli, ein in Mailand ansässiger Glaskunstbläser, hatte um 1840 mit der Verarbeitung von Glasfasern in Geweben begonnen.¹¹² Er kooperierte mit dem Seidenfabrikanten Giovanni Lamberti, um gemusterte Seiden mit Glasfasern an Stelle von Metallfäden nach dem französischen Vorbild zu erzeugen.¹¹³

Verschiedene Hersteller aus Großbritannien versuchten, reine Glasfasergewebe herzustellen. Es wird von Richard Baker (Ossett, Manchester, Glasbläser, tätig um 1838), berichtet, der 1838 der North of England Society of Arts Proben eines feinen, netzartigen Gewebes aus Glasfasern zeigte¹¹⁴ und im Folgejahr verbesserte Produkte präsentierte.¹¹⁵ In Manchester setzte der Seidenfabrikant Louis Schwabe bei seinen Experimenten zur Kunstfaserproduktion auch Glas ein¹¹⁶ und legte der British Association for the Advancement of Science 1842 Gewebeproben vor:

Mr. L. Schwabe explained his method of spinning glass, and brought forward specimens of the glass thread, and also of the cloth woven.¹¹⁷

In den 1870er bis 1890er Jahren griff man die verschiedenen Ansätze aus der ersten Phase der Glasfasergewebeproduktion wieder auf: Jules de Brunfaut ließ bei einem Wiener Textilproduzenten Damaste und Samte mit Glasfaserschusseinträgen herstellen¹¹⁸ und erzeugte reine Glasfasergewebe. Von seinen auf der Weltausstellung 1878 in Paris ausgestellten Erzeugnissen heißt es dazu:

110 Dubus Bonnel, *Procédés*, 1837, S. 8–10.

111 Vouillon, *Specification*, 1840, S. 18–20.

112 Bellani, *Arte*, 1841, S. 29.

113 –, *Manifatturra*, 1840, S. 352; Erdöd, *Distribuzione*, 1842, S. 47–48.

114 –, *Glasweberei*, 1838a; –, *Glasweberei*, 1838b; –, *Glass Cloth*, 1839, S. 61.

115 »Richard Baker and Son, of Ossett Street-side, near Dewsbury, have discovered an improvement in the manufacture of glass, and have it so pliable that they can make a cloth or fabric of the finest texture. They have pieces of this cloth 2 1/4 yards long, and from 9 inches to 36 inches in breadth.« (–, *Improvement*, 1839, S. 311)

116 *British Association for the Advancement of Science, Report*, 1843, S. 114.

117 Redding, *Itinerary*, 1842, S. 69.

118 Herrmann, *Glaswolle*, 1874, S. 484.

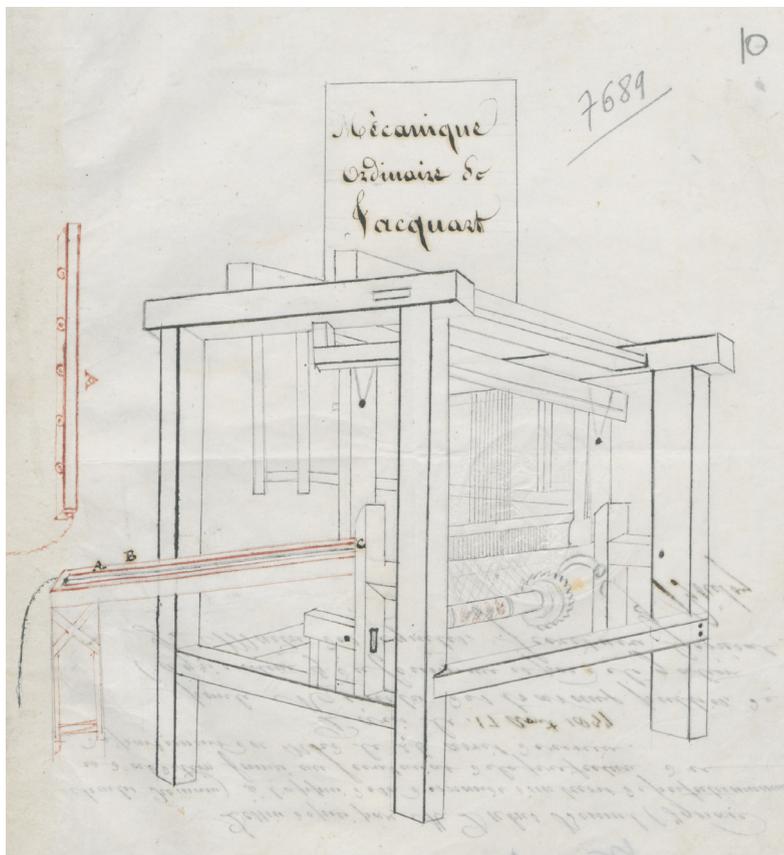


Abb. 14 Konstruktionszeichnung des Webstuhls für Glasfaser-Seidengewebe aus dem Patent »No. 7689« von Ignace Dubus Bonnel, Paris 1937, Tusche auf Papier

The exhibit included a very handsome cloak, made of knitted wool and lined with glass cloth, the thread being woven a certain distance apart and laid of right angles. [...] There was quite a variety of colored and white laces; cloths embroidered with glass; very thin woven glass cloth, in which now and then a fine thread of gold-colored glass appeared.¹¹⁹

¹¹⁹ Blake, *Glass*, 1878, S. 296. In San Francisco, Kalifornien fertigte der Glaskünstler Theodore Grenier 1879 ein Gewebe aus Glasfilamentbündeln auf einem traditionellen Schaftwebstuhl an, dessen Maße ca. 5,8 x 1,2 m (Kette 19 Fuß und Schuss 4 Fuß) betrug. (–, *Glass Robe*, 1879)

Um 1880 gab es in Österreich-Ungarn, Frankreich, Deutschland und den USA HerstellerInnen, die verstärkt mit Kleiderstoffen experimentierten. Im frühen 20. Jahrhundert lag der Schwerpunkt in der Glasfaserverarbeitung zunächst weniger auf gewebten Erzeugnissen als auf hitze- und chemikalienbeständiger Glaswolle für Isolierungen und Laborbedarf.¹²⁰ Die steigende Nachfrage als Ersatzmaterial für Asbest im Ersten Weltkrieg beförderte schließlich die Entwicklung maschineller Verfahren zur Glasfasererzeugung, vor allem in Deutschland.¹²¹ Erste Gewebe aus diesen neuen Fasern wurden Ende der 1930er Jahre entwickelt.¹²²

Textile Endprodukte

Glasfasertextilien wurden zu Kleidungsstücken, modischem Zubehör oder Gegenständen für die Innenausstattung von Räumen weiterverarbeitet. Es ergaben sich dabei Kombinationen unterschiedlich hergestellter Glasfasertextilien mit anderen Materialien, wie Nähfäden oder Gewebe aus Naturfasern, Polsterungen, hölzernen oder metallenen Rahmen. Die Arbeitsschritte umfassten den Zuschnitt, Verbinden durch Nähen, Kleben oder Aufspannen. Genäht wurde entweder mit der Hand oder der Maschine, vor allem bei langen Nähten bzw. bei der Erzeugung großer Produktmengen.

Accessoires und kleine Ausstattungsgegenstände waren typische Produkte, bei denen Glasfasern verarbeitet wurden. Jules de Brunfaut und A. Prengel (Wien, Glasspinner, tätig um 1880) sollen Manschetten, Schleier¹²³ und Muffe in ihrem Sortiment gehabt haben.¹²⁴ Richard Baker verarbeitete seine Glasfasergewebe unter anderem auch zu Schuhen:

It (Anm. Glass Cloth) is deposited for inspection in the North of England Society of Arts, together with a slipper of the same material.¹²⁵

Putzgegenstände für Kopfbedeckungen traten Ende des 18. Jahrhunderts in Form von Federn oder Blumen auf.

Ein Hinweis auf Glasfaserhüte fand sich 1839 im *Journal of Agriculture* in einem Text über Richard Bakers »Improvement in Glass«:

[...] they have also made some very fine ladies' head-dresses or ornaments form this material, which are considered both very curious and very useful.¹²⁶

¹²⁰ Jones/Huff, *Structure*, 2009, S. 529–530.

¹²¹ Vgl. dazu den Überblick von Patentschriften in Freytag, *Versuch*, 1941, S. 118.

¹²² Guillaumin, *Textile*, 1939.

¹²³ »Brautschleier aus Glaswolle von 2 1/2 Ellen im Gevierte waren von unerreichbarer Zartheit, ließen sich, ohne zerdrückt zu werden, in eine Nußschale einschließen und sofort wieder durch Aufblasen mit dem Athem in die volle Weite ausdehnen.« (Herrmann, *Glaswolle*, 1874, S. 483)

¹²⁴ Blake, *Glass*, 1878; Heiden, *Handwörterbuch*, 1904; Herrmann, *Miniaturbilder*, 1872; Kick, *Glasfäden-Erzeugnisse*, 1868; Wagner, *Verwendung*, 1869.

¹²⁵ –, *Glass Cloth*, 1838.

¹²⁶ –, *Improvement*, 1839, S. 311.



Abb. 15 Glasfaser-
hauben um 1883
KünstlerIn unbekannt,
Toledo, OH, 1883–1900,
Druck auf Papier



Abb. 16 Dekorative Applikationen von Louis und Richard Wetzel
Geyer, Sachsen, Textilfabrikanten, tätig ca. 1875–1899;
Kat. Nr. 5.1.



Abb. 17 Weste der Libbey Glass Company aus dem Toledo
Museum of Arts, Chicago 1893; Kat. Nr. 74

Die Bezeichnung »head-dress« kann dabei jedoch irreführend sein und ebenfalls nurdekorative Applikationen bezeichnen. Hauben oder »Bonnets« werden in den Quellen der 1870er bis 1890er Jahre genannt. Jules de Brunfaut stellte ein Exemplar auf der Weltausstellung in Paris aus:

A very handsome ladies' buff-colored bonnet, made of spun glass, with the orthodox feathers and ribbons, lined with silk, was the center of attraction.¹²⁷

Virginia Penny, Besucherin der »Cincinnati Industrial Exposition« 1880 schreibt in einem Bericht für den *American Pottery & Glassware Reporter* ebenfalls von ausgestellten Hüten für Damen.¹²⁸ In der Zeitschrift *China, Glass and Lamps* ist von einer größeren Produktion in Venedig im Jahr 1897 die Rede.¹²⁹

Kleidungsstücke, wie Westen, Mieder oder Abendroben, sind seit der Mitte des 19. Jahrhunderts in geringem Umfang belegt.¹³⁰ Die Glasfasergewebe des französischen Herstellers Ignace Dubus Bonnel sollen auch zu Kleidung, wie einem Ornat für den Erzbischof von Straßburg,¹³¹ verarbeitet worden sein. In den späten 1870er Jahren wurde das Potenzial solcher Erzeugnisse im Bereich der Funktionskleidung erkannt.¹³²

Ab den 1830er Jahren wurden Bespannungen für Möbel, Ofenschirme,¹³³ Polster, Tapeten, Vorhänge und Teppiche gefertigt.¹³⁴ Gewebe von Dubus Bonnel fanden eine zeremonielle Anwendung als Leichentuch für den Sarg von Napoleon I. (1769–1821) anlässlich seiner Überführung in den Invalidendom 1841.¹³⁵

¹²⁷ Blake, *Glass*, 1878, S. 296.

¹²⁸ Penny, *Glass*, 1880. Aus dem Jahr 1899 existiert die Erzählung eines Reisenden in New Orleans, der anderen Hotelgästen seinen Glasfaserhut zeigte. Er hatte das Exemplar im Wert von \$ 1100 als Entschädigung für seine Investition in die Firma eines Glasbläfers aus Pittsburgh, Pennsylvania erhalten, nachdem dieser die Produktion von Glasfasern eingestellt hatte (–, *Hat*, 1899).

¹²⁹ »A Venician manufacturer is turning out bonnets by the thousands, the glass cloth of which they are composed having the same shimmer and brilliancy as silk, and, what is a great advantage, being impervious to water.« (–, *Glass Bonnets*, 1896)

¹³⁰ – o.T., *Magasin Universel*, Nr. 2, 1836, S. 4; Laboulaye, *Dictionnaire*, 1854; Sauzay, *Marvels*, 1870.

¹³¹ Herrmann, *Miniaturbilder*, 1872, S. 15–16.

¹³² »Mr. Prengel's glass inventions are something so extraordinary and useful for clothing, etc., as glass is a non-conductor, that it will probably cause an entire revolution in dress material.« (–, *Use*, 1879) An anderer Stelle heißt es dazu »Glass is a non-conductor, and the time may not be distant when a man to be protected from death by electric wires will have to wear glass hat and coat.« (–, o. T., 1884)

¹³³ –, *Tissus*, 1837.

¹³⁴ Grouet, *Émailleurs*, 1844, S. 1200.

¹³⁵ Pédróni, *Art*, 1849, S. 16. Teile dieses Gewebes sind in den *Collections du mobilier national* in Paris erhalten (Oscar Roméo, *Retour*, 2018).



Abb. 18 Überführung des Leichnams von Napoleon I. in den Invalidendom
 Philippoteaux, Henri-Félix-Emmanuel: Le Retour des cendres de Napoléon Ier, l'arrivée de la Dorade à Courbevoie, le 14 décembre 1840. Paris 1867, Öl auf Leinwand, Rueil-Malmaison, châteaux de Malmaison et Bois-Préau



Abb. 19 Stuhl aus dem Saal Kaiser Karls des Großen im Festsaalbau, Entwurf: Leo v. Klenze (1784–1864), München um 1839–1842, Inv.-Nr. ResMü.M0972, Kat. 118/III. München, Residenz, Triertraktdepot

Eines seiner vorzüglichsten Produkte sind Tapeten von der schönsten Art, dergleichen auch für den Englischen und Russischen Hof in Kommission gegeben sind.¹³⁶

König Ludwig I. von Bayern (1786–1868) ließ ein Kabinett in der Münchner Residenz mit Glasfaser-Seidengeweben derselben Machart ausstatten. Der König soll die Räumlichkeiten im Winter 1853/54 Jules de Brunfaut gezeigt haben.¹³⁷ In den Kaisersälen im Festsaalbau der Residenz wurde eine mehrteilige Sitzgarnitur¹³⁸ mit Bezügen aus Glasfaser-Seidengewebe um 1841 aufgestellt.¹³⁹

Historische Terminologie

Die schriftlichen Quellen von den 1660er Jahren bis in die erste Hälfte des 20. Jahrhunderts wurden nach den historischen Begriffen für Textilglasfasern durchsucht. Sie sind von einem nicht-systematischen Sprachgebrauch geprägt, bei dem die AutorInnen ihre Bezeichnungen für die Glasrohstoffe, die Verarbeitungsschritte und die fertigen Produkte nach eigenem Ermessen wählten. Historische Bezeichnungen sind der standardisierten Terminologie für Glastypen, Faserstoffe und Textilien aus der aktuellen *DIN Norm 1259-1: 2001-09 Glas – Teil 2: Begriffe für Glaserzeugnisse* gegenübergestellt (Tab. 1).¹⁴⁰ Hierdurch lässt sich die historische Textilglasfaser sprachlich in Relation zu dem seit den 1940er Jahren üblichen,¹⁴¹ standardisierten System setzen. Demnach sind Glasfasern wie folgt definiert:

Sammelbegriff für aus geschmolzenem Glas bestimmter Zusammensetzung gewonnene feine Fasern für textile Zwecke mit annähernd gleichmäßigem meist rundem Querschnitt.¹⁴²

Um einen Bezug zum heutigen Sprachgebrauch in der Glasfaserindustrie herzustellen, wurden in der vorliegenden Arbeit überall dort, wo sie eindeutig mit den historisch-

¹³⁶ –, Glas-Gewebe, 1839, S. 211.

¹³⁷ Herrmann, Miniaturbilder, 1872, S. 16, 18. Übernommen in –, Origin, 1904, S. 18–19.

¹³⁸ Elf Stühle und vier Tabourets aus dem Saal Karls des Großen im Festsaalbau, 34 Stühle und neun Tabourets aus dem Saal Kaiser Friedrich Barbarossa, elf Stühle aus dem Saal Kaiser Rudolf von Habsburg im Festsaalbau. Siehe dazu Hoyer u. a., Möbel, 1997, S. 237–242.

¹³⁹ »Die neue k. Residenz München zieren schon mehrere Sessel, welche mit obigem Stoffe belegt sind.« (–, Glasweberei, 1841) Die Raumausstattung geht auf Entwürfe des Architekten Leo von Klenze zurück (Bayerische Verwaltung der staatlichen Schlösser, Residenz, 1937, S. 71).

¹⁴⁰ Deutsches Institut für Normung e.V., Glas, 2001. Siehe dazu auch die Übersicht der Begriffe und Normen bei Wulfhorst u. a., Glasfasern, 1993.

¹⁴¹ Freytag/Koch, Glasfäden-Untersuchungen, 1943.

¹⁴² Deutsches Institut für Normung e.V., Glas, 2001, S. 33. Der Faserdurchmesser von Glasfilamenten für die textile Anwendung beträgt 3–27 µm (Deutsches Institut für Normung e.V., Glas, 2001, S. 17).

Glastypen und Faserstoffen übereinstimmen, die modernen, normierten Begriffe für Glasfasererzeugnisse verwendet. Die meisten in den Quellen genutzten Bezeichnungen sind für die maschinelle Glasfaserproduktion und -verarbeitung jedoch nicht mehr relevant, weshalb sich kein passendes Äquivalent in den Normen findet. Bei der Suche nach Hinweisen auf historische Glasfasertextilien wurden deutsch-, englisch-, französisch- und in geringerem Maße italienisch- und spanischsprachige Quellen herangezogen und die deutschen Begriffe ohne Veränderung der Schreibweise in der Tabelle zusammengestellt, (s. Abb. 18, 19).

Damenkleider aus Glasfasern

Thema dieses Abschnitts sind historische Glasfaserkleider, von ihrem Aufkommen um 1840 bis zum Übergang zur modernen Glasfaserproduktion in den 1930er bis 40er Jahren. Es waren besonders die durch Beleuchtung hervorgerufenen Glanzeffekte von Glasfasertextilien, die ihre HerstellerInnen dazu antrieben, mit diesem textiltechnisch anspruchsvollen Material zu arbeiten. Hinzu kam die Betonung der Leichtigkeit solcher Kleider, die den stofflichen Charakter zugunsten einer reinen Lichtwirkung in den Hintergrund drängte. Der Effekt, den das Kleid der amerikanischen Schauspielerin Ellen Jaqua (Kat. Nr. 7.7) auf BetrachterInnen ausübte, wurde so beschrieben:

It is a costume made of spun glass, and its shimmering folds dazzle the eyes and bewilder the brain of all who gaze upon the creation. [...] The color effects of the dress under a strong light are wonderful. Delicate shades of pale green, blue, and silver-white blend into each other with bewildering rapidity as the light falls upon the folds, presenting an aspect of unusual charm, luster, and richness. Although the gown does not sparkle, the indescribable sheen which it throws out dazzles the eye for the moment. The entire effect is of rays of moonlight cast upon a satiny silver surface.¹⁴³

¹⁴³ Gilliams, Wonders, 1902, S. 95. Zu dem Stoff, den der Glasbläser Max Steiner (Rheinland und Pittsburgh, PA, Glasbläser, tätig um 1888) in ein Bühnenkostüm für die Opernsängerin Emma Abbotts verarbeitete, hieß es: »Steiner had two or three specimens of glass cloth woven in prismatic hues, the delicate crystal filaments resembling dainty gossamer webs that shone with opalescent splendor in the light.« (–, Emma Abbott's Glass Dress, 1888)

Tabelle 1 Begriffe zur Herstellung und Verarbeitung von Glasfasern aus Schriftquellen von 1754 bis 1930 (mit Angabe der frühesten Erwähnung der jeweiligen textilen Technik in schriftlichen Quellen) sowie nach DIN 1259-1: 2001-09

Herstellungs- und Verarbeitungsschritte	Glasfasererzeugnisse	
	Historische Begriffe	Standardisierte Terminologie
Glasproduktion in der Glashütte	Glasstäbe und Glasröhren blasen	
Diskontinuierliches Schmelzen der Glasrohstoffe	Natronglas, Thüringer Glas	Alkali-Kalksilikatglas
	Bleiglas, Flintglas	Bleiglas
	Kaliglas, Böhmisches Glas	Kali-Kalkglas
	Quarzglas	Silicatglas
Glasfaserherstellung durch GlasbläserInnen*	Glasfädenerzeugnis, Glasgespinstzeugnis, Glasspinnereierzeugnis	
Erhitzen mit der Glasbläserlampe		
Ausspinnen mit Haspel/Rad	Dochte, Fadenkreuze	
Vom Rad nehmen, zusammenfassen, Spinnen, Zwirnen (T. S., Gasparücken, 1754, S. 274)	Gesponnener/ausgezogener Glasfaden, Glasfäden, Fädchen, Glasfaser, Glasgespinste	Glasfasern, Textilglas, Textilglasfaser
	Glasseide, (Glas)Filament, Glaslocken	Glasfilament
	Glaswolle, Glasgespinstfaser	Glasstapelfaser
Verarbeitung zu Textilien*		
Kleben/Schmelzen, Umwickeln (Diderot/D'Alembert, Encyclopédie, 1751–1765, Tome premier, S. 198)	Bürsten, Büschelwerk, Buschwerk, Christbaumhang, Christbaumschmuck, Coiffuren, Federbüsche, Federn, Fransen, gewickelte Perlen, Glasfedern, Gasparücke, Haarputzartikel, Locken, Parucken von Glase, Parücke, Perücke, Pleureusen, Reiherbüsche, Roccoperücke, Straußfedern, Vogelfedern	
Häkeln, Knüpfen, Sticken, Stricken (Kick, 1868, S. 497)	Brautschleier, Netze, Stickerei, Stickarbeiten, Shawls Shawlstickerei, Spitzen, Schleier	Textilfasergestrick
Vliesherstellung (Kick, 1868, S. 497)	Glaswatte, Gichtwolle, Rheuma-Watte, Rheumatismus-Watte, Filter Filtriermaterial, Filtrierfilze	Glasvlies, Glaswolle
Flechten (Leng, Handbuch, 1835, S. 520)	Armbänder, Bänder, Cravatten, Kravatten, Flechtarbeiten/Flechtwerk/Geflechte, Gürtel, Korbflechtere, flechtbare Gespinste, Flechtband, Fruchtkörbchen, Körbchen, Lampenteller, Netze, Schalen, Teller	Flechtschlauch

Verarbeitung zu Textilien*

Weben (Leng, Handbuch, 1835, S. 520)	Gewebe aus Glasfäden/von Glas, Glasgewebe, Glasstoffe, Brokate, Weberarbeit, Zeuge, Schirmstoffe	Textilglasfilamentgewebe
Nähen, Kleben (-, Glasweberei, 1838a)	Decken, Drapperien, Garnituren, Lampenschirme, Leichtentuch, Möbelstoffe, Möbelüberzüge, Polster, Posamentierwaren, Tapeten, Quasten, Tapeziergegenstände, Teppich, Vorhänge, Wandtapeten, Zimmertapeten	
Textile Technik nicht bekannt	Boa, Blumen, Damenhüte, Geldbeutel, Glasschmucksachen, Halstücher, Hüte, Kappen, Ketten, Kragen, Manchets, Manschetten, Muffe, Mützen, Nippgegenstände, Nippsachen, Plüschbesätze, Rüschen, Schleifen, Schmuckgegen- stände, Schmucksachen, Uhrketten	
Konfektion (Hartmann, Glasfabrikation, 1850, S. 206)	Balkkleider, Gilet, Kleid, Kleidergarnituren, Kleidungsstück, Messgewand, Mieder, Oberkleider, Ornat, Prachtgewänder, Robe, Unterrock	

* Orte der Herstellung und Verarbeitung: Werkstatt, Atelier, Glasspinnerei, Glasspinn-/ gespinntmanufaktur, Ausstellungen, Weltausstellungen, Märkte, Jahrmärkte

Glasfaserkleider wurden von erfolgreichen Schauspielerinnen bei Theater- und Opernaufführungen getragen, von Damen der Oberschicht gesammelt und bei Ausstellungen oder in Schaufenstern großer Kaufhäuser präsentiert. Bisher konnten Hinweise auf Kleider in Nordamerika und Europa gefunden werden (Tab. 2). Bei der Auswertung der Quellen zeigte sich ein vermehrtes Aufkommen dieser Stücke in Gebieten mit glasverarbeitende Industrie südlich der großen Seen in den USA.¹⁴⁴

Die Anfänge dieser extravaganten Modeerscheinung sind jedoch in Europa zu verorten: Die Glasfasergewebe, die Königin Victoria (1819–1902) bei ihrer Ausstattung zur Krönung, ihrer Hochzeit¹⁴⁵ und einem Staatsbesuch bei König Louis Philippe von Frankreich (1771–1850) im September 1843 wohl trug, werden dem Seidenfabrikanten Louis Schwabe oder François Vouillon zugeschrieben. Bisher konnte keine Quelle gefunden

¹⁴⁴ Das Aufkommen der ungewöhnlichen Kleider deckt sich auch mit einem bei Davison beschriebenen Phänomen der nordamerikanischen Glasindustrie in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts: «As well as the production of utilitarian wares, the continuing search for novelty culminated in a wide variety of flasks and bottles made to present people, animals birds, fruit, buildings, and railway engines to name but a few.» (Davison, Conservation, 2003, S. 48)

¹⁴⁵ Staniland, Fashion, 1997, S. 121.

Tabelle 2 Berichte zu Damenkleidern aus Glasfasern 1837–1904

Datierung d. Quellen	BesitzerInnen	HerstellerInnen	Auszug aus dem Quellentext
1837	Queen Victoria, vermutlich (reg. 1837–1901)	Seidenmanufaktur Louis Schwabe, Stoffhändler Vouillon & Laure	»At the coronation of Queen Victoria she wore a dress the woof of which was spun glass, but the warp of silk.« ^(b)
1840			»[...] Spinning of Glass (of which cloth is now made in Europe, and formed part of the Queen's Wedding Garment)« ^(b)
1843			»La reine d'Angleterre portait au concert d'Eu une robe en verre filé.« ^(c)
1863	»Prof. Grenier«	»Prof. Grenier« [sic?] (Cincinnati, Ohio, Glasbläser, tätig um 1863)	»In 1863, at Cincinnati, Prof. Grenler spun and wove a dress entirely of glass, for which he was offered a \$ 2,500, but which offer he declined.« ^(b)
1878	unbekannt	Prof. Theodore Grenier [sic?] (San Francisco, CA, Glasbläser, tätig um 1879; Anm.: Es konnte nicht abschließend geklärt werden, ob es sich bei Grenler und Grenier um dieselbe Person handelt.)	»The feminine world will be interested in a novel costume which is now in progress of manufacture in San Francisco. It is being woven by a renowned glass worker, out of innumerable colored strands of glass first spun by himself.« ^(d)
1878	unbekannt	Jules de Brunfaut, Wien	»In Musselin als Einschlag eingewebt, verziert der glatte Glasfaden besonders Balkkleider weit schöner als Seideneinschlag.« ^(b)
1888	Emma Abbott (1850–1891)	Glasbläser Max Steiner, Pittsburgh, PA	»This costume will be worn as quick as finished, and Emma Abbott is expecting it daily in the revival of the 'Rose of Castile,' by the Abbott Opera Company [...]« ^(f)
1893	Florence Scott Libbey Georgia Cayvan Infantin Eulalia	Libbey Glass Company Hermann Hammesfahr,	»World Columbian Exposition«, Chicago, Illinois »They (Anm. The Libbey Glass Company) are spinning and weaving glass into fabrics that are fashioned into dresses [...]« ^(g)
1900	Ellen Jaqua	Dresdner GlasbläserInnen, Pariser Couturier	»The most marvellous and beautiful dress in the world is owned by Miss Ellene Jaqua a famous singer and well-known society belle of Brooklyn, New York, U.S.A. It is a costume made of spun glass [...]« ^(h)

Datierung d. Quellen	BesitzerInnen	HerstellerInnen	Auszug aus dem Quellentext
1901	Maxine Elliott	GlasbläserInnen, Brooklyn, NY	»Illustrating the wearing qualities of glass is the history of the spun glass dress. It was made in Brooklyn about 1902 and was made on a model representing the figure of Maxine Elliott, then a leading state favorite as well as a great beauty. [...] The dress was later exhibited at the Pan-American Exposition in Buffalo on a wax model of Miss Elliott.« ⁽ⁱ⁾
1904	F. I. Knapp	Libbey Glass Company Hermann Hammesfahr, Toledo, Ohio	»Louisiana Purchase Exposition«, Saint Louis, Missouri »I had to wear a glass dress, which mother had made, and stand out in front of the show.« ^(j)
1904		Glasbläser Gruppe von Frank Allen Owen Glasweberin »Madame« Owen (USA, fahrende Glasbläserin, tätig um 1904)	»Beautiful Spun Glass Dresses« ^(k)

Literatur zur Tabelle: (a) Spillman, Spun-Glass, 1977; (b) CMG, BIB ID 164968 Finn, Lawrence: Exhibition of Fancy Glass Working and Spinning United States Hotel, o.O. 1840–1843; (c) Grouet, Émailleurs, 1844, S. 1199–1200; (d) Spillman, Fabric, 1897; (e) –, Syracuse Journal, 11.6.1878; (f) Herrmann, Glaswolle, 1874, S. 484; (g) –, Emma Abbotts Glass Dress, 1888; (h) –, Company, 1893, S. 48; (i) Gilliams, Wonders, 1902, S. 95; (j) –, Glass Dress, 1990, S. 1, 4; (k) Dorothy Stafford: Glass Dress, Now at Art Museum, Was World Fair Sensation in 1892. In: Toledo Blade v. 21.1.1951, S. 7; (l) Pamphlet Advertising Glass Blowing Exhibition, o.O. 1904?, CMG, BIB ID 131361.

werden, die diesen Zusammenhang klar belegt. Jedoch war Louis Schwabe, der eine Seidenmanufaktur in Manchester betrieb, sowohl Hersteller von Glasfasertextilien, als auch Lieferant der britischen Monarchin.¹⁴⁶ Vouillon hatte 1840 ein Patent für die Erzeugung von Lampasgeweben mit Glasfasermusterschüssen erhalten¹⁴⁷ und war nachweislich an der Fertigung des königlichen Hochzeitskleids beteiligt.¹⁴⁸ Da das Kleid nicht vollständig erhalten ist – bei der Hochzeitsausstattung fehlt die Schleppe – kann derzeit nicht am Original geprüft werden, ob tatsächlich Glasfasertextilien verarbeitet wurden.¹⁴⁹ Obgleich nicht sicher belegt ist, dass Queen Victoria Kleider aus Glasfaser-Seidengewebe

¹⁴⁶ – Exhibition at the Manchester Mechanics Institution. In: The Manchester Guardian v. 20.5.1840, S. 3; – Cloth of Glass. In: Taunton Courier and Western Advertiser v. 23.9.1840, S. 8; Koch, Vorgeschichte, 1954, S. 771; Tucker, History, 2012, S. 8.

¹⁴⁷ Vouillon, Specification, 1840.

¹⁴⁸ Staniland, Fashion, 1997, S. 121.

¹⁴⁹ Die erhaltenen Teile des Kleides bestehen aus cremefarbenem Seidenatlas aus Spitalfields und Honiton Spitze. Sie gehören zum Bestand von The Royal Collection, London (Royal Collection Trust, Queen, 2018).

in Auftrag gab, kannte und zeigte sie Interesse an der Entwicklung dieser neuen, experimentellen Erzeugnisse. Schon vor ihrem Regierungsantritt förderte die damalige Princess Victoria die Vorführungen des Glasbläfers Mr. Scott, der unter anderem das »Glasspinnen« praktizierte.¹⁵⁰ Aus der Saison 1841, dem Jahr der Hochzeit wird von einer ihrer Hofdamen berichtet, die bei einer Veranstaltung ein Glasfaserkleid trug, was als eine Würdigung der modischen Akzente der Monarchin gedeutet wird.¹⁵¹ Bei der Wahl ihrer Garderobe war die Rolle der Königin als stilgebendes Vorbild und Repräsentantin der britischen Textilindustrie nicht zu unterschätzen (s. Abb. 20).

Bis in die 1860/70er Jahre waren junge, wohlhabende Frauen der oberen gesellschaftlichen Schichten und des Adels tonangebend bei der Einführung der neuesten Mode. Die Verbreitung der aktuellsten Schnitte und Kleiderdekorationen erfolgte über Modejournale und Schnittvorlagen von der urbanen Mittelschicht in die Provinzen.¹⁵²

Ab den 1880er Jahren übernahmen Schauspielerinnen die modische Vorreiterrolle. Bei der Betrachtung von Fotografien und Beschreibungen der Glasfaserkleider wird deutlich, dass man schnitttechnisch der aktuellen Mode folgte – soweit dies mit den steifen

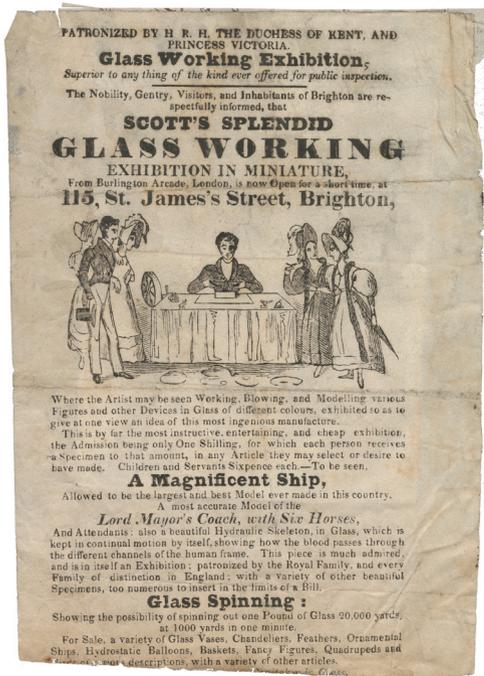


Abb. 20 Plakat des Glasbläfers Scott mit dem Hinweis auf die Patronin Prinzessin Victoria
Angaben laut CMG: KünstlerIn unbekannt.
GB 1830, Druck auf Papier

150 Scott's splendid glass working exhibition in miniature, United Kingdom 1830, CMG, BIB ID 1000142948.

151 Mdl. Mttlg, Edwina Ehrman, Victoria & Albert Museum, 17.2.2017.

152 Arnold, Pattern, 1977, S. 3.

Glasfasergeweben möglich war. Die Darstellerinnen steigerten die eigene Bekanntheit durch den Erwerb eines Glasfaserkleids und verschafften den HerstellerInnen, GeldgeberInnen und Theatern Medienpräsenz. Den AkteurInnen wurde dabei die Bereitschaft zugeschrieben, offen für Neues, Modernes und Innovatives zu sein (s. Abb. 21).

In diesem Kontext ist das Engagement der Opernsängerin Emma Abbott (1850–1891) und der Schauspielerinnen Georgia Cayvan, Maxine Elliott (1868–1940) und Ellen Jaqua zu sehen. Auch Edith King (1896–1973) agierte als Teil einer Publicity-Kampagne um das Kleid der Cambridge Glass Co. und trat darin 1927 im Hartman Theatre in Cleveland, OH auf.¹⁵³

Die Rolle von Infantin Eulalia und Florence Scott Libbey ist in erster Linie jene der Besitzerin eines Libbey-Glasfaserkleids, wobei nicht überliefert ist, ob die Ehefrau von Edward Libbey ihr Exemplar je getragen hat. F.I. Knapp (geb. Hammesfahr, Lillian 1896–1980), die Enkeltochter von Hermann Hammesfahr, führte solche Kleider auf der Weltausstellung 1904 vor.¹⁵⁴ Ethel Newcomb (1875–1959), vom Metropolitan Theatre in Boston trug das Kleid von Ellen Jaqua wegen ihrer passenden Größe.¹⁵⁵ Glasfaserkleider wurden im 19. Jahrhundert von GlasbläserInnen und SchneiderInnen



Abb. 21 Glasfaserkleid auf einer Figur von Maxine Elliott, »Pan American Exposition«, Buffalo 1901 Kilburn, Benjamin West, The Glass Dress, Pan American Exposition, Littleton, NH 1901, Albumdruck auf Karton

153 –, Glass Dress, 1990, S. 1, 4.

154 »I had to wear a glass dress, which mother had made, and stand out in front of the show. All that I remember is that it scratched, and I couldn't sit down for fear of breaking the glass threads.« (Dorothy Stafford: Glass Dress, Now at Art Museum, Was World Fair Sensation in 1892. In: Toledo Blade v. 21. 1. 1951, S. 7)

155 Donnell, Dress, 1930.

hergestellt, mit dem Ziel, ihre eigenen Fertigkeiten und Produkte zur Schau zu stellen.¹⁵⁶ Durch die Anfertigung eines besonders komplexen Werkstücks mit den Techniken der Modeindustrie konnten die GlasbläserInnen sich aus der Masse der KleinkunsthandwerkerInnen hervorheben. Dabei ergaben sich Hindernisse, wie der hohe Zeit- und Kostenaufwand bei der Herstellung, die eingeschränkte Farbpalette, die schnitttechnische Verarbeitung der spröden Faserstoffe und vor allem die unangenehmen Trageeigenschaften. Die Probleme konnten, durch Kooperationen von GlasbläserInnen mit finanzstarken Textil- oder GlasfabrikantInnen oder die Anpassung der Schnitte an die morphologischen Eigenheiten der Glasfasern gelöst werden.

Die Kleider waren tief verhaftet in der Praxis der fahrenden GlasbläserInnen, ihr Können auf Jahrmärkten, Ausstellungen oder in öffentlichen Vorführhäusern zu zeigen. Die Flexibilität und Feinheit der Fasern ließen sich damit eindrucksvoll demonstrieren. Gerade die Seltenheit solcher Erzeugnisse zog die Aufmerksamkeit der BesucherInnen auf sich und ermöglichte es den Vorführenden gleichzeitig Hintergründe zum Glasmaterial, Glasspinnen oder Weben zu vermitteln.

Die Libbey Glass Company setzte auf der Weltausstellung in Chicago 1893 durch die Zusammenarbeit mit berühmten Personen sowie den Vertrieb von Souvenirs und Publikationen neue Marketingstandards, die in kleinerem Maßstab bereits von den fahrenden GlasbläserInnen entwickelt worden waren.¹⁵⁷ Diese wurden um die Jahrhundertwende 1900 von anderen Firmen übernommen, so z. B. die mit Kabinettkarten beworbenen Unterröcke von Goddard & Sons, die unter dem geschützten Namen «Spun-Glass Rusil» in New York verkauft wurden.¹⁵⁸

Auch die *Cambridge Glass Company*, nutzte bei der Ausstellung ihres Glasfaserkleids im Kaufhaus Wm. Hinterschied in Cleveland, Ohio diese Werbestrategien:

Prior to the opening of the display, Miss King appeared on the stage at the Hartman theater wearing the glass dress. On the day following the opening of the display, local newspapers printed descriptive articles. [...] The Wm. Hinterschied Co. found that the display was the most successful publicity 'stunt' they ever had

¹⁵⁶ Alle Arbeitsschritte der Herstellung konnten von GlasbläserInnen durchgeführt werden oder es waren GlasspinnerInnen, GlasweberInnen, ZwischenhändlerInnen für Textilien, Couturiers und Couturières und SchneiderInnen beteiligt. Bei den folgenden HerstellerInnen wird davon ausgegangen, dass die Glasfasern, die Stoffe und die Kleider aus einer Hand stammen: Prof. Grenler in Cincinnati, Ohio, Theodore Grenier in San Francisco, CA, der unter A. Prengel bekannte Glasbläser aus Wien, Max Steiner, ansässig in Pittsburgh, Pennsylvania, die familienbetriebene Glasmanufaktur von Jules de Brunfaut in Wien und »Owen's Famous Glass Blowers«, die um die Jahrhundertwende in Nordamerika tourten (Spillman, Spun-Glass, 1977; –, Glass Robe, 1879; –, Glass Clothing, 1879; –, Emma Abbott's Glass Dress, 1888; Blake, Glass, 1878; Pamphlet Advertising Glass Blowing Exhibition, o.O. 1904?, CMG, BIB ID 131361).

¹⁵⁷ Siehe dazu das Kapitel »Funktion der Glasfasererzeugnisse«, S. 65–74.

¹⁵⁸ Die Bezeichnung wurde als Ticket an jeden Rock geheftet und der Kunde darauf hingewiesen, nur echte Produkte mit diesen Etiketten zu akzeptieren (Goddard, Linings, 1899).

put on and declare that it was very valuable to them from an advertising point of view.¹⁵⁹

Modische Damenkleider aus Glasfasern blieben Einzelerscheinungen am Textilmarkt. Das lag vor allem daran, dass die glänzende Oberfläche oder die besondere Haptik des Materials die für den Bekleidungsbereich ungenügenden Fasereigenschaften nicht ausgleichen konnten.¹⁶⁰ Auch wurde der Seltenheitswert der Kleider durch den Zeit- und Arbeitsaufwand bei der Herstellung gesteigert, der sich in den Kosten widerspiegelte.¹⁶¹ Dabei stand die praktische Anwendung im Alltag selten im Fokus der HerstellerInnen. Sie nutzten vielmehr den Effekt des Staunens über Glasfaserkleider und ihren experimentellen Charakter in der Bewerbung von GlasbläserInnenvorfürungen und um aktuelle Entwicklungen in der Glasfaserherstellung publik zu machen.¹⁶²

Als in den 1930er Jahren Methoden zur maschinellen Fertigung von Glasfasern entwickelt wurden, griff man die alten Strategien für die Bewerbung der neuen Fasertechnologie auf.¹⁶³ Das Hochzeitskleid von Helen Monro (1901–1977) illustriert dieses Schema. Die Glaskünstlerin und ihr Ehemann, William Turner (1881–1963) hatten sich in Nordengland, aber auch international um die Glaskunst und -industrie verdient gemacht.¹⁶⁴ An ihre Hochzeit am 1. Juli 1943 in St. Giles, Edinburgh erinnert dieses Kleid seit 1980

¹⁵⁹ –, Glass Dress, 1990, S. 4.

¹⁶⁰ »[...] it will appear impossible for them to neutralize the hardness and brittleness of the separate filaments woven and, also to get rid of that cutting edge which must render the woven fabric unsuitable for immediate contact with the human body. Furthermore, argues the ›Glashutte‹ writer, the entire piece of glass cloth must be woven of single unbroken filament or thread, as experience shows that contact of the loose ends of glass threads is at one disagreeable and injurious to the person ...« (–, Glass Weaving, 1881) »Natürlich ist es durchaus möglich, beispielsweise aus Glaskunstseidengewebe ein Kleid herzustellen, aber ich glaube kaum, dass die Besitzerin eine besondere Freude daran haben wird. [...] Auf Grund meiner Kenntnisse über textile Fasern bzw. Fäden einerseits und Glasfäden andererseits wage ich zu behaupten, daß vorläufig an Bekleidungsstücke aus Glasfäden nicht zu denken ist, solange es nicht gelingt, der Glasfaser die Sprödigkeit zu nehmen [...]« (Satlow, Glasfäden, 1950)

¹⁶¹ Über das Kleid von Ellen Jaqua hieß es: «The cloth or body and the trimmings on the dress consist of millions of extremely fine and delicate strands of pure spun glass, and it is only upon careful examination that an adequate idea of the great amount of labour put into the weaving of the material can be gained.» (Gilliams, Wonders, 1902, S. 95) Sie erwarb es im Jahr 1900 für \$ 1250. Prof. Grenler soll 1863 ein Angebot von \$ 2500 erhalten haben (Spillman, Spun-Glass, 1977) und von Jules de Brunfaut wird berichtet, dass er »... die Fäden zuerst in solcher Elastizität zu gewinnen wusste, dass es ihm möglich wurde, dieselben in Verbindung mit Seide zu geköperten Kleiderstoffen zu verweben, von denen eine Robe den Wert von 2000 Mark und mehr repräsentierte.« (Tischeuschner, Handbuch, 1885, S. 477)

¹⁶² Als Queen Victoria um 1840 Glasfasergewebe als Kleidungsstoff getragen haben soll, hatten Ignace Dubus Bonnel und François Vouillon kurz zuvor Verfahren zur Herstellung patentieren lassen. Rückblickend wurde die Entwicklung dieses Kleid so kommentiert: «This was then thought to be the greatest triumph which could ever be accomplished in the glass business.» (Spillman, Spun-Glass, 1977)

¹⁶³ »Jean Harlow is one of the first of the Hollywood femmes to dash about in one of those new glass fabric gowns. The glass is as soft as spun silk, with a luminous shine and a soft, transparent quality. It has been fashioned into an evening ensemble, including a cape.« (–, o. T., 1936)

¹⁶⁴ Lole, Wedding, 1995.

im Turner Museum of Glass, einer Studiensammlung in der University of Sheffield.¹⁶⁵ Die Herstellerfirmen aus Glasgow, Glass Fibres Ltd. of Fairhill und Pettigrew & Stephens werden bis heute mit dem Kleid in Verbindung gebracht. Aus technologischer Perspektive besticht das Kleid durch die blaue Farbe, die mit einer erst kurz zuvor entwickelten Färbemethode erzeugt wurde (vgl. Kat. Nr. 6.8).¹⁶⁶

Vor dem Hintergrund der untersuchten historischen Quellen lässt sich das Glasfaserkleid der Infantin Eulalia (DM) in die Tradition der fahrenden GlasbläserInnen einordnen. Es diene als Ausstellungsstück und BesucherInnenmagnet für die Libbey Glass Company. Das Kleid blieb eines von wenigen Exemplaren und löste keine weitreichenden Veränderungen im Bekleidungssektor aus. Dieser Umstand macht die Fähigkeiten von KunstglasbläserInnen, wie Hermann Hammesfahr sichtbar, legt gleichzeitig aber auch die Grenzen zur Glasfaserproduktion in diesem technologischen Umfeld und die (Nicht-)Eignung von Glasfasern für Alltagskleidung offen.

In dem Kleid der Infantin (DM) sind farblose Glasfaserfilamente verarbeitet, die einzeln aus vorgefertigten Glasstangen vor einer Lampe mit Gas als Brennmittel gezogen wurden. Das Glas stammt aus der industriellen Produktion der Libbey Glass Company, genauso wie der finanzielle Rückhalt zur Realisierung ihrer Kleider. Entgegen der Behauptung von Hermann Hammesfahr in seinem Patent von 1880, reine Glasfasergewebe herzustellen, handelt es sich bei dem Oberstoff für das Kleid um ein Mischgewebe mit Seide. Diese Verarbeitungstechnik wurde bereits in den 1820er Jahren entwickelt. Das Flechten von Glasfasern, wie es für die Verzierungen am Kleid ausgeführt wurde, konnte bis in das späte 18. Jahrhundert zurückverfolgt werden. Der Vergleich mit Berichten zu anderen Glasfaserkleidern zeigte, dass die Idee zu den Ausstellungsstücken der Libbey Glass Company in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts von KunstglasbläserInnen entwickelt worden war. Neu und vorbildwirkend für spätere Kleider waren das Ausmaß und die professionelle Umsetzung des Marketings.

¹⁶⁵ Barns, Catalogue, 1993; Jones/Huff, Structure, 2009, S. 530; The British Museum/BBC, Glass Fibre, 2014. Es repräsentiert auch eine kuriose Ausprägung der Mangelwirtschaft während des Zweiten Weltkriegs, war Glas doch im Gegensatz zu Seide von der Rationierung im Bekleidungssektor nicht betroffen. (Clouting, Facts, 2018)

¹⁶⁶ –, Bride, 1943.

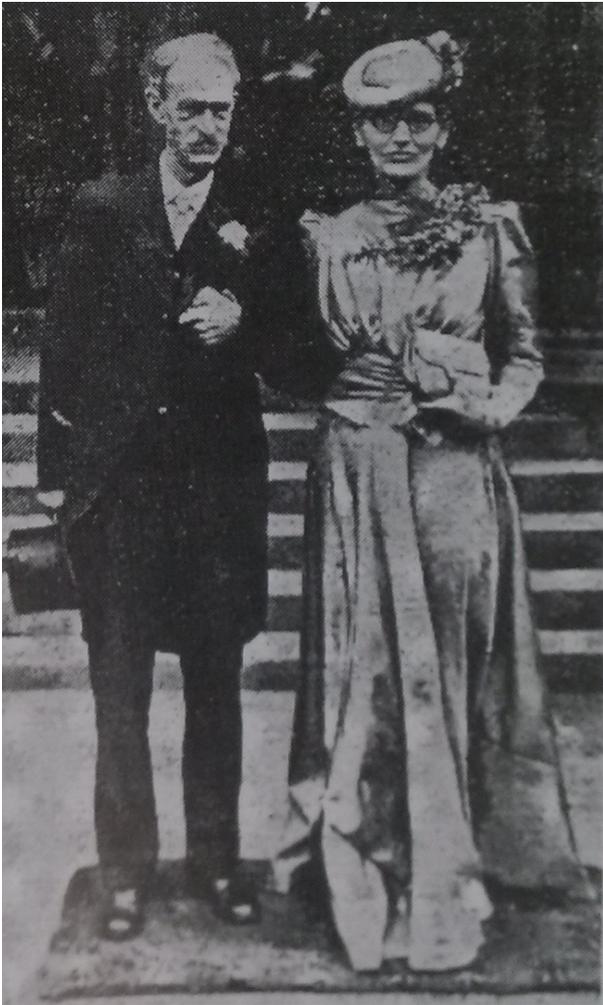
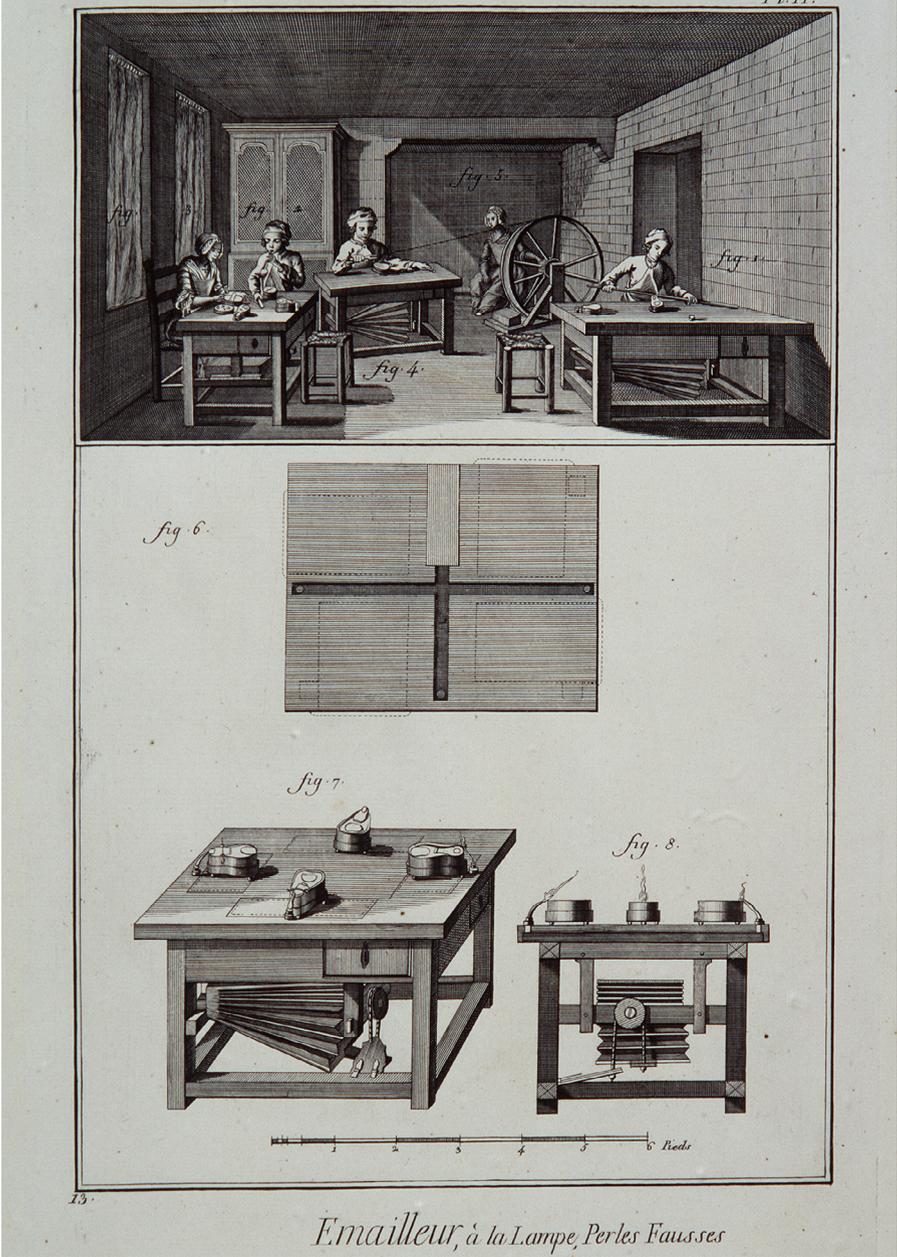


Abb. 22 Helen Monro und William Turner bei ihrer Hochzeit 1943
Angaben laut TMG: Fotografin unbekannt,
Wedding Dress and Accessories, Edinburgh 1943
(siehe hierzu auch die Farbabbildungen unter Katalog 6.8,
ab S. 257–260).



Emailleur, à la Lampe, Perles Faus ses

Abb. 23 »Glasbläser vor der Lampe, Kunstperlen« aus: Diderot/D'Alembert, Encyclopédie, 1751–1765 (vgl. S. 75)

Charakterisierung und Materialanalyse der Glasfaser

Die Eigenschaften der Glasfaser und der aus ihr erzeugten textilen Produkte sind von zwei Faktoren bestimmt: der Glaszusammensetzung und den Bedingungen bei der Herstellung und Verarbeitung. Seit den Anfängen der industriellen Fertigung von Glasfasern im 20. Jahrhundert ist daher das systematische Untersuchen der Glassorten und das Bewerten der Materialeigenschaften die Grundlage zur Entwicklung von Spezialgläsern und zur Optimierung von Fertigungsverfahren. Eine entsprechende Herangehensweise fand bei historischen Textilglasfasern nicht statt. Die Ausgangsmaterialien waren Glasstäbe, deren Zusammensetzung auf den Rezepten der Glashütten bzw. den individuellen Anforderungen der GlasbläserInnen beruhten. In der Regel handelte es sich dabei um farblose oder verschieden eingefärbte Stäbe aus Gläsern, die sich bei relativ niedrigen Temperaturen vor der Lampe verarbeiten ließen. Die Handhabung bei der Verarbeitung hing von den Fähigkeiten der HandwerkerInnen und ihrem Arbeitsumfeld ab. HerstellerInnen wie Pizzagalli in Mailand, Dubus Bonnel in Paris, Brunfaut in Wien oder Hammesfahr in Toledo, Ohio, arbeiteten in Werkstätten, während eine große Zahl fahrender KunstglasbläserInnen in Veranstaltungsräumen oder sogar im Freien das »Glasspinnen« praktizierten.¹

Eigenschaften von historischen Glasfasern

Die besondere Dimension, Oberfläche und Struktur der Glasfaser bestimmen einerseits ihre außergewöhnlichen mechanischen Eigenschaften und andererseits die Anfälligkeit dieses Werkstoffs gegenüber äußeren Einflüssen. Dieser Abschnitt behandelt die Eigenschaften der hergestellten Fasern, Garne und textilen Flächen, die Indikatoren von Alterung und Schädigung sowie das gesundheitsgefährdende Potenzial der Glasfasern. Ausgehend von der Viskosität und Oberflächenspannung der gläsernen Masse werden die Veränderung in der Glasstruktur und -oberfläche, die beim Ausziehen der Fäden stattfindet sowie die damit einhergehenden Fasercharakteristika aufgezeigt. Es werden Zusammenhänge zwischen den Eigenschaften sowie der Einfluss verschiedener Faktoren auf die Beständigkeit untersucht. Dadurch wird herausgearbeitet, welche Charakteristika für die Beurteilung des Erhaltungszustands von Exponaten relevant sind.

Chemische Zusammensetzung und Netzwerkstruktur

Bis ins frühe 20. Jahrhundert wurden Glasfasern aus Gläsern erzeugt, deren Zusammensetzung in Abhängigkeit von der Bezugsquelle hohen Schwankungen unterlag.² Um Glasstäbe mit geeigneten Verarbeitungseigenschaften zu erhalten, variierte man bei der

¹ Siehe dazu den Abschnitt »Herstellung von Glasfasern vor der Kunstglasbläserlampe« ab S. 74–80.

² Freytag, Versuch, 1941, S. 120.

Mischung der Ausgangsstoffe das Verhältnis von Siliciumdioxid (SiO_2), Alkalien (Na_2O , K_2O) und Calciumoxid (CaO) und fügte modifizierende Zusätze hinzu.

SiO_2 nimmt im Glas die Funktion des Netzwerkbildners ein und bildet Tetraeder aus, in deren Zentrum das Silicium-Atom steht. An den vier Eckpunkten, die zugleich Verbindungspunkte zu weiteren Tetraedern sind, befinden sich Sauerstoff-Atome. SiO_2 kann unter anderem durch Bleioxid (PbO), Arsenoxid (As_2O_3) oder Phosphoroxid (P_2O_5) partiell ersetzt werden. Alkalien und CaO sind Netzwerkwandler, die sich zwischen den Silicat-Tetraedern einlagern oder Verknüpfungen ausbilden. Die Alkalien agieren als Flussmittel und setzen den Schmelzpunkt einer Glasmasse herab. Wegen ihrer geringeren Größe stellen sie jedoch lösliche Bestandteile innerhalb der Glassubstanz dar. Daher werden CaO und andere Zusätze, wie Magnesiumoxid (MgO), Aluminiumoxid (Al_2O_3), Bariumverbindungen oder Zwischenoxide (Fe_2O_3 , MnO) zur Stabilisierung des Systems hinzugefügt. Die Zwischenoxide können im richtigen Mischungsverhältnis auch zur Entfärbung des Glases eingesetzt werden. Farbigkeit und Transparenz bzw. Opazität des Glases werden durch Hinzufügen weiterer Metalloxide erzeugt. Die Libbey Glass Company nutzte für ihre Gläser beispielsweise Kobaltoxid für blaue Gläser, Uranoxide für gelbe, Kupferoxid und Eisenoxid für grüne, Kryolith und Feldspat für weiße. Bernsteinfarbenes Glas wurde mit organischen Zusätzen, wie gemahlener Steinkohle, gebranntem Hafer oder Birkenrinde hergestellt. Um rotes Glas zu erzielen, wurde Gold in die Mischung gegeben, durch dessen kolloidale Verteilung in der Masse der rote Farbeindruck entsteht.³

Nach dem Mischen der Rohstoffe in Pulverform wurde das Gemenge in einem Ofen durch diskontinuierliches Schmelzen verflüssigt. Zur Erzeugung von Glasstäben entnahmen GlasarbeiterInnen mit einer Zange oder einer Glasmacherpfeife einen Posten aus der zähflüssigen Glasmasse, bliesen sie zu einem Zylinder und zogen ihn gemeinsam mit einem oder einer zweiten ArbeiterIn aus. Für hohle Röhren wurde vor dem Ausziehen aus den Glasklumpen eine Blase geformt. Beim Abkühlen erstarrt die Glasflüssigkeit, ohne dass dabei Kristallisation stattfindet: Es entsteht eine amorphe Struktur, wie sie in Abbildung 1 schematisch dargestellt ist.⁴

Viskosität

Je höher die Temperatur ist, umso mehr Bindungen in der Glasstruktur werden aufgebrochen, wodurch die Bewegungsfreiheit der einzelnen Bauelemente ansteigt: Der Feststoff Glas, z. B. in Form eines Glasstabs, wird flüssig, und wegen der geringeren Viskosität und

³ Flinn, Guide, 1893, S. 12.

⁴ Die genaue Anordnung der Atome im Glas nach dem Abkühlen, die Geometrie ihrer Verbindungen untereinander und eine mögliche Ordnung in Bereiche höherer Konzentrationen z. B. von Alkalien sind bis heute Gegenstand der Forschung. Die Untersuchungen werden zum einen mittels Elektronenstrahl-, Röntgen-, Partikel- und optische Spektroskopiemethoden durchgeführt und zum anderen auf Basis theoretischer Modelle digital simuliert (Scholze, Glas, 1988, S. 90–98).

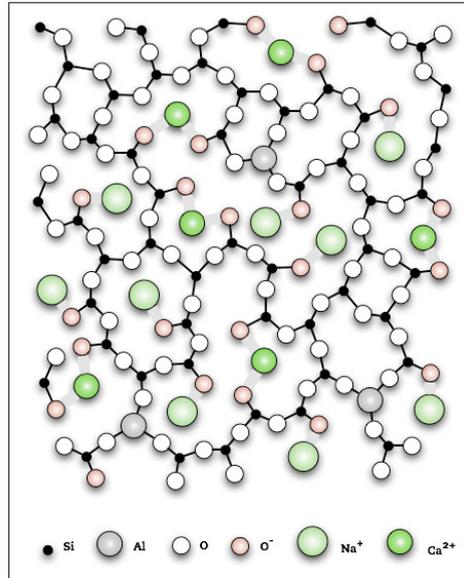


Abb. 1 Strukturdarstellung eines Kalk-Natron-Glases

Oberflächenspannung formbar. Beide Faktoren werden von der Zusammensetzung des Glases bestimmt. Die KunstglasbläserInnen arbeiteten mit sogenannten »langen« Gläsern, die sich auf Grund ihrer geringeren Viskosität über einen längeren Zeitraum vor der Glasbläserlampe formen ließen, jedoch nicht so weich wurden, dass sie tropften.⁵ Damit ein Glas vor der Lampe zu Fäden gezogen werden kann, sollte es über einen breiten Verarbeitungsbereich und eine hohe Oberflächenspannung verfügen. Die Oberflächenspannung ist definiert als das Verhältnis dieser Arbeit zur Oberflächenänderung. Je höher sie im Verarbeitungsbereich ist, desto stabiler ist der Spinnprozess. Einfluss auf die Oberflächenspannung hat die herrschende Atmosphäre in der Umgebung.⁶

Der Verarbeitungsbereich beginnt mit der Erweichungstemperatur, also jenem Punkt, ab dem das Glas klare Zeichen einer Deformation zeigt. Es handelt sich dabei um einen von drei technologischen Fixpunkten, mit denen die Viskosität η eines Glases charakterisiert wird. In Abb. 2 ist die Viskosität im Verhältnis zur Temperatur aufgetragen und die beschriebenen Fixpunkte und Temperaturbereiche sind eingezeichnet.⁷

⁵ Tscheuschner, Handbuch, 1885, S. 464.

⁶ Teschner, Glasfasern, 2013, S. 19 und S. 28–29.

⁷ Die Messeinheit für die Viskosität ist Pascalsekunden Pa s und wird üblicherweise mit dem negativen dekadischen Logarithmus $\log \eta$ der dPa s angegeben, da sich die Werte um mehrere Zehnerpotenzen ändern.

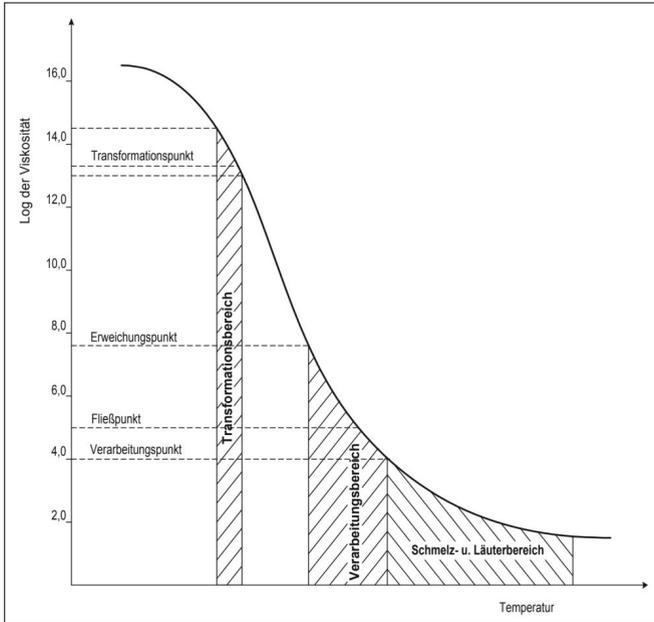


Abb. 2 Temperaturverlauf der Viskosität.

Reprinted by permission from Springer Nature
www.springer.com/de/book/9783642383298

Das Ende des Verarbeitungsbereichs liegt bei der sogenannten Einsinktemperatur, dem Übergang zum Schmelz- und Läuterbereich. Von der Größe des Intervalls zwischen diesen beiden Temperaturpunkten hängt die technologische Länge des Glases ab. Bei der Arbeit vor der Lampe wird mit langen Gläsern gearbeitet, die über ein breites Temperaturspektrum formbar sind. Der dritte technologische Fixpunkt ist die Einfrier- oder Transformationstemperatur. Kühlt eine Glasschmelze ab diesem Punkt weiter ab, ist kein Fließen innerhalb der Substanz mehr möglich und das typisch spröde Verhalten des Glases tritt ein. Dieser Wendepunkt ist beim Glasspinnen direkt nach dem Faserziehen, also zwischen dem Austreten aus der Flamme und dem Aufwickeln auf das Rad, zu verorten.⁸ Die Viskosität in Abhängigkeit von der Temperatur und damit auch die Länge eines Glases kann empirisch ermittelt oder aus der chemischen Zusammensetzung errechnet werden.⁹

⁸ Teschner, Glasfasern, 2013, S. 17–18.

⁹ Dafür wird die Vogel-Tulcher-Tammann-Gleichung (VFT-Gleichung) verwendet (Scholze, Glas, 1988, S. 41).

Oberfläche der Faser

Die Molekularkraft, die an der Oberfläche einer heißen Glasschmelze wirkt, strebt nach einem Zustand minimaler Oberflächenenergie. Im Prozess der Fadenerzeugung wird eine Verkleinerung der Oberflächenenergie dadurch erreicht, dass Alkaliionen nach außen diffundieren und sich eine Gelschicht bildet. Beim Abkühlen der Filamente wird dieser Zustand eingefroren, das heißt, die äußere Schicht ist bereits bei der Herstellung alkalireicher und damit anfälliger für hydrolytische Abbauprozesse als der Kern.¹⁰ Glasfasern verfügen im Vergleich zu den Glasstäben, aus denen sie gezogen werden über eine stark vergrößerte Oberfläche. Es wird vermutet, dass in Abhängigkeit von der Zusammensetzung und den Herstellungsbedingungen Bindungskräfte aus den Glasbestandteilen frei werden.¹¹ Bei falscher Handhabung der Glasstäbe vor der Lampe kann das Verdampfen der Alkalien an der Oberfläche bisweilen zum Entglasen, also zur Umwandlung vom amorphen Glaszustand in einen kristallinen führen, der sich in weißen Schichten äußert.¹² Die Oberfläche von Glasfasern kann folglich schon im Herstellungsprozess geschwächt werden und sie bietet eine große Angriffsfläche für schädigende Einflüsse von außen.

Indikatoren für die Alterung und Schädigung

Geschädigte Glasfasern weisen eine geringere Festigkeit, Dehnbarkeit sowie Elastizität und eine höhere Sprödigkeit als intakte Glasfasern auf. Typisch ist eine Verringerung der Länge nach Faserbrüchen. Das charakteristische Bruchbild ähnelt dem eines Glasstabs mit glatten Bruchflächen, die senkrecht oder schräg zur Faserachse verlaufen. In Längsrichtung brechen die Fasern selten oder überhaupt nicht. Auf der Oberfläche können sich weiße Schichten bilden, aus Salzen der Alkaliionen aus dem Glas und Schadstoffen. Das Glas ist dann durch diese getrübt und weniger transparent. Ein weiterer Indikator für Schädigung sind Krater in der Oberfläche.¹³

Innere Struktur der Faser

Glasfasern haben eine Ziehstruktur, die auf eine Ausrichtung der Strukturelemente entlang der Faserachse beim Fadenziehen zurückzuführen ist. Mit abnehmendem Faserdurchmesser wird diese kettenartige Ordnung immer vollkommener. Gleichzeitig reduziert sich im Glas und an der Oberfläche die Dichte von Fehlstellen, sogenannten Kerben, die z. B. von Luftblasen oder Verunreinigungen in der Glasschmelze stammen. Dies hat Auswirkungen auf die mechanische Festigkeit, da diese Kerbstellen als Ausgangspunkte für Faserbrüche gesehen werden.¹⁴

¹⁰ Teschner, Glasfasern, 2013, S. 27–30.

¹¹ Freytag/Koch, Glasfäden-Untersuchungen, 1943, S. 10.

¹² Thomas, Verhalten, 1936, S. 341.

¹³ Freytag, Versuch, 1941, S. 126, 131; Jones/Huff, Structure, 2009, S. 548–556.

¹⁴ Koch, Eigenschaften, 1950, S. 457.

Farbe, Transparenz und Glanz

Historische Glasfasern erhalten ihre Farbigkeit ausschließlich durch Pigmentierung der Glasmasse mit Metalloxiden.¹⁵ Die Farben verlieren beim Ausziehen der Schmelze in Glasstäbe an Intensität und werden bei der Fadenbildung noch heller.¹⁶ Das Färben von Glasfasern ist auf Grund der glatten Oberfläche und des geringen Quellverhaltens nur nach entsprechender Vorbehandlung möglich. Ab den 1920er Jahren wurden solche Verfahren und verschiedene organische Farbstoffe zur Anfärbung industriell gefertigter Fasern getestet.¹⁷

Die Transparenz oder Opazität der Einzelfasern ist je nach Zusammensetzung des Glases unterschiedlich. Deuchar berichtet auch von Versuchen, mit trapezförmigen Faserquerschnitten besondere Glanzeffekte hervorzurufen.¹⁸ Bei Garnen oder Geweben ist die Lichtdurchlässigkeit gering. Ihr Glanz hängt von der Lichteinstrahlung ab, wird jedoch insgesamt als sehr hoch und als für Glasfasertextilien charakteristisch beschrieben.¹⁹

Faserform

Die Länge von Glasfilamenten hängt davon ab, ob sie mittels eines Rads oder mit der Hand abgezogen wurden. Der Umfang der Haspel bzw. des Rads, von dem man die Fasern zur Weiterverarbeitung abschneiden musste, bestimmt schließlich die Länge. Bei der Glasfaserproduktion für die Weltausstellung in Chicago 1893 betrug die Gesamtlänge z. B. 18 ³/₄ feet, also ca. 5,7 Meter.²⁰ Die Stränge wurden jedoch für das Verweben mit Seide auf etwa 115–120 Zentimeter gekürzt.

Der Querschnitt einer handgezogenen Glasfaser entspricht verkleinert der Form des Glasstabs, aus dem sie gezogen ist. Den Nachweis dieses Phänomens erbrachte Deuchar bereits in seinen 1822 vorgelegten Untersuchungen zur Biegsamkeit des Glases.²¹ In der Regel waren die Stäbe massiv oder hohl und von kreisrundem Querschnitt.

Feinheit

Wegen der kreisrunden Form des Querschnitts wird die Feinheit der Glasfaser am Durchmesser bestimmt. Wie fein eine Faser ausgezogen werden kann, hängt von der Viskosität des Glases bei der Verarbeitungstemperatur und der Geschwindigkeit des Fadenabziehens ab. Die Erfahrung der KunstglasbläserInnen und die Koordination der Radumdrehung

15 »Of course colored fabrics can only be made by spinning colored glass, as it is self evident that glass cloth could not be dyed.« (–, Spun Glass, 1895, S. 17)

16 Rogers, Glass, 1954, S. 1084–1085.

17 Freytag, Möglichkeiten, 1942.

18 Deuchar, Circumstances, 1822, S. 358.

19 Freytag, Versuch, 1941, S. 122.

20 The Libbey Glass Company, Glass Dress, 1893.

21 Deuchar, Circumstances, 1822, S. 359–360.

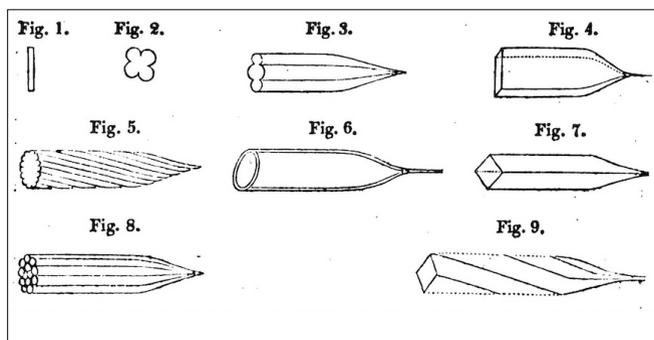


Abb. 3 Verschieden geformte Glasstäbe als Ausgangsmaterial für die Herstellung von Glasfasern, aus: Deuchar, Circumstances, 1822, S. 359

haben somit Einfluss auf die Feinheit und in der Folge auf die mechanischen Eigenschaften der Faser. Gleiches gilt für die Gleichförmigkeit bzw. Ungleichförmigkeit entlang der Faserachse.²²

Mechanische Eigenschaften

Die mechanischen Eigenschaften werden von der Faserfeinheit bestimmt. Mit abnehmendem Durchmesser sinkt die Sprödigkeit, während Elastizität, Biegsamkeit, Zugfestigkeit sowie, in kleinerem Maße, auch die Dehnbarkeit der Glasfaser steigen. Typisch für Messungen der mechanischen Eigenschaften von Glasfasern ist die Streuung der Untersuchungsergebnisse von bis zu 20% – ebenfalls ein Kennzeichen spröder Stoffe. Sie werden mit der Verringerung der Kerbstellendichte, also Fehlstellen im Glas und einer Änderung der molekularen Oberflächenstruktur begründet.

Die Faszination eines Glasfadens liegt in seiner Geschmeidigkeit und Biegsamkeit, die nicht mit dem harten und leicht zerbrechlichen Material Glas assoziiert wird. Im Verhältnis zur Größe verhalten sich Glasfasern aber genauso spröde wie die Glasstäbe, aus denen sie gezogen sind. Die Zerreiß-, Druck und Zugfestigkeit sind sehr hoch, die Faserdehnung bis zum Bruch liegt bei nur 2–4%, die Faser ist jedoch vollkommen elastisch. Die Elastizität der Faser ist bei zwei Drittel der Reißkraft immer noch zu 100% vorhanden, das heißt die Biegung der Faser ist nach Entfernen der Krafteinwirkung reversibel. Das Formen einer Schlinge ist nur bis zu einem gewissen Grad möglich, völlige Verknotbarkeit nicht. Zum besseren Verständnis im Vergleich zu anderen Faserstoffen sind die genannten Merkmale in Tabelle 1 für händisch bzw. maschinell gezogene Glas-

22 Eitel/Oberlies, Eigenschaften, 1937, S. 228; Bobeth/Böhme, Textilfaserstoffe, 1955, S. 114–115, 125.

fasern jenen von Naturfasern gegenübergestellt. Bei Glasfasergarnen, -zwirnen oder -geweben liegen die Festigkeitswerte signifikant unter jenen der Einzelfasern. Das wird darauf zurückgeführt, dass die einwirkende Kraft nicht gleichmäßig auf das Textil übertragen wird. Außerdem kommt es durch Reibung zwischen den Fasern während der Verarbeitung und Handhabung leicht zu Brüchen, wodurch Schwachstellen im Verbund entstehen.²³

Tabelle 1 Richtwerte zu mechanischen Eigenschaften und zur Feuchtigkeitsaufnahme von händisch bzw. nach dem Stabziehverfahren gezogenen Glasfaserfilamenten im Vergleich zu Naturfasern

Faserart	Dichte ^(a) [g/cm ³]	Feinheit [μm]	Elastizitätsmodul ^(f) [kg/mm ²]	Festigkeit ^(a)		Bruchdehnung ^(a) [%]	Feuchtigkeitsaufnahme [%]
				Reißlänge [km]	Spez. Festigkeit [kg/mm ²]		
Glasfaser, vor der Lampe hergestellt	2,6	34–51 ^(d)	-	-	2,8–8,4 ^(d)	-	-
Glasfaser, Stabziehverfahren	2,48	6–40 ^(b)	4000–8000	36–75	90–185	2–3,5	0,15–0,25 ^(d) 0,14–0,44
Naturseide	1,37	9–11 ^(a)	750	30–43	41–59	13–17	9–11 ^(a)
Schafswolle	1,32	16–23 ^(a)	470	10–20	13–26,5	25–45	15–17 ^(a)
Baumwolle	1,50	12–45 ^(a)	5100	20–45	30–67,5	7–12	7–11 ^(a)
Flachs	1,48	120–240 ^(a)		30–50	44–73	2–4	8–10 ^(a)

Literatur zur Tabelle: (a) Koch, Eigenschaften, 1950, S. 458, Tab. 4; (b) Freytag, Versuch, 1941, Tab. 1 (Durchmesser, Tab. 3); (c) Anderegg, Strength, 1939, S. 298; (d) Koch, Faserstoff-Tabellen, 1948–1949, S. 227; (e) Völker/Brückner, Faser, 2007; (f) Bobeth, Elastizitätsuntersuchungen, 1947, S. 409, Tab. 1.

Verhalten gegenüber Feuchteeinwirkung und Chemikalien

Das Quellvermögen einer Glasfaser ist mit Werten unter 0,4% des Trockengewichts sehr gering. Interaktion mit Feuchtigkeit ist daher eher als Adsorptionsvorgang an der Glasoberfläche bzw. Reaktion mit elementaren, löslichen Bestandteilen, die aus dem Glas herausdiffundieren, zu sehen. Wasser, Säuren und Laugen greifen Glasfasern in Abhängigkeit von ihrer Zusammensetzung in unterschiedlichem Maße an, wobei alkalireiches Glas eine größere Anfälligkeit gegen Wasser und Säuren, sowie erhitzte Basen aufweist.

²³ Koch, Eigenschaften, 1940, S. 214–215; Koch/Satlow, Textil-Lexikon, 1965, S. 529; Mettes, Glass Fibers, 1969, S. 144; Rogers, Glass, 1954, S. 1079–1080.

Besonders augenfällig erkennbar ist der schädigende Einfluss von Feuchtigkeit sowohl beim Vergleich von Festigkeitsprüfungen an trockenen bzw. nassen Fasern als auch anhand des starken Festigkeitsabfalls, der nach kurzem Wässern von Fasern erfolgt. Organische Lösemittel beeinträchtigen die mechanischen Eigenschaften der Fasern in geringerem Maße als Wasser.²⁴

Elektrisches und thermisches Verhalten

Diese Eigenschaften sind weniger für die historischen Textilglasfasern als für den Einsatz der Glasfaser als Isolierung von Bedeutung. Das Material ist nicht entflammbar, sondern schmilzt in Abhängigkeit von der Glaszusammensetzung erst bei großer Hitze. Ab Temperaturen von 250–300 °C tritt ein signifikanter Abfall der Faserfestigkeit auf, ab 500 °C beginnen die Fasern zu verspröden. Schäden durch niedrige Temperaturen konnten nicht nachgewiesen werden.

Der Widerstand gegen das Fließen elektrischer Ladungen entlang der Oberfläche von Glasfasern ist extrem hoch. Er wird jedoch beeinflusst von der Ansammlung von Feuchtigkeit oder Staub, durch die die elektrische Isolierfähigkeit der Glasfaser vermindert wird.²⁵

Gesundheitsgefährdung durch historische Glasfasern

Wegen ihrer Fasergeometrie und ihrer hohen Biobeständigkeit ist es bei künstlichen Mineralfasern, zu denen die Glasfasern zählen, angezeigt, gesundheitsgefährdende Aspekte zu diskutieren. Diese Fasern können Reizungen der Haut, der Augenschleimhäute sowie der Schleimhaut der oberen Atemwege auslösen. Zudem besteht die Gefahr von chronischen Erkrankungen der tieferen Atemwege, Staublungenerkrankungen und es gibt ein kanzerogenes Risiko. Für Glasfasern konnte die krebserregende Wirkung durch Einatmen bisher weder widerlegt, noch bestätigt werden.²⁶

Die Eindringtiefe der Fasern in den Rachen- und Lungenraum hängt von ihrer Geometrie ab: Fasern mit einem Durchmesser über 10 µm dringen nicht weiter als in den oberen Respirationstrakt ein. Filamente mit einer Feinheit unter 10 µm und einer maximalen Länge von ca. 100 µm können theoretisch in den Bereich der Tracheen, Bronchien und Alveolen der Lunge gelangen, wo sie sich entweder ablagern oder durch Abwehrmechanismen des Körpers wieder in den Rachenraum transportiert werden. Kristalline und amorphe, künstliche Mineralfasern (KMF) der folgenden Faserabmessungen werden laut der Technischen Regel für Gefahrenstoffe 921 als lungengängige Faserstäube definiert.²⁷

²⁴ Freytag, Versuch, 1941, S. 131; Rogers, Glass, 1954, S. 1082.

²⁵ Koch, Faserstoff-Tabellen, 1948–1949, S. 227; Koch/Satlow, Textil-Lexikon, 1965, S. 530; Rogers, Glass, 1954, S. 1082.

²⁶ Teschner, Glasfasern, 2013, S. 73–79.

²⁷ Ausschuss für Gefahrenstoffe, Regel, 2008.

Durchmesser $d < 3 \mu\text{m}$, Länge $> 5 \mu\text{m}$,
Verhältnis Länge zu Durchmesser $l : d > 3$

Textilglasfasern mit ihrem Durchmesser von 5 bis 25 μm sind demnach nicht lungengängig und gelten als nicht krebserregend.²⁸ Lichtmikroskopische Untersuchungen an den historischen Glasfasern haben gezeigt, dass ihr Durchmesser noch über diesem Wert für industriell erzeugte Fasern liegt.²⁹

Um abschätzen zu können, welche biologische Auflösbarkeit bzw. Wasser- und Säurebeständigkeit bei einer Glasfaser zu erwarten sind, lassen sich aus den Glasoxiden Faktoren berechnen. Für die Beständigkeit einer Glasfaser spielen neben der chemischen Zusammensetzung und dem Herstellungsverfahren vor allem die Umweltbedingungen eine Rolle. Das heißt, die zugefügten Na^{2+} , K^{+} , Ca^{3+} und Al^{3+} Ionen bestimmen zwar die korrosiven Prozesse, Alkalien im Glas können jedoch die Beständigkeit in Säuren herabsetzen und gleichzeitig jene in alkalischen Lösungen verbessern.³⁰ Bei der Einteilung in hydrolytische Klassen nach Wolfgang Bobeth (1918–1996)³¹ würde das für historische Glasfasern verwendete Glas wohl in die Kategorie A fallen: Natriumkalkgläser, die wegen des hohen Alkalienanteils geringe Beständigkeit gegen Feuchteinwirkung und saure Medien aufweisen.³² Obwohl die Glasfaser dieser Kategorie nach den oben genannten Kriterien wohl nicht als kanzerogen eingestuft werden würde, besteht die Gefahr, dass sie bei der Handhabung und Restaurierung Reizungen oder Erkrankungen der Haut, der Augenschleimhäute und der oberen Atemwege auslösen. Daher wird beim Umgang mit historischen Glasfasern persönliche Schutzausrüstung empfohlen.

Auswahl von Analysemethoden und Faserproben

Die Charakterisierung der historischen Glasfasern wurde durch die instrumentelle Untersuchung von Faserproben aus 22 historischen Glasfasertextilien durchgeführt (Tab. 5), die vom Deutschen Museum und anderen musealen Sammlungen zur Verfügung gestellt wurden. Der Fokus lag auf Fragen nach der chemischen Zusammensetzung der Gläser und Möglichkeiten zu einer morphologischen und mechanischen Charakterisierung historischer Glasfasern. Dabei waren vor allem auffällige Unterschiede bzw. Ähnlichkeiten zwischen unterschiedlichen Proben aus einem identischen Herstellungskontext von Interesse. In Vorbereitung auf vergleichende Untersuchungen bei der Schadensanalyse am Glasfaserkleid aus dem Deutschen Museum sollten jene Glasfasern von anderen Exponaten der Libbey Glass Company ausgewählt werden, die eine vergleichbare Zusammen-

28 Stroh, Mineralfasern, 2018.

29 Siehe dazu Christina Aust, Prüfbericht Mikroskopie, Fraunhofer ICT, Institutsteil FIL, 12.5.2016, S. 2.

30 Jones/Huff, Structure, 2009, S. 539, 555–556.

31 Bobeth/Böhme, Textilfaserstoffe, 1955, S. 122–123.

32 Mettes, Glass Fibers, 1969, S. 153; Jones/Huff, Structure, 2009, S. 540.

setzung hatten. Das Ziel der Analyse war erstens die Identifikation der Haupt- und Nebenelemente der Glasmatrix, der farbgebenden bzw. entfärbenden Zusätze sowie des Farbstoffs und des Färbeverfahrens. Es wurde angestrebt, die Glastypen auf Basis der gewonnenen Daten zu klassifizieren. Zweitens sollten Methoden zur Charakterisierung der Fasereigenschaften gefunden werden, wie Morphologie, Faserdurchmesser als Kennzeichen für die Faserfeinheit, Fluoreszenz oder Sichtbarmachung innerer Strukturen der Glasfasern.

Methoden zur Analyse der Glaszusammensetzung

Bei der Auswahl geeigneter Methoden zur Glasanalyse bestand der Anspruch einer Einsetzbarkeit für die Material- und die Schadensanalyse gestellt. Dafür wurden übliche Verfahren zur Glasanalyse an historischen Materialien und Herangehensweisen aus dem naturwissenschaftlich-industriellen Kontext verglichen und ausgewählt (Tab. 2). Da nur minimale Probenmengen entnommen werden sollten, musste ein Kompromiss gefunden werden zwischen den Untersuchungen, die zur Charakterisierung eines Glases notwendig waren und dem, was sich an dem zur Verfügung stehenden Material herausfinden ließ.³³

Zur Analyse der chemischen Zusammensetzung eines Glases sind die Bestandteile der Glasmatrix und Zusätze im Inneren der Probe zu bestimmen. Zugang zum Kernglas erhält man entweder durch Entfernen der äußeren Schichten mit mechanischen bzw. chemischen Mitteln oder durch Einbetten der Probe in Kunstharz und Anfertigen eines Querschliffs. Informationen über die Beständigkeit und objektspezifisches Alterungsverhalten sind aus einem Vergleich mit den äußeren Schichten der Glasfasern ableitbar. Zur Untersuchung der gealterten Gelschicht eignen sich ebenfalls Querschliffe oder Methoden, bei denen die inneren Bereiche der Faser nicht erfasst werden. Alternativ können aufliegende kristall- bzw. tropfenförmige Degradationsprodukte abgenommen werden.³⁴ Die Unterschiede bei diesen Messungen können auch über längere Zeiträume und/oder nach Einwirkung von Schadensfaktoren, Konservierungsmaßnahmen oder Klimaregulierung verglichen werden. Für ein solches Untersuchungskonzept, bei dem Veränderungen durch Alterung oder restauratorische Eingriffe beurteilt werden, sind Referenzen in Form von Probenmaterial, das sich nur in wenigen Merkmalen unterscheidet, oder systematisch abgelegte Messdaten von früheren, reproduzierbaren Untersuchungen heranzuziehen. In Abhängigkeit von der Empfindlichkeit der Methode können die im Glas vorhandenen Haupt-, Neben- und Spurenelemente qualitativ und quantitativ bestimmt werden. Besonderes Augenmerk bei der Durchführung der Messung ist auf die Veränderung der Probe durch Einwirkung hochenergetischer Strahlung bzw. Partikel zu

³³ Drewello/Weißmann, Untersuchungen, 2006, S. 71–72.

³⁴ Verhaar u. a., Weeping Glass, 2016.

legen. Um zu verhindern, dass flüchtige Bestandteile wie Alkalien im Messprozess entfernt werden, sind die Parameter an das Glas anzupassen und Beschichtungen mit Kohlenstoff oder Gold aufzubringen. Dadurch wird auch das Aufladen der Probenoberfläche unterbunden.³⁵

Bisherige Analysen an historischen Glasfasern beschränkten sich auf wenige Einzelfälle. So gab Hermann Emil Benrath, Autor von *Die Glasfabrikation*, 1875 chemische Analysen von zwei Materialproben an der Dorpater Hochschule im heutigen Estland in Auftrag.³⁶ Während der Restaurierung der Figur »Le lion et le serpent« von René Lambourg (Kat. 2.5) im Jahr 2000 analysierte Bruce Velde (Paris, Laboratoire de géologie de l'école nationale supérieure, Analytiker) die Gläser. Vom Musée des arts et métiers in Paris wurden dafür Proben aus dem Fell des Löwen, der Wiese am Podest, von Schuppen der Schlange sowie zum Vergleich Glasfasern aus zwei Geweben des Textilfabrikanten Ignace Dubus Bonnel (Kat. 6.3, 6.6) entnommen.³⁷ Velde nutzte Elektronenstrahlmikroanalyse (EPMA) an den Oberflächen der Fasern. Eine rein qualitative Analyse mittels energiedispersiver Röntgenmikroanalyse (EDX) erfolgte 2002 an zwei Proben von Glasfaserstuhlbezügen aus der Residenz München (Kat. 6.5) und aus dem Weimarer Schloss.³⁸

Literatur zur Tabelle: Bronk u. a., Spiegelkabinett, 1999, S. 507; Charola/Koestler, *Methods*, 2006; Davison, *Conservation*, 2003, S. 227–241; Drewello/Weißmann, *Untersuchungen*, 2006; Freytag, *Versuch*, 1941, S. 116–117, 121–123; Hogg, *Methods*, 1999; Mass, *Methods*, 1999; Müller, *Glas*, 2006, S. 9–23, 53–89, 91–117; Müller, u. a., *Forschungsbericht*, 1997, S. 18–23; Spaude, *Korrosion*, 1984, S. 44–52; Torge, *Naturwissenschaftliche Untersuchungen im Rahmen des Projekts »Konservierung mittelalterlicher Glasmalerei im Kontext spezieller materieller und umweltbedingter Gegebenheiten«*, 2010, S. 37–39; Van Giffen u. a., *Deterioration*, 2010, S. 56–60.

³⁵ Davison, *Conservation*, 2003, S. 228–234; Hogg, *Methods*, 1999, S. 44–45; Mass, *Methods*, 1999, S. 15–28; Müller u. a., *Forschungsbericht*, 1997, S. 18–23.

³⁶ Benrath, *Glasgespinst*, 1875; Der Textilforscher Hans Freytag (Frankfurt a.M., Textilforscher) interpretierte diese Untersuchungen 1941 ebenfalls: »H.E. Benrath hatte sog. Böhmisches (?) Flechtwerk (ein Glasfadenerzeugnis) und Brunfautsche Glaswatte analysiert und dabei beträchtliche Unterschiede in der Zusammensetzung gefunden. Brunfaut hatte offensichtlich für seine Glasfäden gewöhnliches weißes Hohlglas verwendet, während die HerstellerInnen in Böhmen damals ein As₂O₃-reiches und SiO₂-armes Glas wegen seines leichteren Schmelzens bevorzugten.« (Freytag, *Versuch*, 1941, S. 115–116)

³⁷ Drouet, *Histoire*, 2001, S. 59.

³⁸ Siegrid Dietz, *Untersuchung von Glasfasern*, Analytiklabor Pfeiffer GmbH, 3.12.–16.12.2002. Die Proben wurden für die Analyse auf ein Trägermaterial aufgeklebt und goldbedampft.

Tabelle 2 Bewertung von Untersuchungsmethoden nach ihrer Eignung zur Analyse von Glasfasern

Kriterien	Untersuchungsverfahren									
	Nasschemische Analyse	Rasterelektronenmikroskopie / Scanning Electron Microscopy (SEM)	mit energiedispersiver Röntgenmikroanalyse / with energydispersive x-ray microanalysis (EDX)	Elektronenstrahlmikroanalyse / Electron probe microanalysis (EPMA)	Röntgendiffraktometrie / X-ray Diffractometry (XRD)	Partikelinduzierte Röntgenstrahlenemission / Particle Induced X-ray Emission (PIXE)	Atomabsorptionsspektroskopie / Atomic Absorption Spectrometry (AAS)	Sekundäre Ionenmassenspektrometrie / Secondary Ion Mass Spectrometry (SIMS)	UV-Vis-Spektroskopie / Ultraviolet-visible Spectroscopy (UV-VIS)	Elektronenspinresonanz / Electron Spin Resonance
Eignung der Methode für Glasfasern										
Durchmesser des einfallenden Strahls ca. 10–50 µm		+	+	+		+		+		
Erfassung der glasbildenden Elemente (O, Na, Mg, Al, Si, P, K, Ca, Pb), Zusätze (Mn, Fe, Co, Cu, Cr, Sb) und typischer Bestandteile von Schadstoffen (C, N, S, Fe)	+	+	+	+	-	+	+	+	+	
Eindringtiefe der Strahlung oder Partikel ca. 3–4 µm		+	+	+		+		+	+	
Beantwortung der Fragestellung										
A. Elementidentifikation bzw. Charakterisierung der organischen Substanz	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
B. Darstellung der optischen Charakteristika		+								
Relevante Größen zur Auswertung vorhanden (Angaben aus Literatur oder Voruntersuchungen)	+	+								
Minimum der Probengröße (ca. 10 Fasern, mit einer Länge von 2 cm)	-	+	+	+	+	+	-	+	-	-
Zerstörungsfreie bis minimalinvasive Untersuchungsmethode										
A. Keine Veränderung durch Analyse	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B. Eingriff ins Probenmaterial (z. B. Einbetten in Kunstharz) durch die Aussagekraft der Untersuchung und Verfügbarkeit für künftige Analysen gerechtfertigt	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-
Zugang zur instrumentellen Ausstattung	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-
Einfache und reproduzierbare Methoden	-	+	+	+	+	-	-	-	+	-
AUSWAHL	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-

Für die Untersuchung der Glasfasern wurden verschiedene ausgewählte instrumentelle Verfahren, die sich für die Glasanalyse eignen, einander gegenübergestellt und nach zuvor definierten Kriterien bewertet. Ein Verfahren wurde als geeignet angesehen, wenn alle Kriterien erfüllt waren. Eine Ausnahme stellt das Kriterium, bei dem die Veränderung des Probenmaterials durch die Bedeutung der Analyse für die Kontextualisierung bzw. den Erkenntnisgewinn zum Erhalt von Glasfasern gerechtfertigt werden kann.³⁹

Vorversuche zeigten, dass die folgenden drei Verfahren nicht für die Analyse von Glasfasern angewandt werden konnten: Der Messstrahl von XRF-Messgeräten überschreitet mit ca. 70 µm Durchmesser den Umfang von Glasfasern, sodass die Umgebungsluft bei der Messung miterfasst wird. Die punktuelle Belastung bei der Analyse im TGA-IR vor bzw. während der Messung zerbricht die Fasern. Die Identifikation von Degradationsprodukten mittels XRD war wegen der geringen Menge an kristallinen Strukturen nicht durchführbar.⁴⁰

Die Wahl zur qualitativen und semi-quantitativen Analyse der Glaszusammensetzung fiel auf die energiedispersive Röntgenmikroanalyse im Rasterelektronenmikroskop (SEM-EDX).⁴¹ Es wurde eine standardfreie Analyse, basierend auf allgemeinen Atomdatenbanken durchgeführt.⁴² Zur Quantifizierung wurde mit ZAF-Korrektur auf der Basis der Peak-zu-Untergrundverhältnisse gearbeitet. An drei bis fünf Faserquerschliffen wurde ein Element-Spektrum in Flächenmessung an dem von Umwelteinflüssen unbeeinträchtigten Inneren der Faser aufgenommen. Dafür wurde ein intakter, homogener und glatter Bereich des Querschnitts ausgewählt und mit einem defokussierten Elektronenstrahl bestrahlt. Die Beschleunigungsspannung betrug 20 kV, um sowohl leichte Elemente, wie Natrium und Kalium, als auch schwere, wie Blei, anregen und identifizieren zu können. Im gleichen Arbeitsschritt erfolgten Aufnahmen bei 100- und 500-facher Vergrößerung.

Methoden zur Untersuchung der Fasereigenschaften

Angesichts der unkontrollierten Bedingungen bei der händischen Herstellung von Glasfasern vor der Lampe war bei Messungen der Faserfeinheit und der mechanischen Eigen-

³⁹ Einige Untersuchungsmethoden wurden bereits vor der Bewertung ausgeschlossen, da sie für die aktuelle Fragestellung nicht geeignet waren (WDX, XPS, XRF, NAA) oder die Abnahme der Gelschicht bei der Probenvorbereitung für Glasfasern praktisch nicht umsetzbar ist (ICP-OES, LA-ICP-MS). Zur Identifikation der Bestandteile von losen Degradationsprodukten, wie Flüssigkeiten oder Kristallen wäre die Atomabsorptionsspektroskopie passend gewesen (Davison, Conservation, 2003, S. 237; Mass, Methods, 1999, S. 32; Verhaar u. a., Weeping Glass, 2016), sie stand jedoch nicht zur Verfügung.

⁴⁰ Durchführung und Bewertung der Vortests gemeinsam mit Marisa Pamplona Bartsch (München, Deutsches Museum, Restaurierungsforschung) und Rudolf Göbel (München, Deutsches Museum, Kurator) für XRF, Alexander Chaloupka (Augsburg, Fraunhofer ICT, Projektgruppe FIL) für TGA-IR) sowie Björn Seewald (München, BfLd, Zentrallabor) und Christian Gruber (München, BfLd, Zentrallabor) für XRD.

⁴¹ Durchführung Christian Gruber, BfLd, München 11.12. 2017. Firma Zeiss, Rasterelektronenmikroskop DSM960 und Firma Bruker, XFlash SDD EDX-Detektor.

⁴² Firma Bruker, ESPRIT-Software.

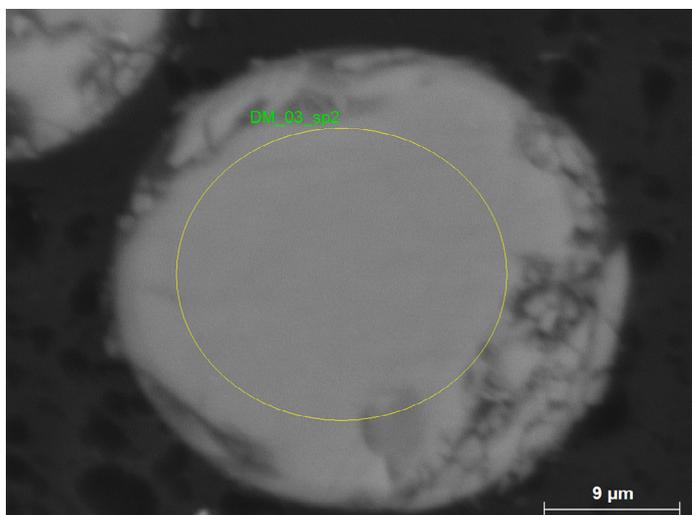


Abb. 4 Markierung an einem Glasfaserquerschnitt für die SEM-EDX Flächenmessung

schaften eine extrem hohe Streuung der Ergebnisse zu erwarten. Dies zeigte sich u. a. an Faserproben aus Möbeln der Residenz München (Kat. 6.5) bzw. dem Weimarer Schloss von 2002. Im Zuge dieser Untersuchung wurden stichprobenartig auch Faserfeinmessungen entlang der Faserachse und eine Beschreibung der (Un-)Gleichmäßigkeit im REM bei 200-, 1000- und 2000-facher Vergrößerung durchgeführt.⁴³ Das Toledo Museum of Arts stellte dem Glasforscher F. O. Anderegg von der Owen Corning Fiberglass Cooperation in Newark, Ohio, Glasfasern aus dem Kleid von Florence Scott Libbey (Kat. 7.6) für seine Untersuchungen zum Durchmesser und zur spezifischen Festigkeit zu Verfügung (Tab. 10).

Vorversuche an Proben des Glasfaserkleids mit einem Einzelfaserprüfstand⁴⁴ zeigten zudem, dass die Fasern während des Einspannens in das Gerät brachen, sodass keine statistisch auswertbaren Ergebnisse erzielt werden konnten.⁴⁵ Auf Grundlage gelungener Zugversuche hätten weitere mechanische Eigenschaften der Fasern, wie Dehnung, Höchstzugkraft, Reißfestigkeit, Bruchspannung, Feinheit oder Steifigkeit, errechnet werden können, jedoch nur wenn die Dichte der Glasfasern bekannt ist. Wegen der großen Oberfläche von Glasfasern bei gleichzeitig geringem Gewicht ist die Dichte mit einem Gaspynometer zu ermitteln. Beim Einsatz einer Flüssigkeit hingegen wäre die Verdrän-

⁴³ Siegrid Dietz, Untersuchung von Glasfasern, Analytiklabor Pfeiffer GmbH, 3.12.–16.12.2002.

⁴⁴ Firma Textiltechno, Einzelfaserprüfstand Favimat+.

⁴⁵ Durchführung Tobias Betz (Augsburg, Fraunhofer ICT, Projektgruppe FIL), Augsburg 16.3.2016.

gung durch das Material nicht ablesbar. Das Prüfgas, Helium, dringt in alle Poren- und Zwischenräume, sodass die Druckänderung zwischen Expansions- und Probenraum bestimmt werden kann. Das Produkt des ermittelten Volumens und der Masse der Probe ergibt die Dichte.⁴⁶ Für historische Glasfasern ist diese Methode jedoch auszuschließen, da mindestens zehn Gramm Probenmaterial benötigt würden.⁴⁷

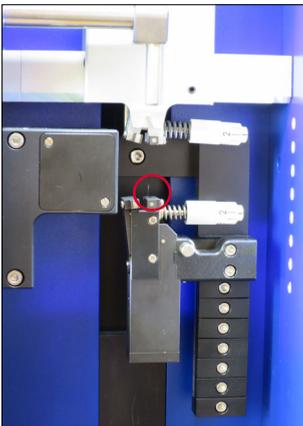


Abb. 5 Detail der Prüfkammer mit abgebrochenen Glasfasern im Einzelfaserprüfstand Favimat+

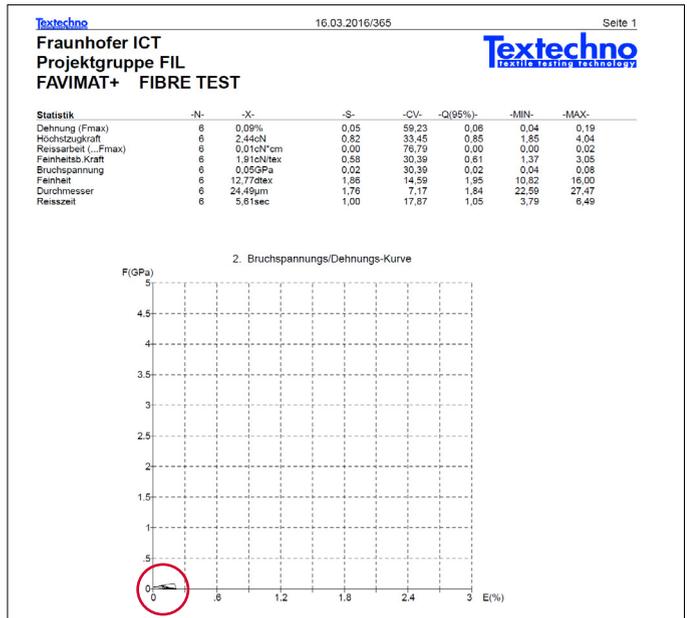


Abb. 6 Bruchspannungs-Dehnungskurve: Ende der Messung unmittelbar nach dem Bruch der Faser

46 Stoff, Biocomposites, 2016, S. 35.

47 Mdl. Mittlg. Tobias Betz, Fraunhofer ICT-FIL, Augsburg 16.3.2016.

Zur Kartierung und Vermessung morphologischer Besonderheiten kann die Oberfläche einer Glasfaser mittels eines Rasterkraftmikroskops digital erfasst werden. Die Probe wird hierfür bei Umgebungsbedingungen von einer Nadel abgerastert, deren Spitze etwa 10–50 nm breit ist und mit den Elektronenorbitalen der vorliegenden Atome interagiert. Die Datenpunkte werden durch Laserreflektion entweder kontinuierlich weitergegeben oder es findet im »Tapping-Mode« für jeden einzelnen Punkt eine Annäherung und Entfernung der Nadel statt. Die Nadel ist auf einem flexiblen Aufsatz angebracht bzw. fixiert, sodass die Probe angekratzt und dadurch die Härte des Materials bestimmt werden kann. Durch diese Konstruktion ergibt sich auch die Begrenzung des Messfelds auf $40 \times 10 \mu\text{m}$.

Anhand von AFM-Aufnahmen lassen sich z. B. Veränderungen der Oberfläche durch die Einwirkung schädigender Medien oder klimatisch ungünstiger Bedingungen bewerten.⁴⁸ Voruntersuchungen mit dem AFM zeigten, dass der Arbeitsabstand bei dieser Methode bereits zu gering sein kann.⁴⁹ Mit einem Messfeld von $3 \times 3 \text{ nm}$ wurde hier nur ein kleiner Ausschnitt der Faseroberfläche erfasst. Auflagen von Fremdmaterial und Ausblühungen aus dem Glas zeichnen sich in extremen Höhenunterschieden ab, die sich auch durch Reinigung im Acetonbad nicht verringern ließen, (s. Abb. 7 und 8).

Nach Auswertung der Vorversuche wurden zur Charakterisierung historischer Glasfasern in der vorliegenden Arbeit ausschließlich licht- und rasterelektronenmikroskopische Verfahren genutzt. Bei den Beobachtungen durch Inaugenscheinnahme an den Proben aus 22 Glasfasertextilien erfolgte ein schrittweises Vorgehen mit steigender Vergrößerung.⁵⁰ Für die orientierenden Untersuchungen im Auflicht wurde ein Stereomikroskop mit bis zu 50-facher Vergrößerung verwendet.⁵¹ Im nächsten Schritt wurde mit einem kombinierten Auf- und Durchlichtstereomikroskop bei 50 bis 500-facher Vergrößerung sowie mit verschiedenen Beleuchtungssituationen (Tab. 3) gearbeitet.⁵² Die Proben wurden auf herstellungs- und schadensbedingte Merkmale untersucht und die beobachteten Phänomene mittels digitaler Mikrofotografie dokumentiert.⁵³

48 Hogg, *Methods*, 1999, S. 50–53.

49 Durchführung Tobias Betz, Fraunhofer ICT-FIL, Augsburg 16.3.2016.

50 Das Vorgehen bei der Lichtmikroskopie orientierte sich an den Empfehlungen der Fachliteratur, die während der Auswahl geeigneter Methoden konsultiert wurde (Bobeth/Müller, *Mikroskopie*, 1951, S. 210–214; Davison, *Conservation*, 2003, S. 228–233; Hogg, *Methods*, 1999, S. 43–44; Latzke/Hesse, *Textilien*, 1974, S. 70; Reumuth, *Fasermikroskopie*, 1951, S. 17).

51 Firma Zeiss, Stereomikroskop Stemi 508, Restaurierungsforschungsabteilung am Deutschen Museum.

52 Firma Leica, Stereomikroskop DMLM, Labor Lehrstuhl für Restaurierung, Kunsttechnologie und Konservierungswissenschaft, TUM.

53 Firma Zeiss, ZEN Imaging Software.

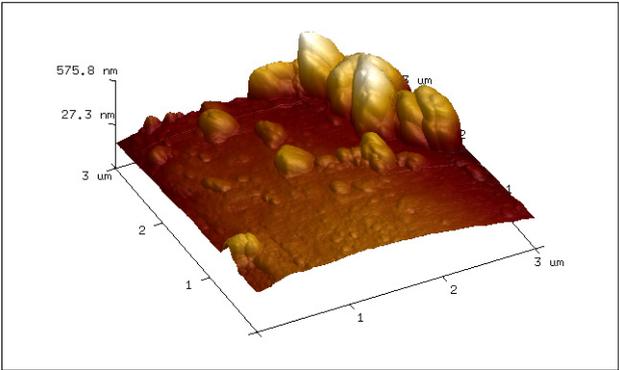


Abb. 7 3D-Aufnahme einer Glasfaseroberfläche mit dem Rasterkraftmikroskop

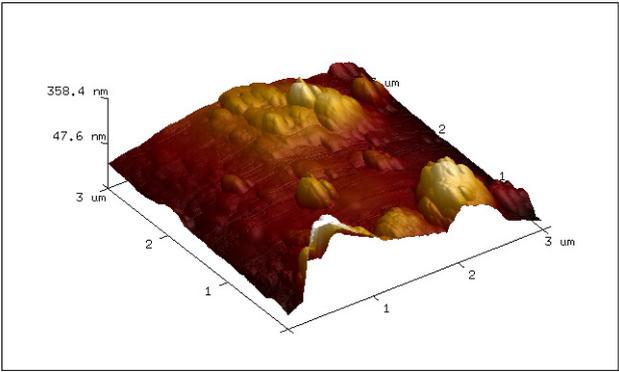


Abb. 8 3D-Aufnahme einer Glasfaseroberfläche nach 18 Stunden im Acetonbad

Tabelle 3 Morphologische Merkmale der Glasfasern – lichtmikroskopische Untersuchungen

Beleuchtungsmethode	Sichtbare Charakteristika
Hellfeld-Aufflicht-Verfahren höhere Vergrößerung	Glatte, strukturlose Oberfläche, Oberflächenstrukturen, Faserform, Knoten, Gleich- bzw. Ungleichförmigkeit in der Faserfeinheit Auf liegendes, Bruchbild, Fremdmaterial und Ausblühungen, weiße Kristalle, tropfenförmige Degradationsprodukte oder Schadstoffe
Dunkelfeld-Durchlicht-Verfahren höherer Kontrast	Untersuchung von Einschlüssen, Pigmenten, Kerben und andere Schwachstellen in der Glasstruktur, Hohlräume, wie Bläschen oder der Verlauf von Hohlfasern
Polarisationsuntersuchung	Innere Feinstruktur, Gefügebilder und Spannungslinien zeichnen sich hell ab, Fließstruktur im Glas erkennbar
Mikrofluoreszenzprüfung	Qualitativer Nachweis fluoreszierender Substanzen, wie Klebmittel, Elemente und färbender Komponenten in der Glassubstanz: Blei und Uran zeigen bläulich-weißliche Fluoreszenz, Mangan gelblich und Antimon pink bzw. pink/orange. ⁵⁴

54 Koob, Conservation, 2006, S. 36–37.

Angesichts der dreidimensionalen Struktur der Einzelfasern ergaben sich Schwierigkeiten bei der Darstellung der Tiefenschärfe. Als Alternative zum Stereomikroskop wurden daher testweise Stacking-Aufnahmen von Einzelfasern und Faserbündeln mit einem Digitalmikroskop⁵⁵ angefertigt. Die Vorgehensweise gestaltete sich ähnlich wie bei der Arbeit am Auflichtmikroskop, mit dem Unterschied, dass sowohl Untersuchung, als auch Dokumentation über ein Livebild am Bildschirm abliefern. Mit dem Gerät konnte bis zu 200-fach vergrößert und die Beleuchtung mit Objektivadaptern optimiert werden. Oberflächenuntersuchungen im Rasterelektronenmikroskop⁵⁶ erlaubten eine weitere Steigerung bis zu 10.000-facher Vergrößerung.

Das Untersuchungskonzept war in Zusammenarbeit mit konservierungswissenschaftlichen Laboren in München ausgearbeitet worden (Tab. 4). In diesen Institutionen sowie in der Abteilung Funktionsintegrierter Leichtbau des Fraunhofer-Instituts für chemische Technologie konnten Vorversuche zur Eignung der instrumentellen Methoden für die Anwendung an historischen Glasfasern durchgeführt werden. Die in Tabelle 5 ebenfalls gelisteten Analysen zu Schäden an Glasfasern sind im Folgekapitel »Zustand des Glasfaserkleids vor der Restaurierung« beschrieben.



Abb. 9 Untersuchung eines Glasfasergewebes mit dem Keyence Digitalmikroskop

55 Firma Keyence, Digitalmikroskop VHX-6000, Restaurierungsforschungsabteilung am Deutschen Museum.

56 Firma Phenom-World B.V., ESEM-EDX Pro X, Durchführung Catharina Blänsdorf (München, Technische Universität München, Lehrstuhl für Restaurierung, Kunsttechnologie und Konservierungswissenschaft, Wissenschaftliche Mitarbeiterin). Firma Zeiss, REM DSM960, Durchführung Christian Gruber, Zentrallabor, Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege, Firma Zeiss, REM EVO MA15, Durchführung Klaus Macknapp (München, Deutsches Museum, Abteilung Optik).

Tabelle 4 Institutionelle Verortung zur Durchführung der instrumentellen Untersuchungen und Vorversuche

Institution		Methode		Durchführung
BLFD	Zentrallabor des Bayerischen Landesamts für Denkmalpflege	SEM-EDX	Rasterelektronenmikroskopie mit energiedispersiver Röntgenmikroanalyse	C. Gruber
BSIGS	Doerner Institut, Bayerische Staatsgemäldesammlungen	RAMAN	Raman-Spektroskopie	C. Sessa
DM	Restaurierungsforschungslabor, Deutsches Museum	KDM	Digitalmikroskopie	C. Holzer
DM	Abteilung Optik, Deutsches Museum	SEM	Rasterelektronenmikroskopie	K. Macknapp
ICT-FIL	Fraunhofer-Institut für chemische Technologie, Funktionsintegrierter Leichtbau	AFM	Rasterkraftmikroskopie	T. Betz
		Zugprüfung	Einzelfassermessung	
		LM Ø	Faserfeinmessung	C. Aust
		TGA-FTIR	Thermogravimetrie-Fourier-Transformations-Infrarotspektroskopie	A. Chaloupka
TUM	Lehrstuhl für Restaurierung, Kunsttechnologie und Konservierungswissenschaft, Technische Universität München	LM	Lichtmikroskopie	C. Holzer
		SEM-EDX	Rasterelektronenmikroskopie mit energiedispersiver Röntgenmikroanalyse	mit C. Blänsdorf

Vorgehen bei der Probenentnahme

Die Entnahme des Probenmaterials erfolgte in Abstimmung und im Beisein der zuständigen RestauratorInnen und/oder KuratorInnen. Die Entnahmemenge wurde gemeinsam für jeden Einzelfall entschieden, wobei verschiedene Faktoren den Entscheidungsprozess leiteten. Neben dem Seltenheitswert des Exponats war dies zunächst die Fragestellung bei der Untersuchung, das heißt z. B. ob reine Feinuntersuchungen an Einzelfasern vorgenommen werden sollten oder ob zusätzlich abweichende Merkmale, wie Auflagen, Herstellungsfehler, Ausblühungen und andere Schäden zu erforschen waren.⁵⁷

⁵⁷ Neukirchner/Neukirchner-Loske, Präparationstechnik, 1951, S. 75; Reumuth, Fasermikroskopie, 1951, S. 169.

Hierbei spielten sowohl der Bedarf an Probenmaterial wie die verfügbare Menge von Fasermaterial im Verhältnis zum gesamten Textil und das Vorhandensein geeigneter Entnahmestellen bzw. lose vorliegender Fasern eine entscheidende Rolle.

Die Probenentnahme baute auf der technologischen Untersuchung der Textilien auf, die für den Katalog durchgeführt worden war. Für Faseruntersuchungen sollte an beliebiger Stelle eine möglichst für das gesamte Exponat repräsentative Probe von jeder Glasfaser in jeder vorhandenen Farbe entnommen werden. Bei fehlerbehafteten Proben erfolgte die gezielte Entnahme an der lokal begrenzten, betroffenen Stelle.⁵⁸ Von unverarbeitet vorliegenden Fasern, wie Faserbündeln oder Watte konnte loses Material mit einem Pinsel oder einer Pinzette eingesammelt oder herausgezogen werden. Garne bzw. Zwirne wurden abgeschnitten und mit der Pinzette in den Probenbehälter transferiert. Bei Flechtwerk und Geweben war ein bindungstechnisches Vorgehen notwendig. Die unterschiedlichen Materialkomponenten wurden entweder am Rand des Textils oder bei bereits gebrochenen Stellen in Faserbündeln aus dem Verband gezogen, abgeschnitten oder abgebrochen.⁵⁹

Beschreibung des Probenmaterials

Der Schwerpunkt bei der Probenauswahl lag auf den Erzeugnissen, die von der Libbey Glass Company 1893 für die Weltausstellung in Chicago gefertigt wurden. Zu dieser Gruppe gehören die Proben aus dem Corning Museum of Glass (CMG), dem Deutschen Museum (DM) und dem Toledo Museum of Arts (TMA). Aus französischen Geweben in Lampasbindung, die in den 1830er Jahren entwickelt wurden, konnten Proben aus Exponaten der Bayerischen Verwaltung der staatlichen Schlösser, Gärten und Seen (BSV), dem Musée des arts et métiers (MAM) und dem Museum für angewandte Kunst Wien (MAK) entnommen werden. Fasern eines weiteren französischen Glasbläfers, René Lambourg aus Saumur, sind mit zwei Proben aus seinem Figurenensemble »Der Löwe und die Schlange« vertreten, das ebenfalls im Musée des arts et métiers bewahrt wird. Das Technische Museum Wien (TMW) stellte Probenmaterial der venezianischen Hersteller Benetto Polacco und Jacopo Tomasi (Murano/Venedig, Glasbläser, tätig 1830–1840er Jahre) aus den 1830er und 40er Jahren sowie aus drei Exponaten der Warenkundesammlung, datiert zwischen 1880 und 1920, für die Untersuchung zur Verfügung.

⁵⁸ Latzke/Hesse, Textilien, 1974.

⁵⁹ Neukirchner/Neukirchner-Loske, Präparationstechnik, 1951, S. 83. Zur Aufbewahrung der Proben wurden Gläser mit Kunststoffdeckel für Fasern und Objektträger mit Vertiefung für besonders kleine Proben oder Auflagen verwendet. Säckchen aus Polyethylen eignen sich wegen dem elektrostatischen Verhalten der Glasfasern nicht.

Tabelle 5 Übersicht der Untersuchungen an Proben aus 22 Glasfasertextilien

Kat. Nr.	Probennummer	Bezeichnung	Materialanalyse			Schadensanalyse				
			LM	SEM-EDX	Andere	LM	SEM	EDX	pH	
6.5	BSV-01	Gewebe	TUM	BLFD	DM (KDM)					
Zu 4.3	CMG-01	Krawatte	TUM	BLFD						
	CMG-02					TUM	BLFD	BLFD		
7.2	CMG-03	Puppe	TUM	BLFD						
	CMG-04									
7.5	DM-01	Rock			ICT-FIL (LM Ø, Zugprüfung)		TUM			
	DM-02		TUM							
	DM-03		TUM	BLFD	ICT-FIL	TUM	BLFD	BLFD		
	DM-04				(AFM, FTIR-ATR)	TUM	BLFD	BLFD		
	DM-05				ICT-FIL		BLFD	BLFD		
	DM-06				(AFM, FTIR-ATR)		BLFD	BLFD		
	DM-10						BLFD	BLFD		
	DM-I					ICT-FIL		TUM	BLFD	DM
	DM-II					(FTIR-ATR)				DM
	DM-III									DM
	DM-IV									DM
	6.4		MAK-01	Gewebe	TUM	BLFD			TUM	TUM
2.5	MAM-01	Figur, Fell	TUM	BLFD						
2.5	MAM-02	Figur, Haar	TUM	BLFD						
6.3	MAM-03	Gewebe	TUM	BLFD						
6.6	MAM-04	Gewebe	TUM	BLFD						
7.7	NBM-01	Kleid	TUM							
	NBM-03		TUM	BLFD					DM	
	NBM-04		TUM	BLFD		TUM	BLFD	BLFD		
	NBM-05		TUM							
7.6	TMA-01	Kleid								
	TMA-03		TUM	BLFD			BLFD	TUM	DM	
	TMA-10					TUM	BLFD	BLFD		
7.3	TMA-12	Schirm	TUM	BLFD			BLFD	BLFD		
	TMA-13		TUM			TUM	BLFD	BLFD		
7.4	TMA-15	Weste	TUM	BLFD			TUM			

Kat. Nr.	Probennummer	Bezeichnung	Materialanalyse			Schadensanalyse			
			LM	SEM-EDX	Andere	LM	SEM	EDX	pH
4.3	TMA-16	Krawatte		BLfD			BLfD	BLfD	
7.6	TMA-17	Kleid	TUM						
6.8	TMG-01	Kleid	TUM	BLfD	BSIGS (RAMAN)				
1.2	TMW-01	Fasern	TUM	BLfD					
Zu 1.2	TMW-02	Fasern	TUM	BLfD					
Zu 1.2	TMW-03	Fasern	TUM	BLfD					
1.3	TMW-04	Fasern	TUM	BLfD					
3.1	TMW-05	Garn	TUM	BLfD					
6.7	TMW-06	Gewebe	TUM	BLfD					
Zu 4.4	TMW-07	Fasern	TUM	BLfD					
6.2	TMW-08	Weste	TUM	BLfD					
	TMW-09		TUM						

Die Materialproben sind farblose und farbige Glasfilamente, mit Ausnahme von TMW-05 und TMW-06, bei denen es sich um Glasstapelfasern handelt. Sie sind zwischen 1830 und 1943 datiert und wurden aus vorgefertigten Glasstäben vor der Kunstglasbläserlampe gezogen. Nur die Probe TMG-01 aus dem Hochzeitsensemble von nachweislich aus maschineller Produktion und die Fasern sind im Gegensatz zu den anderen mit Farbstoff gefärbt.⁶⁰

Datenmanagement

Nach Abschluss der Analysen verbleiben die Proben zur Langzeitarchivierung im Labor der Abteilung Restaurierungsforschung im Deutschen Museum. Die Untersuchungsdocumentationen sowie die Bilddateien sind im Format der verwendeten Software und in einer Ausgabeform für die Nutzung in Texten, Präsentationen oder Online (JPEG, PNG, TIFF) bei den Unterlagen der Autorin und am abteilungsinternen Laufwerk gespeichert. Tabellen mit Messwerten werden in der unveränderten Version und in der Fassung mit interpretierenden Veränderungen abgelegt. Die Sortierung erfolgt nach Untersuchungsmethode und Probennummer. Der Analysebericht zum Glasfaserkleid aus dem Deutschen Museum ist zusätzlich im Restaurierungsmodul der elektronischen Datenbank MuseumPlus abgelegt und mit dem Exponatdatensatz verbunden.

⁶⁰ –, Bride, 1943.

Analyse der Glaszusammensetzung

Die untersuchten Proben sind in Tabelle 6 in alphabetischer Reihenfolge mit der Probennummer, Bezeichnung und Farbe des Glases identifiziert. Die Katalognummer bezieht sich auf das Textil, aus dem die Fasern entnommen wurden. Bei TMA-16 handelt es sich um ein Vergleichsstück zu Kat. Nr. 4.3. Zur Kontextualisierung der Proben sind Datierung, HerstellerInnen und Herkunft angegeben.

Tabelle 6 Übersicht und Kontextualisierung der Proben

Kat. Nr.	Probennummer	Bezeichnung	Farbe	Datierung	HerstellerInnen	Herkunft
6.5	BSV-01	Gewebe	gelb	1841	unbekannt	vmtl. Paris, F
4.3	CMG-01	Krawatte	farblos	1893	Libbey Glass Company	Toledo/Chicago, USA
7.2	CMG-03	Puppe	rosa	1893	Libbey Glass Company	Toledo/Chicago, USA
7.5	DM-03	Rock	farblos	1893	Libbey Glass Company	Toledo/Chicago, USA
6.4	MAK-01	Gewebe	gelb	1836–1865	unbekannt	vmtl. Paris, F
2.5	MAM-01	Figur, Haar	gelb	1811–1830	René Lambourg	Saumur, F
	MAM-02	Figur, Gras	grün			
6.3	MAM-03	Gewebe	gelb	1839	Ignace Dubus Bonnel	Paris, F
6.6	MAM-04	Gewebe	farblos	1839	Ignace Dubus Bonnel	Paris, F
7.7	NBM-03	Kleid	farblos	1900	unbekannt	Dresden, D/Paris, F
	NBM-04		grün			
7.6	TMA-03	Rock	farblos	1893	Libbey Glass Company	Toledo/Chicago, USA
	TMA-10	Oberteil	farblos			
7.3	TMA-12	Schirm	farblos	1893	Libbey Glass Company	Toledo/Chicago, USA
7.4	TMA-15	Weste	farblos	1893	Libbey Glass Company	Toledo/Chicago, USA
zu 4.3	TMA-16	Krawatte	farblos	1893	Libbey Glass Company	Toledo/Chicago, USA
6.8	TMG-01	Kleid	farblos	1943	Glass Fibre Ltd. Fairhill	Glasgow, GB
1.2	TMW-01	Fasern	blau	1830–1837	Benetto Polacco	Venedig, ehem. A
			farblos			
			gelb			
6.2	TMW-08	Weste	farblos	1830–1837	Benetto Polacco	Venedig, ehem. A
1.3	TMW-04	Fasern	farblos	1880–1920	unbekannt	unbekannt
3.1	TMW-05	Garn	farblos	1880–1920	unbekannt	unbekannt
6.7	TMW-06	Gewebe	farblos	1880–1920	unbekannt	unbekannt
4.4	TMW-07	Körbchen	grün	1845–1847	Jacopo Tomasi	Venedig, ehem. A

Die Glasfasern wurden für die Materialanalyse mittels REM-EDX in Kunstharz eingebettet⁶¹ und senkrecht zur Faserachse angeschliffen. Um eine Aufladung der Proben während des Messvorgangs zu vermeiden, wurde eine Kohlenstoffbedampfung durchgeführt und doppelseitiges Kohlenstoffklebeband bis knapp an das Messfeld mit den Faserquerschnitten angebracht. Es sei betont, dass es sich bei den durchgeführten Analysen um stichprobenartige Messungen an heterogenem, historischem Material handelt. Die Messergebnisse der SEM-EDX-Analyse sind in Gewichtsprozent der Elemente angegeben. Die Angabe in Oxiden erfolgte durch Umrechnung mit stöchiometrischen Faktoren.⁶² Die Daten sind Mittelwerte von Messungen an drei Fasern einer Probe. Eine Ausnahme bilden die Probe MAM-03 und TMW-06, bei denen die einzelnen Messungen signifikante Unterschiede ergaben und TMW-07, die aus Fasern unterschiedlicher Zusammensetzung bestanden an denen je zwei Messungen (TMW-07a, TMW-07b) gemacht wurden.

Klassifizierung in Glastypeen

Auf Basis der Mittelwerte der Oxide wurde eine Klassifizierung der untersuchten Gläser vorgenommen (Tab. 8).⁶³ Die Klassifizierung der Gläser nach der chemischen Zusammensetzung ist eine übliche Vorgehensweise bei der Auswertung materialanalytischer Untersuchungen. Haupt- und Nebenelemente werden z. B. nach dem Anteil in der Glasmatrix (> 3%) oder durch die Zuordnung zu verwendeten Rohstoffen eingeteilt. Der Anteil von Silicium wird dabei nicht berücksichtigt.⁶⁴

Um eine geeignete Herangehensweise zum Festlegen von Glastypeen für historische Textilglasfasern zu finden, wurden Einteilungen aus zeitgenössischen Quellen herangezogen sowie die Ergebnisse früherer Analysen (Tab. 7) mit jenen der vorliegenden Studie verglichen.

Ebert beschreibt in der *Anleitung zum Glasblasen* die gebräuchlichsten Glassorten für die Arbeit vor der Kunstglasbläserlampe und beachtet dabei, dass GlasbläserInnen ihre Materialien von Glashütten mit regional typischen Unterschieden der Glaszusammensetzung bezogen.⁶⁵

⁶¹ Firma VWFecit, Probenhalter EasySections und lichthärtender Einbettkunststoff Technovit® 2000LC Liquid. Die EasySections mussten für die Analyse wegen den Abmessungen der Prüfkammer zugeschnitten werden.

⁶² Faktoren zur Verfügung gestellt von Heike Stege, Doerner Institut, E-Mail vom 24.10.2019.

⁶³ Da für die Ergebnisse keine Standardabweichung angegeben wurde (Mittlg. Christian Gruber, BlfD, E-Mail vom 27.9.2018), wurde in Anlehnung an das Vorgehen bei Hykin, Composition, 2010 eine Einteilung gewählt, die Tendenzen aufzeigt.

⁶⁴ Bronk, Untersuchungen, 1998, S. 82–84; Müller, Glas, 2006, S. 115–117.

⁶⁵ Ebert, Anleitung, 1895, S. 12–15. Der britische Wissenschaftler Boys nutzte für seine Quarzfäden reines Quarzglas, für dessen Bearbeitung jedoch Sauerstoff-Wasserstoffgebläse eingesetzt wurden, die besonders heiße Flammen erzeugten (Ebert, Anleitung, 1895, S. 103–104; –, Fibers, 1895, S. 1).

- »Natronglas« oder »Thüringer Glas«, ein leicht schmelzbares Alkali-Kalksilikatglas, das gut vor der Lampe bearbeitet werden kann. Wegen des hohen Anteils löslicher Alkalibestandteile ist es jedoch nicht sehr beständig gegenüber Wasser und Säuren, weshalb empfohlen wurde, es immer frisch von den Glashütten zu beziehen und nicht mit alten Beständen zu arbeiten.
- »Kaliglas« oder »Böhmisches Glas«, ein leicht grünliches, schwer schmelzbares Kalium-Kalkglas, das bei chemischen Analysen als Verbrennungsröhren oder Filter eingesetzt wurde.
- »Bleiglas« oder »Flintglas«, das traditionell von französischen und englischen Glashütten vertrieben wurde. Durch das Blei erlangten die Gläser zwar die gewünschte Weichheit, allerdings war die Handhabung vor der Lampe schwierig: wegen Oxidationsvorgängen konnten die Stäbe leicht schwarz oder braun anlaufen. Die vor Ort ausgebildeten KunstglasbläserInnen waren sich dieser Vorgänge bewusst und bearbeiteten Bleiglas nur im reduzierenden Teil der Flamme.

Die Ergebnisse früherer Analysen veranschaulichen die Schwankungen in der Zusammensetzung und die Vielfalt der Inhaltsstoffe der Gläser, erlauben dennoch eine Einteilung nach Eberts Glastypen (Tab. 7): Bei dem Böhmisches Flechtwerk wurde »Kaliglas« verwendet, »Natronglas« wurde z. B. bei Brunfauts Watte und bei den Schuppen der Schlange von Lambourg nachgewiesen. Die Glasfasern von der Franzosen Dubus Bonnel und Lambourg sind aus »Bleiglas« hergestellt. Bei den Ergebnissen der Glasanalysen in Tabelle 7 können Proben mit sehr hohem (34,9 %, 42,5 %, 44,8 %, 44,6 %), hohem (21,1 %), mittlerem (13,2 %) und niedrigem (1,4 %) Bleigehalt unterschieden werden. Die Analyse von Faserproben aus Möbeln der Residenz München bzw. aus dem Weimarer Schloss erfolgte nicht quantitativ, weshalb keine weitere Charakterisierung vorgenommen werden konnte. Als farbgebende Komponenten konnten Kobalt für bräunliche Töne, Eisen(II)-oxid für gelb sowie Kupfer in grünen und blauen Fasern nachgewiesen werden.

Bei den untersuchten Glasfaserproben konnte eine Unterscheidung in »Natrongläser« (Bleioxid- und Kaliumdioxidgehalt unter 1 %) und »Bleigläser« vorgenommen werden; »Kaligläser« waren nicht vorhanden (Tab. 8, Tab. 9). Die »Bleigläser« wurden wiederum in solche mit niedrigem (1–5 %), mittlerem (5–20 %), hohem (20–35 %) und sehr hohem (>35 %) Bleioxidgehalt eingeteilt:

- In der Gruppe mit niedrigem Bleioxidgehalt, die ausschließlich Gläser der Libbey Glass Company enthält, wurde Natriumdioxid als Flussmittel verwendet, der Kaliumdioxidgehalt liegt unter 1 %. Auf Grundlage dieser Ergebnisse wurden diese Proben (CMG-01, DM-03, TMA-03, TMA-10, TMA-15, TMA-16) sowie die leicht abweichenden farblosen Glasfasern der Probe NBM-03 für vergleichende Untersuchungen bei der Schadensanalyse ausgewählt.

**Tabelle 7 Zusammensetzung historischer Glasfasern in Gewichtsprozent [%],
 farbgebende Elemente markiert**

	Netzwerkbildner				Netzwerkwanlder							Zwischenoxide			
	SiO ₂	PbO	As ₂ O ₃	P ₂ O ₅	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Ba	SO ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	Sonstige	
»Kaliglas«/»Böhmisches Glas«/Kalium-Kalk-Silikatglas															
»Böhmisches [?] Flechtwerk 1830« ^(a)	57,93		0,55			22,70	13,85		1,94						
»Natrorglas«/»Thüringer Glas«/Natrium-Kalk-Silikatglas															
»Brunfaul Watte 1850« ^(a)	68,93				14,13	3,92	9,82	0,49	1,96						
Schuppe 1															
Lambourg 1811–1830 ^(b)	73,70			0,20	12,40	0,33	7,70	4,30	2,00		0,22		0,10		
Schuppe 2															
Lambourg 1811–183 ^(b)	42,30	1,40	0,06		6,10	1,30	14,40	0,50	4,50	0,18	0,22	1,70	6,00	Cu	0,05
														Cr	0,01
														Co	5,41
														Ni	0,11
»Bleiglas«/»Flintglas«/Alkali-Kalk-Silikatglas															
Gewebe, gelb	54,20	13,20		0,20	4,70	5,90	4,60	0,10	0,80		0,30	7,10	5,20	Cl	0,20
Dubus Bonnel 1836 ^(b)														TiO ₂	0,10
Löwe, Haare braun Lambourg 1811–1830 ^(b)	45,70	21,10	0,66	0,20	8,70	6,10	3,50		1,10	0,26	0,20	1,80	5,40	Cl	0,20
														Cu	0,98
														Cr	0,01
Wiese grün Lambourg 1811–1830 ^(b)	41,10	34,90	2,70	1,40	6,00	4,10	2,20		0,10	0,20				Cu	1,40
														Cr	1,00
Gewebe, farblos Dubus Bonnel 1836 ^(b)	46,20	42,50			0,30	3,60	0,60		0,30		0,10		0,20	Cl	0,30
														TiO ₂	0,10
Löwe, Haare gelb Lambourg 1811–1830 ^(b)	40,50	44,80	1,20		2,00	5,40	0,20		0,60	0,10	0,30	0,40		Cl	0,10
														Cu	0,01
Löwe, Haare weiß Lambourg 1811–1830 ^(b)	42,20	46,30	3,80		2,20	6,00	0,20		0,40	0,13	0,30			Cu	0,02
Stuhlbezug, um 1840, Residenz München ^(c)	X	X				X			X			X	X		
Fragment, um 1840, Residenz München ^(c)	X	X				X						X	X	Cu	X
Stuhlbezug um 1840, Weimarer Schloss ^(c)	X	X			X	X	X		X			X	X		

(a) Durchführung der Analysen: (a) Analyse mittels mikrochemischer Tests durch Genss (Benrath, Glasgespinst, 1875); (b) Analyse mittels EPMA durch Velde (Drouet u. a., Groupe, 2000, S. 76); (c) Analyse mittels EDX (Siegfried Dietz, Untersuchung von Glasfasern, Analytiklabor Pfeiffer GmbH, 3.12.–16.12.2002)

- Die Gläser mit mittlerem Bleioxidgehalt zeigen, wohl wegen ihrer unterschiedlichen Herkunft stark variierende Anteile von Natrium- und Kaliumoxid, wobei tendenziell mehr Natrium vorhanden ist. In dieser Gruppe finden sich zwei Proben französischer HerstellerInnen, die einen auffallend hohen Manganoxidgehalt um 7% zum Entfärben der Glasmasse aufweisen.
- Mit weiter steigendem Bleioxidgehalt (hoch) sinkt tendenziell der Natriumdioxidgehalt zugunsten von Kaliumdioxid als Flussmittel. Hervorzuheben sind des Weiteren drei Proben, die Arsentrioxid enthalten, das dem Glas zum leichteren Schmelzen hinzugefügt wird.⁶⁶
- Die Gruppe mit sehr hohem Bleioxidgehalt zeigt inhomogenen Alkaligehalt, zeichnet sich jedoch durch geringen Anteil von Calciumoxid (unter 3,5%) aus.

Tabelle 8 Merkmale der Glastypen und farbgebende Komponenten, gemessen mittels SEM-EDX

Glastyp	Bleioxidgehalt	Weitere Merkmale	Farbgebende Komponenten
»Natronglas«			
Natrium-Kalk-Silikatglas	0–1 %	$K_2O < 1\%$	
»Bleiglas«			
Natrium-Kalk-Bleisilikatglas	niedrig	1–5 %	$K_2O < 1\%$
	mittel	5–20 %	MnO z. T. signifikant
Alkali-Kalk-Bleisilikatglas	hoch	20–35 %	$K_2O > Na_2O$, z. T. As_2O_3
Alkali-Bleisilikatglas	sehr hoch	> 35 %	$CaO < 3,5\%$

Das Verhältnis der stabilisierenden Komponenten (CaO , MgO , Al_2O_3) zu den Flussmitteln Natrium- und Kaliumdioxid liegt in allen Proben außer TMG-01 bei etwa 1:2 bis 1:3. Das Verhältnis und die Art der Glasbestandteile zueinander beeinflussen nicht nur das Materialverhalten bei der Verarbeitung, sondern auch die Stabilität des Endprodukts und damit das Alterungsverhalten. Besonders anfällig sind Gläser, deren Flussmittelanteil über dem der Stabilisatoren liegt, wobei der Calciumoxidanteil durch Bleidioxid ersetzt werden kann.⁶⁷

Die Proben TMG-01 und TMA-12 zeigten Abweichungen in der Zusammensetzung innerhalb ihrer Gruppen, was im Einzelnen zu diskutieren war. Die farbgebenden Elemente⁶⁸ konnten für alle Proben außer den rosafarbenen Glasfasern aus der Puppe (CMG-03) angegeben werden, in dem die färbende Komponente unter der Nachweisgrenze liegt.

⁶⁶ Freytag, Versuch, 1941, S. 115–116.

⁶⁷ Davison, Conservation, 2003, S. 178.

⁶⁸ Davison, Conservation, 2003, S. 76–79.

Tabelle 9 Klassifizierung der Gläser nach Ebert und Differenzierung nach ansteigendem Bleioxidgehalt, farbgebende Komponenten durch Unterlegen hervorgehoben

	SiO ₂	PbO	As ₂ O ₃	P ₂ O ₅	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	MnO	Fe ₂ O ₃	CuO	
»Natronglas«/»Thüringer Glase«													
TMW_05	79,3	0,0			12,9	0,2	8,2	3,3	1,3	0,0	0,1	0,1	
NBM_04	71,2	0,3			16,2	0,3	8,4	0,0	0,8	0,0	0,1	0,9	
TMW_06_sp1	76,8	0,3			15,1	0,5	7,7	4,2	0,9	0,1	0,1	76,8	
TMG_01	51,9	0,4			0,3	0,1	26,9	5,7	15,8	0,1	0,3	0,1	
NBM_03	72,8	0,6			19,0	0,7	6,7	2,5	0,7	0,3	0,0	0,0	
»Bleiglas«/»Flintglas«													
Bleioxidgehalt niedrig													
TMA_15	82,7	1,1			14,5	0,7	5,2	2,7	0,6	0,1	0,1	0,1	
TMA_10	75,2	1,9			17,5	0,4	5,6	3,0	1,0	0,1	0,1	0,1	
TMA_16	77,9	2,3			16,4	0,6	6,1	3,0	1,0	0,0	0,1	0,1	
CMG_01	73,3	2,4			17,7	0,4	5,5	3,2	1,0		0,1	0,1	
DM_03	75,2	2,4			18,0	0,4	5,5	3,1	0,9		0,0		
TMA_03	74,4	3,6			17,7	1,0	5,5	2,9	1,0	0,0	0,1	0,1	
Bleioxidgehalt mittel													
MAM_03_sp2	58,6	8,5			7,3	8,8	7,1	0,2	1,5	0,2	9,9	0,4	
BSV_01	52,3	10,8			11,3	5,4	6,3	0,4	1,3	7,4	9,9	0,0	
MAK_01	49,4	11,0			9,1	7,4	8,8	0,7	1,8	7,5	6,8		
TMW_07a	55,5	16,9			11,1	5,1	9,0	1,4	1,1	0,5	0,8	0,9	
TMA_12	70,6	20,0			7,1	0,4	0,2	0,1	0,6	0,1	0,1	0,0	
Bleioxidgehalt hoch													
MAM_03_sp1	54,5	24,2			5,5	14,2	5,0	1,8	1,1	7,2	0,4	0,4	
TMW_02	52,8	24,9	3,0		5,7	12,7	4,2	2,0	0,9	0,0	0,3		
TMW_08	48,5	26,6	2,2		4,9	13,1	4,3	1,7	0,6	0,0	0,2	0,0	
TMW_01	54,9	27,8			5,0	13,4	4,6	2,0	1,0		0,5	0,1	
MAM_02	44,8	29,6	4,0	1,7	8,8	9,8	4,4	0,0	0,6	0,1	0,3	2,3	2,0
Bleioxidgehalt hoch													
MAM_04	49,3	37,8			2,5	12,9	1,0	0,6	0,7	0,1	0,3		
MAM_01	46,8	40,6			5,8	4,6	1,7	1,2	1,7	3,0	3,0	0,0	2,9
CMG_03	57,0	42,4			0,9	6,1	0,3	0,1	1,8	0,5	0,5	0,1	
TMW_04	43,2	48,3			3,1	7,2	2,1	0,5	0,4	0,3	0,1	0,0	
TMW_03	47,9	52,5			4,2	2,5	3,5	0,4	1,0	0,1	0,7	0,3	
TMW_07b	38,8	53,6			2,9	3,9	1,7	0,2	0,7	0,1	0,6	1,3	

Diskussion zum Herstellungskontext der Glasfasern

Die um 1900 datierte Probe TMW-05 aus Glasstapelfasergarn ist als einzige bleifrei. Es handelte sich um eine der drei Materialproben unbekannter HerstellerInnen aus der Warenkundesammlung des Technischen Museums Wien. Das Glas ähnelt in der Zusammensetzung der Glaswatte von Brunfaut, die 1875 von Genss mittels mikrochemischer Tests analysiert wurde (Tab. 7) und von Freytag 1941 als »gewöhnliches weißes Hohlglas« bezeichnet wurde. Die Bestandteile beider Gläser sind Silicium, Natrium und kleine Mengen Kalium als Flussmittel sowie Calcium, Magnesium und Aluminium als Stabilisatoren.⁶⁹ Ein Vergleich mit den anderen Glasstapelfasern der Sammlung (TMW-06) ist nur bedingt möglich, da die Ergebnisse der Analyse stark variieren. Die ersten Messwerte von TMW-06 sind jenen aus der Gruppe mit niedrigem Bleigehalt ähnlich. Die dritte Probe aus der Warenkundesammlung (TMW-04) unterscheiden sich signifikant durch den sehr hohen Bleigehalt.

Die Proben aus Erzeugnissen der Libbey Glass Company haben eine sehr ähnliche Zusammensetzung, was auf die Homogenität der verwendeten Gläser zurückzuführen ist: der Bleioxidgehalt ist niedrig, der Flussmittelanteil (Natriumdioxyd) liegt bei 14–18% und die Glasmasse wurde mit Calciumoxyd, Magnesiumoxyd und Aluminiumtrioxyd (zusammen etwa 8–10%) stabilisiert. Ausnahmen bilden die Probe TMA-12 aus dem Sonnenschirm von Florence Scott Libbey und die rosafarbenen Fasern der Probe CMG-03 aus der Puppe, die der Gruppe mit mittleren bis sehr hohen Bleigehalt zugeordnet wurden. Da die Proben aus dem Kleid von Ellen Jaqua eine große Übereinstimmung mit den Libbey-Gläsern aufweisen, wird die Vermutung aufgestellt, dass diese Glasfasern nicht, wie angegeben, in Dresden gefertigt wurden, sondern das Glasmaterial ebenfalls aus der glasverarbeitenden Industrie südlich der großen Seen in den USA stammen könnte. Auch der Unterschied zwischen den farblosen Fasern (NBM-03) und den grünen (NBM-04), 0,9% Kupferoxyd, hat keine Auswirkung auf den Glasstyp. Der Glasmatrix wurden zur Grünfärbung geringe Mengen Kupfer zugefügt und es gibt leichte Abweichungen bei den Stabilisatoren. Ein Vergleich mit Analyseergebnissen von Erzeugnissen des Kunstglasbläfers Rudolf Blashka aus Dresden zeigte,⁷⁰ dass die HerstellerInnen des Kleids nicht wie dieser ihre Gläser selber produzierten, sondern aus einer industriell arbeiteten Bezugsquelle wie der Libbey Glass Company bezogen.

Die Zusammensetzung der gelben Fasern aus dem Dekorstoff von Ignace Dubus Bonnel (MAM-03_sp2, Kat. Nr. 6.3) ist jener der Proben aus der Residenz München (BSV-01, Kat. Nr. 6.5) und dem Museum für angewandte Kunst Wien (MAK-01, Kat. Nr. 6.4) sehr ähnlich.

Da auch die Gewebeanalyse dieser Stücke übereinstimmt, ist eine Zuschreibung der zwei Proben BSV-01 und MAK-01 zur Werkstatt Dubus Bonnells wahrscheinlich. Für eine endgültige Aussage wäre der Vergleich mit Textilien anderer HerstellerInnen dieser Dekorstoffe, wie François Vouillon in London oder Ignazio Pizzagalli in Mailand lohnend.

⁶⁹ Spuren von Mangan, Eisen und Kupfer konnten mit dem Verfahren von Genss nicht nachgewiesen werden.

⁷⁰ Van Giffen u. a., *Deterioration*, 2010; Brierley, *Art Forms*, 2009, S. 258.

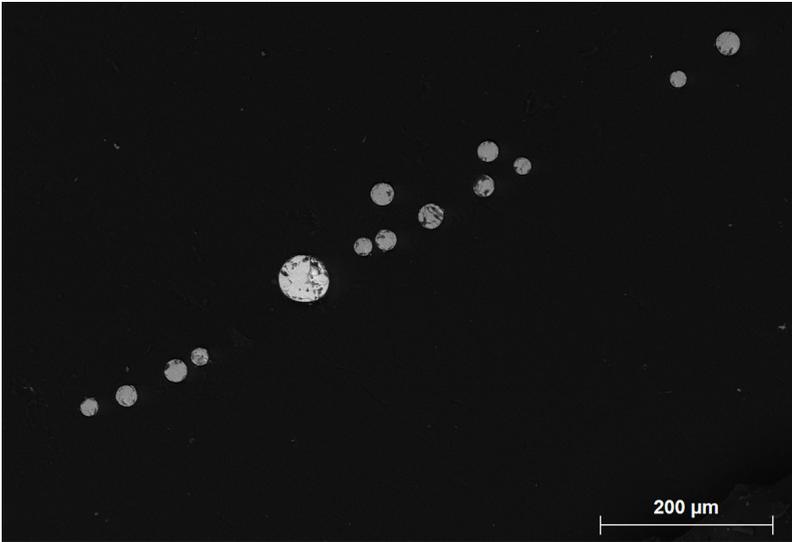


Abb. 10 SEM-BSE-Aufnahme (20kV) der Probe MAM-03, Glasfasern von Ignace Dubus Bonnel

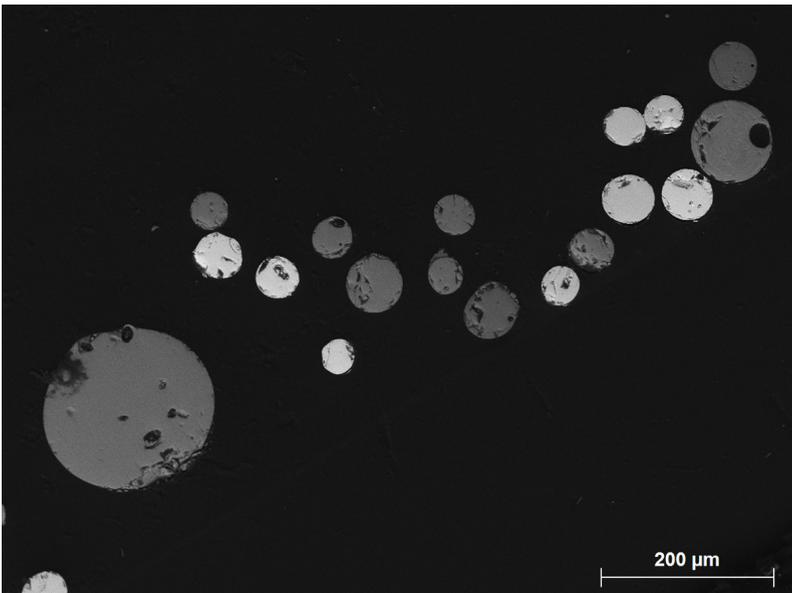


Abb. 11 SEM-BSE-Aufnahme (20kV) TMW-07a, Glasfasern von Jacopo Tomasi

Die Unterschiede zwischen Fasern der Probe MAM-03 und farblosen Fasern von Dubus Bonnel (MAM-04) sollten zum Anlass genommen werden, die Homogenität der Gläser aus dieser Produktion näher zu untersuchen. Die Ergebnisse der Glasanalyse von Velde an diesen Fasern von Dubus Bonnel stimmen nur zum Teil mit den vorliegenden überein (Tab. 7).⁷¹

Die Glasfasern des venezianischen Herstellers Benetto Polacco zeichnen sich durch einen hohen (TMW-01, TMW-02, TMW-08) bis sehr hohen Bleigehalt aus (TMW-03). Der Unterschied in der Zusammensetzung ist vermutlich auf die Farbigkeit zurückzuführen. TMW-02 und TMW-08 sind farblos und die blaue Farbe auf TMW-01 zeigte sich bei den mikroskopischen Untersuchungen als Überfang, sodass der analysierte Faserkern wohl auch ein Glas ohne färbende Komponenten ist. Im Glas von Probe TMW-02 ist dagegen ein gelb färbendes Trübungsmittel enthalten. An der Probe aus dem Körbchen von Jacopo Tomasi (TMW-07a, TMW-07b, zu Kat. Nr. 4.3), ebenfalls ein Glasbläser aus Venedig, ließen sich Unterschiede im Bleigehalt an verschiedenen Messstellen einer Probe ablesen.

Diese können mit der Verwendung mehrerer Glasstäbe unterschiedlicher Zusammensetzung beim »Glasspinnen« erklärt werden und mit der Probennahme zusammenhängen: Es wurden bereits lose vorliegende Fasern entnommen, die von verschiedenen Stellen am Körbchen abgebrochen waren.

Die Fasern des französischen Glasbläfers René Lambourg, die für diese Arbeit (MAM-01, MAM-02) bzw. während der Restaurierung der Figur »Der Löwe und die Schlange« (Tab. 7) untersucht wurden, zeigten, dass eine inhomogene Zusammensetzung nicht unüblich für kleine Werkstätten war. Bei Lambourg kommt eine große Vielfalt von Glasbestandteilen und Methoden der Glasfärbung mit Trübungsmitteln und Kristalliten im bzw. auf dem Glas hinzu. Sie lassen darauf schließen, dass er seine Glasstäbe von verschiedenen Hütten bezogen oder selbst Rohstoffe zu Glas verarbeitet hatte. In der Region um Saumur an der Loire, wo sich Lambourgs Werkstatt befand, gab es regen Handel mit Glas aus Produktionszentren wie Nevers.⁷²

⁷¹ Drouet, Groupe, 2000, S. 76.

⁷² –, Émailleurs, 2001.

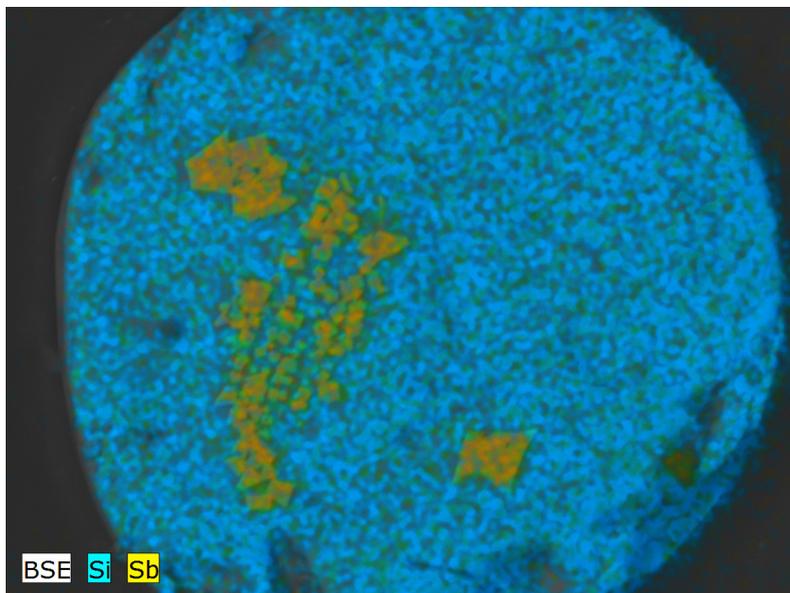


Abb. 12 Element-Mapping am Querschliff der Probe MAM01, Glasfasern von René Lambourg

Exkurs: Das Hochzeitsensemble von Helen Monro Turner, 1943

Bei der Abwesenheit von Flussmitteln im Glas der Probe TMG-01 aus Helen Monro Turners Hochzeitskleid kann es sich um einen Messfehler handeln oder sie kann mit dem maschinellen Herstellungskontext begründet werden: Im Gegensatz zu den Glasfasern aus Lampenarbeit wurden manche Fasern direkt aus der flüssigen Glasmasse abgezogen, die aus einer Wanne mit gelochter Bodenplatte in die Ziehdüsen floss.⁷³ Dadurch entfiel die Notwendigkeit, für die Verarbeitung vor der Lampe das Glasmaterial mit Alkalien oder Blei zu modifizieren. Das Glas dieser Fasern unterscheidet sich über ihren, mit 19,2 % hohen Calcium-Anteil hinaus von den historischen Fasern auch durch einen hohen Anteil Magnesium und Aluminium.

RAMAN-Spektroskopie wurde zur Identifikation des Farbstoffs auf Probe TMG-01 aus dem Hochzeitskleid von Helen Monro Turner eingesetzt.⁷⁴ Es handelt sich dabei um ein Gewebe aus farblosen Glasfasern, das mit einem blauen Farbstoff eingefärbt wurde. Für die RAMAN Untersuchung wurden die Fasern mit doppelseitigem Klebeband auf einem gläsernen Objektträger fixiert.

⁷³ Vgl. dazu Wulfhorst u. a., Glasfasern, 1993, S. T72–T62.

⁷⁴ Durchführung Clarimma Sessa (München, Doerner Institut, Bayerische Staatsgemäldesammlungen, Chemikerin) München 8.3.2018.

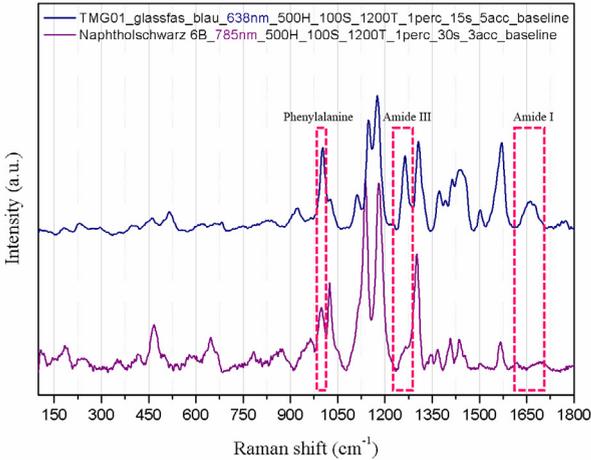


Abb. 13 RAMAN-Spektrum der Probe TMG-01, Glasfasern der Glass Fibres Ltd, Fairhill, aufgenommen bei $\lambda_0 = 638$ nm und im Vergleich zur Referenz Naphtholschwarz 6B, Deutsches Museum, Inv. Nr. 40865

Die passende Stelle zur Messung wurde mit dem angeschlossenen Stereomikroskop angewählt. Für die Analyse war zunächst eine Kalibrierung des Geräts⁷⁵ und eine Optimierung der Messbedingungen notwendig. Nach Erhalt eines aussagekräftigen Spektrums erfolgte der Vergleich mit den Ergebnissen bekannter organischer Farbstoffe, die bereits mit dem Gerät eingemessen worden waren⁷⁶.

Als farbgebende Substanz auf der Probe TMG-01 wurde ein blauer Diazo-Farbstoff identifiziert. Dies ist ein in den 1940er Jahren für das Färben von Glasfasern üblicher Säurefarbstoff.⁷⁷ Das RAMAN-Spektrum der Probe stimmte mit einer Vergleichsprobe von Naphtholschwarz 6B (C.I. 27240) bei den Banden 963vw, 1003s, 1024m, 1112m, 1176vs, 1263s, 1307s, 1373m, 1407m, 1435m, 1502m, 1570s überein.

Hinweise auf das Färbeverfahren gaben stärkere Signale bei 1003 cm^{-1} , charakteristisch für die α -Aminosäure Phenylalanin, bei 1263 cm^{-1} (tertiäres Amid) und 1660 cm^{-1} (primäres Amid). Das Vorhandensein dieser Substanzen deutete auf die Anwendung eines Binde- oder Hilfsmittels zur Fixierung der Farbstoffe im Färbeprozess hin.⁷⁸

⁷⁵ Firma Horiba, Raman XploRA mit Mikroskop Olympus BX41 und der LabSpec Software, Doerner Institut, Bayerische Staatsgemäldesammlungen München.

⁷⁶ Es handelt sich dabei um Farbstoffe der Deutschen chemischen Gesellschaft von der Weltausstellung in Paris 1900, aus der Sammlung des Deutschen Museums. Für weitere Vergleich wurden die Online-Datenbanken IRUG und KIK-RIPA empfohlen.

⁷⁷ Bobeth/Böhme, Textilfaserstoffe, 1955, S. 410–452; Freytag, Möglichkeiten, 1942; Gund, Färbemöglichkeiten, 1946.

⁷⁸ Clarimma Sessa, Analysenbericht Hochzeitskleid von Helen M0nro Turner 1943, Doerner Institut, München 12.4.2018.

Untersuchung der Fasereigenschaften

Bestimmung der Faserfeinheit

An losen Proben vom Glasfaserkleid aus dem Deutschen Museum wurde anhand des Durchmessers die Faserfeinheit bestimmt.⁷⁹ Auf eine Untersuchung im Auflicht folgte die Aufnahme von Mikrofotografien in 200-facher Vergrößerung und die Vermessung von 118 Einzelfaserquerschnitten mit dem Drei-Punkt-Verfahren.⁸⁰ Die Auswertung der numerischen Ergebnisse der Messung von Einzelfaserdurchmessern ergab einen durchschnittlichen Wert von 28,75 µm, mit einem minimalen Durchmesser von 18,46 µm und einem maximalen von 36,34 µm.

Die Feinheit der Fasern ist vergleichbar mit jenen aus dem Kleid von Florence Scott Libbey (Tab. 10) und aus dem Glasfaser-Möbelensemble der Residenz München bzw. dem Weimarer Schloss. Die Ergebnisse für den Durchmesser an diesen Proben schwankten zwischen 10 und 19 µm, respektive 19–23 µm und 21–24 µm.⁸¹ Bei Anderegg betrug der durchschnittliche Faserdurchmesser 41 µm und der Wert für die Festigkeit lag signifikant unter jenem der größten Glasfasern für Luftfilter, die er gemessen hatte,⁸² (s. Tab. 10).

Beschreibung der Fasermorphologie

Für die optische Mikroskopie an Glasfasern in der Luft⁸³ wurden einzelne Filamente aus der Probe auf einem Objektträger ausgerichtet. Empfehlungen aus der Fachliteratur, dass mindestens zehn mal zehn Fasern pro Probe für eine statistische Auswertung von Faseruntersuchungen notwendig sind,⁸⁴ konnten wegen der geringen Probenmenge meist nicht eingehalten werden. Das Vorgehen gestaltete sich wie folgt:

1. Doppelseitiges Klebeband auf dem Objektträger anbringen.
2. Fasern mit Pinseln aus dem Behälter nehmen und eine Auswahl gleich langer Fasern erstellen.
3. Fasern mit einem Ende auf dem Klebeband parallel zueinander positionieren.
4. Klebestreifen über beide Enden anbringen.

⁷⁹ »Die zur Verfügung gestellten Glasfaserabschnitte wurden auf einem Trägermaterial aus CFK ausgerichtet und mit einem Einkomponenten-Schnellklebstoff fixiert. Dieser Probekörper wurde in einem Zweikomponenten-Einbettmittel eingebettet. Die Aushärtetemperatur beträgt ca. 30–35°C. Nach der Aushärtung des Einbettmittels erfolgte die Probenpräparation mit folgenden Schleif- und Polierschritten für die mikroskopische Schliiffuntersuchung: Schleifschritte: 120er-, 240er-, 320er-, 600er-, 1200er-Körnung; Polierschritte: 9µ, 6µ, 3µ, 1µ und 0,06µ.« (Christina Aust, Prüfbericht Mikroskopie, Fraunhofer ICT, Institutsteil FIL, 12.5.2016, S. 2)

⁸⁰ Firma Leica, Stereomikroskop DM 4000 M.

⁸¹ Siegrid Dietz, Untersuchung von Glasfasern, Analytiklabor Pfeiffer GmbH, 3.12.–16.12.2002.

⁸² Seine Begründung dafür war, dass die Fasern aus erweichten Glasstäben gezogen und nach der Herstellung nicht beschichtet worden waren (Anderegg, Strength, 1939, S. 298).

⁸³ Als Einbettungsmittel für Deckglaspräparate kann z. B. eine Glycerin-Wasser-Mischung verwendet werden (Freytag, Versuch, 1941, S. 130).

⁸⁴ Reumuth, Fasermikroskopie, 1951, S. 176.

Tabelle 10 Ergebnisse der Zugfestigkeitsprüfung bis zum Bruch aus Andereggs Strength, 1939

Fibres	Diameter		Tensile Strength	
	[inch $\times 10^3$]	[mm]	[Lb./sq. in.]	[kg./sq. cm]
Blue	1.35	0.034	11 000	770
	1.54	0.039	4 000	280
	1.69	0.043	8 000	560
	2.02	0.051	5 000	710
Bluish green	1.71	0.044	9 000	630
	1.56	0.040	7 000	490
	1.59	0.040	12 000	770
	1.34	0.034	11 000	840
Average	1.60	0.041	8 400	590

Für die Erzeugung von Rückstreu- und Sekundärelektronenbilder mit dem Rasterelektronenmikroskop wurde das Probenmaterial auf doppelseitig klebenden Kohlenstoffbändern fixiert. Bruchstücke von Glasfasern wurden aufgelegt, an den Enden mit einem Color Shaper angedrückt und lose Teile mit Druckluft entfernt.

An den Glasfasern wurde eine Vielzahl morphologischer Besonderheiten beobachtet, die auf die Herstellung und Alterung zurückzuführen sind (Vgl. dazu Tab. 3). Ausgewählte Bildbeispiele aus den Analyseprotokollen sind auf den folgenden Seiten den sechs Kategorien Oberfläche, Faserinneres, Faserform, Bruchbild, Färbung und Fluoreszenz zugeordnet (Tab. 11).⁸⁵ Charakteristische Strukturen auf der Faseraußenseite waren kleine Krater, Zieh- und Kratzspuren, aufliegendes Fremdmaterial und Ausblühungen. Innere Strukturen, die mit den mikroskopischen Verfahren sichtbar gemacht wurden, waren Einschlüsse, Kerben, Hohlräume, Luftblasen oder die Fliesstruktur des Glases. Bei der Untersuchung im Rasterelektronenmikroskop zeigte sich auffällig, wie stark die Faserform der Glasfaser der des Glasstabs ähnelte, aus dem sie gezogen worden war. An den Faserenden war das für Glas typische muschelartige Bruchbild senkrecht bzw. schräg zur Faserachse zu erkennen. Es konnten vier Färbemethoden dokumentiert werden: Verwendung von Trübungsmitteln, die in der Glasmatrix gelöst wurden, Kristallite im und auf dem Glas sowie Färbemittel. Bei der Mikrofluoreszenzprüfung reagierten organische Bestandteile, wie Klebe- oder Färbemittel und Bestandteile im Glas.

⁸⁵ Die Bezeichnung der Aufnahmen setzt sich aus einer Objektidentifikation mit Abkürzung der Sammlung und Probennummer, der Untersuchungsmethode mit Spezifizierung, einer laufenden Nummer, die nach der Reihenfolge der Untersuchung vergeben wird und dem Datum zusammen. Die einzelnen Merkmale werden mit Unterstrichen getrennt; erfolgt eine Detailangabe, wie zum Beispiel optische Mikroskopie im Durchlicht (LM-DL), wird ein Bindestrich gesetzt.

Tabelle 11 Morphologische Kennzeichen historischer Glasfasern

Oberfläche

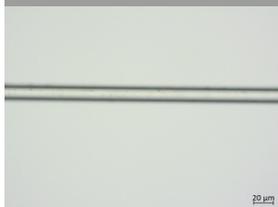


Abb. 14 Glatt, strukturlos (Kleid, TMA03_LM01_20x_DL-POL).



Abb. 15 Strukturierte Oberfläche (Körbchen, TMWV-07_LM01_10x_DL).



Abb. 16 Kristalline Ausblühungen (Kleid, NBM03_LM01_20x_AL-POL).



Abb. 17 Aufliegendes Fremdmaterial (Kleid, DM02_LM03_50x_AL-POL).

Faserinneres



Abb. 18 Kerben, Spannungslinien (Krawatte, CMG-01_LM02_20x_AL-POL-An).

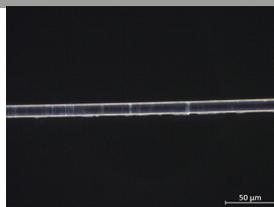


Abb. 19 Hohlräume, Luftblasen (Fasern, TMW02_LM02_20x_DL-POL).



Abb. 20 Fließstruktur im Glas (Fasern, MAM01_SEM-BSE_500x_20kV).

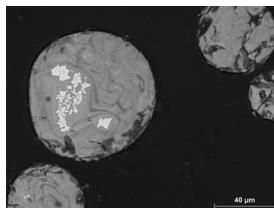


Abb. 21 Parallel verlaufende Begrenzungslinien, Knoten (Fasern, TMWV-03_LM03-AL-POL_10x).

Fortsetzung Tabelle 11

Faserform



Abb. 22 Kreisrunder Querschnitt mit glatter Begrenzung (Körbchen, TMW-07_SEM-BSE_100x_20kV).

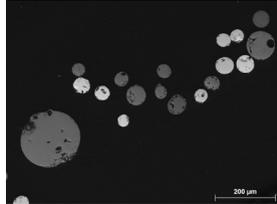


Abb. 23 Kreisrunder Querschnitt mit glatter Begrenzung (Körbchen, TMW-07_SEM-BSE_100x_20kV).

Bruchbild

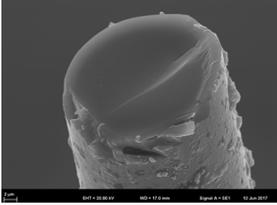


Abb. 24 Runder Spiegel senkrecht zur Faserachse (Kleid, DM_SEM-BSE_20kV).

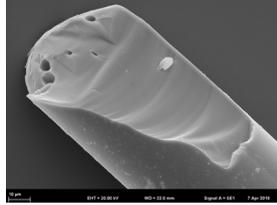


Abb. 25 Elliptischer/gewölbter Spiegel schräg zur Faserachse (Fasern, TMW01_SEM-BSE02_20kV).

Färbung

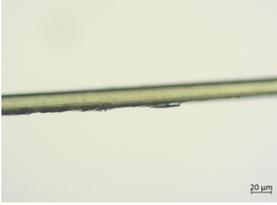


Abb. 26 Durchgefärbtes Glas (Skulptur, MAM-02_LM03_DI-POL_20x).

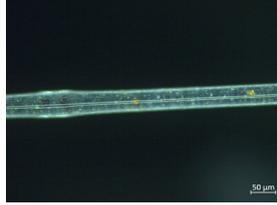


Abb. 27 Eingeschlossene Kristallite (Fasern, TMW-03_LM01-AL-DF-POL_10x).

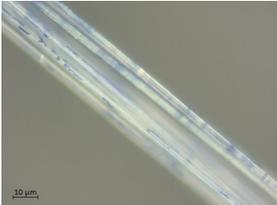


Abb. 28 Beschichtung mit Farbstoff (Kleid, TMG-01_LM01_AL-POL-50x).

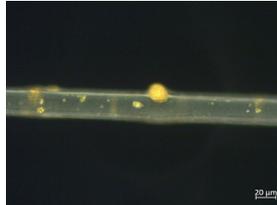


Abb. 29 Kristallite auf der Außenseite (Skulptur, MAM-01_LM02_AL-POL-An_20x).

Fluoreszenz

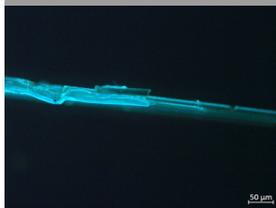


Abb. 30 Klebemittel (Skulptur, MAM-02_LM01_UV-10x).



Abb. 31 Organischer Farbstoff (Kleid, TMG-01_LM01_AL-UV-50x).

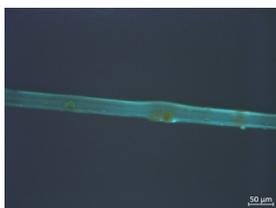


Abb. 32 Bläulich-weiße Fluoreszenz: Blei? (Skulptur, MAM-01_LM03_AI-UV-10x).



Abb. 33 Gelbliche Fluoreszenz: Mangan? (Gewebe, MAK-01_OM01-AL-UV-20x).

Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse

Die Auswertung von Schriftquellen und naturwissenschaftlicher Fachliteratur zu historischen Glasfasern war die Grundlage für die Charakterisierung des Materials und die Untersuchungen an Faserproben aus 22 Textilien. Durch die Glasanalyse im REM-EDX wurden die Haupt- und Nebenelemente der Glasmatrix, Trübungsmittel und Kristallite identifiziert. Der Farbstoff und das Färbeverfahren der Glasfasern aus dem Hochzeitsensemble von Helen Monro Turner (TMG-01) wurden mit RAMAN-Spektroskopie ermittelt. Die Auswertung der Ergebnisse erbrachte die Einteilung der Gläser in fünf Gruppen mit unterschiedlichem Bleigehalt bzw. vier Glästypen, die neben Blei durch den Anteil der Alkalien und Calcium charakterisiert wurden. Auf Basis dieser Einteilung konnte der Herstellungskontext der Glasfasern untersucht und individuell arbeitende GlasbläserInnen von solchen, die mit Glasfirmen kooperierten, unterschieden werden. Die Zuschreibung der gelben Glasfasern BSV-01 und MAK-01 zur Werkstatt Dubus Bonnells in Paris ist wahrscheinlich, bedarf jedoch weiterführender Analysen von Faserproben solcher Dekorstoffe. Für den Vergleich der Schäden an Glasfasern aus dem Kleid der Infantin Eulalia mit anderen Textilien konnten sechs weitere Proben ähnlicher Zusammensetzung ausgewählt werden.

Die Fasermikroskopie brachte ein Verständnis der Morphologie, typischer Herstellungsfehler und der Färbemethoden. Die Licht- und Rasterelektronenmikroskopie sind wegen der einfachen Probenvorbereitung, der breiten Verfügbarkeit, einer kurzen Einarbeitungszeit und dem hohen Erkenntnisgewinn über Herstellungstechniken bzw. Erhaltungszustand von Glasfasern für RestauratorInnen zu empfehlen. Die mechanische Prüfung konnte wegen der Sprödigkeit des historischen Materials und der großen Probenmenge für die Dichtebestimmung, die für weitere Berechnungen bei diesem Verfahren notwendig wäre, nicht durchgeführt werden. Das Potenzial der Rasterkraftmikroskopie kleine Veränderungen sichtbar zu machen wurde erkannt und könnte in künftigen Projekten bei vergleichenden Untersuchungen an Glasfaseroberflächen, die sich z.B. durch die Alterung, den Grad der Verschmutzung vor und nach einer Reinigung oder die Einwirkung klimatischer Bedingungen unterscheiden, genutzt werden. In der vorliegenden Arbeit wurden bei der Analyse geschädigter Gläser die bisher genutzten Methoden REM-EDX und Licht- bzw. Rasterelektronenmikroskopie sowie eine pH-Messung an Faserextrakten angewandt.

Zustand des Glasfaserkleids vor der Konservierung-Restaurierung

Das Glasfaserkleid aus dem Deutschen Museum gehört per se zu den seltenen Museumsexponaten, doch die Ausführungen in den vorangehenden Kapiteln zeigten, dass Glasfasertextilien im Allgemeinen zahlenmäßig nur gering in musealen Sammlungen vorhanden sind. Naturwissenschaftliche Untersuchungen an den händisch hergestellten Glasfasern des 18. bis frühen 20. Jahrhunderts wurden bisher an wenigen Einzelstücken durchgeführt. Eine weitere Forschungslücke stellt die Bewertung von Schäden, wie sie am Glasfaserkleid der Infantin Eulalia (DM) auftreten, dar. Daher wurde an diesem Exponat eine exemplarische Schadensanalyse durchgeführt, die sich an der Systematik der gleichnamigen VDI-Richtlinie 3822 orientiert, die mit der Beschreibung des angetroffenen Zustands und materialimmanenter Schwächen beginnt. Da für Glasfasertextilien ein entsprechend systematischer Sprachgebrauch fehlte, wurde ein *Illustriertes Glossar von Schäden an Glasfasertextilien* entwickelt, das am Anfang dieses Kapitels steht. Es folgt eine Schadenskartierung und der Vergleich mit dem Kleid aus dem Toledo Museum of Arts. Daran anschließend werden äußere Schadenseinflüsse auf das Kleid aus der Handhabung und Lagerung thematisiert. Die Bewertung des Abbaugrads und die Prüfung von Hypothesen über Schadensursachen erfolgte mittels instrumenteller Untersuchungsverfahren. Hierfür wurden Fasern herangezogen, die, entsprechend der Materialanalyse, demselben Glastype zugeordnet wurden, der im Glasfaserkleid vorliegt. Den Abschluss bildet die Auswertung der gesammelten Daten und die Ableitung von Anforderungen an die Restaurierung.

Illustriertes Glossar von Schäden an Glasfasertextilien

Zur systematisierten Erfassung von Schäden an Glasfasertextilien in dieser Arbeit wurde ein Glossar erstellt, das zur Kommunikation zwischen ForscherInnen der Glas- und Textiltechnik verwendet werden kann (Tab. 1). Das Ziel war es, in der ersten Dokumentationsphase eine objektive Beschreibung des aktuellen und sichtbaren Erhaltungszustands zu erreichen und von Annahmen über Ursachen oder Behandlungen abzusehen.¹ Als Ausgangspunkt diente *Conditions Glossaries as a Tool in the Survey Process: A Review of Several Glossaries*.² Das Glossar ist in fünf Schadenstypen gegliedert und definiert hierarchisch zwei bis fünf Unterbegriffe spezifischer Schadensphänomene an Glasfasertextilien. Je ein

1 Im nächsten Schritt, der Bestimmung der Schadensprozesse und -ursachen, sind eine Rekonstruktion der Objektgeschichte, Untersuchung des Aufbewahrungskontexts und Analysen zur Prüfung von Schadenshypothesen durchzuführen. Diese Vorgehensweise wurde exemplarisch am Glasfaserkleid aus dem Deutschen Museum angewandt. Die Systematik orientiert sich an Verein Deutscher Ingenieure, Schadensanalyse 2011, S. 7–8 und Van Balen u. a., Expert System, 1999, S. 4.

2 Kopelson, *Conditions Glossaries*, 2011, S. 1. Er charakterisiert darin Glossare als Liste von Begriffen, die verwendet werden, um den Zustand eines Objekts, des Systems oder von Materialien zu beschreiben und zu verstehen. Fotografien, Bilder und Illustrationen unterstützen das Verständnis der beschriebenen Schadensphänomene.

bis zwei repräsentative Abbildungen (Makro und Mikrofotografien, Rasterelektronenmikroskop-Bilder) illustrieren die Begriffe. Die Aufnahmen entstanden bei Untersuchungen an den 34 historischen Glasfasertextilien in musealen Sammlungen. Als Vorbild zur Gliederung der Schadenstypen und -phänomene dienten die Systematik in anderen Schadensglossaren³ sowie die Terminologie in Werken der Textil- bzw. Glasrestaurierung.⁴ Die Auseinandersetzung mit der Fachliteratur war auch die Basis zur Übersetzung ins Englische, die zur weiteren Präzisierung der Begriffe dient.⁵ Schäden an Glasfasertextilien wurden bisher im musealen Kontext nicht aus der hier gewählten Doppel-Perspektive beschrieben. Dadurch ergibt sich die Möglichkeit in Zukunft das Vokabular für vergleichbare Dokumentationen zu nutzen.

Tabelle 1 Illustriertes Glossar von Schäden an Glasfasern

Schadenstypen
Struktur­schäden Beeinträchtigung des strukturellen Gefüges innerhalb der gläsernen Einzelfasern und der verarbeiteten Glasfaserstränge.
Desintegration Auflösen der geflochtenen bzw. gewebten Glasfaserstränge und Verlust im Zusammenhalt des Textils.
Verformungen Veränderte Form, Gestalt oder Dimension des Textils, ohne Verlust der Integrität oder Vollständigkeit (ICOMOS-ISCS, Glossary, 2008, S. 12; Weyer u. a., EwaGlos, 2015, S. 198).
Ablagerungen Ansammlungen von partikelförmigen Fremdmaterial auf der Oberfläche, wodurch die optische Erscheinung des Textils verändert wird (Davison, Conservation, 2003, S. 171–173; ICOMOS-ISCS, Glossary, 2008, S. 44).
Verfärbungen Veränderung der Farbigkeit der Oberfläche, meist erkennbar durch den Vergleich mit unbeschädigten Bereichen.

3 Australian Institute for the Conservation of Cultural Material, Glossary, o. J.; Grimmer, Glossary, s, 1984; Lavédrine/Fournier, Damage Atlas, 2007–2013; Pursche/Möller, Schadensglossar, 1998; Shashoua, Conservation, 2008, S. 189; The Getty Conservation Institute/Israel Antiquities Authority, Mosaics, 2003; Walker, Schadenskatalog, 2014; Weyer u. a., EwaGlos, 2015.

4 Unter anderem wurden die folgenden Publikationen genutzt: aus dem Bereich Glas: Davison, Conservation, 2003; Koob, Conservation, 2006, aus dem Bereich Textil: France, Standard Vocabulary, 2003; Tímár-Balázs/ Eastop, Principals, 1998. Es wurden für die jeweilige Disziplin typische Schäden aufgelistet, sprachliche Ähnlichkeiten und Überschneidungen berücksichtigt und verschiedene Ansätze zur Gruppierung getestet. Auf Basis einer zunehmenden Standardisierung im Sprachgebrauch der Kulturguterhaltung konnten übergeordnete Schadenstypen festgelegt werden, die für RestauratorInnen aus beiden Fachbereichen Gültigkeit haben. Wurde ein Schadensphänomen am textilen Produkt beschrieben, boten sich Fachbegriffe aus der Textilrestaurierung an. Ging es jedoch um die gläserne Faser an sich, wurde tendenziell Vokabular aus dem Bereich Glas gewählt. Bei Schadensphänomenen, die ganz spezifisch für diese Materialkombination sind, wie das Bruchverhalten der Fasern oder das Verschieben ganzer Faserbündel innerhalb ihrer Flecht- bzw. Gewebestruktur, musste eine neue Terminologie auf Basis folgender Publikationen entwickelt werden: Bobeth/Böhme, Textilfaserstoffe, 1955, S. 273–277; Freytag, Versuch, 1941; Jones/Huff, Structure, 2009.

5 Die sprachliche Richtigkeit wurde mit fachspezifischen Wörterbüchern (Redaktion RESTAURO, Fachwörterbuch, 2013), eigenen Sprachkenntnissen im Bereich Textil und durch Absprache mit englischsprachigen GlasrestauratorInnen (Astrid Van Giffen und Stephen Koob, Corning Museum of Glass, Oktober 2016) geprüft.

Strukturschäden / Structural damage

Fehlstellen im Glasfasergewebe Offene oder leere Stelle (Lächer), gekennzeichnet durch das Fehlen von originale Material und/oder einer Unterbrechung in der Kontinuität des Gewebes. /

Lacuna in the glass fibre fabric Open or empty spaces (holes), characterized by missing original material and/or a disruption in the continuity of the fabric.



Abb. 1 Kleid, Libbey Glass Company, Deutsches Museum

Risse im Glasfasergewebe Der Zusammenhalt des Gewebes ist durch einen Zwischenraum unterbrochen. Die gewebebildenden Fäden sind meist noch erhalten, jedoch verformt und ein Ausfransen der Risskanten ist möglich. /

Tears in the fabric The coherence of the fabric is interrupted by a gap. The threads are still in place, but are deformed. Fraying of the teared edges is possible.



Abb. 2 Kleid, Libbey Glass Company, Deutsches Museum

Brüche in Glasfasereinzelfasern und -garnen Ursprünglich kontinuierliche Glasfaser ist komplett durchtrennt. Die Bruchstellen sind glatt mit durchgehendem oder mit verwölbtem Spiegel. Ganze Stränge können davon betroffen sein und den Zusammenhalt unterbrechen. /

Breaks/fracture in glass fibres and yarns Separation of an initially continuous glass fibre. The fractures are even with a straight or bent surface of the break. Whole strands can be affected. The coherence of the fabric is disrupted.

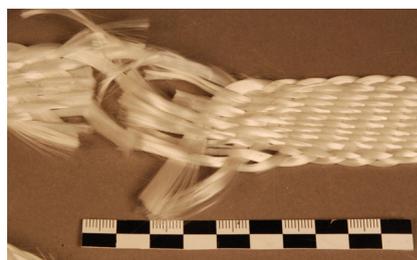


Abb. 3 Krawatte, Libbey Glass Company, Corning Museum of Glass



Abb. 4 Kleid, Libbey Glass Company, Toledo Museum of Arts

Strukturschäden / Structural damage

Sprünge in den Glasfilamenten Feine Linie, die eine Unterbrechung der Kontinuität im Glas anzeigt. Der strukturelle Zuswwhalt der Glasfaser ist noch gegeben (Walker, Schadenskatalog, 2014, S. 28). /

Cracks or fissure in the glass filaments Fine lines, indicating a disruption of the continuity in the glass. The structural coherence of the glass fibre is still given.

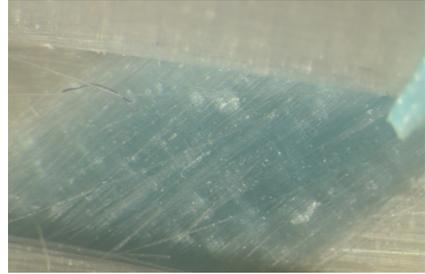
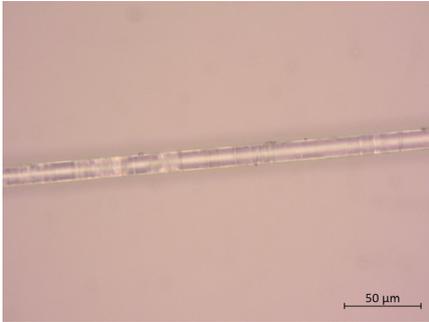


Abb. 5 Krawatte, Corning Museum of Glass

Abb. 6 Puppe, Libbey Glass Company, Corning Museum of Glass

Krater in der Glasfaseroberfläche Runde Löcher und Vertiefungen in der Oberfläche der einzelnen Glasfaser. /

Pitting in the glass surface Round holes or cavities in the surface of single glass fibres.

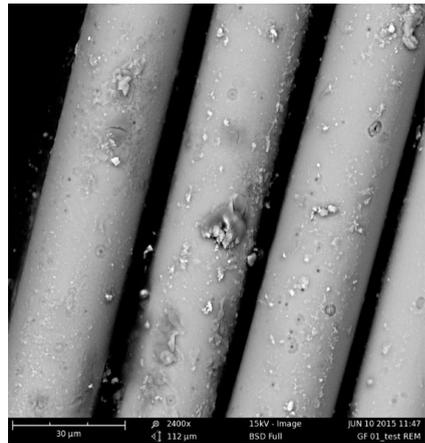
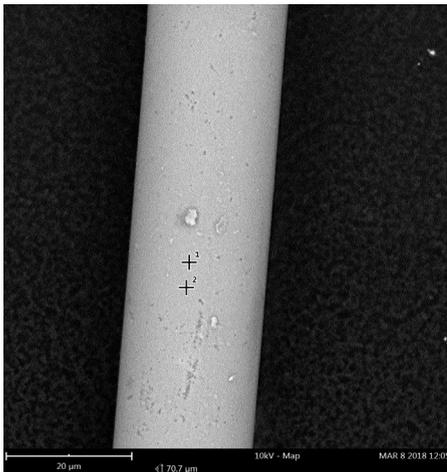


Abb. 7 Kleid, Libbey Glass Company, Deutsches Museum

Abb. 8 Krawatte, Libbey Glass Company, Corning Museum of Glass

Verschiebung von Glasfasergarnen Glasfaserstränge sind innerhalb ihrer Gewebebindung verschoben. /

Shifting of glass fibre yarns Strands of glass fibres shifted within their weave construction.



Abb. 9 Kleid, New Brunswick Museum

Abb. 10 Kleid, Libbey Glass Company, Toledo Museum of Arts

Verlust von Klebekraft Klebeverbindungen zwischen Glasfasern bzw. Glasfasern und anderen Materialien, wie Papier haben sich gelöst. /

Adhesive failure Adhering joints between glass fibres or glass fibres and other materials, such as paper have come loose.



Abb. 11 Hutschmuck, Heeresgeschichtliches Museum Wien

Auflösen / Desintegration

Verlust von Glaseinzelfasern und -garnen Bereich des Exponats, in dem Glasfasern nicht mehr vorhanden sind. Beispielsweise erkennbar an der Unterbrechung der Gestaltung des Exponats oder der Musterung. /

Loss of fibre glass filaments and yarns Parts of the artefact with missing glass fibres, especially apparent in disruption of the object's layout or design.



Abb. 12 Hutschmuck, Heeresgeschichtliches Museum Wien

Abb. 13 Gewebe, Ignace Dubus Bonnel, Musée des arts et métiers

Auflösen / Desintegration

Lose Glaseinzelfasern und -garne Glasfasern, die ihre ursprüngliche Verbindung im Gefüge verloren haben und ohne Haftung auf dem Exponat verbleiben. (The Getty Conservation Institute Israel Antiquities Authority, *Mosaics*, 2003, S. 8) /

Loose glass fibre filaments and yarns Glass fibres, that have lost their original connection within the textile structure and remain on the object.



Abb. 14 Krawatte, Corning Museum of Glass

Abb. 15 Skulptur, René Lambourg, Musée des arts et métiers

Aufransen Glasfasern, die sich aus dem Verbund gelöst haben und aus dem Flechtband bzw. dem Gewebe herausstehen.

Fraying Glass fibres, that have come loose from the binding and protrude out of the braiding or fabric.



Abb. 16 Weste, Libbey Glass Company, Toledo Museum of Arts

Abb. 17 Gewebe, Ignace Dubus Bonnel, Musée des arts et métiers

Verformungen / Deformation

Deformationen Sichtbare Veränderung der äußeren Form, Gestalt oder Abmessungen des Textils. Erkennbar durch den Vergleich mit anderen Bereichen im Exponat, ähnlichen Stücken oder Beschreibungen in Quellen. /

Distortion Visible change in the outer form, layout or dimensions of the textile. Apparent in comparison with other parts of the artefact, similar objects or description in historic sources.



Abb. 18 Flechtkorb, Jacopo Tomasi, Technisches Museum Wien

Abb. 19 Kleid, New Brunswick Museum

Knicke Verformung im umgeschlagenen oder gefalteten Textil.

Creases, synonym: wrinkles Deformation in the pleated or folded textile.



Abb. 20 Tasche, Glassfibre Ltd. Fairhill, Turner Museum of Glas

Abb. 21 Krawatte, Libbey Glass Company, University of Toledo

Ablagerungen / Deposits

Kristalline Auflagen/Trübung am Glas Weißliche Schicht und/oder kristallförmig, verdichtete Partikel auf den Glasfasern. Eine Vergrößerung des Faser-volumens ist typisch. Die Ablagerungen können auch als Trübung im Glas wahrgenommen werden. /

Crystal deposits/haze on the glass Whitish layers and/or compact crystalline particles on the glass fibre. An enlarged volume of the fibre is typical. The deposits can also be perceived as haze in the glass.

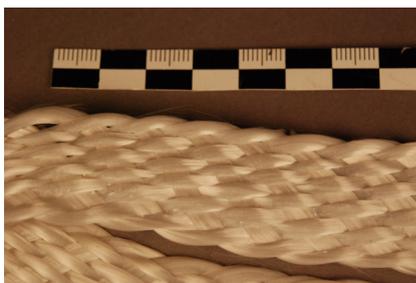


Abb. 22 Krawatte, Corning Museum of Glass



Abb. 23 Puppe, Libbey Glass Company, Corning Museum of Glass

Kristalline Auflagen auf Metall Verschiedenfarbige Partikel mit kristalliner Form auf der Oberfläche von Metallen, die in Kontakt mit den Glasbestandteilen sind. /

Crystal deposits on metal Crystal particles of different colour on the surface of metals, that are in direct contacts with glass.



Abb. 24 Flechtband, Libbey Glass Company, Toledo Museum of Glass



Abb. 25 Hutschmuck, Heeresgeschichtliches Museum Wien

Verkrustete Fremdmaterialien Zusammenhängende Schicht von partikelförmigem Material auf der Oberfläche des Textils. Kann auch zwischen die Fasern eingedrungen sein. /

Encrustations Coherent layer of particulate material on the surface of the material. It can also have penetrated between the fibres.



Abb. 26 Kleid, Libbey Glass Company, Deutsches Museum

Abb. 27 Gewebe, Ignace Dubus Bonnel, Musée des arts et métiers

Verschmutzung: lose/haftende Partikel (Staub, Ruß) Partikel unterschiedlicher Größe und Farbe, die auf der Oberfläche aufliegen und/oder in die Faserzwischen-räume gelangt sind. /

Soiling: loose/fixed particles (dust, soot) Particles of different size and colour are lying on the surface and/or deposited in gaps between the fibres.



Abb. 28 Puppe, Libbey Glass Company, Corning Museum of Glass

Abb. 29 Krawatte, Libbey Glass Company, Corning Museum of Glass

Veränderung der Farbe / Change in colour

Flecken Räumlich begrenzte Verfärbung der Oberfläche ohne bzw. mit nur geringfügigen Mengen von Fremdmaterial (Florian, Conservation, 1990, S. 216). /

Staining Discoloration on a spatially limited area of the surface without or a small amount of foreign matter.



Abb. 30 Kleid, New Brunswick Museum

Abb. 31 Kleid, Libbey Glas Company, Toledo Museum of Arts

Farb- und Glanzverlust Verlust von Leuchtkraft, Farbsättigung oder Brillanz der Farben an textilen Bestandteilen und anderen Materialien, wie Metall (Weyer u. a., EwaGlas, 2015, S. 222). /

Fading, Tarnishing Loss of brightness, colour saturation or brilliance of colours of the textile parts and other materials, such as metal.



Abb. 32 Tasche, Glassfibre Ltd. Fairhill, Turner Museum of Glass

Abb. 33 Kleid, New Brunswick Museum

Nachdunkeln, Vergilben Veränderung der Farbe in Richtung eines dunkleren Farbtons. Z. B. Bildung eines gelben Farbtons, von Papier oder organischen Fasern (Australian Institute for the Conservation of Cultural Material, Glossary, o.J.; Shashoua, Conservation, 2008, S. 274).

Darkening, Yellowing Change of colour in the direction of a darker shade, e. g. yellowing of paper or organic fibres.

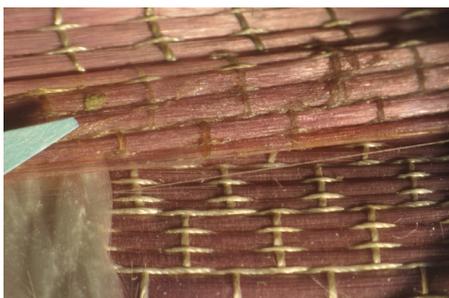


Abb. 34 Gewebe, Ignace Dubus Bonnel, Musée des arts et métiers

Abb. 35 Puppe, Libbey Glass Company, Corning Museum of Glass

Beschreibung der Schäden

Verlust

Das Oberteil und zwei Schleifen des Kleids fehlen gegenwärtig. Am Rock ist erheblicher Materialverlust zu verzeichnen. Besonders stark betroffen sind die untere Fransenreihe, die Verzierung aus Flechtband auf der Vorderseite, der Rockbund und der Futterstoff. In der vorderen Mitte und auf der rechten Seite ist das Futter komplett verloren bzw. liegt es dort nur in Form einzelner Kettfäden vor, die linke Seite ist etwas weniger geschädigt (s. Abb. 36).



Abb. 36 Verlust von Fransen und Flechtband

Fehlstellen im Gewebe

Der Oberstoff ist auf der Rockvorderseite mehrfach durch Risse und Löcher unterbrochen; Besonders beeinträchtigt sind drei horizontal verlaufende Schadstellen im Schnittteil in der vorderen Mitte sowie dem rechts danebenliegenden. Das Futter weist ebenfalls zahlreiche geschädigte Bereiche auf und ist stellenweise komplett vergangen (s. Abb. 37, 38).



Abb. 37 Fehlstellen im Glasfaser-Seidengewebe



Abb. 38 Geschädigter Futterstoff

Brüche

Einzelne Glasfasern und ganze Faserstränge sind an zahlreichen Stellen des Gewebes und der Flechtbänder gebrochen. Im Gewebe verlaufen diese Brüche vor allem in vertikaler Richtung, also im rechten Winkel zu den horizontalen Schusseinträgen aus Glasfasern und Seide. Die geschädigten Bereiche verdichten sich auf der Vorderseite und befinden sich tendenziell mehr im Bereich des Rockbunds als am unteren Rand. Das seidene Futter bricht an vielen Stellen normal zur Schussrichtung (s. Abb. 39, 40).



Abb. 39 Brüche in Glasfasern



Abb. 40 Brüche im Seidenfutter des Saums

Verschieben von Glasgarnen

Die glatten Glasfaserstränge haben sich innerhalb der Gewebebindung bzw. der Flechtung zum Teil verschoben. Dieser Effekt tritt vor allem an jenen Stellen auf, wo Unterbrechungen im Gefüge, z. B. durch Faserbrüche, vorhanden sind (s. Abb. 41).



Abb. 41 Aus der Bindung geschobene Glasfaserstränge im Oberstoff

Ausfransen

An den Bruch- bzw. Risskanten der Gewebe und Flechtbänder beginnen Einzelfasern und Garne sich aus dem Verbund zu lösen und hängen lose hervor. Das betrifft sowohl die textilen Flächen aus Glas und Seide als auch die Seidenstoffe (s. Abb. 42, 43).



Abb. 42 Ausgefrante Löcher und Enden der Flechtbänder



Abb. 43 Ausgefrante Kettfäden des Futterstoffs

Lose Fasern

Auf der Oberfläche des Rocks liegen zahlreiche Glas- und Seidenfasern lose vor, die zum Teil nicht zugeordnet werden können und leicht abfallen (s. Abb. 44).



Abb. 44 Lose Glasfasern aus der Fransenborte

Deformationen und Knicke

An den Falten in der hinteren Mitte sind Knicke entstanden und die Gewebepanzen werden an einigen Stellen durch die aufgenähten Atlasbänder eingehalten. Bei den gerafft angenähten Rüschen und dem Saum haben sich die Umbüge im Gewebe manifestiert (s. Abb. 45).



Abb. 45 Gesamtaufnahme des Rocks von der rechten Seite (s. S. 192)

Kristalline Auflagen

Die Glasfasern im Gewebe und den Flechtbändern sind besonders um den großen Fleck auf der Vorderseite mit einer weißlichen Schicht überzogen. Stellenweise ist die Bildung von kristallinen Auflagen zu erkennen, die zu einer Volumensvergrößerung der Faserstränge führt. Auch auf dem Futter des Saums finden sich weiße, kristallförmige Ablagerungen.

Kristalline Auflagen auf Metall

Die metallenen Schließen am Rockbund und in der hinteren Mitte weisen zum Teil rotbraune und grüne Kristalle auf. Das Phänomen scheint an metallenen Bestandteilen, die direkt auf dem Glas aufliegen, stärker ausgeprägt zu sein. Manche Haken und Ösen sind nur angelaufen (s. Abb. 46, 47).



Abb. 46 Kristalline Ablagerungen im Oberstoff



Abb. 47 Weiße Kristalle am Futterstoff

Verkrustete Auflagen

Vereinzelt finden sich verkrustete Ablagerungen von weißen und bräunlichen Partikeln, umgeben von einem Schmutzrand. Über die ganze Außenfläche verteilt gibt es kleine braune, punktförmige Auflagen, die zwischen die Glasfasern gedrunken sind. Dies ist verstärkt auf den Gewebepartien der vorderen und hinteren Mitte zu beobachten. Am Rockbund sind an drei Stellen Rostpartikel auf dem Gewebe abgelagert (s. Abb. 48, 49, 50).



Abb. 48 Kristalline Ablagerungen im Oberstoff



Abb. 49 Weiße Kristalle am Futterstoff



Abb. 50 Ablagerung von Rostpartikeln am Bund

Verschmutzung – lose und haftende Partikel

Eine Mischung aus Fremdmaterial verschiedener Partikelgröße, losen Glasfasern und feinem Seidenfaserstaub hat sich auf der Oberfläche abgelagert, bzw. ist in die Faserzwischenräume gerutscht. Besonders konzentriert sind die Ansammlungen in den Bereichen oberhalb von Fransen, Rüschen und Saum sowie in den Falten am Rockbund.

Flecken

Die Vorderseite weist einen großen Fleck in den drei frontalen Schnittteilen auf, der eine deutliche dunkle Färbung hat und zu den Seiten hin heller wird. Die äußere Begrenzung verläuft in Spitzen, die sich in die weniger verschmutzten Bereiche ziehen. Auf der seitlichen, linken Gewebbahn ist unten ein weiterer, kleinerer Fleck mit diesen Merkmalen vorhanden. Auf der gesamten Oberfläche finden sich viele kleine, braune Verfärbungen, so auch auf den Rüschen und dem Saum. Der Saum ist entlang der Unterkante vor allem im hinteren Bereich dunkelgrau verfärbt (s. Abb. 51, 52).



Abb. 51 Begrenzungslinie des kleineren Flecks auf der linken Seite des Rocks



Abb. 52 Verfärbung des Saums entlang der Außenkante

Verdunkeln

Die Oberfläche des Rocks ist vergraut, wobei Unterschiede zwischen den verschiedenen Elementen zu erkennen sind: Die Fransen und die Bestandteile aus Crêpe-de-Chine heben sich dunkel ab. Die graue Verfärbung des Glasfaser-Seidengewebes fällt vor allem durch den Vergleich mit dem Glasfaserflechtband auf, das weiß hervortritt. Kontraste zwischen Bereichen, die abgedeckt waren und solchen, die oben aufliegen, sind besonders auffällig (s. Abb. 53).



Abb. 53 Begrenzungslinie des kleineren Flecks auf der linken Seite des Rocks

Schadensausmaß

Als Grundlage für die Kartierung der Schäden diente der zweidimensionale Schnitt des Rocks.⁶ Die Schäden wurden im vektorbasierten Grafik- und Zeichenprogramm Adobe Illustrator CS3® in getrennten Ebenen dokumentiert, wodurch bei der Darstellung der Ergebnisse Synergieeffekte von Schadensursachen aufgezeigt werden konnten. Durch das Überlagern von Strukturschäden und Ablagerungen konnten Rückschlüsse auf die schädigende Wirkung von Feuchtigkeit und Schadstoffbelastung auf die Stabilität der Fasern gezogen werden. Die Dichte an Fehlstellen und Faserbrüchen ist in der vorderen Mitte besonders hoch, jedoch nicht nur hier vorhanden. Das bedeutet, dass die Verschmutzungen zur Degradation des Glases beigetragen haben und dass sie die Fasern noch anfälliger für das Brechen bei Druckeinwirkung machen. Dennoch sind Ablagerungen von Fremdmaterial und Feuchteeinwirkung nicht die primären Auslöser für Faserbrüche, (s. Abb. 55).

Abbildung 55 zeigt den Zusammenhang zwischen mechanischer Belastung und der fehlenden Stützfunktion des Futters für den Oberstoff als weitere Schadensursache. Ebenfalls eingeblendet sind die Schmutzränder, als Anzeiger für einen Feuchteintrag, die wiederum ein Auslöser für den Zerfallsprozess des Futters gewesen sind. Es ist ein verstärktes Auftreten von Faserbrüchen, Verlusten und Fehlstellen an den Stellen im Oberstoff ablesbar, an denen das Futter nicht mehr oder nur noch in Resten vorhanden ist.

Besonders stark tritt dieses Phänomen auf der Vorderseite des Rocks auf, wo Schadstoffe und Abbauprodukte durch Flüssigkeit angelöst, jedoch nicht aus den Geweben gespült wurden, wodurch die Degradation der Materialien vermutlich beschleunigt wurde.

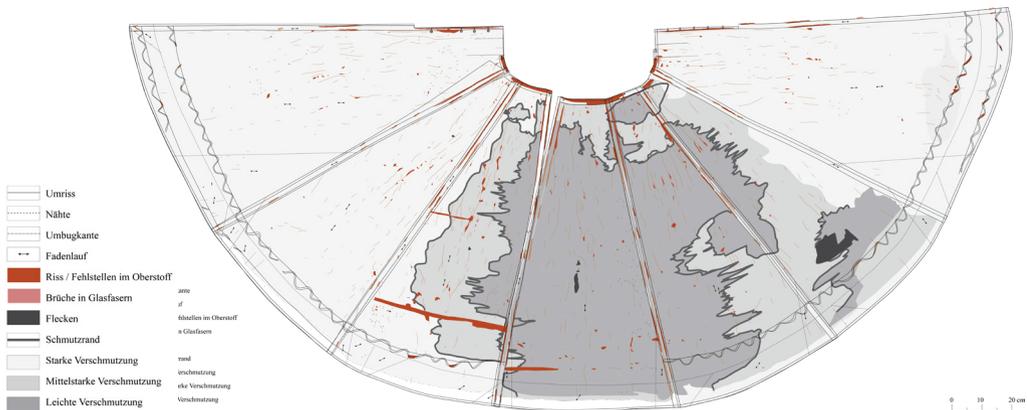


Abb. 54 Kartierung der Strukturschäden und Auflagen auf der Rockaußenseite

6 Die Umrisse und Details der Konstruktion, wie Fadenlauf, Nahtverbindungen, Umbüge und Verschlüsse wurden im Maßstab 1 : 1 auf Papier gezeichnet. Als Übertragungshilfe diente ein Raster aus aufgespannten Fäden, das über ein Schnittteil gespannt war. Es erfolgte die Anfertigung von Digitalisaten des bearbeiteten Ausschnittes und der Zeichnungen.

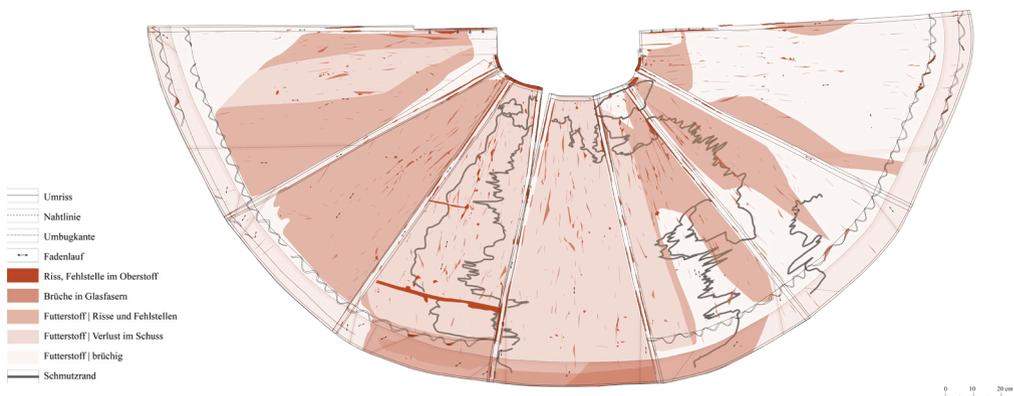


Abb. 55 Kartierung der Strukturschäden, des Schmutzrandes (Oberstoff) und des Verlusts im Futterstoff

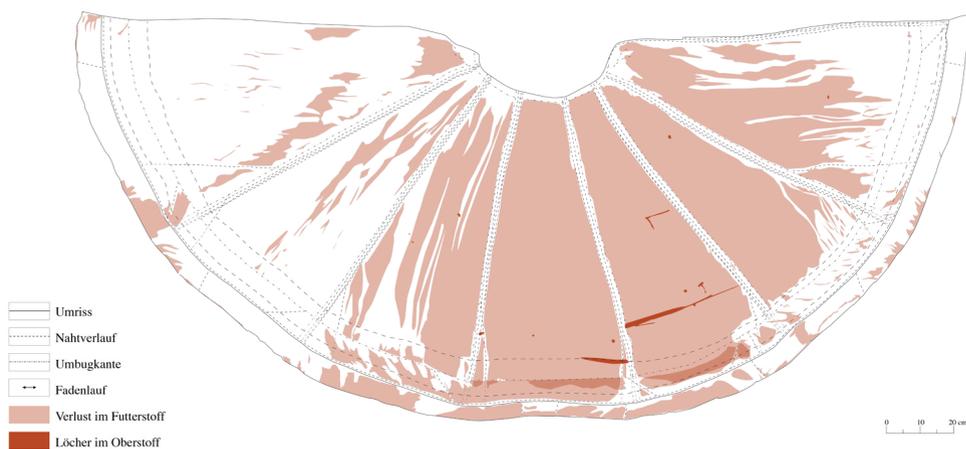


Abb. 56 Rockinnenseite: Verluste im Futterstoff sowie Löcher und Risse im Oberstoff.

Für die Details der Kartierungen, s. a. das PDF auf der Homepage des Deutschen Museums.

Zustand des Vergleichsstücks im Toledo Museum of Arts

Da die Kleider von Infantin Eulalia (DM) und Florence Scott Libbey (TMA) aus demselben Herstellungskontext stammen, ihre Verarbeitung ähnlich ist und ihre Datierung nur wenige Monate auseinanderliegt, lässt sich ihr Erhaltungszustand gut vergleichen.

Das Glas, aus dem der Glasbläser Hermann Hammesfahr die Fasern für diese zwei Kleider herstellte, weist eine sehr ähnliche Zusammensetzung auf, wie die Materialanalyse an mehreren Faserproben zeigte.⁷ Für die Erzeugnisse von KunstglasbläserInnen ist diese Homogenität des Glases untypisch, aber in diesem Fall bestand die enge Kooperation mit der industriell agierenden Libbey Glass Company, die Rohstoff von reproduzierbar, hoher Qualität lieferte. Die anderen Materialien an den Libbey-Kleidern spiegeln die Praktiken in den textil- und metallverarbeitenden Industrien des ausgehenden 19. Jahrhunderts wider, wie z.B. das typische Veredelungsverfahren der seidenen Futterstoffe mit Metallsalzschwerung oder die maschinelle Herstellung der Haken und Ösen.

Das Exponat aus Toledo illustriert – in den folgenden kommentierten Fotografien – einen Zustand, an dem abzulesen ist, wie gut ein Glasfaserkleid trotz Nutzung für museale Zwecke, Fotoshootings und Lagerung auf einer Ausstellungsfigurine erhalten sein kann. Am Kleid von Florence Scott Libbey sind vergleichbare Schäden vorhanden wie an jenem von Infantin Eulalia, jedoch in geringerem Ausmaß. Das Oberteil ist vorhanden und am Futterstoff hat kein Zersetzungsprozess stattgefunden, sodass er seine stützende Funktion weiterhin erfüllen kann. Im Oberstoff finden sich auch bei diesem Kleid einige Brüche in den Glasfasersträngen, die quer zur Schussrichtung verlaufen. An diesen Stellen sind die glatten Glasfasern vermutlich bei Bewegung des Kleids aus ihrer ursprünglichen Position verschoben worden oder komplett aus der Gewebebindung gerutscht und verloren gegangen.

Auch in der Fransereihe ist es zum Verlust ganzer Faserbündel gekommen. Die grünen und rosafarbenen Verfärbungen am Rocksäum sind in Folge eines Wasserschadens in den Depoträumen entstanden. Dabei kam es zum Ausbluten von Farbstoffen in den Textilien der Modepuppen, die unmittelbar neben dem Kleid aufbewahrt waren.⁸

⁷ Siehe dazu das Kapitel »Analyse der Glaszusammensetzung«, ab S. 132–141.

⁸ Mdl. Mtlg. Marissa Johnson (Toledo, OH, Toledo Museum of Arts, Restauratorin), Toledo am 13.10.2016.



Abb. 57 Intakter Futterstoff des Rocks



Abb. 58 Bruch und Verlust in Glasfasersträngen im Oberstoff des Rocks



Abb. 59 Lose Fransen und Verfärbung am Saum



Abb. 60 Detail des Rocks
FotografIn unbekannt, Toledo, OH 1930er Jahre

Der Rockbund war, wie bei dem Glasfaserkleid im Deutschen Museum, besonderer Zugbelastung ausgesetzt und ist mehrfach eingerissen bzw. die Seidengewebe sind ausgefranst. Die ursprünglichen metallenen Haken und Ösen sind zum Teil durch textile Verschlüsse ersetzt. Das Glasfaser-Seidengewebe ist an den scharfen Knicken, die durch die Faltung im Oberstoff in der hinteren Mitte entstanden sind, gebrochen. Vor allem in den hinteren beiden Schnittteilen ist das Gewebe durch die Verbindungsnähte stark eingehalten. Dadurch haben sich Falten gebildet, die auch nicht mit der objektangepassten Auspolsterung entspannt werden konnten. 1992 erfolgte eine trockene Reinigung durch Absaugen, wodurch lose aufliegende Partikel entfernt wurden. Vereinzelt sind noch Ansammlungen haftender Partikel vorhanden, wie auf den Flechtbändern in Abb. 63 zu sehen ist. Kristalline Ausblühungen haben sich auch auf den Glasfasern dieses Kleids gebildet, jedoch weniger häufig als an dem Kleid im Deutschen Museum und vor allem nicht so stark ausgeprägt, wie an exponiert vorliegenden Fasern, etwa den Fransen des Oberteils.



Abb. 61 Ausgefranste Stellen am Rockbund und Falten in der hinteren Mitte



Abb. 62 Deformationen im Gewebe der hinteren beiden Paneele des Rocks



Abb. 63 Verschmutzung mit aufliegenden Partikeln auf einem Flechtband am Rock



Abb. 64 Kristalline Ausblühungen auf den Fransen des Oberteils, Entnahmestelle für Untersuchungen

Die aktuelle Auspolsterung ist an einigen Stellen nicht ideal an die Maße des Textils angepasst und beeinträchtigt den Zugang zur Innenseite des Kleids bzw. zur Vorderseite des Rocks. Die 2016 eingesehenen Bereiche des Vergleichsstücks im Toledo Museum of Arts vermitteln einen stabilen Zustand, die ästhetische Wirkung der glänzenden Oberfläche ist deutlich abzulesen und aktive Abbauprozesse, wie Glasdegradation oder die autokatalytische Zersetzung der seidenen Futterstoffe durch Metallsalzerschwerung waren kaum erkennbar, (s. Abb. 61–64).

Schadensbegünstigende Aspekte der Herstellung

Das Glasfaserkleid der Infantin Eulalia (DM) war bereits im Herstellungsprozess ein fragiles, schadensanfälliges Konstrukt mit zahlreichen Schwachpunkten aus allen Produktionsschritten. Für die Glasfasern wurde eine chemisch instabile Glaszusammensetzung gewählt, die Futterstoffe zeigen typische Schadensbilder sogenannter erschwerter Seide und die Rüschen sind aus strukturierten Fäden gefertigt, an denen Schmutz gut haftet. Die Glasfaserfilamente mit einer Feinheit von 18–36 µm waren für die Verarbeitung zu Flechtbändern und Geweben schlecht geeignet. Die gewählte Schnittkonstruktion war ursächlich für Schäden an den Nahtverbindungen und in den Falten.

Glastyp

Die Glasfasern im Kleid sind farblose, durchsichtige Filamente aus wenig beständigem Natrium-Kalk-Bleisilikatglas. Auf den Glasfasern finden sich Anzeichen von Glasdegradation in Form einer weißlichen Trübung und Ausbildung weißer Kristalle, wodurch die Oberflächen der Gewebe und Flechtbänder an Glanz verlieren. Die Fasern sind in den geschädigten Bereichen extrem druckanfällig bzw. liegen sie ohnehin nur noch in kurzen Fragmenten vor.⁹ Besonders deutlich ist dieser Schaden rings um die große, durch Flüssigkeitseinwirkung entstandene Schadstelle auf der Vorderseite des Rocks. Das Phänomen wird als »Crizzling« bezeichnet, im Deutschen als »Glaskorrosion«, »Glaskrankheit« oder »chemisch instabiles Glas«. Darunter werden die Reaktion der löslichen Bestandteile eines Glases mit der Umgebungfeuchte und die Folgeschäden für die verbleibende Silikatstruktur verstanden.¹⁰

In Abhängigkeit von der chemischen Zusammensetzung, der Konstruktion des Textils, von Schwachstellen wie Rissen oder Kerben in der Glasfaser sowie vom Maß der Feuchteeinwirkung und vorhandenen Schadstoffen oder Mikroorganismen finden Auslaugungsprozesse statt: Beginnend von außen wird das Glas zunehmend durch Wasser destabilisiert, das in die Struktur diffundiert. Alkalien werden im Inneren der Glasfasern durch Hydroniumionen ersetzt, wandern nach außen und lagern sich an der Oberfläche

⁹ Zur Auswirkung der Glaszusammensetzung auf die mechanischen Eigenschaften von Glasfasern siehe die entsprechenden Abschnitte im Kapitel »Eigenschaften von historischen Glasfasern«, S. 109–118.

¹⁰ Wirsing/Ranz, Risse, 2016, S. 49–50.

ab, wo sie mit den Anionen von Luftschadstoffen (z. B. Sulfate, Carbonate, Nitrate, Oxalate) zu Salzen reagieren können. Die Salze liegen je nach relativer Luftfeuchtigkeit der Umgebung als Kristalle oder bei Überschreiten ihrer Deliquiszenzfeuchte in Tropfenform vor. Darunter bildet sich eine wasserreiche Gelschicht mit geringerem Anteil von Netzwerkwandlern. Bei fortschreitender Schädigung kann der pH-Wert der Salzlösungen auf der Oberfläche in den alkalischen Bereich gehen, wodurch weitere Schichten angegriffen werden. Während es in den ersten Stadien der Degradation zu einer Trübung des Glases oder irisierenden Effekten kommt, entstehen mit fortschreitendem Abbau und in Reaktion auf klimatische Schwankungen feine Risse, die schließlich ein Netzwerk von Sprüngen bilden. Dringen die gelösten Salze in die Risse ein und kristallisieren dort aus, kommt es zur Vergrößerung der Spalten bis zum Bruch. Weitere optische Merkmale dieser Schadensform sind Schollenbildung, bräunliche oder schwarze Verfärbungen, Bildung kleiner Krater und Krusten. Im Vergleich zu Glasobjekten mit größerem Volumen bzw. Querschnitt ist bei den feinen Glasfasern schneller der Punkt erreicht, wo die Schädigung der Oberfläche zu schweren strukturellen Schäden in Form von Brüchen durch den gesamten Glaskorpus führt.¹¹

Verarbeitung der Glasfasern

Schon bei der Verarbeitung der Materialien setzte die Schädigung durch die Handhabung der fragilen Textilien ein. Stränge von Glasfasern wurden zu geflochtenen Bändern verarbeitet, mit denen das Kleid verziert ist. Die Glasfasern verfügen nicht über eine schützende Beschichtung und können direkt aneinander reiben, sowohl im Strang als auch in der Flechtstruktur. Die Enden der Flechtbänder sind eng mit Baumwollfäden umwickelt, wodurch eine Sollbruchstelle entsteht. Durch die glatte Glasoberfläche können die Fasern leicht aneinander vorbei und aus dem Flechtband herausrutschen. Bei den beschädigten Flechtbändern, die um die Einfassung der Fransenborte angebracht sind, zeigt sich, dass diese Verarbeitungsform nur bedingt mit Glasfasern funktioniert. Sie sind sehr exponiert und zum Teil in einem Radius gelegt, der angesichts der Sprödigkeit der Fasern zu eng ist.

Das leinwandbindige Glasfaser-Seidengewebe ist zum Oberstoff und den Fransen verarbeitet. Durch die seidenen Kettfäden und die alternierenden Schusseinträge sind die Glasfasern zwischen weichen und flexiblen Seidenfasern eingebettet und haben keine tragende Funktion im Gewebe. Eine Schwachstelle ist die Webkante, an der die Glasfasern in Bündeln etwa zehn Zentimeter hervorstehen. Dadurch sind die einzelnen Filamente ungeschützt und die Stränge laufen Gefahr, bei Bewegung aus der Bindung geschoben zu werden. Die einzelnen Schichten sind mit händisch und maschinell ausgeführten Nähten verbunden. Problematisch sind die kurzen Stepp- bzw. Kettenstiche, weil bei der Verarbeitung bereits zahlreiche Glasfaserfilamente gebrochen wurden.

¹¹ Davison, *Conservation*, 2003, S. 173–176; Jones/Huff, *Structure*, 2009, S. 552–559; Koob, *Conservation*, 2006, S. 117–130; Kunicki-Goldfinger, *Glass*, 2008; Römich, *Glass*, 1999.

Das Gewebe ist hier perforiert und kurze Glasfilamente rutschen aus der Bindung. Stabilisierend wirken an diesen Nahtverbindungen der Futterstoff und die Atlasbänder aus Seide. Auch bei der Ausführung der Heftnähte zur Montage der Fransen, Rüschen und Flechtbänder kam es zur Beschädigung von Glasfaserfilamenten. Zudem können die Überfänge, die z. B. über die Flechtbänder gesetzt wurden, so starke punktuelle Belastungen auf die Glasfasern ausüben, dass sie abbrechen.

Der Rock ist in den hinteren Gewebepanzen in Falten gelegt, ebenso der Saum und die Rüschen entlang der Unterkante. Während die Gewebe aus Seide diese Verarbeitung zulassen, ohne übermäßigen Schaden zu nehmen, ist das Glasfaser-Seidengewebe nicht dazu geeignet, Falten mit geringem Radius und scharfen Knicken in Kettrichtung zu bilden. Untersuchungen an dem Glasfaserkleid aus dem New Brunswick Museum, bei dem das Gewebe um 90 Grad gedreht verarbeitet wurde, haben gezeigt, dass Falten in Schussrichtung weniger anfällig für Brüche sind.



Abb. 65 Faserbrüche im Oberstoff mit horizontal verlaufendem Schuss



Abb. 66 Intaktes Glasfaser-Seidengewebe am Kleid im NBM mit vertikal verlaufendem Schuss

Erschwerte Seide der Futterstoffe

Die makroskopische Untersuchung der Schäden an den Futterstoffen legte die Vermutung nahe, dass die Seidenfasern mit Metallsalzen erschwert wurden. Bei Kostümen der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts ist dies typisch für hellen Taftstoff, wie er am Glasfaserkleid verwendet wurde. Die Technik des Erschwerens wurde bei der Behandlung von Seide praktiziert, um den Gewichtsverlust auszugleichen, der mit dem Herauswaschen des löslichen Faserbestandteils, dem Protein Serecin, einherging. Da Seide nach Gewicht verkauft wurde und man sich durch die neuen Verfahren eine Verbesserung bei Glanzwirkung, Farbechtheit, Fall und Griff der Stoffe erhoffte, kam es bisweilen zu übermäßiger Erschwerung, was eine schädigende Wirkung hatte. Im Vertrieb wurde das Gewicht der behandelten Seide in »Prozent über oder unter pari«, also über oder unter dem Gewicht der unbehandelten Seide angegeben. Weitere Bezeichnungen waren »ounces per pounds«,

wobei sich die Gewichtsangabe auf die entbastete Seide bezog oder man erhielt Auskunft darüber, wie oft das Material durch die Erschwerungsbäder gezogen wurde.¹²

Bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts war mit natürlichen Erschwerungsmitteln, wie z. B. Gummi arabicum, Tanninen, Tierleimen oder Zucker gearbeitet worden. Im Prozess der Textilveredlung wurden Versuche mit verschiedenen Abfolgen von Bädern und Metallsalzen gemacht, um das Gewicht und das Volumen der Fasern zu erhöhen. Beginnend in den 1870er Jahren legte man den Schwerpunkt auf Zinnverbindungen. Eine im Herstellungszeitraum des Glasfaserkleids besonders übliche Methode war das sogenannte Pinken, bei dem das rosafarbene Salz Zinnchlorid bzw. Ammoniumzinnchlorid verwendet wurde. Im Anschluss an die Erschwerungsbäder folgte bei diesen Verfahren das Auspülen in Wasser und das Fixieren in alkalischen Seifenbädern.¹³

Für den langfristigen Erhalt von Seidengeweben ist die Erschwerung von großem Nachteil. Die scharfkantigen Metallsalzkristalle zerstören nicht nur auf makroskopischer Ebene die Faser, sondern wirken, gemeinsam mit Chemikalienresten aus der Behandlung, auch als Katalysatoren für die Spaltung der Proteinketten des Fibroin-Polymers. Dadurch kommt es zu Radikalbildung innerhalb der molekularen Struktur, die weiteren Faserabbau begünstigt. Die dabei entstehenden Abbauprodukte und die metallischen Komponenten können den pH-Wert der Textilien in extrem saure Bereiche verschieben, was die Degradation weiter beschleunigt, besonders bei hohen Feuchtigkeitswerten oder Flüssigkeitseintrag. Hinzu kommt eine stark erhöhte Lichtsensitivität und Anfälligkeit des Materials für Photo-Oxidation.¹⁴

Am Futterstoff des Glasfaserkleids ist ein Unterschied zwischen den Kettfäden, die oft den letzten, erhaltenen Rest des Gewebes bilden, zu erkennen, und den zum Teil pulverig vorliegenden Schusseinträgen. Das kann ein Hinweis darauf sein, dass die Fäden bereits vor dem Weben behandelt wurden. Ebenfalls vorhanden sind die typischen kleinen braunen Flecken und Ausblühungen von Metallsalzen auf der Gewebeoberfläche.



Abb. 67 Rockbund mit Falten, Blick ins Innere des Rocks durch Aufklappen der hinteren Öffnung

¹² Walser-Ziegler, *Seide*, 2003, S. 433–434.

¹³ Hacke, *Silk*, 2008, S. 3–6.

¹⁴ Eastop, *Decision Making*, 1998; Tímár-Balázsy/Eastop, *Principals*, 1998, S. 105.

Seidene Rüschen

Die Rüschen sind aus Crêpe-de-Chine gefertigt, der dunkler wirkt als die anderen Bestandteile des Kleids. Die Ursache dafür liegt weniger an der Position der Rüschen, die sich an der Unterkante des Rocks entlangziehen, als an der Fadenstruktur des Gewebes. Es handelt sich um Kreppgarn, das »sich durch übermäßige bzw. überhöhte Drehung von anderen Garnen«¹⁵ unterscheidet. Diese Drehung musste bis zum Webvorgang aufrecht erhalten bleiben – nach Fertigstellung des Rohgewebes können sich die Fäden aufdrehen und kräuseln. Es wird angenommen, dass Staubpartikel sich in größerem Ausmaß in dieser Struktur verfangen und dort auch stärker haften bleiben als z. B. an den unstrukturierten Glasfaserfilamenten oder dem glatten Atlasgewebe des Saums.



Abb. 68 Ausschnitt aus der Fransenborte mit Flechtbandumwicklung

Metallene Verschlüsse

Die Öffnung am Bund in der hinteren Mitte des Rocks wird mit Haken und Ösen aus Metall geschlossen. Die verwendeten Legierungen sind anfällig für Korrosion bei erhöhten Feuchtigkeitswerten. An Kontaktstellen mit dem alkalireichen Glas scheint zudem eine Reaktion zwischen den beiden Materialien in Form von glasinduzierter Korrosion stattzufinden.¹⁶

Schäden durch die Lagerung und Handhabung

Die Aufbewahrungsbedingungen des Kleids zwischen 1924 und 2014 sind nur noch in Teilen rekonstruierbar. Um Informationen über äußere Schadenseinflüsse zu erhalten, wurden MuseumsmitarbeiterInnen befragt und historische Abbildungen verglichen, zudem wurden Quellen und Archivunterlagen ausgewertet und Untersuchungen am Rock gegenübergestellt.

¹⁵ Koch/Satlow, Textil-Lexikon, 1965, S. 738.

¹⁶ Für Kupferlegierungen konnte die Interaktion von Glas und Metall an Proben von historischen Exponaten nachgewiesen werden (Eggert, Glass, 2010; Eggert u. a., Glass, 2011). Auch an anderen Gasfasererzeugnissen, wie den Musterungssträußchen aus dem Heeresgeschichtlichen Museum in Wien, wurde dieses Phänomen beobachtet.

Zur Präsentation im Pavillon der Libbey Glass Company und Fotoaufnahmen für die Kabinettkarten wurde das Kleid einer passgenauen Schaufensterpuppe angezogen und darauf in verschiedene Positionen und Settings bewegt. Die erste Belastung mit Verschmutzung erfuhr das Glasfaserkleid bereits im Crystal Art Room auf der Weltausstellung in Chicago, wo die Exponate frei und ohne Vitrinen aufgestellt waren. Auf welche Weise und wie oft es verpackt ausgepackt und wann und wie es schließlich in München dem Museum übergeben wurde, ist unklar. Auch ist nicht bekannt, wie die Infantin das Kleid verwahrt hat und wie oft sie es getragen hat. Nur der Verlust der vorderen Fransenpartie und eine leichte Verdunklung der Rüschen wird in den Zeitraum zwischen der Weltausstellung 1893 und 1924 eingeordnet.

Ab 1924 gibt es mehr Informationen zur Aufbewahrung des Kleids. Die ersten Aufnahmen, die im Museum angefertigt wurden zeigen, dass bis dahin kaum Strukturschäden und Verschmutzungen vorlagen. Die für das Kleid angekaufte Schneiderpuppe war mit Konfektionsgröße 42 zu groß für ein Kleid mit einem Taillenumfang von 54 Zentimetern.¹⁷ Dessen Oberteil wurde daher nur über den Oberkörper der Puppe gelegt, während das Unterteil am Rockbund an die Büste genagelt und mit einem Reifrock versehen wurde, der jedoch nicht die vom Schnitt vorgegebene Faltung in der hinteren Mitte unterstützte. Einen Staubschutz für die Lagerung gab es nicht. Aufzeichnungen zu Klimawerten in den Depots des Deutschen Museum liegen nicht vor, aber der Degradationsgrad der Materialien am Rock lässt darauf schließen, dass das Exponat erheblichen Klimaschwankungen ausgesetzt war. Stockflecken in den Seidengeweben deuten auf hohe Feuchtigkeitswerte hin, die das Wachstum von Mikroorganismen begünstigten.

Auf Aufnahmen vom 1. Juli 1969 ist zu sehen, dass der Reif des Untergestells aufbrach und die vorderen Gewebbahnen zerriss. Durch das Eigengewicht und die ungenügende Stützkonstruktion war die Zugkraft nach unten so stark, dass der Bund einriss und der Rock nur noch punktuell an den Nägeln hing. Das Oberteil rutschte wohl herunter und wurde über den Halsbereich der Figur gelegt. An der großflächigen Verfärbung auf der Vorderseite lässt sich ein Schaden durch Flüssigkeit ablesen, der mit Hilfe der Fotos¹⁸ zwischen 1926 und 1969 datiert wird. In diesem Zeitraum kann es zu einem Wasserschaden in den Depoträumen gekommen sein, z. B. wegen baulicher Mängel während der Nutzung der Räume als Luftschutzkeller, infolge von Kriegsschäden am Gebäude¹⁹ oder wegen eines Hochwassers der Isar, die die Insel mit dem Museum umspült.

17 Die Schneiderpuppe wurde am 14.7.1926 bei der Firma Herrmann Seiz München um M 22,50 angekauft und im Deutschen Museum mit der Inventarnummer 1926-56718 versehen (Exponatbogen zur Inv. Nr. 1924-51952, DMO, Exponatverwaltung).

18 DMA, Bildstelle L2959/05a, L2959/06a, L2959/10a.

19 DMA, Verwaltungsberichte, Das Deutsche Museum während des Krieges, S. 7.



Abb. 69 Kabinettkarte mit der Vorderansicht des Glasfaserkleids von Infantin Eulalia
Fotografin unbekannt, Chicago 1893,
Foto auf Karton



Abb. 70 Das Glasfaserkleid aus dem Deutschen Museum auf einem Museumsdokumentationsfoto
Fotografin unbekannt, München 1920er bis 30er Jahre



Abb. 71 Aufnahme der rechten Seite des Kleids mit dem großen Riss, 1. Juli 1969



Abb. 72 Das Glasfaserkleid im Depot des Deutschen Museums, 1. Juli 1969

Später wurde das Kleid von der Figurine getrennt, um Platz im Depot zu sparen²⁰ – die nächsten Fotografien von 1986/87 zeigen nur noch den Rock,²¹ drapiert auf einem Kleiderbügel. Die minimale Auflagefläche auf diesem Bügel war ungeeignet für ein Kostümteil dieses Formats. Das Gewicht des Textils zog nach unten, wodurch zwei Ausbuchtungen entstanden, die sich in Faserbrüchen manifestierten.

Seit der Deponierung im Bayerischen Nationalmuseum 1990 waren der Rock und die losen Bestandteile in einer verschlossenen, mit Seidenpapier ausgelegten Kostümschachtel aufbewahrt. Folglich dürfte das Gros der Staubauflagen aus dem Zeitraum von 1924



Abb. 73 Der Rock, drapiert auf einem Kleiderbügel für Fotos, um 1986



Abb. 74 Aufbewahrung des Rocks in einer Kostümschachtel im Bayerischen Nationalmuseum, Foto vom 31. Juli 2014

²⁰ Hinweis Winfrid Glocker, Deutsches Museum München am 11.8.2015.

²¹ Hinweis zur Datierung Manfred Spachholz, Exponatverwaltung Deutsches Museum, München am 1.4.2015. Die Abbildung ist auch in zwei Artikeln, die unter anderem das Glasfaserkleid behandeln, zu sehen: Spillman, *The Glass Dress*, 1986/87; Thoquet, *Kleider*, 2007, S. 124.

bis 1990 stammen.²² Der Rock wurde flach gelagert und dafür zweimal eingeschlagen. Entlang dieser Umbüge ist das Gewebe vor allem dort geschädigt, wo Druck ausgeübt wurde. Die Handhabung im Zuge der vorliegenden Untersuchungen zeigte, dass prinzipiell jede Bewegung zu Faserbrüchen und Verlust führt – dies gilt für die gesamte Zeitspanne von der Anfertigung des Kleids bis heute (s. Abb. 73, 74).

Untersuchung der Schadensphänomene an Glas- und Seidenfasern

Die Identifikation der Degradationsprodukte bzw. der Gelschicht am Glas²³ und der Erschwerungssalze auf den seidenen Futterstoffen²⁴ erfolgte durch SEM-EDX-Analyse. Von den Glas- und Seidenfasern wurden Extrakte in Wasser erzeugt, um eine orientierende Messung vom pH-Wert des Fasermaterials durchführen zu können.²⁵ Schadensphänomene wie Faserbrüche, Auflagen von Fremdmaterial oder kristalline Ausblühungen wurden mittels Licht- und Rasterelektronenmikroskop (SEM) dokumentiert.²⁶

Instabiles Glas

Die Degradation von Glas ist ein Prozess, dessen Verlauf vom Glastyp und den Umgebungsbedingungen bestimmt wird. Um die Hypothesen zu materialimmanenten und externen Schadensursachen überprüfen zu können, wurden daher Proben mit unterschiedlichen Schadensbildern aus dem Glasfaserkleid des Deutschen Museums (DM-02,

²² Die Zusammensetzung und Größe von Staub wird von der Schadstoffbelastung der Umgebungsluft bestimmt: Typische Staubbestandteile sind unpolare Substanzen, z.B. Ruß aus Verbrennungsvorgängen in Industrie, Verkehr und Haushalt sowie polare Partikel, wie Hautreste, Abrieb von Gebäudeoberflächen u.v.m. Strömungsbewegungen der Luft. Frequenzierung des Raums und Temperatur- sowie Feuchteunterschiede beeinflussen die Mechanismen der Anlagerung und Bindung von Staub an ein Substrat. Auch die Beschaffenheit der Oberflächen, hier Fasermaterial mit glatter und strukturierter Morphologie, ist entscheidend für die Verhakung der Partikel im Gefüge. Schäden entstehen dann etwa durch Abrasion, also mechanisches Reiben der Partikel an den Fasern, bei Bewegung des Materials – hier des Rocks, weiters durch das Vermögen der Staubpartikel, Fremdmaterial anzuziehen und zu binden sowie aufgrund der chemischen Reaktivität der Stoffe. Polare Staubpartikel reagieren mit Feuchtigkeit aus der Umgebungsluft, sie können in Lösung gehen und wirken so als Katalysatoren für hydrolytische Abbauprozesse. Die Struktur des Glases und des Metalls wird angegriffen, in den Proteinketten der Seide findet Spaltung und Radikalbildung, sowie Quervernetzung und Bildung chromophorer Gruppen statt, wodurch das organische Material vergilbt und brüchig wird (Leygraf, Corrosion, 2016, S. 46–58; Phenix/Burnstock, Deposition, 1990; Tétreault, Pollutants, 2011, S. 266–270; Tímár-Balázsy/Eastop, Principals, 1998, S. 157–162; Winkelmann, Mechanismen, 2011).

²³ Bledzki, Corrosion, 1985, S. 271–272; Hykin, Composition, 2010, S. 167; Spaude, Korrosion, 1984, S. 44–50; Van Giffen u. a., Deterioration, 2010, S. 60.

²⁴ Hacke, Silk, 2008, S. 7; Garside u. a., Investigation, 2014.

²⁵ Davison, Conservation, 2003, S. 231; Garside u. a., Characteristics, 2010, S. 126; Hykin, Composition, 2010, S. 166; Siros, Deterioration, 1999, S. 87.

²⁶ Koob, Conservation, 2006, S. 120–121; Müller u. a., Forschungsbericht, 1997, S. 18–20; Römich, Glass, 2006, S. 164; Wirsing/Ranz, Risse, 2016, S. 52.

03, 04, 05) untersucht. Auf Grundlage der Glasanalyse²⁷ wurden weitere farblose Glasfasern von Textilien der Libbey Glass Company von 1893 (CMG-01, TMA-15, TMA-16, TMA-03, TMA-10) sowie vom Kleid aus dem New Brunswick Museum (NBM-03), die eine ähnliche Glaszusammensetzung aufweisen, für einen Vergleich ausgewählt (Tab. 2).

Tabelle 2 Übersicht und Kontextualisierung der Glasfaserproben für die Schadensanalyse

Kat.-Nr.	Probennummer	Bezeichnung	Datierung	HerstellerInnen	Herkunft
4.3	CMG-01	Krawatte	1893	Libbey Glass Company	Toledo/Chicago, USA
	TMA-16	Krawatte	"	"	"
7.4	TMA-15	Weste	"	"	"
7.5	DM-03	Rock [Referenz]	"	"	"
	DM-04	Rock [Kristallauflagen]	"	"	"
	DM-02	Rock [Verschmutzung]	"	"	"
	DM-05	Rock [braune Auflagen]	"	"	"
7.6	TMA-03	Rock [Referenz]	"	"	"
	TMA-10	Rock [Kristallauflagen]	"	"	"
7.7	NBM-03	Kleid	1900	Unbekannt	Dresden, D?

Sie stammen aus der Gruppe mit niedrigem Bleioxidgehalt, deren Anteil der Flussmittel drei Mal so hoch ist, wie jener der Stabilisatoren, weshalb die Gläser chemisch instabil und in Abhängigkeit von der Umgebungfeuchte unbeständig sein können. Glas bildet durch die Reaktion mit Feuchtigkeit aus der Umgebungsluft eine Gelschicht aus, die sich durch einen verringerten Gehalt an Alkalien von der Glasmatrix im Inneren unterscheidet. Dadurch erhöht sich der Anteil der Netzbildner in der Gelschicht (im Verhältnis der Glasbestandteile zueinander).²⁸ Mit der Gegenüberstellung von sieben Exponaten wurde der Versuch unternommen, die je nach herrschenden Klimabedingungen und Schadstoffbelastung jeweils auftretenden Unterschiede bei der Degradation auszumachen. Indikatoren dafür sind die Häufigkeit und die Zusammensetzung kristalliner Ausblühungen und Schadstoffpartikel.

²⁷ Siehe dazu den Abschnitt »Analyse der Glaszusammensetzung«, ab S. 132–141.

²⁸ Brill, Crizzling, 1975, S. 124–125; Drewello/Weißmann, Untersuchungen, 2006, S. 77; Mass, Methods, 1999, S. 17; Römic, Glass, 2006, S. 164–165.

Für den Nachweis der Glasdegradation wurden Ergebnisse der Elementanalyse mittels SEM-EDX am Faserquerschnitt mit jenen an der Außenseite verglichen (Tab. 3).²⁹ Bei den Daten handelt es sich um Mittelwerte von Flächenmessungen an drei planen Faserquerschnitten bzw. an den runden Oberflächen der Glasfaser. Es sei angemerkt, dass bei der vorliegenden Methode der Vergleich an Einzelfasern durchgeführt wurde, die zwar aus einer Probe von derselben Stelle des jeweiligen Exponats stammte, dass es sich jedoch nicht um die exakt gleiche Faser handelte.

Der geringere Anteil von Alkalien in der Gelschicht ist typisch für den Auslaugungsprozess. Der Anteil der Stabilisatoren blieb im Vergleich zu den Netzwerkbildnern und den Flussmitteln beinahe unverändert (Tab. 3). Die Siliciumwerte sind verringert, obwohl sie normalerweise in der Gelschicht über dem am Querschnitt gemessenen Wert liegen.³⁰ Es handelt sich hierbei wohl um einen Messfehler: Die Geometrie der Messflächen führte dazu, dass bei der Analyse der Gelschicht der Sauerstoffanteil um ca. 7–10% höher war, als bei jener der Glasmatrix. Dies und eine Normierung der Werte begründen wohl die Unterschiede in der Elementverteilung.³¹

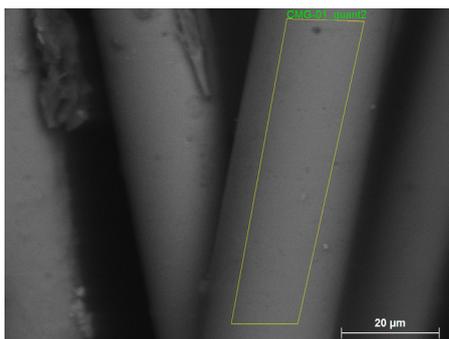


Abb. 75 Messbereich zum Spektrum der Elemente auf der Probe CMG-01, 20 kV

²⁹ Bei der Schadensanalyse wurden die Fasern für die Messung der Elementverteilung in der Gelschicht an der Außenseite der Fasern präpariert. Die Fasern waren entweder an einem Ende zwischen zwei Lagen Kohlenstoffklebeband fixiert und standen frei heraus oder wurden komplett auf das Klebeband montiert. Sie wurden ebenfalls mit Kohlenstoff bedampft. Durchführung Christian Gruber (SEM-EDX), Zentrallabor im Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege, München 2018.

³⁰ Römich, Glass, 1999, S. 7.

³¹ Spaude, Korrosion, 1984, S. 49.

Tabelle 3 Mittelwerte der Ergebnisse der SEM-EDX-Elementanalysen in Gewichtsprozent [%] nach der Umrechnung in Oxide; Flächenmessung am Faserquerschnitt und an der Faseraußenseite; Werte für Silicium- und Natriumdioxid fett hervorgehoben

	SiO ₂	PbO	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	MnO	Fe ₂ O ₃	CuO	SO ₃
CMG_01	73,3	2,4	17,7	0,4	5,5	3,2	1,0		0,1	0,1	
CMG_01_Gelschicht											
	71,2	2,5	6,5	0,5	5,4	2,9	0,7	0,0	0,1	0,1	
DM_03	75,2	2,4	18,0	0,4	5,5	3,1	0,9		0,0		
DM_03_Gelschicht											
	67,3	1,8	10,2	0,4	4,7	3,4	1,0		0,2		0,2
NBM_03	72,8	0,6	19,0	0,7	6,7	2,5	0,7	0,3	0,0		
NBM_03_Gelschicht											
	71,7	0,5	9,3	0,7	6,8	2,8	0,8	0,1	0,2	0,3	1,2
TMA_03	74,4	3,6	17,7	1,0	5,5	2,9	1,0	0,0	0,1	0,1	
TMA_03_Gelschicht											
	72,1	2,8	6,9	1,2	4,7	2,7	0,8	0,0	0,1	0,2	
TMA_10	75,2	1,9	17,5	0,4	5,6	3,0	1,0	0,1	0,1	0,1	
TMA_10_Gelschicht											
	68,6	2,5	7,4	1,0	5,7	3,4	0,6	0,1	0,0	0,1	
TMA_15	82,7	1,1	14,5	0,7	5,2	2,7	0,6	0,1	0,1	0,1	
TMA_15_Gelschicht											
	71,3	1,4	7,6	1,1	4,7	2,7	0,3	0,1	0,1	1,2	0,1
TMA_16	77,9	2,3	16,4	0,6	6,1	3,0	1,0	0,0	0,1	0,1	
TMA_16_Gelschicht	76,3	2,0	8,9	0,5	5,6	3,2	0,8	0,1	0,0	0,2	

Die kristallinen Auflagen bestehen aus Salzen der alkalischen Auslaugungsprodukte und sauren Schadstoffe. Als Schadstoff in den Schmutzauflagen und in den Kristallen auf Proben des Glasfaserkleids wurde Schwefel, vermutlich aus Sulfaten, nachgewiesen. Auch in den Auflagen der anderen Proben wurde Schwefel detektiert. Karbonate, die typische Bestandteile von Verschmutzung sind, konnten wegen der Bedampfung der Proben mit Kohlenstoff nicht nachgewiesen werden. Die Unterschiede in den Intensitäten lassen keine Rückschlüsse auf eine charakteristische Belastung in den einzelnen Museen zu.

Zur weiteren Charakterisierung der Abbauprozesse sollte durch eine pH-Messung festgestellt werden, ob die Glasfasern von einer hydratisierten Gelschicht umgeben sind, die sich beim Ionenaustausch mit einer neutralen oder sauren Flüssigkeit bildet oder ob bereits Korrosion durch den Angriff alkalischer Medien stattfindet.³² Es wurden wässrige

³² Jones/Huff, Structure, 2009, S. 553–556.

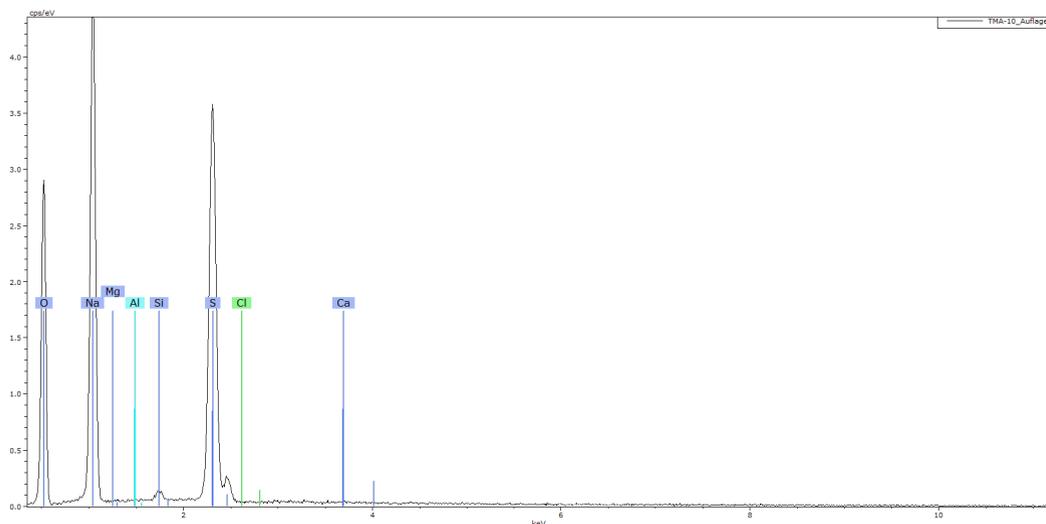


Abb. 76 Auflagen auf Probe TMA-10

Extrakte von Proben der Glasfasern (DM-I, TMA-03, NBM-04) sowie eine Mischung mit den Seidenfasern aus dem Oberstoff und dem Futterstoff 1 (Probe IV) erzeugt (Tab. 4). Dafür wurden 0,02 g der aufgelockerten Faserprobe für 24 Stunden bei ca. 20 °C in einem verschlossenen, inertem Glasbehälter mit 1,5 ml demineralisiertem Wasser eingeweicht. Zur Messung wurden die Flüssigkeiten in die Prüfkammer eines pH-Meters und eines Leitfähigkeitsmessgeräts mit Flachsensor gefüllt und die Messung erfolgte bei Zimmertemperatur.³³

Tabelle 4 Einzelwerte der pH- und Leitwertmessungen an Glasfasern (DM-I, TMA-03, NBM-03) und Glasfasern gemischt mit Seide aus dem Oberstoff sowie Futterstoff 1 des Kleids (DM-IV)

Probe		pH-Wert		Leitwert [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	
DM-I	0,020 g Glasfasern	6,7 bei 23,1 °C	9,5 bei 20,1 °C	4 bei 23,1 °C	530 bei 19,4 °C
TMA-03	0,020 g Glasfasern	6,2 bei 22,1 °C	7,8 bei 22,2 °C	1 bei 21,4 °C	94 bei 21,2 °C
NBM-03	0,020 g Glasfasern	6,2 bei 22,1 °C	9,5 bei 22,3 °C	1 bei 21,4 °C	410 bei 21,4 °C
DM-IV	0,010 g Glasfasern				
	0,005 g Seide (Oberstoff)	6,7 bei 23,1 °C	7,2 bei 20,8 °C	4 bei 23,1 °C	1230 bei 19,9 °C
	0,005 g Seide (Futterstoff 1)				

³³ Firma Horiba, LaquaTwin B712. Degner, pH-Messung, 2009, S. 126; Garside u.a. Characteristics, 2010, S. 128; Montague, Research, 1995, S. 1–4.

Der pH-Wert des Extrakts aus Glasfasern zeigt im Vergleich zum reinen demineralisierten Wasser eine signifikante Verschiebung ins Alkalische bei den Kleidern aus dem Deutschen Museum und dem New Brunswick Museum. Im alkalischen pH-Bereich wie dem des Glasfaser-Extrakts geht der Prozess der Glasdegradation von einer Auslaugung der Alkalien über zu einer Zersetzung des Silicatnetzwerks und einem Anlösen der Stabilisatoren.³⁴ Die Probe vom Kleid aus dem Toledo Museum of Arts löste nur eine leichte pH-Wert-Verschiebung in der Testflüssigkeit aus. Auch am Leitwert zeigte sich hier, dass weniger Substanzen gelöst wurden. In der Mischung mit den Seidenfasern wies das Extrakt einen pH-Wert im neutralen Bereich auf. Eine Erklärung dafür könnte sein, dass die sauren Abbauprodukte aus der Seide die Lösung neutralisieren oder aber dass die Metallsalze aus der Seide ihre Pufferwirkung entfalten. Der Leitwert ist in allen Extrakten deutlich erhöht. Auffallend ist die Verdopplung gelöster Substanzen bei der gemischten Probe, trotz gleichbleibenden Gewichts. Vermutlich handelt es sich nicht nur um Alkalien aus dem Glas, sondern auch um die gelösten Schadstoffe, Abbauprodukte der Seide und Erschwerungssalze.

Sichtbare Anzeiger der Glasdegradation am Glasfaserkleid, wie Kristalle, irisierende Partien, Risse, oder Krater in der Oberfläche, braune Auflagen und Faserbrüche, wurden mit Licht- und Rasterelektronenmikroskopie erfasst.³⁵

Erschwerte Seide

Die Hauptschadensursachen für die Zersetzung erschwelter Seide sind die chemischen Behandlungen, denen die Fasern während der Veredelung ausgesetzt waren und die aufgebrauchten Metallsalze. Die Unterschiede im Erhaltungszustand der Glasfaserkleider im Deutschen Museum und Toledo Museum of Arts deuteten darauf hin, dass vor allem Klimaschwankungen und Schadstoffbelastung im Depot des Deutschen Museums eine entscheidende Rolle im Zerfallsprozess spielten. An Proben von diesen zwei Exponaten (Tab. 6) wurden die angewandten Erschwerungsverfahren ermittelt.

Die Analyse der Elementverteilung erfolgte mittels SEM-EDX an kohlenstoffbeschichteten Proben.³⁶ Aus der Zusammensetzung der Metallsalze und des pH-Werts

³⁴ Koob, Conservation, 2006, S. 14.

³⁵ Für die optische Untersuchung wurden das Stereomikroskop (Auflicht, Durchlicht) und ein Rasterelektronenmikroskop am Lehrstuhl für Restaurierung, Kunsttechnologie und Konservierungswissenschaft der TUM genutzt.

³⁶ Bei der Zustandsbewertung von Probekörpern und historischen Geweben haben sich die mechanische Prüfung der Zugfestigkeit (Garside u. a., Investigation, 2014, S. 17), Bewertung des Kristallisationsindex der Seide mittels polarisiertem FTIR (Wyeth, Signatures, 2005, S. 137–139), Einsatz von FT-IR bzw. RAMAN zur Untersuchung der Veränderung an Carbonylgruppen, GC-MS zur Analyse der Aminosäurezusammensetzung (Vilaplana u. a., Markers, 2015, S. 1443) und nahe IR-Spektroskopie, kombiniert mit Chemometrik (Garside, Near IR Spectroscopy, 2011, S. 69) etabliert. Diese Untersuchungsmethoden mit der notwendigen Expertise und den Vergleichsdatenbanken standen nicht zur Verfügung. Sie sind zudem nichtzerstörungsfrei und würden für eine statistisch haltbare Aussage große Mengen an Probenmaterial verbrauchen, was für die historischen Textilien nicht vertretbar war.

Tabelle 5 Mikroskopische Aufnahmen von Schäden an Glasfasern

Glasdegradation am Kleid aus dem Deutschen Museum

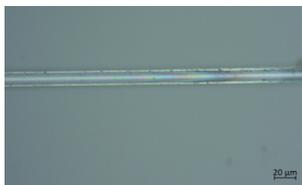


Abb. 77 Irisierende Partien (DM03_LM03_20x_AL-POL_20180301)



Abb. 78 Kristalline Ausblühungen (DM02_OM01_20x_AL-POL_20180301)



Abb. 79 Kristalline Ausblühungen (DM04_SEM01_SE_20161026)

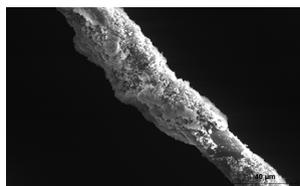


Abb. 80 Kristalline Ausblühungen (DM04_SEM01_SE_20161110)



Abb. 81 Partikelauflagen, Ausblühungen und Faserbrüche (DM-Test_SEM01_BSE_20160706)

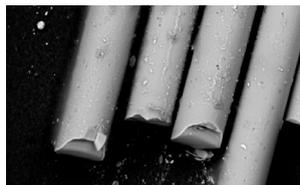


Abb. 82 Krater in der Oberfläche und Faserbrüche (DM02_LM03_50x_AL-POL_20180301)



Abb. 83 Braune Auflagen (DM05_DM01_AL_20161006)

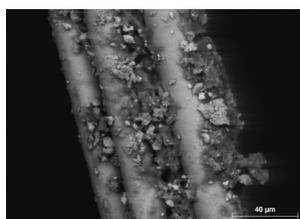


Abb. 84 Braune Auflagen im Detail (DM05_SEM01_BSE_20161111)

Tabelle 6 Übersicht und Kontextualisierung der Seidenproben für die Schadensanalyse

Kat.Nr.	Probennummer	Bezeichnung	Datierung	HerstellerInnen	Herkunft
7.5	DM-11	Rock [Futterstoff 1]	1893	Libbey Glass Company	Toledo/Chicago, USA
	DM-06	Rock [Futterstoff 2]	"	"	"
7.6	TMA-01	Rock [Futterstoff 2]	"	"	"

des Fasermaterials konnten Schlüsse auf das Verfahren zur Erschwerung gezogen werden. Die vorhandenen Metallsalze legen eine Erschwerung der Futterstoffe nach dem Zinnphosphatsilicat-Verfahren nahe. Hierfür wurde die entbastete Seide in ein Zinnchlorid-Bad (Sn, Cl) eingelegt, mit Wasser gespült und anschließend mit Natriumphosphat (Na, P) behandelt. Es konnte ein Bad in einer Alkalisilikat- (Na, Si) oder einer Aluminiumsulfat-Lösung (Al, S) folgen. Kette und Schuss sind gleichermaßen betroffen, was auf eine Behandlung des fertigen Gewebes hindeutet.

Die Messergebnisse von Futterstoff aus dem Kleid im Deutschen Museum (DM-06) und vom Futterstoff vom Kleid aus dem Toledo Museum of Arts (TMA-01) waren ähnlich: Die Metallsalze liegen als Konglomerate und kleine, fein verteilte Partikel auf den Fasern vor. Bei der Elementanalyse im SEM-EDX wurde Kalium, Natrium, Schwefel und Zinn nachgewiesen, jedoch kein Phosphor, Silicium und Aluminium. Dennoch wird angenommen, dass für beide Kleider ein ähnlich behandeltes Gewebe verwendet wurde. Die Abweichungen in der Zusammensetzung der Auflagen könnten auf Unterschiede in der Empfindlichkeit der unterschiedlichen Messgeräte und auf den punktuellen Charakter der Messung zurückgeführt werden.

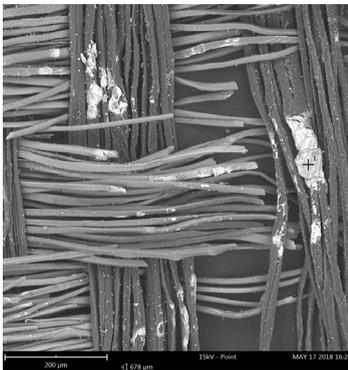


Abb. 85 Messpunkt zum Spektrum der Elemente auf der Probe DM-10

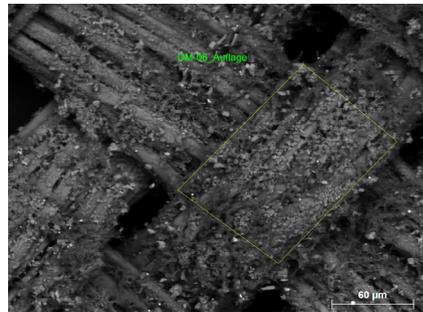


Abb. 86 Messbereich zum Spektrum der Elemente auf der Probe DM-06, 2 kV

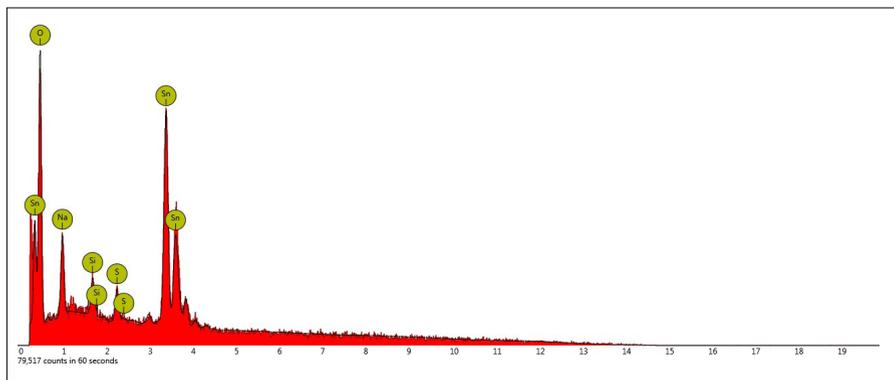


Abb. 87 Elementverteilung in einer Auflage auf der Seidenprobe DM-10, Futterstoff 1

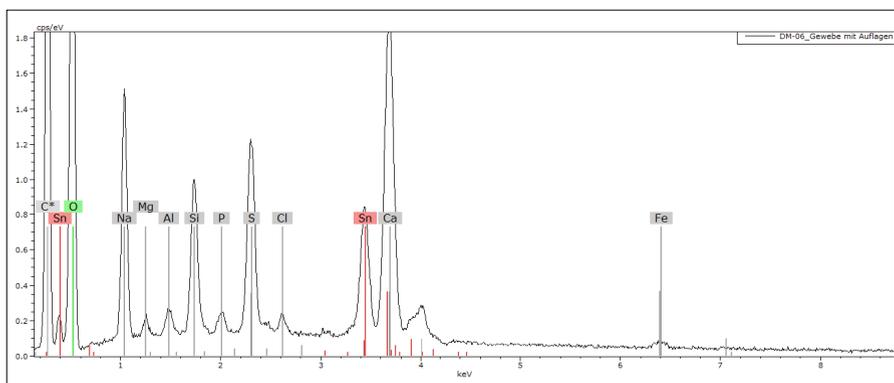


Abb. 88 Elementverteilung in einem Bereich der Seidenprobe DM-06, Futterstoff 2

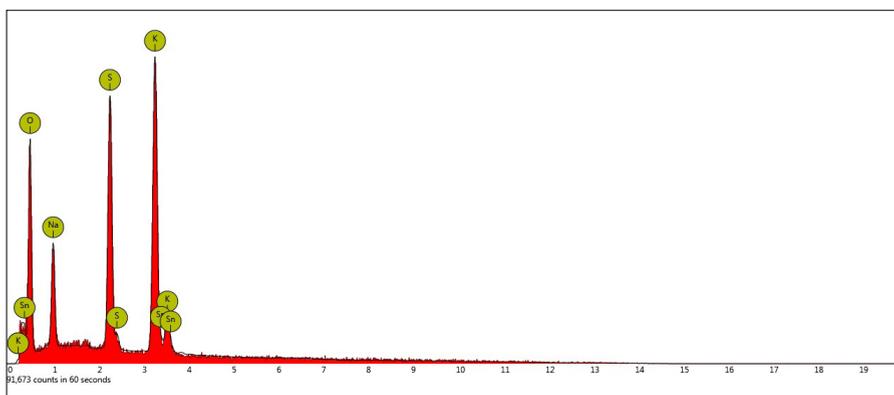


Abb. 89 Elementverteilung in einem Bereich der Seidenprobe TMA-01, Futterstoff 2

Das Extrakt der Seidenfasern von Futterstoff des Rocks (DM-11) ist etwas saurer als das zum Vergleich gemessene reine demineralisierte Wasser, das zur Lösung verwendet worden war, was wohl auf saure Abbauprodukte zurückzuführen ist. Die gelösten Substanzen aus Futterstoff des Rocks (DM-06) verursachten einen leichten Anstieg des pH-Werts in der Flüssigkeit (Tab. 7). Dies ist ein deutlicher Hinweis auf eine Erschwerung nach dem Zinnphosphatsilicat-Verfahren, dem sogenannten »Pinken« für die beiden Gewebe. Erschwerte Seide ist in Folge der Abbauprozesse durch sehr hohe Acidität charakterisiert. Eine Ausnahme stellen zinnchlorerschwerte Seiden dar, da die Verbindung als Puffer für die sauren Abbauprodukte agiert und an solchen Textilien ein pH-Wert von 6,75–7,05 vorliegt.³⁷ Zur Bestimmung des pH-Werts wurde eine analoge Vorgehensweise, wie bei den Glasfasern, gewählt.

Tabelle 7 Einzelwerte der pH- und Leitwertmessungen an Futterstoff Rock (DM-11) und Futterstoff Rocksbaum (DM-06)

Probe	pH-Wert		Leitwert [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	
	Wasser	Extrakt	Wasser	Extrakt
II 0,020 g Seide (Futterstoff 1)	6,7 bei 23,1 °C	6,4 bei 20,4 °C	4 bei 23,1 °C	590 bei 19,7 °C
III 0,020 g Seide (Futterstoff 2)	6,7 bei 23,1 °C	7,3 bei 20,6 °C	4 bei 23,1 °C	860 bei 19,7 °C

Die Erhöhung des Leitwerts ist für beide Proben wieder signifikant, wobei Probe III mit 860 $\mu\text{S}/\text{cm}$ einen höheren Wert als Probe II mit 580 $\mu\text{S}/\text{cm}$ aufweist. Es wurde nicht genauer bestimmt, ob sich hier mehr Schadstoffe, Abbauprodukte oder Metallsalze aus dem Gewebe gelöst haben.

Dokumentationsaufnahmen ausgewählter Stellen, angefertigt mit dem Digital- und dem Rasterelektronenmikroskop, zeigten deutlich verschiedene Ausprägungen der Belastung der Seidengewebe mit auskristallisierten Metallsalzen und Schmutzpartikeln. Das Fremdmaterial liegt an einigen Stellen in sehr geringer Konzentration vor, an anderen umschließen die Partikel die Seidengarne komplett bzw. sind in die Faserzwischenräume eingedrungen. Es konnten keine deutlichen Unterschiede in der Belastung der Kett- und Schussfäden festgestellt werden.

³⁷ Garside, Characteristics, 2010, S. 126, 129.

Tabelle 8 Mikroskopische Aufnahmen von Schäden an Seidenfasern

Dokumentation der Schädigung der Seide

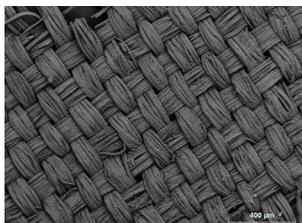


Abb. 90 Ausschnitt mit geringer Metallsalz-Belastung (DM06_SEM01a_BSE_20160706, 20 kV).

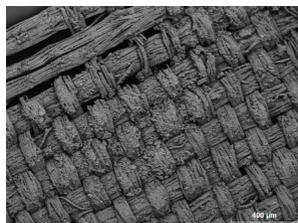


Abb. 91 Ausschnitt mit hoher Konzentration von Auflagen (DM06_SEM04a_BSE_20160706, 20 kV)



Abb. 92 Verkrustete und kristalline Auflagen, Faserbrüche (DM06_KDM03_AL_20161006).

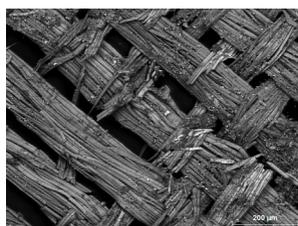


Abb. 93 Ausschnitt aus der Probe links (DM06_SEM02_BSE_20161026, 20 kV)

Auswertung der Zustandserfassung

Die Untersuchungen zum Erhaltungszustand des Glasfaserkleids und die Analyse der Glas- und Seidenfasern zielten darauf ab, eine Entscheidungsgrundlage für restauratorische Maßnahmen zur Verlangsamung von Abbauprozessen und Stabilisierung zu erhalten. Die systematische Beschreibung der Schäden, die Kartierung, Gegenüberstellung mit Vergleichsstücken, Untersuchungen zu Herstellungs- und Verarbeitungstechniken, Aufbewahrung und Handhabung sowie die instrumentelle Analyse ermöglichten ein Verständnis der Schadensursachen.

Der Vergleich mit anderen Glasfasertextilien der Libbey Glass Company von 1893 zeigte, dass die Ursachen für die Verschlechterung des Zustands von Infantin Eulalias Glasfaserkleid (DM) vor allem Einflüsse von außen waren, die zum Teil auf die Aufbewahrung im Museum seit 1924 zurückzuführen waren. Der Verlust des Oberteils wird als Folge der Trennung von der Figurine und mangelhaft dokumentierte Standortveränderungen nach 1969 eingestuft. Wegen mechanischer Einwirkung kam es zu Struktur-

schäden, die sich in Materialverlust bzw. Ablagerung des losen Fasermaterials äußerten. Dazu zählten die Handhabung und Bewegung des Textils, die Montage auf der Figurine mit korrodierenden Nägeln und die Aufhängung auf einem Kleiderbügel für Fotoaufnahmen. Die ausgefranzten Risse in den vorderen Paneelen entstanden durch das Aufbrechen des Untergestells. Das stark vergangene Futter hatte keine Stützfunktion mehr für den Oberstoff aus Glasfaser-Seidengewebe. Die Schadstoffbelastung, hohe relative Feuchtigkeitswerte im Umfeld des Kleids und Flüssigkeitseintrag führten zu hydrolytischen Abbauprozessen, Auslaugung der Gläser und mikrobiellem Befall («Stockflecken») auf den Seidenbändern. Der Grund für die Verschmutzungen des Kleids war das Fehlen von Reinigungsmaßnahmen in den Depoträumen und eine schützende Abdeckung von 1924 bis 1990.

Es liegen jedoch auch materialimmanente Schwächen am Glasfaserkleid vor: Bereits bei der Verarbeitung der Glasfasern kam es zu unzähligen Brüchen der einzelnen Filamente an den Falten und Nahtverbindungen. Wegen der glatten Oberfläche der Fasern konnten sie an Bruchstellen und vor allem bei den Fransen leicht aus dem Gewebe bzw. Flechtbändern rutschen. Die verwendeten Gläser, die metallsalzerschwerte Seide der Futterstoffe und die korrosionsanfälligen Metallverschlüsse waren anfällig für herstellungsbedingte Zerfallsprozesse. Dies äußerte sich in einer Degradation des Glases, einem Zersetzen der Seide und Ausbildung von Korrosionsprodukten auf den Haken und Ösen.

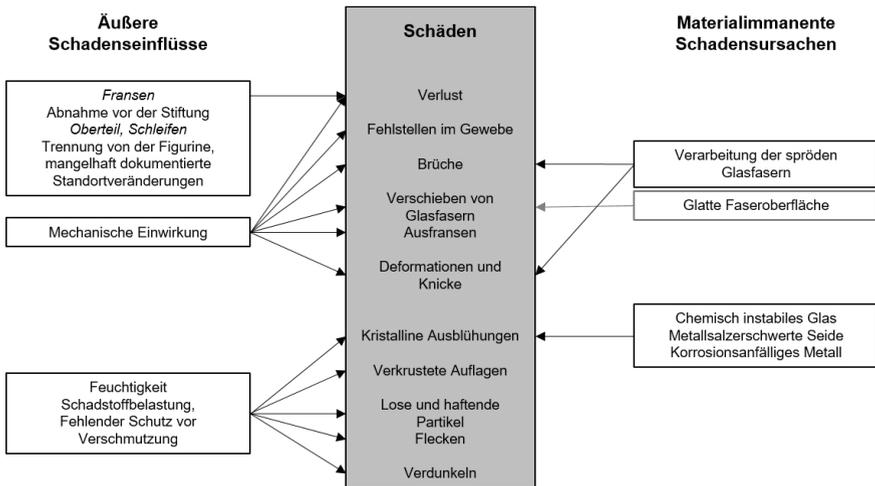


Abb. 94 Ursachen der Schäden am Glasfaserkleid aus dem Deutschen Museum

Ableitung von Anforderungen an die Konservierung

In der Fachliteratur wird empfohlen, die Abbauprodukte und schädigenden Fremdstoffen durch eine Reinigung zu entfernen. Zudem sollen Zerfallsprozesse mit präventiven Maßnahmen, wie Klimaregulierung, Staubschutz und Luftaustausch zum Abtransport von Schadstoffen aus dem direkten Umfeld des Exponats verlangsamt werden.³⁸ Das herausragende Merkmal eines Glasfaserkleids ist seine im Zusammenspiel mit Licht glitzernde, glänzende Oberfläche. Dieser Effekt tritt auch am Kleid im Deutschen Museum auf, jedoch nicht so augenscheinlich wie ursprünglich, da die Fasern mit Fremdmaterial und kristallinen Ausblühungen bedeckt sind. Besonders offensichtlich ist die Abnahme der ursprünglichen Glanzwirkung bei dem großen Fleck auf der Vorderseite des Rocks. Hinzu kommt, dass die Aufmerksamkeit der Betrachtenden von den außergewöhnlichen Glasfasern auf die extrem vergrauten Rüschen abgelenkt wird – ein Kostümbestandteil, der eigentlich nur dazu dient, den Saum abzuschließen und aufzulockern.

Tabelle 9 zeigt eine Übersicht der Verschmutzung auf den Bestandteilen des Rocks. Fremdmaterial wie Staubpartikel haben sich auf der Oberfläche abgelagert bzw. sind in die Struktur der organischen Fasern eingedrungen. Sowohl Flecken, als auch verkrustete Auflagen verursachen Spannungen im Textil an den Begrenzungslinien zu nicht verschmutzten Bereichen. Die kristallinen Ausblühungen haben das Potenzial, andere

Tabelle 9 Zuordnung der Farbveränderungen und Ablagerungen auf den verarbeiteten Materialien

Oberflächen	Farbveränderungen und Ablagerungen			
	Aufliegendes Fremdmaterial	Flecken	Verkrustete Auflagen	Kristalline Ausblühungen
Oberstoff, Fransen	x	x	x	x
Saum	x	x	x	x
Futterstoff	x	x	x	x
Verschlüsse		x		x
Flechtband		x	x	x
Atlasband	x	x	x	
Rüschen	x	x		

³⁸ Brierley, *Art Forms*, 2009, S. 262; Brill, *Crizzling*, 1975, S. 121; Fearn, *TOF-SIMS Analysis*, 2006, S. 7136; Hykin, *Composition*, 2010, S. 165; Koob, *Conservation*, 2006, S. 128; Römich, *Glass*, 1999, S. 7; Sirois, *Deterioration*, 1999; S. 86; Verità, *Glass*, 2006, S. 124.

Fasern durch Ausdehnung des Volumens und scharfe Kanten mechanisch zu schädigen. Die weit fortgeschrittene Degradation der Glasfasern am Rock, verglichen mit Exponaten, die unter besseren Bedingungen aufbewahrt wurden, zeigt deutlich den schädigenden Synergieeffekt einer instabilen Glaszusammensetzung, schwankender Feuchtigkeitswerte und hoher Schadstoffbelastung.

Das heutige Erscheinungsbild des Rocks weicht vom ursprünglichen Zustand, der von historischen Fotografien bekannt ist, und von dem des im Toledo Museum of Arts erhaltenen Prototyp ab. Der Oberstoff weist auf der Rockvorderseite große Risse auf, vereinzelt auch Löcher. Aus den Kartierungen zum Schadensausmaß (Abb. 55, Abb. 56, S. 166–167) ist die Notwendigkeit eines stabilisierenden Eingriffs abzulesen: Das Futter ist nicht mehr oder nur in Form einzelner Schussfäden vorhanden und würde bei Zugbelastung reißen. Aus den geflochtenen Bändern und im Gewebe löst sich an Bruchstellen die Flecht- bzw. Gewebestruktur auf. Einzelne Glasfaserfilamente oder ganze Stränge rutschen bei Bewegung des Rocks aus den Fransen und den Flechtbändern heraus. Unzählige Glas- und Seidenfasern liegen als kleinste Bruchstücke auf dem Textil und zwischen den Lagen. Die Glasfasern und die Seidenfasern der Futterstoffe zeichnen sich material- bzw. alterungsbedingt durch sprödes Verhalten und extreme Druckempfindlichkeit aus.

Im flachen Zustand war die Dreidimensionalität des Rocks nicht ablesbar, was die Wahrnehmung des Stücks als historisches Kostüm beeinträchtigt. Methoden zur großflächigen Sicherung der Struktur und loser Fasern sowie eine objektangepasste Stützkonstruktion zur Handhabung, Aufbewahrung und Ausstellung waren zu diskutieren, um Schäden durch mechanische Einwirkung zu verhindern und die Lesbarkeit des Artefakts zu verbessern.



Abb. 95 Der Rock des Glasfaserkleids vor der Restaurierung, Aufnahme der rechten Seite im Streiflicht

Konzept zum Erhalt des Glasfaserkleids

Erste Ideen zur Restaurierung des Glasfaserkleids gehen auf eine Anfrage des Toledo Museum of Arts von 1968 zum Exponat des Deutschen Museums zurück. Sie wurde wie folgt beantwortet:

... das Kleid aus Glasseide [...] ist heute noch vorhanden, müßte aber, bevor es ausgestellt werden kann, sorgfältig gereinigt und die Brüche unterlegt werden.¹

Dieses Vorhaben wurde nicht umgesetzt und stattdessen erfolgte der Transfer des Kleids ins Bayerische Nationalmuseum.² In den 1980er Jahren wurde das KuratorInnenteam für die Neuaufstellung der Abteilung Glastechnik wieder auf das Kleid aufmerksam. Das Exponat kam zurück ins Deutsche Museum und Erkundungen zum Restaurierungsbedarf für die Ausstellung wurden eingeholt. Aus Mangel an Zeit, Mitteln und Fachkräften³ mündete dieser Anlauf in einer weiteren Deponierung und schließlich in die Dauerleihgabe an das Bayerische Nationalmuseum. Zum entscheidenden »Shift in Value«⁴ kam es durch die Aufarbeitung der Objektgeschichte im Zuge der Dissertation der Autorin. Die vorbereitenden Forschungen erfolgten u. a. während eines Scholar-in-Residence-Stipendiums in der Abteilung für Objekt- und Restaurierungsforschung im Deutschen Museum und die Konservierung-Restaurierung wurde von Dezember 2016 bis Januar 2020 von der Autorin hier im Labor durchgeführt.

Dieses Kapitel beinhaltet die Entwicklung des Maßnahmenkonzepts für das Glasfaserkleid und bezieht sich dabei auf die in den vorangegangenen Abschnitten dargestellten Erkenntnisse zur historischen Einordnung sowie zu den Materialeigenschaften und den Schäden. Den ersten Schritt des Maßnahmenkonzepts stellt die Definition einer Zielsetzung dar, auf die dann die Wahl von Methoden ausgerichtet wurde. Die beiden Aspekte einer Restaurierung, die Reinigung und die Stabilisierung, werden im Text nacheinander behandelt, wobei grundsätzliche, restaurierungsethische Überlegungen jeweils den Einstieg in diese zwei Themen bilden. Für die Entwicklung eines Reinigungskonzepts wurden Testreihen durchgeführt. Die Auswahl von geeigneten Materialien und Verarbeitungstechniken für die Kombination aus nähtechnischer Sicherung und einer passgenauen Unterkonstruktion basierte auf Literaturrecherche, Befragung von FachkollegInnen und eigener Materialprüfung. Am Ende dieser Ausführungen steht das fertig

1 Diem an Wittman, 4.9.1968, TMA.

2 Zum genauen Verlauf der Objekttransporte siehe auch den Abschnitt »Aufbewahrung im Deutschen Museum und im Bayerischen Nationalmuseum«, S. 51–59.

3 Akten von Dr. Margarete Benz-Zauner, Abteilung Glastechnik, Ausstellungselement FAST 4, DMA; Mdl. Mtlg. Winfrid Glocker, Deutsches Museum, München am 19.2.2016.

4 Siehe dazu Cane, *Understanding*, 2009, S. 173: »Ideas and perceptions of value do change, resulting in objects being withdrawn from use and display, and not receiving conservation until their value shifts again and they are once again required to perform.« Der Begriff kann im Deutschen als Verschiebung der Wertigkeit des Kleides innerhalb der Sammlung verstanden werden.

ausgearbeitete Konzept zur Konservierung-Restaurierung, das schließlich am Glasfaserkleid angewandt wurde.⁵ Der Erhalt des Glasfaserkleids nach dem einmaligen restauratorisch-sichernden Eingriff am Exponat, sollte anschließend durch Maßnahmen der präventiven Konservierung gewährleistet werden.⁶ Dahingehend wurden abschließend Empfehlungen für eine sichere Ausstellung und Lagerung zusammengestellt.

Zielsetzung

Der Ausarbeitung der Zielsetzung lagen Überlegungen zur Rolle des Exponats als Zeugnis historischer Glasfasertechnologie und zur Bedeutung seiner künstlerisch-ästhetischen Wirkung⁷ sowie das Ausmaß der Schäden zugrunde. Spezifische Problemstellungen bei diesem Sammlungsstück sind die Verschmutzung aus der Zeit der musealen Aufbewahrung, extrem druckempfindliche Fasern sowie aktive Abbauprozesse im Glas und in den seidenen Futterstoffen. Durch die Verbesserung der Lesbarkeit⁸ der verwendeten Materialien, der Form und der Funktion des Kleids als Exponat sollte die Präsentation im Museum ermöglicht werden. Dafür waren Methoden zur Reinigung und Stabilisierung zu entwickeln, die eine Ausstellung und den Zugang für weitere Forschung an dem Kleid ermöglichen. Drei allgemeine Anforderungen an die Konservierung leiteten den Prozess der Entscheidungsfindung:

1. Methoden zur Konservierung von Glas und Textil synthetisieren

Die Glas- und die Seidenfasern aus denen das Glasfaserkleid besteht sind so eng miteinander verbunden, dass sie nicht unabhängig voneinander mit den jeweils etablierten Restaurierungsmethoden behandelt werden konnten. Bis dahin angewandte Erhaltungsmaßnahmen, die speziell auf die Anforderungen von Glasfasertextilien angepasst waren, hatten sich auf wenige Einzelfälle, wie die Restaurierung der Skulptur »Der Löwe und die Schlange« im Musée des arts et métiers beschränkt. In diesem Projekt bewährte es sich, Techniken der Glas- und Textilrestaurierung zu kombinieren, indem ein Team von FachspezialistInnen zusammenarbeitete.⁹ Für das Glasfaserkleid erweiterte die Autorin ihre Kompetenz als Textilrestauratorin durch einen Forschungsaufenthalt im Glasrestaurierungsatelier des Corning Museum of Arts 2016. Die Ausstattung der Labore des Deutschen Museums wurden zudem für die speziellen Anforderungen des Kleids optimiert.

⁵ Der Fortgang der Konservierung-Restaurierung wurde der Öffentlichkeit über eine Blog-Serie auf der Website des Deutschen Museums und Führungen im Labor vermittelt (Vgl. Holzer/Pelgjer, Blog-Serie, 2017–2020). Die Restaurierungsdokumentation ist in der digitalen Datenbank MuseumPlus beim Exponateintrag hinterlegt und auf Anfrage erhältlich (Holzer, Dokumentation, 2020).

⁶ European Confederation of Conservator-Restorers' Organizations, Guidelines, 2004, S. 2.

⁷ Vgl. dazu Caple, Conservation, 2000, S. 30.

⁸ Eastop/Dew, Context, 2006; Lister, Mounts, 1997.

⁹ Drouet u. a., Lion, 2000.

2. Indirekte Handhabung des Kleids gewährleisten

Die Hauptursache für Materialverlust an dem Rock war die Einwirkung von punktuelltem Druck auf die spröden Fasern durch Handhabung und Bewegung. Bei der Umsetzung der Maßnahmen war das Handling auf ein Minimum zu reduzieren und ein System zum Umgang mit losen Fragmenten und Fasern zu entwickeln. Nach der Belastung während der Restaurierung soll der Rock nur noch mittels einer Stützkonstruktion bewegt werden.

3. Ausstellung ermöglichen und Informationen zum Kontext aufbereiten

Glasfaserkleider wurden dazu gemacht, von KunstglasbläserInnen ausgestellt oder z. B. bei Theateraufführungen getragen zu werden. Dahinter stand das Bestreben, bei den ZuschauerInnen Erstaunen auszulösen, aber auch, die Eigenschaften des Materials zu demonstrieren. Bei öffentlichen Führungen zum Kleid der Infantin Eulalia im Labor des Deutschen Museums bestätigte sich die Wichtigkeit des Zugangs zum Original zum Zweck der Vermittlung eines Materialgefühls an die BesucherInnen.¹⁰ Daher wurde im Konzept die Möglichkeit einer temporären Präsentation des Kleids antizipiert und ein Schwerpunkt auf die Dokumentation der Arbeitsschritte für die Verwendung in einer Ausstellung gesetzt.

Teil der Konservierung war die Vermittlung des Prozesses an KollegInnen im Museum und die interessierte Öffentlichkeit. Dieser Arbeitsschritt wurde insofern als Maßnahme zum Erhalt verstanden, als Wissen um die Bedeutung des Glasfaserkleids sowohl im Deutschen Museum, als auch bei MuseumsbesucherInnen und ForscherInnen die Wahrscheinlichkeit eines erneuten Vergessens des Exponats verringern kann.¹¹ Neben Publikationen und Fachvorträgen stand dazu die Internetseite des Deutschen Museums und hier insbesondere der Museumsblog als Plattform zur Verfügung.¹²

Die Präsentationen zu dem Glasfaserkleid vor dem Rücktransport aus dem Bayerischen Nationalmuseum hatten innerhalb des Deutschen Museums auf das Stück aufmerksam gemacht. Durch die Rückführung des Rocks ins Deutsche Museum zu Beginn der Arbeiten wurden die Forschungen und restauratorischen Eingriffe mit dem Original vermittelt. Museumsangestellte konnten sich für Führungen anmelden und für BesucherInnen wurden am »Tag der offenen Werkstätten«, bei der Führungsreihe »Frauen Technik Wissen« und am »Tag der Restaurierung« der Blick hinter die Kulissen ermöglicht. Im

¹⁰ Zur Bedeutung des ausgestellten Originals schrieb bereits A. Sauzay in seinem Buch *Marvels of Glass-Making in All Ages*: «Many readers will probably doubt the truth of our statement, thinking it impossible that such things could be produced in glass. But let the incredulous go to the Conservatoire des arts et métiers at Paris, and there, in the glass room, they will see a lion of the size of life, with splendid hair and bristling mane, stifling a serpent. Convinced by sight, they will then acknowledge that in skillful hands spun glass produce effects wonderful, not only from their delicacy, but also from the richness and truth of their colours.» (Sauzay, *Marvels*, 1870, S. 153–154)

¹¹ Eastop/Dew, *Context*, 2006, S. 19–21.

¹² Holzer/Pelgjer, Blog-Serie, 2017–2020.

Programm interaktiver Vorträge der Restaurierungsforschung zum Europäischen Kulturerbejahr 2018 war das Kleid ebenfalls vertreten. Die Abteilung »Öffentlichkeitsarbeit« organisierte Fernseh- und Rundfunkdokumentationen durch Teams des Bayerischen Rundfunks sowie Interviews über die Restaurierung des Glasfaserkleids mit dem Münchener Merkur¹³ und der Süddeutschen Zeitung.¹⁴ Die Sonderausstellung »Dresscode Glasfaser« von Februar 2021 bis zur Schließung dieses Bereichs des Deutschen Museums für die zweite Teil-Sanierung stellt ein weiteres Element zur Vermittlung dieses außergewöhnlichen Exponats dar.

Versuchsreihe zur Reinigung der Glasfaser- und Seidentextilien

Eine Reinigung ist per se ein irreversibler Prozess, bei dem unter Umständen entweder der Bestandserhaltung oder der Sichtbarmachung einer optischen Qualität des Exponats Priorität eingeräumt werden muss. Reinigung impliziert im weitesten Sinne das Entfernen von Material – Spuren aus der Objektgeschichte können somit dabei verschwinden.¹⁵ Mit diesem Eingriff zu beginnen, bedeutet auch, eine Lebensphase des Exponats über andere zu priorisieren. Daher galt es, im Vorfeld gründlich unterschiedliche technische Aspekte abzuwägen, was durch eine Analyse verschiedener Folgen der Reinigung erfolgte: Durch die Notwendigkeit, bei einer Reinigung, Material abzunehmen, kann es einerseits zu einer gewissen Schädigung kommen, andererseits zur Veränderung der Oberfläche, z. B. durch Rückstände von Reinigungsmitteln oder Veränderung der Farbigkeit.

Optische Merkmale, durch welche die Lesbarkeit oder die subjektiv wahrgenommene Ästhetik des Exponats beeinträchtigt sind, spielten bei der Entscheidung, wo der Anfangspunkt bei der Reinigung des Glasfaserkleids zu setzen sei eine besondere Rolle. Das Konzept der »minimalinvasiven Konservierung« kam bei der Frage zum Tragen, wie weit man mit diesem Eingriff geht: An dem Punkt, wo die Schädigung des Materials die Vorteile einer Reinigung, sei es zur Entfernung von Verschmutzungen oder zur Verbesserung der Lesbarkeit, überschreitet, sollte der Eingriff abgebrochen werden.¹⁶

Ausgehend vom Schadenspotenzial und der durch Farbveränderungen und Ablagerungen auf dem Glasfaserkleid hervorgerufenen optischen Beeinträchtigung wurden geeignete Reinigungsmethoden ermittelt und getestet. Für die Auswahl der Methoden und Materialien wurde ein systematisches Bewertungssystem entwickelt (Tab. 1).¹⁷ Das Ziel der Reinigung war die effektive Reduktion von aufliegendem und anhaftendem Fremdmaterial bei möglichst geringer Schädigung der Originalsubstanz. Die Abbauprodukte

13 Bettina Stuhlweissenburg: Ein Abendkleid aus Glas. In: Münchener Merkur Nr. 132 v. 13.6.2018, S. 32.

14 Martina Scherf: Zerbrechliche Schönheit. Wissenschaftlerin restauriert Kleid aus Glas. In: Süddeutsche Zeitung Nr. 138 v. 19.6.2018, S. R6.

15 Eastop/Brooks, To Clean, 1996, S. 687–688; Flury-Lemberg, Textilkonservierung, 1988, S. 23.

16 Caple, Conservation, 2000, S. 94–06; Eastop/Brooks, To Clean, 1996.

17 Vorbilder für das Vorgehen bei der Versuchsreihe waren Florian, Conservation, 1990, S. 225–226 und Höltinger, Biedermeier, 2014, S. 163–198.

aus dem Auslaugungsprozess der Gläser und der Hydrolyse-/ Oxidationsreaktionen an den Molekülketten der Seidenproteine sollten abgenommen werden, um ihre katalytische Wirkung zu minimieren. Bei der Auswahl von Reinigungsmethoden war auf die physikalischen Vorgänge sowie die Aggressivität der Lösungen und Lösemittel zu achten, um zu verhindern, dass als Ergebnis der Reinigung eine hochreaktive, elektrostatisch aufgeladene Oberfläche zurückblieb.¹⁸

Als effektiv wurden jene Methoden und Materialien betrachtet, mit denen sich der Schmutz von der Faseroberfläche zumindest größtenteils entfernen und lösen lässt. Im Erscheinungsbild des Rocks äußerte sich dies in einer deutlichen Aufhellung, einer Reduktion der Flecken sowie einer Zunahme der Glanzwirkung der Glasfasern. Die Seidenfasern sollen durch das Entfernen abrasiver Partikel in den Filamentzwischenräumen und durch Einlagerung von Wasser¹⁹ in die Molekülstruktur wieder flexibler werden. Der Erfolg einer Nassreinigung konnte an einer Verschiebung des pH-Werts der Waschlösung vom alkalischen in den neutralen Bereich und einer verringerten Leitfähigkeit gemessen werden.

Eine Reinigungsmethode wurde als schädigend eingestuft, wenn sie neue Faserbrüche verursacht, zum spontanen Auflösen der erschwerten Seide führt, Sprünge oder eine irreversible Trübung im Glas auslöst oder die organischen Fasern merklich austrocknet. Auch ein sprunghafter Abfall oder Anstieg des pH-Werts der Waschlösung führte zum Ausschluss einer Reinigungsmethode. Angesichts des Abbaugrads der Materialien waren geringe Dimensionsveränderungen und Delokalisierungen bereits vorliegender Faserbruchstücke bei der Reinigung nicht zu vermeiden.

Tabelle 1 Bewertungssystem für die Reinigung an historischen Glasfaser- und Seidentextilien

Effektivität	Schädigungspotential	
	Glas	Seide
-- kein Effekt	-- Filamente gebrochen	-- Auflösen der Fasersubstanz
- Bewegung/Verschieben der Partikel	- Sprünge im Glas	- Faserbrüche
- + Schmutz teilweise entfernt/angelöst	- + starke, irreversible Trübung	- + Anzeichen von Austrocknen
+ Schmutz größtenteils entfernt/gelöst	+ leichte Trübung	+ leichte Dimensionsveränderung
++ Schmutz vollständig entfernt	++ keine Veränderung	++ keine Veränderung

¹⁸ Tetley, Observations, 2013, S. 9.

¹⁹ Hansen/Derelien, Conservation, 1991.

Um die Beobachtungen vergleichen zu können, wurden mit einer Skala zu je fünf Schritten die Effektivität und das Schädigungspotenzial der Methoden bewertet (Tab. 1).²⁰ Es wurden verschiedene instrumentelle Untersuchungsverfahren eingesetzt, um während der Tests und der Durchführung die Effekte der Reinigung zu kontrollieren und Veränderungen im Erscheinungsbild zu dokumentieren.²¹ Anhand von Mikrofotografien²² wurde bewertet, ob eine Reinigungsmethode neue Faserbrüche, Sprünge, eine irreversible Trübung im Glas oder Dimensionsveränderungen der Seide verursachte bzw. ob eine Schmutzentfernung /-anlösung von der Faseroberfläche und aus den Faserzwischenräumen stattfand.

Zur Kontrolle der eingesetzten Reinigungsmedien wurden in der zweiten Testphase Messungen des pH-Werts und der Leitfähigkeit vor und nach der Einwirkung auf die verschmutzten Fasern durchgeführt.²³ Bei den in-situ-Tests erfolgte die Bestimmung des Aufhellungsgrads der Oberfläche mit dem Spektrophotometer.²⁴

Die Ergebnisse wurden im L*a*b System ausgegeben, wobei es sich um numerische Werte handelt, mit denen Farben hinsichtlich Buntheit und Helligkeit beschrieben und mit denen Veränderungen verglichen werden können.²⁵

20 Lavédrine, *Preservation*, 2012, S. 225–269.

21 Es wurden die Geräte des Ateliers für Glasrestauration am Corning Museum of Glass und des Restaurierungsforschungslabors im Deutschen Museum genutzt.

22 Firma Zeiss, Stereomikroskop Stemi 508 mit ZEN Imaging Software, Restaurierungsforschung Deutsches Museum.

23 Firma Horiba Scientific, Elektronische Kompaktmessgeräte LaquaTwin für pH-Wert (712) und Leitfähigkeit (B-771). Die Geräte der LaquaTwin Serie von Horiba werden mit Standardlösungen kalibriert, die Flüssigkeit wird in die Messkammer eingebracht, die Messung wird gestartet und nach dem durch ein Signal angezeigten Abschluss der Messkette werden die numerischen Werte notiert. Diese Werte entsprechen somit dem negativen dekadischen Logarithmus der Wasserstoffionenaktivität in der Lösung beim pH-Wert und der Konzentration löslicher Ionen, angegeben in Mikrosiemens pro Zentimeter für den Leitwert.

24 Firma Konica Minolta, Spektrophotometer CM-700d und Color Data Software SpectraMagic NX.

25 Reumann, *Prüfverfahren*, 2000, S. 753f. Für die Farbmessung wurde eine Kalibrierung mit einem Weißstandard vorgenommen, zudem wurden die Messparameter zwischen Gerät und Software abgeglichen (Größe der Messblende, Messwinkelbereich, Messung mit und ohne Glanz, Lichtart, Messoptik). Da bei Textilien der Untergrund ebenfalls erfasst wird, wurde eine weiße Kachel als Referenz eingemessen und während der Messung unter das Gewebe gelegt. Das Gerät wurde in die gleiche Fadenrichtung aufgesetzt, damit die Oberflächenstruktur die Vergleichbarkeit der Ergebnisse nicht beeinträchtigt. Aus drei aufeinanderfolgenden Messungen wurde mit Hilfe der Software der Mittelwert erstellt; die Ergebnisse wurden numerisch und in Diagrammen ausgegeben.



Abb. 1 Tests zur Reinigung an einer Krawatte aus dem CMG, Arbeit am Stereomikroskop



Abb. 2 Aufnahmen am Mikroskop mit Digitalkamera und Software



Abb. 3 Geräte zur pH- und Leitfähigkeitsmessung der Reinigungslösungen



Abb. 4 Farbmessung bei der Durchführung der in-situ Tests am Glasfaserkleid

Auswahl von Reinigungsmethoden und -materialien

Unterschiedliche Methoden anderer RestauratorInnen zur Reinigung von Vergleichsobjekten wurden analysiert um aus ihnen zu lernen: So wurden das Glasfaserkleid aus dem Toledo Museum of Arts (Kat. 7.6),²⁶ Stühle aus dem Möbelensemble der Residenz München²⁷ und die Figur »Der Löwe und die Schlange« aus dem Musée des arts et métiers (Kat. Nr. 2.5),²⁸ trocken mit dem Feinstaubsauger gereinigt: Da nach dem Absaugen des Löwen das Fell an einigen Stellen immer noch grau war, führten die RestauratorInnen eine enzymatische Reinigung mit Speichel durch. Angefeuchtete Wattestäbchen wurden mit geringem Druck über die Glasfasersträhnen gerollt, unter die zuvor Löschpapier geschoben worden war. An den exponierten Spitzen der Strähnen war diese Methode jedoch nicht ohne eine Beschädigung der Glasfasern realisierbar. Die Immersion der Fasern in Tensidlösung mit anschließendem Spülen und Trocknen mit absorbierendem Papier wurde versucht, jedoch trotz des Reinigungserfolges verworfen, da die Feuchtigkeit die Fasern entlangwanderte und den Klebstoff am Ansatz der Strähnen anzulösen drohte. Die Spitzen wurden daher partiell mit Laser gereinigt (Leistung 50%, durchschnittliche Frequenz 25–50 Hz), wobei man ebenfalls darauf achtete, die mit Klebstoff getränkten Abschnitte der Strähnen auszusparen.²⁹ Lydia Beerkens (Maastricht, SRAL Art Conservation and Research, Leitende Restauratorin für Moderne Kunst, seit 1997) führte an dem Kunstwerk *Achrome* (1962), das aus Büscheln von Glasfasern besteht, die auf einer Platte aufgeklebt sind, ebenfalls Reinigungsversuche mit einer wässrigen Tensidlösung durch. Die Schmutzlösung war erfolgreich, die Autorin entschied sich wegen Faserbrüchen bei der Applikation der Flüssigkeit und einer optischen Veränderung in Form von Volumenverlust aber dennoch gegen die feuchte Reinigung.³⁰ Beim Münchner Glasfaserkleid erschweren die unmittelbare Nähe von Glas und Seide in der Gewebebindung des Oberstoffs sowie die nährtechnische Verbindung von Geweben aus Seide mit Flechtbändern bzw. dem Gewebe aus Glasfasern die Reinigung zusätzlich. Daher mussten Ansätze gefunden werden, die an beiden Materialien, Seide und Glas gleichzeitig anwendbar sind. Dafür wurde Fachliteratur zur Reinigung historischer Textilien,³¹ aus Glas³² bzw. anderen Werkstoffen mit ähnlichen mechanischen Eigenschaften, wie etwa druckemp-

26 Korrespondenz und Restaurierbericht Rosenstiehl, 14.3.1991–2.11.1992, TMA.

27 Mdl. Mittlg. Christina Schmitt, München 10.5.2014.

28 Berson, *Restoration*, 2002, S. 179. Die rechteckige bzw. runde Düse war hierfür mit Baumwollgaze abgedeckt, um zu visualisieren, was abgesaugt wurde. Die Restauratorin führte die Düse in geringem Abstand entlang der einzelnen Faserbüschel und fixierte den Ansatz dabei leicht mit einer Pinzette oder einem Stab mit flexibler Kautschukspitze.

29 Drouet u. a., *Lion*, 2000, S. 48–49.

30 Beerkens, *Art*, 1999, S. 131.

31 Tímár-Balázsy/Eastop, *Principals*, 1998, S. 195–248; Moncrieff/Weaver, *Cleaning*, 1983.

32 Brierley, *Art Forms*, 2009, S. 262–263; Davison, *Conservation*, 2003, S. 260–274; Koob, *Conservation*, 2006; Koob, *Glass*, 2004.

findlichen Bastfasern³³ oder Kunststoffen³⁴ herangezogen. Tabelle 2 zeigt für eine Reinigung geeignete Materialien und Methoden.

Tabelle 2 Methoden und Materialien zur Reinigung von Glas, Seide und Glas, Seide

Reinigungsmethoden	Glas	Glas und Seide	Seide
Saugkraft	Handblasebalg, Druckluft zum Abblasen	Absaugen mit dem Feinstaubsauger	Kombinierter Blas-Sauger (Prototyp)
Mech. Reinigung	Groom-Stick, Wattestäbchen	Pinsel, Tücher, Schwämme	
Kapillarkraft		Feuchte Tücher	Microfasertücher, Reinigungsgele (Methylcellulose, Gellan Gum, Agarose) Kompressen
Eintrag von Reinigungslösungen		Pipetten, Pinsel, Immersion, Trocknen mit saugendem Material	Absaugen mit Unterdruck, Luftstrom
Reinigungsmaterialien			
Wasser		Leitungswasser, demineralisiertes/deionisiertes Wasser	
Lösemittel(gemische)	Aceton	Petroleum-Destillate, Ethanol, Isopropanol	
Nichtionische Tenside	Tween 20	Marlipal 25/1618, Synperonic A-7, Triton XL-80N	Saponin, Synperonic 91/6, Dyhpon LS 45 u. a.

Konsultierte Literatur zum Erstellen der Tabelle: Pinsel, Tücher, Schwämme (Brierley, Art Forms, 2009, S. 262–263; Diatta, Möglichkeiten, 2016; Höllinger, Biedermeier, 2014; Schorbach, Reinigungsschwämme, 2009), Gele (Diatta, Möglichkeiten, 2016; Buchholz, Superabsorbant, 1998; Larochette, World, 2012; Shaeffer/Gardiner, Materials, 2013; Haller, Studien, 1994; Stavroudis, Surfactants, 2009), Tenside (Eipper, Handbuch, 2011, S. 41–45; Fields, Surfactants, 2004; Koob, Conservation, 2006; Pietsch, Lösemittel, 2005, S. 166–168; Stavroudis, Approach, 2005; Tetley, Observations, 2013; Tímár-Balázszy/Eastop, Decision Making, 1998, S. 194–213), Wasser (Tímár-Balázszy/Eastop, Decision Making, 1998, S. 185–193; Tse, Water Quality, 2001).

³³ Florian, Conservation, 1990, S. 225–226.

³⁴ Lavédrine, Preservation, 2012, S. 225–269; Beerens, Art, 1999.

Von den Materialien und Methoden in der Tabelle wurden Gele und Kompressen, Blasstrom erzeugende Geräte sowie Aceton als für die Reinigung von Glasfasern ungeeignet eingestuft. Die Einwirkung von Feuchtigkeit auf gläserne Oberflächen sollte auf ein Minimum reduziert werden.³⁵ Daher ist die bei Kompressen und Gelen relativ lange Zeitspanne zwischen Beginn der Feuchteinwirkung und Trocknung als ein zusätzliches Risiko anzusehen. Hinzu kämen hier mechanische Belastungen durch die Druckeinwirkung beim Erzeugen eines ausreichenden Kontakts zwischen dem Textil und dem Schichtpaket sowie durch die wiederholte Bewegung beim Wechsel der saugenden Komponenten. Angesichts der lose vorliegenden Glasfasern wurde davon abgesehen, Geräte einzusetzen, die Schmutzpartikel durch Aufwirbeln von der Oberfläche lösen. Der Prototyp des von Yassine Diatta (München, Bayerisches Nationalmuseum, Textilrestauratorin) zur Reinigung von rußverschmutzter Seide eingesetzten Blas-Saugers³⁶ ist zudem ein Einzelstück und eignet sich daher noch nicht für die Entwicklung einer allgemein gültigen Methodik. Aceton wiederum wird als zu aggressiv für chemisch instabiles Glas bewertet,³⁷ und auch für Seide, da es organische Fasern durch den Entzug des strukturell gebundenen und des absorbierten Wassers dauerhaft austrocknet.³⁸

Durchführung und Auswertung der Reinigungstests

Die Tests erfolgten in drei Phasen: Bei den Vorversuchen an historischen Glasfasertextilien aus dem Corning Museum of Glass und losem Fasermaterial vom Glasfaserkleid wurden Applikationsmethoden geprüft und eine Auswahl von Lösemitteln zusammengestellt. Passende Kombinationen wurden an jenen Materialien des Rocks getestet, für die eine Nassreinigung geplant war, also den Glasfasern sowie den Seidenfäden aus dem Oberstoff, Crêpe-de-Chine-Rüschen und aus Fragmenten des Futters. Die letzte Phase beinhaltete in-situ-Tests an unauffälligen Stellen des Rocks zur Umsetzung des Reinigungsprotokolls an den tatsächlichen Flächen mit den Einzelfasern im Verbund.

Das Absaugen erfolgte mit dem Feinstaubsauger³⁹ auf niedriger bis mittlerer Stufe. Die mit Nylontüll abgedeckte Düse wurde in ein bis zwei Zentimeter Entfernung von der textilen Oberfläche geführt. Zur mechanischen Reinigung wurde mit unterschiedlich geformten Pinsel mit weichen Borsten aus Kunst- und Naturfasern wiederholt über die Faseroberflächen gestrichen. Dieselbe Vorgehensweise wurde auch mit zugeschnittenen Evolon®-Mikrofasertüchern, weichen Cellulosefasertüchern ohne Flusen,⁴⁰ feinporigen

35 Müllauer/Putzgruber, Reinigung, 2011, S. 245–248.

36 Diatta, Möglichkeiten, 2016, S. 86.

37 Koob, Conservation, 2006, S. 42.

38 Tímár-Balázsy/Eastop, Principals, 1998, S. 180.

39 Firma Nilfisk, GM80.

40 Firma Kimberly-Clark Professional, X60 Wipers.

PU-Reinigungsschwämmen, der klebrigen Masse Groom/Stick⁴¹ sowie mit nebelfeuchten Mikrofaserpads⁴² getestet.

Die Reinigungslösungen wurden tropfenweise mit Pipetten, angefeuchteten Pinseln oder als Wasserstrahl aus Spritzflaschen eingebracht. Eine Kombination aus mechanischer Reinigung und der Verwendung von Lösemitteln stellten die Versuche mit Pinsel bzw. Wasserstift⁴³ dar, die über eine individuell anfüllbare Flüssigkeitskammer verfügen. Die Immersion in eine Reinigungslösung wurde in gläsernen Phiolen simuliert. Zum Entfernen der Reinigungslösungen bzw. zur Beschleunigung des Trocknungsvorgangs wurden stark saugende, lösemittelbeständige Cellulosetücher und Superabsorber⁴⁴ genutzt, zudem wurde mit einem partiell einsetzbaren Unterdruckpaneel gearbeitet, das an einen Wasserstaubsauger angeschlossen war.

Es wurden die unpolaren Petroleum-Destillate n-Heptan bzw. Hexan sowie demineralisiertes Wasser als polares Lösemittel verwendet.⁴⁵ Das Wasser wurde mit Ethanol bzw. Isopropanol als Netzmittel und zur Veränderung der Polarität mit den nicht-ionischen Tensiden Triton XL-80N und Marlipal® 1618/25 als Netzmittel und Schmutzbinder gemischt.

Tabelle 3 Ergebnisse der Versuchsreihe: Phase I – Vorversuche zu Applikationsmethoden und Lösemitteln, durchgeführt im Corning Museum of Glass (Auswahl geeigneter Methoden grau hervorgehoben)

Exponat	Identifikation		Reinigungsmethode	Optische Bewertung	
	Verarbeitung	Schmutz		Effektivität	Schädigung
Proben	Flechtband	Partikel	Saugen	-	++
Krawatte grau	Flechtband	Partikel	Saugen	-+	+
Puppe	Gewebe	Partikel	Saugen	++	+
"	"	"	Schwamm	+	+
"	"	"	Groom Stick®	++	-
Kleid [Glas]	Lose Fasern	Partikel	n-Heptan	--	+

41 Firma Picreator Enterprises Ltd., Groom/Stick Molecular Trap.

42 Firma Jemako, Abschminkpads farblos.

43 Firma MolotowTM, Leermarker 223EM.

44 Superabsorber sind Polymere, die große Mengen polarer Flüssigkeiten aufnehmen können und dabei ein Hydrogel bilden. Für die Reinigungsversuche wurde das Material in Pulverform in einen Cellulosebeutel gefüllt und durch eine Lage weicher Cellulosetücher von den Glasfasern getrennt.

45 Zum Entfernen der kristallinen Auflagen auf den Glasfasern bedurfte es eines polaren Lösemittels (Brierley, Art Forms, 2009, S. 262). Die Polarität der Verschmutzung wurde durch die Anwendung verschieden polarer Flüssigkeiten weiter charakterisiert.

Identifikation			Reinigungsmethode	Optische Bewertung	
Verarbeitung	Schmutz			Effektivität	Schädigung
"	"	"	Ethanol 5 %	-+	+
"	"	"	Ethanol 10 %	-+	+
"	"	"	Ethanol 20 %	-+	+
"	"	"	Dem. Wasser	+	+
"	"	"	0,5 % Triton XL-80N	++	+
"	"	"	1,0 % Triton XL-80N	++	+
Puppe	Flechtband	Kristalle	Saugen	--	+
Krawatte weiß	Flechtband	Kristalle	Saugen	-+	-+
"	"	"	Dem. Wasser	+	-+
Puppe	Flechtband	Kristalle	Dem. Wasser	+	+
Kleid [Seide]	Faden, Gewebe	Partikel	n-Heptan	?	-+
"	"	"	Dem. Wasser	--	--
"	"	"	Ethanol 5 %	--	--
"	"	"	Ethanol 10 %	--	--
"	"	"	0,5 % Triton XL-80N	++	--
"	"	"	1,0 % Triton XL-80N	++	--

Bei der Bewertung geeigneter Werkzeuge für die Reinigung der druckempfindlichen Glasfasern wurde an verfügbaren Textilien aus dem Corning Museum of Glass (Kat. 1.2, 4.3, 7.2) sowie losen Faser- und Gewebefragmenten vom Glasfaserkleid (Kat. 7.5) gearbeitet. In dieser ersten Phase der Versuchsreihe erfolgte die Dokumentation der Eingriffe mit Makro- und Mikrofotografie. Das Ziel war es, die Methoden auf Glasfasertextilien, die in ihrer Verarbeitungsform repräsentativ für den Untersuchungszeitraum sind, zu testen. Auf den Textilien wurden Stellen ausgesucht, die mit den typischen Auflagen und kristallinen Ausblühungen kontaminiert waren.

Die Vorversuche zeigten, dass die Auflagen nur bei gleichzeitiger Abnahme der Partikel und Absaugen bei geringer Saugkraft oder Anlösen mit Lösemitteln entfernt werden können. Pinsel waren die einzigen Werkzeuge, die keine Schädigung der Fasern verursachten und auch bei der Arbeit ohne Technoskop entsprechend zu handhaben sind. An den Schwämmen und der Groom/Stick Masse blieben neben der Verschmutzung auch lose aufliegende Fasern haften. Das unpolare Lösemittel vermochte es nur im geringen Maße, die Anziehungskraft zwischen der Faseroberfläche und den aufliegenden Partikeln zu überwinden. Reines demineralisiertes Wasser und die Tensidlösung lösten die Verschmutzung, wobei letztere bereits bei einer Konzentration von 0,5% ein besseres Reinigungsergebnis erzielte. Es konnte ein Gefühl für die mechanischen Eigenschaften der Glasfasern und degradierten Seidenfasern entwickelt werden. Der Schmutz wurde als weitgehend polar charakterisiert.

Die Versuche zur weiteren Bewertung der Reinigungslösungen erfolgten an Faserproben mit ca. 5 mm Länge, entnommen an losen Fragmenten vom Oberstoff bzw. abgeschnitten von einem ausgefransten Ende des Crêpe-de-Chine-Gewebes. Die Proben wurden in je einen Milliliter der Testflüssigkeiten gegeben und die Bewertung der Effektivität sowie des Schädigungspotenzials der Methode erfolgte optisch nach ein, zwei und fünf Minuten sowie mittels pH- und Leitfähigkeitsmessung nach Abschluss der 30-minütigen Immersion. Für die Tests zur Saugkraft wurden Einzelfasern aus einer lose vorliegenden Glasfaserfranse des Kleids auf das Schichtpaket mit Superabsorber bzw. das Unterdruckpaneel gelegt, mit dem angefeuchteten Pinsel gereinigt und dieser Vorgang wurde bei 20- bis 50facher Vergrößerung beobachtet.

Die Erkenntnisse aus den Vorversuchen konnten in der zweiten Phase bestätigt und durch die Charakterisierung der Reinigungslösungen näher beschrieben werden. Das Alkohol-Wasser-Gemisch bzw. die Tensidlösung hatten wieder die stärkste Wirkung, während Hexan die Verschmutzung kaum zu lösen vermochte. Isopropanol in der

Tabelle 4 Ergebnisse der Versuchsreihe: Phase II – Wirksamkeit der Lösemittel und Optionen zum Entfernen der Flüssigkeit, durchgeführt im Deutschen Museum (Auswahl geeigneter Methoden grau hervorgehoben)

	Identifikation		Reinigungsmethode	Bewertung		Kontrolle	
	Verarbeitung	Schmutz		Effektivität	Schädigung	pH-Wert	Leitwert [µS/cm]
Glas	Lose Fasern	PPartikel	Hexan (35–60°C)	--	+	-	17/44
"	"	"	Dest. Wasser	-	+	7,7 / 8,2	74/83
"	"	"	Dem. Wasser	-	+	7,6 / 7,6	22/59
"	"	"	i-Propanol 25%	-+	+	7,4 / 7,2	14/37
"	"	"	i-Propanol 50%	-+	+	8,0 / 7,6	11/27
"	"	"	0,1% Marlupal® 1618/25	++	+	8,1 / 7,1	32/k. A.
"	"	"	0,2% Marlupal® 1618/25	++	+	7,7 / 7,9	29/191
"	"	Kristalle	i-Propanol 25%	+	+	7,4 / 7,5	14/k. A.
Seide, Oberstoff	Faden	Partikel	Hexan	?	+	-	17/k. A.
"	"	"	i-Propanol 50%	-+	+	8,0 / 7,5	11/15
"	"	"	Dest. Wasser	+	+	7,7 / 7,4	74/67
"	"	"	Dem. Wasser	+	+	7,6 / 7,4	22/50
"	"	"	i-Propanol 25%	+	+	7,4 / 7,5	14/23
"	"	"	0,1% Marlupal® 1618/25	++	+	8,1 / 7,2	32/k. A.
"	"	"	0,2% Marlupal® 1618/25	++	+	7,7 / 7,6	29/107
Seide, Rüschen	Faden	Partikel	0,1% Marlupal® 1618/25	++	+	8,1 / 7,9	32/158
			0,2% Marlupal® 1618/25	++	+	7,7 / 7,4	29/k. A.

Mischung mit Wasser setzte die Oberflächenspannung des Wassers herab und führte zu einer guten Benetzung der Testflächen. Die Lösung mit 0,1 % Marlupal 1618/25 in demineralisiertem Wasser führte innerhalb einer Minute zu einem sehr guten Reinigungserfolg auf allen untersuchten Fasern, bei der Alkohol-Wasser-Mischung trat der Effekt etwas verzögert ein. Trotz der geringen Flüssigkeitsmengen und kleinen Proben konnte eine merkliche Erhöhung des Leitwerts in den Reinigungslösungen nachgewiesen werden. Der pH-Wert sank zum Teil minimal ab, was darauf hindeutet, dass sauer reagierende Substanzen gelöst wurden. Die Änderungen waren jedoch so gering, dass es sich auch um Ungenauigkeiten bei der Messung oder das Ergebnis einer Reaktion der Reinigungslösung mit Kohlendioxid aus der Umgebungsluft handeln konnte. Beim Eintrag von Flüssigkeit kam es zum Teil zu einem Zusammenhaften der zuvor getrennt vorliegenden Fasern.

Alle ausgewählten saugenden Materialien und Geräte ermöglichten eine lokal begrenzte Reinigung und transportierten die Reinigungslösung unmittelbar nach dem Eintropfen mit dem gelösten Schmutz nach unten ab. Wie bereits erwähnt, lösten sich die Auflagen nicht allein durch Spülen, vielmehr mussten sie mit einem weichen Pinsel bewegt werden. Zudem galt es, im Schichtaufbau des Superabsorbers ausreichend Spielraum für den Volumenzuwachs des Granulats durch die Aufnahme von Feuchtigkeit einzuplanen.

Zur Vorbereitung der Reinigung des Rocks wurden vier Probestellen ausgewählt, die in ihrem Aufbau repräsentativ für die vorhandenen, textilen Oberflächen sind, nämlich für den Oberstoff aus Glasfaser und Seide mit dem darunterliegenden, seidenen Futterstoff und einen Abschnitt des Glasfaser-Flechtbands auf dem Atlasband am Rock. Tests an den Glasfaserfransen und am Crêpe-de-Chine wurden an der losen Fransereihe durchgeführt. Es erfolgte eine optische Bewertung sowie die Dokumentation durch Fotografie und Farbmessung vor bzw. nach der Reinigung.

Tabelle 5 Ergebnisse der Versuchsreihe: Phase III – Übertragung auf den Rock, durchgeführt im Deutschen Museum

	Identifikation		Reinigungsmethode	Bewertung		Dokumentation
	Verarbeitung	Schmutz		Effektivität	Schädigung	dE*lab
Oberstoff	Gewebe	Partikel, Kristalle	0,1% Marlupal® 1618/25	+	-+	11,98 SCI
			Pinsel, Unterdruck			11,5 SCE
Fransen	Strang	Partikel, Kristalle	0,1% Marlupal® 1618/25	++	-+	8,09 SCI
			Pinsel, Unterdruck			7,87 SCE
Flechtband	Flechten	Partikel, Kristalle	25% Marlupal® 1618/25	+	+	
Rüschen	Gewebe	Partikel	0,1% Marlupal® 1618/25	+	+	15,27 SCI
			Pinsel, Unterdruck			14,57 SCE



Abb. 5 Fransen und Flechtband am Glasfaserkleid vor der Reinigung am Unterdruckpanel

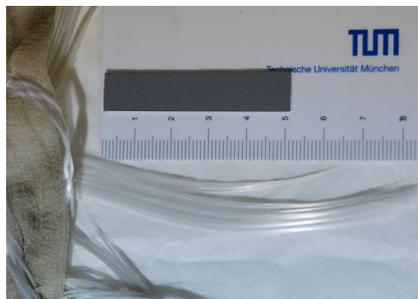


Abb. 6 Fransen und Flechtband nach der Reinigung mit 0,1% Marlupal 1618/25 in Wasser

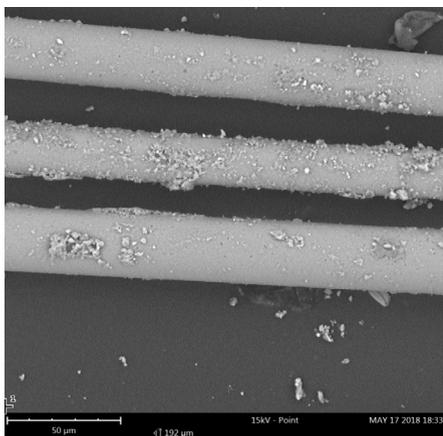


Abb. 7 Ungereinigte Glasfaserprobe, SEM-BSE-Aufnahme)

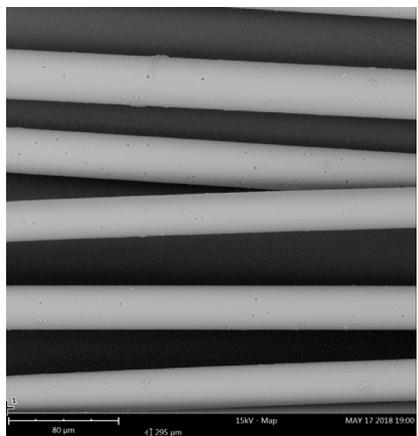


Abb. 8 Glasfasern nach der Reinigung mit 0,1% Marlupal 1618/25 in Wasser, SEM-BSE-Aufnahme



Abb. 9 Seidenrüschen vom Glasfaserkleid vor der Reinigung am Unterdruckpanel)

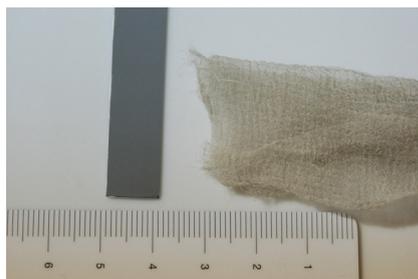


Abb. 10 Seidenrüschen nach der Reinigung mit 0,2% Marlupal 1618/25 in Wasser

Von den gewählten Methoden eigneten sich, außer der mit dem Superabsorber, alle für die Reinigung des Glasfaserkleids. Bei der Reinigung des Oberstoffs war die Saugkraft bzw. die Geschwindigkeit des Absaugens nicht ausreichend, um den Eingriff lokal begrenzt zu halten und zudem war nicht auszuschließen, dass die Fasern von unten durch die Volumenausdehnung mechanisch geschädigt würden. Vorversuche zur Kontrolle der Veränderung des pH- bzw. des Leitwerts durch aufgelegtes Agarose-Gel waren nicht aussagekräftig.⁴⁶ Mit dem Farbmessgerät wurde eine deutliche Aufhellung der gereinigten Flächen instrumentell nachgewiesen. Der Farbstand Delta E (dE*lab) lag deutlich über dem Wert 1, ab dem Unterschiede in der Helligkeit von Materialien vom menschlichen Auge wahrgenommen werden. Die Ergebnisse der in-situ Tests bildeten die Entscheidungsgrundlage für das Konzept zur Reinigung des Glasfaserkleids, das im letzten Abschnitt dieses Kapitels zusammengefasst ist.

Diskussion und Auswahl stabilisierender Maßnahmen

Die konservatorischen Eingriffe zur Stabilisierung zielten darauf ab, den Rock zu stützen, weiteren Verlusten vorzubeugen und die Voraussetzungen dafür zu schaffen, dass die Abbaurate in den Glas- und Seidenfasern niedrig gehalten wird. Unter den Begriff der Stabilisierung fallen sowohl die strukturelle Sicherung, die lokale Fehlstellenbehandlung und sichtbare Vervollständigung am Exponat, als auch eine Verbesserung der Aufbewahrungsbedingungen.⁴⁷ Der letzte Punkt wird unter dem Begriff der präventiven Konservierung eingeordnet und im letzten Abschnitt des Kapitels behandelt.

Strukturelle Sicherung

Der Rock kann entweder durch das Auspolstern der Umbüge und Falten oder durch Montage auf eine passgenaue Unterkonstruktion aufbewahrt bzw. ausgestellt werden. Mit einer Unterkonstruktion kann das Kleidungsstück nicht nur liegend, sondern auch »aufrecht stehend«, auf einem Figurinenständer montiert werden. Eine liegende Unterkonstruktion hingegen wäre nicht geeignet, die historische Silhouette des Rocks zu erhalten, was jedoch bei der Vermittlung in Ausstellungen notwendig wäre. Am Glasfaserkleid im Toledo Museum of Arts hat sich gezeigt, dass bei dieser Form der Aufbewahrung nur eine Seite für Untersuchungen zugänglich ist, die Handhabung erschwert wird und mögliche Schäden auf der untenliegenden Seite nicht einsehbar sind. Der erste Schritt bei der Entwicklung einer dreidimensionalen Unterkonstruktion war die Auswertung von Fotografien, die historische Montagen des Rocks und die damit einhergehenden Schadensquellen zeigen.

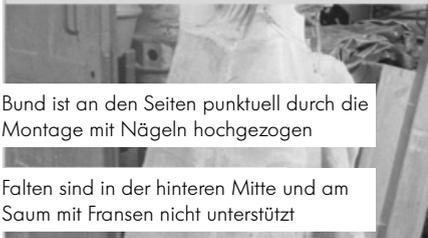
⁴⁶ Dieses Vorgehen wurde unter anderem bei Shaeffer/Gardiner, *Materials*, 2013, S. 116–117 beschrieben.

⁴⁷ Caple, *Conservation*, 2000, S. 108.

Oberteil geht über den Bund



Gewebe wirft am Bund in der vorderen Mitte Falten



Bund ist an den Seiten punktuell durch die Montage mit Nägeln hochgezogen

Falten sind in der hinteren Mitte und am Saum mit Fransen nicht unterstützt



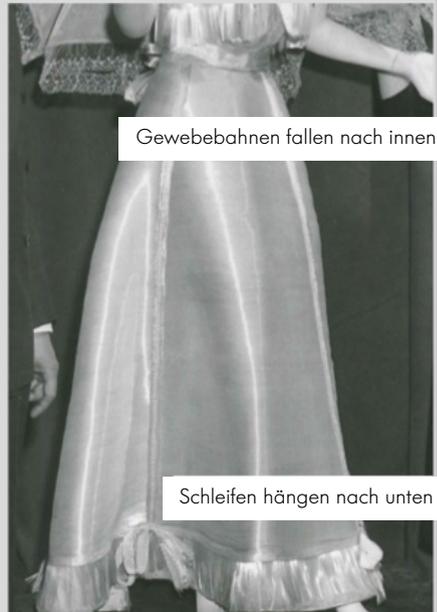
Reifrock zeichnet sich ab

Rock hängt hinten durch



Falten entstehen über dem Saum, den Fransen und bei den Bändern

Saum schleift am Boden



Gewebebahnen fallen nach innen

Schleifen hängen nach unten

Abb. 11 Analyse historischer Montagen des Rocks: auf der Weltausstellung in Chicago 1893 (links oben); im Depot des Deutschen Museums 1969 (links unten); Glasfaserkleid des Toledo Museum of Arts in den 1930er Jahren (rechts oben); dasselbe Kleid auf einer Ausstellung 1951 (rechts unten)

Ausgehend vom Ergebnis dieser Auswertung wurden Leitlinien formuliert, die bei der Konstruktion zu beachten waren: Bei der Ausstellung und Aufbewahrung sollten alle Flächen des Rocks komplett aufliegen – Knicke und Deformationen waren auszupolstern, vor allem die Hüftpartie war in weitem Umfang zu stützen. Um Erschütterungen bei der Handhabung zu verhindern, war eine stützende Unterkonstruktion aus Materialien zu fertigen, die Vibrationen abfedern. Angesichts der Größe des Exponats sollte eine leichte Bauweise mit klar ersichtlichen »Angreifpunkten« entwickelt werden, sodass Anheben, Bewegen und Abstellen durch maximal drei Personen möglich wird. Die Konstruktion sollte eine ausreichende Höhe haben, um ein Schleifen des Rocks am Boden weitestgehend zu vermeiden. Bei der Ausrichtung des Rocksams war der horizontale Fadenlauf zu beachten. Ein Anschlussteil für das Oberteil oder eine Nachbildung war bei der Konstruktion mit einzuplanen.

Dem Entstehen eines schädigenden Mikroklimas auf der Innenseite des Rocks, der Ablagerung von Fremdmaterial und der Ansammlung von Schadstoffen war vorzubeugen. Einem Anstieg der Zerfallsmechanismen kann durch Regulierung des Umgebungsklimas entgegengewirkt werden. Die Geschwindigkeit und Art, mit der chemische Abbauprozesse ablaufen, hängen von Faktoren, wie Temperatur, Feuchtigkeit, elektromagnetische Strahlung oder Anwesenheit katalytisch wirkender Substanzen ab. Mit der Anfertigung einer luft-, jedoch nicht staubdurchlässigen Unterkonstruktion⁴⁸ und der Auswahl von schadstofffreien Restauriermaterialien wird die Wirkweise dieser Kräfte indirekt beeinflusst. Eine Übersicht von geeigneten Materialien zur Verwendung bei der Stabilisierung des Rocks ist in Tabelle 6 zusammengestellt. Solche Materialien erfüllen die Anforderungen an Beständigkeit, Kompatibilität mit dem Exponat, Farbigkeit/Anfärbbarkeit und die Durchführbarkeit der geplanten Maßnahmen am Rock⁴⁹ und stellen im gegebenen Werkstattkontext eine praktikable Verarbeitungsmethode dar.

Es werden zwei Konstruktionsmethoden für passgenaue Figurinen unterschieden: das Modellieren der Form, ausgehend von einem Kern und das Konstruieren der Auflagefläche auf Grundlage des Schnittes. In beiden Fällen besteht das formgebende Element aus der stabilen Innenstruktur, der polsternden Schicht und einer glatten, isolierenden Abdeckung. Die Gestaltung der einzelnen Schichten und in der Folge der gesamten Unterkonstruktion wird von der Kombination und Auswahl der Materialien bestimmt. Bedingt durch die Materialeigenschaften kann es zu fließenden Übergängen zwischen der Funktion der einzelnen Schichten kommen. Die Verbindung der Schichten erfolgt durch Vernähen, Kleben mit archivbeständigen Klebmitteln, wie Polyvinylacetat, Arcylate oder Weizenstärke.⁵⁰ Weitere Materialien, die bei der Montage verwendet werden, sind

⁴⁸ Koob, *Conservation*, 2006, S. 130.

⁴⁹ CCI, *Stitches*, 2008, S. 1.

⁵⁰ Flecker, *Guide*, 2007, S. 11–12.

**Tabelle 6 Geeignete Materialien für die Unterkonstruktion des Rocks
(Auswahl grau hervorgehoben)**

Material / Konstruktionen	Beschreibung	Funktion		
		Struktur	Polsterung	Abdeckung
Holzkonstruktion ^(a)	Gerüstartiger Aufbau als Stütze und Auflagefläche für weitere Schichten. Verschrauben und Kleben der Einzelteile.	X		
Hexlite ^{®(b)}	Aluminiumplatte mit Wabenstruktur.	X		
Karton mit Wabenstruktur ^(b)	Archivkarton unterschiedlicher Stärke.	X		
Beschichtete Papierstreifen, Buckramstreifen ^{(b), (c)}	Streifen, mit denen durch schichtweise überlappendes Aufkleben eine bestehende Form abgenommen und verändert wird.	X		
Metallgitter ^(d)	Formbare Gitterstruktur aus korrosionsbeständigem Metall, z. B. Edelstahlgitter oder Ypsilongitter aus Aluminium.	X		
Schirmstruktur ^(d)	Individuell angefertigte Stangenkonstruktion mit höhen- und seitenverstellbaren Armen und Bespannung als Auflagefläche.	X	x	
Melinex-Folie ^(b)	Chemisch stabile, transparente Polyester-Folie, erhältlich in verschiedenen Stärken.	X	x	
Ethafoam-Kern ^(b)	Inerter Schaumstoff aus Polyethylen, der sich verkleben und gut schnitzen lässt.	X	x	
Synthetischer Filz ^(d)	Formstabiler Filz aus 95 % Polyester, 5 % Polypropylen und Polyamid in einer Stärke von 0,75 cm.	X	x	
Spacer fabrics ^(f)	Dreidimensionale Abstandsgewebe oder -gewirke, federnd und formstabil. Erhältlich in verschiedenen Farben, Variationen der Deckflächen bzw. der Länge der Pölfäden, wodurch die Höhe bestimmt wird.	X	x	
Fosshape ^{®(e)}	Filz aus zwei Arten von Polyesterfasern. Reaktivierung und Versteifen durch Bearbeitung mit feuchter oder trockener Hitzeeinwirkung bei 100–130°C.	X	X	
Polyfelt ^(b)	Polyesterfilz.	X	X	
Unterröcke mit Versteifungen ^(b)	Ein- oder mehrlagige Röcke, gegebenenfalls versteift mit flexiblen Stangen zur Formgebung.	x	X	
Nylon-Tüll ^(b)	Netzartiges Textil aus Nylon, erhältlich in verschiedenen Stärken, drei sind empfohlen.	x	X	
Polystervlies ^(b)	Polstermaterial aus Polyester, als Flachware verschiedener Stärken oder in kleinen Kügelchen zu verwenden. Hitze- nicht klebegebundene Vliese werden empfohlen.		X	
Seidenpapier ^(b)	Für den Kontakt mit Textilien geeignetes, ungepuffertes und säurefreies Papier, verfügbar in Blättern oder auf Rollen.		X	x

Material / Konstruktionen	Beschreibung	Funktion		
		Struktur	Polsterung	Abdeckung
Japanseidenpapier	Feines, semi-transparentes Papier, hergestellt aus langen Cellulosefasern.		X	x
Tyvek ^{(a)(b)}	Weiches Polyethylen-Vlies mit einer glatten und einer aufgerauten Seite, genadelt oder ohne Löcher.		X	x
Baumwoll-/Polyestergewebe ^(b)	Dicht gewebte, ungefärbte Stoffe aus Baumwolle, Polyester bzw. als Mischung. Abkochen vor der Verwendung zum Entfernen von Beschichtungen.		X	X
Seidenpongée / -habotai ^(b)	Leinwandbindiges Gewebe aus Seide, meist in mittlerer Stärke von ca. 50 g/cm ² für den Figuringebäude verarbeitet.			X
Baumwoll-Jersey ^(b)	Gestrickte Textilien aus Baumwolle, die sich in ihrer Elastizität unterscheiden.			X

Literatur zur Anwendung der Materialien in der Textilrestaurierung: (a) Pietsch, Kostümsammlung, 2008, S. 138–143; Holzner, Restaurierung, 2014, S. 35; (b) Flecker, Guide, 2007, S. 9–12; (c) Einsiedl, Behelfe, 2008, S. 144–146; (d) Whelan, Washington, 2015; (e) Amnés/Miles, Method, 2012; Gamper, Shape, 2015; Weiterführende Informationen zu Spacer fabrics; (f) Cherif, Werkstoffe, 2011, S. 215–217, 260–261.

Bindebänder aus Baumwolle, Klettbander und Neodymium-Magnete.⁵¹ Für die Unterkonstruktion wurden zunächst drei Methoden in Betracht gezogen: Unterröcke mit Verstärkungen, eine passgenaue Auflage auf einer Stützstruktur oder eine Schirmkonstruktion mit Überzug und Auspolsterungen (Tab. 7).

Die erste Möglichkeit erfüllt wegen des vielschichtigen Aufbaus nicht die Anforderungen an die gewünschte Luftdurchlässigkeit. Das System würde zudem bei der Handhabung schwingen und durch die dabei ausgelösten Erschütterungen könnte es zu weiteren Verlusten am Rock kommen. Die beiden folgenden Optionen eignen sich besser, da die Auflageflächen fixiert sind und leichte Vibrationen durch die Weichheit des Materials abgedämpft werden können. Die Entwicklung einer Schirmkonstruktion bedarf der engen Abstimmung mit einem Ingenieurbüro, wie das Beispiel des Reisezelts von George Washington aus dem Museum of the American Revolution in Philadelphia gezeigt hatte.⁵² Dies konnte im vorliegenden Projekt wegen finanzieller und organisatorischer Einschränkungen nicht geleistet werden.

Als Materialien für passgenaue Auflageflächen wurden synthetischer Filz, Fosshape[®] und Spacer fabrics in die nähere Wahl gezogen. Die Erfahrung von TextilrestauratorInnen im Bayerischen Nationalmuseum bei der Anfertigung einer Filzfigurine mit hölzerner Innenstruktur von vergleichbarer Form und Größe, wie das Glasfaserkleid hatte

51 Etre, Communication, 2014; Whelan, Washington, 2015, S. 60.

52 Firma Keast & Hood Structural Engineers, Philadelphia, PA. In: Whelan, Washington, 2015, S. 67.

Tabelle 7 Optionen für die Anfertigung von stützenden Unterkonstruktionen

Methode	Material	Vorgehen
Unterrücke mit Versteifungen	Versteifung Polyestervlies Polyfelt Nylon-Tüll Baumwollgewebe Seidenpongée	Aus Baumwollgewebe wird ein Rock angefertigt, der ungefähr der Form des Originals entspricht. Er wird auf einer Figur fixiert. Ausbuchtungen und Falten des Exponats können mit mehreren Lagen Vlies, Filz oder Tüll nachgeformt werden. Als Abschluss wird ein lattes Seidengewebe über den Unterrock gezogen, damit das Original nicht an den strukturierten Schichten hängen bleibt (Flecker, Guide, 2007, S. 9–12).
Passgenaue Auflagefläche auf einer Stützstruktur	Holzkonstruktion Synthetischer Filz Polyestervlies Baumwoll-Jersey	Schnittteile aus Filz, die der Form des Kostüms entsprechen, werden zusammengefügt und über eine passende Holzkonstruktion montiert. Unebenheiten in der Oberfläche sind mit Polyestervlies auszugleichen, bevor eine Lage Baumwoll-Jersey übergezogen wird. Die Figur ist auf einer senkrechten Stange mit Bodenplatte fixiert. Die Figurine wird auf Basis der Schnittrekonstruktion vom Rock angefertigt. Zum Überprüfen der Passform ist die Anfertigung einer exakten Nachbildung notwendig. Falten können durch zusätzliche Lagen Polsterung unterstützt werden (Pietsch, Kostümsammlung, 2008, S. 138–143; Holzer, Restaurierung, 2014, S. 35).
Schirmkonstruktion mit Überzug und Auspolsterung	Schirmstruktur Polyestervlies Nylon-Tüll Baumwollgewebe Seidenpongée	Ausgehend von den Ausmaßen des Objekts wird eine Schirmstruktur angefertigt und mit einem zug- und dehnungsstabilen Gewebe bezogen. Das zu stützende Textil liegt ganzflächig auf diesem Gewebe. Spannungen können auch nach der Montage durch Verstellen der Metallstangen reduziert werden (Whelan, Washington, 2015, S. 59, Fig. 4). Als zentrale Stange wird ein Figurenstander eingesetzt, an den die höhen- und seitenverstellbaren Beine zu montieren sind. Die Einstellung der Stangen erfolgt an einer exakten Nachbildung des Rocks, vor der Montage des Originals.

gezeigt, dass die Konstruktion zu schwer würde⁵³ Das Material Fosshape® kam bisher für kleinere, kompaktere Formen und hauptsächlich für kurze Zeiträume zum Einsatz.⁵⁴ Die Verarbeitung großer Flächen hingegen gestaltet sich bei ihr schwierig, weil es zu Verzügen zwischen hitzereaktivierten und noch unbehandelten Stellen kommen kann und Fosshape® über einer existierenden Auspolsterung geformt werden muss.⁵⁵ Die Suche nach einem leichten Material, das zudem eine höhere Luftdurchlässigkeit als der dicke Filz und Fosshape aufweist, führten zu sogenannten Spacer Fabrics.⁵⁶ Anhand von Material-

53 Frdl. mdl. Mittlg. Davinia Galego (München, Bayerisches Nationalmuseum, Textilrestauratorin), München 2015.

54 Amnés/Miles, Method, 2012; Eatman, Limb, 2017; Prier Tisdall/Lee, Fibreglass, 2017; Stevenson/Depriest/Hargrove, Humming Birds, 2015.

55 Frdl. Mdl. Mittlg. Frances Hartog und Rachel Lee, Victoria & Albert Museum, London 17.2.2017.

56 Vgl. dazu Cherif, Werkstoffe, 2011, S. 215–217, 260–261.

proben⁵⁷ konnten die passende Höhe des Gewebes – 6 Millimeter – und die Ausführung der Deckflächen ausgewählt werden. Da keine Anwendungen für die ausgewählten Produkte M8180 und M3605 der Firma Baltex, die zu 100 % aus Polyester bestehen, in der Restaurierung zu finden waren, wurden Oddy Tests⁵⁸ durchgeführt. Die Testplättchen zeigten nur minimale Korrosionserscheinungen auf Blei und keine auf Kupfer oder Silber.⁵⁹ Als Alternative zur schweren Innenstruktur aus Holz wurde bei dem Glasfaserkleid formbares Edelstahl-Drahtgewebe verwendet, das sich eignete, um einen leichten Faltenwurf nachzustellen.⁶⁰

Zum Erhalt der strukturellen Integrität des Rocks waren die Risse und Löcher zu sichern und ganzflächig Stützgewebe einzubringen, die Spannungen und Zugbelastung vom Original ableiten. Die Sicherung des Rocks sollte stark genug sein für die vertikale Lagerung mit Schrägung und eine mögliche Abnahme, z. B. in Notfällen oder zu Forschungszwecken. Als Instrument zur Planung bei der Positionierung, Ausführung und Dichte der Stiche wurden Schadenskartierungen genutzt.

Stützgewebe haben in der Restaurierung die Funktion, das gealterte und geschädigte Textil zu stärken mit dem Ziel, eine sichere Handhabung, Ausstellung und Aufbewahrung zu ermöglichen. Die Auswahl geeigneter Restauriermaterialien und Verarbeitungsmethoden orientiert sich an der Konstruktion des Originals und dessen Abbaugrad sowie der geplanten Nutzung. Die farbliche Anpassung an das historische Textil wird durch Einfärben des Gewebes mit synthetischen Farbstoffen erreicht, die eine hohe Lichtechtheit und Beständigkeit des Farbstoffs aufweisen.⁶¹ An Kostümen, die aus blickdichten

⁵⁷ Firma extremetextil e.K, Dresden; Firma Baltex W. Ball and Son Ltd. Ilkeston, UK.

⁵⁸ Die Durchführung des Tests folgte der Vorgehensweise am Rathgen Forschungsinstitut der Staatlichen Museen zu Berlin: https://www.smb.museum/fileadmin/website/Institute/Rathgen-Forschungslabor/02_Forschung/01_Forschungsergebnisse/Oddy_Test_Ablauf_und_Bewertung.pdf, Zugriff vom 27.6.2018.

⁵⁹ Durchführung Christina Elsässer (München, Deutsches Museum, Restaurierungsforschung), Auswertung der Autorin, Deutsches Museum, München am 17.11.2017.

⁶⁰ Für die Anpassung der Figurinenform und zum Überprüfen möglicher Belastungen für den Rock durch unsachgemäß positionierte Nahtlinien wurde eine Nachbildung des Rocks angefertigt. Dafür konnten die Schnittzeichnungen im Maßstab 1:1 genutzt werden, die während der Untersuchung erstellt worden waren. Die Umrisse, der Verlauf der Verbindungsnähte zwischen den Schnittteilen sowie die Position der Applikationen wurden vom Zeichenpapier auf Baumwoll-Rohnessel übertragen. Die nähtechnische Verarbeitung erfolgte analog zum Original mit der Nähmaschine bzw. händisch.

⁶¹ Flury-Lemberg, Textilkonservierung, 1988, S. 39–40. Gewebe aus Naturfasern sowie Nylon können mit den in der Restaurierung üblichen Verfahren angefärbt werden, für Polyestergewebe muss auf bereits gefärbte Materialien zurückgegriffen werden. (Giuntini, Treatment, 2002, S. 3–6)

die auch am Futterstoff des Glasfaserkleids vorliegt, wird die Reversibilität des Verfahrens auf ihren theoretischen Charakter reduziert: Obwohl für die aktuelle Praxis Verbindungen zwischen Klebefilm und Faseroberfläche anstelle von Volltränkungen, bei denen das Klebemittel ins Fasergefüge eindringt, empfohlen sind, ist eine rückstandsfreie Entfernung kaum durchführbar. Beim Abnehmen mit Lösemitteln dringt der Kleber in die Fasern ein und kann nur durch Spülen entfernt werden, was die Zerstörung des Originals zur Folge hätte.⁶⁶ Beim Doublieren würde eine großflächig isolierende Schicht eingebracht werden, die eine Klimaregulierung und den Abtransport von Schadstoffen durch Lufttransport verhindert. Klebeversuche an der Figur »Der Löwe und die Schlange« haben gezeigt, dass punktuelle Verklebungen die Glasfasern mantelartig umschließen und so in ihrem Erscheinungsbild verändern.⁶⁷ Bei Vergleichsstücken, die bereits im Herstellungsprozess geklebt wurden, zeigten sich Sollbruchstellen am Übergang zu unbehandelten Faserabschnitten. Wegen der eingeschränkten Reversibilität einer Klebung, der eingeschränkten Luftdurchlässigkeit und des Risikos Brüche an der Grenze zum ungesicherten Bereich zu erzeugen wurde davon abgesehen.

Das Abdecken mit transparenten Geweben, wie Crêpeline oder Nylon-Tüll bewährte sich laut Nilsson 2015 in Bereichen mit abgebauten, brüchigen Fasern oder an ausgefranzten Kanten. Die Anzahl der Stiche kann geringgehalten werden und lose Fasern gehen nicht verloren. Bei weiterer mechanischer Einwirkung an diesen Stellen fungierte das Überfanggewebe als Opferschicht, während das Original weitgehend erhalten blieb.⁶⁸ Eine weitere Alternative zum Umgang mit solchen Schäden an Textilien ist das Sichern der Flottierungen und losen Fäden auf Patches mit Spann-/ Vorstichen bzw. das Einfassen von abgeriebenen Außenkanten mit Überfang- oder Langettenstichen.⁶⁹

Lokale Fehlstellenbehandlung

Besonders von Abbau betroffene Stellen in den Geweben und ausgefranzte Bereiche waren zusätzlich zu den Stützgeweben partiell zu sichern. Lokal stabilisierende Maßnahmen eignen sich für Fehlstellen, Risse, ausgefranzte Gewebekanten, lose bzw. sich lösen-

66 Schiller, *Textilrestaurierung*, 2002, S. 347; Worch/Jägers, *Restaurierung*, 1988, S. 168.

67 Lose Glasfasersträhnen von der Figur »Der Löwe und die Schlange« aus dem Musée des arts et métiers wurden mit einer 50 %igen Lösung des Acryl-Copolymer Paraloid B72 in Aceton wieder angeklebt. Punktverklebungen einzelner Strähnen auf dem Löwenkörper bzw. darunterliegenden Haaren erfolgte durch Einbringen des Klebemittels mit einer Spritze, Handling der Fasern mit Pinzetten und Andrücken bis zum Einsetzen der Haftung mit einem Colour Shaper. In Bereichen, in denen die Haaransätze verdeckt vorlagen, wurden beschichtete Seidencrêpeline-Streifen als Doubliermaterial eingesetzt (Berson, *Restauration*, 2002, S. 180; Drouet u. a., *Lion*, 2000, S. 49–50). Die »Thermische Verklebung« einzelner Glasfasern wurde nach ersten Versuchen verworfen, da die Fasern mit einem Heizspatel nicht ausreichend erhitzt werden konnten bzw. bei der Arbeit vor der Lampe einrollten oder schmolzen.

68 Nilsson, *Support Methods*, 2015. Besonders für die Behandlung erschwerter Seiden wurde diese Methode auch von Benner und Walser-Ziegler erwähnt (Benner, *Silk*, 2014; Walser-Ziegler, *Erschwerung*, 2002, S. 44).

69 Landi, *Manual*, 1992, S. 105; CCI Textile Lab, *Stitches*, 2008.

de Bestandteile und offene Originalnähte. Die Versuchsreihen in Nilsson haben gezeigt, dass die Beeinträchtigung der Festigkeit von Geweben rund um Fehlstellen und Risse durch Unterlegen und Sichern mit Spannstichen bzw. langen Vorstichen verringert werden kann. Die partiell eingebrachten Patches wurden zusätzlich mit Vorstichreihen fixiert und entlang der Außenkanten ausgedünnt, um Abdrücke zu vermeiden.⁷⁰ In einer Studie zur Tapissierrestaurierung konnte zudem experimentell nachgewiesen werden, dass, wenn Löcher zuvor stabilisiert wurden, bei der Hängung von Textilien weniger Deformationen im umliegenden Gewebe von Schadstellen entstehen, als wenn keine lokale Stabilisierung durchgeführt wurde.⁷¹ Untersuchungen am Textile Conservation Center der University of Glasgow zeigten mögliche Verformungen der Gewebestruktur durch Spannstiche. Daraus leiteten die AutorInnen der Studie Empfehlungen zur Wahl des Nähmaterials und zur Ausführung der Nähte ab: Beim Nähen in Textilien aus Naturfasern sind flexiblere Stapelfasern unelastischen Endlofasern vorzuziehen. Bei der Ausführung der Spannstiche schädigen schräg gesetzte, etwas größere Überfangstiche weniger und das wiederholte Einstechen in ein Nahtloch, z. B. beim Vernähen ist zu vermeiden. Mikroskopischen Untersuchungen ergaben, dass ein Einstechen in die Gewebezwischenräume in der Praxis kaum möglich ist und darüber hinaus stärkere Verformungen zur Folge hat.⁷² Beim Schließen von Nähten wird empfohlen, dem vorliegenden Nahtverlauf zu folgen, außerdem sind Nähfäden zu verwenden, die aus dem gleichen Material und von ähnlicher Stärke sind wie die originalen.⁷³

Zur Entscheidung für oder gegen einen stabilisierenden Eingriff am Rock war die Abstimmung mit den eingangs formulierten Zielsetzungen. Eine Maßnahme wurde als ungeeignet für diese Stabilisierung angesehen, wenn sie entweder nicht zum Erreichen der Zielsetzung beitragen würde oder wenn ihre Wirkung zum gegebenen Zeitpunkt nicht zu bemessen war (Tab. 8). Dabei wurde zwischen Situationen unterschieden, in denen ein Ziel erreicht werden kann (+ +), nicht erreicht werden kann (– –) und solchen, bei denen die Folgen nicht abzuschätzen sind (?). Zudem ist bei manchen geeigneten Methoden ein 100%iges Erreichen aller Ziele nicht möglich (+–). Diese sind daher so miteinander zu kombinieren, dass Defizite ausgeglichen werden. Diskutiert wurden die Folgen eines Nicht-Handelns, Hindernisse bei der praktischen Umsetzung einer Methode und deren Abhängigkeit von anderen Arbeitsschritten. Die Wahl fiel schließlich auf die lokale und großflächige nähtechnische Sicherung, kombiniert mit einer aufrechtstehenden Unterkonstruktion.

70 Nilsson, Support Methods, 2015.

71 Asai u. a., Tapestry Conservation, 2008, S. 972.

72 Benson u. a., »Like-With-Like«, 2014, S. 7–8.

73 Giuntini, Treatment, 2002, S. 7.

Tabelle 8 Methoden zur Stabilisierung und Vereinbarkeit mit der Zielsetzung (Auswahl für die Konservierung des Glasfaserkleids grau hervorgehoben)

Methoden	Zielsetzung					
	Verbesserung der Lesbarkeit			Nutzung im Museum		
	Material	Form	Funktion	Erhalt	Ausstellung	Forschung
Strukturelle Sicherung						
Liegende Konstruktion	+ -	--	--	+ -	--	--
Aufrechtstehende Konstruktion	+ -	++	++	+ -	++	+ -
Sandwich zwischen Geweben	+ -	++	++	++	++	+ -
Unterlegen mit Stützgewebe	+ -	++	++	++	++	+ -
Doublieren durch Klebung	--	--	--	+ -	+ -	--
Lokale Fehlstellenbehandlung						
Unterlegen, nähtechnisch sichern	++	++	++	++	++	+ -
Nähtechnisch überfangen	++	++	+ -	++	++	+ -
Partiell hinterkleben	+ -	++	+ -	++	++	+ -
Klebepunkte	--	++	+ -	++	++	--
Offene Nähte schließen	+ -	++	++	++	++	+ -

Legende: -- Ziel kann nicht erreicht werden: Ausschluss, + - Kompromiss: Ausgleichshandlung notwendig, ++ Erreichen des Ziels möglich, ? Folgen derzeit nicht abschätzbar

Vervollständigung

Der Umgang mit fehlenden Bestandteilen des Kleids war in Bezug auf das derzeit unauflindbare Oberteil und einen Abschnitt der Fransen zu diskutieren. Im Rahmen der gewählten Methodik wird der Verlust des Oberteils als Teil der Sammlungsgeschichte im Deutschen Museum gesehen und die dadurch entstehende Unvollständigkeit des Glasfaserkleids akzeptiert. Ein essenzieller Bestandteil dieser Herangehensweise ist die Vermittlung der Entscheidung und die offene Gestaltung der Unterkonstruktion. Für den Fall, dass das Oberteil aufgefunden wird, soll eine Erweiterung der Figurine leicht möglich sein. Das Gleiche gilt, wenn eine schneidertechnische oder digitale Nachbildung vom Museum in Auftrag gegeben würde. Als Grundlage für eine vollständige Rekonstruktion könnten historische Aufnahmen und die Materialanalyse und Schnittrekonstruktion am erhaltenen Vergleichsstück im Toledo Museum of Arts dienen. In Kooperation mit GlasspinnerInnen und -weberInnen, die über die historischen Herstellungsgeräte und Fertigkeiten verfügen, wäre es möglich, die Fehlstellen im Gesamtbild des Kleids zu schließen. Aus derselben Ausgangslage heraus könnte eine formale Nachbildung des Oberteils angefertigt werden, wobei sich Fragen nach dem geeigneten Material und der Detailgetreue ergeben. Ein anderer Ansatz wäre eine digitale Nachbildung, z. B. in Form eines Hologramms oder als 3D-Druck aus alterungsbeständigem Material. Auch

für den Druck müsste das Oberteil im Toledo Museum of Arts als Scanvorlage dienen, allerdings müsste es dazu aus der momentanen Depotverpackung genommen und auf eine passgenaue Unterkonstruktion aufgezogen werden.

Maßnahmenkonzept zur Konservierung-Restaurierung

Auf Basis der textil- und glastechnologischen Untersuchung des Exponats, der Analyse seiner immateriellen Bedeutung, der Interpretation von Schadensursachen sowie der Recherchen und Versuche zur technischen Umsetzung von konservatorisch-restauratorischen Eingriffen entstand der Maßnahmenkatalog für die Konservierung-Restaurierung des Rocks. Die Durchführung erfolgte von Dezember 2016 bis Januar 2020 und Details dazu sind dem Restaurierungsbericht zu entnehmen.⁷⁴

1. Reduzieren von anhaftenden Schmutzauflagen und Abbauprodukten durch Absaugen und Reinigen mit einer Tensidlösung bzw. einem Alkohol-Wasser-Gemisch
2. Unterlegen von Fehlstellen im Oberstoff mit Seidenpongée-Patches, Sichern mit Vorstichen
3. Nähetechnische Sicherung des Oberstoffs durch Einbringen eines Stützgewebes aus Seidenpongée, Anlegen eines Stützliniensystems
4. Abdecken des Futterstoffs mit Nylon-Tüll und Fixieren mit Überfangstichen
5. Sichern ausgefranster Bereiche mit Nylon-Tüll
6. Anfertigung einer Unterkonstruktion aus Ypsilon-Streckmetall, Abstandsgewirk und einer Seidenpongée-Abdeckung für Ausstellung und Aufbewahrung
7. Zusammenfügen der separierten Bestandteile und Montage des Rocks

Das Konzept wurde so gestaltet, dass Anpassungen jederzeit möglich waren. Da nach Abschluss der Arbeiten die Innenseite nicht mehr zugänglich sein würde oder, wie im Fall der Oberflächenverschmutzung, Substanz entfernt wurde, ist die kontinuierliche Dokumentation an den entscheidenden Stellen im Prozess einzuplanen.

Aufgrund seiner Fragilität und der Dimension des Rocks war eine genaue Planung zum Ablauf der vorzunehmenden Eingriffe erforderlich. Um die Handhabung und die damit einhergehenden Faserbrüche durch Druckeinwirkung auf ein Minimum zu reduzieren, wurde entschieden, einige ursprüngliche Nähte zu öffnen. Die jeweiligen Vor- und Nachteile bei der Durchführung von Maßnahmen am ausgebreiteten oder aufgezogenen, dreidimensionalen Rock oder alternativ am gefalteten Flachtexil waren abzuwägen: Während bei der ersten Option die Nähte unverändert geblieben wären und der Arbeitsschritt des Wieder-Zusammennähens entfallen wäre, hätte das Bewegen des Rocks und die Bearbeitung der Innenseite, z. B. mit Hilfe einer Stützkonstruktion eine unverhältnismäßige Beanspruchung der Originalsubstanz bedeutet. Durch das Auftrennen einer vertikalen Naht am Rock und die Abnahme der Applikationen wurden die ursprüng-

⁷⁴ Holzer, Dokumentation, 2020.

lichen Verbindungen geöffnet. Somit galt es, zusätzliche Zeit für die Dokumentation und Markierung des Nahtverlaufs sowie für das Wiederverschließen der Nähte einzuberechnen. Das gesamte Textil ist durch diese Vorgehensweise während der Konservierung jedoch weniger belastet, uneingeschränkter Zugang zur Außen- und Innenseite des Rocks ist möglich und weitere Informationen zur Verarbeitungstechnik können gewonnen werden. Die Argumente eines Auftrennens für die Durchführbarkeit der Arbeitsschritte überwogen den Nachteil des Öffnens ursprünglicher Nahtverbindungen. An welcher Stelle der Rock geöffnet werden sollte, entschied die Einzigartigkeit der Naht in Bezug auf die Stichtart (z. B. händisch ausgeführt, Steppstich zwischen vorderem und linkem Panel). Des Weiteren spielten die Länge bzw. der Verlauf der Naht, vor allem im Hinblick auf das Zusammennähen nach der Konservierung eine Rolle. Daher fiel die Wahl auf die Verbindungsnaht in der hinteren Mitte des Rocks.

Tabelle 9 Reinigungskonzept für den Rock des Glasfaserkleids

Oberflächen	Reinigungsmaterialien und -medien			
	Absaugen	Mechanisch	Tensidlösung, Unterdruckpanel	Nassreinigung in der Flotte
Oberstoff, Fransen	x		x	
Saum	x	Microfaserpad		
Futterstoff	x		x	
Verschlüsse	x	Skalpell		
Atlasband	x	Schwamm	x	x
Rüschen	x			x

Das Reinigungskonzept sah ein Absaugen der gesamten Außen- und Innenseite, außer den Fransen, mit dem Feinstsauggerät vor und ein gleichzeitiges Aufwirbeln loser Partikel mit einem weichen, schräg zugeschnittenen Pinsel. Die Düse des Sauggeräts war mit einem feinmaschigen Textil abgedeckt, um zu verhindern, dass lose aufliegende Fasern eingesaugt werden. So konnte das Material in Glasbehältern gesammelt und der schriftlichen Dokumentation beigelegt werden. Die glatten, atlasbindigen Gewebe des Saums und der dekorativen Seidenbänder wurden mit PU-Schwämmen und nebelfeuchten Microfaserpads gereinigt. Die Druckeinwirkung war dabei auf einem Minimum zu halten, um das brüchige Futter des Saums und die Flechtbänder aus Glasfasersträngen nicht zu belasten.

Die Rüschen aus Crêpe-de-Chine und die lose Schleife wurden mit einer 0,2%igen Lösung des nicht-ionischen Tensids Marlipal 25/1618 in demineralisiertem Wasser gewaschen. Dafür musste man die Rüschen vom Rock abnehmen und den originalen Nahtverlauf kennzeichnen. Die ursprünglichen Heftfäden der Raffung blieben bestehen. Der Waschprozess konnte durch regelmäßige Entnahme von Proben für die Messung des pH-Werts und der Leitfähigkeit der Flüssigkeit kontrolliert werden.

Weitere Reinigungsmaßnahmen an den Fransen und am Oberstoff mit dem Futterstoff umfassten die Nassreinigung mit einer Waschlösung derselben Zusammensetzung. Der Eintrag der Reinigungslösung und der Spülflüssigkeit, reines demineralisiertes Wasser, erfolgte mittels einer Spritzflasche, die die Kontrolle des Wasserstrahls ermöglichte. Die eingebrachte Flüssigkeit wurde durch Absaugen entfernt, wofür das partielle Unterdruckpaneel,⁷⁵ angeschlossen an einen Wasserstaubsauger, verwendet wurde. Zur Erhöhung der Saugkraft war das Paneel mit einer Polyethylen-Folie abgeklebt und nur eine kleine Fläche frei gelassen.⁷⁶ Um zu verhindern dass sich die Lochstruktur des Paneels auf dem zu reinigenden Textil abzeichnete und dass aufgrund von Kapillarwirkung Flüssigkeit in die umliegenden Bereiche transportiert wurde, konnte ein weiches Saugtuch untergelegt werden.⁷⁷ Die Trocknung erfolgte durch Auflegen eines weiteren Tuches auf die Oberseite unter Aufrechterhalten des Unterdrucks.

Nach Abschluss der Reinigung erfolgte die nähtechnische Sicherung. Durchgeführt wurde die Kombination eines Stützgewebes mit partiell eingebrachten Patches unter Fehlstellen und die getrennte Behandlung von Ober- bzw. Futterstoff.⁷⁸ Risse und Löcher wurden mit Vorstichen und kleinen Überfangstichen gesichert, da Spannstiche bei Zugbelastung das Textil verformen können. Dies gilt vor allem dann, wenn Nähfäden aus synthetischem Material⁷⁹ genutzt werden, wie es bei der Restaurierung von Kostümen üblich ist. Die Stiche wurden nicht direkt an die Glasfaserstränge, sondern an die seidenen Schusseinträge gesetzt, um punktuelle Druckeinwirkung zu vermeiden. Für das Unterlegen des Oberstoffs und der Fehlstellen wurde ein Seidengewebe verwendet, das dem originalen Futterstoff im Gewicht ähnlich ist und das sich farblich gut einfügt.

Wegen der Überweite und der Verformungen im Futter wurde ein stützendes Textil ausgewählt, das sich unabhängig vom Fadenlauf gut an die Erhebungen und Vertiefungen anpasste. Hierfür eignete sich Nylon Tüll, an dem die Reste des Futters mit lockeren, senkrecht bzw. schräg gesetzten Überfangstichen angenäht werden konnten. Damit war zudem gewährleistet, dass das Futter während und nach der Konservierung einsehbar und der Verlauf von Abbauprozessen kontrollierbar war. Vom Sichern des Futters in der Sandwich-Technik wurde abgesehen, weil mit je einem Unterlegstoff für das Glasfaser-Seidengewebe und das Seidenfutter bereits zwei neue Gewebe im Inneren angebracht wurden und die Schichtdicke nicht weiter erhöht werden sollte. Außerdem kann es beim Sichern erschwerter Seiden mit dieser Methode zu vermehrtem Abrieb kommen.⁸⁰

Das Überfangen ausgefranster Bereiche von außen erfolgte mit einem transparenten und farblich angepassten Gewebe. Nylon-Tüll ist hier netzartigen Geweben in Leinwandbindung aus Seide oder Polyester vorzuziehen, da es optisch zurücktritt, Gewebeanalysen

75 Firma Gabi Kleindorfer, Mobiles Unterdruck-Panel RSP1.

76 Michalski, Suction Device, 2010, S. 2.

77 Firma Carl Hübenthal KG, Itex®-Tücher Classic Hydro Plus.

78 Empfehlung Edith Oberhumer, Museum für angewandte Kunst Wien, München 26.6.2017.

79 Firma A&E Gütermann, Skala 360 Polyester Endlosfaden, 80 dtex.

80 Walsler-Ziegler, Erschwerung, 2002, S. 45.

auch in Zukunft ermöglicht und der Tüll entlang der Kanten nicht versäubert werden muss. Das Material kann auch beim Sichern des Saumfutters und am Rockbund, der die meiste Spannung bei der aufrechten Lagerung trägt, verwendet werden.

Die Unterkonstruktion zur dauerhaften Aufbewahrung und für Ausstellungen wurde als passgenaue Auflagefläche auf einer Stützstruktur konzipiert. Der innere Kern besteht aus dem stabilen Standfuß aus Aluminium Profilleisten, an den für den Transport eine Hebestange angeschlossen wurde. Der Tailen- und Hüftbereich ist aus Aluminium-Streckmetall geformt, gepolstert und mit der weichen, formbaren Auflagefläche bedeckt. Der Saum des Rocks kommt auf Rüschen aus Nylon-Tüll zu liegen. Die sichtbaren Bereiche der Unterkonstruktion an der Taille sind mit einem farblich passenden Seidengewebe überzogen.

Im letzten Schritt der Konservierung-Restaurierung waren die zuvor geöffneten Nähte wieder zu schließen. Bei der vertikalen Naht in der hinteren Mitte erfolgte das Zusammennähen noch im Liegen. Die dekorativen Elemente am Saum wurden angenäht nachdem der Rock auf der Unterkonstruktion positioniert wurde. Die lose Fransereihe und die Schleife wurden nach genauer Untersuchung der ursprünglichen Montage wieder angenäht. Für Fasern und Fragmente, die bereits lose vorliegen war ein separates Aufbewahrungssystem anzulegen und in die Lagerungskiste des Kleids zu integrieren.

Empfehlungen für die Ausstellung und Aufbewahrung

Das Glasfaserkleid trotz der Empfindlichkeit der Materialien für Ausstellungen und weitere Forschungsvorhaben zugänglich zu machen ist der Leitgedanke des hier empfohlenen Konzepts zur präventiven Konservierung. Ein kontinuierliches Management möglicher Schädigungsfaktoren (Tab. 10) und die regelmäßige Kontrolle der Indikatoren für Schädigung (Tab. 11) ist sein zentraler Ansatzpunkt. Die rein konservatorischen Anforderungen an die Ausstellung und Aufbewahrung ergeben sich aus den Materialien des Kleids: Natrium-Kalk-Bleisilikatglas, mit Zinnphosphat erschwerte Seide und korrosionsanfälliges Metall. Im realen Umfeld des Museums sind jedoch noch andere Aspekte bei der Planung zu berücksichtigen. Dazu gehören z. B. die zeitliche Verfügbarkeit von RestauratorInnen, die Standortwahl im Ausstellungsgebäude bzw. im Depot oder die Priorität des Exponats in Relation zur gesamten Sammlung.

Bereits durch die Reinigung sollte eine Reduktion der schädigenden Wirkung von Schmutzaufgaben, hygroskopischen Kristallen auf den Glasfasern, sauren Abbauprodukten der organischen Fasern und von Korrosionsprodukten auf den Metallverschlüssen erreicht worden sein. Die Zerfallsprozesse sind dadurch verlangsamt, jedoch nicht gestoppt. Die Auslaugung der Gläser, die katalytischen Abbaureaktionen in den Seidenfasern und die Metallkorrosion können durch die folgenden Prozesse wieder verstärkt ablaufen:

- Belastung der Faserstruktur durch Spannungen und Knicke
- Wiederholte Schwankungen der relativen Luftfeuchte

- Entstehen eines Mikroklimas
- Einwirkung reaktionsbeschleunigender Kräfte, wie Feuchtigkeit, Licht oder Hitze
- Ansammlung von Degradationsprodukten
- Kontamination mit Fremdmaterial, wie Staub oder Abbauprodukten

Für die Entwicklung eines neuen Aufbewahrungs- und Ausstellungskonzepts, das innerhalb der Strukturen des Deutschen Museums realisiert werden kann, war die Reflexion der bisherigen Probleme bei der Erhaltung des Kleids maßgeblich. Als Ergebnis des Gesamtprojekts wurde zum Ende der Konservierung-Restauration der Rock selbst auf einer Unterkonstruktion positioniert, zudem wird zum Zweck weiterer Beforschung loses Fasermaterial in Probenbehältern vorgehalten.

Die Betreuung des Kleids im Depot und Maßnahmen zur präventiven Konservierung liegen im Aufgabenbereich der Werkstätten und des Sammlungsmanagements des Deutschen Museums. Von der Abteilung Objekt- und Restaurationsforschung werden die Ergebnisse der Untersuchungen verwaltet und vermittelt, sie evaluiert die konservatorischen Anforderungen an Ausstellung und Aufbewahrung des Kleids und nimmt die Kontrolle des Erhaltungszustands vor. Kuratorisch wird das Glasfaserkleid derzeit der Abteilung Textiltechnik zugeordnet.

Management der Schädigungsfaktoren

Bei der Ausstellung und Aufbewahrung ist das Umfeld des Glasfaserkleids so zu gestalten, dass das Risiko einer erneuten Schädigung geringgehalten wird. In Tabelle 10 sind Empfehlungen formuliert, die den sogenannten »ten agents of deterioration«⁸¹ entgegenwirken.

Die Schadensanalyse hatte gezeigt, dass mechanische Einwirkung auf das Glasfaserkleid und allgemein der Umgang mit ihm ein großes Schadenspotenzial für seine spröden Fasermaterialien des Glasfaserkleids enthält, weshalb es nur auf der dazugehörigen, eigens dafür entwickelten Unterkonstruktion bewegt werden soll. Dies kann z. B. bei einer genaueren Untersuchung oder Zustandskontrolle notwendig werden, bei der unter Umständen auch das Stück selbst berührt werden muss. Es ist empfohlen, dies nur durch eine/n RestauratorIn durchführen zu lassen, der oder die mit den Materialeigenschaften, dem technologischen Aufbau, den Schwachstellen und der vorangegangenen Restaurierung des Rocks vertraut ist. Dabei gibt es zum Tragen von Handschuhen bei einer Handhabung verschiedene Empfehlungen: Einerseits wird das Tragen von glatten Latex bzw. Vinyl-Handschuhen nahegelegt, die das Textil vor Hautfett und Schmutz schützen empfohlen, andererseits ein Arbeiten mit gewaschenen Händen, das es ermöglicht, die Oberfläche besser haptisch wahrnehmen zu können.⁸² Baumwollhandschuhe hingegen sind in jedem Fall ungeeignet, da man mit diesen an abstehenden Glasfasern hängen bleibt und Schäden verursacht.⁸³

⁸¹ Canadian Conservation Institute, Agents, 2017.

⁸² Koob, Conservation, 2006, S. 19–20.

⁸³ French/Mackenzie, Costume, 2006, S. 448.

Tabelle 10 Empfehlungen für die Aufbewahrung und Ausstellung

Schädigungsfaktoren	Risikomanagement	
	Aufbewahrung	Ausstellung
Physikalische Kräfte	Stabile Verpackung, beweglich mit Transportausrüstung, Vibrationsschutz, Bewegungen auf der Unterkonstruktion	Standfestigkeit, bruchsichere Vitrine, Zugang für einfache Bestückung, Wartung, Pflege ^(d)
Temperatur und Relative Luftfeuchtigkeit	15–25°C, ± 2°C kurzfristige und ± 5°C saisonale Schwankungen ^(b) 45–55% relative Luftfeuchtigkeit ^(d) Stabilität der r. F. durch passive oder aktive Konditionierung sowie Luftzirkulation Ausgleich jahreszeitlicher Schwankungen durch Regulierung des Raumklimas ^(d)	
Licht und Strahlung	Keine Beleuchtung Lichtschutz durch Abdeckung	Jährliche Belichtungsstärke max. 15 000 lxh je Jahr, Jährliche Belichtungszeit 300 h je Jahr, Beleuchtungsstärke max. 50 lux ^(d)
Schadstoffe	Staubdichte Verpackung mit Filtern in der Außenhülle Abdeckung des Exponats	Staubdichte Vitrine aus emissionsarmen Materialien* Ventilation/Lüften bei Reinraummodulen, Filtersystem
Dissoziation	Gemeinsame Aufbewahrung des Rocks, der losen Schleife und der losen Materialien, Zuweisung von Unterinventarnummern	Durchgängige Dokumentation von Standortveränderungen: Standortvermerk im elektronischen Datenbanksystem MuseumPlus zu den einzelnen Bestandteilen
Diebstahl und Vandalismus	Sicherheitssystem im Depot	Verriegelungs- und Sicherheitssystem
Biologischer Befall	Klebefallen in und um die Einheit	Kontrolle durch optische Inspektion durch Aufsichtspersonal und RestauratorInnen
	Abdichten aller Öffnungen Reinigung der Umgebung und Kontrolle der Klimawerte	
Feuer	Feuersichere Materialien, Hausinterne Abläufe zur Brand- und Katastrophenschutz anwenden	
Wasser	Integrierte, erhöhte Standfläche oder Lagerung auf einer Palette/im Regal	Erhöhter Sockelbereich, wasserdicht

Literatur zur Tabelle: (a) Spicer/Alig/Heard, Storage, 1998; (b) Canadian Conservation Institute, Agents, 2017; (c) Timár-Balázsy/Eastop, Principals, 1998, S. 45; (d) Koob, Conservation, 2006, S. 135; (e) Deutsches Institut für Normung, DIN 16163, 2013, S. 15; (f) Wvaentig u. a., Konservierung, 2014; Zu den sicherheitstechnischen Anforderungen im Depot und im Ausstellungsbereich sei auf die museumsinternen Richtlinien verwiesen.

Ein weiterer Aspekt beim Schutz vor mechanischer Einwirkung ist die Größe und Konstruktion der Ausstellungsvitrine bzw. der Aufbewahrungseinheit. Bestimmend sind dabei die Maße des gesamten Kleids, wobei zum momentanen Zeitpunkt der Platzbedarf für das fehlende Oberteil nur geschätzt werden kann. In der Box zur Aufbewahrung des Stücks könnte neben dem Rock auch freier Raum für das Oberteil und die Behältnisse mit den losen Fasern eingeplant werden. Die Dimensionierung der Vitrine hängt vom Umgang der Ausstellungsgestalter mit dem fehlenden Oberteil ab. Bei der Aufbewahrungseinheit ist neben den in Tabelle 10 formulierten Anforderungen darauf zu achten,

dass durch die Konstruktion Schäden am Kleid durch unbeabsichtigtes Anstoßen verhindert werden, dass der Öffnungsmechanismus einfach ist und dass eine Kennzeichnung in Wort und Bild an der Außenseite angebracht ist. Dadurch soll ein wiederholtes Öffnen verhindert werden, bei dem das Klima im unmittelbaren Umfeld des Exponats gestört und lose Fasern freigesetzt werden können. Mit Anfertigung der Aufbewahrungseinheit ist eine Handreichung für das Öffnen der Box, den Transport und die Handhabung des Glasfaserkleids zu formulieren.

Wie bei der Restaurierung werden Klimawerte von 15–25 °C und 45–55 % empfohlen, die sich an der Materialkombination orientieren. Schwankungen bei der Temperatur sollten kurzfristig max. $\pm 2^\circ\text{C}$ und saisonal vom empfohlenen Wert nur 5 °C nach oben bzw. unten abweichen.⁸⁴ Bei der relativen Luftfeuchtigkeit ist ein Wert von 45 % nicht zu unterschreiten, da die Seidenfasern bis dahin ihre Flexibilität behalten können.⁸⁵ Die letztgenannte Obergrenze ergibt sich daraus, dass bei ihr der Wert deutlich sowohl unter der Deliqueszenzfeuchte der löslichen Natriumsalze aus dem Glas (98 %) liegt, als auch unter dem Feuchtebereich, in dem es zum Wachstum von Mikroorganismen in den organischen Materialien des Kleids kommen kann (ab ca. 65 %). Für die Seidenfasern ist eine relative Feuchtigkeit von $50 \pm 5\%$ geeignet, während an den metallenen Schließen in diesem Bereich bereits Korrosion stattfinden kann. Daher wurde bei der Restaurierung darauf geachtet, augenscheinlich stabile Oxidschichten auf den Metalloberflächen nicht zu verletzen. Es wird empfohlen, Schwankungen durch die Regulierung des Klimas im direkten Umfeld der Aufbewahrungskiste bzw. in der Vitrine gering zu halten.⁸⁶

Der Rock fällt wegen der Bestandteile aus Seide in die Kategorie von Materialien mit hoher Lichtempfindlichkeit.⁸⁷ Bei einer Ausstellung kann die Belastung durch elektromagnetische Strahlung durch die folgenden Maßnahmen reduziert werden:⁸⁸

- Anbringung von Vorhängen, Verschattungen und UV-Schutzfolien vor Fenstern
- Auswahl von Leuchtmitteln ohne schädigende UV- und IR-Strahlung
- Lichtintensität minimieren, z. B. durch gedimmte Ausstellungsbereiche, ggf. mit entsprechenden Übergangszonen, die den BetrachterInnen eine allmähliche Adaptation ermöglichen
- Trennung der Lichtquelle vom Exponatraum zum Vermeiden von Wärmestrahlung am Exponat

⁸⁴ Canadian Conservation Institute, Agents, 2017.

⁸⁵ Tímár-Balázs/Eastop, Principals, 1998, S. 45.

⁸⁶ Koob, Conservation, 2006, S. 133–135, 141.

⁸⁷ Grenzwerte für Materialien mit hoher Empfindlichkeit nach DIN EN 16163, Erhaltung des kulturellen Erbes – Leitlinien und Verfahren für die Auswahl geeigneter Beleuchtung für Innenausstellungen (Deutsches Institut für Normung, DIN 16163, 2013, S. 15).

⁸⁸ Waentig u. a., Konservierung, 2014, S. 60.

Die Effektivität der präventiven Maßnahmen zum Schutz vor Licht und Strahlung ist durch punktuelle Messung der Beleuchtungsstärke bzw. der UV-Strahlung mit Luxmetern überprüfbar. Für die Ermittlung der jährlichen Belichtung können vorhandene Daten, Modellwertbetrachtungen oder Einwegmessfühler wie der Blue Wool Standard genutzt werden.⁸⁹

Wegen des Schädigungspotenzials der Substanzen und der mechanischen Belastung bei der wiederholten Reinigung der Oberfläche ist ein Schutz vor einer erneuten Kontamination mit partikelförmigen Schadstoffen notwendig. Kann der Staubeintrag nicht vermieden werden, ist die Trockenreinigung mit Pinsel und Feinstaubsauger durch eine/n RestauratorIn auszuführen. Zum Entfernen haftender Partikel wird das Wasser-Alkohol-Gemisch (3:1) aus der Versuchsreihe empfohlen, appliziert mit einem weichen Pinsel, und anschließendes Trocknen mit weichen, saugenden Tüchern. Bei diesem Lösemittel kann auf ein Spülen der gereinigten Stelle verzichtet werden.

Bei der Auswahl der Materialien für die Aufbewahrungseinheit bzw. eine Vitrine werden die höchsten Anforderungen an Langzeitbeständigkeit, chemisch inertes Verhalten und Schadstofffreiheit beim direkten Kontakt zum Textil gestellt. Dies betrifft die Abdeckungen bei der Unterkonstruktion, für die nicht-gepuffertes, pH-neutrales Seiden- und Japanseidenpapier⁹⁰ sowie textile Flächen, wie Tyvek und Gewebe aus Baumwolle, Seide und Polyester empfohlen werden.

Bei Materialien für den Bau der Aufbewahrungseinheit und einer Vitrine ist vor allem auf eine niedrige Schadstoffemission zu achten. Hierfür können die folgenden Werkstoffe in Betracht gezogen werden:⁹¹

- Chemisch stabile, bruchsichere Gläser ohne schädigende Beschichtung
- Korrosionsarme, mit chemisch inerten Kunstharzen beschichtete bzw. verchromte Metalle: Aluminium, beschichteter Stahl
- Hartholz, beschichtetes Sperrholz mit Hartholz als Deckflächen, Holzprodukte ohne Phenolformaldehyd und formaldehydfreien Klebstoffen
- Schäume aus Polyethylen und Polystyren
- Klebung mit Polyacrylat-Emulsionen oder Klebebändern mit acrylat-basiertem Kunstharz und Trägermaterial aus Polyester

Können diese Anforderungen nicht erfüllt werden, besteht die Möglichkeit, z. B. Überzüge mit Acrylat-Latex-basierten Farben, Aluminium-Flake-Farben auf Acrylat-Basis oder eine Dampfschutzbarriere aus feuchtevernetzten Urethan-Verbindungen anzubringen.

⁸⁹ Deutsches Institut für Normung, DIN 16163, 2013, S. 16–17. Letztere Methode erlaubt eine qualitative Einschätzung der Gesamtbelichtung, ablesbar an der farblichen Veränderung des Standards durch Ausbleichen.

⁹⁰ Spicer/Alig/Heard, Storage, 1998, S. 17.

⁹¹ Raphael, Guidelines, 1997, S. 87–88; Spicer/Alig/Heard, Storage, 1998, S. 5, 9, 14.

Kontrolle des Zustands

In der Vergangenheit wurden keine Aufzeichnungen über Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit im Depot gemacht, was dazu geführt hat, dass einige Schadensursachen nicht mehr ermittelt werden können. In Zukunft wäre es zu empfehlen, die klimatischen Umgebungsbedingungen und potentielle Schadensfaktoren für das Glasfaserkleid zu dokumentieren. Zusätzlich kann durch das Überprüfen des Erhaltungszustands indirekt auf Fehler bei der Aufbewahrung und Ausstellung geschlossen sowie eine Beurteilung der restauratorischen Eingriffe vorgenommen werden. In Tabelle 11 sind Indikatoren für Abbauprozesse, weitere Schäden und negative Auswirkungen der Restaurierung aufgelistet und mit möglichen Schadensursachen verknüpft.

Tabelle 11 Methoden zur Beurteilung des Erhaltungszustands und Verknüpfung mit Schadensursachen

Untersuchungsmethode	Beschreibung des Schadens	Mögliche Schadensursachen
Bereich unter dem Rock auf loses Fasermaterial prüfen	Lose Glasfaser- und Seidenfragmente	Mechanische Einwirkung, Klimaschwankungen
Vollständigkeit kontrollieren	Fehlende Bestandteile	Dissoziation, Diebstahl
Regelmäßig angefertigte (Mikro) Fotografien prüfen ^{(a), (b)}	Deformation der Gewebe durch die Stiche der Nähkonservierung Kristalle am Glas, Korrosion der Metalle, Schimmel Versprödung der Seide Fremdmaterial, Verdunkeln, kristalline Ausblühungen Fraßspuren	Physikalische Kräfte Feuchtigkeit (> 60 % r. F.) Trockenheit (< 40 % r. F.) Schadstoffbelastung Schädlingsbefall
Farbmessung ^(c)	Vergilben der Seide	Licht und Strahlung
Abstände zwischen Referenzpunkten messen ^(d)	Ausdehnen des Gewebes v. a. im Bereich der gesicherten Löcher und Risse	Zugkraft nach unten

Literatur zur Tabelle: (a) ,Wirsing/Ranz, Risse, 2016, S. 52; (b) Benson u. a., 'Like-With-Like', 2014; (c) Luxford/Thickett, Objects, 2013, S. 266; (d) Asai u. a., Tapestry Conservation Traditions, 2008, S. 969.

Die Methoden zur Beurteilung wurden unter der Vorgabe ausgewählt, dass sie geringen zeitlichen Aufwand bei der Durchführung und Interpretation der Ergebnisse bedeuten und ein überschaubare Datenmengen produziert wird. Die Anwendung von Mikro- und Makrofotografie wurde von Wirsing und Ranz für die Zustandsdokumentation von chemisch instabilem Glas im Bayerischen Nationalmuseum systematisiert. Die Anforderung, die Aufnahmen vergleichen und die Untersuchungsbedingungen reproduzieren zu können, wurde durch die Konstruktion eines Spezialtisches und die Arbeit mit einem Koordinatensystem erfüllt.⁹² Diese Herangehensweise ist bei der Konzeption eines Un-

92 Wirsing/Ranz, Risse, 2016, S. 52.

tersuchungsprotokolls für das Glasfaserkleid zu empfehlen. Wegen der mikroskopischen Dimension der zu beurteilenden Oberfläche der Glasfasern wird für die Untersuchung eine Kamera mit Makroobjekt bzw. die Verwendung des Digitalmikroskops notwendig sein. Bei der Planung der Aufbewahrungseinheit bzw. der Vitrine ist die Durchführung dieser Untersuchungen und der erforderliche Zugang zum Rock zu antizipieren.

Die Ausstellung des Glasfaserkleids

Das Glasfaserkleid hat in den knapp fünf Jahren, die zwischen dem Beginn der vorliegenden Forschung 2014 und dem Abschluss der Konservierung-Restaurierung Anfang 2020 lagen, verstärkte Aufmerksamkeit als Forschungsgegenstand erfahren. Im Anschluss an dieses, im Deutschen Museum in dieser Form bislang einzigartige Projekt gliederte sich der erhaltene Rock des Glasfaserkleids sich nun wieder in die alltäglichen Abläufe des Deutschen Museums ein; als eines von vielen »Meisterwerken der Naturwissenschaft und Technik«.

Die Verbindung zwischen diesen beiden Phasen der Objektbiografie stellt die Präsentation des Glasfaserkleids im Rahmen der Ausstellung »Dresscode Glasfaser« dar, in der es zum ersten Mal seit der Weltausstellung 1893 einem breiten Publikum zugänglich gemacht wurde.

Damit sind alle drei Zielsetzungen erreicht, die zu Beginn dieses Kapitels dargelegt wurden: Durch die Kombination von Restaurierungsmethoden aus den Fachbereichen Glas und Textil entstand ein Konzept, das die speziellen materiellen Anforderungen des Kleids berücksichtigt. Mit der Unterkonstruktion gibt es nun die Möglichkeit, den Rock ohne Berührung zu bewegen und dadurch einer mechanischen Schädigung vorzubeugen. Zuguterletzt geben die mediale Begleitung der Konservierung-Restaurierung, die Sonderausstellung und die digitalen Vermittlungsangebote auf der Website des Museums dem Glasfaserkleid die Möglichkeit zurück, wieder in seiner ursprünglichen Rolle zu strahlen, als anziehender Magnet für alle – selbst die rein »virtuellen« BesucherInnen.

Conclusio

Im Jahr 1893 ließ die Libbey Glass Company aus Toledo, Ohio drei Kleider aus Glasfasern und Seide für ihren Pavillon auf der World Columbian Fair in Chicago herstellen: einen Prototyp, der seit der Eröffnung als Ausstellungsstück diente, sowie dessen zwei Nachbildungen, einmal für die US-amerikanische Schauspielerin Georgia Cayvan und einmal für Infantin Eulalia von Spanien. Hergestellt wurden die Kleider und zahlreiche weitere handgefertigte Glasfasertextilien von dem Glasbläser Hermann Hammesfahr und seiner Familie, die auf diese Weise ihr kunsthandwerkliches Können demonstrierten. Der Firmeninhaber, Edward Drummond Libbey, nutzte die Kleider als Ausstellungsstücke zu Werbezwecken, wobei besonders die beiden Nachbildungen die Aufmerksamkeit der BesucherInnen auf sich zogen. Während das Kleid von Georgia Cayvan heute als verschollen gilt, gelangte jenes der spanischen Prinzessin Eulalia 1924 als Stiftung ihrer Schwester María de la Paz in den Besitz des Deutschen Museums in München. Florence Scott Libbey wiederum, die Besitzerin des ursprünglichen Prototyps schenkte diesen 1925 dem Toledo Museum of Arts. Weltweit existiert nach aktuellem Kenntnisstand außer diesem und dem Münchner Stück nur noch ein weiteres Glasfaserkleid aus dem späten 19. Jahrhundert. Es handelt sich dabei um ein Bühnenkostüm der Schauspielerin Ellen Jaqua, das im New Brunswick Museum in Saint John, New Brunswick verwahrt wird.

Das Glasfaserkleid der Infantin Eulalia war der zentrale Knotenpunkt für die vorliegende Studie. Es ist nur fragmentarisch erhalten, denn der Rock ist stark beschädigt und das Oberteil fehlt gänzlich. Die Geschichte der Aufbewahrung im Deutschen Museum sowie im Bayerischen Nationalmuseum, wo das Kleid seit 1990 lagerte, konnte anhand von Dokumentationsmaterial und der Auskunft von MitarbeiterInnen weitgehend nachvollzogen werden. Die Frage, ob das Glasfaserkleid von Infantin Eulalia im Deutschen Museum vor 2020 jemals ausgestellt war, ist jedoch bis heute nicht abschließend geklärt, wie auch die Frage, wo sich das Oberteil befindet, bzw. wie es abhanden kam. Das Kleid von Florence Scott Libbey im Toledo Museum of Arts ist dagegen vollständig erhalten und wird bis heute für Ausstellungen genutzt. Ellen Jaquas Bühnenkostüm (NBM) wurde in der Vergangenheit mit jenem von Georgia Cayvan verwechselt – die bis dato inkorrekte Zuschreibung konnte durch die Analyse der Schnittkonstruktion endgültig widerlegt werden. Es wurden jedoch bei allen drei Kleidern Übereinstimmungen in der Textilherstellung und bei der Glaszusammensetzung festgestellt, die auf einen ähnlichen Herstellungskontext hindeuten. Dies gilt es weiter zu untersuchen.

Der Vergleich von Infantin Eulalias Glasfaserkleid (DM) mit den erwähnten erhaltenen Kleidern und mit weiteren Glasfasertextilien aus dem Zeitraum zwischen ca. 1740 bis 1900 brachte neue Kenntnisse sowohl zur Materialität als auch zur einstigen Wahrnehmung dieser frühen synthetischen Faserstoffe. Alle untersuchten Textilien wurden in einem technischen Katalog erfasst, der nach textilen Herstellungsmethoden gegliedert ist. Mit Hilfe einer Online-Datenbank, die auch die Befunde dieser Untersuchungen enthält, könnten künftig weitere Sammlungen ihre erhaltenen Glasfasererzeugnisse eintragen, womit ihre Sichtbarkeit erhöht und das Wissen über diese Materialien an einem gemeinsamen, zentralen Ort verfügbar würde.

An ausgewählten Stücken aus anderen Museen (Vgl. Tab. 6, S. 132) wurden Proben entnommen für die Glasanalyse mittels REM-EDX und für Untersuchungen der Faser-morphologie mit bildgebenden Verfahren. Die verwendeten Gläser wurden anhand ihres Bleigehalts klassifiziert und konnten zwei verschiedenen technologischen Herstellungskontexten zugeordnet werden: einerseits Glasbläser-Werkstätten, die mit sehr heterogenem Material aus Eigenproduktion oder Glashütten arbeiteten und andererseits solchen, die industrielle Bezugsquellen hatten. An Proben des Hochzeitsensembles von Helen Monro Turner aus dem Turner Museum of Glass in Sheffield konnte auch das Färbeverfahren mit einem Säurefarbstoff durch RAMAN-Spektroskopie nachgewiesen werden. Für künftige ähnliche Vorhaben wäre eine Optimierung der Methodik zur naturwissenschaftlichen Analyse, etwa durch die Ausweitung der Untersuchungsgegenstände und eine Verfeinerung des Analysekonzepts anzustreben. Dies könnte im Zuge von Untersuchungen zur Geschichte des Übergangs von der handwerklichen zur maschinellen Erzeugung von Glasfasern erfolgen oder auch bei den Zustandskontrollen am Glasfaserkleid.

Ein weiteres Resultat der Untersuchungen war das illustrierte Glossar von typischen Schäden an Glasfasertextilien. Es bildete den Ausgangspunkt für die Schadensanalyse am Kleid, aus der das Konzept zur Restaurierung und Empfehlungen für die Aufbewahrung bzw. Ausstellung abgeleitet wurde. Als Hauptschadensursachen wurden mechanische Einwirkungen bei der Verarbeitung und Handhabung des Glasfaserkleids, Schadstoffbelastung und Feuchtigkeit während der Aufbewahrung benannt. Hinzu kommt, dass die verwendeten Alkali-Kalkbleisilikat-Gläser chemisch instabil sind, dass sie Korrosion an den metallenen Schließen auslösen und dass bei den seidenen Futterstoffen eine Erschwerung mit Metallsalzen vorliegt.

Das entwickelte Maßnahmenkonzept zielte darauf ab, den Rock vom Glasfaserkleid der Infantin Eulalia dauerhaft und maximal schädigungsfrei zu erhalten, aber gleichzeitig das Exponat zugänglich für Ausstellungen und weitere Erforschungen zu machen. Dafür wurden verschiedene Methoden aus den beiden unterschiedlichen Gebieten Glas- und Textilrestaurierung kombiniert und exemplarisch erprobt. Die Auswahl von Reinigungsmaterialien und -methoden basiert auf einer Testreihe an Proben aus dem Kleid und historischen Glasfasertextilien mit vergleichbaren Auflagen und kristallinen Ausblühungen. Die Bewertung der Effektivität und des Schädigungspotenzials erfolgte mittels bildgebender Verfahren, pH- und Leitwertmessungen der Reinigungslösungen sowie Farbmessungen. Für die Reinigung eigneten sich sowohl eine Lösung von nicht-ionischen Tensiden demineralisiertem Wasser als auch Ethanol-Wasser-Gemische. Beim Glasfaserkleid wurden die Reinigungslösungen mit weichen Pinseln, Spritzflaschen und durch Immersion in eine Waschlösung appliziert. Als stabilisierende Maßnahmen am Rock wurden eine nähtechnische Sicherung der Fehlstellen, das Einbringen eines Stützgewebes und die dauerhafte Montage des Rocks auf einer passgenauen Unterkonstruktion als geeignetste Maßnahmen identifiziert. Auf diese Weise ist die Lesbarkeit der erhaltenen Bestandteile des Glasfaserkleids in einer Ausstellung verbessert und eine gute Aufbewahrung sowie die indirekte Handhabung bei Transporten ermöglicht. In Bezug auf die

chemische Instabilität der Glasfasern ist künftig verstärkt auf den Schutz vor Feuchtigkeit und Schadstoffen zu achten, die Seide ist besonders lichtempfindlich.

Die Konservierung-Restaurierung fand parallel zum Forschungsprozess statt, sodass schrittweise praktische Erfahrungen in die wissenschaftlich basierte Entscheidungsfindung einfließen. Als integraler Bestandteil des langfristigen Erhalts des Glasfaserkleids wurde auch die Vermittlung in der Öffentlichkeit angewandt und so das Exponat wieder seiner ursprünglichen Nutzung, nämlich der, Staunen zu erregen, zugeführt.

Dank

Mein Dank gilt Em. Prof. Erwin Emmerling, der mir mit der Annahme des Promotionsvorhabens an der TUM unzählige Türen geöffnet hat. Dr. Marisa Pamplona Bartsch vom Deutschen Museum hat dieser Dissertation hohe Priorität in der Abteilung Restaurierungsforschung gegeben, wofür ich sehr dankbar bin. Von meiner ersten Bewerbung für das Scholar-in-Residence-Programm an, über die Organisation von Analysen mit dem Zentrallabor des Bayerischen Landesamts für Denkmalpflege, Forschungsreisen und Vorträgen bis zur Restaurierung unterstützte sie die Arbeit. Dr. Winfrid Glocker, ehemaliger Kurator für Textil, hat mir die vielen Orte im Deutschen Museum gezeigt, an denen Informationen zum Glasfaserkleid zu finden sind. Das Kleid hat ihn von der ersten Ausstellung seiner Museumskarriere an begleitet und es freut mich, dass wir bis zu seiner Pensionierung einige offene Fragen dazu beantworten konnten.

Prof. Dr. Helmuth Trischler und Elisabeth Knott, Deutsches Museum, danke ich für die Unterstützung dieses Projekts und die Möglichkeit, Forschungsreisen zu den weltweit verstreuten Glasfasertextilien zu machen. Für die ersten Untersuchungen und Maßnahmen am Glasfaserkleid konnte ich das Textilatelier im Bayerischen Nationalmuseum nutzen und den Wissensaustausch mit Dagmar Drinkler, Dr. Johannes Pietsch, Steffi Wirsing, Hans-Jörg Ranz, Beate Kneppel, Davinia Galego und Yassine Diatta pflegen. Christina Schmitt stellte mir die Erkenntnisse ihrer Recherchen zur Verfügung. Mit Edith Oberhumer aus dem Museum für angewandte Kunst Wien reflektierte ich Ideen zur Umsetzung der Restaurierung und bekam wertvolle Tipps zu Materialien. Für die Analyse der Gläser danke ich Christian Gruber und Martin Mach, zu denen ich immer mit meinen Glasfaserproben und Fragen an die instrumentelle Analyse ins Zentrallabor kommen durfte. Durch die Unterstützung von PD Dr. Heike Stege hatte ich Zugang zur Expertise zu historischem Glas, synthetischen Farbstoffen und Techniken der Probenpräparation am Doerner Institut. Die vielen organisatorischen Bitten erfüllten mir Christina Elsässer, Andrea Walther, Cornelia Saffarian und Katharina Kuchlmayr. Hubert Czech hat mit viel Gespür die unterschiedlichen Facetten des Glasfaserkleids auf »Film« festgehalten und dabei von Anfang an ein Feingefühl für die Fragilität der Materialien bewiesen. Dem Interesse der Kuratorin für Nachrichtentechnik, Dr. Tina Kubot, der Abteilung Öffentlichkeitsarbeit und dem Web-Team verdanke ich die Vermittlung und Umsetzung meiner Bemühungen zur Wissenschaftskommunikation.

Ich möchte jenen Personen in den Museen danken, die mir vor Ort, durch Korrespondenz und großzügigen Informationsaustausch geholfen haben: Julie McMaster und Marissa Johnson, Toledo Museum of Arts; Stephen Koob, Astrid van Giffen, Dr. Jack Green, Rebecca Hopman und Eric Goldschmidt, Corning Museum of Glass; Dr. Mechthild Dubbi und Chris Clouter, Technisches Museum Wien; Peter Laroque, Dee Stubs-Lee und Claire Titus, New Brunswick Museum, Saint John; Dr. Edwina Ehrman und Frances Hartog, Victoria & Albert Museum, London; Anne-Laure Carré, Musée des arts et métiers, Paris; Klaudia Pontz und Dr. Heinrich Piening, Bayerische Verwaltung der staatlichen Schlösser, Gärten und Seen, München; Edith Oberhumer und Martina Dax, Museum für angewandte Kunst, Wien; Dr. Claus Veltmann, Frankesche Stiftungen, Halle; Em. Prof. John Parker, Turner Museum of Glass, Sheffield University. Die MitarbeiterInnen des ICT-FIL gaben mir essenziellen Einblick zur Faserprüfung an historischem Material.

Franziska Lipp und Dr. Catharina Blänsdorf halfen mir in zahlreichen Gesprächen und mit ihren Anmerkungen zu früheren Fassungen des Manuskripts, Ordnung in meine Gedanken zu bringen. Die fachlichen Kommentare von PD Dr. Heike Stege, Dr. Johannes Pietsch, Matthias Göggerle, Steffi Wirsing und Eva Bergt zu ausgewählten Kapiteln habe ich sehr geschätzt. Anja Schumann, Dr. Martin Meiske, Dr. Sarah Waltenberger, Anne Biber, Simon Kunz, Dr. Felix Mauch, Dr. Amir Zelinger, Dr. Sebastian Kistler, Dr. Lukas Breitwieser, Dr. Christian Zumbrägel, Susanne Brunner und Michaela Edler möchte ich herzlich für die Diskussionen, kritischen Bemerkungen und die nötigen Ablenkungen danken.

Der Familie gilt mein größter Dank. Mit dem gewohnten Schwung hat sie mein Projekt ideell wie finanziell, durch Besuche in München und produktives Diskutieren und Lektorat unterstützt.



Abb. 13 Der Rock des Glasfaserkleids der Infantin Eulalia nach der Restaurierung, Ansicht der Rückseite.



Blick in die Ausstellung »Dresscode Glasfaser« mit dem restaurierten Rock, in der Abteilung Museumsgeschichte, Deutschen Museum 2021

Anhang

Katalog der untersuchten Textilien

Der Katalog besteht aus 34 Einträgen zu Glasfasertextilien, datiert zwischen 1741 und 1943, die in 13 Sammlungen bewahrt werden. Die Untersuchungen zielten darauf ab, das Wissen zu Glasfasertextilien in schriftlichen Quellen durch Beschreibungen und textiltechnologische Analysen von erhaltenen Stücken zu erweitern. Der Schwerpunkt wurde auf Glasfaserkleider und Produkte der Libbey Glass Company von der Weltausstellung in Chicago 1893 gelegt, die deswegen im Katalog überdurchschnittlich stark vertreten sind. Diese Textilien stammen aus demselben Herstellungskontext wie das Glasfaserkleid der Infantin Eulalia und wurden daher als Vergleichsstücke für die technologische Einordnung und die Schadensanalyse herangezogen.

Ein Überblick über alle Einträge mit den Grunddaten zu den einzelnen Textilien findet sich in Tabelle 1. Verweise auf die Katalogeinträge und die Beschreibung der Glasfaserkleider aus dem Deutschen Museum, dem Toledo Museum of Arts und dem New Brunswick Museum finden sich im Fließtext.¹

Systematisierung

Der Katalog ist in sieben Abschnitte nach Verarbeitungstechniken gegliedert, die mit einer fortlaufenden Nummer versehen sind. Die Einordnung weicht von der Auswertung historischer Quellen zur Verarbeitung von Glasfasertextilien ab.² Der Mehrwert dieser Einteilung besteht darin, dass auf den ersten Blick erfasst wird, welche Glasfasertextilien im 18. bis frühen 20. Jahrhundert tatsächlich existierten und ob die HerstellerInnen sich auf eine Technik fokussierten bzw. in welchem Umfang sie Techniken kombinierten. Die Katalognummern orientieren sich an den folgenden Abschnitten:

1. Bei den unverarbeiteten Glasfasern wird die Faserform und das äußere Erscheinungsbild des gesamten Exponats beschrieben.
2. Die Feder- und Haarimitationen werden hinsichtlich der einzelnen Faserbündel und der Montage auf dem Objekt durch Anschmelzen, Einsatz eines Klebemittels oder Umwickeln mit Fäden bzw. Gewebestreifen dokumentiert.
3. Bei Garnen und Zwirnen sowie
4. Flechtwerken wurden die Merkmale Material, Drehung und Farbe der Fäden sowie der Durchmesser der Garne und ihrer Einzelfasern untersucht.
5. In die Kategorie der Posamentrie fällt eine Sammlung von Dekorationselementen, die aus Zeitgründen nicht näher untersucht wurden. Sie ist dennoch im Katalog enthalten, weil diese Art der Verarbeitung von Glasfasern in zahlreichen Quellen Erwähnung findet.

¹ Siehe dazu das Kapitel »Vergleichende Untersuchung an drei Glasfaserkleidern«, S. 29–40.

² Siehe dazu das Kapitel »Verarbeitung zu Textilien«, S. 81–97.

6. An den Geweben erfolgte eine Analyse der Technik nach den Vorgaben des Centre international d'étude des textiles anciens: Es werden die Bindung beschrieben, die Beschaffenheit der Kettfäden und Schusseinträge nach Material, Drehung, Farbe und Durchmesser der Fäden, vorhandene Webkanten werden analysiert und die Webbreite wird angegeben. Sind die Gewebe weiterverarbeitet, wird zusätzlich der Aufbau beschrieben.
7. In die letzte Kategorie fallen Exponate mit Kombinationen von verschiedenen verarbeiteten Textilien. Die einzelnen Bestandteile und deren Verbindungen werden charakterisiert.

Tabelle 1 Übersicht der untersuchten Glasfasertextilien, Kleider grau hervorgehoben

Kat. Nr.	Bezeichnung	Datierung	HerstellerInnen	Herkunft	Sammlung	Inventarnummer
1 Unverarbeitete Fasern						
1.1	Faserprobe in Musterbuch für Glasperlen	1818	Unbekannt	Venedig, A	TMW	62216
1.2	Drei Faserbündel	1830–1837	Benetto Polacco	Venedig, A	TMW	69950
1.3	Fasern im Standglas	1880–1920	Unbekannt	Unbekannt	TMW	78620
1.4	»Engelshaar-Glasfasern	1873	Unbekannt	Wien, A	DM	2013-1126
1.5	Glasfasern zur Glasherstellung«	Um 1903	Kagerah's techn. Lehrmittel	Olching, D	DM	2012-1898
2 Feder-/ Haarimitationen						
2.1	»Pfau mit Glasschweif«	1837	Unbekannt	Ungarn	TMW	36740
2.2	Federbusch	1838–1839	Domenico Bussolin	Murano, Venedig	TMW	62367
2.3	»Musterungssträußchen«	1889–1918		Österreich	HGM	2006/01/97
2.4	Perücke	Um 1741	Abondius Lera	Nordeuropa	FSH	KNK0039
2.5	»Le lion et le serpent«	1811–1830	René Lambourg	Saumur, F	MAM	07009
3 Garne und Zwirne						
3.1	Glasfasergarn	1880–1920	Unbekannt	Unbekannt	TMW	78621
4 Flechtwerke						
4.1	Anstecknadel	1893	Libbey Glass Company	Toledo, Ohio USA	TMA	nicht inv.
4.2	Gürtel	1840–1837	Unbekannt	Böhmen	TMW	69648
4.3	Krawatte	1893	Libbey Glass Company	Toledo, Ohio USA	TMA	nicht inv.
4.4	Körbchen	1845–1847	Jacopo Tomasi	Venedig	TMW	69931
5 Posamentrie						
5.1	Dekoration	1875–1899	Louis & Richard Wetzel	Geyer, Sachsen	V&A	T.181 185:1997
6 Gewebe						
6.1	Gewebefragment	1837	Benetto Polacco	Venedig	TMW	7654
6.2	Weste	1830–1837	Benetto Polacco	Venedig	TMW	63289
6.3	Gewebefragment	1839	Ignace Dubus Bonnel	Paris, F	MAM	05863-0001
6.4	Gewebefragment	Vor 1865	Unbekannt	Paris, F	MAK	00707-1865
6.5	Dekorstoff	1839–1842	Unbekannt	Unbekannt	BSV	Lagerbuchnr. 43

6.6	Gewebefragment	1839	Ignace Dubus Bonnel	Paris, F	MAM	05863-0002
Kat. Nr.	Bezeichnung	Datierung	HerstellerInnen	Herkunft	Sammlung	Inventarnummer
6.7	Gewebe im Standglas	1880–1920	Unbekannt	Unbekannt	TMW	78622
6.8	Kleid von Helen Turner	1943	Glass Fibre Ltd. Fairhill	Glasgow, GB	TMG	393
7	Kombinationen					
7.1	Glasfaserflechtband und Faserbündel	Ca. 1876	Unbekannt	USA	CMG	62.4.68
7.2	Puppe mit Kimono	1893	Libbey Glass Company	Toledo, Ohio USA	CMG	99.4.89
7.3	Sonnenschirm	1893	Libbey Glass Company	Toledo, Ohio USA	TMA	UNACC.2
7.4	Weste	1893	Libbey Glass Company	Toledo, Ohio USA	TMA	nicht inv.
7.5	Rock des Kleids der Infantin Eulalia	1893	Libbey Glass Company		Toledo, Ohio USA	DM 1924-51952
7.6	Kleid von Florence Scott Libbey	1893	Libbey Glass Company		Toledo, Ohio USA	TMA UNACC.1
7.7	Kleid von Ellen Jaqua	1900	Unbekannt	Dresden, Sachsen/Paris, F	NBM	14441

Identifikation

Die Einträge sind mit einer Bezeichnung und einer Datierung identifiziert. Lautet die Bezeichnung wie in den Museumsdokumentationen, sind sie in Anführungszeichen gesetzt. Fasern, die weiß erscheinen, sind mit »farblos« bezeichnet, da die Gläser ungefärbt sind. Für die Datierung wurden die Angaben aus den Sammlungen übernommen. Weitere Informationen, mit denen die Exponate eindeutig charakterisiert werden können, sind HerstellerInnen, Ort, Sammlung und die Inventarnummer.

Maße

Die maximale Größe der Sammlungsstücke ist mit Höhe, Breite und Tiefe in Zentimetern angegeben. Bei den Kleidungsstücken wurden außerdem die vordere und hintere Länge sowie der Umfang am Bund vermessen.

Beschreibung

Das äußere Erscheinungsbild ist in Textform beschrieben. Relevante Fakten zu Provenienz, Ausstellung, instrumentellen Analysen und Restaurierungen, die spezifisch für das untersuchte Textil sind, ergänzen den Katalogeintrag.

Bildmaterial

Neben Gesamtaufnahmen veranschaulichen Detailbilder zu Beginn jedes Abschnitts die Verarbeitungstechnik genauer. Wenn nicht anders angeführt, stammen die Aufnahmen von der Verfasserin.

Material und Technik

Die Ergebnisse der Untersuchungen zur Verarbeitung sind unter dem Begriff »Materialanalyse« und »Analyse der Nähfäden« zusammengefasst. Bei der Ausformulierung dieser Analysen dienten vor allem Bestandskataloge der Abegg-Stiftung, Riggisberg als Vorbild.

Vergleichsstücke

Vergleichbare Textilien, die dem untersuchten Stück in einem oder mehreren Merkmalen ähneln, sind mit den folgenden Angaben identifiziert: Bezeichnung, Sammlung, Inventarnummer und Literatur. Als ähnlich sind Stücke, die in derselben Technik und/oder von denselben HerstellerInnen gefertigt wurden, zu verstehen. Bei den Lampasgeweben findet zudem eine Differenzierung in gelbe und farblose Glasfasern statt.

Literatur

Es werden alle Veröffentlichungen mit Kurztiteln angeführt, in denen das jeweilige Exponat Erwähnung findet. Die Reihung erfolgt alphabetisch, das heißt z.B. ohne Unterscheidung von historischen Quellen, publizierten Restaurierungsberichten oder Ausstellungskatalogen (Tab. 2).

Tabelle 2 Chronologische Übersicht der Ausstellungen der untersuchten Glasfasertextilien

Datum	Exponat (Leihgeber)	Ausstellung	Publikationen ¹
Seit 1741	Perücke	Kunst- und Naturalienkammer Frankesche Stiftung zu Halle	Müller-Bahlke, Wunderkammer, 1998
ca. 1840–1940	Bestuhlung	Residenz München	Bayerische Verwaltung der staatlichen Schlösser, Residenz, 1937
Seit 1862	Skulptur »Der Löwe und die Schlange«	Abteilung Céramique, Musée des arts et métiers	–, Robe, 1903, Drouet u. a., Groupe, 2000
1851	Zwei Lampasgewebe	Abteilung Céramique Musée des arts et métiers	Conservatoire national des arts et métiers, Catalogue, 1908
Seit 1943	Glasfaserkleid	Turner Museum of Glass, Sheffield	Barns, Catalogue, 1993
1951	Glasfaserkleid, Sonnenschirm	«Libbey Glass Historic Exhibition» Toledo Museum of Arts	
1953	Glasfaserkleid (TMA)	«60th Anniversary of Columbian Exposition» Chicago Historical Museum	–, Exhibit, 1953
1968	Glasfaserkleid, Sonnenschirm	«Libbey Glass. A Tradition of 150 Years 1818–1968» Toledo Museum of Arts	The Toledo Museum of Arts, Glass, 1968
Seit 1983	Krawatte türkis	Corning Museum of Glass	Spillman, Glass, 1983
1986	Glasfaserkleid (NBM)	«Glass From World's Fairs 1851–1904» Corning Museum of Glass	Spillman, Glass, 1986
7.9.2002	Stühle	»Pracht und Zeremoniell. Die Möbel der Residenz München« Residenz München	Langer, Pracht, 2002
bis 6.1.2003			
2004	Glasfaserkleid, Sonnenschirm	«Unseen Art» Toledo Museum of Arts	
2004	Gesponnenes Glas, Pfau mit Glasschweif, Gewebemuster	»Massenware Luxusgut: Technik und Design zwischen Biedermeier und Wiener Weltausstellung 1804 – 1873« Technisches Museum Wien	Zuna-Kratky, Massenware, 2004
10.5.200 bis 7.7.2006	Perücke (FSH)	»Lockenpracht und Herrschermacht. Perücken als Statussymbol und modisches Accessoire« Herzog Anton Ulrich-Museum Braunschweig	Luckhardt/Marth, Lockenpracht, 2006
7.11.2010 bis 12.8.2011	Puppe mit Kimono, Krawatte	«Wholly Toledo: The Business and Industry That Shaped The City» University of Toledo	Floyd, Toledo, 2010
Seit 2015	Musterungssträußchen	Abteilung Der Erste Weltkrieg Heeresgeschichtliches Museum Wien	
21.4.2018	Fasern, Federbusch, Dekoration, Lampasgewebe	«Fashioned From Nature» Victoria and Albert Museum	Ehrman, Nature, 2018

1. Unverarbeitete Fasern

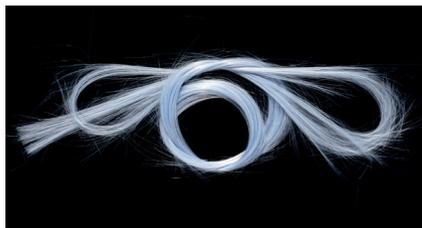


Abb. 1 Vergleich zu Kat. 1.2, Bündel aus farblosen Glasfasern (V&A, Inv. Nr. T11-1951)

1.1 Faserprobe in Musterbuch für Glasperlen, 1818

Verschiedene GlasbläserInnen aus Murano, Venedig
Technisches Museum Wien, Fabriksproduktenkabinett,
Inv. Nr. 62216

H. 17,0 cm, B. 55,0 cm, T. 42,0 cm



Abb. 2 Kat. 1.1, Materialprobe mehrfarbiger Glasfasern (TMW, Inv. Nr. 62216)

Das Musterbuch ist ein Geschenk an Kaiser Franz I. von Österreich (1768–1835), anlässlich seines Besuchs in Murano 1818.³ Auf der zweiten Seite des Buchs sind an vierter Stelle Bündel von farblosen, rosafarbenen, grünen und gelben Glasfasern gelistet. Sie wurden zu

beiden Seiten mit Papierstreifen eingeklebt. Möglicherweise gab dieses Musterbuch den Impuls für die Preisausschreibung der österreichischen Regierung im Jahr 1825 zur Herstellung von Glasfasergewebe.

Das Fabriksproduktenkabinett ist eine Sammlung von Produkten der Biedermeierzeit, die von Kaiser Franz I. von Österreich initiiert wurde. Zunächst wurden Warenmuster aus den Kronländern nach Wien gesandt, später vergleichbare Produkte aus anderen europäischen Ländern gesammelt. Teile des Bestands wurden 1911/12 dem Technischen Museum Wien übergeben.⁴ Die Textilien von Benetto Polacco, Jacopo Tomasi und anderen GlaskunstbläserInnen aus Murano und Böhmen zeichnen sich deshalb durch ihren gut dokumentierten Herkunfts- und Sammlungskontext aus.



Abb. 3 Detail zu Kat. 1.1 (TMW, Inv. Nr. 62216)

³ Mdl. Mittlg. Dr. Mechthild Dubbi, Sammlungsbereich Produktionstechnik, TMW, Wien am 3.10.2017.

⁴ Lackner, Technisches Museum Wien, 2009, S. 32–41.

1.2 Drei Faserbündel, 1830–1837

Benetto Polacco, Venedig
 Technisches Museum Wien, Fabrikproduktenkabinett,
 Inv. Nr. 69950
 H. 0,5 cm, B. 52,0 cm, T. 14,0 cm



Abb. 4 Kat. 1.2, Bündel blauer Glasfasern (TMW, Inv. Nr. 69950)

Der Strang aus blauen Glasfasern ist zu einer Schlinge gelegt und wird in der Mitte mit einem Stück Papier und Bindfaden zusammengehalten. Zu derselben Inventarnummer gehören Bündel aus farblosem Glas sowie in den Farben Gelb, Grün, Blau und Rosa.

Vergleichsstücke Faserbündel farblos, TMW, Inv. Nr. 69951;
 Faserbündel gelb, TMW, Inv. Nr. 69953;
 Faserbündel farblos, V&A, Inv. Nr. T11-1951 (Ehrman, Nature, 2018, S. 75)



Abb. 5 Präsentation des Faserbündels, Kat. 1.2 im Technischen Museum Wien (TMW, Inv. Nr. 69950)

1.3 Fasern im Standglas, 1880–1920

Technisches Museum Wien, Warenkundesammlung,
 Inv. Nr. 78620
 D. 5,4 cm, L. 12,0 cm



Abb. 6 Kat. 1.3, Glasfasern in einem Standglas aufbewahrt (TMW, Inv. Nr. 78620)

Lose Büschel von weißen und blauen Glasfilamenten sind in einem Glas aufbewahrt. In die Mitte wurde ein Reagenzglas gesteckt, das weitere grüne Glasfasern enthält.

Vergleichsstücke Gesponnenes Glas, TMW, Inv. Nr. 36731 (Dubbi u. a., Geschichte, 2004, S. 72);

Glasfaser im Glas, TMW, Inv.-Nr. 86320

1.4 »Engelshaar-Glasfasern, 8 Teile in Pappdose«, 1873 Wien

Deutsches Museum, München, Inv. Nr. 2013-1126

Glasstäbchen grün L. 4,0 cm, D. 0,3 cm

Glasstäbchen blau L. 4,0 cm, D. 0,3 cm

Glasstäbchen schwarz-braun L. 5,6 cm, D. 0,3 cm

Glasstäbchen grün, spiralförmig L. 8,0 cm, D. 2,0 cm

Glasstäbchen blau-braun, spiralförmig L. 8,0 cm, D. 2,0 cm

Büschel aus Glasfasern, einseitig verklebt

H. 0,8 cm, B. 3,0 cm, T. 11,5 cm

Zopf aus Glasfasern L. 8,0 cm, D. 2,0 cm

Strang aus losen Glasfasern L. 0,1 cm, D. 6,0 cm



Abb. 7 Kat. 1.4, Spirale aus blauen und braunen Glasfasern (DM, Inv. Nr. 2013-1126)

Die mehrfarbigen Glasfasern sind mitsamt den Glasstäben erhalten, aus denen sie gezogen wurden. Das Exponat besteht aus den folgenden acht Teilen: Je ein grüner, blauer und schwarz-brauner Glasstab, zwei Spiralen aus grünen bzw. blau-braunen Glasfasern, ein mehrfarbiges Büschel, das an einer Seite verklebt wurde, ein geflochtener Zopf aus hellbraun-beigefarbenen Fasern sowie ein loser, weißer Faserstrang.



Abb. 8 Kat. 1.4, Bündel mehrfarbiger Glasfasern (DM, Inv. Nr. 2013-1126)

Sie kamen durch Professor Hermann Schaeffer (1824–1900) aus Jena in das Deutsche Museum, der sie wahrscheinlich als Musterprobe bei einer GlasbläserInnen-Vorführung auf der Weltausstellung in Wien 1873 erworben hatte. Die Glasfasern bewahrte man in einer runden Papierschachtel mit der Beschriftung »Polarisations-Apparate« auf, die im Zuge der Depoträumung 2012 in der Abteilung für Fotografie geöffnet und nachträglich der Glastechnik zugeordnet wurde.⁵

Literatur Benz-Zauner, Einpacken, 2012

⁵ Benz-Zauner, Einpacken, 2012.

1.5 Glasfasern in »Lehrkasten zur Glasherstellung, 50-teilig«, um 1903

Kagerah's technologische Lehrmittel, Olching
 Deuwhes Museum, München, Inv. Nr. 2012-1898
 H. 4,0 cm, B. 37,5 cm, T. 28,5 cm, Gewicht 2,1 kg



Abb. 9 Kat. 1.5, Lehrkasten mit Materialproben aus Glas, darunter auch Glasfasern (DM, Inv. Nr. 2012-1898)

Der Lehrkasten »28. Die Glasbereitung« aus der Reihe »Kagerah's technologische Lehrmittel« enthält Grundstoffe zur Glasherstellung in Stein- bzw. Pulverform und Produkte aus verschiedenen Arbeitsschritten sowie Verarbeitungsformen, wie Röhren oder eben Glasfasern. Die kurzen Fasern sind in einem kleinen, versiegelten Gläschen aufbewahrt und wirken bei der optischen Betrachtung sehr spröde. Einer Aufschrift auf dem Deckel ist zu entnehmen, dass der Lehrkasten verschiedene Medaillen, unter anderem auf der Weltausstellung in St. Louis 1904 gewonnen hat. Dieses spezielle Exemplar war über die Lehrmittelhandlung der Gebrüder Höpfel, Berlin, an eine Mädchenschule verkauft worden.⁶

⁶ Grunddaten-Ausdruck Inv. Nr. 2012-1898, DMO.

2. Feder- und Haarimitationen



Abb. 10 Detail zu Kat. 2.5, Augenpartie des Löwen aus der Figurengruppe »Le Lion et le serpent« (MAM, Inv. Nr. 07009-0000)

2.1 »Pfau mit Glasschweif«, 1837

Ungarn
 Technisches Museum Wien, Fabrikproduktenkabinett,
 Inv. Nr. 36740
 H. 8,5 cm, B. 15,5 cm, T. 9,0 cm



Abb. 11 Kat. 2.1, Vogelfigur mit Schwanzfedern aus Glasfasern (TMW, Inv. Nr. 36740)

Die Schwanzfedern dieses mundgeblasenen Vogels sind aus einem Bündel Glasfasern gefertigt. Sie sind am Ansatz verdreht, miteinander verschmolzen und auf der Unterseite des Körpers durch erneutes Erhitzen der Gläser angebracht worden.

Literatur Zuna-Kratky, Massenware, 2004, S. 72–73

2.2 Federbusch, 1838–1839

Domenico Bussolin (Murano, Venedig, Glasbläser, tätig 1830er Jahre), Murano
 Technisches Museum Wien, Fabriksproduktenkabinett,
 Inv. Nr. 62367
 H. 1,0 cm, B. 15,0 cm, T. 4,0 cm



Abb. 12 Kat. 2.2, Mehrfarbige Glasfasern an einem Federbusch (TMW, Inv. Nr. 62367)

Der Federbusch fungierte ähnlich einem Gamsbart als Hutschmuck. Verschiedenfarbige Glasfaserbündel wurden mit grünem Siegelwachs verklebt und mit einem Seidenband umwickelt. Den volkstümlichen Charakter des Stücks unterstreicht die Applikation eines gläsernen Edelweiß auf der Seidenumwicklung.

Vergleichsstücke Federbusch mehrfarbig, TMW, Inv. Nr. 69392;
 Federbusch farblos, TMW, Inv. Nr. 69645;
 Federbusch blau, TMW, Inv. Nr. 69646;
 Federbusch farblos, TMW, Inv. Nr. 69647;
 Federbusch blau, V&A, Inv. Nr. S.241-1985

2.3 »Musterungssträußchen«, 1889–1918

Österreich-Ungarn
 Heeresgeschichtliches Museum Wien,
 Inv. Nr. 2006/01/97
 Die Maße der Einzelstücke variieren.

Eine Form des Hutschmucks mit Glasfaserkomponenten stellen Musterungssträußchen wehrtauglicher Rekruten dar. Sie wurden in Heimarbeit aus Draht, Glaskugeln, bedrucktem Papier, Metalllahn und Glasfilamenten gefertigt. Die Glasfasern sind in mehreren Strängen zwischen zwei Lagen Papier auf der Rückseite der zentralen Darstellungen angeklebt – dabei handelte es sich z.B. um das Bild des regierenden Herrschers oder den Schriftzug »Tauglich«. Ausstellung: Das HGM in Wien zeigt einen Teil seines Bestands von Musterungssträußchen in der aktuellen Dauerausstellung zum Ersten Weltkrieg.

Das Museum besitzt eine große Zahl Sträußchen aus der Zeit von 1910–1940, die an die Soldaten der Armeen Österreichs, Deutschlands und ihrer Verbündeten ausgegeben wurden.⁷ Bemerkenswert ist die Vielfalt der angewandten Gestaltungen und die repräsentative Auswahl.



Abb. 13 Hut mit Musterungssträußchen in der Ausstellung des Heeresgeschichtlichen Museums Wien (HGM, Inv. Nr. 2006/01/97)

⁷ Mdl. Mtlg. Margot Birklbauer, HGM, Bereich Sammlungen und Ausstellungen, Wien am 4.8.2016.

2.4 Perücke, 1741

Vermutlich Abondius Lera
 Frankesche Stiftung zu Halle, Kunst- und
 Naturalienkammer, Inv. Nr. KNK 0039
 H. 49,0 cm, B. 22,0 cm, T. 22,0 cm



Abb. 14 Kat. 2.4, Perücke mit Glasfaserhaaren (FSH, Inv. Nr. KNK 0039)

Auf einem Netz aus Seide, der Montur, sind vier leinene Fäden, die sogenannten Tressierfäden gespannt. Tressen von ca. sechs Millimeter Breite, deren Enden mit Leim gefestigt worden waren, schob man dann in einer Richtung zwischen die gespannten Fäden: Am Scheitel laufen die Bündel von Fasern in beide Richtungen. Mit doppelten Schlingstichen wurden die Tressen schließlich fixiert. Die Locken aus farblosen und grülichen Glasfasern sind mehrfach eingedreht und reichen bis an die

Schultern, wie es für den Typ der Abbé-Perücke üblich ist.⁸

Ausstellung Die Perücke kann durch einen Eintrag in den Bestandskatalog der Sammlungen auf 1741 datiert werden: »Eine Abbé-Peruque in ordentlicher Größe und eingelegten Locken von gesponnenen Glase.«⁹ Sie ist bis heute Bestandteil der barocken Kunst- und Naturalienkammer der Frankeschen Stiftung.

Vergleichsstücke Perücke, Nationalmuseum Kopenhagen;¹⁰
 Perücke, Kungliga Vetenskaps-Societeten, Uppsala

Literatur Müller-Bahlke, Wunderkammer, 1998, S. 72–73; Jordan-Fahrbach, Techniken, 2006, S. 80, 217–218

⁸ Die Perücke wurde 2006 für die Ausstellung »Lockenpracht und Herrschermacht. Perücken als Statussymbol und modisches Accessoire« im Herzog Anton Ulrich-Museum Braunschweig von der Textilrestauratorin Eva Jordan-Fahrbach untersucht. Vgl. dazu Jordan-Fahrbach, Techniken, 2006, S. 80.

⁹ Luckhardt/Martha, Lockenpracht, 2006, S. 217.

¹⁰ Eintrag im Register des Kuriositätenkabinetts vom 31. August 1741: »I have received and placed in the Royal Curio Cabinet a glass wig made by the Italian Antonio Lera born in Milan, for which his Majesty the King has authorized me to pay 80 rigsdaler. The wig is on exhibit in the cabinet of Artificia.« (Frøsig, Glass Wig, 1974, S. 92)

2.5 »Le lion et le serpent«, 1811–1830

René Lambourg, Saumur

Musée des arts et métiers, Paris,

Inv. Nr. 07009-0000

Figur: H. 107,0 cm, B. 145,0 cm, T. 60,0 cm,

Gewicht 96 kg

Vitrine: H. 134,0 cm, B. 172,0 cm, T. 77,0 cm,

Gewicht 208 kg



Abb. 15 Detail zu Kat. 2.5, Löwe mit fell aus Glasfasern aus der Figurengruppe »Le lion et le serpent« (MAM, Inv. Nr. 07009-0000)

Die Figurengruppe »Le lion et le serpent«, dt. »Der Löwe und die Schlange« besteht aus einer Pappmaché-Form, die mit Holz- und Metallverbindungen stabilisiert ist und, an den Pfoten des Löwen, mit der Grundplatte verschraubt wurde. Auf diese ist ein Kreidegrund mit Hasenleim als Bindemittel aufgetragen, der an den sichtbaren Stellen, wie Zunge oder Augen mit Leimfarben eingefärbt wurde. Alle anderen Bereiche, also die Haare des Löwen, die Schuppen der Schlange und die Blumenwiese auf der Grundplatte sind mit farbigen Glasfasern bedeckt. Die Glasfasern wurden nach Farben aus-

sortiert, zugeschnitten und mit tierischem Leim auf dem präparierten Untergrund angeklebt. Die Figur steht in einer gläsernen Vitrine mit Holzrahmen, die mit rotem Samt ausgelegt ist.

Analyse Sechs Proben aus dem Fell des Löwen, von den Schuppen der Schlange und der Wiese auf dem Podest wurden für die Materialanalyse mittels ESMA entnommen. Durchführung Bruce Velde, Laboratoire de géologie de l'école nationale supérieure, Paris 2002. (Drouet u. a., Lion, 2000, S. 54–56)

Restaurierung Das Ensemble wurde 2001 einer umfassenden Bestandserfassung und Restaurierung unterzogen. Die Ergebnisse der Untersuchungen sowie Recherchen zur Geschichte des Exponats wurden u. a. in der Schriftenreihe des Musée des arts et métiers, *La revue* veröffentlicht. (Berson u. a., Restauration, 2002; Drouet u. a., Lion, 2001)

Ausstellung Das Exponat war 1855 auf der »Exposition Universelle« in Paris ausgestellt und kam 1862 ins Museum, wo es seitdem in der Dauerausstellung der Abteilung Céramique präsentiert wird.

Literatur –, Émailleurs, 2001; –, Robe en Verre o. J., 1903; Berson, u. a., Restauration, 2002; Conservatoire national des arts et métiers, Catalogue, 1908, S. 245; Drouet u. a., Groupe, 2000; Drouet, Histoire, 2001; Drouet u. a., Lion, 2001; Laboulaye, Dictionnaire, 1854; Revi, Spun Glass, 1958; Revi, Spun Glass, 1964

3. Garne und Zwirne



Abb. 16 Detail zu Kat. Nr. 3.1, Glasfasergarn im Standglas (TMW, Inv. Nr. 78612)

3.1 Glasfasergarn im Standglas, 1880–1920

Technisches Museum Wien, Warenkundesammlung, Inv. Nr. 78621

Durchmesser 5,4 cm, Länge 12,5 cm

Bei dem Exponat handelt sich um mehrere Zwirne, die in einem Standglas aufbewahrt sind.



Abb. 17 Kat. 3.1, Farbloses Glasfasergarn, (TMW, Inv. Nr. 78621)

Die Warenkundesammlung besteht aus Mustern, die verschiedene Stadien einer Handelsware von den Rohstoffen, über Produktionsschritte bis zum Abfallprodukt illustrieren. Die frühen Glasfasererzeugnissen aus dieser Sammlung sind in einem gläsernen Standglas aufbewahrt, das im Zeitraum von 1880–1920 üblich war. Auf diese Weise wurde die Datierung der Probe vorgenommen.¹¹

Materialanalyse Glasfaser, Zwirn S aus 2 Fäden leichte Z-Drehung, farblos, \varnothing 1,5 mm

4. Flechtwerke



Abb. 18 Detail zu Kat. 4.3, Krawatte aus geflochtenen Glasfasern (UT, Inv. Nr. 615/2)

4.1 Anstecknadel, 1893

Libbey Glass Company, Chicago

Toledo Museum of Art, nicht inventarisiert

H. 8,5 cm, B. 6,0 cm, T. 0,8 cm



Abb. 19 Kat. 4.1, Anstecknadel mit Glasfaserflechtbändern (TMA, nicht inventarisiert)

Dieses Souvenir von der Weltausstellung 1893 in Chicago besteht aus einer metallenen Nadel, auf die eine Medaille mit zwei halbkreisförmigen Ansätzen angebracht wurde. Die Medaille zeigt ein Abbild der »Statue of the Republic«, eine Frauengestalt mit einem Adler als Attribut, die auf dem Ausstellungsgelände errichtet worden war. Darunter steht

¹¹ Mdl. Mtlg. Mechthild Dubbi, Sammlungsbereich Produktionstechnik, TMW, Wien am 2.8.2016.

der Schriftzug »Chicago 1893«. Die seitlichen Ansätze sind mit Strasssteinen in Fassungen versehen, von denen sich vier erhalten haben. Auf der Rückseite wurden zwei Schleifen aus weißem und violetter Glasfaserflechtband mit Fäden umwickelt und befestigt. Obwohl alle BesucherInnen der Libbey Glass Company diese Anstecknadel als Souvenir erhielten, konnten bisher keine weiteren erhaltenen Exemplare gefunden werden.

Materialanalyse Konstruktion: Metallene Anstecknadel und Medaille;

Verzierung: Geflochtener Strang; Glasfaser, 6 Stränge aus ca. 260 Einzelfilamenten, farblos/violett, farblos/blau/violett, \varnothing 1,0 mm; B. 3,0 mm;

Strasssteine in Metallfassungen

Analyse des Nähfadens Baumwolle [?], Zwirn Z aus 2 Fäden S, weiß, \varnothing 0,5 mm, Händisch ausgeführte Montage

4.2 Gürtel, 1830–1837

Böhmen

Technisches Museum Wien, Fabrikproduktenkabinett, Inv. Nr. 69648

H. 0,1 cm, B. 88,0 cm, T. 2,8 cm



Abb. 20 Kat. 4.2, Gürtel aus geflochtenen Glasfasern (TMW, Inv. Nr. 69648)

Schmale Stränge aus farblosen, blauen und violetten Glasfasern sind so miteinander verflochten, dass ein sich überkreuzendes Muster entsteht. Am einen Ende des Gürtels sind die Stränge in Schlingen gelegt, das andere Ende ist offen.

Materialanalyse Geflochtener Strang, Glasfaser, Stränge, ungedreht, farblos/blau/violett, \varnothing 1–2 mm; B. 2,8 cm



Abb. 21 Detail zu Kat. 4.2 (TMW, Inv. Nr. 69648)

4.3 Krawatte, 1893

Libbey Glass Company, Chicago
 Toledo Museum of Art, nicht inventarisiert
 L. 119,0 cm, B. 7,5 cm, T. 0,3 cm



Abb. 22 Kat. 4.3, Krawatte aus farblosen Glasfasern geflochten (TMA, nicht inventarisiert)

Die Krawatte ist in der Mitte schmal und verbreitert sich zu den Enden hin. Dafür werden die acht diagonal geflochtenen Stränge in der Mitte geteilt, die beiden äußeren Stränge verlaufen weiter und die zwölf Inneren sind noch einmal gedrittelt. Daraus ergeben sich insgesamt 44 Stränge, die an der breitesten Stelle miteinander verflochten sind. Die Enden sind abgeschnitten und auf der Nähmaschine mit mehreren Reihen Steppstichen abgenäht.

Materialanalyse Geflochtener Strang; Glasfaser, 8–44 Stränge, ungedreht, farblos, \varnothing 5,0 mm/1,5 mm; B. 4,0–6,0 cm

Analyse des Nähfadens Seide, Zwirn Z aus 2 Fäden S, *écru*, \varnothing 0,5 mm, maschinell ausgeführte Abschlussnaht, zu beiden Seiten sind Enden verknötet.

Vergleichsstücke Krawatten der Libbey Glass Company von der Weltausstellung 1893 haben sich in mehreren Farben erhalten. Die folgenden Stücke wurden untersucht, es existieren jedoch mehrere Exemplare, z. B. in Privatbesitz (Hinweis u. a. in Fauster, *Mementos*, 1979, S. 229).

Krawatte türkis, CMG, Inv. Nr. 80.4.191
 (Spillman, *Glass*, 1983; Kat. Nr. 216)
 Krawatte farblos, CMG, Inv. Nr. 99.4.127
 Krawatte farblos, UT, Inv. Nr. 615/2

Das Corning Museum of Glass hat weitere Krawatten derselben Machart in seinem Bestand, hergestellt in den Vereinigten Staaten und Großbritannien um 1890/1900. Sie unterscheiden sich von jenen der Libbey Glass Company in ihrer Farbigkeit und der Verarbeitung: Die Enden laufen entweder zu beiden Seiten in Fransen aus, die zu Locken verdreht wurden, sodass sich das Flechtband nicht auftrennen kann oder sie sind mit Baumwollbändern umfasst, die man händisch vernähte.

Krawatte grau, CMG, Inv. Nr. 62.4.102
 Krawatte weiß-braun CMG, Inv. Nr. 63.2.14 A
 Krawatte weiß-blau, CMG, Inv. Nr. 63.2.14 B



Abb. 23 Vergleich zu 4.3, Krawatte aus türkisfarbenen Glasfasern geflochten (CMG, Inv. Nr. 80.4.191)

4.4 Körbchen, 1845–1847

Jacopo Tomasi, Venedig

Technisches Museum Wien, Fabriksproduktenkabinett,
Inv. Nr. 69931

H. 0,8 cm, B. 15,0 cm, T. 18,0 cm



Abb. 24 Kat. 4.4, Körbchen aus farblosen, grünen und rosafarbenen Glasfasern geflochten (TMW, Inv. Nr. 69931)

Ausgehend von der Mitte aus verflochtenen Seidenfäden sind Paare von farblosen, grünen und rosafarbenen Glasfilamentgarnen miteinander verdreht und mit Fäden, vermutlich aus Seide, zu einem kreisförmigen Körbchen gelegt. Die Glasfaserstränge sind zusammengesetzt und überlappen sich an den Übergängen von einem zum nächsten Strang. In die Fläche sind zusätzlich farbige Perlen eingearbeitet.

Materialanalyse Geflochtener Strang; Glasfaser, 2 Stränge, leichte S-Drehung, türkis, ø 1,0–4,0 mm; Seide [?], Zwirn S aus 2 Fäden Z, écru, ø 0,5 mm

Vergleichsstücke Das TMW besitzt in seiner Sammlung von Glasfaserprodukten aus der Biedermeierzeit noch ein weiteres Glaskörbchen des Venezianers Jacopo Tomasi;

Körbchen, TMW, Inv.-Nr. 69932;

Körbchen, TMA, Bildmaterial

5. Posamentrie

5.1 Dekoration, ca. 1875–1899

Louis und Richard Wetzel (Geyer, Sachsen, Textilfabrikanten, tätig ca. 1875–1899), Geyer, Sachsen
Victoria & Albert Museum, Inv. Nr. T.181 185:1997
Die Maße der Einzelstücke variieren.



Abb. 25 Detail zu Kat. Nr. 5.1, Zierelement (V&A, Inv. Nr. 185:1997)



Abb. 26 Kat. 5.1, Zierelement aus farblosen Glasfasern um Drahte (V&A, Inv. Nr. T.181 185:1997)

Diese Zusammenstellung dekorativer Elemente besteht aus zwei blumenförmigen, einem kreisförmigen und einem länglichen Stück mit verschlungenen Motiven. Um ein Grundgerüst aus Draht sind farblose Glasfasern und beige-farbene Naturfasern, wohl Seide oder Baumwolle gewickelt und gespannt.

Literatur Ehrman, Nature, 2018, S. 72, 74

6. Gewebe

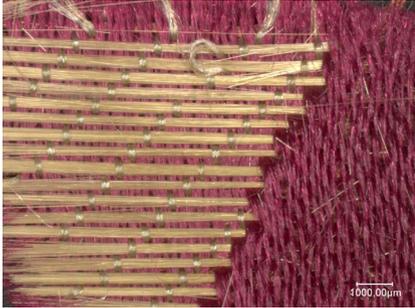


Abb. 27 Detail zu Kat. Nr. 6.5, Musterschussfäden aus Glasfasern in einem Dekorstoff (BSV, Lagerbuchnummer 43)

6.1 Gewebefragment, 1837

Benetto Polacco, Venedig
Technisches Museum Wien, Fabriksproduktenkabinett,
Inv. Nr. 62354
H. 0,3 cm, B. 66,0 cm, T. 6,0 cm



Abb. 28 Detail zu Kat. 6.1, Schussfäden aus Glasfasern in einem leinwandbindigen Gewebe (TMW, Inv. Nr. 62354)

Mehrfarbige Bündel von ungedrehten Glasfilamentgarnen sind mit Kettfäden aus Hanf in Leinwandbindung verwebt. Entlang der Webkanten ist ein Leinenfaden in Schrägstichen über mehrere Schusseinträge genäht, um ein Ausfransen des Gewebes zu verhindern. Wegen der lockeren Bindung, die auf die

großen Abstände zwischen den Kettfäden zurückzuführen ist, wirkt das Muster leicht verzerrt.

Materialanalyse Leinwandbindung
Kette: Hanf, Zwirn S aus 2 Fäden Z, naturfarben, \varnothing 0,5 mm, ca. 1 Kettfaden/cm;
Schuss: Glasfaser, Faden ungedreht, farblos/rosa/grün, \varnothing 0,5–1,5 mm; 24–36 Schusseinträge/cm

Analyse des Nähfadens Leinen [?], Zwirn S aus 2 Fäden Z, natur, \varnothing 1,0–1,5 mm, Sicherung der Webkante.

Vergleichsstücke Das TMW hat eine umfangreiche Sammlung von Geweben dieser Art, die 1837 an das Fabriksproduktenkabinett gesendet wurden:

Gewebemuster mehrfarbig, TMW, Inv.-Nr. 7654; Gewebemuster mehrfarbig, TMW, Inv.-Nr. 62355; Gewebemuster mehrfarbig, TMW, Inv.-Nr. 62356 (Dubbi u. a., Geschichte, 2004, S. 72–73); Gewebemuster mehrfarbig, TMW, Inv.-Nr. 62368; Gewebe für Ofenschirm, TMW, Inv.-Nr. 69948; Gewebemuster mehrfarbig, TMW, Inv.-Nr. 69949

6.2 Weste, 1830–1837

Benetto Polacco, Venedig

Technisches Museum Wien, Fabriksproduktenkabinett,
Inv. Nr. 63289

H. 1,0 cm, B. 60,0 cm, T. 45,0 cm



Abb. 29 Kat. 6.2, Weste aus Glasfasern-Leinengewebe (TMW, Inv. Nr. 63289)

Die Vorderteile der Weste sind aus einem weiß-grün-rosafarben gestreiften Glasfasergeewebe, die Rückenpartie und das Bindeband zur Weiteinstellung aus einem naturfarbenen Leinengewebe gefertigt. Die farbigen Glasfilamente wurden mit einer groben Kette aus Hanf verwebt und entlang der Schnittkanten mit Klebemittel eingestrichen. Die Vorderkanten und der Kragenbereich sind mit einem weißen Seidenband eingefasst, das auch verwendet wurde, um Klappentaschen auf der Vorderseite zu imitieren. Geschlossen wird die Weste vorne mit einem gold-schwarz gestreiften Glasknopf, der möglicherweise aus derselben Produktionsstätte stammte, stellte Benetto Polacco doch auch Glasperlen und -augen her.¹²

Die Weste des venezianischen Glasfabrikanten Benetto Polacco ist wohl das früheste, erhaltene

Kleidungsstück aus Glasfasergewebe. Sie kam 1837 in das Fabriksproduktenkabinett.¹³

Materialanalyse Oberstoff: Leinwandbindung
Kette: Hanf, Zwirn S aus 2 Fäden Z, naturfarben, ø 1,0 mm, ca. 1 Kettfaden/cm; Schuss: Glasfasern, ungedreht, farblos/rosa/grün, ø 0,5–1,5 mm, 24–36 Schusseinträge/cm;

Randefassung: Leinwandbindung; Seide;

Futterstoff: Leinwandbindung; Leinen [?];

Bindeband: Leinwandbindung; Leinen [?]¹⁴

Analyse der Nähfäden Baumwolle [?], Zwirn Z aus 2 Fäden S, weiß, ø 0,5 mm, händisch ausgeführte Naht



Abb. 30 Detail zu Kat. 6.2 (TMW, Inv. Nr. 63289)

¹² Dubbi u a., Geschichte, 2004.

¹³ Objektbericht, Inv. Nr. 63289, TMW.

¹⁴ Teile der Weste, die keine Glasfasern enthielten, wurden nicht weiter untersucht.

6.3 Gewebefragment, 1839

Ignace Dubus Bonnel, Paris
Musée des arts et métiers, Paris, Inv. Nr. 05863-0001
H. 54,0 cm, B. 57,5 cm



Abb. 31 Kat. 6.3, Lampasgewebe mit gelben Glasfasern im Musterschuss (MAM, Inv. Nr. 05863-0001)

Der »Étoffe de tissu de verre filé et soie imitant le brocard d'or sur pourpre« ist aus einer Gewebbahn geschnitten, zu beiden Seiten sind die Webkanten erhalten, wobei an der unteren linken Ecke ein Stück herausgeschnitten wurde. Er zeigt ein goldfarbenes, großformatiges Muster aus Blumen- und Blätterranks auf rotem Grund, dessen Rapport größer als das erhaltene Gewebefragment ist. Der Grund ist in Atlasbindung aus roten und gelben Seidenfäden gewebt. Das Muster ist aus gelben Glasfasern und weißer Seide in Körperbindung abgebunden.

Ausstellung: Dieses Gewebe und das zweite aus der Sammlung kamen 1851 in das Musée des arts et métiers und wurde mit anderen Glasprodukten in den Räumen 34–35 ausgestellt.¹⁵

Analyse Proben von diesem Gewebe und Kat. Nr. 5.6 wurden 2002 gemeinsam mit den Fasern der Figur »Der Löwe und die Schlange« mittels ESMA von Bruce Velde, Analytiker am Laboratoire de géologie de l'école nationale supérieure, Paris, analysiert (Drouet u. a., Lion, 2000, S. 54–56).

Materialanalyse Jacquardgewebe, Grund 5-bindiger Kettatlas, Steigungszahl 2/ Fortschrittungszahl 1, Muster und Rückseite in Körper 1:5 abgebunden;
Grundkette: Seide, S-Garn, doppelt, rot, \varnothing ca. 0,2 mm, 66 Kettfäden/cm
Bindekette: Seide, o. e. D. (ohne erkennbare Drehung), doppelt, weiß, \varnothing ca. 0,1 mm, 22 Kettfäden/cm; Verhältnis 3:1
Grundschuss Seide, Zwirn S aus zwei Fäden Z, doppelt, gelb, \varnothing ca. 0,3 mm, 24 Schusseinträge/cm;
Musterschuss: Glasfaser, ungedreht, gelb, \varnothing ca. 0,5 mm, 23 Schusseinträge/cm; Verhältnis 1:1
Webkante: Leinwandbindung aus GK und GS, 36 Kettfäden, B. 0,6–0,8 cm; Rapport nicht vollständig vorhanden;
Webbreite: 57,5 cm.

Literatur Conservatoire national des arts et métiers, Catalogue, 1908, S. 245; Morin/Huguet, Conservatoire, 1851, S. 114

Vergleichsstücke Weitere Gewebe in Lampas-technik mit gelben Glasfasern und roten Seidenfäden konnten in den folgenden Sammlungen ausgemacht werden:
Gewebefragment, V&A, Inv. Nr. 4547-1901,
Gewebefragment, V&A, Inv. Nr. 2000-1899,
Gewebefragment, V&A, Inv. Nr. 2000A-1899,
Gewebefragment, MT, Inv. Nr. 1627

15 Conservatoire national des arts et métiers, Catalogue, 1908, S. 245.

6.4 Gewebefragment, vor 1865

Paris

Museum für angewandte Kunst, Wien,

Inv. Nr. 00707-1865

H. 19,5 cm, B. 12,0 cm



Abb. 32 Kat. 6.4, Lampasgewebe mit gelben Glasfasern im Musterschuss, Vorderseite (MAK, Inv. Nr. 00707-1865)

Peiker am 18. Februar 1865 ist zu entnehmen:

»Schwerer Rosaatlasstoff mit gelben, goldglänzenden Blättern. Moderne französ. Fabrication.¹⁷

Die Einlage bilden gesponnene Glasfäden, die das erwähnte Blattdessin hervorbringen.«¹⁸



Abb. 33 Kat. 6.4, Lampasgewebe mit gelben Glasfasern im Musterschuss, Rückseite (MAK, Inv. Nr. 00707-1865)

Das Gewebefragment ist in Lampastechnik gewebt:¹⁶ ein 5-bindiger Kettatlas im Grund, das Muster und die Geweberückseite sind in Körper abgebunden. Grundschuss und -kette sind rote bzw. rotbraune Seidengarne. Der Musterschuss, ein Lancierschuss aus goldfarbenen Glasfasern, bildet auf der Vorderseite ein Blattmuster, läuft auf der Rückseite von Webkante zu Webkante und wird von der weißen, seidenen Bindekette gebunden. Die Glasfasern sind entlang der Gewebeaußenkante abgeschnitten.

Der Notiz anlässlich der Stiftung durch Herrn

Materialanalyse Jacquardgewebe, Grund 5-bindiger Kettatlas, Muster und Rückseite win Körper abgebunden;

Grundkette: Seide, S-Garn, doppelt, rot, ø 0,2 mm, 46–48 Schusseinträge/cm;

Verhältnis 2:1;

Bindekette: Seide, S-Garn, doppelt, écry, ø 0,2 mm, 22–24 Schusseinträge/cm;

Grundschuss: Seide, Z-Garn, doppelt, rot, ø 0,5 mm, 20–22 Kettfäden/cm;

Musterschuss: Glasfaser, ungedreht, gelb, ø 0,3 mm, 20–22 Kettfäden/cm; Verhältnis 1:1

Rapport: H. 7,0 cm, B. 7,0 cm

¹⁶ Durchführung der Gewebeanalyse Martina Dax, Museum für angewandte Kunst Wien, 2002.

¹⁷ Die Quellenlage legt nahe, dass es sich um ein Jacquardgewebe handelt. Diese sind in der Analyse kaum von Geweben zu unterscheiden, die am Zugwebstuhl erzeugt wurden. Mdl. Mtlg. Dagmar Drinkler, BNM, 26.8.2016.

¹⁸ Datenblatt zu Inv. Nr. T00707-1865, Museum für angewandte Kunst, Sammlung Textilien und Teppiche.

6.5 Dekorstoffe, 1839–1842

Bayerische Verwaltung der staatlichen Schlösser, Gärten und Seen, Residenz München, Festsaalbau Möbelbezugsstoffe, BSV, Inv. Nr. Res. Mü. M 963-97311, 974-977, 978-1011, 1012-1020, 1021-1031, Lagerbuchnummer 41–44

Die Bayerische Verwaltung der Staatlichen Schlösser, Gärten und Seen betreut seit dem Ende der Monarchie 1918 Baudenkmäler, Gartenanlagen und Seen aus der ehemaligen »Zivilliste«, die unveräußerliches Staatsgut in Bayern beinhaltet.¹⁹ In dieser Sammlung befindet sich ein Ensemble aus Polstermöbeln, Resten einer Tapete und unverarbeiteten Stoffe aus Glasfaser-Seidengewebe. Sie waren ursprünglich in der Residenz München in den Kaisersälen aufgestellt. Während der Bombardierungen im Zweiten Weltkriegs wurden die Stücke in das Neue Schloss Schleißheim gebracht.²⁰

Die Beschreibung der Webtechnik, die in Vorbereitung zur Ausstellung »Pracht und Zeremoniell. Die Möbel der Residenz München« von Christina Schmitt 2002 durchgeführt wurde, nennt einen Lampas (ein Doppelgewebe), ähnlich wie bei den Geweben aus dem MAK in Wien.²¹ Die HerstellerInnen sind unbekannt, könnten aber in Frankreich tätig gewesen sein, da die Muster und die Webtechnik anderen französischen Erzeugnissen ähneln.²²

Materialanalyse Jacquardgewebe, Grund 5-bindiger Kettatlas, Steigungszahl 2/ Fortschrittungszahl 1, Muster und Rückseite in Körper 1:5 abgebunden;

Grundkette: Seide, S-Garn, doppelt, rot, \varnothing ca. 0,2 mm, 46–48 Kettfäden/cm;
Bindekette: Seide, o. e. D., doppelt, hellgelb weiß, \varnothing ca. 0,2 mm, 24 Kettfäden/cm;
Verhältnis 2:1;
Grundschuss: Seide, Zwirn Z aus zwei Fäden S, doppelt, hellrot, \varnothing ca. 0,5 mm, 24 Schusseinträge/cm;
Musterschuss: Glasfaser, ungedreht, gelb, \varnothing ca. 0,3 mm, 24 Schusseinträge/cm;
Verhältnis 1:1

Literatur –, Glasweberei, 1841; Bayerische Verwaltung der staatlichen Schlösser, Residenz, 1937, S. 71; Hoyer u. a., Möbel, 1997, S. 237–242; Langer, Pracht, 2002, S. 287–288; Schaefer, Möbel, 1980, S. 86



Abb. 34 Kat. 6.5, Stuhlbezug aus Glasfaser-Seidengewebe (BSV, Inv. Nr. ResMu.M0927)

¹⁹ Bayerische Verwaltung der staatlichen Schlösser, Verwaltung.

²⁰ Besichtigung mit Klaudia Pontz, BSV, Textilrestaurierung, 21. Mai 2015.

²¹ Langer, Pracht, 2002, S. 287–288.

²² Das Stuhlensemble und die unverarbeiteten Gewebe waren Thema folgender Facharbeit: Löfflad, Recherche, 2018.

6.6 Gewebefragment, 1839

Ignace Dubus Bonnel, Paris

Musée des arts et métiers, Paris, Inv. Nr. 05863-0002

H. 38,5 cm, B. 57,5 cm



Abb. 35 Kat. 6.6, Lampasgewebe mit farblosen Glasfasern im Musterschuss (MAM, Inv. Nr. 05863-0002)

Der »Étoffe de tissu de verre filé et soie imitant le brocard d'argent sur jaune« unterscheidet sich von dem vorhergehenden nur in Farbe und Muster, während Webbreite und Webtechnik identisch sind. Auf gelbem Grund ist ein Muster mit abstrakten Formen und Ranken aus farblosen Glasfasern gewebt. Der Musterrapport beträgt 24 cm in der Höhe und wiederholt sich in der Breite zwei Mal nebeneinander.

Materialanalyse Jacquardgewebe, Grund 5-binderiger Kettatlas, Steigungszahl 2/Fortschrittzahl 1, Muster und Rückseite in Körper 1:5 abgebunden

Grundkette: Seide, S-Garn, doppelt, gelb, ø ca. 0,2 mm, 66 Kettfäden/cm;

Bindekette: Seide, Z-Garn, doppelt, weiß, ø ca. 0,1 mm, 22 Kettfäden/cm; Verhältnis 3:1;

Grundschuss: Seide, Zwirn S aus zwei Fäden Z, doppelt, gelb, ø ca. 0,3 mm, 24 Schusseinträge/cm;

Musterschuss: Glasfaser, ungedreht, farblos, ø ca. 0,5 mm, 23 Schusseinträge/cm; Verhältnis 1:1;

Webkante: Leinwandbindung aus BK und GS, 12 Kettfäden, B. 0,35 0,40 cm; Rapport 24,0 cm
Webbreite: 57,5 cm

Vergleichsstücke Gewebte Borte, V&A, Inv. Nr. 4549-1901

Literatur Conservatoire national des arts et métiers, Catalogue, 1908, S. 245; Morin/Huguet, Conservatoire, 1851, S. 114



Abb. 36 Vergleich zu Kat. 6.6. Gewebte Borte (V&A, Inv. Nr. 4549-1901)

6.7 Gewebe im Standglas, 1880–1920

Technisches Museum Wien, Inv. Nr. 78622

H. 5,2 cm, B. 12,7 cm

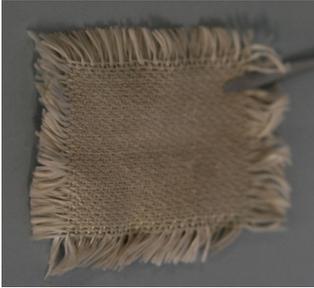


Abb. 37 Kat. 6.7, Leinwandbindiges Gewebe aus farblosen Glasfasern (TMW, Inv. Nr. 78622)

Kette und Schuss sind aus sehr flexiblem Glasfaserzwirn. Die HerstellerInnen sind unbekannt und eine Datierung, wie bei dem Glasfaser-garn, nur über das Aufbewahrungsglas aus dem Zeitraum 1880 bis 1920 möglich. Es dürfte sich bei dem Fragment um ein außerordentlich frühes reines Glasfasergewebe handeln.

Materialanalyse Leinwandbindung
Kette und Schuss: Glasfaser, Zwirn S aus 2 Fäden Z, farblos, \varnothing 0,75–1,0 mm, 12 Fäden/cm

6.8 Hochzeitsensemble von Helen Monro Turner, 1943

Glass Fibre Ltd. of Fairhill, Glasgow

Turner Museum of Glass, University of Sheffield,

Inv. Nr. 393



Abb. 38 Kat. 6.8, Hochzeitsensemble bestehend aus Kleid, Hut, Tasche und Schuhen aus Glasfasergewebe (TMG, Inv. Nr. 78622)

Das Ensemble, bestehend aus Kleid, Hut, Tasche und Schuhen wurde von der schottischen Illustratorin und Glaskünstlerin Helen Nairn Monro am Tag ihrer Hochzeit mit William E. S. Turner getragen. Prof. Turner war Generalsekretär der Society of Glass Technology und Leiter des Department of Glass Technology an der University of Sheffield. Das Hochzeitskleid mit Accessoires befindet sich im Turner Museum of Glass. Das Museum wurde 1943 von Prof. Turner an seinem Lehrstuhl als Studiensammlung gegründet und befindet sich seit 1993 am Department of Material Science and Engineering der University

of Sheffield. Es handelt sich um eine Sammlung von Gläsern des 18. und 19. Jahrhunderts, die zu großen Teilen aus dem privaten Besitz von Turner stammt. Er gab den Oberstoff aus blaugefärbten Glasfasergewebe bei der Glass Fibre Ltd. of Fairhill in Glasgow in Auftrag. Die blaue Farbe stellte eine technologische Neuheit im Bereich der Färbemethoden von Glasfasern dar. Die Verarbeitung der Gewebe zu einem Hochzeitskleid und den dazugehörigen Accessoires wurde von dem Warenhaus Pettigrew & Stephens, ebenfalls ansässig in Glasgow, durchgeführt, wobei man die Anfertigung des Hutes an die firma Man Wobie abgab. Als Vorbild diente wohl ein weißes Kleid, das in Sheffield ausgestellt war. Die Hochzeitstorte des Paares war ebenfalls mit Blumen aus Glasfasermaterial verziert.²³

Kleid

Vordere Länge ca. 155,0 cm



Abb. 39 Detail zu Kat. 6.8, Einsatz an der Taille des Kleids (TMG, Inv. Nr. 78622)

Das Kleid zeigt die typischen Formen der frühen 1940er Jahre mit dem bodenlangen Rock, hoher und geraffter Taille sowie Puffärmel mit Falten an der Schulter. Das Oberteil setzt sich aus einem Schnittteil auf der Vorderseite, zwei auf

der Rückseite mit einer Öffnung in der hinteren Mitte und je einem Teil für die Ärmel zusammen. Der Halssausschnitt ist gerade ohne Dekolleté. Die langen Ärmel reichen bis zum Handgelenk, wo sie zusammengefasst und mit farblosen, geätzten und geschliffenen Glasknöpfen verziert sind. Ebensolche Knöpfe sind entlang der hinteren Öffnung angenäht. Zur Betonung der Taille wurde ein großer, schleifenförmiger Einsatz über den gerafften Stoff des Oberteils genäht. Der Rock besteht aus großen Stoffbahnen mit diagonal laufender Kette auf der Vorderseite: vorne eine und hinten zwei in Falten gelegte Stoffbahnen mit Anstükelungen im unteren Bereich. Der Saum ist umgebogen und mit drei Nahtlinien gesichert. Zum Nähen des Kleids wurde eine Nähmaschine genutzt, mit Ausnahme der gefälteten Bereiche auf den Schultern, um das Handgelenk und die Taille. Das Kleid ist nicht gefüttert.

Hut

Made by Man Wobie, Glasgow

H. 4,5 cm, B. 19,0 cm, T. 22,0 cm

Länge des Kinnbands 22,0 cm



Abb. 40 Detail zu Kat. 6.8, Detail zu Kat. Nr. 6.8, Innenseite des Huts (TMG, Inv. Nr. 78622)

Der kleine, runde Hut hat einen röhrenförmigen Hutkranz, bezogen mit dem blauen Oberstoff

²³ –, Bride, 1943, S. 52.

und ist auf der Oberseite mit je vier Schittteilen bedeckt: flach auf der Innenseite und in Dreiecke gefaltet auf der Außenseite. Ein in Falten gelegtes Kinnband ist an dem Kranz angenäht bzw. auf der rechten Seite mit einem elastischen Band montiert. Das Etikett des Hutmachers ist auf die Innenseite des Huts angenäht: »Man Wobie 649, GT. Western Rd. GLASGOW, W.H.« Auf einer Fotografie vom Tag der Hochzeit ist Helen Monro Turner zu sehen, wie sie den Hut leicht nach vorne rechts geneigt und mit Blumendekoration trägt.

Tasche

H. 14,5 cm, B. 20,5 cm, T. 4,8 cm
Höhe der Taschenklappe 22,0 cm



Abb. 41 Detail zu Kat. 6.8, Öffnung der Tasche (TMG, Inv. Nr. 78622)

Ebenfalls typisch für die Epoche ist die kleine, rechteckige Tasche ohne Umhängeband. Sie ist auf der Außenseite mit dem blauen Glasfasergewebe bezogen und mit einem hellbraunen Leder gefüttert. Auf der Innenseite sind vorne und hinten kleine Fächer eingenäht. Entlang der unteren und seitlichen Kanten wurden Einfassungen aus dunkelblauem, glänzendem Leder eingearbeitet. Die Tasche wird mit einem metallenen Druckknopf geschlossen, der in der Taschenklappe eingedrückt ist.

Schuhe

Rechts: H. 12,5 cm, B. 8,5 cm, T. 26,5 cm
Links: H. 12,5 cm, B. 8,5 cm, T. 27,0 cm



Abb. 42 Detail zu Kat. 6.8, Oberseite des rechten Schuhs (TMG, Inv. Nr. 78622)



Abb. 43 Detail zu Kat. 6.8, Unterseite des rechten Schuhs (TMG, Inv. Nr. 78622)

Die Schuhe sind Pumps mit gesteppten Glasfasergewebe an den Außenseiten und über der Innensohle. Die Spitze und die vor der Oberkante ist mit einem gefältetem Glasfasergewebe verziert, das über die Naht in der vorderen Mitte läuft. Die restliche Oberkante ist ebenfalls mit Glasfasergewebe eingefasst. Die Schuhe haben kurze, dicke Stöckel aus Holz und eine Ledersohle. Die sichtbaren Nähte sind mit der Nähmaschine verarbeitet.

Ausstellung Das Kleid ist dauerhaft in einer Vitrine ausgestellt, die in die Seitenwand eingelassen wurde und mit einer Glastür verschlossen ist. Bei Bedarf kann manuell eine Beleuchtung des Exponats eingeschaltet werden.²⁴

Analyse der Gewebe Oberstoff: Leinwandbindung
Kette und Schuss: Glasfaser, leichte S-Drehung, blau, ø 0,5 mm, 18 Fäden/cm
Webkante: Unveränderte Kettfadendichte
Webbreite nicht zugänglich für Messung

Hutkranz: Leinwandbindung
Kette und Schuss: Baumwolle/Leinen, weiß, gebleicht, nicht zugänglich für weitere Analyse

Dekoratives Band der Schuhe: Leinwandbindung mit Schussripseffekt
Kette, Glasfaser, ungedreht, blau, ø 0,25 mm, 42 Kettfäden/cm;
Schuss: Glasfaser, ungedreht, blau, ø 0,5 mm, ca. 18 Schusseinträge/cm; Webkante: 6 Kettfäden, über 2 Schussfäden; Webbreite: ca. 1,1 cm

Analyse der Nähfäden

1. Baumwolle/Seide, Zwirn Z aus 3 Fäden S, blau Schnittteile des Kleids verbinden (maschinell verarbeitet), Falten der Ärmel und am Kinnband des Huts zusammenfassen (händisch verarbeitet)
2. Baumwolle/Seide, Zwirn S aus 3 Fäden Z, beige Heftfaden am Kleid (händisch verarbeitet), Zusammennähen der Handtasche (maschinell verarbeitet)
3. Baumwolle/Seide, Zwirn Z aus 3 Fäden Z, hellblau/grau, Schnittteile am Hut verbinden (händisch und maschinell verarbeitet), Nähfaden am Schuh (maschinell verarbeitet)

Andere Materialien Verschlüsse Kleid: Gläserne Knöpfe, geätzt und geschliffen
Verschlüsse Kleid, Tasche: Metallene Druckknöpfe
Futter der Tasche: Rauleder, hellbraun gefärbt
Einfassung der Tasche: Glanzleder, dunkelblau gefärbt
Füllung Schuhe: Pflanzliche Fasern, braun
Sole, Stöckel der Schuhe: Leder, braun; Holz; Metallnägeln

Literatur –, Bride, 1943; Lole, Wedding, 1995; Barns, Catalogue, 1993; The British Museum/BBC, Glass Fibre, 2014

²⁴ Bobeth, Faserstoffe, 1993, Mdl. Mtlg. John M. Parker, University of Sheffield, 14.2.2017.

7. Kombinationen

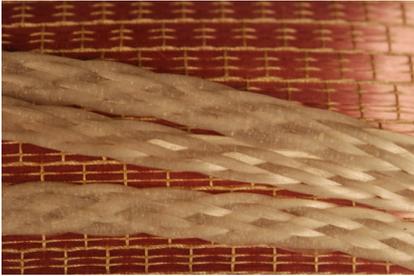


Abb. 44 Detail zu Kat. 7.2, Puppe mit Kleidung aus Glasfaser-textilien (CMG, Inv. Nr. 774.98A)

7.1 Glasfaserflechtband und Faserbündel, ca. 1876

Vereinigte Staaten

Corning Museum of Glass, Inv. Nr. 62.4.68

Flechtband: L. ca. 29,5 cm, B. 2,0 cm

Blaue Schleife: L. 10,5 cm, B. 2,5 cm

Gelbe Schleife: L. 13,0 cm, B. 5,5 cm

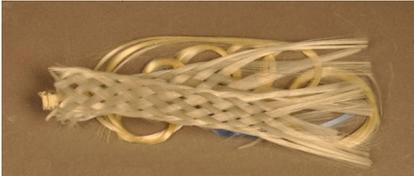


Abb. 45 Kat. 7.1, Materialsammlung aus Glasfaserbündeln und geflochtenen Glasfasern (CMG, Inv. Nr. 62.4.68)

Das Objekt besteht aus einem Glasfaserflechtband mit einem seidenen Aufhängeband sowie zwei Strängen aus gelben und blauen Glasfasern, die in Schleifen gelegt sind. Die drei Teile sind ineinander verschlungen und werden gemeinsam in einer Box aus hartem, durchsichtigem Kunststoff aufbewahrt. Das Flechtband ist aus neun geflochtenen Strängen gefertigt, die zu beiden Seiten ausfransen.

Das Exponat kam 1962 als Schenkung von Anna M. Hill, die 1962 an das Museum.

Materialanalyse Flechtband: Geflochtener Strang Glasfaser; 9 Stränge, ungedreht, farblos, \varnothing 0,2–0,5 cm, Breite 2,0 cm;

Aufhängeband: Leinwandbindung mit Schussrippeffekt;

Kette: Seide, Garn o. e. D., écru, \varnothing 0,2 mm, ca. 40 Kettfäden/cm;

Schuss: Baumwolle [?], Zwirn S aus zwei Fäden Z, weiß, doppelt, \varnothing 0,4 mm,

10 Schusseinträge/cm;

Webkante: doppelte Kettfadendichte, 4 Kettfäden, Schlaufen aus Schusseinträgen

Webbreite: 5,0 mm;

Blaue Schleife: Glasfaser, Garn leicht S, blau,

\varnothing 0,3 cm; Gelbe Schleife: Glasfaser,

Garn leicht S, gelb, \varnothing 0,5 cm

7.2 Puppe mit Kimono, 1893

Libbey Glass Company, Chicago

Corning Museum of Glass, Inv. Nr. 774.89A und B

Puppe: H. 33,0 cm, B. 8,5 cm, T. 5,0 cm

Box: H. 34,7 cm, B. 9,2 cm, T. 5,7 cm



Abb. 46 Kat. 72, Puppe mit Kleidung aus geflochtenen und verwebten Glasfasern (CMG, Inv. Nr. 774.89A und B)

Das Püppchen trägt einen stilisierten Kimono mit langen Ärmeln aus Glasfaser-Seidengewebe. Es besteht aus einem gepolsterten Körper mit kurzen Armen und einem bemalten Papiermaché-Kopf, der mit braunen Glasfaserhaaren beklebt ist. Die Kette des verwendeten Gewebes ist aus écrufarbener Seide, und im Schuss alternieren je zwei ebensolcher Seidenfäden mit Bündeln rosafarbener Glasfilamente. Über den Oberkörper ist auf Vorder- und Rückseite ein in Schleifen gelegtes Band angeheftet, das aus

sechs Glasfilamentsträngen geflochten ist. Das Glasfaserflechtband läuft um den Kopf, unterhalb der Haare über die Stirn. Die Schnittkanten des Gewebes sind mit Klebemittel eingestrichen bzw. an den Schultern mit einem Ripsband aus Seide eingefasst, das maschinell angenäht wurde. Am Saum und an den Enden der Ärmel läuft das Gewebe in abgeschnittenen Fransen aus – es handelt sich dabei um die Webkante. Die Unterkante des Kimonos ist händisch mit Vorstichen zusammengenäht. Die originale Aufbewahrungsbox ist erhalten, jedoch an den seitlichen Umbügen aufgerissen und der Deckel ist nicht vollständig.

Materialanalyse Puppe: Keramik glasiert; Glasfasern, o. e. D., braun, \varnothing ca. 0,05 mm, hohl; Körper ausgestopft;

Bezug Puppenkörper: Leinwandbindung
Kette und Schuss: Baumwolle, o. e. D.
gebleicht, \varnothing 0,5 mm, ca. 22 Fäden/cm;

Oberstoff: Leinwandbindung mit Schussrippeffekt;
Kette: Seide, Zwirn S aus 2 Fäden leichte
Z-Drehung, écru, \varnothing 0,4 mm, 10 Kettfäden/cm;
Glasfasern, ca. 260 Filamente ungedreht, rosa,
 \varnothing 0,6 mm, 10 Schusseinträge/cm;
Webkante: Doppelte Kettfadendichte,
B. 0,25 cm, Fransen: ca. 4,5 6,0 cm;

Kanteneinfassung: Leinwandbindung mit
Schussrippeffekt;
Kette: Seide, o. e. D., écru, doppelt \varnothing 0,3 mm,
ca. 60 Kettfäden/cm;
Schuss: Seide, leichte Z-Drehung, écru,
 \varnothing 1,0 mm, ca. 16 Schusseinträge/cm;
Webkante: Seide, o. e. D., écru, 12 Kettfäden,
B. 0,3 cm;
Webbreite: 1,5 cm;

Verzierung: Geflochtener Strang; Glasfaser,
6 Stränge, ungedreht, farblos, \varnothing 1,5 mm;
B. 0,5 cm

Analyse der Nähfäden

1. Seide, Zwirn Z aus 3 Fäden S, weiß,
 \varnothing 0,25 mm, doppelt, Montage des Gewebes
am Puppenkörpers und der Ärmel, händisch
verarbeitet
2. Baumwolle [?]; Zwirn Z aus 3 Fäden S,
beige, \varnothing 0,35 mm, Zusammenbinden der
Flechtbandenden, händisch verarbeitet
3. Baumwolle[?]; Zwirn S aus 3 Fäden Z, weiß,
 \varnothing 0,3 mm, Montage Flechtband, händisch
verarbeitet
4. Seide, Zwirn Z aus 2 Fäden S, hellbraun,
 \varnothing 0,3 mm, doppelt, Montage Kantenein-
fassung, maschinell verarbeitet

Vergleichsstücke Puppe mit Kimono, UT,
Inv. Nr. MSS200-651²⁵ (Floyd, Business, 2010,
S. 7)

7.3 Sonnenschirm, 1893

Libbey Glass Company, Chicago
Toledo Museum of Art, Inv. Nr. UNACC.2.1925
Gesamthöhe: 86,0 cm, Griff: 16,5 cm,
Schieber: 4,0 cm, Schirmspitze: 4,5 cm
Bezugteile: H. 58,0 cm B. 11,0 cm



Abb. 47 Kat. 7.3, Schirm mit einem Bezugstoff
und Verzierungen aus Glasfasern (TMA, Inv. Nr.
UNACC.2.1925)

Der Schirm ist mit einem Glasfaser-Seiden-
gewebe bespannt, das in dreieckige Stücke zu-
geschnitten wurde. Über den Schnittkanten
bzw. den Verbindungsnähten sind Seidenbän-
der und geflochtene Glasfaserbänder ange-
näht. Die Außenkante wurde mit Klebemittel
gegen das Ausfransen gefestigt, mit Seiden-
bändern eingefasst und darüber Seidenspitze
angenäht. Stock, Gestell und Schieber des
Schirms sind aus Metall, die hölzerne Spitze ist
mit Elfenbein ummantelt, der Griff mit silberfar-
benem Metall beschlagen und ebenfalls mit
Seidenspitze verziert.²⁶

Vergleichbare Stücke wurden von der Firma
Sprague & French produziert:

²⁵ Die Puppe mit ihrer Verkaufskartonbox konnte im Ward M. Canaday Center for Special Collections der University of Toledo untersucht werden, das Archivalien u.a. zu Industrie in Toledo und dem nordwestlichen Ohio für Forschungen zur Verfügung stellt.

²⁶ 1992 war der Schirm von zwei New Yorker TextilrestauratorInnen geschlossen verpackt worden, weshalb aktuell nur die Außenseite des Exponats für genauere Untersuchungen zugänglich ist. Korrespondenz und Restaurierungsbericht Rosenstiel, 14.3.1991–2.11.1992, TMA.

»There was also an umbrella covered with the same material. This celebrated glass umbrella was designed by Col. James H. Sprague, and made up, at a cost of more than \$ 350 at the Sprague & French umbrella factory in Norwalk, Ohio.«²⁷



Abb. 48 Detail zu Kat. 7.3, Schirmgriff (TMA, Inv. Nr. UNACC.2.1925)

Silber, geprägt [?]; Spitze: mit Elfenbein ummantelt;

Bezug: Leinwandbindung mit Schussrippeffekt;
Kette: Seide, Zwirn S aus 2 Fäden leichte Z-Drehung, écreu, ø 0,4 mm, 10 Kettfäden/cm;
Schuss: Seide, Zwirn S aus 2 Fäden leichte Z-Drehung, écreu, ø 0,4 mm/Glasfasern, ca. 260 Filamente ungedreht, farblos, ø 0,6 mm, 10 Schusseinträge/cm;
Webkante: Doppelte Kettfadendichte, B. 0,25 cm;
Webbreite: 91,44 cm (Breite des Webstuhls);

Verzierung Flechtband 1: Geflochtener Strang; Glasfasern, 6 Stränge aus ca. 260 Einzelfilamenten, ungedreht, farblos, ø ca. 1,5 mm, B. 0,5 cm;

Verzierung Flechtband 2: Geflochtener Strang; Glasfasern, 6 Stränge aus ca. 260 Einzelfilamenten, ungedreht, farblos, ø ca. 2,0 mm, B. 0,8 cm;

Verzierung Band: Leinwandbindung mit Schussrippeffekt;

Kette: Seide, o. e. D., écreu, ø 0,1 mm, ca. 80 Kettfäden/cm;
Schuss: Seide, o. e. D., écreu, ø 0,4 mm, ca. 21 Schusseinträge/cm; Webkante: 6 Kettfäden, B. 0,1 cm; Webbreite: 1,2 cm;

Verzierung Spitze: Klöppelspitze, Blonde mit Nadelspitze [?]; Regelmäßiger Tüll: Seide, o. e. D., écreu, ø 0,15 mm; Muster und Außenkante: Seide, Zwirn Z aus 2 Fäden S, écreu, ø 0,5 mm; Seide, Zwirn Z aus 3 Fäden S, écreu, ø 1,0 mm; H. ca. 11,5 cm

Analyse der Nähfäden Baumwolle [?] Zwirn Z aus 2 Fäden S, weiß, ø 0,5 mm, händisch ausgeführte Montage

Literatur –, Umbrella, 1967, S. 12; Fauster, Glass, 1979, S. 228; Fauster, Mementos, 1979, S. 4665

²⁷ –, Umbrella, 1967, S. 12.

7.4 Weste, 1893

Libbey Glass Company, Chicago
 Toledo Museum of Art, nicht inventarisiert
 Vordere Länge 40,0 cm, Hintere Länge 37,0 cm



Abb. 49 Kat. 7.4, Weste mit Oberstoff und Verzierungen aus Glasfasern, Vorderseite (TMA, nicht inventarisiert)



Abb. 50 Kat. 7.4, Rückseite der Weste (TMA, nicht inventarisiert)

Die Weste ist vollständig aus dem Glasfaser-Seidengewebe gefertigt und setzt sich aus zwei Vorder- und einem Rückenteil zusammen, die

mit Seidenstoff gefüttert sind. Um den Kragen, die Armlöcher, Vorder- und Unterkanten sowie über den Seiten- und Schulternähten ist ein Seidenband und darüber ein Glasfaserflechtband angebracht. Die Außenkanten und die hintere Mitte sind zudem mit in Schlaufen gelegtem Flechtband verziert.

Dieses Stück kam durch die Vermittlung von Judy Sikorski in die Sammlung des Toledo Museum of Arts, nachdem sie es bei dem Antiquitätenhändler Marty Kruser, von Port Lawrence Antiques, Monroo Street gesehen hatte.²⁸ Die Weste war in einem verglasten Rahmen ausgestellt, aus dem sie für die Lagerung im Museum entnommen wurde.

Materialanalyse Oberstoff: Leinwandbindung mit Schussrippeffekt;

Kette: Seide, Zwirn S aus 2 Fäden leichte Z-Drehung, é cru, \varnothing 0,4 mm, 10 Kettfäden/cm;

Schuss: Seide, Zwirn S aus 2 Fäden leichte Z-Drehung, é cru, \varnothing 0,4 mm /Glasfasern, ca. 260 Filamente ungedreht, farblos, \varnothing 0,6 mm, 10 Schusseinträge/cm;

Webkante: Doppelte Kettfadendichte, B. 0,25 cm;

Webbreite: 91,44 cm [Breite des Webstuhls];

Futterstoff: Köperbindung 1:2;

Kette: Seide, o. e. D., é cru, \varnothing 0,15 mm, 36 Kettfäden/cm;

Schuss: Seide, o. e. D., é cru, \varnothing 0,3 mm, 42 Schusseinträge/cm;

Verzierung Flechtband 1: Geflochtener Strang; Glasfasern, 6 Stränge aus ca. 260 Einzelfilamenten, ungedreht, farblos, \varnothing ca. 1,5 mm, Breite: 0,5 cm;

Verzierung Flechtband 2: Geflochtener Strang;

²⁸ Korrespondenz und Memo zu Sikorski, 11.–16.10.2004, TMA.

Glasfasern, 6 Stränge aus ca. 260 Einzelfila-
menten, ungedreht, farblos, \varnothing ca. 2,0 mm,
Breite: 0,8 cm;

Verzierung Band: Leinwandbindung mit
Schussripseffekt;

Kette: Seide, o. e. D., *écru*, \varnothing 0,1 mm,
ca. 80 Kettfäden/cm;

Schuss: Seide, o. e. D., *écru*, \varnothing 0,4 mm,
ca. 21 Schusseinträge/cm;

Webkante: 6 Kettfäden, B. 0,1 cm;

Webbreite: 1,2 cm

Analyse der Nähfäden Baumwolle[?]; Zwirn Z aus
2 Fäden S, weiß

7.5 Rock des Kleids der Infantin Eulalia, 1893

Libbey Glass Company, Chicago

Deutsches Museum, München, Inv. Nr. 1924-51952

Vordere Länge: 106,0 cm, hintere Länge: 127,0 cm



Abb. 51 Kat. 7.5, Rock des Kleids der Infantin Eulalia
(DM, Inv. Nr. 1924-51952)

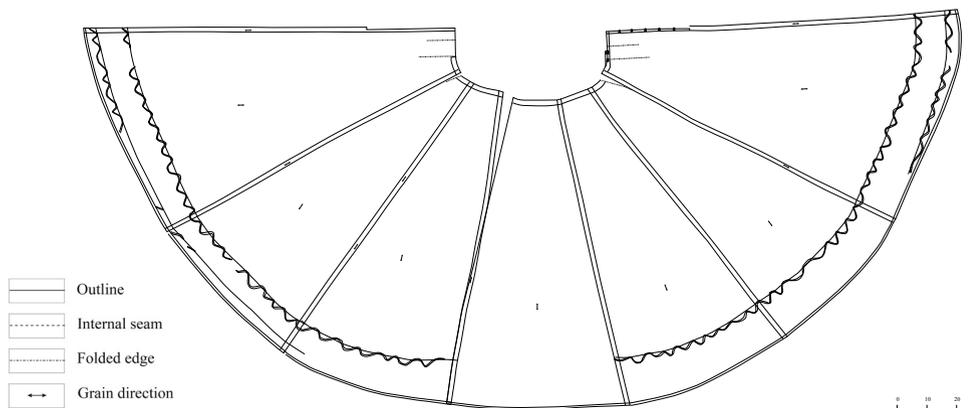


Abb. 52 Rock des Kleids der Infantin Eulalia – Schnittkonstruktion des Oberstoffs und Montage der
Rüschen (DM, Inv. Nr. 1924-51952)

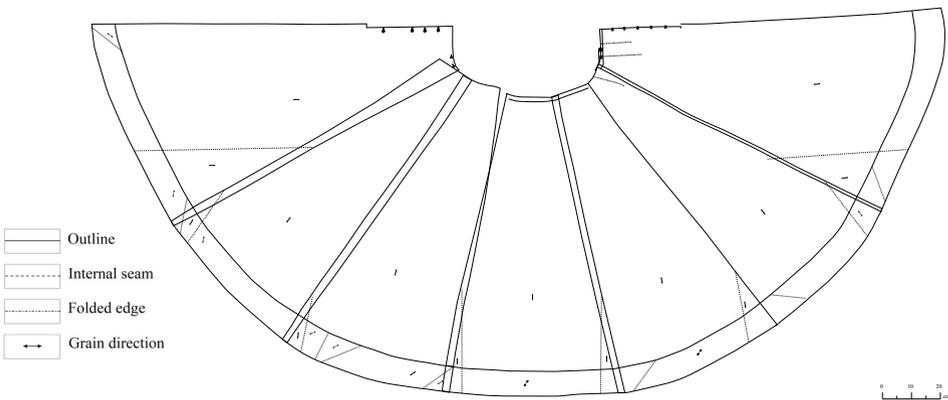


Abb. 53 Schnittkonstruktion des Futterstoffs (DM, Inv. Nr. 1924-51952)

Schnittkonstruktion und Nähtechnik des Rocks Der Rock setzt sich aus sieben trapezförmigen, oben abgerundeten Schnittteilen zusammen. An das symmetrische Rockteil in der vorderen Mitte reihen sich links und rechts²⁹ je zwei etwas schmalere Seitenteile und ein hinteres Schnittteil an, die aus den Gewebebahnen des Glasfaser-Seidengewebes geschnitten wurden. Das Futter, mit dem man jede einzelne Rockbahn zunächst versah, besteht aus jeweils einem großen Schnittteil mit angesetztem Zwickel. In der vorderen und hinteren Mitte ist der Fadenlauf senkrecht, bei den seitlichen Teilen ist er an der jeweils hinteren Verbindungsnaht ausgerichtet. Der Futterstoff ist hier um die Schnittkanten des Oberstoffs gelegt. Die vorbereiteten Schnittteile wurden überlappend – rechts über links – mit einer Steppstich- bzw. mit Kettstichnaht auf der Nähmaschine zusammengenäht. Dabei handelt es sich um sehr eng aneinandergesetz-

te Stiche, die in einer Linie verlaufen. Die Nähte zwischen dem vorderen Rockteil und dem links danebenliegenden sind auf einer Länge von circa 80 Zentimetern mit Steppstich ausgeführt, bei allen anderen Nähten wurde mit den in Schlingen liegenden Kettenstichen gearbeitet. Über den Nahtverbindungen und an der hinteren Öffnung brachte man Atlasbänder mit den Schlingen der Kettenstiche auf der Rockinnenseite an und versäuberte die überlappenden Futterstoffe von innen mit schräg über die Gewebekanten liegenden Saumstichen.³⁰

Der Rock ist mit einem Saumbeleg aus dem Futterstoff verstärkt. Dafür wurden Gewebestreifen mit schräglaufenden Steppstichnähten zusammengefügt und händisch angenäht. Für den Rockbund und den angesetzten Riegel wurde ein Stoffstreifen zu einem Tunnel genäht. Die Schnittteile des Saums und Saumfutters sind mit Steppstichen zu zwei langen Bändern an-

²⁹ Anm.: Bezeichnung der Seiten aus Sicht der Trägerin.

³⁰ Dillmont, Encyclopaedie, 1886, S. 6.

einandergefügt und an der Unterkante gegen-
genäht. Zwischen dem hinteren und dem
seitlichen rechten Schnittteil befindet sich die
Naht, mit welcher der Rock geschlossen wurde.
Über die Atlasbänder heftete man je zwei
Flechtbänder aus Glasfasersträngen zur Ver-
zierung. Die nächsten Arbeitsschritte waren das
Annähen einer Randeinfassung aus Atlasband
entlang der Unterkante mit Steppstichen, das
Heften von Falten in den hinteren vier
Rockbahnen und die Montage des Rockbunds
mit Überwendlingsstichen. Am Schlitz in der
hinteren Mitte nähte man die Verschlüsse an.
Die zwei Paare Haken und Ösen am Bund sind
aus kupferfarbenem Metalldraht gebogen. Das
Auge der Öse ist rund, der Haken offen. Die
Verschlüsse entlang des Schlitzes sind etwas
kleiner und aus silberfarbenem Metall gefertigt.
Die Vorderkante der aus Draht geformten Ösen
ist abgeflacht. Es handelt sich hierbei um han-
delsübliche Produkte der Firma Nicholls³¹ deren
Name auf der Oberseite des Federhakens aus
Metallblech eingepreßt ist.

Der Streifen für den Saum wurde nach innen
umgebogen, ausgehend von der vorderen
Mitte an den Rock geheftet und dabei in re-
gelmäßigen Abständen eingeschnitten, damit
sie sich der Rundung besser anpassen. Im
Bereich der vorderen Rockbahn liegen die
Enden der Streifen übereinander, Ober- bzw.
Futterstoff sind separat voneinander umgebo-
gen und mit Überwendlingsstichen fixiert. Über
dem Saum wurden zwei Reihen Rüschen und
Fransen mit groben Heftnähten in der Umbug-
kante angebracht. Für die Rüschen wurden
Gewebestücke mit Matratzenstichen verbun-
den, aus dem daraus resultierenden langen
Streifen wurde ein Tunnel gebildet und hori-
zontal in der Mitte gefaltet. Die Fransen erhielt

man durch Abschneiden der Webkante des
Glasfaser-Seidengewebes und Aneinanderfü-
gen der Teilstücke. Über die Schnittkante wurde
ein Band aus eingerolltem Crêpe-de-Chine
geheftet, um das ein Glasfaserflechtband ge-
wickelt war. Abschließend formte man aus
Atlasband, versehen mit Glasfaserflechtband,
vierschlaufige Schleifen und nähte sie zu bei-
den Seiten der vorderen Rockbahn an.

Analyse der Gewebe Oberstoff: Leinwandbindung
mit Schussrippeffekt;

Kette: Seide, Zwirn S aus 2 Fäden leichte
Z-Drehung, écru, ø 0,4 mm, 10 Kettfäden/cm;

Schuss: Seide, Zwirn S aus 2 Fäden leichte
Z-Drehung, écru, ø 0,4 mm/Glasfasern,
ca. 260 Filamente ungedreht, rosa,
ø 0,6 mm, 10 Schusseinträge/cm;

Webkante: Doppelte Kettfadendichte,
B. 0,25 cm;

Webbreite: 91,44 cm;

Futterstoff Rockteile und Saumbeleg: Leinwand-
bindung [Pongé];

Kette: Seide, o. e. D., écru, ø 0,3 mm,
38 Kettfäden/cm;

Schuss: Seide, o. e. D., écru, ø 0,15 mm,
40 Schusseinträge/cm;

Webkante: doppelte Kettfadendichte,
B. 0,75 cm;

Futterstoff Saum: Leinwandbindung mit
Schussrippeffekt;

Kette: Seide, o. e. D., écru, ø 0,15 mm,
82 Kettfäden/cm;

Schuss: Seide, o. e. D., écru, ø 0,2 mm,
53 Schusseinträge/cm;

Webkante: unveränderte Kettfadendichte,
B. 0,2 cm;

³¹ Vgl. dazu die Anzeige für das Produkt: »Nicholl's Patent Spring Hook and Eye, Silvered«. (Scott, Catalogue, 1893, S. 79).

Aufhängeband: Einfacher Spitzgratkörper 1:2
 Kette: Baumwolle, Zwirn aus 2 Fäden Z, gebleicht, \varnothing 0,3 mm, 30 Kettfäden/cm;
 Schuss: Baumwolle, Zwirn aus 2 Fäden Z, gebleicht, \varnothing 0,2 mm, 34 Schusseinträge/cm;
 Webbreite: 1,1 cm;

Kanteneinfassung: Leinwandbindung;
 Kette: Seide, o. e. D., *écru*, doppelt \varnothing 0,3 mm, ca. 40 Kettfäden/cm;
 Schuss: Seide, leichte Z-Drehung, *écru*, \varnothing 0,15 mm, ca. 60 Schusseinträge/cm;
 Webkante: Seide, o. e. D., *écru*, \varnothing 0,15 mm, 8 Kettfäden, B. 0,1 cm;
 Webbreite: 1,1 cm;

Verzierung Flechtband: Geflochtener Strang Glasfaser, 6 Stränge, ungedreht, farblos, \varnothing 1,5 mm; Breite: 0,5 cm;
 Verzierung Band: Abgewandelter 8-bindiger Atlas, Steigungszahl 3;
 Kette: Seide, o. e. D., *écru*, \varnothing 0,1 mm, ca. 200 Kettfäden/cm;
 Schuss: Seide, Z-Garn, *écru*, \varnothing 0,4 mm, 30 Schusseinträge/cm;
 Webkante, 6 Kettenfäden, B. 0,7 cm;
 Webbreite: 1,4 cm [Streifen] und 1,9 cm [Schleife];

Verzierung Rüschen: Crêpe-de-Chine;
 Kette: Seide, S-Garn stark gedreht, *écru*, \varnothing 0,5 mm, ca. 57 Kettfäden/cm;
 Schuss: Seide, S-Garn stark gedreht, *écru*, \varnothing 0,05 mm, 47 Schusseinträge/cm;
 Webkante: Seide, Zwirn o. e. D. aus 3 Fäden S, *écru*, \varnothing 0,05 mm, 29 Kettenfäden, B. 0,55 mm;
 Webbreite: ca. 105 cm;

Verzierung Rüschen: Organza;
 Kette: Seide, S-Garn, *écru*, \varnothing 0,05 mm, ca. 34 Kettfäden/cm;
 Schuss: Seide, S-Garn, *écru*, \varnothing 0,05 mm, 35 Schusseinträge/cm

Analyse der Nähfäden

1. Seide, Zwirn Z aus 3 Fäden S, *écru*, \varnothing 0,4 mm, Schnittteile des Futterstoffs und des Saumbelegs, Ober- und Futterstoff verbinden; Atlasbänder montieren; Unterkante einfassen (maschinell verarbeitet), Futterstoff und Saumbeleg versäubern; geflochtenes Glasfaserband, Haken und Ösen montieren; Falten im Rückenbereich und Saum heften, Bundeinfassung fixieren (händisch verarbeitet)
2. Baumwolle, Zwirn Z aus 3 Fäden S, weiß, \varnothing 0,5 mm, Aufhängeband annähen, Montage der Fransen und Schleifen (händisch verarbeitet)
3. Baumwolle, Zwirn S aus 3 Fäden Z, naturfarben, \varnothing 0,4 mm, Schnittteile von Ober- und Futterstoff des Saums verbinden, Saum füttern (maschinell verarbeitet)
4. Baumwolle, Zwirn S aus 3 Fäden Z, weiß, \varnothing 0,5 mm, Montage des Flechtbands, der Rüschen, Crêpe-de-Chine Band nähen und montieren (maschinell verarbeitet)
5. Baumwolle, Zwirn S aus 3 Fäden Z, weiß, \varnothing 0,2 mm, Montage des Flechtbands, Rüschen verbinden, Saum füttern (händisch verarbeitet)

7.6 Kleid der Florence Scott Libbey, 1892–1893

Libbey Glass Company, Toledo

Toledo Museum of Art, Inv. Nr. UNACC.1.1925

Oberteil: Vordere Länge: 23,4 cm, Hintere Länge:
29,0 cm, Taillenumfang: ca. 69,0 cm

Rock: Vordere Länge nicht zugänglich, Hintere Länge
110,0 cm

Schnittkonstruktion und Nähtechnik des Oberteils Das Futter bildet die innere Grundstruktur des Oberteils: Ausgehend von der vorderen Mitte sind auf jeder Seite symmetrisch vier Schnittteile mit Steppstichen zusammengenäht. Die vorderen zwei Teile umrahmen das Dekolleté, laufen in den Schulterstreifen aus, die an die Rückenteile ansetzen, und seitlich sind an zwei Stellen Zwickel ausgeschnitten. Die kurzen Ärmel wurden in die Armlöcher genäht, oben in zwei Wülste geteilt und gebauscht. Das Oberteil wurde in der hinteren Mitte mit metallenen Haken und Ösen geschlossen. Zu beiden Seiten wurden die Kanten mit Fischbeinstäben und Streifen aus grobem Baumwollgewebe versteift, mit den Verschlüssen versehen und darüber wurde ein Streifen aus dem Futterstoff genäht. Über den Ösen auf der linken Seite ist ein weiterer Streifen angebracht, sodass die Verschlüsse von außen nicht sichtbar sind. Auf die versäuberten Nahtzugaben der einzelnen Schnittteile wurden von der Innenseite Tunnel aus Atlasbändern eingenäht, in die man zur Verstärkung Fischbeinstäbe einschob. Diese waren mit Baumwollstoff überzogen und an den Enden mit abgerundeten Metallkappen versehen. Die Stäbe reichen vom Bund bis ca. fünf Zentimeter unterhalb des Dekolletés. Das gesamte Oberteil mit den Ärmeln ist mit Crêpe-de-Chine-Gewebe überzogen, das in lockere Falten gelegt ist und um die Kanten geschlagen wurde. Um den Halsausschnitt sind aus demselben Gewebe zwei Reihen Rüschen

montiert, die man zuvor mit Glasfaserflechtband umwickelte. Auf der Innenseite läuft um das Dekolleté ein Tunnel aus einem Atlasband, durch das ein Band gezogen ist, mit dem man die Weite des Ausschnitts regulieren kann. Am Bund sind ebensolche Einfassbänder angenäht, die innen die offenen Nahtzugaben abdecken und außen als Verzierung dienen. Wie beim Rockbund sind hier Glasfaserflechtbänder appliziert.

Über den beschriebenen Schichten ist schließlich das Glasfaser-Seidengewebe in mehreren Teilen angebracht: Aus den Gewebebahnen wurden breite Streifen vom Rand abgeschnitten, aus denen die Glasfaserfransen hervorstehen. Die Schnittkanten sind mit Klebemittel eingestrichen, um ein Ausfransen zu verhindern. Auf beiden Seiten setzen zwei Teile unter dem Arm an, die vorne in Falten gelegt sind und sich in der vorderen Mitte überkreuzen. Auf den Ärmeln sind je ein gefälteltes und ein gerolltes Gewebestück angeheftet, deren Franses über die Ärmel bzw. auf Vorder- und Rückseite des Oberteils stehen. Zwischen die gebauschten Falten der Puffärmel sind Schleifen aus Atlasbändern, versehen mit Glasfaserflechtbändern, angenäht. Je eine weitere Schleife findet sich am Bund in der hinteren Mitte sowie unterhalb der Rüschen am Dekolleté.

Materialanalyse Für die Analyse des Ober- und Futterstoffs, die Kanteneinfassung und Verzierungen vgl. Kat.-Nr. 6.6.

Weitere Bestandteile:

Band 1: Geflochtener Strang, Seide, 6 Stränge, ungedreht, dunkelblau, \varnothing ca. 0,5 mm; Seide, 6 Stränge, ungedreht, *écru*, \varnothing ca. 0,3 mm darum geflochten; Breite: 0,3 cm;

Band 2: Körperbindung 4:1;
 Kette: Seide, o. e. D., écreu, ø ca. 0,1 mm,
 ca. 40 Kettfäden/cm;
 Schuss: Seide, o. e. D., écreu, ø ca. 0,5 mm,
 ca. 10 Schusseinträge/cm;
 Webkante: Leinwandbindung, Seide, S-Garn,
 ungedreht, écreu, ø ca. 0,3 mm, 10 Kettfäden,
 B. 1,0 mm;
 Tailenband 1: Leinwandbindung;
 Kette und Schuss: Seide, o. e. D., écreu,
 ø ca. 0,3 mm, 4 Kettfäden, B. 0,5 mm;

Tailenband 2: 8-bindiger Atlas,
 Kett und Schuss: Seide, o. e. D., écreu,
 ø ca. 0,1 mm, B. 1,5 mm;
 Webbreite: 1,1 cm;

Einlage: Leinwandbindung;
 Kette und Schuss: Baumwolle, Garn S, weiß,
 gestärkt, ø ca. 0,2 0,4 mm, ca. 22 Fäden/cm

Analyse der Nähfäden Vergleiche dazu
 Kat. Nr. 6.6.

Literatur Anderegg, Strength, 1939, S. 298;
 Libbey Glass Company, Facts, 1893, S. 36–37;
 –, Company, 1893; Fauster, Mementos, 1979,
 S. 58; Fauster, Glass, 1979, S. 228; Fauster,
 Glass, 2006, S. 4665; Libbey Glass Company,
 World's Fair, 1893; Al McKay: Historic Gown
 of Glass Sought for Rossford Gala. Borrowing
 One Owned by Museum is Doubtful Because
 of its Fragility. In: Toledo Plade v. 18.7.1996,
 S. 1–2; Plummer, Fiber Glass, 1938, S. 726;
 Spillman, The Glass Dress, 1986/87, S. 9;
 Dorothy Stafford: Glass Dress, Now at Art
 Museum, Was World Fair Sensation in 1892.
 In: Toledo Blade v. 21.1.1951, S. 7; The Toledo
 Museum of Arts, Glass, 1968

7.7 Kleid von Ellen Jaqua, 1900

Dresden/Paris
 New Brunswick Museum, St. John, Inv. Nr. 14441
 Oberteil: Vordere Länge 26,0 cm, Hintere Länge
 28,0 cm
 Rock: Vordere Länge 102,0 cm, Hintere Länge
 118,0 cm, H. 119,0 cm, B. 128,0 cm, T. 6,0 8,0 cm
 Gürtel: H. 13,0 cm, B. 56,0 cm, T. 1,0 cm



Abb. 54 Kat. 7.7, Oberteil des Glasfaserkleids von
 Ellen Jaqua (NBM, Inv. Nr. 14441)

Schnittkonstruktion und Nähtechnik

Das Oberteil ist aus einem Schnittteil auf der
 Vorderseite und zwei auf der Rückseite zusam-
 mengesetzt, die aus dem grünen Glasfaser-
 Seidengewebe zugeschnitten wurden. Jedes
 dieser Schnittteile ist mit einem seidernen Futter
 versehen. Auf der Innenseite sind sieben Met-
 allstreifen, überzogen mit Seidengewebe, zur
 Versteifung über den Nahtverbindungen an-
 gebracht. Von außen sind die Nähte mit
 weißem Glasfaserflechtband abgedeckt. Die
 Ärmel sind aus je einem Schnittteil gefertigt,

gefüttert, in viele kleine Falten gelegt und in das Armloch genäht. In der hinteren Mitte ist innen ein Stück Stoff mit zwei Haken eingenäht, die in zwei Löcher am Taillenband des Rocks eingehängt werden können. Alle Außenkanten sind mit dem Futterstoff versäubert. Die einzige Ausnahme stellen die Fransen dar, die entlang des Ausschnitts angebracht sind: In einem Abstand von 12 cm zur Webkante ist das Glasfaser-Seidengewebe beschnitten, mit Klebemittel eingestrichen und mit einem zusätzlichen Einfassband gesichert. Die Organza Rüschen sind gefältelt, auf einem netzartigen Stoffstreifen befestigt und an der Innenseite des Ausschnitts angenäht. Dafür wurde ein langer Streifen des Oberstoffs in der Mitte gefaltet und gemeinsam mit einem kürzeren Streifen an der vorderen Mitte und an der linken Seite des Dekolletés montiert. An den Enden dieser Verzierung sind Schleifen aus Glasfaserflechtband angebracht.



Abb. 55 Kat. 77, Rock des Glasfaserkleids (NBM, Inv. Nr. 14441)

Der Rock ist aus vier Schnittteilen gefertigt, die vor dem Zusammenfügen gefüttert wurden: ein rechteckiges Panel auf der Vorderseite, zwei schmälere an den Seiten und ein breites, trapezförmiges in der hinteren Mitte. Der bodenlange Rock hat einen Bausch in der hinteren Mitte und die Öffnung rechts davon wird verdeckt von den Falten. Er lässt sich mit zwei Paaren von Haken und Ösen verschließen. Um die Taille, mit einem Umfang von ca. 59 cm ist ein weißes Seidenband gelegt. Ein Streifen des Glasfaser-Seidengewebes, das in Fransen ausläuft und drei Reihen weißer Glasfaserflechtbänder liegen über den Verbindungsnahten. Die Schussrichtung des Futters verläuft waagrecht, die des Oberstoffs ist um 90 Grad gedreht, sodass die Glasfaserschusseinträge vertikal ausgerichtet sind. Dasselbe gilt für die Fransen, die, analog zum Oberteil, von der Webkante des Glasfaser-Seidengewebes abgeschnitten, mit Klebstoff gesichert und an den Rock genäht wurden. Durch die vertikalen, entlang der Rockfalten laufenden Schusseinträge, ist die Glasfasern im Gewebe weniger anfällig für Brüche, als bei den Kleidern der Libbey Glass Company von 1893.

Unten verlängert den Rock ein etwa 14 cm hoher Saum, der über einem gestärkten Saumbeleg angebracht ist. Der Saum ist ein beigefarbener Seidenatlas, gefüttert mit einem versteiften Baumwoll- bzw. Leinengewebe. Er besteht aus sieben respektive sechs Schnittteilen, die in Kurven zugeschnitten wurden, um eine wellenförmige Verlängerung des Rocks zu schaffen. Der darunterliegende Saumbeleg ist zweilagig, wobei jede Lage wiederum aus drei Komponenten besteht: oben ein einfaches Netzgewebe, in der Mitte dasselbe Gewebe, gelegt in Falten von ca. einem Zentimeter Breite, und zuunterst eine Lage Spitze.



Abb. 56 Kat. 7.7, Gürtel des Glasfaserkleids, (NBM, Inv. Nr. 14441)

Der schmale Gürtel misst fünf Zentimeter in der Höhe und weist einen rautenförmigen Teil in der vorderen Mitte auf. Der Oberstoff ist um die Außenkante auf die Rückseite gefaltet und von hinten mit einem Seidengewebe gefüttert, das sich aus drei Schnittteilen zusammensetzt. Auf der Vorderseite sind an beiden Enden Streifen aus dem Futterstoff aufgesetzt und mit weißen Perlen von drei verschiedenen Größen bestickt. Die Perlen überdecken die Verschlüsse des Gürtels, die aus drei Paaren kleiner Haken und Ösen in unterschiedlichen Dimensionen bestehen.

Materialanalyse Oberstoff: Leinwandbindung mit Schussrippeffekt

Kette: Seide, Zwirn S aus 2 Fäden Z, é cru, \varnothing 0,4 mm, 12–13 Kettfäden/cm

Schuss: Seide, Zwirn S aus 2 Fäden Z, é cru, \varnothing 0,4 mm, 12 Schusseinträge/cm/Glasfasern, ungedreht, grün, \varnothing 1,0 mm, 8 Schusseinträge/cm

Webkante: Unveränderte Kettfadendichte
Webbreite: ca. 102,0 cm

Saum, Futterstoff von Oberteil, Rock: 8-bindiger Kettatlas, Steigungszahl 3

Kette: Seide, o. e. D., é cru, \varnothing 0,05 mm, 90–100 Kettfäden/cm

Schuss: Seide, Garn Z, é cru, \varnothing 0,3 mm, ca. 45 Schusseinträge/cm

Webkante: Leinwandbindung, 20 Kettfäden, o. e. D., é cru, \varnothing 0,05 mm (außen); 8-bindiger Kettatlas, Steigungszahl 3, zwei Mal 10 Kettfäden, Seide, o. e. D. dunkelblau, \varnothing 0,05 mm,

einmal Seide, o. e. D., é cru, \varnothing 0,05 mm, B. 0,6 cm (innen)
Webbreite: ca. 90,0 cm.

Futterstoff Rocksaum: Leinwandbindung
Kette und Schuss: Baumwolle/Leinen, Garn S, beige, \varnothing 0,2–0,5 mm, ca. 24–26 Fäden/cm
Futterstoff Rock, Gürtel: 8-bindiger Kettatlas, Steigungszahl 3

Kette: Seide, o. e. D., é cru, \varnothing 0,05 mm, 90–100 Kettfäden/cm

Schuss: Seide, Garn Z, é cru, \varnothing 0,3 mm, ca. 45 Schusseinträge/cm

Webkante: Gros de Tours 3, 8 Kettfäden, o. e. D., é cru, \varnothing 0,2 mm (außen); 8-bindiger Kettatlas, Steigungszahl 3 8 Kettfäden, Seide, Zwirn S aus 2 Fäden Z, pink, \varnothing 0,2 mm, B. 0,6 cm (innen)

Einfassband: 5-bindiger Kettatlas

Kette: Seide, Garn leichte Z-Drehung, é cru, \varnothing 0,05 mm, ca. 80 Kettfäden/cm

Schuss: Seide, o. e. D., é cru, \varnothing 0,5 mm, 26 Schusseinträge/cm

Webkante: Gros de Tours 10 Kettfäden (außen);
Leinwandbindung 4 Kettfäden,
B. 2,0 mm (innen)
Webbreite: 2,0 cm.

Saumbeleg Gewebe: Leinwandbindung

Kette und Schuss: Leinen [?], S-Garn, beige, \varnothing 0,2 mm, 17–18 Fäden/cm

Saumbeleg Spitze: Klöppelspitze/Nädelspitze
Leinen [?], Garn S, beige, \varnothing 0,15 mm; Leinen [?],
Zwirn S aus 2? Fäden Z, \varnothing 0,3–0,5 mm, doppelt;
H. 3,5 cm

Aufhängeband, Bund: Leinwandbindung mit Schussrippeffekt

Kette: Seide, o. e. D., é cru, \varnothing 0,1 mm, ca. 100 Kettfäden/cm

Schuss: Seide, o. e. D., é cru, \varnothing 0,3 mm, 40 Schusseinträge/cm, Webkante

unveränderte Bindung

Webbreite: 2,3 cm

Tunnel: Leinwandbindung

Kette: Baumwolle/Seide, Garn Z, beige,

ø 0,2 mm, ca. Kettäden/cm

Schuss: Baumwolle/Seide, Garn Z, beige,

ø 0,4 mm, 50–54 Fäden/cm

Verzierung: Geflochtener Strang B. 1,2–1,5 cm,

aus 4 geflochtenen Strängen, Glasfaser,

6 Stränge o. e. D., farblos, ø 1,0–2,0 mm,

B. 0,4–0,6 cm

Leinwandbindung Kette und Schuss: Seide,

Garn Z, *écru*, ø 0,02 mm, 40–50 Fäden/cm

Analyse der Nähfäden

1. Seide, Zwirn Z aus 2 Fäden S, *écru*, ø 0,25 mm, Schnittteile des Futterstoffs und des Saumbelegs, Ober- und Futterstoff verbinden (maschinell verarbeitet)
2. Seide, Zwirn Z aus 2 Fäden S, *écru*, ø 0,25 mm, doppelt, Montage Taillenband und Oberteilverstärkung, Fixieren der Rockfalten (händisch)
3. Baumwolle [?], Zwirn S aus 3 Fäden Z, weiß, ø 0,3 mm, Umwicklung und Montage Flechtband, Rüschen, Verschlüsse, Saumbeleg, Montage Ärmel, Applikationen und Flechtband auf dem Oberteil, alle Nähte am Gürtel (händisch verarbeitet)
4. Baumwolle [?], Zwirn Z aus 2 Fäden Z, weiß, ø 0,5 mm, doppelt, Fixierung Kanten der vorderen Öffnung am Oberteil (händisch)
5. Baumwolle [?], Zwirn S aus 3 Fäden Z, weiß, ø 0,4 mm, Reparatur Bund, Überwendlingsstiche (händisch)
6. Nylon [?], o. e. D., farblos, ø 0,2 mm, Montage Reparaturband am Bund (händisch)

Literatur –, Eigenaardige gewaden. In: Leidsch Dagblad v. 14.11.1903, S. 10; –, Robe en Verre o. J., 1903; Donnell, Dress, 1930; Elliott, Story, 2009; Gilliams, Wonders, 1902, S. 95–96.

Transkription und Reproduktionen der Patente von Dubus Bonnel

Von den Patenten, die zum größten Teil handschriftlich verfasst wurden, liegen hochauflösende Digitalisate vom Archiv des Institut national de la propriété industrielle vor (vgl. Abb. 1 bis 8).

Zur besseren Lesbarkeit wurden Transkripte angefertigt: In ihnen wurden Durch- und Unterstreichungen sowie Groß- und Kleinschreibung, wo eindeutig erkennbar, übernommen. Dazu zählen auch lange Striche, die im Originalmanuskript stellenweise den leeren Zeilenraum bis zum Seitenrand füllen. Es wird kein Unterschied zwischen Lang-»s« und Rund-»s« gemacht. Die im Original handschriftlichen Textpassagen sind im Transkript durch Kursivschrift gekennzeichnet, im Original schon in roter Schrift handschriftliche Nachträge stehen im Transkript kursiv und ebenfalls in rot. Anmerkungen der Autorin stehen in eckigen Klammern: so wurden an Stelle von nicht entzifferbaren Buchstaben Punkte gesetzt, bei Unklarheiten zu ganzen Wörtern Fragezeichen, zudem wurden nicht alle Abweichungen von heutigen Schreibweisen, etwa bei Accents, mit [sic] annotiert. Der Zeilenfall wurde aus der Quelle übernommen und bei Passagen, die nicht dem Verlauf des Haupttexts folgen, wurde zusätzlich die Position am Blatt vermerkt. Verweise sind im Original mit Asterisk (*) gekennzeichnet, was bei der Transkription ebenfalls übernommen wurde.¹

Im Kapitel »Historische Textilglasfasern« erläutert werden die auf Seite 5 der Patentschrift »No. 7689« beigefügte Stoffprobe (Abb. 13, S. 89 des vorliegenden Buchs) und die Zeichnung des Webstuhls aus dem Patent »No. 7689« (s. Abb. 14, S. 91).

¹ Die Transkriptionen der Verfasserin von den Seiten 3, 4, 8 und 9, die das eigentliche Patent und die Verbesserung enthalten, wurden ergänzt und korrigiert von Fabienne Huguenin, Deutsches Museum, München am 27.6.2018.

**Dubus Bonnel, Ignace-Charles-Gabriel; Bajeu: *Application du verre filé au tissage des étoffes.*
No. 7215, Paris 29. Dezember 1836, Quelle: Archive INPI, 1BA5318. [Transkript]**

1

Dubus Bonnel. Tissage du verre. *et Add.* —1.

[Spalte am linken Blattrand:]

Ministère

du Commerce

de l'agriculture

et des

Travaux publics.

Direction

de l'Administration industrielle

et commerciale.

Bureau

des Manufactures

et de

la Statistique industrielle.

No 7215.

Minute

10674

76

5495

Brevets d'Invention,*

de perfectionnement et d'importation,

établis par les Lois des 7 janvier et 25 mai 1791.

Certificat de demande d'un Brevet d'Invention
de cinq ans délivré à MM. Dubus Bonnel & Bajeu

à Paris département de la Seine

Vu la Requête de MM. Dubus Bonnel (Ignace Charles Romain)

de Lille & Bajeu de Roubaix, faisant élection de domicile à Paris

chez M. Van-houaker, demeurant rue Neuve Saint Merry N. 44,

dans laquelle ils exposent que, désirant jouir des droits de propriété temporaire

accordés et garantis aux auteurs et importateurs des découvertes et perfectionnements

en tout genre d'industrie, ils demandent un Brevet d'Invention

de cinq ans, pour le tissage du verre rendu malléable

par la vapeur, pur ou mélangé [sic] avec la soie, laine, coton ou lin,

* Le Gouvernement, en accordant un Brevet d'Invention sans examen préalable, n'entend garantir en aucune manière ni la priorité, ni le mérite,

ni le succès d'une invention. (Article 2 de l'arrêté du Gouvernement du 5 vendémiaire an 9, 27 septembre 1800.)

Dubus Bonnel. **Tissage du verre.**

Ministère
du Commerce
et des
Travaux publics.

Direction
de l'Administration industrielle,
et commerciale.

Bureau
des Manufactures
et de
la Statistique industrielle.

N^o 7215



et
Acte. — 1.

Brevets d'Invention,

de perfectionnement et d'importation,

établis par les Lois des 7 janvier et 25 mai 1791.

Certificat de demande d'un Brevet d'Invention
de cinq ans délivré à M. M. Dubus Bonnel & Bajeu
à Paris département de la Seine

Vu la Requête de M. M. Dubus Bonnel (Jean Charles Rouvain)
Lafite & Bajeu de Roubaix, faisant habitant de domicile à Paris
chez M. Van Houacker, demeurant rue Saint-Jacques N^o 114,
dans laquelle ils exposent que, désirant jouir des droits de propriété temporaire
accordés et garantis aux auteurs et importateurs des découvertes et perfectionnements
en tout genre d'industrie, ils demandent un Brevet d'Invention
de cinq ans, pour le *lissage du verre rendu malléable*,
par la vapeur, pur ou mélangé avec l'acier, le bois, le coton ou le lin,

* Le Gouvernement, en accordant un Brevet d'Invention sans examen préalable, n'entend garantir en aucune manière ni la priorité, ni le mérite, ni le succès d'une invention. (Article 2 de l'Ordonnance du Gouvernement du 5 vendémiaire an 9, 27 septembre 1800.)

Abb. 1 Titelblatt zum Patent »No. 7215 Application du verre filé au tissage des étoffes« von Dubus Bonnel und Bajeu, 29. Dezember 1836

2

qu'ils déclarent avoir inventé -----
ainsi qu'il résulte du procès-verbal de dépôt des pièces effectué sous cachet, au Secrétariat
de la Préfecture du département de la Seine, le 14 novembre dernier,

Vu le *mémoire descriptif & l'échantillon* -----
 joints à l'appui de ladite Requête;

Vu aussi les lois des 7 janvier et 25 mai 1791;

Le Ministre Secrétaire d'Etat au département du Commerce et des
Travaux publics, s'étant assuré que toutes les formalités prescrites par ces deux
loi [sic] ont été remplies par MM. *Dubus Bonnel et Bajeu a fait dresser*
ce Certificat de demande d'un Brevet d'invention de cinq ans,
pour le tissage de verre rendu malléable par la vapeur, pur ou mélangé avec la soie, laine, coton ou
lin;

demande dont il leur est provisoirement donné acte, en attendant que, suivant les
dispositions de l'arrêté du Gouvernement du 5 vendémiaire an 9 (27 septembre 1800),
ledit Brevet soit rendu définitif par une Ordonnance de Sa Majesté, et
proclamé par l'insertion de sa spécification au Bulletin des lois, ce qui aura lieu
au commencement du trimestre prochain.

Le Ministre ordonne en outre,

1° Que le *mémoire descriptif & l'échantillon ci-dessus* rappelés
resteront annexés au présent Certificat;

2° Qu'une expédition en bonne forme de ce même Certificat, laquelle devra
être suivie de la copie littérale du *dit mémoire descriptif*, -----
sera transmise cachetée au Préfet du département de la Seine,
pour être délivrée à M. *Dubus Bonnel & Bajeu*.

Paris 29 Décembre 1836.

Pour le Ministre secrétaire d'Etat [sic] des travaux publics, d'agriculture & du commerce & par
délégation

Le Maître des requêtes Secrétaire Général

J. Boulay

qu'il déclarent avoir inventé
 ainsi qu'il résulte du procès verbal de dépôt des pièces effectué sous cachet, au Secrétariat
 de la Préfecture du département de la Seine, le 14 novembre dernier;
 Qu'le même Descriptif & l'échantillon
 joints à l'appui de ladite Requête;
 Qu'après les lois des 7 janvier et 25 mai 1791;
 Le Ministre Secrétaire d'Etat au département du Commerce et des
 Travaux publics, s'étant assuré que toutes les formalités prescrites par ces deux
 lois ont été remplies par M. M. Dubus Bonnel & Bajet, a fait dresser
 ce Certificat de demande d'un Brevet d'invention de cinq ans,
 pour le usage de verre rendu malléable par la vapeur, par ou alliage avec le fer, le zinc, le plomb, le cuivre,
 demande dont il leur est provisoirement donné acte, en attendant que, suivant les
 dispositions de l'arrêté du Gouvernement du 5 vendémiaire an 9 (27 septembre 1800),
 ledit Brevet soit rendu définitif par une Ordonnance de Sa Majesté, et
 proclamé par l'insertion de sa spécification au Bulletin des lois, ce qui aura lieu
 au commencement du trimestre prochain.
 Le Ministre ordonne en outre,
 1. Que le même Descriptif & l'échantillon ci-dessus rappelés
 resteront annexés au présent Certificat;
 2. Qu'une expédition en bonne forme de ce même Certificat, laquelle devra
 être suivie de la copie littérale du dit même Descriptif,
 sera transmise cachetée au Préfet du département de la Seine,
 pour être dévolue à M. M. Dubus Bonnel & Bajet.
 Paris le 29 Décembre 1856.
 Sous le Ministère Secrétaire d'Etat des Travaux publics, de l'Agriculture, du Commerce & par Délégués
 Le Maître Des requêtes Secrétaire Général
 J. Poulley

Abb. 2 Seite 2 aus dem Patent »No. 7215«

3

7215/1

Monsieur le Ministre

Le soussigné a l'honneur de vous demander
 en son nom ainsi qu'en celui de Monsieur Walet Bajoux
 de Roubaix son associé un Brevet d'invention de cinq ans
 pour le tissage de verre rendu malleable par la vapeur,
 pur ou mélangée avec la soie, laine, coton ou lin
 Vous en avez Ci ensuite un don [?] de mon travail

Procedé

Le Verre ordinaire ~~ou colloïde~~ est soumis a [...]tion [?] du feu
 produit par une lampe d'émailleur pour être fillé très
 fin sur un rouet le quel est ensuite placé dans une
 caisse ou [sic] l'on introduit de la vapeur à la plus haute
 température possible, le verre sortant par une très petite
 ouverture se ~~dévies~~ dévide sur une Navette elle même.
 Brulante ou chauffée de ca 90 [?] degrés, le verre est
 ensuite tissé sur un métier à la Jacquard, dans un
 appartement, chauffé de 80 a 90 [?] degrés [sic] d'après réaumur.
 Le Peigne et [...] d'acier est posé sur un tube
 en cuivre chauffé de même a 80 degré [sic]. Cela suffit
 pour rendre le verre fillé malleable au point de
 le tisser comme la soie et autre produit avec lesquels
 il peut être ~~unis-réuni~~. →

72157

Monsieur le Ministre

Le Souffigne & L'hoisson de vous demander
 ce son nom ainsi que l'Est de Monsieur Nott Papier
 de l'indus son associé un brevet d'invention de cinq ans
 pour le tissage de l'oreille avec de melleable par la vapeur
 sur un mélange avec la soie laine coton ou lin.
 Vous en avez ci inclus un bon de mon travail

Veuille

Le Verre ordinaire en l'etoin est soumis à un feu
 froid par une lampe d'émaille pour être faite
 fine sur un tour le quel est sablé placé dans une
 cassette ou son introduit de la vapeur à la plus haute
 température possible le verre sortant par une petite
 ouverture de l'écuelle sur une tige de fer
 horizontale ou verticale de 12 à 15 degrés le verre est
 ensuite traité par un métier à tisser fréquent, c'est un
 appartement chauffé de 30 à 35 degrés au dessus
 le fer et est de l'acier est passé sur un tube
 en cuivre chauffé de même à 30 degrés cela suffit
 pour rendre le verre fibre melleable au point de
 le tisser comme la soie et être filé avec lequel
 il peut être ^{reuni} tissé.

Abb. 3 Seite 3 aus dem Patent »No. 7215«

4

7215/2

*Voilà Monsieur le Ministre le simple appareil
dont je me suis servi pour tisser l'échantillon
ci joint ainsi que ceux que j'ai [sic] eu l'honneur de
Vs [für: Vous] soumettre*

Veillez faire droit à ma demande et m[...] [?]

Votre très respectueux serviteur

M Dubus Bonnel

signé a Lille

Paris le 14 Nov 1836

*Mémoire descriptif déposé par MM. Dubus Bonnel &
Bajeu [?], à l'appui de leur demande d'un Brevet d'invention de
cinq ans, formée au secrétariat de la Préfecture du Départe.
de la Seine le 14 novembre dernier.*

Paris le 29 Décembre 1836

*Pour le Ministre secrétaire d'État des travaux publics, de l'agriculture
& du Commerce & par délégation*

Le Maître des requêtes secrétaire Général

J. Boulay

5

[Siehe dazu Abb. 13 im Kapitel »Verarbeitung zu Textilien«, S. 89]

7215

Voilà Monsieur le Ministre le simple approuvé
 dont je me suis servi pour le faire transcrire
 et faire ainsi que vous le voyez à l'annexe de
 ce Dossier.

Veuillez faire tout à ma demande et me le
 faire par vos respectueux Services.

M. Dubus Bonnel

Paris le 14 Nov 1856

Ministère des Travaux Publics
 M. le Ministre des Travaux Publics, de l'Industrie
 et du Commerce à Paris

Le Ministre des Travaux Publics, de l'Industrie
 et du Commerce a par Déclaration
 le 14 novembre 1856.

Le Ministre des Travaux Publics, de l'Industrie
 et du Commerce a par Déclaration
 le 14 novembre 1856.

J. P. Bonnel

Abb. 4 Seite 4 aus dem Patent »No. 7215«

Dubus Bonnel, Ignace Charles Gabriel: Procédés De Filage Et Tissage Du Verre, No. 7689, Paris 26. April 1837, Quelle: Archive INPI, 1BA5318(1). [Transkript]

6

Dubus Bonnel. Tissage du verre -- Add.

[Spalte am linken Blattrand:]

Ministère

des

Travaux publics,

de l'Agriculture

et du Commerce.

Direction

du Commerce intérieur,

des Manufactures

et des Établissements sanitaires.

Bureau

des Manufactures.

No 7689.

Minute

Brevets d'Invention,*

de perfectionnement et d'importation,

établis par les Lois des 7 janvier et 25 mai 1791.

Certificat de demande d'un --- Brevet de perfectionnement

& d'addition, délivré au S. [?] Dubus Bonnel (Ignace Charles

Romain), à Lille département du Nord.

Vu la Requête du S. [?] Dubus Bonnel (Ignace Charles Romain), Négociant à Lille, Département du Nord, ---

dans laquelle il expose que, désirant jouir des droits de propriété temporaire accordés et garantis aux auteurs et importateurs des découvertes et perfectionnements

en tout genre d'industrie, il demande un -- Brevet de perfectionnement

& d'addition au Brevet d'Invention de cinq ans, qu'il a pris [?] le 29

Décembre 1836, conjointement avec M. Bajeu, pour le tissage du verre

rendu malléable par la vapeur, pur ou mélangé avec la soie, laine,

coton ou lin, -----

* Le Gouvernement, en accordant un Brevet d'Invention sans examen préalable, n'entend garantir en aucune manière ni la priorité, ni le mérite,

ni le succès d'une invention. (Article 2 de l'arrêté du Gouvernement du 5 vendémiaire an 9, 27 septembre 1800.)

Dubus Bonnel.
Tissage du verre

Ministère
du
Travaux publics,
de l'Agriculture
et du Commerce.

Direction
du Commerce intérieur,
des Manufactures
et des Établissements similaires.

Bureau
des Manufactures.

N^o 7689

Minute.



Add.

Brevets d'Invention,

de perfectionnement et d'importation,

établis par les Lois des 7 janvier et 25 mai 1791.

Certificat de demande d'un — Brevet de perfectionnement
& d'addition délivré au S. Dubus Bonnel (Ignace Charles
Roucau), à Lille département du Nord.

Vu la Requête du S. Dubus Bonnel (Ignace Charles
Roucau) Négociant à Lille, Département du Nord,

dans laquelle il expose que, désirant pour des droits de propriété temporaire
accordés et garantis aux auteurs et importateurs des découvertes et perfectionnements
en tout genre d'industrie; il demande un — Brevet de perfectionnement
& d'addition au Brevet d'Invention de cinq ans, qu'il a pris le 29
Décembre 1836, conjointement avec M. Bayen, pour le tissage du verre
rendu malléable par la vapeur, pur ou mélangé avec la soie, laine,
coton ou lin,

* Le Gouvernement, en accordant un Brevet d'Invention sans examen préalable, n'est pas garant de sa nouveauté, ni la priorité, ni la durée, ni la validité d'une invention. (Article 2 de la Loi du Gouvernement du 5 vendémiaire an 9, 27 septembre 1800.)

36

Abb. 5 Titelblatt zum Patent »No. 7689 Procédés De Filage Et Tissage Du Verre« von Dubus, 26. April 1836

7

qu'il déclare avoir perfectionné -----
ainsi qu'il résulte du procès-verbal de dépôt des pièces effectué sous cachet, au Secrétariat
de la Préfecture du département du Nord, le 26 avril dernier

Vu le [sic] mémoire descriptif & le dessin

joints à l'appui de ladite Requête ;

Vu aussi les lois des 7 janvier et 25 mai 1791 ;

Le Ministre Secrétaire d'Etat au département des Travaux publics,
de l'Agriculture et du Commerce, s'étant assuré que toutes les formalités prescrites
par ces deux lois ont été remplies par le M. [?] Dubus Bonnel (Ignace Charles Romain)
a fait dresser ce Certificat sa demande d'un — Brevet de perfectionnement
& d'addition au Brevet d'Invention de cinq ans, qu'il a pris [?] le 29 Décembre
1836, conjointement avec M. Bajeu, pour le tissage du verre rendu
malléable par la vapeur, pur ou mélangé avec la soie, laine, coton ou lin,
demande dont il lui est provisoirement donné acte, en attendant que, suivant les
dispositions de l'arrêté du Gouvernement du 5 vendémiaire an 9 (27 septembre 1800),
ledit Brevet soit rendu définitif par une Ordonnance de Sa Majesté, et
proclamé par l'insertion de sa spécification au Bulletin des lois, ce qui aura lieu
au commencement du trimestre prochain.

Le Ministre ordonne en outre,

1° Que le [sic] mémoire descriptif & le dessin --- ci-dessus rappelés
resteront annexés au présent Certificat;

2° Qu'une expédition en bonne forme de ce même Certificat, laquelle devra
être suivie de la copie littérale du dit mémoire descriptif, -----
sera transmise cachetée au Préfet du département du Nord,
pour être délivrée à M. Dubus Bonnel.

Paris, 17 Août 1837

Pour le Ministre Secrétaire d'Etat [sic] au Département des Travaux
publics, de l'agriculture & du Commerce & par délégation

Le Maître de requêtes, Secrétaire général

J. Boulay

Bonnet Bonnel

qu'il déclare avoir perfectionné

ainsi qu'il résulte du procès verbal de dépôt des pièces effectué sous cachet, au Secrétariat de la Préfecture du département du Nord, le 26 avril dernier

Qu le mémoire descriptif & le dessin joints à l'appui de ladite Requête;

Qu auxi les lois des 7 janvier et 25 mai 1791;

Le Ministre Secrétaire d'Etat au département des Travaux publics, de l'Agriculture et du Commerce, s'étant assuré que toutes les formalités prescrites par ces deux lois ont été remplies par led. Dubus Bonnel (Joussier et Bonnel) a fait dresser ce Certificat de la demande d'un Brevet de perfectionnement & d'addition au Brevet d'Invention de cinq ans, qu'il a pris le 29 Décembre 1836, conjointement avec M. Bajeu, pour le tissage de terre rendu malléable par la vapeur, pur ou mélangé avec la soie, le coton, le lin, demande dont il lui est provisoirement donné acte, en attendant que, suivant les dispositions de l'arrêté du Gouvernement du 5 vendémiaire an 9 (27 septembre 1800), ledit Brevet soit rendu définitif par une Ordonnance de Sa Majesté, et proclamé par l'insertion de sa spécification au Bulletin des lois, ce qui aura lieu au commencement du trimestre prochain.

Le Ministre ordonne en outre,

1° Que le mémoire descriptif & le dessin ci-dessus rappelés resteront annexés au présent Certificat;

2° Qu'une expédition en bonne forme de ce même Certificat, laquelle devra être suivie de la copie littérale du dit mémoire descriptif sera transmise cachetée au Préfet du département du Nord pour être délivrée auxd. Dubus Bonnel.

Paris, le 17 Aout 1837

Le Ministre Secrétaire d'Etat au Département des Travaux publics, de l'Agriculture & du Commerce, à par délégué.

Le Maître des requêtes, Secrétaire général.

J. Bache

Abb. 6 Seite 2 aus dem Patent »No. 7689«

8

7689/1 / add

Monsieur le Ministre du Commerce à Paris

Monsieur le Ministre

17 août 1837 [links der Anrede hinzugefügt]

Le soussigné a l'honneur de vous demander un brevet de perfectionnement par addition à celui qu'il a obtenu pour son invention du tissage en verre le 29 Dbre [Décembre, Abkürzung aufgelöst] 1836.

Le perfectionnement consiste à ne plus employer ni vapeur, ni chaleur pour le tissage du verre.

Le verre d'abord filé à la lampe d'émailleur est ensuite posé par mèches (de deux à trois millimètres de grosseur, et longueur de toute la largeur du tissu) sur une barre en bois léger A ha 35 [vielleicht: ha für hauteur?] qui contient une gorge propre à retenir les fils de verre. Cette barre large de quatre centimètres et longue de trois mètre [sic] environ est garnie de roulettes afin de glisser sur la chaine comme une navette.

Un support en bois B est garni d'un couloir dans le quel glisse la barre de bois

7689/1
add.

8

Monsieur le Ministre du Commerce à Paris

Monsieur le Ministre.

17 août 1837
renu de l'add. de Dupré

Le Soussigné a l'honneur de vous demander un
brevet de perfectionnement par addition à celui qu'il a
obtenu pour son invention du tirage en verre le 29^{ème} Juin
1836.

Cette perfectionnement consiste à ne plus employer ni sapeau,
ni chabou pour le tirage du verre.

Le verre d'abord filé à la lampe d'immalleux est
enroulé par machin (de deux à trois millimètres de
grosseur), et longues de toute sa largeur (ou le plus) sur
une barre en bois lègèr ^{no 55} A qui contient une gorge propre
à recevoir les fils de verre. Cette barre large de quatre
centimètres et longue de trois mètres environ, est
garnie de roulettes afin de glisser sur la chaîne
comme une navette.

Un support en bois B est garni d'un
couteau dans lequel glisse la barre de bois

Abb. 7 Seite 3 aus dem Patent »No. 7689«

9

7689/2 / add

avant que d'être lancée sur le métier à la
Jacquard C. Une corde est attachée à la barre
A, et la fait revenir à son point de départ après
qu'elle a en [?] distribué le verre sur le métier.
Travail.

Un aide ouvrier après avoir placé une
mèche de verre sur la barre A, la lance entre
les fils de chaîne. L'ouvrier qui est sur le
métier saisit le verre. L'aide retire la barre au
moyen de la corde et tandis qu'il la garnit d'une
autre mèche de verre le tisserand exécute [sic] son travail.

S'il est facile de comprendre que ce moyen
très simple doit activer la fabrication de l'étoffe
et la perfectionner par sa régularité. Il fallait
auparavant employer des crochets dont le moindre
inconvenient était de d'étirer [sic] les fils de chaîne.
Attendant votre réponse j'ai l'honneur
d'être avec respect votre très humble serviteur
M. Dubus Bonnel
Seul propriétaire actuel du brevet
l'acte de cession de Mr. Bajoux
dont parviendra sous quelques jours
Ci-joint le dessin
Lille, le 26 avril 1837.

[am Rand hinzugefügt:]

Mémoire descriptif déposé par M. Dubus Bonnel, à l'appui de la demande d'un Brevet de
perfectionnement & d'addition
formée au Secrétariat de la préfecture du Département du Nord, le 26 avril dernier.
Paris, le 17 août 1837
Pour le Ministre Secrétaire d'État des Travaux publics, de l'agriculture & de Commerce & par
délégation
Le Maître de requêtes, Secrétaire Général
J. Boulay

7689/2
add

9

avant que l'étre lancie sur le métier à la
jaquard. C. Une corde est attachée à la barre
A; et la fait revenir à son point de départ après
qu'elle a eu distribué le verre sur le métier.

Travail.

Un aide entré après avoir placé une
traverse de verre sur la barre A, la lance entre
les fils de chaîne. L'aide qui est sur le
métier retire le verre. L'aide retire la barre au
moyen de la corde et tendu qu'il la garnit d'une
autre mèche de verre le repoussant ensuite son travail.

Il est facile de comprendre que ce moyen
très simple doit activer la fabrication de l'étoffe
et la perfectionner par sa régularité. Il fallait
auparavant employer des ouvriers dans le mouve-
reusement et de déchirer les fils de chaîne.

Attendant votre réponse j'ai l'honneur
d'être avec respect votre très humble serviteur
J. Dubus Bonnel

C. J. J. J.

Seul propriétaire actuel du brevet;
Fait à Paris le 26 avril 1837.
sous patronage sous quelques noms.

Monsieur Desormes et M. Perrot, à Paris, ont été chargés de la fabrication de l'étoffe de laine, le 26 avril 1837.
 Monsieur Desormes et M. Perrot, à Paris, ont été chargés de la fabrication de l'étoffe de laine, le 26 avril 1837.
 Monsieur Desormes et M. Perrot, à Paris, ont été chargés de la fabrication de l'étoffe de laine, le 26 avril 1837.
 Monsieur Desormes et M. Perrot, à Paris, ont été chargés de la fabrication de l'étoffe de laine, le 26 avril 1837.

Abb. 8 Seite 4 aus dem Patent »No. 7689«

10

7689

Mécanique ordinaire de Jacquard

[Siehe dazu Abb. 14 im Kapitel »Verarbeitung zu Textilien«, S. 91]

11

Dessin déposé par M. Dubus Bonnel (Ignace Charles Romain) à l'appui de la demande d'un brevet de perfectionnement [sic] et d'addition formée au Secrétariat de la préfecture du département du Nord le 26 avril dernier.

Paris le 17 aout [sic] 1837

*pour le Ministre des travaux publics, de l'agriculture & du Commerce et par délégation
Le Maître des requêtes, Secrétaire Général.*

J. Boulay

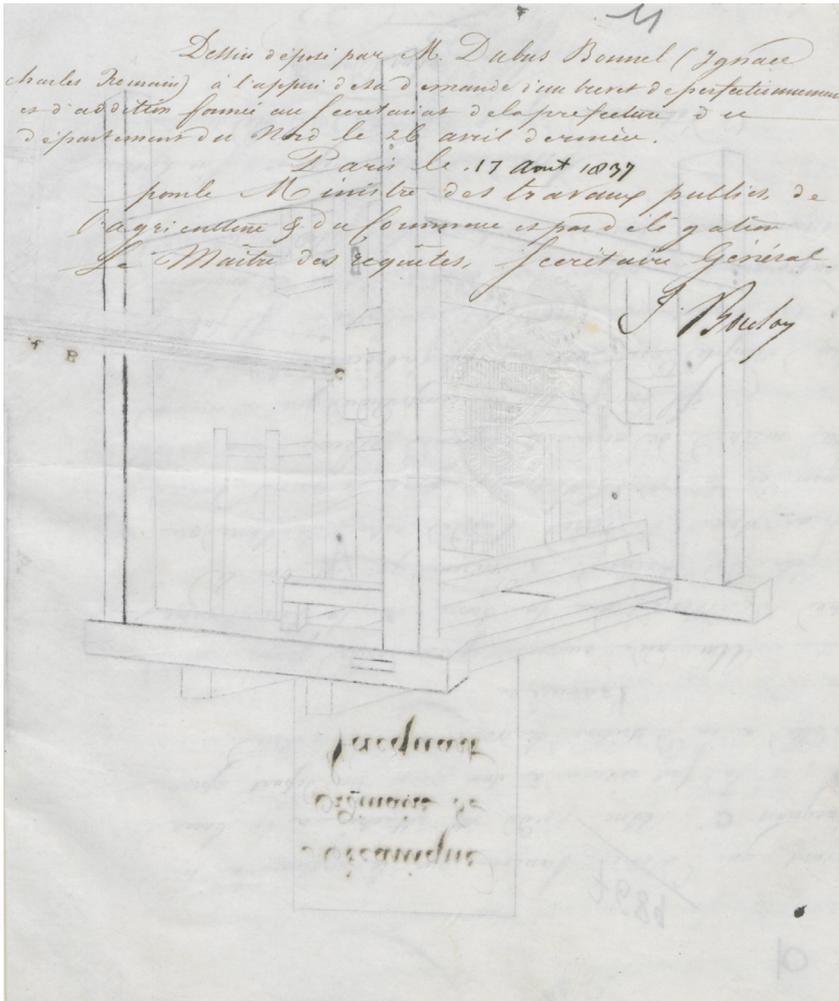


Abb. 9 Seite 5 aus dem Patent »No. 7689«

Verwendete Geräte und Materialien

Analysegeräte	Firma	Institution
Digitalmikroskop VHX-6000	Keyence	DM, Restaurierungsforschung
Durchlichtmikroskop		
ZEN Imaging Software	Leica	TUM, Lehrstuhl RKK
Einzelfaserprüfstand Favimat+	Textiltechno	ICT-FIL Fraunhofer-Institut
FTIR-ATR Vertex 70	Bruker	ICT-FIL Fraunhofer-Institut
Leitfähigkeitsmessgerät LaquaTwin B-771	Horiba Scientific	DM, Restaurierungsforschung
Mikroskop DM 4000	Leica	Fraunhofer-Institut ICT-FIL
pH-Messgerät LaquaTwin B-712	Horiba Scientific	DM, Restaurierungsforschung
Raman Microscope XPlora	Horiba Scientific	BSIGS, Doerner Institut
Rasterelektronenmikroskop DSM960	Zeiss	BLFD, Zentrallabor
Rasterelektronenmikroskop EVO MAT5	Zeiss	DM, Abteilung Optik
Rasterelektronenmikroskop Pro X	PhenomTM	TUM, Lehrstuhl RKK
Spektrophotometer CM-700d		
Color Data Software SpectraMagic NX	Konica Minolta	DM, Restaurierungsforschung
Stereomikroskop Stemi 508		
ZEN Imaging Software	Zeiss	DM, Restaurierungsforschung
XFlash SDD EDX-Detektor		
ESPRIT Software	Bruker	BLFD, Zentrallabor
Geräte für die Restaurierung		
Mehrzwecksauger ED 6 P Premium	Kärcher	DM, Restaurierungsforschung
Mobiles Unterdruck-Panel RSP1	Gabi Kleindorfer	DM, Restaurierungsforschung
Museums-Staubsauger 555 MU E HEPA	Muntz	DM, Bibliothek
Staubsauger GM80	Niifisk	CMG, Glasrestaurierung
Unterdruckpanel		BNM, Textilrestaurierung
Materialien		
Abschminkpads farblos	Jemako	
Angular shader small Barcelona 6	Escoda Prado Sintetico	
Baumwoll-Rohnessel	Karstadt Warenhaus GmbH	
Bristle brush medium 6320B Toray 1/8"	Above Ground	
China habotai, silk 49 g	Barth & Könenkamp Seiden GmbH & Co.	
Drahtgewebe		
Einbettkunststoff Technovit® 2000LC Liquid	Kulzer Technik	DM, Restaurierungsforschung
Essigsäure ≥ 100%	Carl Roth Chemikalien	TUM, Lehrstuhl RKK
Ethylalkohol	Kremer Pigmente	

Analysegeräte	Firma	Institution
Groom-Stick Molecular Trap	Picreator Enterprises Ltd.	
Leermarker 223EM	MolotowTM	
Magnete extra stark	Idee. Creativmarkt GmbH	
Magnetklebeband	OBI GmbH & Co.	
Moskitonetz, Polyamid, 155 Maschen/m ² , 25g/m ² , ultraleicht	extremetextil e.K, Dresden	
Natriumsulfat	Kremer Pigmente	
Nylon Tulle N8000, 20 Denier Monofilament	Dukeries Textiles & Fancy Goods Ltd	
Petroleum Ether Hexan (35–60°C)	Carl Roth Chemikalien	DM, Restaurierungsforschung
Petroleum Ether, n-Heptan (35–60°C)		CMG, Glasrestauration
Pinsel Aquash Wasserpinsel	Pentel	
Pinsel Bent Liner Micron 15/0		
Pinsel Fan Brush BlackSilver 4980 2	Dynasty	
Pinsel Shader 3050FS 2/0		
Pinsel Angular Shader 3750AS-025 ¼"		
Pinsel Grainer 3750FG-012 Filbert 1/8"		
Pinsel Grainer 3050G 3/8"		
Pinsel Fan Brush 3050FN 20/0		
Pinsel Fan Brush 750BF-2	Princeton Art & Brush Co.	
Pinsel Wisp Mini Majestic 4200FW 10/1	Royal & Langnickel	
Polyester Mesh Spacer M8180,		
Polyester Spacer M3605	Baltex W. Ball and Son Ltd. Ilkeston	
Probenhalter EasySections	VWFecit	DM, Restaurierungsforschung
Propanol Carl Roth Chemikalien		DM, Restaurierungsforschung
Schwämme Latex Free Cosmetic Rounds	Swippers Premium Products	
Skala 360 Polyester Endlosfaden, 80 dtex	A&E Gütermann	
Tensid Marlipal® 1618/25	Kremer Pigmente	
Tensid Triton XL-80N		CMG, Glasrestauration
Tücher Itex® Classic Hydro Plus	Carl Hübenthal KG	
Tücher Wypall Brand X60 Wipers, White 3477	Kimberly-Clark Professional	CMG, Glasrestauration
Tücher X60 Wipers	Kimberly-Clark Professional	
Warp Spacer Light	Modulor	

Abkürzungen

ΔE	Delta E (Farbabstand)	FTIR-ATR	Fourier-Transformations-Infrarotpektroskopie Attenuated Total Reflection (Fourier-Transformations-Infrarotspektroskopie mit abgeschwächter Totalreflexion)
3D	dreidimensional	g/cm ³	Gramm pro Kubikzentimeter
A	Österreich	GB	Großbritannien
AAS	Atomic Absorption Spectrometry (Atomabsorptionsspektroskopie)	GC-MS	Gas-Chromatography-Mass-Spectrometry (Gaschromatographie-Massenspektrometrie)
AFM	Atomic Force Microscope (Rasterkraftmikroskop)	h	Stunde
AL	Auflicht	H.	Höhe
B.	Breite	HGM	Heeresgeschichtliches Museum, Wien
BayHStA	Bayerisches Hauptstaatsarchiv München, Geheimes Hausarchiv	ICOM-CC	International Council of Museums, Committee for Conservation
BlfD	Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege, Zentrallabor	ICP-OES	Inductively Coupled Plasma Emission Spectroscopy
BNM	Bayerisches Nationalmuseum	ICT-FIL	Fraunhofer-Institut für chemische Technologie, Funktionsintegrierter Leichtbau
BSE	Backscattering Electrons (Rückstreuелеktronen)	IN	Indiana
BStGS	Bayerische Staatsgemäldesammlungen, Doerner Institut	INPI	Institut national de la propriété industrielle
BSV	Bayerische Verwaltung der staatlichen Schlösser, Gärten und Seen	Inv. Nr.	Inventarnummer
bzw.	beziehungsweise	IR	Infrarot
CA	California (Kalifornien)	k. A.	keine Angabe
CFK	Karbonfaserverstärkter Kunststoff	Kat. Nr.	Katalognummer
cm	Zentimeter	KDM	Keyence Digitalmikroskop
CMG	Corning Museum of Glass	kg	Kilogramm
Co.	Company (Firma)	kg/mm ²	Kilogramm pro Quadratmillimeter
D	Deutschland	kg/s ²	Kilogramm pro Sekunde zum Quadrat
D.	Durchmesser	Kgl.	königlich
dE*lab	Delta E (Maß für den empfundenen Farbabstand), Lab-Farbraum	km	Kilometer
Dem.	Demineralisiert	KMF	künstliche Mineralfasern
Dest.	Destilliert	kV	Kilovolt
DIC	Digital Image Correlation (Digitale Bildkorrelation)	L.	Länge
DIN	Deutsches Institut für Normung	LA	Louisiana
DL	Durchlicht	LA-ICP-MS	Laser Ablation-Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry
DM	Deutsches Museum	LM	Light microscopy (Lichtmikroskopie)
DMA	Deutsches Museum, Archiv	lxh	Luxstunden
EDX	Energy Dispersive X-Ray Microanalysis (Energiedispersive Röntgenmikroanalyse)	m	Meter
EPMA	Electron Probe Microanalysis (Elektronenstrahlmikroanalyse)	MA	Massachusetts
F	Frankreich	MAK	Museum für angewandte Kunst
Fa.	Firma	MAM	Musée des arts et métiers
FFP	Filtering Face Piece (Partikelfiltrierende Maske)	Mech.	Mechanische Faserprüfung
FSH	Französische Stiftung zu Halle	mm	Millimeter
		MT	Musée des Tissus

NAA	Neutron Activation Analysis (Neutronenaktivierungsanalyse)	UV-VIS	Ultraviolett-Visible Spectroscopy (Spektroskopie mit ultravioletter und sichtbarer Strahlung)
NB	New Brunswick	V&A	Victoria & Albert Museum
NBM	New Brunswick Museum	VA	Verwaltungsakte
NC	North Carolina	VDI	Verein Deutscher Ingenieure
NJ	New Jersey	VFT-Gleichung	Vogel-Tulcher-Tammann-Gleichung
NH	New Hampshire	WDS	Wave Length Dispersive Spectroscopy (Wellenlängen- dispersive Röntgenspektroskopie)
NY	New York	XPS	X-ray Photoelectron Spectroscopy (Röntgenphotoelektronen- spektroskopie)
nm	Nanometer	XRD	X-ray Diffraction (Röntgen- diffraktometrie)
Ø	Durchmesser	XRF	X-ray Fluorescence (Röntgen- fluoreszenzanalyse)
o. e. D.	ohne erkennbare Drehung	µm	Mikrometer
OH	Ohio	µs/cm	Mikrosiemens pro Zentimeter
o. O.	ohne Ort		
o. T.	ohne Titel		
PA	Pennsylvania		
POL	Polarisiertes Licht, Polarisationsbeleuchtungsadapter		
PTM	Polynomial Texture Maps		
PU	Polyurethan		
r. F.	relative Luftfeuchte		
RAMAN	Raman-Spektroskopie		
RKK	Lehrstuhl für Restaurierung, Kunsttechnologie und Konservierungswissenschaft		
SE	Secondary Electrons (Sekundärelektronen)		
SEM	Scanning Electron Microscopy (Rasterelektronenmikroskopie)		
SIM	Scanning Interference Microscopy (Weißlichtinterferenzmikroskopie)		
PIXE	Particle Induced X-ray Emission (Partikelinduzierte Röntgenstrahlen emission)		
SIMS	Secondary Ion Mass Spectrometry (Sekundäre Ionenmassen- spektrometrie)		
T.	Tiefe		
TGA	Thermogravimetrie		
TMA	Toledo Museum of Arts		
TMG	Turner Museum of Glass, University of Sheffield		
TMW	Technisches Museum Wien		
TRGS	Technische Regeln für Gefahrstoffe		
TUM	Technische Universität München		
USA	United States of America (Vereinigte Staaten von Amerika)		
UT	University of Toledo, Ward M. Canaday Center for Special Collections,		
UV	Ultraviolett		

Bibliografie

Eine Auswahl zeitgenössischer Artikel zu historischen Textilglasfasern – mit nicht immer vollständigen Literaturangaben – konnte in der Rakow Research Library des Corning Museum of Glass im Ordner Vertical Files, Glass Fibers, Clothing, Cloth eingesehen werden. Diese sind in der Bibliografie mit der Bezeichnung (CMG, VF) gekennzeichnet.

- : A Glass Robe. In: *Crockery and Glass Journal* (10.11.1879), S. 28 (CMG, VF).
- : A New Use for Glass. In: *Crockery & Glass Journal* (23.10.1879), S. 19 (CMG, VF).
- : Biigsames Glas. In: *Allgemeines Organ für Handel und Gewerbe und damit verwandte Gegenstände* 75 (17.9.1837), S. 455.
- : Collezione degli atti delle solenni distribuzioni de' premj d'industria fatte in Milano ed in Venezia dall'anno 1806 (al'anno 1857). Mailand 1839.
- : Emma Abbott's Glass Dress. In: *Crockery and Glass Journal* (4.10.1888), S. 25.
- : Finest Fibers Made. In: *The Jewelers' Circular and Horological Review* XXIX (2.1.1895), H. 23, S. 1.
- : Gewebe aus gesponnenem Glas. In: *Seide: Fachblatt für die Seiden-, Sammet- u. Band-Industrie* (2.9.1897), S. 574.
- : Glas-Gewebe. In: *Allgemeines Organ für Handel und Gewerbe und damit verwandte Gegenstände* 49 (1839), S. 211.
- : Glasgewebe. In: *Didaskalia. Blätter für Geist, Gemüth und Publizität* Nr. 245 (1.9.1840), S. 4.
- : Glass Bonnets Made in Venice. In: *China, Glass and Lamps* (8.1.1896) (CMG, VF).
- : Glass Cloth. In: *The Mechanics' Magazine* 29 (1838), S. 447–448.
- : Glass Clothing. In: *American Pottery and Glassware Reporter* (1.5.1879) (CMG, VF).
- : Glass Dress and Factory Materials Make Interesting Glassware Display [Nachdruck des gleichnamigen Artikels aus *China, Glass & Lamps*, 12.9.1927]. In: *Cambridge Crystal Ball* (1990), H. 207, S. 1, 4.
- : Glasspinnerei. In: *Meyers Konversations-Lexikon* 7 (1885–1892), S. 408–409.
- : Glass Silk in the Laboratory. In: *Frank Leslie's Popular Monthly* 4 (1877), S. 126.
- : Glass Weaving and Spinning. In: *American Pottery & Glassware Reporter* (31.3.1881) (CMG, VF).
- : Glass Cloth. In: *The Year-Book of Facts in Science and Art* (1839), S. 61.
- : Glasweberei. In: *Allgemeines Organ für Handel und Gewerbe und damit verwandte Gegenstände* 26 (1838), S. 102.
- : Glasweberei. In: *Allgemeines Organ für Handel und Gewerbe und damit verwandte Gegenstände* 51 (1838), S. 209.
- : Glasweberei. In: *Vaterländisches Magazin* 12 (1841), S. 96.
- : His Hat Made of Spun Glass. In: *Crockery and Glass Journal* (21.9.1899) (CMG, VF).
- : Improvement in Glass. In: *Journal of Agriculture* 9 (1839), H. 42, S. 311.
- : Les émailleurs. In: *Musée des arts et métiers. La revue* 32 (2001), S. 57.
- : Manufakturra di seta con vetro in Milano. In: *L'ape delle cognizioni utili con repertorio statistico* VIII (1840), S. 352.
- : Mineral Cotton. In: *Harper's New Monthly Magazine* 44 (April 1872), H. 263, S. 784.
- : Musée Lambourg. In: *L'illustration, journal universel* 68 (15.6.1844), H. III, S. 256.
- : On Spun-Glass Fabric for Dresses, [Nachdruck des gleichnamigen Artikels aus *Syracuse Journal*, 13.5.1897, eingereicht von Jane Shadel Spillman]. In: *Antiques* 10 (1977), S. 753 (CMG, VF).
- : o. T. In: *American Pottery & Glassware Reporter* (27.3.1884) (CMG, VF).
- : o. T. In: *China, Glass and Lamps* (Juni 1936) (CMG, VF).
- : o. T. In: *Magasin universel*. 2 (1836) S. 4 (CMG, VF).
- : Prof. W.E.S. Turner's Bride Wears Glass Fibre Gown. In: *Ceramic Industry* September (1943), S. 52.
- : *Revue des arts industriels*. In: *L'artiste* 2 (1839), H. 2, S. 83–84.
- : Spun Glass. In: *China, Glass and Lamps* (10.7.1895), S. 17.
- : The Libby [sic] Glass Co.'s Wonderful New Process. In: *The Jewelers Circular* (15.2.1893), S. 48.
- : The Origin of Spun Glass. In: *China, Glass and Lamps* (20.8.1904), S. 18–19.

- : Tissus en verre filé. In: Bulletin de la société d'encouragement pour l'industrie nationale 36 (1837), S. 155.
- : Ueber die Fabrication von Zeugen aus gesponnenem Glas. In: Dingler's Polytechnisches Journal 64, Misczelle 13 (1837), H. LXXVIII, S. 415.
- : Ueber die Glasgewebe des Hrn. Dubus Bonnel. In: Dingler's Polytechnisches Journal 71, Misczelle 6 (1839), H. LXII, S. 318.
- : Ueber die Lamb'sche Strickmaschine. In: Dingler's Polytechnisches Journal 189, Misczelle 3 (1868), H. 189, S. 425–426.
- : Ueber Glaswolle. In: Dingler's Polytechnisches Journal 190, Misczelle 13 (1868), S. 432.
- : Umbrellas for Sale! In: The Spinning Wheel September (1967), S. 12–14.
- : Une robe en verre. In: Lectures pour tous 5 (1903), H. 10, S. 937–940.
- : Use of Glass Thread. In: American Pottery and Glassware Reporter (19.6.1879) (CMG, VF).
- : Varietà. In: Biblioteca italiana ossia giornale di letteratura, scienze ed arti compilato da una società di letterati 99 (1840), S. 402.
- : Wigs Now Made of Glass. In: The Ornamental Glass Bulletin (Juni 1907) (CMG, VF).
- Ackermann, Hans-Christian: Seidengewebe des 18. Jahrhunderts I – Bizarre Seiden. Riggisberg 2000.
- Adalbert, Prinz von Bayern: Vier Revolutionen und einiges dazwischen. Siebzig Jahre aus dem Leben der Prinzessin Ludwig Ferdinand von Bayern, Infantin von Spanien. München 1932.
- Amnéus, Cynthia; Miles, Marla: A Method for Invisibly Mounting Costume Using Fosshape. In: Journal of the American Institute of Conservation 51 (2012), H. 1, S. 3–14.
- Anderegg, F. O.: Strength of Glass Fiber. In: Industrial and Engineering Chemistry 31 (1939), H. 3, S. 290–298.
- Appelbaum, Barbara: Conservation Treatment Methodology. Oxford, GB 2007.
- Arnold, Janet: Pattern of Fashion 2. Englishwomen's Dresses and Their Construction c. 1860–1940. London 1977.
- Asai, Kaori u.a.: Tapestry Conservation Traditions: An Analysis of Support Techniques for Large Hanging Textiles. In: Bridgland, Janet (Hrsg.): ICOM-CC 15th Triennial Conference, Preprints. New Delhi 22–26. September 2008. New Delhi 2008, S. 967–975.
- Ausschuss für Gefahrenstoffe: Technische Regel für Gefahrenstoffe TRGS 521. Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten mit alter Mineralwolle. In: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: Rechtstexte und Technische Regeln. Dortmund 2008, https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/TRGS/pdf/TRGS-521.pdf?__blob=publicationFile (9.5.2018).
- Australian Institute for the Conservation of Cultural Material: Visual Glossary. Moonah o.J., <https://aiccm.org.au/conservation/visual-glossary> (15.10.2019).
- Bancroft, Hubert Howe: The Book of the Fair. An Historical and Descriptive Presentation of the World's Science, Art, and Industry, as Viewed Through the Columbian Exposition at Chicago in 1893. Chicago, San Francisco 1893.
- Barns, Janet: Catalogue of The Turner Museum of Glass. Sheffield 1993.
- Bayerische Verwaltung der staatlichen Schlösser, Gärten und Seen (Hrsg.): Residenz München. Amtlicher Führer. München 1937.
- : Über uns. München o. J., <http://www.schloesser.bayern.de/deutsch/ueberuns/index.htm> (22.12.2017).
- Beerkens, Lydia: A Contemporary Cleaning Controversy. In: Hummelen, Ijsbrand; Sillé, Dionne; Ziklmans, Marjan (Hrsg.): Modern Art: Who Cares? London 1999, S. 126–131.
- Bellani, Angelo: Dell'arte di filare il vetro. In: Bullettino dell'industria meccanica e chimica in appendice agli annali di fisica, chimica e matematiche 1 (1841), S. 17–31.
- Benner, Julia: Conserving Shattered Silk in an Early 20th Century Souvenir Ribbon Quilt. Denver Art Museum. Denver 2014, <https://denverartmuseum.org/article/conserving-shattered-silk-early-20th-century-souvenir-ribbon-quilt> (1.6.2018).

- Benrath, Hermann E.: Die Glasfabrikation. Weimar 1875.
- : Über Glasgespinst. In: Stummer's Ingenieur 70 (1875), H. 5, S. 194.
- : Die Glasfabrikation. Braunschweig 1880.
- Benson, Sarah J.; Lennard, Frances; Smith, Margaret J.: 'Like-with-Like': A Comparison of Natural and Synthetic Stitching Threads Used in Textile Conservation. In: Bridgland, Janet (Hrsg.): ICOM-CC 17th Triennial Conference Preprints. Melbourne 15. 19.9.2014. Paris 2014, Nr. 1801.
- Benz-Zauner, Margarete; Geiger, Andreas; Lein, Annette: Wir können einpacken. In: Deutsches Museum: Blog. München 2012, <http://www.deutsches-museum.de/blog/blog-post/2012/03/02/wir-koennen-einpacken/> (9.2.2016).
- Berson, Frédérique u. a.: Restauration d'un groupe Lion et Serpent en verre filé. In: Association des restaurateurs d'art et d'archéologie de formation universitaire: Visibilité de la restauration, lisibilité de l'œuvre. Paris 2002, S. 177–189.
- Blake, William: Glass and Glass Ware. In: Colné, Charles (Hrsg.): At the Universal Exposition in Paris. Washington 1878.
- Bledzki, Andrzej; Spaude, Reinhard; Ehrenstein, Gottfried Wilhelm: Corrosion Phenomena in Glass Fibers and Glass Fiber Reinforced Thermosetting Resins. In: Composites Science and Technology 23 (1985), H. 4, S. 263–285.
- Blum, Stella (Hrsg.): Paris Fashion of the 1890s. New York 1984.
- Bobeth, Wolfgang: Elastizitätsuntersuchungen an Glasfäden – Verfahrensmöglichkeiten und Ergebnisse. In: Melland Textilberichte 28 (1947), S. 409–413.
- Bobeth, Wolfgang u. a.: Textile Faserstoffe: Beschaffenheit und Eigenschaften. Berlin, Heidelberg 1993.
- Bobeth, Wolfgang; Böhme, Wolfgang; Techel, Jürgen (Hrsg.): Anorganische Textilfaserstoffe. Berlin 1955.
- Bobeth, Wolfgang; Müller, Ulrich: Die Mikroskopie der anorganischen Faserstoffe. In: Freund, Hugo (Hrsg.): Mikroskopie der Textilfasern und Textilien, Teil 2: Die Mikroskopie der einzelnen Fasergruppen. VI. Frankfurt am Main 1951, S. 207–218.
- Bory, Paul: Les étoffes de verre. In: Variétés scientifiques (1894) (CMG, VF).
- Brierley, Liesa: Art Forms in Nature. Examination and Conservation of a Blaschka Glass Model of the Protozoan Aulosphaera Elegantissima. In: Studies in Conservation 54 (2009), H. 4, S. 255–267.
- Brill, Robert H.: Crizzling – A Problem in Glass Conservation. In: Conservation in Archaeology and the Applied Arts. Stockholm 1975, S. 121–134.
- British Association for the Advancement of Science (Hrsg.): Report of the British Association for the Advancement of Science. London 1843.
- Bronk, Heike: Chemisch-analytische Untersuchungen frühneuzeitlicher Gläser Mittel- und Südeuropas unter Anwendung einer quasi-zerstörungsfreien Mikroprobenahme-technik. Diss. Technische Universität Berlin, 1998.
- Bronk, Heike u. a.: Das Merseburger Spiegelkabinett. Wie sind die Glasspiegelflächen zu restaurieren? In: Restaura. Zeitschrift für Kunsttechniken, Restaurierung und Museumsfragen 105 (1999), H. 7, S. 506–509.
- Buchholz, Fredric L.; Graham, Andrew T.: Modern Superabsorbant Polymer Technology, New York 1998.
- Canadian Conservation Institute: Agents of Deterioration. 2017, <https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/agents-deterioration.html> (18.2.2018).
- Cane, Simon: Why Do We Conserve? Developing Understanding of Conservation as a Cultural Construct. In: Bracker, Alison; Richmond, Alison (Hrsg.): Conservation: Principles, Dilemmas and Uncomfortable Truths. Oxford 2009, S. 163–176.
- Caple, Chris: Conservation Skills. Judgment, Method and Decision Making. London, New York 2000.
- Canadian Conservation Institute Textile Lab: Stitches Used in Textile Conservation. In: CCI Notes 13 (2008), H. 10.
- Charola, A. Elena; Koestler, Robert J.: Methods in Conservation. In: May, Eric; Jones, Mark (Hrsg.): Conservation Science. Heritage Material. Cambridge, GB 2006, S. 13–31.

- Cherif, Chokri (Hrsg.): *Textile Werkstoffe für den Leichtbau. Techniken – Verfahren – Materialien – Eigenschaften*. Heidelberg u. a. 2011.
- Clouting, Laura: *8 Facts About Clothes Rationing in Britain During the Second World War*. In: *Museums, Imperial War*: London 2018, <https://www.iwm.org.uk/history/8-facts-about-clothes-rationing-in-britain-during-the-second-world-war> (8.5.2018).
- Conservatoire national des arts et métiers: *Catalogue officiel des collections du conservatoire national des arts et métiers. Quatrième fascicule: Arts chimiques, matières colorantes et teinture, céramique et verrerie*. Paris 1908.
- Conservatoire National des Arts et Métiers (Hrsg.): *Catalogue du musée. Section N. Verrerie*. Paris 1943.
- Davison, Sandra: *Conservation and Restoration of Glass*. Oxford 2003.
- Degner, Ralf: *pH-Messung. Der Leitfaden für Praktiker*. Weinheim 2009.
- Deuchar, John: *An Account on Several Circumstances Connected with the Ductility of Glass*. In: *Philips, Richard; Braley, Edward William* (Hrsg.): *The Annals of Philosophy. New Series. 4*. London 1822, S. 358–361.
- Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.): *DIN 1259-2:2001-09 Glas – Teil 2: Begriffe für Glaserzeugnisse*. Berlin 2001.
- : *DIN 16163 Erhaltung des kulturellen Erbes – Leitlinien und Verfahren für die Auswahl geeigneter Beleuchtung für Innenausstellungen*. Europäisches Komitee für Normierung (Hrsg.). Brüssel 2013.
- : *Erhaltung des kulturellen Erbes. DIN Taschenbuch 409*. Berlin 2014.
- Deutsches Museum (Hrsg.): *Deutsches Museum von Meisterwerken der Naturwissenschaften und Technik München. Rundgang durch die Sammlungen*. München 1925.
- (Hrsg.): *Deutsches Museum von Meisterwerken der Naturwissenschaften und Technik München. Rundgang durch die Sammlungen*. München 1928.
- (Hrsg.): *Deutsches Museum von Meisterwerken der Naturwissenschaften und Technik München. Ein Rundgang durch die Sammlungen*. München 1935.
- (Hrsg.): *Deutsches Museum von Meisterwerken der Naturwissenschaften und Technik München. Amtlicher Führer durch die Sammlungen*. München 1942.
- (Hrsg.): *Jahresbericht 2016*. München 2017.
- Diatta, Yasmine: *Möglichkeiten der Reinigung von Seidengeweben mit rußhaltigen Verschmutzungen*. Masterarbeit. Technische Hochschule Köln 2016.
- Diderot, Denis; D’Alembert, Jean Le Rond (Hrsg.): *Encyclopédie ou dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*. Paris 1751–1765.
- Diderot, Denis; D’Alembert, Jean Le Rond (Hg.): *L’Encyclopédie. Artisans au 18ème siècle. Recueil de planches sur les sciences, les arts libéraux et les arts mécaniques, avec leur explication (Reprod. fac-sim.)*. Paris 1751–1780.
- Dillmont, Thérèse de: *Encyklopaedie der weiblichen Handarbeiten*. Dornach 1886.
- Donnell, A.F.: *Would You Wear a Dress of Such ODD Material?* In: *Boston Sunday Post* (8.5.1930), S. k.A.
- Drewello, Rainer; Weißmann, Rudolf: *Naturwissenschaftliche Untersuchungen zu den mittelalterlichen Glasmalereifenstern der Kirche St. Sebald in Nürnberg*. In: *Fraunhofer IRB* (Hrsg.): *Evaluierung schadstoffvermindernder Schutzmaßnahmen an den spätmittelalterlichen und frühneuzeitlichen national wertvollen Glasfenstern der Sebalduskirche in Nürnberg (Bayern)*. Stuttgart 2006, S. 68–97.
- Drouet, Anne-Sophie: *L’histoire du groupe Le Lion et le Serpent*. In: *Musée des arts et métiers. La revue 32* (2001), S. 55–61.
- Drouet, Anne-Sophie u. a.: *Le Lion et le Serpent: la restauration*. In: *Musée des arts et métiers. La revue 33* (2001), S. 57–61.
- : *Groupe »Lion et Serpent« en verre filé, de Lambourg, 1ère moitié du XIXème siècle, recherche historique, étude technologique et restauration*. Musée national des techniques. Paris 2000.

- Dubbi, Mechthild u. a.: Geschichte mit Objektbegleitung. In: Zuna-Kratky, Gabriele (Hrsg.): *Massenware Luxusgut: Technik und Design zwischen Biedermeier und Wiener Weltausstellung 1804 bis 1873*, Kat. Ausst. Technisches Museum Wien 2004. Wien 2004, S. 72.
- Dubus-Bonnel, Ignace Charles Gabriel: Application du verre filé au tissage des étoffes. Patent 1BA5318. 29.12.1836.
- : Procédés de filage et tissage du verre. Patent 1BA5318(1). 26.4.1837.
- Dunham, Bandhu S.: *Contemporary Lampworking. A Practical Guide to Shaping Glass in the Flame*. Prescott 2002.
- Durand, Maximilien: Échantillon d'étoffe pour ameublement, tissu de verre. In: Musée des tissus / Musée des arts décoratifs de Lyon: Catalogue en ligne. Lyon 2015, http://www.mtmd.fr/fioracci/jsp/opac/opac_index.jsp?action=opac_view_bien_print&recordId=musee:MUS_BIEN:1198&lang=fre-FR (8.5.2018).
- Eastop, Dinah: Decision Making in Conservation: Determining the Role of Artefacts. In: Tímár-Balázs, Ágnes; Eastop, Dinah (Hrsg.): *International Perspective on Textile Conservation*. ICOM-CC Textiles Working Group Meetings. Amsterdam / Budapest 13–14.10.1994, 11–15.9.1995. London 1998, S. 43–49.
- Eastop, Dinah; Brooks, Mary: To Clean or Not to Clean: The Value of Soils and Creases. In: Bridgland, Janet (Hrsg.): *ICOM-CC 11th Triennial Meeting*. Edinburgh, Scotland 1–6.9.1996. London 1996, S. 687–691.
- Eastop, Dinah; Dew, Charlotte: Context and Meaning Generation: The Conservation of Garments Deliberately Concealed Within Buildings. In: Saunders, David; Townsend, Joyce H.; Woodcock, Sally (Hrsg.): *The Object in Context: Crossing Conservation Boundaries*. München 18.8.–1.9. London 2006, S. 17–22.
- Eatman, Sherrie: Out on a Limb: The Fosshape Revolution. In: Victoria & Albert Museum: Blog: *Conservation Journal*. 2017, <http://www.vam.ac.uk/blog/conservation-journal/out-on-a-limb-the-fosshape-revolution> (23.1.2017).
- Ebert, Hermann: *Anleitung zum Glasblasen*. Leipzig 1895.
- Eggert, Gerhard: Corroding Glass, Corroding Metals: Survey of Joint Metal / Glass Corrosion Products on Historic Objects. In: *Corrosion, Engineering, Science and Technology* 45 (2010), H. 5, S. 414–419.
- Eggert, Gerhard u. a.: When Glass and Metal Corrode Together, III: The Formation of Dicoppertri-Hydroxyformate. In: ICOM-CC (Hrsg.): *ICOM-CC 16th Triennial Conference, WG 09: Metals*. Lissabon 19–23.9.2011. ICOM-CC Publication Online, <https://www.icom-cc-publications-online.org/publication-Detail.aspx?cid=7ee68449-b40c-4c51-941c-90c076f6e2a3> (3.10.2020).
- Ehrman, Edwina: Fashioned From Nature. Kat. Ausst., Victoria & Albert Museum. 21.4.2018–19.1.2019. London 2018.
- Einsiedl, Renate: Objektschützende Behelfe in der Ausstellung »Dress Code – Mode von 1570 bis 1960«. In: *Restauratorenblätter Historische Textilien*. Konservierung, Deponierung, Ausstellung 27 (2008), S. 143–149.
- Eipper, Paul-Bernhard (Hrsg.): *Handbuch der Oberflächenreinigung*. München 2011.
- Eitel, Wilhelm; Oberlies, Frida: Einige Eigenschaften des Glasfadens. In: *Glastechnische Berichte* 15 (1937), S. 228–231.
- Elliott, Bonnie: The Story of the Glass Dress. In: *Costume Society of Nova Scotia. The Clothes Press* 97 (2009), S. 8–9.
- Erdöd, Luigi Palffy di (Hrsg.): *Atti della distribuzione de' premj d'industria*. Venedig 1842, S. 47–48.
- Espahangizi, Kijan: From Topos to Oikos: The Standardization in Glass Containers as Epistemic Boundaries in Modern Laboratory Research (1850–1900). In: *Science in Context* 28 (2015), H. 3, S. 397–425.

- Etre, Kathryn u.a.: Short Communication: Rare Attraction: Evaluating Magnetic Primers for Mounting Textiles on Rigid Backboards with Rare Earth Magnets. In: *Journal of the American Institute of Conservation* 53 (2014), H. 4, S. 211–218.
- Eulalia, Infantin von Spanien: *Au fil de la vie*. Paris 1911.
- : *Court Life From Within*. New York 1915.
- : *Courts and Countries After the War*. London 1925.
- (Hrsg.): *An Europas Fürstenhöfen: Lebenserinnerungen der Infantin Eulalia von Spanien 1864–1931*. Stuttgart 1936.
- European Confederation of Conservator-Restorers' Organizations (Hrsg.): *Professional Guidelines (I)*, überarbeitete Fassung aus dem Jahr 2002/2004. In: <http://www.ecco-eu.org/documents> (16.9.2020).
- Fauster, Carl U.: 1893 Mementos of the Fair. In: *Americana* 7 (1979), H. 2, S. 56–58.
- : *Libbey Glass Since 1818. Pictorial History & Collector's Guide*. Toledo, OH 1979.
- : *Glass Dress for the Spanish Princess*. In: *The Hobstar. American Cut Glass Association XXVIII* (2006), H. 6, S. 4664–4670.
- Fearn, Sarah u.a.: TOF-SIMS Analysis of Corroding Museum Glass. In: *Applied Surface Science* 252 (2006), S. 7136–7139.
- Field, Kate: *The Drama of Glass*. New York 1893.
- Fields, John A. u.a.: Finding Substitute Surfactants for Synperonic N. In: *Journal of the American Institute of Conservation* 43 (2004), S. 55–73.
- Flecker, Lara: *A Practical Guide to Costume Mounting*. London 2007.
- Flinn, John J.: *Official Guide to Midway Plaisance*. Chicago 1893.
- Florian, Mary-Lou E.; Kronkright, Dale Paul; Norton, Ruth E.: *The Conservation of Artifacts Made From Plant Materials*. Marina del Rey 1990.
- Floyd, Barbara: *Wholly Toledo: The Business and Industry That Shaped The City*. Kat. Ausst. The University of Toledo, Ward M. Canaday Center for Special Collections University Libraries. 17.11.2010–12.8.2011. Toledo, OH 2010.
- Flury-Lemberg, Mechthild: *Textilkonservierung im Dienste der Forschung. Ein Dokumentarbericht der Textilabteilung zum zwanzigjährigen Bestehen der Abegg-Stiftung*. Bern 1988.
- France, Fenella G.: *Creating a Standard Vocabulary for Defining Levels of Deterioration*. In: Merritt, Jane: *Development of a Web-Accessible Reference Library of Deteriorated Fibers Using Digital Imaging and Image Analysis*. Shepherdstown, West Virginia 2003, S. 77–85.
- French, Ann; Mackenzie, Althea: *Costume and Accessories*. In: *The National Trust (Hrsg.): Manual of Housekeeping. The Care of Collections in Historic Houses Open to the Public*. Oxford, GB 2006, S. 444–453.
- Freytag, Hans: Versuch einer kurzen Darstellung der Textiltechnologie der Glasfaser. In: *Faserforschung. Zeitschrift für Wissenschaft und Technik der Faserpflanzen und der Bastfaserindustrie* 15 (1941), S. 114–132.
- : *Möglichkeiten der Glasfaser-Färbung*. In: *Zeitschrift für die gesamte Textilindustrie* 45 (1942), S. 49–51.
- Freytag, Hans; Koch, Paul-August: *Glasfäden-Untersuchungen. Einführung, Begriffserklärung, allgemeine Problembetrachtung*. In: *Glastechnische Berichte* 21 (1943), S. 7–13.
- Frøsig, Hanne: *En Glasparyk fra Kunstammeret*. In: *Nationalmuseets Arbejdsmark* (1970), S. 141–146.
- : *A Glass Wig*. In: *Journal of Glass Studies XVI* (1974), S. 92–94.
- G.S.D.: *Modern Glass Spinning at Lauscha*. In: *Journal of the Society of Glass Technology. Abstracts and Reviews* 14 (1931), S. 402–403.
- Gamper, Charlotte; Gibb, Ian; Henni, Ema: »Keeping in Shape«. An Investigation Into the Suitability of Using Fosshape™ for Costume Storage Mounts at Historic Royal Palaces. In: Sutcliffe, Howard; Shuhay, Beth (Hrsg.): *Preprints. Material in Motion. 10th North American Textile Conservation Conference*. New York 16.–20.11.2015. New York 2015, S. 243–254.
- García Louapre, Pilar: *Eulalia de Borbón, infanta de España: lo que no dijo en sus memorias*. Madrid 1995.

- Garke, Karl-Hans; Schneiders, Leopold: Geschichte der Glasfaser insbesondere der Glasfaser-Industrie in Deutschland. Aachen 1979.
- Garsault, François A. de: Die Paruckenmacherkunst, oder, von dem Barbieren, Haarerschneiden, der Verfertigung der Manns- und Weibsparrucken, dem Handel mit alten Parucken und der Baderey. Berlin, Stettin, Leipzig 1769.
- Garside, Paul u. a.: An Investigation of Weighted and Degraded Silks by Complementary Microscopy Techniques. In: e-Preservation Science 11 (2014), S. 15–21.
- Garside, Paul; Wyeth, Paul; Zhang, Xiaomei: The Inherent Acidic Characteristics of Silk, Part II – Weighted Silks. In: e-Preservation Science 7 (2010), S. 126–131.
- : Use of Near IR Spectroscopy and Chemometrics to Assess the Tensile Strength of Historic Silk. In: e-Preservation Science 3 (2011), S. 68–73.
- Gilliams, Leslie E.: Some Wonders From The West. XXXIX.-A Lady's Glass Dress. In: The Strand Magazine 133 (1902), H. 23, S. 95–96.
- Giuntini, Christine u. a.: VI. Treatment of Textiles – H. Stabilization by Non-Adhesive Methods. In: Francis, Kathy u. a. (Hrsg.): AIC Textile Conservation Catalogue. o. O. 2002.
- Glaubitz, Waltraut: Lebendige Textilschau im Deutschen Museum. In: Heimtex 18 (1966), H. 3, S. 86.
- Glocker, Winfrid: Glastechnik. München 1992.
- Goddard, J.W. & Sons: Feder's Pompadour Linings: Spun Glass-Rusil (Trademark) Dress Linings. In: Period Papers: New York 1899, <https://www.periodpaper.com/products/1899-ad-j-w-goddard-sons-feders-pompadour-linings-original-advertising-086372-tin4-455> (17.6.2018).
- Gordon, Alexander; Gordon, David: Inventions of Certain Improvements and Additions in the Construction of Lamps. In: Newton, W. (Hrsg.): The London Journal of Arts and Sciences (and Repertory of Patent Inventions). London 1822, S. 245–248.
- Grimmer, Anne E.: A Glossary of Historic Masonry Deterioration Problems and Preservation Treatments. Washington D.C. 1984.
- Grouet, Ch.: Les anciens émailleurs verriers. In: L'Echo du monde savant. Journal analytique des nouvelles et des cours scientifiques 11 (1844), H. 2, S. 1196–1200.
- Guillaumin, André: Un nouveau textile: La fibre de verre, isolant thermique, acoustique et électrique. In: La science et la vie (Juli 1939), S. 25–30.
- Gund, F.: Färbemöglichkeiten für Glasfasern. In: Melliand Textilberichte 27 (1946), S. 196–198, 232–233, 267–269.
- Hacke, Marei: Weighted Silk: History, Analysis and Conservation. In: Reviews in Conservation 9 (2008), S. 3–15.
- Haller, Ursula: Studien zur Herstellung und Anwendung von Lösungsmittel-Gelen, -Pasten und -Kompressen in der Restaurierung. Diplomarbeit. Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart 1994.
- Hammesfahr, Hermann: Glass Cloth or Fabric. Patent US 232.122 A. 14.9.1880.
- Hammesfahr, Hermann; Hammesfahr, Ernest: Electric Conducting-Wire. Patent US 702.725. 17.6.1902.
- Hannich, Wilhelm: Die Herstellung von Spinnereien und Figuren aus Glas. In: Keramische Rundschau 34 (1926), H. 4, S. 59–60.
- Hansen, Eric F.; Derelian, Stand: Conservation I: Effects of Wet Cleaning on Silk Tapestries (Getty Conservation Institute). In: Museum Management and Curatorship 10 (1991), H. 1, S. 93–96.
- Harris, Kristina (Hrsg.): Authentic Victorian Fashion Patterns. A Complete Lady's Wardrobe. New York 1999.
- Hartmann, Carl: Die Glasfabrikation in ihrem ganzen Umfange und in ihrem neuesten Zustande. Quedlinburg, Leipzig 1850.
- Hecht, Jeff: City of Light: The Story of Fiber Optics. Oxford 1999.
- Heiden, Max: Handwörterbuch der Textilkunde aller Zeiten und Völker für Studierende, Fabrikanten, Kaufleute, Sammler und Zeichner der Gewebe, Stickereien, Spitzen, Teppiche und dergleichen sowie für Schule und Haus. Stuttgart 1904.
- Herrmann, Emanuel: Fortschritte in der Glasspinnerei. In: Deutsche Industriezeitung (1872), S. 304–305.

- : Miniaturbilder aus dem Gebiete der Wirthschaft. Halle an der Saale 1872.
- : Brunfaut's Glaswolle- und Glasgespinnst-Manufactur. In: Dingler's Polytechnisches Journal 211, Miscelle 2 (1874), S. 482–484.
- Hirtzel, Christoph Heinrich; Gretschel, Heinrich (Hrsg.): Jahrbuch der Erfindungen und Fortschritte auf den Gebieten der Physik, Chemie und chemischen Technologie, der Astronomie und Meteorologie. Leipzig 1869.
- Hoffmann, E.T.A.: Nußknacker und Mäusekönig, Kapitel 1, Der Weihnachtsabend. Projekt Gutenberg-DE. 1816, <http://gutenberg.spiegel.de/buch/-3083/1> (25.6.2018).
- Hogg, Simon E. T. u. a.: Modern Instrumental Methods for the Study of the Deterioration of Vessel Glass. In: Tennent, Norman T. (Hrsg.): The Conservation of Glass and Ceramics. Research, Practice and Ceramics. London 1999, S. 42–56.
- Höllinger, Regina: Vom Biedermeier zur »Krinolinzeit«. Untersuchung, Konservierung und Restaurierung eines stark veränderten Seidenkleides aus der Modesammlung des Wien Museum. Diplomarbeit. Universität für angewandte Kunst Wien. Wien 2014.
- Holzer, Charlotte; Pelgjer, Sabine: Blog-Serie: Die Restaurierung des Glasfaserkleids, <https://www.deutsches-museum.de/forschung/forschungsbereiche/sammlungen/restaurierungsforschung/glasfaserkleid/blogbeitraege/>, 2017–2020 (14.10.2020).
- Holzer, Charlotte: Dokumentation. Minimalinvasive Konservierung. Glasfaserkleid der Infantin Eulalia (Inv. Nr. 1924-51952), unpubl. Restaurierungsbericht, Deutsches Museum, München. München 2020.
- : Ein Abendkleid als Meisterwerk der Naturwissenschaft und Technik. In: Restauratorenblätter / Papers in Conservation 34 (2016), S. 40–52.
- : Ein Kleid aus Glas. In: Kultur und Technik 2 (2017), S. 24–26.
- : Infantin Eulalias »Damenkleid aus Glasfäden«. Zur Technologie und Konservierung historischer Glasfasertextilien. Dissertation. Technische Universität München. München 2018.
- : Restaurierung und Rekonstruktion des bestickten Hofkleides. In: Renate Eikemann; Johannes Pietsch (Hrsg.): Mode aus dem Rahmen, Ausst.-Kat., Bayerisches Nationalmuseum. München 2014, S. 30–37.
- Hooke, Robert: Micrographia or Some Physiological Descriptions of Minute Bodies Made by Magnifying Glasses with Observations and Inquiries Thereupon. London 1665.
- Hopman, Rebecca: Following the Trail of Mr. Finn. In: Corning Museum of Glass: Blog. Corning 2017, <https://blog.cmog.org/2017/06/13/following-the-trail-of-mr-finn/> (26.3.2018).
- Hoyer, Gerhard u. a. (Hrsg.): Die Möbel der Residenz München. Möbel des Empire, Biedermeier und Spätklassizismus. In: Hoyer, Gerhard; Ottomeyer, Hans (Hrsg.): Kataloge der Kunstsammlungen. Bayerische Verwaltung der Staatlichen Schlösser, Gärten und Seen. Bd. 3. München 1997.
- Hykin, Abigail u. a.: Composition, Stability, and Storage of Imperial Qing-Dynasty Glas. In: Roemich, Hannelore: Glass and Ceramics Conservation: Interim Meeting of the ICOM-CC Working Group. Corning, New York 2010, S. 164–173.
- ICOMOS-ISCS (Hrsg.): Illustrated Glossary on Stone Deterioration Patterns. Glossaire illustré sur les formes d'altération de la pierre. Monuments and Sites. Monuments et sites XV. Champigny-sur-Marne 2008.
- Jarvis Whelan, Virginia: George Washington Slept Here: The First »Oval Office«. In: Sutcliffe, Howard; Shuhay, Beth (Hrsg.): Preprints. Material in Motion. 10th North American Textile Conservation Conference. New York 16.–20.11.2015. New York 2015, S. 53–68.
- Jenks, Tudor: The Century World's Fair Book for Boys and Girls. Being the Adventures of Harry and Philip with Their Tutor, Mr. Douglass, at the World's Columbian Exposition. New York 1893.
- Johannsen, Otto: Textilindustrie. In: Matschoss, Conrad (Hrsg.): Das Deutsche Museum. Geschichte / Aufgaben / Ziele. Berlin, München 1925, S. 265–277.

- Johnson, Rob: Glass in the Shuttle. In: Glass Cone 39 (1995), S. 5.
- Jones, Frank R.; Huff, Norman T.: Structure and Properties of Glass Fibres. In: Bunsell, Anthony R. (Hrsg.): Handbook of Tensile Properties of Textile and Technical Fibres, S. 529–573.
- Jordan-Fahrbach, Eva: Techniken und Materialien zur Herstellung von Perücken. In: Jochen, Luckhardt; Marth, Regine (Hrsg.): Lockenpracht und Herrschermacht. Perücken als Statussymbol und modisches Accessoire, Ausstellung im Herzog Anton Ulrich-Museum Braunschweig, 10.5.–30.7.2006. Leipzig 2006, S. 75–96.
- Kaiserlich königliche Hofkammer (Hrsg.): Beschreibungen der Erfindungen und Verbesserungen für welche in den kaiserlich-königlichen österreichischen Staaten Patente erteilt wurden, und deren Privilegiums-Dauer nun erloschen ist. Wien 1842.
- Kane, Joseph Nathan: Famous First Facts. New York 1950.
- Karmarsch, Karl: Handbuch der mechanischen Technologie. Bd. 2, 2. Auflg., Hannover 1851.
- Karner, Regina; Lindinger, Michaela: Großer Auftritt: Mode der Ringstraßenzeit. Kat. Ausst. Museum, Wien. 10.6.–1.11.2009. Wien 2009.
- Keess, Stephan Edler von (Hrsg.): Darstellung des Fabriks- und Gewerbswesens in seinem gegenwärtigen Zustande, vorzüglich in technischer, mercantilischer und statistischer Beziehung. Bd. 2, 2. Teil, Wien 1824.
- Kick, Fr.: Brunfauf's Glasfäden-Erzeugnisse. In: Deutsche Industriezeitung (1868), S. 438–439, 497.
- : Die Glasfäden-Erzeugnisse von de Brunfauf. In: Dingler's Polytechnisches Journal 190, Miscelle 2 (1868), S. 493.
- Klein, Fred: Unsere Weltausstellung. Eine Beschreibung der Columbischen Weltausstellung in Chicago 1893. Chicago 1894.
- Koch, Paul-August: Die technologischen Eigenschaften von Textil-Glasseide und Glaswolle. In: Zeitschrift für die gesamte Textilindustrie 43 (1940), S. 211–215.
- : Faserstoff-Tabellen. Textil-Glasfäden. In: Glastechnische Berichte 22 (1948–1949), S. 226–228.
- : Die Eigenschaften der Textil-Glasfäden. In: Melliand Textilberichte 31 (1950), S. 455–461.
- : Die Vorgeschichte der Chemie-Faserstoffe. In: Zeitschrift für die gesamte Textilindustrie 56 (1954), S. 770–774.
- : Glasfäden als Textilmaterial. In: CIBA-Rundschau 5 (1963), S. 19–33.
- Koch, Paul-August; Satlow, Günther: Großes Textil-Lexikon. Fachlexikon für das gesamte Textilwesen A–K. Stuttgart 1965.
- Koob, Stephen P.: Cleaning Glass: A Many-Faceted Issue. In: AIC Objects Speciality Groups Postprints 11 (2004), S. 60–70.
- : Conservation and Care of Glass Objects. London 2006.
- Kopelson, Evan: Conditions Glossaries as a Tool in the Survey Process: A Review of Several Glossaries. In: Practice Points. APT Bulletin. The Journal of Preservation Technology XLIII (2011), H. 1, S. 1–5.
- Krünitz, Johann Georg: Oekonomisch-technologische Encyclopädie. Berlin 1779.
- Kunicki-Goldfinger, Jerzy J.: Unstable Historic Glass: Symptoms, Causes, Mechanism and Conservation. In: Reviews in Conservation 9 (2008), S. 47–60.
- Laboulaye, M. Charles (Hrsg.): Dictionnaire des arts et manufactures. Bd. 2, G–Z, Paris 1854.
- Lackner, Helmut; Jesswein, Katharina; Zuna-Kratky, Gabriele (Hrsg.): 100 Jahre Technisches Museum Wien. Wien 2009.
- Landi, Sheila: The Textile Conservator's Manual. Toronto 1992.
- Langer, Brigitte: Pracht und Zeremoniell. Die Möbel der Residenz München. Kat. Ausst. Bayerische Verwaltung der staatlichen Schlösser, Gärten und Seen München. 7.9.2002–6.1.2003. München 2002.
- Lardner, Dionysius: The Manufacture of Porcelain and Glass. Park Ridge, NJ 1832.
- Larochette, Yadin: Wolber's World: A Review of a Textile Wet-Cleaning Workshop Held in Oaxaca, Mexico. In: WAAC Newsletter 34 (2012), H. 1, S. 24–26.
- Latzke, Peter M.; Hesse, Rolf: Textilien. Prüfen – Untersuchen – Auswerten. Berlin 1974.

- Lavédrine, Bertrand; Fournier, Alban: POPART Damage Atlas. Atlas of Case Studies Presenting Typical Damages. 2007–2013, http://popart-highlights.mnhn.fr/wp-content/uploads/3_Collection_survey/5_Damage_atlas/Damage_atlas.pdf (15.4.2017).
- Lavédrine, Bertrand; Fournier, Alban; Martin, Graham (Hrsg.): Preservation of Plastic Artefacts in Museum Collections. Paris 2012.
- Leng, Heinrich: Vollständiges Handbuch der Glasfabrikation nach all ihren Haupt- und Nebenzweigen. Weimar, Ilmenau 1835.
- : Vollständiges Handbuch der Glasfabrikation nach all ihren Haupt- und Nebenzweigen. Weimar 1851.
- Lennard, Frances; Ewer, Patricia (Hrsg.): Textile Conservation: Advances in Practice. Oxford 2010.
- Leygraf, Christofer u.a.: Atmospheric Corrosion. Hoboken, 2016.
- Libbey Glass Company: Facts on Cut Glass. Toledo, OH 1893.
- (Hrsg.): Libbey Glass Company World's Fair 1893. Toledo, OH 1893.
- Lister, Alison: Making the Most of Mounts: Expanding the Role of Display Mounts in the Preservation and Interpretation of Historic Textiles. In: CCI (Hrsg.): Fabric of an Exhibition. An Interdisciplinary Approach, Textile Symposium 97, Preprints. Ottawa 22.–25.9.1997. Ottawa 1997, S. 143–148.
- Löfflad, Ann Marie: Recherche zu dem Glasfaserstoff eines Sitzmöbelensembles um 1800. Facharbeit. Goering Institut e.V. München 2018.
- Lole, Peter: A Wedding Dress. In: Glass Cone 40 (1995), S. 2.
- Luckhardt, Jochen; Marth, Regine: Lockenpracht und Herrschermacht. Perücken als Statussymbol und modisches Accessoire. Kat. Ausst. Herzog Anton Ulrich-Museum Braunschweig. 10.5.–30.7.2006. Leipzig 2006.
- Luxford, Naomi; Thickett, David: Monitoring Complex Objects in Real Display Environments – How Helpful is it? In: Ashley-Smith, Jonathan; Burmester, Andreas; Eibl, Melanie (Hrsg.): Climate for Collections. Standards and Uncertainties. München 7.–9.11.2012. München 2013, S. 257–269.
- Mass, Jennifer L.: Instrumental Methods of Analysis Applied to the Conservation of Ancient and Historic Glass. In: Norman T. Tennent (Hrsg.): The Conservation of Glass and Ceramics. Research, Practice and Training. London 1999, S. 15–41.
- Mettes, David G.: Glass Fibers. In: Lubin, George (Hrsg.): Handbook of Fiberglass and Advanced Plastics Composites. New York 1969, S. 143–181.
- Meyer zu Capellen, Thomas: Lexikon der Gewebe. 3. erw. Aufl. Frankfurt am Main 2006, S. 450.
- Michalski, Stefan; Heinrichs, Paul; Vuori, Jan: A Small Backlit Suction Device for Treating Textiles. In: CCI Notes 18 (2010), H. 4 <https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/conservation-preservation-publications/canadian-conservation-institute-notes/suction-device-treating-textiles.html> (3.10.2020).
- Moncrieff, Anne; Weaver, Graham: Book 2. Cleaning. London 1983.
- Montague, Meredith: IX. Research and Testing Methods. In: Hughes, Cynthia M. u.a. (Hrsg.): AIC Textile Conservation Catalogue. o.O 1995.
- Morin, Arthur; Hugué, Paul: Conservatoire national des arts et métiers. Catalogue des collections, publié par ordre de M. le ministre de l'Agriculture et du Commerce. Kat. Ausst. Conservatoire national des arts et métiers. Paris 1851.
- Müllauer, Birgit; Putzgruber, Eva: Zur Reinigung von Glasoberflächen. In: Eipper, Paul-Bernhard (Hrsg.): Handbuch der Oberflächenreinigung. München 2011, S. 243–249.
- Müller, Katharina: Farbloses Glas im Wandel der Zeit. Materialanalytische Untersuchungen an Gläsern des 13. bis 17. Jahrhunderts mit Hilfe der Laser Induced Breakdown Spectroscopy und der Mikro-Röntgenfluoreszenzanalyse. Diss. Technische Universität Berlin, 2006.
- Müller, Wolfgang: Forschungsbericht 217: Sicherung, Konservierung und Restaurierung historischer Glasmalereien. Bundesministerium für Bildung, Wirtschaft, Forschung und Technologie. Berlin 1997.

- Müller-Bahlke, Thomas J.: Die Wunderkammer. Die Kunst- und Naturalienkammer der Franckeschen Stiftungen zu Halle/Saale. Halle an der Saale 1998.
- Neukirchner, Arthur; Neukirchner-Loske, Theodore: Präparationstechnik an Einzelfasern, Gespinsten und Geweben etc. In: Freund, Hugo (Hrsg.): *Mikroskopie der Textilfasern und Textilien*, Teil 1: Die Präparationsmethoden der Faserstoffe und ihre mikroskopischen Untersuchungsverfahren. VI. Frankfurt am Main 1951, S. 75–89.
- Newton, Roy: What Do We Really Know »About Protective Coatings«! In: ICOM-CC (Hrsg.): *8th Triennial Meeting*, Sydney, Australia, 6–11.9.1987, Preprints, Los Angeles 1987, S. 1009–1012.
- Neville, Amelia Ransome: *The Fantastic City. Memoirs of the Social and Romantic Life of Old San Francisco*. New York 1975.
- Nilsson, Johanna: Evaluation of Stitched Support Methods for the Remedial Conservation of Historic Silk Costumes. *e-conservation Journal* 3 (2015), DOI: 10.18236/econ3.201506, (16.1.2018).
- Oscar Roméo, Florian: *Le retour des Cendres de Napoléon*. 2018, <http://www.oscar-romeo.com/?p=6546> (5.11.2018).
- Pédroni, P.M.: *L'art du souffleur à la lampe et au chalumeau*. Paris 1849.
- Pelouze, Edmond: *Récréations tirées de l'art de la vitrification*. In: *Encyclopédie populaire, ou les sciences, les arts et les métiers mis à la portée de toutes les classes*. Paris 1828.
- Penny, Virginia: Glass. In: *American Pottery & Glassware Reporter* (28.10.1880) (CMG, VF).
- Perrin, Beneton de: *Dissertation sur la verrerie*. In: *Mémoires pour l'histoire des sciences et des beaux arts*. Trévoux 1733, S. 1688–1747.
- Phenix, Alan; Burnstock, Aviva: *The Deposition of Dirt: A Review of the Literature, with Scanning Electron Microscope Studies of Dirt on Selected Paintings*. In: Hackney, Stephen (Hrsg.): *Dirt and Pictures Separated*. London 1990, S. 11–18.
- Pietsch, Annik: *Lösemittel. Ein Leitfaden für die restauratorische Praxis*. In: VDR-Schriftenreihe zur Restaurierung. Stuttgart 2005.
- Pietsch, Johannes: *Die Kostümsammlung Hüpsch im Hessischen Landesmuseum Darmstadt*. Bestandskatalog der Männer- und Frauenkleidung. Studien zu Material, Technik und Geschichte der Bekleidung des 17. Jahrhunderts. Diss. Technische Universität München 2008.
- Pietsch, Johannes; Stolleis, Karen: *Kölner Patrizier- und Bürgerkleidung des 17. Jahrhunderts*. Die Kostümsammlung Hüpsch im Hessischen Landesmuseum Darmstadt. Riggisberg 2008.
- Plummer, J. H.: Fiber Glass. Mechanical Development. In: *Industrial and Engineering Chemistry* 30 (1938), H. 7, S. 726–729.
- Poppe, Johann Heinrich Moritz: *Technologisches Lexicon oder genaue Beschreibung aller mechanischen Künste, Handwerke, Manufakturen und Fabriken der dazu erforderlichen Handgriffe, Mittel, Werkzeuge und Maschinen*. Stuttgart, Tübingen 1816.
- Prechtl, Johann Joseph (Hrsg.): *Jahrbücher des kaiserlichen königlichen polytechnischen Institutes in Wien*. Bd. Wien 1837.
- Prier Tisdall, Lilian; Lee, Rachel: *Faking Fibreglass: Pushing Fosshape Further*. In: *Icon Textile Group Forum* 2017. The Fashion Museum, Bath 27.3.2017. London 2017.
- Pursche, Jürgen; Möller, Roland: *Schadensglossar*. In: *Die Schwind-Fresken auf der Wartburg. Ein interdisziplinäres Forschungsprojekt zu ihrer Erhaltung*. In: *Arbeitshefte des Thüringischen Landesamtes für Denkmalpflege*. 14. Leipzig 1998, S. 243–261.
- Raphael, Toby J.: *Conservation Guidelines for Museum Exhibition Cases*. In: *Canadian Conservation Institute (Hrsg.): Preprints of a Conference. Textile Symposium – Fabric of an Exhibition: An Interdisciplinary Approach*. Ottawa 22.–25.9.1997. Ottawa 1997, S. 83–91.
- Réaumur, René-Antoine de: *Sur la ductilité de quelques matières*. In: *Académie royale des sciences (Hrsg.): Mémoires de l'académie royale des sciences. Avec les mémoires de mathématique et de physique de la même année*. Paris 1713, S. 9–12.
- : *Mémoires pour servir à l'histoire des insectes*. In: *Le journal des scavans tome 1 (1735)*, S. 183–198.
- Redaktion RESTAURO (Hrsg.): *Restauratoren Fachwörterbuch. A Conservator's Dictionary*. München 2013.

- Redding, Cyrus: *An Illustrated Itinerary of the County of Lancaster*. London 1842.
- Reumann, Ralf-Dieter: *Prüfverfahren in der Textil- und Bekleidungstechnik*. Berlin, Heidelberg 2000.
- Reumuth, Horst: *Allgemeines und Spezielles zur Fasermikroskopie*. In: Freund, Hugo (Hrsg.): *Mikroskopie der Textilfasern und Textilien, Teil 1: Die Präparationsmethoden der Faserstoffe und ihre mikroskopischen Untersuchungsverfahren*. Bd. VI, Frankfurt am Main 1951, S. 169–195.
- Revi, Albert Christian: *Spun Glass: Its Genesis and Development*. In: *The Glass Industry. The Journal of Glass Manufacturing* (Juni 1958), S. 325–327.
- : *Spun Glass*. In: Revi, Albert Christian (Hrsg.): *Nineteenth Century Glass, its Genesis and Development*. New York, Edinburgh, Toronto 1964, S. 116–120.
- Rockstroh, Heinrich: *Die Glasblasekunst im Kleinen oder mittelst der Docht- oder der Strahlflamme*. Lissa bei Leipzig 1833.
- Rogers, Tyler Stewart: *Fibrous Glass and Filaments*. In: Mauersberger, Herbert R. (Hrsg.): *Matthews' Textile Fibers. Their Physical, Microscopic and Chemical Properties*. New York 1954, S. 1069–1091.
- Römich, Hannelore: *Historic Glass and Its Interaction with the Environment*. In: Tennent, Norman T. (Hrsg.): *The Conservation of Glass and Ceramics. Research, Practice and Training*. London 1999, S. 5–14.
- : *Glass and Ceramics*. In: May, Eric; Jones, Mark (Hrsg.): *Conservation Science. Heritage Materials*. Cambridge 2006, S. 160–184.
- Royal Collection Trust: *Queen Victoria's Wedding Dress 1840*. 2018, <https://www.rct.uk/collection/themes/trails/royal-weddings/queen-victorias-wedding-dress> (6.10.2018).
- Satlow, Günther: *Textile Glasfäden. Herstellung, Eigenschaften, Verwendungsmöglichkeiten*. In: *Glastechnische Berichte* 23 (1950), S. 89–99.
- Sauzay, A.: *Marvels of Glass-Making in All Ages*. London 1870.
- Schack, Clementine von: *Die Glaskunst. Ein Handbuch über Herstellung, Sammeln und Gebrauch des Hohlglases*. München 1976.
- Schaefer, Veronika: *Leo von Klenze. Möbel und Innenräume. Ein Beitrag zur höfischen Wohnkultur im Spätempire*. München 1980.
- Schiller, Wolfgang: *Kleben und Reinigen in der Textilrestaurierung. Beispiele des Kunstgewerbemuseums Berlin*. In: *Restaura* 5 (2002), S. 344–348.
- Scholze, Horst: *Glas. Natur, Struktur und Eigenschaften*. Berlin, Heidelberg 1988.
- Schorbach, Sandra: *Reinigungsschwämme in der Restaurierung. Vergleichende Untersuchung zu Material, Wirkung und Rückständen*. In: *Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung* 1 (2009), S. 41–54.
- Scott, Carson Pirie (Hrsg.): *Illustrated Catalogue of Staple and Fancy Notions*. Chicago 1893.
- Scoville, Warren C.: *Revolution in Glassmaking. Entrepreneurship and Technological Change in the American Industry 1880–1920*. Cambridge, MA 1948.
- Shaeffer, Elizabeth; Gardiner, Joy: *New and Current Materials and Approaches for Localized Cleaning in Textile Conservation*. In: Holden, Amanda u.a. (Hrsg.): *The Textile Speciality Group Postprints. American Institute for Conservation of Historic & Artistic Works 41nd Annual Meeting. Indianapolis 29.5.–1.6.2013. Indianapolis, IN 2013*, S. 109–124.
- Shashoua, Yvonne: *Conservation of Plastics. Material Science, Degradation and Preservation*. Oxford 2008.
- Sirois, Jane: *The Deterioration of Glass Trade Beads From Canadian Ethnographic and Textile Collections*. In: Tennent, Norman T. (Hrsg.): *The Conservation of Glass and Ceramics. Research, Practice and Training*. London 1999, S. 84–95.
- Skrabec, Quentin R.: *Edward Drummond Libbey, American Glassmaker*. Jefferson, NC, London 2011.
- Skrabec, Quentin R.: *Michael Owens and the Glass Industry*. Gretna, LA 2007.
- Spaude, Reinhard: *Korrosion und Alterung von Glasfasern und glasfaserverstärkten Duroplasten*. In: *Fortschrittberichte der VDI Zeitschriften: Bruchvorgänge und Schadensanalyse* 18 (1984), H. 17.

- Spicer, Gwen; Alig, Dorothy; Heard, Theresa: VIII. Storage of Textiles. In: Francis, Kathy u. a. (Hrsg.): AIC Textile Conservation Catalogue. o. O. 1998.
- Spillman, Jane Shadel: American Glass at American Fairs – Some New Discoveries. In: The Glass Club Bulletin of The National Early American Glass Club 151 (1986/87), S. 5–10.
- : Fashion Update: The Glass Dress. In: The Glass Bulletin of The National Early American Glass Club 152 (1987), S. 9.
- : Glass. Bottles, Lamps & Other Objects. New York 1983.
- : Glass From World's Fairs 1851–1904. Corning, NY 1986.
- Staniland, Kay: In Royal Fashion. The Clothes of Princess Charlotte of Wales & Queen Victoria 1796–1901. London 1997.
- Stavroudis, Chris: Sorting Out Surfactants. In: WAAC Newsletter 31 (2009), H. 1, S. 18–21.
- Stavroudis, Chris; u. a.: A New Approach to Cleaning I: Using Mixtures of Concentrated Stock Solutions and a Database to Arrive at an Optimal Aqueous Cleaning System. In: WAAC Newsletter 27 (2005), H. 2, S. 17–28.
- Stevenson, Marissa; Depriest, Jason; Hargrove, Suzanne: The Humming Birds 2: Using Fosshape(R) as an Alternative Backing for Fiber Art Sculpture (Poster). In: AIC 43rd Annual Meeting. Miami, FL 13.–16.5.2015. Miami 2015.
- Stoff, Jann: Textile Biocomposites im Automobilbau. Hamburg 2016.
- Stroh, Katharina; Axmann, Michael; Fromme, Hermann: Künstliche Mineralfasern. In: Bayerisches Landesamt für Umwelt: UmweltWissen – Abfall. Augsburg 2018, https://www.lfu.bayern.de/buerger/doc/uw_32_kuenstliche_mineralfasern.pdf (9.5.2018).
- T. S.: 70. Stück von den Glasparücken. In: Unzer, Johann August (Hrsg.): Gesellschaftliche Erzählungen für die Liebhaber der Naturlehre, der Haushaltungswissenschaften, der Arzneykunst und der Sitten. 3. Hamburg 1754, S. 273–276.
- Teschner, Roman: Glasfasern. Berlin, Heidelberg 2013.
- Tetley, Jonathan: Observations on Current Use of Conductivity in Cleaning Carpets From Historic Houses. In: News in Conservation 34 (2013), S. 9–12.
- Tétreault, Jean: Airborne Pollutants in Museums, Galleries and Archives – Particulates. In: Caple, Chris (Hrsg.): Preventive Conservation in Museums. Oxon 2011, S. 266–279.
- The British Museum; BBC: Glass Fibre Wedding Dress. A History of the World in 100 Objects. 2014, http://www.bbc.co.uk/ahistoryoftheworld/objects/NolQSkbeRc-6HNQvhF1J_A (24.8.2015).
- The Getty Conservation Institute; Israel Antiquities Authority: Mosaics In Situ Project. Illustrated Glossary. Definitions of Terms Used for the Graphic Documentation of In Situ Floor Mosaics. The Getty Conservation Institute. Los Angeles 2003.
- The Libbey Glass Company (Hrsg.): The Famous Glass Dress: Royal Robe of Princess Eulalia. Chicago 1893.
- The Toledo Museum of Arts (Hrsg.): Libbey Glass. A Tradition of 150 Years 1818–1968. Toledo, OH 1968.
- Thomas, M.: Ueber das Verhalten von Gläsern beim Verarbeiten vor der Lampe. In: Glastechnische Berichte 14 (1936), S. 341–350.
- Thoquet, Gewa: Kleider aus gesponnenem Glas, Utopie oder Wirklichkeit. In: Textilkunst International. Informationen für kreatives Gestalten 35 (2007), H. 3, S. 122–124.
- Timár-Balázsy, Ágnes; Eastop, Dinah: Chemical Principals of Textile Conservation. Oxford 1998.
- Torge, Manfred u. a.: Naturwissenschaftliche Untersuchungen im Rahmen des Projektes »Konservierung mittelalterlicher Glasmalerei im Kontext spezieller materieller und umweltbedingter Gegebenheiten«. Kulturstiftung der Länder. o. O. 2010.
- Tscheuschner, Emil: Handbuch der Glasfabrikation nach allen ihren Haupt- und Nebenzweigen. In: Gesellschaft der neuesten Erfindungen (Hrsg.): Neuer Schauplatz der Künste und Handwerke. Bd. 283. Weimar 1885.
- Tse, Season: Water Quality for Treatment of Paper and Textiles. In: CCI Technical Bulletin 24 (2001), S. 1–11.

- Tucker, Nick u.a.: The History of the Science and Technology of Electrospinning From 1600 to 1995. In: *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, Special Issue – Fibers (Juli 2012), S. 63–73.
- Van Balen, K. u.a.: Expert System for the Evaluation of the Deterioration of Ancient Brick Structures. Scientific Background of the Damage Atlas and the Masonry Damage Diagnostic System. European Commission. Protection and Conservation of European Cultural Heritage. Luxembourg 1999.
- Van Giffen, u.a.: Deterioration and Preservation of Blaschka Glasses. In: Roemich, Hannelore: *Glass and Ceramics Conservation: Interim Meeting of the ICOM-CC Working Group*. Corning, NY 2010, S. 53–62.
- Veltmann, Claus; Jordan-Fahrbach, Eva: Allongerperücke mit Haaren aus Glasfasern. In: Luckhardt, Jochen; Marth, Regine (Hrsg.): *Lockenpracht und Herrschermacht. Perücken als Statussymbol und modisches Accessoire*, Ausstellung im Herzog Anton Ulrich-Museum Braunschweig, 10.5.–30.7.2006. Leipzig 2006, S. 217–218.
- Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.): VDI Richtlinie 3822. Schadensanalyse. Grundlagen und Durchführung einer Schadensanalyse. Düsseldorf 2011.
- Verein zur Ermunterung des Gewerbsgeistes in Böhmen: Bericht der Beurteilungs-Kommission über die im Jahre 1836 stattgefundene vierte öffentliche Ausstellung der böhmischen Gewerbecprodukte. Prag 1837.
- Verhaar, Guus u.a.: Weeping Glass: The Identification of Ionic Species on the Surface of Vessel Glass Using Ion Chromatography. In: Roemich, Hannelore; Fair, Lauren (Hrsg.): *ICOM-CC Recent Advances in Glass and Ceramics Conservation 2016*. Wrocław 2016, S. 123–133.
- Verità, Marco (Hrsg.): Modern and Ancient Glass: Nature, Composition and Deterioration Mechanisms. In: Lefevre, Roger-Alexander (Hrsg.): *Scienze e materiali del patrimonio culturale*, 8. The Materials of Cultural Heritage in Their Environment. Bari 2006, S. 119–132.
- Violet, Théodore: Nouvelle industrie manufacturière. Etoffes en verre filé. In: *L'Echo du monde savant. Journal analytique des nouvelles et des cours scientifiques* 59 (1837), H. 208, S. 27.
- Vilaplana, Francisco u.a.: Analytical Markers for Silk Degradation: Comparing Historic Silk and Silk Artificially Aged in Different Environments. In: *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 407 (2015), H. 5, S. 1433–1449.
- Völker, Ursula; Brückner, Katrin: *Von der Faser zum Stoff. Textile Werkstoff- und Warenkunde*. Hamburg 2007.
- Vouillon, François: Specification of a Patent Granted to François Vouillon, of Prince's Street, Hanover Square, in the County of Middlesex, Silk Mercer, for Improvements in the Manufacture of Ornamental Woven Fabrics – Sealed June 8, 1839. In: *The Repertory of Patent Inventions: and Other Discoveries and Improvements in Arts, Manufactures and Agriculture* 14 (1840), S. 18–21.
- Waentig, Friederike u.a.: *Präventive Konservierung. Ein Leitfaden*. Berlin 2014.
- Wagner, Johannes Rudolf (Hrsg.): *Jahresbericht über die Fortschritte der chemischen Technologie für 1868*. Bd. 14, Leipzig 1869.
- Walker, J. und C.: *Munich References*. In: Murray, John (Hrsg.): *A Handbook for Travellers in Switzerland and the Alps of Savoy and Piedmont*. London 1858.
- Walker, Simone: *Schadenskatalog für Glasobjekte. Ein Ratgeber für Museen, Restauratoren und Sammler*. London 2014.
- Walser-Ziegler, Christine: *Erschwerung von Seiden des 19. und frühen 20. Jahrhunderts*. Diplomarbeit. Technische Universität München, 2002.
- Walser-Ziegler, Christine: *Erschwerte Seide. Über die Entwicklung und Nutzung unterschiedlicher Erschwerungstechniken*. In: *Restaurio. Zeitschrift für Kunsttechniken, Restaurierung und Museumsfragen* (2003), H. 6, S. 432–438.
- Waugh, Norah: *The Cut of Women's Clothes 1600–1930*. London 1968.
- Weißkopf, Paul: Filter aus gefilzten Glasfäden. In: *Dingler's Polytechnisches Journal* 206, Miscelle 5 (1872), S. 243.

- Weyer, Angela u.a. (Hrsg.): EwaGlos. European Illustrated Glossary of Conservation Terms for Wall Paintings and Architectural Surfaces. Petersberg 2015.
- Wilson, Robert, E.: The Infanta at the Fair. In: *Journal of the Illinois State Historical Society* 59 (1966), H. 3, S. 252–271.
- Winkelmann, Ulrich: Mechanismen der Ablagerung von Schwebstaub. In: Paul-Bernhard Eipper (Hrsg.): *Handbuch der Oberflächenreinigung*. München 2011, S. 6–15.
- Wirsing, Steffi; Ranz, Hans-Jörg: Feinste Risse. Zustandsdokumentation und präventive Aufbewahrung von instabilen Hohlgläsern. In: *Restauro spezial*. Das Bayerische Nationalmuseum nach dem Umbau. Neue Facetten im Westflügel (2016), S. 48–53.
- Worch, Maria Theresia; Jägers, Elisabeth: Zur Restaurierung zerstörter Textilien. Aufgezeigt am Beispiel der Fahne des Jean Pierre Blanchard von 1785. In: *Restauro* 3 (1988), S. 161–172.
- Wright, Julia: Cutting-Edge Fashion: N.B. Museum Preserves Rare Gown Made of Glass. CBC News. Toronto 13.10.2016, <http://www.cbc.ca/news/canada/new-brunswick/nbm-glass-gown-1.3802948> (10.5.2018).
- Wright Sewall, May (Hrsg.): *The World's Congress of Representative Women*. Chicago, New York 1894.
- Wulfhorst, Burkhard; Kaldenhoff, R.; Hörsting, K.: Glasfasern. In: *Technische Textilien / Technical Textiles* 36 (1993), H. 5, S. 68–86.
- Wyeth, Paul: Signatures of Ageing: Correlations with Behaviour. In: Janaway, Rob; Wyeth, Paul: *AHRC Reserach Centre for Textile Conservation and Textile Studies. First Annual Conference. Scientific Analysis of Ancient and Historic Textiles: Informing Preservation, Display and Interpretation*, Postprints. London 2005, S. 137–142.
- Zecchin, Paolo: Storia del vetro di Murano. I tessuti in vetro filato dei perlai veneziani dell'ottocento. In: *Rivista della stazione sperimentale del vetro*. 2009, <http://xoomer.alice.it/pazecchi/filato.html> (29.5.2014).
- Zuna-Kratky, Gabriele: *Massenware Luxusgut: Technik und Design zwischen Biedermeier und Wiener Weltausstellung 1804 bis 1873*. Kat. Ausst. Technisches Museum Wien 2004. Wien 2004.

Abbildungsverzeichnis

- BLfD = Bayerisches Landesamt für
Denkmalpflege
- CMG = The Corning Museum of Glass,
Corning, NY, Collection of The Rakow
Research Library
- DMA, CD = Deutsches Museum Archiv,
CD-Nummer
- ICT-FIL = Fraunhofer-Institut für chemische
Technologie, Funktionsintegrierter Leichtbau,
Augsburg
- NBM = New Brunswick Museum Collection,
Archiv
- TMA = Toledo Museum of Arts, Information
Systems, Library and Archives, Toledo, Ohio,
Miscellaneous, UNACC.1.1925 /
UNACC.2.1925, Libbey Glass Company,
Dress & Parasol of Spun Glass Fabric
- Alle nicht einzeln ausgewiesenen Fotos
stammen von Charlotte Holzer. Die digitalen
Bilddaten sind im Deutschen Museum in der
Abteilung Objekt- und Restaurierungsfor-
schung sowie Textiltechnik archiviert und auf
Anfrage zugänglich.

Einleitung

- Abb. 1: Bancroft, *Book*, 1893, S. 882; Foto: DMA,
CD_76547, Deutsches Museum Fotoatelier,
Hubert Czech
- Abb. 2: DMA, CD_L_7092_04, Deutsches
Museum Fotoatelier, Hubert Czech
- Abb. 9: DMA, CD_L_7622_35, Deutsches
Museum Fotoatelier, Hubert Czech

Das Glasfaserkleid der Infantin Eulalia:

Herstellung und Objektgeschichte

- Abb. 1, 3, 20, 21, 22, 30, 31, 32, 33, 34: TMA
- Abb. 2: Bancroft, *Book*, 1893, S. 881; Foto:
DMA, CD_76546, Deutsches Museum
Fotoatelier, Hubert Czech
- Abb. 4: NBM, X10024(3)
- Abb. 8: DMA, CD_L_7092_03, Deutsches
Museum Fotoatelier, Hubert Czech
- Abb. 9: DMA, CD_L_7092_43, Deutsches
Museum Fotoatelier, Hubert Czech
- Abb. 10: DMA, CD_L_7092, Deutsches Museum
Fotoatelier, Hubert Czech

- Abb. 11: DMA, CD_L_7092_23, Deutsches
Museum Fotoatelier, Hubert Czech
- Abb. 12: DMA, CD_L_7092_09, Deutsches
Museum Fotoatelier, Hubert Czech
- Abb. 15: NBM, 14441-1(3)
- Abb. 18: NBM, 14441-(6)
- Abb. 19: NBM, X16048
- Abb. 23: –, *Weltausstellung*, 1894, S. 415
- Abb. 24: Luis Manuel de Villena Cabeza:
María Eulalia de Borbón, <https://es.geneanet.org/media/public/x-maria-eulalia-de-borbon-1805229>
(8.8.2020)
- Abb. 25: CMG, BIB 134150
- Abb. 26: Nils Hanwahr
- Abb. 27–28: DMO, Karteikarte Inv.-Nr.
1924-51952
- Abb. 29: DMA, DMA_L_2959_10a

Historische Textilglasfasern

- Abb. 1: CMG, BIB 142780
- Abb. 2: © The Fitzwilliam Museum, Cambridge,
P.14200-R-67
- Abb. 3: Boston Public Library, Arts Department,
10_03_002734
- Abb. 4, 23: Museum of Applied Arts and
Sciences, Sydney, Collection, P3280
- Abb. 5: –, *Musée*, 1844, p. 256
- Abb. 6: CMG, BIB 112177
- Abb. 7: CMG, BIB 131370, Digitized from an
original loaned by Jeanette Smith
- Abb. 8: Pelouze, *Récréations*, 1828, Pl. III
- Abb. 13: Archive INPI, 1BA_005318_05
- Abb. 14: Archive INPI, 1BA_005318_10
- Abb. 15: CMG, BIB 131369, Digitized from an
original loaned by Jeanette Smith
- Abb. 16: Victoria & Albert Museum, T 183-1997
- Abb. 18: bpk / RMN – Grand Palais / Daniel
Arnaudet
- Abb. 19: © Bayerische Schlösserverwaltung,
Maria Scherf, München
- Abb. 20: CMG, BIB 138463
- Abb. 21: New York Public Library,
G91F104_021F, <https://digitalcollections.nypl.org/items/510d47e1-4d80-a3d9-e040-e00a18064a99> (17.10.2020)
- Abb. 22, 23: The University of Sheffield,
The Turner Museum of Glass

Charakterisierung und Materialanalyse der Glasfaser

Abb. 1: Wikipedia: 1270.0.1~commonswiki, Kalk-Natron-Glas, 24.2.2006, https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0f/Kalk-Natron-Glas_2D.png (12.6.2018)

Abb. 2: Reprinted by permission from Springer Nature Customer Service Centre GmbH: Springer Vieweg, Teschner, Glasfasern, 2013, S. 18, Abb. 5.1

Abb. 3: Deuchar, Circumstances, 1822, S. 359

Abb. 4, 10, 11, 12, 21, 23: BlfD, Christian Gruber

Abb. 6, 7, 8: ICT-FIL, Tobias Betz

Abb. 13: Doerner Institut, Clarimma Sessa

Abb. 24, 25: Deutsches Museum, Klaus Macknapp

Zustand des Glasfaserkleids vor der Konservierung-Restaurierung

Abb. 35: DMA CD_L_7092_25, Deutsches Museum Fotoatelier, Hubert Czech

Abb. 36: DMA CD_L_7092_17, Deutsches Museum Fotoatelier, Hubert Czech

Abb. 39: DMA CD_L_7092_27, Deutsches Museum Fotoatelier, Hubert Czech

Abb. 42: DMA CD_L_7092_10, Deutsches Museum Fotoatelier, Hubert Czech

Abb. 43: DMA CD_L_7092_44, Deutsches Museum Fotoatelier, Hubert Czech

Abb. 45: DMA CD_L_7092_05, Deutsches Museum Fotoatelier, Hubert Czech

Abb. 46: DMA CD_L_7092_11, Deutsches Museum Fotoatelier, Hubert Czech

Abb. 48: DMA CD_L_7092_42, Deutsches Museum Fotoatelier, Hubert Czech

Abb. 53: DMA CD_L_7092_20, Deutsches Museum Fotoatelier, Hubert Czech

Abb. 60: TMA

Abb. 65: DMA CD_L_7092_33

Abb. 67: DMA CD_L_7092_43

Abb. 68: DMA CD_L_7092_20

Abb. 69: CMG, BIB 134150

Abb. 70, 73: DMO Inventarkarte zu 1924-51952, Rückseite

Abb. 71: DMA L_2959_05a

Abb. 72: DMA L_2959_06a

Abb. 75, 76, 79, 80, 81, 83, 84, 86: BlfD, Christian Gruber

Konzept zum Erhalt des Glasfaserkleids

Abb. 1: CMG, Astrid van Giffen

Abb. 11: DMA / TMA

Abb. 13: DMA, CD_L_7622_36, Deutsches Museum Fotoatelier, Hubert Czech

Katalog der untersuchten Textilien

Abb. 1, 26, 36: Victoria & Albert Museum

Abb. 2, 4, 6, 11, 12, 20, 24, 29, : Technisches Museum Wien

Abb. 7: DMO 2013-1126_T5_20150109_002_SAMOA_ED_GFriedinger.jpg

Abb. 8: DMO 2013-1126_T6_20150109_001_SAMOA_ED_GFriedinger.jpg

Abb. 9: DMO 2013_2012_1898_20121219_002_SAMOA_ND_HD.jpg

Abb. 23: CMG, 80.4.191, Gift of William Vetter

Abb. 31, 35: © Musee des arts et metiers-

Cnam, Paris / Pascal Faligot

Abb. 32, 33: © MAK / Branislav Djordjevic

Abb. 34: © Bayerische Schlosserverwaltung, Maria Scherf, Munchen

Abb. 38: The University of Sheffield, The Turner Museum of Glass

Abb. 46: CMG, 77.4.89 A,B, Gift of Mrs. Edward C. Childs

Abb. 51: DMA, CD_L_7622_34, Deutsches Museum Fotoatelier, Hubert Czech

Abb. 54, 55, 56: NBM

Transkription und Reproduktionen der Patente von Dubus Bonnel

Abb. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9: Archive INPI

Personenregister

Abbott, Emma 96, 100, 103

Adalbert, Prinz von Bayern 14

Alfonso XIII., König von Spanien 50

Anderegg, Frederick O. 60, 123, 143

Antonio de Orléans y Borbón,
Infant von Spanien 48, 49

Bainton, Mary 43

Baker, Richard 90, 92

Beerens, Lydia 200

Benrath, Hermann Emil 18, 80, 85, 120,

Benz-Zauner, Margarete 54, 193

Betz, Tobias 123, 125, 128

Bianco, Gina 59, 62

Blänsdorf, Catharina 127, 128, 232

Bobeth, Wolfgang 118

Borkopp, Brigitte 57

Boshop, William W. 72

Brill, Robert 21

Brunfaut, Amalie de 85

Brunfaut, Jules de 18, 70, 72, 77, 85, 90, 92,
94, 96, 100, 104, 105, 109, 120, 134, 135, 138

Bussolin, Domenico 236, 244

Carmody, Victorine 32, 34, 40, 43

Cayvan, Georgia 10, 27, 28, 30, 40, 46, 47,
58, 100, 103, 229

Chaloupka, Alexander 122, 128

Columbus, Christoph 9

Deuchar, John 18, 114

Diatta, Yassine 202, 231

Diem, Annemarie 11, 52, 55, 59, 193

Drinkler, Dagmar 57, 231, 254

Dubus Bonnel, Ignace-Charles-Romain 15, 66,
69, 77, 78, 88, 89, 91, 94, 105, 109, 120, 132,
134, 135, 138, 139, 140, 147, 153, 154, 157, 159,
237, 253, 256, 275, 276, 277, 278, 282, 284,
286, 290, 292

Durian-Ress, Saskia 57

Ehrman, Edwina 14, 16, 77, 102, 232

Elliott, Maxine 44, 101, 103

Elsässer, Christina 214, 231

Emmerling, Erwin 12, 231

Eulalia, Infantin von Spanien 9, 10, 11, 12, 14,
15, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 34, 36, 38, 39, 40,
46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 57, 58, 60, 62, 63,
87, 100, 103, 106, 147, 149, 168, 171, 177, 189,
195, 229, 230, 233, 235, 237, 266

Field, Kate 47, 62

Franz II., Kaiser von Deutschland / Franz I.,
Kaiser von Österreich 240

Freytag, Hans 138

Friedrich August III., König von Sachsen, /
August III., König von Polen 81

Galego, Davinia 213, 231

Glocker, Winfrid 11, 15, 52, 54, 59, 60, 178,
193, 231

Göbel, Rudolf 122

Gordon, Alexander 84

Gordon, David 84

Grenier, Theodore 80, 91, 100, 104

Grenler (»Prof.«) 100, 104, 105

Gruber, Christian 122, 127, 128, 133, 181, 231

Hammesfahr, Hermann 11, 27, 40, 41, 42, 43,
44, 58, 69, 77, 101, 103, 106, 109, 168, 229

Hammesfahr, Emilia Mathilda geb. Hessmer 43

Hooke, Robert 18, 76

Hoffmann, E.T.A. 69

Hopmann, Rebecca 16

Isabella II., Königin von Spanien 50

Jaqua, Ellen 16, 27, 29, 30, 31, 32, 36, 37, 38,
39, 40, 44, 58, 60, 80, 97, 100, 103, 105, 138,
229, 237, 271

Johnson, Marissa 168, 232

Jover y Tovar, Pedro 48

Keßler, Ilse 54

Kick, Friedrich 72

King, Edith 103, 104

Klenze, Leo von 95, 96

Knapp, Fl. 41, 44, 77, 101, 103

Knerr, Günter 54

Koch, Paul-August 15

Koob, Steven 21, 23, 232

Krünitz, Johann Georg 74

- Laboulaye, Charles** 82
Lambourg, René 68, 75, 76, 82, 84, 120, 129,
 132, 134, 135, 140, 141, 154, 236, 246
Lardner, Dionysius 68
Laroque, Peter 16, 58, 60, 232
Lera, Abondius 75, 81, 236, 245
Leroy »Monsieur« 66
Libbey, Edward Drummond 10, 14, 27, 41, 44,
 45, 46, 60, 103, 229
Ludwig I., König von Bayern 96
Ludwig XV., König von Frankreich 81
Ludwig Ferdinand, Prinz von Bayern 14, 50, 52
Louis Philippe, König von Frankreich 99
- Macknapp, Klaus** 127, 128
Manzoni, Piero 24
Maria Christine, Königin von Spanien 49
Maria de la Paz, Infantin von Spanien
 (»Prinzessin Ludwig Ferdinand von Bayern«)
 10, 14, 47, 50, 51, 63, 229
Mayr, Otto 57
McMaster, Julie 11, 16, 59, 60, 62, 232
Mercer, William Hewitt 30, 59
Miller, Oskar von 51, 52
Monro Turner, Helen 105, 107, 141, 142, 147,
 230, 257, 259
- Napoleon I., Kaiser von Frankreich** 94, 95
Newcomb, Ethel 58, 103
- Olivi, Carlo** 86, 88
Owen, Frank Allen »Prof.« 101, 104, 67
Owen »Madame« 101
Owens, Michael Joseph 45
- Pamplona Bartsch, Marisa** 122, 231
Parker, John 16, 232, 260
Perrin, Beneton de 18
Pizzagalli, Ignazio 77, 90, 109, 138
Polacco, Benetto 88, 129, 132, 140, 236, 240,
 241, 251, 252
Prengel, A. 92, 104
- Ranz, Hans Jörg** 21, 23, 227, 231
Rauk, Max 52
Réaumur, René-Antoine Ferchault de 18, 76, 77
Revi, Albert Christian 15
Rosenstiehl, Helene von 23, 59, 62, 200, 263
- Schaeffer, Hermann** 242
Schmitt, Christina 11, 23, 200, 255
Schwabe, Louis 66, 70, 77, 90, 99, 101
Scott Libbey, Florence 10, 14, 27, 28, 30, 31,
 32, 33, 35, 36, 38, 39, 40, 43, 45, 46, 54, 58,
 60, 61, 62, 63, 64, 100, 103, 123, 138, 143,
 168, 229, 237, 270
Seewald, Björn 122
Sessa, Clarimma 128, 141, 142
Shadel Spillman, Jane 11, 15, 30, 40, 59
Sikorski, Judy 62, 265
Spachtholz, Manfred 56, 178
Stege, Heike 12, 133, 231, 232
Steiner, Max 97, 100, 104
Stine, David L. 45
- Thoquet, Gewa** 15
Tietzel, Horst 53, 57
Tomasi, Jacopo 129, 132, 139, 140, 155, 236,
 240, 250
Trischler, Helmuth 12, 231
Turner, William E.S. 105, 107, 257
- Velde, Bruce** 120, 135, 140, 246, 253
Victoria, Königin des Vereinigten Königreichs
 von Großbritannien und Irland 70, 99, 100,
 102, 105
Violet, Théodore 69
Villena Cabeza, Luis Manuel de 46
Vouillon, François 66, 77, 80, 90, 99, 100, 101,
 105, 138
- Wagner, Barbara** 56, 57
Weißkopf, Paul 86
Wetzel, Louis 93, 236, 250
Wetzel, Richard 93, 236, 250
Wirsing, Steffi 21, 23, 227, 231, 232

