

Zeitschrift: as. : Archäologie Schweiz : Mitteilungsblatt von Archäologie Schweiz = Archéologie Suisse : bulletin d'Archéologie Suisse = Archeologia Svizzera : bollettino di Archeologia Svizzera

Herausgeber: Archäologie Schweiz

Band: 27 (2004)

Heft: 3

Artikel: "Alt heydnisch Bildlein von Ertz"

Autor: Deschler-Erb, Eckhard / Lehmann, Eberhard / Soares, Marie

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-20499>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 12.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

a l t h e y d n i s c h b i l d l e i n



«Alt heydnisch Bildlein von Ertz»

Eckhard Deschler-Erb, Eberhard Lehmann,

Marie Soares

In Zusammenarbeit mit Erwin Hildbrand,
Katja Hunger, Anne Kapeller, Alexander Voûte,
Peter Vontobel



Mit der Vorlage der figürlichen römischen Bronzen aus der Zentral-, Ost- und Südschweiz kann ein vor 30 Jahren begonnenes Projekt zu seinem Ende geführt werden. Der geplante Katalog soll aber nicht bei einer rein klassisch archäologischen Vorlage stehen bleiben.

Abb. 1

Der sogenannte «*Mars gradivus*» aus Zürich-Thalacker (A-1587.1). Links Stich von Jacob Josef Clausner aus dem Jahre 1783. Höhe 25 cm.

Le «Mars gradivus» de Zurich, Thalacker (A-1587.1). A gauche, gravure de Jacob Josef Clausner réalisée en 1783. Hauteur: 25 cm.

Il cosiddetto «*Mars gradivus*» di Zurigo-Thalacker (A-1587.1). A sinistra, acquaforte di Jacob Josef Clausner dell'anno 1783. Alt. 25 cm.

Abb. 2

Statuette des Merkur von Thalwil ZH (A-3447). Es handelt sich um ein Spitzenwerk römischer Kleinkunst. Höhe 22,5 cm.

Statuette du Mercure de Thalwil (ZH) (A-3447), un chef-d'œuvre de l'artisanat romain. Hauteur: 22,5 cm.

La statuetta di Mercurio da Thalwil ZH (A-3447). Si tratta di un vero capolavoro d'arte minore romana. Alt. 22,5 cm.

Die Voraussetzungen

Seit Beginn einer wissenschaftlichen Auseinandersetzung mit der provinzialrömischen Epoche in der Schweiz erregten besonders die figürlichen Bronzen die Aufmerksamkeit der Forschung. So wird etwa die 1669 in Zürich-Thalacker gefundene Statuette des sogenannten «*Mars gradivus*» gleich mehrfach erwähnt und bereits 1783 erstmals abgebildet. Allerdings stand damals die ansprechende Form der einzelnen Objekte im Mittelpunkt der Aufmerksamkeit; die Bedeutung der Objekte wurde nicht hinterfragt.

Das steigende Interesse an der eigenen Vergangenheit führte im Verlauf des 19. Jahrhunderts zu einem grossen Anstieg der Grabungs- und Sammeltätigkeit sowie zu einer Intensivierung der Forschung. Dies galt besonders auch für die figürlichen Bronzen. Allerdings sah man bis in die Mitte des 20. Jahrhunderts in den kaiserzeitlichen Bronzeobjekten, insbesondere den Statuetten, Kopien verlorener griechischer Originale, nicht aber Vertreter einer eigenständigen Kunsgattung. Die Herkunft der einzelnen Bronzeobjekte interessierte kaum. Erst nachdem man in den römischen Bronzen eigenständige Arbeiten mit stark regionalen Komponenten erkannt hatte, wurde auch der genaue Fundort der einzelnen Stücke wichtig.

Und so reifte, ausgehend von ähnlichen Arbeiten in Deutschland, die Idee einer systematischen Erfassung und Publikation aller figürlichen kaiserzeitlichen Bronzen der Schweiz. Initiator des Projektes war Prof. Hans Jucker, der ab 1969 von der Universität Bern aus die Arbeiten organisierte. Die damals beauftragten Forscherinnen Annalis Leibundgut und Annemarie Kaufmann-Heinimann legten in drei Bänden alle bis Fundjahr 1968/70 bekannten römischen Bronzen aus Avenches (Band 1), Augst und der Nordwestschweiz (Band 2), sowie der gesamten Westschweiz inklusive Kanton Bern (Band 3) vor (Kaufmann-Heinimann 1977; Leibundgut 1976 und 1980). Zusätzlich folgte durch Annemarie Kaufmann-Heinimann ein Ergänzungsband, der die Neufunde der Jahre 1968/70 bis 1985/90 aus diesen Gebieten und



2

Nachträge für die gesamte Schweiz abhandelte (Kaufmann-Heinimann 1994).

Damit sind bis auf die Altfundorte der zentralen, östlichen und südlichen Schweiz inklusive Kanton Solothurn alle figürlichen Bronzen publiziert sowie der Forschung zugänglich gemacht. Eine Edition des restlichen Materials wurde durch Annalis Leibundgut in Angriff genommen, konnte aber aus vielerlei Gründen nicht zum Abschluss gebracht werden. Die Fertigstellung des Kataloges ist nun Eckhard Deschler-Erb übertragen und konnte dank eines Forschungsbeitrages des Schweizerischen Nationalfonds in Angriff genommen werden.

Eine Vielfalt an Figuren

Der geplante Katalog wird über 300 Objekte beinhalten. Ausser Statuetten und Statuen wer-



3

Abb. 3

Merkur von Uster ZH (A-3446).
Die Statuette ist provinzieller in der Gestaltung, aber noch sehr souverän geformt. Höhe 14,5 cm.

Mercure d'Uster (ZH) (A-3446).
La statuette semble être une œuvre provinciale, même si elle a été soigneusement exécutée.
Hauteur: 14,5 cm.

Il Mercurio da Uster CH (A-3446).
La statuetta è lavorata con maestria pur essendo di fattura più provinciale. Alt. 14,5 cm.

den auch alle weiteren Bronzen erfasst, die eine figürliche Verzierung aufweisen und deren Fundort im Bereich der Zentral-, Ost- und Südschweiz inklusive Kanton Solothurn liegt. Dabei werden jedoch nur Objekte berücksichtigt, die vor 1969/70 gefunden wurden.

Das Material ist mannigfaltig und umfasst zahlreiche Kategorien. Zu nennen sind:

Götter, Göttinnen und Halbgötter, Tiere und Fabelwesen, Möbelbeschläge, Militaria, Zubehör von Wagen und Pferdegeschirr, Votive/Geräte und Möbelteile, Schlüssel und Griffe, Metallgeschirr, Basen, Teile von Grossbronzen, fragile Stücke sowie Fälschungen.

Unter den Statuetten von Göttern, Göttinnen und Halbgöttern befinden sich einige sehr qualitätsvolle Stücke, auf die unten noch weiter eingegangen werden soll, aber auch einfachste Darstellungen mit stark provinziellem Charakter. Bei den Tieren und Fabelwesen sind einige Stiere

mit drei Hörnern bemerkenswert. Es handelt sich dabei um die Darstellung des *Tavros Trigaranos*, einer Stiergottheit wohl keltischen Ursprungs. Unter den Möbelbeschlägen befinden sich drei sehr fein gearbeitete Silensköpfe aus Kloten ZH, Waldkirch SG und Zürich-Albisrieden. Die beiden letzteren wurden bereits in römischer Zeit in zweiter Nutzung zu Gewichten für eine Schnellwaage umgebaut.

Eine weitere grosse Gruppe stellen die Militaria mit ihren zahllosen Phallus-Anhängern dar. Unter den Möbelteilen ist vor allem auf einen vollständigen Dreifuss aus Nottwil LU hinzuweisen, auf dessen Enden Merkurbüsten sitzen.

Zwei Kannen mit Panthergriff aus Lenzburg sind die herausragenden Objekte des Metallgeschirrs und bei den Grossbronzen verdienstliche Statuenteile aus Villen bei Seeb ZH und Olten SO ein besonderes Interesse.

Den Abschluss des Katalogs bilden vorrömische Bronzen mediterranen Ursprungs, deren Schweizer Fundort vorgetäuscht ist, sowie Fälschungen, die vor allem im 19. und frühen 20. Jahrhundert in grosser Zahl auf den Markt geworfen wurden. Ungefähr die Hälfte der Objekte stammt aus dem Legionslager von Windisch-Vindonissa AG. Meistens handelt es sich dabei aber um figürlich verziertes militärisches Gerät und um Metallgeschirr. Mit bald 40 Objekten folgt der Vicus von Baden-Aquae Helveticae AG. Dort überwiegen die Statuetten, deren Qualität das Material aus Windisch-Vindonissa bei weitem übertrifft. Der Rest der Funde verteilt sich auf zahlreiche Fundstellen ländlichen und städtischen Charakters, ohne weitere Schwerpunkte erkennen zu lassen.

Highlights

Ein herausragendes Stück stellt der bereits erwähnte sogenannte «Mars Gradivus» aus Zürich-Thalacker dar (Abb. 1). Die 25 cm hohe Gestalt im Besitz des Schweizerischen Landesmuseums Zürich stellt einen vorwärts stürmen-



4

Abb. 4
Stierstatuette aus Winterthur-Oberwinterthur ZH (A-3387). Die einfache Figur dürfte ein Votiv gewesen sein. Höhe 4,5 cm; Länge 6,5 cm.

Statuette de taureau provenant de Winterthour-Oberwinterthur (ZH) (A-3387). La figurine, de facture simple, a probablement fait office d'ex-voto. Hauteur: 4,5 cm; Longueur: 6,5 cm.

Statuetta rappresentante un toro da Winterthur-Oberwinterthur ZH (A-3387). La statuina di fattura molto semplice doveva essere un oggetto votivo. Alt. 4,5 cm; L. 6,5 cm.

den, barfüssigen Jungen in reich verzierter Rüstung dar. Die Proportionen der über einem Kern im Wachsausschmelzverfahren hergestellten Statuette sind sehr ausgewogen, die Dynamik der Bewegung ist ausgezeichnet getroffen. Die genaue Zuweisung ist noch umstritten; am ehesten dürfte der Sohn des Kriegsgottes Mars, Amor oder Eros, dargestellt sein, der die Rüstung seines Vaters trägt. Bei der Statuette handelt es sich um ein Exportstück.

Mit dem Merkur aus Thalwil ZH liegt ein weiteres Highlight vor (Abb. 2). Die 22,5 cm hohe, im Wachsausschmelzverfahren hergestellte Statuette kam im früheren 19. Jahrhundert zum Vorschein und befindet sich heute im Besitz des Schweizerischen Landesmuseums Zürich. Zu sehen ist die nackte Gestalt eines jugendlichen Merkurs, der allein mit Mantel, Flügelhut und Flügelschuhen bekleidet ist. Dieses Stück ist in seiner klassischen Formgebung ein Spitzenwerk der römi-

schen Kleinkunst, das nur aus dem italienischen Raum stammen kann.

Ein weiterer Merkur fand sich bereits im 17. Jahrhundert bei Uster ZH. Die 14,5 cm hohe Statuette weist eine provinzielle Machart auf, ist aber immer noch sehr souverän geformt. Als zusätzliches Attribut für den Gott Merkur trägt diese Figur einen Geldbeutel in der rechten Hand. Bei dem Stück wurde interessanterweise nach dem Guss der Kern durch ein Loch auf dem Rücken herausgenommen. Dabei ist nicht klar, wann diese Aktion erfolgte. Ein zweites Loch auf dem Rücken wurde noch in römischer Zeit durch einen heute fehlenden Flicken verschlossen. Der Merkur von Uster dürfte ebenfalls ein Importfund sein.

Als letztes Beispiel soll die Statuette eines Stiers aus Winterthur-Oberwinterthur ZH vorgestellt werden. Das Stück, dessen genaue Fundumstände noch nicht ganz geklärt sind, ist 4,5 cm hoch und 6,5 cm lang. Der Stier steht mit allen vier Hufen auf dem Boden, mit Blick geradeaus. Das Gesicht ist kaum ausgearbeitet. Bei aller Einfachheit der Gestaltung ist festzuhalten, dass die Proportionen des Tieres recht gut eingehalten worden sind. Solche Tierstatuetten sind als Votivfiguren anzusehen. Der Stier aus Oberwinterthur könnte aus einer regionalen Produktion stammen.

Ost-West-Gefälle

Beim Vergleich der figürlichen Bronzen der zentralen, östlichen und südlichen Schweiz mit dem Material, das uns aus dem Westen und insbesondere den städtischen Zentren wie Avenches-Aventicum VD, Lausanne-Vidy-Lousonna VD oder auch der Römerstadt Augusta Raurica BL/AG bekannt ist, sind frappante Unterschiede erkennbar. Ausser einigen wenigen herausragenden Objekten dominiert im Osten das Mittelmass. Auch das Legionslager in Windisch-Vindonissa macht dabei keine Ausnahme und erbrachte, wie bereits gesagt, mehrheitlich einfach verziertes militärisches Material. Die bereits mehrfach herausgestellte Provinzialität der östlichen Schweiz gegenüber der sehr viel stärker urban und



Abb. 5

Die Spallationsneutronenquelle SINQ am Paul Scherrer Institut in Villigen AG. Im Vordergrund befindet sich das Areal NEUTRA, in dem die radiographischen und tomographischen Untersuchungen durchgeführt wurden.

La source de neutrons à spallation SINQ du Paul Scherrer Institut, à Villigen (AG). Au premier plan se trouve l'instrument NEUTRA, où sont effectuées les radiographies et les tomographies aux neutrons.

La fonte di spallazione a neutroni SINQ del Paul Scherrer Institut di Villigen AG. In primo piano si trova l'area NEUTRA, dove si effettuano le analisi radiografiche e tomografiche.

mediterran geprägten westlichen Schweiz in der römischen Zeit lässt sich also auch am Beispiel der figürlich verzierten Bronzen gut nachvollziehen.

Mehr als ein Katalog

Die klassische Katalogvorlage der figürlichen Bronzen soll durch naturwissenschaftliche Untersuchungen ergänzt werden. Gerade die Menge der zur Verfügung stehenden Objekte erlaubt es, nicht nur Einzelfälle zu analysieren, sondern in gezielten Reihenuntersuchungen auch allgemeine Gesetzmäßigkeiten bei der Herstellung antiker Bronzen zu erkennen.

Die naturwissenschaftlichen Untersuchungen sind dank eines Projektkredites des Bundesamt für Bildung und Wissenschaft in Bern im Rahmen von COST G8 möglich.

L'action COST G8

Le laboratoire de recherche en conservation du Groupe MUSEE SUISSE participe activement

depuis 2002 au réseau européen COST (coopération européenne dans le domaine de la recherche scientifique et technique). Ce réseau est une structure de coopération internationale destinée à la coordination des recherches en Europe. Les actions COST sont générées par l'initiative des chercheurs collaborant à ce groupe et non pas par des programmes de stratégies supérieures de recherche provenant de Bruxelles. Grâce à cela, à la fin de l'an 2000, l'action COST G8 «Non destructive analysis and testing of museum objects» a été lancée pour une durée d'environ cinq ans. Cette action a pour but d'une part de favoriser l'organisation et la réalisation de missions scientifiques de courte durée, qui permettent à des scientifiques d'avoir libre accès aux infrastructures disponibles dans les laboratoires d'accueil ainsi qu'au support scientifique indispensable.

D'autre part elle permet, après examen et acceptation des dossiers, de financer des projets d'étude des matériaux dont sont constitués les objets d'intérêt culturel.

En Suisse, la source de neutrons à spallation SINQ du Paul Scherrer Institut (PSI) et le laboratoire de

Spectrométrie de fluorescence X (XRF). Le principe de la méthode consiste à exciter par un faisceau de rayons X l'échantillon à analyser. Le rayonnement émis par la matière est une fluorescence de rayons X secondaires. Chaque élément chimique émet une énergie spécifique dont la mesure permet son identification.

Le spectromètre de fluorescence qui équipe notre laboratoire a été spécialement conçu pour l'analyse des matériaux constituant les biens culturels.

En effet, le faisceau de rayons X, focalisé à l'aide d'une lentille poly-capillaires, permet d'effectuer sur une surface de 50 µm de diamètre des analyses quantitatives ou qualitatives. L'utilisation de cette lentille multiplie ainsi les applications de la fluorescence de rayons X. Il est dorénavant possible d'effectuer des analyses quantitatives sur des micro-pré-

levements d'environ 10 mg. De même, une fois que les éléments chimiques présents sont détectés, il est facile pour chacun de ces éléments de déterminer une carte de leur répartition dans l'échantillon. Cela peut se révéler très utile par exemple pour l'étude d'une œuvre graphique ou des ornements d'une sculpture.

Les dimensions de la chambre de mesure (700x700x700 mm) autorisent quand à elles l'analyse, sans prélevement et non destructrice, d'objets pouvant atteindre la taille maximale de 350x350x350 mm.

L'ensemble échantillon / module d'analyse est sous vide (0.3 mm Hg), afin de réduire l'absorption des rayons X par l'air et de permettre la détection des éléments chimiques dont le nombre atomique est supérieur ou égal à celui du sodium. (M.S.)

Chambre de mesure du spectromètre de fluorescence X lors de l'analyse non destructrice du Mercure d'Uster (ZH).

Messkammer in der das Fluoreszenz X-Spektrum des Merkurs von Uster ZH zerstörungsfrei analysiert wird.

Camera di misurazione dello spettrometro di fluorescenza X, durante l'analisi non distruttiva del Mercurio di Uster ZH.



Abb. 6

Anordnung für die Neutronentomographie. Rechts Austrittsöffnung des Neutronenstrahlkanals, Probenposition in der Mitte, Detektor links hinter dem Objekt. Der Drehtisch unter der Probe wird ferngesteuert präzise um jeweils ca. 0.5° gedreht, sodass etwa 300 Einzelbilder aufgezeichnet werden.

Equipement pour la tomographie aux neutrons. A droite, le conduit de sortie du canal d'où arrivent les neutrons, au centre, l'échantillon à examiner et à gauche, derrière la pièce, le détecteur. La table tournante, sous l'échantillon à analyser, est programmée de manière très précise, de sorte qu'elle puisse tourner chaque fois de 0,5° environ, permettant d'obtenir quelque 300 images.

Disposizione per la tomografia ai neutroni. Sulla destra il condotto d'uscita del canale che conduce il flusso di neutroni, al centro si situa il campione da analizzare, mentre il detettore si trova sulla sinistra, dietro l'oggetto. Il piatto su cui poggia l'oggetto può essere ruotato a distanza con una precisione di circa 0,5°, così da ottenere circa 300 immagini.

recherche en conservation du Musée national suisse se sont associés pour participer à ce réseau. L'idée est de développer localement un tel réseau, mais aussi de faire bénéficier de ce programme de coopération scientifique l'ensemble de la communauté muséale et archéologique en Suisse.

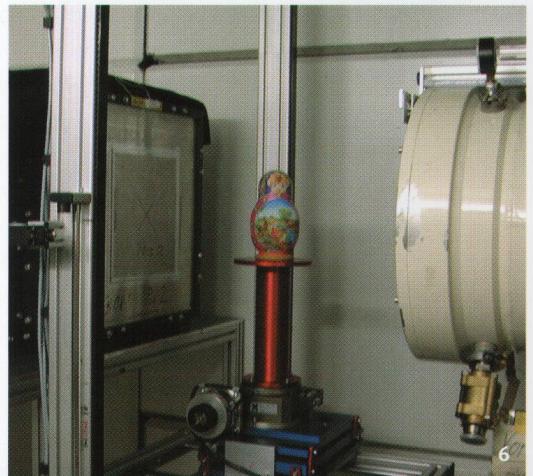
Les deux laboratoires associés sont complémentaires, l'un bénéficie de plus de 40 années d'expériences et d'activités dans le domaine de l'analyse des biens culturels, l'autre apporte un niveau scientifique de renommée internationale et une infrastructure unique en Suisse dans le domaine de la physique nucléaire.

Depuis, plusieurs études ont été menées dans le cadre de cette collaboration, dont la plus récente a été rendue possible par l'action COST G8, «Zerstörungsfreie und minimalinvasive Untersuchung römischer Bronzestatuetten aus der Ost-, Zentral- und Südschweiz».

Ce projet est le fruit de la collaboration entre trois partenaires: Eckhard Deschler, initiateur du projet, archéologue au département de préhistoire de l'Université de Zurich, Eberhard Lehmann, docteur en physique au PSI et les collaborateurs du Groupe MUSÉE SUISSE, les scientifiques du laboratoire de recherche en conservation Erwin Hildbrand, Katja Hunger, Alexander Voûte et Marie Soares, ainsi que l'archéologue Anne Kapeller, du centre de recherche pour la préhistoire, l'époque romaine et le haut moyen âge.

Dans le cadre de l'élaboration du quatrième volume du catalogue de figurines romaines en bronze, Eckhard Deschler nous a contactés afin que nous effectuions conjointement avec le PSI l'étude structurale et analytique de ces figurines.

Au PSI, les physiciens procèdent à un examen par radiographie aux neutrons et par radiographie aux rayons X de chaque figurine en bronze, dans le but de définir sa structure et son mode de fabrication. En fonction de la complexité de l'objet, lorsque des questions sont encore ouvertes, un examen tomographique par activation neutronique est réalisé. Dans le laboratoire de recherche en conservation du Musée national suisse, les collaborateurs déterminent la composition quantitative de l'alliage de



bronze utilisé pour chaque figurine. Pour ce faire, un micro-prélèvement est effectué (20 mg) et analysé dans un premier temps par la spectrométrie de fluorescence de rayons X, puis par spectrométrie atomique. Ces deux méthodes étant complémentaires, elles permettent de définir exactement, au ppm près, la composition de l'alliage de l'objet étudié. Au sein du centre de conservation, le laboratoire de recherche en conservation offre, dans ce type de projet, l'avantage d'associer à ses compétences scientifiques celles des conservateurs-restaurateurs. De cette façon les objets sont manipulés dans le respect de l'éthique de la conservation des biens culturels. (M.S.)

Analysen am Paul Scherrer Institut

Zerstörungsfreie Untersuchungen im Sinne einer Struktur- und Materialanalyse der Bronzeobjekte können mit Hilfe von Durchstrahlungstechniken durchgeführt werden. Dabei muss die Nutzung von Röntgenstrahlung als eher konventionell angesehen werden, da sie sowohl im medizinischen Bereich als auch im Routinebetrieb der sogenannten «zerstörungsfreien Materialtestung» etabliert und weit verbreitet ist.

Allerdings ist diese Methode beschränkt, wenn dicke Schichten von Metallen (insbesondere von

La spectroscopie d'absorption atomique (AAS)

C'est une méthode d'analyse quantitative (au ppm près) des matériaux inorganiques. L'AAS est complémentaire à la spectroscopie de fluorescence des rayons X (XRF), car elle est, en comparaison avec XRF, particulièrement performante pour les éléments dont la concentration massique dans l'échantillon est inférieure à 2,5 %. Cette méthode est cependant micro-destructive car elle nécessite le prélèvement d'un échantillon de 20 mg.

Ce prélèvement est minimal et ne nuit pas à l'intégrité de l'objet si l'on prend soin de l'effectuer dans une zone cachée, par exemple à l'intérieur d'une sculpture... (M.S.)

Schwermetallen wie Blei, Silber oder Gold) durchstrahlt werden müssen. Medizinische Röntgengeräte, bei denen die Energie der Strahlung unter 120 keV liegt, sind deshalb für Untersuchungen von Bronzeobjekten ungeeignet. Durch die Erhöhung der Strahlenergie (bis ca. 420 keV möglich) kann es jedoch gelingen, noch einige Millimeter Metall zu durchdringen. Dies ergibt sich aus der Energieabhängigkeit der Schwächungskoeffizienten der zu untersuchenden Metalle, die bei höheren Energien deutlich abnehmen. Die Beispiele in diesem Bericht basieren auf Messungen mit 150 kV Röntgenspannung. In der Zukunft werden Untersuchungen bis zu 320 kV folgen.

Deutlich besser geeignet für die Durchstrahlung der vorgenannten Bronzeobjekte sind thermische Neutronen, deren Schwächungskoeffizienten für die meisten Legierungsbestandteile unter denen für Röntgenstrahlung liegen. Strahlen von thermischen Neutronen mit hinreichender Intensität sind allerdings nur an wenigen Orten weltweit vorhanden, da für die Erzeugung freier Neutronen entweder Kern-

reaktoren oder sogenannte Spallationsquellen benötigt werden.

Im vorliegenden Fall der Untersuchung Schweizer Fundobjekte konnte die Anlage NEUTRA an der Spallationsneutronenquelle des Paul Scherrer Institutes genutzt werden (Abb. 5). Diese Strahllinie hat einen maximalen Querschnitt von 40 cm, so dass auch grössere Objekte mit einer Aufnahme abgebildet werden können. Neben der einfachen Durchstrahlung, die Aufschluss auf die Materialverteilung im Objekt gibt und Informationen über Hohlräume, Einschlüsse oder innere Beschädigungen liefert, können auch Tomographieuntersuchungen an dieser Anlage durchgeführt werden.

Während eine Transmissionsaufnahme alle hintereinander liegenden Schichten gleichzeitig abbildet und zu einer Ansicht überlagert, kann die tomographische Analyse das volle Objektvolumen in allen 3 Dimensionen wiedergeben. Durch geeignete virtuelle Schnitte lassen sich alle Bereiche der Objekte in der exakten Position analysieren. Die

Abb. 7

Ansichten des Merkur von Thalwil (Abb. 2), wie sie sich mit unterschiedlicher «Belichtung» ergeben. Links: Foto bei Naturlicht, Mitte: Neutronenradiographie, rechts: Röntgenradiographie. Höhe der Statuette 22,5 cm.

Vues du Mercure de Thalwil (fig. 2), avec différents types d'«exposition». A gauche: photographie à la lumière naturelle, au centre: radiographie aux neutrons, à droite: radiographie aux rayons X. Hauteur de la statuette: 22,5 cm.

Immagini del Mercurio di Thalwil (Fig. 2), ottenute mediante differenti «esposizioni». A sinistra: fotografia con luce naturale, al centro radiografia ai neutroni, a destra radiografia ai raggi X. Altezza della statueta 22,5 cm.





8

Abb. 8

Der Merkur von Uster (Abb. 3) als Foto (links), Tomographieansicht der Aussenkonturen (Mitte), und im Schnitt durch das Objekt, erzeugt mit Hilfe von numerischen Verfahren aus dem Tomographiedatensatz (rechts).

Le Mercure d'Uster (fig. 3) en photographie (à gauche); la tomographie aux neutrons montre les limites extérieures de la statuette (au centre); coupe produite de manière numérique à l'aide de données obtenues par la tomographie aux neutrons (à droite).

Il Mercurio di Uster (fig. 3) in fotografia (a sinistra), come tomografia dei contorni esterni (al centro) e in sezione, ottenuta mediante procedimento numerico dai dati rilevati dalla tomografia (a destra).

Tomographie benutzt einen mathematischen Algorithmus, um aus einzelnen Projektionen der um die zentrale Achse gedrehten Probe das Gesamtvolumen zu ermitteln.

Der Aufbau der Tomographie-Messeinrichtung ist in der Abb. 6 gezeigt. Der von rechts kommende Neutronenstrahl trifft auf das Objekt, wird dort mehr oder weniger geschwächt und im Detektor auf der linken Seite als zweidimensionale Verteilung gemessen. Der Dreh- und Positioniertisch befindet sich unter der Probe.

Während ein einzelnes Transmissionsbild in ca. 10 Sekunden erhalten werden kann, benötigt man für einen Tomographiedatensatz Mess- und Analysezeiten in der Größenordnung von einigen Stunden. Dennoch ist klar, dass der erhaltene Informationsgehalt den Aufwand in den meisten Fällen rechtfertigt. Sowohl bei Röntgenuntersuchungen als auch beim Einsatz von Neutronen hat sich in den letzten Jahren ein Wandel bei den Detektionstechniken ergeben. Noch vor kurzem verwendete man ausschliesslich sogenannte Röntgenfilme, basierend auf der Schwärzung von Silberhalogeniden infolge der Strahlungseinwirkung. Die recht hohe zu applizierende Dosis hat dazu Anlass gegeben, nach empfindlicheren und dazu elektronisch auslesbaren Systemen Ausschau zu halten. Es ist gelungen, die notwendige Strahlungsmenge pro Bild um ca. 2 Größenordnungen zu verringern,

wobei eine ähnliche Bildqualität erreicht werden kann. Im Resultat der Untersuchungen erhält man somit einen digitalen Bilddatensatz und nicht mehr eine chemisch aufbereitete Filmfolie.

Alle im Bericht gezeigten Abbildungen von Durchstrahlungsuntersuchungen basieren auf digitalen Systemen, entweder den sog. Imaging Plates oder speziellen CCD-Kameras, die einen Leuchtschirm abbilden, der von den Neutronen angeregt wird. Das letztere System wird auch für die Tomographieuntersuchungen verwendet.

Das in der Abb. 7 gezeigte Beispiel der oben bereits vorgestellten Kleinplastik des Merkur von Thalwil ZH zeigt den Unterschied bei der Durchstrahlung: eine Transmission ist im Falle der Neutronenuntersuchung gut möglich, während mittels Röntgenstrahlung nur die äusseren Umrisse des Objektes wahrgenommen werden können.

Für das Beispiel des ebenfalls oben bereits abgebildeten Merkur von Uster ZH sind 2 tomographische Ansichten gezeigt (Abb. 8): die äussere dreidimensionale Ansicht und ein Schnitt durch das Objekt, erzeugt durch eine spezielle Visualisierungssoftware. (E.L.)

Eine wirkungsvolle Zusammenarbeit

Und was bringt dem Projekt die hier beschriebene kombinierte Arbeitsweise von Naturwissenschaftlern und Archäologen?

Dank der Zusammenarbeit kann ein «klassischer» Katalog römischer Bronzen systematisch durch wertvolle zusätzliche Informationen zur inneren Struktur sowie der Zusammensetzung des Materials ergänzt werden. Es lassen sich zahlreiche auch naturwissenschaftlich abgestützte Aussagen zum Herstellungsprozess machen, anhand derer auch einige Überlegungen zum antiken Handwerk des Bronzegusses möglich werden.

Diese kombinierte Arbeitsweise ist sicherlich ein guter Ansatz für eine breiter abgestützte Sicht der Dinge und könnte sich zum Vorbild für ähnlich gelagerte Präsentationen antiker Funde entwickeln. |

Dank

Dieser Beitrag wurde gedruckt mit Unterstützung des Schweizerischen Landesmuseums Zürich und des Paul Scherrer Institutes Villigen.

Abbildungsnachweise

Schweizerisches Landesmuseum Zürich: Abb. 1, rechts (COL-18399); Abb. 2 (COL-4812); Abb. 3 (COL-18400); Abb. 4 (COL-18401); Abb. S. 18 Paul Scherrer Institut Villigen: Abb. 5-8. Joh. Müller, Merckwürdiger Ueberbleibseln von Altherthümern der Schweiz, 12. Teil. Zürich 1783; Abb. 1, links.

Glossar

Schwächungskoeffizienten. Mass für die Abschwächung einer Strahlung (Röntgen oder Neutronen) beim Durchdringen von Materialproben. Er beschreibt eine Materialabhängigkeit und kann in Tabellen bzw. Datenbanken gefunden werden. Für Neutronen- und Röntgenstrahlen werden völlig unterschiedliche Werte gefunden.

Kiloelektronenvolt (keV). Die Basiseinheit Elektronenvolt (eV) beschreibt die Energie, die eine Strahlungsart aufweist. Da bei der Erzeugung von Röntgenstrahlen negativ geladene Elektronen beschleunigt und auf einer Metallplatte (z.B. Cu) abgebremst werden, entspricht 1 eV gerade der Energieänderung des Elektrons in einem elektrischen Feld von 1V Spannungsdifferenz. Gebräuchlich in der praktischen Röntgentechnik sind Beschleunigungsspannungen von einigen 1000 V, so dass keV als gängige Einheit fungiert.

Neutronen. Als Bestandteile des Atomkerns gehören Neutronen zu den so genannten Elementarteilchen. Neutronen haben keine Ladung und lassen sich somit von elektromagnetischen Feldern nicht beeinflussen. Freie Neutronen entstehen entweder bei der Kernspaltung oder beim Beschuss von Materie mit anderen, meist hochenergetischen Teilchen (vgl. Spallationsquelle). Die Durchstrahlung von Materialproben mit langsamem (sog. «thermischen» oder «kalten») Neutronen stellt eine Alternative der Materialuntersuchung zum konventionellen Röntgen dar.

Röntgenstrahlung. Diese Form der elektromagnetischen Strahlung wurde von Conrad Röntgen 1895 eher zufällig entdeckt. Sie diente seither als wichtiges Werkzeug in der Diagnostik des menschlichen Körpers, aber auch der unbelebten Materie. Sie wird erzeugt, indem Elektronen beschleunigt und auf einem Material abgebremst werden. Röntgenfilme werden mehr und mehr durch digitale Detektionssysteme ersetzt.

Spallationsquelle. Durch den Beschuss eines Schwermetalltargets mit hochenergetischen Protonen aus einem Beschleuniger können die Atomkerne des Targetmaterials aufgespalten werden. Diesen Vorgang nennt man Spallation, wobei schnelle Neutronen und Spallationsprodukte (Kerne niedriger Massenzahl als die des Targetmaterials) entstehen. Die freigesetzten Neutronen können abgebremst für Forschungszwecke, z.B. die Materialdiagnostik, verwendet werden.

Paul Scherrer Institut. Das Paul Scherrer Institut (PSI) mit Sitz zwischen den Gemeinden Villigen und Würenlingen (AG) ist das grösste bundesfinanzierte Forschungsinstitut der Schweiz. Es verfügt über Grossanlagen, die von einer internationalen Forschergemeinschaft genutzt werden.

Imaging Plates (Bildspeicherplatten). Neuartiges Verfahren, um Durchstrahlungsuntersuchungen durchzuführen. Sie ersetzen mehr und mehr den traditionellen Röntgenfilm und liefern statt dessen ein «digitales Bild».

Résumé

Les bronzes figurés de Suisse sont étudiés depuis 1969 par région et publiés sous la forme de catalogues. Le dernier volume à paraître, consacré aux bronzes figurés de Suisse centrale, de l'Est et du Sud, peut actuellement être entrepris grâce au soutien du Fonds national de la recherche scientifique suisse.

Il est prévu que ce catalogue contienne, en plus de la présentation traditionnelle des pièces, des études relevant du domaine des sciences. C'est la raison pour laquelle, en collaboration avec le Musée national suisse et le Paul Scherrer Institut, à Villigen, de nombreux bronzes ont pu faire l'objet d'analyses chimiques et de radiographies aux neutrons. Cette partie du travail a pu être réalisée grâce à une contribution particulière, obtenue par l'intermédiaire de l'Office fédéral de l'éducation et de la science et dans le cadre de l'action européenne COST G8. ■

Bibliographie

A. Kaufmann-Heinimann, August und das Gebiet der Colonia Augusta Raurica. Die römischen Bronzen der Schweiz 1. Mainz 1977.
A. Kaufmann-Heinimann, Neufunde und Nachträge. Die römischen Bronzen der Schweiz 5. Mainz 1994.
A. Leibundgut, Avenches. Die römischen Bronzen der Schweiz 2. Mainz 1976.
A. Leibundgut, Westschweiz, Bern und Wallis. Die römischen Bronzen der Schweiz 3. Mainz 1980.
E.H. Lehmann, P. Vontobel, L. Wielzel, Properties of the Radiography Facility NEUTRA at SINQ and its Potential for Use as European Reference Facility. Proc. 6th World Conf. On Neutron Radiography. Osaka 1999.

Zur Aktion COST G8 siehe:
<http://srs.dl.ac.uk/arch/cost-g8/>

Riassunto

E' dal 1969 che i bronzi figurativi della Svizzera sono analizzati per regioni e pubblicati in forma di catalogo. Grazie ad un credito del Fondo nazionale svizzero per la ricerca scientifica sarà ora possibile affrontare anche la pubblicazione dell'ultimo volume mancante, dedicato alla Svizzera centrale, orientale e sudalpina. Oltre all'allestimento di un catalogo tradizionale sono previste anche serie d'analisi scientifiche. Per questo motivo il maggior numero possibile di bronzi è analizzato chimicamente e radiografato ai neutroni, nei laboratori del Museo nazionale svizzero a Zurigo e del Paul Scherrer Institut di Villigen. La parte strettamente scientifica del progetto è finanziata dall'Ufficio federale per la formazione e la scienza, nell'ambito dell'azione europea COST G8. ■