

# Die restauratorische und konservatorische Neubearbeitung einer Deichselzier aus Bronze

Iris Hertel

Das Vorderasiatische Museum Berlin stellte für eine Diplomarbeit<sup>1</sup> im Studiengang Restaurierung/Grabungstechnik an der FHTW Berlin ein Bronzeobjekt der Zincirli-Sammlung zur Verfügung, welches restauratorisch und konservatorisch neu bearbeitet werden sollte. Es handelt sich dabei um die Deichselzier eines assyrischen Streitwagens aus dem letzten Drittel des 8. Jahrhunderts vor Christus. Das im Jahre 1892 in Zincirli geborgene Objekt kam durch Fundteilung in die Königlichen Museen zu Berlin und wurde im Laufe der Jahre einer elektrochemischen Behandlungsmethode unterzogen. Die Fragmente wurden anschließend in einen Cellulosenitrat-Lack, der mit Aluminiumpartikeln versetzt war, eingegossen. Aufgabe war es nun, die annähernd 400 Fragmente des Objekts aus der Lackmasse zu entfernen, anschließend zu kleben und zur Präsentation in der Dauerausstellung des Vorderasiatischen Museums Berlin vorzubereiten. Die Fragilität der Substanz erforderte für die Präsentation einen formschlüssigen Untergrund. Eine riskante Abformung konnte jedoch hierbei nicht zur Anwendung kommen, so dass zu diesem Zweck die Rückseiten der Fragmentgruppen mittels eines bei der Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik (GFaI) Berlin entwickelten mobilen optischen Digitalisiergerätes erfasst wurden. Anschließend konnten die Digitalisierdaten an der TU Dresden für die fertigungstechnischen Belange aufbereitet werden. Die Ergebnisse der Fräsarbeiten zeigen die exakte Formschlüssigkeit zwischen dem restaurierten Objekt und der Stützplatten.

## *The new conservation and restoration treatment of a bronze pole decoration*

*The Middle East Museum Berlin provided a bronze object from the Zincirli Collection, for a diploma thesis in the Department of Restoration/Excavation Technique at the Fachhochschule für Technik und Wirtschaft Berlin, in which a new conservation and restoration treatment concept is to be carried out. It studies a decorated pole of an Assyrian chariot from the last third of the eighth-century B.C.. The object, which was excavated in the year 1892 in Zincirli, came to the Royal Museums of Berlin due to the division of finds and was treated in the course of a number of years with an electrochemical method. Afterwards the fragments were cast in a nitrocellulose lacquer, which contained aluminum particles. The task was to remove the approximately 400 fragments of the object from the lacquer mass, glue them, and then prepare the pieces for presentation in the permanent exhibition of the Middle East Museum Berlin. The fragility of the substance required a secure and stable underground for the presentation. However, a risky casting method was not carried out here, so that for this purpose the backs of the groups of fragments were documented using a mobile optical digitiser developed by the Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik (GFaI) Berlin. Subsequently, the digitisation data was prepared at the Technical University Dresden for the product engineering needs. The results of the mill work show the accuracy between the restored object and support plates.*

## Beschreibung

Deichselzierden gehörten zur Ausstattung von Streitwagen höherer Würdenträger. Es sind nur sehr wenige Objekte dieser Art überliefert.

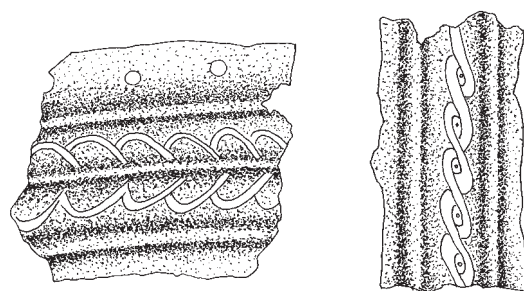
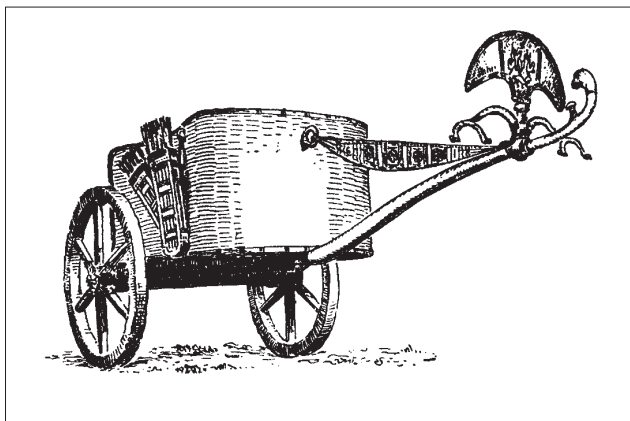
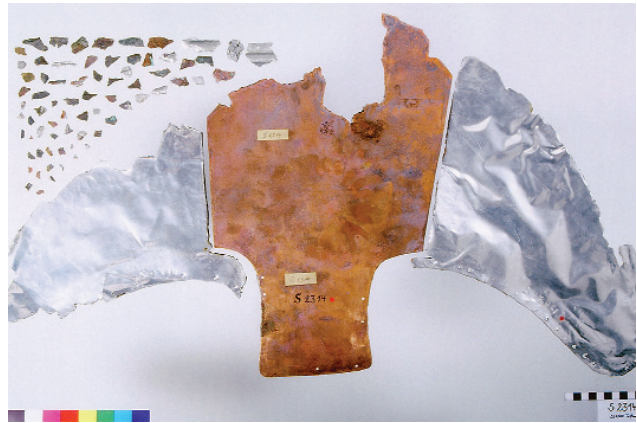
Äußerlich zeigt die Deichselzier (Inventarnummer: S 2314) die Form eines Halbmondes, mit einem an der hohlen Seite der Sichel nach unten gerade abschließenden Lappen. Das Relief in der Mitte stellt wahrscheinlich die Göttin Aštarte dar, die auf einem Löwen stehend rechts und links von sich weg zwei Löwen an den Hinterläufen nach oben hält. Zwischen den drei umlaufenden und die das Relief flankierenden getriebenen Stegen befinden sich ziselierte Ornamente, die als rechts- und linksläufiges Spiralband und Flechtbandmuster bezeichnet werden. Bohrungen begleiten den äußeren Rand der Deichselzier, welche auf die Verbindung mit einem Trägermaterial hinweisen (Abb. 1–4).

## Aufgabenstellung

Der Zincirli-Komplex wird in den nächsten Jahren wissenschaftlich aufgearbeitet. Dafür ist es notwendig, die originale Substanz der Objekte betrachten und untersuchen zu

können. Im Falle der Deichselzier war dies durch die Lackmasse nicht möglich. An einigen Stellen gab es keine Verbindung der Lackmasse mit den Originalfragmenten, besonders im Bereich der getriebenen Stege. An diesen Stellen wurde während der Freilegung fortschreitende Korrosion sichtbar. Die Lackmasse, in der die Fragmente eingebettet lagen, stellte gleichzeitig auch großflächige Ergänzungen dar. Rückseitig wurden für den rechten und linken Flügel Aluminiumfolie und für das Mittelteil ein massives Kupferblech als stabilisierende Fläche auf den noch nicht abgeordneten Lack aufgelegt. Die Entfernung dieser Ergänzungsmaterialien ist notwendig für die Authentizität des Objektes. Durch naturwissenschaftliche Untersuchungen konnten im Vorfeld und während der Restaurierung bestimmte Fragen hinsichtlich Materialzustand und -zusammensetzung geklärt werden. Aus den Altrestaurierungsverfahren ergeben sich zwei Hauptschwerpunkte der konservatorischen und restauratorischen Neubearbeitung der Deichselzier:

1. Freilegung der Originalsubstanz bzw. Entfernung der eingebrachten Festigungs- und Ergänzungsmaterialien.
2. Präsentation des Objekts in der ständigen Ausstellung des Vorderasiatischen Museums Berlin.

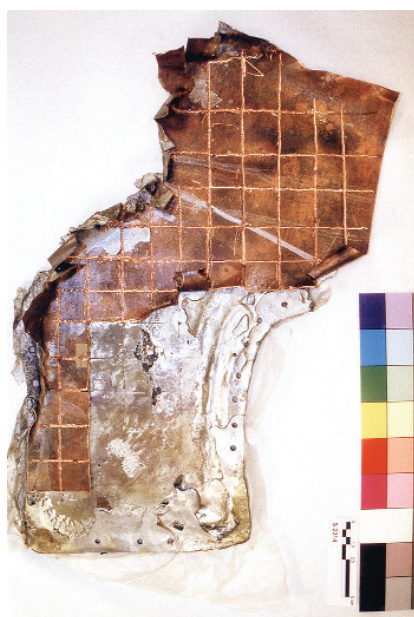


1  
Deichselzier, Vorzustand,  
Vorderseite

2  
Deichselzier, Vorzustand,  
Rückseite

3  
Rekonstruktionszeichnung eines  
Streitwagens mit Deichselzier  
(Felix von Luschan)

4  
Ziselierte Ornamente zwischen  
den getriebenen Stegen



5  
Eingefrästes Raster auf dem  
rückseitigen massiven Kupferblech  
während der Bearbeitung

## Naturwissenschaftliche Untersuchungen

Die bei archäologischen Metallobjekten notwendigen Röntgenaufnahmen zeigten die genaue Position der Originalsubstanz innerhalb der Ergänzungsmasse. Aus den unterschiedlichen Helligkeiten konnte der Materialzustand abgeleitet werden.

Um eine Aussage hinsichtlich der Materialzusammensetzung geben zu können, wurden Legierungsanalysen vorgenommen. Die Untersuchungen von verschiedenen Materialproben mittels Atomabsorptionsspektalanalyse (AAS) haben ergeben, dass es sich bei dieser Legierung um eine reine Zinnbronze mit mittleren Zinngehalten handelt.

Bei den Legierungsuntersuchungen ergab sich die Möglichkeit, neben der AAS zwei weitere Legierungsanalysemethoden, die zerstörungsfrei bzw. mit sehr geringem Probenaufwand arbeiten, im Vergleich zu testen. Im Folgenden sind die Vor- und Nachteile der einzelnen Methoden aufgezeigt:

AAS: Atomabsorptionsspektalanalyse  
 RFA: Energiedispersive Mikro-Röntgenfluoreszenzanalyse  
 LIBS: Laser Induced Breakdown Spectrometry  
 (siehe Tabelle I)

Bedingt durch die ausschließliche Oberflächenanalyse mittels RFA fällt diese bei einer Legierungsbestimmung aus. Die durchschnittlichen Analyseergebnisse von AAS und LIBS zeigen, dass bei einem Fünftel des Probenbedarfs bei LIBS die Ergebnisse im Vergleich zu AAS einander sehr nahe kommen. Die Untersuchungen haben Folgendes ergeben: (siehe Tabelle II)

|             | Vorteile  | Nachteile   |
|-------------|---|---|
| <b>AAS</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Höhere Genauigkeit als RFA und LIBS</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Probenentnahme</li> <li>• Probe muss aufbereitet werden</li> <li>• stationäres Gerät</li> <li>• Durch „Matrixeffekte“ sind Spurenelementanalysen zeit- und laboraufwendig</li> </ul> |
| <b>RFA</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zerstörungsfrei</li> <li>• Transportables Gerät</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schutzgas erforderlich</li> <li>• Nur Oberflächenanalyse möglich</li> </ul>  |
| <b>LIBS</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Multielementanalyse, bei der auch Kohlenstoff nachgewiesen werden kann</li> <li>• Sehr geringer Probenaufwand</li> <li>• Keine Aufbereitung der Probe notwendig</li> <li>• Geringe Messzeit</li> <li>• Durch gepulsten Laserstrahl Tiefenprofilerstellung möglich</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stationäres Gerät</li> <li>• Geringere Genauigkeit als AAS</li> </ul>  |

Tabelle I  
Einschätzung der Analysemethoden zur Legierungsbestimmung<sup>2</sup>

| Elemente  | AAS     | RFA     | LIBS    |
|-----------|---------|---------|---------|
| Kupfer Cu | 89,64 % | 79,27 % | 86,79 % |
| Zinn Sn   | 9,13 %  | 13,57 % | 10,47 % |
| Blei Pb   | 0,43 %  | 0,29 %  | 0,22 %  |

Tabelle II  
Durchschnittliche Analyseergebnisse für ausgewählte Hauptbestandteile

Um die naturwissenschaftliche Richtigkeit herzustellen, bedarf es der Analyse vieler Proben verschiedener Kupferlegierungen. Aus den oben genannten Vergleichsergebnissen kann lediglich eine Tendenz abgeleitet werden. Die zerstörungsfreien Analysemethoden befinden sich in der Entwicklung, so dass perspektivisch Analyseergebnisse genauer werden können.

### Restaurierung

Um die Originalfragmente an ihrer Position zu halten und vor weiterem Bruch zu schützen, wurden sie vor der Behandlung auf der Vorderseite mittels Cyclododecan und Japanpapier gesichert. Die Abnahme der Lackmasse mit Acetonkompressen erfolgte in mehreren Stufen: eine Grobreinigung im Abzugsschrank und eine Feinreinigung unter dem Mikroskop. Bei der Entfernung der Stabilisierungsmaterialien bereitete das am Mittelteil rückseitig aufliegende massive Kupferblech Probleme. Um die Originalfragmente nicht durch Druck oder Spannung zu belasten, wurde ein Raster in das Kupferblech gefräst, so dass Sollbruchstellen erzeugt wur-

den. So konnten die kleinen Quadrate mit Aceton unterspült und abgetrennt werden. Anschließend konnte wieder mit Acetonkompressen weitergearbeitet werden (Abb. 5). Nur Fragmente, die Anschluss untereinander hatten (annähernd 350), wurden nach der Reinigung mit einem Reaktionsharz auf der Basis von Methacrylsäureestern (Kalloplast R) geklebt. Diese Reaktionsharze zeichnen sich durch hohe Klebkraft verbunden mit guter Lösbarkeit nach ihrer Anwendung aus. So entstanden insgesamt sieben Fragmentgruppen, die aneinandergelegt das fragmentarische Gesamtbild der Deichselzier wiedergeben (Abb. 6, Abb. 7). Durch Chloridausbildungen an einigen Fragmenten wurde partiell mit BTA behandelt. Eine Kombination von Paraloid B 72 mit darüberliegendem Wachs bildet einen Schützüberzug auf allen Fragmentgruppen.

### 3D-Vermessung der Oberflächen und die Nutzung der Daten zur Herstellung formschlüssiger Unterlagen<sup>3</sup>

Die sieben Fragmentgruppen benötigen aufgrund ihrer Fragilität zur Präsentation einen formschlüssigen Unterbau. Eine





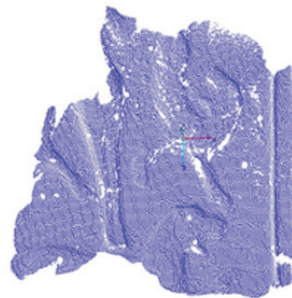
6  
Deichselzier, Nachzustand,  
Vorderseite



8  
Fragmentgruppe 5 mit gefräster  
Unterlage



7  
Deichselzier, Nachzustand,  
Rückseite



9  
Modellansicht nach Scandaten

riskante Abformung konnte aus eben diesem Grunde hier auch nicht zur Anwendung kommen. Durch berührungsfreie 3D-Vermessungstechniken werden Daten gewonnen, die im Anschluss daran für fertigungstechnische Belange (z.B. Fräsen oder Spritzguss) aufbereitet und genutzt werden können. Die hierbei zur Anwendung gekommene 3D-Vermessung erfolgte mit einem in der GFal Berlin entwickelten mobilen Geräteprototyp und mittels strukturierter Weißlichtprojektion. Die Fragmentrückseiten wurden auf einer geneigten Ebene auf dunklem Hintergrund positioniert. Im Vergleich mit der unverzerrten Ausgangsposition werden durch die Verzerrung der Streifen dreidimensionale Messwerte für jeden Bildpunkt ermittelt. Die Aufbereitung und Nutzung der gewonnenen Daten erfolgte im Versuchsfeld der TU Dresden, Institut für Produktionstechnik. Die Aufbereitung der Daten umfasst mehrere Schritte, deren Umfang hauptsächlich von den Eigenschaften des Objektes abhängen:

- Nach der 3D-Datenerfassung liegen zunächst Punktwolken vor. Angrenzende Bereiche, die mit erfasst wurden, werden interaktiv gelöscht (Software SURFACER).
- Jede bearbeitete Punktwolke der Fragmentrückseiten wird virtuell abgeformt, also in z-Richtung gespiegelt, da die herzustellende Unterlage die Negativform des Originals ist.
- Die weitere Datenaufbereitung sollte ein CAD-Modell generieren. Die möglichen zwei Wege sind die Vernetzung der Punktwolke zu einem Dreiecksnetz (Triangulation) oder die Interpolation einer Splinefläche. Da die Vernetzung der Punktwolken keine befriedigenden Ergebnisse lieferte, wurde die Interpolation von Splineflächen vorgenommen.
- Auf der generierten Splinefläche werden interaktiv Berandungskurven generiert, so dass man das exakt gespiegelte CAD-Modell der Rückseite einer Fragmentgruppe erhält.
- Für die durchgeführten Messungen und das Modell liegt eine Genauigkeit von 0,3–0,5 mm vor. Auf der Basis der generierten CAD-Daten erfolgte dann eine Fräsbahngenerierung für die Grob- und Schlichtbearbeitung. Das Werkzeug der Vorbearbeitung hatte einen Durchmesser von 6 mm und für die nachfolgende Schlichtbearbeitung benutzte man ein Werkzeug mit einem Durchmesser von 2 mm.

Die Fragmentgruppe 5 wurde als Prototyp aufgrund der größten unterschiedlichen Höhen zuerst gefräst. Das Ergebnis zeigt die exakte Formschlüssigkeit der Stützplatte mit der originalen Fragmentgruppe. Fertigungstechnisch bedingt erscheint die Oberfläche der Stützplatte rau. Nachdem die restlichen sechs Fragmentgruppenunterlagen gefräst waren, mussten die Ränder nachgearbeitet, das heißt entsprechend der Originalfragmentgruppe ausgesägt und veräußert werden (Abb. 8, 9).

Die Stützplatten werden anschließend auf einem Gesamtträger, der die abstrakte äußere Form der Deichselzier wiedergibt so montiert und positioniert, dass die Anschlüsse untereinander kaum zu sehen sind.

An dieser Stelle sei Herrn Paul (GFal Berlin) und Frau Dr. Schöne (TU Dresden) herzlich für die Unterstützung in diesem Projekt gedankt. In absehbarer Zeit wird das Objekt Bestandteil der Dauerausstellung des Vorderasiatischen Museums Berlin sein.

Dipl.-Rest. Iris Hertel  
Schivelbeiner Straße 48  
10439 Berlin

#### Anmerkungen

- 1 Hertel 2001
- 2 Die Tabelle beinhaltet Informationen aus einem Gespräch mit Frau Dr. Heike Bronk, TU Berlin, unter deren Leitung die Analysen mittels RFA und LIBS durchgeführt wurden. Weiterführende Literatur zu Methodenvergleich bei PERNICKA 1984 und zur Analysemethode mit LIBS auf der Internetseite <http://www.lla.de/d3010.html>.
- 3 Hertel et al. 2002, 124f.

#### Literatur

- Hertel 2001: Iris Hertel, Restauratorische und konservatorische Neubearbeitung einer Deichselzier aus Bronze, Diplomarbeit an der Fachhochschule für Technik und Wirtschaft Berlin, 2001
- Hertel et al. 2002: Iris Hertel, Christine Schöne, Lothar Paul, Lutz Martin, Restaurierung einer Deichselzier, 3D-Formerfassung und Herstellung von Stützplatten für eine Deichselzier. In: Konferenzband EVA 2002 6.–8. November 2002 Berlin, S. 121–127
- Pernicka 1984: Ernst Pernicka, Instrumentelle Multi-Elementanalyse archäologischer Kupfer- und Bronzeartefakte: Ein Methodenvergleich, in: Jahrbuch des römisch-germanischen Zentralmuseums Mainz 1984, S. 517–531, Mainz 1984

#### Abbildungsnachweis

- 1 Olaf Teßmer, Vorderasiatisches Museum Berlin
- 2 Olaf Teßmer, Vorderasiatisches Museum Berlin
- 3 Felix von Luschan, Kleinfunde von Sendschirli I, Berlin 1943, S. 84
- 4 Iris Hertel
- 5 Iris Hertel
- 6 Olaf Teßmer, Vorderasiatisches Museum Berlin
- 7 Olaf Teßmer, Vorderasiatisches Museum Berlin
- 8 Iris Hertel
- 9 Nach Scandaten Christine Schöne, TU Dresden, Institut für Produktionstechnik