

Yngve Magnusson

## Verpackungsmaterial als Korrosionsschutz

Die Sicherung und Verpackung der „Silberschatz-Ausstellung“ im Kunstmuseum KODE1

Das Öffnen der Büchse der Pandora muss nicht immer Schlechtes bedeuten. Der vorliegende Beitrag befasst sich mit der Möglichkeit, insbesondere eisenfreie, aber auch andere Werkstoffe während der Lagerung langfristig vor Korrosion zu schützen, indem das richtige Verpackungsmaterial verwendet wird.



### Hintergrund

1795 wurde während der Errichtung des Regierungsgebäudes von Massachusetts in Boston, USA, eine Zeitkapsel in den Grundstein gelegt. Sechzig Jahre später wurden die Originalrelikte in der aus Rindsleder gefertigten Hülle in eine Messingkapsel umgefüllt und weitere Gegenstände hineingetan. 2015 wurde die Kapsel ein weiteres Mal geöffnet – dieses Mal von einer Restauratorin des Bostoner Museum of Fine Arts. Die Experten hatten erwartet, dass der Inhalt – und vor allem die 1855 hinzugefügten Zeitungen – in einem schlechten Zustand sein würden, doch zu ihrer Überraschung waren die Relikte gut erhalten. Die Restauratoren erklären das Ausbleiben von Schimmelbildung und den geringen Anlaufgrad bei der in der Zeitkapsel befindlichen Silbertafel und den Silbermünzen damit, dass in der Zeitkapsel auch Kupfermünzen vorhanden waren. Alle Relikte wurden daher zu Untersuchungszwecken auf eine INTERCEPT®-Transparentfolie gelegt, um eine Korrosion an der Luft zu vermeiden.

### Der Silberschatz im Kunstmuseum KODE 1

Wie es der Zufall will, wurde zur selben Zeit, als die Zeitkapsel im Januar 2015 geöffnet wurde, KODE 1, das frühere Westnorwegische Museum für dekorative Kunst in Bergen, Norwegen, wegen Renovierungsarbeiten geschlossen. Das Museum beherbergt eine Sammlung von Silberarbeiten, die zwischen dem 16. und der Mitte des 19. Jahrhunderts entstanden sind. Die sogenannte „Silberschatz-Ausstellung“ umfasste über 800 Objekte, die verpackt und gesichert werden mussten.

Nachdem sorgfältig recherchiert worden war, mit welchen Verfahren das Anlaufen des Silbers während der Lagerung verhindert werden kann, beschloss das Team aus Restaurator, Sammlungsmanager und Museumstechniker Ende 2014, für die Langzeitlagerung der Silbersammlung die gleiche Methode anzuwenden, wie sie später in Boston gewählt wurde, um die Relikte aus der Zeitkapsel während der Präsentation zu schützen: die INTERCEPT®-Technologie. Die an das Verpackungs-

material gestellten Anforderungen waren folgende:

- Das Material muss einen reaktiven Schutz gegen die Seewasserluft in Bergen bieten.
- Es muss ohne Lösemittel hergestellt sein, um mögliche Ausgasungen zu verhindern.
- Es darf kein Talkum enthalten, das bei der Herstellung der meisten Polyethylen-Folien verwendet wird und die Oberfläche polierter Metallgegenstände zerkratzen kann.
- Es darf kein Selbstklebeband verwendet werden, damit kein Schwefel aus Klebstoffen auf die verpackten Objekte übergeht.
- Es muss sich so handhaben lassen, dass die einzelnen Verpackungen für die Gegenstände leicht und zeiteffizient hergestellt werden können.
- Es muss sich für die Langzeitlagerung eignen – für den Fall, dass die Objekte länger als zehn Jahre gelagert werden müssen.<sup>1</sup>
- Es muss für die Lagerung in einem unbelüfteten Schutzraum geeignet sein.

Die Materialwahl fiel auf die INTERCEPT®-Transparentfolie. Bei der Herstellung der einzelnen Verpackungen wurde ein Folienschweißgerät<sup>2</sup> verwendet. Die einzeln verpackten Kunstgegenstände wurden in stabilen Pappschachteln, in sogenannten DepoTainer, gelagert, wobei jedes Objekt ein Fach für sich hatte. Am Schluss wurden die Schachteln in einen Schutzraum ohne Belüftung gelegt.

Alle Kunstobjekte waren 2013 poliert und gepflegt worden. Die hohen Kosten für die beanspruchten Maßnahmen von 800 angelaufenen Silberobjekten waren der Grund dafür, dass nach einem Material gesucht wurde, das Silber nicht nur während der Lagerung schützt. Das Team des Sammlungsmanagements fand außerdem Produkte, die Kunstgegenstände auch während Ausstellungen vor Korrosion schützen sollen.

<sup>1</sup> Frühere Projekte haben gezeigt, dass Renovierungsarbeiten bis zu zehn Jahre dauern können.

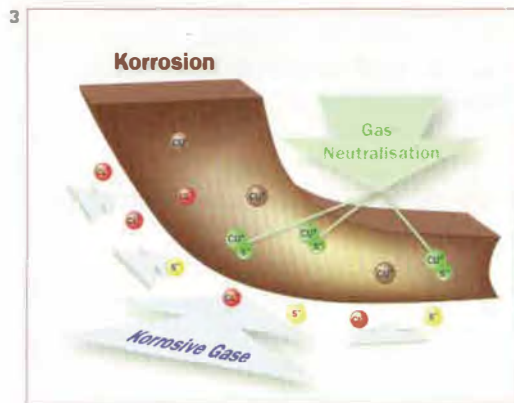
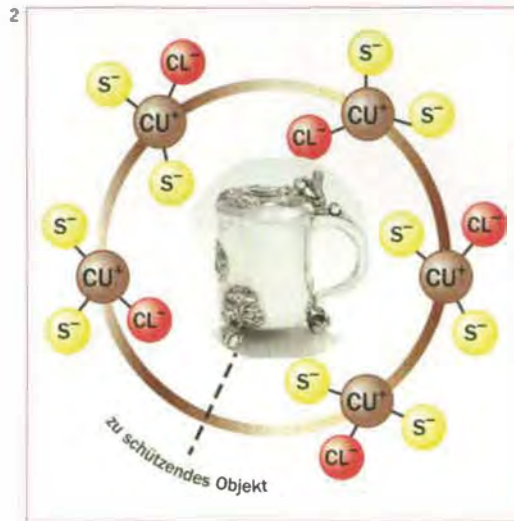
<sup>2</sup> Film Sealing Unit G1, Fuge: 340 x 3 mm, Folienstärke: max. 2 x 400 µm.

Auch Gemälde in Museen sind von dem Vorgang der Korrosion betroffen und erfordern ein entsprechendes Verpackungsmaterial.

### ABSTRACT

#### Packing material as corrosion protection

The so called „Silver Treasure Exhibition“ in the former West Norwegian Museum of Decorative Arts in Bergen housed more than 800 items which needed to be packed down and secured. This article deals with the possibility for long-term protection in storage for, in first case non-ferrous metals, but also for other materials by using the proper packing material. The experience was collected in a project in a Norwegian Museum.



**Korrosionsarten**

Korrosion ist ein Vorgang, der die chemische oder physikalische Struktur nicht nur von Metallen, sondern auch von anderen Werkstoffen verändert. Korrosion kann einerseits eine Patina bilden, die das Objekt schützt, andererseits eine Schicht entwickeln, die entfernt werden muss, um dem Gegenstand ein authentisches Erscheinungsbild zu geben. Die Haupt-

tursachen für Korrosion können in drei große Gruppen unterteilt werden:

- Das Objekt befindet sich in einer aggressiven Atmosphäre, die instabile Gase oder Flüssigkeiten enthält und bei dem Gegenstand zu einer chemischen Reaktion führt.
- Das Objekt steht auf einer Fläche oder in der Nähe anderer Metallgegenstände, die eine elektrische Reaktion verursachen können, wenn die verschiedenen Werkstoffe miteinander in Berührung kommen (galvanische Korrosion).
- Das Objekt ist staubig, schimmelig oder schmutzig, was eine elektrochemische Reaktion zwischen Staub, Schmutz oder Pilzen und dem Werkstoff, aus dem der Gegenstand besteht, hervorrufen kann. Dieser Vorgang wird als Biokorrosion bezeichnet und kann nicht nur auf Metall, sondern auch auf anderen Werkstoffen stattfinden.

In der ersten Gruppe ist verschmutzte Luft und deren Kondensation eine häufige Ursache für Korrosion. Denkbar ist hier auch, dass instabile Gase von Holzregalen oder Holzkisten ausgehen, wie sie beim Kunsttransport verwendet werden. Verschiedene Verpackungen können ebenso Ausgasungen verursachen, wodurch Metalle korrodieren.

Die zweite Art der Korrosion entsteht meistens durch unsachgemäße Lagerung und lässt sich leicht vermeiden, indem Kunstobjekte separat gelagert oder Trennschichten zwischen den Metallteilen eingelegt werden. Ist dies nicht möglich, empfiehlt sich eine Verpackung mit Korrosionsschutz. Dies ist auch dann ratsam, wenn ein Gegenstand aus unterschiedlichen Metallen besteht, wie dies bei Maschinen und elektrischer Ausrüstung der Fall ist. Das richtige Verpackungsmaterial kann bereits hier einen Korrosionsschutz bieten. Die dritte Korrosionsart ist manchmal schwer zu entdecken und noch schwerer zu vermeiden. Staub kann zu Objekten sogar in geschlosse-

2 Schutzprinzip der Korrosionsschutzfolie

3 Neutralisierung von korrosiven Gasen

4 Die Silberobjekte zu polieren, verursachte hohe Kosten. Im KODE1 wurde in der Folge nach einem schützenden Material für Silber gesucht.



Foto: © Althor Himmelfriedrich/Technische GmbH, © Althor Himmelfriedrich/Technische GmbH, © Althor Himmelfriedrich/Technische GmbH

nen Gehäusen vordringen. Wenn Staub eindringen kann und eine Schicht bildet, besteht die Gefahr eines ersten Anlaufens oder sogar von Pilzfraß. Dieses Risiko ist besonders hoch bei Textilobjekten. Ein komplizierter Prozess entsteht dann, wenn bei einem Gegenstand Staub in der elektronischen Komponente gefunden wird. In diesem Fall sind die gedruckten Leiterplatten und die darauf gelöteten Elemente gleichermaßen anfällig für die erste, zweite und dritte Korrosionsart.

Mit diesem Basiswissen über Korrosion und der Erkenntnis, dass nicht nur Metalle, sondern auch Textilgewebe, Papier und digitale Aufzeichnungen (CDs) von Korrosionsprozessen betroffen sein können, müssen bewährte Methoden entwickelt werden, um einen vollständigen Schutz vor äußerlicher Verschmutzung und Schädigung zu bieten.

Für das Projekt KODE 1 wurden etliche Produkte erforscht:

- Pacific Silvercloth®: Hier sind in einer Baumwollmatrix Silberpartikel platziert, um korrosive Gase zu neutralisieren. Die Verpackung ist jedoch nicht luftdicht. Für jedes Objekt muss außerdem ein individueller Sack genäht werden.
- Polyethylen-Folie (LDPE): aufgrund der Talkum-Beschichtung
- Polyesterfolie, wie Hostaphan®, Melinex® oder Mylar®: Hier ist das Verschließen/Verschweißen der Folien mit dem Impulsschweißgerät zwar möglich, aber nicht sehr stabil.
- Folie aus Nylon, Dartek® Film: Das Material kann bis zu zehn Prozent Wassermoleküle einlagern. Bei hygroskopischen Materialien ist dies eine wichtige Eigenschaft, aber nicht bei Metallobjekten. Durch Lieferschwierigkeiten entschied sich das Museum gegen dieses Produkt.

Das Team des Sammlungsmanagements entschied sich schließlich für vier Produkte von INTERCEPT®, die den bereits erwähnten Anforderungen entsprechen. Die ausgewählten Produkte eignen sich nicht nur für Silber, sondern auch für andere Werkstoffe.

### Korrosive Elemente in der Atmosphäre

In der Atmosphäre befinden sich viele zerstörerische Bestandteile. In Tabelle 1 sind die wesentlichen Ele-



mente der Luftverschmutzung, in Tabelle 2 die davon betroffenen Objekte oder Werkstoffe aufgelistet (siehe unten). Natürlich wirken sich alle korrosiven Gase auf Metall aus, aber in Museen sind Metallobjekte meistens noch mit anderen Materialien kombiniert. Deshalb gibt der sensibelste Werkstoff immer die Kriterien dafür vor, welche Korrosionsart vermieden werden soll. Die untenstehende linke Tabelle gibt die korrosiven Elemente an, die eine Materialzersetzung hervorrufen. Die rechte Spalte listet die Auswirkungen und Folgen verschiedenster korrosiver Gase auf die entsprechenden Gegenstände und Werkstoffe auf.

Holzkisten und -verpackungen können korrosive Gase ausstrahlen. Aus diesem Grund müssen vor allem korrosionsanfällige Metallobjekte vorsorglich gelagert sein.

Tabelle 1: Korrosive Gase
Ozon (O <sub>3</sub> )
Schwefelwasserstoff (H <sub>2</sub> S)
Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> )
Salpeterverbindung (NO <sub>x</sub> )
Chlorwasserstoff (HCl)
Schimmelsporen

Tabelle 2: Materialzersetzung
Metall: alle korrosiven Gase
Textilgewebe: reduzierte Reißfestigkeit durch H <sub>2</sub> S und NO <sub>x</sub>
Papier: Versprödung durch SO <sub>2</sub>
Farbstoffe: Verblassen und Farbveränderung durch O <sub>3</sub> und NO <sub>x</sub>
Plastik: Festigkeitsverlust aufgrund von O <sub>3</sub> und NO <sub>x</sub>
Leder: Schwächung und pulverisierende Oberfläche durch SO <sub>2</sub>

### Verwendete Produkte

- **INTERCEPT® Display Foam**

Hier handelt es sich um einen Polyurethan-Schaum mit integrierten Partikeln aus reaktivem Kupfer. Das Schaummittel wird verwendet, um dem kleinstmöglichen Volumen so viel Kupfer wie möglich zuzusetzen. Der Schaum eignet sich deshalb als zusätzlicher Korrosionsschutz in Lagerkisten und Schaukästen.

- **INTERCEPT® Laminate**

Das Volumen, in dem Wasserdampf durch das laminierte Aluminium und die Folie dringt, beträgt weniger als 0,05 g/m<sup>2</sup> pro Tag. Die Laminatform hat eine Stärke von 125 µm und ist geeignet, Kunstgegenstände vor Ausgasungen aus frischem Holz zu schützen. Sie kann als Auskleidung von klimatisierten Behältern und sonstigen Holzverpackungen verwendet werden und dient daher am häufigsten zum Schutz von Gemälderückwänden.

- **INTERCEPT® Neutral**

Diese Folie hat ebenfalls eine Stärke von 100 µm und enthält nicht nur Kupfer, sondern auch reaktive Kohle, wodurch sie nicht mehr transparent ist. Die Eigenschaften der reaktiven Kohle machen das Produkt leicht hygroskopisch und deshalb empfänglicher für korrosive Eigenschaften. Um die höhere Reaktivität zu kompensieren, hat man die Menge an reaktivem Kupfer erhöht.

- **INTERCEPT® Transparent**

Dieses Produkt wird zum Verpacken einzelner Kunstgegenstände verwendet. Die Folienmatrix mit reaktivem Kupfer hat eine Stärke von 100 µm. Die Folie ist zwar halbtransparent, aber das Objekt ist in der Verpackung faktisch nicht zu sehen. INTERCEPT® Transparent wird auch für gerahmte Grafiken verwendet.



6 Halbverbraucher Displayfoam

7 Verbraucher Displayfoam



### Was bedeutet INTERCEPT® Technology?

INTERCEPT® wurde entwickelt, um sensible Elektronikteile vor Korrosion und elektronischer Entladung zu schützen (Hatchfield 2002). Die schützenden Eigenschaften von INTERCEPT® kamen in den 1980er Jahren zum Tragen, als die Freiheitsstatue in New York restauriert wurde. Seit damals werden die unterschiedlichsten Produkte in Museen verwendet, um Kunstgegenstände in Ausstellungen und an Lagerungsorten zu schützen. Im Rahmen von Ausstellungen wird INTERCEPT® meistens als Schutzschicht für die Rückseite von Gemälden und Grafiken oder als Schutzschicht zwischen Holz und blankem Metall verwendet. INTERCEPT® Display Foam wird in Vitrinen als Korrosionsschutz eingesetzt. Verwendung findet das Material gemeinhin bei Einlagerungen für Maschinen und sonstigen Metallgegenständen, zum Beispiel bei archäologischen Metallfunden. INTERCEPT® Neutral wird zum Schutz von Textilgewebe benutzt und INTERCEPT® Laminate als Schutzschicht auf die Innensei-

te von Holzkisten und Paletten aufgetragen. Alle Folien sind im Prinzip wie ein Polyethylen-Film mit reaktiven Kupferpartikeln aufgebaut, die in die Folienmatrix eingelassen sind. Die Kupferpartikel reagieren mit den korrosiven Gasen, bevor diese in die verpackten Gegenstände eindringen können. In einer korrosiven Atmosphäre reagiert reaktives Kupfer zehnmal schneller als metallisches Kupfer und zwanzigmal schneller als Silber. Reaktives Kupfer dient hier gleichzeitig als passives Fungizid. Laut Hersteller kann eine 25 µm (0,025 mm) starke Folie ein eisenfreies Objekt in der typischen korrosiven Atmosphäre mindestens zehn Jahre lang schützen. Dieser Effekt wird durch die Qualität des für die Folie verwendeten Polyethylens enorm verstärkt. Eine 25 µm-starke Folie bietet annähernd den gleichen Schutz gegen Wasserdampf wie eine 50 µm starke normale Polyethylen-Folie. Ein weiteres Merkmal der untersuchten Folie ist ihre Herstellung ohne Lösemittel, womit die zweite auf der Liste des Projekts KODE 1 genannte Anforderung an das

#### Zum Autor

#### Dipl.-Rest. Yngve Magnusson

ist Absolvent der Technischen Universität München und Experte für präventive Konservierung. In spezifischen Projekten mit Institutionen entwickelt er Lösungen, um präventive Konservierung im Bereich Sicherheit, Magazin und Art Handling effizienter zu machen.

#### Kontakt:

yngve.magnusson@gmail.com

com

Material erfüllt ist. Auch der dritten Anforderung, dass das Produkt kein Talkum enthalten darf, wird entsprochen. Eine nützliche Eigenschaft der vorgestellten Produkte ist die allmähliche Farbveränderung, die damit optisch den Grad des Abbauprozesses des Materials anzeigt. Der Gegenstand kann bewegt oder die Verpackung ersetzt werden, bevor die korrosiven Elemente in die Objekte eindringen.

### Fazit

Der Beginn der Forschung für das Projekt KODE 1 war eine Lösung für ein einmaliges Vorhaben, doch das Resultat ist eine mögliche Antwort auf ein Alltagsproblem, und zwar nicht nur für KODE 1, sondern für Museen und Lagerstätten weltweit. Korrosion ist eine gängige Herausforderung, die man nur schwer entdeckt, bevor der Schaden eingetreten ist. Durch die Wahl des richtigen Verpackungsmaterials lassen sich nicht nur Schäden vermeiden, sondern auch solche Kosten reduzieren, die in Lagerstätten und Ausstellungen durch Reinigungsmaßnahmen und Kontrolleingriffe anfallen. Die im Projekt KODE 1 verwendete Technologie ist für internationale Museen nichts Neues. In den USA werden die großen Sammlungen mit diesem Material seit über 30 Jahren bestückt. Leider verbreiten sich Nachrichten darüber, was in Lagerräumen von Museen vor sich geht, nicht so schnell wie Neuigkeiten über die spektakuläreren Arbeiten im Rahmen von Ausstellungen sowie der Konservierung und Restaurierung. Die 2012 ins Leben gerufene Initiative „Kunst auf Lager“ (siehe hierzu die regelmäßige Rubrik in der RESTAURO, in dieser Ausgabe auf Seite 11) ist ein Schritt in die richtige Richtung, aber für die Aufbewahrung von Kunstgegenständen in Museumsdepots muss noch viel getan werden.

### Literatur

**Engineered Materials Inc. 1993**  
Intercept Technology for the Corrosion Protection of Pipelines, Buffalo Grove Ill 1993.

**Hatchfield 2002**  
Hatchfield, Pamela: Pollutants in the museum environment: practical strategies for problem solving, exhibition and storage, London 2002.

**Tétreault 2003**  
Tétreault, Jean: Airborne pollutants in museums, galleries, and archives. Risk assessment, control strategies and preservation management, Ottawa 2003.

**Thompson 1986**  
Thompson, Gary: The museum environment, 2. Aufl., Oxford 1986.