

Mirjam Balsiger **KATZENJAMMER IM ALTEN ÄGYPTEN**
Valentin Boissonnas *Untersuchungen und Restaurierung*
Marianne Senn *einer ägyptischen Bronzekatze*

Kleinbronzen aus dem alten Ägypten sind in grossen Mengen in Sammlungen und Museen der ganzen Welt vertreten. Viele dieser Sammlungen stammen aus der Gründerzeit der Museen und wurden bereits im 19. Jahrhundert nach Europa eingeführt. Um feine Verzierungen dieser ansprechend gearbeiteten Objekte sichtbar zu machen, wurden schon früh zahlreiche Anstrengungen unternommen, um störende Korrosionsschichten zu entfernen. Solche frühen Restaurierungen waren oftmals radikal. Sie entfernten alle Korrosionsprodukte und damit auch die Verzierungen der originalen Oberfläche. Erst mit der Zeit erkannte man, dass diese Korrosionsschichten, auch Patina genannt, ein zugehöriger Teil der Objekte sind und dementsprechend erhalten werden müssen. Mit der fortschreitenden Entwicklung der Untersuchungsmethoden konnten immer mehr Informationen zu Herkunft, Herstellung und Geschichte solcher Objekte zusammen getragen werden. Daher werden heute sogar umfangreiche Korrosionskrusten nicht mehr routinemässig entfernt.

Im Rahmen der Ausbildung von Konservatoren-Restauratoren an der Haute école d'arts appliqués ARC von La Chaux-de-Fonds, wurde 2003 eine ägyptische Bronzekatze aus dem Museum der Kulturen Basel untersucht und konserviert. Die Dokumentation und anschliessende Konservierung erfolgte, um den Erhaltungszustand, technologische und typologische Aspekte sowie die nicht mehr vorhandenen Informationen zur Herkunft möglichst gut zu dokumentieren und zu ergründen. Sie wurde in Zusammenarbeit mit dem Zentrum für Kulturgüteranalytik an der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa) ausgeführt, das verschiedene Untersuchungen zur Qualität des Gusses, der chemischen Zusammensetzung des Metalls und der Korrosionsprodukte durchführte. Im folgenden Artikel werden historische und technologische Aspekte beleuchtet, sowie die konservatorischen Massnahmen besprochen.

Katzenbilder im alten Ägypten

In der altägyptischen Ikonographie ist die Katze unübersehbar. Sie tritt immer wieder in Texten, auf Wandmalereien und in Form von Objekten auf, meist in der Gestalt der Fruchtbarkeitsgöttin Bastet. Dem war nicht immer so. Die Katze hat einen langen Weg vom gewöhnlichen, sterblichen Tier, bis hin zum Abbild einer unsterblichen Gottheit zurückgelegt¹.

Auch wenn die Literatur ausgiebig über die Zeit des Katzenkultes berichtet, so sind deren Anfänge bis heute nicht bekannt. Historiker nehmen an, dass die Erhabenheit der Katze ihr die nötigen göttlichen Qualitäten verliehen hat. Im Buch der Toten findet man eine Stelle, in der die Katze bereits in einer Beschützerfunktion auftaucht. Dort verkörpert ein Kater Ra, den Sonnengott und Hauptgott der Ägypter. Die Erwähnung der Sonnenkraft in diesem Zusammenhang ist von Bedeutung, denn sie erlaubt eine erste Verbindung zur späteren Assoziation der Katze mit der Göttin Bastet, der Göttin der Fruchtbarkeit, und der Segen spendenden Wärme der Sonne².

¹ Malek (1993), S.73.

² Langton (2002), S. 1.



Abb. 1a Ägyptische Bronzekatze auf originalem Holzsockel aus der 25. – 30. Dynastie (662 – 343 v. Chr.) (Höhe: 21.2cm)



Abb 1b: Kleiner bronzener ptolemäischer Katzensarg aus dem Museum der Kulturen Basel (MKB Inv. No III 00098, Länge 18.5cm, Höhe 13.5cm).

Um mehr über den Verlauf des Katzenkultes zu erfahren, sind wir auf plastische Zeugnisse angewiesen. Erste katzenähnliche Darstellungen findet man auf Ritualobjekten. Auf diesen Objekten ist jedoch noch nicht eindeutig zu erkennen, ob es sich wirklich um eine Katzendarstellung handelt, es kann sich genau so gut um eine Löwin handeln.

Bei der ersten katzenähnlichen Gottheit der I. Dynastie (2920-2770 v. Chr.) handelt es sich um Maḥdet, die Göttin der Gerechtigkeit und des Schutzes gegen Schlangen und Skorpione. Oft wurde sie mit einem Panther- oder Löwenkopf dargestellt. In den Büchern der Pyramiden erscheint sie als Schlangen tötendes Wesen, das den Pharaos schützt. Ihre Krallen – Symbol des Krummstabes des Pharaos – war tödlich für Schlangen. Die alten Ägypter fürchteten Schlangen sehr und achteten dem entsprechend Schlangen bekämpfende Tiere. Aus Respekt wurde Bewunderung, anschliessend göttliche Bewunderung, was dann zur Anbetung führte³.

Während der Ersten Zwischenzeit (2134-2040 v. Chr.) wurden Katzen- und Katzenkopfmulette getragen. Ob dies Schutzrituale bezeugt oder auf einen weitergehenden religiösen Hintergrund hinweist, bleibt unklar⁴.

Nach Malek, traten die ersten eindeutigen Katzendarstellungen im Mittleren Reich (2040-1640 v. Chr.) auf Ritual-Messern in Erscheinung. Diese wurden den Toten mit ins Grab gegeben, um sie gegen böse Mächte zu schützen⁵. In diesen Objekten finden wir einmal mehr die Beschützerrolle der Katze.

Die Entdeckung eines kreuzförmigen Grabes in Abydos aus der XII. Dynastie des Mittleren Reiches (1991-1783 v. Chr.) ist von grossem Interesse, denn darin fand man 17 Katzen-

3 Langton (2002), S. 2.

4 Langton (2002), S. 2.

5 Malek (1993), S. 80.

skelette und eine Reihe kleiner Schalen. Neben Milchgaben ist dies die einzige bekannte Opfergabe für Tiere. In dieser Epoche findet man Katzen auch als Anhänger, wobei die Idee der Beschützerrolle beibehalten wird.

Im Tal der Könige wurden Malereien aus dem Neuen Reich (1550-1070 v. Chr.) entdeckt, die den Sonnengott Ra darstellen, der bei seiner nächtlichen Reise von einem Kater begleitet wird. Dieser beschützt ihn vor Gefahren und bösen Mächten, die als Schlangen dargestellt sind. Für die alten Ägypter war das Überleben Ra's von grosser Bedeutung, da seine Wiedergeburt, mit jedem neuen Sonnenaufgang, an ihre eigenen Existenz gebunden war. Dadurch wurde die Katze zum Sinnbild des Schutzes gegen die Gefahren des irdischen Lebens, sowie derer des Lebens nach dem Tod.

Im Neuen Reich wuchs die Bedeutung des Katzenkultes im ägyptischen Alltagsleben und verschiedenste katzenförmige Schmuckstücke erfreuten sich einer wachsenden Popularität. Auf solchen Schmuckstücken wurde die Katze zum Teil zusammen mit dem Namen der Göttin Bastet abgebildet, was auf eine erste Assoziation der Katze mit Bastet schliessen lässt. Diese wurde zu der Zeit aber immer noch mit einem Löwenkopf dargestellt.

In der XXII. Dynastie (945 – 712 v. Chr.), auch Bubastit-Dynastie genannt, gewann die Stadt Bast als Heimatstadt der Göttin Bastet an Bekanntheit. Von da an trat die Göttin Bastet nur noch mit einem Katzenkopf in Erscheinung.⁶ Der Katzenkult befand sich nun auf dem Höhepunkt seiner Popularität, wovon auch zahlreiche Katzenfriedhöfe zeugen. Die grosse Menge an hinterlassenen Objekten lässt keinen Zweifel an dieser Tatsache aufkommen. Man findet Katzen in allen Grössen und aus allen Materialien vor, insbesondere aber in Form von Statuen und Statuetten⁷. Diese hatten verschiedene Funktionen. Grössere hohl gegossene Exemplare dienten als Särge und wurden auf Katzensärgen oder auf Sockeln montiert (Abb. 1a,b)⁸. Sie beherbergten in ihrem Innern die Gebeine oder die Asche einer Katze. Kleinere Statuetten findet man als Amulette zwischen den Bandagen von Tiermumien. In den Feldern und im Haus wurden Statuetten mit Schutzfunktion aufgestellt, andere wiederum stellte man im Tempel als Opfergaben auf, oder gab sie den Verstorbenen mit ins Grab⁹.

Meist nehmen diese Katzenstatuen eine sitzende Position ein, die Ohren sind aufgestellt, der Blick geradeaus gerichtet. Der Schwanz liegt auf der rechten Seite des Körpers. Oftmals sind die Katzen verziert und mit edlen Steinen geschmückt. Fast alle tragen Ohringe. Die oft gravierten Verzierungen befinden sich vor allem auf dem Kopf und auf der Brust. Bei den Verzierungen handelt es sich meist um die Darstellung der Uräusschlange, der Sonnenscheibe oder des Udjat-Auges (Abb. 2).

Als Ägypten im Jahre 30 v. Chr. seine Unabhängigkeit verlor und zur römischen Provinz wurde, erfuhr auch die traditionelle Religion ihren Niedergang. Mit dem aufkommenden Christentum verloren die Katze ihre göttliche Verehrung¹⁰. Von nun an war sie nur mehr zum profanen Mäusejagen gut.

Inv. No. MKB III 5528: Ein Andenken an eine Ägyptenreise

Nach Napoleons Feldzug in Ägypten von 1798 und der anschliessenden Publikation der monumentalen ‚Description de l’Égypte‘ (1803-1830) brach in Europa eine wahre Ägyptomanie aus. Mobiliar, Textilien und dekorative Objekte erfuhren alle eine Ägyptisierung. Zum guten Ton gehörten auch öffentliche Mumienauswicklungen, die dem aufstrebenden Interesse an allem Anatomischen entgegenkamen. Dieses neu erwachte Interesse kurbel-



Abb. 2 Ägyptische Bronzekatze aus dem 6. Jahrhundert v. Chr. mit ziseliertem Fellstruktur und Brustverzierung (Kunsthistorischen Museum Wien, Inv.nr. ÄS 699, Höhe 11.2 cm)

⁶ Malek (1993), S. 95.

⁷ Schorsch (1988), S. 41.

⁸ Jett, Sturman, Weisser (1985), S. 112-117.

⁹ Malek (1993), S. 100.

¹⁰ Malek (1993), S. 111.



Abb. 3, 4 Seitenansicht der Bronzekatze mit der grün-braunen Patina vor der Konservierung.
Höhe: 19 cm

te gleichzeitig einen regen Antiquitätenhandel an. Das Resultat waren Tausende von geplünderten Gräbern und Tempelanlagen in Ägypten und erste grosse Sammlungen in den europäischen Hauptstädten. Es war auch die Zeit des ersten Tourismus im Nildelta und so manches Objekt fand dadurch einen Käufer und damit den Weg in eine private Sammlung.

Auf einem dieser Wege ist auch unsere Katze ins Historischen Museum in Basel gelangt (Inv. no. HMB 1921.300). Sie kommt ursprünglich aus der Sammlung von Johan Jakob Bachofen (Inv. No. 482). 1921 wurde sie vom Historischen Museum Basel als Dauerleihgabe ans damalige Völkerkundemuseum und heutige Museum der Kulturen Basel gegeben (Inv. no. MKB III 5528). Der Eintrag auf der Inventarkarte verrät uns, dass das Objekt Herrn Werdenberg von Bachofen abgekauft wurde. Dieser war der Besitzer der Gastwirtschaft ‚Zum wilden Mann‘. Wie aber die Katze von Ägypten in die Hände dieses Herrn kam, wird wohl für immer ein Geheimnis bleiben.

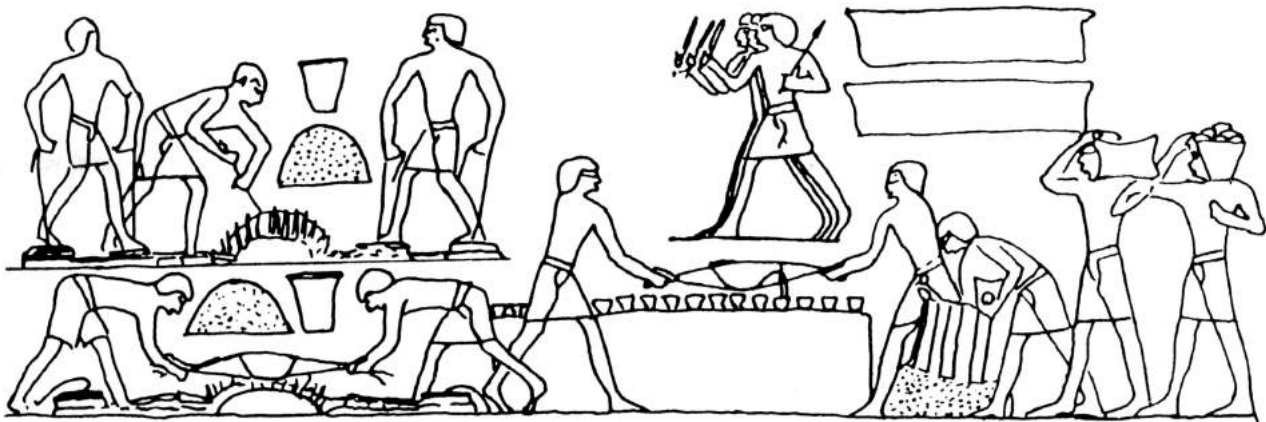
Die 18 cm hohe Katze hat alle Merkmale dieser Objektgruppe aus dem 4.-1. Jh. v. Chr.: sie nimmt eine sitzende Position ein, der Schwanz liegt auf der rechten Seite des Körpers, die Ohren sind aufgestellt und der Blick ist geradeaus gerichtet. Sie hat eine für archäologische Bronzen typische grüne und braune Patina (Abb. 3, 4). Zwei von den Füßen ausgehende Zapfen lassen darauf schliessen, dass die Katze ursprünglich auf einem Sockel stand, der aber nicht mehr erhalten ist. Untersuchungen einer weissen Kruste an den Zapfen ergaben keine Hinweise auf ein organisches Bindemittel zwischen Sockel und Zapfen.

Kupferverarbeitung vor 2300 Jahren

Kupfer ist das älteste vom Menschen genutzte Metall. Die ältesten Spuren der Kupfergewinnung finden sich im nahen und mittleren Osten und datieren ins 8. Jahrtausend v. Chr. Im alten Ägypten entwickelte sich diese neue Technologie im Laufe des 6. Jahrtausend v. Chr.¹¹. Dank dem Gebrauch von Blasrohren und -bälgen gelang es den frühen Metallurgen, Temperaturen bis zu 1100° C zu erreichen. Diese Temperaturen sind notwendig, um Kupfererze zu Kupfer zu reduzieren. Der eigentliche Kupferbergbau begann in Ägypten jedoch erst im 3. Jahrtausend v. Chr. Die grossen Kupfererzvorkommen des alten Ägypten lagen in der heutigen Negev-Wüste¹². Die Reduktion von Kupfererz zu Kupfer geschah meist ganz in der Nähe der Kupferminen. Das so gewonnene Kupfer wurde anschliessend in die lokalen Werkstätten transportiert und dort eingeschmolzen. Dabei wurde es mit anderen Metallen wie Zinn oder Blei vermischt und dadurch zu Bronze legiert. Bronzen weisen höhere Härten als Kupfer auf, sind einfacher zu giessen und auch korrosionsbeständiger¹³.

Im pharaonischen Ägypten oblagen die Metallwerkstätten wie alle anderen Produktionsbetriebe einer streng geregelten, administrativen Organisation. Sehr oft waren Giessereien und Werkstätten den grossen Tempelbezirken untergeordnet. Bereits Herodot beschrieb Heiligtümer wie den Amontempel von Theben, oder denjenigen in Memphis, wo Ptah-Sokaris, der Beschützer der Bronzegiesser, verehrt wurde¹⁴. Diese Werkstätten waren einerseits mit dem Unterhalt der militärischen Arsenale beschäftigt, produzierten aber ebenso Götterstatuetten, die im Tempelbezirk erworben werden konnten. Diese oft kleinen Statuetten konnten dann entweder den Göttern im Tempel geweiht werden, oder im eigenen Hause zur allgemeinen Verbesserung der persönlichen Umstände aufgestellt werden. Da in den Tempeln wegen der vielen Weihgaben immer wieder Platzmangel herrschte, wurden diese periodisch eingesammelt und im heiligen Bezirk bestattet¹⁵. Mittels chemischer Untersuchungen der Metallzusammensetzung von annähernd tausend Statuetten aus den ägyptischen Sammlungen verschiedener Museen in Deutschland, konnte Riederer ähnliche Metallzusammensetzungen bei gewissen Gottheiten mit lokaler Verehrung feststellen. Die Zusammensetzungen der überall verehrten Statuen der verschiedenen Gottheiten unterschieden sich zwischen Ober-, Mittel- und Unterägypten. Dies erhärtet die These der lokalen Produktion (Abb. 5)¹⁶.

Abb. 5 Darstellung einer ägyptischen Bronzegiesserei nach einem Relief eines Grabes aus Theben (ca. 1500 v. Chr.). Auf der linken Seite wird das Metall in einem Tiegel auf einem Kohlefeuer geschmolzen. Tretbälge dienen zur Luftzufuhr, um die nötigen hohen Temperaturen zu erreichen. Rechts wird das flüssige Metall in die vorbereiteten Formen gegossen.



Der Guss in die verlorene Form

Die Herstellung solcher Bronzefiguren beruht auf der Technik des Wachsausschmelzverfahrens. Dabei wird das Objekt zuerst in Wachs geformt, dann mit einer hitzebeständigen Lehtschicht ummantelt und anschliessend gebrannt. Beim Brennen des Tones schmilzt das Wachs und fliesst durch dafür belassene Kanäle nach Aussen aus der Form heraus. Zurück bleibt ein Hohlraum der nun mit geschmolzenem Metall ausgegossen werden kann.

11 Forbes (1964), S. 20.

12 Koesling (1999), S. 172.

13 Schumann (1991), S. 649.

14 Forbes (1964), S. 87.

15 Langton (2002), S. 5.

16 Riederer (1981), S. 239-243.

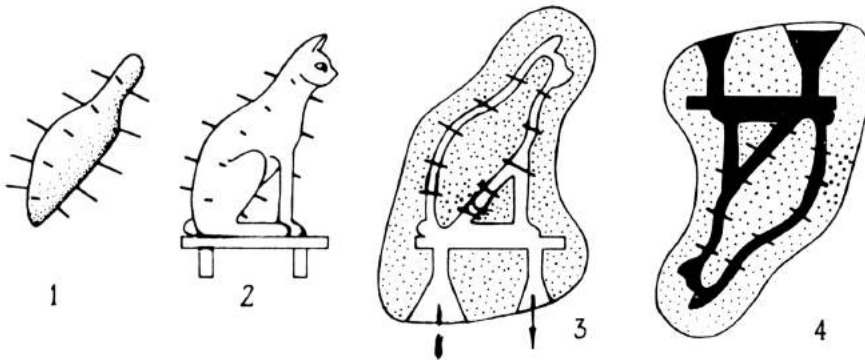


Abb. 6 Das Wachsausschmelzverfahren am Beispiel einer Katzenstatuette. 1 Innerer Tonkern mit Metallstiften, 2 das Wachsmodell, 3 die Tonform während des Brennens und dem Wachsausschmelzen, 4 die mit Bronze gefüllte Form nach dem Guss.



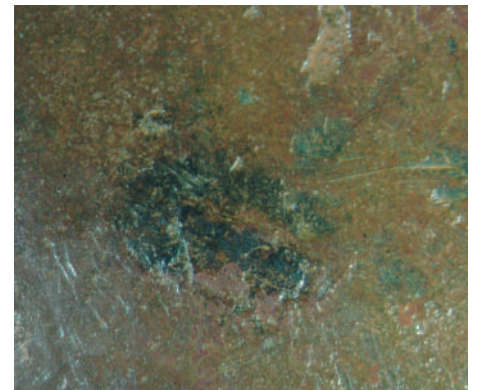
Abb 7 a) Fehlstelle eines durchkorrodierten Stiftes auf dem Rücken der Katze.

b) Korrodiertes Stift im Innern der Katze,

c) Durch Verfärbung der Korrosion auf der Aussenseite erkennbarer überarbeiteter Stift (nach der Freilegung),

zu Deformationen gekommen. Um dem vorzubeugen, modellierte man das Wachs um einen vorgeformten Tonkern, der die groben Umrisse des Objektes hatte. Die Wachsschicht entsprach dabei der Wandstärke der zu giessenden Bronze. Der Tonkern wurde im Innern der Form mit Metallstiften festgehalten. Dadurch bewegte er sich beim Ausschmelzen des Wachses und während des Eingiessens der Bronze nicht (Abb. 6). Um möglichst wenig Kaltarbeit zu haben, wurden solche Figuren auf dem Kopf stehend gegossen. So konnten die Eingusstichter später als Sockelstützen dienen. Nach dem Guss wurde der Tonkern, sofern möglich, entfernt. Im Falle der Katzenstatuen wurde der entstandene Hohlraum oft genutzt um mumifizierte Tierreste zu bestatten.

Im Innern unserer Katze sind die Stützstifte klar erkennbar. Auf der Aussenseite wurden sie nach der Oberflächenfreilegung ebenfalls sichtbar. Obschon der Handwerker sie damals abgeschnitten und überarbeitet hatte, sind sie heute auf der Oberfläche durch eine leicht abweichende Färbung der Korrosionsprodukte sichtbar. Das Loch auf dem Rücken des Tieres stammt vermutlich von einem Stift der stärker korrodierte und sich entweder ganz aufgelöst hat oder heraus gefallen ist (Abb. 7).



Jahrtausende im Boden: Interpretation der Korrosionsschichten

Die Katze aus dem Museums der Kulturen in Basel hat über 2000 Jahre in Ägyptens Boden verbracht. Solch ein Dornröschenschlaf geht auch an den besten Bronzen nicht spurlos vorbei. Jegliches Metall, welches durch einen hohen Energieaufwand aus einem Mineral gewonnen werden muss, ist an sich instabil. Das heisst, es hat die Tendenz, sich wieder in das weitaus stabilere Mineral zurückzuwandeln. Dies ist die thermodynamische Grundlage jeglicher Metallkorrosion. Korrosionsprodukte sind aus verschiedenen kristallinen Phasen bestehende Minerale, die das Resultat der Oxidation des Metalls sind. Die Metallkorrosion kann entsprechend der Umgebung mehr oder weniger schnell vor sich gehen. Ägyptens Wüstenboden ist mehrheitlich trocken und da sandig, gut durchlüftet. Dies kann zu sehr einheitlichen Korrosionsschichten auf Bronzen führen. Als negativ für das Metall muss

Die sechs festgestellten kristallinen Phasen:	Kupfer-Chlorid-Hydroxid	$\text{Cu}_2\text{Cl}[\text{OH}]_3$	Atacamit
	Kupfer-Hydroxid-Chlorid	$\text{Cu}_2[\text{OH}]_3\text{Cl}$	Paratacamit
	Kupfer-Oxid	Cu_2O	Cuprit
	Silicium-Dioxid	SiO_2	Quarz
	Blei-Oxid	PbO	Litharge
	Kupfer-Carbonat-Hydroxid	$\text{Cu}_2\text{CO}_3[\text{OH}]_2$	Malachit

Tab.1 An Pulvern von verschieden farbigen Korrosionsprodukten von der Oberfläche der ägyptischen Katze wurde mittels Röntgendiffraktion die obigen kristallinen Phasen identifiziert.

die Anwesenheit von gelösten Chloriden in solchen Böden gewertet werden, da sie oft zu schädlichen und zyklischen Korrosionserscheinungen führen kann (Tab. 1).

Unsere Katze hat eindeutig geschichtete Korrosionsschichten gebildet. In einem ersten Schritt haben sich Kupferionen aus der Oberfläche gelöst und im Kontakt mit dem Sauerstoff als rotes Kupfer(I)oxid Cuprit auf der Metalloberfläche niedergeschlagen. Gleichzeitig drang die Korrosion entlang den Korngrenzen des Metalls in die Objektoberfläche ein. Dabei wandelte sich das Metall ebenfalls in Cuprit um, welches aber an Ort und Stelle blieb. Was zuvor also Oberfläche des Objektes war, wurde so über die Jahrtausende hinweg in Kupfer(I)oxid verwandelt, ohne seine ursprüngliche Form zu verändern. Gleichzeitig entwickelten sich auf der Oberfläche weitere Cupritschichten, sowie später auch grüne Malachitschichten. Malachit ist ein basisches Kupferkarbonat. Beide Korrosionsprodukte konnten mittels Röntgendiffraktion auf der Katze identifiziert werden (Tab. 1). Weiter wurden auf der Oberfläche die beiden dunkelgrünen Kupferchloridhydroxide Atacamit und Paratacamit festgestellt. Atacamit ist ein für chloridhaltige Böden typisches Korrosionsprodukt und konnte bereits von Gettens auf Bronzen aus Ägypten sowie Mesopotamien identifiziert werden¹⁷. Riederer hingegen konnte nur Paratacamit auf den von ihm untersuchten Bronzen feststellen¹⁸. Er verband deshalb Atacamit mit Fälschungen. Unter den Oxydschichten konnte während der Freilegung weiter das wachsartige Kupfer(I)chlorid Nantokit (CuCl) beobachtet werden (siehe Abb 8).

Chloridionen haben die unangenehme Tendenz durch die Korrosionsschichten hindurch zu den sich lösenden Metallionen vorzudringen. Dort verwandeln sie diese in das Kupferchlorid Nantokit. Dieses wird, wenn ungestört, weiter in Cuprit umgewandelt. Im Falle einer plötzlichen Sauerstoffzufuhr (zum Beispiel durch ein Riss in den Korrosionsschichten) und bei einer lediglich auf 35% erhöhten relativen Luftfeuchtigkeit, kann sich Nantokit in Paratacamit oder die beiden Isomere Atacamit und Botallacit umwandeln. Diese Reaktion verläuft sehr schnell und führt zu einer grossen Volumenzunahme der Korrosionsprodukte. Sie führt zu grossem physischen Stress in den Korrosionsschichten¹⁹. Bei dieser Reaktion entsteht unter anderem Salzsäure, die das verbleibende Metall weiter angreift. Hellgrüne pulverige Ausblühungen sind kennzeichnend für diese aktive und zerstörerische Korrosion, die auch unter dem Namen Bronzekrankheit bekannt ist (Abb. 8).

Die Anwesenheit von Atacamit und Paratacamit auf der Objektoberfläche, sowie das darunter vorhandene Nantokit, liessen keinen Zweifel daran, dass das Objekt in einer Atmosphäre mit erhöhter relativer Luftfeuchtigkeit instabil sein würde. Dies insbesondere, da durch das Entfernen äusserer Korrosionsschichten natürliche Schutzschichten verloren gehen würden. In einem späteren Kapitel werden die konservatorischen Massnahmen beschrieben, die dadurch nötig wurden.

Legierungszusammensetzung und gusstechnische Betrachtungen

Die chemischen und physikalischen Untersuchungen der Katze erforderten die Zusammenarbeit verschiedenster Fachrichtungen innerhalb der Empa. Um die notwendigen Informationen über die Gusstechnik, die verwendeten Materialien, die mögliche Herkunft und den Zustand der Objekts zu erhalten, ist eine solche Zusammenarbeit unabdingbar.

Um einen Einblick in das Innenleben der Bronzefigur zu erhalten, wurde die Katze radiographisch untersucht. Um Auskunft über die Fertigung, die Gussqualität und die Wandstärke des Metalls zu erhalten, wurden anschliessend mehrere Computer-Tomogramm-Schnitte durchgeführt. Bei beiden Untersuchungsmethoden basiert die bildgeben-

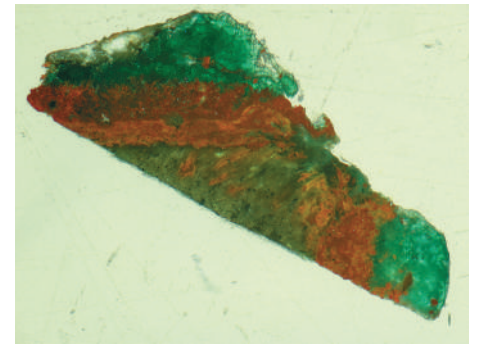


Abb. 8: Anschliff des Korrosionsaufbaus unter polarisiertem Licht. Malachit erscheint grün in den äusseren Schichten, das rote und orange Cuprit beinhaltet den Limitos zwischen der internen und externen Korrosion, also die originale Oberfläche mit den gesuchten Oberflächenverzerrungen. Der mechanische Abtrag erfolgt später bis zur orangenen Schicht. Darunter ist das wachsartige Nantokit zu sehen, welches bereits das Metall ersetzt hat und bei einer Sauerstoff- und Feuchtigkeitszufuhr eine aktive Korrosion auslösen könnte.

¹⁷ Gettens (1964).

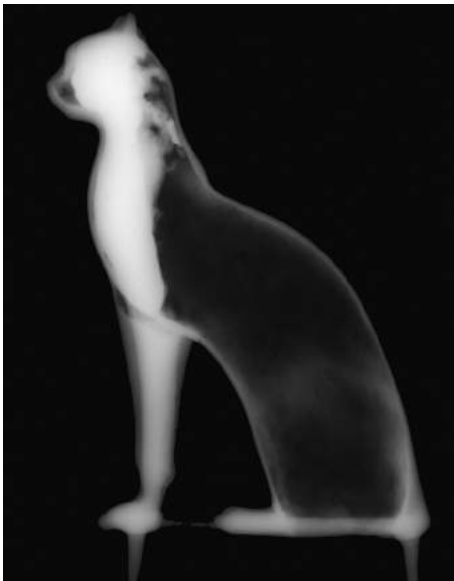
¹⁸ Riederer (1982), S. 31.

¹⁹ Scott (2002), S. 125.



Abb. 9 Radiographie der Katze. Die Porosität, sowie die Bleiauffüllung im Kopf ist erkennbar. Ausser den Beinen ist die Bronze als Hohlguß erkennbar

Abb. 11 Radiographie von zwei ägyptischen Bronzenkatzen mit Bleifüllungen im Kopf. (The Metropolitan Museum of Art, Departement of Objects Conservation Inv. 04.2.472)



²⁰ Schorsch 1988, S. 47.

²¹ Das Verfahren folgt dem in Kläntschi et al. 1996, S. 324-328 definierten Vorgehen.

²² Schorsch (1988), S. 46.

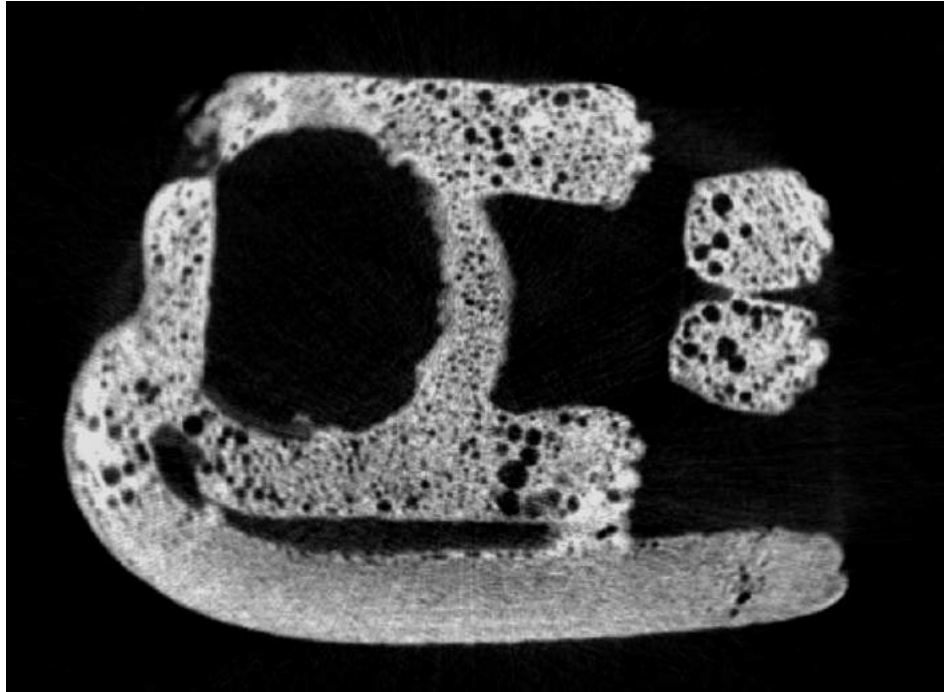


Abb. 10 Tomographie des Sockelbereiches der Katze. Die Porosität, die in der Radiographie erst erkennbar war, ist hier sehr deutlich zu sehen. Auch sichtbar ist die fehlende Porosität des Schwanzes.

de Technik auf der Röntgenstrahlung. Die Weissstufe der Aufnahmen der Objekte hängt dabei von der Atommasse und der Dicke des untersuchten Metalls ab.

Die Radiographie zeigte, dass der Kopf der Katze eine Füllung aus einem schwereren Metall (Blei, siehe Tab. 2) enthielt, das die Röntgen-Strahlung stark absorbierte und sich daher für die Computertomographie nicht eignete. Aus diesem Grunde wurde auf ein Gesamt-Tomogramm der Katze verzichtet. Die Bleifüllung im Kopf hat die Form eines Zylinders (Abb. 9). Zahlreiche Computer-Tomogramm-Schnitte durch den Katzenkörper zeigen vor allem die schlechte Gussqualität des Buntmetalls, die sich in einer Vielzahl von Löchern im Metall manifestiert (Abb. 10). Der Schwanz hingegen ist von besserer Qualität, da sich hier keine oder kaum Luftlöcher im Metall finden. Eine derart schlechte Gussqualität ist in ägyptischen Bronzen selten²⁰. Sie wurden jedoch vermehrt bei Fälschungen beobachtet. Die Unterschiede in der Gussqualität des Metalls führten dazu, dass zwei Buntmetallproben für die chemische Analyse entnommen wurden. Eine aus der Stütze, eine andere aus dem Schwanz. Es wurde vermutet, dass eine unterschiedliche Legierung der Grund für die Qualitätsunterschiede ist. Eine weitere Probe wurde aus der Verfüllung im Kopf entnommen. Alle drei Proben wurden mittels Plasma-Emissions-Spektrometrie (ICP-OES) analysiert²¹.

Obwohl Stütze und Schwanz eine unterschiedliche Metallqualität zeigen, haben sie dieselbe chemische Zusammensetzung (Tab. 2). Die Unterschiede in der Gussqualität finden deshalb ihre Erklärung am ehesten in unterschiedlichen Abkühlungsbedingungen. Diese verhinderten, dass das Metall regelmässig entgaste, weshalb, mit Ausnahme des Schwanzes, ein poröses Metall von minderwertiger Qualität entstand. Die poröse Oberfläche wurde anschliessend höchstwahrscheinlich durch Kaltbearbeitung so verschliffen, dass die Porosität nicht mehr sichtbar war. Die weitere Oberflächenverarbeitung durch Ziselieren beweist, dass es sich bei diesem Objekt um ein Fertigprodukt handelt und nicht um einen Fehlguss. Das schwere Metall im Kopf wurde als Blei identifiziert (Tab. 2). Wozu diese Füllung diente, bleibt unklar. Schorsch hat beim Röntgen verschiedener ägyptischer Bronzekatzen ähnliche Auffüllungen im Kopf- und Brustbereich feststellen können²² (Abb. 11). Sie vermutet, dass diese Füllungen im festen Zustand in die Figuren eingebracht wurde, um sie dann an Ort zu erhitzen und an zu schmelzen. Die Füllungen könnten aus statischen Gründen

Elemente	Stütze	Schwanz	NG	aus Kopf	STAW	NG
Konzentrationen in g/100g						
Ag	0.08	0.09	0.00003	0.01	0.001	0.0001
Al	0.002	0.002	0.0003	0.004	0.002	0.002
As	0.78	0.82	0.001	0.55	0.01	0.002
Bi	0.03	0.02	0.001	0.005	0.001	0.001
Ca	0.01	0.02	0.0003	0.02	0.009	0.001
Cd	<	<	0.00002	<		0.0002
Co	0.001	0.001	0.0001	<		0.0002
Cr	0.01	0.02	0.0004	<		0.0003
Fe	0.07	0.09	0.002	0.01	0.004	0.0001
Mg	<	<	0.0001	0.02	0.003	0.0001
Mn	<	<	0.00004	<		0.0005
Ni	0.07	0.07	0.0004	<		0.001
P	<	<	0.0014	0.03	0.01	0.005
S	0.07	0.07	0.001	0.02	0.003	0.005
Sb	0.3	0.32	0.0003	0.1	0.004	0.002
Si	0.02	0.01	0.0003	0.04	0.03	0.005
Sn	2.2	2.3	0.0008	0.01	0.0004	0.002
Zn	0.04	0.04	0.0005	0.02	0.01	0.0005
Pb	3.14	3.45	0.0005	83	0.2	-
Cu	Rest	Rest	-	4	0.2	0.0002

Tab. 2 Mittels Plasma-Emissions-Spektrometrie ermittelte chemische Zusammensetzung des Metalls der ägyptischen Katze sowie der Verfüllung im Katzenkopf. Die Summe der Analyse der Verfüllung im Kopf beträgt nicht hundert Prozent. Dies weist darauf hin, dass die Probe teilweise oxidiertes Metall enthielt (< Konzentration liegt unter Nachweisgrenze, NG Nachweisgrenze, STAW Standardabweichung).

angebracht worden sein. Wahrscheinlicher ist aber die Annahme, dass es sich hierbei um Gewichtskorrekturen des Giessers handelt.

Erstaunlicherweise hat das Metall der Katze einen sehr hohen Kupfergehalt, dem nur wenig Blei und Zinn zulegiert wurde.

Insgesamt hat Riederer 43 ägyptische Katzen aus den ägyptischen Sammlungen deutscher Museen untersucht²³. Diese lassen sich grob in fünf Legierungsgruppen unterteilen (Abb. 12):

- 2 nur bleihaltige Bronzen (Pb 0.5-22 Massen%);
- 13 bleireiche Bronzen (Pb 17-22 Massen%, Sn 1-10 Massen%), davon 7 mit erhöhten Zn-, As- und Fe-Gehalten²⁴;
- 21 blei-zinnreiche Bronzen (Pb>Sn, Pb 3-15 Massen%, Sn 2-11 Massen%);
- 6 zinnreiche Bronze (Sn>Pb, Sn 4-15 Massen%, Pb 0.1-5.5 Massen%);
- 2 zinkhaltige Bronze (Pb>Zn>Sn), Zinkgehalt 6 Massen%.

Die Katze aus dem Museum in Basel gehört zur Gruppe der blei-zinnreichen Bronzen (Pb>Sn). Nur zwei Katzen enthalten vergleichbare hohe Kupfergehalte wie diejenige aus Basel (Berlin Inv. no. 18201, Hamm Inv. no. 74: Cu 95 Massen%; Abb. 12, Punkt 1, 40). Beide gehören jedoch zu einer anderen Legierungsgruppe, die auch bei den Spurenelementgehalten geringe Ähnlichkeiten mit der Katze aus Basel zeigen. Nicht ganz auszuschliessen ist eine Fälschung, für die ebenfalls blei- und zinnarme Legierungen bekannt sind, wie sie auf unsere Katze zutreffen²⁵. Der hohe Kupfergehalt stellt die Legierung ebenfalls in die Nähe zu einer von Riederer untersuchten Gruppe von Objekten, die zeitlich früh eingestuft werden. Für diese Gruppe sind ein hoher Arsen- und ein tiefer Antimongehalt typisch. Unsere Katze jedoch weist einen erhöhten Antimongehalt auf und hat vor allem einen weitaus höheren Bleigehalt als diese frühen Arsenbronzen (Abb. 13)²⁶.

Besser ist die Legierung unserer Katze mittels der Spurenelemente mit anderen ägyptischen Katzen in deutschen Museen vergleichbar. Die erhöhten Arsen- und Antimongehalte (Abb. 13, Punkt 36, 37) verbinden sie mit Katzen verschiedener Museen (Abb. 12, Punkt 15-20). Besonders nahe steht sie zwei Katzen aus Hildesheim (Inv. nr. 81, 1700) und einer aus

²³ Riederer 1978, 1982, 1983, 1984, 1988.

²⁴ Bereits Riederer 1988, S. 14-15 weist auf diese Gruppe hin, ordnet sie jedoch nach anderen Kriterien (Zink-Gehalt unter Ausschluss der Zinkgehalte über 1 Massen%).

²⁵ Schorsch 1988, 48.

²⁶ Riederer 1978, S. 8.

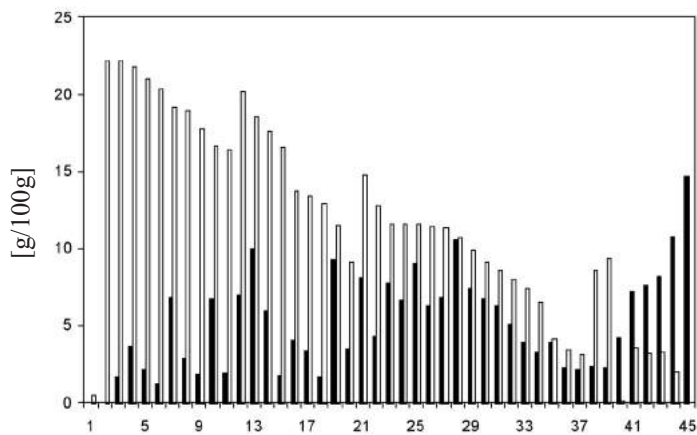


Abb. 12 Die von Riederer untersuchten ägyptischen Bronze-Katzen gegliedert nach den Legierungselemente Blei und Zinn (1-2 nur bleihaltig, 3-15 bleireich, 16-37 blei-zinnreich, 38-39 mit Zinn, 40-45 zinnreich). 36 und 37 stammen von der Katze aus Basel.

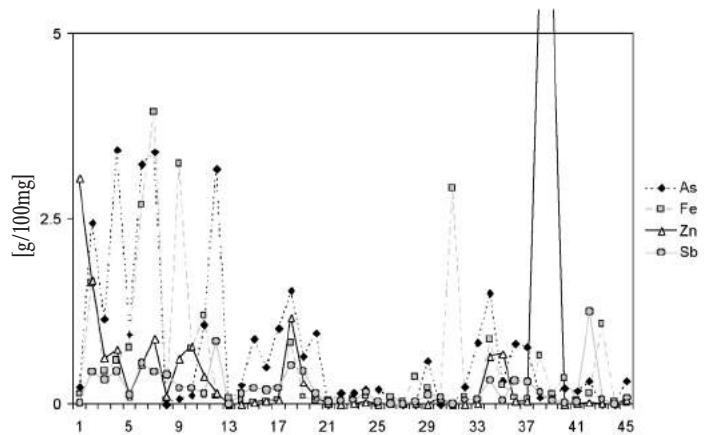


Abb. 13 Erhöhte Arsen-, Eisen-, Antimon und Zinkgehalte sind typisch für die meisten von Riederer untersuchten bleireichen Legierungen ägyptischer Katzen (1-12). Eine zweite Gruppe (Punkt 15-20, 36, 37), unter denen sich mehrheitlich blei-zinnreiche Legierungen finden, weist erhöhte Arsen- und Antimongehalte auf.

Hamm (Inv. nr. 1900; Abb. 13, Punkt 15-17), bei denen der Zinkgehalt ebenfalls tief ist. Sie weisen alle eine blei- und zinnreichere Legierung auf (Abb. 12). Trotzdem darf auf eine verwandte Herkunft der Rohstoffe geschlossen werden.

Wie die verschiedenen Legierungen der Katzen im ägyptischen Kontext zu interpretieren sind, muss offen bleiben, da zu wenig über ihre genaue Datierung und Herkunft bekannt ist. Es kann sich bei den verschiedenen Legierungsgruppen sowohl um Werkstattkreise handeln als auch um zeitlich bedingte Veränderungen in der Legierung.

Konservierungseingriffe

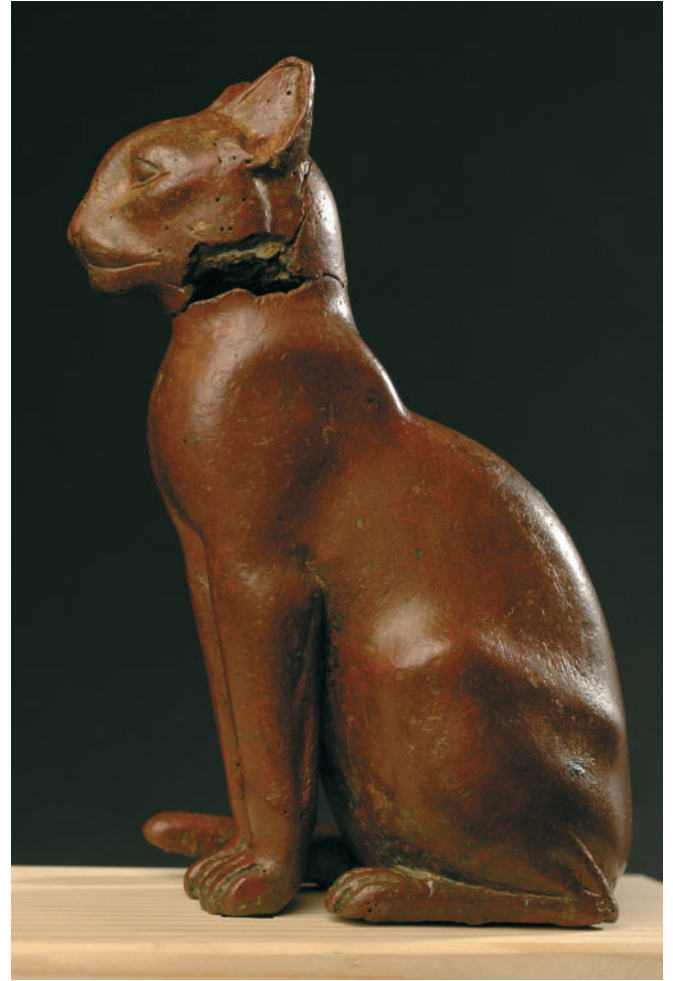
Abb. 14 Die Details des freigelegten Kopfes, wie zum Beispiel die Schnauzhaare, die Augen oder die Ohrlöcher für die Ohringe kamen erst nach der Freilegung zum Vorschein. Die grosse Porosität des Gusses ist ebenso sichtbar.



Wie in der Einleitung erwähnt, versprach sich das Museum der Kulturen in Basel eine präzisere Datierung und typologische Erfassung der Katze durch die Konservierung. Es trat deshalb mit der Anfrage an die Fachhochschule, die störenden Korrosionsschichten zu entfernen und das Objekt chemisch zu stabilisieren. Ähnlich wie bei alten Firnissen von Gemälden, wurden archäologische Bronzen in der Vergangenheit systematisch freigelegt um wieder besser lesbar zu werden. Jede Freilegung ist aber ein absolut irreversibler Eingriff und verhindert zukünftige in situ Untersuchungen an den Korrosionsprodukten. Daher ist ein solcher Eingriff möglichst erst nach einer gründlichen Untersuchung und Dokumentation durchzuführen. In diesem Fall wurden alle Korrosionsprodukte bestimmt und ihr stratigrafischer Aufbau sorgfältig dokumentiert. Die Identifikation des Kupferchlorids Nantokit hatte zur Folge, die Langzeiterhaltung des Objektes ohne chemische Stabilisierung in Frage zu stellen. Deshalb wurde entschieden, die externen Korrosionsprodukte, die die originale Oberfläche verdeckten, zu entfernen. Lediglich im unteren, nicht sichtbaren Sockelbereich wurden diese Korrosionsschichten für eventuelle spätere Untersuchungen belassen.

Die Freilegung der Oberfläche erfolgte mechanisch mit Hilfe eines Skalpell unter einer zehn- bis zwanzigfachen Vergrößerung des Binokulars. Andere Material abtragende Methoden wie das Ultraschallskalpell oder die Zahnarztfräse erwiesen sich als zu aggressiv. Chemische Methoden wären in einem solchen Zusammenhang schwer kontrollierbar und das Zurückbleiben korrosiver Substanzen im Objekt würde dabei ein grosses Risiko darstellen. Das mechanische Freilegen der Oberfläche des Metalls ist ein minutiöser und sehr zeitaufwändiger Prozess. Im Rahmen einer Semesterarbeit wurden 160 Stunden in die Freilegung investiert, was 90% des Gesamtaufwandes entspricht. Obschon keine der erhofften Verzierungen im Brustbereich zu Tage kam, so rechtfertigt die Detailfülle der Skulptur, insbesondere im Kopfbereich, die sorgfältige Freilegung (Abb. 14).

Durch die Anwesenheit des Nantokits war von einer chemischen Stabilisierung nicht abzusehen. Das Objekt wurde entfettet und während 24 Stunden in ein Benzotriazolbad



getaucht. Dies ist ein Korrosionsinhibitor, der mit den Kupferkorrosionsprodukten einen kompakten und unsichtbaren Komplex bildet, der die Zufuhr von schädlichem Sauerstoff und Wasser verhindert. Da solche Komplexe sehr fragil sind und auch bei sorgfältiger Handhabung verletzt werden können, wurde die Oberfläche des Objektes zusätzlich mit einer Schutzschicht aus einer 10%iger Paraloid-B72-Lösung (Ethyl-Methyl-Methacrylat) versehen (Abb. 15-17).

Schlussfolgerungen

Ägyptische Katzen aus Buntmetall sind im vorchristlichen Aegypten ein Massenprodukt. Es verwundert deshalb nicht, dass die Katze aus dem Museum der Kulturen von schlechter Gussqualität ist.

In den wenigen publizierten Untersuchungen, die auch die Gussqualität solcher Objekte dokumentieren, tritt solch eine Porosität vor allem bei Fälschungen auf.

Die Metallzusammensetzung, sowie der natürlich gewachsene stratigraphische Korrosionsaufbau, schliessen jedoch bei der Basler Katze eine Fälschung aus.

Was hingegen überrascht, ist die sorgfältige Nachbearbeitung der Metalloberfläche. Es scheint, dass der Aufwand einer Nachbearbeitung der Oberfläche solcher Bronzen einfacher oder billiger war, als das Wiedereinschmelzen und erneute Giessen.

Leider sind bei der Interpretation der Metall-Legierung im ägyptischen Kontext enge Grenzen gesetzt, da oft bei derartigen Museumsstücken der archäologische Kontext fehlt. So bleibt eine genaue Datierung und eine genauere geographische Zuordnung unmöglich. Das Fehlen dieser Daten schränkt die Zuordnung zu Werkstattkreisen, aber auch die Interpretation der Legierung – zeittypisch oder nicht – stark ein. Unabhängig davon können

Abb. 15 und 16 Die Katze nach der Untersuchung, Freilegung und Stabilisierung, Seitenansichten.



Abb. 17 Die Katze nach der Untersuchung, Freilegung und Stabilisierung, Frontalansicht

lagerstätten- oder artefakttypische Gruppen gebildet werden, wie dies die Untersuchungen von Riederer gezeigt habe. Die Legierung dieser Katze zeigt Ähnlichkeiten mit anderen untersuchten ägyptischen Katzen. Die Legierungsunterschiede zu den verwandten Katzen aus den Sammlungen von Hildesheim und Hamm sind jedoch so gross, dass bei der Interpretation der chemischen Zusammensetzung weniger ein Werkstattkreis im Vordergrund steht, sondern eher der Bezug von Metall aus einer bestimmten Region bzw. von einer bestimmten Lagerstätte. Unsere Katze stammt aus der zweiten Hälfte des ersten Jahrtausends v. Chr. Es ist deshalb möglich, dass diese Legierungsgruppe typisch für diesen Zeitraum war.

Die genaue Funktion der bereits an anderen Skulpturen beobachteten Bleiauffüllung im Kopf bleibt unklar. Es könnte sich allenfalls um eine Gewichtskorrektur des Objektes handeln. Das Blei hatte jedoch zur Folge, dass durch die expandierende Korrosion die umgebende Bronze stellenweise aufriss. Die schwere Bleiverfüllung war wohl auch daran Schuld, dass der Kopf später abbrach. Da sich auf den Bruchstellen Korrosionsprodukte entwickelt hatten, deutet darauf hin, dass dieser Schaden bereits vor der Bodenlagerung oder kurz danach entstanden ist.

Die zeitaufwändige Entfernung der externen Korrosionsschichten ist durch die wiedergewonnene Lesbarkeit des Objektes gerechtfertigt. Was zuvor als unscheinbares korrodiertes Objekt in den Depots des Museums sein Dasein fristete, entpuppte sich als sorgfältig gearbeitetes Katzenbildnis. Die sichere aber doch weiche Formgebung des Körpers und die fein gearbeiteten Gesichtszüge überraschen den Betrachter.

Mit der Oberflächenfreilegung kam auch die grosse Porosität des Gusses zum Vorschein, die in der Antike wahrscheinlich durch eine Oberflächenverarbeitung kaschiert worden ist. Durch die Korrosion der Oberfläche ist sie heute aber sichtbar geworden. Die Präsenz von aktiver Korrosion hatte zur Folge, dass eine chemische

Stabilisierung der Bronze mit Benzotriazol sich als notwendig erwies.

Bei der umfassenden Dokumentation, Untersuchung, Konservierung und chemische Stabilisierung der Katze erwies sich die interdisziplinäre Arbeit zwischen Naturwissenschaftler und Konservatoren-Restauratoren als äusserst bereichernd und wichtig für eine umfassende Arbeit am Objekt. Durch die erzielten Resultate hoffen wir, dass diese Katze nun für einige Zeit nichts mehr zu jammern hat.

Abstract:

The conservation of an ancient Egyptian hollow cast bronze cat raised a series of questions that were addressed by analysing its composition, internal structure, porosity and corrosion products. The bronze is a low tin alloy with high porosity. Comparisons with various other bronze cats analysed by Riederer proved difficult and did not lead to a satisfactory geographical or period classification. High level porosity is probably due to the alloy and an inability to off-gas into the mold. A lead filling in the head has been observed by other authors and could possibly have been done in order to adjust the weight of the artefact. Even though the casting was only partially successful, the surface could be finished by cold work. This must have obscured the porosity.

With the removal of most of the external corrosion products from the surface, finely executed Egyptian workmanship was revealed. Due to the presence of basic copper chlorides, the bronze was stabilized by immersion in a benzotriazole bath and subsequently coated with a protective coating of Paraloid B-72.

Bibliographie

EMPA, Prüfungsbericht n° 840864, 2004.

Fink, C. G. & Kopp, A. H., An Observation Regarding the Ancient Egyptian Cult of Bastet, In: Technical Studies in the field of the Fine Arts 7, 1939, S. 111-119.

Forbes, R. J., Studies in ancient technology, Volume VII, E. J. Brill ed, Leiden, 1964, second revised edition of 1971.

Gettens, R. J., The corrosion products of metal antiquities, In: Smithsonian Report for 1963, Publication 4588, Washington, D.C.: Smithsonian Institution, 1964, S. 547-568.

Hodges, H., Artefacts, an introduction to materials and technology, Duckworth, London, 1964, second edition of 1976.

Jett, P., S. Sturman & T. D. Weisser, A study of the Egyptian bronze falcon figurines in the Walters Art Gallery, In: Studies in Conservation 30, 1985, S. 112-118.

Résumé:

La conservation d'un chat en bronze de l'Égypte ancienne a soulevé un certain nombre de questions, particulièrement en ce qui concerne l'analyse de sa composition, de sa structure interne, de sa porosité et des produits de corrosion qui le recouvre. Le bronze est un alliage à basse teneur en étain, présentant une porosité élevée. Des comparaisons avec plusieurs autres chats en bronze, analysés par Riederer, se sont révélées difficiles et n'ont pas abouti à une classification géographique et chronologique satisfaisante. La porosité élevée est probablement due au type d'alliage et au fait que les gaz n'ont pu être évacués dans le moule. Un remplissage en plomb dans la tête a été observé par d'autres auteurs et pourrait avoir été ajouté dans le but de rectifier le poids de la statuette. Même si le moulage n'a réussi que partiellement, le finissage de la surface a été réalisé à froid, un polissage supplémentaire ayant probablement servi à dissimuler l'effet de porosité.

Le dégagement de la plupart des produits de corrosion externes de la surface a révélé un artefact égyptien travaillé avec finesse. En raison de la présence de chlorures de cuivre basiques, la statuette en bronze a été stabilisée par immersion dans un bain de benzotriazole et ensuite recouverte d'une couche de protection de Paraloid B-72.

Kläntschi, N., Lienemann, P., Richner, P., Vonmont, H., Elementanalytik: instrumenteller Nachweis und Bestimmung von Elementen und deren Verbindung, Heidelberg 1996.

Koesling, V., Vom Feuerstein zum Bakelit, historische Materialien verstehen, Band 5/6 der AdR Schriftenreihe zur Restaurierung und Grabungstechnik, Theiss Verlag, Stuttgart, 1999.

Langton, N., Langton B., The cat in ancient Egypt, Kegan Paul, London, 2002, S.1-7.

Malek, J., The cat in ancient Egypt, British Museum Press, London, 1993.

Mohen, J.P., Métallurgie préhistorique, introduction à la paléoméallurgie, Masson, 1990.

Riederer, J., Die naturwissenschaftliche Untersuchung der Bronzen des Ägyptischen Museums Preussischer Kulturbesitz in Berlin, In: Berliner Beiträge zur Archäometrie, Bd. 3, 1978, S. 5-42.

Danksagung:

Herrn Flisch (Empa) für die radiologische und tomographische Untersuchung der Katze

Herrn Wichser (Empa) für die chemische Untersuchung des Metalls

Herrn Gfeller (Empa) für die Untersuchung der Korrosionsprodukte des Metalls

Herrn Dr. Ritter (Empa) für die Untersuchung der möglichen, organischen Bindemittel

Herrn Walter Fasnacht für die anregende Diskussion

Frau Maya Müller und dem Museum der Kulturen Basel und für die Bereitstellung der Katze

Frau Pia Kamber vom Historischen Museum Basel für die Nachforschungen zur Herkunft des Objektes und zum Einverständnis zur Publikation der Katze

Abbildungs- und Tabellennachweis

Abb. 1a: Wace, R. *Pharaos Creatures Animals from Ancient Egypt*. Rupert Wace Ancient Art Publications, Clifford Press Ltd., London, Plate 15

Abb. 1b, 3, 4, 7, 8, 14, 15 : Mirjam Balsiger, HEAA-Arc

Abb. 2: Seipl, W. *Das Vermächnis der Pharaonen, Meisterwerke aus der ägyptisch-orientalischen Sammlung des Kunsthistorischen Museums Wien*. Katalog der Ausstellung des Museums Rietberg, Hrsg. M. M. Grewenig, 1993, S. 248

Abb 5: Mohen, J.P., *Métallurgie préhistorique, introduction à la paléoméallurgie*, Masson, 1990, S. 136

Abb6: Hodges, H., *Artefacts, an introduction to materials and technology*, 1964, second edition of 1976, Duckworth, London, S. 72

Abb 9, 10: Alexander Flisch (Empa)

Abb 11: Schorsch, D., Technological Examinations of Ancient Egyptian Theriomorphic Hollow Cast Bronzes – Some Case Studies. In: *Conservation of Ancient Egyptian Materials*, preprints of the conference organised by the United Kingdom Institute for Conservation, Archaeology Section, held at Bristol, December 15-16th, 1988, Ed. Watkins, S.C. & C.E. Brown. UKIC Archaeology Section, 1988, S. 48

Abb 12, 13: Mariann Senn (Empa)

Tab.1, 2: EMPA, Bericht 840864, 2004

- Riederer, J., Metal Analysis of Egyptian Bronzes. In: *Revue d'Archéométrie, Actes du XX Symposium International d'Archéométrie*, Paris 26-29 mars 1980, Volume III, 1981, S. 239-243.
- Riederer, J., Die naturwissenschaftliche Untersuchung der Bronzen der Staatlichen Sammlung ägyptischer Kunst in München. In: *Berliner Beiträge zur Archäometrie*, Bd.7, 1982, S. 5-34.
- Riederer, J., Metallanalysen der ägyptischen Statuetten des Kestner-Museums, Hannover. In: *Berliner Beiträge zur Archäometrie*, Bd.8, 1983, S. 5-17.
- Riederer, J., Die naturwissenschaftliche Untersuchung der ägyptischen Bronzen des Pelizaeus-Museums in Hildesheim. In: *Berliner Beiträge zur Archäometrie*, Bd.9, 1984, S. 5-16.
- Riederer, J., Metallanalysen ägyptischer Bronze- statuetten aus deutschen Museen. In: *Berliner Beiträge zur Archäometrie*, Bd. 10, 1988, S. 5-22.
- Schumann, H., *Metallographie*. Leipzig 1991.
- Schorsch, D., Technological Examinations of Ancient Egyptian Theriomorphic Hollow Cast Bronzes – Some Case Studies. In: *Conservation of Ancient Egyptian Materials*, preprints of the conference organised by the United Kingdom Institute for Conservation, Archaeology Section, held at Bristol, December 15-16th, 1988, Ed. Watkins, S.C. & C.E. Brown. UKIC Archaeology Section, 1988, S. 41-50.
- Scott, D. A., *Copper and Bronze in Art: Corrosion, Colorants, Conservation*, Getty Publications, Los Angeles, 2002.
- Seipl, W., *Das Vermächnis der Pharaonen, Meisterwerke aus der ägyptisch-orientalischen Sammlung des Kunsthistorischen Museums Wien. Katalog der Ausstellung des Museums Rietberg*, Hrsg. M. M. Grewenig, 1993, S. 248.