

Die Restaurierung der bronzenen Quadrigen des ersten chinesischen Kaisers Qin Shihuang

Abstract

The bronze chariots of emperor Qin Shihuang (259 B.C. – 210 B.C.) were excavated in 1978 about 20 meters west of the tomb of the emperor. The bronze chariots had been crushed when the wooden construction of the cave collapsed. The scale of the chariots is half the original size. Each chariot is steered by a horseman and drawn by four horses. The lecture covers the consolidation and conservation of the paint, the reconstruction of the original curvature of the umbrella of chariot 1 and other techniques used such as glueing, welding, brazing and mechanical joints.

Der erste chinesische Kaiser Qin Shihuang (Ying Zheng) wurde 259 v. Chr. geboren. Mit 13 bestieg er den Thron und vereinigte im Alter von 38 Jahren ganz China. Er starb 50jährig (210 v. Chr.) und wurde in Lintong, 35 km östlich der heutigen Stadt Xian in der Provinz Shaanxi begraben. Den historischen Quellen zufolge wurde mit dem Bau seines Mausoleums bereits im Jahr der Thronbesteigung (246 v. Chr.) begonnen. Nach der Reichseinigung 221 v. Chr. berief Kaiser Qin Shihuang eine Heerschar qualifizierter Facharbeiter und Sträflinge aus allen Teilen des Landes, die sich am Bau seines Mausoleums beteiligen sollten. Die Baumaßnahmen waren derart umfangreich, daß der Bau nach dem Tod des Kaisers noch nicht vollendet war. In der Umgebung des Mausoleums befinden sich zahlreiche Beigräber. Hierzu zählen auch die berühmten Erdgruben mit den tönernen Kriegern und Pferden. Im Juni 1978 gruben Archäologen im Westen des Mausoleums und entdeckten ein großes Beigrab. Dieses Beigrab befindet sich nur 20 m westlich vom Tumulus und hat eine Gesamtfläche von 3.025 qm. Im November 1980 begann man mit der Ausgrabung und legte zwei bronzenen Quadrigen frei.

Die Grube mit den zwei Bronzequadrigen liegt 7,8 m unter dem heutigen Erdboden, mißt von Ost nach West 7 m und von Süd nach Nord 2,3 m. In der Grube befand sich ein Holzverschlag mit den Maßen 6,8 x 2,1 x 2 m. An den Stirnseiten des Verschlags lagen zwei Bronzequadrigen mit Blickrichtung nach Osten. Über dem Verschlag war ursprünglich Erde aufgeschüttet und festgestampft worden, so daß die Quadrigen tief unter dem Erdboden geborgen waren. Da das Holz mit der Zeit verrottete, stürzte die aufgeschüttete Erde von oben ein und zerdrückte die Bronzewagen. Durch die über mehr als 2000 Jahren einwirkende Korrosion wurden außerdem die Oberfläche und die innere Struktur der Legierung stark angegriffen. Die Festigkeit der Bronze verringerte sich. Die Quadrigen kippten nach Norden und wurden in dieser Orientierung bei der Ausgrabung freigelegt. Sie werden als Wagen 1 und Wagen 2 bezeichnet (Abb. 1). Jeder Wagen wird von vier Pferden gezogen und von einem Wagenlenker gesteuert. Wagen, Pferde und Wagenlenker sind komplett aus Zinnbronze hergestellt. Für die Pferdesättel wurden auch Gold und Silber verwendet. Manche Einzelteile der Wagen sind ebenfalls aus Silber. Die Gestaltung der Wagen

und Pferde ist sehr fein, der Darstellungsmaßstab halb lebensgroß. Wagen und Pferde sind bemalt. Bei der Ausgrabung war die Bemalung nur noch teilweise zu sehen. Die Beziehung zwischen Wagen und Pferden sowie die Konstruktion der Wagen war im großen und ganzen nachvollziehbar, die Schäden jedoch erheblich.

Freilegung der Bronzewagen

Um die beiden Bronzewagen wissenschaftlich korrekt zu restaurieren und zu rekonstruieren, wurden bei der Freilegung ausführliche archäologische und technische Untersuchungen durchgeführt. Bei beiden Wagen handelt es sich um einen leichten Wagentyp mit zwei Rädern und einer Mitteldeichsel. Auf der Deichsel Spitze liegt der Jochbaum quer auf, an dem symmetrisch die Jochgabeln befestigt sind. Beide Wagen werden jeweils von zwei Deichselferden und zwei Außenpferden gezogen. Das gesamte Zaumzeug ist vorhanden. Jedes Pferd ist mit einem Schirriemen und zwei Zügeln, die Außenpferde zusätzlich mit weiteren Zügeln, Bauchriemen, Halsschmuck etc. versehen. Wagen Nr. 1 besteht aus mehr als 3.500 Einzelteilen aus Bronze, Silber und Gold. Sein Gesamtgewicht beträgt rund 1.040 kg, 3 kg davon sind aus Gold, über 4 kg aus Silber. Wagen Nr. 2 besteht aus mehr als 3.400 Einzelteilen ebenfalls aus Bronze mit einem Anteil an Silber und Gold. Er wiegt etwa 1.241 kg, im Gewicht enthalten sind 4 kg Silber und 3 kg Gold. Alle Einzelteile wurden getrennt gegossen und anschließend durch Überfangguß, Löten, Nietung, Bolzen und andere Verfahren miteinander verbunden. Das zeitgenössische Zaumzeug bestand aus Leder und Leinen, bei den Bronzewagen ist organisches Material nur nachgeahmt. Um die Geschmeidigkeit des Original-Zaumzeugs darzustellen, wurden an unterschiedlichen Stellen des bronzenen Zaumzeugs Gelenkverbindungen angebracht. Viele durch Bolzen befestigte Druckknöpfe dienen als bewegliche Gelenke, die leicht gestreckt und gefaltet werden können.

Die Beschädigungen am Wagen Nr. 1 waren am schlimmsten (Farbtafel XVIII.4). Er war in 1.325 Fragmente zerbrochen, hatte 2.069 Bruchflächen und 473 Fehlstellen. Die meisten Teile waren mehr oder weniger stark deformiert. Einzelne Teile wie Baldachin, Verstrebungen, Zügel und Armbrustsehne waren stark korrodiert. Wagenlenker, Pferde, Baldachin, Brüstungen der Wagenkästen, Räder, Armbrust, Schild, Pfeile und Köcher wiesen Spuren einer farbigen Fassung auf, die unterschiedlich stark beschädigt war.

Das linke Rad war in 67 Stücke zerbrochen, Felgen und 30 Speichen nur in Bruchstücken vorhanden: die Felge in Form von 6 Stücken, die 30 Speichen in 62 Fragmenten. Das rechte Rad war bei der Freilegung in seiner Grundform erhalten, bei der Untersuchung wurden jedoch viele Bruchstellen entdeckt: Das Rad war in 10 Teile zerbrochen, 4 Speichen und die Felge zeigten ebenfalls Bruchstellen. Alle Bruchstücke waren deformiert.



Abb. 1. Fundsituation der Wagen 1 und 2 in der Grube

Der Wagenkasten hat den Grundriß eines quer liegenden Rechtecks, die Maße des Fahrgestells betragen 74 x 48,5 cm. Die dünnste Stelle der Außenwand beträgt 0,6 cm. Auch das Fahrgestell war in 64 Teile zerbrochen, rechtsseitig mehr als links. Auch der Wagenkasten war stark deformiert.

Der Baldachin besteht aus Sockel, Mittelträger, Rippen und gewölbtem Dach, welches einen Durchmesser von 122 cm und ein Gewicht von 33,23 kg hat. Es besteht aus 0,1 bis 0,4 cm dünnem Bronzeblech und wird von 22 Rippen getragen. Der Baldachin war stark beschädigt und in 242 Fragmente zerbrochen, alle waren deformiert. Auf der Innenseite des Baldachins war ein kleiner Rest einer Farbfassung zu erkennen. Der Baldachin wird von einem Mittelträger gehalten, der oben einen einzigen Stützpunkt hat. Die Aufgabe bestand darin, den Baldachin so zu restaurieren, daß er sowohl in statischem Zustand als auch bei leichter Bewegung seine Form beibehält und Verbindungen und Fugen nicht aufbrechen. Die gebogenen Rippen sollen in der Lage sein, in Zukunft wieder sowohl das Eigengewicht als auch den Baldachin zu tragen.

Wagen Nr. 2 war ebenfalls stark beschädigt, er bestand aus 1685 Fragmenten mit 2244 Bruchflächen, 316 Löchern und 55 Fehlstellen. Die meisten Teile waren verformt. Manche Einzelteile, wie z. B. Wagenfenster, Baldachinrippen, Verstreben, Baldachindach, Schirriemen und Zügel waren stark korrodiert. Viele Einzelteile waren bemalt.

Das rechte Rad war zerbrochen. Von den 30 Speichen konnten 62 Fragmente geborgen werden, manche Speichen waren sogar in mehrere Teile zerbrochen.

Die Wagenkabine ist über einem 88 x 78 cm messenden Bodenrahmen aus vier Seitenteilen errichtet, bei einer Wandstärke von 0,4 bis 0,5 cm. Das vordere und das linke Fenster waren stark beschädigt, das vordere bestand bei der Freilegung aus 24, das linke aus 41 Fragmenten. Erhebliche Korrosion hat zu zahlreichen Löchern geführt, in manchen Bereichen war noch Material vorhanden, jedoch vollständig durchkorrodiert. Das Fahrgestell war deformiert. Wegen der Einwirkung der Metallkorrosion und der Verrottung des Holzes war die im Prinzip noch großflächig erhaltene Farbfassung grün bis dunkel verfärbt.

Der Baldachin, dessen Farbfassung noch in kleinen Resten vorhanden ist, zeigt auf der Innenseite eine weiße Grundierung, darüber Drachenornamente in Rot, Grün und Purpur.

Konservierung der Farbfassung

Die dominierende Farbe der Polychromie ist weiß. Eine röntgendiffraktometrische Untersuchung zeigte, daß es sich hierbei hauptsächlich um Apatit [$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$] und zu einem kleinen Teil um Bleicarbonat (PbCO_3) handelt. Außerdem wurden Pigmente von Azurit, Malachit, Zinnober u.a. gefunden.

Als taugliches Mittel zum Schutz der Farbfassung wurde ein auf den Erhaltungszustand abgestimmtes Konservierungsmittel auf Basis von Polymethylmetacrylat entwickelt. Die hiermit gefestigte Farbfassung hielt weiteren Restaurierungsschritten und der nachfolgenden Ausstellung stand, nur in kleinen Teilen blätterte die Farbfassung ab. Die Farbintensität blieb im wesentlichen ebenfalls unverändert.

Korrektur der Form an Wagen Nr. 1

Baldachin und Rippen waren unter allen Fragmenten am schlimmsten beschädigt und verformt und ihre Wiederherstellung kompliziert. Nach den Fragmenten zu urteilen, müssen Baldachin und Rippen ursprünglich eine einheitliche Krümmung gehabt haben, deren Form wegen der Beschädigung nur schwer feststellbar war. Die Rippen wurden als erstes untersucht, um ihre ursprüngliche Krümmung zu rekonstruieren. Sie waren zwar stark deformiert, ließen jedoch wegen der einfachen Stabform am ehesten Rückschlüsse auf die ursprüngliche Geometrie zu (Farbtafel XVIII.2, 3):

Die 22 Rippen wurden zunächst ohne Klebung provisorisch miteinander verbunden und nach der, auf diese Weise ermittelten Krümmung der Rippen eine erste Zeichnung angefertigt. Gemäß der Zeichnung wurden die Rippen nebeneinander aufgereiht, um ihre mittlere Krümmung zu bestimmen und eine Rippe aufgrund der so ermittelten Krümmung als Standard in die richtige Form gebracht. Diese Rippe wurde dann an die flach gewölbten Fragmente des Baldachins angelegt. Diejenige Krümmung, bei der Rippen und Baldachin ohne Fugen zusammenpaßten, wurde für die Restaurierung des Baldachins verbindlich, wobei angenommen wird, daß sie dem undefor mierten Original entspricht.

Weiterhin wurde eine rechteckige, längliche Holzschablone hergestellt, deren Länge dem Radius des Baldachins entsprach. Auf einer Längsseite wurde anschließend eine der zuvor gemessenen Krümmung entsprechende, bogenförmige Auskehlung angebracht. Die Schablone wurde mit Hilfe einer auf einer Seite angebrachten Drehachse so auf einer Arbeitsplatte befestigt,

daß die ausgekehrte Seite nach unten zur Arbeitsplatte zeigte und die Schablone über der Arbeitsplatte um 360° gedreht werden konnte. Auf der Arbeitsplatte wurde eine mit Wasser angemischte Lehmschicht aufgetragen. Durch Drehen der nun als Schaber wirkenden Schablone wurde der Lehm auf der Plattform zu einer runden Form abgeschabt, die Lehmschicht blieb oben flach und zeigte am Rande die durch die Krümmung der Schablone bedingte, nach unten gebogene Form. Sobald die Form der Lehmschicht genau mit dem Standardprofil übereinstimmte, wurde die Schablone entfernt. Der übrige Lehm wurde beseitigt, so daß nur eine runde Wölbung aus Lehm auf der Plattform lag. Die Krümmung dieses Modells kann als die ursprüngliche Krümmung des Baldachins und der Rippen angesehen werden. Passend zur Lehmform (Positiv) wurde eine Außenform (Negativ) aus Gips angefertigt, mit der eine Gips-Innenform hergestellt wurde, deren Gestalt mit der Lehmform identisch ist.

Gemäß dem Krümmungsgrad der Außenform wurden die Fragmente des Baldachins einzeln in der Rückformungsmaschine korrigiert, wobei die Krümmung laufend an der entsprechenden Stelle der äußeren Form überprüft wurde. Nach dem Krümmungsgrad der Innenform als Standard wurden die Fragmente der Rippen einzeln in der Maschine korrigiert, wobei deren Krümmungsradius laufend an der entsprechenden Stelle der inneren Form nachgeprüft wurde.

Nachdem alle Fragmente des Baldachins korrigiert worden waren, wurden sie in der äußeren Form zusammengesetzt, indem die Außenform wie eine Schüssel mit der Öffnung nach oben aufgestellt wurde. Das Ergebnis war überzeugend, die Fragmente des Baldachins paßten gut zusammen. Anschließend wurden die korrigierten Rippen auf der Innenseite des Baldachins eingebaut, die Fragmente paßten hier ebenfalls gut. Die silbernen Kappen am Ende der Rippen sind über Haken mit dem Baldachin verbunden. Anhand der Paßgenauigkeit der silbernen Kappen zu Baldachin und Rippen konnte die Stimmigkeit der rekonstruierten Form überprüft werden. Es zeigte sich, daß nicht nur der Baldachin und die Rippen, sondern auch Verbindungshaken und Baldachinblech nach dem Zusammenfügen gut zusammenpaßten und die originalen Verbindungspunkte mit den neuen Kontaktstellen übereinstimmten (Farbtafel XVIII.3).

Klebungen

Zur Wahl des Klebstoffes

Bei der Restaurierung der Bronzewagen bestand die erste Arbeit im Zusammenkleben einiger Einzelteile. Man entschied sich in erster Linie zu diesem Schritt, weil eine große Fläche bemalt und einige Teile der Bronzewagen stark korrodiert waren und ein zu hoher Druck oder eine zu hohe Temperatur zum Brechen der Bronzekörper oder zum Abfallen der Farbfassung geführt hätten. Auf der Suche nach einem geeigneten Klebstoff und nach Überlegungen zur Klebtechnik kam man auf den standardmäßigen Klebstoff für Restaurierungen zurück, den man den Eigenschaften der Bronze Fragmente anpaßte. Füllmittelzusätze sollten die Schrumpfung des Klebstoffs bei der Erstarrung verhindern, die Differenz der thermischen Ausdehnungskoeffizienten von Klebstoff und geklebtem Gegenstand verringern, um die Gefahr der Rißbildung zu umgehen. Zur Unterstützung des Klebstoffs wurde ein Haftvermittler eingesetzt.

Löten und Schweißen

Methodenauswahl

Nach Erproben verschiedener Methoden wurden Schweißen und Hartlöten (Löten bei hohen Temperaturen) ausgeschlossen. Man entschied sich für die Weichlötlung als das am besten für die Restaurierung der Bronzewagen geeignete Verfahren.

Untersuchung zur Festigkeit von Lötverbindungen beim Weichlöten

Weichlöten (Löten bei niedriger Temperatur) ist geeignet für Teile, die entweder stark beschädigt oder dünn sind, eine große Fläche (zum Teil mit Farbfassung) haben oder eine mittlere Festigkeit beanspruchen. Die Löttemperatur sollte hier unter 250 °C liegen. Um jedoch eine ausreichende Festigkeit zu erzielen, müssen ein geeignetes Lot, ein passendes Flußmittel sowie eine entsprechende Löttechnik angewandt werden. Für das Löten wurde eine Legierung aus Zinn, Blei, Kupfer und Cadmium entwickelt. Durch den Kupferzusatz können Zugfestigkeit, Verformungswiderstand und Lötbarkeit verbessert werden. Durch das Cadmium wird der Schmelzpunkt des Lotes gesenkt, es ist dünnflüssiger und dringt dadurch leichter ein. Das hier verwendete Lot hat einen relativ niedrigen Schmelzpunkt, mit ihm kann bei Temperaturen unter 210 °C gearbeitet werden.

Mechanische Verbindungen

Bei der Restaurierung von Denkmälern aus Bronze ist die mechanische Verbindung ein unentbehrliches, alle anderen Methoden ergänzendes Verfahren. Obwohl man bemüht ist, Kleb- und Lötverfahren in der Restaurierung zu verbessern, sind mechanische Verbindungen und metallische Armierungen in vielen Fällen immer noch unentbehrlich. Im Unterschied zur industriellen Produktion sind bei der Restaurierung von Denkmälern zumeist strenge Rahmenbedingungen gegeben. So müssen z. B. Verstärkungen, auch wenn sie z. T. die Hauptlast einer Konstruktion tragen, an verborgenen Stellen angebracht sein. Auch bei der hier vorgestellten Restaurierung von Baldachin, Zügeln, Rippen, Pferdebeinen und Wagenachse sorgen mechanische Verbindungen für die erforderliche Stabilität.

Wegen des großen Eigengewichtes mußten Baldachin und Rippen des Wagens Nr. 1 durch Metallarmierungen verstärkt werden, um die Verbindungen der Einzelteile der Rippen zu verstärken und die Funktion der Rippen als Träger des Baldachins sicherzustellen. Baldachin und Rippen konnten wegen ihres schlechten Erhaltungszustands nach der Ausgrabung ihr Eigengewicht nicht mehr tragen, zumal die Last nur über den zentralen Stützpfiler abgeleitet wurde. Dies erschwerte die Restaurierungsarbeiten erheblich.

Auf eine besondere Weise wurden 0,05 cm dicke Blechstreifen gebogen, deren Krümmung mit der der Rippen übereinstimmten. Der Querschnitt der Blechstreifen ist Ω -förmig, die Länge etwas kleiner als die der Rippen. Die zur Verstärkung dienenden Blechstreifen wurden mit den Enden auf eine 3 mm dicke, zentral angebrachte rostfreie Blechscheibe gelötet. Der Durchmesser dieser Blechscheibe ist etwas kleiner als die Stirnfläche des Baldachinträgers. Die Blechscheibe wurde auf den Baldachinträger aufgeklebt. Die Ω -förmigen Stahlblechschienen

wurden von oben auf die Rippen gepreßt, ihr äußeres Ende reicht bis zu dem Punkt, an dem sich Baldachin und Rippen nach unten biegen. Dort wurden die Stützschiene mit den Rippen verklebt. Der Baldachin wurde zuletzt auf die Rippen mit den Stahlmuten gelegt. Jede Rippe wurde mithilfe der endständigen, silbernen Kappe am Baldachin eingehakt. Baldachin, Stahlmut und Rippen wurden an geeigneten Stellen vernietet, so daß diese drei Teile eins wurden, die Spannung gleichmäßig verteilen und sich gegenseitig unterstützen können. Die verstärkenden Metallteile tragen nicht nur einen Teil des Gewichts, sie dienen außerdem dazu, die Verbindungen der Rippen zu entlasten und die Spannung gleichmäßig auf alle Rippen zu verteilen. So kann die Last über die Blechschiene auf das Rundblech und weiter über den Mittelträger und den Sockel nach unten übertragen werden.

Zusammenfassung

Die Bronzewagen vom Mausoleum des ersten chinesischen Kaisers zählen zu den bedeutendsten Bronzedenkmälern in China. Sie sind äußerst kompliziert gebaut und waren bei der Ausgrabung in einem sehr schlechten Zustand. Zur Erhaltung der Farbfassung mußten spezielle, besonders angepaßte Konservierungsmittel erprobt und hergestellt werden. Zur Rückformung der Bronzeteile wurden geeignete Geräte entworfen, nicht zuletzt waren auch passende Lote und Klebstoffe sowie geeignete mechanische Verbindungstechniken zu entwickeln. So konnten die auf der Welt einmaligen, besonders wertvollen Bronzewagen restauriert werden (Abb. 2 und Farbtabelle XVIII.1).

Aus dem Chinesischen übersetzt von Gaglin Chen

Abb. 2. Wagen Nr. 1 nach der Restaurierung (Ansicht von vorne)

