

DIE ANFERTIGUNG EINER KOPIE DES GROSSEN LUDOVISCHEN SCHLACHTENSARKOPHAGS

Im April 2002 wurde zwischen der Bundesrepublik Deutschland und Italien die sogenannte Erklärung von Rom, in der die wünschenswerte Zusammenarbeit zwischen einigen bedeutenden deutschen und italienischen Museen auf eine neue Grundlage gestellt wurde, von den Präsidenten beider Länder unterzeichnet.

Im Nationalmuseum Palazzo Altemps in Rom befindet sich der große, aus Marmor gefertigte und vermutlich aus dem 3. Jahrhundert stammende römische Schlachtensarkophag aus der Sammlung Ludovisi, der 1901 vom italienischen Staat erworben wurde (Abb. 1). Der Deckel dieses Sarkophags, dessen Zugehörigkeit erst der deutsche Archäologe G. Rodenwaldt erkannt hat, gelangte um 1916 in

den Besitz des Römisch-Germanischen Zentralmuseums (RGZM)¹. Im Zuge der erwähnten deutsch-italienischen Zusammenarbeit wurde eine Vereinbarung getroffen, wonach eine Kopie des in Mainz ausgestellten Sarkophagdeckels dem Nationalmuseum Palazzo Altemps in Rom überlassen, im Austausch dafür eine Kopie des Sarkophagkastens im RGZM aufgestellt werden sollte.

Mitte September 2002 begannen Restauratoren des RGZM² in Rom mit der Anfertigung einer Negativform. Bei dieser Gelegenheit konnte eine bereits zuvor in Mainz angefertigte Kopie des Sarkophagdeckels dem Nationalmuseum überreicht werden. Die Dauer der Abformarbeiten in Rom betrug sechs Wochen.



Abb. 1 Der Sarkophag Ludovisi in der Ausstellung des Palazzo Altemps.

Die Planung und Vorbereitung

Bei der Planung einer Abformung stehen die Unversehrtheit des Originals und die Erstellung einer möglichst perfekten Kopie bei allen Überlegungen im Vordergrund. Beiden Ansprüchen gerecht zu werden, stellte wegen der z.T. filigranen Ausarbeitung der fast vollplastischen Figuren des Sarkophags, der daraus resultierenden tiefen



Abb. 2 Der Sarkophag Ludovisi mit Arbeitsplattform und Abdeckungen.

Hinterschneidungen und der vielen Durchbrüche eine besondere Herausforderung dar.

Zur Planung des Projekts wurde der Sarkophag etwa zwei Monate vor Beginn der Arbeiten besichtigt. Es wurden zahlreiche Aufnahmen gemacht, auch um die damit verbundenen Problemstellungen mit weiteren Experten erörtern zu können. In diesem Zusammenhang galt es, ein Konzept zum Schutz der wenigen noch erhaltenen Farbreste des Sarkophags zu erarbeiten und die Durchführung der Arbeiten so zu planen, dass der Ausstellungsbetrieb im Palazzo Altemps während dieser Zeit möglichst unbeeinträchtigt weiterlaufen konnte. Um die Dauer der Arbeiten vor Ort möglichst kurz zu halten, aber auch, weil die Rückseite des Sarkophags aufgrund seines Standortes in der Ausstellung nicht zugänglich war (Abb. 1), wurde beschlossen, die Abformung auf die plastisch verzierten Fronten (Vorder- und Seitenwände) zu beschränken und die fehlende Rückwand, den Boden sowie die Innenseiten (zumindest teilweise) später in Mainz frei nachzubilden.

Die folgende Abhandlung geht auf die einzelnen Arbeitsschritte bei der Ab- und Ausformung ein.

Die Abformung

Einrichten des Arbeitsplatzes

Da die Abformarbeiten nur in der Schausammlung des Palazzo Altemps durchgeführt werden konnten, musste zunächst der Arbeitsbereich abgetrennt und sorgfältig abgedeckt werden. Die Teile des Sarkophags, die nicht mit abgeformt werden sollten (z. B. dessen Innenseite und die steinernen, mit Löwenköpfen verzierten Basen, auf denen er ruht) wurden ebenfalls mit Folien abgedeckt und mit Schaumstoff geschützt. Wegen der beachtlichen Ausmaße des Sarkophags (L. 2,73 m; B. 1,37 m; H. 1,53 m zuzüglich ca. 55 cm für die Basen) musste eine Arbeitsplattform in Höhe der Unterkante des eigentlichen Sarkophags aufgebaut werden (Abb. 2).

Der Sarkophag wies an vielen Stellen alte Beschädigungen, Brüche und kleine Ergänzungen auf. Diese Stellen wurden genauestens fotografisch dokumentiert, um einer späteren Überprüfung als Grundlage für eine eventuell notwendige Schadensevaluierung nach der Abformung zu dienen.

Grundüberlegung und Vorarbeiten

Bevor mit dem Auftragen der Silikonkautschukhaut begonnen werden konnte, musste der Sarkophag gegen das Eindringen der im Silikonkautschuk enthaltenen Öle geschützt werden. Dazu wurde die gesamte Oberfläche des Sarkophags mit wasserlöslicher Methylzellulose isoliert.

Beim Erstellen einer Negativform aus Silikonkautschuk ist man stets bestrebt möglichst wenige Teilungen der flexiblen Haut einzuplanen. Rein theoretisch hätte sich bei dem vorliegenden Objekt die Silikonkautschukhaut ohne Teilung herstellen lassen. Aus Sicherheitsgründen, aber auch um die Form besser handhaben und transportieren zu können, wurden dennoch einige Trennungen vorgenommen: zunächst an den beiden vorderen Ecken aufgrund der dort vorhandenen, zum Teil freistehenden Figuren und den daraus resultierenden tiefen Hinterschnidungen. Hier sollte die Silikonkautschukhaut im Winkel von 45° geteilt werden, so dass sich später zwei Seitenteile und ein Frontteil ergeben würden. Darüber hinaus wurde entschieden, die Vorderseite durch zwei weitere Trennungen in drei etwa gleich große Segmente zu unterteilen. Dies sollte gewährleisten, die Silikonkautschukhaut bei der Entformung überall kontrolliert abziehen zu können. Die Festlegung dieser Teilungen erwies sich wegen der dichten Oberflächengestaltung als äußerst schwierig. Einerseits sollten Teilungen möglichst gradlinig und stets über die Höhen verlaufen, andererseits über möglichst wenig dekorierte Flächen, um den Aufwand der später erforderlichen Retuschen gering zu halten. Im vorliegenden Fall konnte diesen Anforderungen nicht immer entsprochen werden.

Um eine exakte Trennnaht in der Silikonkautschukhaut zu erhalten, wurde zunächst an den



Abb. 3 Plastilinstege für die Teilungen.

dafür vorgesehenen Stellen ein ausreichend hoher Plastilinsteg aufgebaut und der standfeste Silikonkautschuk (Elastosil M 3500 der Fa. Wacker Chemie) an einer Seite gleichmäßig angetragen (Abb. 3). Der Silikonkautschuk sollte dabei blasenfrei und in ausreichender Stärke aufgebracht werden, so dass er nach Abnahme des Plastilins selbst tragend als Wand stehen bleibt.

Die gleiche Vorgehensweise wurde auch bei den vielen Durchbrüchen angewendet. Hier bestand die Schwierigkeit darin, die genaue Trennebene des Durchbruchs festzulegen und die Plastilinwand exakt so einzuziehen, dass eine problemlose Entformung sicher gestellt war.

Um die Silikonkautschukabschnitte an den vorgesehenen Stellen später auch voneinander trennen zu können, wurde auf die dem Plastilinsteg zugewandte Seite des Silikonkautschuks das Trennmittel Rhenodiv LE aufgetragen. So wurde auch bei allen Durchbrüchen und Teilungen verfahren (Abb. 4).

Die Beschichtung mit Silikonkautschuk

Nach den oben beschriebenen Vorbereitungen konnte mit dem Auftragen des Silikonkautschuks auf die Oberfläche begonnen werden.



Abb. 4 Trennwände (teils beschichtet mit Silikonkautschuk) in den Durchbrüchen, Farbspurensicherung mit Zinnfolie.

Die erste Silikonkautschukschicht wurde nicht eingefärbt, um einem »Ausbluten« der Farbe in das Original oder später in das Kunstharz der Kopie vorzubeugen. Die folgenden Schichten können dann, zur besseren Kontrolle beim Auftragen, mit Pigmenten eingefärbt werden (Abb. 5).

Die Seitenteile

Da die Seitenteile nur sehr schwach plastisch ausgearbeitet sind, konnte hier recht zügig mit dem Auftragen von drei Schichten einer Mischung der Silikonkautschuk-Typen Elastosil M 4503 und M 3500 bei jeweils steigendem Anteil des Typs M 3500 begonnen werden. Die Mischung wird dadurch zähflüssiger und ermöglicht, dickere Schichten aufzutragen. Die Konsistenz der ersten beiden Schichten muss jedoch so abgestimmt werden, dass ein blasenfreier Auftrag gewährleistet ist. Zum Abschluss konnte der größte Teil der weniger starken Unterschneidungen mit standfestem Silikonkautschuk ausgeblockt werden. Tiefere Unterschneidungen wurden mit Gips ausgekeilt. Zur besseren Trennwirkung wurde der Silikonkautschuk leicht mit Talkum eingestäubt und war so vorbereitet für den anschließenden Bau der Stützkapseln.

Die Frontseite

Alle auf der Vorderseite vorhandenen Farbspuren wurden zuerst mit Zinnfolie abgedeckt (Abb. 4). Sämtliche Risse und Spalten, in die flüssiger Silikonkautschuk unkontrolliert hätte eindringen können, wurden mit standfestem Silikonkautschuk des Typs M 3500 geschlossen³. Die Verwendung dieses Silikonkautschuks hat gegenüber dem arbeitsintensiven Verschließen der Risse mit Plastilin mehrere Vorteile: Beim Auftragen des Materials kann die Eindringtiefe durch unterschiedlichen Druck von nur »überspannen« bis »sehr tief« bestimmt werden. Auf diese Weise lassen

sich auch Risse bis zu einer bestimmten Tiefe mit abformen und später auf die Kopie übertragen.



Abb. 6 1. und 2. Silikonkautschukschicht (Weiß und Gelb), freistehende Trennfläche aus festem Silikonkautschuk.

Durch seine hohe Weiterreißfestigkeit lässt er sich aus rauen, zerklüfteten Oberflächen relativ problemlos und rückstandsfrei herausziehen. Das zeitaufwändige Entfernen und Reinigen der Spalten und Risse von Plastilin entfällt.

Anschließend wurde eine erste flächendeckende Schicht mit flüssigem Silikonkautschuk aufgetragen. Um dabei einen kontrollierten, dünnen und blasenfreien Auftrag zu erreichen, wurde der Silikonkautschuk nur mit sehr schmalen Pinseln verarbeitet. Zur Vermeidung eines starken Ablaufens und einer damit verbundenen Tropfenbildung, verwendeten wir den Härter T 10. Dieser bewirkt eine relativ kurze Topfzeit des Silikonkaut-



Abb. 5 Zur besseren Kontrolle mit Farbpigmenten eingefärbte unterschiedliche Silikonkautschukschichten.



Abb. 7 Mit festem Silikonkautschuk ausgeblockte Hinterschnidungen und Löcher.

schuks von 10-15 min. Dadurch ließen sich aber nur geringe Mengen von maximal 50g verarbeiten. Zur besseren Kontrolle wurden die folgenden Schichten mit Pigmenten eingefärbt. Dies ermöglicht eine gute Kontrolle über einen lückenlosen und gleichmäßig starken Auftrag. Die erste mit Pigmenten eingefärbte Schicht erhielt einen leichten, dem Grundton des Objektes angeglichenen Ockerton (Abb. 5-6). Darüber hinaus wurde dieser Schicht 10%, allen darauf folgenden Schichten jeweils 20%, des standfesten Silikonkautschuks M 3500 beigemischt. Zusätzlich wechselten wir von Härter T 10 auf Härter T 40. Die dadurch erreichte längere Topfzeit, aber auch die steigende Routine bei der Verwendung des Materials erlaubten, jetzt Portionen von bis zu 200g in einem Zuge zu verarbeiten. Um das Beschichten zu erleichtern, wurde bereits nach der zweiten aufgetragenen Schicht damit begonnen, einige der sehr stark strukturierten Stellen mit festem Silikonkautschuk zu glätten (so beispielsweise der Kettenpanzer eines römischen Soldaten und die Locken der Barbaren) (Abb. 7). Nach der nächsten Schicht konnten dann die Unterschnidungen in Gewandfalten, Gesichtern usw. mit festem Silikonkautschuk ausgeblockt werden. Es musste aber darauf geachtet werden, dass die

Formhaut insgesamt möglichst dünn und flexibel blieb. Sehr tiefe Hinterschneidungen konnten daher nur in einigen Bereichen vollständig mit Silikonkautschuk aufgefüllt werden. Große Gewandfalten wurden mit festem Silikonkautschuk nur »überspannt«, um die Oberfläche von weiteren Unterschneidungen zu befreien.

Das Auskeilen der Unterschneidungen mit Hartgips

Bevor mit dem Bau der Stützkapsel begonnen werden konnte, mussten die noch verbliebenen zahlreichen Unterschneidungen mit Gipskeilen ausgeblockt werden. Alle Hinterschneidungen vollständig auszukeilen, hätte die Zahl der Keile derart erhöht, dass der vorgesehene Zeitrahmen für die Abformung gesprengt worden wäre. Darüber hinaus wären der Aufbau der Formteile und die sich daran anschließende Ausformung mit Kunstharz äußerst schwierig, wenn nicht gar unmöglich gewesen. Deshalb kamen neben konventionellen Gipskeilen auch sogenannte Sparkeile zum Einsatz.

Bei Sparkeilen werden die tiefsten Punkte einer Unterschneidung in der Silikonkautschukhaut gestützt. Dazu wird die zu stützende Stelle der Silikonkautschukhaut mittels einer Unterlage aus Gips (hier als Gipsfuß bezeichnet) durch ein Rundeisen (z.B. Schweißdrähte verschiedener Stärken) mit dem oberen Teil des Keiles, der die Hinterschneidung später

schließt, »verstrebt«. Um solche Keile herzustellen, wird folgendermaßen vorgegangen: Zuerst werden Rundeisen den Erfordernissen der Unterschneidung entsprechend zurechtgebogen, in die Unterschneidung eingepasst und mit Plastilin temporär fixiert. Das untere, am tiefsten Punkt der Unterschneidung befindliche Ende des Rundeisens wird in Gips eingegossen. Dabei muss darauf geachtet werden, dass die Rundeisen gut im Gips verankert sind und sich der Gipsfuß nicht verdrehen kann. Dieser muss so gestaltet werden, dass er in der Tiefe später eine möglichst große Fläche der Silikonkautschukhaut stützt, aber auch problemlos durch die engste Stelle in der Unterschneidung herausgezogen werden kann. Hat der Gips abgebunden, kann der obere, später in der Stützkapsel sitzende Teil des Keils (ebenfalls mit Gips) aufgetragen bzw. modelliert werden. Hier ist besonders wichtig, dass der Keil so tief wie möglich in die Öffnung der Unterschneidung hereinragt, selbstverständlich nur so tief, dass man ihn auch wieder herausziehen kann (Abb. 8). Dazu wird die Öffnung der Hinterschneidung vorher an dieser Stelle mit einer Platte aus Plastilin verschlossen.

Nach dem Abbinden werden der Sparkeil herausgenommen, das Plastilin entfernt und die Außenflächen geglättet bzw. angepasst. Größere Sparkeile können zum Herausziehen ein Loch erhalten.

Zum Entfernen konventioneller Keile, wurden bei Bedarf zusätzlich Ösen aus Draht eingebaut, an denen sie später mit einem Zughaken problemlos und ohne Gefahr für das Original herausgezogen werden konnten. So wurden nacheinander alle Unterschneidungen je nach Erfordernis mit konventionellen Keilen oder Sparkeilen verschlossen.

Bei dieser immer noch sehr hohen Zahl an Keilen, musste ebenfalls sichergestellt werden, dass sie schnell und gut zugeordnet werden konnten. Dazu war erforderlich, jeden Keil mit einer eindeutigen und möglichst kurzen Signatur zu versehen, die sich auch in sehr kleine Keile eingravieren ließ. Eingravieren deshalb, weil durch den negativen Abdruck in der Stützkapsel die Zuordnung erleichtert wird. Die Signatur bestand in einer Kombination aus römischen und arabischen Zahlen sowie Buchstaben.

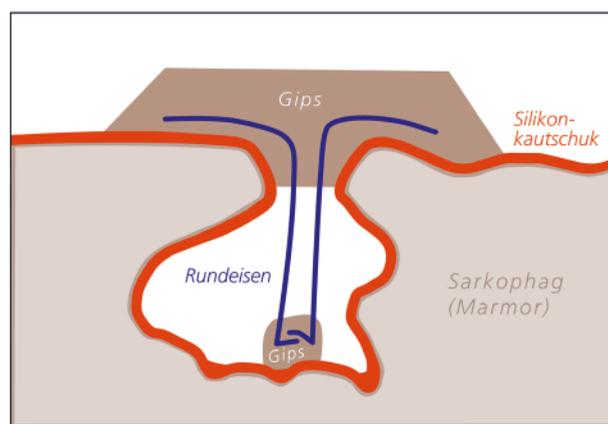


Abb. 8 Schematische Darstellung eines Sparkeils.

Dazu wurde die Front in etwa sechs gleichgroße Segmente unterteilt und mit römischen Zahlen durchnummeriert. Innerhalb dieser Abschnitte erhielten alle Keile die entsprechende römische Ziffer. Die Hauptkeile eines Segments wurden zusätzlich mit arabischen Zahlen durchnummeriert. Hatte ein Hauptkeil nun einen oder mehrere Unterkeile, bekamen diese noch einen Buchstaben. So konnte mit nur zwei bis drei Zeichen eine gute Zuordnung erreicht werden. Die Beschriftungen wurden ausführlich fotografisch dokumentiert, um im Bedarfsfall auch anhand der Fotos Keile zuordnen zu können (Abb. 9).

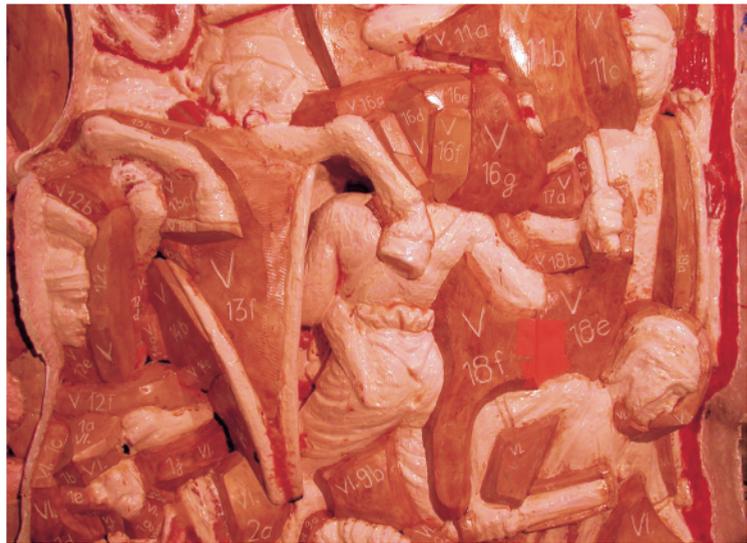


Abb. 9 Die eingravierte Signatur der Keile.

Die Herstellung der Stützkapseln mit Formenbau-Gips

Multi-Dur Laminatgips der Firma Ebalta ist ein Alpha-Gips, der wesentlich härter als normaler Gips abbindet und aufgrund seiner Abbindeparameter angenehmer zu verarbeiten ist⁴. In Verbindung mit einem Nadelvlies aus Glasfasern (Gewicht 600g/m²) erhält man bereits mit nur einer Lage dieses Laminiersystems sehr formstabile Stützkapseln. Das System bietet gegenüber Kunstharzkapseln die Vorteile eines angenehm zu verarbeitenden und gesundheitlich unbedenklichen Materials. Im Vergleich zu konventionellen Gipskapseln kommen Formteile aus Alpha-Gips ohne zusätzliche aufwändige Armierungen aus, sind wesentlich leichter und können miteinander verschraubt werden.

Zur Laminierung der Kapsel haben wir zunächst das Nadelvlies mit einem Rollenschneider in unterschiedlich große Rechtecke und Quadrate geschnitten. Die für ein Segment benötigte Fläche des Nadelvlieses wurde ermittelt, um einen Anhaltspunkt für die anzurührende Menge an Gips zu bekommen. Nach den bisher gemachten Erfahrungen kann 1m² Nadelvlies mit ca. 8-9kg Gips (Trockengewicht) getränkt werden, der mit einer

genau definierten Wassermenge angerührt werden muss. Die Vliesstücke wurden nacheinander in den dünnflüssigen Gips eingetaucht, der Überschuss leicht abgestreift und dann von unten beginnend, mindestens 2cm überlappend aufgelegt und glatt gestrichen. An den Trennungen der Kapselteile wurde das Vlies nach innen umgeschlagen und in einer Breite von ca. 6cm aufgestellt, um so verstärkte Stege zu erhalten (Abb. 10). Um ein problemloses Abnehmen der Kapselteile zu gewährleisten, ist darauf zu achten, dass es dabei zu keinen Unterschneidungen kommt und die Flächen der Stege möglichst glatt sind. Nach Fertigstellung aller Kapselteile werden die Stege durchbohrt und lassen sich miteinander verschrauben.

Nachdem die erste Stützkapsel auf der Frontseite fertig gestellt war, zeigte sich, dass das Entfernen abgebundener Gipspritzter, die beim Auftragen des Laminat-Gipses auf benachbarte Keile geraten waren – trotz reichlicher Isolierung mit Wachs – unerwartete Schwierigkeiten bereitete. Das bereitete uns Sorge, weil sich möglicherweise auch die Stützkapseln nicht so einfach wie ursprünglich angenommen von der Oberfläche der zahlreichen Gipskeile würden trennen lassen. Normalerweise liegt der überwiegende Teil einer Stützkapsel direkt auf dem Silikonkautschuk auf. Bei dieser Form



Abb. 10 Aufbringen der Stützkapsel mit Formenbaugips.

waren jedoch ca. 75 % der Oberfläche von Gipskeilen bedeckt. Um jedes Risiko bei der Entformung auszuschließen, wurde daher eine ca. 5mm starke Haut aus Silikonkautschuk (Elastosil M 3500) über den verbleibenden, noch nicht mit Kapseln versehenen Rest der Frontseite aufgetragen. (Die weiteren Stützkapseln sollten also zu 100% auf einer zusätzlich über den Gipskeilen aufgetragenen Silikonkautschukhaut aufliegen.)⁵ Als ein weiterer Vorteil dieser Maßnahme erwies sich später, dass auch die Beschriftung der Keile sich besser abzeichnete. Es konnten nun die restlichen Hartschalen aus Multi-Dur Formenbau-Gips erstellt werden. Aufgrund der großen Flächen der einzelnen Kapselsegmente wurden zur leichteren Entformung abschließend auf der Frontseite jeweils im oberen und unteren Drittel zusätzlich Eisenrohre anlamiert.

Das Abnehmen der Negativform

Die Stützkapsel

Anfangs war es sehr schwierig die Stützkapselsegmente von der Silikonkautschukhaut zu lösen, da auf derart großen Flächen auch große Adhäsionskräfte wirken. Die anlamierten Eisenrohre stellten sich hier als sehr hilfreich heraus. Sie boten die entsprechenden Angriffspunkte zum Lösen der einzelnen Formteile. Zuerst wurden die beiden Seitenteile abgenommen, danach die Frontstücke entfernt. Nach Abnahme der einzelnen Front-

stücke wurden jeweils auch die Formkeile gelöst und an die entsprechenden Positionen in der Stützkapsel gelegt. Trotz der markanten Formen und guten Erkennbarkeit der Signaturen bereitete die richtige Platzierung dennoch einige Schwierigkeiten, da alle Keile spiegelverkehrt eingesetzt werden mussten (Abb. 11).



Abb. 11 Stützkapsel mit eingelegten normalen Keilen und Sparkeilen.



Abb. 12 Abnahme der Silikonkautschukhaut von einem Seitenteil.

Die elastische Formhaut

Zuerst wurden auch hier die beiden relativ einfach zu entfernenden Seitenteile der Silikonhaut abgenommen (Abb. 12). Beim Entformen der Frontseite war darauf zu achten, die flexible Formhaut so abzuziehen, dass dabei das Original nicht gefährdet wird. Große Vorsicht und Aufmerksamkeit war auch bei den Teilungen angebracht, die durch Durchbrüche verliefen. Die Trennnähte mussten erst vorsichtig gelöst, wenn Schwierigkeiten auftraten, manchmal auch mit einem Skalpell aufgeschnitten werden. Dies war überwiegend dort notwendig, wo das Trennmittel, vermutlich wegen des schwierigen Zugangs und der schlechten Kontrolle, in den Tiefen nicht alle Stellen ausreichend benetzt hatte.

Mit fortschreitender Ablösung der Silikonkautschukhaut stieg auch das Gewicht des herabhängenden Teils der Formhaut. Dieses musste abgefangen werden, um nicht zusätzliche unkontrollierbare Zugbelastungen auf den filigranen Ausarbeitungen des Sarkophags zu erzeugen. Nachdem ein Segment

entformt war, wurde die Formhaut in die entsprechende Stützkapsel gelegt. Dabei stellte sich heraus, dass es sehr zeitaufwändig und schwierig war, die Silikonkautschukhaut einzulegen, ohne dass dabei ein großer Teil der Keile verrutschte. Für den Transport der Form wurden deshalb nicht alle Keile zur Stützung der Silikonkautschukhaut in die Kapseln eingelegt; eine Gefahr für die Form während des Transportes bestand dabei nicht. Für den späteren Ausguss aber musste für dieses Problem noch eine Lösung gefunden werden.

Nach Abnahme aller Teile wurde der Sarkophag von Isoliermitteln gereinigt und eine alte, durch die Abformung gelöste Klebung eines Fingers wiederhergestellt.

Der Ausguss

Die Vorbereitungen

Zurück in Mainz, wurden die einzelnen Segmente der Negativform sofort wieder aufgebaut, um eine bleibende, nachträgliche Verformung insbesondere der Silikonkautschukhaut durch falsche Lagerung zu verhindern. Alle Keile mussten an der richtigen Stelle positioniert und die Silikonkautschukhaut exakt darüber gelegt werden. Dies gelang nur, indem man von der Mitte ausgehend nach allen Seiten hin Keile und Formhaut vorsichtig in die richtige Position brachte. Dabei war es immer wieder notwendig, verschobene Keile nachzukorrigieren. Bald stellte sich jedoch heraus, dass die Negativform in dieser Art des Aufbaus für einen Ausguss mit Kunstharz ungeeignet war. Die Gefahr von Deformierungen der Silikonkautschukhaut war aufgrund der Schwierigkeiten beim Aufbau der Keile doch zu groß. Zur Lösung des Problems mussten daher die Keile zusätzlich reversibel fixiert werden.

Das Präparieren der Hartschale

Die Keile mit der Hartschale durch Schrauben und Gewindestäbe zu fixieren, erwies sich als prakti-



Abb. 13 Mit Gewindestangen fixierte Keile.

kabelste Form der Befestigung. Zur Anwendung kamen Spax-Schrauben unterschiedlicher Längen und Gewindestäbe mit einem Durchmesser von je 4 bzw. 5 mm. Um die Keile auch überall in ihrer exakten Position zu fixieren, mussten sie incl. der Hartschale von ihrer Innenseite her durchbohrt werden. Überall dort, wo es möglich war, wurden die Keile mit Spax-Schrauben in den vorgebohrten Löchern befestigt. In allen anderen Fällen mussten Gewindestäbe auf die entsprechende Länge geschnitten werden (Abb. 13). Um sicher zu gehen, dass sich die Gewindestäbe beim Entformen auch wieder problemlos herausdrehen lassen würden, verklebten wir jeweils die innen liegende Mutter mit einer Unterleg- und einer Fächerscheibe mit Epoxydharz im Gipskeil. Die Silikonkautschukhaut konnte nun sicher in die Stützkapsel eingelegt werden.

Die Reparatur der Formhaut

Einige zu dünn geratene Stellen der Formhaut waren beim Entformen eingerissen. Diese überwiegend im Bereich der Sparkeile eingerissenen Stellen mussten durch Auspolstern, Druck und Zug so in Position gebracht werden, dass der Riss sich schloss, ohne dabei Stufen zu bilden. Die Risse wurden mit spachtelfähigem Silikonkautschuk verklebt. Um dabei unbeabsichtigt zurückgelassene Verunreinigungen auf der Oberfläche der Formhaut besser

erkennen zu können, wurde der Silikonkautschuk eingefärbt und gegebenenfalls entfernt.

An einigen Stellen (z.B. den Haaren oder dem Kettenpanzer) hatten sich trotz aller Sorgfalt beim Auftragen des flüssigen Silikons doch kleine Luftblasen und Fehlstellen gebildet. Auch diese wurden mit eingefärbtem Silikonkautschuk aufgefüllt und mit Hilfe von Seifenwasser der jeweils notwendigen Form angeglichen. Im Vergleich zu einer ansonsten später an der ausgeformten Kopie notwendigen Retusche solcher Fehlstellen, war diese Arbeit schnell und einfach zu bewerkstelligen.

Die Herstellung der Kunstharzmischung

Für eine Kopie mit diesen Ausmaßen werden für die Ausformung sehr große Mengen eines Gemisches aus Epoxydharz, Zuschlagstoffen und Farbpasten benötigt, die nicht in einer Charge hergestellt bzw. verarbeitet werden können. Es musste daher sichergestellt werden, dass alle Kunstharzansätze immer die gleiche Farbe und Transluzenz des zu imitierenden Marmors haben. Ein präzises Abwiegen der einzelnen Komponenten ist dazu unabdingbar.

Da sich die Menge des zuzugebenden Härterers nur nach dem Anteil des Harzes in der Mischung bemisst, ist darauf zu achten, Zuschlagstoffe in einem Verhältnis beizumengen, das nicht nur gute Verarbeitungseigenschaften der Mischung gewährleistet, sondern vor allem die Härterzugabe in einem möglichst einfach zu rechnenden Prozentsatz gestattet. Langjährige Erfahrung mit dem hier verwendeten Material⁶ haben gezeigt, dass eine Mischung von 10g Harz und 5,5g Zuschlagstoffen bei einer Härterzugabe von 20% (bezogen auf das Gesamtgewicht) diese Anforderungen am besten erfüllt⁷. Nach einigen Versuchen ergab sich als optimale Mischung zur Imitation des Marmors ein Gemisch aus 20g Harz, 10,6g Talkum, 0,4g Aerosil und 0,1g einer Farbpaste, bestehend aus 1g Harz, 1g Titanweiß und 0,01g Ocker.

Diese Mischung wurde auf 20kg Harz und die dafür notwendige Menge an Zuschlagstoffen und Farb-

paste hochgerechnet. Zum Auftragen auf die Formhaut war dieser Ansatz jedoch noch zu flüssig. Die richtige Konsistenz wurde je nach Anwendung deshalb mit Aerosil 200 kurz vor der Verarbeitung eingestellt⁸. Einen Einfluss auf Farbe oder Transluzenz des Materials hatte diese vergleichsweise geringe Zugabe nicht. Nach jedem neu gemischten Ansatz wurde vor der Verarbeitung zur Sicherheit eine Farbprobe gemacht und mit der ersten Probe verglichen. Die Rezeptur erwies sich als so exakt, dass kein Ansatz korrigiert werden musste.

Das Ausformen der Negativform

Das Auftragen der Feinschichten

Beim Aufbringen der ersten Schicht in die Negativform wurden Mengen bis maximal 1 kg angerührt und nacheinander möglichst gleichmäßig aufgetragen (maximal 1kg deshalb, weil größere Mengen Epoxydharz bei der Polymerisation durch die dabei entstehende Reaktionswärme zu schnell aushärten würden). Alle schwer zugänglichen Bereiche in der Negativform, die nach dem Aushärten der ersten Schicht nicht mehr erreicht werden konnten, mussten sorgfältig und ausreichend dick beschichtet werden. Filigrane Bereiche der Form wie beispielsweise Finger, Zügel, Gliedmaßen, enge Durchbrüche usw. wurden massiv ausgefüllt. Nach dem Aushärten der ersten Feinschicht sollte eine weitere Schicht aus etwas stärker versteiftem Epoxydharz sicherstellen, dass die farbgebende Schicht auch überall ausreichend dick ist. Im Anschluss konnte die Form dann laminiert werden.

Das Aufbringen der Kupplungsschicht

1997 wurde das bisher übliche Auslaminieren mit Epoxydharz und Glasfasergewebe am RGZM durch ein neues Produkt auf Gips-Acrylbasis (Polydur-Laminat-System der Fa. Ebalta) ersetzt. Es ist gesundheitlich unbedenklicher, lässt sich leichter verarbeiten und besitzt eine höhere Festigkeit. Bereits eine dünne Schicht ist blickdicht und durch ihre

neutrale weiße Farbe überall einsetzbar. Normalerweise wird das Laminat zusammen mit einer Kupplungsschicht in einem Nass-in-Nass-Verfahren mit der äußeren Feinschicht verbunden. Bedingt durch den enthaltenen Gips verliert man aber die Option, bei Bedarf den Ausguss nachträglich thermisch ausrichten zu können. Bei diesem Objekt musste jedoch damit gerechnet werden, dass genau diese Möglichkeit, die einzelnen Teilstücke aneinander anzupassen, mit hoher Wahrscheinlichkeit erforderlich sein würde. Da die beiden bis dahin aufgebrachten Feinschichten zu fragil waren, um bereits aus der Negativform genommen werden zu können, wurde in diesem Fall nur die Kupplungsschicht aufgebracht, während der zweite Schritt erst nach der Anpassung erfolgte. Dies ließ sich auch ohne Weiteres verantworten, weil allein durch die starke Plastizität des Sarkophags die mechanische Verankerung der Fein- und Kupplungsschicht untereinander für die Stabilität vollkommen ausreichend waren.

Die Kupplungsschicht besteht aus Epoxydharz⁹, dem etwas Talkum und soviel Glasseidenkurzfasern (6mm) beigemischt werden, bis die Masse spachtelfähig ist und bei gleichmäßig dünnem Auftrag eine Art Vlies bildet (Abb. 14). Kleinere Vertiefungen, scharfe Ecken und Winkel wurden aufgefüllt oder geglättet, um beim späteren Beschichten mit dem Polydur-Laminat System Luft einschließen vorzubeu-



Abb. 14 Feinschichten mit teilweise aufgetragener Kupplungsschicht.

gen. Nach dem Aushärten dieser Schicht waren die ausgeformten Abschnitte so stabil, dass sie ohne Gefahr aus ihrer Negativform entnommen werden konnten.

Das Retuschieren

Alle Kunstharzgrate auf der Vorderseite wurden mechanisch entfernt. An Stellen, an denen ein leichter Versatz der Naht auftrat, wurde dieser mit einer feinen Säge aufgeschnitten, anschließend mit Wärme (mittels eines Heißluftföhns) gerichtet und mit Kunstharz wieder verklebt.

Kleinere Fehlstellen ließen sich am besten mit dem Epoxydharzgemisch der Feinschicht retuschieren, dem zusätzlich so viel Aerosil zugesetzt wurde, bis es eine fast bröselige Konsistenz aufwies. In diesem Zustand lässt es sich wunderbar modellieren und bleibt matt. Darüber hinaus lässt sich, bedingt durch den kontinuierlich verlaufenden Polymerisationsprozess des Epoxydharzes, im jeweils geeigneten Aushärtungsgrad die endgültige Form und Oberflächengestaltung ohne großen Aufwand herstellen. So kann beispielsweise recht einfach eine Bruchoberfläche imitiert werden, indem man zum geeigneten Zeitpunkt eine Bruchkante des gleichen oder ähnlichen Steins in das noch weiche Kunstharz

drückt. Falls notwendig, dient hier ein wenig Talkum oder Aerosil als Trennmittel. Mit Hilfe von Talkum kann man auf der Oberfläche auch jeden gewünschten Grad von Glanz durch leichtes Überpolieren erzielen. Aufgetragenes Aerosil dagegen erzeugt matte Oberflächen. Mit Pinseln verschiedener Härte lassen sich während des modellierfähigen Zustands des Kunstharzes auch Poren oder Kratzer erzeugen. Alle derart ausgeführten Arbeitsgänge können bei Bedarf korrigiert, verändert oder rückgängig gemacht werden. Ist das Harz einmal ausgehärtet, lassen sich solche Oberflächenimitationen allerdings nur bedingt und mit erheblich mehr Aufwand mittels Fräsen, Stichel, Feilen usw. herstellen. Um den dabei anfallende Feinstaub nicht einzuatmen, muss darüber hinaus auch mit entsprechender Schutzkleidung gearbeitet werden.

Der Umgang mit größeren Fehlstellen

An zwei Stellen (an der eines Helmvisiers und eines Helmkamms) war die Silikonkautschukhaut zwecks Kontrolle des Kunstharzauftrags etwas aus der Stützkapsel gezogen worden und hatte sich danach nicht wieder korrekt in der Stützkapsel angelegt. Nach dem Entformen der Kopie stellte sich heraus, dass diese Stellen zu stark deformiert waren, um sie



Abb. 15 a Große Fehlstelle (bereits ausgesägt) vor der Retusche – b nach der Retusche.

zu retuschieren. Einen zweiten Ausguss der gesamten Seite rechtfertigen sie jedoch nicht. Deshalb wurden nur die beiden betroffenen Partien ein zweites Mal ausgeformt und die Bereiche sowohl an der Kopie als auch an den Nachgüssen so knapp wie möglich ausgesägt. Die Nachgüsse wurden dann eingepasst, eingeklebt und an den Nahtstellen entsprechend retuschiert (Abb. 15a-b).

Der Zusammenbau der einzelnen Formteile

Das Anpassen der Teilstücke

Zwei der drei Frontsegmente ließen sich wegen der sehr kurvig verlaufenden Naht nicht exakt zusammenfügen. Deshalb musste in einem ersten Arbeitsschritt ein störender Abschnitt, der das Zusammenschieben behinderte, mit einer feinen Säge abgetrennt werden – die Naht der kopierten Teilstücke wurde somit gewissermaßen »begradigt«. Nach dem Anpassen der Naht in liegender Position konnten mit Schraubzwingen und Spanngurten die Einzelteile dann in senkrechter Position so perfekt wie möglich zusammen gezogen und weiter korrigiert werden. Danach wurde die Fuge mit eingedicktem Kunstharz von der Rückseite her verschlossen und mit Epoxydharz getränkten Glasfasermatten überlamiert (Abb. 16). Zum Retuschieren der Naht auf der Vorderseite wurde, noch bevor das Epoxydharz komplett ausgehärtet war, überschüssiges Kunstharz, das sich durch die Naht durchgedrückt hatte, entfernt oder aber in nicht vollständig gefüllte Bereiche der Fuge angetragen. Nach dem Aushärten wurden kleine Unebenheiten mit Sandpapier und Schabern nachgearbeitet und mit feiner Stahlwolle (0000) nachpoliert. Erst jetzt wurde der herausgetrennte Abschnitt der Naht eingepasst und wieder eingesetzt. Für den weiteren Zusammenbau musste eine Lehre



Abb. 16 Verbinden der Einzelteile von der Rückseite her mit Glasgewebe und Epoxydharz.

hergestellt werden, mit deren Hilfe man die korrekte Ausrichtung der einzelnen Teile überprüfen und diese ausreichend sicher fixieren konnte. Dazu diente eine auf Füßen stehende, U-förmige Basis aus Stahl-Vierkantrohren (8 x 5 mm) in den Grundmaßen des Sarkophags. An diese ließen sich fünf senkrechte Zargenpaare, ebenfalls aus Vierkantrohr, variabel anschrauben und die Segmente mit entsprechender Polsterung sicher einklemmen und positionieren (Abb. 17a-b).

Auf dieser Lehre wurden das bereits zusammengesetzte Segment der Frontseite und das noch fehlende in der bereits beschriebenen Weise zu einem Stück verbunden. Um dabei den kompletten Nahtverlauf ohne Versatz zusammenfügen zu können, musste die Naht gelegentlich – bei Bedarf auch abschnittsweise – mit einem Heißluftfön erhitzt, nachgerichtet und geklebt werden.

Das Anpassen der beiden Seitenteile an die zusammengefügte Vorderseite gestaltete sich wegen der vollplastisch ausgearbeiteten Figuren in den Ecken äußerst schwierig und sehr aufwändig. Um sowohl bei der zusammengefügten Front als auch bei den beiden Seitenteilen die noch ausstehende Schicht mit dem Polydur-Laminat-System in



Abb. 17 Zusammenfügen der Frontseite in einer Lehre. – a Vorderseite – b Rückseite.

Partien des Originals bei der Kopie verfahren werden soll, entschieden wir, auf eine vollständige Rekonstruktion zu verzichten. Stattdessen wurden Rückwand, Boden und die fehlenden Innenseiten, von den Rändern der kopierten Fronten ausgehend, nur ca. 25cm »andeutungsweise« weiterführend nachgebildet, um einerseits den geschlossenen Gesamteindruck des Originals wiederzugeben und andererseits der Kopie die notwendige Stabilität zu verleihen und sie mit einer Standfläche zu versehen. Diese Abschnitte mussten frei modelliert werden. Dazu wurden die Front und die Seitenteile aus der Haltekonstruktion gelöst, flach hingelegt und aus Styrodurplatten Eckelemente geschnitten, die als Form für die Randverstärkung und Weiterführung (des Bodens und der Rückwand) dienen konnten. Zur Befestigung der Eckelemente wurden zunächst in Polydur getränkte Glasfaserstreifen aufgelegt. Von diesen wurden die ersten ca. 40cm mit mindestens 2cm breiter Überlappung an der

der angenehmeren horizontalen Arbeitsposition aufbringen zu können, wurden die Seitenteile aber vorerst noch nicht mit der Frontseite verbunden.

Das Auslaminieren mit dem Polydur-Laminat-System

Wie bereits eingangs erwähnt, konnten bei der Anfertigung der Negativform in Rom nur die dekorierten Front- und Seitenteile inklusive deren oberen Ränder (bis zur Kante der Innenseiten hin) abgeformt werden. Zur Frage, wie mit den nicht abgeformten

Innenseite der Ausformung mit dem Pinsel ange-drückt. Der überhängende Teil der Streifen ruhte auf einer Holzlatte, die zuvor im Abstand von ca. 10cm parallel zum Rand der Ausgüsse montiert worden war. Danach konnten die Eckelemente aus Styrodur auf den Glasfaserstreifen parallel zur Kante aufgelegt und die überstehenden Enden der Glasfaserstreifen nun zurück in den Ausguss geschlagen und überall fest angedrückt werden (Abb. 18 a-c). Dabei war es notwendig, die anlamierten Eckelemente leicht nach innen zurückversetzt anzukleben,



Abb. 18 a Einpassen der Styrodur- Eckelemente. – b Aufgelegte mit Polydur getränkte Glasfasermattenstreifen. – c Einlaminieren der Styrodur-Eckelemente.

Seitenteile zum Einsatz gekommen war. Mithilfe eines Lappenballens wurde die Oberflächenstruktur des grob behauenen Marmors herausgearbeitet – auch hier bevor das Kunstharz vollständig ausgehärtet war.

Die Fertigstellung der Kopie

Nach Abschluss der Laminierungsarbeiten wurden alle drei Segmente wieder in die Lehre eingesetzt,

um später noch eine Feinschicht aus Epoxydharz auf der Außenseite auftragen zu können. Im Anschluss wurden die restlichen Flächen mit den getränkten Glasfasermatten in ausreichender Überlappung beschichtet. In den Bereichen, in denen die Front- und Seitenteile aneinander stoßen, blieb jeweils ein ca. 50cm breiter Streifen ausgespart, da hier ja noch eine Verklebung der Teile erfolgen musste.

Abschließend wurde auf den Außenseiten der Eckelemente noch eine Feinschicht aus Epoxydharz aufgetragen. Hierzu verwendeten wir den gleichen Epoxydharzansatz, wie er zuvor für die Ausformung der Front- und



Abb. 19 Anpassen eines Seitenteils.



Abb. 20 Die fertige Kopie des Schlachtensarkophags Ludovisi mit originalem Deckelfries in der Ausstellung des RGZM.

in der bereits beschriebenen Weise verklebt und auf der Außenseite retuschiert. Die noch nicht laminierten Eckzonen erhielten nun eine Verstärkung mit Glasfasermatten und Polydur-L/EM (Abb. 19). Abschließend mussten noch die Innenseiten am oberen Rand der Front- und Seitenteile, ebenfalls nur andeutungsweise, anmodelliert werden. Bei den Seitenteilen konnten Styrodur-Streifen unter dem oberen Rand eingepasst werden. Am Frontteil wäre dies wegen der stark reliefierten Oberfläche zu aufwändig gewesen. Hier wurden die Unterscheidungen zunächst mit Polyurethan-Hartschaum von innen ausgefüllt, Styrodur und Hartschaum dann mit Polydur-L/EM überlaminiert und die Oberflächentextur des Steines in der oben beschriebenen



Abb. 21 Detailansicht der fertigen Kopie.



Abb. 22 Seitenansicht der fertigen Kopie mit originale Deckelfries.

Weise dem Original nachempfunden. Mit dem farblichen Angleichen der Oberfläche an die des Originals mittels Dispersionsfarben und dem Auftragen

eines Schlussfirnisses aus Latex wurden die Arbeiten abgeschlossen¹⁰ und die Kopie des Sarkophags in die Sammlung des RGZM überführt (Abb. 20-23).

Anmerkungen

- 1) Dazu und zur Restaurierung des im Krieg 1945 zerstörten Sarkophagdeckels siehe auch: R. Petermann, Zur Restaurierung des Deckelreliefs vom ludovisischen Schlachtensarkophag. In: Festschrift Hundt Teil 2, Jahrbuch des RGZM 22, 1975, 218-220.
- 2) An der Abformung in Rom waren folgende Kollegen des RGZM beteiligt: Leslie Pluntke (Restauratorin), Filiz Kürbis und Stefan Ritter (damals Auszubildende am RGZM).
- 3) Um eine blasenfreie Mischung dieses Silikonkautschuktyps zu

erhalten, empfiehlt es sich, den Härter nicht einzurühren, sondern auf einer glatten Fläche mit einem Spachtel einzumassieren.

- 4) Leider hat die Firma Ebalta den Multi-Dur spezial Formenbaugips aus ihrem Lieferprogramm gestrichen. Von dem als Ersatzprodukt angebotenen Ludur XL liegen aber im RGZM noch keine ausreichenden Erfahrungen vor. Ein gleichwertiges Produkt, mit allerdings stark abweichenden Abbindeparametern, bietet die Firma BPB Formular GmbH unter der Bezeich-



Abb. 23 Detailansicht der fertigen Kopie.

nung Exaduro an. Dieses Produkt lässt sich bei Zugabe von 1% Verzögerer ähnlich gut verarbeiten wie der Multi-Dur spezial Formenbau-Gips. Allerdings ist die Bestellung kleiner Mengen schwierig.

5) Auch die erste, ohne trennende Silikonschicht hergestellte Stützkapsel der Frontseite, ließ sich dann doch noch relativ gut abnehmen, obwohl zwei große Sparkeile an der Kapsel haften blieben.

6) Für die Imitation von Marmor hat sich das Epoxydharz Araldit BY 158 + Härter Aradur 21 der Firma Ciba-Geigy bisher am besten bewährt.

7) Die Formel zum Errechnen der benötigten Zuschlagstoffe, die auf unterschiedliche Kunstharztypen angewendet werden kann, lautet:

$$\left(\frac{\text{Soll\% Härter} \times 100}{\text{Wunsch\% Härter}} \right) - 100 = \text{Menge an Zuschlagstoffen je } 100 \text{ g Harz.}$$

8) Bei der Verwendung von Araldit BY 158 empfiehlt es sich, das Aerosil vor der Zugabe des Härters einzumischen, da sich anderenfalls leicht Klumpen bilden können.

9) Araldit BY 158 + Härter Aradur 21 der Firma Ciba-Geigy.

10) Diese Arbeiten wurden von Ulrike Lehnert (Restauratorin), Matthias Heinzl und Rebekka Vornkahl (damals Auszubildende am RGZM) ausgeführt.

Abbildungsnachweis

Abb. 1-7. 9. 11. 13-15. 17. 18a-b. 19: U. Froberg, RGZM; Abb. 8: M. Ober, RGZM; Abb. 10. 12. 16. 18c: S. Ritter, RGZM; Abb. 20. 22-23: R. Müller u. V. Iserhardt; RGZM; Abb. 21: R. Köster, RGZM.

Zusammenfassung / Abstract / Résumé

Die Anfertigung einer Kopie des Großen Ludovischen Schlachtensarkophags

In zwei Abschnitten werden Planung, Vorbereitung und durchgeführte Arbeiten zur Herstellung einer Kopie des Ludovischen Schlachtensarkophags aus dem Museum Altemps in Rom beschrieben. Im ersten Abschnitt wird ausführlich auf die einzelnen Arbeitsschritte eingegangen, die zur Abformung des sehr stark profilierten römischen Marmorsarkophags notwendig waren, und die Herstellung einer Negativform aus Silikonkautschuk und einer Stützkapsel aus Alpha-Hartgips beschrieben. Der zweite Abschnitt behandelt eingehend die Ausformung der Negativform mit einem Laminiersystem bestehend aus Epoxydharz und einer Acrylharz-Gipsmischung und Glasgewebe. Das bisher übliche Auslaminieren mit Epoxydharz und Glasfasergewebe wurde am RGZM durch dieses neue Produkt (Polydur-Laminat-System der Firma Ebalta) ersetzt. Durch seine neutrale weiße Farbe ist es überall einsetzbar; es ist gesundheitlich unbedenklicher, lässt sich leichter verarbeiten und besitzt eine höhere Festigkeit.

The production of a copy of the large Ludovician battle sarcophagus

In two paragraphs, the moulding and copying of the famous battle sarcophagus in the Museum Altemps in Rome, formerly in the Ludovisi Collection, is described. The first paragraph deals with the difficult moulding of this marble sarcophagus with high and undercut relief. Silicon rubber was used as moulding material, strengthened with a capsule of hardened plaster of Paris. In the second paragraph the forming is described. Several layers of epoxy resin and a mixture of acrylic resin and plaster reinforced with glass fibre tissue (Polydur lamination system of the Ebalta Kunststoff GmbH, Rothenburg o.d. Tauber, Germany) were applied. This product is less harmful to health, easier to apply, has a higher strength, and due to its neutral white color it can be applied to a wide range of purposes.

La réalisation d'une copie du sarcophage dit «Grand Ludovisi»

Cet article décrit en deux parties la planification, la préparation et la réalisation d'une copie du sarcophage Ludovisi du Palais Altemps à Rome. La première partie présentera en détails les différentes étapes nécessaires au moulage du profil très en relief de ce sarcophage romain en marbre ainsi que la réalisation de l'empreinte en caoutchouc de silicone et d'une capsule de soutien en plâtre dur Alpha. La deuxième partie de cet article traite de

façon approfondie de la réalisation de la chape par un système de plastification au moyen d'une résine époxy, d'un mélange de plâtre et de résine acrylique et de tissu en fibre de verre. La résine époxy et le tissu en fibre de verre utilisés couramment ont été remplacés par ce nouveau produit (Polydur-Laminat-System de l'entreprise Ebalta) au RGZM. De couleur blanche neutre, ce matériau est utilisable dans tous les cas de figures, il est sans danger pour la santé, se laisse facilement travailler et possède une solidité élevée.

Schlagworte

Rom, Palazzo Altemps, 3. Jahrhundert, Abformung, Laminat-System