

Zeitschrift: Jahresberichte aus Augst und Kaiseraugst
Herausgeber: Augusta Raurica
Band: 15 (1994)

Artikel: Legierungen figürlicher Bronzen aus der Colonia Raurica
Autor: Kaufmann-Heinimann, Annemarie / Liebel, Detlef
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-395564>

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: 06.02.2026

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

Legierungen figürlicher Bronzen aus der Colonia Raurica

Annemarie Kaufmann-Heinimann und Detlef Liebel

Zusammenfassung:

Von 27 figürlichen Bronzen aus Augst und Kaiseraugst werden die Legierungen mit Hilfe der Atomabsorptions-Spektalanalyse untersucht. Die gewonnenen Daten werden ausführlich diskutiert, und dabei werden objektbezogene, aber auch allgemeingültige Schlussfolgerungen gezogen. Ausserdem wird der Nachweis geführt, dass es sich bei zwei Statuetten um Fälschungen des 19. Jh. handelt.

Schlüsselwörter:

Analysen/Bronze, Analysen/Methoden/Atomabsorptions-Spektalanalysen, Analysen/Methoden/Röntgenfluoreszenzanalysen, Augst BL, Bronze/Legierungen, Bronzen, Fälschungen, Kaiseraugst AG, Kunst/Statuetten, Römische Epoche.

Einleitung

Seit rund dreissig Jahren werden die Kleinbronzen der römischen Provinzen aufgearbeitet und in regionalen Publikationen vorgelegt, so dass man sich mittlerweile für einzelne Gebiete ein recht gutes Bild von der einst vorhandenen Vielfalt dieser Kleinkunstgattung machen kann¹. Ein Hauptproblem jedoch ist nach wie vor ungelöst, das der *Herstellungsorte* der Bronzen. Einerseits lassen sich auf Grund stilistischer Merkmale Werkstattgruppen bilden oder einzelne, qualitativ sehr gute Statuetten zeitlich und regional einordnen, andererseits sind in sehr vielen Siedlungen Bronzegiessereien nachgewiesen², aber es ist erst für einzelne Objektkategorien möglich, aus Halbfabrikaten, Fehlgüssen und Werkabfällen sicher abzuleiten, welche der lokal gefundenen Bronzen nun lokal hergestellt worden sind³.

Es ist deshalb verständlich, dass man auf der Suche nach anderen Möglichkeiten auch die Analyse des Ausgangsmaterials in Betracht zieht, um herauszufinden, ob Kupferlegierungen je nach Region und Zeitstufe verschieden zusammengesetzt sind⁴. Erschwerend kommt bei der Bronze – im Unterschied zu anderen Materialien – hinzu, dass das Material mehrfach verwendbar ist und beim Wiedereinschmelzen von Altmittel neue Legierungen entstehen können.

In den letzten Jahrzehnten wurden kaiserzeitliche Gussbronzen vor allem in Frankreich in grösseren Serien analysiert, und zwar mittels Emissions-Spektalanalyse⁵. Die ältere Studie des Laboratoire d'analyses in Lyon untersuchte in erster Linie die Eigenschaften der verschiedenen Metalle, aus denen sich die Bronze zusammensetzt, sowie die Eigenschaften der unterschiedlichen daraus entstandenen Legierungen⁶. Besonderes Gewicht wurde einerseits auf die Rolle des Zinks gelegt, andererseits auf die Legierungsunterschiede zwischen sogenannten alexandrinischen und gallorömischen Bronzen. Es zeigte sich, dass Zink in mutmasslich frühkaiserzeitlichen, campanischen Bronzen weitgehend fehlte, dagegen sowohl in sogenannten alexandrinischen Bronzen – von denen einige wahrscheinlich aus dem Mittelmeerraum stammen – als auch in typisch gallorömischen Figuren in

recht unterschiedlichen Mengen (1–8%) vorhanden war; bei Fälschungen schliesslich konnten Anteile bis zu 20% festgestellt werden. Auch vom Bleigehalt her liessen sich keine charakteristischen Unterschiede zwischen alexandrinischen und gallorömischen Bronzen nachweisen; tendenziell enthielten Bronzen des 1. Jahrhunderts weniger Blei als solche der späteren

- 1 Einen guten Überblick gibt H. Menzel in: *Aufstieg und Niedergang der römischen Welt II* 12,3 (Berlin/New York 1985) 127–169.
- 2 Z.B. J. Draper et al., *Excavations by Mr H. P. Cooper on the Roman Site at Hill Farm, Gestingthorpe (Essex)*. East Anglian Archaeology Report 25 (Norwich 1985) 10f.; 63f.; M. Amand, *Un atelier de bronzier d'époque romaine à Blicquy*. Archaeologia Belgica 171 (1975); M. Mangin, *Un quartier de commerçants et d'artisans d'Alésia*. Publications de l'Université de Dijon 60 (Paris 1981) 246–261 Taf. 136 und XXIII; E. Rabeisen in: *Il était une fois la Côte-d'Or*. Kat. Dijon 1990, 126–131; E. Rabeisen in: L. Roussel (ed.), *Mediolanum, une bourgade gallo-romaine*. Kat. Dijon 1988, 211–217 Abb. 12 Taf. 80; 81 Nr. 681–703; M. Martin, *Römische Bronzegiesser in Augst BL*. Archäologie der Schweiz 1, 1978, 112–120 Abb. 1–22; K. Gschwantler, H. Winter, *Bronzewerkstätten in der Austria Romana*. Römisches Österreich 17/18, 1989/90, 107–141 Taf. 12–14.
- 3 Vgl. z.B. E. Rabeisen, *La production d'équipement de cavalerie au 1^{er} s. après J.-C. à Alesia (Alise-Sainte-Reine, Côte-d'Or, France)*. Journal of Roman Military Equipment Studies 1, 1990, 73–98 Abb. 1–15.
- 4 Bei der Materialanalyse der Terrakotten haben sich die in sie gesetzten Hoffnungen erfüllt; heute ist es möglich, auf Grund der Tonzusammensetzung die Herkunft einer Figur zu bestimmen. Vgl. z.B. C. Lahanier, G. Revel, C. Dennerly in: C. Bémont, M. Jeanlin, C. Lahanier, *Les figurines en terre-cuite gallo-romaines*. Documents d'archéologie française (Paris 1993) 254–279; G. Schneider, *Chemische Zusammensetzung römischer Keramik im Rhein-Main-Gebiet*. Schriften des Frankfurter Museums für Vor- und Frühgeschichte 10 (Bonn 1987) 303–327.
- 5 Zur Methode s. unten (AAS).
- 6 M. Picon, S. Boucher, J. Condamine, *Recherches techniques sur des bronzes de Gaule romaine*. Gallia 24, 1966, 189–215; 25, 1967, 153–168; 26, 1968, 245–278; 31, 1973, 157–183. – Die analysierten Proben stammen von rund 200 Bronzen; es wurden vor allem Exemplare aus Südgallien (Museen von Vienne und Lyon), ferner solche aus dem Elsass (Museen von Strassburg, Hagenau und Mülhausen) und in den Museen von Autun, Lille und Besançon untersucht.

Kaiserzeit. Im allgemeinen ergaben sich aus den Analysen viele aufschlussreiche Einzelbeobachtungen, aber wenige für eine grössere Objektgruppe verbindliche Resultate.

Im Gegensatz zu den Untersuchungen des Lyoner Laboratoriums, bei denen sich die analysierten Objekte durch Abbildungen oder Literaturhinweise identifizieren lassen, wurden im Laboratoire de Recherche des Musées de France viele unpublizierte Statuetten analysiert⁷, so dass im dunkeln bleibt, nach welchen Kriterien die Objekte ausgewählt wurden. Eine einseitige Auswahl mag denn auch mitverantwortlich sein dafür, dass die Analysen verschiedene, für die jeweilige Region anscheinend charakteristische Legierungen ergaben⁸.

In einer «Table Ronde» über Bronzeanalysen, die im Rahmen des Bronzekolloquiums in Lyon 1976 stattfand⁹, betonte Claude Rolley, dass nur vor dem Hintergrund einer klaren archäologischen Fragestellung Analysen durchgeführt werden sollten.

Nach dem Abschluss von Band V der «Römischen Bronzen der Schweiz»¹⁰ schien uns ein günstiger Zeitpunkt gekommen, eine Reihe von gezielt ausgewähl-

ten Gussbronzen aus der Colonia Raurica analysieren zu lassen. Seit der Bearbeitung der Altfunde bis zur 1990 abgeschlossenen Aufnahme der Neufunde sind rund 500 figürliche Bronzen aus dem antiken Stadtgebiet bekannt geworden; ein grosser Teil davon stammt aus gut dokumentierten Grabungen. Anhand von Vergleichsmaterial konnten viele Bronzen stilistisch und zeitlich eingeordnet werden; oft lieferten auch Befund und Schichtzusammenhang einen *terminus ante quem*. Wir stellten also eine Serie von 27 Gussbronzen (grösstenteils Statuetten; Abb. 1 und 2) zusammen, über deren Stil, Herkunft und Datierung möglichst viel bekannt ist und die zum Teil auch untereinander stilistisch und zeitlich verwandt sind, um herauszufinden, ob sich die auf archäologischem Weg festgestellten Besonderheiten und Zusammenhänge auch in der jeweiligen Legierung fassen lassen. Bewusst gingen wir von einer zahlenmässig sehr beschränkten Menge von Objekten aus, um je nach Ergebnis dieser Probeserie zu entscheiden, ob die Analysen auf einer breiteren Basis weitergeführt werden sollten.

Katalog

Im folgenden werden die einzelnen Objekte kurz charakterisiert; ausführliche Nachweise finden sich jeweils im ersten (I) oder fünften (V) Band der «Römischen Bronzen der Schweiz»¹¹.

«Gallisch» ist hier als geographischer, nicht als zeitlicher oder ethnischer Begriff verwendet; damit werden Statuetten bezeichnet, die in der römischen Kaiserzeit in einem nicht näher bestimmbar Gebieten Galliens (Gallia Narbonensis, Aquitania, Lugdunensis, Belgica) und der Germania superior hergestellt worden sind. In gleicher Weise meint «italisch» mutterländische Objekte der Kaiserzeit.

- 1 (Abb. 1) Herkules I Nr. 46 (Römermuseum Augst, Inv. 1906.75). – 4.–2. Jh. v.Chr., umbrisch-sabellisch; offensichtlich in neuerer Zeit in die Schweiz eingeführt und mit lokaler Fundortangabe versehen¹².
- 2 (Abb. 1) Apollo I Nr. 10 (Inv. 1959.4312). FK (Fundkomplex) V02640; Mitfunde 1. bis 3. Jh. – Nächste Parallelen im Hädurgergebiet. – Entstehungszeit: 1. Jh.; nordostgallisch, möglicherweise lokal gefertigt.
- 3 (Abb. 1) Venus I Nr. 69 (Inv. 1960.2561). FK –; ohne Schichtzusammenhang. – Entstehungszeit: späteres 2. Jh.; gallisch, möglicherweise lokal gefertigt.
- 4 (Abb. 1) Apollo I Nr. 8 (Inv. 1961.11664). FK X01007; Mitfunde Ende des 2. Jh. und 3. Jh. – Entstehungszeit: späteres 2. Jh.; gallisch, möglicherweise lokal gefertigt.

- 5 (Abb. 1) Sucellus I Nr. 6 (Inv. 1961.128). FK –; ohne Schichtzusammenhang. – Nächste, wohl formgleiche Parallele aus Besançon, weitere stilistisch verwandte Exemplare aus Chalon-sur-Saône und aus der Umgebung von Valence¹³. – Entstehungszeit: 1./2. Jh.; nordostgallisch, möglicherweise lokal gefertigt.

7 F. Beck, M. Menu, Th. Berthoud, L.-P. Hurtel, *Métallurgie des bronzes. Recherches gallo-romaines* 1 (Paris 1985) 69–139.

8 So betrifft etwa im Fall der Region Centre rund die Hälfte der Proben den Hortfund aus Neuville-en-Sullias, dessen – stilistisch sehr ungewöhnliche, sicher nicht für die ganze Region typische – Figuren grösstenteils aus derselben Werkstatt stammen. In der Region Languedoc-Roussillon ergibt die Analyse einer Diannastatue aus Lézignan (Nr. 804) den verdächtig hohen Zinkgehalt von 25,8% – was den mittleren Zinkgehalt, hochgerechnet auf alle Statuetten der Gegend, beträchtlich erhöht.

9 Actes du IV^e Colloque International sur les bronzes antiques (17–21 mai 1976). *Annales de l'Université Jean Moulin* (Lyon 1977) 203–220.

10 A. Kaufmann-Heinimann, *Die römischen Bronzen der Schweiz V. Neufunde und Nachträge* (Mainz 1994).

11 A. Kaufmann-Heinimann, *Die römischen Bronzen der Schweiz I. Augst und das Gebiet der Colonia Augusta Raurica* (Mainz 1977) und Kaufmann-Heinimann (wie Anm. 10). – Bei Parallelen, die erst im Auswertungsband zu den figürlichen Bronzen aus Augst und Kaiseraugst (in Vorbereitung) erscheinen, werden knappe Nachweise hier angeführt.

12 Vgl. A. Leibundgut, Zu den vorrömischen Hercules-Statuetten in schweizerischen Museen. *Italischer Import?* *Jahrbuch des Bernischen Historischen Museums* 55–58, 1975–78, 179–184.

13 S. Boucher, *Les bronzes figurés antiques. Musée Denon, Chalon-sur-Saône* (Lyon 1983) Nr. 63. – A. Pelletier et al., *Histoire et archéologie de la France ancienne: Rhône-Alpes* (Roanne 1988) Abb. S. 219.



Abb. 1 Augst/Kaiseraugst, analysierte figürliche Bronzen (die fetten Nummern entsprechen dem Kurzkatalog im Text und den Analysewerten in den Tabellen 1 und 2). M. 1:3.
1 Herkules, **2** Apollo, **3** Venus, **4** Apollo, **5** Sucellus, **6** Negerknabe, **7** Merkur mit Ziegenbock, **8** Venus mit Erosen, **9** Minerva, **10** Merkur mit Ziegenbock, **11** Merkur, **12** Zwerg, **13** Minerva, **14** Lar, **15** Amor, **16** Minerva, **17b** Basis, **18** Hockender Bärtiger, **19** Gauklerkopf, **20** Lar.

- 6 (Abb. 1) Negerknabe I Nr. 83 (Inv. 1961.6532). FK X00429; Mitfunde Ende des 2. und erstes Drittel des 3. Jh. – In vier Teilen gegossen. – Entstehungszeit: 1. Jh.; vermutlich ägyptisch.
- 7 (Abb. 1) Merkur I Nr. 32 (Inv. 1963.38). FK X02262; Mitfunde um die Mitte des 3. Jh. – Entstehungszeit: 1. Jh.; gallisch, evtl. südgallisch.
- 8 (Abb. 1) Venus mit zwei Erosen I Nr. 68 (Inv. 1963.5828). FK X02449; Mitfunde 3. Jh. – Entstehungszeit: frühes 3. Jh.; gallisch, möglicherweise lokal gefertigt.
- 9 (Abb. 1) Minerva I Nr. 63 (Inv. 1966.3963). FK X06520; Mitfunde zweite Hälfte des 2. Jh. und 3. Jh. Zusammen mit Nr. 10–12 aus einem um 270/80 n.Chr. *in situ* verstürzten Lararium. – Nächste, formgleiche Parallele aus Wirdum. – Entstehungszeit: 1./2. Jh.; gallisch, möglicherweise lokal gefertigt.
- 10 (Abb. 1) Merkur I Nr. 31 (Inv. 1966.3964). FK und Fundumstände wie Nr. 9. – Nächste Parallelen aus Sanxay und in Besançon. – Entstehungszeit: 1./2. Jh.; gallisch, möglicherweise lokal gefertigt.
- 11 (Abb. 1) Merkur I Nr. 18 (Inv. 1966.3965). FK und Fundumstände wie Nr. 9. – Nächste, zum Teil formgleiche Parallelen aus Munzach und Jallerange. – Entstehungszeit: 1./2. Jh.; gallisch, möglicherweise lokal gefertigt.
- 12 (Abb. 1) Zwerg I Nr. 84 (Inv. 1966.3966). FK und Fundumstände wie Nr. 9. – Gehört thematisch zu den vor allem im hellenistischen Ägypten verbreiteten Groteskdarstellungen. Nächste Parallelen aus Strassburg und in Kairo. – Entstehungszeit: 1.(?) Jh.; ägyptisch oder in Italien oder Gallien gefertigte Imitation eines ägyptischen Vorbilds.
- 13 (Abb. 1) Minerva I Nr. 64 (Inv. 1967.53). FK X06649; Mitfunde 1. Jh. bis Mitte des 3. Jh. – Entstehungszeit: 1./2. Jh.; gallisch, möglicherweise lokal gefertigt.
- 14 (Abb. 1) Lar I Nr. 52 (Inv. 1969.11776). FK –; ohne Schichtzusammenhang. Zusammen mit Nr. 15 und 25 aus einem wohl *in situ* verstürzten Ensemble mit campanischen Larariumsfiguren und weiteren Bronzen sowie verschiedenen Gerätschaften. – Entstehungszeit: frühes 1. Jh.; campanisch.
- 15 (Abb. 1) Amor I Nr. 38 (Inv. 1969.11778). Fundumstände wie Nr. 14. – Entstehungszeit: erste Hälfte des 1. Jh.; campanisch.
- 16 (Abb. 1) Minerva I Nr. 59 (Inv. 1971.3248). FK –; ohne Schichtzusammenhang. – Entstehungszeit: 1./2. Jh.; gallisch, möglicherweise lokal gefertigt.
- 17b (Abb. 1) Basis V Nr. 124 (Inv. 1972.1576). FK A03559; Mitfunde spätes 1. Jh. bis erste Hälfte des 3. Jh. – Produkt einer im späten 2. und frühen 3. Jh. im rätischen Raum tätigen Werkstatt.
- 18 (Abb. 1) Hockender Bärtiger V Nr. 175 (Inv. 1977.14718). FK B00804; Mitfunde zweites bis drittes Viertel des 2. Jh. – Entstehungszeit: 2. Jh.; gallisch, möglicherweise lokal gefertigt.
- 19 (Abb. 1) Gauklerkopf V Nr. 309 (Inv. 1979.3668). FK B04651; Mitfunde Ende des 1. Jh. und erste Hälfte bis nach Mitte des 3. Jh. – Gehört zu einer thematisch von Alexandria inspirierten, aber hauptsächlich in Gallien verbreiteten Gruppe.

Nächste Parallele in Strassburg¹⁴. – Entstehungszeit: frühes 3. Jh.; gallisch (?).

- 20 (Abb. 1) Lar V Nr. 29 (Inv. 1979.8463). FK B01964; keine datierbaren Mitfunde. – Nächste Parallele in Neapel. – Entstehungszeit: 1. Jh.; campanisch.
- 21 (Abb. 2) Messergriff mit Pantherkopf V Nr. 216 (Inv. 1983.34450). FK C00377; Mitfunde claudisch bis neronisch. – Nächste Parallelen aus Augst, Vindonissa und Oberwinterthur. – Entstehungszeit: erste Hälfte des 1. Jh.; nordostgallisch, möglicherweise lokal gefertigt.

14 Interessant ist, dass zwei Gauklerköpfe des gleichen Typus aus Strassburg sehr ähnliche Legierungen aufweisen; vgl. M. Picon, S. Boucher, J. Condamine, *Recherches techniques sur des bronzes de Gaule romaine*. Gallia 31, 1973, 158–160; 175, Nr. 295. 297 Abb. 1.

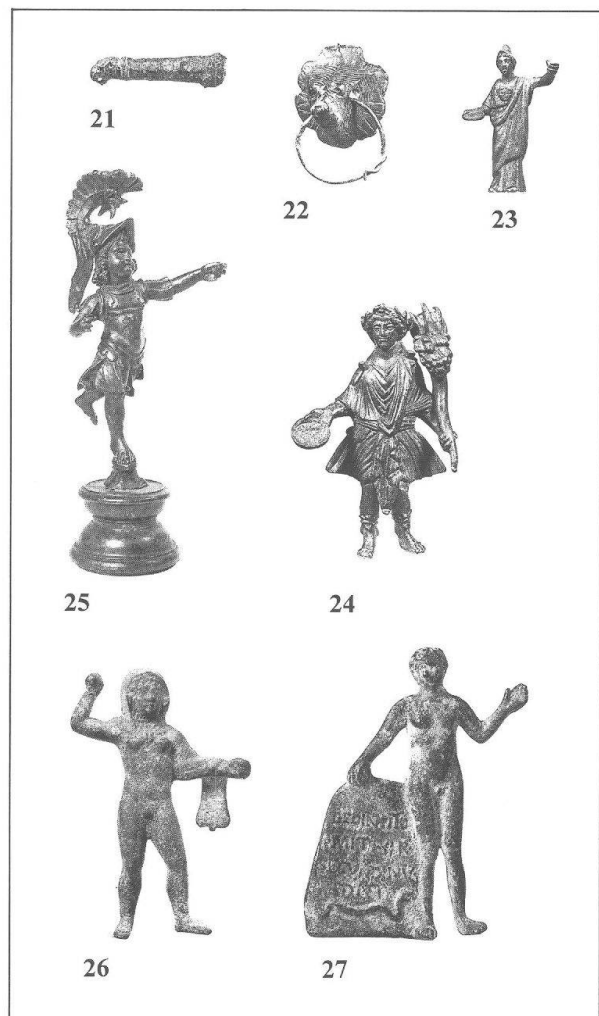


Abb. 2 Augst/Kaiseraugst, analysierte figürliche Bronzen (Fortsetzung). M. 1:3.

21 Griff mit Pantherkopf, 22 Applique Löwenkopf, 23 Minerva, 24 Lar, 25 Amor, 26 Herkules, 27 «Mithräer».

- 22 (Abb. 2) Löwenkopf V Nr. 166 (Inv. 1984.15952). FK C01213; Mitfunde spätes 3. bis evtl. frühes 4. Jh. – Entstehungszeit: 2./3. Jh.; gallisch, möglicherweise lokal gefertigt.
- 23 (Abb. 2) Minerva V Nr. 35 (Inv. 1986.17560). FK C02641; Mitfunde 1., evtl. auch 2. Jh. – Nächste Parallelen aus Schlettstadt, Gergy und Ostia. – Entstehungszeit: 1./2. Jh.; gallisch, möglicherweise lokal gefertigt.
- 24 (Abb. 2) Lar V Nr. 27 (Inv. 1986.8638). FK C02032; neuzeitlich durchwühlter Humus. – Nächste Parallelen aus Strassburg, Marren und Bonn sowie in Treviso und Bologna. – Entstehungszeit: 1. Jh.; mittel- oder süditalisch.
- 25 (Abb. 2) Amor in Waffen I Nr. 49 (Inv. A1759). – Fundumstände wie Nr. 14. – Entstehungszeit: erste Hälfte des 1. Jh.; campanisch.
- 26 (Abb. 2) Herkules I Nr. 47 (Inv. 1921.725). – Fälschung oder Nachguss aus dem 19. Jh, nach einem umbrisch-sabellischen Vorbild des 4./3.(?) Jh. (in Bronzen I noch nicht als Fälschung erkannt). Ein identisches Exemplar befindet sich im Museum in Trento¹⁵.
- 27 (Abb. 2) «Mithräer» o. Inv. (in I und V nicht aufgenommen, da der Fundort unbekannt und keine lokale Provenienz vorgetäuscht ist). Wohl aus einer alten Sammlung. – Nackter Mann (H. 12 cm), der mit der rechten Hand eine Tafel mit Mithras-Weihinschrift hält. Die Statuette stammt aus einer Fälscherwerkstatt des 19. Jh, die im Veneto, vielleicht in Venedig selbst, anzusiedeln ist¹⁶. Statuetten mit denselben Stilmerkmalen – die meisten mit ähnlichen Schriftbändern oder -tafeln – befinden sich unter anderem in Chur («aus Basel-Augst»)¹⁷, Zürich («aus Kaiseraugst»)¹⁸ und Trento¹⁹.

Analysenmethoden

Röntgenfluoreszenzanalyse (XFA)

Es hat eine lange Tradition, dass das Geochemische Labor des Mineralogisch-Petrographischen Instituts der Universität Basel für das Römermuseum Augst Analysen und archäometrische Untersuchungen durchführt. Dank der geographischen Nähe zu Augst und der Hilfsbereitschaft des Laborleiters Prof. Willem B. Stern konnten zahlreiche Ergebnisse erzielt und publiziert werden. So bot sich uns 1992 die Möglichkeit, durch energiedispersive Röntgenfluoreszenzanalyse eine Oberflächenanalyse an 19 figürlichen Bronzen erstellen zu lassen²⁰.

Diese Analysenmethode nutzt die Eigenschaft von chemischen Elementen, bei Bestrahlung mit Röntgenstrahlen einen jeweils bestimmten Anteil dieser Energie zu absorbieren. Dabei nimmt jedes Element einen durch den Atombau definierten charakteristischen Teil der Energie auf und gelangt so in einen energiereicheren, angeregten Zustand. Die Abgabe dieser Energie in Form von Strahlung nennt man Fluoreszenz. Da diese Energie vom Atombau abhängt, lassen sich somit einzelne Elemente identifizieren. Die Menge der abgestrahlten Energie entspricht der Anzahl der angeregten Atome, wodurch auch eine quantitative Auswertung möglich ist.

Von den Analysedaten, die wir auf diese Art an figürlichen Bronzen gewannen, sind die Gehalte an Cu, Sn, Pb und Zn in Tabelle 1 aufgeführt. Sie widersprechen zum Teil völlig unseren Vorstellungen von der Zusammensetzung der Legierungen von Gussbronzen: In vielen Fällen ergaben sich viel niedrigere Kupfergehalte als erwartet, während Zinn und Blei oft mehr als die Hälfte der jeweiligen Legierung ausmachten.

Zwar ist die Röntgenfluoreszenzanalyse eine Methode, die an sich zerstörungsfrei arbeitet und damit für die Untersuchung archäologischer Objekte besonders prädestiniert sein sollte. Da es sich jedoch im engeren Sinne um eine Oberflächenanalyse handelt,

sind bestimmte Einflussfaktoren zu beachten. Wir müssen berücksichtigen, dass ein Gussstück von der Oberfläche her erstarrt und dass dabei Legierungsunterschiede zum Innern hin auftreten. Folglich kann man nur bedingt von der Zusammensetzung an der

15 E. Walde Psenner, I bronzetti figurati antichi del Trentino (Calliano 1983) Nr. 61; E. Antonacci Sanpaolo, L. Follo, G. Gualandi, I bronzetti figurati antichi del Trentino. Alcuni risultati delle analisi quali-quantitative e metallografiche, *Archeologia delle Alpi* 1, 1993, 155f. 180f. Nr. 21 Abb. 27.

16 L. Franzoni, Bronzetti pseudoantichi di officine venete. Atti dell'Istituto veneto di Scienze. Lettere ed Arti, Classe Scienze morali, Lettere ed Arti 124, 1965/66, 39ff. Abb. 1.

17 I. R. Metzger, Antike Metallobjekte in der Sammlung des Rätischen Museums Chur. Bündner Monatsblatt 1981, 57; 69 Nr. 2–4 Taf. 1.

18 R. Ulrich, A. Heizmann, Catalog der Sammlungen der antiquarischen Gesellschaft in Zürich 2 (Zürich 1890) 14 Nr. 4044. Jetzt verschollen.

19 Walde Psenner (wie Anm. 15) Nr. 170–176; Antonacci Sanpaolo/Follo/Gualandi (wie Anm. 15) 151. 162–168 Nr. 3–8 Abb. 6–9; 11; 12.

20 Unser Dank gilt auch hier Herrn Prof. Willem B. Stern für dieses grosszügige Angebot. – Vgl. E. Riha, W. B. Stern, Die römischen Löffel aus Augst und Kaiseraugst. Archäologische und metallanalytische Untersuchungen. Forschungen in Augst 5 (Augst 1982) bes. 41–59 Abb. 18–30 Tab. 1–2; W. B. Stern, Zur energiedispersiven Röntgenfluoreszenzanalyse (EDS-XFA) des Schatzfundes. In: T. Tomasevic-Buck, Ein Bronzedepotfund aus Augusta Raurica (Dorfstrasse 1, Kaiseraugst, Kt. Aargau). Bayerische Vorgeschichtsblätter 49, 1984, 143ff. bes. 191ff. Abb. 11ff.; W. B. Stern, Metallanalytische Untersuchungen an Spiegelfragmenten. Chemische und mineralogische Untersuchungen an blauen Fundobjekten. In: E. Riha, Römisches Toilettgerät und medizinische Instrumente aus Augst und Kaiseraugst. Forschungen in Augst 6 (Augst 1986) bes. 16–20 Abb. 4–5 Tab. 1–2 bzw. 99–100 Abb. 35; W. B. Stern, Zur Materialbestimmung von Schmucksteinen. Zerstörungsfreie Analysen des Edelmetallschmucks. Untersuchungen an einer Melonenperle. In: E. Riha, Der römische Schmuck aus Augst und Kaiseraugst. Forschungen in Augst 10 (Augst 1990) bes. 13–17 Abb. 2 Tab. 3–5 bzw. 18–21 Abb. 3–10 Tab. 6; 93 Abb. 27–28; J. Ballié and W. B. Stern, Non-destructive surface analysis of roman Terra Sigillata: A possible tool in provenance studies? *Archaeometry* 26, 1, 1984, 62ff. sowie verschiedene noch nicht publizierte Analysen römischer Fundgruppen aus Augst und Kaiseraugst: an Pigmenten römischer Wandmalereien, Bronzegefässen und am «Schrottfund».

Tabelle 1: Augst/Kaiseraugst, Auswahl von Bronze-
statuetten (Abb. 1–2). Ergebnisse der
energiedispersiven Röntgenfluoreszenz-
analyse XFA am Mineralogisch-Petrogra-
phischen Institut der Universität Basel
(es sind nur die vier Hauptkomponenten
Kupfer, Zinn, Blei und Zink aufgelistet).

Nr. (Abb. 1–2)	Inventar- Nummer	Ana- lyse	Cu	Sn	Pb	Zn
1	1906.75	A	31.1	36.3	27.9	0.34
		B	31.8	40.5	25.0	0.14
2	1959.4312	A	71.1	12.1	14.2	1.04
		B	41.0	20.9	30.8	1.07
5	1961.128	A	36.1	38.1	19.3	2.29
		B	41.6	33.5	19.7	1.91
6	1961.6532	A	51.3	30.5	16.5	0.18
		B	91.2	0.0	0.2	0.58
11	1966.3965	A	49.2	28.3	18.2	1.89
		B	44.8	25.8	24.9	1.34
12	1966.3966	A	51.0	34.5	13.3	0.10
		B	81.2	11.9	6.0	0.05
17b	1972.1576	A	52.2	11.2	33.6	0.10
		B	35.8	20.2	42.7	0.01
18	1977.14718	A	55.2	9.1	32.1	0.92
		B	60.0	14.9	19.8	0.45
19	1979.3668	A	68.2	7.7	9.2	12.14
		B	73.4	6.3	1.9	12.33
21	1983.34450	A	9.6	8.0	69.3	5.96
		B	29.2	0.7	8.3	20.16
22	1984.15952	A	35.4	15.1	47.3	0.45
		B	43.5	14.2	40.5	0.79
23	1986.17560	A	19.9	22.3	50.5	0.13
		B	17.4	21.0	57.2	0.12
24	1986.8638	A	50.8	35.8	10.5	0.31
		B	65.8	21.8	10.5	0.18
25	A1759	A	59.1	18.7	18.4	0.81
		B	71.5	13.4	10.4	1.74
25a	A1759a	A	44.1	32.4	22.0	0.53
		B	81.8	12.5	3.5	1.44

Oberfläche auf diejenige im Inneren, und damit auf einen «Durchschnittswert» der Legierung, schliessen. Reelle, für die antike Metallegierung repräsentative Ergebnisse sollte man ohnehin nur erwarten dürfen, wenn die zu untersuchende Oberfläche metallisch blank ist, denn es ist möglich, dass die zu untersuchende Oberfläche durch Korrosion in ihrer Zusammensetzung sekundär verändert ist²¹, indem beispielsweise Kupfer herausgelöst wurde. Man darf annehmen, dass die Patina eine andere Zusammensetzung aufweist als die ursprüngliche Bronzelegierung²². Patina sollte deshalb für eine derartige Untersuchung entfernt werden, wenn man über eine rein qualitative Analyse hinausgehen will. Das bedeutet aber für die Untersuchung an patinierten Statuetten letztlich doch wieder einen erheblichen Eingriff, zu dem wir uns nicht entschliessen konnten. Schliesslich soll auch der Einfluss, den die Oberflächengeometrie der Probe hat, nicht unerwähnt bleiben²³. Das Verfahren erfordert genaugenommen eine ebene Probe-
fläche, die an Statuetten in der Regel nicht zu finden ist.

Die uns vorliegenden XFA-Ergebnisse, die an zwei verschiedenen Stellen eines Objektes erzielt wurden, differieren teilweise so sehr, dass eine grosse Inhomogenität der Legierung angenommen werden muss.

Dies kann durchaus einleuchten, wenn man bedenkt, dass sich das Blei nicht mit den übrigen Bestandteilen Kupfer/Zinn legiert und sich beim Erstarren in Gestalt mehr oder weniger grosser Tröpfchen zwischen den Kupfer-Zinn-Mischkristallen einlagert. Wird aber zufällig an solch einer Stelle die XFA durchgeführt (der untersuchte Ausschnitt hatte in unserem Fall einen Durchmesser von 2 mm), kann man keinen für die gesamte Legierung repräsentativen Wert erwarten. Spätestens dann aber wird jeglicher Vergleich zwischen verschiedenen Objekten fragwürdig²⁴. Das allerdings war jedoch gerade das Ziel unserer Arbeit.

Atomabsorptions-Spektralanalyse (AAS)

Nach diesen wenig ermutigenden Ergebnissen mit der XFA erreichte uns eine andere Offerte. Das Rathgen-Forschungslabor in Berlin²⁵ bot an, Bronzelegierungen mittels Atomabsorptions-Spektralanalyse für uns zu untersuchen.

Für diese Methode ist die Entnahme von Proben erforderlich, aber die erforderliche Menge (20 mg) ist so klein, dass es ausreicht, mit einem 0,8-mm-Bohrer ein 1,5 mm tiefes Loch zu bohren, um genügend Späne als Probematerial zu entnehmen. Dadurch ist es zwar von vornherein unumgänglich, das Objekt zu verletzen, jedoch scheint uns die Beeinträchtigung der Oberfläche durch solch ein Bohrloch viel geringer, als dies beim Polieren für die XFA der Fall sein müsste. Wir bohrten, wenn möglich an verdeckten Stellen, 4–5 mm tief, um damit eventuell bestehende Unterschiede zwischen der Zusammensetzung an der Oberfläche und im Inneren der Objekte ausgleichen zu können.

Für die Atomabsorptions-Spektralanalyse AAS werden die Proben zunächst in Säure aufgelöst und diese Lösung wird anschliessend in einer Gasflamme zerstäubt. Durch die Erhitzung wird die Probe atomisiert. Die Atome sind dann in der Lage, aus einem durch die Flamme geschickten Lichtstrahl bestimmte, für jedes Element charakteristische Wellenlängen zu absorbieren, und gehen dadurch in einen energiereicheren, angeregten Zustand über. Nach dem Durchgang durch die Flamme wird der Rest des Lichtstrahles aufgefangen und gemessen. Die Wellenlänge gibt dabei Auskunft über das betreffende Element, die Schwächung des Lichts ist ein Mass für die Konzentration. Im Gegensatz dazu verwendet die Emissions-Spektralanalyse das Licht, das thermisch angeregte Atome aussenden. Beide Methoden nutzen also nur zwei unterschiedliche Aspekte eines physikalischen Vorgangs. Da aber weitaus mehr Atome Licht absorbieren als thermisch angeregte Atome Licht aussenden, liefert die AAS die genaueren Ergebnisse.

21 So auch W. B. Stern in: Tomasevic-Buck 1984 (wie Anm. 20) 191.

22 So W. B. Stern in: Riha 1982 (wie Anm. 20) 45; W. B. Stern, in: Tomasevic-Buck 1984 (wie Anm. 20) 194. Im Gegensatz dazu W. B. Stern in: Riha 1982 (wie Anm. 20) 49.

23 So auch W. B. Stern (wie Anm. 21) 193.

24 Im Gegensatz dazu vgl. W. B. Stern in: Riha 1982 (wie Anm. 20) 45.

25 Herrn Prof. Josef Riederer sei an dieser Stelle für die Durchführung der Analysen und sein Interesse an unserer Arbeit herzlich gedankt.

Ergebnisse der Atomabsorptions-Spektralanalyse AAS

Die Ergebnisse der Atomabsorptions-Spektralanalyse unserer ausgewählten Bronzen sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Tabelle 2: Augst/Kaiseraugst, Auswahl von Bronzestatuetten (Abb. 1–2). Ergebnisse der Atomabsorptions-Spektralanalyse AAS am Rathgen-Forschungslabor in Berlin.

Nr. (Abb. 1-2)	Inventar- Nummer	Analyse	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	As	Bi	Co	Au	Cd
1	1906.75	1 Herkules, linkes Bein	76,83	8,26	14,23	0,16	0,12	0,05	0,05	0,07	0,18	<0,025	0,038	<0,01	<0,001
		2 Herkules, rechtes Bein	77,73	8,08	13,67	0,11	0,03	0,05	0,05	0,06	0,19	<0,025	0,032	<0,01	<0,001
2	1959.4312	1 Apollo, rechtes Bein	65,16	6,11	26,98	1,28	0,23	0,03	0,05	0,08	0,06	<0,025	<0,005	<0,01	<0,001
		2 Apollo, linkes Bein	67,28	6,55	24,21	1,26	0,46	0,03	0,05	0,08	0,06	<0,025	<0,005	<0,01	<0,001
3	1960.2561	1 Venus, rechtes Bein	71,09	7,40	20,57	0,50	0,15	0,04	0,06	0,07	0,10	<0,025	<0,005	<0,01	<0,001
		2 Venus, linkes Bein	70,68	7,48	20,98	0,38	0,15	0,04	0,06	0,06	0,06	<0,025	<0,005	<0,01	<0,001
3a	1960.2561	3 Venus, Sockel unten	88,79	8,71	1,25	0,92	0,04	0,04	0,11	0,06	0,08	<0,025	<0,005	<0,01	<0,001
		4 Venus, Sockel oben	89,20	8,72	0,90	0,82	0,04	0,04	0,13	0,07	0,08	<0,025	<0,005	<0,01	<0,001
4	1961.11664	Apollostatuette	65,83	8,09	25,09	0,71	0,06	0,03	0,06	0,07	0,06	<0,025	<0,005	<0,01	<0,001
5	1961.128	1 Sucellus, linkes Bein	74,73	8,00	12,89	3,86	0,38	0,03	0,05	0,05	<0,05	<0,025	<0,005	<0,01	<0,001
		2 Sucellus, rechtes Bein	73,35	8,29	12,58	5,35	0,29	0,03	0,05	0,05	<0,05	<0,025	<0,005	<0,01	<0,001
6	1961.6532	1 Negerknabe, Gewand unt.	80,96	8,56	10,12	0,08	0,04	0,05	0,03	0,04	0,07	<0,025	0,039	<0,01	<0,001
		2 Negerknabe, Gewand ob.	83,09	8,60	7,73	0,05	0,04	0,05	0,21	0,04	0,09	<0,025	0,038	0,06	<0,001
6*	1961.6532	3 Negerknabe, Kopf	97,54	0,35	0,47	0,01	0,01	0,02	0,39	0,03	0,21	<0,025	<0,005	0,97	<0,001
7a	1963.38	1 Merkur, Ziegenbock	82,56	9,68	4,24	2,97	0,32	0,03	0,07	0,11	<0,05	<0,025	<0,005	<0,01	<0,001
7	1963.38	2 Merkur, rechtes Bein	86,36	9,59	3,41	0,03	0,08	0,07	0,13	0,15	0,16	<0,025	<0,005	<0,01	<0,001
		3 Merkur, linkes Bein	86,39	9,42	3,55	0,03	0,10	0,07	0,13	0,15	0,16	<0,025	<0,005	<0,01	<0,001
7b	1963.38	4 Merkur, Sockel oben	85,34	10,81	2,89	0,02	0,61	0,05	0,11	0,09	0,06	<0,025	<0,005	<0,01	<0,001
		5 Merkur, Sockel unten	85,21	10,95	2,93	0,02	0,62	0,05	0,11	0,09	0,06	<0,025	<0,005	<0,01	<0,001
8	1963.5828	1 Venus, linkes Bein	89,38	8,72	1,31	0,28	0,16	0,02	0,05	0,08	<0,05	<0,025	<0,005	<0,01	<0,001
		2 Venus, rechtes Bein	89,27	8,96	0,93	0,49	0,20	0,02	0,04	0,07	<0,05	<0,025	<0,005	<0,01	<0,001
8a	1963.5828	3 Venus, Sockel unt. rechts	81,94	10,32	4,64	2,64	0,33	0,04	0,04	0,04	<0,05	<0,025	<0,005	<0,01	<0,001
		4 Venus, Sockel unten links	82,62	10,00	4,21	2,72	0,33	0,04	0,04	0,04	<0,05	<0,025	<0,005	<0,01	<0,001
8b	1963.5828	5 Venus, Eros rechts, r. Bein	76,50	6,81	10,31	5,92	0,30	0,03	0,07	0,05	<0,05	<0,025	<0,005	<0,01	<0,001
		6 Venus, Eros rechts, li. Bein	78,62	6,53	8,99	5,43	0,27	0,03	0,07	0,05	<0,05	<0,025	<0,005	<0,01	<0,001
8c	1963.5828	7 Venus, Eros links, re. Bein	77,12	6,51	8,95	6,97	0,28	0,03	0,07	0,06	<0,05	<0,025	<0,005	<0,01	<0,001
		8 Venus, Eros links, li. Bein	77,51	6,55	9,80	5,71	0,27	0,03	0,07	0,05	<0,05	<0,025	<0,005	<0,01	<0,001
9	1966.3963	1 Minerva, linker Fuss	89,00	9,50	1,41	0,01	0,01	0,01	0,02	0,04	<0,05	<0,025	<0,005	<0,01	<0,001
		2 Minerva, rechter Fuss	89,30	9,32	1,29	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	<0,05	<0,025	<0,005	<0,01	<0,001
10	1966.3964	1 Merkur, rechtes Bein	86,05	8,15	3,85	1,54	0,20	0,03	0,07	0,10	<0,05	<0,025	<0,005	<0,01	<0,001
		2 Merkur, linkes Bein	85,82	8,62	3,96	1,18	0,20	0,04	0,07	0,10	<0,05	<0,025	<0,005	<0,01	<0,001
10a	1966.3964	3 Merkur, Ziegenbock	76,60	6,19	10,75	5,80	0,38	0,04	0,06	0,09	0,08	<0,025	0,006	<0,01	<0,001
11	1966.3965	1 Merkur, rechtes Bein	63,84	9,37	25,74	0,67	0,22	0,03	0,05	0,07	<0,05	<0,025	<0,005	<0,01	<0,001
12	1966.3966	1 Zwerg	79,67	8,47	11,63	0,06	0,03	0,03	0,05	0,06	<0,05	<0,025	<0,005	<0,01	<0,001
13	1967.53	1 Minerva, rechtes Bein	79,69	9,66	10,10	0,40	0,02	0,03	0,04	0,05	<0,05	<0,025	<0,005	<0,01	<0,001
13a	1967.53	2 Minerva, Sockel unten	86,51	5,23	7,97	0,05	0,07	0,04	0,05	0,07	<0,05	<0,025	<0,005	<0,01	<0,001
		3 Minerva, Sockel oben	86,68	4,96	8,01	0,05	0,13	0,04	0,05	0,07	<0,05	<0,025	<0,005	<0,01	<0,001
14	1969.11776	1 Lar, linkes Bein	66,12	7,26	25,51	0,54	0,23	0,07	0,08	0,07	0,10	<0,025	0,006	<0,01	<0,001
		2 Lar, rechtes Bein	66,82	7,64	24,53	0,46	0,22	0,07	0,08	0,07	0,09	<0,025	0,006	<0,01	<0,001
15	1969.11778	1 Amor	84,94	5,99	2,23	6,27	0,44	0,03	0,04	0,06	<0,05	<0,025	<0,005	<0,01	<0,001
16	1971.3248	1 Minerva, rechtes Bein	82,64	4,52	10,90	1,73	0,07	0,02	0,05	0,06	<0,05	<0,025	<0,005	<0,01	<0,001
		2 Minerva, linkes Bein	82,35	4,77	10,83	1,83	0,07	0,03	0,05	0,07	<0,05	<0,025	<0,005	<0,01	<0,001
17b	1972.1576	1 Basis	72,66	4,99	22,02	0,13	0,04	0,04	0,05	0,06	<0,05	<0,025	0,0075	<0,01	<0,001
		2 Basis	67,36	4,92	27,44	0,08	0,03	0,04	0,06	0,06	<0,05	<0,025	<0,005	<0,01	<0,001
18	1977.14718	1 Hockender Bärtiger	75,46	5,98	16,55	1,68	0,09	0,02	0,05	0,07	0,08	<0,025	<0,005	<0,01	<0,001
		2 Hockender Bärtiger	77,31	5,81	14,62	1,97	0,09	0,02	0,05	0,07	0,05	<0,025	<0,005	<0,01	<0,001
19	1979.3668	1 Gauklerkopf	77,46	2,75	3,19	15,70	0,64	0,03	0,07	0,06	0,07	<0,025	<0,005	<0,01	<0,001
		2 Gauklerkopf	76,75	2,70	2,86	15,95	1,43	0,04	0,08	0,06	0,08	<0,025	0,055	<0,01	<0,001
20	1979.8463	1 Lar, linkes Bein	82,13	7,57	9,83	0,01	0,04	0,11	0,05	0,04	0,18	<0,025	0,020	0,01	<0,001
		2 Lar, rechtes Bein	81,02	7,26	11,25	0,01	0,04	0,11	0,05	0,04	0,18	<0,025	0,020	0,01	<0,001
21	1983.34450	Griff mit Pantherkopf	74,46	3,86	9,90	10,99	0,56	0,02	0,07	0,13	<0,05	<0,025	<0,005	<0,01	<0,001
22	1984.15952	2 Applike Löwenkopf	75,66	7,39	15,48	1,26	0,05	0,03	0,06	0,07	<0,05	<0,025	<0,005	<0,01	<0,001
23	1986.17560	1 Minerva	74,15	6,59	17,55	1,49	0,07	0,03	0,06	0,06	<0,05	<0,025	<0,005	<0,01	0,001
24	1986.8638	1 Lar, rechtes Bein	81,40	10,78	7,46	0,19	0,03	0,03	0,04	0,06	<0,05	<0,025	<0,005	<0,01	<0,001
		2 Lar, linkes Bein	82,35	10,25	7,17	0,08	0,01	0,03	0,04	0,05	<0,05	<0,025	<0,005	<0,01	<0,001
25	A1759	1 Amor	75,09	6,98	8,89	8,83	0,06	0,03	0,05	0,05	<0,05	<0,025	<0,005	<0,01	0,005
25a	A1759	2 Amor, Sockel	83,68	8,11	6,23	1,77	0,05	0,03	0,07	0,06	<0,05	<0,025	<0,005	<0,01	<0,001
26	1921.725	1 Herkules	70,16	6,91	6,06	15,06	1,38	0,24	0,05	0,11	<0,10	0,03	0,01	<0,01	0,003
		2 Herkules	69,79	6,88	5,45	15,88	1,48	0,24	0,04	0,20	<0,10	0,03	0,01	<0,01	0,003
27	o. Inv.	1 "Mithräer"	71,04	3,44	3,57	20,83	0,86	0,12	0,04	0,07	<0,10	0,02	0,01	<0,01	0,005
		2 "Mithräer"	70,01	3,67	3,56	21,60	0,87	0,12	0,04	0,08	<0,10	0,04	0,01	<0,01	0,005

Homogenität der Proben

Bei den Analysedaten fällt zunächst auf, dass die Werte zweier Proben eines Objektes viel näher beieinanderliegen, als dies bei der XFA der Fall war. Die oben bei der XFA erörterten ungünstigen Faktoren konnten wir somit durch die Probenahme für die AAS weitgehend eliminieren.

Die maximalen Abweichungen an einem Objekt betragen innerhalb der Versuchsreihe:

Element	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Sb	As
maximale %-Differenz bei Probe Nr.	5,3 17b	0,53 24	5,42 17b	1,49 5	0,78 19	0,05 19	0,09 26	0,04 3

Eine grössere Abweichung tritt lediglich bei einem untersuchten Objekt, der Basis **17b** auf. Bemerkenswert ist hier, dass der Unterschied im Bleigehalt mit dem bei den Kupfergehalten korreliert, während die Zinnwerte der beiden Proben annähernd gleich sind. Wir kommen später noch darauf zurück.

Man kann dennoch feststellen, dass die untersuchten Legierungen genügend homogen sind, um mit zwei Proben ausreichend sicher charakterisiert werden zu können. Selbst in den Fällen, wo aus konservatorischen Gründen nur die Entnahme einer Probe gerechtfertigt war (s. Tabelle 2), sollte man den Analysewert als repräsentativ erachten können. Damit wird ein Vergleich der Legierungen verschiedener Statuetten möglich.

Spurenelemente

Die Gehalte an Beimengungen – von zahlreichen Autoren zum Zwecke der Herkunftsbestimmung herangezogen – weisen bei unserer Untersuchung wenige bedeutsame und kaum herausragende Werte auf. Geringfügig erhöhte *Antimonwerte* finden wir bei Nr. **21** mit 0,13% und Nr. **7** sowie **7a** mit 0,15% bzw. 0,11%. Herkules Nr. **26** mit 0,11/0,20% Antimongehalt ist eine Fälschung (vgl. Nr. **26** oben im Katalog). Aus der Werkstatt, in der diese Art Statuetten hergestellt wurden²⁶, sind auch solche aus Blei/Zinn-Legierungen bekannt, die regelmässig erhöhten Antimongehalt aufweisen, wie dies von minderwertigem Zinnlot bekannt ist. Erhöhte Arsenwerte treten ausser bei Nr. **20** (0,18%) und Nr. **1** (0,19%) auch bei Nr. **6*** (0,20%) auf. Das Köpfchen Nr. **6*** besteht aus 97,54% Kupfer und fällt damit völlig aus dem Rahmen der von uns untersuchten Bronzen. Sein poröses, dentritisches Gefüge lässt annehmen, dass es im Feuer verbrannt ist. Im Bereich der Augen sind noch Reste einer ursprünglichen Vergoldung sichtbar, was auch den extrem hohen Goldgehalt (0,97%) und einen Silbergehalt von 0,39% erklärt. Beim *Eisengehalt* stossen wir bei fünf Objekten auf herausragende Werte: Bei den beiden Fälschungen Nr. **26** (1,48/1,38%) und **27** (0,86%), des weiteren bei Nr. **19** (1,43/0,64%), Nr. **21** (0,56%), Nr. **7b** (0,62%). Die letztgenannten drei Objekte weisen Rostablagerungen auf, so dass hierdurch der Eisengehalt erklärbar ist. In diesem Zusammenhang fällt auf, dass der Gauklerkopf (Nr. **19**) nicht nur bezüglich des

Eisengehaltes, sondern auch hinsichtlich des Legierungstyps grosse Ähnlichkeit mit den Fälschungen aufweist, obwohl er mit Sicherheit antik ist (vgl. Katalog).

Die Gehalte an Begleitelementen lassen für unser Probenmaterial keine allgemeingültigen Schlüsse zu, wohl aber geben sie bei einigen – besonders bei zusammengesetzten – Objekten wertvolle Hinweise zur Arbeitsweise in römischen Giessereien. Vorerst sollen aber die vier Hauptbestandteile der Legierungen – Kupfer, Zinn, Blei und Zink – eingehender betrachtet werden.

Häufigkeitsverteilung der Hauptbestandteile

In Abbildung 3 ist die Häufigkeitsverteilung der Gehalte an einzelnen Elementen aufgezeigt.

Kupfer

Die Spitzenwerte liegen bei 76–77% (6 Werte) und bei 82–83% (5 Werte). Zwischen diesen liegen nur 4 Proben (alle italischer Herkunft), nach höheren und nach niedrigeren Werten nimmt die Häufigkeit ab.

Zinn

Bei der Verteilung der Zinnanteile liegen die Maxima bei 6% (7 Werte, davon 5 gallisch) und bei 8% (9 Werte, davon 5 gallisch).

Blei

Die erste Häufung liegt bei 1–3% (je 3), die zweite Häufung bei 9–10% (3 bzw. 4 Werte) sowie 6 Werte über 20% Bleianteil: 1 italisch (Nr. **14**), 5 gallisch (Nr. **2**, **3**, **4**, **11** und **17b**).

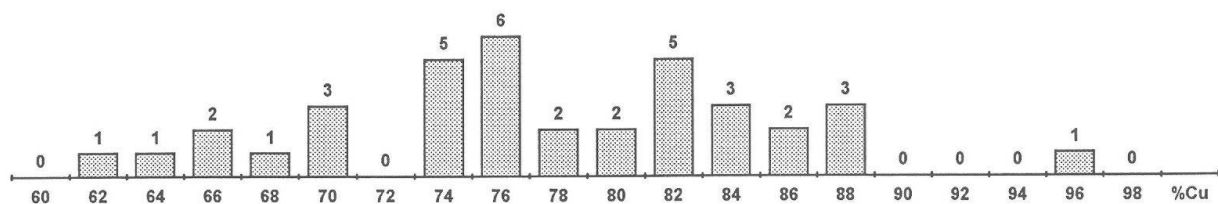
Zink²⁷

18 Werte (50% aller Proben) liegen unter 1% (darunter 3 von 6 italischen), 27 Werte (73% aller Proben) liegen immer noch unter 3%. Hohe Werte (15 bzw. 21%) haben nur die beiden Fälschungen (**26** und **27**) sowie der Gauklerkopf (Nr. **19**) mit 15,82% Zink.

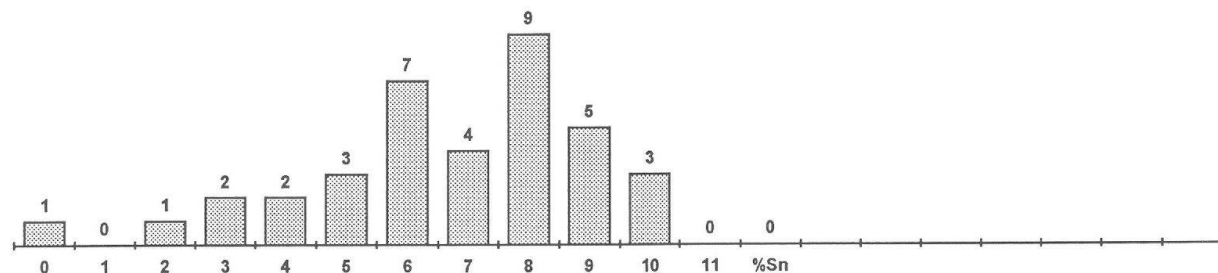
²⁶ Antoniaci Sanpaolo et al. (wie Anm. 15).

²⁷ Metallisches Zink scheint in der Antike zwar weithin unbekannt gewesen zu sein, Zinkerze wurden jedoch gelegentlich zusammen mit Kupfer- und Zinnerzen verhüttet, wodurch die entstehenden Legierungen eine goldglänzende Farbe (*aurichalcum*) erhielten. Im Gegensatz dazu vgl. z.B.: R. Fellmann, Die Zinktafel von Bern-Thormebodenwald und ihre Inschrift. Archäologie der Schweiz 14, 1991, 270–273.

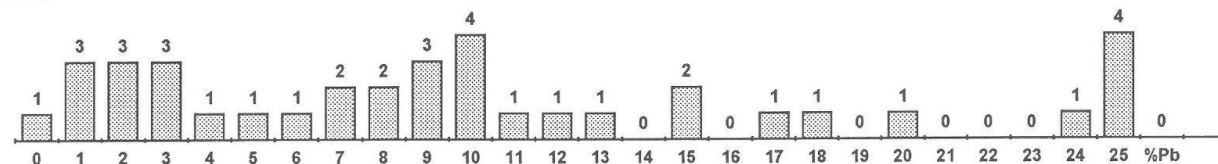
Kupfer



Zinn



Blei



Zink

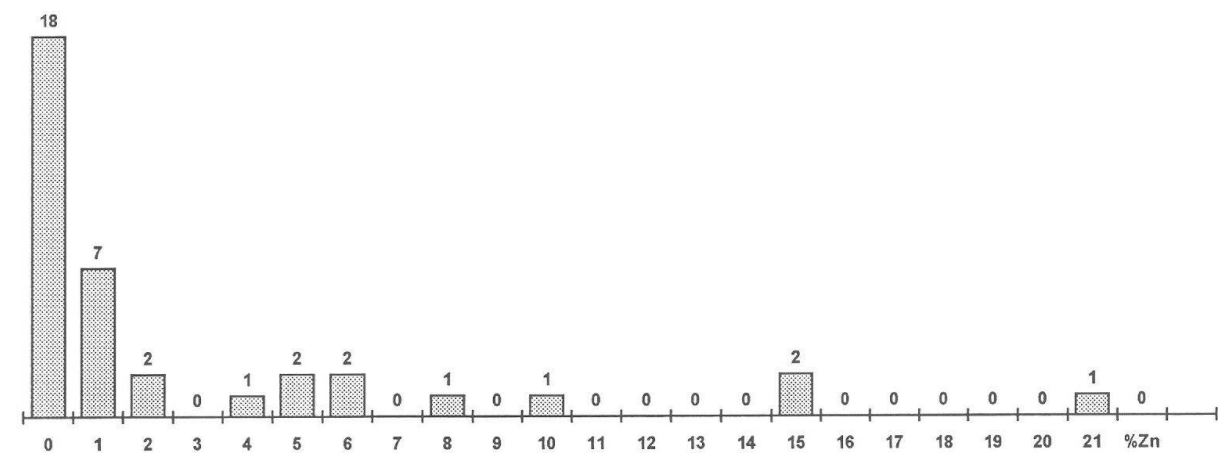


Abb. 3 Augst/Kaiseraugst, analysierte figürliche Bronzen. Elementverteilung: Anzahl der Proben mit dem entsprechenden Prozentanteil an den Legierungskomponenten Kupfer, Zinn, Blei und Zink.

Italische oder gallische Legierung?

Unterscheiden sich nun prinzipiell die Legierungen der Statuetten italischer und gallischer Herkunft? Zur vergleichenden Übersicht bei Legierungen mit mehr als zwei Bestandteilen hat sich die Darstellung in Dreieckskoordinaten²⁸ als nützlich erwiesen. Für unsere Erörterungen erschien es zweckmässig, die Verhältnisse der drei Bestandteile Zinn, Blei und Zink im Überblick zu betrachten (Abb. 4):

Zunächst fällt auf, dass 25 Werte (68% der Proben) im Bereich bis 0.1 Zink liegen. Von den 12 übrigen mit Zinkanteilen von 0.1–0.8 stellen Nr. 26 und 27 die beiden Fälschungen dar. Weiterhin liegen 17 Werte, die wenig Zink enthalten, bei Zinn von 0–0.5 und Blei von 0.5–1.0. Somit liegen 46% aller untersuchten Objekte in der fast zinkfreien Ecke des Proportionsdiagramms bei niedrigem Zinn- und hohem Bleiverhältnis.

Die drei gallischen Statuetten (9.10.11), welche aus einem Fundkomplex stammen und wohl in die frühe Kaiserzeit gehören, liegen bei 0–0.1 Zink, unterscheiden sich aber beträchtlich in den Verhältnissen Zinn/Blei. Die Extremwerte liegen bei 7,2:1²⁹ (Nr. 9) bis 1:2,7 (Nr. 11).

Die ins 1. Jahrhundert n.Chr. zu datierenden, aus einem weiteren Fundkomplex stammenden drei campanischen Statuetten (Nr. 14.15.25) liegen im Proportionsdiagramm weit auseinander. Nr. 14 hat nur unbedeutenden Zinkgehalt (0,5%), aber für die frühe Kaiserzeit bemerkenswerten Bleigehalt (25%) bei mittlerem Zinngehalt (7,4%). Im Gegensatz dazu enthält die Legierung von Nr. 15 wenig Blei (2,2%), dafür aber 6,2% Zink. Nr. 25 wiederum enthält Zinn, Blei und Zink in vergleichbaren Verhältnissen.

28 Es sei an dieser Stelle ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die so dargestellten Proportionen nicht den prozentualen Anteilen in der Vierstofflegierung entsprechen, sondern das Verhältnis (ohne Masseinheit) wiedergeben, in denen die drei dargestellten Bestandteile zueinander stehen. Dezimalstellen werden dabei zur besseren Unterscheidung mit Punkt geschrieben. Alle Prozentzahlen im Text geben die realen Werte aus der Analyse wieder und werden mit Komma geschrieben.

29 Verhältnis Zinn/Blei entsprechend der Werte aus Tabelle 2.

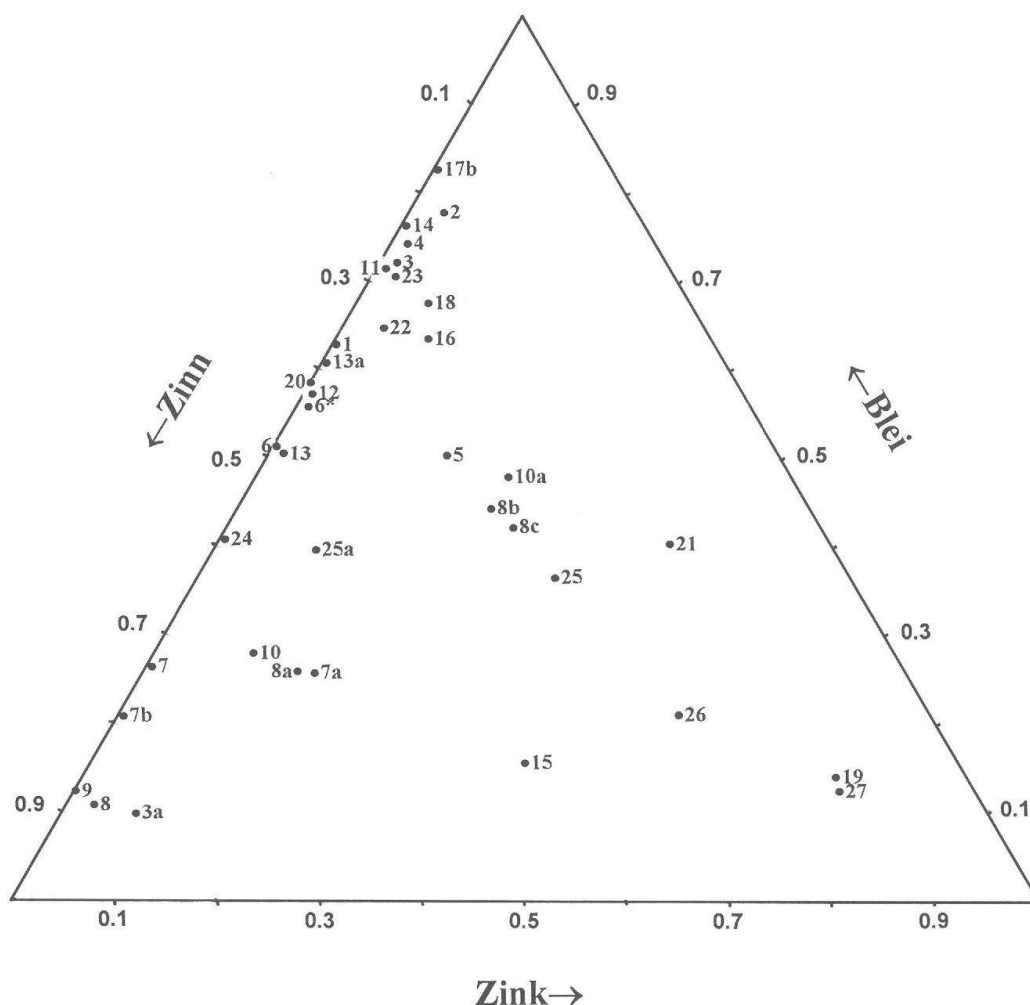


Abb. 4 Augst/Kaiseraugst, analysierte figürliche Bronzen. Proportionsdiagramm: Verhältnisse der Legierungsbestandteile Zinn, Zink und Blei bei den analysierten Proben 1 bis 27.

Somit treffen wir bei den kaiserzeitlichen – gallischen wie italischen – Statuetten Legierungen mit hohem Bleigehalt um 25% und solche mit geringem Bleigehalt (1–2%) an. Wir finden weiterhin sowohl fast zinkfreie Legierungen als auch solche mit 6–9% Zink. *Eine typisch italische oder typisch gallische Bronzelegierung können wir deshalb nach unseren Untersuchungen nicht erkennen.* Auch eine werkstatttypische Legierung, wie man sie bei den drei Statuetten **14**, **15** und **25** aus stilistischen Gründen durchaus hätte erwarten können, ist nicht feststellbar. Im Gegenteil, der relativ hohe Zinkgehalt bei Nr. **15** und **25** ist untypisch für italische Bronzen des 1. Jahrhunderts.

Zunehmender Bleigehalt?

Wie steht es nun mit der vielfach geäußerten Behauptung³⁰, spätkaiserzeitliche Bronzen zeichneten sich gegenüber solchen aus der frühen Kaiserzeit durch höheren Bleigehalt aus? Wir finden bereits in Bronzen der frühen Kaiserzeit 25% Blei (Nr. **14**) neben wenig Blei (2,2% bei Nr. **15**). Dieselben Verhältnisse treffen wir aber auch im dritten Jahrhundert an: Nr. **8** mit 1%, Nr. **22** mit 15% sowie Basis Nr. **17b**³¹ mit 24% Blei. Sogar der Herkules Nr. **1**, der spätestens im 2. vorchristlichen Jahrhundert gegossen wurde, weist bereits 13,9% Blei auf. Eine Tendenz nach zunehmendem Bleigehalt von der frühen zur späten Kaiserzeit können wir – zumindest für die figürlichen Bronzen aus Augst und Kaiseraugst – deshalb nicht bestätigen.

Verhältnis Blei-Kupfer und Zinn-Zink

Vergleicht man das Verhältnis Blei/Kupfer (Abb. 5), dann stellt man für das gallische Material regelmässig,

für die italischen Bronzen zumindest tendenziell fest, dass sich die Summe beider Metalle auf einen annähernd gleichen Wert ergänzen. Wir hatten diese Beziehung bereits bei der Diskussion über die Abweichungen der Analysewerte erwähnt.

Erhöhter Bleigehalt geht also gemäss unseren Analysen mit einem verringerten Kupfergehalt einher. Das bedeutet aber, dass Blei nicht als preiswerterer Ersatz für das Zinn angesehen werden kann, denn Zinn liegt bei allen 25 Proben in vergleichbarer Grössenordnung vor, mit Ausnahme von Nr. **19**, die aber ohnehin aus einer völlig andersartigen Legierung besteht. Dieser Umstand lässt vielmehr den Schluss zu, dass Blei zur gezielten Beeinflussung der Legierungseigenschaften (z.B. einer Erniedrigung des Schmelzpunktes) zugesetzt wurde.

Andererseits können wir die Zusammenhänge von Zinn und Zink, wie sie Craddock³² beschreibt, für gallische Statuetten zum Teil bestätigen (Abb. 6): Zink ersetzt hier mitunter teilweise das Zinn. Allerdings dürfte dabei wohl mehr die Erzeugung einer bestimmten Farbe als Kostengründe im Vordergrund gestanden haben.

30 Z.B. bei der Münzprägung (J. Riederer, Metallanalysen römischer Sesterzen. Jahrbuch für Numismatik und Geldgeschichte 24, 1974, 73–98) oder bei den Augster Löffeln (Riha/Stern 1982 [wie Anm. 20], 27ff. und 50).

31 Vier Sockel, die offenbar aus derselben rätischen Werkstatt stammen, ähneln in ihrer Legierung unserer Nr. **17b** derart, dass sie sogar aus einer Schmelze stammen können: Cu: 69,33–76,69%; Sn: 5,19–6,05%; Pb: 16,69–24,76%; Zn: 0,07–0,53%. – Freundliche Mitteilung von J. Riederer (Artikel im Druck in: Akten des 10. internationalen Bronzekolloquiums, Freiburg i.Br. 1988).

32 P. T. Craddock, The Composition of the Copper Alloys used by the Greek, Etruscan and Roman Civilisations 3. The Origins and Early Use of Brass. Journal of Archaeological Science 5, 1978, 1–16.

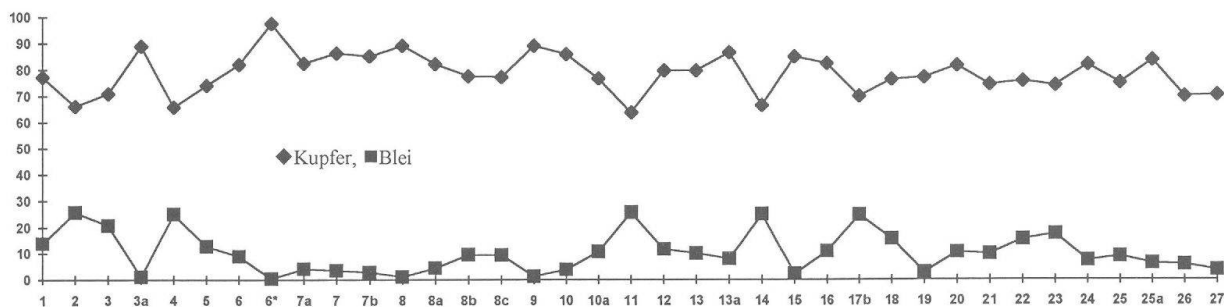


Abb. 5 Augst/Kaiseraugst, analysierte figürliche Bronzen. Zusammenhang zwischen Kupfer- und Bleigehalt (%) bei den analysierten Proben 1 bis 27.

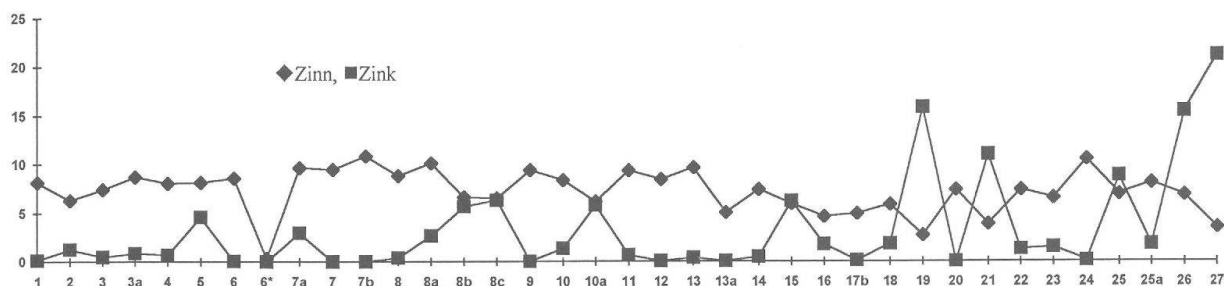


Abb. 6 Augst/Kaiseraugst, analysierte figürliche Bronzen. Zusammenhang zwischen Zinn- und Zinkgehalt (%) bei den analysierten Proben 1 bis 27.

Legierungsverhältnisse bei mehrteiligen Ensembles

Nach der Erörterung der Blei- und Zinn/Zinkgehalte wollen wir uns der Frage zuwenden, wie die Legierungsverhältnisse bei mehrteiligen Ensembles aussehen.

Bei römischen Kleinbronzen wurden Figur und zugehörige Basis meistens getrennt angefertigt und erst nachträglich zusammengelötet. Eine Ausnahme stellt bei unseren Bronzen Nr. 18 dar, die in einem Stück gegossen wurde. Wir untersuchten weiterhin drei Ensembles, bei denen mehrere Figuren zusammengehören und im Original auf einem Sockel vereinigt waren. Bei fünf Figur-Sockel-Paaren stellten wir fest, dass in zwei Fällen (Nr. 7 und 13) die Figur aus einer vergleichbaren Legierung besteht wie ihr Sockel. Bei Merkur Nr. 7 stehen zwar die Hauptbestandteile in gleichem Verhältnis, die Gehalte der Spurenelemente Fe, Sb und As unterscheiden sich aber bei Sockel (7b) und Figur (7). Auch die Legierung der Hauptfigur stimmt bezüglich Zinn und Blei recht gut mit der des zugehörigen Ziegenbocks 7a überein. Dessen Legierung enthält allerdings 2,97% Zink (gegenüber 0,03% bei der Hauptfigur 7). Wir schliessen daraus, dass es dem Giesser der Merkurstatuette gelang, zwei Legierungen gleicher Zusammensetzung zu vergiessen, er aber Rohstoffe unterschiedlicher Herkunft einschmolz. Der Legierung des Ziegenbocks mag wohl wieder etwas Zink-Erz zwecks Farbveränderung zugesetzt worden sein. Es ist jedenfalls schwerlich nachvollziehbar, dass zwar eine einheitliche Legierung gewünscht war, die Unterschiede aber durch Verwendung von Altmetall zustande kamen. Wenn man davon ausgeht, dass dem römischen Giesser Altmetall in Form *verschiedener, unbekannter* Bronzelegierungen zur Verfügung stand, dann wäre es höchst zufällig, wenn dabei überhaupt zwei Schmelzen gleicher Zusammensetzung entstehen konnten.

Wir finden bei Minerva (Nr. 13) und Sockel (13a) fast gleichen Gehalt an Spurenelementen, während der Zinngehalt differiert (9,66 und 5,1%). In der Werkstatt, in der die Minerva entstand, dürften somit Rohstoffe einer Provenienz verarbeitet, aber Sockel und Figur (möglicherweise sogar absichtlich) aus verschiedenen Legierungen gegossen worden sein.

Zusammenfassung

Nach Abschluss von Band V der römischen Bronzen der Schweiz³³ schien uns der Zeitpunkt gekommen, eine Serie von 27 figürlichen Gussbronzen, über deren Stil, Herkunft und Datierung möglichst viel bekannt ist, chemisch untersuchen zu lassen. Als Analysemethoden kamen die Röntgenfluoreszenzanalyse (XFA) und die Atomabsorptions-Spektralanalyse (AAS) zur Anwendung.

Verwertbare Ergebnisse wurden nur durch letztere Methode erzielt. Die Übereinstimmung zweier Werte

Bei Nr. 8 ist die Legierung der Venus verschieden von jener der Eroten (8b.8c) und auch der des Sockels (8a). Die beiden Eroten bestehen aus fast gleichen Legierungen (Sn: 6,7 bzw. 6,5%; Pb: 9,6 bzw. 9,3% und Zn: 5,7 bzw. 6,3%), während die Hauptfigur Venus wenig Blei (1,1%) und kaum Zink (0,4%) enthält. Bei diesem Ensemble ist anzunehmen, dass die Eroten aus einer Schmelze stammen und der Sockel aus einer weiteren, sehr ähnlich zusammengesetzten Schmelze gegossen wurde. Die Hauptfigur dagegen wurde offensichtlich bewusst aus einer anderen, «edleren» Legierung, nämlich reiner Zinnbronze, hergestellt. Die Gehalte an Spurenelementen lassen in diesem Fall darauf schliessen, dass Rohstoffe gleicher Herkunft verwendet wurden.

Merkur Nr. 10 besteht aus einer deutlich anderen Legierung (Pb 3,9%, Zn 1,4%) als der zugehörige Ziegenbock (10a) mit 10,8% Pb und 5,8% Zn. Einer einheitlichen (werkstatt-typischen) Legierung wurde hier offenbar keine Bedeutung beigemessen.

Die Venus (Nr. 3) ist aus einer völlig anderen Legierung als ihr zugehöriger Sockel (3a) gegossen worden. Beide unterscheiden sich vor allem im Bleigehalt (20,8% und 1,0%). Dies mag wiederum als Argument dafür gelten, dass Blei nicht einen billigen Ersatz für Zinn darstellt; denn es ist kaum anzunehmen, dass die Figur aus einer «minderwertigeren» Legierung gegossen wurde als der dazugehörige Sockel. Es zeigt aber auch deutlich, dass Sockel und Figur in zwei getrennten Güssen entstanden.

Beim campanischen Amor (Nr. 25) liegt der Zinkgehalt (8,8%) deutlich über demjenigen des Sockels mit 1,8% Zn. Die Absicht des römischen Giessers könnte hier wieder darin bestanden haben, der Figur eine besondere Farbe zu geben. Der etwas geringere Zinn- und leicht erhöhte Bleigehalt der Figur mag dabei mehr zufällig als beabsichtigt sein.

Unsere Ergebnisse lassen also keinen einheitlichen Zusammenhang zwischen den Legierungen der Teile eines Ensembles erkennen. Wir treffen sowohl gleichartige, als auch recht verschiedene Legierungen an. Man muss daraus den Schluss ziehen, dass Figur und Sockel nicht immer in einem Giessvorgang entstanden. Das aber deutet auf eine Serienproduktion hin.

eines Objektes ist dabei genügend gross, um verschiedene Objekte vergleichen zu können. Die Anteile an Spurenelementen zeigen keine bemerkenswerte Grösse bis auf eine Ausnahme, die vermutlich ägyptische Statuette eines Negerknaben, die hohen Gold- und Silberanteil aufweist, was durch eine ehemalige

33 wie Anm. 10.

Vergoldung erklärbar ist. Die vier Hauptbestandteile römischer Bronzen, Kupfer, Zinn, Blei und Zink, liegen in sehr unterschiedlichen Verhältnissen vor. Aus diesen Verhältnissen kann keine typisch gallische oder typisch italische Legierung abgeleitet werden. Bei zwei Statuetten konnte der Verdacht, dass es sich um Neuschöpfungen des 19. Jahrhunderts handle, durch die Legierungsanalyse verifiziert werden.

Die vielfach behauptete These, dass Bronzen der späten Kaiserzeit mehr Blei enthalten als solche der frühen Kaiserzeit, können wir nicht bestätigen. Dagegen wiesen wir nach, dass Blei nicht als Ersatz für Zinn fungiert haben kann, sondern dass hoher Bleigehalt geringen Kupfergehalt bedingt. Das lässt den

Schluss zu, dass Blei zur Beeinflussung der Legierungseigenschaften diene. Die Legierungen von fünf untersuchten Figuren samt zugehörigen Sockeln, aber auch diejenigen der aus mehreren Figuren bestehenden drei Statuetten-Ensembles, lassen drei verschiedene Zusammenhänge erkennen. Zwei zusammengehörende Figuren wurden aus einer Schmelze gegossen. Andere «Paare» bestehen aus sehr ähnlichen Legierungen. Sie machen die Absicht der römischen Giesser deutlich, eine einheitliche Legierung zu verwenden. Andererseits scheinen wiederum grosse Unterschiede in Kauf genommen worden zu sein. In jedem Fall kann daraus eine Serienproduktion abgeleitet werden.

Abbildungsnachweis

- Abb. 1: 1–16 Fotos O. Pilko (Römisch-Germanisches Zentralmuseum Mainz, Archiv Römermuseum Augst); 17–20 Fotos J. Zbinden (Archäologisches Institut der Universität Bern).
 Abb. 2: 21–25 Fotos J. Zbinden (Archäologisches Institut der Universität Bern); 26–27 Fotos Ursi Schild (Römermuseum Augst).
 Abb. 3–6: Diagramme D. Liebel
 Tabellen 1–2: D. Liebel

