

# Ein Salzschiffszug aus der Münchner Residenz

Über Bleikorrosion an glasierter Keramik

Isabel Wagner, Thomas Schindler



## Ein Salzschiffzug aus der Münchner Residenz Über Bleikorrosion an glasierter Keramik

Isabel Wagner, Thomas Schindler

Die Einnahmen aus dem Salzhandel waren für die bayerischen Kurfürsten bis ins späte 18. Jahrhundert von großer Bedeutung. Das „weiße Gold“ wurde über den Wasserweg von Hallein und Berchtesgaden bis nach Stadtamhof bei Regensburg transportiert, wobei auf der Donau ab St. Nikola bei Passau sogenannte Salzschiffszüge zum Einsatz kamen. Dabei handelte es sich um Schiffsverbände, deren Transportschiffe speziell für den Salztransport konstruiert waren und welche mit Hilfe von Pferden flussaufwärts gezogen („getreidelt“) wurden. Sämtliche Elemente eines solchen Salzzuges, wie Bootsgröße, Ladungskapazität und Besatzungsstärke, waren genau vorgeschrieben. Die plastische Darstellung eines solchen Salzschiffszuges aus Keramik steht im Zentrum der vorliegenden Arbeit. Er wird hinsichtlich seines Materials, der Herstellungsweise und der besonderen Konservierungsproblematik – Bleikorrosion auf glasierter Keramik – vorgestellt. Das korrodierte Blei stammt aus der Bleiglasur und ist mit Essigsäure aus Vitrinenemissionen zu Bleihydroxycarbonat (Bleiweiß) reagiert. Die erfolgten Restaurierungsmaßnahmen sowie Möglichkeiten der präventiven Konservierung werden abschließend beschrieben.

### Historischer Hintergrund

Im Oktober 1611 kamen an der Ostgrenze des Herzogtums Bayern Ereignisse in Gang, die sich als entscheidende Weichenstellung für die bayerische Fiskal- und Wirtschaftsentwicklung der frühen Neuzeit im Allgemeinen und für die finanzielle Potenz der Wittelsbacher Herzöge im Speziellen erweisen sollten. In diesem Jahr mündete der schon länger schwelende Streit zwischen dem Fürsterzbisum Salzburg und dem Herzogtum Bayern („Salzirungen“) in einen offenen militärischen Konflikt, dem sogenannten Salzkrieg.<sup>1</sup> Im Kern ging es dabei um die Kontrolle der Salzherstellung in Berchtesgaden und Hallein und den hochprofitablen Salzhandel des zu Lande und Wasser aus dem Alpenraum nach Schwaben, Franken, Niederbayern und der Oberpfalz transportierten „weißen Goldes“. <sup>2</sup> Der bayerische Herzog Maximilian I. (1573–1651) entschied den Waffengang letztlich in einem nur rund 14 Tage währenden Feldzug mit der Eroberung Salzburgs zu seinen Gunsten.<sup>3</sup> Als Gegenleistung für seinen Abzug aus Salzburg sicherte er sich auf dem Verhandlungsweg den Zugriff auf die Ausbeute der Salinenkomplexe von Hallein und Berchtesgaden sowie weitgehende Handelsvorteile, ein De-facto-Monopol, auf der wichtigsten Logistikroute für Salz aus dem östlichen

### A Salt Ship Train from the Munich Residence Lead Corrosion on Glazed Ceramics

*The revenue from the salt trade was of great importance to the Bavarian electors until the late 18th century. The “white gold” was transported by waterway from Hallein and Berchtesgaden to Stadtamhof near Regensburg, using so-called “salt ship trains” on the Danube starting from St. Nikola near Passau. These were convoys of ships specifically designed for transporting salt, which were pulled upstream with the help of horses, a process known as “towing”. All elements of such a salt convoy, including boat size, cargo capacity, and crew size, were precisely regulated. The following study focuses on the sculptural ceramic representation of such a salt ship train. The glazed ceramic is discussed with regard to its material, the manufacturing process, and the particular preservation challenge: lead corrosion on glazed ceramics. The lead deposits originate from the lead glaze and have reacted with acetic acid from showcase emissions forming lead hydroxycarbonate (lead white). To conclude, the conservation measures carried out and the possibilities of preventive conservation are described.*

Alpenraum über die Saalach, Salzach und den Inn bis zur Donau.<sup>4</sup> Maximilian und seine Nachfolger stiegen zu den wichtigsten Salzexporteuren Mitteleuropas auf.<sup>5</sup> Die Steuer- und Zolleinnahmen und Gewinne aus dem Salzhandel auf der Donau waren für die bayerischen Kurfürsten von großer Bedeutung. In Friedenszeiten machten sie den größten Teil der Staatseinnahmen aus. Bis ins frühe 19. Jahrhundert blieben Salz und Holz die wichtigsten Handelswaren von Frachtschiffen bzw. das wichtigste Frachtgut auf der Donau.<sup>6</sup>

Der Salztransport erfolgte ab St. Nikola bei Passau mittels fünf Salzschiffszügen (Salzzug), deren einzelne Fahrzeuge aufgrund der nur geringen Tiefe des unregulierten, mit Sandbänken und Untiefen gespickten Stroms flachbödig konstruiert sein mussten.<sup>7</sup> Um mehr Ladung fassen zu können, besaßen die Transportfahrzeuge Hütten als Decksaufbauten, in denen Salzfüßer, die sogenannten Kufen, gestapelt werden konnten. Die fünf Wohn-, Koch- und Unterstütsboote wiesen teilweise ebenfalls Hütten auf. Ergänzt wurde der Verband um zwei kleine „Waidzillen“, mit denen die Besatzung an Land oder von Transportboot zu



1 Prospekt eines Salzschißszuges auf der Donau (BNM, Inv.-Nr. L 73/85)

Transportboot oder zum Essen zum „Kuchl Schiff“ rudern konnte. Starke Taue verbanden die in Linie gegen die mäßige Strömung mittels eines Pferdeverbands getreidelten Boote. Die Größe eines kurbayerischen Salzschißszugs war genau festgelegt. Vorgeschrieben war nicht nur die Anzahl der Flussfahrzeuge und deren Reihung, die Kopfstärke an Besatzungsmitgliedern, der Treidel- also Zugpferdbesatz inklusive der Reitknechte, sondern auch die zu transportierende Tonnage und die dazu notwendigen Behälter, die „Kufen“. So waren 21 Schiffsleute nötig, um den Zug auf Kurs zu halten. Hinzu kamen 35 Reiter, um die 39 Zug- und Ersatzpferde orchestriert auf den Treidelpfaden zu bewegen. Alle Elemente eines Schiffszuges wurden laufend durch obrigkeitliche Beamte kontrolliert, um Betrug zu verhindern.<sup>8</sup>

In der herzoglich bayerischen Salzhandelslogistik nahmen die Salzschißzüge als kosteneffiziente und durch die verlässlichen Frachtmengen und -raten für alle am Handel Beteiligten einfach kalkulierbare Transportmittel einen zentralen Raum ein. Diese Bedeutung nahm im 18. Jahrhundert noch zu, so nimmt es nicht Wunder, dass diese Schiffszüge im letzten Drittel des 18. Jahrhunderts zu amtlich-dokumentarischen Zwecken als rund 300 cm lange und 23 cm hohe, maßstäblich verkleinerte Totalansichten, Bildwürdigkeit erlangten (Abb. 1). Der entsprechend amtsbayerisch klingende Titel dieser Ansichten lautet „Prospekt eins Completen Chur Pfaltz-baierischen Saltz-Schif-Züggens“.<sup>9</sup> Heute sind nur wenige dieser „Prospecte“ überliefert, die wahrscheinlich in erster Linie für den amtlichen Gebrauch angefertigt wurden und nicht für die Augen der breiten Bevölkerung bestimmt waren. Gleiches gilt unter anderen Vorzeichen auch für die einzige bekannte plastische – wenn auch nicht realitätsnahe – Darstellung eines kurpfälzisch-bayerischen Salzschißszuges, der aus Wittelsbacher Besitz kommend seinen Weg in die Sammlung des Bayerischen Nationalmuseums (BNM) gefunden hat (Abb. 2).

Die Ertragsstärke der herzoglichen und später kurfürstlichen Salzwirtschaft nahm bereits im 16. Jahrhundert einen gewissen Raum innerhalb der landesherrlichen Repräsentation ein. Die Wittelsbacher gaben allerlei große und kleine Kunstwerke mit allegorischen, sinnbildlichen Darstellungen in Auftrag, die vor diesem Hintergrund die Bedeutung des Salzes als Grundpfeiler der fürstlichen Macht zur Schau stellten. Das bekannteste dieser Werke ist die Personifikation des Naturreichtums im Herzogtum in Form einer bronzenen Brunnenfigur der „Tellus Bavarica“, die ursprünglich zur Aufstellung im (südlichen) Münchener Residenzgarten von Herzog Wilhelm V. (1548–1626) in Auftrag gegeben worden war. Heute steht die Figur im Residenzmuseum. Der Augsburger Kaufmann, Kunstagent und Diplomat Philipp Hainhofer (1578–1647) berichtete im Zusammenhang mit einem Besuch des Münchener Hofes im Jahr 1611 ausführlich über das „weibsbild [in] lebens grösse“. Er hielt fest, diese sei unter anderem ausgestattet mit „[...] aine saltz-scheüben, die bedüetet das saltz vnd saltzpfannen“.<sup>10</sup> Neben solchen großformatigen Figurationen boten Bilder, Münzen und Medaillen, aber auch kostbares Tafelgerät und Tafeldekorationen Projektionsflächen zur „salzigen“ Repräsentation.



2 Gesamtansicht des Salzschiffszuges (BNM, Inv.-Nr. Ker 2683–Ker 2705)

### Zum Objekt

Ein solches Kunstwerk ist der hier vorgestellte Tafelaufsatz aus glasierter Keramik in Form eines Salzschiffszugs (Inv.-Nrn. Ker 2682–Ker 2705), der ein Stück von landesgeschichtlichem Rang ist (Abb. 2). Diese plastische Darstellung eines Salzschiffszuges besteht aus drei Schiffen und drei Zillen, die von 17 Reitern und einem Knecht begleitet werden. Zum Schiffsverband gehören das Hauptschiff, ein Anhangschiff sowie das Küchenschiff, außerdem eine Futterzille, die mit Hafer für die Pferde und der Kleidung der Schiffsleute beladen ist, eine Zille mit Schiffsmann und Hund, eine leere Zille und ein Knecht.<sup>11</sup> Der Detailreichtum, mit der die Szenen dargestellt und die Figuren geformt wurden, ist eindrücklich und zeigt die hohe Qualität der Arbeit. So hat beispielsweise einer der Ruderer seine Jacke in einer Ecke der Zille abgelegt, ein Leinreiter seine Tasche am Pferdegeschirr befestigt, zwei Reisende blicken aus dem Fenster des Küchenschiffs, in dessen Inneren ein Pult mit Tintenfass und Schriftstück zu sehen ist, es wird musiziert, geschlafen und gekocht (Abb. 3–5).

Datiert wird die Objektgruppe bislang auf die 2. Hälfte des 18. Jahrhunderts.<sup>12</sup> Als denkbar gilt, dass der Kurfürst sie in Auftrag gab oder aber sie ihm als Geschenk bei einer Reise übergeben wurde und so in den Bestand der Münchner Residenz gelangte.<sup>13</sup> Bereits vor 1869 wurde der Salzschiffzug von dort an das 1855 gegründete Bayerische Nationalmuseum übergeben.<sup>14</sup> Er war daraufhin viele Jahre in den Sälen des Museums zu bewundern, bevor er 1956 als Dauerleihgabe außer Haus gegeben wurde. Erst 2022 kam er zur Vorbereitung der neuen Dauerausstellung „Donauland“ im Schloss Oberzell bei Passau zurück ans Bayerische Nationalmuseum.

Die Vorbereitung dieser Ausstellung bot die Gelegenheit, einen genaueren Blick auf Materialien und Herstellungstechnik zu werfen und erforderte die Auseinandersetzung mit einer ungewöhnlichen Konservierungsproblematik in Form von punktuellen weißen Korrosionsprodukten auf der glasierten Keramikoberfläche.



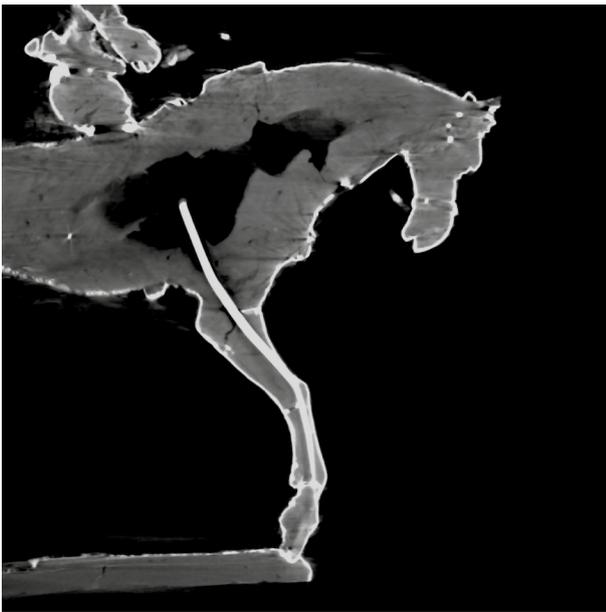
3 Koch umgeben von Kochutensilien auf dem Küchenschiff (untere Bildkante entspricht ca. 16 cm, Inv.-Nr. Ker 2682)



4 Dudelsackspieler auf dem Küchenschiff (Höhe der Figur ca. 9 cm, Inv.-Nr. Ker 2687)



5 Müßiggänger auf dem Dach des Küchenschiffaufbaus (Länge der Figur ca. 10 cm, Inv.-Nr. 2687)



6 CT-Schnittbild eines Pferdes mit Reiter (Inv.-Nr. Ker 2697). Die Ansatzstelle zwischen Hals und Rumpf ist sichtbar, außerdem die in die Trocknungs- oder Brandrisse gelaufene Glasur an den Beinen.



7 Reiter (L 18 cm × B 7 cm × H 18,7 cm, Inv.-Nr. Ker 2700)

### Material und Herstellungstechnik

Der Schiffszug wurde aus feingemagertem, hellem Ton hergestellt, der keine größeren Einschlüsse und Zuschlagstoffe enthält. Die Scherbenfarbe variiert von hellgrau bis rosa. Zur Formgebung wurde auf Model zurückgegriffen, doch einige Bereiche wurden auch frei modelliert. Der Rumpf der Pferde ist hohl und wurde mit Hilfe eines zweiteiligen Modells hergestellt, wie im CT-Schnittbild anhand des nach innen gequollenen Schlickers vom Zusammensetzen der Hälften erkennbar ist.<sup>15</sup> Hals und Kopf der Pferde sowie deren Beine wurden ebenfalls im Model geformt und an den Rumpf angesetzt (Abb. 6). Die Mähne hingegen ist individuell aus kleinen Tonschlangen angarniert. Dass der Ton nicht gegossen, sondern in die Form gedrückt wurde, wird im CT-Schnittbild durch die unregelmäßige Wandstärke und durch Hohlräume in der Wandung sichtbar.

Zur Stabilisierung der filigranen Beine der Pferde, die das Gewicht von Pferdekörper und Reiter tragen mussten, befinden sich in ihrem Inneren Eisenstäbe, die in den Rumpf gesteckt und im Sockel verankert sind (Abb. 6). Auch Elemente, wie der Pferdeschweif oder das Geschirr, sind durch kleine Metallteile im Rumpf fixiert. Analog wurden Haken und Ösen zur Befestigung von Gerten oder Seilen vor dem Brand in die geformten Figuren gesteckt. Fahnenstangen und Kochgeschirr, Staken und Peitschen bestehen ebenfalls aus dünn mit Ton ummanteltem Eisendraht. Die Verwendung von Eisenarmierungen zur Stabilisierung von Keramikfiguren erscheint auf den ersten Blick ungewöhnlich, da die beim Brand zum Tragen kommenden unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten Schäden am Werkstück erwarten lassen. Die Literaturrecherche ergab jedoch,

dass sich zahlreiche Vergleichsbeispiele finden lassen: So sind nicht nur im Körper von keramischen Krippenfiguren ebensolche gebogenen Eisenstäbe zu sehen,<sup>16</sup> auch bei sogenannten Tierhatzgruppen aus Keramik, die Benedict Fruth aus Nürnberg zugeschrieben werden, können Armierungsdrähte auf der Unterseite entdeckt werden.<sup>17</sup> Sogar der Blick über Europa hinaus zeigt, dass Stabilisierungen mit Eisen auch bei chinesischer Terrakotta des 7. bis 8. Jahrhunderts keine Seltenheit sind.<sup>18</sup>

Der Salzschiiffszug wurde ohne vorhergehenden Auftrag einer Engobe glasiert – die hohe Absorption von Röntgenstrahlung im CT-Schnittbild könnte ein Hinweis auf die Verwendung einer Bleiglasur sein (Abb. 6). Ihre Farbigkeit variiert durch die Reaktion mit färbenden Metalloxiden von braun über rot bis grün. Die Standflächen sind unglasiert. Der Glasurschlicker wurde vermutlich durch Übergießen oder Aufpinseln aufgebracht und nicht durch Eintauchen der Stücke, worauf der unglasiert gebliebene Innenraum des Küchenschiffes hinweist. Auch ein Aufpudern von Bleioxidpulver wäre möglich, das während des Brands in Verbindung mit der Kieselsäure aus der Tonmasse zu einer Glasur ausschmilzt.<sup>19</sup>

Die Gestaltung des Schiffszuges war mit dem Glasurbrand noch nicht abgeschlossen: Es wurden anschließend noch Zügel, Peitschen und Steigbügelriemen aus Leder an den Figuren befestigt und Ruder aus Holz hinzugefügt. Zudem sind die Sockel der Pferde kalt bemalt (Abb. 7). Hier liegt über einer dünnen, schwarzen Schicht eine weiße Grundierung, auf die eine grüne Malschicht folgt.



8 Historische Fotografie des Küchenschiffs von 1926 (Ausschnitt)  
(Länge ohne Ruder 50,8 cm, Inv.-Nr. Ker 2687)



9 Historische Fotografie vierer Reiter von 1926 (Ausschnitt)  
(Inv.-Nrn. Ker 2699, Ker 2701, Ker 2690, Ker 2695)

### Spätere Veränderungen

Doch auch auf den heute glasursichtigen Bereichen der Figuren lassen sich immer wieder Reste einer weißen Farbschicht entdecken, die ein Hinweis auf ein früheres Erscheinungsbild des Salzschiffszugs sind: Historische Fotografien zeigen, dass der Schiffszug 1926 noch bis auf die Sockel der Pferde vollständig weiß gefasst war (Abb. 8–9). Die Entfernung dieser Weißfassung ist die augenscheinlichste Veränderung, die der Salzschiffszug erfahren hat. Die handschriftlich verfassten Werkstattbücher des BNM bestätigen, dass in der letzten Juniwoche 1956 mit dem „Entfernen der späteren Fassung am Reiterzug (Volkskunst)“<sup>20</sup> begonnen wurde. Warum die Weißfassung als „später“ eingeschätzt wurde, wird dort nicht genauer erläutert. Die Freileigungsarbeiten zogen sich bis in die ersten Novembertage des Jahres, bevor die Arbeiten mit der „Farblichen Überarbeitung des Ton-Salzzuges“<sup>21</sup> abgeschlossen wurden. Dieser Überarbeitung ist das heute sichtbare, grün-braune, stark glänzende Erscheinungsbild der Figuren zu schulden. Weiße Fassungsrreste und Kratzspuren in der Glasur wurden dabei durch einen flächigen Farbauftrag und einen abschließenden Überzug überdeckt.

Die Frage, ob es sich bei der damals entfernten Weißfassung möglicherweise um einen Teil der ursprünglichen Gestaltung gehandelt hat oder sie später aufgebracht worden ist, lässt sich heute kaum mehr beurteilen. In einem frühen Saalbuch des Museums von 1887 werden Teile des Salzzugs als „weiß“ beschrieben.<sup>22</sup> Ausgehend vom damals üblichen Umgang mit Exponaten des BNM erscheint es naheliegender, dass die Figurengruppe nicht erst im Museum weiß gefasst wurde und es sich damit um die ursprüngliche Gestaltung oder eine Veränderung vor Überstellung an das BNM handelte.

### Zustand

Die Glasur zeigt neben Kratzern durch die Fassungsabnahme auch herstellungsbedingte Schäden. So ist sie in einigen Bereichen vermutlich durch Überfeuerung blasig geworden, was eine zerklüftete und unregelmäßige Oberfläche zur Folge hatte. Die Glasuroberfläche ist heute aber nur noch partiell sichtbar: Das Erscheinungsbild des Salzschiffszugs wird durch die bereits erwähnte Überarbeitung von 1956 bestimmt. Die partiell sehr dick aufgetragenen Retuschen und Überzüge sind blasig und farblich unpassend, was die detailreichen Formen verunklärt.

Zudem sind an allen Figuren punktförmige, weiße „Ausblühungen“ zu sehen (Abb. 10–15). Über dieses Phänomen wurde erstmalig in einer Zustandsmeldung 1991 berichtet, woraufhin einer der Reiter zur Überprüfung des Schadensbildes vom damaligen Referenten der volkskundlichen Sammlung nach München geholt wurde. In einem Brief an die Restaurierungsabteilung vermutete er, dass es sich um ein „pilzartige[s] Geflecht“ auf Grund von „Kalkreaktionen“<sup>23</sup> handeln könnte. Das Ergebnis der Untersuchungen lässt sich heute über die Dokumentation nicht mehr nachvollziehen – nur, dass sich der „anfängliche [...] Verdacht – Zersetzung der Zinnanteile der Glasur“<sup>24</sup> nicht bestätigte. In der Folge wurde das weiße Material entfernt.<sup>25</sup> Das Phänomen kehrte aber wieder, wie sich anhand der folgenden Jahresmeldungen zum Zustand der Objekte nachvollziehen lässt.<sup>26</sup>

Bei mikroskopischer Untersuchung zeigt sich, dass die Substanz in Kristallen über einem weichen, metallischen Kern herauswächst und dabei auch Retuschen und Überzüge abhebt (Abb. 12). Ihr Aussehen führte zu der Vermutung, dass es sich um Bleipartikel handelt, die unter Einwirkung

von Schadgasen, wie Essigsäure, zu Bleihydroxycarbonat (Bleiweiß) korrodiert sind – was analytisch bestätigt wurde: Mittels Röntgendiffraktometrie wurde das Material als eine Mischung aus Bleihydroxycarbonat und Bleiformiat charakterisiert, wobei es sich um Bleikorrosionsprodukte unter Einwirkung von Essig- und Ameisensäure handelt.<sup>27</sup> Die Quelle dieser leichtflüchtigen Säuren lässt sich im Zusammenhang mit Museumsobjekten oft in den verwendeten Vitrinenmaterialien finden.<sup>28</sup> Ohne ausreichende Frischluftzufuhr oder Filterung können sich im Vitrineninneren organische Säuren anreichern, die in Kombination mit ausreichend hoher Luftfeuchtigkeit Korrosionsreaktionen in Gang setzen.<sup>29</sup> Auch im Falle des Salzschiffszuges scheinen Vitrinenmaterialien der Auslöser der Korrosionsprozesse zu sein. Der Blick in die Leihunterlagen zeigt, dass in den 1980er Jahren auf Wunsch des BNM eine neue Vitrine für die Präsentation des Salzschiffszuges angefertigt wurde.<sup>30</sup> 1991 wird dann erstmalig über die Korrosionsprodukte berichtet – es liegt nahe, dass die für die Korrosionsreaktionen verantwortlichen organischen Säuren aus den Baustoffen der neuen Vitrine stammten.<sup>31</sup> Dass schon damals dieses Schadensphänomen mit der neuen Vitrine in Verbindung gebracht wurde, zeigt die Tatsache, dass man 1995 nochmals eine neue Vitrine anfertigen ließ, „die den notwendigen Luftaustausch gewährleistet“<sup>32</sup> und den Salzschiffzug „bei geregelten klimatischen Bedingungen zu griffsicher [...] präsentiert“<sup>33</sup>.

Unter atmosphärischen Bedingungen ohne Einfluss von leichtflüchtigen Carbonsäuren bildet sich auf frischem Blei rasch eine dünne, gut haftende Korrosionsschicht, die je nach Umgebungsbedingungen und Metallreinheit aus Carbonaten, Oxiden, Chloriden, Sulfaten und weiteren Verbindungen bestehen kann.<sup>34</sup> Diese schützende Schicht bewirkt, dass die weitere Korrosion des darunterliegenden Metalls stark verlangsamt abläuft.<sup>35</sup> Wird das Blei flüchtigen organischen Säuren, beispielsweise Essigsäure, ausgesetzt, wird diese schützende Schicht angegriffen und eine besonders aggressive Form der Bleikorrosion in Gang gesetzt – die sogenannte aktive Korrosion.<sup>36</sup> Dabei reagiert das Blei mit Essigsäure zunächst zu gut wasserlöslichem Bleiacetat, bevor dieses mit Kohlendioxid aus der Atmosphäre zu Bleihydroxycarbonat reagiert.<sup>37</sup> Bei diesem zweiten Schritt der Reaktion entsteht unter anderem Essigsäure, die mit dem verbliebenen Blei den Korrosionsprozess fortsetzt.<sup>38</sup> Es handelt sich also um eine autokatalytische Reaktion, bei der bereits geringe Mengen von Essigsäure für eine hohe Korrosionsrate ausreichend sind.<sup>39</sup> Die Bildung des am Salzschiffszug ebenfalls nachgewiesenen Bleiformiats findet analog durch die Reaktion von Blei mit Ameisensäure statt.<sup>40</sup> Diese führt allerdings eher zur Bildung eines stabilen Films auf der Oberfläche, der hauptsächlich aus Bleiformiat und Bleihydroxyformiat besteht und die Korrosionsrate der Reaktion mit Essigsäure sogar zu senken vermag.<sup>41</sup>



10 Punktförmige Bleikorrosionen auf dem Hals eines Pferdes (Inv.-Nr. Ker 2698)



11 Bleikorrosion unter der Hand eines Reiters (Inv.-Nr. Ker 2699)



12 Makroskopische Aufnahme eines Bleikorrosionspunktes am Schweif eines Pferdes (Inv.-Nr. Ker 2690)

Der Frage nach dem Ursprung und der Entstehung dieser Bleiansammlungen wurde unter anderem über eine stereomikroskopische Untersuchung und die Analyse der CT-Schnittbilder nachgegangen. Die Bleikügelchen liegen vertieft im Scherben und sind häufig von glasurgefüllten Grübchen umgeben (Abb. 15). Im CT-Bild wird deutlich, dass die Bleikügelchen nicht etwa aus Verunreinigungen des Tons stammen, sondern vielmehr die Bleiglasur selbst die Quelle der Bleiansammlungen ist. Ihre Entstehung könnte auf die atmosphärischen Bedingungen während des Bran-

des zurückzuführen sein. Experimentelle Nachbrände mittelalterlicher Gefäße zeigten, dass sich durch eine oxidierende Ofenatmosphäre Bleikügelchen aus der Glasur bilden können.<sup>42</sup> Wie am Salzschiesszug wurden dort halbrunde Vertiefungen im Scherben beobachtet. Deren Entstehung wurde durch die Nachbrände gemäß folgendem Prozess nachvollzogen: Der lederharte Scherben wurde zunächst in Eisenoxidfarbe getaucht und dann mit Bleischnitzeln bestreut.<sup>43</sup> Bei oxidierendem Brand, der als Einmalbrand erfolgte, zog sich das Blei zu Kügelchen zusammen, die in den Scherben einsanken.<sup>44</sup> Nach dem Ausschmelzen, bei welchem das Blei mit der im Ton vorhandenen Kieselsäure eine Verbindung eingegangen ist, blieb ein mit Glasur gefülltes Grübchen zurück. Bei einer Brenntemperatur von etwa 900 °C bildete sich eine helle Glasur, die farblich von braungelb über gelbgrün bis hellbraungrün variierte.<sup>45</sup> Auch eine (unbeabsichtigt) reduzierende Ofenatmosphäre kann zur Bildung von Bleikügelchen führen: Sie entzieht den Bleioxiden Sauerstoff, sodass sie zu reinem Blei reduziert werden, das sich an der Oberfläche sammeln kann.<sup>46</sup>

Solange die Bleikügelchen des Salzschiesszugs unter einer dünnen Glasurdecke oder auch einer Farbfassung lagen, waren sie vor dem Angriff der organischen Säuren weitestgehend geschützt – erst das Fehlen dieser Schutzschicht durch beispielsweise die Fassungsabnahme und das Glasur-Craquelé ermöglichte die Reaktion mit organischen Säuren (Abb. 14–15).

Auch an den Beinen der Pferde sind herstellungsbedingte Schäden zu beobachten: Fast alle Pferdebeine weisen im oberen Bereich mehrere Brüche und Risse auf. Diese können durch die beim Brand zum Tragen kommenden, bereits erwähnten unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten der Materialien Ton und Metall verursacht oder während der Trocknung durch die unterschiedlichen Materialstärken zwischen Rumpf und Pferdebeinen aufgetreten sein. Bei experimentellen Nachbränden von chinesischen Grabfiguren stellte sich beispielsweise heraus, dass Trocknungsrisse im Vergleich zu den Brandrissen das größere Problem darstellten und besonders an den Anschlusspunkten der Beine zum Rumpf auftraten.<sup>47</sup> Hier zeigten Untersuchungen, dass zur Vermeidung von Schäden die Eisenstäbe mit Pflanzenfasern umwickelt worden waren, die während des Brandes verkohlten und so Platz zwischen Eisen und Keramik schafften.<sup>48</sup> Dass die Brüche an den Pferdebeinen des Salzschiesszugs Trocknungs- oder Brandrisse und nicht etwa ein späterer Gebrauchsschaden sind, wird im CT-Schnittbild ersichtlich: Dort ist zu sehen, dass während des Brandes Glasur in die Risse gelaufen ist (Abb. 6).

## Konservierung und Restaurierung

Der Umgang mit der farblichen Überarbeitung von 1956 wurde vor Beginn der aktuellen Arbeiten eingehend diskutiert. Die Entscheidung fiel gegen eine Abnahme der Übermalung und des Überzugs bis auf die Glasuroberfläche. Abgesehen vom großen Zeitaufwand, den die selektive Abnahme unter Erhalt der Fassungsreste bedeutet hätte, wäre damit ein Zustand hergestellt worden, wie er wahrscheinlich nur während einiger Monate des Jahres 1956 im Restaurierungsatelier bestand.

Bei der Entscheidungsfindung zum Umgang mit den Bleikorrosionsprodukten wurden zum einen die ablaufenden Reaktionsprozesse, zum anderen die späteren Ausstellungsbedingungen in die Überlegungen miteinbezogen.

Um ein Fortschreiten oder Wiederauftreten einer aktiven Korrosion zu verhindern, darf die Bleioberfläche keiner Essigsäure ausgesetzt sein. Das bedeutet einerseits, dass entsprechende präventive Maßnahmen bei der späteren Präsentation ergriffen werden müssen, andererseits erfordert es auch die Entfernung oder Neutralisierung der durch die Korrosionsreaktion entstandenen Essigsäure, die im Korrosionsprodukt gespeichert sein kann.<sup>49</sup> Die Entfernung der Bleikorrosionsprodukte am Salzschiesszug ist daher nicht nur aus ästhetischen, sondern auch aus konservatorischen Gründen notwendig. Bei der Wahl der Methodik war zu beachten, dass die Bleieinschlüsse sehr klein (Abb. 10), die Glasur- und Malschichten in unmittelbarer Nähe aufgebrochen und craqueliert sind und der Scherben saugfähig ist. Der Einsatz von chemischen oder schonenden elektrochemischen Methoden zur Entfernung der Bleikorrosion mit der damit verbundenen Verwendung von wässrigen Lösungen ist daher zur Behandlung des Objekts nicht geeignet.<sup>50</sup> Die Entfernung der Korrosionsprodukte erfolgte deshalb mechanisch unter dem Mikroskop unter Einhaltung des entsprechenden Arbeitsschutzes für den Umgang mit giftigen Bleiverbindungen.

Präventive Maßnahmen erzielen den besten Schutz des Objekts vor erneuter aktiver Bleikorrosion, wobei die Entfernung von organischen Säuren aus der Objektumgebung der wichtigste Schritt ist.<sup>51</sup> Quellen für flüchtige organische Säuren können Holzwerkstoffe, Kleb- und Dichtstoffe sowie Farbanstriche sein, deren Verwendung in Depots und Vitrinen zur Aufbewahrung und Präsentation von Bleiobjekten vermieden werden sollte.<sup>52</sup> Die Senkung der relativen Luftfeuchtigkeit (rF) verhindert zudem die Bildung eines Feuchtigkeitsfilms auf der Metalloberfläche, in welchem in der Atmosphäre verbliebene organische Säuren in Lösung gehen und somit das Blei angreifen können.<sup>53</sup>



13 Makroskopische Aufnahme eines Bleikorrosionspunktes am Schweiß eines Pferdes (Inv.-Nr. Ker 2689)



14 Anschluss Hinterbeine eines Pferdes an den Rumpf (Inv.-Nr. Ker 2700). Zu sehen sind dunkelgraue Punkte unkorrodierten Bleis unter Glasur und Überzug, die einen Bereich mit Bleikorrosion umgeben (weißer Punkt).

Die Empfindlichkeit des Salzschißzuges gegenüber organischen Säuren wurde jedoch erst festgestellt, als die Vitrine der Neupräsentation bereits fertiggestellt war. Diese besteht aus einem Holzsockel, der mit einem zweigeteilten, auseinanderrückbaren Glassturz geschlossen wird. Die verwendeten Lacke sind Oddy-getestet und die Holzwerkstoffe – folierte MDF-Platten – entsprechen der Emissionsklasse E1. Diese Eingruppierung konzentriert sich jedoch nur auf die Formaldehydabgabe der Werkstoffe. Formaldehyd selbst hat keinen schädigenden Einfluss auf Blei, sofern es nicht zu Ameisensäure oxidiert wird.<sup>54</sup> Dieser Oxidationsprozess ist jedoch nur zu erwarten, wenn sich Peroxid im Vitrineninnenraum anreichert, was beispielsweise durch die Polymerisation frisch aufgetragener Lacke geschehen kann.<sup>55</sup> Die Emission von Essigsäure, die für die besonders schnell ablaufende aktive Bleikorrosion verantwortlich ist, ist von dieser Klassifizierung nicht abgedeckt. Essigsäure kann aus dem Holz selbst oder aus verwendeten Dicht- oder Klebstoffen stammen. Daher muss davon ausgegangen werden, dass sich im Fall des Salzschißzuges ohne weitere Gegenmaßnahmen organische Säuren im Vitrineninnenraum anreichern werden. Die Senkung der Luftfeuchtigkeit zur Verringerung der Korrosionsrate ist auf Grund der Materialvielfalt am Salzschißzug nur bedingt umsetzbar. Als nachträgliche Modifikation der Vitrine ist das Absperrn der Holzoberfläche, der Einbau einer Umluftfilterung im Sockelraum, die Verwendung von Absorbermaterialien oder eine Kombination dieser Methoden denkbar.<sup>56</sup> Zum Absperrn der Holzoberfläche eignet sich zum Beispiel kunststoffbeschichtete Aluminiumfolie.<sup>57</sup> Ein Vergleich verschiedener passiver Sorbentien ergab, dass Aktivkohle und aktiviertes Aluminiumoxid die beste Absorberleistung für flüchtige Essigsäure zeigten.<sup>58</sup>

Als weitere Maßnahme zum Schutz des Salzschißzuges vor erneuter aktiver Korrosion wurden verschiedene Möglichkeiten der Oberflächenbehandlung, wie die Passivierung oder Absperrung des Bleis durch Überzüge, in Betracht gezogen. In einer vergleichenden Studie verschiedener Ma-



15 Hals eines Pferdes mit punktförmiger Bleikorrosion umgeben von glasurgefüllten Grübchen (Inv.-Nr. Ker 2700)

terialien zur künstlichen Passivierung zeigte sich, dass bei der Behandlung von Bleioberflächen mit Natriumundecanoat oder Natriumdidecanoat die beste Schutzschicht gegen den Einfluss einer essigsäurereichen Atmosphäre auf Blei erzielt wird.<sup>59</sup> Das Ergebnis basiert allerdings auf einer Immersion des Bleiobjekts über mehrere Stunden, was für den Salzschißzug ungeeignet ist. Eine Alternative stellt der Auftrag eines organischen Überzugs dar, um die direkte Einwirkung korrosiver Gase auf die Bleioberfläche zu verhindern. Überzüge bieten jedoch auf lange Sicht keinen zuverlässigen Schutz vor aktiver Korrosion, da sie nicht vollständig undurchlässig für korrosive Gase sind und Korrosion

an Fehlstellen des Überzugs entstehen kann.<sup>60</sup> Sie können die Korrosionsrate allerdings verlangsamen.<sup>61</sup> Für den Salzschiffszug wurde daher entschieden, die freigelegten Bleieinschlüsse punktuell mit Paraloid™ B-72 zu isolieren, um die Einwirkung der Schadgase auf das Blei möglichst gering zu halten.<sup>62</sup>

### Resümee

Die Bedeutung des Salzhandels für die bayerischen Kurfürsten spiegelte sich auch in der Darstellung des Salzes in den von ihnen beauftragten, repräsentativen Kunstwerken. Ein solches stellt der in dieser Arbeit beleuchtete Salzschiffszug aus Keramik dar, der als Tafelaufsatz eine der wichtigsten Einnahmequellen der Wittelsbacher zur Schau stellte. Die kunsttechnologische Untersuchung des Schiffszuges im Vorfeld der Konservierungs- und Restaurierungsarbeiten führte nicht nur die detailreiche Darstellung, sondern auch die aufwändige Herstellung des Objekts vor Augen. Zudem zeigte der Salzzug mit punktuellen Bleikorrosionsprodukten ein ungewöhnliches Schadensbild der häufig als „unempfindliches“ Material eingestuft glasierten Keramik. Ursprung und Korrosionsmechanismus des Schadensphänomens wurden beleuchtet und auf dieser Grundlage ein für das Objekt geeignetes Konservierungs- und Restaurierungskonzept erarbeitet.

Bei der Beschäftigung mit dem Salzschiffszug fielen vormals unbeachtet gebliebene kunsttechnische und stilistische Parallelen zu einem anderen Objekt des Bayerischen Nationalmuseums ins Auge: der Darstellung einer sogenannten Parforcejagd (Inv.-Nr. Ker 2632–Ker 2681), ebenfalls aus Keramik und in vielen Details dem Salzschiffszug ähnelnd. Die Herstellung der beiden Tafelaufsätze in der gleichen Werkstatt ist wahrscheinlich. In nachfolgenden Untersuchungen sollen die Gemeinsamkeiten und Unterschiede der beiden Objektgruppen analysiert werden. Zugleich inspirierten die materialwissenschaftlichen Untersuchungen des Salzschiffszuges die intensivere kunst- und kulturhistorische Bearbeitung der beiden Objektgruppen, die unter anderem auch der Frage nach dem Schöpfer dieser außergewöhnlichen Tafelaufsätze nachgehen wird.

### Dank

Herzlichen Dank an Dr. Klaus Achterhold (Technische Universität München), Dr. Markus Roos, Björn Seewald (beide Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege) und Hans-Jörg Ranz (BNM) für die große zeitliche und fachliche Unterstützung der Arbeit.

### Isabel Wagner M.A.

Bayerisches Nationalmuseum  
Prinzregentenstr. 3  
80538 München  
[isabel.wagner@bayerisches-nationalmuseum.de](mailto:isabel.wagner@bayerisches-nationalmuseum.de)

### Dr. Thomas Schindler

Bayerisches Nationalmuseum  
Prinzregentenstr. 3  
80538 München  
[thomas.schindler@bayerisches-nationalmuseum.de](mailto:thomas.schindler@bayerisches-nationalmuseum.de)

## Anmerkungen

- 1 Vgl. STAUBER 1995
- 2 VON LOEHR 1916, S. 155–165
- 3 KOLLER 1983, S. 1–6
- 4 HARTINGER 1986/87, S. 18–20
- 5 Vgl. OTT 2013
- 6 Vgl. KOLLER 1995
- 7 Vgl. SCHACHENHOFER 1981; NEWEKLOWSKY 1952, S. 331–335
- 8 Vgl. NEWEKLOWSKY 1952, S. 331–335
- 9 Vgl. GRUBER 2007, S. 64
- 10 Vgl. <https://hainhofer.hab.de/reiseberichte/muenchen1611#fol136v> [Zugriff: 30.08.2023]
- 11 AUSST. KAT. 1995, Kat.-Nr. 140. Die großen Schiffe messen ca. L 50 cm × B 20 cm × H 20 cm, die Reiter ca. L 18 cm × B 7 cm × H 18 cm.
- 12 AUSST. KAT. 1995, Kat.-Nr. 140
- 13 AUSST. KAT. 2019, Kat.-Nr. 4.14
- 14 AUSST. KAT. 2019, Kat.-Nr. 4.14
- 15 Die Computertomografie wurde an der Munich School of Bioengineering (MSB, Technische Universität München) durch Dr. Klaus Achterhold mit einem Phoenix v|tome|x System durchgeführt.
- 16 EGGERT ET AL. 2019, S. 145
- 17 Beispielsweise in der Sammlung des BNM: Stier mit drei Hunden (Inv.-Nr. Ker 4274)
- 18 GARACHON/VAN VALEN 2014, S. 223
- 19 Zur Beschreibung dieser Technik vgl. MATTHES 1990, S. 109 u. S.137 (Aufputern von Bleioxid auf den noch feuchten, rohen Ton); BRONGNIART/KYPKE 1846, S. 158 u. 163 (Bestäuben des mit Lein- oder Nussölfirnis bestrichenen Scherbens); BRUIJN 1964, S. 418–419 (Aufstreuen von Bleischnitzeln auf den lederharten Ton); HAMER 1990, S. 150 (Aufputern pulverisierten Erzes auf feuchte Ware oder feuchte Engobe). Die Glasur kommt durch die Verbindung des ausschmelzenden Bleis mit der Kieselsäure aus dem Ton zustande. Die Literatur geht jedoch meist von einem Einmalbrandverfahren aus. Zeitlich wird diese Technik von Frank Hamer etwas früher als der Salzschiffszug – zwischen das 12. bis 17. Jahrhundert – eingeordnet (HAMER 1990, S. 150), aber auch im 19. Jahrhundert ist sie nach Alexandre Brongniart noch in Verwendung (BRONGNIART/KYPKE 1846, S. 158 u. 163).
- 20 Aufzeichnungen über die erfolgten Arbeiten in der Restaurierungs-Werkstätte II, S. 182
- 21 Aufzeichnungen über die erfolgten Arbeiten in der Restaurierungs-Werkstätte II, S. 187
- 22 Saalbuch des Saales 28 im I. Stock des Bayerischen Nationalmuseums, 1887, S. 7–12
- 23 Aktennotiz von Ingolf Bauer vom 18.2.1992
- 24 Schreiben von Richard Loibl an das Bayerische Nationalmuseum vom 9.11.1992
- 25 Schreiben von Richard Loibl an das Bayerische Nationalmuseum vom 9.11.1992
- 26 Schreiben von Richard Loibl an das Bayerische Nationalmuseum o.J. [1993]; Schreiben von Richard Loibl an J. Schuster vom 5.1.1996; Schreiben von Herbert Feldmeier an Elke Messer vom 19.12.1996
- 27 Nachweis über REM-EDX und XRD. Messung durch Björn Seewald und Markus Roos, Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege
- 28 BAILEY/BRIAN/CHAMPION 2017, S. 45; RAQUET 2017, S. 17
- 29 MSALLAMOVA ET AL. 2019, S. 2
- 30 Schreiben von Christa Hartl an Ingolf Bauer vom 17.1.1980
- 31 Schreiben von Christa Hartl an das Bayerische Nationalmuseum, November 1991. Bereits 1971 wurde ein detaillierter Zustandsbericht angefertigt, in welchem das Phänomen der punktuellen Korrosion nicht erwähnt wird.
- 32 Schreiben von Richard Loibl an das Bayerische Nationalmuseum, o. J. [1993]
- 33 Schreiben von Richard Loibl an J. Schuster vom 5.1.1996
- 34 SCHOTTE/ADRIAENS 2006, S. 297
- 35 SCHOTTE/ADRIAENS 2006, S. 297
- 36 PALOMAR/CANO 2018, S. 2; SCHOTTE/ADRIAENS 2006, S. 297
- 37 PALOMAR/CANO 2018, S. 2; Markus Roos, Untersuchungsbericht 2023, S. 7–8
- 38 PALOMAR/CANO 2018, S. 2
- 39 COSTA/URBAN 2005, S. 50
- 40 Markus Roos, Untersuchungsbericht 2023, S. 7–8
- 41 TÉTREAU ET AL. 2006, S. 245
- 42 BRUIJN 1964, S. 418
- 43 BRUIJN 1964, S. 418
- 44 BRUIJN 1964, S. 418–419
- 45 BRUIJN 1964, S. 418
- 46 Ein Beispiel für dieses Phänomen beschreibt Ernst Walter Huth an Keramiktöpfen des 14. bis 15. Jahrhunderts aus Frankfurt (Oder), wobei er mangelhafte oxidierende Brandführung als Ursache nennt (HUTH 1975, S. 106). Auch Uwe Mämpel erwähnt die Reduktion von Bleioxiden der Glasur, die daraufhin als „unausgeflossene grauschwarze Kruste auf dem Scherben“ erscheinen (MÄMPEL 1994, S. 29). Melanie Konrad stellte an der Porzellanplattensammlung Ludwig I. weiße Ausblühungen und schwarze Auflagen fest, die jeweils Blei enthalten. Bei ersteren handelt es sich vermutlich um verschiedene Blei-Schwefelverbindungen, unter anderem Blei(II)-sulfat. Die schwarzen Auflagerungen bestehen vermutlich aus Blei(II)-sulfat und Bariumsulfat und sind wahrscheinlich herstellungsbedingt, etwa durch reduzierende Ofenatmosphäre und/oder der Reaktion von Schwefel aus der Masse oder den Schmelzfarben mit Blei entstanden (KONRAD 2014, S. 90–91 und 95–96).
- 47 VAN VALEN/GARACHON/JACOBS 2013, S. 156
- 48 GARACHON/VAN VALEN 2014, S. 232
- 49 JULING ET AL. 2018, S. 39; TÉTREAU/SIROIS/STAMATOPOULOU 1998, S. 27
- 50 PALOMAR/CANO 2018, S. 2; SCHOTTE/ADRIAENS 2006, S. 300
- 51 TÉTREAU/SIROIS/STAMATOPOULOU 1998, S. 27
- 52 MSALLAMOVA ET AL. 2019, S. 2
- 53 TÉTREAU/SIROIS/STAMATOPOULOU 1998, S. 27; MSALLAMOVA ET AL. 2019, S. 2
- 54 TÉTREAU ET AL. 2006, S. 245
- 55 TÉTREAU ET AL. 2006, S. 245
- 56 Vgl. hierzu DIX/RAQUET 2016
- 57 TÉTREAU 1999, S. 2
- 58 MSALLAMOVA ET AL. 2019, S. 9
- 59 CHIAVARI ET AL. 2004, S. 291
- 60 COSTA/URBAN 2005, S. 58; LEDERGERBER 2002, S. 18
- 61 TÉTREAU/SIROIS/STAMATOPOULOU 1998, S. 28
- 62 Paraloid™ B-72 ist ein Ethyl-Methacrylat Copolymer. Verwendet wurde 10 % Paraloid™ B-72 (G/G) in Aceton. Die schnelle Filmbildung der Aceton-Mischung war hier von Vorteil, da somit kaum Paraloid ins Craquelé gezogen ist.

## Literatur

### AUSST. KAT. PASSAU 1995:

Herbert W. Wurster et al. (Hrsg.), Weisses Gold. Passau, Vom Reichtum einer europäischen Stadt. Ausstellungskatalog Oberhausmuseum Passau. Passau 1995

### AUSST. KAT. MÜNCHEN 2019:

Frank Matthias Kammel (Hrsg.), Treue Freunde. Hunde und Menschen, Ausstellungskatalog Bayerischen Nationalmuseum München. München 2019

### BAILEY/BRIAN/CHAMPION 2017:

George Bailey, Jennifer Brian und Claire Champion, An Investigation into the Impact of Sealed Wooden and Acrylic Showcases and Storage Cases on the Corrosion of Lead Objects during Long Term Storage and Display. In: Bulletin of the Australian Institute for the Conservation of Cultural Material 38, No. 1, 2017, S. 43–50; <https://doi.org/10.1080/10344233.2017.137949> [Zugriff: 28.08.2023]

### BRONGNIART/KYPKE 1846:

Alexandre Brongniart und Moritz Kypke, Handbuch der Porcellan-Malerei: enthaltend: chemische und mechanische Bereitung, theoretische und praktische Anwendung sämtlicher bis jetzt gebräuchlicher Farben und Metalle zur Malerei auf Porcellan, Steingut und Fayence; das Färben der verschiedenen Massen und Glasuren; die Begüsse; das Decalquieren; das Einbrennen der Farben und Metalle und die Retouchen. Berlin 1846

### BRUIJN 1964:

A. Bruijn, Die mittelalterliche keramische Industrie in Südlimburg. In: Berichten van de Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek, Jahrgang 12–13, 1964, S. 357–459

### CHIAVARI ET AL. 2004:

C. Chiavari, C. Martini, G. Poli und D. Prandstraller, Conservation of organ pipes: protective treatments of lead exposed to acetic acid vapours. In: Metal 04 – proceedings of the International Conference on Metals Conservation, National Museum of Australia Canberra ACT, 2004, S. 281–293

### COSTA/URBAN 2005:

Virginia Costa und Françoise Urban, Lead and its alloys: metallurgy, deterioration and conservation. In: Reviews in Conservation 6, 2005, S. 48–62; <https://doi.org/10.1179/sic.2005.50.Supplement-1.48> [Zugriff: 22.08.2023]

### DIX/RAQUET 2016:

Annika Dix und Markus Raquet, Schadstoffvermeidung in Vitrinen im Germanischen Nationalmuseum. Erfolge und Kompromisse. In: VDR-Beiträge zur Erhaltung von Kunst- und Kulturgut 2, 2016, S. 78–87

### EGGERT ET AL. 2019:

Gerhard Eggert, Judith Berning, Andrea Fischer, Jörg Stelzner und Sebastian Bette, Sources of Magnesium Efflorescence on Ceramics. In: Janis Mandrus und Victoria Schussler (Hrsg.), Recent Advances in Glass and Ceramics Conservation 2019, Interim Meeting of the ICOM-CC Glass and Ceramics Working Group and ICON Ceramics and Glass Group, Conference September 5–7 2019, London. London 2019, S. 143–150

### GARACHON/VAN VALEN 2014:

Isabelle Garachon und Lucien van Valen, The Matter of Tang Tomb Figures. A New Perspective on a Group of Terracotta Animals and Riders. In: The Rijksmuseum Bulletin 62, No. 3, 2014, S. 218–236

### GRUBER 2007:

Petra Gruber, Prospekt eines kompletten kurpfälzisch-bayerischen Salzschriftzugs. In: Max Brunner (Hrsg.), Passau. Mythos & Geschichte. Regensburg 2007

### HAMER 1990:

Frank Hamer, Lexikon der Keramik und Töpferei: Material, Technik, Geschichte. Augsburg 1990

### HARTINGER 1986/87:

Walter Hartinger, Schiffszüge auf der Donau. In: Bayerisches Jahrbuch für Volkskunde 1986/87, S. 16–23

### HUTH 1975:

Ernst Walter Huth, Die Entstehung und Entwicklung der Stadt Frankfurt (Oder) und ihr Kulturbild vom 13. bis zum frühen 17. Jahrhundert auf Grund archäologischer Befunde. Berlin 1975

### JULING ET AL. 2018:

Herbert Juling, Manfred Cordes, Koos van der Linde, Hendrik Ahrend, Martin Hillebrand, Bartelt Immer, Rowan West, Maßnahmen zur Verminderung von Bleikorrosion an Orgelpfeifen. Entwicklung von innovativen Maßnahmen zur Verminderung von Bleikorrosion an Orgelpfeifen aus dem 17. und 18. Jhd. am Beispiel ausgewählter national wertvoller Kulturgüter von Arp Schnitger. Abschlussbericht DBU Projekt, Laufzeit: 01.10.2016–31.12.2018, Förderkennzeichen: Az. 33580. Bremen 2018

### KOLLER 1983:

Fritz Koller, Die Salzschiffahrt bis zum 16. Jahrhundert. In: Mitteilungen der Gesellschaft für Salzburger Landeskunde 123, 1983, S. 1–126

### KOLLER 1995:

Fritz Koller, „Salzbeziehungen“ zwischen Bayern und Salzburg. In: Manfred Tremel, Wolfgang Jahn, Evamaria Brockhoff (Hrsg.), Salz. Macht. Geschichte. Augsburg 1995, S. 241–251

### KONRAD 2014:

Melanie Konrad, Kopiert und konserviert? Untersuchungen zur Porzellanplattensammlung Ludwig I. Diplomarbeit Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart. Stuttgart 2014 (unveröffentlicht)

### LEDERGERBER 2002:

Martin Ledergerber, Die Entfernung organischer Überzüge auf Bleiobjekten mit aktiver Korrosion als Vorbehandlung zur nachfolgenden Stabilisierung mit Hilfe elektrolytischer Reduktion. Bachelorarbeit Haute École Arc, Neuchâtel. Neuchâtel 2002

### MÄMPEL 1994:

Uwe Mämpel, Die Bleiglasur in der Keramik. Erlangen 1994

### MATTHES 1990:

Wolf E. Matthes, Keramische Glasuren: Grundlagen, Eigenschaften, Rezepte, Anwendung. Augsburg 1990

### MSALLAMOVA ET AL. 2019:

Sarka Msallamova, Milan Kouril, Kristyna Charlotte Strachotova, Jan Stouliil, Kateryna Popova, Pavla Dvorakova und Miloslav Lhotka, Protection of lead in an environment containing acetic acid vapour by using adsorbents and their characterization. In: Heritage Science 7, 76, 2019; <https://doi.org/10.1186/s40494-019-0317-3> [Zugriff: 21.08.2023]

### NEWEKLOWSKY 1952:

Ernst Neweklowsky, Die Schifffahrt und Flößerei im Raume der oberen Donau, Bd. 1 (Schriftenreihe des Instituts für Landeskunde von Oberösterreich, 5). Linz 1952

### OTT 2013:

Martin Ott, Salzhandel in der Mitte Europas. Raumorganisation und wirtschaftliche Außenbeziehungen zwischen Bayern, Schwaben und der Schweiz 1750–1815 (Schriftenreihe zur bayerischen Landesgeschichte, 165). München 2013

### PALOMAR/CANO 2018:

Teresa Palomar und Emilio Cano, Comparative assessment of mechanical, chemical and electrochemical procedures for conservation of historical lead. In: Journal of Cultural Heritage 30, 2018, S. 34–44; <https://doi.org/10.1016/j.culher.2017.10.010> [Zugriff: 29.08.2023]

### RAQUET ET AL. 2017:

Markus Raquet, Julia Hoppe, Annika Dix, Uta Helbig, Oliver Mack, Melanie Kaliwoda, Außergewöhnliche Silbersulfiderscheinungen an Exponaten in Vitrinen. Wechselwirkungen zwischen Vitrinenmaterialien – Ursachenforschung. In: VDR-Beiträge zur Erhaltung von Kunst- und Kulturgut 2, 2017, S.16–23

### SCHACHENHOFER 1981:

Wolfgang Schachenhofer, Ortsgeschichte von Sankt Nikola an der Donau. In: Oberösterreichische Heimatblätter 35, 1981, S. 286–306

**SCHOTTE/ADRIAENS 2006:**

Bart Schotte und Annemie Adriaens, Treatments of Corroded Lead Artefacts. An Overview. In: *Studies in Conservation* 51, 2006, S. 297–304; <https://doi.org/10.1179/sic.2006.51.4.297> [Zugriff: 29.08.2023]

**STAUBER 1995:**

Reinhard Stauber, Der Weg zum landesherrlichen Salzmonopol in Bayern vom 15. bis zum 17. Jahrhundert. In: Manfred Tremel, Wolfgang Jahn, Evamaria Brockhoff (Hrsg.), *Salz. Macht. Geschichte*. Augsburg 1995, S. 223–233

**TÉTREAU/STAMATOPOULOU 1998:**

Jean Tétreault, Jane Sirois und Eugénie Stamatopoulou, Studies of lead corrosion in acetic acid environments. In: *Studies in Conservation* 43, 1998, S. 17–32; <https://doi.org/10.2307/1506633> [Zugriff: 29.08.2023]

**TÉTREAU 1999:**

Jean Tétreault, *Oak Display Cases: Conservation Problems and Solutions, Special CCI Note*, Canadian Conservation Institute. Ottawa 1999

**TÉTREAU ET AL. 2006:**

Jean Tétreault, Emilio Cano, Maarten van Bommel, David Scott, Megan Dennis, Marie-Geneviève Barthés-Labrousse, Léa Minel und Luc Robbiola, Corrosion of Copper and Lead by Formaldehyde, Formic and Acetic Acid Vapours. In: *Studies in Conservation* 48, 2006, S. 237–250; <https://doi.org/10.1179/sic.2003.48.4.237> [Zugriff: 29.08.2023]

**VAN VALEN/GARACHON/JACOBS 2013:**

Lucien van Valen, Isabelle Garachon und Loe Jacobs, On the Production and Firing of 7th Century Chinese Reinforced Ceramic Horses and Camels. In: Hannelore Roemich und Kate van Lookeren Campagne (Hrsg.), *Recent Advances in Glass, Stained-Glass, and Ceramics Conservation 2013*. Zwolle 2013

**VON LOEHR 1916:**

August von Loehr, Beiträge zur Geschichte des mittelalterlichen Donauhandels, Teil I: Die Schifffahrt im Donauebiet bis zum Ende des 14. Jh. In: *Oberbayerisches Archiv für vaterländische Geschichte* 60, 1916, S. 155–202

**Quellen (chronologisch)**

Philipp Hainhofer, Reisebeschreibung München 1611:

<https://hainhofer.hab.de/reiseberichte/muenchen1611#fol136v> [Zugriff: 30.08.2023]

Saalbuch des Saales 28 im I. Stock des Bayerischen Nationalmuseums Standort Maximilianstraße von 1887, BNM Dokumentation, Saal 28

Aufzeichnungen über die erfolgten Arbeiten in der Restaurierungswerkstätte II vom 1.1.1951 bis 5.1.1962, BNM Abteilung Restaurierung-Konservierung, Werkstattbücher

Schreiben von Christa Hartl an Ingolf Bauer betreffend die Anfertigung einer neuen Vitrine vom 17.1.1980, BNM Dokumentation, A 7-1-1-49

Schreiben von Christa Hartl an das Bayerische Nationalmuseum betreffend die Jahresmeldung 91 der unbefristeten Leihgaben des Bayerischen Nationalmuseums München, November 1991, BNM Dokumentation, A 7-1-1-49

Aktennotiz von Ingolf Bauer betreffend den Zustand der Leihgabe Oberhausmuseum Passau vom 18.2.1992, BNM Dokumentation, A 7-1-1-49

Schreiben von Richard Loibl an das Bayerische Nationalmuseum betreffend die Jahresmeldung der unbefristeten Leihgaben des Bayerischen Nationalmuseums München vom 9.11.1992, BNM Dokumentation, A 7-1-1-49

Schreiben von Richard Loibl an das Bayerische Nationalmuseum betreffend die Jahresmeldung 93 der unbefristeten Leihgaben des Bayerischen Nationalmuseums München, o.J. [1993], BNM Dokumentation, A 7-1-1-49

Schreiben von Richard Loibl an J. Schuster betreffend die Jahresmeldung der unbefristeten Leihgaben des Bayerischen Nationalmuseums München vom 5.1.1996, BNM Dokumentation, A 7-1-1-49

Schreiben von Herbert Feldmeier an Elke Messer betreffend die Jahresmeldung der unbefristeten Leihgaben 1996 vom 19.12.1996, BNM Dokumentation, A 7-1-1-49

Markus Roos, Materialanalysen zu weißen Ausblühungen an Keramikfiguren eines Salzschiffszug-Tafelaufsatzensembles. Unveröffentlichter Untersuchungsbericht vom 04.03.2023, Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege, Referat Z V (Zentrallabor und Geoerkundung)

**Abbildungsnachweis**

Abb. 1–5, 7:

Bayerisches Nationalmuseum München, Bastian Krack

Abb. 6:

Technische Universität München, Dr. Klaus Achterhold

Abb. 8–9:

Bayerisches Nationalmuseum München, Walter Beringer

Abb. 10–15:

Bayerisches Nationalmuseum München, Isabel Wagner

Titel:

Detail aus Abb. 2