

**Zeitschrift:** Jahresberichte aus Augst und Kaiseraugst

**Herausgeber:** Augusta Raurica

**Band:** 16 (1995)

**Artikel:** Aes und aurichalcum : empirische Beurteilungskriterien für Kupferlegierungen und metallanalytische Untersuchungen an Halbfabrikaten und Abfällen aus metallverarbeitenden Werkstätten in Augusta Raurica

**Autor:** Furger, Alex R. / Riederer, Josef

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-395573>

### **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:** 07.12.2025

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

## Aes und aurichalcum

### Empirische Beurteilungskriterien für Kupferlegierungen und metallanalytische Untersuchungen an Halbfabrikaten und Abfällen aus metallverarbeitenden Werkstätten in Augusta Raurica

Alex R. Furger<sup>1</sup> und Josef Riederer<sup>2</sup>

#### Zusammenfassung:

Die Untersuchung besteht aus mehreren Teilen. Alle greifbaren Buntmetall-Halbfabrikate und -abfallstücke aus Augusta Raurica werden in einem Katalog beschrieben. In über 100 Analysen ist ihre Zusammensetzung erkennbar geworden; überraschend viele Objekte bestehen aus Messing. Die topographische und chronologische Entwicklung des Buntmetallhandwerks in Augst und Kaiseraugst wird mit drei Verbreitungskarten und einer Datierungsgrafik dargestellt. Sieben charakteristische Bronzen und zwei Messinge wurden nachgelegt und zahlreichen einfachen Experimenten unterzogen. Darin werden Unterschiede der einzelnen Legierungen in ihren Bearbeitungseigenschaften deutlich, die wohl auch von den antiken Metallhandwerkern zur Materialprüfung herangezogen worden waren. Ein metallurgisches Kapitel (von J. Riederer) beleuchtet die verschiedenen Legierungstypen und Spurenelemente. Bei den Analysen ergaben sich drei Überraschungen: ein in römischer Zeit umgeschmiedetes prähistorisches Kupfer mit viel Arsen und Antimon, eine in Region 9,D zum Vorschein gekommene Rechteckplatte, die vermutlich aus Teilen des «Schrottfundes» von Insula 28 herausgeschrotet worden war, und eine missratene Statuette des Pan, deren Guss speise allem Anschein nach aus Teilen ebenfalls des «Schrottfundes» genommen wurde. Exkurse haben antike Quellen zur Buntmetallverarbeitung, insbesondere bei Plinius, und die Wertschätzung der verschiedenen Metalle in der römischen Antike zum Inhalt. In einem Schlusskapitel wird nochmals resümiert, wie – mit antiken Methoden – sich Bronzen und Messinge, Blei- und andere Anteile sowie die einzelnen Legierungen praktisch erkennen und unterscheiden lassen. Wir gewinnen Respekt vor der feinen Beobachtungsgabe und die heute kaum mehr nachvollziehbare Erfahrung der römischen Handwerker.

#### Schlüsselwörter:

Augst BL, Kaiseraugst AG, Analysen/Bronze, Analysen/Kupfer, Analysen/Legierungen, Experiment/Metall, Handwerk/Metallverarbeitung (Guss und Schmieden), Halbfabrikate, Inschriften, Kupfer, Messing, Metallurgie, Quellen/Literarische, Römische Epoche, Schmuck/Fibeln, Werkstätten/Schmieden und Giessereien, Werkstätten/Abfälle.

#### Inhalt

Das Ausgangsmaterial: Halbfabrikate und Werkstattabfälle aus Augusta Raurica (Alex R. Furger) .....	116	Bearbeitbarkeit der Testlegierungen, Beobachtungen an den Bohrproben	
Allgemeine Bemerkungen		Fragestellung	
Katalog		Legierungstypen	
Gussstücke, Rohgüsse (z.B. Statuetten; nicht zur deformierenden Weiterverarbeitung bestimmt)		Verhalten beim Giessen	
Gusszapfen		Metallfarbe	
Fibelhalbfabrikate und vermutliche Fibelhalbfabrikate (feine Schmiedearbeit)		Struktur und Verhalten beim Sägen, Brechen, Schleifen und Bohren	
Geschmiedete Objekte (mit Hammerspuren)		Klang	
Kommentar zum Katalog		Verhalten beim Hämmern und Ausschmieden	
Verbreitung und Chronologie des bronzeverarbeitenden Gewerbes im antiken Stadtgebiet		Gravieren mit Stichel	
Metallfarbe und Struktur von Bronzen und Messingen (Alex R. Furger) .....	146	Gravieren mit Meissel	
Farbe und Struktur neuzeitlicher Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronzen)		Stempeln mit Punzen	
Farbe und Struktur neuzeitlicher Kupfer-Zinn-Legierungen (Messinge und Tombak)		Schmiedbarkeit warm	
Beobachtungen bei der Entnahme der Bohrproben (unter Mitarbeit von Silvio Falchi)		Biegefreudigkeit und Materialermüdung	
Experimente mit «römischen» Bronze- und Messinglegierungen (Alex R. Furger) .....	150	Vergleichender Kommentar zu den Bearbeitungstests	
Die neun Legierungstypen: Auswahl und Kriterien		Veränderungen in den Verarbeitungseigenschaften bei Erhitzen, Abkühlen und Abschrecken	
Beobachtungen beim Legieren und Giessen		Die Metallanalyse von Halbfabrikaten aus Kupferlegierungen von Augusta Raurica (Josef Riederer) .....	161
Kontrollanalysen		Die Objekte aus Kupfer	
Seigerung, Heterogenität?		Die Objekte aus Kupfer mit geringen Beimengungen (Zinnbronzen mit geringen Zinngehalten)	
		Die Objekte aus Zinnbronzen mit mittleren und hohen Zinngehalten	
		Die Objekte aus Zinn-Bleibronze	

1 RÖMERSTADT AUGUSTA RAURICA, Römermuseum, Giebenacherstrasse 17, CH-4302 Augst. – Für hilfreiche Unterstützung beim Zustandekommen dieser Arbeit sei gedankt: Cornel Doswald (Hinweise zum Eisen), Silvio Falchi (Beprobungen und Beurteilung der Bohrspanfarben), Andrea Frölich (Archivrecherchen zu einigen Inventarnummern), Sylvia Fünfschilling (Zeichnungen und Montagen), Annemarie Kaufmann-Heinmann (Hinweise zu Gewichts- und Preisangaben bei Statuen sowie Literaturhinweise), Karin Kob Guggisberg (Literaturhinweis), Markus Peter (verschiedene Hinweise zu Literatur und

Geldgeschichte), Margit Scheiblechner (Archivrecherchen zu einigen Inventarnummern), Ursi Schild (Fotos), Christoph Schneider (lateinische Zitate), Peter-A. Schwarz (Befunde auf Kastelen), Chris Sherry (Verknüpfung der Inventarnummern mit MICRO-AURICA für den Katalog) und Martin Wegmann (Archivrecherchen zu einigen Befunden).

2 Rathgen-Forschungslabor, Staatliche Museen zu Berlin, Preussischer Kulturbesitz, Schlossstrasse 1a, D-14059 Berlin (Charlottenburg).



Die Objekte aus Messing	
Die Objekte aus Zinnmessing	
Die Objekte aus Zinn-Bleimessing	
Die Konzentrationen der Spurenelemente	
Zusammenfassung	
Synthese (Alex R. Furger)	166
Wie beurteilten die antiken «Bronzehandwerker» unbekannte Legierungen?	
Kupferlegierungen bei Plinius	

Aurichalcum in Augusta Raurica	
Wertschätzung und Metallpreise	
Moderne «Standard-Bronzelegierungen»	
Moderne «Standard-Messinglegierungen»	
Komplexe «Standardlegierungen»	
Schlussfolgerungen	
Literatur	179

«Das Legieren ist reinste Erfahrungswissenschaft und kann nur durch die Praxis erlernt werden.»

(Häntzschel-Clairmont 1911/12, 56)

## Das Ausgangsmaterial: Halbfabrikate und Werkstatabfälle aus Augusta Raurica

Alex R. Furger

(unter Mitarbeit von Josef Riederer und Silvio Falchi)

### Allgemeine Bemerkungen

Die Colonia Raurica besass ihren Stellenwert als wirtschaftliches regionales Zentrum am Übergang vom Hochrhein zum Oberrhein nicht zuletzt auch dank der Tatsache, dass in der Stadt verschiedene Handwerke und Gewerbe angesiedelt waren, die über den lokalen Bedarf hinaus produzierten<sup>3</sup>. Anlässlich reger Ausgrabungstätigkeit in den 1960er Jahren in den zentralen Insulae fielen erstmals Strukturen und Funde von «Bronzegiessereien» auf<sup>4</sup>, d.h. Schmelzgruben, Schmelzofenfundamente, Tiegelscherben, Halbfabrikate, gesammeltes Altmittel<sup>5</sup>, Gusstropfen und missratene Stücke. In einer Giesserei in Insula 31 fand sich bezeichnenderweise auch eine 6,5 cm hohe Bronzestatuette des Schmiedegottes *Vulcanus*<sup>6</sup>. Die von M. Martin 1978 zusammengestellten<sup>7</sup> und 1986 ergänzten<sup>8</sup> Befunde zeigen – insbesondere für das 1. und 2. Jahrhundert – eine Häufung der bronzeverarbeitenden Werkstätten in den Insulae 25, 30 und 31 beidseits der Heidenlochstrasse (Abb. 6–8). Erste Anzeichen belegen auch eine gewisse Präsenz der Bronzegiesser in der Unterstadt bzw. in der dort nachweisbaren militärischen Vorgängerüberbauung (Abb. 6).

Im Detail sind die Grabungsbefunde und das sehr reiche Fundmaterial allerdings noch kaum ausgewertet. Einzelstudien haben immerhin nachgewiesen, dass in Insula 50 im Süden der Stadt (Abb. 8,M) um 200 n.Chr. Bronzeschrötlinge für eine inoffizielle lokale Münzprägung gegossen, ausgeschmiedet und versilbert worden sind<sup>9</sup> und dass sich in unmittelbarer Nähe des Theaters aufgrund der Funde das Bronzegiesser- vom Bronzeschmiedehandwerk unterscheiden lassen<sup>10</sup>.

Eine zusammenfassende Vorlage der überaus reichen Funde (vor allem auch der Schmelztiegel) und

<sup>3</sup> Vgl. z.B. R. Laur-Belart, Gallische Schinken und Würste. Ur-Schweiz 17, 1953, 33ff.; zusammenfassend A. R. Furger, Die urbanistische Entwicklung von Augusta Raurica vom 1. bis zum 3. Jahrhundert. JbAK 15, 1994, 29ff. bes. 36 mit Anm. 54–62.

<sup>4</sup> Laur-Belart 1970. – Wenn im folgenden in *archäologischem* Zusammenhang von «Bronze» die Rede ist, sind jeweils sämtliche Kupferlegierungen gemeint (in *metallurgischem* Zusammenhang wird jedoch strikt zwischen [Zinn-]Bronze und [Zinn-]Messing unterschieden).

<sup>5</sup> Zwei besonders erwähnenswerte Altmitteldepots kamen in Insula 20 (sogenanntes «Nuncupator-Depot», 20,9 kg) bzw. in Insula 28 zum Vorschein (sogenannter «Schrottfund», 212 kg): M. Martin, Römische Schatzfunde aus Augst und Kaiseraugst. Augster Museumshefte 2 (Augst 1977) 22f. Abb. 14–15 bzw. 24ff. Abb. 16–18; P.-A. Schwarz, Fundlage und archäologisch-historische Interpretation des Grabungsbefundes [Augst, Insula 20, Bronzetafel-Depot 1966/67] und B. Janietz Schwarz, Der technische Befund der Plattenfragmente und ihre Rekonstruktion. In: L. Berger, Testimonien für den Namen von Augst und Kaiseraugst von den Anfängen bis zum Ende des ersten Jahrtausends. In: L. Berger, P.-A. Schwarz (Hrsg.), Testimonien zu den Namen von Augst und Kaiseraugst und Aufsätze zu ausgewählten Inschriften aus Augst und Kaiseraugst (Arbeitstitel). Forschungen in Augst (in Vorbereitung); A. Mutz, Über den Metall-Massenfund von Augusta Raurica. Ur-Schweiz 26, 1962, 18ff.; E. Oxé, Wird aus dem Augster «Schrottfund» eine bronzene Reiterstatue? JbAK 11, 1990, 22f.; Janietz Schwarz/Rouiller 1995.

<sup>6</sup> Kaufmann-Heinimann 1977, 48 Taf. 44 Kat.-Nr. 43; A. Mutz, Römisches Schmiedehandwerk. Augster Museumshefte 1 (Augst 1976) Umschlagbild.

<sup>7</sup> Martin 1978, Abb. 22.

<sup>8</sup> Furger 1989, Abb. S. 53.

<sup>9</sup> Guss von Perlstäben, Abschroten von einzelnen Kugelsegmenten, Flachschiemen in Schrötlingsform, Feuerversilberung, Prägung zu subaeraten Denaren: Peter 1990, 18ff. und 81ff.; zur Herstellung auch M. Peter, in: A. R. Furger, Römermuseum und Römerhaus Augst. Kurztexte und Hintergrundinformationen. Augster Museumshefte 10 (Augst 1987, 1989) 50f.

<sup>10</sup> Bronzeschmiedetätigkeit mit Schmiedeabfällen und einigen wenigen Halbfabrikaten im 3. Viertel des 1. Jh. n.Chr.; Bronzegiesserei mit Tiegelscherben, wenig Schmiedeabfällen und etwas Bronzeschlacken im 3. Jh.: Furger/Deschler-Erb 1992, 19f. Abb. 9.

Befunde von Augusta Raurica mit städtetopographischer Auswertung und wirtschaftshistorischer Würdigung steht allerdings noch aus.

Dass die in den Depots des Römermuseums Augst greifbaren Halbfabrikate und Produktionsabfälle aus Kupferlegierungen in der vorliegenden Gemeinschaftsarbeit zusammengestellt sind, geht auf das Angebot von Josef Riederer vom Rathgen-Forschungslabor der Staatlichen Museen Preussischer Kulturbesitz in Berlin zurück, sämtliche Belege von Verarbeitung von Kupferlegierungen mit dem Atomabsorptionsverfahren zu analysieren. Das Römermuseum Augst möchte auch an dieser Stelle für die grosszügige Unterstützung und den Beitrag von J. Riederer danken (vgl. unten 161ff.). Weitere aktive Mithilfe wird Silvio Falchi für Beprobung und metalltechnische Arbeiten, Sylvia Fünfschilling für Zeichnungen und Montagen sowie Ursi Schild für alle Fotos verdankt.

## Katalog

*Gussstücke, Rohgüsse (z.B. Statuetten; nicht zur deformierenden Weiterverarbeitung bestimmt)*

- 1907.1363 (Abb. 1,1) Löffel (*cochlear*). Länge 172 mm; Gewicht 25,6 g. Halbfabrikat: nicht versäuerter Rohguss mit allseitig umlaufender Gussnaht und Rest des Eingusskanals (Querschnitt: 6×2 mm) am Laffenende.  
*Fundort*: «Augst» (ehemalige Sammlung J. J. Schmid).  
*FK-Datierung*: (nicht datiert).  
*Literatur*: Martin 1978, Abb. 2; Riha/Stern 1982, 25f. Abb. 11,1; 71 Kat.-Nr. 237; Taf. 25,237; Flutsch et al. 1994, 35 Abb. S. 36 oben.  
*Bohrprobe*: kurze, hellgelbe Späne.

Tabelle 1: Augst/Kaiseraugst. Analyseresultate zu den einzelnen Katalognummern, ermittelt am Rathgen-Forschungslabor in Berlin im Atomabsorptionsverfahren (Ausnahmen *kursiv*). Abkürzungen:

LN Labornummer Berlin (Atomabsorptionsverfahren)  
EDS-XRF Vergleichsanalyse Basel (Riha/Stern 1982, Tabelle 1; Röntgenfluoreszenz)  
MWD Vergleichsanalyse Dornach (Metallwerke Dornach 1984; nasschemisch)

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
38	1907.1363	59,55	4,40	35,49	0,35	0,01	0,07	0,11	0,11	0,002
	EDS-XRF:	34,0	29,7	35,0	0,4					Cd

- 1939.3575 Segmentstab (Halbfabrikat für die Herstellung inoffizieller subaerater Denare). Länge 76 mm; Gewicht 32,45 g.  
*Fundort*: Augst. Region 1, Insula 32. *Grabung*: 1939.51(?). Abtrag –, Fläche «Raum 8», Sediment/Stratigraphie: ?. *Fundkomplex* (FK): – (ohne mitinventarisierte Objekte).  
*FK-Datierung*: nicht datierbar (aus numismatischer Sicht wohl um 195 bis 210 n.Chr.).  
*Literatur*: Peter 1990, Taf. 4,28.  
*Bohrprobe*: keine Probe entnommen. Vgl. die Röntgenfluoreszenzanalyse durch W. B. Stern (Peter 1990, Tabelle 3): Zinnbronze.

- 1963.4360 (Abb. 1,2) Löffelfragment (Laffe eines *cochlear*). Länge noch 40 mm; Gewicht 7,7 g. Halbfabrikat: relativ flache Laffe eines *cochlear*, missratenes Gussstück mit abgebrochenem Löffelstiel und nicht versäuerter Gusskanal von 6×1 mm. Starke blasige Patina.

*Fundort*: Augst, Restaurant Römerhof («Steinler»). Region 1, Insula 18. *Grabung*: 1963.53 («Lüscher»). Abtrag –, Fläche FG30, Sediment/Stratigraphie: Schutt (Oberflächenschutt). OK 295,50, UK 294,58 m ü.M. (Abtragsdicke 0,92 m). *Fundkomplex* (FK): X02256 (mit 35 inventarisierten Objekten).  
*FK-Datierung*: um 240–260 n.Chr. (guter, typologisch einheitlicher FK, 1 früher Ausreisser um 190/210).  
*Literatur*: Martin 1978, Abb. 3; Riha/Stern 1982, 25f. Abb. 11,3; 70 Kat.-Nr. 203; Taf. 22,203.  
*Bohrproben*: zwei Bohrungen an der Laffeninnenseite: einmal nur kaffeebraunes und dunkelgrünes Oxypulver, bei der zweiten Bohrung kurze, krümelige Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
39	1963.4360	90,60	7,82	0,47	0,78	0,20	0,04	0,05	0,04	
	1963.4360-1	-	-	-	-	-	-	-	-	
	EDS-XRF:	86,7	12,7	0,3	0,2					

- 1967.18343 (Abb. 1,3) 2 Löffelfragmente (*cochlear*). Länge zusammen noch 96 mm; Gewicht 21,4 g. Halbfabrikat oder missratenes (zerbrochenes) Stück: nicht versäuerter Rohguss mit umlaufender Gussnaht an der Laffe (am Griff bereits versäubert?) und Rest des Eingusskanals (Querschnitt: 8×1 mm) am Laffenende.  
*Fundort*: Augst, Autobahn N2/A3. Region – («Rauschenbächlein-Zone, Baggerkontrolle»). *Grabung*: 1967.55 (Autobahnbau). Abtrag –, Fläche –, Sediment/Stratigraphie: Lössaufschwemmung und Oberflächenschutt. OK 297,50, UK 296,00 m ü.M. (Abtragsdicke ca. 1,50 m). *Fundkomplex* (FK): X06700 (mit 90 inventarisierten Objekten).  
*FK-Datierung*: um 20–130 n.Chr. (uneinheitliches Material, Keramik-Töpfereiabfälle, vermisch).  
*Literatur*: Riha/Stern 1982, 25f. Abb. 11,2; 68 Kat.-Nr. 161; Taf. 17,161.  
*Bohrprobe*: kurze, dunkelgelbe Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
44	1967.18343a	82,58	6,10	0,48	10,43	0,31	0,02	0,04	0,05	
	EDS-XRF:	50,0	47,9	0,6	1,4					

- 1978.414 (Abb. 1,4) Löffelfragment (Laffe eines *cochlear*). Länge noch 40 mm; Gewicht 7,7 g. Missratenes Gussstück mit Fehlstelle in der Laffe, nicht ausgefülltem Löffelstiel und umlaufender Gussnaht.  
*Fundort*: Augst, Giebenacherstrasse («Steinler»). Region 1, Insula 31. *Grabung*: 1978.52. Abtrag Schicht 2 nach Profil 15, Fläche R–V/16–18, Sediment/Stratigraphie: feinkörniger Sand, z.T. verbrannt (Brand-schicht); bräunlich-schwarz, Kalkbruchsteine, Ziegel-fragmente, Mörtel, vereinzelt feine Kiesel, Holzkohle. OK 295,98, UK 295,43 m ü.M. (Abtragsdicke 0,55 m). *Fundkomplex* (FK): B01716 (mit 203 inventarisierten Objekten).  
*FK-Datierung*: um 130–210 n.Chr.  
*Literatur*: Riha/Stern 1982, 25f. Anm. 41 Abb. 11,4; Flutsch et al. 1994, 35 Abb. S. 36 oben.  
*Bohrprobe*: kurze, krümelige Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
45	1978.414	75,30	6,41	16,63	1,21	0,17	0,04	0,17	0,07	

- 1959.6333 Fehlguss. Länge noch 44 mm; Gewicht 37,7 g. Komplexes Bronzestück mit massivem Teil mit rechteckigem Querschnitt (17×8 mm) und ringförmigem Teil, der einst eine runde Scheibe umschloss. Funktion unklar.  
*Fundort*: Augst. Region 1, Insula 30. *Grabung*: 1959.51. Abtrag –, Fläche S13 (Nord-Porticus), Sediment/Stratigraphie: ? OK 294,60, UK 294,19 m ü.M. (Abtragsdicke 0,41 m). *Fundkomplex* (FK): V02779 (mit 28 inventarisierten Objekten).  
*FK-Datierung*: um 50–65 n.Chr.

**Bohrprobe:** oberflächliche Korrosionsprodukte, darunter metallische Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
97	1959.6333	88,67	9,44	1,47	0,12	0,05	0,04	0,05	0,05	0,11 As

- 1959.10644 Bronzestück mit Gusszapfen(?). Länge 37 mm; Gewicht 9,3 g. Die flache, randlich unregelmäßige «Scheibe» unter dem kleinen Gusszapfen macht den Anschein, es handle sich um einen zu schnell erstarrten Fehlguss zwischen zwei flachen Formhälften (Stein?, Sand?).  
*Fundort:* Augst, «Steinler». Region 1, Insula 30. *Grabung:* 1959.51. Abtrag «FK7», Fläche S44 (röm. Strassengraben), Sediment/Stratigraphie: «Schlammgraben». OK «169», UK «232» (Abtragsdicke 0,63 m). *Fundkomplex* (FK): V03227 (mit 19 inventarisierten Objekten).  
*FK-Datierung:* um 50–150 n.Chr.  
*Bohrprobe:* keine Probe entnommen, nicht analysiert.

- 1960.2684 Missratene Bronzestatuette (Merkur?). Länge noch 55 mm; Gewicht 84 g. Die Rückseite sowie die nicht ausgefüllten Extremitäten und der Halsansatz sind blasig ausgebildet.  
*Fundort:* Augst, «Steinler». Region 1, Insula 30. *Grabung:* 1960.51. Abtrag «FK3», Fläche S82, Sediment/Stratigraphie: ? OK 295,83, UK 295,24 m ü.M. (Abtragsdicke 0,59 m). *Fundkomplex* (FK): V03710 (mit 10 inventarisierten Objekten).  
*FK-Datierung:* spätes 1. bis Anfang 2. Jh. n.Chr.  
*Literatur:* Martin 1978, Abb. 9; Kaufmann-Heinimann 1994, 16f. Kat.-Nr. Suppl. 13, Taf. 16.  
*Bohrprobe:* keine Beobachtung.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
52	1960.2684	72,19	5,37	16,05	5,88	0,35	0,03	0,06	0,04	0,03 Au

- 1960.3270 (Abb. 1,5) Schenkel eines Bronzescharniers. Länge 66 mm; Gewicht 33 g. Halbfabrikat: gelungener Guss, mit noch nicht versäuerter Gussnaht (Zweischalenguss!) beidseits der runden Scharnierscheibe. Das Achsloch ist ebenfalls noch nicht gebohrt.  
*Fundort:* Augst, «Steinler». Region 1, Insula 30. *Grabung:* 1960.51. Abtrag «FK8», Fläche S76, Sediment/Stratigraphie: ? OK 294,03, UK 293,88 m ü.M. (Abtragsdicke 0,15 m). *Fundkomplex* (FK): V03764 (mit 60 inventarisierten Objekten).  
*FK-Datierung:* spätaugusteisch/tiberisch bis claudisch.  
*Literatur:* Martin 1978, Abb. 4.  
*Bohrprobe:* mittellange, goldgelbe Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
48	1960.3270	73,88	4,11	11,54	9,59	0,74	0,02	0,08	0,05	

- 1961.3798 Fehlguss eines Blattornamentes. Länge noch 35 mm; Gewicht 16,9 g. Das breitzipflige «Blatt» ist die ornamental ausgestaltete Schwanzflosse eines Delphins, der paarweise einen Kastenhenkel bildete. Auf beiden Seiten grobe, blasige Fehlstellen im Guss; an der Fortsetzung keine deutliche Bruchstelle, sondern eher Gussfehler.  
*Fundort:* Augst, «Steinler». Region 1, Insula 31. *Grabung:* 1961.54. Abtrag –, Fläche S21 (SW-Viertel), Sediment/Stratigraphie: sandiger Kies. OK 295,15, UK 294,80 m ü.M. (Abtragsdicke 0,35 m). *Fundkomplex* (FK): X00247 (mit 25 inventarisierten Objekten).  
*FK-Datierung:* um 150–225 n.Chr. (ohne nähere Angaben).  
*Literatur:* Kaufmann-Heinimann 1994, 118 Kat.-Nr. Suppl. 195, Taf. 75; zum Grifftyp: Kaufmann-Heinimann 1977, Taf. 134, 207.208.  
*Bohrprobe:* lange, lockenförmige, gelbglänzende Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
98	1961.3798	79,85	9,57	9,59	0,65	0,09	0,05	0,09	0,11	

- 1961.5548 (Abb. 1,6) Lunula-Phallus-Anhänger. Breite 39 mm; Gewicht 6,7 g. Das zweischalig (zwischen einer Negativform und einer flachen Platte) gegossene kleine Stück weist nicht versäuerte Gussnähte auf, wahrscheinlich weil der linke Endknopf der Lunula und die Aufhängeöse nicht ganz ausgegossen sind.  
*Fundort:* Augst, «Steinler». Region 1, Insula 31. *Grabung:* 1961.54. Abtrag Schichten 13–15 nach Profil 42, Fläche S24 (NW-Viertel), Sediment/Stratigraphie: grauer Lehm. OK 293,60, UK 293,28 m ü.M. (Abtragsdicke 0,32 m). *Fundkomplex* (FK): X00360 (mit 24 inventarisierten Objekten).  
*FK-Datierung:* um 25–50 n.Chr. (ohne nähere Angaben).  
*Literatur:* Steiger et al. 1977, 218, Abb. 92,12; Martin 1978, Abb. 6 (nicht bei Kaufmann-Heinimann 1977 und 1994).  
*Bohrprobe:* Fragment zu dünn, keine Probe entnommen, nicht analysiert.

- 1962.10816 (Abb. 1,7) Abgeschrotetes Bronzestück. Länge 98 mm; Gewicht 15,0 g. Schmalere Bronzestreifen, aus einer 4 mm dicken Platte (von einer Grossbronze?) mit kräftigen Meisselstichen ausgeschnitten. Keine weitere Bearbeitung durch Schmieden.  
*Fundort:* Augst, «Steinler». Region 1, Insula 31. *Grabung:* 1962.54. Abtrag –, Fläche B75 (westl. Hälfte), Sediment/Stratigraphie: Oberflächenschutt bis Kulturschicht und Füllung. OK 296,06, UK 295,03 m ü.M. (Abtragsdicke 1,03 m). *Fundkomplex* (FK): X02220 (mit 9 inventarisierten Objekten).  
*FK-Datierung:* um 150–280 n.Chr., mit wenigen Altstücken um 30–100 n.Chr.  
*Bohrprobe:* mittellange, goldgelbe Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
71	1962.10816	85,50	8,12	1,66	4,17	0,14	0,03	0,21	0,07	0,11 As

- 1963.12067 Fehlguss(?) über eine rechtwinklige Ecke. Länge 69 mm; Gewicht 13 g. Es könnte sich um einen unabsichtlich entstandenen Gussstutzer handeln.  
*Fundort:* Augst, «Steinler». Region 1, Insula 31. *Grabung:* 1963.54. Abtrag Schicht 6 nach Profil 58 (oberer Teil), Fläche S57, Sediment/Stratigraphie: graubraune Schicht, lehmig, mit Ziegelsplittern und Mörtel einschliessen (homogen), lokal als 0,9 m tiefe «Grube» abgetieft (Profil 58). OK 295,41, UK 294,92 m ü.M. (Abtragsdicke 0,49 m). *Fundkomplex* (FK): Y01321 (mit 3 inventarisierten Objekten).  
*FK-Datierung:* um 30–50 n.Chr. (wenig Material, nur 1 RS datierbar).  
*Bohrprobe:* keine Probe entnommen, nicht analysiert.

- 1963.12282 (Abb. 1,8) Abgeschrotetes Bronzestück. Länge 93 mm; Gewicht 11,6 g. Schmalere Streifen aus einer 4 mm dicken Platte (von einer Grossbronze?).  
*Fundort:* Augst, «Steinler». Region 1, Insula 31. *Grabung:* 1963.54. Abtrag Schichten 3 und 4 südlich Mauer 47, Fläche S131, Sediment/Stratigraphie: drei Schichten gemeinsam abgetragen: humos-ashig, mit Mörtel, Ziegelschutt und Steinen (direkt unter Oberflächenschutt), darunter Lehm mit Brandstraten und Ziegelschutt, zuunterst dunkelgrau-lehmig mit Brandschutt (wie Inv. 1963.11842a). OK 295,93, UK 295,08 m ü.M. (Abtragsdicke 0,85 m). *Fundkomplex* (FK): Y01380 (mit 4 inventarisierten Objekten).  
*FK-Datierung:* (nicht datiert; stratigraphisch 2. Hälfte 1. bis 3. Jh. möglich).  
*Bohrprobe:* kurze, krümelige, glänzende Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
72	1963.12282	80,21	10,46	8,70	0,23	0,24	0,03	0,06	0,06	

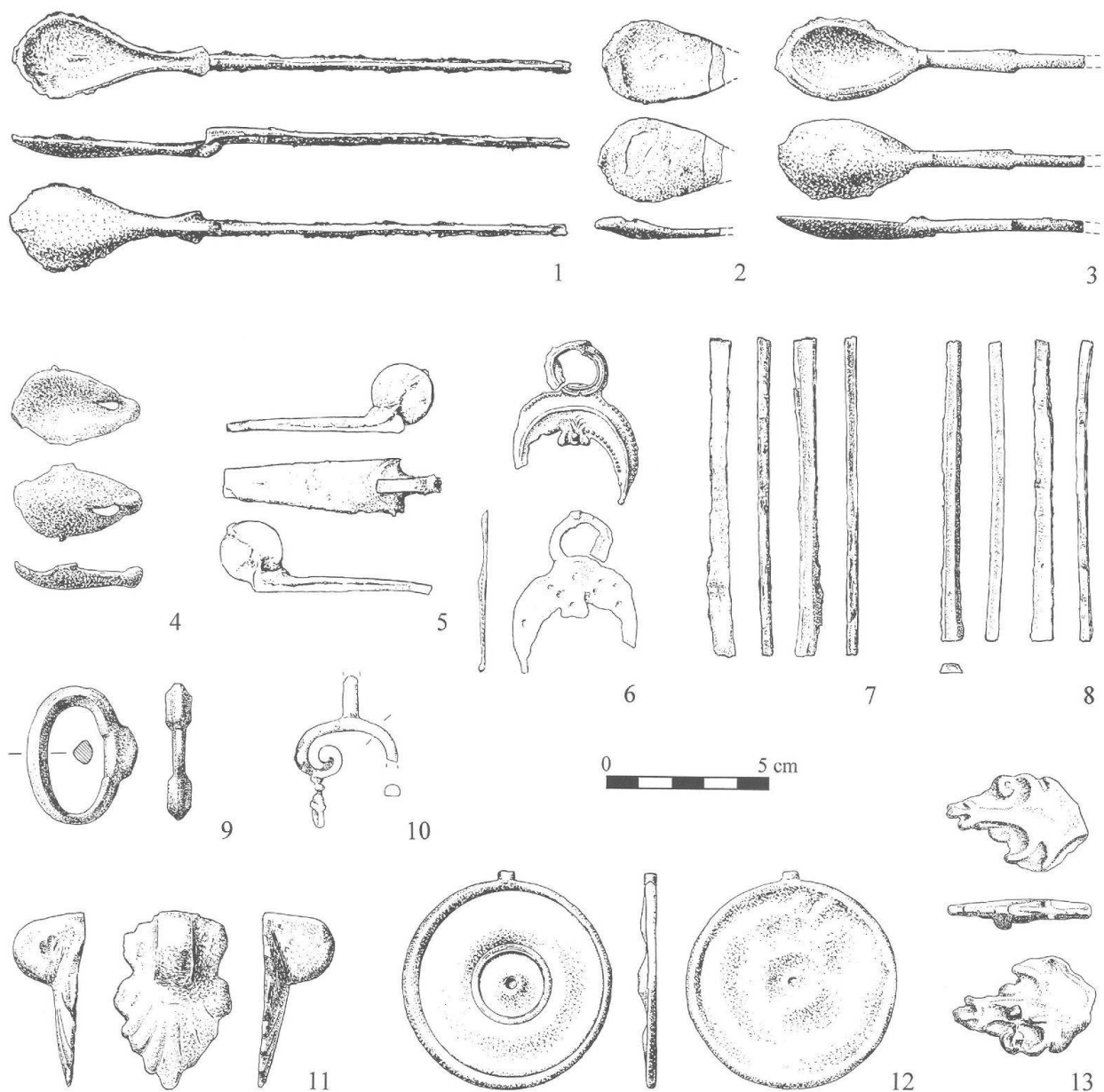


Abb. 1 Augst/Kaiseraugst. Auswahl der analysierten Löffel-Fehlgüsse (1–4), sonstiger Fehlgüsse (6.13), Guss-Halbfabrikate (5.9.11.12) sowie geschroteter Streifen aus Grossbronzen (7.8). M. 1:2.

1963.12464 (Abb. 1,9) Halbfabrikat einer Gürtelschnalle. Grösse 42×35 mm; Gewicht 24,2 g. Ovaler Schnallenbügel, an der Stelle der Scharnierverbindung (dünne Stelle für die Aufnahme von Dorn und Lasche) im Rohguss belassen, mit eigenartiger, flacher «Zunge» (Eingussstelle?).  
*Fundort:* Augst, «Steinler». Region 1, Insula 31. *Grabung:* 1963.54. Abtrag Schichten 3–5, Fläche S58/59/70/71, Sediment/Stratigraphie: Wegnehmen der Herdstelle. OK 295,52, UK 294,75 m ü.M. (Abtragsdicke 0,77 m). *Fundkomplex* (FK): Y01167 (mit 18 inventarisierten Objekten).  
*FK-Datierung:* um 100–200 n.Chr. (ohne nähere Angaben).  
*Bohrprobe:* mittellange, gelbe Späne.

I.N	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
107	1963.12464	73,40	6,06	19,47	0,02	0,03	0,10	0,20	0,46	0,22 As, 0,03 Bi

1964.10098 Segmentstab (Halbfabrikat für die Herstellung inoffizieller subaerater Denare). Länge 32 mm; Gewicht 12,69 g.  
*Fundort:* Augst. Region 1, Insula 31. *Grabung:* 1964.54. Abtrag –, Fläche S63/64/75/76 (wie Detail 266), Sediment/Stratigraphie: Abtragen von Steinsetzungen und grau verschmutztem sandig-schuttigem Material darunter. OK 295,72, UK 295,30 m ü.M. (Abtragsdicke 0,42 m). *Fundkomplex* (FK): X03787 (mit 52 inventarisierten Objekten).  
*FK-Datierung:* um 150–210 n.Chr. (guter, typologisch einheitlicher FK; aus numismatischer Sicht wohl um 195 bis 210 n.Chr.).  
*Literatur:* Peter 1990, Taf. 3,22.  
*Bohrprobe:* keine Probe entnommen. Vgl. die Röntgenfluoreszenzanalyse durch W. B. Stern (Peter 1990, Tabelle 3): Zinnbronze.



1964.10129A.B Zwei Segmentstabfragmente (Halbfabrikat für die Herstellung inoffizieller subaerater Denare). Länge noch 13 bzw. 16 mm; Gewicht 4,69 bzw. 6,58 g.  
*Fundort:* Augst, Region 1, Insula 31. *Grabung:* 1964.54. Abtrag –, Fläche S64/S76, Sediment/Stratigraphie: mörteliger Lehm, locker. OK 295,54, UK 295,34–48 m ü.M. (Abtragsdicke 0,20 m). *Fundkomplex* (FK): X03770 (mit 33 inventarisierten Objekten).  
*FK-Datierung:* um 150–210 n.Chr. (aus numismatischer Sicht wohl um 195 bis 210 n.Chr.).  
*Literatur:* Peter 1990, Taf. 3,23; 4,24.  
*Bohrprobe:* keine Probe entnommen. Vgl. die Röntgenfluoreszenzanalyse von Inv. 1964.10129A durch W. B. Stern (Peter 1990, Tabelle 3): Zinnbronze mit deutlichem Silbergehalt.

1967.16201 (Abb. 1,10) Halbfabrikat einer Schnalle. Länge noch 48 mm; Breite 32 mm; Gewicht 8,8 g. Fehlguss einer «Militärschnalle», mit Eingusskanal von 5×4,5 mm in der Mitte des Schnallenbügels. Die eine Bügelhälfte wurde von der Bronze nicht ausgefüllt; auch auf der anderen Seite hat die Gusspeise das Ösenende nur unvollständig erreicht. Ösenende nicht ausgebohrt. Oberfläche stark korrodiert.  
*Fundort:* Augst, Autobahn N2/A3, Region 5, B. *Grabung:* 1967.55 (Autobahnbau). Abtrag –, Fläche X–Z/144–150, Sediment/Stratigraphie: starke Lössdecke, lehmig-steinig-kiesiger Oberflächenschutt mit Ziegelfragmenten. OK 297,15, UK 295,77 m ü.M. (Abtragsdicke 1,38 m). *Fundkomplex* (FK): X06634 (mit 94 inventarisierten Objekten).  
*FK-Datierung:* um 30–190 n.Chr. (uneinheitliches Material).  
*Bohrprobe:* halbblanke, helle Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
82	1967.16201	80,52	1,31	0,74	17,19	0,30	0,01	0,05	0,05	

1963.5831 Schnauzenfragment eines Pferdekopfes. Länge noch 67 mm; Gewicht 90,8 g. Innen in der Schnauzenspitze noch Rest des orangerot gebrannten Kernmaterials. Die Bronzeoberfläche ist stellenweise, vor allem an den linken Nüstern, «verbrannt». Möglicherweise Fehlguss?; aufgrund der ebenfalls angebrannten Bruchkanten auch sekundärer Brand in einem Schadenfeuer möglich.  
*Fundort:* Augst, «Steinler». Region 1, Insula 31. *Grabung:* 1963.54. Streufund. *Fundkomplex* (FK): V04961 (mit 8 inventarisierten Objekten).  
*FK-Datierung:* (nicht datiert, Streufund).  
*Literatur:* Martin 1978, Abb. 11; Kaufmann-Heinimann 1994, 73 Kat.-Nr. 92, Taf. 59.  
*Bohrprobe:* auf der Fläche und beim Rand: keine Metallspäne, nur Oxydspuren.

1963.7063 Gussrohling. Länge noch 37 mm; Gewicht 37,0 g. Unförmiges Fragment mit einer rundstabigen Hälfte und einer trichterförmig erweiterten Hälfte. Wahrscheinlich Übergangsstück vom Eingusskanal in die Hohlform. Die Erstarrungsspuren legen nahe, dass die Gusspeise die Hohlform kaum erreicht hat. Durchmesser des Eingusskanals 15 mm.  
*Fundort:* Augst, Restaurant Römerhof («Steinler»). Region 1, Insula 18. *Grabung:* 1963.53 («Lüscher»). Abtrag –, Fläche – (Nordwand der Baugrube), Sediment/Stratigraphie: ? (anscheinend vermischtes Material). OK 295,45, UK 293,69 m ü.M. (Abtragsdicke 1,76 m). *Fundkomplex* (FK): X02863 (mit 34 inventarisierten Objekten).  
*FK-Datierung:* (nicht datierbar, Baugrube).  
*Bohrprobe:* sehr kurze, dunkle Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
80	1963.7063	88,57	6,45	1,78	2,87	0,19	0,02	0,05	0,06	

1964.226 Gussrohling. Länge 54 mm; Gewicht 69,2 g. Unförmiges Bronzestück an einer Teilfläche Abdrücke von feinen Sandkörnern, an anderer Stelle Erstarrungsfalten. Wahrscheinlich rasch erstarrte, verschüttete Bronze.  
*Fundort:* Augst, «Steinler». Region 1, Insula 31. *Grabung:* 1964.54. Abtrag Schicht 3 nach Profil 58, Fläche S140/141, Sediment/Stratigraphie: Humus mit Lehm, Ziegelsplittern (Brand- und Mörtelschicht; direkt unter dem Oberflächenschutt). OK 295,90, UK 295,52 m ü.M. (Abtragsdicke 0,38 m). *Fundkomplex* (FK): X03075 (mit 5 inventarisierten Objekten).  
*FK-Datierung:* um 170–270 n.Chr. (wenig Material); stratigraphisch ebenfalls 3. Jh.  
*Bohrprobe:* kurze, helle Späne; gut zu bohren.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
81	1964.226	68,79	7,21	11,11	12,19	0,55	0,04	0,05	0,06	

1964.3142 (Abb. 1,11) Halbfabrikat einer Henkelattasche. Länge 55 mm; Gewicht 73,6 g. Blattförmig ausgestaltete Henkelattasche, bestimmt zum Auflöten unter einen Gefässrand. An der flachen Seite grauweiße Metallspuren (nicht analysiert), vielleicht vom Lot. Die Schauseite ist anscheinend noch nicht überarbeitet (grobe, mitgegossene Blattnerven), die Henkelöse von 6 mm Durchmesser ist einseitig 6 mm tief mitgegossen, aber noch nicht durchbohrt!  
*Fundort:* Augst, Schufenholz, Region 1, zwischen Insulae 22 und 28. *Grabung:* 1964.55 («Grossenbacher»). Abtrag Profil 2 «Strasse», Fläche D0/D1 (Nordhälfte), Sediment/Stratigraphie: Strassenschotter (oberer Bereich), kiesig. OK 295,18, UK 294,75 m ü.M. (Abtragsdicke 0,43 m). *Fundkomplex* (FK): X03414 (mit 8 inventarisierten Objekten).  
*FK-Datierung:* nur wenig Keramik 1. Jh. n.Chr. sowie an der Basis des FK 1 As des Hadrian (125–128); stratigraphisch wohl 2. Hälfte 2. bis 3. Jh.).  
*Literatur:* (nicht bei Kaufmann-Heinimann 1977 und 1994).  
*Bohrprobe:* mittellange, gelbe Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
106	1964.3142	60,54	5,60	33,42	0,14	0,05	0,02	0,04	0,06	0,11 As

1965.4482 (Abb. 1,12) Zier- oder Spiegelscheibe. Durchmesser 65 mm; Gewicht 64 g. Es ist nicht eindeutig ersichtlich, ob die Drehspuren auf der Vorderseite im Wachs oder erst am Gussstück angebracht worden sind. Der nur 5 mm dünne Eingusskanal steht stummelförmig ab und ist nicht versäubert. Rückseite uneben und roh, aber mit dem «Zentrum» der Drehbankspitze.  
*Fundort:* Augst, Kurzenbettli N2, Region 5, C. *Grabung:* 1965.51. Abtrag nach Profil 29 und 30, Fläche B–C/25 (Sondierschnitt), Sediment/Stratigraphie: Mörtelboden, sandiger Einfüllschutt. OK 297,15, UK 294,96 m ü.M. (Abtragsdicke 2,19 m). *Fundkomplex* (FK): X04237 (mit 24 inventarisierten Objekten).  
*FK-Datierung:* um 70–160 n.Chr. (ohne nähere Angaben; wegen grosser Schichtdicke jedoch unsicher).  
*Literatur:* Martin 1978, Abb. 8.  
*Bohrprobe:* mittellange Späne, goldgelb.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
51	1965.4482	75,03	3,45	7,49	13,31	0,43	0,02	0,21	0,06	

1966.6387 (Abb. 1,13) Fehlguss eines profilierten Beschläges. Länge noch 44 mm; Gewicht 25 g. Typisches Produkt eines Zweischalengusses. Die Formhälften passten nicht schön aufeinander, weshalb eine dicke «Gussnaht» das Stück wie eine Scheibe ringsum umgibt (1–2 mm dick). Zudem füllte die Gusspeise die Form nicht ganz (verrundetes Erstarrungsende).

*Fundort:* Augst, Kurzenbetti N2. Region 5, C. *Grabung:* 1966.51. Abtrag –, Fläche M–N/17–18, Sediment/Stratigraphie: steinig, sandig; schwarz. OK 295,41, UK 293,88 m ü.M. (Abtragsdicke 1,53 m). *Fundkomplex* (FK): X05618 (mit 62 inventarisierten Objekten).

*FK-Datierung:* um 30–300 n.Chr. (uneinheitliches Material, vermischt).

*Literatur:* Martin 1978, Abb. 7.

*Bohrprobe:* kurze, krümelige Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
50	1966.6387	75,62	10,83	13,84	0,20	0,02	0,04	0,09	0,11	

- 1967.8280 Segmentstab (Halbfabrikat für die Herstellung inoffizieller subaerater Denare). Länge 90 mm; Gewicht 34,68 g.

*Fundort:* Augst, Autobahn N2/A3. Region 5, B. *Grabung:* 1967.55 (Autobahnbau). Abtrag –, Fläche C–D/146–147, Sediment/Stratigraphie: Schutt mit viel Ziegeln; dunkel. OK 296,29, UK 296,06 m ü.M. (Abtragsdicke 0,23 m). *Fundkomplex* (FK): X07426 (mit 24 inventarisierten Objekten).

*FK-Datierung:* um und nach der Mitte des 2. Jh. n.Chr. (aus numismatischer Sicht wohl um 195 bis 210 n.Chr.).

*Literatur:* Peter 1990, Taf. 4,25.

*Bohrprobe:* keine Probe entnommen. Vgl. die Röntgenfluoreszenzanalyse durch W. B. Stern (Peter 1990, Tabelle 3); Zinnbronze.

- 1967.19044 Segmentstab (Halbfabrikat für die Herstellung inoffizieller subaerater Denare). Länge 79 mm; Gewicht 34,12 g.

*Fundort:* Kaiseraugst. Region 20, Z (Parzelle 25, Areal Kastell-Nordostecke). *Grabung:* 1967.01. Abtrag –, Fläche L/7, Sediment/Stratigraphie: feinsandig; grauschwarz. OK 265,36–38, UK 264,84–89 m ü.M. (Abtragsdicke max. 0,54 m). *Fundkomplex* (FK): Z01811 (mit 23 inventarisierten Objekten).

*FK-Datierung:* neben wenigen römischen Scherben vor allem neuzeitliches Material des 17.–19. Jh. (aus numismatischer Sicht wohl um 195 bis 210 n.Chr. entstanden).

*Literatur:* Peter 1990, Taf. 4,26.

*Bohrprobe:* keine Probe entnommen. Vgl. die Röntgenfluoreszenzanalyse durch W. B. Stern (Peter 1990, Tabelle 3); Zinnbronze.

- 1977.3733 Abgeschroteter Bronzestreifen. Länge noch 63 mm; Gewicht 10,7 g. Schmalen Bronzestreifen, aus einer 4,5 mm dicken Platte (von einer Grossbronze?) mit kräftigen Meisselhieben ausgeschnitten. Keine weitere Bearbeitung durch Schmieden. Die beiden Enden sind abgebrochen.

*Fundort:* Augst, Giebenacherstrasse («Steinler»). Region 1, Insula 31. *Grabung:* 1977.52. Abtrag Schicht 18 nach Profil 7, Fläche N–O/10–12, Sediment/Stratigraphie: Lehm graubraun mit einzelnen Kalkbruchsteinen und viel Kiesel. OK 293,87, UK 293,33 m ü.M. (Abtragsdicke 0,54 m). *Fundkomplex* (FK): B00358 (mit 11 inventarisierten Objekten).

*FK-Datierung:* um 1–30 n.Chr. (ohne nähere Angaben).

*Bohrprobe:* lange, gelbglänzende Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
111	1977.3733	87,49	0,86	0,24	11,16	0,20	0,02	0,02	0,02	

- 1977.4643 Missratener Rohguss. Länge 64 mm; Gewicht 35,1 g. Das in zwei Fragmente zerbrochene Stück besteht aus einem Stab mit einer nicht ganz ausgefüllten Öse am Ende. Davon zweigen anscheinend zwei Eingusskanäle mit Resten von Gusszapfen ab. Falls der Grad beidseits entlang des Stabes einen Zweischalenguss belegt, gäben die «Eingusszapfen» allerdings keinen Sinn

*Fundort:* Augst, «Steinler». Region 1, Insula 34. *Grabung:* 1977.51 («Metzger»). Abtrag Schicht 6 nach Profil 13, Fläche N–O/21–22, Sediment/Stratigraphie: Ton, siltig, mit Holzkohle- und Ziegelpartikeln, einzelne Mörtelbröckchen; grau. OK 294,78, UK 294,38 m ü.M. (Abtragsdicke 0,40 m). *Fundkomplex* (FK): B00745 (mit 7 inventarisierten Objekten). *FK-Datierung:* um 10 v.Chr. bis um 30 n.Chr. (wenig Material); stratigraphisch (Fundhöhe) aber eher 2. oder 3. Jh.

*Bohrproben:* beide Bohrungen mit kurzen, bräunlichen Spänen, durchmischt mit kaffeebraunem Oxydpulver (ausgeschieden); Oberfläche bei der zweiten Entnahmestelle mit grüner, sehr harter Oxydschicht.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
112	1977.4643/1	90,32	8,32	1,09	<0,01	0,05	0,08	0,06	0,05	0,02 Co
	1977.4643/2	88,57	9,52	1,61	<0,01	0,07	0,08	0,07	0,06	0,02 Co

- 1977.13775 Fragment einer Rohguss-Platte. Grösse 77×52 mm; Gewicht 110,8 g. Das Fragment weist eine plane, glatte sowie eine leicht gewellte Fläche auf. Die Platte ist in der Mitte 6 mm dick, dünnt jedoch seitlich bis auf 1,5 mm aus. Eine Kante an der dicksten Stelle ist geradlinig und scheint beim Guss vorgegeben gewesen zu sein, die anderen Kanten sind roh gebrochen. Es könnte sich um eine Rohplatte handeln, die auf eine heisse, glatte Unterlage offen gegossen worden ist. Spuren einer Zerteilung und Nachbearbeitung (Schrot- und Hammerspuren) sind jedoch keine zu beobachten.

*Fundort:* Augst, «Steinler». Region 1, Insula 34. *Grabung:* 1977.51 («Metzger»). Abtrag – (Strasse), Fläche K–M/30–31, Sediment/Stratigraphie: Strasse: grosse Kiesel, Ziegelfragmente, in humos-tonigem Material; braunschwarz. OK 294,78, UK 294,09 m ü.M. (Abtragsdicke 0,69 m). *Fundkomplex* (FK): B00713 (mit 255 inventarisierten Objekten).

*FK-Datierung:* um 150–280 n.Chr., mit vereinzelt früheren Ausreissern um 90–130 n.Chr.

*Bohrprobe:* mittellange, hellgelbe Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
114	1977.13775	83,96	8,67	6,48	0,58	0,14	0,03	0,06	0,08	

- 1977.18114 Abgeschrotetes Reststück. Länge noch 38 mm; Gewicht 9,6 g. Durch auffallend schräg verlaufende Schrotung (?) ist ein schmaler Streifen aus einer 4,5 mm dicken Platte herausgearbeitet.

*Fundort:* Augst, «Steinler». Region 1, Insula 34. *Grabung:* 1977.51 («Metzger»). Abtrag –, Fläche D–G/24–26 (Porticus Süd), Sediment/Stratigraphie: humoses Material vermischt mit Bruchsteinen, Ziegelfragmenten, Mörtel; dunkelbraun-ocker. OK 296,30, UK 295,58 m ü.M. (Abtragsdicke 0,72 m). *Fundkomplex* (FK): B00802 (mit 115 inventarisierten Objekten).

*FK-Datierung:* 1–300 n.Chr. (uneinheitliches Material, vermischt).

*Bohrprobe:* kurze bis mittellange, goldfarbene glänzende Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
116	1977.18114	87,38	12,02	0,40	0,01	0,08	0,02	0,05	0,04	

- 1978.5057 Segmentstab (Halbfabrikat für die Herstellung inoffizieller subaerater Denare). Länge 72 mm; Gewicht 29,68 g.

*Fundort:* Augst. Region 1, Insula 31 (Giebenacherstrasse). *Grabung:* 1978.52. Abtrag Schicht 5 nach Profil 17, Fläche W–Y/21–22, Sediment/Stratigraphie: Mörtellinse mit feinem Kies, Ziegelpartikeln, Kalkbruchsteinen; beige-ocker. OK 295,53, UK 295,18 m ü.M. (Abtragsdicke 0,35 m). *Fundkomplex* (FK): B01774 (mit 7 inventarisierten Objekten).

*FK-Datierung:* um 2. Hälfte 2. bis 1. Hälfte 3. Jh. n.Chr. (nur 1 TS Drag. 32; aus numismatischer Sicht wohl um 195 bis 210 n.Chr.).  
*Literatur:* Peter 1990, Taf. 4,27.  
*Bohrprobe:* keine Probe entnommen. Vgl. die Röntgenfluoreszenzanalyse durch W. B. Stern (Peter 1990, Tabelle 3): Zinnbronze mit hohem Bleigehalt.

- 1979.21746 Missratene(?) Zierscheibe bzw. Siegelkapseldeckel. Durchmesser 22 mm; Gewicht 4,7 g. Die Scheibe ist wahrscheinlich zweischalig gegossen worden (Rückseite flach) und weist oben noch den Rest des Eingusskanals auf (6×2 mm). Deutliche Fehlstelle am unteren Ende der Scheibe. Aufgrund der flachen Rückseite kann es sich nicht um eine Scheibenfibel handeln. Trotz fehlerhaftem Guss sind Reste von weissem, grünem und gelbem Email vorhanden (Beobachtung D. Liebel).  
*Fundort:* Kaiseraugst, Auf der Wacht II. Region 17.C. *Grabung:* 1979.03. Abtrag «nach Trax», Fläche O-V/14–22, Sediment/Stratigraphie: meist humoses Material, dunkelbraun, wenig Kiesel, Kalkbruchsteinsplitter, Ziegelfragmente. OK 273,60, UK 272,90 m ü.M. (Abtragsdicke 0,70 m). *Fundkomplex* (FK): B03901 (mit 923 inventarisierten Objekten).  
*FK-Datierung:* zwei zeitliche Schwerpunkte: um 50–300 und 4. Jh. (vor allem 2. Hälfte 1. bis 3. Jh.).  
*Bohrprobe:* Fragment zu dünn, keine Probe entnommen, nicht analysiert.

- 1984.296 Rohguss eines Rasiermesser- oder Skalpellgriffs mit Frauenkopf. Länge 50 mm; Gewicht 27,2 g. Der figürlich und geometrisch verzierte Griff weist beidseitig Reste einer Gussnaht auf, die erst grob abgetrennt (gestaucht?) ist. Die zur Aufnahme der Stahlklinge notwendige Kerbe ist noch nicht eingesägt.  
*Fundort:* Augst, «Steinler»strasse. Region 1, Insula 36. *Grabung:* 1984.51. Abtrag –, Fläche D'-G'/10–13, Sediment/Stratigraphie: humoses, sandiges Material. OK 296,73, UK 295,71 m ü.M. (Abtragsdicke 1,02 m). *Fundkomplex* (FK): C00509 (mit 156 inventarisierten Objekten).  
*FK-Datierung:* um 180–220 n.Chr. (wenig Material).  
*Literatur:* Kaufmann-Heinimann 1994, 133 Kat.-Nr. 225, Taf. 84; zu Griffform und geometrischem Dekor vgl. auch Riha 1986, Taf.10,83.  
*Bohrprobe:* mittellange, krümelige, helle Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
117	1984.296	76,83	4,76	16,53	1,66	0,08	0,03	0,05	0,06	

- 1984.12785 Abgeschrotetes Blechstück. Länge 58 mm; Gewicht 15,5 g. Von einem 2 mm starken Blech (dünnwandige Grossbronze?) ist mit dem Schrotmeissel ein Stück abgetrennt worden. Drei andere Kanten sind gebrochen. Die Oberfläche zeigt eine weiss glänzende Auflage, wahrscheinlich Reste von verlaufenem Lot.  
*Fundort:* Augst, Region 9.D. *Grabung:* 1984.52 («Degen»). Abtrag –, Fläche J-L/3–6, Sediment/Stratigraphie: Auffüllung, Schutt, sandig-kiesig; grau-beige-grau. OK 276,04, UK 275,39 m ü.M. (Abtragsdicke 0,65 m). *Fundkomplex* (FK): C01111 (mit 50 inventarisierten Objekten).  
*FK-Datierung:* um 50–270 n.Chr. (uneinheitliches Material).  
*Bohrprobe:* mittellange, gerade, hellgelbe Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
118	1984.12785	84,58	15,21	0,06	0,01	0,03	0,01	0,03	0,07	

- 1984.12787 Abgeschroteter Blechstreifen. Länge noch 55 mm; Gewicht 8,6 g. Aus einem 2 mm dicken Blech (dünnwandige Grossbronze?) ist ein 12–16 mm breiter Streifen durch zwei geschrotete Kerben herausgetrennt.

*Fundort:* Augst, Region 9.D. *Grabung:* 1984.52 («Degen»). Abtrag –, Fläche J-L/3–6, Sediment/Stratigraphie: Auffüllung, Schutt, sandig-kiesig; grau-beige-grau. OK 276,04, UK 275,39 m ü.M. (Abtragsdicke 0,65 m). *Fundkomplex* (FK): C01111 (mit 50 inventarisierten Objekten).  
*FK-Datierung:* um 50–270 n.Chr. (uneinheitliches Material).  
*Bohrprobe:* Fragment zu dünn, keine Probe entnommen, nicht analysiert.

- 1984.13249 Abgeschrotetes Blechstück. Länge noch 41 mm; Gewicht 8,9 g. Aus einem 1,5 mm dicken Blechstück ist ein 23 mm breiter Streifen durch beidseitiges Schrotten herausgetrennt. Ein Ende zeigt auf der rückwärtigen Seite ebenfalls Schrotschuppen.  
*Fundort:* Augst, Region 9.D. *Grabung:* 1984.52 («Degen»). Abtrag Schicht 7 nach Profil 2, Fläche J-L/3–5, Sediment/Stratigraphie: humos; dunkelbraun bis grau. OK 275,56, UK 275,22 m ü.M. (Abtragsdicke 0,34 m). *Fundkomplex* (FK): C01125 (mit 18 inventarisierten Objekten).  
*FK-Datierung:* um 270–300 n.Chr. (wenig Material).  
*Bohrprobe:* mittellange, rötliche Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
120	1984.13249	95,22	4,58	0,03	<0,01	0,03	0,02	0,05	0,08	

- 1984.21212 Geschrotete Rechteckplatte. Grösse 73×54 mm; Gewicht 62,3 g. Aus einer 2,5 mm dicken Grossbronze ist durch vier Schrotkanten ein Rechteckstück herausgetrennt. Keine weiteren Bearbeitungsspuren.  
*Fundort:* Augst, Region 9.D. *Grabung:* 1984.52 («Degen»). Abtrag Kanalfüllung, Fläche J-P/5–8, Sediment/Stratigraphie: sandiger, mörtelhaltiger Schutt; beige. OK 276,20, UK 274,38 m ü.M. (Abtragsdicke 1,82 m). *Fundkomplex* (FK): C01443 (mit 70 inventarisierten Objekten).  
*FK-Datierung:* vor allem um 240–300 n.Chr. sowie etwas Material um 80–150 n.Chr. und 1 neuzeitliches Fragment.  
*Bohrprobe:* kurze, krümelige, helle Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
122	1984.21212	65,97	7,26	26,57	0,02	0,03	0,03	0,06	0,07	

- 1986.10488 «Gusstropfen». Länge 108 mm; Gewicht 16,8 g. Langer dünner Gusstropfen mit seitlichen «Spritzern», vermutlich von einem Fehlguss.  
*Fundort:* Augst, Theater-Nordwestecke. Region 2.A. *Grabung:* 1986.58 («Neubau Kiosk»). Abtrag Schicht 4 nach Profil 1, Fläche F-H/3–5, Sediment/Stratigraphie: Brandschicht (u.a. mit Resten einer Bronzegieserei, Tiegelfragmenten). OK 284,08/283,96, UK 283,65/283,81 m ü.M. (Abtragsdicke ca. 0,43 m). *Fundkomplex* (FK): C02040 (mit 433 inventarisierten Objekten).  
*FK-Datierung:* um 200–250 n.Chr. (= Theater-Nordwestecke Phase 20).  
*Literatur:* Furger/Deschler-Erb 1992, 328 Taf. 84,20/130.  
*Bohrprobe:* kurze, gelbglänzende Späne, in ca. 2,5 mm Tiefe Lunken.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
136	1986.10488	90,40	8,61	0,66	0,08	0,06	0,02	0,08	0,07	0,01 Au

- 1988.51.C05025.279 Abgeschrotetes Blechstück. Grösse 33×26 mm; Gewicht 13,6 g. Aus einer 2 mm dicken Bronzeplatte (von einer Grossbronze?) ist durch Schrotten einer Kante sowie durch Brechen ein Plättchen herausgetrennt.  
*Fundort:* Augst, Schufenholz, «Steinler». Region 1, Insula 22. *Grabung:* 1988.51 («Vögtlin»). Abtrag 12.002, Fläche H5–6/J5–7/K4–8/L4–7/M4–7/N5–6, Sedi-

ment/Stratigraphie: Humus mit etwas Kiesel, Ziegelstücken, -splintern, Kalkbruchsteinen; braun bis dunkelbraun. OK 294,35, UK 293,05 m ü.M. (Abtragsdicke 1,3 m). *Fundkomplex* (FK): C05025 (mit 402 inventarisierten Objekten).

*FK-Datierung*: um 10–300 n.Chr. (uneinheitliches, vermisches Material, z.T. Neuzeit).

*Bohrprobe*: sehr kurze, krümelige, silbergrau-gelb glänzende Spänchen; hart zu bohren.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
139	1988.51. C05025.279	66,76	21,50	10,66	0,14	0,79	0,05	0,05	0,05	

1990.69.C05341.1 Missratene Statuette. Länge noch 39 mm; Gewicht 30,0 g. Sehr kleine Bronzestatue eines Pan. Mehrere Details des Körpers sind im Guss nicht sauber ausgeformt, die Füße und der rechte Arm wurden im Guss anscheinend nicht ausgefüllt. Der Kopf ist abgebrochen. Das Stück ist aufgrund der Stauchungsspuren etwas flachgehämmert worden.

*Fundort*: Augst, PAR-Kanalgraben («Steinler», zwischen Forum und Theater). Region 2, A. *Grabung*: 1990.69. Abtrag 1.005, Sediment/Stratigraphie: sandiges, leicht humoses Material, mit vielen Kalkbruchsteinstücken und -splintern, Mörtelbröckchen, vereinzelt Kiesel und einige Ziegelsplinter. OK 293,03, UK 292,3 m ü.M. (Abtragsdicke 0,73 m). *Fundkomplex* (FK): C05341 (mit 38 inventarisierten Objekten).

*FK-Datierung*: um 50–100 (wenig Material).

*Literatur*: Kaufmann-Heinmann 1994, 205 Kat.-Nr. Suppl. 367, Taf. 133.

*Bohrprobe*: sehr kurze, glänzende Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
144	1990.69. C05341.1	71,30	7,47	20,58	0,39	0,12	0,04	0,05	0,05	

1991.51.C08137.7 Fehlguss. Länge 33 mm; Gewicht 12,8 g. Fehlguss eines rechteckigen Objektes mit schlitzförmiger Öffnung. Die beiden Gusschalen sassen nicht dicht aufeinander, so dass eine 1,5 mm dicke Gussnaht ringsum vom Objekt absteht (es hat sich anscheinend nicht gelohnt, diese in mühsamer Versäuberungsarbeit zu entfernen).

*Fundort*: Augst, Kastelen. Region 1, Insula 1. *Grabung*: 1991.51. Abtrag 2.008, Sediment/Stratigraphie: humoses, dunkelbraunes Material mit viel Kalkbruchsteinen und wenig Ziegelbruchstücken. OK 293,62, UK 293,33 m ü.M. (Abtragsdicke 0,29 m). *Fundkomplex* (FK): C08137 (mit 132 inventarisierten Objekten).

*FK-Datierung*: um 280–340 n.Chr. (mit verschiedenen, in Augst noch kaum bekannten Spätformen), vereinzelt auch Altstücke um 80–200 n.Chr. (sowie wenig Neuzeit); stratigraphisch: Humuskante (Horizont VII), z.T. modern angeschüttet.

*Literatur*: Schwarz (in Vorb.) [Kommentar zu den Grabungen 1991.51 bis 1993.51].

*Bohrprobe*: mittellange, helle, glänzende Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
147	1991.51. C08137.7	77,99	6,97	11,77	2,86	0,23	0,03	0,07	0,07	

1991.51.C08372.2 Fehlguss. Länge 45 mm; Gewicht 20,2 g. Fehlguss einer runden Zierscheibe (evtl. Scheibenfibel) von 39 mm Durchmesser. Der Guss ist sehr porös, und nur die Hälfte des Objektes ist erhalten. Wie die 2 mm dicke Naht zeigt, ist der Guss anscheinend zu dick geraten, da die beiden Formhälften nicht exakt aufeinander lagen. Interessant sind zwei Details: zum ersten ist die eine Formhälfte anscheinend relativ flach gewesen, während die andere die kreisförmige

Vertiefung für die Zierscheibe aufwies; zum zweiten zeigt das Gussstück auf beiden Seiten im Kreiszentrum eine feine Eindellung, wie sie zur (späteren!) Überarbeitung auf der Drehbank notwendig sind.

*Fundort*: Augst, Kastelen. Region 1, Insula 1. *Grabung*: 1991.51. Abtrag 10.002, Sediment/Stratigraphie: humose braune Kulturschicht, stark durchsetzt mit Kalkbruchsteinen. OK 294,05, UK 289,58 m ü.M. (Hanglage!). *Fundkomplex* (FK): C08372 (mit 117 inventarisierten Objekten).

*FK-Datierung*: um 50–250 n.Chr. (uneinheitliches Material, vermischt, viel Neuzeit); stratigraphisch: Humuskante (Horizont VII), z.T. modern angeschüttet. *Literatur*: Schwarz (in Vorb.) [Kommentar zu den Grabungen 1991.51 bis 1993.51].

*Bohrprobe*: kurze, krümelige, hellgraue Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
149	1991.51. C08373.2	77,12	8,32	14,11	0,17	0,08	0,04	0,06	0,09	

(1981)

21 roh gegossene Segmentstäbe und 30 abgeschrotete Segmente (Halbfabrikate für die Herstellung inoffizieller subaerater Denare).

*Fundort*: Augst. Region 1, Insula 50. *Grabung*: 1981.52. Obere Schichten der jüngeren Steinbauten in der Mitte der Insula-Westfront.

*Datierung*: um 195 bis 210 n.Chr.

*Literatur*: Peter 1990, 11ff.; 18ff.; Taf. 1, 1–7; 2, 8–15; 3, 16–21; 5, 29–48; 6, 49–58.

*Bohrproben*: keine Proben entnommen. Vgl. die Röntgenfluoreszenzanalysen von 6 Segmentstäben durch W. B. Stern (Peter 1990, 80ff. Tabelle 3): Zinnbronzen, in einem Fall mit hohem Bleigehalt.

## Gusszapfen

1938.4161 Gusszapfen. Durchmesser 25×21 mm; Gewicht 16,3 g. Direkt unter der Trichterscheibe zweigen zwei Eingusskanäle ab, die jedoch nicht abgeschrotet sind, sondern anscheinend sich nicht mit Gusspeise gefüllt haben.

*Fundort*: Augst, vermutlich Frauentermen. Region 1, Insula 17. *Grabung*: 1938.51. Abtrag «in der Mauer zwischen Raum 26 und 27».

*FK-Datierung*: (nicht datiert; ausser «Münze» keine Mitfunde).

*Bohrproben*: sehr kurze, in der ersten Probe schmutzig-schwarze, in der zweiten Probe schmutzig-graue Späne; hart zu bohren.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
89	1938.4161-1	88,62	10,88	0,39	<0,01	0,03	0,01	0,03	0,03	
	1938.4161-2	-	-	-	-	-	-	-	-	

1959.3582 (Abb. 2,14) Gusszapfen. Länge noch 31 mm; Gewicht 18,5 g. Wenig Restmasse im Trichter selbst; direkt unterhalb Aufteilung in zwei Eingusskanäle.

*Fundort*: Augst. Region 1, Insula 24. *Grabung*: 1959.52. Abtrag Schichten 6–10 und 24–29 nach Profil Ost im Sondierschnitt 182, Fläche S182, Sediment/Stratigraphie: (mehrere Schichten zusammen) OK ca. 294,35, UK ca. 293,85 m ü.M. (Abtragsdicke ca. 0,5 m). *Fundkomplex* (FK): V02557 (mit 59 inventarisierten Objekten).

*FK-Datierung*: um 50–130 n.Chr.

*Literatur*: Martin 1978, Abb. 12,4.

*Bohrproben*: zwei entnommen, lange glänzende Späne, nach 4 mm Tiefe nur noch braunes Oxyd.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
56	1959.3582-1	78,96	6,48	7,35	6,61	0,35	0,02	0,05	0,06	0,12 As
	1959.3582-2	76,40	6,53	7,23	9,20	0,35	0,02	0,05	0,07	0,15 As



- 1959.6568 (Abb. 2,15) Gusszapfen. Länge noch 35 mm; Gewicht 39 g. Massiver Zapfen mit weitem Eingusskanal von 14 mm Durchmesser. Die kleine «Bronze-Restmenge» im Trichter (schätzungsweise 15 g) lässt auf eine präzise Einschätzung der notwendigen Guss speisenmenge durch die antiken Handwerker schliessen. *Fundort:* Augst, Region 1, Insula 30 (Nordostecke). *Grabung:* 1959.51. Abtrag –, Fläche S12, Sediment/Stratigraphie: ? OK 293,85, UK 293,54 m ü.M. (Abtragsdicke 0,31 m). *Fundkomplex* (FK): V02810 (mit 17 inventarisierten Objekten). *FK-Datierung:* um 20–110 n.Chr. *Literatur:* Martin 1978, Abb. 12,7. *Bohrprobe:* zuerst grüne Patina, dann braunes Pulver.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
42	1959.6568	91,27	7,13	0,80	0,58	0,06	0,06	0,05	0,06	

- 1959.12649 (Abb. 2,16) Gusszapfen. Länge (total) 43 mm; Gewicht 16,3 g. Der Grat entlang des Eingusskanals belegt eine Zweischalenform. Unteres Ende deutlich abgeschrotet. Oberfläche des Gusstrichters mit 1,5 cm langem Bronzespritzer. *Fundort:* Augst, Region 1, Insula 30. *Grabung:* 1959.51. Abtrag –, Fläche – (Streufunde), Sediment/Stratigraphie: –, *Fundkomplex* (FK): V03435 (mit 11 inventarisierten Objekten). *FK-Datierung:* um 10–40 n.Chr. sowie um 90–160 n.Chr. (Keramik mit zwei zeitlichen Schwerpunkten; 1 Dupondius des Antoninus Pius). *Literatur:* Martin 1978, Abb. 12,6. *Bohrprobe:* keine Beobachtung.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
41	1959.12649	82,04	4,11	5,40	8,04	0,32	0,02	0,04	0,04	

- 1960.2966 (Abb. 2,17) Gusszapfen. Länge noch 34 mm; Gewicht 32 g. Direkt unterhalb Aufteilung in zwei Eingusskanäle. *Fundort:* Augst, «Steinler». Region 1, Insula 30. *Grabung:* 1960.51. Abtrag –, Fläche S76, Sediment/Stratigraphie: ? OK 295,10, UK 294,96 m ü.M. (Abtragsdicke 0,14 m). *Fundkomplex* (FK): V03728 (mit 4 inventarisierten Objekten). *FK-Datierung:* flavisch bzw. 3. Jh. (wenig Keramik; aufgrund der Fundhöhe und Stratigraphie: eher flavisch). *Literatur:* Martin 1978, Abb. 12,1. *Bohrproben:* zwei entnommen.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
53	1960.2966-1	80,78	8,47	2,96	7,35	0,22	0,01	0,06	0,03	0,13 As
	1960.2966-2	80,25	9,06	3,30	7,06	0,21	0,01	0,07	0,03	–

- 1961.6720 Gusszapfen. Durchmesser 31–34 mm; Höhe 16 mm; Gewicht 32,4 g. Der Gusskanal zeigt keine Schrot- oder Bruchspuren, der Guss ist demnach frühzeitig schon im Kanal erstarrt. *Fundort:* Augst, «Steinler». Region 1, Insula 31. *Grabung:* 1961.54. Abtrag –, Fläche S28 (NW-Viertel), Sediment/Stratigraphie: kiesig; schwarz. OK 294,15, UK 293,74 m ü.M. (Abtragsdicke 0,41 m). *Fundkomplex* (FK): X00440 (mit 14 inventarisierten Objekten). *FK-Datierung:* claudisch (evtl. bis neronisch). *Bohrprobe:* keine Probe entnommen, nicht analysiert.

- 1961.12651 Gusszapfen. Länge 37 mm; Gewicht 17,2 g. Scheibenförmiger Gusstrichter, darunter ein Gusskanal mit ovalem Querschnitt, auf Grund der Oberflächenstruktur vom Wachs ausschmelzverfahren (keine Naht einer Zweischalenform). Nach oben erstarrter länglicher Gusspritzer von 20 mm Höhe.

*Fundort:* Augst, «Steinler». Region 1, Insula 30. *Grabung:* 1961.51. Abtrag –, Fläche S225, Sediment/Stratigraphie: Oberflächen schutt. OK 296,71, UK 295,90 m ü.M. (Abtragsdicke 0,81 m). *Fundkomplex* (FK): X01158 (mit 12 inventarisierten Objekten). *FK-Datierung:* (Mitfunde z.Z. nicht auffindbar); stratigraphisch: 3. Jh. n.Chr. *Bohrprobe:* keine Beobachtung, nicht analysiert.

- 1962.2959 (Abb. 2,18) Scheibe eines Gusszapfens. Durchmesser 16×19 mm; Gewicht 9 g. Auf der Unterseite sind zwei(!) Gusskanäle abgeschrotet; auf der Oberseite ist durch die Erstarrung eine kleine «Schrumpfdelle» entstanden. *Fundort:* Augst, «Steinler». Region 1, Insula 30. *Grabung:* 1962.51. Abtrag Schicht 2 nach Profil 169, Fläche S265, Sediment/Stratigraphie: sandiger Feinschutt. OK 295,90, UK 295,80 m ü.M. (Abtragsdicke 0,10 m). *Fundkomplex* (FK): X01602 (mit 7 inventarisierten Objekten). *FK-Datierung:* um 50–100 n.Chr. (wenig Material). *Literatur:* Martin 1978, Abb. 12,3. *Bohrproben:* zwei entnommen; mittellange Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
55	1962.2959-1	72,91	5,91	11,22	9,29	0,48	0,03	0,06	0,09	
	1962.2959-2	74,27	5,94	10,42	8,72	0,47	0,03	0,06	0,08	

- 1963.11842a Gusszapfen. Länge noch 25 mm; Durchmesser des Gusstrichters 36 mm; Gewicht 43,1 g. Sehr regelmässiger, fast runder Eingusstrichter und Gusskanal. Oberfläche des Gusstrichters blasig und porös (offener Einguss aus dem Tiegel); an den Rändern ist der kleine Trichter stellenweise seitlich übergelaufen und hat darunter geringe Reste des rotbraun verfärbten Lehmmaterials erhalten (Wachs ausschmelzverfahren!). Die Regelmässigkeit des Zapfens lässt vermuten, dass die entsprechenden Wachsteile durch Rollen hergestellt worden sind. *Fundort:* Augst, Region 1, Insula 31. *Grabung:* 1963.54. Abtrag «4. Abstich», Fläche S132, Sediment/Stratigraphie: dunkelgrau, lehmig, mit Brandschutt. OK 295,28, UK 294,79 m ü.M. (Abtragsdicke 0,49 m). *Fundkomplex* (FK): Y01304 (mit 21 inventarisierten Objekten). *FK-Datierung:* um 50–110 n.Chr. *Bohrprobe:* zuerst rostbraunes Pulver, dann metallische Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
103	1963.11842a	85,85	5,65	7,73	0,58	0,05	0,03	0,06	0,06	

- 1964.9817 (Abb. 2,19) Gusszapfen. Länge noch 47 mm; Gewicht 58 g. Direkt unterhalb Aufteilung in zwei relativ dicke Eingusskanäle. *Fundort:* Augst, «Steinler». Region 1, Insula 31. *Grabung:* 1964.54. Abtrag Abbruch von Mauer 49, Fläche S98/110, Sediment/Stratigraphie: Mauer 49. OK 295,73, UK 294,04 m ü.M. (Abtragsdicke 1,69 m). *Fundkomplex* (FK): X03725 (mit 11 inventarisierten Objekten). *FK-Datierung:* flavisch und 1. Hälfte 2. Jh. n.Chr. *Literatur:* Martin 1978, Abb. 12,2. *Bohrprobe:* lange Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
54	1964.9817	98,97	0,50	0,10	0,02	0,30	0,02	0,03	0,06	

- 1964.11377 (Abb. 2,20) Gusszapfen. Länge noch 24 mm; Gewicht 8,5 g. Stark korrodiert. Zwei abgehende Gusskanäle. *Fundort:* Augst, «Steinler». Region 1, Insula 31. *Grabung:* 1964.54. Abtrag –, Fläche S169/170/181/182, Sediment/Stratigraphie: mörteliger, sandiger, lehmiger Schutt, teils auch aschig. OK ca. 295,05, UK ca.

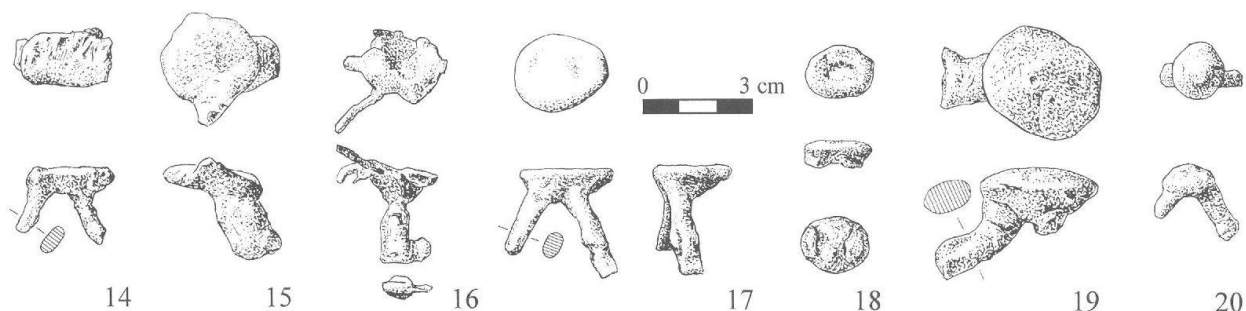


Abb. 2 Augst/Kaiseraugst. Auswahl der analysierten Gusszapfen (14-20). M. 1:2.

294,90 m ü.M. (Abtragsdicke ca. 0,15 m). *Fundkomplex* (FK): X03858 (mit 10 inventarisierten Objekten).

*FK-Datierung*: um 30-50 n.Chr. (ohne nähere Angaben).

*Literatur*: Martin 1978, Abb. 12,5.

*Bohrprobe*: Späne und Korrosionspartikel durchmisch.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
40	1964.11377	91,10	8,07	0,35	0,02	0,24	0,03	0,08	0,10	

1967.18630 Gusszapfen. Durchmesser 31×19 mm; Gewicht 5,8 g. Stark korrodiert, unregelmässige Oberfläche. Ausgeprägt ist nur ein seitlich abgehender Gusskanal von 4 mm Durchmesser, der weder abgebrochen noch abgeschrögt ist, sondern nicht weiter von der Gusspeise ausgefüllt wurde.

*Fundort*: Augst, Autobahnzubringer N2/A3. Region 1, Insula 48. *Grabung*: 1967.55 (Autobahnbau). Abtrag -, Fläche W-X/15-16, Sediment/Stratigraphie: lehmig, mit Ziegelpartikeln; dunkelgrau. OK ca. 294,77, UK 294,41 m ü.M. (Abtragsdicke ca. 0,36 m). *Fundkomplex* (FK): X07599 (mit 18 inventarisierten Objekten).

*FK-Datierung*: um 30-70 n.Chr. (ohne nähere Angaben).

*Bohrprobe*: oberflächlich ca. ½ mm starke, harte, braune Oxydschicht; darunter nur noch weiches grünes Oxyd.

1969.11795 Grosser Gusszapfen. Durchmesser 44×36 mm; Höhe noch 36 mm; Gewicht 119,6 g. Die Oberfläche des Gusszapfens ist gewölbt und gerundet, was auf eine heisse Gusspeise und ein langsames Erstarren hinweist. Erhalten ist ein kreisrunder Gusskanal (Durchmesser 7,5 mm), der mit einer Verbreiterung endet (möglicherweise nicht ausgefüllte Form infolge eines Fremdpartikels im Gusskanal).

*Fundort*: Augst. Wahrscheinlich Region 1, Insula 5 (Südwestabhang von Kastelen). Abtrag -, Fläche «Gebäude Nr. 21» (der Grabung 1918.54), Sediment/Stratigraphie: Brandschicht. «Grabung»: 1969.90 (eigentliche Grabung: 1918.54). «Fundserie»: U00071 (mit 324 inventarisierten Objekten, u.a. mehrere figürliche Bronzen). Zugehörigkeit von 1969.11795 unsicher.

*FK-Datierung*: alter Mischkomplex von 1918! (darunter Keramik um 120-220 n.Chr., vereinzelt mit Altstücken um 30-100 n.Chr.; verschiedene figürliche Bronzen des 1. Jh.).

*Literatur*: Kaufmann-Heinimann 1977, 43 Kat.-Nr. 2; 35; 38; 40; 49; 52; 86; 150 und 166; Schwarz (in Vorb.).

*Bohrprobe*: lange, hellgelbe Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
96	1969.11795	82,69	2,96	1,83	11,90	0,52	0,03	0,04	0,04	

1977.762

Gusszapfen, Querschnitt 30×26 mm; Gewicht 36,8 g. Gusszapfen mit zwei abzweigenden Gusskanälen, unten Reste vom Mantellehm, Oberfläche durch den Erstarrungsprozess eingedellt.

*Fundort*: Augst, Giebenacherstrasse («Steinler»). Region 1, Insula 25. *Grabung*: 1977.52. Abtrag -, Fläche F-H/8, Sediment/Stratigraphie: sandig-lehmiges Material, vermischt mit Kalkbruchsteinen, Mörtel, Holzkohleteilchen, vereinzelt Ziegelfragmenten und Kiesel, dunkelgrau. OK 294,90, UK 293,11 m ü.M. (Abtragsdicke 1,79 m). *Fundkomplex* (FK): B00043 (mit 180 inventarisierten Objekten).

*FK-Datierung*: um 1-200 n.Chr. (uneinheitliches Material, vermischt).

*Bohrprobe*: an beiden Gusskanälen entnommen: einmal sehr kurze, krümelige, rotbraune Späne (lässt sich gut bohren); beim anderen Ende kurze, krümelige, kupferrote Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
108	1977.762/1	97,87	0,27	1,63	0,03	0,01	0,06	0,10	0,04	
	1977.762/2	97,56	0,28	1,93	<0,01	0,01	0,06	0,11	0,05	

1977.14092

Gusszapfen. Länge noch 26 mm; Gewicht 19,8 g. Gusszapfen mit drei abzweigenden Gusskanälen, davon zwei miteinander verbacken.

*Fundort*: Augst, Giebenacherstrasse («Steinler»). Region 1, Insula 31. *Grabung*: 1977.52. Abtrag -, Fläche N-O/11-13, Sediment/Stratigraphie: z.T. verlehntes, humos-sandiges Material, vermischt mit Ziegelfragmenten, Kalkbruchsteinen, vereinzelt Kiesel, Holzkohlepartikel; dunkelbraun. OK 295,57, UK 295,06 m ü.M. (Abtragsdicke 0,51 m). *Fundkomplex* (FK): B00244 (mit 68 inventarisierten Objekten).

*FK-Datierung*: um 20-260 n.Chr. (ohne weitere Angaben; stratigraphisch wohl 2. Jh.).

*Bohrprobe*: in beiden Bohrungen mittellange, lokenförmige, hellgelbe Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
115	1977.14092/1	84,18	3,86	0,57	10,76	0,52	0,02	0,05	0,05	
	1977.14092/2	84,59	4,08	0,57	10,13	0,52	0,02	0,05	0,05	

1978.4621

Gusszapfen. Länge noch 22 mm; Gewicht 16,5 g. Die Bronze hat die Form gefüllt und den Eingusstrichter nur knapp erreicht. Durchmesser des runden Gusskanals 8,5 mm. Die narbige Oberfläche (ohne Gussnaht) spricht für das Wachsauflöschverfahren.

*Fundort*: Augst, Giebenacherstrasse («Steinler»). Region 1, Insula 31, zusammen mit viel Bronzegegesser-Abfällen (Altmetall, Bleifassung, Tiegelfragmente, Bronzeschlacke, Schleifstein usw.) in zwei zu Dolien umfunktionierten Kugelamphoren. *Grabung*: 1978.52. Abtrag Schicht 10 nach Profil 17a, Fläche Y-A'/22-23, Sediment/Stratigraphie: Brandschicht, schwarz, Holzkohle, Ziegelpartikel, kleine Kiesel. OK 295,19, UK 295,10 m ü.M. (Abtragsdicke 0,09 m). *Fundkomplex* (FK): B01831 (mit 33 inventarisierten Objekten).

*FK-Datierung:* 2. Hälfte 2. Jh. n.Chr.  
*Literatur:* zu den Amphoren: Martin-Kilcher 1987, 280 Kat.-Nr. 1684 und 1685, Taf. 84–85.  
*Bohrprobe:* kurze, helle Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
90	1978.4621	68,50	7,11	22,81	1,02	0,34	0,04	0,05	0,06	

1978.12696 Gusszapfen. Länge noch 34 mm; Gewicht 16,5 g. Stark korrodiert. Zwei abzweigende Gusskanäle. Augst, Giebenacherstrasse («Steinler»). Region 1, Insula 31. *Grabung:* 1978.52. Abtrag Schicht 17 nach Profil 17, Fläche W–Y/21–22, Sediment/Stratigraphie: siltig-sandiges Material, vereinzelt Ziegelfragmente, beige-grau, Kiesel, Holzkohle, Rostspuren. OK 294,07, UK 293,72 m ü.M. (Abtragsdicke 0,35 m). *Fundkomplex* (FK): B01807 (mit 19 inventarisierten Objekten).  
*FK-Datierung:* um 30–50 n.Chr., mit wenigen jüngeren Stücken um 50–150 n.Chr.  
*Bohrproben:* bei beiden Bohrungen nur braunes Korrosionspulver.

1979.13351 Gusszapfen oder Fehlguss. Länge noch 31 mm; Gewicht 17,6 g. Stark korrodierter Gusszapfen, Guss-trichter länglich oval; möglicherweise auch Bruchstück eines anderen, missratenen Gusses.  
*Fundort:* Augst, «Steinler». Region 1, Insula 29. *Grabung:* 1979.54 («Falk»). Abtrag Schicht 13 nach Profil 2, Fläche E–G/5–8, Sediment/Stratigraphie: Ton, feinsandig bis siltig, allgemein verkohlt mit Holzkohlestücken, grauschwarz mit braunocker, Kalksteine und Ziegelstücke. OK 295,24, UK 294,80 m ü.M. (Abtragsdicke 0,44 m). *Fundkomplex* (FK): B03132 (mit 9 inventarisierten Objekten).  
*FK-Datierung:* (wenig, nicht datierbares Keramikmaterial; stratigraphisch: mittlere Siedlungsphase, spätes 1. bis 2. Jh.).  
*Bohrprobe:* erste Probebohrung am Gusskanal unbrauchbar (sehr hart, nur braunes Oxyd); drei Proben aus einer Bohrung zwischen Hals und Trichter: a) oberflächlich kurze, gelbe Späne; b) ab 3 mm Tiefe silbrig-glänzende Spänchen und weisses Pulver; c) ab 4 mm Tiefe graues Pulver.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
93	1979.13351a	68,03	15,41	14,42	1,56	0,32	0,04	0,14	0,07	
	1979.13351b (restl. Proben)	27,28	32,28	37,26	0,92	0,32	0,03	0,11	0,02	

1985.71132 Gusszapfen. Länge 22 mm; Gewicht 13,0 g. Ein oder zwei abzweigende Gusskanäle? Stark korrodiert.  
*Fundort:* Augst, Region 2.E. *Grabung:* 1985.51 (Neubau Turnhalle). Abtrag Schicht 3 nach Profil 12, Fläche E–K/9–14, Sediment/Stratigraphie: humos-sandiges Material, dunkelbraun bis grau. OK 279,46, UK 278,40 m ü.M. (Abtragsdicke 1,06 m). *Fundkomplex* (FK): C01766 (mit 987 inventarisierten Objekten).  
*FK-Datierung:* um 150–280 n.Chr. (mit wenigen Altstücken um 80–120).  
*Bohrproben:* an beiden vermuteten Gusskanälen: einmal lange, rötliche Späne (kupferartig); bei der zweiten Probe sehr kurze, rötliche Späne, mit braunem Oxydpulver (ausgeschieden) durchsetzt.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
131	1985.71132/1	97,76	1,32	0,18	0,07	0,54	0,03	0,05	0,05	
	1985.71132/2	96,57	2,08	0,16	0,12	0,93	0,03	0,05	0,06	

1990.54.C05653.22 Gusszapfen. Länge noch 28 mm; Gewicht 13,6 g. Ein Gusskanal; die beiden Nähte belegen einen Zweischalenguss.  
*Fundort:* Augst, Forum-Altar («Steinler»). Region 1, Insula 11. *Grabung:* 1990.54. Abtrag 3.001, Fläche Er-

weiterung Feld 3, Sediment/Stratigraphie: im Auffüllschutt der Altgrabungen von 1918 bzw. 1935. OK 294,74, UK 293,70 m ü.M. (Abtragsdicke 1,04 m). *Fundkomplex* (FK): C05653 (mit 36 inventarisierten Objekten).

*FK-Datierung:* aufgrund des Befundes (Humuskante) 3. Viertel 3. Jh. n.Chr. oder jünger (modern durchmischt; 1 Objekt wohl modernes Glas).

*Literatur:* Janietz Schwarz 1991, 192 Abb. 49,48.

*Bohrprobe:* kurze, krümelige, rötlich-gelbe Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
142	1990.54.C05653.22	88,99	9,59	0,54	0,72	0,04	0,05	0,03	0,03	

### Fibelhalbfabrikate und vermutliche Fibelhalbfabrikate (feine Schmiedearbeit)

1959.1729 Halbfabrikat einer Aucissafibel. Länge 66 mm; Gewicht 4,0 g. Schmäler Bügel von ovalem Querschnitt. Das Scharnierende ist breit ausgeschmiedet und quer profiliert, das Bügelende zur Nadelrast ausgeschmiedet, jedoch dort stark deformiert. Der Bügel ist noch kaum gebogen.  
*Fundort:* Augst, Region 1, Insula 24. *Grabung:* 1959.52. Abtrag –, Fläche S187, Sediment/Stratigraphie: ? OK 294,52, UK 294,29 m ü.M. (Abtragsdicke 0,23 m). *Fundkomplex* (FK): V02359 (mit 18 inventarisierten Objekten).  
*FK-Datierung:* um 130–170, zum Teil auch um 50–65 n.Chr. (mit zwei zeitlichen Schwerpunkten).  
*Literatur:* (nicht bei Riha 1979 und 1994; zur Konstruktion: Riha 1979, 36 Abb. 17).  
*Bohrprobe:* zwei Teilbohrungen; mittellange, hellgelb-glänzende Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
101	1959.1729	81,18	1,93	0,20	16,18	0,40	0,02	0,05	0,04	

1963.11683 (Abb. 3,21) Schmiedehalbfabrikat (für Fibel?). Länge 121 mm; Gewicht 6,5 g. Bronzestäbchen mit deutlichen Schmiedespuren auf der ganzen Länge. Ein Mittelteil ist zu einem länglichen Dreieck gebreitet, das eine Ende zu einem rund 70 mm langem Vierkantstab (2,5×2 mm) ausgeschmiedet, das andere Ende von der Dreieckplatte abgesetzt und 12 mm lang roh abstehend. Eventuell Halbfabrikat einer Nauheimer oder einfachen gallischen Fibel.  
*Fundort:* Augst, «Steinler». Region 1, Insula 31. *Grabung:* 1963.54. Abtrag «3. Abstich», Fläche S142, Sediment/Stratigraphie: Brandschicht/Benutzungshorizont, darunter Gehniveau mit Lehm, Mörtel usw. (direkt unter Oberflächenschutt). OK 295,55, UK 295,30 m ü.M. (Abtragsdicke 0,25 m). *Fundkomplex* (FK): Y01253 (mit 10 inventarisierten Objekten).  
*FK-Datierung:* um 160–280 n.Chr., mit einigen Altstücken um 80–160 n.Chr.; stratigraphisch ebenfalls 3. Jh.  
*Literatur:* (nicht bei Riha 1994).  
*Bohrprobe:* lange, lockenförmige, goldgelb glänzende Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
79	1963.11683	83,32	3,84	0,55	11,70	0,42	0,03	0,05	0,09	

1964.9763 (Abb. 3,22) Fibelhalbfabrikat(?). Länge noch 40 mm; Gewicht 4,6 g. «Bügel» konisch ausgeschmiedet mit rechteckigem Querschnitt; am Bügelende abgesetzt

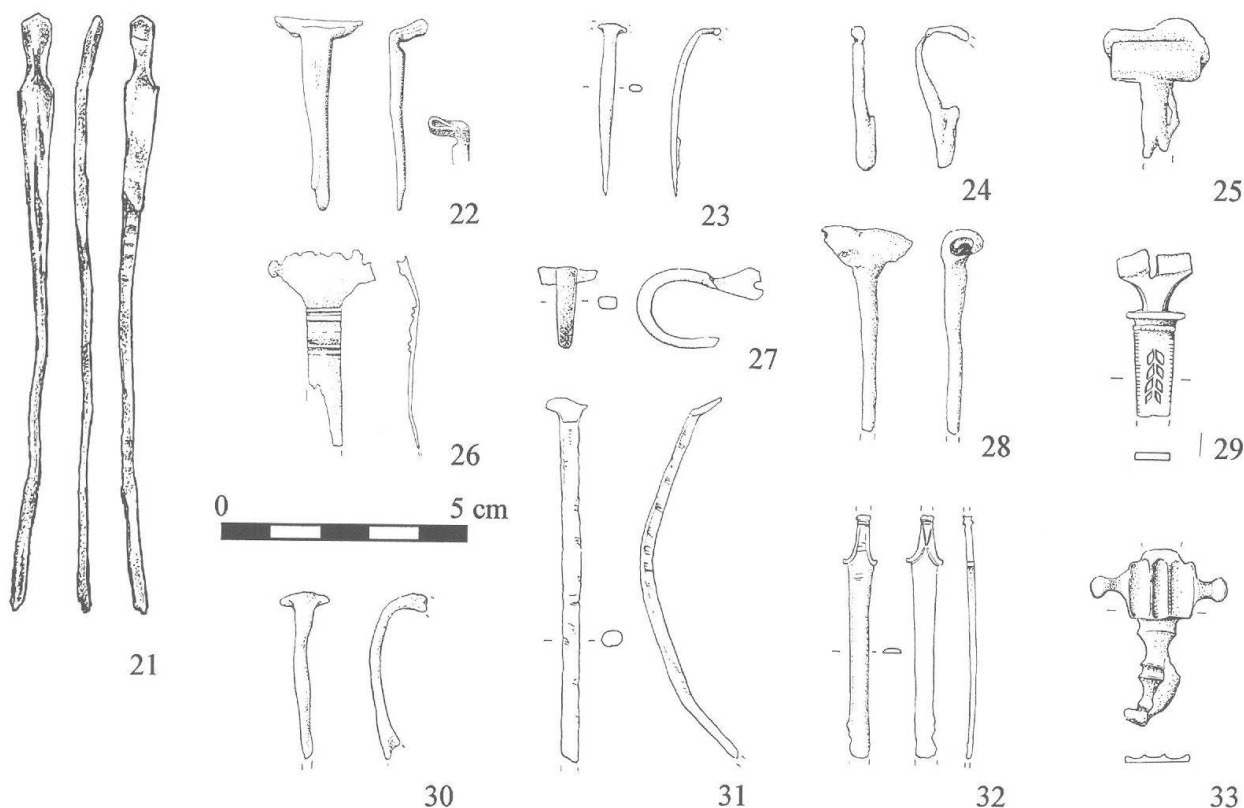


Abb. 3 Augst/Kaiseraugst. Auswahl der analysierten sicheren und fraglichen Fibelhalbfabrikate (21–33). M. 2:3.

und dünn gebreitet auf 18 mm. Dieses blechdünne Ende hätte vielleicht die Federhülse werden sollen, ist aber quer zusammengefaltet. Stark korrodiert.

*Fundort:* Augst, «Steinler». Region 1, Insula 31. *Grabung:* 1964.54. Abtrag (?), Fläche S121/122/133/134, Sediment/Stratigraphie: Lehm, sehr schuttig mit Kalksteinen, Ziegelfragmenten usw. OK 295,00, UK 294,78 m ü.M. (Abtragsdicke 0,22 m). *Fundkomplex* (FK): X03742 (mit 6 inventarisierten Objekten).

*FK-Datierung:* um 50–110 n.Chr. (wenig Material).

*Literatur:* Riha 1979, 37 Abb. 18.

*Bohrprobe:* lange, hellgelbe Späne.

L.N.	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
64	1964.9763	77,71	0,47	0,24	21,43	0,07	0,01	0,03	0,04	

1977.4548

(Abb. 3,23) Fibelhalbfabrikat(?). Länge noch 37 mm; Gewicht 1,0 g. Erhalten schmaler, im Querschnitt ovalförmiger, spitz zulaufender Bügel mit deutlich abgesetztem Ansatz einer Kopfplatte(?) und eines Nadelhalters.

*Fundort:* Augst, Giebenacherstrasse («Steinler»). Region 1, Insula 25. *Grabung:* 1977.52. Abtrag –, Fläche C-D/3–4, Sediment/Stratigraphie: viel Kalkbruchsteine, vermischt mit grauem Lehm. OK 293,55, UK 292,96 m ü.M. (Abtragsdicke 0,59 m). *Fundkomplex* (FK): B00048 (mit 29 inventarisierten Objekten).

*FK-Datierung:* um 30–110 n.Chr.

*Literatur:* Riha 1994, 182 Kat.-Nr. 3022, Taf. 49,3022.

*Bohrprobe:* Fragment zu dünn, keine Probe entnommen, nicht analysiert.

1978.11246

(Abb. 3,24) Fibelhalbfabrikat(?). Länge noch 30 mm; Gewicht 1,3 g. Erhalten drahtiger(?), hochgebogener, beschädigter Bügel mit schmalen vollem Nadelhalter, missraten(?) und nicht versäubert, stark korrodiert.

*Fundort:* Augst, Giebenacherstrasse («Steinler»). Region 1 Insula 31. *Grabung:* 1978.52. Abtrag –, Fläche P-R/15–16, Sediment/Stratigraphie: sandig-lehmiges Material mit Kieseln; grau-beige, vereinzelt Ziegelfragmente, Kalkbruchsteine, Holzkohle, Mörtelbrocken und -körner. OK 295,66, UK 295,13 m ü.M. (Abtragsdicke 0,53 m). *Fundkomplex* (FK): B00446 (mit 37 inventarisierten Objekten).

*FK-Datierung:* um 50–130 n.Chr.

*Literatur:* Riha 1994, 182 Kat.-Nr. 3023, Taf. 49,3023.

*Bohrprobe:* an der Oberfläche zuerst rotbraunes Oxydpulver, dann mittellange, kupferrote Späne.

L.N.	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
59	1978.11246	99,42	0,37	<0,025	0,05	0,06	0,06	0,01	0,03	

1978.13279

(Abb. 3,25) Bruchstück Fibelhalbfabrikat(?). Länge noch 27 mm; Gewicht 8,0 g. Hülse mit Ansatz eines im Querschnitt rundlichen Bügels. Auf der Wölbung der Hülse in der ganzen Breite sowie entlang des Bügels vorstehende Gussrückstände (Naht eines Zweischalengusses? – vgl. Anm. 30).

*Fundort:* Augst, Giebenacherstrasse («Steinler»). Region 1, Insula 31. *Grabung:* 1978.52. Abtrag Schicht 11 nach Profil 11, Fläche Q-R/16–17, Sediment/Stratigraphie: sandiger Lehm; dunkelgrau. OK 295,02,

UK 294,72 m ü.M. (Abtragsdicke 0,30 m). *Fundkomplex* (FK): B00482 (mit 7 inventarisierten Objekten). *FK-Datierung*: um 50–100 n.Chr. *Literatur*: Riha 1994, 182 Kat.-Nr. 3019, Taf. 49,3019. *Bohrprobe*: kurze bis mittellange Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
46	1978.13279	75,77	4,93	9,02	9,70	0,46	0,02	0,05	0,05	

1979.15600 (Abb. 3,26) Fibelhalbfabrikat(?). Länge noch 42 mm; Gewicht 1,9 g. Bruchstück eines bandförmigen Bügels aus dünnem Blech (stark korrodiert), der am Bügelkopf mit doppelten Querrillen verziert ist (mitgegossen, gefeilt oder im Gesenk geschmiedet?) und sich zu einer dreieckigen, beschädigten Platte ausbreitet, aus der die Scharnierhülse eingerollt werden sollte(?). *Fundort*: Kaiseraugst, Auf der Wacht II. Region 17,C. *Grabung*: 1979.03. Abtrag Schichten 5 und 6 nach Profil 6, Fläche P-S/15–18, Sediment/Stratigraphie: sandige Schicht, leicht siltig, unter 10% Kieselanteil; örtlich Ziegelmehl, Holzkohle, Mörtelsuren, braunbeige mit braungrauer Verfärbung, wenige Kiesel, grössere Holzkohleteilchen. OK 273,00, UK 272,50 m ü.M. (Abtragsdicke 0,50 m). *Fundkomplex* (FK): B04011 (mit 23 inventarisierten Objekten). *FK-Datierung*: um 50–100 und 150–300 n.Chr. (zwei zeitliche Schwerpunkte). *Literatur*: Riha 1994, 182 Kat.-Nr. 3025, Taf. 49,3025. *Probe*: wegen geringer Objektdicke nicht gebohrt, sondern kleine Ecke ausgesägt.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
61	1979.15600	81,02	0,45	0,12	18,14	0,21	0,04	0,02	0,02	

1979.8941 (Abb. 3,27) Bruchstück einer missratenen Fibel(?). Länge noch 18 mm; Gewicht 2,9 g. Halbfabrikat. Stark korrodiert. Erhalten Bügelfragment von ovalem Querschnitt; der Bügel ist an einem Ende breitgeschmiedet (deutliche Hammerspuren). *Fundort*: Kaiseraugst, Bireten. Region 16,D/17,D. *Grabung*: 1979.01 («Haberl»). Abtrag –, Fläche J-N/4–7, Sediment/Stratigraphie: leicht siltiges Material, viel Holzkohle und Ziegelpartikel, Kiesel; schwarzbraun, teilweise verbrannt. NO-Ecke: grosse Kiesel (Fundament). OK 271,73, UK 271,28 m ü.M. (Abtragsdicke 0,45 m). *Fundkomplex* (FK): B03755 (mit 63 inventarisierten Objekten). *FK-Datierung*: 50–70 n.Chr. (einheitlicher Komplex). *Literatur*: Riha 1994, 182 Kat.-Nr. 3024, Taf. 49,3024. *Bohrprobe*: lange, gelbe Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
60	1979.8941	76,21	0,59	0,10	22,90	0,10	0,02	0,04	0,04	

1980.24909 (Abb. 3,28) Bruchstück, missratenes Fibelhalbfabrikat(?). Länge noch 43 mm; Gewicht 4,9 g. Beschädigter rundstabiger, schmaler Bügel mit einer unvollständigen Hülse. Das Bügelende geht auffallend in die Hülse hinein. *Fundort*: Kaiseraugst, Auf der Wacht II. Region 17,C. *Grabung*: 1980.03. Abtrag –, Fläche E'-K'/10–17, Sediment/Stratigraphie: Kies in sandig-siltigem Material, beigebräun, einzelne Ziegelfragmente und Kalksteinsplitter. OK 274,10, UK 273,70 m ü.M. (Abtragsdicke 0,40 m). *Fundkomplex* (FK): B06322 (mit 35 inventarisierten Objekten). *FK-Datierung*: um 50–100 n.Chr. (ohne nähere Angaben). *Literatur*: Riha 1994, 182 Kat.-Nr. 3020, Taf. 49,3020. *Bohrprobe*: Fragment zu dünn, keine Probe entnommen, nicht analysiert.

1985.67745 (Abb. 3,29) Fibelhalbfabrikat. Länge noch 33 mm; Gewicht 3,2 g. Bügel- und Scharnierfragment einer nielloverzierten Scharnierfibel, völlig flachgedrückt: Halbfabrikat oder Abfallstück? *Fundort*: Augst. Region 2,E. *Grabung*: 1985.51 (Neubau Turnhalle). Abtrag –, Fläche F-M/13–16, Sediment/Stratigraphie: sandig-humoses Material, dunkelbraun bis -grau. OK 278,60, UK 277,98 m ü.M. (Abtragsdicke 0,62 m). *Fundkomplex* (FK): C01742 (mit 257 inventarisierten Objekten). *FK-Datierung*: um 50–120 und 150–240 (uneinheitliches Material, mit zwei zeitlichen Schwerpunkten). *Literatur*: Riha 1994, 135 Kat.-Nr. 2606, Taf. 33,2606. *Bohrprobe*: Fragment zu dünn, keine Probe entnommen, nicht analysiert.

1986.26523 (Abb. 3,30) Bruchstück Fibelhalbfabrikat(?). Länge noch 35 mm; Gewicht 1,6 g. Schmalen Bügel mit leicht angedeutetem Grat, Ansatz der Kopfplatte und des Nadelhalters. Es scheint, dass die Kopfplatte und evtl. auch der Nadelhalter abgebrochen sind oder nicht ausgegossen wurden. *Fundort*: Kaiseraugst, Landstrasse. Region 21,E (Castrumstrasse). *Grabung*: 1986.02 («Personenunterführung»). Abtrag –, Fläche –, Sediment/Stratigraphie: Brand-Zerstörungshorizont. OK 278,42, UK 278,24 m ü.M. (Abtragsdicke 0,18 m). *Fundkomplex* (FK): C03092 (mit 140 inventarisierten Objekten). *FK-Datierung*: 1. Jh. n.Chr., mit wenig Material 3. Jh. *Literatur*: Riha 1994, 182 Kat.-Nr. 3021, Taf. 49,3021. *Bohrprobe*: sehr kurze, krümelige Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
57	1986.26523	81,22	1,64	1,17	15,63	0,24	0,01	0,03	0,05	

1987.54.C04031.129 (Abb. 3,31) Fibel- oder Instrumentenhalbfabrikat(?). Länge 78 mm; Gewicht 6,2 g. Leicht gebogenes Stäbchen mit ovalem Querschnitt und breitgeschmiedetem, abgesetztem Ende; an beiden Enden abgebrochen; Oberfläche roh gehämmert. *Fundort*: Augst, Theater-Nordwestecke. Region 2,A. *Grabung*: 1987.54 («Neubau Kiosk»). Abtrag Schicht 11 nach Profil 5, Fläche J-K/4–5, Sediment/Stratigraphie: Bauhorizont (des 3. Theaters). OK 282,20, UK 280,90 m ü.M. (Abtragsdicke 1,30 m). *Fundkomplex* (FK): C04031 (mit 133 inventarisierten Objekten). *FK-Datierung*: um 160–210 n.Chr. (mit zahlreichen Altstücken 1./2. Jh.; = Theater-Nordwestecke Phase 15). *Literatur*: Furger/Deschler-Erb 1992, 278 Taf. 59,15/132; Riha 1994, 182 Kat.-Nr. 3027, Taf. 49,3027. *Bohrprobe*: mittellange, gelbe Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
63	1987.54. C04031.129	78,98	<0,25	0,19	20,07	0,67	0,01	0,05	0,02	

1987.54.C04254.332 (Abb. 3,32) Fibelhalbfabrikat(?) oder defektes Abfallstück(?). Länge noch 51 mm; Gewicht 1,9 g. Stäbchen mit D-förmigem Querschnitt, eine Ecke glockenförmig ausgestaltet, mit Ansatz eines abgebrochenen Sehnenhakens(?). Fibelteil? *Fundort*: Augst, Theater-Nordwestecke. Region 2,A. *Grabung*: 1987.54 («Neubau Kiosk»). Abtrag Schicht 22 nach Profil 1, Fläche E-J/3–5, Sediment/Stratigraphie: Gehniveau mit Brandschicht (mit Spuren einer Bronzeschmiedewerkstatt). OK 282,13/281,45, UK 282,03/281,30 m ü.M. (Abtragsdicke 0,15 m). *Fundkomplex* (FK): C04254 (mit 378 inventarisierten Objekten). *FK-Datierung*: um 60–65 n.Chr. (= Theater-Nordwestecke Phase 6).



*Literatur:* Furger/Deschler-Erb 1992, 204 Taf. 22,6/80; Riha 1994, 182 Kat.-Nr. 3026, Taf. 49,3026.  
*Bohrprobe:* Fragment zu dünn, keine Probe entnommen, nicht analysiert.

- 1988.51.C05150.2 (Abb. 3,33) Fibel-Fehlguss. Länge 36 mm; Gewicht 3,0 g. Fragment einer Scharnierflügelfibel. Das Scharnierende fehlt (weggeschmolzen oder nicht ausgefüllt); der Bügelfuss ist verschmolzen und flach.  
*Fundort:* Augst, Schufenholz, «Steinler». Region 1, Insula 22. *Grabung:* 1988.51 («Vögtlin»). Abtrag 41.002, Fläche L5-6/M5-6, Sediment/Stratigraphie: sandig-siltiges Material mit Kieseln, Ziegelfragmenten, Kalkbruchsteinstücken, Holzkohle; beigebraun. OK 293,94, UK 293,64 m ü.M. (Abtragsdicke 0,30 m). *Fundkomplex (FK):* C05150 (mit 71 inventarisierten Objekten).  
*FK-Datierung:* um 30–90 n.Chr. (guter, typologisch einheitlicher Komplex).  
*Literatur:* Riha 1994, 116 Kat.-Nr. 2412, Taf. 26,2412.  
*Bohrprobe:* zwei Teilbohrungen; kurze, krümelige Späne; beim zweiten Bohrloch zuerst langer Span, dann krümelig, nach ca. 1 mm Tiefe graues Oxyd aus einer Kaverne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
140	1988.51. C05150.2	76,85	0,58	0,11	22,01	0,35	0,01	0,03	0,08	

### Geschmiedete Objekte (mit Hammerspuren)

- 1911.1863 Schmiedehalfabrikat. Länge 57 mm; Gewicht 9,6 g. Vom Ausgangsstück eines Flachbandes mit rechteckigem Querschnitt (12×3 mm) ist noch ein 15 mm langes Segment vorhanden. An einem Ende ist dieses zu einem Rechteckstäbchen von 3×3 mm auf einer noch vorhandenen Länge von 9 mm ausgeschmiedet, auf der anderen zu einem noch 30 mm langen Rechteckband von 7×2 mm.  
*Fundort:* Kaiseraugst, Strassenuntersuchung Rheinfelderstrasse 1910. Region 17/19. *Grabung:* 1910.02 oder 1910.05.  
*FK-Datierung:* (nicht datiert).  
*Bohrprobe:* lange, lockenförmige, gelbe Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
86	1911.1863	77,49	3,57	0,22	18,48	0,11	0,02	0,04	0,06	

- 1912.1295 Schmiedehalfabrikat. Länge 117 mm; Gewicht 8,9 g. In der Mitte rundstabiger Abschnitt (Durchmesser 5 mm), beide Enden in spitz zulaufende Stäbe von rechteckigem Querschnitt ausgeschmiedet. Deutliche Spuren einer sorgfältigen Hammerarbeit.  
*Fundort:* Augst, Violentried. Region 1, Insula 33/38. *Grabung:* 1912.56. Abtrag «auf dem Canal, beim ersten (östlichen) Einlaufloch».  
*FK-Datierung:* (nicht datiert).  
*Bohrprobe:* mittellange, gelbe Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
85	1912.1295	82,29	0,83	0,24	16,21	0,35	0,01	0,04	0,03	

- 1949.1575 Schmiedehalfabrikat. Länge noch 15 mm (nach kleiner Probeentnahme); Gewicht nicht eruierbar.

*Fundort:* Augst (alter Bestand des Historischen Museums Basel, ursprünglich ohne Inv.-Nr.). Region ?  
*Grabung ?*  
*FK-Datierung:* (nicht datiert).  
*Bohrprobe:* 1994 nicht erneut beprobt und analysiert.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
	MWD:	96,18	3,16	0,03	0					

- 1952.211 (Abb. 4,34) Schmiedehalfabrikat. Länge 121 mm; Gewicht 47,5 g. Ein Vierkantstab, in der Mitte noch 11×8 mm messend, ist an beiden Enden zu einem Vierkantstab mit reduziertem Querschnitt von je etwa 4×5 mm ausgeschmiedet. Deutliche Hammerspuren.  
*Fundort:* Augst. Region 1, Insula 29. *Grabung:* 1952.53 (keine näheren Angaben zum Fundzusammenhang).  
*FK-Datierung:* (nicht datiert).  
*Bohrprobe:* lange, glänzende Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
73	1952.211	84,51	3,33	0,39	11,13	0,49	0,03	0,04	0,06	0,006 Co

- 1956.684 (Abb. 4,35) Schmiedehalfabrikat. Länge 65 mm; Gewicht 13,5 g. Ausgeschmiedeter Bronzestab von teilweise rechteckigem, teilweise achteckig abgeplattetem Querschnitt. Mit Hammerspuren auf allen Längsseiten.  
*Fundort:* Augst. Region 1, Insula 25. *Grabung:* 1956? Abtrag «aus der Mitte der Baugrube und um den Sandsteinquader», Fläche –, Sediment/Stratigraphie: –, *Fundkomplex (FK):* V01249 (mit 9 inventarisierten Objekten).  
*FK-Datierung:* um 70–120 n.Chr. (wenig Material).  
*Bohrprobe:* mittellange, glänzende Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
76	1956.684	85,34	3,34	0,59	10,24	0,35	0,02	0,06	0,05	

- 1959.2446 Fragment eines Bronzebarrens. Länge noch 29 mm; Gewicht 51 g. Länglicher Barren von 21×14 mm Querschnitt, Unterseite mit verrundeten Kanten, Oberseite beim Erstarren leicht eingedellt (offener Barren-Einguss, evtl. in eine Lehmform?). An beiden Seiten abgebrochen, weder Schrot- noch Hammerspuren.  
*Fundort:* Augst. Region 1, Insula 30. *Grabung:* 1959.51. Abtrag –, Fläche S5 (Strassenschnitt), Sediment/Stratigraphie: ? OK 294,90, UK 294,31 m ü.M. (Abtragsdicke 0,59 m). *Fundkomplex (FK):* V02432 (mit 45 inventarisierten Objekten).  
*FK-Datierung:* um 50–180, evtl. bis um 250 n.Chr. (uneinheitliches Material).  
*Literatur:* Martin 1978, Abb. 14,1.  
*Bohrprobe:* an der Oberfläche braunes Oxyd, dann gute Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
43	1959.2446	99,62	0,13	0,08	0,03	0,04	0,02	0,04	0,04	

- 1959.3343 (Abb. 4,36) Schmiedehalfabrikat. Länge 91 mm; Gewicht 13,2 g. Bronzestange von annähernd quadratischem Querschnitt, gestreckt mit deutlich sichtbaren Hammerschlägen auf einer Seite.  
*Fundort:* Augst. Region 1, Insula 30. *Grabung:* 1959.51. Abtrag –, Fläche S12 (Sondierschnitt), Sediment/Stratigraphie: ? OK 294,84, UK 293,37 m ü.M. (Abtragsdicke 1,47 m). *Fundkomplex (FK):* V02541 (mit 20 inventarisierten Objekten).  
*FK-Datierung:* um 50–90 n.Chr.  
*Bohrprobe:* sehr lange, hellgelbe Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
74	1959.3343	79,83	0,46	0,40	19,06	0,16	0,01	0,05	0,04	

- 1959.12227 Schmiedehalffabrikat oder Abfallstück. Länge 209 mm; Gewicht 13,5 g. Regelmässiger, geglätteter Stab von ovalem Querschnitt (3,5×2,5 mm); beidseitig flachgehämmert und abgebrochen.  
*Fundort:* Augst. Region 1, Insula 30. *Grabung:* 1959.51. Abtrag «FK4», Fläche S61, Sediment/Stratigraphie: ? OK 294,23, UK 293,71 m ü.M. (Abtragsdicke 0,52 m). *Fundkomplex* (FK): V03391 (mit 48 inventarisierten Objekten).  
*FK-Datierung:* um 10–80 n.Chr. (uneinheitliches Material).  
*Bohrprobe:* Fragment zu dünn, keine Probe entnommen, *nicht analysiert*.

- 1961.11907 (Abb. 4,37) Schmiedehalffabrikat. Durchmesser 123 mm; Gewicht 187,6 g. Halfabrikat eines runden Gefässes (Platte, Schüssel oder Teller). Eine massive runde Platte ist mit zahlreichen, tangential angeordneten Hammerschlägen zu einer dünnen Rundscheibe ausgetrieben. Aufgrund der grob gehämmerten, ungeschlichteten Oberfläche einerseits und der Wandstärke von immerhin noch 3 mm im Zentrum und 1,1 bis 1,9 mm am Rand andererseits ist das Stück noch weit von seiner Vollendung entfernt. Die Ränder sind zudem erst ein wenig – in einem ersten Hammerumlauf – hochgezogen.  
*Fundort:* Augst, «Steinler». Region 1, Insula 30. *Grabung:* 1961.51. Abtrag «über Gladiatorenmosaik», Fläche S171, Sediment/Stratigraphie: Schutt und oberste schwarze Schicht. OK 296,04, UK 295,90 m ü.M. (Abtragsdicke 0,14 m). *Fundkomplex* (FK): X01126 (mit 13 inventarisierten Objekten).  
*FK-Datierung:* um 240–260 n.Chr. (wenig Material).  
*Bohrprobe:* lange, lockenförmige, kupferrote Späne; vermutlich Kupfer.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
104	1961.11907	98,29	1,24	0,25	0,01	0,06	0,02	0,07	0,05	0,01 Au

- 1962.6880 Schmiedehalffabrikat. Länge noch 43 mm; Gewicht 4,5 g. An einem Ende quadratischer Schaft (6×6 mm), leicht 8eckig abgeplattet. Ein Ende ist abgeschrotet, das andere zu einem 3 bis 2,5 mm dünnen Stäbchen ausgeschmiedet.  
*Fundort:* Augst, «Steinler». Region 1, Insula 30. *Grabung:* 1962.51. Abtrag Schicht 7 nach Profil 194, Fläche S216 (röm. Küche), Sediment/Stratigraphie: schuttiger Lehm. OK 294,95, UK 294,79 m ü.M. (Abtragsdicke 0,16 m). *Fundkomplex* (FK): X02045 (mit 6 inventarisierten Objekten).  
*FK-Datierung:* um 50–100 n.Chr. (wenig Material).  
*Literatur:* Riha 1986, 87 Kat.-Nr. 673, Taf. 60,673.  
*Bohrprobe:* sehr lange, lockenförmige, glänzende Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
65	1962.6880	88,56	9,60	1,31	0,14	0,02	0,04	0,07	0,10	0,15 As

- 1963.11637 (Abb. 4,38) Schmiedehalffabrikat. Länge 73 mm; Gewicht 6,9 g. Kleine Bronzestange von quadratischem Querschnitt mit Hammerspuren auf allen Seiten vom Strecken.  
*Fundort:* Augst, «Steinler». Region 1, Insula 31. *Grabung:* 1963.54. Abtrag Schicht 3 westl. Profil 58, Fläche S45/57, Sediment/Stratigraphie: dunkelgrau-lehmig bis gelb-lehmig (direkt unter Oberflächenschutt). OK 295,75, UK 295,52 m ü.M. (Abtragsdicke 0,23 m). *Fundkomplex* (FK): Y01315 (mit 11 inventarisierten Objekten).

*FK-Datierung:* um 230–300 n.Chr. (wenig Material; stratigraphisch ebenfalls 3. Jh.).

*Bohrprobe:* lange, lockenförmige, glänzende Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
75	1963.11637	86,84	6,58	1,60	3,93	0,51	0,03	0,05	0,06	

- 1963.11717 (Abb. 4,39) Schmiedehalffabrikat. Länge 92 mm; Gewicht 15,4 g. In der Mitte des komplexen Gebildes ist ein wohl ursprüngliches Segment, nämlich ein Rechteckstab mit einem Querschnitt von 8×3 mm, erhalten, der beidseitig zu einem Querschnitt von 6×3 mm reduziert ist. An beiden Enden ist dieser Querschnitt in Form eines Schlüsselbarts ausgeschmiedet; der «Schaft» ist auf einer Seite hohl eingerollt. Halfabrikat für zwei kleine Bronzeschlüssel?  
*Fundort:* Augst, «Steinler». Region 1, Insula 31. *Grabung:* 1963.54. Abtrag «3. Abstich», Fläche S186–188/198–200, Sediment/Stratigraphie: Schutt. OK 296,08, UK 295,83 m ü.M. (Abtragsdicke 0,25 m). *Fundkomplex* (FK): Y01277 (mit 9 inventarisierten Objekten).  
*FK-Datierung:* um 1–230 n.Chr. (uneinheitliches Material, vermischt; stratigraphisch 3. Jh.).  
*Bohrprobe:* lange, lockenförmige, kupferrote Späne; vermutlich Kupfer.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
78	1963.11717	97,74	1,53	0,57	0,03	0,01	0,02	0,05	0,04	0,03 Au

- 1963.12177 (Abb. 4,40) Abgeschrotetes Bronzestück. Länge 52 mm; Gewicht 9,5 g. Spitz zulaufendes Bronzestäbchen mit rechteckigem Querschnitt; Schmalseiten leicht gestaucht; am breiteren Ende abgebrochen.  
*Fundort:* Augst, «Steinler». Region 1, Insula 31. *Grabung:* 1963.54. Abtrag «2. Abstich», Fläche DE75, Sediment/Stratigraphie: Oberflächenschutt. OK 296,09, UK 295,87 m ü.M. (Abtragsdicke 0,22 m). *Fundkomplex* (FK): Y00951 (mit 18 inventarisierten Objekten).  
*FK-Datierung:* (nicht datiert) stratigraphisch: 3. Jh.  
*Bohrprobe:* lange, lockenförmige, gelbgänzende Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
68	1963.12177	75,85	4,68	0,68	17,99	0,53	0,02	0,02	0,02	0,21 As

- 1964.9784 Schmiedehalffabrikat. Länge 75 mm; Gewicht 2,5 g. Dünnes Rechteckstäbchen mit zahlreichen feinen Hammerspuren.  
*Fundort:* Augst, «Steinler». Region 1, Insula 31. *Grabung:* 1964.54. Abtrag –, Fläche S168/180, Sediment/Stratigraphie: Rest Mörtelboden und Kies (nach Skizze vom 5.10.1964). OK 295,36, UK 295,02 m ü.M. (Abtragsdicke 0,34 m). *Fundkomplex* (FK): Y01475 (mit 22 inventarisierten Objekten).  
*FK-Datierung:* um 1–70 n.Chr. (uneinheitliches Material, vermischt; unsichere Datierung).  
*Bohrprobe:* Fragment zu dünn, keine Probe entnommen, *nicht analysiert*.

- 1964.9984 (Abb. 4,41) Schmiedehalffabrikat. Länge 74 mm; Gewicht 32,4 g. Dünnes Stäbchen mit Hammerspuren.  
*Fundort:* Augst, «Steinler». Region 1, Insula 31. *Grabung:* 1964.54. Abtrag –, Fläche S121/122/133/134, Sediment/Stratigraphie: aschig verschmutzter Lehm (roter Ziegellehm). OK 294,77, UK 294,62 m ü.M. (Abtragsdicke 0,15 m). *Fundkomplex* (FK): X03753 (mit 9 inventarisierten Objekten).  
*FK-Datierung:* (wie Inv. 1964.9763, FK X03742): um 50–110 n.Chr. (wenig Material).  
*Bohrprobe:* keine Probe entnommen, *nicht analysiert*.

- 1965.6243 (Abb. 4,42) Schmiedehalffabrikat? Länge 84 mm; Gewicht 34,1 g. Ein Vierkantstab von ursprünglich

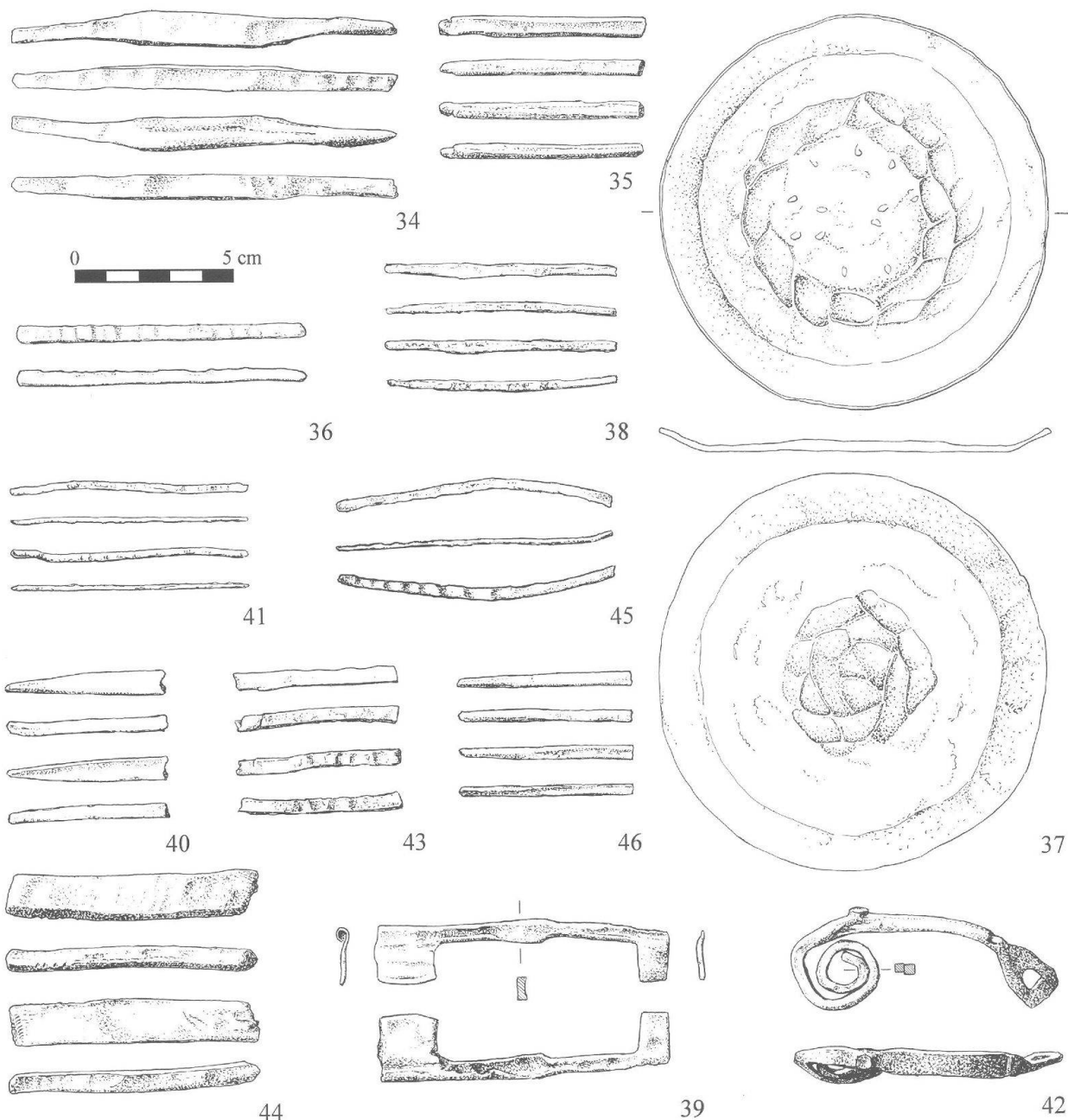


Abb. 4 Augst/Kaiseraugst. Auswahl der analysierten Schmiede-Halbfabrikate (34–46). M. 1:2.

9×5 mm ist an einem Ende zu einer um 90° abgedrehten Öse und am anderen Ende zu einem dünn auslaufenden, jetzt spiralig aufgerollten «Dorn» von 3×3 mm ausgeschmiedet. Am Übergang zum «Dorn» zweigt ein mitgegossener, jetzt abgebrochener Rundstab ab (= Rest des Gusszapfens?).

*Fundort:* Augst, Schufenholz. Region 1, Insula 15. *Grabung:* 1965.56 («Dubler»). Abtrag Schicht 2b nach Profil 2, Fläche P25–26, Sediment/Stratigraphie: humos, aschig mit Ziegeln und rotgebrannten Lehmbröckeln. OK 293,52, UK 293,33 m ü.M. (Abtragsdicke 0,19 m). *Fundkomplex (FK):* X05306 (mit 36 inventarisierten Objekten).

*FK-Datierung:* um 30–50 n.Chr. (ohne nähere Angaben).

*Bohrprobe:* mittellange, rotgelbe Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
105	1965.6243	96,17	3,28	0,15	0,13	0,15	0,01	0,05	0,05	0,03 Bi

1965.8461

(Abb. 4,43) Schmiedehalbfabrikat. Länge 53 mm; Gewicht 9,4 g. Bronzestab mit deutlichen Hammerspuren vom Streckvorgang; entlang einer Schmalseite abgeschrotet.

*Fundort:* Augst, Schufenholz. Region 1, Insula 15. *Grabung:* 1965.56 («Dubler»). Abtrag –, Fläche Q–R/13–14, Sediment/Stratigraphie: humoser Schutt. OK 291,32, UK 290,98 m ü.M. (Abtragsdicke 0,34 m). *Fundkomplex (FK):* X05396 (mit 10 inventarisierten Objekten).

*FK-Datierung:* um 50–80 n.Chr., evtl. 1 Stück auch 2. Jh. (wenig Material).

*Bohrprobe:* lange, lockenförmige, kupferrote Späne; vermutlich Kupfer.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
70	1965.8461	96,94	2,59	0,03	0,07	0,28	0,01	0,04	0,05	



- 1966.864 (Abb. 4,44) Abgeschrotetes Bronzestück. Länge 78 mm; Breite 15 mm; Dicke 6 mm; Gewicht 44,6 g. Eine Längskante sowie die Ober- und Unterseite geschmiedet, die andere Längskante schräg verlaufend und grob abgeschrotet.  
*Fundort:* Augst, «Steinler». Region 1, Insula 31. *Grabung:* 1966.54. Abtrag –, Fläche S146/147/134/135, Sediment/Stratigraphie: Lehm Boden; dunkelbrauner sandiger Lehm (vgl. Detail 327). OK 295,35, UK 295,15 m ü.M. (Abtragsdicke 0,20 m). *Fundkomplex* (FK): X05942 (mit 20 inventarisierten Objekten). *FK-Datierung:* um 50–75 n.Chr. (ohne nähere Angaben).  
*Bohrprobe:* lange, kupferrote Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
67	1966.864	99,14	0,44	0,11	0,01	0,20	0,01	0,05	0,03	

- 1966.1163 (Abb. 4,45) Abgeschrotetes, geschmiedetes Bronze-  
stück. Länge 88 mm; Gewicht 3,4 g. Dünnes Bronze-  
stäbchen mit deutlichen Hammerspuren vom Aus-  
strecken.  
*Fundort:* Augst, «Steinler». Region 1, Insula 31. *Grabung:* 1966.54. Abtrag Schicht 6 nach Profil 68, Fläche S122/123, Sediment/Stratigraphie: Bänke aus  
schuttigem Mörtel, z.T. auch aus Lehm. OK 295,40, UK 295,24 m ü.M. (Abtragsdicke 0,16 m). *Fundkomplex* (FK): X06054 (mit 5 inventarisierten Objekten). *FK-Datierung:* um 80–160 n.Chr. (wenig Material).  
*Bohrprobe:* Material aus zwei Teilbohrungen, kurze, rötliche Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
69	1966.1163	97,26	0,31	0,19	0,01	0,01	0,03	0,26	1,10	0,82 As, 0,03 Bi

- 1966.1492 (Abb. 4,46) Schmiedehalffabrikat. Länge 56 mm; Ge-  
wicht 5,8 g. Kleine Bronzestange von rechteckigem  
Querschnitt (5×3 mm), an einem Ende durch Häm-  
mern reduziert auf einen ovalen Querschnitt  
(4×3 mm). Deutliche Hammerspuren (im rechtecki-  
gen Bereich grob, im ovalen Bereich glatt).  
*Fundort:* Augst, «Steinler». Region 1, Insula 31. *Grabung:* 1966.54. Abtrag Grube (vgl. Detail 310 und  
310A), Fläche S133/134/145/146, Sediment/Stratigra-  
phie: oberer Teil der Auffüllung, hellockerfarben (vgl.  
Profil 69). OK 293,97, UK 293,80 m ü.M. (Abtrags-  
dicke 0,17 m). *Fundkomplex* (FK): X06125 (mit 4  
inventarisierten Objekten). *FK-Datierung:* um 20–80 n.Chr. (wenig Material).  
*Bohrprobe:* mittellange Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
77	1966.1492	83,26	4,00	0,39	11,35	0,85	0,03	0,05	0,07	

- 1967.18830 Halbfabrikat. Länge (zusammengefaltete) 53 mm; Ge-  
wicht 5,9 g. Wahrscheinlich zusammengeschlagenes  
Schmiedehalfabrikat einer breiten profilierten Öse.  
Mittelteil blechförmig ausgeschmiedet mit Mittelgrat  
und flachem Querschnitt (12×1 mm); beide Enden  
sind abgesetzt und zu je ca. 35 mm langen Rechteck-  
stäbchen dünn ausgeschmiedet (ca. 3×1,5 mm); letz-  
tere sind stark verbogen und tordiert.  
*Fundort:* Augst, Autobahn N2/A3. Region 1, Insula  
49. *Grabung:* 1967.55 (Autobahnbau). Abtrag –, Fläche  
U–V/21–22, Sediment/Stratigraphie: Humus,  
dunkelbraun mit Kalksteinen und Ziegelbruchstük-  
ken. OK 296,28, UK 295,01 m ü.M. (Abtragsdicke  
1,27 m). *Fundkomplex* (FK): X07731 (mit 53 inventa-  
risierten Objekten). *FK-Datierung:* um 70–300 n.Chr. (uneinheitliches  
Material, vermischt).  
*Bohrprobe:* drei Teilbohrungen; mittellange bis lange,  
hellgelbe Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
99	1967.18830	89,76	9,64	0,22	0,23	0,05	0,02	0,04	0,04	

- 1968.11624A Schmiedehalfabrikat oder Abfallstück. Länge noch  
41 mm; Gewicht 6,6 g. Ein 3,5 mm dicker Bronze-  
streifen, beidseitig abgeschrotet auf 11 mm Breite, ist  
an einem Ende zu einem Rundstab ausgeschmiedet  
(und abgebrochen?).  
*Fundort:* Augst, Venusstrasse-Ost und -West (Violen-  
ried). Region 1, Insula 50. *Grabung:* 1968.53. Abtrag  
–, Fläche –, Sediment/Stratigraphie: Humus mit Mörtel.  
OK 297,63, UK 297,31 m ü.M. (Abtragsdicke 0,32  
m). *Fundkomplex* (FK): A00153 (mit 64 inventari-  
sierten Objekten). *FK-Datierung:* Keramik um 190–250 n.Chr., mit ver-  
einzelten späten Ausreissern (Münzen) der Prägezei-  
ten um 268–350 n.Chr.  
*Bohrprobe:* mittellange, lockenförmige Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
66	1968.11624A	82,88	2,87	0,14	13,67	0,30	0,03	0,04	0,06	

- 1968.9335 Geschmiedetes Stäbchen. Länge noch 78 mm; Ge-  
wicht 2,6 g. Roh geschmiedetes Stäbchen mit quadra-  
tischem Querschnitt (2×2 mm), auf der ganzen Länge  
und auf allen vier Seiten deutliche Hammerspuren  
vom Strecken.  
*Fundort:* Augst, Venusstrasse-Ost und -West (Violen-  
ried). Region 1, Insula 43. *Grabung:* 1968.53. Abtrag  
–, Fläche –, Sediment/Stratigraphie: sandiger Kies;  
ockergrau (Gehniveau). OK 296,64, UK 296,47 m  
ü.M. (Abtragsdicke 0,17 m). *Fundkomplex* (FK):  
A00102 (mit 10 inventarisierten Objekten). *FK-Datierung:* um 10–30 n.Chr. (guter, typologisch  
einheitlicher FK mit 7 bestimmbarer Gefässen).  
*Bohrprobe:* aus zwei Teilbohrungen; lange, lockenför-  
mige, glänzende Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
94	1968.9335	78,30	6,85	1,13	13,09	0,44	0,03	0,08	0,10	

- 1972.7420 Schmiedehalfabrikat. Länge 78 mm; Gewicht 5,1 g.  
Rechteckstäbchen von 5×2 mm Querschnitt, an ei-  
nem Ende verjüngend zugespitzt ausgeschmiedet, das  
andere Ende schräg abgeschrotet.  
*Fundort:* Augst, Streufunde (aus Erbschaft von Lehrer  
Strub, Augst). Region und Insula unbekannt. «Gra-  
bung»: 1972.90. *Fundkomplex* (FK): U00085 (mit 2  
inventarisierten Objekten).  
*Bohrprobe:* mittellange, rötlich-gelbe Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
87	1972.7420	94,86	4,78	0,02	0,06	0,17	0,01	0,02	0,08	

- 1977.894 Schmiedeabfallstück. Länge noch 38 mm; Gewicht  
16,6 g. Abgebrochenes Reststück eines vierkantigen  
Stabes mit Hammerspuren, ein Ende roh und ver-  
dickt, das andere gebrochen. Querschnitt rhombisch  
(10×7 mm)  
*Fundort:* Augst, Giebenacherstrasse («Steinler»). Re-  
gion 1, Insula 25. *Grabung:* 1977.52. Abtrag –, Fläche  
F–H/8, Sediment/Stratigraphie: sandig-lehmiges Ma-  
terial, vermischt mit Kalkbruchsteinen, Kieseln,  
Holzkohle, Mörtel; gelblich-gräulich. OK 293,80, UK  
292,68 m ü.M. (Abtragsdicke 1,12 m). *Fundkomplex*  
(FK): B00056 (mit 130 inventarisierten Objekten).  
*FK-Datierung:* um 10–50 n.Chr. (ohne nähere Anga-  
ben).  
*Bohrprobe:* zuerst langer Span, dann nur noch kurze,  
krümelige Späne mit Oxyd durchsetzt; nach ca. 2 mm  
Bohrtiefe grosse Kaverne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
109	1977.894	79,33	0,53	0,19	19,70	0,08	0,01	0,03	0,04	0,09 As

- 1977.2447 Abgeschrotetes Abfallstück. Länge 51 mm; Gewicht  
4,7 g. Ein Blech von 2 mm Dicke ist auf allen Seiten

grob abgeschrotet. Eine Schrotlinie beschreibt einen Viertelkreis, als würde es sich um den Eckwinkel einer ausgeschnittenen Rundscheibe handeln. Die Blechoberfläche zeigt keine Hammerspuren.

*Fundort:* Augst, «Steinler». Region 1, Insula 34. *Grabung:* 1977.51 («Metzger»). Abtrag –, Fläche G–M/20–24, Sediment/Stratigraphie: Abtrag nach Trax: humoses Material vermischt mit Kalkbruchsteinen, Kiesel, Ziegelfragmenten, Kalkmörtel; braun. OK 296,65, UK 296,18 m ü.M. (Abtragsdicke 0,47 m). *Fundkomplex* (FK): A09802 (mit 67 inventarisierten Objekten).

*FK-Datierung:* um 90–250 n.Chr. (uneinheitliches Material, vermischt).

*Bohrprobe:* Fragment zu dünn, keine Probe entnommen, nicht analysiert.

- 1977.12567 Abgeschrotetes Reststück. Länge noch 29 mm; Gewicht 6,7 g. Das kleine Stück ist mit groben Meisselschlägen aus einer 5 mm dicken Platte (Altmetall Grossbronze?) herausgeschnitten.

*Fundort:* Augst, «Steinler». Region 1, Insula 34. *Grabung:* 1977.51 («Metzger»). Abtrag –, Fläche J–M/28–31, Sediment/Stratigraphie: Steinversturz: Kalkbruchsteinstücke (z.T. Handquader), einige Ziegelfragmente und Mauerstück, humoses Material. OK 295,18, UK ? m ü.M. (Abtragsdicke unbekannt). *Fundkomplex* (FK): A09881 (mit 46 inventarisierten Objekten).

*FK-Datierung:* um 170–260 n.Chr. (guter, typologisch einheitlicher FK).

*Bohrprobe:* sehr kurze, goldgelb glänzende Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
113	1977.12567	92,09	6,41	1,95	0,33	0,02	0,02	0,11	0,06	0,01 Au

- 1980.1338 Schmiedehalfabrikat oder missratenes Stück. Länge noch 45 mm; Gewicht 3,7 g. Rundes Stäbchen von 3,5 Durchmesser, an einem Ende fertig zu einem konischen Kugelkopf ausgeschmiedet, das andere Ende flach geschmiedet (5×2 mm) und abgebrochen.

*Fundort:* Augst, Kastelen. Region 1, Insula 6. *Grabung:* 1980.53. Abtrag Schicht 1 nach Profil 4, Fläche V–X/21–23, Sediment/Stratigraphie: sandig-humoses Material, vermischt mit Kalkbruchsteinen und -stücken, Ziegelfragmenten, Kiesel, Holzkohle, Mörtelspuren, dunkelbraun, vereinzelt Sandsteinquader und Kalkstein-Säulentrommel. OK 295,05, UK 294,00 m ü.M. (Abtragsdicke 1,05 m). *Fundkomplex* (FK): B05828 (mit 207 inventarisierten Objekten, darunter zahlreiche Zeugnisse einer Bronzeworkstatt [Abb. 5]). *FK-Datierung:* Keramik um 240 bis 320 n.Chr. (guter, typologisch einheitlicher FK [ähnlich Rheinfelden-Görbelhof]; ferner 2 flavische Münzen); stratigraphisch: befestigungszeitliche Kulturschichten (um 270–350 n.Chr.).

*Literatur:* Schwarz (in Vorb.) [Kommentar zur Grabung 1980.53, Parzelle B, Profil 4,13].

*Bohrprobe:* zuerst kurze, dunklere, dann mittellange, gelbe Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
88	1980.1338	82,68	0,75	0,14	16,09	0,18	0,03	0,04	0,09	

- 1980.11393 Schmiedehalfabrikat. Länge 62 mm; Gewicht 3,4 g. Dünnes Rechteckstäbchen (4×2,5 mm), an beiden Enden flach gehämmert. Überall deutliche feine Hammerspuren.

*Fundort:* Augst, Kastelen. Region 1, Insula 6. *Grabung:* 1980.53. Abtrag –, Fläche X–Y/25–26, Sediment/Stratigraphie: Kalkbruchsteine und -stücke, Ziegelfragmente, Kiesel vermischt mit humosem Material, braun. OK 295,26, UK 294,61 m ü.M. (Abtragsdicke 0,65 m). *Fundkomplex* (FK): B05811 (mit 21 inventarisierten Objekten).

*FK-Datierung:* Keramik um 180–280 n.Chr. (wenig Material sowie 1 Münze 268–270); stratigraphisch: Humuskante (Horizont VII; Mittelalter bis Neuzeit). *Literatur:* Schwarz (in Vorb.) [Kommentar zur Grabung 1980.53, Parzelle C].

*Bohrprobe:* aus zwei Teilbohrungen; lange, nicht gewellte, gelbe Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
92	1980.11393	80,38	2,60	0,16	16,44	0,30	0,03	0,04	0,06	0,01 Co

- 1984.20708 Schmiedehalfabrikat. Länge noch 53 mm; Gewicht 5,9 g. Ein 11 mm breiter und 1,5 mm dicker, herausgeschroteter Blechstreifen ist auf der ganzen Länge ausgeschmiedet und an einem Ende gebreitet. Deutliche Hammerspuren, beide Enden abgebrochen.

*Fundort:* Augst, Region 9.D. *Grabung:* 1984.52 («De-gen»). Abtrag Entfernung von Messpunkt E5, Fläche E5, Sediment/Stratigraphie: vermischte Schichten. OK 274,55, UK 271,95 m ü.M. (Abtragsdicke 2,60 m). *Fundkomplex* (FK): C01411 (mit 10 inventarisierten Objekten).

*FK-Datierung:* um 20–60 n.Chr. (wenig Material), stratigraphisch jedoch alle Schichten umfassend.

*Bohrprobe:* Fragment zu dünn, keine Probe entnommen, nicht analysiert.

- 1985.7923 Schmiedereinstück. Länge noch 45 mm; Gewicht 4,7 g. Dünnes rechteckiges Stäbchen, an einem Ende flach geschmiedet. Deutliche Hammerspuren.

*Fundort:* Augst, Region 2.E. *Grabung:* 1985.51 (Neubau Turnhalle). Abtrag –, Fläche F–J/18–21, Sediment/Stratigraphie: sandig-humoses Material, dunkelbraun bis schwarz. OK 278,58, UK 278,10 m ü.M. (Abtragsdicke 0,48 m). *Fundkomplex* (FK): C01507 (mit 446 inventarisierten Objekten).

*FK-Datierung:* Keramik um 260–350 n.Chr., vereinzelt auch Altstücke um 120–260 n.Chr. sowie einem Spektrum mit 12 Münzen: 166 n.Chr. (1×), 269–274 n.Chr. (9×) und 335–348 n.Chr. (2×).

*Bohrprobe:* mittellange, goldgelb glänzende Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
123	1985.7923	82,77	8,33	8,46	0,17	0,07	0,05	0,07	0,07	0,01 Co

- 1985.12341 Missratenes Schmiedestück. Länge 53 mm; Gewicht 9,0 g. Ende eines abgebrochenen Griffes (von einem *simpulum*?), durch Überbeanspruchung beim Schmieden mehrfach längs eingerissen und aufgebrochen (vermutlich von Schlackeneinschlüssen).

*Fundort:* Augst, Region 2.E. *Grabung:* 1985.51 (Neubau Turnhalle). Abtrag –, Fläche H–K/17–20, Sediment/Stratigraphie: sandig-siltiges Material, braun bis schwarz. OK 278,48, UK 278,19 m ü.M. (Abtragsdicke 0,29 m). *Fundkomplex* (FK): C01525 (mit 371 inventarisierten Objekten).

*FK-Datierung:* Keramik um 100–140 n.Chr. (guter, typologisch einheitlicher FK) sowie 1 Münze ab 270 n.Chr.

*Bohrprobe:* sehr lange, lockenförmige, gelb glänzende Späne; in ca. 2,5 mm Tiefe krümelige, mit kaffeebraunem Oxypulver (ausgesondert) vermischte Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
124	1985.12341	87,39	6,46	0,97	4,78	0,26	0,03	0,04	0,06	

- 1985.12750 Schmiedeabfallstück. Länge 65 mm; Gewicht 7,0 g. Leicht verdicktes Randfragment einer ausgetriebenen runden Blechscheibe von ursprünglich etwa 35 cm Durchmesser. Der daraus ausgebrochene, randparallele Streifen zeigt deutliche Treibspuren und ist sehr dünnwandig, mit Ausnahme des 1,5–2 mm dicken Randwulstes.

*Fundort:* Augst. Region 2,E. *Grabung:* 1985.51 (Neubau Turnhalle). Abtrag Schicht 5 nach Profil 3, Fläche H-K/23-25, Sediment/Stratigraphie: humoses Material, braun. OK 278,92, UK 278,45 m ü.M. (Abtragsdicke 0,47 m). *Fundkomplex* (FK): C01527 (mit 388 inventarisierten Objekten).

*FK-Datierung:* Keramik um 230–280 n.Chr. (gutes, typologisch einheitliches Ensemble), wenig älteres Material um 180–230 n.Chr. sowie 7 Münzen: 1 flavischer, sehr stark zirkulierter Sesterz (Altmetall?) und 6 Antoniniane 266–274 n.Chr.

*Bohrprobe:* zwei Teilbohrungen; lange, kupferrote Späne; vermutlich Kupfer.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
125	1985.12750	95,91	2,93	0,85	0,12	0,07	0,02	0,07	0,03	

1985.12763 Schmiederebeststück. Länge noch 73 mm; Gewicht 2,2 g. Ein schmaler Blechstreifen ist einseitig spitz zugeschmiedet. Deutliche Hammerspuren.

*Fundort:* Augst. Region 2,E. *Grabung:* 1985.51 (Neubau Turnhalle). Abtrag Schicht 5 nach Profil 3, Fläche H-K/23-25, Sediment/Stratigraphie: humoses Material, braun. OK 278,92, UK 278,45 m ü.M. (Abtragsdicke 0,47 m). *Fundkomplex* (FK): C01527 (mit 388 inventarisierten Objekten).

*FK-Datierung:* Keramik um 230–280 n.Chr. (gutes, typologisch einheitliches Ensemble), wenig älteres Material um 180–230 n.Chr. sowie 7 Münzen: 1 flavischer, sehr stark zirkulierter Sesterz (Altmetall?) und 6 Antoniniane 266–274 n.Chr.

*Bohrprobe:* Fragment zu dünn, keine Probe entnommen, nicht analysiert.

1985.14154 Halbfabrikat. Länge noch 115 mm; Gewicht 18,1 g. Aus einer 2 mm dicken Blechplatte ist durch beidseitiges Schroten ein Streifen von 14 mm Breite herausgeschnitten. Ein Ende ist ein wenig flachgehämmert, das andere ist seitlich leicht gestaucht, die Unterseite noch flach, die Oberseite jedoch zu einem dreistabigen Längsprofil gearbeitet (im Gesenk? durch Stauhen und Ziselieren?). Das profilierte Ende ist abgebrochen.

*Fundort:* Augst. Region 2,E. *Grabung:* 1985.51 (Neubau Turnhalle). Abtrag nach Abhumisierung durch Bagger, Fläche O-S/18-21, Sediment/Stratigraphie: humoses Material. OK 280,48, UK 279,66 m ü.M. (Abtragsdicke 0,82 m). *Fundkomplex* (FK): C01529 (mit 2171 inventarisierten Objekten).

*FK-Datierung:* um 220–280 n.Chr. (gutes, typologisch einheitliches Ensemble), wenig älteres Material um 170–220 n.Chr. sowie 5 Münzen: 2. Hälfte 2. Jh. (3×) und um 240–280 n.Chr. (2×).

*Bohrprobe:* sehr lange, lockenförmige, hellgelbe Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
127	1985.14154	80,80	3,74	0,69	14,40	0,23	0,06	0,07	0,03	

1985.29855 Schmiedehalfabrikat. Länge 77 mm; Gewicht 5,1 g. Aus einem Rechteckstab von 5×4 mm im Querschnitt ist ein 55 mm langes Stäbchen von 2×2 mm ausgeschmiedet. Deutliche Hammerspuren.

*Fundort:* Augst. Region 2,E. *Grabung:* 1985.51 (Neubau Turnhalle). Abtrag Schicht 2 nach Profil 5 (Teil Mitte), Fläche M-P/18-20, Sediment/Stratigraphie: humos-sandiges Material, graubraun bis schwarz. OK 279,23, UK 279,03 m ü.M. (Abtragsdicke 0,20 m). *Fundkomplex* (FK): C01560 (mit 242 inventarisierten Objekten).

*FK-Datierung:* um 230–280 n.Chr. (guter, typologisch einheitlicher FK).

*Bohrprobe:* lange, lockenförmige, hellgelbe Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
128	1985.29855	86,83	4,51	0,75	7,26	0,49	0,03	0,06	0,08	

1985.56195 Schmiedehalfabrikat. Länge 124 mm; Gewicht 7,3 g. Ein schmaler Blechstreifen von 6×2 mm Querschnitt ist an einem Ende schmal zusammengestaucht.

*Fundort:* Augst. Region 2,E. *Grabung:* 1985.51 (Neubau Turnhalle). Abtrag «nach Bagger», Fläche K-P/11-16, Sediment/Stratigraphie: kiesiger Humus mit Abbruchschutt; braun-beige bis grau. OK 279,90, UK 278,84 m ü.M. (Abtragsdicke 1,06 m). *Fundkomplex* (FK): C01683 (mit 933 inventarisierten Objekten).

*FK-Datierung:* um 30–280 n.Chr. (viel Material, jedoch heterogen, u.a. auch Mittelalter und Neuzeit vertreten).

*Bohrprobe:* zwei Teilbohrungen; lange, lockenförmige, rote Späne; möglicherweise Kupfer.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
129	1986.56195	95,27	4,49	0,10	<0,01	0,09	0,02	0,05	0,09	

1985.71154 Schmiedehalfabrikat. Länge noch 27 mm; Gewicht 2,2 g. Dünn ausgeschmiedetes Reststück mit feinen Hammerspuren.

*Fundort:* Augst. Region 2,E. *Grabung:* 1985.51 (Neubau Turnhalle). Abtrag Schicht 3 nach Profil 12, Fläche E-K/9-14, Sediment/Stratigraphie: humos-sandiges Material, dunkelbraun bis grau. OK 279,46, UK 278,40 m ü.M. (Abtragsdicke 1,06 m). *Fundkomplex* (FK): C01766 (mit 987 inventarisierten Objekten).

*FK-Datierung:* um 150–280 n.Chr. (mit wenigen Altstücken um 80–120).

*Bohrprobe:* lange, lockenförmige, goldgelb glänzende Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
132	1985.71154	77,99	2,27	0,58	18,53	0,35	0,03	0,03	0,05	

1985.87404 Schmiedehalfabrikat. Länge noch 57 mm; Gewicht 2,3 g. Stäbchen mit deutlichen Hammerspuren, ein Ende flach ausgeschmiedet (5×1,5 mm), das andere zu einem schmalen Stab (2,5×1,5 mm).

*Fundort:* Augst. Region 2,E. *Grabung:* 1985.51 (Neubau Turnhalle). Abtrag –, Fläche S-W/19-23, Sediment/Stratigraphie: humos-kiesiges Material; dunkelbraun. OK 281,65, UK 280,19 m ü.M. (Abtragsdicke 1,46 m). *Fundkomplex* (FK): C01837 (mit 210 inventarisierten Objekten).

*FK-Datierung:* um 50–120 und 150–240 n.Chr. (uneinheitlich, mit zwei zeitlichen Schwerpunkten sowie modernem Material).

*Bohrprobe:* Fragment zu dünn, keine Probe entnommen, nicht analysiert.

1985.88984 Ausgeschmiedeter Blechstreifen. Länge 101 mm; Gewicht 11,0 g. Blechstreifen von 1 mm Dicke und rund 17 mm Breite, breitgehämmert aber nicht flach, an einem Ende Ansatz einer fein ausgeschmiedeten Wölbung.

*Fundort:* Augst. Region 2,E. *Grabung:* 1985.51 (Neubau Turnhalle). Abtrag –, Fläche S-T/21-23, Sediment/Stratigraphie: sandig-siltiges Material; dunkelgrau. OK 280,07, UK 279,37 m ü.M. (Abtragsdicke 0,70 m). *Fundkomplex* (FK): C01857 (mit 490 inventarisierten Objekten).

*FK-Datierung:* um 30–240 n.Chr. (uneinheitliches Material).

*Bohrprobe:* zwei Teilbohrungen; lange, hellgelb glänzende Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
134	1985.88984	79,01	0,47	0,13	20,16	0,13	0,02	0,03	0,05	

1986.1665 Schmiedehalfabrikat. Länge noch 48 mm; Gewicht 11,2 g. Stab von 8×5 mm Querschnitt mit deutlichen Hammerspuren.

*Fundort:* Augst, Amphitheater (über Carcer Nord). Region 3, A. *Grabung:* 1986.57. Abtrag Schichten 1–4, 6 und 31–34 nach Profil 13b, Fläche X–Y/10–11, Sediment/Stratigraphie: Waldboden, Hangrutschungen. OK 287,30/284,00, UK 285,00/282,64 m ü.M. (Abtragsdicke ca. 2,30 m). *Fundkomplex* (FK): C02739 (mit 192 inventarisierten Objekten).

*FK-Datierung:* Keramik um 250–300 n.Chr. (gutes, einheitliches Keramik- und Münzspektrum; 1 Münze 1. Hälfte 4. Jh.).

*Bohrprobe:* lange, kupferbraune Späne; vermutlich Kupfer.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
135	1986.1665	99,84	<0,25	0,05	<0,01	0,01	0,02	0,04	0,06	

1987.54.C04242.46 Schmiedehalffabrikat. Länge 48 mm; Gewicht 18,7 g. Grobe, flache Platte mit deutlichen, diagonalen Hammerspuren auf der einen Seite. Ein rechtwinkliger Absatz lässt vermuten, dass es sich um ein wiederverwendetes Abfallstück handelt.

*Fundort:* Augst, Theater-Nordwestecke. Region 2, A. *Grabung:* 1987.54 («Neubau Kiosk»). Abtrag Schicht 15 nach Profil 1, Fläche E–J/3–5, Sediment/Stratigraphie: mehrere Gehniveaus. OK 282,18/281,87, UK 282,15/281,79 m ü.M. (Abtragsdicke ca. 0,08 m). *Fundkomplex* (FK): C04242 (mit 52 inventarisierten Objekten).

*FK-Datierung:* um 65–80 n.Chr. (= Theater-Nordwestecke Phase 8).

*Bohrprobe:* lange, kupferglänzende Späne; vermutlich Kupfer.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
137	1987.54. C04242.46	95,32	1,92	2,66	<0,01	0,01	0,02	0,04	0,04	

1988.51.C04886.17 Schmiedereinstück. Länge noch 33 mm; Gewicht 4,1 g. Bronzeabköcher von 8×4 mm Querschnitt, an einem Ende zungenförmig ausgeschmiedet.

*Fundort:* Augst, Schufenholz, «Steinler». Region 1, Insula 22. *Grabung:* 1988.51 («Vögtlin»). Abtrag 17.003, Fläche F3–4/G3–5, Sediment/Stratigraphie: ? (beim Reinigen eines Planums angefallenes Fundmaterial). OK 293,26, UK 293,05 m ü.M. (Abtragsdicke 0,21 m). *Fundkomplex* (FK): C04886 (mit 35 inventarisierten Objekten).

*FK-Datierung:* um 10–100 n.Chr. (wenig Material).

*Bohrprobe:* lange, lockenförmige, goldgelb glänzende Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
138	1988.51. C04886.17	80,03	2,44	3,65	13,37	0,41	0,03	0,04	0,05	

1990.51.C05412.59 Schmiedehalffabrikat. Länge 121 mm; Gewicht 18,7 g. Bronzeabköcher von 10×3 mm Querschnitt, an einem Ende etwas flachgeschmiedet.

*Fundort:* Augst, Region 1, Insula 17. *Grabung:* 1990.51 («Schmid»). Abtrag 5.009, Fläche 3, Sediment/Stratigraphie: siltiges Material mit viel Holzkohlepartikeln, Mörtelstückchen, einzelnen Ziegelstücken; braunbeige (Füllschicht mit einer Grube ? an Profil 6 und Pfostenlöchern?). OK 292,13, UK 291,9 m ü.M. (Abtragsdicke 0,23 m). *Fundkomplex* (FK): C05412 (mit 70 inventarisierten Objekten).

*FK-Datierung:* um 50–100 n.Chr. (gutes, typologisch einheitliches Ensemble).

*Bohrprobe:* zwei Teilbohrungen; lange, lockenförmige, gelbglänzende Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
141	1990.51. C05412.59	79,87	2,29	0,33	16,96	0,44	0,02	0,03	0,06	

1990.54.C05668.1 Schmiedehalffabrikat. Grösse 33×29 mm; Gewicht 9,1 g. Aus einem Rohstück flach gehämmerte, noch sehr unebene Blechscheibe von rund 0,4 mm Dicke. Deutliche Hammerspuren.

*Fundort:* Augst, Forum-Altar («Steinler»). Region 1, Insula 11. *Grabung:* 1990.54. Abtrag 2.005, Sediment/Stratigraphie: Steinschicht mit diversen Architekturelementen, dazwischen dunkelbraunes, humoses Material. OK 294,00, UK 293,92 m ü.M. (Abtragsdicke 0,08 m). *Fundkomplex* (FK): C05668 (mit 120 inventarisierten Objekten).

*FK-Datierung:* aufgrund des Befundes (Zerstörungshorizont, Phase 4) und der Mitfunde (Münzen) 3. Viertel 3. Jh.

*Literatur:* Janietz Schwarz 1991, 192 Abb. 49, 47.

*Bohrprobe:* zwei Teilbohrungen; lange, kupferrote Späne; vermutlich Kupfer.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
143	1990.54. C05668.1	95,86	1,80	2,06	0,04	0,06	0,02	0,08	0,05	0,04 Au

1991.51.C08107.53 Schmiedehalffabrikat. Länge 59 mm; Gewicht 23,8 g. Eine 5,5 mm starke Bronzeplatte ist zu einem Streifen ausgeschnitten (zum Teil Schrotspuren) und trägt vereinzelte Hammerspuren.

*Fundort:* Augst, Kastelen. Region 1, Insula 1. *Grabung:* 1991.51. Abtrag 3.002, Sediment/Stratigraphie: Humus, locker durchsetzt mit Kalkbruchsteinstücken, wenig Kiesel. OK 294,29, UK 292,26 m ü.M. (Hanglage!). *Fundkomplex* (FK): C08107 (mit 73 inventarisierten Objekten).

*FK-Datierung:* um 70–230 n.Chr. (uneinheitliches Material, auch viel Neuzeitliches); stratigraphisch: Humuskante (Horizont VII), z.T. modern angeschüttet.

*Literatur:* Schwarz (in Vorb.) [Kommentar zur Grabung 1991.51 bis 1993.51].

*Bohrprobe:* mittellange, hellgelb glänzende Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
145	1991.51. C08107.53	77,51	2,36	0,53	18,67	0,37	0,03	0,02	0,04	0,48 As, 0,01 Co

1991.51.C08136.92 Schmiedehalffabrikat. Länge noch 60 mm; Gewicht 4,4 g. Ein Streifen von 9×2 mm Querschnitt ist seitlich gestaucht und an einem Ende zu einem Stäbchen von 2,5 mm Durchmesser ausgeschmiedet.

*Fundort:* Augst, Kastelen. Region 1, Insula 1. *Grabung:* 1991.51. Abtrag 4.005, Sediment/Stratigraphie: humoses, stark mit Kalkbruchsteinen und Ziegeln durchsetztes Material. Vereinzelt auch Sandsteinfragmente. OK 292,04, UK 289,81 m ü.M. (Hanglage!). *Fundkomplex* (FK): C08136 (mit 112 inventarisierten Objekten).

*FK-Datierung:* um 180–300 n.Chr. (zwar breites zeitliches Spektrum, wirkt typologisch aber relativ einheitlich; wenig Material Neuzeit); stratigraphisch: Humuskante (Horizont VII), z.T. modern angeschüttet.

*Literatur:* Schwarz (in Vorb.) [Kommentar zur Grabung 1991.51 bis 1993.51].

*Bohrprobe:* zwei Teilbohrungen; lange, lockenförmige, rotglänzende Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
146	1991.51. C08136.92	91,11	8,39	0,05	<0,01	0,29	0,03	0,04	0,08	

1991.51.C08235.41 Schmiedehalffabrikat. Länge noch 34 mm; Gewicht 2,0 g. Schmales Stäbchen mit deutlichen Hammerspuren.

*Fundort:* Augst, Kastelen. Region 1, Insula 1. *Grabung:* 1991.51. Abtrag 8.005, Sediment/Stratigraphie:



humoses Material, stark durchsetzt mit Kalkbruchsteinen und Ziegelstücken; dunkelbraun OK 293,54, UK 292,22 m ü.M. (Abtragsdicke 1,32 m). *Fundkomplex* (FK): C08235 (mit 57 inventarisierten Objekten).

*FK-Datierung*: um 50–280 n.Chr. (uneinheitliches Material, vermischt, z.T. Neuzeit); stratigraphisch: Humuskante (Horizont VII), z.T. modern angeschüttet.

*Literatur*: Schwarz (in Vorb.) [Kommentar zur Grabung 1991.51 bis 1993.51].

*Bohrprobe*: lange, glänzende Späne.

LN	Proben-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
148	1991.51, C08235.41	85,43	5,49	6,63	2,07	0,14	0,03	0,08	0,08	0,01 Co

## Kommentar zum Katalog

Die analysierten Halbfabrikate, Fehlgüsse und Werkabfälle aus Kupferlegierungen machen nur einen verschwindend kleinen Teil des gesamten Fundgutes aus Werkstattzusammenhängen in Augusta Raurica aus. Ausser Schmelzgrubenbefunden, Giessersand(?), Tiegeln und weiteren sekundären Einrichtungsgegenständen der Schmieden und Giessereien für Kupferlegierungen<sup>11</sup> treten dort auch eine Vielzahl unscheinbarer Bronze- und Messingfunde auf, die erst im *Kontext* eines metallverarbeitenden Gewerbes<sup>12</sup> Sinn ergeben: Gemeint sind Altsachen, defekte Stücke, Blechabschnitte, Gusstropfen und -trichter (Abb. 2) und auffallend viele Münzen. Es sind anscheinend Überbleibsel des *Metallvorrats*, der aufmerksam – von Altstoffhändlern? – gesammelt und in den Ateliers aufbewahrt wurde. Einen Eindruck eines solchen «Sammeluriums» vermittelt ein Fundkomplex aus einer Werkstatt des späten 3. und frühen 4. Jahrhunderts aus Insula 6 in der Befestigung auf Kastelen (Abb. 5)<sup>13</sup>.

Die Vielfalt der antiken Legierungen, wie sie sich allein schon an den relativ wenigen untersuchten Halbfabrikaten und Werkabfällen aus Augusta Raurica ergibt (Tabelle 1), ist typisch für römerzeitliche Objekte aus Buntmetall. Wie zu vermuten war, zeigen sich auch an unserer Serie Zusammenhänge zwischen Legierungen und den vorgesehenen bzw. angewendeten Verarbeitungstechniken<sup>14</sup>.

Über die Herstellung von *Bronzelöffeln*, die in Augst mit einer Marmor-«Guss»form<sup>15</sup> und vier Fehlgüssen (Abb. 1,1–4) belegt ist, haben E. Riha und W. B. Stern ausführlich berichtet<sup>16</sup>.

Nicht nur Löffel<sup>17</sup>, sondern auch mehrere andere unversäuberte Augster Halbfabrikate mit deutlichen Gussnähten (Abb. 1,5,6,13<sup>18</sup>) belegen den *Zweischalenguss* – sei es im Sand<sup>19</sup> oder in Lehmformen<sup>20</sup>. Andere, meist kompliziertere Formen zeigen keine Spuren von Gussnähten und scheinen im *Wachsausschmelzverfahren*<sup>21</sup> hergestellt zu sein (z.B. Abb. 1,10–12<sup>22</sup>).

Für die direkte *Wiederverwertung von Altmittel* – ohne Neueinschmelzung – sprechen mehrere viereckige Platten und schmale Stäbe, die mit Hilfe von

Meisseln aus dickwandigen Grossbronzen ausgeschrotet worden sind (zwei Beispiele Abb. 1,7,8). Meist weisen diese Stücke allerdings Zinn-, Zink- oder Bleibeimengungen von weit über 10% auf (Tabelle 1), was eine Weiterverarbeitung durch Kaltschmieden schwierig bis unwahrscheinlich macht.

Die 20 *Gusszapfen* aus Augusta Raurica (Auswahl Abb. 2) sind sehr unterschiedlich. Die meisten zeigen keine Naht oder Braue einer mehrteiligen Form und scheinen daher vom Wachsausschmelzverfahren zu stammen (Beispiele Abb. 2,14,17,19). Nur in zwei Fällen belegen Grate einen Zweischalenguss, wohl ebenfalls in Lehmformen (Beispiel Abb. 2,16). Erstaunlich viele Gusstrichter münden in zwei – einmal sogar in drei – Gusskanäle. Dies spricht dafür, dass

11 Zusammenfassend Martin 1978.

12 Vgl. auch die typischen Repertoires in den germanischen Werkstätten von Klein Kōris und Warburg-Daseburg: S. Gustavs, Werkabfälle eines germanischen Feinschmiedes von Klein Kōris, Kr. Königs Wusterhausen. Veröffentlichungen des Museums für Ur- und Frühgeschichte Potsdam 23, 1989, 147ff. bes. 150ff. Abb. 5 Taf. 22–35 (freundlicher Hinweis E. Deschler-Erb); K. Günther, Siedlung und Werkstätten von Feinschmieden der älteren Römischen Kaiserzeit bei Warburg-Daseburg. Bodentalertümer Westfalens 24 (Aschaffendorf/Münster 1990) 42ff. und 118f. Abb. 44–61.

13 FK B05828, u.a. mit Inv. 1980.1304–1306 (Tiegelfragmente), 1980.1307–1314 (u.a. 8 Münzen; Abb. 5, Forts., unten), 1980.1320–1338 («Bronze»), 1980.1349 (Bronze-Fluss; Abb. 5, zweite Reihe oben rechts), 1980.1350 (Bleiplatte; Abb. 5, Forts., oben) und dem analysierten Schmiede-Halbfabrikat Inv. 1980.1338 (Abb. 5, oben rechts; s. Katalog). – Zur Befestigung auf Kastelen vgl. die Vorberichte P.-A. Schwarz, Die spät-römische Befestigung auf Kastelen in Augst BL – Ein Vorbericht 1990. JbAK 11, 1990, 25ff.; P.-A. Schwarz, Die Nordmauer und die Überreste der Innenbebauung der spät-römischen Befestigung auf Kastelen in Augusta Rauricorum. Vorbericht über die Grabung 1991.51. JbAK 13, 1992, 47ff. sowie P.-A. Schwarz, Die spät-römische Befestigung auf Kastelen – Ein Beitrag zur Geschichte von Augusta Rauricorum im späten 3. und frühen 4. Jahrhundert (Arbeitstitel), in Vorbereitung (erscheint in der Reihe Forschungen in Augst).

14 «Eine bevorzugte Legierung gibt es nicht, es ist aber deutlich, dass für die vorgesehene Bearbeitung oder Verwendung stets die optimalste Legierung verwendet wurde» (Riederer 1981, 33); im selben Sinne auch Riederer/Briese 1972, 88.

15 R. Steiger, Gussform für einen Löffel. Römerhaus und Museum Augst. Jahresbericht 1967, 38ff. – Nachdem W. B. Stern 1981 an der Eingussmündung der Steinform jedoch hat Blei nachweisen können (Riha/Stern 1982, 26 Abb. 12 und 53 Abb. 30), interpretierte sie M. Martin als Gussform für Löffelpatrizen bzw. «Vorformen» aus Blei, die wiederum im Sandgussverfahren in Bronze umgesetzt worden seien (M. Martin, Altes und Neues zur «Falschmünzwerkstätte» im römischen Augst. Archäologie der Schweiz 5, 1982, 15ff. bes. 25); wenig später wurde vom selben Autor auch eine Umsetzung solcherart gewonnener Bleimodel in Bronze mit Hilfe «verlorener», mehrschaliger Tonformen in Erwägung gezogen (Ch. Bonnet, M. Martin, Bleimodel einer angelsächsischen Fibel aus Saint-Pierre in Genf. Archäologie der Schweiz 5, 1982, 210ff. bes. 218ff.).

16 Riha/Stern 1982, 25ff. Abb. 11–13.

17 Schöne Beispiele mit nicht versäuberten Gussnähten bei Riha/Stern 1982, Abb. 11,1 (= unsere Abb. 1,1) und 13.

18 Vgl. das profilierte Beschlag-Halbfabrikat mit ebenfalls ausgefüllter Formfuge aus Brigetio: Bónis (wie Anm. 30) Abb. 2,1.

19 In diesem Sinne z.B. Martin 1978.

20 In diesem Sinne z.B. Drescher 1973, 58f.

21 Vgl. dazu Guillaumet 1993, Taf. 54 und 59.

22 Ein identischer Schnallen-Rohguss aus «Bronze» wie unsere Abb. 1,10 bei Drescher 1973, Abb. 2,1; ein Schnallen-Fehlguss aus Carnuntum weist den Einguss am gegenüberliegenden Ende auf: Gschwantler/Winter 1991, 128 Kat.-Nr. 21.

auch in Augst im Wachsausschmelzverfahren gleich zwei oder mehrere Objekte miteinander gegossen wurden<sup>23</sup>. In zwei Ausnahmefällen war die Gusspeise anscheinend zu wenig heiss (oder die Form zu kalt), so dass die Kanäle nur wenige Millimeter tief ausgefüllt wurden und nicht abgeschrotet sind, sondern in runden Erstarrungsstrukturen enden. In diesen Fällen war wohl auch die Lehmform unbrauchbar geworden. Andererseits muss die Temperatur der Schmelze in der Regel genügend hoch gewesen sein, wie kleine Erstarrungsdellen auf der Gusstrichteroberfläche in mehreren Beispielen nahelegen (Beispiel Abb. 2,18). Auch bei der Bemessung der Metallmenge müssen die Giesser grosse Erfahrung und ein gutes «Augenmass» gehabt haben, wie mehrere Gusszapfen mit bisweilen zwar dicken Kanälen (für mittlere bis grössere Gussstücke), aber einer minimalen Restmenge im Trichter zeigen (Beispiel Abb. 2,14.15.19.20).

Weniger eindeutig sind die in Abbildung 3 zusammengestellten Stücke, bei denen es sich um *Fibelhalbfabrikate* handeln könnte. Zu den geschmiedeten Halbfabrikaten gehört ein Stäbchen (Abb. 3,21), das ähnliche Bearbeitungsmerkmale und Konturen aufweist wie das Halbfabrikat einer Nauheimerfibel von Bern-Engelhalbinsel<sup>24</sup>; das Augster Stück muss jedoch für eine andere (breitere?) Bügelform bestimmt gewesen sein. In ähnlicher Art sind zwei weitere Stücke vorbereitet (Abb. 3,27.31): Sie weisen je ein abgesetztes und breitgehämmertes Ende auf, das zu einer Nadelrast hätte ausgeschmiedet werden können. Ihre Form ist aber zu wenig spezifisch und gibt sich nicht mit Sicherheit als Fibelhalbfabrikat zu erkennen. Das eindeutige Halbfabrikat einer Aucissafibel Inv. 1959.1729 (Tabelle 1; nicht abgebildet) stammt aus Insula 24, wo bisher keine bronzeverarbeitenden Werkstätten nachgewiesen werden konnten (Abb. 7)<sup>25</sup>. Der Kontext dieses wohl bereits in der 1. Hälfte des 1. Jahrhunderts n.Chr. entstandenen Objekts<sup>26</sup> in einem Ensemble mit Mitfunden, die um 60–170 datieren, scheint für eine sekundäre Verlagerung und nicht für einen in der Werkstatt verlorengegangenen Abfall zu sprechen. Alle diese Fibel(?)halbfabrikate<sup>27</sup> mit eindeutigen Schmiedespuren bestehen aus Messing<sup>28</sup>. Ihr Zinkanteil ist mit 11,7 bis 22,9% dermassen hoch, dass eine Kaltverformung dieses spröden, brüchigen Materials durch Hämmern mit der geringen Erfahrung eines heutigen Experimentators kaum nachvollziehbar ist.

Wie es Herstellungstechnik und Form römischer Fibeln vermuten lassen, handelt es sich jedoch bei den meisten vermutlichen Halbfabrikaten und missratenen Stücken um *Güsse*<sup>29</sup> (Abb. 3,25.26.29.32.33). Sie weisen Formen auf, die kaum durch Schmieden hätten erreicht werden können. Auch bei ihnen handelt es sich um zinkreiche, spröde Messinge (Abb. 3,25<sup>30</sup>; Zinnmessing; Abb. 3,26 und 3,33; Messing). Eine deutliche Ausnahme bleibt ein stark korrodiertes, sehr unsicheres Halbfabrikat (Abb. 3,24), das mit 99,42% Kupfer und ganz wenig Zinn gut schmiedbar gewesen wäre.

Von den rund 50 analysierten *Schmiedehalbfabrikaten und -reststücken* (Auswahl Abb. 4) bestehen etwa die Hälfte (21) aus Messing mit 6–20% Zink, oft

vermischt mit rund 3% Zinn (Tabelle 1). Es ist erstaunlich, wie zinkreiche Stäbchen mit 19% bzw. 17% Zinn ohne Sprödigkeitsrisse geschmiedet werden konnten (Abb. 4,36.40). Am zweithäufigsten (15) sind «normale» Bronzen mit rund 3% bis maximal 9,6% Zinn, die – allerdings nur selten – mit bis ca. 3% Zink «verunreinigt» sind. Der Bleianteil bei diesen gehämmerten Objekten ist einheitlich gering und schwankt in der Regel zwischen nur 0,02% und knapp 1%. Nur wenige Stücke erreichen Bleianteile bis 4%; zwei Stäbchen mit Hammerspuren und 6,63% bzw. 8,46% Blei bleiben die Ausnahmen (Tabelle 1).

Nur sieben Schmiedehalbfabrikate bestehen aus dem sehr gut verformbaren *Kupfer* (>77% Cu<sup>31</sup>), so auch die erst wenig ausgetriebene Rondelle für ein dünnwandiges Gefäss (Abb. 4,37)<sup>32</sup> und ein mögliches Schlüssel-Vorprodukt (Abb. 4,39). Die Weichheit des Kupfers ist auch an den tieferen Hammereindrücken zu erkennen (z.B. Abb. 4,45). Zudem fällt auf bzw. war zu erwarten, dass alle *Blechtreibarbeiten* (z.B. für dünnwandige Gefässe) weniger als 0,25% Zink und unter 0,9% Blei aufweisen. Es sind Bronzen mit nur 1,8 bis 3% Zinn, oder es handelt sich um Kupfer.

- 23 Dies bezeugen auch Rohgüsse von anderen Fundstellen: Drescher 1973, Abb. 1,4.7 (Fibel-Paare); Guillaumet 1993, Taf. 55 (Fibel-«Bäumchen»).
- 24 A. Furger-Gunti, Zur Herstellungstechnik der Nauheimerfibel. In: Festschrift Elisabeth Schmid = Regio Basiliensis 18 (Basel 1977) 73ff. bes. Abb. 1, A und 2, A.
- 25 O. Lüdin, M. Sitterding, R. Steiger (mit einem Beitrag von H. Doppler), Insula XXIV, 1939–1959. Ausgrabungen in Augst 2 (Basel 1962) bes. 38.
- 26 Riha 1979, 114 Taf. 78; Riha 1994, 101ff. Tabelle 128 Abb. 3.
- 27 Auf die sekundäre Überarbeitung von Fibeln («Kaltarbeit») gehe ich hier nicht ein. Vgl. dazu jetzt H. Böcking, Werkzeugspuren an Fibeln und anderen Bronzekleinfunden aus Bliesbruck. Bles 1. Veröffentlichungen des Europäischen Kulturparks Bliesbruck-Reinheim, 1993, 37ff.
- 28 Vgl. unten mit Anm. 124.
- 29 Gussformen für Fibeln: Bayley 1989, 300 Abb. 6 (freundlicher Hinweis A. Kaufmann-Heinimann); Drescher 1973, Abb. 1,2.3; 2,2; Guillaumet 1993, Taf. 54–57.
- 30 Bei diesem Fehlguss ist anscheinend etwas Gusspeise in die Fuge zwischen den beiden(!) Formhälften geflossen, genauso wie bei einem Fehlguss oder unversäubertem Exemplar einer Zwiebelknopffibel aus Brigetio: E. B. Bónis, Das Militärhandwerk der Legio I Adjutrix in Brigetio. In: Studien zu den Militärgrenzen Roms III. 13. Internationaler Limeskongress Aalen 1983. Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg 20 (Stuttgart 1986) 301ff. Abb. 1,3.
- 31 J. Riederer (unten S. 161) spricht erst ab >99% von reinem Kupfer. Vgl. dort auch seine Bemerkungen zur auffallenden Zusammensetzung des Kupferstückes Abb. 4,38.
- 32 Die «harten» und scharfkantig sich abzeichnenden Hammerabdrücke auf beiden Seiten der Rondelle sprechen dafür, dass das Gefäss nicht in einer Hartholzmulde, sondern auf der ebenen Ambossbahn getrieben wurde. – Ein noch nicht überschmiedeter Rohguss einer solchen Rondelle fand sich in der Bronzezeitstadt von Blicquy (M. Amand, Atelier de bronzier d'époque romaine à Blicquy. Archaeologia Belgica 171 [Bruxelles 1975] 27 Abb. 11,5); zum neuzeitlichen Guss solcher Treibrondellen in Nepal vgl. S. Tassinari, Il vasellame bronzo di Pompei. Soprintendenza archeologica di Pompei. Cataloghi 5 (Torino 1993) Taf. 209.

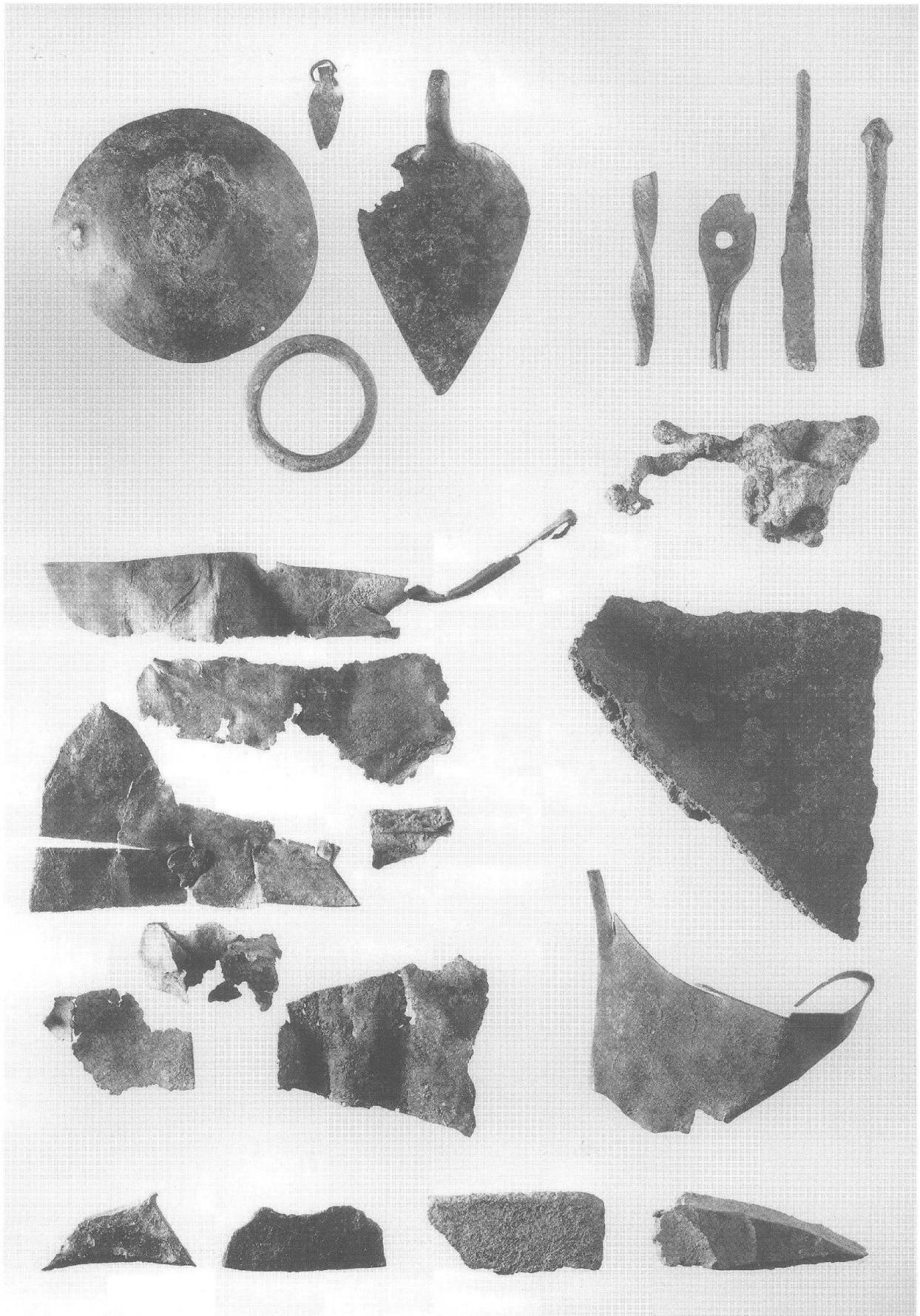


Abb. 5 Augst-Kastelen, Insula 6 (Legende siehe Abb. 5, Fortsetzung). M. 1:1.



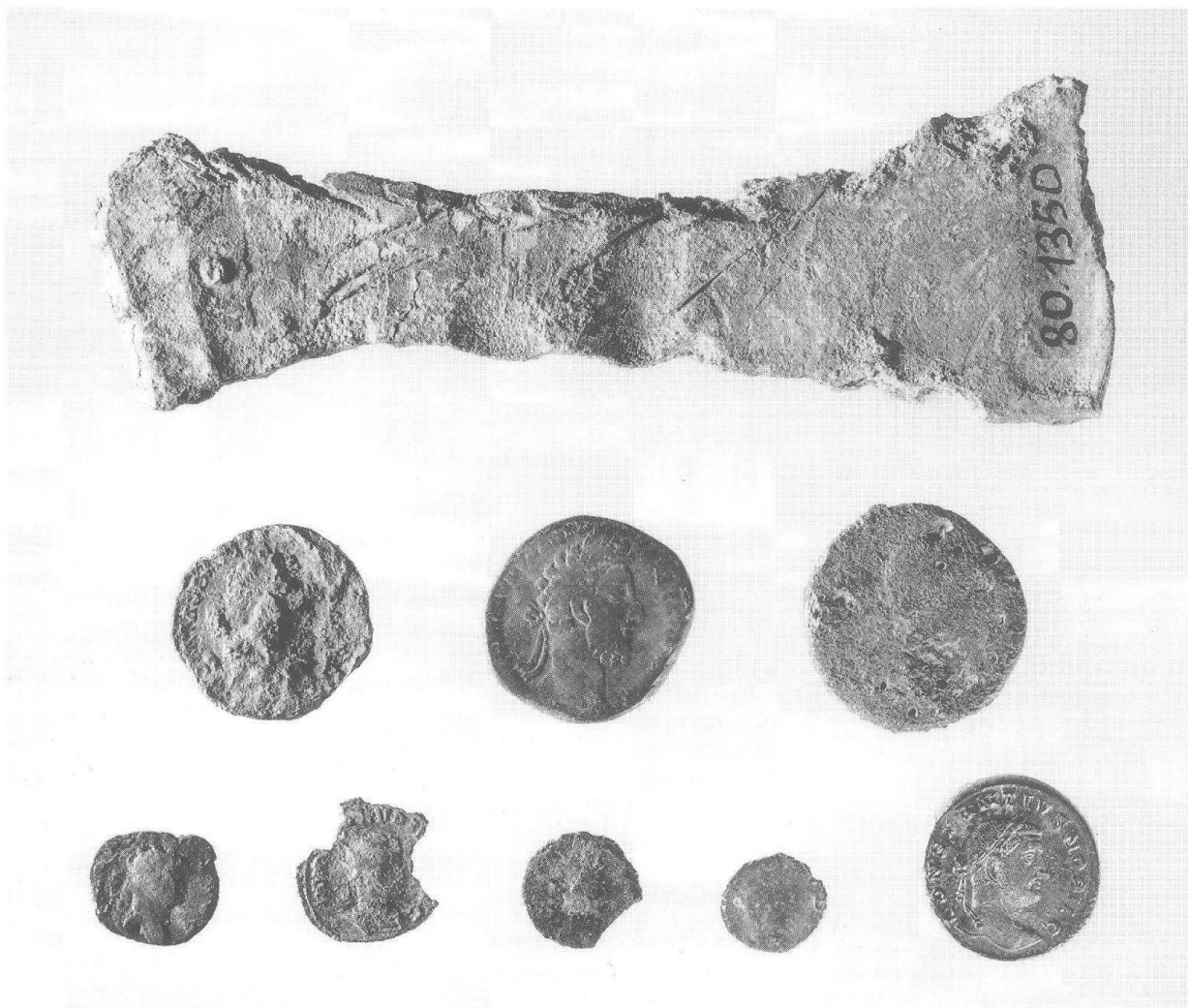


Abb. 5 (Fortsetzung) Augst-Kastelen, Insula 6. M. 1:1.

Seite links: Die Buntmetallfragmente aus Fundkomplex B05828. Das Ensemble ist ein typisches Beispiel aus einer «Bronze»-Werkstatt: kleinste Altmetallreste und Blechstückchen wurden zum Wiedereinschmelzen aufbewahrt, andere Stücke sind Werkabfälle mit Schnitt- und Schrotspuren, wieder andere sind Halbfabrikate. Von oben links nach unten rechts: diverses Altmetall zum Wiedereinschmelzen (Waagschale, Attasche), vier Stäbchen mit Schmiedespuren (darunter – oben rechts – Inv. 1980.1338; es wurde analysiert und besteht aus Messing; vgl. Katalog S. 133 und Tabelle 16), Bronze- und dünne Blechfragmente, Bruchstück einer massiven Grossbronze (Statue), Blechstück mit deutlichen Schnittspuren, geschmiedete und geschrotete Abschnitte. Der Fundkomplex datiert aufgrund der Keramik und Stratigraphie in die 2. Hälfte des 3. und ins frühe 4. Jahrhundert. M. 1:1. Oben: Ergänzend zu den Buntmetallfragmenten befinden sich im selben Fundkomplex B05828 eine längliche Bleiplatte mit deutlichen Schnitt- und Schrotspuren (oben) sowie acht Münzen (von Mitte links nach unten rechts): 1 subferrate Imitation eines Sesterzen, 2 Sesterzen, 4 Antoniniane, 1 Nummus. M. 1:1.

#### Verbreitung und Chronologie des bronze-verarbeitenden Gewerbes im antiken Stadtgebiet

Eine vollzählige Liste und Kartierung aller Buntmetall-verarbeitenden Werkstätten<sup>33</sup> in Augusta Raurica würde den Rahmen dieser Arbeit über die Halbfabrikate und Abfallstücke aus Kupferlegierungen sprengen. Dazu wäre es nötig, neben den hier behandelten

Funden (Abb. 6–8) auch alle Befunde von Schmelzgruben und Werkstatteinrichtungen sowie alle Schmelztiegel und Gussformen zusammenzustellen<sup>34</sup>.

33 Zur bescheidenen Grösse städtischer Buntmetallwerkstätten siehe Gralfs 1994, 75.

34 Vgl. den Entwurf einer Verbreitungskarte der bronzeverarbeitenden Werkstätten: Furger 1989, Abb. S. 53, und die konkreten Befund- und Tiegelbeispiele: Martin 1978, Abb. 1; 18; 20.



Allein die heute bekannten Schmelztiegelfragmente gehen in die Hunderte<sup>35</sup> und müssen Gegenstand einer künftigen Untersuchung bleiben, ebenso die Frage nach der Produktpalette der einzelnen Betriebe<sup>36</sup>.

Die Halbfabrikate und Abfallstücke aus Kupferlegierungen ergeben dank der Differenzierung nach Guss- und Schmiedestücken einerseits und nach den Fundkontextdatierungen andererseits (Tabelle 2) sehr unterschiedliche Verbreitungsbilder:

Im 1. Jahrhundert n.Chr. fallen als erstes einige mögliche Fibelhalbfabrikate und ein allenfalls in denselben zeitlichen Kontext fallender Fehlguss<sup>37</sup> in der Kaiseraugster *Unterstadt* auf (Abb. 6). Sie datieren ab ca. 50 n.Chr. (Tabelle 2, Region 16/17), könnten also noch in die Endphase des dort lokalisierten frühkaiserzeitlichen *Militärlagers* gehören<sup>38</sup>. Dieser Militärposten hat denn auch, trotz erst punktueller Erforschung, sehr viele Fibeln des 1. Jahrhunderts erbracht<sup>39</sup>.

Ebenfalls im 1. Jahrhundert wurde an verschiedenen Orten in den Insulae der Oberstadt Buntmetall verarbeitet (Abb. 6): Am frühesten – fassbar um 1–30 n.Chr. – mit einem geschroteten Blechstück aus der zentralen Insula 31 und mit einem vorerst isoliert dastehenden (verschleppten?) Schmiedehalbfabrikat in einem tiefen Gelniveau in der weit südlich gelegenen Insula 43 (Abb. 6). Dank genügender Konzentration einschlägiger Objekte lassen sich *Werkstätten des 1. Jahrhunderts* an folgenden Stellen postulieren:

- Rund ums Theater (Insula 17 und Region 2,A): Belege für eine *Bronzeschmiede* um 50–65 n.Chr. im Nordwesten<sup>40</sup> und Schmiede- und Gussstücke der 2. Hälfte des 1. Jahrhunderts im Südosten des Ersten Theaters.

35 Die Schmelztiegel und -bruchstücke aus den Augster und Kaiseraugster Ausgrabungen werden im Römermuseum Augst zusammen mit den Eisen- und Bronzeschlacken aufbewahrt. Für die Fundjahre 1906–1979 sind rund 450 Exemplare in einer Sachkartei – allerdings unsystematisch – erfasst. Dies entspricht etwa 0,1% aller inventarisierten Funde des Römermuseums Augst. Hochgerechnet auf den aktuellen Gesamtbestand ist demnach mit rund 1000 Tiegeln und Tiegelfragmenten zu rechnen.

36 Gralfs 1994, 31 und 70, spricht von relativ wenig Spezialisierung in den Werkstätten der nördlichen Provinzen, die am ehesten noch in den städtischen Betrieben fassbar ist (im Gegensatz zu den vielen überlieferten, sehr differenzierten Namen der verschiedenen Spezialhandwerker).

37 Zierscheibe Inv. 1979.21746 (nicht abgebildet).

38 E. Deschler-Erb, M. Peter, S. Deschler-Erb (mit Beiträgen von A. R. Furger, U. Müller und S. Fünfschilling), Das frühkaiserzeitliche Militärlager in der Kaiseraugster Unterstadt. Forschungen in Augst 12 (Augst 1991).

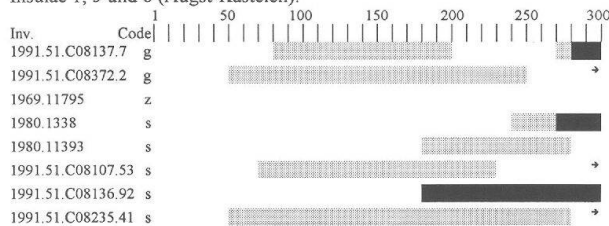
39 Riha 1994, 20f. und 41 («Ein wesentlicher Teil dieser frühromischen Fibeltypen [aus den Regionen 16 und 17] kann in einem Zusammenhang mit den im Militärlager stationierten Soldaten gesehen werden.»).

40 Furger/Deschler-Erb 1992, 19f. Abb. 9; 462 Abb. 244. – Auch beim Fibel(?)halbfabrikat Inv. 1987.54.C04031.129 (Abb. 3.31) könnte es sich um ein verschlepptes Altstück der dortigen Produktion des 1. Jh. handeln (Tabelle 2).

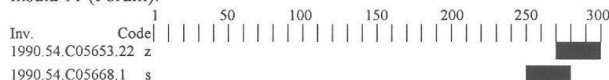
Tabelle 2: Augst/Kaiseraugst. Datierungen der Halbfabrikate und Abfallstücke aus Kupferlegierungen, topographisch geordnet. Die Datierungen erfolgten primär nach der Vergesellschaftung mit Keramik und Münzen in den betreffenden Fundkomplexen, sekundär auch aufgrund stratigraphischer Überlegungen. Die Codes nach den Inventarnummern bedeuten:

- g Gussstücke, Rohgüsse (z.B. Statuetten; nicht zur deformierenden Weiterverarbeitung bestimmt)
- z Gusszapfen
- f Fibelhalbfabrikate und vermutliche Fibelhalbfabrikate (feine Schmiedearbeit)
- s Geschmiedete Objekte (mit Hammerspuren)

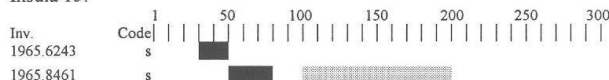
#### Insulae 1, 5 und 6 (Augst-Kastelen):



#### Insula 11 (Forum):



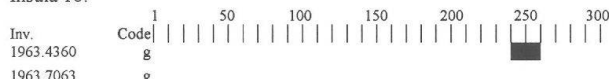
#### Insula 15:



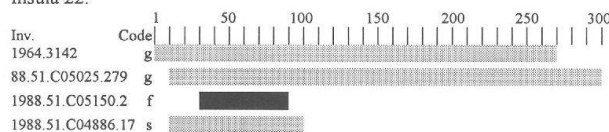
#### Insula 17 (Frauenthermen):



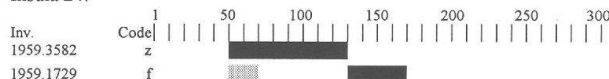
#### Insula 18:



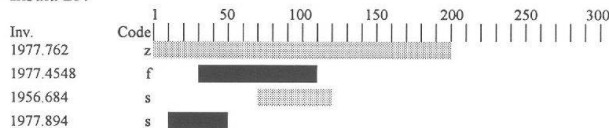
#### Insula 22:



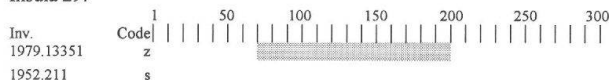
#### Insula 24:



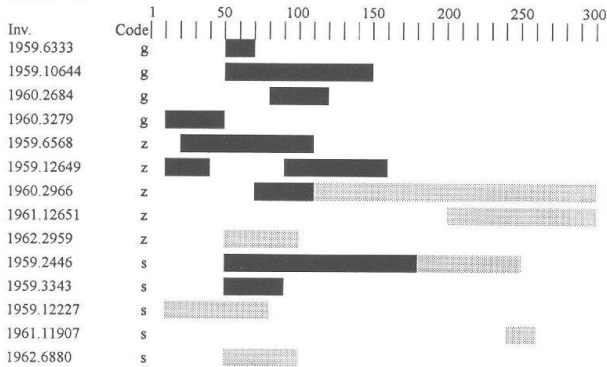
#### Insula 25:



#### Insula 29:



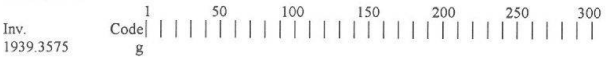
# Insula 30:



# Insula 31:



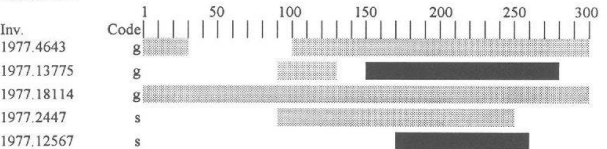
# Insula 32:



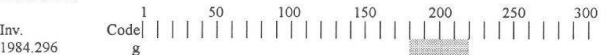
# Insula 33/38 (Augst-«Violenried»):



# Insula 34:



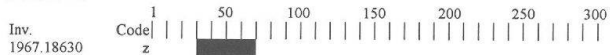
# Insula 36:



# Insula 43:



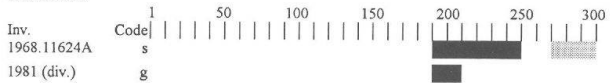
# Insula 48:



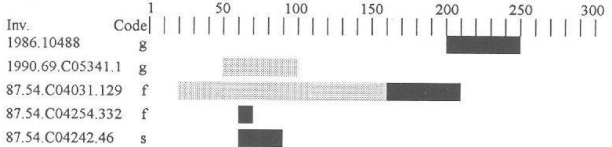
# Insula 49:



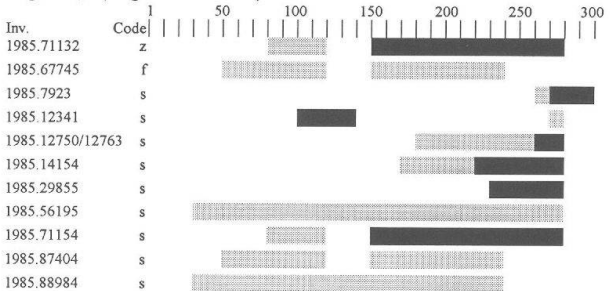
# Insula 50:



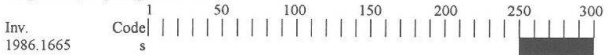
# Region 2,A (Augst-Theater):



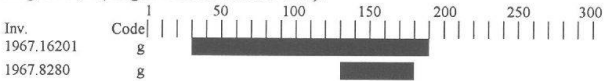
# Region 2,E (Augst-«Turnhalle»):



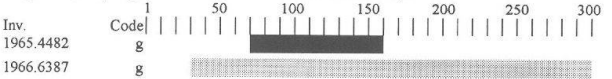
# Region 3,A (Amphitheater):



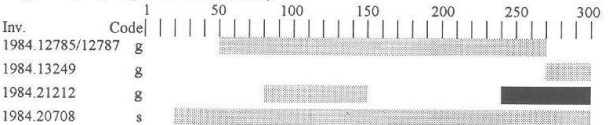
# Region 5,B (Augst-Westtorstrasse-Süd):



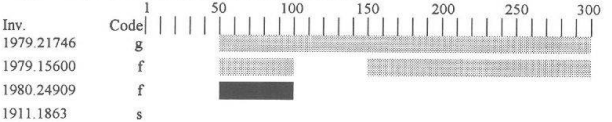
# Region 5,C (Augst-Westtorstrasse/«Kurzenbettli»):



# Region 9,D (Augst-«Obermühle»):



# Region 17,C (Kaiseraugst-«Auf der Wacht»):



# Region 16,D/17,D (Kaiseraugst-«Haberl»):



# Region 20,Z (Kaiseraugst-Kastell-Nordostecke):



# Region 21,E (Kaiseraugst-Castrumstrasse):



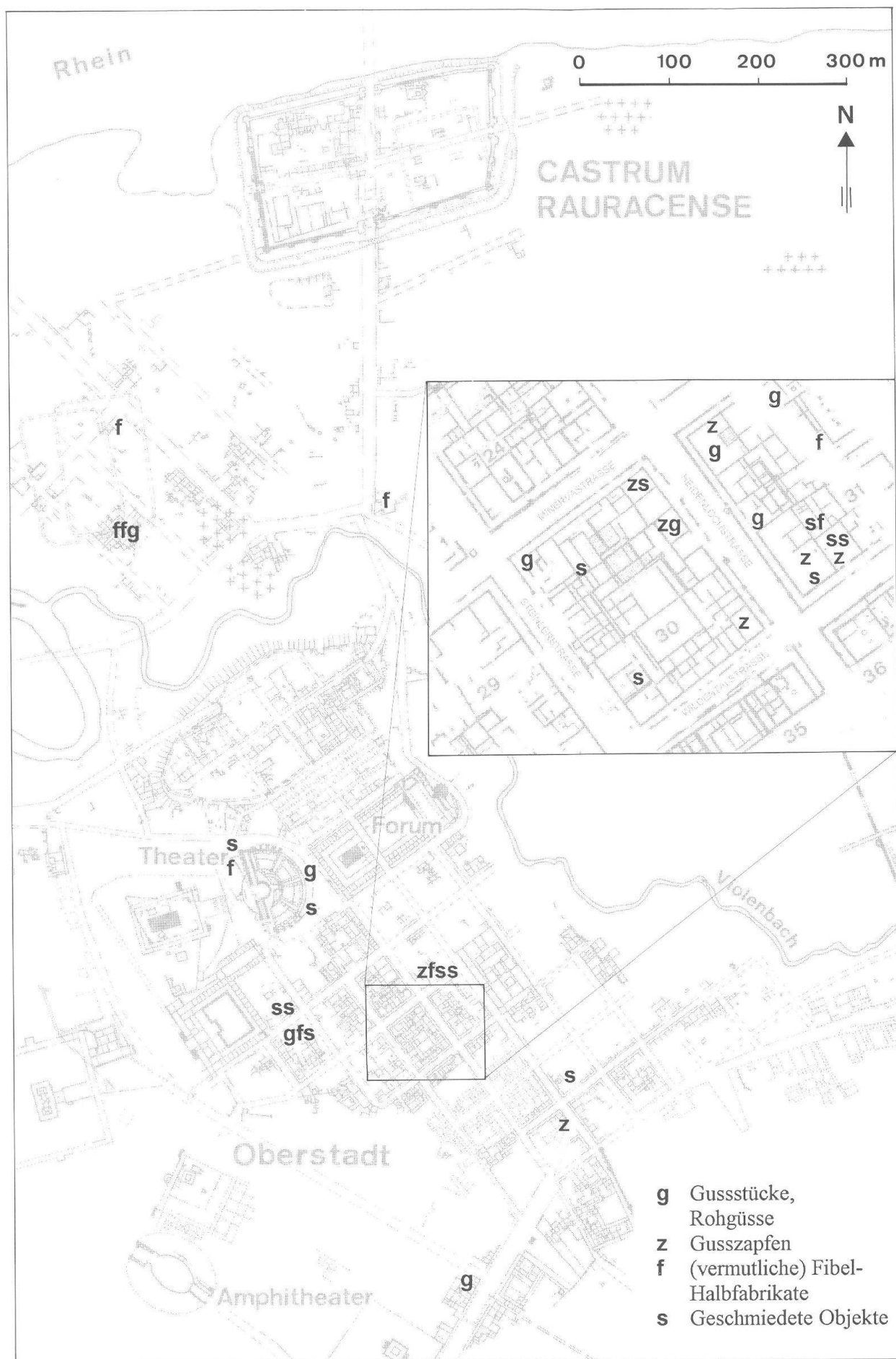


Abb. 6 Augst/Kaiseraugst. Belege zum Buntmetallhandwerk des 1. Jahrhunderts n. Chr. in Augusta Raurica (Stand 1994). Kartiert sind Halfabrikate und Abfallstücke aus Kupferlegierungen, welche die Tätigkeit von Giessern und Schmieden nahelegen (inkl. nicht datierter Funde, die anscheinend ebenfalls in den Kontext des 1. Jh. gehören). Beachte die Konzentration auf einige wenige Insulae im Stadtzentrum. M. 1:6000 (der kleine Kartenausschnitt entspricht in seiner Breite 140 m im Gelände).



Abb. 7 Augst/Kaiseraugst. Belege zum Buntmetallhandwerk des *späten 1. und 2. Jahrhunderts n. Chr.* in Augusta Raurica (Stand 1994). Kartiert sind Halbfabrikate und Abfallstücke aus Kupferlegierungen, welche die Tätigkeit von Giessern und Schmieden nahelegen (inkl. nicht datierter Funde, die anscheinend ebenfalls in den Kontext des *späten 1. und 2. Jh.* gehören). Beachte die Konzentration auf Insulae 30/31 im Zentrum und auf die Südvorstadt. M. 1:6000 (der kleine Kartenausschnitt entspricht in seiner Breite 140 m im Gelände).

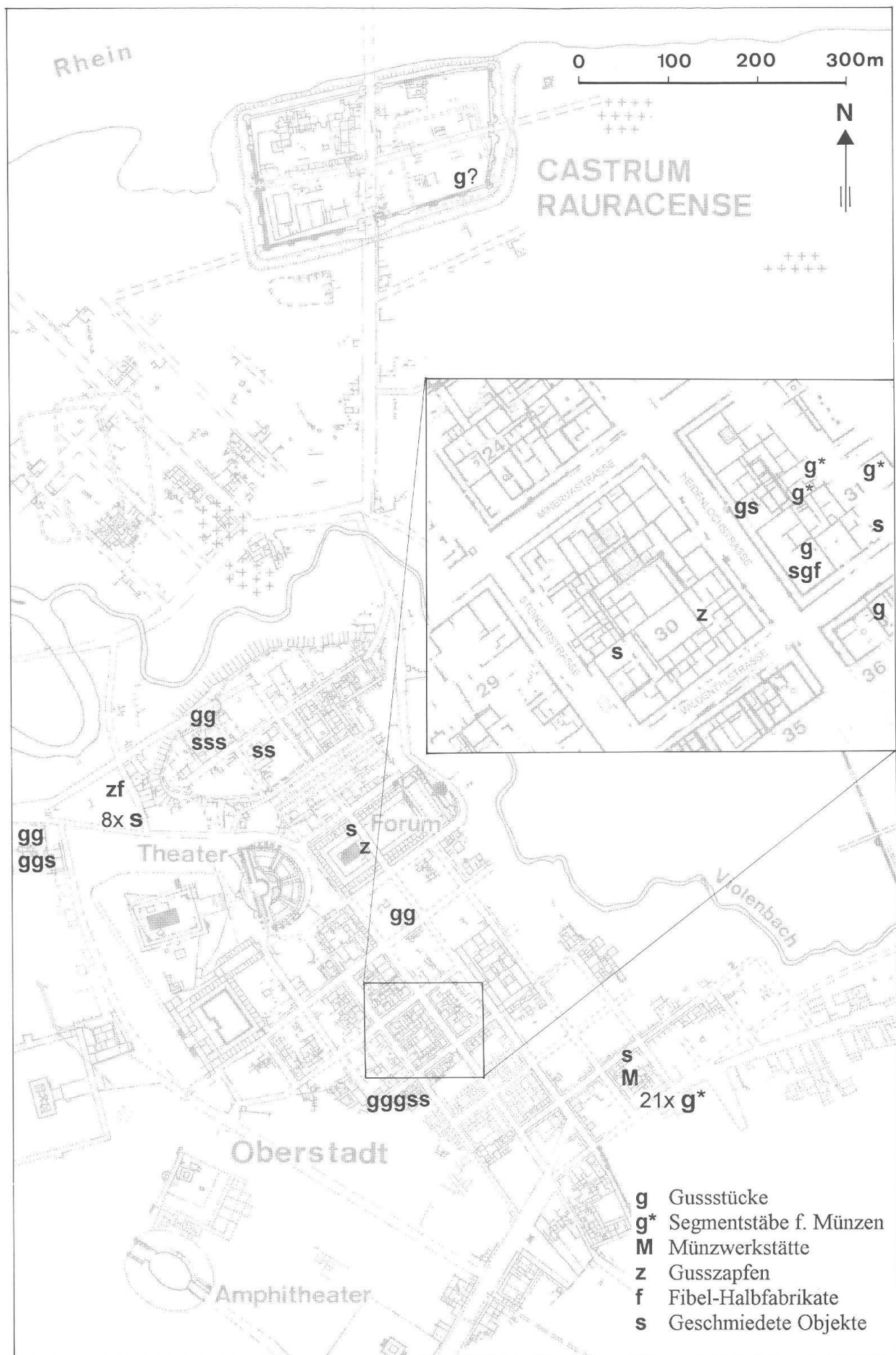


Abb. 8 Augst/Kaiseraugst. Belege zum Buntmetallhandwerk des *späten 2. und 3. Jahrhunderts n.Chr.* in Augusta Raurica (Stand 1994). Kartiert sind Halbfabrikate und Abfallstücke aus Kupferlegierungen, welche die Tätigkeit von Giessern und Schmieden nahelegen (inkl. nicht datierter Funde, die anscheinend ebenfalls in den Kontext des *späten 2. und 3. Jh.* gehören). Beachte die Dezentralisierung an den Nord- und Nordostrand der Oberstadt und die Münzwerkstätte in Insula 50 im Süden. M. 1:6000 (der kleine Kartenausschnitt entspricht in seiner Breite 140 m im Gelände).



- Insulae 15 und 22: Aus diesen benachbarten Insulae stammen mehrere Schmiede- und ein Fibelhalbfabrikat etwa aus dem mittleren Drittel des 1. Jahrhunderts<sup>41</sup>.
- Insula 30<sup>42</sup>: In der Nordhälfte, vermutlich in einer *fabrica* in der Nordostecke, sowie zwei Räume weiter südlich, ferner ab flavischer Zeit in der Werkstatt in der Insula-Südostecke<sup>43</sup>.
- Insulae 25 und 31: mehrere, gut datierte Funde sowohl der 1. Hälfte als auch der 2. Hälfte des 1. Jahrhunderts (Tabelle 2). In Insula 31 scheinen sich mehrere Werkstätten, sowohl im Nord- als auch im Südteil, anhand der Funde abzuzeichnen. Schmiedehalbfabrikate beschränken sich auf die Insula-Südwestecke!

Das Bild im 2. Jahrhundert bleibt sich in der Oberstadt etwa gleich (Abb. 7): In den Insulae 30 und 31 wird weiter Buntmetall gegossen<sup>44</sup> und stellenweise auch geschmiedet, und Insula 31 scheint als Spezialität vorübergehend im späten 1. und früheren 2. Jahrhundert auch Fibeln aus Messing hergestellt zu haben (Abb. 3, 21.22.24.25). Im Süden der Stadt an der Westtorstrasse (Region 5,B und 5,C) und in Insula 24 scheinen sich etwa in der 1. Hälfte des 2. Jahrhunderts neue Buntmetall-Werkstätten etabliert zu haben (Abb. 7)<sup>45</sup>.

Ein spürbarer Wechsel ist im 3. Jahrhundert festzustellen (Abb. 8): Die Betriebe in den zentralen Insulae 15/22, 24 und 25 produzierten schon lange nicht mehr, und auch die Werkstätten mit langer Tradition in den Insulae 30 und später auch 31 scheinen grösstenteils aufgegeben worden zu sein (Tabelle 2). Dies entspricht einer allgemeinen Tendenz bei städtischen Metallwerkstätten<sup>46</sup>. Wohl um 200 ist im Zentrum

von Insula 31 eine kleine Konzentration von sogenannten Segmentstäben festzustellen (Abb. 8,g\*), die der *Münzenproduktion* dienen<sup>47</sup>.

Nur an wenigen anderen Objekten wurde damals in diesen zentralen Stadtinsulae noch gearbeitet, wie die wenigen sicher ins 3. Jahrhundert datierten Abfallstücke zeigen: der Gusszapfen Inv. 1961.12651 und die Gefässrondelle Inv. 1961.11907 (Abb. 4,37) aus Insula 30 sowie der Gussrohling Inv. 1964.226 und die geschmiedeten Stäbchen Inv. 1963.11637 bzw. 1963.12177 (Abb. 4,38.40) aus Insula 31. Die Fundlagen dieser späten Stücke zeigen, dass im fortgeschrittenen 3. Jahrhundert nur noch in den Werkhallen in der Mitte der Westfront und in der Südwestecke von Insula 31 sowie im Süden von Insula 30 produziert wurde (vgl. Abb. 7 mit Abb. 8). Die 11×9 m messende *Fabrica* in der Südostecke der Insula 30 gehört zu den am besten dokumentierten und wohl auch zu den am längsten in Betrieb stehenden Bronzegiessereien in Augst<sup>48</sup>.

Die aus dem Stadtzentrum abgewanderten Betriebe fanden jedoch Ersatz in den *Aussenquartieren*, so bereits ab etwa 200 n.Chr. in der Insula 34<sup>49</sup>, ab etwa 220 n.Chr. in der Region 2,E nordwestlich des Theaters («Turnhalle»<sup>50</sup>) und in der 2. Hälfte des 3. Jahrhunderts noch etwas ausserhalb davon in Region 9,D («Obermühle»<sup>51</sup>) sowie gleichzeitig auch auf Kastelen in den Insulae 1 und 6 (Abb. 8 und Tabelle 2). Erwähnenswert ist die Tatsache, dass von diesen späten Fundstellen die Region 2,E vorwiegend *Schmiedehalbfabrikate*<sup>52</sup>, die Region 9,D hingegen vor allem *Gussstücke* und *Schmelzriegel* geliefert haben – ein schönes Beispiel für die unterschiedliche Spezialisierung<sup>53</sup> dieser Werkstätten!

41 Vorerst liegen, ausser einem nicht datierten Gussstück, keine sicheren Belege für Giessertätigkeit im 1. Jh. in den Insulae 15 und 22 vor. Das Bild könnte sich bei der Aufarbeitung der Augster Tiegele Funde allerdings noch erweitern.

42 Laur-Belart 1970.

43 Vgl. unten mit Anm. 48.

44 Laur-Belart 1970; Graf 1994, 24. – Dafür sprechen auch die zahlreichen Schmelzriegel aus eben diesen Insulae (unpubliziert).

45 Auch an diesen Fundstellen fanden sich zahlreiche Schmelzriegel (unpubliziert).

46 Graf 1994, 77f.

47 Peter 1990, Taf. 3,22.23; 4,24.

48 Der Befund der Grabung 1962.51 ist noch nicht aufgearbeitet und publiziert (kurze Erwähnung bei Martin 1978, 118). Unter den Funden und Befunden sind zu erwähnen: eine mit Ziegelplatten ausgekleidete Schmelzgrube (Inv. 1962.13279), ein schlanker Steckamboss aus Eisen (Inv. 1962.13280), mehrere Schmelzriegel (z.B. Inv. 1962.2929), ein Schleifstein (Inv. 1962.2263), ein trogartiges Gebilde mit Lehmauskleidung und Holzkohlefüllung sowie sehr viele Bronze-«Altsachen», die als Metallvorrat zum Wiedereinschmelzen interpretiert werden können (z.B. Finger einer Statue Inv. 1962.3291). – Eine respektable, geschlossene Münzserie von Vespasian bis Gordian (z.T. auch als «Altmetall» gesammelt?) und die Keramik datieren die Dauer der Metallverarbeitung in der Nordostecke von Insula 30 in die Zeit um 70 bis 240 n.Chr. (zu den Fundmünzen vgl. M. Peter, Fundmünzen aus Augst. Inventar der Fundmünzen der Schweiz 3 [in Vorbereitung]).

49 Wir vermuten, dass diese späte Werkstatt in direktem Zusammenhang steht zum sogenannten «Schrottfund» von 1961 aus der unmittelbaren Nachbarschaft in Insula 28, der als Altmetalldepot bzw. als Metallvorrat für neue Güsse interpretiert werden muss. In diesem Sinne äussert sich unten auch J. Riederer (S. 162 mit Tabelle 14), der in einigen Augster Bronzegussteilen exakt dieselbe Legierung wie in den beiden Pferden aus dem «Schrottfund» feststellen konnte. Vgl. B. Janietz Schwarz, Römische Reparatur- und Verbindungstechniken. Die beiden Reiterstatuen aus dem «Schrottfund» in Augusta Raurica. Restauro 1994, 394ff.; Janietz Schwarz/Rouiller 1995.

50 Obwohl die Grabung 1985.51 Unmengen von Funden zutage brachte, konnten keine Einrichtungen einer Metallwerkstatt beobachtet oder erkannt werden (unpubliziert).

51 Grabung 1984.52 (unpubliziert). Zu den sehr späten, noch schwer zu deutenden Aktivitäten in diesem Areal vgl. A. R. Furger, P.-A. Schwarz et al., Augusta Raurica. Jahresbericht 1991. JbAK 13, 1992, 5ff. bes. 40 Anm. 59 Abb. 29.

52 Auch in Pompeji ist eine Arbeitsteilung und Spezialisierung der Werkstätten erkennbar. Es lassen sich dort Giessereien, «Kupferschmieden» für Gefässe und sogar ein Handwerksbetrieb ausmachen, «der sich technisch hauptsächlich auf aus Blech ausgeschnittene Gegenstände spezialisiert hatte»: B. Graf, Metallverarbeitende Produktionsstätten in Pompeji. BAR (British Archaeological Reports) International Series 433 (Oxford 1988) 12ff. Taf. 6–10 und 50ff. bes. 53.

53 Ein Musterbeispiel einer hochspezialisierten Bronzewerkstatt ist die Giesserei für Katapult-Spannbuchsen auf dem Auerberg: H. Drescher und D. Baatz, in: G. Ulbert, Der Auerberg I. Topographie, Forschungsgeschichte und Wallgrabungen. Münchner Beiträge zur Vor- und Frühgeschichte 45 (München 1994) 133ff. und 173ff.

# Metallfarbe und Struktur von Bronzen und Messingen

Alex R. Furger

## Farbe und Struktur neuzeitlicher Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronzen)

**Farbe:** Reines, nicht legiertes Kupfer ist bekanntlich «rot, glühend aber leuchtet es blaugrün.» Es ist «dehnbar und zäh»<sup>54</sup>. Bei Zinnbronzen verändert sich die Legierungsfarbe und -eigenschaft und wird mit zunehmendem Zinnanteil heller<sup>55</sup> und in einem gewissen Rahmen auch härter. Je geringer der Zinnzusatz demzufolge ist, um so röter ist die Farbe der Bronze, und bereits 30% Zinnzusatz genügen, um der Legierung eine weisse Farbe zu geben.<sup>56</sup>

**Schmiedbarkeit:** Ausgeglühte und rasch abgeschreckte Bronzen mit bis zu maximal 14% Zinnanteil<sup>57</sup> sind duktil genug, um kaltverformt zu werden<sup>58</sup>. «Durch Erhitzen und *langsames* Abkühlen erlangen die angelassenen Sachen ihre frühere Härte wieder.»<sup>59</sup>

**Zähigkeit und mögliche Beanspruchung:** Für extreme physikalische Beanspruchung ist ein Kompromiss zwischen elastischem (aber weichem) Kupfer und harter (aber spröder und brüchiger) zinnreicher Bronze zu finden: Die «Legierung mit 9,1% Zinn (Kanonengut) ist die stärkste und festeste von allen ...»<sup>60</sup>.

**Härte, Sprödigkeit und Polierbarkeit:** «Die Härte wächst mit dem Zusatz von Zinn, und eine Legierung mit 27,2% Zinn lässt sich nur schwer mit der Feile bearbeiten; die Sprödigkeit steigt mit dem Zinngehalt bis zu einem Gehalt von 50% Zinn.»<sup>61</sup> Solche Legierungen eignen sich nur noch für den Formguss. So ist auch das bekannte «Glockenmetall» mit Zinnanteilen von 20–30% «gelblichgrau, spröde und feinkörnig»<sup>62</sup>. «... Bei noch höheren Zinngehalten (bis 40%) entstehen weisstrahlende Legierungen; sie sind wie die Glockenbronzen spröde und hart, lassen sich aber vorzüglich polieren. Sie dienten deshalb schon im Altertum als Material für die Bronzespiegel; daher heissen sie heute Speculumlegierungen (*speculum* = Spiegel).»<sup>63</sup>

**Einfluss des Bleianteils:** Tritt mit einem extrem hohen Zinngehalt auch noch ein deutlicher Bleianteil hinzu, haben wir die typische Legierung römischer Spiegel aus Augusta Raurica vor uns<sup>64</sup>, die sich im Fundgut als extrem hart, auf Hochglanz poliert, wenig korrosionsanfällig und vor allem äusserst brüchig erweist. «Blei macht Bronze leichtflüssiger, zäher, leichter feil- und drehbar ...»<sup>65</sup>.

**Einfluss des Eisen- und Zinkanteils:** «... durch wenig Eisen wird Kupfer härter, zäher und weniger zur Blasenbildung geneigt, mehr als 2% Eisen ist nachteilig. Ähnlich verhält sich ein Zusatz von 2% Zink; grösserer Zinkgehalt erhöht die Farbe und nähert die Bronze dem Messing.»<sup>66</sup>

## Farbe und Struktur neuzeitlicher Kupfer-Zink-Legierungen (Messinge und Tombak)

«Während die Kupfer-Zinn-Legierungen mit geringem Zinnzusatz immer einen orangeroten Farbton zeigen, besitzen die Kupfer-Zink-Legierungen ausgesprochen gelbe<sup>67</sup> Farbe, die bei hohem Zinkgehalt in graugelbe Töne übergeht.»<sup>68</sup> «Schon ein niedriger Zusatz von Zink zu Kupfer verändert dessen Farbe, wobei bis zu etwa 14% Zinkzusatz die Farbe noch rotgelb bleibt, von da bis 20% Zink eine bräunlichgelbe Farbe entsteht, und von da ab eine hellgelbe Farbe.»<sup>69</sup> Zinkreiches Messing schliesslich «ist an seiner weissen Farbe und an seinem muscheligen Bruch kenntlich ..., kupferreiches an seinem mehr rötlichgelben Aussehen und dem feinkörnigen Bruch ...»<sup>70</sup>

«Messing mit einem Zinkgehalt bis zu 18% und entsprechendem Zinnzusatz hat orangerote Farbe und wird als *Rotguss* bezeichnet.»<sup>71</sup>

«Bei einem Zinkgehalt von 10 bis 33% bezeichnet man Messing als *Tombak*. ... Seine Farbe ist rötlich bis goldbraun ...»<sup>72</sup>

54 Braun-Feldweg 1968, 251. – Vgl. ergänzend auch Theophilus Presbyter (unten Anm. 242); Metzger 1927, 37f.; Fröhlich 1955, 8; Moesta 1983, 6ff.

55 Das Konversationslexikon von 1897 (Meyer 1897) gibt folgende Farbabstufungen: 99–90% Cu: kupferrot oder dunkel rotgelb; 88% Cu: orange gelb; 85% Cu: rein gelb; 80% Cu: gelblichweiss; <80% Cu: weiss und zinnähnlich.

56 Häntzschel-Clairmont 1911/12, 57. – Vgl. auch Einsiedel 1988, 22.

57 Nach mündlicher Auskunft des praktisch erfahrenen Metallhistorikers Alfred Mutz vom 4.7.1984 ist Zinnbronze nur bis maximal 7% Sn kalt verform- und schmiedbar (nach Hinzmann 1941, 47, bis 10% Sn). – Nach eigenen Versuchen liegt unsere Testlegierung R mit rund 13% Zinn an der Grenze der Schmiedbarkeit, während die Legierungen T und S mit rund 7% bzw. 3% Zinn gut schmiedbar sind (vgl. unten mit Abb. 12).

58 Moesta 1983, 52.

59 Meyer 1897. – Dieser Sachverhalt zeigte sich auch bei unseren Klangtests und bei vergleichenden Versuchen mit Stichel, Meissel und Punzen (vgl. unten mit Abb. 14–16).

60 Meyer 1897.

61 Meyer 1897.

62 Häntzschel-Clairmont 1911/12, 58.

63 Braun-Feldweg 1968, 252.

64 Stern 1986. – Vgl. allerdings die wichtigen Einschränkungen von Kaufmann-Heinimann/Liebel 1994, 229f. zu den Blei- und Kupfergehalten bei Röntgenfluoreszenzanalysen.

65 Meyer 1897.

66 Meyer 1897. Vgl. auch die Ausführungen zu den «Eisenbronzen» (bzw. «Duranmetall») unten S. 176.

67 «Hellgelb bis goldgelb» (Metzger 1927, 39).

68 Häntzschel-Clairmont 1911/12, 59.

69 Metzger 1927, 39.

70 Schmid 1946, 45.

71 Häntzschel-Clairmont 1911/12, 59.

72 Steines 1984, 14. – Nach Braun-Feldweg 1968, 252 haben Tombaklegierungen «Farben von kupferrot nach messinggelb» (Zn-Anteile: «Rottombak» 10%, «Goldtombak» 15%, «Hellrottombak» 20%; vgl. Tabelle 21).

## Beobachtungen bei der Entnahme der Bohrproben

(unter Mitarbeit von Silvio Falchi)

Die Entnahme der Proben an den Augster Halbfabrikaten und Werkstattabfällen wurde mit einem Bohrer, in der Regel von 1 mm Durchmesser, bewerkstelligt. Dieses Vorgehen hat verschiedene Vorteile: Es beeinträchtigt das Original nur geringfügig, es erfasst nicht die stark veränderte Objektoberfläche<sup>73</sup> und es garantiert einen *Querschnitt* durch die möglicherweise nicht ganz homogene Legierung – zumindest auf der Strecke der Bohrtiefe von rund 3–5 mm.

Dem mit der Beprobung beauftragten Techniker, Silvio Falchi, ist schnell aufgefallen, wie unterschiedlich hart die Originalfunde zu bohren sind und wie

Tabelle 3: Augst/Kaiseraugst. Beobachtungen an den *Bohrspänen* (Ø 1 mm) anlässlich der Probenentnahme an Halbfabrikaten und Abfallstücken aus Kupferlegierungen: *kupferrote, kupferbraune oder rötliche; lange, z.T. lockenförmige Späne*. Rechte Kolonne: Analyseresultate (*sortiert* nach Farbe, Glanz und Konstistenz der Späne; vgl. auch Tabellen 4–7; eine Auswahl davon auch in Tabelle 8).

Inv.	kupferrote, kupferbraune, rötliche Späne; lang, z.T. lockenförmig → "Reinkupfer" (95-100 % Cu)	Cu	Sn	Pb	Zn
1986.1665	lange, kupferbraune Späne; vermutlich Kupfer	99,84	<0,25	0,05	<0,01
1959.2446	an der Oberfläche braunes Oxyd, dann gute Späne	99,62	0,13	0,08	0,03
1978.11246	an der Oberfläche zuerst rotbraunes Oxydpulver, dann mittellange, kupferrote Späne	99,42	0,37	<0,03	0,05
1966.864	lange, kupferrote Späne	99,14	0,44	0,11	0,01
1964.9817	lange Späne	98,97	0,50	0,10	0,02
1961.11907	lange, lockenförmige, kupferrote Späne; vermutlich Kupfer	98,29	1,24	0,25	0,01
1985.71132	an beiden vermuteten Gusskanälen: - einmal lange, rötliche Späne (kupferartig); - bei der zweiten Probe sehr kurze, rötliche Späne, mit braunem Oxydpulver (ausgesch.) durchsetzt	97,76	1,32	0,18	0,07
		96,57	2,08	0,16	0,12
1963.11717	lange, lockenförmige, kupferrote Späne; vermutlich Kupfer	97,74	1,53	1,53	0,03
1966.1163	kurze, rötliche Späne	97,26	0,31	0,19	0,01
1965.8461	lange, lockenförmige, kupferrote Späne; vermutlich Kupfer	96,94	2,59	0,03	0,07
1965.6243	mittellange, rot-gelbe Späne	96,17	3,28	0,15	0,13
1985.12750	zwei Teilbohrungen; lange, kupferrote Späne; vermutlich Kupfer	95,91	2,93	0,85	0,12
1990.54. C05668.1	zwei Teilbohrungen; lange, kupferrote Späne; vermutlich Kupfer	95,86	1,80	2,06	0,04
1987.54. C04242.46	lange, kupferglänzende Späne; vermutlich Kupfer	95,32	1,92	2,66	<0,01
1986.56195	zwei Teilbohrungen; lange, lockenförmige, rote Späne; möglicherweise Kupfer	95,27	4,49	0,10	<0,01
1984.13249	mittellange, rötliche Späne	95,22	4,58	0,03	<0,01

stark Farbe und Struktur der Bohrspäne variieren. Es ist ausserordentlich zu begrüßen, dass S. Falchi die Elastizität bzw. Sprödigkeit («spröde Krümel» bis «lockenförmig Spiralen») und die Metallfarben der Bohrproben protokolliert hat. Ich habe seine spontan entstandenen Formulierungen – vorerst ohne Beachtung der Analyseresultate – nach Struktur und Farbe sortiert. Dabei stellte sich heraus, dass ähnliche Beobachtungen an den Bohrspänen in der Regel auch ähnliche Legierungen betreffen. Die Dritt- und Viertpartner (Blei; Zink bei Bronzen, Zinn bei Messingen) können diese Gruppierungen allerdings beeinträchtigen. Probegruppen mit jeweils ähnlicher Bohrspan-Charakteristik sind in den Tabellen 3 bis 7 zusammengestellt und mit den Analyseresultaten der Hauptkomponenten Kupfer (Cu), Zinn (Sn), Blei (Pb) und Zink (Zn) ergänzt. Alle Proben mit relativ langen Spänen in Lockenform werden in Tabelle 8 nochmals gesondert dargestellt.

Alle als *kupferrot, kupferbraun oder rötlich* beschriebenen Proben gehören zu Legierungen mit über 95% Kupfer (Tabelle 3). Zinkarmes Messing (Tombak; vgl. Tabelle 21) findet sich darunter nie, hingegen Bleibemengungen von bis zu 2,7%. Nebst «Reinkupfer» mit über 98% Cu fällt in diese Gruppe vor allem Zinnbronze mit 4,6% Sn, also noch gut schmiedbares Material. Die Späne sind grösstenteils lang und zeugen von wenig sprödem Metall; dennoch – und trotz des hohen Kupfergehalts – sind die Späne von zwei Proben kurz (Tabelle 3).

Tabelle 4: Augst/Kaiseraugst. Beobachtungen an den *Bohrspänen* (Ø 1 mm) anlässlich der Probenentnahme an Halbfabrikaten und Abfallstücken aus Kupferlegierungen: *rötlichgelbe, goldgelbe oder bräunliche Späne*. Rechte Kolonne: Analyseresultate (*sortiert* nach Farbe, Glanz und Konstistenz der Späne; vgl. auch Tabellen 3 und 5–7; eine Auswahl davon auch in Tabelle 8).

Inv.	rötlichgelbe, goldgelbe, bräunliche Späne → Zinnbronzen (3,4-12 % Sn, 73-95 % Cu)	Cu	Sn	Pb	Zn
1972.7420	mittellange, rötlich-gelbe Späne	94,86	4,78	0,02	0,06
1991.51. C08136.92	zwei Teilbohrungen; lange, lockenförmige, rot-glänzende Späne	91,11	8,39	0,05	<0,01
1986.10488	kurze, gelb-glänzende Späne, in ca. 2,5 mm Tiefe Lunker	90,40	8,61	0,66	0,08
1977.18114	kurze bis mittellange, goldfarben glänzende Späne	87,38	12,02	0,40	0,01
1962.10816	mittellange, goldgelbe Späne	85,50	8,12	1,66	4,17
1985.7923	mittellange, goldgelb glänzende Späne	82,77	8,33	8,46	0,17
1965.4482	mittellange Späne, goldgelb	75,03	3,45	7,49	13,31
1960.3270	mittellange, goldgelbe Späne	73,88	4,11	11,54	9,59

73 Vgl. zur Problematik von nur oberflächennahen Analysen, insbesondere im Röntgenfluoreszenzverfahren, und bei korrodierten Oberflächen: Kaufmann-Heinimann/Liebel 1994, bes. 229f. Tabelle 1 und 2; Pernicka/Eggert 1994, 1042f. sowie die in zwei verschiedenen Verfahren analysierten Löffel-Fehlgüsse Inv. 1907.1363, 1963.4360 und 1967.18343 (oben, Tabelle 1).



Tabelle 5: Augst/Kaiseraugst. Beobachtungen an den *Bohrspänen* ( $\varnothing$  1 mm) anlässlich der Probenentnahme an Halbfabrikaten und Abfallstücken aus Kupferlegierungen: *krümelige bzw. kurze (spröde) Späne*. Rechte Kolonne: Analyseresultate (*sortiert* nach Farbe, Glanz und Konstistenz der Späne; vgl. auch Tabellen 3, 4, 6 und 7; eine Auswahl davon auch in Tabelle 8).

Inv.	krümelige bzw. kurze (spröde) Späne <i>Blei meist über 0,5 % Pb, meist Bleibronze und Bleimessing (2-37 % Pb), selten bleiarmer Bronze (8-11 % Sn) selten bleiarmer Messing (10-20 % Zn)</i>	Cu	Sn	Pb	Zn
1977.762	an beiden Gusskanälen entnommen: - einmal sehr kurze, krümelige, rotbraune Späne (lässt sich gut bohren); - beim anderen Ende kurze, krümelige, kupferrote Späne	97,87 97,56	0,27 0,28	1,63 1,93	0,03 <0,01
1977.12567	sehr kurze, goldgelb glänzende Späne	92,09	6,41	1,95	0,33
1963.4360	zwei Bohrungen an der Laffeninnenseite: - einmal nur kaffeebraunes und dunkelgrünes Oxypulver, - bei der zweiten Bohrung kurze, krümelige Späne	? 90,60	? 7,82	? 0,47	? 0,78
1977.4643	zwei Bohrungen: - kurze, bräunliche Späne, durchmischt mit kaffeebraunem Oxypulver (ausgeschieden); - kurze, bräunliche Späne, Oberfläche mit grüner, sehr harter Oxydschicht	90,32 88,57	8,32 9,52	1,09 1,61	<0,01 <0,01
1990.54. C05653.22	kurze, krümelige, rötlich-gelbe Späne	88,99	9,59	0,54	0,72
1938.4161	sehr kurze Späne, hart zu bohren, - in der ersten Probe schmutzig-schwarz, - in der zweiten Probe schmutzig-grau	88,62 ?	10,88 ?	0,39 ?	<0,01 ?
1963.7063	sehr kurze, dunkle Späne	88,57	6,45	1,78	2,87
1985.12341	sehr lange, lockenförmige, gelb glänzende Späne; in ca. 2,5 mm Tiefe krümelige, mit kaffeebraunem Oxypulver (ausgesondert) vermischte Späne	87,39	6,46	0,97	4,78
1967.18343	kurze, dunkelgelbe Späne	82,58	6,10	0,48	10,43
1986.26523	sehr kurze, krümelige Späne	81,22	1,64	1,17	15,63
1963.12282	kurze, krümelige, glänzende Späne	80,21	10,46	8,70	0,23
1977.894	zuerst langer Span, dann nur noch kurze, krümelige Späne mit Oxyd durchsetzt; nach ca. 2 mm Bohrtiefe grosse Kaverne	79,33	0,53	0,19	19,70
1991.51. C08372.2	kurze, krümelige, hellgraue Späne	77,12	8,32	14,11	0,17
1988.51. C05150.2	zwei Teilbohrungen; - kurze, krümelige Späne; - beim zweiten Bohrloch zuerst langer Span, dann krümelig, - nach ca. 1 mm Tiefe graues Oxyd aus einer Kaverne	? 76,85 ?	? 0,58 ?	? 0,11 ?	? 22,01 ?

1984.296	mittellange, krümelige, helle Späne	76,83	4,76	16,53	1,66
1978.13279	kurze bis mittellange Späne	75,77	4,93	9,02	9,70
1966.6387	kurze, krümelige Späne	75,62	10,83	13,84	0,20
1978.414	kurze, krümelige Späne	75,30	6,41	16,63	1,21
1990.69. C05341.1	sehr kurze, glänzende Späne	71,30	7,47	20,58	0,39
1964.226	kurze, helle Späne; gut zu bohren	68,79	7,21	11,11	12,19
1978.4621	kurze, helle Späne	68,50	7,11	22,81	1,02
1979.13351	erste Probebohrung am Gusskanal unbrauchbar (sehr hart, nur braunes Oxyd); drei Proben aus einer Bohrung zwischen Hals und Trichter: a) oberflächlich kurze, gelbe Späne; b) ab 3 mm Tiefe silbrig-glänzende Spänchen und weisses Pulver; c) ab 4 mm Tiefe graues Pulver	68,03 27,28 ?	15,41 32,28 ?	14,42 37,26 ?	1,56 0,92 ?
1988.51. C05025.279	sehr kurze, krümelige, silbergrau-gelb glänzende Spänchen; hart zu bohren	66,76	21,50	10,66	0,14
1984.21212	kurze, krümelige, helle Späne	65,97	7,26	26,57	0,02
1907.1363	kurze, hellgelbe Späne	59,55	4,40	35,49	0,35

Tabelle 6: Augst/Kaiseraugst. Beobachtungen an den *Bohrspänen* ( $\varnothing$  1 mm) anlässlich der Probenentnahme an Halbfabrikaten und Abfallstücken aus Kupferlegierungen: *hellgelbe, z.T. goldgelb glänzende Späne*. Rechte Kolonne: Analyseresultate (*sortiert* nach Farbe, Glanz und Konstistenz der Späne; vgl. auch Tabellen 3-5 und 7; eine Auswahl davon auch in Tabelle 8).

Inv.	hellgelbe, z.T. goldgelb glänzende Späne → meist Messing (7-21 % Zn)	Cu	Sn	Pb	Zn
1967.18830	drei Teilbohrungen; mittellange bis lange, hellgelbe Späne	89,76	9,64	0,22	0,23
1977.3733	lange, gelb-glänzende Späne	87,49	0,86	0,24	11,16
1985.29855	lange, lockenförmige, hellgelbe Späne	86,83	4,51	0,75	7,26
1984.12785	mittellange, gerade, hellgelbe Späne	84,58	15,21	0,06	0,01
1977.14092	zwei Bohrungen: - mittellange, lockenförmige, hellgelbe Späne - mittellange, lockenförmige, hellgelbe Späne	84,18 84,59	3,86 4,08	0,57 0,57	10,76 10,13
1977.13775	mittellange, hellgelbe Späne	83,96	8,67	6,48	0,58
1963.11683	lange, lockenförmige, goldgelb glänzende Späne	83,32	3,84	0,55	11,70
1969.11795	lange, hellgelbe Späne	82,69	2,96	1,83	11,90
1959.1729	zwei Teilbohrungen; mittellange, hellgelb-glänzende Späne	81,18	1,93	0,20	16,18
1985.14154	sehr lange, lockenförmige, hellgelbe Späne	80,80	3,74	0,69	14,40
1967.16201	halblange, helle Späne	80,52	1,31	0,74	17,19
1959.3343	sehr lange, hellgelbe Späne	79,83	0,46	0,40	19,06
1985.88984	zwei Teilbohrungen; lange, hellgelb glänzende Späne	79,01	0,47	0,13	20,16
1991.51. C08137.7	mittellange, helle, glänzende Späne	77,99	6,97	11,77	2,86
1985.71154	lange, lockenförmige, goldgelb glänzende Späne	77,99	2,27	0,58	18,53
1964.9763	lange, hellgelbe Späne	77,71	0,47	0,24	21,43
1991.51. C08107.53	mittellange, hellgelb glänzende Späne	77,51	2,36	0,53	18,67

Tabelle 7: Augst/Kaiseraugst. Beobachtungen an den *Bohrspänen* (Ø 1 mm) anlässlich der Probenentnahme an Halbfabrikaten und Abfallstücken aus Kupferlegierungen: *verschiedene, meist heterogene oder korrodierte «Späne»*. Rechte Kolonne: Analyseergebnisse (*sortiert* nach Farbe, Glanz und Konstistenz der Späne; vgl. auch Tabellen 3–6; eine Auswahl davon auch in Tabelle 8).

Inv.	Varia	Cu	Sn	Pb	Zn
1959.6568	zuerst grüne Patina, dann braunes Pulver	91,27	7,13	0,80	0,58
1964.11377	Späne und Korrosionspartikel durchmischt	91,10	8,07	0,35	0,02
1959.6333	oberflächlich Korrosionsprodukte, darunter metallische Späne	88,67	9,44	1,47	0,12
1963.11842a	zuerst rostbraunes Pulver, dann metallische Späne	85,85	5,65	7,73	0,58
1980.1338	zuerst kurze, dunklere, dann mittellange, gelbe Späne	82,68	0,75	0,14	16,09

Tabelle 8: Augst/Kaiseraugst. Beobachtungen an den *Bohrspänen* (Ø 1 mm) anlässlich der Probenentnahme an Halbfabrikaten und Abfallstücken aus Kupferlegierungen: *lockenförmige, lange (elastische) Späne*. Rechte Kolonne: Analyseergebnisse (*sortiert* nach Farbe, Glanz und Konstistenz der Späne; einige der hier aufgeführten Analysen sind auch in den Tabellen 3–7 zu finden).

Inv.	lockenförmige, lange (elastische) Späne → zinnarme Bronze (1–8 % Sn) → oder Messing (4–19 % Zn), selten Bleibronze (19–33 % Pb)	Cu	Sn	Pb	Zn
1961.11907	lange, lockenförmige, kupferrote Späne; vermutlich Kupfer	98,29	1,24	0,25	0,01
1963.11717	lange, lockenförmige, kupferrote Späne; vermutlich Kupfer	97,74	1,53	0,57	0,03
1965.8461	lange, lockenförmige, kupferrote Späne; vermutlich Kupfer	96,94	2,59	0,03	0,07
1986.56195	zwei Teilbohrungen; lange, lockenförmige, rote Späne; möglicherweise Kupfer	95,27	4,49	0,10	<0,01
1991.51. C08136.92	zwei Teilbohrungen; lange, lockenförmige, rot-glänzende Späne	91,11	8,39	0,05	<0,01
1985.12341	sehr lange, lockenförmige, gelb glänzende Späne; in ca. 2,5 mm Tiefe krümelige, mit kaffeebraunem Oxypulver (ausgesondert) vermischte Späne	87,39	6,46	0,97	4,78
1963.11637	lange, lockenförmige, glänzende Späne	86,84	6,58	1,60	3,93
1985.29855	lange, lockenförmige, hellgelbe Späne	86,83	4,51	0,75	7,26
1991.51. C08235.41	lange, glänzende Späne	85,43	5,49	6,63	2,07
1956.684	mittellange, glänzende Späne	85,34	3,34	0,59	10,24
1952.211	lange, glänzende Späne	84,51	3,33	0,39	11,13

1963.11683	lange, lockenförmige, goldgelb glänzende Späne	83,32	3,84	0,55	11,70
1966.1492	mittellange Späne	83,26	4,00	0,39	11,35
1968.11624A	mittellange, lockenförmige Späne	82,88	2,87	0,14	13,67
1985.14154	sehr lange, lockenförmige, hellgelbe Späne	80,80	3,74	0,69	14,40
1988.51. C04886.17	lange, lockenförmige, goldgelb glänzende Späne	80,03	2,44	3,65	13,37
1990.51. C05412.59	zwei Teilbohrungen; lange, lockenförmige, gelb-glänzende Späne	79,87	2,29	0,33	16,96
1961.3798	lange, lockenförmige, gelb-glänzende Späne	79,85	9,57	9,59	0,65
1968.9335	lange, lockenförmige, glänzende Späne	78,30	6,85	1,13	13,09
1985.71154	lange, lockenförmige, goldgelb glänzende Späne	77,99	2,27	0,58	18,53
1911.1863	lange, lockenförmige, gelbe Späne	77,49	3,57	0,22	18,48
1963.12177	lange, lockenförmige, gelb-glänzende Späne	75,85	4,68	0,68	17,99
1977.14092	zwei Bohrungen: - mittellange, lockenförmige, hellgelbe Späne - mittellange, lockenförmige, hellgelbe Späne	84,18 84,59	3,86 4,08	0,57 0,57	10,76 10,13
1912.1295	mittellange, gelbe Späne	82,29	0,83	0,24	16,21
1980.11393	aus zwei Teilbohrungen; lange, nicht gewellte, gelbe Späne	80,38	2,60	0,16	16,44
1987.54. C04031.129	mittellange, gelbe Späne	78,98	<0,25	0,19	20,07
1959.3582	zwei entnommen, - lange glänzende Späne, - nach 4 mm Tiefe nur noch braunes Oxyd	78,96 76,40	6,48 6,53	7,35 7,23	6,61 9,20
1979.8941	lange, gelbe Späne	76,21	0,59	0,10	22,90
1963.12464	mittellange, gelbe Späne	73,40	6,06	19,47	0,02
1962.2959	- Probe 1: mittellange Späne - Probe 2: mittellange Späne	72,91 74,27	5,91 5,94	11,22 10,42	9,29 8,72
1964.3142	mittellange, gelbe Späne	60,54	5,60	33,42	0,14

Eine zweite Gruppe ist ebenfalls primär über die Farbe des blanken Metalls definiert, und zwar eine Stufe mehr ins *Rötliche* bzw. *Gelbe* als bei der vorhergehenden Serie. Es dominieren kurze bis mittellange Späne. Dabei handelt es sich meist um Zinnbronzen mit unter 95% Cu und – typisch für antike Bronzen – oft auch mit einem deutlichen Bleianteil bis zu 11,5% (Tabelle 4). Zwei Proben bestehen allerdings aus bleichreichem Zinnmessing<sup>74</sup>.

Eine grosse Gruppe von Proben ergab beim Bohren nur ganz *kurze, krümelige* Späne (Tabelle 5), es muss sich also entweder um ganz spröde, um hartgehämmerte oder gar um verunreinigte Legierungen handeln. Die Spanfarbe schwankt jedoch beträchtlich zwischen gelbglänzend und stumpf-matt (grau, braun, schwarz). Dabei bewirken höhere Zinkanteile eher eine gelbliche Farbe, höhere Bleianteile jedoch kurzkrümelige, durchwegs helle bzw. «silberne» Späne. Bei den Zinnbronzen mit 7–11% Sn und mit relativ wenigen Beimengungen (Tabelle 5), die noch knapp schmiedbar sind<sup>75</sup>, erstaunen die kurzen (bräunlichen) Späne, die eigentlich auf ein sprödes Material

<sup>74</sup> Tabelle 4, unten; vgl. dazu die Bemerkungen von J. Riederer, unten mit Tabelle 17.

<sup>75</sup> Demuth 1909, 27 (hier Tabelle 20); vgl. auch oben mit Anm. 57.

schliessen lassen. Die Brüchigkeit der Bohrspäne ist jedoch nicht – wie zu vermuten wäre – auf Hammerarbeit ohne abschliessendes Weichglühen zurückzuführen, es handelt sich nämlich durchwegs um Rohgüsse, die nicht geschmiedet wurden (Gusszapfen, Löffel usw.).

Die *hellgelben bis goldgelb glänzenden* Späne sind meist auf Zinnmessinge<sup>76</sup> zurückzuführen (Tabelle 6); nur in vier Fällen sind zinnreiche Bronzen mit 7–15% Sn hierfür verantwortlich. Blei spielt bei diesen messingfarbenen Legierungen kaum eine Rolle (allenfalls etwas heller).

Beprobte *Korrosionsprodukte* und andere heterogen strukturierte Proben sind unter Varia zusammengestellt (Tabelle 7). Die vier pulverigen Korrosionsprodukte stammen von Zinnbronzen, die sehr heterogenen Späne von Inv. 1980.1338 (Abb. 5, oben rechts) wechseln von kurz-dunkel zu lang-gelb und gehören zu einem Schmiedehalbfabrikat aus Messing.

Eine besondere Materialeigenschaft fiel bei der Beprobung durch lange, elastische *lockenförmige Späne* auf. Die Farbe dieser Späne variiert stark zwischen kupferrot und hellgelb – je nach Kupfergehalt. In Ta-

belle 8 sind daher auch Proben erfasst, die schon in den Tabellen 3–6 unter verschiedenen Farbgruppen figurieren. Es zeigt sich, dass in erster Linie zinnarme Bronze mit 1–8% Sn und Messing mit 4–19% Zn beim Bohren zu solcher Lockenbildung neigt. Bei Bleigehalten von über 2% bilden sich keine lockenförmigen Bohrspäne<sup>77</sup>, auch wenn diese relativ lang sein können (Tabelle 8).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass unsere Bohrspäne bei den nötigen – analytischen *oder* empirischen – Kenntnissen viele Informationen zur jeweiligen Legierung bringen können. Zur «Materialprüfung» hätte theoretisch in der Antike ebensogut ein «Probierspan» mit einem scharfen Stichel statt ein maschinell erzeugter Bohrsplan begutachtet werden können – die Beobachtungs- und Interpretationsmöglichkeiten wären dieselben! Die Spanmethode erlaubt dem Metallhandwerker rasch und ohne viel technischem Aufwand eine Beurteilung von Elastizität bzw. Sprödigkeit und gleichzeitig auch der Metallfarbe einer unbekannten Legierung. Härte und Schmiedbarkeit sind auf diese Art allein jedoch zu wenig zuverlässig beurteilbar (vgl. S. 159f. und 178).

## Experimente mit «römischen» Bronze- und Messinglegierungen

Alex R. Furger

### Die neun Legierungstypen: Auswahl und Kriterien

Den nachgegossenen und ausgetesteten Legierungstypen wurden neun konkrete Augster Originalfunde zugrunde gelegt (Tabelle 9). Die Auswahl erfolgte so, dass möglichst die ganze Breite der *Bearbeitungstechniken* einerseits und der verschiedenen Legierungen andererseits abgedeckt ist.

Zinnbronzen:

**P1** Pferd 1, gegossene Grossbronze. Fundort: Augst, Insula 28, sogenannter «Schrottfund», Pferd I<sup>78</sup>.

**P2** Pferd 2, gegossene Grossbronze. Fundort: Augst, Insula 28, sogenannter «Schrottfund», Pferd II<sup>79</sup>.

**K** Kasserolle, Gefässkörper, gegossen, getrieben (und gedrückt?). Fundort: Augst, Insula 30, Schnitt 62 (Nordwestecke)<sup>80</sup>.

**G** Gussstück, Griff der Kasserolle **K**. Fundort: wie **K**<sup>81</sup>.

**R** Reiter, gegossene Grossbronze. Fundort: Augst, Insula 28, sogenannter «Schrottfund», noch unbestimmte Fragmente des Reiters auf Pferd I oder Pferd II<sup>82</sup>.

**T** Treibarbeit, dünnes Wandungsbruchstück eines Gefässes. Fundort: Augst (Streufund aus altem Bestand)<sup>83</sup>.

**S** Schmiedearbeit, stäbchenförmiges Halbfabrikat. Fundort: Augst (Streufund aus altem Bestand)<sup>84</sup>.

Messinge<sup>85</sup>:

**M-S** Schmiedearbeit, stäbchenförmiges Halbfabrikat (11% Zn). Fundort s. Katalog Inv. 1952.211 (S. 129; Abb. 4,34).

**M-F** Vermutliches Fibelhalbfabrikat, mit feinen Hammerspuren (20% Zn). Fundort s. Katalog Inv. 1987.54.C04031.129 (S. 128; Abb. 3,31).

76 Neben hohen Zinkgehalten ist meist auch Zinn mit einigen Prozenten vertreten. Vgl. dazu J. Riederer, unten mit Tabelle 17.

77 Eine Ausnahme bildet der Fehlguss eines Blattornamentes (Inv. 1961.3798) mit 9,59% Pb (Tabelle 8).

78 Inv. 1961.14127 (Atomabsorptions-Analyse J. Riederer, Berlin, 1993). Vgl. Janietz Schwarz/Rouiller 1995, Probe A 76. – Zum Augster Schrottfund allgemein vgl. auch die Vorberichte Mutz 1962; M. Martin, Römische Schatzfunde aus Augst und Kaiser-augst. Augster Museumshefte 2 (Augst 1977) 22ff. Abb. 14–15; C. van den Bergh, Der Schrottfund von Augusta Raurica (Augst). Reste einer Reiterstatue, Arbeitsblätter für Restauratoren, Heft 2, 1988, Gruppe 2, 210ff.; E. Oxé, Wird aus dem Augster «Schrottfund» eine bronzene Reiterstatue? JbAK 11, 1990, 22f.; Janietz Schwarz (wie Anm. 49).

79 Inv. 1961.2940a (Atomabsorptionsanalyse J. Riederer, Berlin,

1993). Vgl. Janietz Schwarz/Rouiller 1995, Probe A 251.

80 Inv. 1959.10895, FK V03257 (nasschemische Analyse Metallwerke Dornach, 17.6.1960). Vgl. Mutz 1961, bes. 14.

81 Inv. 1959.10895, FK V03257 (nasschemische Analyse Metallwerke Dornach, 17.6.1960). Vgl. Mutz 1961, bes. 14.

82 Mittel aus Inv. 1961.2153 und 1961.2258 (nasschemische Analysen Metallwerke Dornach, 21.8.1961). Vgl. Mutz 1962.

83 Inv. 1949.1576 (nasschemische Analyse Metallwerke Dornach, 7.8.1984). Unpubliziert.

84 Inv. 1949.1975 (nasschemische Analyse Metallwerke Dornach, 7.8.1984). Unpubliziert.

85 Die beiden Messinge wurden erst nachträglich, zur Ergänzung der an den Bronzen gewonnenen Beobachtungen, legiert; mit ihnen konnte nicht mehr das gesamte Experimentierprogramm durchgeführt werden. Daher fehlen sie auch auf den Abb. 9–12 und 16–18.

Probe, Herstellungstechnik	Testlegierung	Code	Kupfer Cu	Zinn Sn	Blei Pb	Zink Zn	Rest Fe, Ni...	Total
Schrottfund, Pferd I gegossen Kontrollanalysen:	Werte Original:		67,28	7,32	24,85	0,35	0,20	100 %
	legierte Menge:		169	18	62	1	0	250 g
	P1-1 oben:		71,5	8,4	19,3	0,6	0,2	100 %
	P1-1 unten:		70,4	9,1	19,9	0,6	0,0	100 %
	P1-2 oben:		64,9	7,5	27,0	0,6	0,1	100 %
	P1-2 unten:		65,7	7,2	26,2	0,7	0,2	100 %
	P1-3 oben:		67,1	7,5	24,2	0,9	0,3	100 %
	P1-3 unten:		68,1	7,5	23,5	0,7	0,2	100 %

Probe, Herstellungstechnik	Testlegierung	Code	Kupfer Cu	Zinn Sn	Blei Pb	Zink Zn	Rest Fe, Ni...	Total
Schrottfund, Pferd II gegossen Kontrollanalysen:	Werte Original:		70,12	7,25	22,29	0,12	0,12	100 %
	legierte Menge:		175	18	56	1	0	250 g
	P2-1 oben:		64,7	7,0	27,3	0,7	0,3	100 %
	P2-1 unten:		66,4	7,6	25,1	0,6	0,3	100 %
	P2-2 oben:		67,1	11,9	19,9	0,9	0,2	100 %
	P2-2 unten:		69,7	10,3	18,9	1,0	0,2	100 %
	P2-3a oben:		66,8	6,8	25,7	0,6	0,1	100 %
	P2-3a unten:		72,1	7,5	19,3	0,8	0,2	100 %
	P2-3b Mitte:		62,6	11,4	24,8	1,0	0,3	100 %

Probe, Herstellungstechnik	Testlegierung	Code	Kupfer Cu	Zinn Sn	Blei Pb	Zink Zn	Rest Fe, Ni...	Total
Kasserolle getrieben (und gedrückt?) Kontrollanalysen:	Werte Original:		76,10	12,09	11,76	0,00	0,05	100 %
	legierte Menge:		191	30	29	0	0	250 g
	K-1a oben:		76,2	11,5	12,1	0,0	0,2	100 %
	K-1a unten:		74,9	12,9	11,8	0,1	0,3	100 %
	K-1b Mitte:		73,3	14,2	12,2	0,1	0,3	100 %
	K-2a oben:		74,0	13,9	12,0	0,0	0,1	100 %
	K-2a unten:		76,0	12,6	11,3	0,0	0,1	100 %
	K-2b Mitte:		66,5	9,8	23,6	0,0	0,1	100 %

Probe, Herstellungstechnik	Testlegierung	Code	Kupfer Cu	Zinn Sn	Blei Pb	Zink Zn	Rest Fe, Ni...	Total
Kasserolle, Griff gegossen Kontrollanalysen:	Werte Original:		82,33	13,85	3,78	0,00	0,04	100 %
	legierte Menge:		206	35	9	0	0	250 g
	G-1a oben:		79,5	16,1	4,3	0,0	0,1	100 %
	G-1a unten:		78,5	16,9	4,4	0,0	0,2	100 %
	G-1b Mitte:		79,6	16,0	4,3	0,0	0,1	100 %
	G-2a oben:		80,0	15,5	4,4	0,0	0,1	100 %
	G-2a unten:		80,9	14,5	4,4	0,0	0,1	100 %
	G-2b Mitte:		80,6	15,1	4,1	0,0	0,2	100 %

Probe, Herstellungstechnik	Testlegierung	Code	Kupfer Cu	Zinn Sn	Blei Pb	Zink Zn	Rest Fe, Ni...	Total
Schrottfund, Reiter gegossen Kontrollanalysen:	Werte Original:		85,40	12,83	1,47	0,00	0,04	100 %
	legierte Menge:		214	32	4	0	0	250 g
	R-1a oben:		82,5	15,0	2,2	0,0	0,3	100 %
	R-1a unten:		84,1	13,6	2,1	0,0	0,2	100 %
	R-1b Mitte:		86,7	11,3	1,8	0,0	0,2	100 %
	R-2a oben:		81,4	16,6	1,9	0,0	0,1	100 %
	R-2a unten:		84,8	13,0	1,9	0,0	0,3	100 %
	R2-b Mitte:		83,5	14,5	1,9	0,0	0,1	100 %

Probe, Herstellungstechnik	Testlegierung	Code	Kupfer Cu	Zinn Sn	Blei Pb	Zink Zn	Rest Fe, Ni...	Total
Gefäß, Wandungsblech getrieben Kontrollanalysen:	Werte Original:		92,60	6,86	0,04	0,02	0,48	100 %
	legierte Menge:		233	17	0,1	0	0	250 g
	T1/1 oben:		91,1	7,8	0,1	0,7	0,2	100 %
	T1/1 unten:		91,4	7,9	0,1	0,5	0,1	100 %
	T1/2 oben:		91,9	7,0	0,1	0,7	0,3	100 %
	T1/2 unten:		92,1	7,0	0,1	0,6	0,3	100 %
	T-2a oben:		91,6	7,9	0,1	0,2	0,2	100 %
	T-2a unten:		91,8	7,9	0,1	0,2	0,1	100 %
	T-2b Mitte:		91,6	7,9	0,1	0,2	0,3	100 %

Probe, Herstellungstechnik	Testlegierung	Code	Kupfer Cu	Zinn Sn	Blei Pb	Zink Zn	Rest Fe, Ni...	Total
Halbfabrikat (Stäbchen) geschmiedet Kontrollanalysen:	Werte Original:		96,18	3,16	0,03	0	0	<100 %
	legierte Menge:		242	8	0,1	0	0	250 g
	S-1a oben:		95,9	3,7	0,1	0,1	0,2	100 %
	S-1a unten:		96,2	3,4	0,1	0,1	0,2	100 %
	S-1b Mitte:		96,2	3,5	0,1	0,1	0,2	100 %
	S-2a oben:		96,3	3,4	0,1	0,0	0,2	100 %
	S-2a unten:		95,9	3,9	0,1	0,0	0,1	100 %
	S-2b Mitte:		95,9	3,9	0,1	0,0	0,2	100 %

Probe, Herstellungstechnik	Testlegierung	Code	Kupfer Cu	Zinn Sn	Blei Pb	Zink Zn	Rest Fe, Ni...	Total
stabchenförmiges Schmiede-Halbfabrikat	Werte Original:		84,51	3,33	0,39	11,13	0,64	<100 %
	legierte Menge:		128	5	0,6	16,5	0	150 g
	(n. analysiert)		-	-	-	-	-	

Probe, Herstellungstechnik	Testlegierung	Code	Kupfer Cu	Zinn Sn	Blei Pb	Zink Zn	Rest Fe, Ni...	Total
Fibel-Halbfabrikat, mit feinen Hammerspuren	Werte Original:		78,98	<0,25	0,19	20,07	0,51	<100 %
	legierte Menge:		64	0,3	0,15	16,3	0	80 g
	(n. analysiert)		-	-	-	-	-	

Tabelle 9: Nachgegossene und ausgetestete Legierungstypen aufgrund von neun ausgetesteten Augster Originalfunden. Die Prozentwerte beziehen sich auf die Analysen der originalen «Vorlagen» (Quelle: Anm. 78–85). *Kursiv: Testlegierungen mit Einwaage-Mengen (in Gramm) für den Guss von je ein bis zwei Test-Plättchen à ca. 80 g und Stangen; darunter die Analysewerte. Messinge wurden nur in kleinen Stangen gegossen (ohne Kontrollanalysen).*

Ursprünglich war vorgesehen, mit gezielten Gussversuchen das Verhalten der Legierungen des Augster «Schrottfundes» bei der Zerstörung der Statuen – wohl im 3. Jahrhundert n.Chr. auf dem Forum – nachzuvollziehen. Die Originale zeigen nämlich deutliche Spuren einer gewaltsamen Zertrümmerung und Abdrücke von schweren Hämmern<sup>86</sup>. Es sollte abgeklärt werden, ob durch blosses Zusammenschlagen eine derartige Zerkleinerung in «handliche», abtransportierbare Teile möglich ist oder ob die Statuen dazu vorher erhitzt werden mussten.

In Ergänzung zu den Legierungstypen von «Pferd I», «Pferd II» (P1, P2; beides extreme Bleibronzen) und «Reiter» (R; zinnreiche Bronze) wurden bereits analysierte<sup>87</sup> Originalfunde beigezogen, so der getriebene und wohl auch gedrückte, dünnwandige Gefässkörper einer Kasserolle (K) aus einer Zinn-Bleibronze und der gegossene Griff (G) dazu aus Zinnbronze mit etwas Blei, ein dünnwandiges Blech eines getriebenen Gefässes (T) aus einer Bronze mit erwartungsgemäss relativ niedrigem Zinnanteil und fast ohne Blei sowie ein Schmiedehalbfabrikat (S) aus einer noch zinnärmeren Legierung. Als Messinge kamen nachträglich ein Schmiedehalbfabrikat (M-S) mit 11% Zink und ein ebenfalls geschmiedetes Fibel(?)halbfabrikat (M-F) mit 20% Zink hinzu.

Unsere antiken Bronze- und Messingtypen sind schwer mit genormten Legierungen der Gegenwart zu vergleichen; sie unterscheiden sich vor allem durch den fast allgegenwärtigen Bleianteil (Tabelle 9)<sup>88</sup>. Nach modernen technischen Kriterien kämen unsere Beispiele den folgenden «Industriebronzen» (vgl. Tabelle 20) und «Industriemessingen» (Tabelle 21) am nächsten:

**P1, P2** Pferd 1 und 2, extreme Bleibronze: *Blei-Zinnbronze 20, Lagermetall*<sup>89</sup>.

<sup>86</sup> Janietz Schwarz/Rouiller 1995, Abb. 15–17.

<sup>87</sup> Es wurden absichtlich nur nasschemisch oder durch Atomabsorption erlangte Analysen berücksichtigt. Vgl. die kritischen Bemerkungen zur Oberflächen-Röntgenfluoreszenzanalyse von Kaufmann-Heinimann/Liebel 1994, 229f.

<sup>88</sup> Riederer/Briesse 1972, 84 Tabelle 2, konnten jedoch feststellen, dass 38 der 40 von ihnen analysierten römischen Gebrauchsgegenstände Industrienormen unserer Zeit entsprechen. Dies liegt daran, dass sich unter den DIN-Normen für «Guss-Zinnbronze» auch verschiedene, heute kaum mehr verwendete Legierungen mit Bleianteilen von 8–25% finden.

<sup>89</sup> «Wegen des (selbstschmierenden) Effektes der Bleiglobuli werden Blei-Zinnbronzen nach DIN 1716 vor allem auch für hochbeanspruchte Lager verwendet, die auch gute Notlaufeigenschaften bei Schmierstoffmangel besitzen» (Pernicka/Eggert 1994, 1045 mit Anm. 8).



- K** getriebene Kasserolle, Zinn-Bleibronze: *Blei-Zinnbronze 13*.
- G** gegossener Griff, Zinnbronze mit etwas Blei: *Blei-Zinnbronze 5, Statuenbronze, Kunstgussbronze*.
- R** Reiter, zinnreiche Bronze mit wenig Blei: *Apparate- und Gussbronze*.
- T** getriebene Gefässwand, Bronze mit niedrigem Zinnanteil: *schmied- und walzbare Bronze, Gussbronze, Maschinenbronze*.
- S** Schmiedehalffabrikat, zinnarme Bronze: *walzbare Bronze*.
- M-S** Schmiedehalffabrikat, mässiger Zinkanteil: *Messing für Kunstguss*.
- M-F** Fibelhalffabrikat, mit Schmiedespuren, relativ hoher Zinkanteil: *Rottombak*.

### Beobachtungen beim Legieren und Giessen

Unter Berücksichtigung unserer technischen Möglichkeiten und im Bestreben, den antiken Arbeitsverhältnissen gerecht zu werden, wurden die Schmelzversuche in einer tiefen, mit Ziegelplatten ausgekleideten Mulde ausgeführt. Der «Wind» wurde von unten in die Grube eingeleitet und von einem gedrosselten Staubsaugergebläse erzeugt. Zur Befeuerung diente zuerst Schmiedekohle, dann aber – mit identischem Resultat – Holzkohle. Damit die Hitze «beisammen» blieb, war die Schmelzgrube mit einem Eisenblech zu etwa  $\frac{3}{4}$  zugedeckt.

Die Gusspeise<sup>90</sup> (250 g) gelangte jeweils in zylindrisch-konische Tiegel von 7,5 cm Höhe und 6 cm Randdurchmesser<sup>91</sup>. Eingewogen und eingeschmolzen wurden grob geschnipselte Kupfer-Galvanoabfälle, Reinzinn-Kugeln bzw. Teile davon, gekörntes Reinzink und kleine Bleikügelchen. Auf die 250 Gramm pro Tiegelcharge wurde für jedes Element eine Genauigkeit von 1 Gramm angestrebt (Tabelle 9). Mit diesen verschiedenförmigen Partikeln traten ähnliche Probleme beim Füllen der Tiegel auf wie beim Metallrecycling in der Antike<sup>92</sup>: Die vollständige Menge konnte erst allmählich in den Tiegel gegeben werden, da sie in ungeschmolzenem Zustand mehr Volumen als der Tiegelinhalt beanspruchte.

Zur Verhinderung von Oxydation fanden Versuche mit verschiedenen Abdeckungen statt: grösseres Holzkohlestück, Holzkohlepulver und ein Borax-Soda-Pottasche-Gemisch. Die letzten beiden Zusätze bewährten sich weniger, da gerne kleine Holzkohlepartikel oder Boraxtropfen den Guss beeinträchtigen.

Nach Erreichen der Schmelze wurde mit einem Eisendraht gerührt, zusätzlich erhitzt (Hitzereserve bewahrt vor vorzeitigem Erstarren) und zuerst ein eiserner Einguss für Plättchen von 54×40×4 mm Abmessung mit der Gusspeise gefüllt (90–100 g; Abb. 9)<sup>93</sup>. Der Rest der Schmelze kam – für weitere Versuche – in einen offenen Einguss für dünne Stangen.

### Kontrollanalysen

Alle Bronzelegierungen – Normplättchen (Abb. 9) und Stangen – wurden mit einem 2 mm-Bohrer be-

probt und von J. Riederer in Berlin analysiert (Tabelle 9; 44 Proben)<sup>94</sup>. Die dabei festgestellten Abweichungen zwischen den eingewogenen und legierten Metallanteilen und den Analysresultaten zeigen, wie leicht eine angestrebte Legierung durch die Form und Grösse der einzuschmelzenden Teile sowie durch Mischprozedere, Verlust im Feuer, Feuerungstechnik, Materialmenge oder Heterogenität der Schmelze im Tiegel beeinflusst werden kann. Die praktischen Versuche haben gezeigt, wie leicht ein kleines, noch nicht geschmolzenes Metallteil aus dem Tiegel heraus ins Feuer fallen kann, wie wenig es braucht, bis Teile der Schmelze daneben geschüttet werden und wie oft «mitgeschwemmte» Fremdpartikel (z.B. Holzkohlestückchen) die Homogenität des Gusses beeinträchtigen.

Trotz optimaler Abwandlung, genügend Holzkohle (auch *unter* und *über* dem Tiegel), Isolation mit Ziegelplatten und guter Luftzufuhr war die zuerst für das Kupfer notwendige Schmelztemperatur von 1083°C (Tabelle 20, unten) nur nach langer Feuerung mit konstantem Gebläsewind zu erreichen. Die Versuche sind schliesslich so durchgeführt worden, dass dem Kupfer gleich zu Beginn auch das Zinn beigegeben wurde, während Zink und Blei erst in die vollständig aufgeschmolzene Masse kamen<sup>95</sup>.

All diese Unsicherheitsfaktoren und sicher auch die Unerfahrenheit des neuzeitlichen Experimentators haben wohl zu den Abweichungen zwischen Legierungsabsicht (Einwaage) und Kontrollanalyse der Testplättchen geführt (Tabelle 9)<sup>96</sup>. Dennoch liegen die Vorgaben (Analysen von ausgesuchten Originalen) meist innerhalb des Spektrums der erzielten Testlegierungen; die Abweichungen betragen lediglich bei

90 Bei den Messingen wurden nur 150 g (M-S) bzw. 80 g (M-F) hergestellt.

91 Diese im Fachhandel erhältlichen Tiegel sind den römischen in Form und Grösse nicht unähnlich (die antiken Stücke sind bauchiger; vgl. Martin 1978, Abb. 18). Um den Verschleiss in Grenzen zu halten, verwendete ich Graphittiegel (römische Tiegel weisen häufig aussen eine «Verschleisschicht» aus anderem Ton auf, der im Feuer glasig verschlackt: Martin 1978, Abb. 18,1.2).

92 Martin 1978, 115 Abb. 14,2.3.

93 Von den beiden Messing-Legierungen M-S und M-F wurden nur Stangen von 10×7 mm Querschnitt gegossen.

94 Die erst zu einem späten Zeitpunkt legierten Messinge M-S und M-F konnten hingegen nicht mehr beprobt und analysiert werden.

95 In den alten und neuen Handbüchern finden sich beide (divergierenden) Anleitungen zum Einschmelzen und Legieren verschiedener Metalle: 1) Elemente in der Reihenfolge des abnehmenden Schmelzpunktes hintereinander einschmelzen oder 2) alle Legierungspartner miteinander im Tiegel aufsetzen. – Die beiden Messinge M-S und M-F wurden – im Gegensatz zum Zementationsverfahren der Antike (vgl. unten mit Anm. 128) – so hergestellt, dass zuerst das Kupfer erschmolzen, dann das Zink, Zinn und Blei beigegeben, gerührt und anschliessend so rasch wie möglich gegossen wurde.

96 Weitere mögliche Faktoren: Zink und Blei können vor dem Eingehen einer Legierung mit Kupfer durch Oxydation gebunden werden; Zink könnte zudem verdampfen (Siedepunkt 907°C). – Die Eisenanteile von 0,01 bis 0,74% sind wohl auf das Umrühren mit einem verzinkten Eisendraht zurückzuführen.

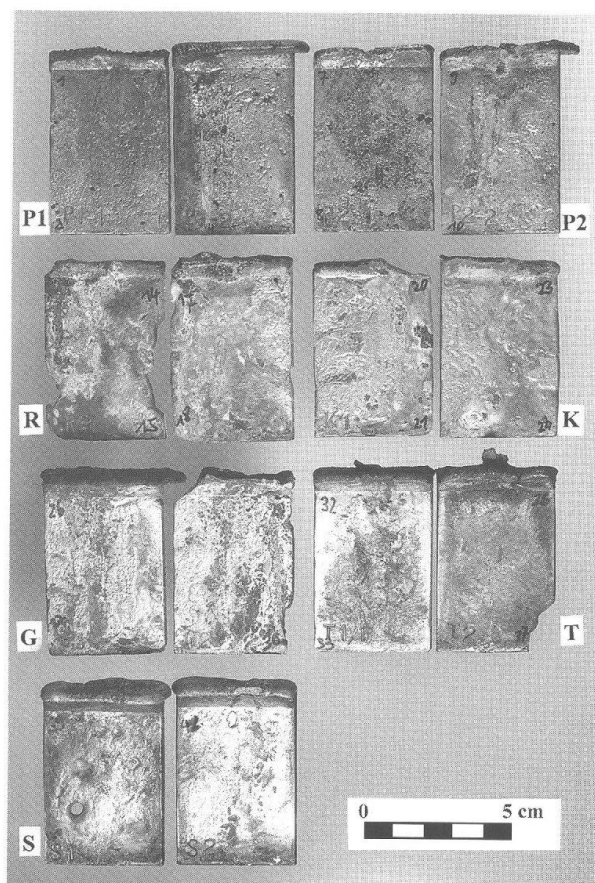


Abb. 9 Die Testlegierungen P1, P2, R, K, G, T und S (je 2 Stück) im Rohguss mit je 54×40×4 mm Abmessung (vgl. Tabelle 9). M. 1:2,5.

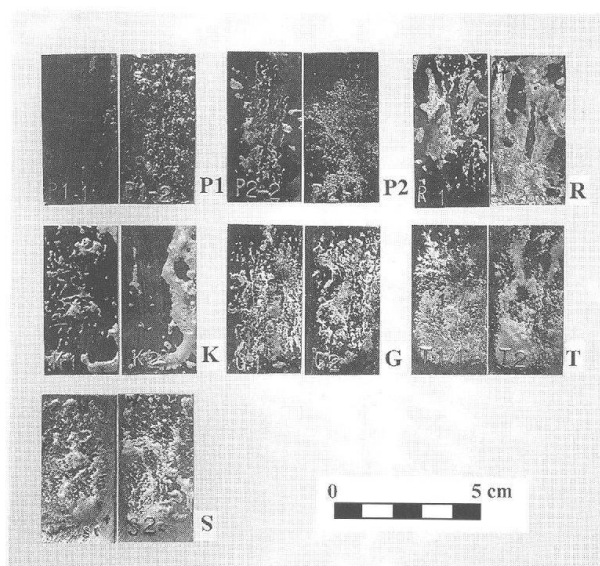


Abb. 10 Die Testlegierungen P1, P2, R, K, G, T und S in zugeschnittenen Einheitsplättchen von je 50×25×4 mm, bereit für Farbbestimmung, Klangtest, Schmiede-, Gravier-, Meissel- und Punzierversuche. M. 1:2,5.

der Probe G 2–4% beim Kupfer und 0,6–3% bei den übrigen Metallen (Tabelle 9). Die einzelnen Testgüsse zeigen innerhalb der Legierungstypen Unterschiede in der Größenordnung von 1–5% (maximal 12%), was auf die verschiedenen Tiegelchargen und die nicht unter Laborbedingungen erfolgten Einwaagen zurückzuführen ist.

### Seigerung, Heterogenität?

Die oben und unten in *denselben* Gussstücken entnommenen Doppelproben hingegen weichen untereinander ebensowenig ab wie die Atomabsorptions-Werte mehrerer Proben gleicher antiker Gussstücke<sup>97</sup> – sie liegen meist um 1%. Ausnahmefälle mit Unterschieden bis 6% sind auf die Schwankungen beim Blei zurückzuführen (z.B. Tabelle 9, Proben P2–3a). Zwischen den erstgegossenen Plättchen und den anschließend aus derselben Schmelze hergestellten Stangen lassen sich ebenfalls keine Gesetzmässigkeiten ableiten: es kommen sowohl deutliche Anreicherung von Zinn *und* Blei als auch unveränderte Zinn- und Bleiwerte in den Sekundärgüssen vor (Tabelle 9).

Die Heterogenität von Bronzen wird oft auf Seigerungseffekte (Entmischung in der Schmelze)<sup>98</sup> zurückgeführt. Diese können entweder bereits im Tiegel entstehen oder erst in der Form, kurz vor dem Erststarren. Dies mag bei schweren Gussstücken mit einem relativ langsamem Abkühlungs- und Erstarrungsprozess zutreffen. In den kleinen, 1–190 g leichten Gussstücken unserer Originale (Auswahl Abb. 1 und 2), den analysierten Augster Statuetten und in den 90–100 g schweren Testplättchen (Abb. 9) ist hingegen nicht mit Seigerungseffekten zu rechnen<sup>99</sup>. Unsere Testplättchen sind recht homogen. Es sind darin zwar Unterschiede zwischen den oberen und den unteren Proben festzustellen (Tabelle 9); diese lassen aber keine Gesetzmässigkeit erkennen:

	oben angereichert	unten angereichert
Zinn	7×	6×
Blei	6×	1×
(Zink)	4×	4×

<sup>97</sup> Kaufmann-Heinimann/Liebel 1994, Tabelle 2; Janietz/Rouiller 1995.

<sup>98</sup> «Bronze hat die unangenehme Eigenschaft zu seigern, d.h. zinnreiche Legierungen abzuschneiden, die sich am Abguss als weisse Pünktchen bemerkbar machen.» (Demuth 1909, 27). Die Seigerung «kann vermindert werden, indem man Zink in geringen Mengen zusetzt; allerdings wird dann die Geschmeidigkeit der Legierung geringer» (Häntzschel-Clairmont 1911/12, 57).

<sup>99</sup> Tabellen 1 und 9; Kaufmann-Heinimann/Liebel 1994, Tabelle 2. – Zur Bemerkung von W. B. Stern, «während der Abkühlungsphase sind offenbar spezifisch schwere, bleireiche Anteile in der Schmelze in der Form nach unten gesunken und haben sich im Stiel angereichert» (Riha/Stern 1982, 53), ist anzumerken, dass die Erstarrungszeit so dünner Objekte wie Bronzelöffel ein Bruchteil einer Sekunde ist; die Folgerung ist irreführend und auf die ungeeignete Röntgenfluoreszenzanalyse und nicht auf Legierungsheterogenität zurückzuführen.

## Bearbeitbarkeit der Testlegierungen, Beobachtungen an den Bohrproben

### Fragestellung

Alle sieben Bronze-Testlegierungen wurden nach einer Reihe von Kriterien untersucht (die beiden Messinge erfuhren eine reduzierte Beurteilung). Mit den menschlichen Sinnen und mit möglichst einfachen Mitteln, die dem antiken Handwerker ebenfalls zur Verfügung standen, sollten so die Werkstoffeigenschaften und -unterschiede objektiv erkannt und dokumentiert werden. Bei der Wahl der Kriterien stützte ich mich einerseits auf die aufschlussreichen Beobachtungen beim Bohren der Proben an den römischen Halbfabrikaten und Werkstattabfällen durch S. Falchi (vgl. oben mit Tabellen 3–8), andererseits auf gängige Bearbeitungstechniken.

Die nachfolgenden Versuche fanden im Falle der Zinnbronzen an Einheitsplättchen von 50×25×4 mm statt (Abb. 10); pro Legierungstyp standen 2–3 Plättchen zur Verfügung. Bronze- und Messinglegierungen lassen sich am besten in ausgeglühtem und abgeschrecktem Zustand bearbeiten<sup>100</sup>; durch Hämmern oder anderweitiges Verformen werden sie härter. Wenn nicht anders vermerkt, fanden die Tests daher an ausgeglühten und in kaltem Wasser abgeschreckten Plättchen statt.

### Legierungstypen (vgl. oben, Anm. 78–85)

- P1:** extreme Bleibronze (entspricht Pferd I des Augster «Schrottfundes»).
- P2:** extreme Bleibronze (entspricht Pferd II des Augster «Schrottfundes»).
- K:** Zinn-Bleibronze (Vorbild: eine Augster Kasserolle).
- G:** Zinnbronze mit etwas Blei (Vorbild: gegossener Griff der Augster Kasserolle).
- R:** zinnreiche Bronze mit wenig Blei (entspricht dem Reiter des Augster «Schrottfundes»).
- T:** Bronze mit niedrigem Zinnanteil (Vorbild: Wandblech eines Gefäßes aus Augst, Treibarbeit).
- S:** zinnarme Bronze (Vorbild: stäbchenförmiges Halbfabrikat aus Augst, Schmiedearbeit).
- M-S:** Messing mit mässigem Zinkanteil (11%) und etwas Zinn (Vorbild: stäbchenförmiges Schmiedehalbfabrikat; Abb. 4,34).
- M-F:** Messing mit relativ hohem Zinkanteil (20%) (Vorbild: geschmiedetes Fibelhalbfabrikat; Abb. 3,31).

### Verhalten beim Giessen

- P1:** normal, stellenweise Poren (bedingt durch den Schmelzzusatz).
- P2:** normal, stellenweise Poren (bedingt durch den Schmelzzusatz).
- K:** Giessvorgang normal. Gussstücke sind schwach «seifig» an der Oberfläche.
- G:** Giessvorgang normal. Oberflächlich Dellen des Schmelzzusatzes.
- R:** schlechter Fluss, Form nur unvollständig ausgefüllt (Abb. 9,R). Die frischen Gussstücke fühlen sich an der Oberfläche stark «seifig» an.
- T:** Giessvorgang normal. Oberflächlich Dellen des Schmelzzusatzes.
- S:** Giessvorgang normal. Oberflächlich Dellen des Schmelzzusatzes.
- M-S:** schnelles Erkalten, Tendenz zu heterogenem Guss: Rissbildung!
- M-F:** schnelles Erkalten, Tendenz zu heterogenem Guss: Rissbildung!

## Metallfarbe (Beurteilung bei Tageslicht)

Die beste Farbbeurteilung ist an einer angeschliffenen Fläche von mindestens 1 cm<sup>2</sup> bei Tageslicht möglich. In der Antike konnte – mangels rationeller Schleifmittel – die Metalloberfläche ebensogut durch Feilen, Schaben oder Meisseln blank gemacht werden. Stichelspäne hingegen erscheinen subjektiv dunkler als der Anschlag und sind daher schwieriger zu beurteilen; sie sind – genauso wie die Gravierrillen – zu kleinflächig, um die Metallfarbe verlässlich beurteilen zu können.

- P1:** Anschlag (vgl. Abb. 10) bronzefarben, Anschlag nach Glühen und Abschrecken anthrazit-schwarz, mit mattem Glanz, Sägespäne<sup>101</sup> bronzefarben bis graubraun, Bohrspäne<sup>102</sup> silbergrau.
- P2:** Anschlag bronzefarben, an der Oberfläche (Gusshaut) stellenweise graue Flecken (Stichelprobe: weich! d.h. makroskopisch sichtbare Bleinester), Anschlag nach Glühen und Abschrecken anthrazit-schwarz, mit mattem Glanz, Sägespäne silbrig-stumpf bis grau, Bohrspäne silbergrau.
- K:** Anschlag bronzefarben, Anschlag nach Glühen und Abschrecken dunkelgrau bis schwarz, matt, Sägespäne bronzefarben-stumpf, Bohrspäne gelbgräulich.
- G:** Anschlag bronzefarben, Anschlag nach Glühen und Abschrecken dunkelgrau bis schwarz, matt, stellenweise metallisch-braun, Sägespäne bronzefarben-glänzend, leicht gelblich, Bohrspäne gelb, stellenweise gräulich.
- R:** Anschlag bronzefarben, Anschlag nach Glühen und Abschrecken dunkelgrau bis schwarz, matt, Sägespäne bronzefarben-glänzend, leicht rötlich, Bohrspäne gelb, gelblich.
- T:** Anschlag rötlich-bronzefarben, Anschlag nach Glühen und Abschrecken metallisch-braun angelaufen, Sägespäne gelblich-kupferfarben, glänzend, Bohrspäne goldgelb glänzend.
- S:** Anschlag kupferfarben, Anschlag nach Glühen und Abschrecken kupferbraun, blank bis fleckig, Sägespäne rötlich-kupferfarben, glänzend, Bohrspäne kupferrot glänzend.
- M-S:** Anschlag goldgelb, schwach rötlich, Anschlag nach Glühen und Abschrecken rötlichgrau, Sägespäne goldgelb glänzend, Bohrspäne goldgelb glänzend.
- M-F:** Anschlag silbrig-gelb, Anschlag nach Glühen und Abschrecken graugelb, stellenweise leicht rötlich, Sägespäne hellgelb glänzend, heller als M-S, Bohrspäne hellgelb glänzend, deutlich heller als M-S.

### Struktur und Verhalten beim Sägen, Brechen, Schleifen und Bohren

- P1:** Sägespäne<sup>103</sup> kurz-krümelig, Bohrspäne<sup>104</sup> kurz brechend, lässt sich leicht bohren.
- P2:** Sägespäne kurz-krümelig, Bohrspäne kurz brechend, stellenweise etwas länger (heterogener Guss?), neigt zur «Verklumpung» im Bohrloch, lässt sich leicht bohren, stellenweise allerdings etwas härter als P1.

100 Vgl. oben mit Anm. 57–58 und unten mit Anm. 198–199 (anders bei Messingen: vgl. Anm. 205).

101 Sägespäne vom Zuschneiden der Testplättchen.

102 Bohrspanfarbe nach Silvio Falchi (erhoben bei der Beprobung mit 2-mm-Spiralbohrer).

103 Sägespäne vom Zuschneiden der Testplättchen (ergänzende Bemerkungen zu Säge- und Brechverhalten von Silvio Falchi).

104 Bohrspanstruktur nach Silvio Falchi (erhoben bei der Beprobung mit 2-mm-Spiralbohrer).



- K:** Sägespäne kurz-krümelig, Bohrspäne kurz brechend, relativ hart, aber gut zu bohren.
- G:** Sägespäne mittellang-krümelig bis spiralig, Bohrspäne kurz brechend, stellenweise mittellang, ist gut zu bohren.
- R:** Sägespäne mittellang-krümelig bis spiralig, beim Sägen zähste Probe der ganzen Serie, Bohrspäne kurz bis mittellang brechend, ist härter zu bohren als **P1** und **P2**.
- T:** Sägespäne spiralig-lang, ist beim Sägen etwas zäh, ist schwer zu brechen, Bohrspäne mittellang bis lang, lockenförmig, ist zäh zu bohren.
- S:** Sägespäne spiralig-lang, ist zäh beim Sägen, ist schwer zu brechen, nur langsamer Materialabtrag beim Schleifen, Bohrspäne lang, lockenförmig, ist gut zu bohren.
- M-S:** Sägespäne kurz gerollt bis krümelig, Bohrspäne an der Oberfläche lockenförmig-lang, tiefer im Bohrloch halblang bis kurz und krümelig, ist gut zu bohren, Widerstand mittelhart, die Späne werden gut aus dem Bohrloch gefördert.
- M-F:** Sägespäne kurz gerollt bis krümelig, Bohrspäne an der Oberfläche lang-spiralförmig, tiefer im Bohrloch halblang, ist zäh zu bohren, die Späne werden schlecht aus dem Bohrloch gefördert; sie neigen zum «Verklumpen» und verstopfen im Bohrloch.

### Klang

Die Testplättchen (Abb. 10) wurden an Fäden aufgehängt und mit einem kleinen Holzhammer angeschlagen<sup>105</sup>. Diese Tests erfolgten in zwei Serien: eine mit ausgeglühten und langsam erkalteten, die andere mit ausgeglühten und im Wasser abgeschreckten Plättchen.

- P1:** stumpfer Ton, fast kein Nachklang.
- P2:** stumpfer Ton, ohne Nachklang (bei langsamem Abkühlen besser klingender, relativ tiefer Ton mit wenig Nachklang).
- K:** mittlerer Ton, langer Nachklang (bei langsamem Abkühlen etwas hellerer Ton).
- G:** mittlerer Ton, langer Nachklang (bei langsamem Abkühlen etwas hellerer Ton).
- R:** relativ tiefer Ton, langer Nachklang.
- T:** hellster Ton der Serie, langer Nachklang (bei langsamem Abkühlen etwas längerer Nachklang).
- S:** sehr heller Ton, sehr langer Nachklang.
- Wegen der geringen Masse der Plättchen von 50×25×4 mm Grösse (35,0–43,5 g Gewicht) ergab sich durchwegs ein sehr hoher Ton. Die Differenz zwischen dem am tiefsten und am hellsten klingenden Stück (**R** zu **T** in abgeschrecktem Zustand; **P2** zu **S** nach langsamer Abkühlung) betrug jeweils einen halben Ton. Die langsam ausgekühlten Plättchen klangen erwartungsgemäss, allerdings nur tendenziell, etwas höher und länger nachklingend als die «weicheren», abgeschreckten Stücke.
- M-S:** (nicht untersucht).
- M-F:** (nicht untersucht).

### Verhalten beim Hämmern und Ausschmieden

Alle ausgeglühten und abgeschreckten Plättchen (bzw. Stäbe) wurden an einem Ende mit einem 1,5 kg-Hammer zügig flachgeschmiedet (Abb. 11). Nach jeweils 50 gleichmässigen Schlägen waren alle Plättchen leicht erwärmt (ohne feststellbare Unterschiede). Diese grobe Bearbeitung mit einem derart schweren Hammer fördert das Sprödwerden und Brechen. Es wurden daher mit den schmiedbaren Bronzelegierungen **R**, **T** und **S** (Abb. 12) sowie mit den Messingen **M-S** und **M-F** (Abb. 13) weiterführende Schmiedeveruche angestellt, wobei besonders behutsam vorgegangen und mit leichten Hämmern von 200–400 Gramm gearbeitet wurde. Ausgangsstücke für diese Schmiedeveruche waren gegossene Stabbarren mit Durchmesser um 10×7 mm<sup>106</sup>.

- P1:** Schläge klingen hart, Hammer federt ab. Metall gibt nach, wird breiter und dünner. Nach 18 Schlägen jedoch Rissbildung, nach 45 Schlägen kleiner Ausbruch.
- P2:** Schläge klingen hart. Metall gibt nach, wird breiter und dünner. Nach 8 Schlägen Rissbildung, nach 15 Schlägen Ausbrüche (Abb. 11; nach 30 Schlägen Versuch eingestellt).
- K:** Schläge klingen hell, Hammer federt ab. Metall ist zäh und wird nur wenig breiter und dünner. Nach 20 Schlägen Rissbildung, nach 45 Schlägen Ausbrüche.
- G:** Schläge klingen hart, Hammeraufprall wird zuerst «verschluckt» und federt dann aber mit zunehmendem Schmieden ab. Metall ist zäh, wenig Deformation. Nach 23 Schlägen Rissbildung, nach 43 Schlägen Ausbruch.

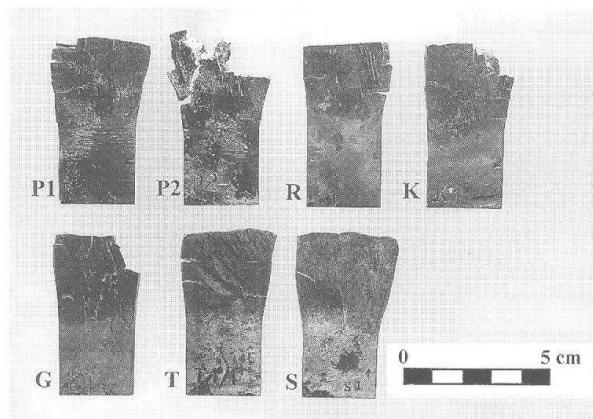


Abb. 11 Die Testlegierungen **P1**, **P2**, **R**, **K**, **G**, **T** und **S** nach dem Kaltschmieden. M. 1:2,5.

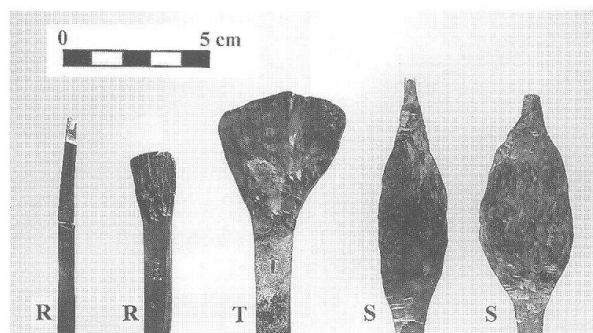


Abb. 12 Weiterführende Schmiedeveruche mit den «schmiedbaren» Bronze-Testlegierungen **R**, **T** und **S**. M. 1:2,5. Von links nach rechts:

- Legierung **R** (zinnreiche Bronze mit wenig Blei) zugespitzt: Schaft zerbrochen und Spitze «ausgefranst».
- Legierung **R** gebreitet: Sprödigkeit führt zu Rissbildung.
- Legierung **T** (Bronze mit niedrigem Zinnanteil) intensiv gebreitet und zu Blech ausgeschmiedet: bei sorgfältiger Hammerarbeit möglich.
- Legierung **S** (zinnarme Bronze) mit flacher Hammerbahn gebreitet: problemlose Verarbeitung, gleichzeitig auch Längenausdehnung.
- Legierung **S** mit Hammerfinne gebreitet: intensive Breitenausdehnung, gut zu verarbeiten.

<sup>105</sup> Ich danke den Musikpädagogen Eugen und Annemarie Greutert für ihre fachkundige Beurteilung des Klangverhaltens dieser kleinen Testserie.

<sup>106</sup> Vgl. die eindrücklich beschriebenen Schmiedeveruche von Kupfer sowie zinnarmer und zinnreicher Bronze bei Moesta 1983, 59f.



- R:** Schläge klingen hart, Hammeraufprall wird «verschluckt». Metall ist zäh und gibt kaum nach, wenig Deformation. Nach 42 Schlägen Rissbildung.  
Zweiter Versuch an einem Stabbarren unter sorgfältigem Hämmern und häufigen Zwischenglühen und Abschrecken. Durch die leichteren Hämmer erscheint das Metall noch zäher und äusserst schwer verformbar. Sowohl Ausschmieden in die Spitze als auch Breiten mit der Hammerfinne ist bis zu einem gewissen Grad möglich, scheitert schlussendlich aber dennoch an der Rissbildung (Abb. 12, links).
- T:** Schläge klingen hart, Hammeraufprall hart. Metall ist zäh, trotzdem gute Deformation. Neigt aber, nach 35 Schlägen, zur Rissbildung.  
Diese Legierung erweist sich bei sorgfältigerer Bearbeitung und häufigem Zwischenglühen und Abschrecken jedoch als gut schmiedbar. Für den Erfolg ausschlaggebend erweist sich, das Metall nach dem Guss besonders subtil mit dem Hammer «umzustrukturieren», immer wieder zwischenglühen und abzuschrecken. Erst allmählich erträgt dieser Werkstoff auch intensivere Hammerarbeit. Breiten und Ausdünnen auf Blechdicken von 0,5 mm ist so ohne Rissbildung möglich (Abb. 12, Mitte).
- S:** Schläge klingen stumpf. Metall ist weich und gibt gut nach, wird breiter und dünner. Keine Rissbildung.  
Auch mit dieser zinnarmen Bronze wurden weitere Schmiedeversuche an Stabbarren unternommen. Breitschmieden auf Dicken von 1 mm und weniger ist problemlos möglich, sowohl mit der flachen Hammerbahn als auch durch noch intensivere Beanspruchung beim Breiten mit der Hammerfinne (Abb. 12, rechts).

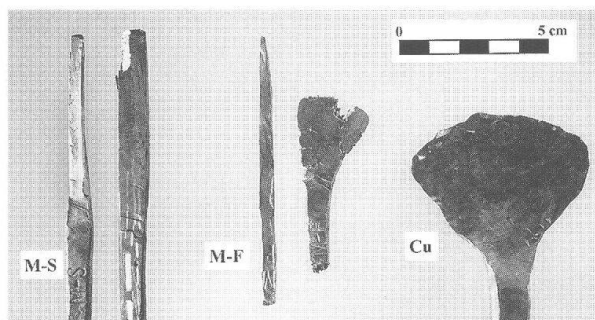


Abb. 13 Schmiedeversuche mit den zwei Messing-Testlegierungen M-S und M-F sowie mit Reinkupfer zum Vergleich. M. 1:2,5. Von links nach rechts:

- Legierung M-S (Messing mit ca. 11% Zn und wenig Sn), kompakter, homogener Barrenguss, oft zwischengeglüht, sorgfältig mit kleinem Hammer bearbeitet: gut zu schmieden.
- Legierung M-S (Messing mit ca. 11% Zn und wenig Sn): missratenes Beispiel, zurückzuführen auf vorzeitiges Erstarren beim Barrenguss (Rissbildung unten) und auf allzu intensives Schmieden mit schwerem Hammer und ohne Zwischenglühen (Sprödigkeitsbruch oben).
- Legierung M-F (Messing mit ca. 20% Zn), kompakter, homogener Barrenguss, oft zwischengeglüht, sorgfältig mit kleinem Hammer bearbeitet: gut zu schmieden, trotz höherem Zinkgehalt als M-S.
- Legierung M-F (Messing mit ca. 20% Zn): missratenes Beispiel, Rissbildung und Sprödigkeitsbrüche.
- Cu: Zum Vergleich: breit ausgeschmiedetes Reinkupfer, das weich ist, leicht zu schmieden und kaum Risse bildet.

- M-S:** Schläge klingen mittelhart (mit zunehmender Bearbeitung härter). Metall lässt sich gut bearbeiten, wenn der Barren optimal gegossen ist (Abb. 13, links). Geringe Versprödungsgefahr bei langem Kalthämmern (Abb. 13, zweites Stück von links; Rissbildung tritt allerdings bei den leicht eintretenden Gussfehlern im Nu auf).  
Auch diese Legierung erweist sich jedoch – wie die Bronze T – bei sorgfältigerer Bearbeitung und konsequentem Zwischenglühen und Abschrecken als gut schmiedbar. Für den Erfolg ausschlaggebend ist, dass der Guss absolut homogen und regelmässig erstarrt ist und dass das Metall nach dem Guss besonders subtil mit dem Hammer «umstrukturiert» wird.
- M-F:** Ähnliche Beobachtungen wie am zinkärmeren Messing M-S: ebenfalls gute Bearbeitbarkeit (Abb. 13), jedoch etwas raschere Versprödung bei langem Kalthämmern; grosses Risiko von Rissbildung bei nicht optimalen Güssen (Abb. 13).

### Gravieren mit Stichel (Abb. 14 und 16)

Die ausgeglühten und abgeschreckten Plättchen vom Schmiedetest (s. oben) wurden anschliessend mit dem Stichel graviert. Das Materialverhalten wurde sowohl auf der rohen «weichen» Hälfte als auch auf der ausgeschmiedeten, harten Hälfte ermittelt (auf den Plättchen Abb. 16: jeweils links unten bzw. oben).

- P1:** Metall lässt sich sehr gut gravieren. Späne kurz.  
**P2:** Metall zäh, lässt sich gut gravieren. Späne mittellang.  
**K:** Metall lässt sich sehr gut gravieren. Späne mittellang.  
**G:** Metall zäh, lässt sich gut gravieren, sauberer Schnitt. Späne kurz.  
**R:** Metall sehr hart, lässt sich aber gut gravieren, sauberer Schnitt. Späne kurz (auf nicht überschmiedetem Teil mittellang).  
**T:** Metall mittelhart, lässt sich aber sehr gut gravieren. Späne lang.  
**S:** Metall relativ weich (an ausgeschmiedeter Stelle härter), lässt sich gut gravieren. Späne lang.  
**M-S:** Metall hart, Stichel dringt wenig ins Material ein und neigt zum Abgleiten; ansonsten gut zu gravieren. Späne rollenförmig.  
**M-F:** Metall hart, lässt sich aber sehr gut gravieren; gute Stichel-führung. Späne rollenförmig.

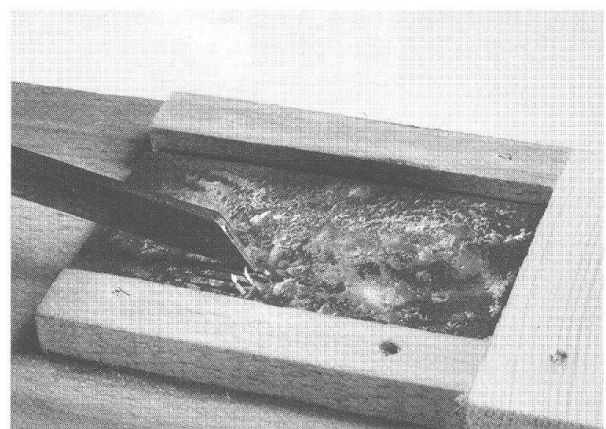


Abb. 14 Arbeit mit dem Stichel an einem Testplättchen. Der Stichel wird von Hand unter gleichmässigem Druck geführt.

## Gravieren mit Meissel (Abb. 15 und 16)

Die ausgeglühten und abgeschreckten Plättchen vom Schmiedetest (s. oben) wurden mit dem Meissel<sup>107</sup> bearbeitet. Das Materialverhalten wurde sowohl auf der rohen «weichen» Hälfte als auch auf der ausgeschmiedeten, harten Hälfte ermittelt (auf den Plättchen Abb. 16: jeweils Mitte unten bzw. oben).

- P1:** Metall hart, guter Schnitt. Der Meissel dringt im ungeschmiedeten Teil tiefer ins Material ein als im ausgeschmiedeten Teil.  
**P2:** Metall zäh, lässt sich gut meisseln<sup>108</sup>. Späne kurz.  
**K:** Metall lässt sich mittelmässig meisseln (im ausgehämmerten Teil besser). Späne kurz.  
**G:** Metall zäh und spröde, lässt sich sehr schlecht meisseln, Werkzeug greift nur oberflächlich an.  
**R:** Metall sehr zäh und hart, lässt sich nur mühsam meisseln (im ausgehämmerten Teil etwas besser), geringe Eindringtiefe des Meissels.  
**T:** Metall sehr zäh, lässt sich jedoch gut meisseln, guter Schnitt.  
**S:** Metall relativ weich, lässt sich gut meisseln (im nicht überschmiedeten Teil jedoch Tendenz zu grösserer Eindringtiefe).  
**M-S:** Metall mittelhart, lässt sich sehr gut meisseln. Relativ lange Späne.  
**M-F:** Metall relativ hart und zäh, der Meissel ist schwer zu führen.

## Stempeln mit Punzen

Die ausgeglühten und abgeschreckten Plättchen vom Schmiedetest (s. oben) wurden auch mit einem Fassonpunzen – mit je einem kräftigen Hammerschlag – «verziert». Das Materialverhalten wurde sowohl auf der rohen «weichen» Hälfte als auch auf der ausgeschmiedeten, harten Hälfte ermittelt (auf den Plättchen Abb. 16: jeweils rechts unten bzw. oben). Die Beobachtungen zum Schlag und zur Eindringtiefe des Punzens ersetzen in einem gewissen Sinne einen modernen Härtestest (z.B. Vickers-Härte).

- P1:** mittelhart zu Punzieren, sehr guter Abdruck (im abgeschreckten Teil besserer Abdruck, im ausgeschmiedeten Teil sehr hart und nur flacher Eindruck).  
**P2:** wie bei **P1**, flauerer Abdruck.  
**K:** hart zu Punzieren, mittlerer Abdruck.

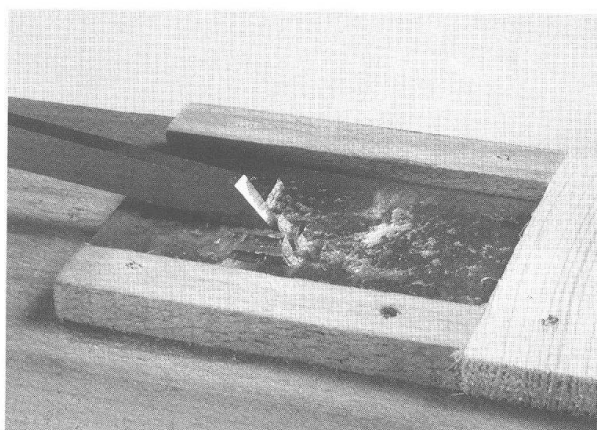


Abb. 15 Arbeit mit dem Meissel an einem Testplättchen. Der asymmetrisch geschliffene Meissel wird mit einem kleinen Hammer geführt.

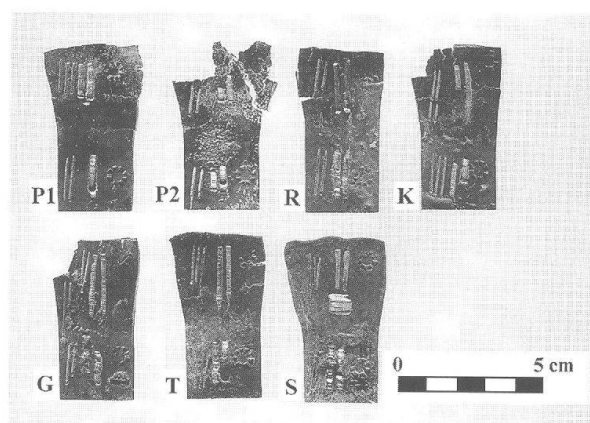


Abb. 16 Die Testlegierungen **P1**, **P2**, **R**, **K**, **G**, **T** und **S** (Rückseiten von Abb. 11) mit Gravierversuchen mit dem Stichel (jeweils links auf den Plättchen), Schnittversuchen mit Hammer und Meissel (Mitte) und gepunzt (rechts). Zum Vergleich wurden die Bearbeitungen sowohl auf dem weichen, ausgeglühten und abgeschreckten Teil (jeweils unten) als auch auf dem durch Kaltschmieden gehärteten Teil (oben) durchgeführt. M. 1:2,5.

- G:** hart zu Punzieren (im ausgeschmiedeten Teil sehr hart), nur flauer Abdruck.  
**R:** sehr hart zu Punzieren, nur flauer Abdruck.  
**T:** mittelhart zu Punzieren (im ausgeschmiedeten Teil sehr hart), guter Abdruck.  
**S:** mittelhart bis «weich» zu Punzieren (im ausgeschmiedeten Teil hart), sehr guter Abdruck.  
**M-S:** zäh, aber nachgiebig beim Punzieren, sauberer Abdruck.  
**M-F:** sehr zäh, schlecht zu Punzieren, Hammer prallt zurück, nur flauer Abdruck.

<sup>107</sup> Offensichtlich wurde in der Antike nicht nur viel Meisselarbeit geleistet (z.B. beim Einpassen von Flickplättchen in Grossbronzen), sondern auch oft *geschabt*, so etwa beim Ausglätten von Oberflächen. Auf die Anwendung des *Ziehshabers* in der Antike machte mich Alfred Mutz† aufmerksam. Schabversuche hätten wohl kaum weiterführende Ergebnisse gebracht als unsere Stichel- und Meisselversuche; sie wurden daher nicht unternommen. – Vgl. E. Foltz, Herstellungstechnik. In: H. A. Cahn, A. Kaufmann-Heinimann (Hrsg.), Der spätrömische Silberschatz von Kaiseraugst. Basler Beiträge zur Ur- und Frühgeschichte 9 (Derendingen 1984) 361ff. bes. 363 Abb. 147 Taf. 223,2; 228,3 (Schabspuren); Janietz/Rouiller 1995 (Flickplättchen); A. Kaufmann-Heinimann, A. R. Furger, Der Silberschatz von Kaiseraugst. Augster Museumshefte 7 (Augst 1984) 18 Abb. 19; G. Lahusen, E. Formigli, Der Gordian von Niederbieber in Bonn. In: Akten der 10. Internationalen Tagung über antike Bronzen. Freiburg, 18.–22. Juli 1988. Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg 45 (Stuttgart 1994) 257ff. bes. Abb. 9–13 (Arbeit mit verschiedenen Meisseln); F. Loosli, H. Merz, A. Schaffner, Modell-Lehrgang für Goldschmiede (Lausanne 1980) 55 Abb. IV (Ziehshaber); Sobottka-Braun/Willer 1994, 1017 (Abschaben der Gusschaut an verschiedenen Bleibronzen).

<sup>108</sup> Auch die Experimente an rekonstruierten und in antiken Legierungen nachgegossenen Mahdia-Bronzen haben keinerlei Unterschiede in der Bearbeitbarkeit mit Meissel und Schaber erbracht. Verglichen wurden die beiden Legierungen Cu 86%, Sn 8%, Pb 6% und Cu 70%, Sn 12%, Pb 18%. Sobottka-Braun/Willer 1994, 1017.

## Schmiedbarkeit warm (Abb. 17)

Alle Stücke einer Serie wurden auf dunkelrote Glut erwärmt und mit sorgfältig gesetzten, flachen Hammerschlägen an einem Ende breitgeschmiedet.

- P1:** reisst an den Rändern nach wenigen Hammerschlägen ein; spröde Randteile brechen ab.  
**P2:** reisst rasch ein und bricht schliesslich ab.  
**K:** reisst rasch ein.  
**G:** reisst rasch ein und bricht schliesslich ab.  
**R:** reisst rasch ein.  
**T:** sehr hart, reisst etwas später ein.  
**S:** weicher (jeder Schlag hinterlässt einen deutlichen Abdruck), reisst später ein als die anderen Bronzestücke.  
**M-S:** bricht sofort beim ersten sanften Hammerschlag.  
**M-F:** reisst sofort ein und bricht rasch.

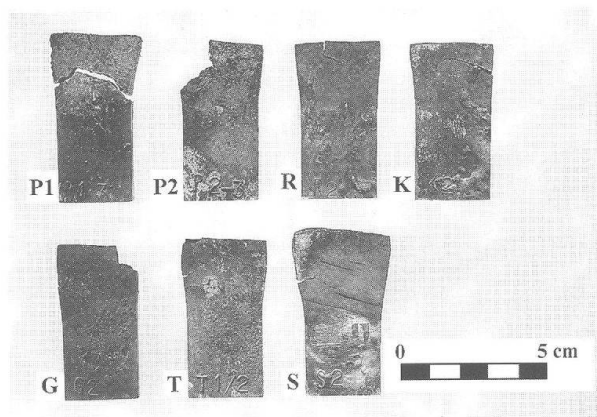


Abb. 17 Die Testlegierungen P1, P2, R, K, G, T und S nach dem Warmschmieden. M. 1:2,5.

## Biegefreudigkeit und Materialermüdung (Abb. 18)

Mit diesen Versuchen sollten Duktilität, Sprödigkeit und Bruchanfälligkeits ermittelt werden. Von jedem Legierungstyp wurde ein Stäbchen von 50×10×4 mm vorbereitet, gegläht und abgeschreckt. 20 mm des einen Endes wurden im Schraubstock eingespannt, das andere Ende auf einer Länge von 10 mm mit einer Gripzange gekniffen, so dass sich die Biegekräfte auf den verbleibenden, 20 mm langen Mittelteil auswirken konnten. Am Griffende der 22 cm langen Zange (= Hebelarmlänge) wurde mit einer Federwaage tangential gezogen. Das Experiment fand bei einem Biegewinkel von 90° seinen Abschluss (meist brachen die Metallstäbchen allerdings früher). Die Biegewinkel zum Zeitpunkt des Materialbruchs sind Ausdruck der unterschiedlichen Dehnbarkeit (Abb. 18).

- P1:** beginnt sich bei einem Zug von 2,0 kp zu biegen, notwendige Biegekraft 2,8 kp. Bruch im Winkel von 138°.  
**P2:** beginnt sich bei einem Zug von 1,5 kp zu biegen, notwendige Biegekraft 2,0 kp. Bruch im Winkel von 146°.  
**K:** beginnt sich bei einem Zug von 2,5 kp zu biegen, notwendige Biegekraft 3,7 kp. Bruch im Winkel von 119°.  
**G:** beginnt sich bei einem Zug von 3,0 kp zu biegen, notwendige Biegekraft 3,8 kp. Vorzeitiger Bruch im Winkel von 160° bei einem Gussfehler (auch ein zweites Teststäbchen bricht bei einem Gussfehler).  
**R:** beginnt sich bei einem Zug von 3,0 kp zu biegen, notwendige Biegekraft 3,5 kp. Bruch im Winkel von 154°.  
**T:** beginnt sich bei einem Zug von 2,2 kp zu biegen, notwendige Biegekraft 3,8 kp. Bricht bis zu einem Biegewinkel von 90° nicht, ist an einer Kante aber leicht eingerissen.  
**S:** beginnt sich bei einem Zug von 1,7 kp zu biegen, notwendige Biegekraft 2,8 kp. Bricht bis zu einem Biegewinkel von 90° nicht, keine Anrissstelle.  
**M-S:** (nicht untersucht).  
**M-F:** (nicht untersucht).

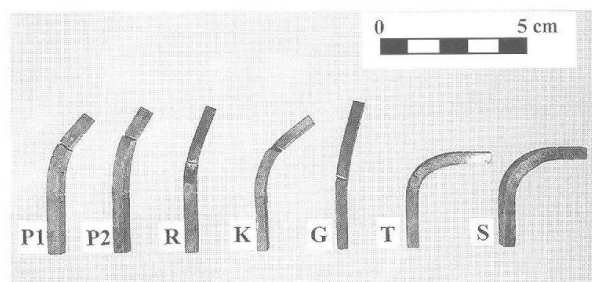


Abb. 18 Die Testlegierungen P1, P2, R, K, G, T und S im Biege- und Bruchversuch. G ist infolge eines Gussfehlers vorzeitig gebrochen; T und S sind nicht gebrochen. M. 1:2,5.

## Vergleichender Kommentar zu den Bearbeitungstests

Die Beobachtungen und Versuche haben gezeigt, dass es sehr schwierig ist, «einfache» und leicht nachvollziehbare Kriterien zur Unterscheidung verschiedener Kupferlegierungen aufzustellen. In Betracht kommen Metallfarbe, Anlauffarbe, Duktilität/Sprödigkeit, Härte, Klang, Wärmeverhalten und Bruchfestigkeit. Praktisch alle Untersuchungen haben ergeben, dass sich kleinere Legierungsunterschiede – von 10% und weniger – nicht absolut definieren, sondern höchstens im Reihenvergleich als geringfügige, eher tendenzielle Differenzen erkennen lassen (Tabelle 10).

An dieser Stelle sei einmal mehr auf das Urteilsvermögen der römischen Metallhandwerker hingewiesen, die ihre Werkstoffe mit einfachsten Mitteln sicher recht zuverlässig zu beurteilen vermochten. Die Beobachtungsgabe des neuzeitlichen Experimentators und «Gelegenheitshandwerkers» ist absolut rudimentär im Vergleich zu seinen antiken Vorbildern, die mit grosser Erfahrung, einfachsten Einrichtungen und im Vertrauen auf ihre Sinne ihre Werkstoffe zu beurteilen und optimal einzusetzen vermochten.

Die Bronzefarben in unserer kleinen Testserie variieren von kupferrot-glänzend bis silbergrau-stumpf (Tabelle 10), jene der beiden Messinge von golden-rötlich bis silbrig-gelb. Die Metallfarbe kann mit derselben Differenzierungsmöglichkeit sowohl an der blankgeschliffenen Oberfläche als auch – beschränkter zwar – an kleinen Bohr-, Meissel-, Säge- oder Stichelspänen beurteilt werden. Berücksichtigt man auch das mögliche Farbspektrum anderer Messinglegierungen<sup>109</sup> und die sehr unterschiedlichen Bleianteile, so wird deutlich, wie schwierig eine unbekannte Kupferlegierung allein aufgrund ihrer Farbe einzuschätzen war und ist.

Die Anlauffarbe, die sich nach dem Glühen beim Abschrecken der Bronzen in Wasser einstellt, ist um so heller und metallischer, je «edler» die Legierung ist (Tabelle 10, Varia). Schon relativ niedrige Beimengungen von Zinn oder Blei bewirken eine dunkle, matte Anlauffarbe (Oxydation)<sup>110</sup>. Messinge werden

<sup>109</sup> Vgl. oben mit Anm. 67–72.

<sup>110</sup> Während Bronzen relativ stark anlaufen, bewahren Messinge beim Erkalten ihren gelben, metallischen Glanz eher. Beim Abschrecken in Wasser bleibt Messing fast blank, vor allem, wenn es in reduzierendem (blauem) Feuer gegläht wurde. Die Anlauffarbe ist somit ein gutes Indiz zur Unterscheidung von Bronzen und Messingen, insbesondere in Legierungsbereichen, wo sie sich in blankem Zustand kaum unterscheiden.



Tabelle 10: Synopse aller Beobachtungen an den Bronze-Testplättchen (Abb. 9–11 und 16–18).

Legierung →	Kupfer (%)												
	65	70		75		80		85		90	95	100	
	Zinn (%)												
	4	7	7	10	12	13	14	13	10	7	4	2	
Kriterien ↓	Blei (%)												
	30	25	23	20	15	12	10	8	4	2	1	0	
	Test-Proben												
	P1	P2	K			G		R		T		S	
Farbe	silbrig	grau stumpf	gräulich		bronzefarben			gelblich glänzend		gold	rötlich	kupferrot	
Anlauffarbe	läuft matt und schwarz an										schwach		läuft nicht an
Bohrspäne	kurz				spiralig-kurz				mittellang		lang		
Klang	krümelig						spiralig		lockenförmig				
	stumpf		mittelhoch				relativ tief		hell		sehr hell		
Kaltschmieden	kein Nachklang		wenig Nachklang				langer Nachklang		sehr langer Nachklang				
	abfedernd		hart		wenig Deformation		zäh		Schlag "verschluckt"		gute Deformation		
Stichel-Gravur	Ausbrüche		rasche Rissbildung				geringe Rissbildung				keine Rissbildung		
	zäh		gut gravierbar		sehr gut		gut		sauberer Schnitt		gut		
Meissel-Schnitt	kurze Späne		mittellange Späne				kurze Späne		mittellange Späne		lange Späne		
	guter Schnitt		mittelmässig				schlecht		mühsam		guter Schnitt		
Punzieren	hart		zäh						zäh		sehr zäh		
	mittelhart		hart				hart		sehr hart		mittelhart		
Warmschmieden	scharfer Abdruck		mittlerer Abdruck				flauer Abdruck		guter Abdruck		sehr gut		
	sehr spröde und brüchig		spröde				spröde		neigt zu Rissbildung		schmiedbar		
Biegen	bricht rasch				bricht		bricht		mittelmässig biegsam		biegsam		
	mittlere Kraft				grosse Kraft				mittlere Kraft		geringe Kraft		
Generelle Eigenschaften	sehr spröde				spröde				sehr zäh				
									schwer zu schleifen				
	P1	P2	K			G		R		T	S		

beim Abschrecken gräulich, können ihren metallischen Glanz aber teilweise beibehalten.

Das *Bohren* und die Arbeit mit dem *Stichel* (vgl. Abb. 16 und 19) haben sich als aufschlussreiche Tests erwiesen: Durch genaue Beobachtung sind bei diesen Arbeiten Härte, Metallfarbe und Sprödigkeit gleichzeitig zu erkennen. Auf die subjektive Ermittlung der Metallhärte ist beim Führen des Werkzeuges (Bohrer bzw. Stichel) besonders zu achten. Das Bruchverhalten der Späne (krümelig-kurz bis lockenförmig-lang) gibt recht verlässliche Hinweise auf die Schmiedbarkeit des so «getesteten» Metalls: Brechen die Späne kurz, so wird das Werkstück auch beim Schmieden bald einreissen; ergeben sich jedoch lange, zusammenhängende Späne, so ist die Bronze bzw. das Messing kalt schmiedbar. Bei den höher legierten Kupferverbindungen wird aber auch hier deutlich, dass sich geringe Unterschiede in der Metallzusammensetzung empirisch kaum mehr durch Tests unterscheiden lassen.

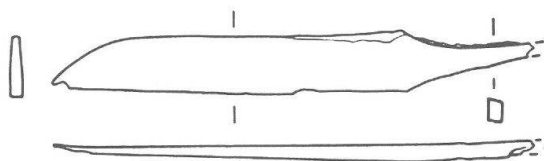


Abb. 19 Augst, Theater-Nordwestecke (Grabung 1986/87). Eiserner Stichel aus Phase 10, einem Gehniveau zur Zeit des Ersten Augster Theaters, um 80–100 n.Chr. M. 1:1.

Was ursprünglich mehr als Spielerei gedacht war, nämlich die Beurteilung der *Klangfarbe* der verschiedenen Bronze-Testlegierungen, erwies sich ebenfalls als aufschlussreich. Schon beim Schmieden fällt der unterschiedliche, dunkel, dumpf bis hell klingende Klang verschiedener Bronzen auf. Mit zunehmender Hammerarbeit verdichtet und versprödet das Metall, was sich ebenfalls am zunehmend helleren Klang der Schläge manifestiert. Je mehr hammergehärtet ein Werkstück ist bzw. je höher sein Kupfergehalt, desto länger ist ein Nachklang zu vernehmen. Unsere Versuche zeigten wegen der geringen Grösse der Testplättchen (Abb. 10) erwartungsgemäss kleine akustische Unterschiede (max. ½ Ton). Bei grösseren Werkstücken könnten durch Anschlagen und Beurteilen des Metallklangs – auch hier entsprechende Erfahrungen vorausgesetzt – Rückschlüsse auf deren Zusammensetzung möglich sein<sup>111</sup>.

Bei vielen, aus Kupferlegierungen bestehenden Geräten und Objekten der Antike stellt sich die Frage «gegossen oder geschmiedet?». Gut mit dem Hammer zu bearbeiten sind nur die beiden zinnärmsten Bronzelegierungen unserer Testserie (Abb. 12, Mitte und rechts) und die Messinge, sofern die Ausgangspro-

<sup>111</sup> So war es früher, zur Zeit der silbernen 500-Lire-Münzen, auf italienischen Märkten üblich, dass der misstrauische Händler das angebotene Geldstück prüfte, indem er es auf das Strassenpflaster warf und an seinem Klang zu erkennen vorgab, ob die Münze aus echtem Silber sei oder gefälscht war. – Zu praktizierten «Metallprüfverfahren» der Antike vgl. Plin. nat. hist. 33, 127–128: «Legt man ein Stückchen [vermeintliches Silber] in eine glühende eiserne Räucherpfanne, so ist es, soweit es weiss bleibt, echt. Die nächste Sorte wird rot; wertlos ist es, wenn es schwarz wird. ...» (zitiert nach König 1984, 91).



dukte (Barren) optimal gegossen sind. Nach übereinstimmenden Erfahrungen<sup>112</sup> gelten Bronzen mit Zinnanteilen über 10% (Abb. 11, **P1.P2.R.K.G**) und Messing mit Zinkanteilen über etwa 35% als nicht mehr schmiedbar. Dies war auch den antiken Handwerkern von Augusta Raurica bewusst, weisen doch die beiden Bronze-Schmiedehalffabrikate (Abb. 4) einen höchsten Zinngehalt von nur 9,6% auf<sup>113</sup>. Die höchsten Zinkwerte der Augster Messinge liegen bei 23% (Tabelle 16)<sup>114</sup>. Schon solche Legierungen erforderten grosse Erfahrung und Geschicklichkeit beim Schmieden (Abb. 13), und das Fehlen von Sprödigkeitsrissen bei unseren Halfabrikaten und Abfallstücken beweist sehr eindrücklich die Professionalität der Augster Bronzeschmiede.

Fast alle experimentell hergestellten Legierungen haben sich als untauglich zum *Warm Schmieden* – in schwach glühendem Zustand – erwiesen (Abb. 17). Selbst die beiden Messinge **M-S** und **M-F** brachen rasch, obschon gewisse zinkreiche Legierungen schmied- und gut walzbar sind<sup>115</sup>. In der Neuzeit fanden Spezialmessinge mit geringen Eisengehalten – meist unter 1% – unter Namen wie z.B. Duranmetall Einzug, die kalt und warm gut verformbar sind<sup>116</sup>. Unsere antiken Messinge haben zwar, herstellungsbedingt, relativ niedrige Zinkanteile<sup>117</sup> und oft deutliche, rohstoffbedingte Eisengehalte bis ca. 0,5%<sup>118</sup>; ein absichtliches Zulegieren von Eisen zur Verbesserung des (Warm-)Schmiedeverhaltens lässt sich jedoch nicht nachweisen.

*Meisselarbeit* ist in der Antike ausserordentlich häufig angewendet worden, man denke nur an die unzähligen Vertiefungen für Flickplättchen an grossen Gussstücken<sup>119</sup> oder an Inschrifttafeln<sup>120</sup>. Unsere Versuche (Abb. 16) haben gezeigt, dass die meisten Bronze- und Messinglegierungen gut zu gravieren und zu meisseln sind. Einzig die zähe Härte macht bei einigen Metallen die Arbeit schwer; das Resultat ist aber überall befriedigend. Der unterschiedliche Widerstand bei dieser die Späne abhebenden Technik, das charakteristische Bruchverhalten der Späne und die dabei blank sich zeigende Metallfarbe sind Kriterien, welche dem erfahrenen antiken Handwerker eine gewisse Werkstoffbeurteilung ermöglichen.

Beim *Punzieren* (Abb. 16) zeigte sich, dass sich die optimal harten Zinnbronzen (**G** und **R**), die sehr bleireichen «Pferdebronzen» **P1** und **P2** sowie ein relativ hoch legiertes Messing (**M-F**) weniger für Punzen- bzw. Stempelverzierungen eignen, da sie sehr zäh sind und das Werkzeug nur flau Abdrücke hinterlässt. Die anderen Legierungen zeigten gute Punzergebnisse.

Bei den *Biege- und Bruchversuchen* (Abb. 18) brachen die relativ reinen Zinnbronzen **R** und **G** zuerst. Sie sind mit ca. 12–16% Sn recht hart und spröde. Erstaunlicherweise wirkt sich ein etwas erhöhter Bleianteil günstig auf die Biegeeigenschaften aus, wie die Legierung **K** mit rund 12% Pb zeigte. Bleianteile über 20% (**P1**, **P2**) machen allerdings eine Bronze ähnlich spröde und brüchig wie ein hoher Zinnanteil um 12–16% (**R** und **G**; vgl. Abb. 18). Die relativ zinnarmen Treib- und Schmiedeburzen **T** und **S** liessen sich gut biegen, ohne dass es zum Bruch kam (Abb. 18).

## *Veränderungen in den Verarbeitungseigenschaften bei Erhitzen, Abkühlen und Abschrecken*

Die oben in Zusammenhang mit der mutwilligen Zerstückelung der Augster Reiterstandbilder<sup>121</sup> gestellte Frage nach dem Bruchverhalten lässt sich nach unseren Testlegierungen und Versuchen leicht beantworten: Erhitzte und abgeschreckte Bronze ist relativ duktil; sie wird mit zunehmendem Bleigehalt jedoch spröder. Dank hohem Bleigehalt liessen sich die Augster Pferdelegierungen mit geringerem Kraftaufwand biegen als eine bleiarne Bronze und brachen mangels Elastizität rasch (vgl. die Biegeversuche oben mit Abb. 18). Wenn man eine solche Bleibronze auf mindestens 300–400°C erwärmt, wird sie extrem spröde und brüchig (vgl. die Warm schmiedeveruche oben mit Abb. 17). Bei der «Demontage» des Augster Forums im 3. Jahrhundert wäre es also am einfachsten gewesen, neben den Sockeln der Reiterstandbilder ein grosses Feuer zu entfachen, die Bronzestatuen etwas später auf die Glut zu kippen und alsdann mit den schweren Hämmern<sup>122</sup> die «mürbe» gewordene Bronze in Tausende von handlichen Stücken zu zer schlagen.

112 Aus der Literatur (oben mit Anm. 58 und unten mit Anm. 194–199), von Praktikern (Anm. 57) und aufgrund eigener Versuche (Abb. 11–13).

113 Inv. 1962.6880 und 1967.18830; vgl. S. 137. – Ebendort wird auch auf die vielen, zahlenmässig sogar dominierenden Schmiedehalffabrikate aus *Messing* hingewiesen. Der Zinkanteil bei den Messing-Halfabrikaten ist zudem viel höher als der Zinnanteil bei den Bronzehalfabrikaten (Tabelle 1). In Ergänzung zu den Bronzetesten war es mir leider nur noch beschränkt möglich (aus zeitlichen und organisatorischen Gründen), auch Versuche mit verschiedenen Messingen durchzuführen.

114 Was jedoch nicht auf schmiedetechnische Gründe zurückzuführen ist, sondern auf die Beschränkungen des Herstellungsverfahrens von *aurichalcum* in der Antike (vgl. unten mit Anm. 128–132).

115 Vgl. unten mit Anm. 204–209 und Tabelle 21.

116 Vgl. unten mit Anm. 228–229.

117 Zur oberen Zinkbegrenzung aufgrund des Zementationsverfahrens s. unten mit Anm. 141.

118 Tabellen 16–18. Zum Eisenanteil in der Galmei s. J. Riederer, unten mit Anm. 123.

119 Z.B. Janietz Schwarz/Rouiller 1995, Abb. 56; 90; 116–118.

120 Gut dokumentierte Beispiele: K. Gschwanter et al., Guss+Form. Bronzen aus der Antikensammlung. Kunsthistorisches Museum Wien (Wien 1986) 85 und Abb. 45; Janietz Schwarz/Rouiller 1995.

121 Vgl. oben mit Anm. 86.

122 Die Hämmer haben, wie oben mit Anm. 86 erwähnt, ihre deutlichen Spuren an den Fragmenten des «Schrottfundes» hinterlassen!

# Die Metallanalyse von Halbfabrikaten aus Kupferlegierungen von Augusta Raurica

Josef Riederer

Aus Augst und Kaiseraugst wurde eine Serie von Halbfabrikaten aus Kupferlegierungen untersucht, um die Art der Legierungen kennenzulernen, aus denen in erster Linie Gegenstände des täglichen Gebrauchs hergestellt wurden (s. Katalog mit Tabelle 1).

Die Analysen wurden nach dem Atomabsorptionsverfahren ausgeführt. Quantitativ bestimmt wurden die Elemente Zinn (Sn), Blei (Pb), Zink (Zn), Eisen (Fe), Nickel (Ni), Silber (Ag), Arsen (As), Wismut (Bi), Kobalt (Co), Gold (Au) und Kadmium (Cd). Das Kupfer (Cu) ist als Differenz der Summe der quantitativ bestimmten Elemente zu 100% angegeben. In den Analyselisten sind die Gehalte an Arsen, Wismut, Kobalt, Gold und Kadmium nur angegeben, wenn sie über der Nachweisgrenze des Atomabsorptionsverfahrens für diese Elemente liegen (Arsen: >0,10%, Wismut: >0,025% Kobalt: >0,005%, Gold: >0,001% Kadmium: >0,01%).

Die Analysen sind im Katalog (Tabelle 1), nach technologischen Kriterien geordnet, zusammengestellt und im folgenden kurz erläutert. Die Auswertung der Analysedaten der Halbfabrikate aus Augusta Raurica ergab, dass dort in römischer Zeit alle mit den damals bekannten metallurgischen Möglichkeiten herstellbaren Kupferlegierungen verwendet wurden. Von den 97 untersuchten Objekten bestehen 19 aus Kupfer, 14 aus Zinnbronze, 17 aus Zinn-Blei-bronze und 47 aus Messing.

Diese vier Materialgruppen sind in sich so inhomogen, dass sie weiter unterteilt werden müssen, um die in Augusta Raurica vorkommenden Legierungen korrekt auseinanderzuhalten:

Reines Kupfer:	6
Kupfer mit geringen Beimengungen:	13
Zinnbronzen:	14
Zinn-Bleibronzen:	17
Reines Messing:	11
Zinnmessing:	18
Zinn-Bleimessing:	18

## Die Objekte aus Kupfer (Tabelle 11)

Bei sechs Objekten liegen die Gehalte an Beimengungen des Kupfers jeweils unter 1%, so dass hier der Typ des reinen Kupfers vorliegt, der in römischer Zeit verarbeitet wurde. Da reines, direkt dem Verhüttungsprozess von Kupfererzen entstammendes Kupfer, nur in geringsten Konzentrationen, die unter der Nachweisgrenze des Atomabsorptionsverfahrens liegen, Zinn enthält, ist denkbar, dass die höheren Zinnanteile dieser Objekte bereits durch geringe Beimengungen von Altmetall in das Kupfer gelangten. Ein bemerkenswertes Objekt ist der geschmiedete Stab 1986.1163 (Abb. 4,38), da er aus einem Kupfer hergestellt ist, das für die römische Zeit ausgesprochen un-

gewöhnlich, dagegen für die mitteleuropäische Bronzezeit durchaus üblich ist, nämlich aus einem Kupfer, das fast extrem hohe Gehalte an Arsen, Wismut, Kobalt und Silber aufweist. Die hier vorgelegten Analysen der Halbfabrikate zeigen, dass die Arsengehalte römischer Objekte aus Kupferlegierungen fast ausnahmslos unter 0,03%, die Antimongehalte und die Silbergehalte unter 0,1% liegen. Bei bronzezeitlichen Objekten sind derart hohe Spurenelementgehalte aber die Regel. Bei den aus reinem Kupfer bestehenden Objekten, handelt es sich um drei gehämmerte Stäbe bzw. Barren, um ein geschmolzenes Stück Metall, einen Gusszapfen und ein mögliches Halbfabrikat einer Fibel.

Tabelle 11: Augst/Kaiseraugst. Analysen von Halbfabrikaten und Abfallstücken aus *reinem Kupfer*.

Inv.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
1986.1665	99,84	<0,25	0,05	<0,01	0,01	0,02	0,04	0,06	
1959.2446	99,62	0,13	0,08	0,03	0,04	0,02	0,04	0,04	
1978.11246 (Abb. 3,24)	99,42	0,37	<0,025	0,05	0,06	0,06	0,01	0,03	
1966.864 (Abb. 4,44)	99,14	0,44	0,11	0,01	0,20	0,01	0,05	0,03	
1964.9817 (Abb. 2,19)	98,97	0,50	0,10	0,02	0,30	0,02	0,03	0,06	
1966.1163 (Abb. 4,45)	97,26	0,31	0,19	0,01	0,01	0,03	0,26	1,10	0,82 As, 0,03 Bi
Δ (ohne 1966.1163)	99,40	0,34	0,07	0,02	0,12	0,03	0,03	0,04	

## Die Objekte aus Kupfer mit geringen Beimengungen (Zinnbronzen mit geringen Zinngehalten; Tabelle 12)

Bei der Charakterisierung der Objekte aus reinem Kupfer wurde bereits darauf hingewiesen, dass es sich bei dem Kupfer, das über 0,1% Zinn enthält, um ein wiederverwendetes Material handeln kann, in das geringe Bronzeanteile gelangt sind. Mit zunehmendem Anteil an wiedereingeschmolzener Bronze erhöht sich deshalb der Zinngehalt und teilweise auch der Gehalt an Blei und Zink. Für den Metallhandwerker liegt noch ein Metall mit den Eigenschaften des Kupfers vor, da Beimengungen unter 5% die Materialeigenschaften nach nicht nennenswert verändern. Der korrekten Nomenklatur entsprechend müssten diese Legierungen als Zinnbronzen mit geringen Zinngehalten bzw. im Falle der beiden letzten Objekte (von Tabelle 12) als Zinn-Bleibronzen mit geringen Zinn- und Bleigehalten bezeichnet werden. Da bei den vorliegenden Objekten aber eher anzunehmen ist, dass es sich um ein durch zufällige Beimengungen verunreinigtes Kupfer und nicht um mit Absicht hergestellte Bronzen handelt, wird dieser Legierungstyp als Kupfer mit geringen Beimengungen bezeichnet. Die Tabelle 12 zeigt, dass das noch sehr zinnarme Kupfer der ersten Gruppe kontinuierlich in zinnreichere Legierungen übergeht, die dann zu den eigentlichen Zinnbronzen überleiten, bei denen der Zinngehalt über 5% liegt

und die dann auch schon Materialeigenschaften haben, die sich von denjenigen des reinen Kupfers entfernen. In dem Zinn-Blei-Diagramm (Abb. 20) werden diese fließenden Übergänge zwischen den einzelnen Materialgruppen deutlich. Die Spurenelemente liegen in dem für römische Kupferlegierungen üblichen Rahmen. Bei den aus diesem Kupfertyp bestehenden Objekten, handelt es sich vorwiegend um geschmiedete Barren und Bleche sowie um zwei Gusszapfen.

Tabelle 12: Augst/Kaiseraugst. Analysen von Halbfabrikaten und Abfallstücken aus *Kupfer* mit geringen Beimengungen.

Inv.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
1961.11907 (Abb. 4,37)	98,29	1,24	0,25	0,01	0,06	0,02	0,07	0,05	0,01 Au
1985.71132/1 (Abb. 4,39)	97,76	1,32	0,18	0,07	0,54	0,03	0,05	0,05	
1963.11717 (Abb. 4,39)	97,74	1,53	0,57	0,03	0,01	0,02	0,05	0,04	0,03 Au
1985.71132/2	96,57	2,08	0,16	0,12	0,93	0,03	0,05	0,06	
1985.12750	95,91	2,93	0,85	0,12	0,07	0,02	0,07	0,03	
1965.8461 (Abb. 4,43)	96,94	2,59	0,03	0,07	0,28	0,01	0,04	0,05	
1965.6243 (Abb. 4,42)	96,17	3,28	0,15	0,13	0,15	0,01	0,05	0,05	0,03 Bi
1986.56195	95,27	4,49	0,10	<0,01	0,09	0,02	0,05	0,09	
1984.13249	95,22	4,58	0,03	<0,01	0,03	0,02	0,05	0,08	
1972.7420	94,86	4,78	0,02	0,06	0,17	0,01	0,02	0,08	
Δ	96,47	2,88	0,23	0,06	0,23	0,02	0,05	0,06	
1977.762/1	97,87	0,27	1,63	0,03	0,01	0,06	0,10	0,04	
1977.762/2	97,56	0,28	1,93	<0,01	0,01	0,06	0,11	0,05	
1990.54.C05668.1	95,86	1,80	2,06	0,04	0,06	0,02	0,08	0,05	0,04 Au
1987.54.C04242.46	95,32	1,92	2,66	<0,01	0,01	0,02	0,04	0,04	

#### Die Objekte aus Zinnbronzen mit mittleren und hohen Zinngehalten (Tabelle 13)

Zehn Objekte bestehen aus Zinnbronzen im eigentlichen Sinn, bei denen das Kupfer nur mit Zinn legiert ist. Die Zinngehalte liegen im Bereich von 6–12% und gehen somit direkt aus der Gruppe des Kupfers mit den erhöhten Beimengungen an Zinn hervor. Die etwas erhöhten Anteile an Blei deuten zwar darauf hin, dass durch Einschmelzvorgänge auch bleihaltiges Material in die Zinnbronze gelangte; dennoch ist

Tabelle 13: Augst/Kaiseraugst. Analysen von Halbfabrikaten und Abfallstücken aus *Zinnbronze*.

Inv.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
1959.6568 (Abb. 2,15)	91,27	7,13	0,80	0,58	0,06	0,06	0,05	0,06	
1963.4360 (Abb. 1,2)	90,60	7,82	0,47	0,78	0,20	0,04	0,05	0,04	
1964.11377 (Abb. 2,20)	91,10	8,07	0,35	0,02	0,24	0,03	0,08	0,10	
1991.51.C08136.92	91,11	8,39	0,05	<0,01	0,29	0,03	0,04	0,08	
1986.10488	90,40	8,61	0,66	0,08	0,06	0,02	0,08	0,07	0,01 Au
1990.54.C05653.22	88,99	9,59	0,54	0,72	0,04	0,05	0,03	0,03	
1967.18830	89,76	9,64	0,22	0,23	0,05	0,02	0,04	0,04	
1938.4161-1	88,62	10,88	0,39	<0,01	0,03	0,01	0,03	0,03	
1977.18114	87,38	12,02	0,40	0,01	0,08	0,02	0,05	0,04	
1984.12785	84,58	15,21	0,06	0,01	0,03	0,01	0,03	0,07	
Δ	89,38	9,73	0,39	0,25	0,11	0,03	0,05	0,06	
1977.4643/1	90,32	8,32	1,09	<0,01	0,05	0,08	0,06	0,05	0,02 Co
1962.6880	88,56	9,60	1,31	0,14	0,02	0,04	0,07	0,10	0,15 As
1959.6333	88,67	9,44	1,47	0,12	0,05	0,04	0,05	0,05	0,11 As
1977.4643/2	88,57	9,52	1,61	<0,01	0,07	0,08	0,07	0,06	0,02 Co
1977.12567	92,09	6,41	1,95	0,33	0,02	0,02	0,11	0,06	0,01 Au
Δ	89,64	8,66	1,46	0,12	0,04	0,05	0,07	0,06	

hier erkennbar, dass reine Zinnbronzen hergestellt und verarbeitet wurden. Bei den Funden, die aus reinen Zinnbronzen bestehen, handelt es sich um Gusszapfen, Rohgüsse, Fehlgüsse und einzelne geschmiedete Stäbe und Platten.

Fünf Objekte, deren Bleigehalte geringfügig erhöht sind, werden noch zu dieser Gruppe gezählt. Diese Objekte liegen in ihrer Zusammensetzung so nahe bei den reinen Zinnbronzen, dass sie nicht als eigener Legierungstyp (Zinn-Bleibronze mit mittlerem Zinn- und geringem Bleigehalt nach der korrekten Nomenklatur) abgetrennt werden sollen.

#### Die Objekte aus Zinn-Bleibronze (Tabellen 14 und 15)

Eine relativ grosse Zahl von Objekten besteht aus Zinn-Bleibronze, bei denen das Kupfer mit Zinn und mit Blei legiert wurde. Wie das Zinn-Blei-Diagramm (Abb. 20) zeigt, variieren die Gehalte an Zinn und Blei in relativ weiten Grenzen, so dass hier ein recht inhomogener Legierungstyp vorliegt. In Tabelle 15 sind die Analysen nach fallenden Kupfergehalten aufgeführt, so dass nach unten die Anteile an Zinn und Blei zunehmen. Die Spurenelemente befinden sich auch bei den stärker legierten Objekten noch im Bereich der typischen niederen Werte römischer Kupferlegierungen. Aus Blei-Zinnbronze bestehen wieder eine Reihe von Gusszapfen und einzelne gegossene Kleinteile. Interessant ist, dass zwei Teile, das geschrotete Bronzewerkstück 1984.21212 und die missratene Pan-Statuette 1990.69.C05341.1 (vgl. Tabelle 1), als Teile von zerlegten bzw. wiedereingeschmolzenen Grossbronzen erkannt wurden, da dieser Legierungstyp bevorzugt zum Guss von Grossbronzen und Statuetten verwendet wurde. Dies wird auch deutlich, wenn man die Analysen dieser beiden als Teile von Grossbronzen erkannten Funde mit den Analysen der Augster Pferde vergleicht (Tabelle 14).

Auch bei den anderen Objekten dieser Gruppe, vor allem den bleireicheren Stücken, ist nicht auszuschliessen, dass es sich um umgeschmolzene Bronzen von Grossskulpturen handelt (Tabelle 15).

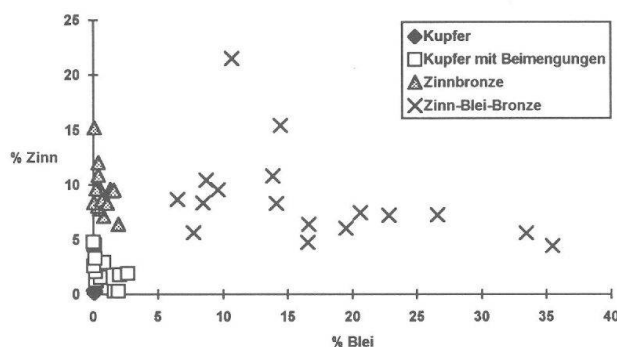


Abb. 20 Augst/Kaiseraugst. Zinn-Blei-Verhältnisse der Halbfabrikate und Abfallstücke aus *Kupfer*, *Kupfer mit Beimengungen*, *Zinnbronze* und *Zinn-Bleibronze*.

Tabelle 14: Augst. Durchschnittswerte der Analysen an den Augster Bronzepferden (Komplex «Schrottfund» aus Insula 28) im Vergleich mit zwei praktisch legierungsidentischen Einzelfunden.

Probe:	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb
Missratene Pan-Statuette (Fehlgruss) Inv. 1990.69.C05341.1	71,30	7,47	20,58	0,39	0,12	0,04	0,05	0,05
Pferd 1, Teilstück 1, Δ	67,83	7,49	24,09	0,34	0,09	0,03	0,05	0,05
Geschrotete Bronzeplatte (Werkstatt-Abfall) Inv. 1984.21212	65,97	7,26	26,57	0,02	0,03	0,03	0,06	0,07
Pferd 2, Verbindungs- guss, Δ	69,35	5,64	24,80	0,02	0,04	0,03	0,05	0,05
Pferd 2, Füllung Distanz- halter, Δ	66,02	5,59	28,19	0,01	0,03	0,03	0,05	0,06

Tabelle 15: Augst/Kaiseraugst. Analysen von Halbfabrikaten und Abfallstücken aus *Zinn-Bleibronze*.

Inv.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
1963.11842a	85,85	5,65	7,73	0,58	0,05	0,03	0,06	0,06	
1977.13775	83,96	8,67	6,48	0,58	0,14	0,03	0,06	0,08	
1985.7923	82,77	8,33	8,46	0,17	0,07	0,05	0,07	0,07	0,01 Co
1963.12282 (Abb. 1,8)	80,21	10,46	8,70	0,23	0,24	0,03	0,06	0,06	
1961.3798	79,85	9,57	9,59	0,65	0,09	0,05	0,09	0,11	
1988.51.C05025.279	66,76	21,50	10,66	0,14	0,79	0,05	0,05	0,05	
1966.6387 (Abb. 1,13)	75,62	10,83	13,84	0,20	0,02	0,04	0,09	0,11	
1991.51.C08373.2	77,12	8,32	14,11	0,17	0,08	0,04	0,06	0,09	
1963.12464 (Abb. 1,9)	73,40	6,06	19,47	0,02	0,03	0,10	0,20	0,46	0,22 As, 0,03 Bi
1964.3142 (Abb. 1,11)	60,54	5,60	33,42	0,14	0,05	0,02	0,04	0,06	0,11 As
1907.1363 (Abb. 1,1)	59,55	4,40	35,49	0,35	0,01	0,07	0,11	0,11	0,002 Cd
1979.13351b	27,28	32,28	37,26	0,92	0,32	0,03	0,11	0,02	
Δ (ohne 1979.13351b)	74,06	8,78	16,54	0,28	0,13	0,04	0,08	0,10	
1978.4621	68,50	7,11	22,81	1,02	0,34	0,04	0,05	0,06	
1978.414 (Abb. 1,4)	75,30	6,41	16,63	1,21	0,17	0,04	0,17	0,07	
1979.13351a	68,03	15,41	14,42	1,56	0,32	0,04	0,14	0,07	
1984.296	76,83	4,76	16,53	1,66	0,08	0,03	0,05	0,06	

### Die Objekte aus Messing (Tabelle 16)

Elf der untersuchten 97 Halbfabrikate und Produktionsabfälle aus Augusta Raurica bestehen aus reinem Messing, bei dem das Kupfer nur mit Zink legiert ist. Bei diesen Legierungen handelt es sich mit ziemlicher Sicherheit um primär hergestellte Metalle, die kein eingeschmolzenes Material enthalten. Die Zinkgehalte liegen bei diesen Legierungen im bemerkenswert hohen Bereich zwischen 10 und 23%. Die Zinn-Zink-Verhältnisse dieser und der folgenden Gruppe sind in Abbildung 21 dargestellt. Bei den Spurenelementen zeichnet sich wie bei allen zinkhaltigen Legierungen ein *erhöhter Eisengehalt* ab, da Eisen im Zink-erz Galmei<sup>123</sup> in erhöhter Konzentration enthalten ist. Die übrigen Spurenelemente liegen im üblichen Bereich der niederen Konzentrationen.

Aus reinem Messing bestehen bemerkenswerterweise fünf Halbfabrikate von Fibeln (Abb. 3,22.26.27.31.33), was sich mit den Analysen von römischen Fibeln deckt, für welche häufig reines Messing verwendet wurde<sup>124</sup>. Weiter bestehen aus reinem Messing geschmiedete Stäbchen und Streifen, die zu Objekten verarbeitet werden sollten, die Fibeln nahe-  
stehen.

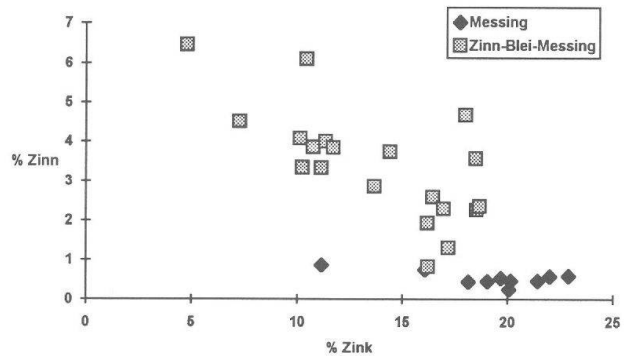


Abb. 21 Augst/Kaiseraugst. Zinn-Zink-Verhältnis der Halbfabrikate und Abfallstücke aus *Messing* und *Zinnmessing*.

Tabelle 16: Augst/Kaiseraugst. Analysen von Halbfabrikaten und Abfallstücken aus *reinem Messing*.

Inv.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
1977.3733	87,49	0,86	0,24	11,16	0,20	0,02	0,02	0,02	
1980.1338	82,68	0,75	0,14	16,09	0,18	0,03	0,04	0,09	
1912.1295	82,29	0,83	0,24	16,21	0,35	0,01	0,04	0,03	
1979.15600 (Abb. 3,26)	81,02	0,45	0,12	18,14	0,21	0,04	0,02	0,02	
1959.3343 (Abb. 4,36)	79,83	0,46	0,40	19,06	0,16	0,01	0,05	0,04	
1977.894	79,33	0,53	0,19	19,70	0,08	0,01	0,03	0,04	0,09 As
1987.54.C4031.129 (Abb. 3,31)	78,98	<0,25	0,19	20,07	0,67	0,01	0,05	0,02	
1985.88984	79,01	0,47	0,13	20,16	0,13	0,02	0,03	0,05	
1964.9763 (Abb. 3,22)	77,71	0,47	0,24	21,43	0,07	0,01	0,03	0,04	
1988.51.C05150.2 (Abb. 3,33)	76,85	0,58	0,11	22,01	0,35	0,01	0,03	0,08	
1979.8941 (Abb. 3,27)	76,21	0,59	0,10	22,90	0,10	0,02	0,04	0,04	
Δ	79,91	0,54	0,19	19,07	0,21	0,02	0,03	0,04	

### Die Objekte aus Zinnmessing (Tabelle 17)

Bei der Untersuchung der Halbfabrikate aus Augusta Raurica zeichnete sich ein Legierungstyp als besonders verbreitet ab, dem bisher keine besondere Bedeutung beigemessen wurde: Immerhin 18 der insgesamt 97 untersuchten Objekte bestehen aus einer Legierung, die neben relativ hohen Zinkgehalten stets einen geringen Zinnanteil von ca. 2–5% enthalten, während Blei in allen Fällen nur unter 1% vorkommt. Die Zinkwerte liegen vorwiegend in dem für die römischen Messinge üblichen Bereich zwischen 10 und 15%. Bei den Spurenelementen sind die Eisengehalte erhöht, die Konzentrationen der übrigen Spurenelemente liegen im gewohnten unteren Bereich. Aus dieser Legierung bestehen Funde, bei denen es sich zum

<sup>123</sup> Zur Galmei bei Plinius vgl. unten mit Anm. 139.

<sup>124</sup> Vgl. z.B. M. Konrad, Ein Fibel-Depotfund aus Bregenz (Brigantium) – Weihefund in einem Tempel? Germania 72, 1994, 217ff. bes. 222 Anm. 16 (Analysen J. Riederer); E. Plöckinger, Metallkundliche Untersuchungen an Bronze- und Messingfibeln in Kärnten. In: Lebendige Altertumswissenschaft. Festgabe Hermann Vetters (Wien 1985) 405ff. Tabellen 2 und 4 (von 58 Fibelanalysen ergaben nur 12 «Bronze», 46 jedoch Messing); Riederer 1993. – Differenzierter zu Messing- und Bronze-  
fibeln: Bayley 1990, 14ff. – Zu anderen Messingobjekten vgl. auch Riederer/Briese 1972, 88.



grössten Teil um Schmiedehalffabrikate handelt (vgl. oben mit Abb. 4). Hier wurde also eine definierte Legierung zur Herstellung geschmiedeter Kleinteile hergestellt und verarbeitet.

Tabelle 17: Augst/Kaiseraugst. Analysen von Half-fabrikaten und Abfallstücken aus *Zinn-messing*.

Inv.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
1985.12341	87,39	6,46	0,97	4,78	0,26	0,03	0,04	0,06	
1985.29855	86,83	4,51	0,75	7,26	0,49	0,03	0,06	0,08	
1977.14092/2	84,59	4,08	0,57	10,13	0,52	0,02	0,05	0,05	
1956.684 (Abb. 4,35)	85,34	3,34	0,59	10,24	0,35	0,02	0,06	0,05	
1967.18343a (Abb. 1,3)	82,58	6,10	0,48	10,43	0,31	0,02	0,04	0,05	
1977.14092/1	84,18	3,86	0,57	10,76	0,52	0,02	0,05	0,05	
1952.211 (Abb. 4,34)	84,51	3,33	0,39	11,13	0,49	0,03	0,04	0,06	0,006 Co
1966.1492 (Abb. 4,46)	83,26	4,00	0,39	11,35	0,85	0,03	0,05	0,07	
1963.11683 (Abb. 3,21)	83,32	3,84	0,55	11,70	0,42	0,03	0,05	0,09	
1968.11624A	82,88	2,87	0,14	13,67	0,30	0,03	0,04	0,06	
1985.14154	80,80	3,74	0,69	14,40	0,23	0,06	0,07	0,03	
1959.1729	81,18	1,93	0,20	16,18	0,40	0,02	0,05	0,04	
1980.11393	80,38	2,60	0,16	16,44	0,30	0,03	0,04	0,06	0,01 Co
1990.51.C05412.59	79,87	2,29	0,33	16,96	0,44	0,02	0,03	0,06	
1967.16201 (Abb. 1,10)	80,52	1,31	0,74	17,19	0,30	0,01	0,05	0,05	
1963.12177 (Abb. 4,40)	75,85	4,68	0,68	17,99	0,53	0,02	0,02	0,02	0,21 As
1911.1863	77,49	3,57	0,22	18,48	0,11	0,02	0,04	0,06	
1985.71154	77,99	2,27	0,58	18,53	0,35	0,03	0,03	0,05	
1991.51.C08107.53	77,51	2,36	0,53	18,67	0,37	0,03	0,02	0,04	0,48 As, 0,01 Co
Δ	81,94	3,40	0,49	13,62	0,39	0,03	0,04	0,05	

#### Die Objekte aus Zinn-Bleimessing (Tabelle 18)

Ein beträchtlicher Teil der analysierten Halffabrikate besteht aus einem Metall, bei dem das Kupfer mit Zinn, Blei und Zink in recht unterschiedlichen Anteilen

Tabelle 18: Augst/Kaiseraugst. Analysen von Half-fabrikaten und Abfallstücken aus *Zinn-Bleimessing*.

Inv.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	sonstige
1963.7063	88,57	6,45	1,78	2,87	0,19	0,02	0,05	0,06	
1963.11637 (Abb. 4,38)	86,84	6,58	1,60	3,93	0,51	0,03	0,05	0,06	
1962.10816 (Abb. 1,7)	85,50	8,12	1,66	4,17	0,14	0,03	0,21	0,07	0,11 As
1991.51.C08235.41	85,43	5,49	6,63	2,07	0,14	0,03	0,08	0,08	0,01 Co
1969.11795	82,69	2,96	1,83	11,90	0,52	0,03	0,04	0,04	
1959.12649 (Abb. 2,16)	82,04	4,11	5,40	8,04	0,32	0,02	0,04	0,04	
1986.26523 (Abb. 3,30)	81,22	1,64	1,17	15,63	0,24	0,01	0,03	0,05	
1960.2966-1 (Abb. 2,17)	80,78	8,47	2,96	7,35	0,22	0,01	0,06	0,03	0,13 As
1960.2966-2	80,25	9,06	3,30	7,06	0,21	0,01	0,07	0,03	
1988.51.C04886.17	80,03	2,44	3,65	13,37	0,41	0,03	0,04	0,05	
1959.3582-1 (Abb. 2,14)	78,96	6,48	7,35	6,61	0,35	0,02	0,05	0,06	0,12 As
1968.9335	78,30	6,85	1,13	13,09	0,44	0,03	0,08	0,10	
1991.51.C08137.7	77,99	6,97	11,77	2,86	0,23	0,03	0,07	0,07	
1959.3582-2	76,40	6,53	7,23	9,20	0,35	0,02	0,05	0,07	0,15 As
1978.13279 (Abb. 3,25)	75,77	4,93	9,02	9,70	0,46	0,02	0,05	0,05	
1965.4482 (Abb. 1,12)	75,03	3,45	7,49	13,31	0,43	0,02	0,21	0,06	
1962.2959-2 (Abb. 2,18)	74,27	5,94	10,42	8,72	0,47	0,03	0,06	0,08	
1960.3270 (Abb. 1,5)	73,88	4,11	11,54	9,59	0,74	0,02	0,08	0,05	
1962.2959-1	72,91	5,91	11,22	9,29	0,48	0,03	0,06	0,09	
1960.2684	72,19	5,37	16,05	5,88	0,35	0,03	0,06	0,04	0,03 Au
1964.226	68,79	7,21	11,11	12,19	0,55	0,04	0,05	0,06	
Δ	78,94	5,67	6,31	8,28	0,36	0,02	0,07	0,05	

len legiert wurde. In Tabelle 18 sind die Analysen nach fallenden Kupfergehalten, also nach steigenden Anteilen an Beimengungen geordnet. Die Heterogenität dieser Legierungen deutet darauf hin, dass hier wohllos Kupferlegierungen unterschiedlichster Art miteinander verschmolzen wurden. Bemerkenswert sind auch bei dieser Gruppe die geringen Anteile an Spurenelementen, die vom Eisen abgesehen stets im untersten Bereich der üblichen Werte liegen. Aus diesem Legierungstyp bestehen wieder in erster Linie Gusszapfen und Gussrohlinge neben einigen, durch Schmieden weiterverarbeiteten Objekten.

#### Die Konzentrationen der Spurenelemente (Tabelle 19)

Es hat sich gezeigt, dass die Spurenelemente von Kupferlegierungen aufschlussreiche Informationen zur Charakterisierung der Erzeugnisse der verschiedenen kulturgeschichtlichen Bereiche liefern können. Deshalb sollen im folgenden die Mittelwerte der Elementkonzentrationen der oben beschriebenen Metallgruppen der Halffabrikate von Augusta Raurica verglichen werden (Tabelle 19), um den dort verwendeten Metalltyp genauer zu definieren. Weiter soll aus der Verteilung der Konzentrationen der Spurenelemente auf die Homogenität der Ausgangserze geschlossen werden.

Bei den Spurenelementen zeigt das *Eisen* eine beachtliche Schwankungsbreite zwischen 0,01 und 1% (Abb. 22), wobei die niederen Gehalte im Bereich zwischen 0,01 und 0,1% besonders häufig sind, die höheren Werte aber ebenfalls so oft festgestellt wurden, dass offensichtlich eisenreiche Erze verarbeitet worden sein müssen. Betrachtet man in der Tabelle 19 die Mittelwerte des Eisens der einzelnen Metallgruppen, so fällt auf, dass die Objekte aus reinem Kupfer, die Zinn- und die Zinn-Bleibronzen mit 0,11–0,13% Fe deutlich eisenärmer sind, während die Messinge und das Kupfer mit Beimengungen eisenreich sind. Daraus ergibt sich, dass das Eisen mit den Zinkerzen in das Metall gelang.

Die *Nickelgehalte* sind im Vergleich zu den Eisengehalten wesentlich homogener (Abb. 23), da Nickel in Zinn-, Blei- und Zinkerzen nicht enthalten ist, also allein aus den Kupfererzen stammt und somit deren Homogenität widerspiegeln. Deshalb finden sich in der Tabelle 19 in allen Metallgruppen recht ähnliche Mittelwerte der Nickelwerte. Die Nickelgehalte liegen im relativ engen Bereich zwischen 0,01 und 0,1%, wobei die Gehalte über 0,04% bereits zu den Ausnahmen

Tabelle 19: Augst/Kaiseraugst. Mittelwerte der Elementkonzentrationen der Halffabrikate und Abfallstücke der verschiedenen Metallgruppen.

Legierungstyp	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	S
Kupfer	99,40	0,34	0,07	0,02	0,12	0,03	0,03	0,04
Kupfer mit Beimengungen	96,47	2,88	0,23	0,06	0,23	0,02	0,05	0,06
Zinnbronzen	89,38	9,73	0,39	0,25	0,11	0,03	0,05	0,06
Zinn-Bleibronze	74,06	8,78	16,54	0,28	0,13	0,04	0,08	0,10
Messing	79,91	0,54	0,19	19,07	0,21	0,02	0,03	0,04
Zinn-Messing	81,94	3,40	0,49	13,62	0,39	0,03	0,04	0,05
Zinn-Bleimessing	78,94	5,67	6,31	8,28	0,36	0,02	0,07	0,05

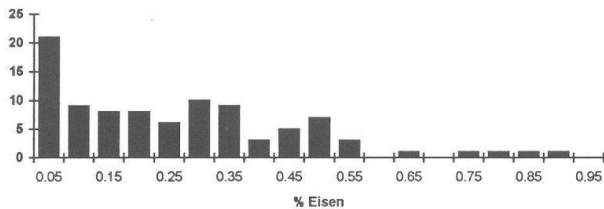


Abb. 22 Augst/Kaiseraugst. Verteilung der *Eisengehalte* in den Halbfabrikaten und Abfallstücken.

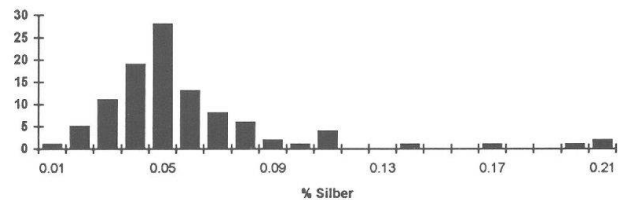


Abb. 24 Augst/Kaiseraugst. Verteilung der *Silbergehalte* in den Halbfabrikaten und Abfallstücken.

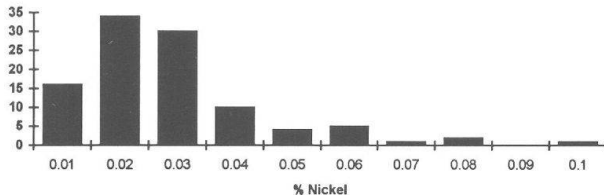


Abb. 23 Augst/Kaiseraugst. Verteilung der *Nickelgehalte* in den Halbfabrikaten und Abfallstücken.

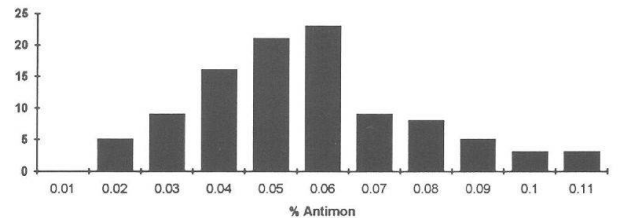


Abb. 25 Augst/Kaiseraugst. Verteilung der *Antimongehalte* in den Halbfabrikaten und Abfallstücken.

gehören. Bei den hohen Nickelwerten um 0,07 und 0,08 sowie 0,09% handelt es sich eher um zufällige Anreicherungen und nicht um die Folge der Verwendung einer nickelreicheren Kupfersorte.

Auch beim *Silber* beobachten wir diese Homogenität der Silbergehalte (Abb. 24), da dieses Element wieder in erster Linie aus dem Kupfererz stammt. Deutlich ausgeprägt ist das Maximum der Silbergehalte bei 0,05% mit einem gleichmässigen Abklingen zu den höheren und niederen Gehalten hin. Auffallend sind einige Objekte mit den ungewöhnlich hohen Silbergehalten über 0,2%. Da derartig hohe Silbergehalte selten auf silberreiche Kupfererze zurückzuführen sind, ist hier eher anzunehmen, dass Objekte aus Silber oder aus versilberten Kupferlegierungen in die Ausgangsschmelze dieser Objekte gelangten oder, wie das Objekt 1966.1163 (Abb. 4,45) mit 0,26% Ag, aus einem anderen kulturgeschichtlichen Bereich stammt.

Auch beim *Antimon* findet sich eine relativ homogene Verteilung der Konzentrationen im Bereich von 0,01 bis 0,1% (Abb. 25). Hier wurden also relativ antimonarme Kupfererze verarbeitet, im Gegensatz zu anderen kulturgeschichtlichen Bereichen, auch in der mitteleuropäischen Bronzezeit, wo nicht selten Werte von über 1% erreicht werden. Der Antimongehalt von 1,10% bei dem nicht aus dem römischen Bereich stammenden Objekt 1966.1163 (Abb. 4,45) verdeutlicht die Sonderstellung römischer Kupferlegierungen mit ihren besonders geringen Antimonwerten.

Arsen und Antimon sind zwei geochemisch sehr verwandte Elemente, und so erstaunt es nicht, dass sich auch die *Arsengehalte* der untersuchten römischen Halbfabrikate im untersten Bereich der üblichen Konzentrationen finden. Stammt das Kupfer aus den sogenannten Fahlerzlagern, so erreichen die Arsengehalte Werte von über 1%, und bei manchen Kulturen, die das Kupfer aus Kupfer-Arsenerzen gewannen (etwa die frühen Kulturen des vorasiatischen Bereiches), sind Arsengehalte von über

10% in Kupfer- und Bronzeobjekten nicht ungewöhnlich. Bei den römischen Kupferlegierungen finden sich generell extrem niedere Arsengehalte von weniger als 0,03%. Dieser Befund ist insofern bemerkenswert, als er darauf hindeutet, dass in römischer Zeit das Kupfer nicht aus einer grossen Zahl kleinerer Lagerstätten kommt, sondern, dass es eine zentrale Versorgung aus den grossen Kupferlagerstätten gab.

Auch die übrigen Spurenelemente, wie *Wismut* und *Kobalt*, liegen in der Regel unter der Nachweisgrenze des Atomabsorptionsverfahrens. Nachweisbare *Goldgehalte* sind eher ein Hinweis auf zufällig miteinander geschmolzene Objekte aus Gold oder aus vergoldeten anderen Metallen.

## Zusammenfassung

Die Metallanalyse von 97 Halbfabrikaten aus Kupferlegierungen aus Augusta Raurica ergab, dass sie aus sehr unterschiedlichen Legierungstypen bestehen.

Zur Charakterisierung der Materialeigenschaften dieser verschiedenen römischen Kupferlegierungen ist deshalb der pauschale Begriff «Bronze» weder korrekt noch ausreichend.

Kupfer, Zinnbronzen, Blei-Zinnbronzen, Messinge und Legierungen des Kupfers mit Zinn, Blei und Zink sind an der Gesamtmenge der untersuchten Objekte etwa mit gleichen Anteilen vertreten.

Neben primären, aus den reinen Ausgangsmaterialien hergestellten Legierungen, etwa den reinen Zinnbronzen, dem reinen Messing, möglicherweise auch den Zinnmessingen, kommen reichlich Legierungen vor, bei denen offensichtlich ist, dass sie durch Einschmelzen von *Altmetall* hergestellt wurden.

Durch die besonders geringen Spurenelementgehalte sind die untersuchten Halbfabrikate als römische Erzeugnisse erkennbar. Objekte anderer Herkunft fallen durch erhöhte Spurenelementgehalte auf.

## Wie beurteilten die antiken «Bronzehandwerker» unbekannte Legierungen?

### Kupferlegierungen bei Plinius<sup>125</sup>

Plinius unterscheidet im 34. Buch seiner «Naturkunde» über die Metallurgie sehr wohl zwischen verschiedenen Arten von Kupfer und den Legierungen (*differentiae aeris et mixturae*). Er macht auch den Unterschied zwischen Gussbronzen (*caldarium*), die nur geschmolzen werden können und «unter dem Hammer zerbrechen», und «Stangenkupfer» (*regulare*), das auch «das hämmerbare (*ductile*) genannt wird, aber nachgibt, wie alle zyprischen Kupfer»<sup>126</sup>. Dass zinn- und bleireiche Legierungen beim Schmieden sehr rasch brechen, haben auch unsere Versuche gezeigt (S. 158 mit Abb. 18).

Plinius nennt im folgenden verschiedene konkrete Legierungen<sup>127</sup>. Ihm waren allerdings nur bewusste Mischungen verschiedener Metalle (z.B. Kupfer/*aes* mit Blei, mit Silber usw.) als Legierungen im heutigen Sinne bewusst. Andere Legierungen, wie z.B. Bronze oder Messing, würden den Zusatz von Zinn bzw. Zink erfordern.

Zink war in der Antike kaum in reiner Form erhältlich, da es nur schwer aus den Erzen gewonnen und isoliert werden kann<sup>128</sup>. Messing (*aurichalcum*<sup>129</sup>) wurde daher nicht durch Mischen verschiedener metallischer Komponenten legiert, sondern durch «Läutern» des *aes* in der Schmelze mit «Zusätzen», d.h. direkt mit Zinkerz<sup>130</sup>. Dass mit *aurichalcum* tatsächlich unser heutiges Messing gemeint war, zeigt die Bemerkung Plinius', es hätte dieselbe Güte (*bonitas*) wie die Sesterzen und Dupondien<sup>131</sup>, die im 1. Jahrhundert n.Chr. bekanntlich aus Messing mit Zinkanteilen von 17–23% geschlagen wurden<sup>132</sup>.

Obwohl die frühen Metallzeiten und auch Plinius metallisches Zinn (*plumbum album*<sup>133</sup>) kennen, wird es nie als Legierungspartner für *aes* erwähnt. Es ist daher zu vermuten, dass auch Zinnbronze nicht durch Legieren von Kupfer und Zinn, sondern durch Aufschmelzen von Mischerzen<sup>134</sup> oder von Kupfer mit Zinnerzen<sup>135</sup> «entstand». Dies war wohl der billigere Weg, um zu Zinnbronze zu gelangen als über die Legierung mit dem sehr teuren metallischen Zinn<sup>136</sup>. Zinn als mehr oder weniger reines Metall war teuer und scheint nur für Sonderzwecke bzw. in geringen

125 Vgl. die sehr aufschlussreiche Zusammenstellung von Textquellen zum griechischen und römischen Bronzehandwerk bei Zimmer 1985 sowie zur Messingherstellung auch Bayley 1990; R. Halleux, *Nouveau textes sur la métallurgie antique*. In: M. Mangin (Hrsg.), *Mines et fonderies antiques de la Gaule*. Table ronde du CNRS; Université de Toulouse-Le Mirail, 21–22 novembre 1980 (Toulouse 1980) 193ff. bes. 195f. – Zu Plinius' Rezepten: D. Strong, D. Brown, *Roman Crafts* (New York 1976) 39f.; A. Giunilia-Mair, *Il caso di Industria, la metallurgia del bronzo e Plinio*. Quaderni della Soprintendenza Archeologica del Piemonte 11, 1993, 76ff. (den Hinweis auf diese Neuerscheinung verdanke ich Karin Kob Guggisberg).

126 Plin. nat. hist. 34, 94.

127 Plin. nat. hist. 34, 95–98.

128 Vgl. die kontroversen und bis heute nicht schlüssig beantworteten Fragen zu metallischem Zink, seiner Gewinnung im Destillationsverfahren und zum Legierungsvorgang für Messing: Caley 1964, 13ff.; E. R. Caley, *Investigations on the Origin and Manufacture of Orichalcum*. In: M. Levey (Hrsg.), *Archaeological Chemistry. A Symposium* (Philadelphia 1967) 59ff.; R. Fellmann, *Die Zinktafel von Bern-Thornbodenwald und ihre Inschrift*. Archäologie der Schweiz 14, 1991, 270ff. (272 mit einem aufschlussreichen Strabo-Zitat zur Zinkgewinnung und *aurichalcum*-Herstellung aus der «Geographie» 13, 1, 56); J. Riederer, *Die Kenntnisse von Zinkverbindungen in der Antike*. In: *Korrosionsschäden an Zinkskulpturen* (unpubliziertes Manuskript 1994, u.a. mit einer Zusammenstellung antiker *cadmea*-Zitate – dazu unten mit Anm. 139). Ich möchte an dieser Stelle J. Riederer für die Überlassung seines Manuskriptes danken. – J. Bayley (1989, 296f. Abb. 3) kann aufgrund von Funden geschlossener Tiegelchen römerzeitliche Messingherstellung im Zementationsverfahren archäologisch nahelegen (zum selben Schluss gelangten die Metallurgen aufgrund theoretischer Überlegungen schon seit langem; vgl. unten mit Anm. 130 und 141).

129 In der antiken Literatur vielfach erwähnt; vgl. die Zusammenstellung bei Caley 1964.

130 Caley 1964; Moesta 1993 (freundliche Hinweise M. Peter); Halleux (wie Anm. 125) 195; Projektgruppe Plinius 1994, 8 Anm. 1 und 39 Anm. 145.

131 Plin. nat. hist. 34, 4.

132 Zum Rückgang des Zinkanteils in Sesterzen vgl. unten mit Anm. 187.

133 Mehrfach erwähnt, z.B. Plin. nat. hist. 34, 162; zur Definition siehe Projektgruppe Plinius 1984, 39.

134 Moesta 1983, 49. – Hauptmann/Weisgerber 1985, 30 (gemeinsames Erschmelzen von Kupfererz [z.B. Malachit] und Zinnerz [z.B. Kassiterit]; mit weiterer Lit.).

135 Hauptmann/Weisgerber 1985, 29f.: Zinnerz (Kassiterit SnO<sub>2</sub>) wird in einem Zementationsprozess «unter Holzkohlebedeckung zum Metall reduziert und im flüssigem Kupfer gelöst». – Auch die Projektgruppe Plinius 1984, 39 Anm. 145, vermutet: «Wenn daher also in keiner Rezeptur von Plinius die Zugabe von Zinn erwähnt ist, dann deshalb, weil das Verschmelzen [von Kupfer] mit einem Zinnerz als Reinigungsoperation verstanden wurde, nicht als Legieren.»

136 Viele Autoren nehmen allerdings für die Antike stillschweigend Einlegieren von metallischem Zinn zur Bronzeherzeugung an, nicht zuletzt wohl auch wegen der Existenz zahlreicher Zinnbarren (vgl. allerdings die hohen Zinnpreise bei Plinius, welche die Bronze teuer gemacht hätten als aufgrund verschiedener Indizien anzunehmen ist). Strong/Brown (wie Anm. 125, 39f.) nehmen wie andere an, das Zinn sei als Bestandteil des *plumbum argentarium* in die Bronzelegierung eingebracht worden. – Im frühen 12. Jh. wird dann allerdings explizit metallisches Zinn mit Kupfer legiert. Th. Presbyter (63. Kap.): «Wird dem ... erschmolzenen Kupfer ein fünfter Teil Zinn zugegeben, wird das Metall legiert, aus dem Glocken gemacht werden.» (Brepohl 1987, 193). – Zu den Preisen vgl. unten S. 169.

Mengen – etwa für spezielle Kultobjekte<sup>137</sup> oder zur Verzinnung von Bronzeflächen<sup>138</sup> – verwendet worden zu sein.

Dieses vom Menschen der Antike als «Reinigungsprozess» für das *aes* empfundene Verfahren konnte folglich auf zwei Arten erfolgen: Erschmolz man Kupfer (*aes*) mit Zinnerz (z.B. Cassiterit), so erhielt man schliesslich Zinnbronze, die ebenfalls *aes* genannt wurde, und aus der Schmelze von Kupfer unter Zugabe von Galmei (Zinkerz, *cadmea*<sup>139</sup>) ergab sich schlussendlich Messing. H. Moesta konnte in römischen Sesterzen analytisch nachweisen, dass diese Messinge tatsächlich durch dieses sogenannte Zementationsverfahren und nicht durch Legieren zweier metallischer Komponenten entstanden sind<sup>140</sup>. Dafür sprechen auch – wie schon E. R. Caley argumentiert hatte<sup>141</sup> – die im Zementationsverfahren erreichbaren, nie sehr hohen Zinkgehalte (<28%), die für antike Messinge typisch sind.

Es verwundert nicht, dass sich der unterschiedliche Herstellungsprozess aus diesem Blickwinkel auch in den Metallpreisen<sup>142</sup> niederschlägt: Das «unreine» Kupfer war relativ billig, Zinnbronze teurer. Messing galt «als durch Galmei besonders gereinigtes *aes*, denn es hat ja Goldfarbe» und war noch teurer als Bronze<sup>143</sup>.

Leider differenziert Plinius die Legierungspartner von *aes* in seinen Rezepten<sup>144</sup> in schwer nachzuvollziehender Art zwischen «schwarzem Blei» (*plumbum nigrum*), «weissem Blei» (*plumbum album*; *p. candidum*; griech. *cassiterum*)<sup>145</sup> und Altmetall:

- Die kampanische Bronze (*[aes] Campanum*), «besonders gut geeignet für Gebrauchsgefässe», zähe Qualität, mit angenehmer Farbe. Zusammensetzung: «Zehn Pfund spanisches Silberhüttenblei (*plumbum argentarium Hispaniense*)<sup>146</sup> auf hundert Pfund *aes*». Dies würde etwa einer Legierung von 9% Blei und 91% Kupfer oder Bronze entsprechen.
- Eine Variante der kampanischen Bronze, die in «in vielen Teilen Italiens und in den Provinzen hergestellt» wird. In Gallien soll wegen abweichender Schmelzverfahren eine schwarze, brüchigere Qualität erzielt werden. Zusammensetzung: «acht Pfund *plumbum* auf hundert Pfund *aes*». Dies würde etwa einer Legierung von 7% Blei und 93% Kupfer oder Bronze entsprechen.
- Zubereitung für Statuen und (Inschrift-)Tafeln. Zusammensetzung: Der geschmolzenen *aes*-Masse wird «ein Drittel gesammeltes, das heisst aufgekauftes Altmetall (*tertia portio aeris collectanei, hoc est ex usu coemptum*)» hinzugesetzt<sup>147</sup>.
- «Man mischt auch zwölftehalb Pfund Silberhüttenblei zu hundert Pfund geschmolzenem Metall». Dies würde etwa einer Legierung von 11% Blei und 89% Kupfer oder Bronze entsprechen.
- Legierung für Form-Gussbronze (*formalis temperatura*), sehr weiches Metall, «griechische Farbe» (*color Graecanicus*). Zusammensetzung: Dem *aes* wird «der zehnte Teil von schwarzem Blei<sup>148</sup> und der zwanzigste Teil «Silberhüttenblei»<sup>149</sup> zugefügt». Dies würde etwa einer Legierung von 13% – verunreinigtem! – Blei und 87% Kupfer oder Bronze entsprechen.

- Topfbronze (*ollaria*). Zusammensetzung: «Drei oder vier Pfund Silberhüttenblei auf hundert Pfund *aes*»; dies würde etwa einer Legierung von 3% Blei und 97% Kupfer oder Bronze entsprechen.

In den meisten dieser Rezepte ist davon auszugehen, dass Plinius mit der Hauptkomponente *aes* Zinnbronze und nicht reines Kupfer meint. Unter den Tausenden von analysierten antiken Kupferlegierungen<sup>150</sup> finden sich nie Kupfer-Bleilegierungen; immer sind Zinn und/oder Zink mitbeteiligt. So gibt es auch bei den Augster Zinn-Bleibronzen keine Stücke, deren Zinnanteil unter 4% fällt (Tabelle 15), und bei den Zinn-Bleimessingen keine Objekte, deren Zink+Zinn-Anteil unter 7% fällt (Tabelle 18).

Plinius erwähnt auch, dass in einigen Kupferhütten zwischen Schmiede- (*regulare*) und Gussbronzen (*caldarium*) durch die Art der Behandlung unterschieden werde, «denn jedes Kupfer, aus dem im Feuer die Verunreinigungen gründlich entfernt und ausgeschmolzen sind, ist *regulare*»<sup>151</sup>. Es mag damit ein Verfahren gemeint sein, bei dem durch häufiges, stark oxydierendes Aufschmelzen und Umgiessen das Blei in einer (Guss-)Bronze so lange abgetrieben werden kann, bis der Kupferanteil hoch genug ist, dass die Legierung gut geschmiedet und getrieben werden kann. Nach unseren Erfahrungen müsste zum Erreichen der Schmiedbarkeit der Bleianteil unter etwa 3% gebracht werden (Tabelle 10). Die Reduktion des Bleianteils durch langes Schmelzen allein konnte bei unseren Versuchen allerdings nicht festgestellt werden (Tabelle 9).

137 Vgl. z.B. die beiden nur 4,2 cm grossen Plättchen aus Zinn (mit wenig Blei, je ca. 7,5 g schwer) mit Reliefdekor vom Heiligtum Thun-Allmendingen: H. Grütter, Einzigartige Weihegaben aus dem gallorömischen Tempelbezirk von Thun-Allmendingen. *Helvetica Archaeologica* 7, 1976, Nr. 27/28, 102ff. (mit Abb.); S. Martin-Kilcher et al., Das römische Heiligtum von Thun-Allmendingen. *Archäologische Führer der Schweiz* 28 (Bern 1995) 18 Abb. 23.

138 Zur Verzierung bzw. Vortäuschung von Silber (z.B. Cingulumbeschläge) oder aber als Oberflächenschutz von Kupfergefässen (vgl. auch die Rezepte für andere metallische Schutzüberzüge unten mit Anm. 165).

139 Plin. nat. hist. 33, 94 und 34, 2; König 1984, 159; König 1989, 125; Projektgruppe Plinius 1984, 8f. Anm. 1 und 17.

140 Moesta 1993.

141 Caley 1964, 16. – Vgl. das detaillierte Rezept zur Messingherstellung mit Galmei bei Th. Presbyter (66. Kap.; frühes 12. Jh.): Brepohl 1987, 198.

142 S. dazu unten S. 169.

143 Projektgruppe Plinius 1984, 39 Anm. 145.

144 Plin. nat. hist. 34, 95–98.

145 Plin. nat. hist. 34, 161ff.; vgl. auch Projektgruppe Plinius (Hrsg.), Plinius der Ältere über Blei und Zinn (Tübingen 1989) 16f. mit 30 Anm. 1.

146 Plin. nat. hist. 34, 95. König 1989, 180, vermutet hier reines Blei. In diesem Sinne überzeugend auch Projektgruppe Plinius 1984, 39ff. Anm. 145.

147 Plin. nat. hist. 34, 97.

148 Unreines Blei nach Projektgruppe Plinius 1984, 40 Anm. 145.

149 Reines Blei (vgl. oben Anm. 146).

150 Riederer 1981, 26ff. Tabellen 25–31 (mit weiterer Literatur 166).

151 Plin. nat. hist. 34, 94, in der Übersetzung der Projektgruppe Plinius 1984, 12.



Wenn schon auf Seite 165 vermerkt wurde, dass auffallend viele der Augster Halbfabrikate und Werkabfälle aus Messing bestehen und wenn wir oben kurz auf *aurichalcum* bei Plinius eingegangen sind (S. 166), so sei hier ein knapper Exkurs zu einem interessanten Altfund aus Augst erlaubt: Es handelt sich um ein Blech von rund 22,5×10,7 cm Grösse, das J. J. Schmid Ende des 18. Jahrhunderts «von einem Landmann erworben hatte»<sup>152</sup>. Es liegt heute im Schweizerischen Landesmuseum in Zürich<sup>153</sup>. Die Schauseite trägt auf drei Zeilen verteilt die fein eingravierte Inschrift:

DEO INVICTO  
TYPVM AVROCHALCINVM  
SOLIS

also etwa «dem unbesiegbaren Gott ein messingenes Bild des Sol [Sonnengottes]» (Abb. 26)<sup>154</sup>. Das Inschriftplättchen wird wohl zu einem Messingbildnis des Sonnengottes gehört haben, möglicherweise zu einer Büste in einem Medaillon<sup>155</sup>. Falls es sich, wie die ältere Forschung vermutete, auf ein Bildnis des Mithras bezieht, so wäre es eines der ganz wenigen Belege dieses orientalischen Kultes in Augusta Raurica<sup>156</sup>.

Dass gerade ein Bildnis des Sonnengottes aus Messing bestand, könnte auf die Eigenschaften dieses Metalls zurückzuführen sein. Es lässt sich strahlend polieren und erscheint so glänzend wie Gold. Eine Aurichalcum-Figur war auch wertvoller als eine Statuette aus «gewöhnlichem» *aes* (Bronze; s. unten). Aus nahelegendem Grunde bestehen denn auch viele Götterfiguren aus Bronze, meist sogar aus billiger «gestreckter» Bleibronze, in den anderen Fällen aus klassischer

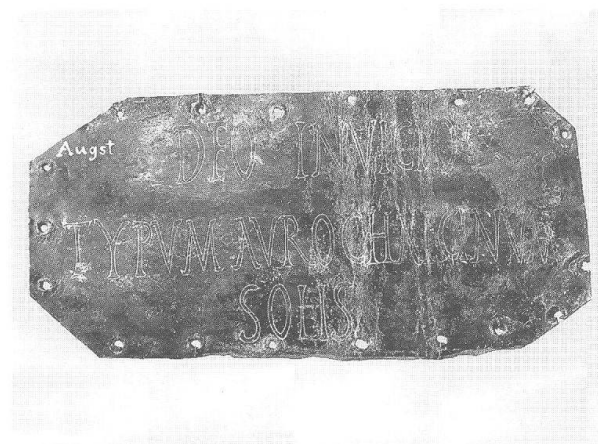


Abb. 26 Augst (Altfund ohne nähere Fundortbezeichnung). Inschriftblech für ein messingenes Bildnis des Sol. Sogar das Blech selbst besteht aus Messing (86% Cu, 2,4% Sn, 1% Fe, 10,6% Zn – vgl. Anm. 154). Die Randlöcher scheinen antik zu sein, die Oberfläche hat jedoch durch die unsachgemässe Behandlung nach der Auffindung im 19. Jahrhundert stark gelitten. M. 1:3.

Zinnbronze mit 8–11% Sn<sup>157</sup>. In Augst und Kaiseraugst sind Metallfiguren aus Messing ausserordentlich selten<sup>158</sup>. Erhöhter Zinkanteil, sogenanntes Zinnmessing, fand sich nur in einer sehr qualitätvollen Amor-Statuette<sup>159</sup>, während mit Blei gestreckte «Zinn-Bleimessinge» gerne für kleine Attribute verwendet wurden<sup>160</sup>. Bei all diesen zinkhaltigen Statuettenlegierungen mag die Farbe des polierten Metalls die ausschlaggebende Rolle gespielt haben<sup>161</sup>.

- 152 K. L. Roth, Römische Inschrift aus Augst. Anzeiger für schweizerische Geschichte und Alterthumskunde A.F. 6, 1860, 85ff.
- 153 Inv. PA –. Für die Reproduktionserlaubnis danke ich Laurent Flutsch, für den Fotoabzug Jeannette Frey vom Schweizerischen Landesmuseum in Zürich.
- 154 Das Inschriftblech ist publiziert: CIL XIII, 5261; L. R. von Fellenberg, Metallplatte von Basel-Augst. Mittheilungen der naturforschenden Gesellschaft in Bern aus dem Jahre 1860, 74f. (nach der Analyse einer Probe von 1,64 g handelt es sich auch beim Inschriftblech um Messing: 86% Cu, 2,4% Sn, 1% Fe, 10,6% Zn); F. Stähelin, Die Schweiz in römischer Zeit (Basel 1948<sup>3</sup>) 561 Anm. 4; E. Howald, E. Meyer, Die römische Schweiz. Texte und Inschriften (Zürich 1940) 312 Nr. 348 (mit weiterer Lit.); Caley 1964, 106f. Anm. 104 und 108; R. Degen, Antike Religionen. Frühes Christentum. In: W. Drack (Red.), Ur- und Frühgeschichtliche Archäologie der Schweiz V. Die Römische Epoche (Basel 1978) 123ff. bes. 142 Abb. 28,2; W. Drack, R. Fellmann, Die Römer in der Schweiz (Stuttgart/Jona 1988) 251 Abb. 240 (ablehnend gegenüber der alten Deutung als Zeugnis des Mithraskultes; mit Hinweis auf den im 3. Jh. zunehmenden Sonnenkult [*Sol Invictus*]).
- 155 Roth (wie Anm. 152) 86.
- 156 Zusammenfassend D. Schmid, Die römischen Schlangentöpfe aus Augst und Kaiseraugst. Forschungen in Augst 11 (Augst 1991) 66 Anm. 187–189 (dort 25ff. und 66 Taf. 25 Kat.-Nr. C210.C212.C213 auch zu Kultgefässen [*«Schlangentöpfen»*], die möglicherweise im Mithraskult Verwendung fanden); zu einem Altar aus Augst mit Weihinschrift DEO INVICTO SECVNDVS: CIL XIII, 5262; Anzeiger für Schweizerische Alterthumskunde A.F. 16, 1883, 426 und 448 Taf. 32,2; C. Schluchter, in: Berger/Schwarz in Vorb. (wie Anm. 5) Kat.-Nr. 25 (heute verschollen); zu einem auffallend kleinen Mithras-Relief aus hellem Kalkstein mit der unsicheren Fundortangabe «angeblich Augst» C. Bossert-Radtke, Die figürlichen Rundskulpturen und Reliefs aus Augst und Kaiseraugst. Forschungen in Augst 16 = Corpus Signorum Imperii Romani. Schweiz III. Germania superior. Augusta Rauricorum (Augst 1992) 108ff. Taf. 60 Kat.-Nr. 76.
- 157 Kaufmann-Heinimann/Liebel 1994, Tabelle 2.
- 158 Kaufmann-Heinimann/Liebel 1994, Abb. 1,19 (Gauklerkopf mit 16% Zn) und Abb. 2,21 (Messergriff mit 11% Zn).
- 159 Kaufmann-Heinimann/Liebel 1994, Abb. 1,15 Tabelle 2 (6% Sn, 6% Zn, 2% Pb).
- 160 Kaufmann-Heinimann/Liebel 1994, Abb. 1,5 (Sucellus mit 8% Sn, 5% Zn, 13% Pb); Abb. 1,7a (Ziegenbock [von Merkur] mit 10% Sn, 3% Zn, 4% Pb); Abb. 1,8b.c (zwei Eroten [von Venus] mit 7% Sn, 6% Zn, 9% Pb); Abb. 1,10a (Ziegenbock [von Merkur] mit 6% Sn, 6% Zn, 11% Pb).
- 161 Darauf weist auch der separat gegossene Kopf eines «Negerknaben» aus fast reinem Kupfer (97,5% Cu), der einst nicht metallisch-gelb, sondern rotbraun gegläntzt hat: Kaufmann-Heinimann/Liebel 1994, 232 Abb. 1,6\* Tabelle 2.

In der antiken Literatur finden sich einige vereinzelte Hinweise zur Wertschätzung und auch zu den Preisen der verschiedenen Metalle<sup>162</sup>. Je nach Quelle, aber auch im Laufe der Jahrhunderte, können die Preise sehr unterschiedlich sein. Da Plinius der Ältere einmal mehr auch zu diesem Thema einige interessante Hinweise gibt, konzentriere ich mich in der folgenden Zusammenstellung wenn immer möglich auf seine Zeit, d.h. auf die Jahre um 50–80 n.Chr. Plinius selbst nennt verschiedene Preise, auffallenderweise aber keine für Statuenbronze und Eisen:

Blei (unrein)	<i>plumbum nigrum</i>	1 Pfund (327,5 g) = 7 Denare (Plin. nat. hist. 34, 161)
Bleilot	<i>tertiarium</i> <sup>163</sup>	1 Pfund (327,5 g) = 20 Denare (Plin. nat. hist. 34, 160)
Zinn	<i>plumbum album</i> <sup>164</sup>	1 Pfund (327,5 g) = 80 Denare (Plin. nat. hist. 34, 161)
Überzugszinn	<i>argentarium</i> <sup>165</sup>	1 Pfund (327,5 g) = 70 Denare (Plin. nat. hist. 34, 161)

Im Falle protziger Luxusgegenstände aus *Edelmetall* konnten die Pfundpreise ins Unermessliche steigen – ein Ausdruck antiker Geltungssucht und Übertreibung<sup>166</sup>. So besass – allerdings bereits im 2. Jahrhundert v.Chr. – C. Gracchus *silberne* «Delphine, die er für 5000 Sesterzen das Pfund gekauft hatte»<sup>167</sup>. Dies entspräche – im Falle einer hochprozentigen Legierung – 1250 Denaren pro Pfund Silber! Für noch mehr Geld, nämlich 6000 Sesterzen bzw. 1500 Denare pro Pfund, erstand etwa gleichzeitig der Redner L. Crassus «Gefässe»<sup>168</sup>. Martial berichtet rund 200 Jahre später, zu Plinius' Zeiten, dass Silbergeschirr gut und gerne 5000 [Sesterzen] das Pfund abfordern könne<sup>169</sup>. Dies würde demselben Pfundpreis für – sicher ebenfalls luxuriöse – Silberwaren von 1250 Denaren entsprechen, wie er schon im zweiten vorchristlichen Jahrhundert von C. Gracchus bezahlt wurde:

Silber	Gefässe des L. Crassus	1 Pfund kostete 6000 Sesterzen = 1500 Denare pro Pfund (2. Jh. v.Chr.)
Silber	Delphine des C. Gracchus	1 Pfund kostete 5000 Sesterzen = 1250 Denare pro Pfund (2. Jh. v.Chr.)
Silber	Silberarbeiten (nach Martial)	1 Pfund kostete 5000 Sesterzen = 1250 Denare pro Pfund (2. H. 1. Jh. n.Chr.)
Silber	Silberwagen aus Formiae	100 Pfund kosteten 100 000 Sesterzen = 250 Denare pro Pfund (Mitte 2. Jh. n.Chr.) <sup>170</sup>
Silber	Bildnis aus Safar	3 Pfund kosteten 2400 Sesterzen = 200 Denare pro Pfund (um 198/210 n.Chr.) <sup>171</sup>
Silber	Statue aus Leptis Magna	144 7/8 Pfund kosteten 115 000 Sesterzen = 198 Denare pro Pfund (2. Jh. n.Chr.) <sup>172</sup>

Die ebenfalls in unserer kleinen Aufstellung erwähnten Silber-Bildwerke aus Formiae, Safar und Leptis Magna – alle aus dem 2. Jahrhundert n.Chr. – ergeben aufgrund ihrer Inschriften mit Preis- und Gewichtsangaben bedeutend niedrigere Pfundpreise von rund 200–250 Denaren, sind also dem Nominalwert von gemünztem Silber (um 90 Denare pro Pfund) bedeutend näher. Wie die Vergleiche von R. Duncan-Jones zeigen, machte die aufwendige Arbeit an einem silbernen Bildwerk oft weit über 50% des Kaufpreises aus<sup>173</sup>.

Leider sind Beispiele von *Bronzeobjekten*, die sich dank überlieferter Preisangaben für unsere Fragestellung auswerten liessen, noch viel rarer. Von zwei Bronzestatuen des 3. bzw. 2. Jahrhunderts n.Chr. aus Nordafrika sind zwar die Preise von 4000 bzw. 2000 Sesterzen epigraphisch überliefert, nicht jedoch die

162 Eine Zusammenstellung fehlt allerdings, und für Bronze und Eisen konnte ich – ausser der in Abb. 27 gezeigten Inschrift – kaum konkrete antike Hinweise ausfindig machen. Selbst im Kapitel «Valeur des métaux par rapport aux marchandises à l'époque du Haut-Empire» macht R. Pankiewicz, *Fluctuations de valeur des métaux monétaires dans l'Antiquité romaine*. Publications Universitaires Européennes. Sér. 3 Histoire, sciences auxiliaires de l'histoire 384 (Frankfurt a.M. 1989) 64ff., keine Angaben zu Metallpreisen. Auf der Suche nach Preisangaben für Eisen half mir Cornel Doswald.

163 Eine niedrigschmelzende Blei-Zinn-Legierung Pb67Sn33, «eine Mischung, die aus zwei Teilen *plumbum nigrum* [unreines Blei] und einem Teil *plumbum album* [Zinn] besteht. ... Es dient zum Verlöten von Rohren».

164 «*plumbum album* wird nach einer Erfindung der gallischen Provinzen zum Überziehen von kupfernen Gegenständen so verwendet, dass man Mühe hat, es vom Silber zu unterscheiden; man nennt diese [Gegenstände] *incoctilia*» (Plin. nat. hist. 34, 162). – Zum Preisverhältnis Kupfer/Zinn im 5. Jh. v.Chr. von 1/6 bis 1/7 s. Zimmer 1985, 45f.

165 Eine bleihaltige Zinnlegierung für Schutzüberzüge (der vielzitierte «Weissmetallüberzug» der Archäologen?): «Weniger rechtschaffene Leute versetzen das *tertiarium* mit gleichen Teilen weissem Blei (*plumbum album* [= Zinn]), nennen es *argentarium* und überziehen damit, was sie immer wollen». Demnach ist *argentarium* eine Legierung mit 2 Teilen Blei und 4 Teilen Zinn bzw. Pb33Sn67. – Eine ähnliche Verwendung u.a. für Schutzüberzüge scheint auch das antike *stagnum* gehabt zu haben. «Ein Überzug von *stagnum* soll kupfernen Gefässen einen angenehmeren Geschmack» gegeben und Grünspan verhindert haben (Plin. nat. hist. 34, 160; zitiert nach König 1989). Dieses «Werkblei» entstand bei der Verhüttung silberhaltiger Bleierze (Plin. nat. hist. 34, 159; König 1989, 202). *Stagnum* in Verbindung mit Kupfer (*aes*) fand auch als Lotmittel und als Spiegellegierung Verwendung (Plin. nat. hist. 33, 94 und 130). – Zum praktischen Vorgang bei der Verzin- nung von Kupfer- und Bronzegefässen vgl. M. Mangin, *Un Quartier de Commerçants et d'Artisans d'Alesia. Contribution à l'Histoire de l'Habitat urbain en Gaule 1/2*, Bibliothèque pro Alesia 8 (Dijon 1981) 256 Anm. 5 (mit weiterer Lit.).

166 Zimmer 1985, 39, meint zudem, «dass für den antiken Kunstbetrachter die Frage des Materials, seiner Zusammensetzung und Bearbeitung eine wesentlich wichtigere Rolle spielte, als dies heute der Fall ist. Diese Wertschätzung schlug sich jedoch kaum in den schriftlichen Quellen nieder.»

167 Plin. nat. hist. 33, 147, zitiert nach König 1984, 103. C. Sempromius Gracchus: bis 121 v.Chr. (nach König 1984, 128).

168 Plin. nat. hist. 33, 147. L. Licinius Crassus: 140–91 v.Chr. (nach König 1984, 179).

169 Martial 3, 62 (*libra quod argenti milia quinque rapit, ...*); zur selben Stelle auch Duncan-Jones 1974, 126 Anm. 9; M. Bang, Bezeichnung von Silbergerät nach dem Gewicht. In: L. Friedländer, *Darstellungen aus der Sittengeschichte Roms in der Zeit von Augustus bis zum Ausgang der Antonine*, 4. Band Anhänge (Leipzig 1921) 301ff. (bes. 301 mit der komplizierenden Übersetzung, dass «Silberarbeiten im Gewicht von 20 Pfund übrigens einen Wert von 100 000 Sesterzen haben konnten, aber nur wenn sie einen mehr als gewöhnlichen Kunstwert hatten.»).

170 Duncan-Jones 1974, 126 Anm. 5 und 162 Nr. 492 (mit älterer Lit.).

171 Duncan-Jones 1974, 94 Nr. 87 (Imago argentea of Septimius Severus, mit älterer Lit.).

172 Duncan-Jones 1974, 94 Nr. 82 (Aunt of Emperor Septimius Severus; mit älterer Lit.).

173 Duncan-Jones 1974, 78f. 126f.

Grösse oder Gewichte der metallenen Bildnisse<sup>174</sup>. Gehen wir von grob geschätzten Statuengewichten um 50–100 kg aus<sup>175</sup>, so ergäben sich Pfundgewichte für diese figürlichen Bronzen von rund 1,5 bis 7 Denaren. Dies liegt tatsächlich im Bereich antik überlieferter Werte für Kupfer – Messing – Blei. Was wir oben im Hinblick auf die künstlerische Wertsteigerung von Luxusgegenständen aus Silber feststellten, kann auch für besonders qualitätvolle Bronzebildnisse zutreffen: So kommt G. Alföldy für «ungefähr lebensgrosse» Bronzestatuen in Italien auf Gesamtpreise von rund 8200 bis 11200 Sesterzen<sup>176</sup>, und in der Zusammenstellung von R. Duncan-Jones schwanken – ebenfalls in Italien – die Statuenpreise von 770 bis 25000 Sesterzen<sup>177</sup>. In Extremfällen konnte also der Preis von qualitativ voll verarbeiteter Bronze weit über 10 Denare pro Pfund steigen.

Eine besondere Bedeutung nimmt eine ca. 27 cm hohe Bronzestatue eines Mars (Abb. 27) aus dem 2. oder 3. Jahrhundert aus Foss Dyke (GB) ein<sup>178</sup>. Verteilt auf die Vorderfläche und die linke Seite des 6,4 cm breiten Sockels trägt sie folgende Inschrift (Abb. 27, unten)<sup>179</sup>:

Sockelvorderseite: DEO · MAR(t)i · ET ·  
NV(mini)B(us) · AVG(ustorum) · COL  
ASVNI BRVCCI  
VS ET CARARTIVS DE  
SVO DONARVNT  
Linke Sockelseite: AD SESTER(tios) N(ummos) €(centum)  
CELATVS AERAR  
IVS · FECIT ET AERA  
MENTI LIB(ram) DONAV  
IT FACTAM \*(denariis) III

Übersetzung: Dem Gott Mars und  
dem vergöttlichten Kaiser(haus) (gewidmet).  
Die Colasuni, Bruccius und Caratius,  
stifteten diese (Statue) auf eigene Kosten  
zum Preis von 100 Sesterzen (= 25 Denare);  
Celatus, der Bronzegegesser, machte (sie)  
und gab (hierzu ein) Pfund Bronze  
im Wert von 3 Denaren

Danach erfolgte die Stiftung der Figur zu einem Preis von insgesamt 100 Sesterzen (25 Denare). Die Statue wiegt heute – ohne die jetzt fehlenden Attribute Speer und Schild – 1,643 kg<sup>180</sup>. Dies entspricht 5,01 römischen Pfund, also genau dem fünffachen Gewicht, das nach dem strengen Wortlaut der Inschrift («ein Pfund») zu erschliessen wäre. Die Inschrift besagt ferner, dass der Bronzegegesser Celatus das Metall (*aeramentum*) dazu im Wert von 3 Denaren gab.

Dies könnte prinzipiell auf zwei verschiedene Arten interpretiert werden<sup>181</sup>: Celatus hätte *pro Pfund* Bronze 3 Denare veranschlagt, was Materialkosten von insgesamt 15 Denaren ausmachen würde, wonach die verbleibenden 10 Denare für die Arbeit, die (heute verlorenen) Attribute und die aus Gleichgewichtsgründen wichtige Verbleiung des Sockels hätten reichen müssen. Oder aber Celatus hätte 100 Sesterzen für den Auftrag insgesamt genommen, das gesamte Gussmaterial mit 3 Denaren verrechnet und wäre somit von einem Pfundpreis für Bronze von etwa einem halben Denar ausgegangen. Auch bei dieser kleinen Statue zeigt sich – ähnlich wie bei den Grossbronzen –, wie stark die Arbeit und wie bescheiden der Metallwert beim Gesamtpreis von Bronzebildwerken ins Gewicht fallen konnten.

Bronze	Sockelinschriften Nordafrika	geschätzt 50–100 kg, 2000–4000 Sesterzen = theoretisch ungefähr 1,5–7 Denare pro Pfund
Bronze	Sockelinschriften Italien	geschätzt 50–100 kg, 770–25 000 Sesterzen = theoretisch ungefähr 1,3–20 Denare pro Pfund
Bronze	Mars-Statuette aus Foss Dyke	1,643 kg, 100 Sesterzen = 5 Denare pro Pfund verarbeiteter Bronze bzw. 3 Denare pro Pfund Rohmetall(?) (2./3. Jh. n.Chr.)

Als weitere zeitgenössische Quelle drängt sich die *Münzprägung* auf. Plinius selbst gibt folgende Relationen an:

Silber	Denar-Prägung (unter Nero?)	1 Pfund (327,5 g) = 84 Denare <sup>182</sup> (Plin. nat. hist. 33, 132)
Gold	Aureus-Prägung unter Nero	1 Pfund (327,5 g) = 45 Aurei = 1125 Denare (Plin. nat. hist. 33, 47)

174 Duncan-Jones 1974, 94 Nrn. 89 (Sigus) und 90 (Thuburbo Maius). – Höhere Preise für «lebensgrosse Statuen» von 4000 bis 7000 Sesterzen nennt G. Zimmer, *Das Sacrum des C. Heius. Kunstraub und Kunstgeschmack in der späten Republik*. Gymnasium 96, 1989, 493ff. bes. 495 (sowie 496 mit Anm. 7–8 – als Ausnahmen – von Cicero erwähnte Statuenpreise von 20400 bzw. 40000 Sesterzen; diesen Hinweis verdanke ich A. Kaufmann-Heinimann).

175 Ich muss nicht dabei mit vagen Annahmen begnügen, da einerseits die Grössen der beiden (nicht erhaltenen) nordafrikanischen Bildnisse unbekannt sind und andererseits aus der Literatur zwar Statuengrössen, aber kaum deren Gewicht bekannt sind (der «Agon» aus dem Schiffswrack von Mahdia misst 136,5 cm in der Höhe ist ca. 50–60 kg schwer (geschätzt, ohne die Bleivergüsse): F. Willer, *Die Restaurierung des «Agon»*. In: G. Hellenkemper Salies, H.-H. von Prittwitz und Gaffon, G. Bauchhenss [Hrsg.], *Das Wrack. Der antike Schiffsfund von Mahdia*. Kataloge des Rheinischen Landesmuseums Bonn 1,2 [Köln 1994] 971ff. bes. 977 und Anm. 4).

176 G. Alföldy, *Römische Statuen in Venetia et Histria*. Epigraphische Quellen. Abhandlungen der Heidelberger Akademie der Wissenschaften. Philosophisch-historische Klasse, Jg. 1984, 3. Abhandlung (Heidelberg 1984) 39f.

177 Duncan-Jones 1974, 162f.

178 Foss Dyke, Torksey, Lincolnshire; Höhe 27 cm (mit Sockel). CIL VII, 180; Bang 1921, 314; G. de la Bédoyère, *The Finds of Roman Britain* (London 1989) 147f. Abb. 88,b; R. L. S. Bruce-Mitford (Hrsg.), *Guide to the Antiquities of Roman Britain* (London 1964) 54 Taf. 14,11; Duncan-Jones 1974, 126 Anm. 8; M. Henig, *Religion in Roman Britain* (London 1984) 147 Abb. 15 (Höhe «25 cm»); J. M. C. Toynbee, *Art in Roman Britain* (London 1962) 131 Kat.-Nr. 16, Taf. 19.

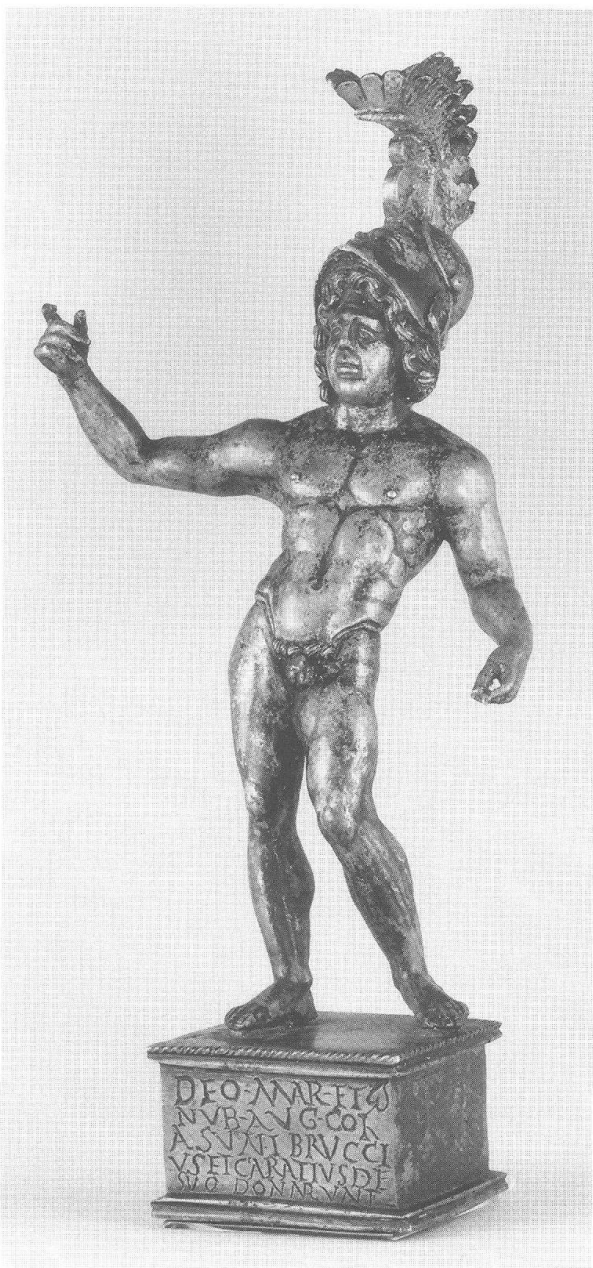
179 R. G. Collingwood, R. P. Wright, *The Roman Inscriptions of Britain I. Inscriptions on stone* (Oxford 1965) 91 Kat.-Nr. 274 Taf. 6,274; Bang 1921, 314. – Übersetzung in Anlehnung auch an Toynbee (wie Anm. 178) sowie nach freundlichen Angaben von A. Kaufmann-Heinimann (briefliche Mitteilung vom 19.1.1995).

180 Die Ermittlung des Gewichts besorgte das British Museum, wofür ich Catherine Johns grossen Dank für ihre ausführlichen Angaben zum Objekt schulde. «... The figure itself appears to be a solid casting, but the pedestal is hollow, and there are substantial traces of lead remaining within it. I would think that the whole pedestal was originally filled with lead, and that most of it was removed at the time of discovery in the 18th century. The weight and the attitude of the statuette are such that with an empty pedestal, it is only very precariously in balance: the heavy upper body and the flamboyant helmet crest are a long way behind the centre of balance. ...» (Brief vom 14.2.1995).

181 Auf die unterschiedlichen Deutungsmöglichkeiten der Inschrift machte mich zuerst A. Kaufmann-Heinimann aufmerksam.

182  $\frac{1}{6}$  bis  $\frac{1}{12}$  des Goldpreises zur Zeit Augustus',  $\frac{1}{11}$  in der späten Münzprägung Neros (s. unten mit Anm. 185 und 186), im Mittelalter  $\frac{1}{13}$  (Braun-Feldweg 1968, 74 und mündl. Mitteilung von M. Peter).





DEO-MAR-ETQ  
NVB-ANG-COK  
A-SVNI-BRVCCI  
VSEICRATIVSDE  
SV O DONAR VNT

AD SESTERN E  
CELATVS AERAR  
IVS-FECIT ET AERA  
MENTIIB DONAM  
IT FACTAM \* III

Die numismatisch ermittelten Erfahrungswerte – die verschiedenen Nominale, ihre Legierungen und Durchschnittsgewichte – erlauben für die späte Münzprägung Neros folgende empirische Feststellungen<sup>183</sup>:

Kupfer <sup>184</sup>	As-Prägung unter Nero	Δ-Gewicht 11,5 g, 1 Pfund (327,5 g) = 28 Asse = 1,75 Denare
Messing	Sesterzen-Prägung unter Nero	Δ-Gewicht 28 g, 1 Pfund (327,5 g) = 12 Sesterzen = 3 Denare
Silber	Denar-Prägung unter Nero	Δ-Gewicht 3,4 g <sup>185</sup> , 1 Pfund (327,5 g) = 98 Denare
Gold	Aureus-Prägung unter Nero	Δ-Gewicht 7,3 g <sup>186</sup> , 1 Pfund (327,5 g) = 45 Aurei = 1125 Denare

Die Sesterzen unter Nero bestehen aus Messing mit Zinkgehalten von durchschnittlich 17–18%. Ihr Gehalt unter Augustus betrug im Mittel noch 22,8% Zn, fiel aber kontinuierlich bis Ende des 2. Jahrhunderts auf unter ein Viertel (Commodus-Sesterzen: 3,4% Zn) – zuerst zugunsten eines steigenden Kupfergehalts, später auch zugunsten von Zinn und zuletzt Blei<sup>187</sup>. Interpretiert man den sinkenden Zinkgehalt der Sesterzen als Folge einer Verknappung oder Verteuerung von Zink bzw. Galmei, müsste dies bedeuten, dass Zinn und Blei billigere Ersatzstoffe gewesen sind.

183 Mittelwerte nach C. H. V. Sutherland, in: H. Mattingly, E. A. Sydenham (Hrsg.), *Roman Imperial Coinage RIC I* (London 1984<sup>2</sup>) 4 (Aurei, Denare, Sesterzen und Asse; nachreformzeitlich) und 134 (Aurei und Denare, vorreformzeitlich) (freundlicher Hinweis von M. Peter).

184 Plin. nat. hist. 34, 4, nennt als As-Metall ausnahmsweise nicht *aes*, sondern das «Zyprische», d.h. zyprisches Kupfer. – Zu den Kupfervorkommen und der Geschichte ihrer Ausbeutung vgl. J. D. Muhly, R. Maddin, V. Karageorghis (Hrsg.), *Early Metallurgy in Cyprus, 4000–500 B.C.* Acta of the International Archaeological Symposium Larnaca 1981 (Nicosia 1982). – Beim Kupfer und Messing ist zu erwägen, dass der Metallwert auch unter dem Nominalwert der Asse resp. Sesterzen liegen konnte (freundlicher Hinweis M. Peter).

185 Ursprünglich theoretisch 3,68 g =  $3\frac{1}{12}$  Skrupel =  $\frac{1}{89}$  römische Pfund; zur Zeit Augustus' noch  $\frac{1}{84}$  Pfund (Plin. nat. hist. 33, 132). – Die Rechnung «Römisches Pfund: Denar-Durchschnittsgewicht = Silberpreis pro Pfund» ist zulässig, weil unter Nero der Feingehalt mit 93–97% noch recht hoch war (D. R. Walker, *The Metrology of the Roman Silver Coinage. Part I from Augustus to Domitian*, British Archaeological Reports [BAR], Supplementary Series 5 [Oxford 1976] 16f. [freundlicher Hinweis M. Peter]).

186 Ursprünglich theoretisch 7,61 g =  $6\frac{2}{3}$  Skrupel =  $\frac{1}{43}$  römische Pfund; zur Zeit Augustus' noch  $\frac{1}{41}$  Pfund (vgl. Plin. nat. hist. 33, 47). – Auch St. Bolin, *State and Currency in the Roman Empire to 300 A.D.* (Stockholm 1958) 183 Tabelle 15, kommt zu einem Aureus-Durchschnittsgewicht unter Nero von 7,3 g (zitiert nach Bahrfeldt).

187 Caley 1964, 48ff. Tabellen 17, 10–12; R. Etienne, M. Rachet et al., *Le trésor de Garonne* (Bordeaux 1984) 381 (Hinweis M. Peter); J. Riederer, *Metallanalysen römischer Sesterzen*, *Jahrbuch für Numismatik und Geldgeschichte* 24 1974, 73ff. (= Riederer 1981, 36 Abb. 4 Tabelle 31).

Abb. 27 Foss Dyke, Torksey, Lincolnshire (GB).  
◀ Bronzestatuette des Mars mit Inschrift (vorne und links am Sockel angebracht), die u.a. Angaben zum Gewicht des verwendeten Metalls und zum Herstellerpreis macht. Höhe: 27 cm (mit Sockel); Inschrift unten: ca. M. 1:1.



Die Wertschätzung dieser Metalle in der Antike geht genau in diese Richtung<sup>188</sup>. Unverständlich bleiben aber um so mehr die hohen Preise für Blei (7 Denare pro Pfund) und vor allem Zinn (80 Denare pro Pfund), die uns Plinius überliefert<sup>189</sup>. Die Diskrepanz dieser Preise für *reine* Metalle gibt der oben geäußerten Vermutung mehr Gewicht, wonach Bronze nicht durch Legieren zweier Metalle, sondern durch Verbindung von Kupfer mit Zinnerzen gewonnen wurde.

Zusammenfassend und im Sinne einer Annäherung dürfen wir für Metalle etwa folgende Werte in ernerischer Zeit annehmen – im Falle von Bronze, Blei und Eisen allerdings nur als ganz vage Größenordnung (alle Angaben pro römisches Pfund):

Kupfer	<i>aes</i>	1,75 Denare
Bronze	<i>aes</i>	≤3 Denare
Messing	<i>aurichalcum</i>	3 Denare
Blei (unrein)	<i>plumbum nigrum</i>	7 Denare
Werkblei	<i>stagnum</i>	? Denare
Bleilot	<i>tertium</i>	20 Denare
Überzugszinn	<i>argentarium</i>	70 Denare
Zinn	<i>plumbum album</i>	80 Denare
Eisen	<i>ferrum</i>	1–2 Denare <sup>190</sup>
Silber	<i>argenteus</i>	90 Denare
Gold	<i>aurum</i>	1125 Denare

#### Moderne «Standard-Bronzelegierungen» (Tabelle 20)

Machen wir einen Schritt in die Neuzeit und rekapitulieren, zu welchem technischen Wissen uns 3000 Jahre Legierungserfahrung geführt haben:

*Reines Kupfer* ist «hart, dabei dehnbar und zäh. Feine Drähte und dünne Folien lassen sich daher ohne Schwierigkeiten herstellen»<sup>191</sup> (vgl. Abb. 13, rechts). Kupfer «besitzt eine geringe Härte, jedoch grosse Festigkeit und ist polierfähig. Da es beim Giesen Blasen bildet, wird es durch Stanzen, Drücken, Pressen, Walzen und Ziehen verarbeitet ...»<sup>192</sup>. «Durch Hämmern kann man die Härte des Metalls drastisch erhöhen.»<sup>193</sup>

*Zinnbronzen*: «Kupfer-Zinn-Legierungen mit mehr als 78% Kupfer werden als Bronzen bezeichnet. Es handelt sich um ein Material, das chemisch recht beständig ist. Während sich das Metall an trockener Luft überhaupt nicht verändert, bildet es bei Anwesenheit von Feuchtigkeit einen schönen grünen, porfreien Überzug, Patina, der die darunterliegenden Schichten vor Korrosion schützt. Der Zinngehalt verleiht ausserdem der Legierung eine grosse Härte. Während eine Bronze mit 6% Zinn noch walzbar<sup>194</sup> ist (vgl. auch Abb. 28), machen höhere Zinngehalte bei der Bearbeitung des Materials erhebliche Schwierigkeiten. Daher werden Bronzen mit 10 bis 20% Zinn fast ausschliesslich in der *Formgiesserei* verwandt. ... Bronzen für Kunstguss bestehen aus 75 bis 90% Cu und 25 bis 10% Sn; meistens sind geringe Zinkzusätze vorhanden<sup>195</sup>. Die sogenannten Münz- und Medailenbronzen setzen sich aus 90 bis 96% Cu und 10 bis 4% Sn zusammen.»<sup>196</sup>

«Die Härte der Bronze wächst mit dem Zinngehalt bis zu 28% und nimmt dann wieder ab; die grösste Festigkeit ergibt sich bei 17,5% Zinngehalt.»<sup>197</sup>

Um *Seigerungseffekte* zu vermeiden und um eine homogene, schmiedbare Bronze zu erhalten, muss

beim Guss sofort abgeschreckt werden. «Wir bewegen uns dann auf einer senkrechten Linie durch das Diagramm (Abb. 28<sup>198</sup>) und erreichen das Gebiet der festen, homogenen  $\alpha$ -Phase. Da das Gitter in seiner Struktur dem Kupfer nahezu gleicht, hat das Metall auch ähnliche Eigenschaften, es ist z.B. *schmiedbar*. Die eingebauten Zinnatome haben aber eine etwas andere Grösse, daher treten Spannungen im Gitter auf, und das Metall ist härter als reines Kupfer. Beim

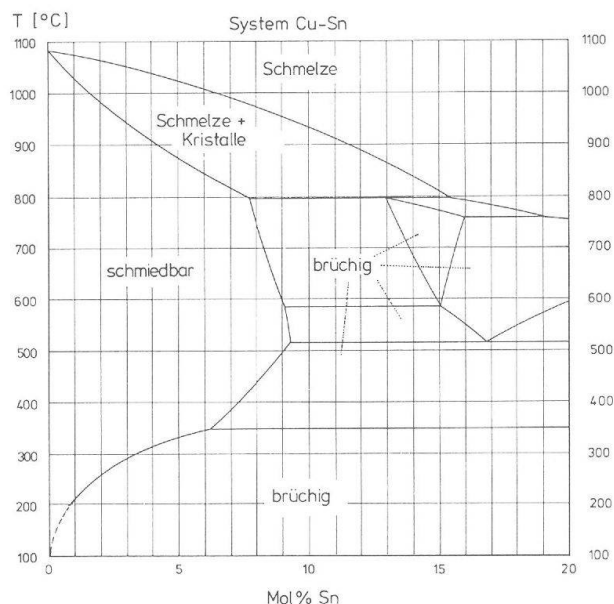


Abb. 28 Phasendiagramm für die Legierungen Kupfer-Zinn (nach Moesta).

188 S. oben mit Anm. 128–138.

189 Plin. nat. hist. 34, 161 (s. oben).

190 Schon allein die Tatsache, dass kupferne Asse als subferrate Imitationen gefälscht wurden, beweist, dass Eisen billiger als Kupfer gewesen sein muss (auf diesen Umstand machte mich M. Peter aufmerksam). – Der einzige mir bekannte Hinweis auf den antiken Eisenpreis ist einer Tempelrechnung aus Arsinoe (Ägypten) aus dem Jahre 215 zu entnehmen, wonach das verkaufte Eisen einer nicht mehr gebrauchten Winde (zum Aufstellen einer kolossalen Caracallastatue) wiederverkauft und 5 Drachmen pro Mine erbracht hat: Th. Pekáry, Das römische Kaiserbildnis in Staat, Kult und Gesellschaft. Das Römische Herrscherbild dargestellt anhand der Schriftquellen 3,5 (Berlin 1985), 13 Anm. 5 (den Hinweis verdanke ich A. Kaufmann-Heinimann). – Vgl. auch die Bemerkungen zur Wertschätzung von Bronze und Eisen bei C. Doswald, Die Eisensfunde und Werkstätten des Vicus. In: R. Hänggi, C. Doswald, K. Roth-Rubi, Die frühen römischen Kastelle und der Kastell-Vicus von Tenedo-Zurzach. Veröffentlichungen der Gesellschaft Pro Vindonissa 11 (Brugg 1994) 257ff. Anm. 635.

191 Braun-Feldweg 1968, 251. – Vgl. ergänzend auch Metzger 1927, 37f.; Hinzmann 1941, 3ff.; Fröhlich 1955, 8; Moesta 1983, 6ff.

192 Hilpe 1956, 24.

193 Hauptmann/Weisgerber 1985, 30.

194 Hinzmann 1941, 49f., spricht bei (noch) walzbaren Bronzen mit 6–10% Sn von «Knetlegierungen».

195 Zur «Kunstbronze» s. auch Hinzmann 1941, 59f.

196 Braun-Feldweg 1968, 252. – Vgl. ergänzend auch Hinzmann 1941, 60; Schmid 1946, 43; Moesta 1983, 48ff. Abb. 14 (= unsere Abb. 28).

197 Schmid 1946, 44.

198 Vgl. das detaillierte und vollständige Cu-Sn-Zustandsdiagramm bei Hinzmann 1941, 46ff. Abb. 47.

Tabelle 20: Neuzeitliche Norm-Zinnbronzen und ihre Legierungs-Zusammensetzung (nach der Technik-Literatur).

<b>Zinnbronzen:</b>								
Bezeichnung	°C	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe, Ni ...	Total	Quelle
Legierung für Gongs		77	21	2	0	0	100 %	Hilpke 1991, 12.
Legierung für "tüchtige" Becken		78,6	20,3	0,5	0	0,2 Fe	100 %	Meyer 1897.
Legierung für Gongs und deutsche Becken		78	22	0	0	0	100 %	Meyer 1897.
Speculumlegierung (hart und spröde, gut polierbar)		>=60	<=40	0	0	0	100 %	Braun-Feldweg 1968, 252.
Spiegelmetall (stahlgrau, sehr spröde, gut politurfähig)		65-70	30-35	0	0	0	100 %	Häntzschel-Clairmont 1911/12, 58.
Spiegelmetall (sehr weiss und politurfähig)		~70	~30	0	(z.T.)	(z.T. As, Ag, Ni)	100 %	Meyer 1897.
Tamtam (Klangbronze)		71	24	4	0	0	100 %	Hinzmann 1941, Tab. 18.
Glockenmetall		70-80	20-30	0	0	0	100 %	Häntzschel-Clairmont 1911/12, 58.
Glockenbronzen		72-80	20-27	0-1	0-3	0	100 %	Hinzmann 1941, Tab. 18.
Glockenbronze (hart und spröde)	760	80	20	0	0	0	100 %	Braun-Feldweg 1968, 78 und 252.
Glockenmetall		80	20	0	0	0	100 %	Demuth 1909, 27.
Glockenbronze (sehr spröde)		77-78	22-23	0	0	0	100 %	Schmid 1946, 44.
Glockenbronze		75-88	25-12	0	0	0	100 %	Fröhlich 1955, 8; Meyer 1897.
Gussbronze GBz 20	760	80	20	0	0	0	100 %	Hilpke 1956, 28; Hinzmann 1941, Tab. 11.
Armaturen (Maschinenteile)		80	20	0	0	0	100 %	Häntzschel-Clairmont 1911/12, 58.
Kunstgussbronzen	<930	75-90	25-10	0	(Spur)	0	100 %	Braun-Feldweg 1968, 252.
Kunstguss-Bronze (gut ziselierbar)		80	18	0	2	0	100 %	Hilpke 1991, 13.
Japanische Glockenbronze		60,5	18,5	12	6	3 Fe	100 %	Hinzmann 1941, Tab. 18.
Schellenmaterial		84,5	15,4	0	0	0	100 %	Hinzmann 1941, Tab. 18.
div. Apparate, Maschinenteile		82,1	12,8	0	5,1	0	100 %	Häntzschel-Clairmont 1911/12, 58.
Federmaterial		87	5,5	0	7,5	0	100 %	Hinzmann 1941, 57.
Ventile und Hähne (Maschinenteile)		85	12	0	3	0	100 %	Häntzschel-Clairmont 1911/12, 58.
Rotguss Rg 9		85	9	0	6	0	100 %	Hinzmann 1941, Tab. 11.
Rotguss Rg 8		82	8	3	7	0	100 %	Hinzmann 1941, Tab. 11.
Rotguss Rg 5		85	5	3	7	0	100 %	Hinzmann 1941, Tab. 11.
Gussbronze	830	87	13	0	0	0	100 %	Moesta 1983, 53.
Gussbronze GBz 14		86	14	0	0	0	100 %	Hinzmann 1941, Tab. 11.
Bronzen für Statuen (dünnflüssig, hart, gut ziselierbar)		86	7	3	4	0	100 %	Häntzschel-Clairmont 1911/12, 58.
Maschinenbronze/Rotguss Rg 10 (Lagerschalen, Armaturen)		86	10	0	4	0	100 %	Hinzmann 1941, Tab. 11; Schmid 1946, 44.
Stopfbüchsen (Maschinenteile)		86,2	10,2	0	3,6	0	100 %	Häntzschel-Clairmont 1911/12, 58.
Pumpelstiefel (Maschinenteile)		88	10	0	2	0	100 %	Häntzschel-Clairmont 1911/12, 58.
Bronze für Lagerschalen		88	12	0	0	0	100 %	Demuth 1909, 27.
Schmiedbare Bronze		88-94	12-6	0	0	0	100 %	Demuth 1909, 27.
Gussbronze GBz 10 (Festigkeit 20 kg/mm²)		90	10	0	0	0	100 %	Hinzmann 1941, Tab. 11; Schmid 1946, 44.
Blei-Zinnbronze Pb-Sn-Bz 5		um 85	9-11	4-6	0	0	100 %	Hinzmann 1941, Tab. 15.
Blei-Zinnbronze Pb-Sn-Bz 13		um 80	7-9	12-14	0	0	100 %	Hinzmann 1941, Tab. 15.
Blei-Zinnbronze Pb-Sn-Bz 20		um 73	5-10	18-22	0	0	100 %	Hinzmann 1941, Tab. 15.
Walzbronze	>930	90-94	10-6	0	0	0	100 %	Hilpke 1956, 28.
Kanonengut, Geschützmetall, Stückgut (absolute Festigkeit)		90-91	9-10	0	0	0	100 %	Meyer 1897.
Moderne türkische Geschützbronze		90,9	8,8	0	0	0,3 Fe	100 %	Hinzmann 1941, Tab. 17.
Europäische Geschützbronzen		89-91	9-11	0	0	0	100 %	Hinzmann 1941, Tab. 17.
Moderne chinesische Geschützbronze		93	5,5	0	0	1,5 Fe	100 %	Hinzmann 1941, Tab. 17.
Rotguss Rg 4 (Flanschenbronze)		93	4	1	2	0	100 %	Hinzmann 1941, Tab. 11.
Kupferscheidemünzen (Kleinmünzen) (in Italien)		96	4	0	0	0	100 %	Häntzschel-Clairmont 1911/12, 58.
Kupferscheidemünzen (in D, F, GB, S und E)		95	4	0	1	0	100 %	Häntzschel-Clairmont 1911/12, 58.
Kupferscheidemünzen (in Dänemark)		90	5	0	5	0	100 %	Häntzschel-Clairmont 1911/12, 58.
Münz- und Medaillenbronzen	>930	90-96	10-4	0	0	0	100 %	Braun-Feldweg 1968, 252.
Rotguss		86	10	0	4	0	100 %	Hilpke 1956, 28.
Räder (Maschinenteile)		87,8	10,5	0	1,7	0	100 %	Häntzschel-Clairmont 1911/12, 58.
Räder (Maschinenteile)		91,4	8,6	0	0	0	100 %	Häntzschel-Clairmont 1911/12, 58.
Lagermetalle (Maschinenteile)		77	8	15	0	0	100 %	Häntzschel-Clairmont 1911/12, 58.
Gussbronze	1000	92	8	0	0	0	100 %	Moesta 1983, 53.
Walzbare Bronze	1010	>=94	<=6	0	0	0	100 %	Braun-Feldweg 1968, 252.
Technisches Kupfer	1083	99,85	0	0,03	0	0	100 %	Debrunner 1994, 103.

weiteren Abkühlen kommen wir in den mit «brüchig» gekennzeichneten Bereich. Hier existieren neben Kristallen der  $\alpha$ -Phase solche einer anderen Struktur, nämlich mit hexagonal dichtester Packung. Diese  $\epsilon$ -Phase ist spröde und bricht bei geringer Verformung. Das Metall in der ( $\alpha+\epsilon$ )-Phase ist nicht mehr schmiedbar. Die Umlagerung vom kubisch-flächenzentrierten Cu-Gitter zur hexagonal dichtesten Packung erfordert aber Zeit. Beim Abschrecken der Schmelze bildet sich keine  $\epsilon$ -Phase aus, das Metall kann kalt gehämmert werden. Muss man dagegen für ein bestimmtes Werkstück mehrmals zwischenglühen oder heiss schmieden, kann sich die  $\epsilon$ -Phase in wachsender Masse bilden, und das Material *versprödet*.

Will man die Versprödung vermeiden, muss man Bronze (bis höchstens 13–14% Sn) lange zwischenglühen (Einstellung der reinen  $\alpha$ -Phase), abschrecken und dann erneut kaltschmieden.

Andererseits kann man durch Glühen und langsames Abkühlen einem fertigen Werkstück eine grössere Härte verleihen, wenn man die Versprödung in Kauf nimmt.

Man sieht, dass die Zinnbronze eine recht komplizierte Verarbeitung verlangt, die sicher nur langsam erlernt und nicht überall gemeistert wurde.<sup>199</sup>

**Glockenbronze:** «Für den Glockenguss verwendet man seit ältesten Zeiten Bronzen mit über 20% Zinn. Die Legierungen sind hart und ziemlich spröde; sie klingen beim Anschlagen mit hellem Klang.»<sup>200</sup> «Glockenmetall ist sehr leicht schmelzbar, sehr dünnflüssig, gelblichgrau, spröde und feinkörnig.»<sup>201</sup>

**Geschützbronze:** «Die Geschützbronze musste einerseits eine sehr hohe Härte besitzen ..., andererseits musste sie bei hoher Festigkeit genügend zäh sein, um den gewaltigen Druck der Pulvergase auszuhalten. ... Aus zahlreichen Versuchen und jahrelangen Erfahrungen hat sich als günstigste Legierung eine Bronze mit 88–91% Cu und 9–12% Sn herausgebildet, wozu meist noch geringe andere Zusätze, insbesondere von Eisen, hinzukommen» (Tabelle 20)<sup>202</sup>.

**Speculumlegierungen:** «... Bei noch höheren Zinngehalten (bis 40%) entstehen ... Legierungen; sie sind wie die Glockenbronzen spröde und hart, lassen sich aber vorzüglich polieren»<sup>203</sup>.

#### Moderne «Standard-Messinglegierungen» (Tabelle 21)

«Messing (Ms) ist eine Legierung von Kupfer und Zink, evtl. mit Zusätzen bis 3% Blei. ... Der Kupfergehalt schwankt zwischen 58 und 89%. ... Zinkreiches, schlechtes Messing ist an ... seinem muscheligen Bruch kenntlich (Ausbrechen der Gewinde), kupferreiche an ... dem feinkörnigen Bruch; das letztere wird in der Rotgluthitze auch nicht so spröde wie zinnreiches Messing. Messing ist weniger hart als Bronze; es lässt sich im kalten Zustand walzen, leicht bearbeiten und namentlich gut polieren.»<sup>204</sup> Messinglegierungen «sind weniger hart und spröde (als Bronzen), dafür aber sehr geschmeidig, also dehn- und hämmerbar. ...» Ähnlich wie bei der Bronze wird auch «beim Hämmern von Messing in kaltem Zustande ... das Material sehr schnell hart und spröde und würde brechen [vgl. Abb. 13], wenn man nicht durch wiederholtes Ausglü-

hen und Abschrecken die alte Geschmeidigkeit wiederherstellt.»<sup>205</sup>

«Bei gewöhnlicher Temperatur ist Messing mit mehr als 63% Kupfer<sup>206</sup> leichter verformbar als die zinkreichere Sorte mit den zwei Mischkristallarten<sup>207</sup>. Dafür ist aber die zinkreichere Messingsorte bei Rotglut besser zu verarbeiten als die kupferreichere. Man unterscheidet daher zwischen der kalt verformbaren und der warm schmiedbaren Legierung.»<sup>208</sup> «Das kalt verformbare Messing mit mehr als 63% Kupfer<sup>209</sup> findet wegen seines goldenen Farbtons Verwendung zu kunstgewerblichen Zwecken. Es lässt sich bei Zimmertemperatur leicht walzen, pressen, drücken oder prägen, vorausgesetzt, dass es nicht zu sehr durch Fremdmetalle verunreinigt ist. Festigkeit und Härte werden durch die Verformungsprozesse sehr gesteigert. Die dadurch entstandenen inneren Spannungen können schon durch Glühungen bei 200 bis 300°C beseitigt werden.»<sup>210</sup> «Das warm schmiedbare, zinkreichere Messing<sup>211</sup> wird als Gussmaterial verwandt, ferner zur Herstellung von Nieten und Schrauben, Uhrädern und Uhrfedern, Blechen, Schlossteilen usw.»<sup>212</sup>

**Tombak:** «Bei einem Zinkgehalt von 10 bis 33% bezeichnet man Messing als Tombak. Es lässt sich in kaltem wie im warmen Zustand gut verarbeiten. Seine Farbe ist rötlich bis goldbraun und ist vor allem seit dem 18. Jahrhundert in der Schmuckverarbeitung beliebt. Der Vorzug dieser Legierung liegt darin, dass es fast die Dehnfähigkeit wie Kupfer besitzt, doch gegenüber diesem eine gefälligere Farbe und eine bessere Polierbarkeit aufweist.»<sup>213</sup> Sie findet daher einerseits in Industrie und Maschinenbau vielseitige Verwendung für «Lagerschalen, Hahnkükken und dergleichen»<sup>214</sup>, und andererseits kommen auch «für die Praxis des Gold- und Silberschmieds ... nur die kupferreichen Messinge in Betracht, vornehmlich die Tombak-

199 Moesta 1983, 52. – Vgl. auch Hauptmann/Weisgerber 1985, 30 Abb. 12.

200 Braun-Feldweg 1968, 252. – Vgl. auch Hinzmann 1941, 58f. Tabelle 18.

201 Häntzschel-Clairmont 1911/12, 58.

202 Hinzmann 1941, 58f. Tabelle 17.

203 Braun-Feldweg 1968, 252.

204 Schmid 1946, 45. – Vgl. ergänzend auch Hinzmann 1941, 19ff. (mit Zustandsbild Abb. 20); Moesta 1983, 71ff.

205 Häntzschel-Clairmont 1911/12, 59. – Hans Drescher verdanke ich jedoch den Hinweis, dass Messinge zur Erlangung besserer Schmiedbarkeit – im Gegensatz zu Bronzen – nach dem Ausglühen mit Vorteil nicht abgeschreckt werden, sondern langsam abkühlen sollen.

206 D.h. mit nur einer einzigen Art Mischkristalle (sogenannte  $\alpha$ -Phase). – Vgl. auch Einsiedel 1988, 21f. Abb. 3.

207 D.h. mit <63% Cu (sogenannte  $\alpha$ - und  $\beta$ -Phase). Dazu ausführlich Hinzmann 1941, 20ff. Abb. 20.

208 Braun-Feldweg 1968, 251. – In diesem Sinne auch Metzger 1927, 39 oder Steines 1984, 14: «Bei einem Zinkanteil von mehr als 40% lässt sich Messing nur kalt verarbeiten, weil es unter Hitze brüchig wird. Sinkt dieser Anteil auf 35%, so lässt es sich unter Glühhitze gut verarbeiten und ist unter der Bezeichnung schmiedbares Messing im Handel erhältlich. Steigt der Kupferanteil bzw. senkt sich der Zinkgehalt, so wird Messing immer verarbeitungsfreundlicher.»

209 D.h. die sogenannte  $\alpha$ -Phase.

210 Braun-Feldweg 1968, 251f.

211 D.h. mit <63% Cu (sogenannte  $\alpha$ - und  $\beta$ -Phase).

212 Braun-Feldweg 1968, 252.

213 Steines 1984, 14.

214 Demuth 1909, 26.

Tabelle 21: Neuzeitliche Norm-Messinge und ihre Legierungs-Zusammensetzung (nach der Technik-Literatur).

<b>Messinge:</b>								
Bezeichnung	°C	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe, Ni ...	Total	Quelle
Deltametall (fest und zäh, dünnflüssig, warm verformbar, für Mechanik)		55	0	2	41	2 Fe/Mg + ev. Fe	100 %	Demuth 1909, 27f.; Metzger 1927, 48; Schmid 1946, 46; Steines 1984, 15.
Hartmessing Ms58 (Schraubenmessing)		58	0	2	40	0	100 %	Hilpke 1956, 29; Hinzmann 1941, Tab. 2.
Messing CuZn39Pb3	875 -890	58	0	3	39	0	100 %	Debrunner 1994, 111.
Messing CuZn38Pb2	880 -890	60	0	2	38	0	100 %	Debrunner 1994, 111.
Hartlot DDR (für Kupfer)	880	60	0	0	40	0	100 %	Einsiedel 1988, 142.
Schmiedemessing Ms60 (Warmbearbeitung)	880	60	0	0	40	0	100 %	Hilpke 1956, 29; Hinzmann 1941, Tab. 2.
Gut bearbeitbares Messing für Kunstguss	880	60	0	0	40	0	100 %	Hilpke 1991, 13.
Gussmessing		60	0	0	40	0	100 %	Schmid 1946, 45.
Muntzmetall (nach G.F. Muntz 1832; warm schmiedbares Messing, für Schiffsbeschläge)	880	57 56	0 0	0 0,75	43 43,75	(+Fe)	100 % 100 %	Feldhaus 1914, 705; Demuth 1909, 27; Braun-Feldweg 1968, 252.
Aichmetall (nach Aich)		60	0	0	38,2	1,8 Fe	100 %	Demuth 1909, 27.
Schmiedbares Messing		60-65	0	0	40-35	0	100 %	Demuth 1909, 27.
Druckmessing Ms63 bzw. CuZn37	902 -920	63	0	0	37	0	100 %	Hilpke 1956, 29; Hinzmann 1941, Tab. 2-3; Debrunner 1994, 111.
Gussmessing GM63		63	0	3	34	0	100 %	Hilpke 1956, 29; Hinzmann 1941, Tab. 2.
Halbtombak Ms67 (Lötmessing)		67	0	0	33	0	100 %	Hilpke 1956, 29; Hinzmann 1941, Tab. 2-3; 5.
Messing, besonders fest		66-70	1,5	0	33-28	0	100 %	Demuth 1909, 27.
Messing, leicht bearbeitbar		66-70	0	3	31-27	0	100 %	Demuth 1909, 27.
Stolberger Messing		64,8	0,4	2,0	32,8	0	100 %	Schmid 1946, 45.
Duranmetall (Dürener Metallwerke) (hart und fest, glühend schmiedbar)	950- 1000	65	2 Sn/Sb	0	30	1,5 Al <1,5 Fe	100 %	Metzger 1927, 46ff.; Schmid 1946, 46; Steines 1984, 15.
Walzbares Messing	980	70	0	0	30	0	100 %	Metzger 1927, 39.
Messing für Bleche		70	0	0	30	0	100 %	Schmid 1946, 45.
Schmiedbares Messing	980	70	0	0	30	0	100 %	Wolf 1980, 8.
Gussmessing GM67		67	0	3	30	0	100 %	Hilpke 1956, 29; Hinzmann 1941, Tab. 2.
Gelbtombak Ms72 (Schaufelmessing)		72	0	<0,1	28	0	100 %	Schmid 1946, 46; Hinzmann 1941, Tab. 2; 5.
Weichmessing		72	0	0	28	0	100 %	Fröhlich 1955, 8.
Gut bearbeitbares Messing für Kunstguss	1010	80	0	0	20	0	100 %	Hilpke 1991, 13.
Rotguss oder Tombak		78-92	0	0	22-8	0	100 %	Demuth 1909, 26.
Tombak		85-90	0	0	10-15	0	100 %	Fröhlich 1955, 8.
Hellrottombak Ms 80 (schmiedbar, Kaltbearbeitung im Kunstgewerbe)	1010	80	0	0	20	0	100 %	Hinzmann 1941, Tab. 2; 5; Braun-Feldweg 1968, 252.
Pumpenstiefel (Maschinenteile)		80	6	0	14	0	100 %	Häntzschel-Clairmont 1911/12, 58.
Federmaterial		87	5,5	0	7,5	0	100 %	Hinzmann 1941, 57.
Mittelrottombak Ms85 (Goldtombak, schmiedbar, Kaltbearbeitung im Kunstgewerbe)	1020	85	0	0	15	0	100 %	Braun-Feldweg 1968, 252; Hilpke 1956, 29; Hinzmann 1941, Tab. 2; 5.
Pinchbeck-Legierung (goldähnlicher Glanz, für Uhrgehäuse, Ziselierungen usw.)		90	0	0	10	0	100 %	Steines 1984, 14f.
Rotrottombak Ms90 (schmiedbar, Kaltbearbeitung im Kunstgewerbe)	1040	90	0	0	10	0	100 %	Braun-Feldweg 1968, 252; Hilpke 1956, 29; Hinzmann 1941, Tab. 2; 5.
Emailtombak (schmiedbar)	1070	95	0	0	5	0	100 %	Braun-Feldweg 1968, 252.
Französischer Tombak		97	0	0	3	0	100 %	Hilpke 1956, 26.

legierungen. ... Dem Verwendungszweck entsprechend unterteilt man in Emailtombak (Ms 95, das heisst mit 95% Kupfer), in Rottombak (Ms 90), in Goldtombak<sup>215</sup> (Ms 85) und in Hellrottombak (Ms 80). Diese Legierungen werden in Form von Bändern, Blechen oder Drähten für die Schmuckwarenindustrie, das Kunstgewerbe und für dekorative Zwecke geliefert.»<sup>216</sup>

215 Auch «Goldmessing» nach Schmid 1946, 46.

216 Braun-Feldweg 1968, 252.



*Zinnmessing (Rotguss) bzw. Zinkbronzen:* «Ein geringer Zinkzusatz erhöht die Festigkeit der Zinnbronzen und setzt ihren Schmelzpunkt herunter. Es gibt sich daraus ein leichtflüssiges Metall, das einen scharfen, blasenfreien Guss gewährleistet.»<sup>217</sup> «Je nach dem Verwendungszweck ändert man die Zusammensetzung der Bronze durch Zusätze von Zink, Blei, Eisen usw.»<sup>218</sup> «Legierungen aus Kupfer, Zinn und Zink werden Rotguss genannt.»<sup>219</sup> Die Polierfähigkeit dieser Legierungen<sup>220</sup> «auf Hochglanz ist bekannt, ebenso ihre Widerstandsfähigkeit gegen gleitende Reibung und Witterungseinflüsse.»<sup>221</sup> «Zinn wird bis zu etwa 0,7% ohne merkbare Gefügeveränderung [dem Messing] zugesetzt. ... Nur bei zinnhaltigen Tombaklegierungen für Federzwecke findet man bis zu 6% Zinnzusatz. Die Bedeutung des Zinnzusatzes liegt weniger in der Härtesteigerung, die nur verhältnismässig gering ist, als vielmehr in der besseren Korrosionsbeständigkeit, hauptsächlich gegen Seewasser.»<sup>222</sup>

*Zinn-Bleimessing (Bleibronze und Bleimessing):* Bleizusätze in Kupferlegierungen sind ein Charakteristikum vieler römischer Bronzen. Sowohl bei Zinnbronzen als auch bei Messingen ist der bewusste Zusatz von Blei zur Erlangung spezieller Eigenschaften aber auch heute üblich:

- «Blei verschlechtert im allgemeinen selbst in geringen Mengen die mechanischen Eigenschaften einer Gussbronze, doch kann es in bestimmten Fällen sogar in Mengen über 20% ein wertvoller Zusatz sein. Derartige, als «Sonderbronzen» zu bezeichnende Legierungen haben sich als Lagermetalle gut bewährt.»<sup>223</sup>
- «Eine Legierung aus Kupfer, Zinn, Zink und Blei macht die geschmolzene Bronze dünnflüssig.»<sup>224</sup>
- Bleizusatz in Zinnbronzen «vermindert die Festigkeit und erhöht die Sprödigkeit».<sup>225</sup>
- Ein Zulegieren von «bis 4% Blei» bei Messingen mit 66–70% Kupfer geschieht absichtlich, «um es leichter bearbeiten zu können»<sup>226</sup>, ebenso «bis 1½% Zinn zur Erhöhung der Festigkeit»<sup>227</sup>.

«Eisenbronze», «Duranmetall»: «Schmiedbares Messing enthält 35–40% Zink nebst einem geringen Zusatz von Eisen, der der Legierung die Eigenschaft der Schmiedbarkeit verleiht.»<sup>228</sup> «Die von den Dürener Metallwerken Aktiengesellschaft in Düren (Rheinland) als Duranmetall erzeugte Legierung gehört zur Gruppe der Eisenbronzen. Der den Eisenbronzen eigentümliche Eisengehalt, meistens weniger als 1%, ist von grösserem Einfluss auf die physikalischen und technischen Eigenschaften dieser Legierungen als einer der Hauptbestandteile. Auch ohne Eisengehalt würden diese Legierungen warm schmiedbar sein, aber der Eisengehalt erhöht ihre Bearbeitungsfähigkeit in warmem Zustande ganz erheblich; ebenso müssen ihre ... hervorragenden Festigkeitseigenschaften auf den Einfluss des Eisens zurückgeführt werden. ... Der günstige Einfluss eines geringen Eisengehaltes, besonders auf Kupfer-Zink-Legierungen, war den Metallurgen seit langer Zeit bekannt. Dass trotzdem die Eisenbronzen eigentlich erst im letzten Jahrzehnt

des verflorenen Jahrhunderts [d.h. um 1890–1900] zur vollen Geltung gelangten, ist auf die grossen Schwierigkeiten zurückzuführen, die sich einer vorteilhaften, massenweisen Herstellung wirklicher Legierungen aus Kupfer, Zink und Eisen entgegenstellten. ... Die Schmiedbarkeit des Duranmetalls übertrifft selbst diejenige des Schmiedeeisens, auch diejenige der Aluminiumbronze und ähnlicher Legierungen. Es kann deshalb mit besonderem Vorteil für Stanzzwecke und für alle Erfordernisse des Kunstschmiedens verwendet werden, wozu es sich auch schon wegen seiner schönen goldgelben Farbe vorzüglich eignet. ... Das Duranmetall zeigt beim Schmieden das Verhalten eines ausserordentlich weichen Schweisseisens. Es lässt sich wie solches walzen, unter dem Dampf- und Schmiedehammer schmieden, stauen, lochen, ins Gesenk schlagen usw. ... Man schmiedet das Duranmetall genau wie Schmiedeeisen, und zwar kann es bis zum Verschwinden der Glutfarbe geschmiedet werden. Von diesem Zustande an bis zum völligen Erkalten darf das Duranmetall jedoch nicht geschmiedet oder gehämmert werden, da es sonst brüchig werden könnte. ... Das Abkühlen des Duranmetalls muss ganz allmählich an der Luft geschehen. Auf keinen Fall darf dasselbe durch Abschrecken im Wasser plötzlich abgekühlt werden. Nach dem völligen Erkalten lässt es sich noch weiter hämmern und man hat dadurch bzw. durch die Verdichtung im kalten Zustande ein Mittel in der Hand, Schmiedestücke von grosser Härte und ausserordentlicher Festigkeit herzustellen.»<sup>229</sup>

217 Hinzmann 1941, 57.

218 Schmid 1946, 44 (mit negativerer Beurteilung der Zinkbronzen als Hinzmann: «... Durch Zinkzusatz nimmt man dem Material die Härte, beeinträchtigt aber die Qualität.»). – Etwas positiver Hilpke 1956, 26 («Einigen Bronzen wird Zink zugesetzt, wodurch sie nicht so spröde werden»).

219 Braun-Feldweg 1968, 252. – Vgl. ausführlich Hinzmann 1941, 60ff.

220 Maschinenbronzen mit 80–92% Cu, 6–20% Sn und 2–14% Zn (Häntzschel-Clairmont 1911/12, 58).

221 Häntzschel-Clairmont 1911/12, 58.

222 Hinzmann 1941, 42 und 45.

223 Hinzmann 1941, 45 und ausführlich 51ff.

224 Hilpke 1956, 26.

225 Schmid 1946, 44.

226 Demuth 1909, 27. – In diesem Sinne auch Hinzmann 1941, 42, und Häntzschel-Clairmont 1911/12, 57: «Weil sich dann diese Legierungen besser bearbeiten lassen, während die bleifreien Zinnbronzen hart und spröde sind und infolgedessen bei der Bearbeitung leicht ausbrechen – namentlich an den Kanten».

227 Demuth 1909, 27.

228 Häntzschel-Clairmont 1911/12, 60.

229 Metzger 1927, 46f.

## Schlussfolgerungen

In fast allen der mittlerweile sehr zahlreichen Werkstattfunde mit antiker Buntmetallverarbeitung tritt – neben technischen Einrichtungen, Schmelztiegeln, Halbfabrikaten, Gussformen und Werkzeugen – auch «Altmetall» in verschiedenster Form auf<sup>230</sup>. *Recycling* war also gerade für die kleineren Betriebe der übliche Weg, um zu Gussmaterial zu kommen. Bei der Herstellung von Grossbronzen oder in «offiziellen» Betrieben ist dennoch anzunehmen, dass man auf Primärmetall in Barrenform zurückgreifen konnte, das direkt von den Verhüttungsbetrieben geliefert wurde<sup>231</sup>. Dennoch finden sich – zumindest in den nördlichen Provinzen – Kupferbarren nicht sehr häufig, und Bronze- und Messingbarren gehören zu den grossen Seltenheiten<sup>232</sup>. Im Falle von kleineren Objekten oder Statuetten spricht die Verschiedenartigkeit der Güsse für wiedereingeschmolzenes Altmetall<sup>233</sup>. Sogar im Falle werkstattgleicher Serien mit fast identischen Legierungen muss nicht unbedingt auf eine Belieferung mit Primärmaterial geschlossen werden<sup>234</sup>, da – wie die Befunde in den Augster Insu-

lae 20 und 28 zeigen – auch davon ausgegangen werden kann, dass sich die Giesser über einen längeren Zeitraum der Reste ein und derselben Grossbronze bedient haben<sup>235</sup>! Für die Produktion von Kleingerät und insbesondere von Fibeln bot sich auch gemünztes Messing in Form von Sesterzen und Dupondien an<sup>236</sup>, die im Kontext mancher Augster Giesserei auffallend zahlreich auftreten<sup>237</sup>. Eingesammeltes Altmetall scheint aber die Hauptquelle der Buntmetallgiesser in einer Provinzstadt wie Augusta Raurica gewesen zu sein.

Wie haben aber die antiken Schrotthändler, Messing- und Bronzeschmiede ihr Altmetall beurteilt<sup>238</sup>? Wie unterschieden sie Bronze von Messing, insbesondere wenn ja mit allen Übergängen zu rechnen war und mit häufiger Beimengung von Blei? Wie konnten sie schmiedbare Bronzen (mit weniger als 10% Zinn) und Messing unter dem «Sammelsurium» von eingesammeltem Schrott<sup>239</sup> auslesen, wenn sie bewusst Barren zum Schmieden giessen wollten<sup>240</sup>? Wie gingen die amtlichen Materialprüfer<sup>241</sup> bei ihren Qualitätskontrollen von Auftragsarbeiten vor?

230 Z.B. Grafts 1994; D. Planck, *Arae Flaviae I. Neue Untersuchungen zur Geschichte des römischen Rottweil. Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg* 6 (Stuttgart 1975) 121.

231 So konnte bezüglich der Silber-Belieferung U. Naef anhand von Spurenelementen nachweisen, dass das Silber für die Denare und Medaillons des Kaiseraugster Silberschatzes von unterschiedlichen Primärlagerstätten des Imperiums in die einzelnen Münzstätten geliefert wurde, dass ein Zusammenhang zwischen diesen amtlichen Prägestätten und den Versorgungskanälen für Rohsilber bestand und dass regional verschiedene Verhüttungsprozesse angewandt wurden: U. Naef, *Archäometrische Untersuchungen am römischen Silberschatz Kaiseraugst* (Dissertation Basel 1984) 117ff.

232 J. Musty, A brass sheet of first century A.D. date from Colchester (Camulodunum). *The Antiquaries Journal* 55, 1975, 409ff. Abb. 6 (Platte von 91×15×0,5 cm und 9,358 kg Gewicht, bestehend aus 72,1% Cu und 26,8% Zn). – Vgl. auch für England die Barren mit Inschriften: R. G. Collingwood, R. P. Wright, *The Roman Inscriptions of Britain* 2 (Oxford 1990) 29ff.; dort werden aufgeführt: 12 Silber-, 12 Kupfer-, 72 Blei-, 1 Zinn-, 10 Bleizinnmisch-[pewter] und 1 Messingbarren, aber keine Bronzebarren mit Inschrift (vgl. das Verhältnis 27 Kupfer- zu 35 Bleibarren in Südfrankreich: F. Laubenheimer-Leenhardt, *Recherches sur les lingots de cuivre et de plomb d'époque romaine dans les régions de Languedoc-Roussillon et de Provence-Corse. Revue Archéologique de Narbonnaise. Supplément* 3 [Paris 1973] 9 und 94f.).

233 Vgl. Kaufmann-Heinimann/Liebel 1994. – Dafür sprechen auch Spurenelemente wie Gold und Silber, die beim Recycling in Buntmetalle gelangen können (vgl. J. Riederer, oben Seite 164 mit Tabelle 19).

234 J. Riederer, Material und Herstellungstechnik der Statuetten des römischen Schatzfundes von Straubing. In: Akten der 10. Internationalen Tagung über antike Bronzen. Freiburg, 18.–22. Juli 1988. *Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg* 45 (Stuttgart 1994) 355ff. bes. 356, erwägt vorsichtig eine einzige Rohstoffquelle, nicht aber unbedingt eine Belieferung direkt aus Verhüttungs-

betrieben («... gehören alle 7 Objekte zu einem Metalltyp, wodurch belegt ist, dass die Werkstatt oder die Giessereien, aus denen die sieben Statuetten stammen, aus derselben Rohstoffquelle versorgt wurden»).

235 Vgl. die oben Anm. 5 aufgeführte Literatur zu den Augster Insulae 20 und 28 sowie zu einer missratenen Pan-Statuette, die aus wiedereingeschmolzenen Teilen des Insula 28-«Schrottfundes» bestehen könnte J. Riederer, oben Seite 163 Tabelle 14.

236 Zum Einschmelzen von Sesterzen und Dupondien für die Erzeugung von Messinggeräten vgl. Riederer/Briese 1972, 88.

237 Vgl. den Katalog oben, die Abbildung 5 sowie zur Münzenkonzentration in der Giesserei Insula 30, Südostecke, oben mit Anm. 48.

238 Im Sinne einer differenzierten und bewussten Verwendung der verschiedenen Legierungen auch Riederer/Briese 1972, 88: «Die Analysen dieser Gebrauchsgegenstände zeigen, dass die römischen Metallhandwerker die Eigenschaften der verschiedenen Kupferlegierungen kannten und nutzten»; im selben Sinne etwa auch Strong/Brown (wie Anm. 125) 39f.

239 ... *aeris collectanei, hoc est ex usu coempti* (zusammengeleenes, das heisst gebraucht gekaufte Metall) bei Plin. nat. hist. 34, 97 (zitiert nach Projektgruppe Plinius 1984, 13 und 44 Anm. 161). – Vgl. dazu auch oben mit Anm. 147.

240 Ganz anders Pernicka/Eggert 1994, 1045f.: «Ohne Kontrolle des als Ausgangsmaterial eingeschmolzenen Schrotts sind [beim traditionellem kunsthandwerklichen Guss in Entwicklungsländern] erstaunlich qualitätvolle Güsse möglich, was den Einfluss der Zusammensetzung von Kupferlegierungen auf das Ergebnis deutlich relativiert». Die Autoren beziehen sich allerdings auf reine Güsse, die nicht ausgeschmiedet oder sonstwie deformiert wurden und bei denen es infolgedessen weniger auf die Bearbeitungsfreudigkeit als auf Gussqualität der Legierung ankam.

241 Vgl. die präzisen Vorschriften für die Bronzelegierung von Dübeln und ihren Lagern für Säulentrommelverbindungen in Eleusis (5. Jh. v.Chr.), die indirekt auf eine strenge Kontrolle durch die Epistaten schliessen lassen (Zimmer 1985, 45 Anm. 63).

Der empirische Grundsatz «probieren geht über studieren» galt sicher sowohl in der Antike als auch noch im Mittelalter. E. Brepohl fasst die bescheidenen Möglichkeiten der Materialprüfung des erfahrenen Goldschmiedes Theophilus Presbyter im frühen 12. Jahrhundert – allerdings in Zusammenhang mit Edelmetalllegierungen – so zusammen: «Es muss darauf aufmerksam gemacht werden, dass es keine Säuren gab, um eine gründliche Scheidung durchführen zu können, und es gab auch noch nicht die Möglichkeit der Feingehaltsanalyse, um den Edelmetallgehalt und die Art der Beimengungen festzustellen. Die einzige Qualitätskontrolle bestand darin, dass man die Bearbeitungsmöglichkeit überprüfte: Kann man es ausschmieden – dann ist es gut, wenn nicht, muss es erneut umgeschmolzen und raffiniert werden.»<sup>242</sup>

Wir haben gesehen, dass die *Metallfarbe* nicht immer sehr eindeutig oder typisch für die betreffende Bronzelegierung ist (Tabellen 3–8 und S. 158f. Tabelle 10). Auch wenn Messing in der Regel dem Glanz und der Farbe des Goldes näher kam als Bronze (und deshalb – als *aurichalcum* – auch höher geschätzt und teurer bezahlt wurde), so waren seine unterschiedlichen Legierungen bzw. Zinkgehalte ebenfalls nicht leicht auseinanderzuhalten und zu beurteilen<sup>243</sup>.

Als besonders aufschlussreich hat sich die Beurteilung von *Bohr- und Stichelspänen* ergeben. Mit diesem rasch zu bewerkstellenden «Test» ist aufgrund der Farbe, Sprödigkeit und Härte leicht zu ermitteln,

ob das entsprechende Metallstück hoch- oder niederlegierte Bronze oder Messing ist und ob es schmiedbar ist oder nicht, d.h. ob die Kupferlegierung wenig Zinn- und Bleibeimengungen aufweist oder nicht. Gerade die Arbeit mit dem Stichel war in der Antike absolut geläufig und ist durch unzählige geschnittene Dekors<sup>244</sup> und auch durch Werkzeugfunde belegt (Abb. 19).

Generell gilt wohl, dass die makroskopisch-mechanischen Unterscheidungsmöglichkeiten um so kleiner sind, desto grösser der Anteil von Zinn und Blei ist. Bei höher legierten Bronzen spielte es jedoch keine so wichtige Rolle, ob darin nun 12% oder 18% Zinn bzw. 15% oder 30% Blei enthalten sind – solche Verbindungen waren ohnehin Gussbronzen, die in der Regel nicht weiter kalt verformt wurden. Die in der Antike herstellbaren Messinge enthielten aus herstellungstechnischen Gründen nie so viel Zink, dass sie nicht mehr schmiedbar gewesen wären<sup>245</sup>. Die sogenannte «Kaltarbeit», d.h. die Verschönerung der Oberfläche mit Stichel, Meissel, Schaber, Punzen, Schleifstein und Poliermittel, war bei diesen spröden Gussbronzen ohnehin leicht zu bewerkstelligen (vgl. Tabellen 10 und 20).

Eines muss uns immer bewusst bleiben: Handwerkliches Geschick und in Generationen gesammelte Erfahrung waren die Stärken der antiken Handwerker – dieses Wissen ist heute verloren, und es wird sich nie wieder erlangen lassen – auch nicht durch noch so viele Analysen, Übungen und Experimente!

242 Brepohl 1987, 86 (ebda. 200 Prüfung der Schmiedbarkeit von Kupfer durch Hämmern bei Th. Presbyter, Kap. 67: «Ergreife es [das gegossene Kupfer] mit der Zange, noch ehe es erkaltet ist, während es noch glüht, und schmiede es kräftig mit einem grossen Hammer auf dem Amboss. Wenn es bricht oder reisst, wirst du es erneut, wie vorhin, schmelzen müssen.»).

243 Im antiken Sinne müsste man hier eigentlich sagen «... so war die unterschiedliche Qualität des *aes* bzw. seine verschieden intensive Läuterung [mit Galmei] ebenfalls nicht leicht zu beurteilen ...» (vgl. oben mit Anm. 128–130).

244 Leider wird bei der Beschreibung von Dekorelementen («Kaltarbeit») auf Bronzen oft nicht bewusst unterschieden zwischen Ziselierung (= *materialumformend*, mit dem kleinen Ziselhammer und Punzen *eingeschlagene* Vertiefungen und rückseitig getriebene Aufwölbungen), Gravur (= *spanabhebend*, z.B. mit dem Stichel, *ausgeschnittene* Vertiefungen), Meisselarbeit

(= mit Hammer und Meissel ausgeschnittene Vertiefungen; z.B. v-förmig für Inschriften oder flächig für Flickplättchen) und Schabarbeit (= flache, *spanabhebende* Oberflächenglättung). Sichere Beispiele, die mit dem Stichel verziert sind aus Augst und Kaiseraugst: Cahn/Kaufmann-Heinimann (wie Anm. 107), Taf. 41,41; 46–52,42; 66,52; 72,53; 74,54; 101 usw.; S. Fünfschilling, Zu einigen ausgewählten Altfunden aus Augusta Raurica. JbAK 15, 1994, 187ff. Abb. 36 (Tremolierstich); Kaufmann-Heinimann 1977, Taf. 150–154,246; Kaufmann-Heinimann 1993, Taf. 94,262; 95,262; 136,379; E. Riha, Römisches Toilettgerät und medizinische Instrumente aus Augst und Kaiseraugst. Forschungen in Augst 6 (Augst 1986) Taf. 3,22.23; E. Riha, Der römische Schmuck aus Augst und Kaiseraugst. Forschungen in Augst 10 (Augst 1990) Taf. 17,520–522.

245 Dazu oben mit Anm. 112 und 132.

# Literatur

- Bang 1921: M. Bang, Preise von Statuen. In: L. Friedländer, Darstellungen aus der Sittengeschichte Roms in der Zeit von Augustus bis zum Ausgang der Antonine, 4. Band Anhänge (Leipzig 1921) 312ff.
- Bayley 1989: J. Bayley, Non-metallic evidence für metalworking. In: Y. Maniatis (Hrsg.), Archaeometry. Proceedings of the 25th International Symposium (Amsterdam/Oxford/New York/Tokyo 1989) 291ff.
- Bayley 1990: J. Bayley, The production of brass in antiquity with particular reference to Roman Britain. In: P. T. Craddock (Hrsg.), 2000 Years of Zinc and Brass. British Museum Occasional Paper 50 (London 1990) 7ff.
- Born et al. 1985: H. Born (Hrsg.) et al., Archäologische Bronzen, Antike Kunst, Moderne Technik (Berlin 1985).
- Braun-Feldweg 1968: W. Braun-Feldweg, Metall. Werkformen und Arbeitsweisen (Ravensburg 1968<sup>2</sup>).
- Brepohl 1987: E. Brepohl, Theophilus Presbyter und die mittelalterliche Goldschmiedekunst (Wien/Köln/Graz 1987).
- Caley 1964: E. R. Caley, Orichalcum and Related Ancient Alloys. Origin, Composition and Manufacture with Special Reference to the Coinage of the Roman Empire. Numismatic Notes and Monographs 151 (New York 1964).
- Debrunner 1994: Firma Debrunner AG, Lagerliste Stahl und Metalle (St. Gallen 1994).
- Demuth 1909: Th. Demuth, Grundriss der Mechanischen Technologie der Metalle (Wien/Leipzig 1909).
- Drescher 1973: H. Drescher, Der Guss von Kleingerät, dargestellt an Funden aus provinzialrömischen Werkstätten. Early Medieval Studies 6, Antikvariskt Arkiv 53, 1973, 48ff.
- Duncan-Jones 1974: R. Duncan-Jones, The economy of the Roman Empire. Quantitative Studies (Cambridge 1974).
- Einsiedel 1988: R. Einsiedel, Kunsthandwerkliche Kupferschmiedearbeiten (Leipzig 1988<sup>2</sup>).
- Feldhaus 1914: F. M. Feldhaus, Die Technik. Ein Lexikon der Vorzeit, der Geschichtlichen Zeit und der Naturvölker (1914; Reprint Wiesbaden 1970).
- Flutsch et al. 1994: L. Flutsch, M.-I. Cattin, Ph. Curdy, W. Fasnacht, A. Rast-Eicher, Erare humanum est. Pech und Pannen in der Antike. Sonderausstellung Schweizerisches Landesmuseum Zürich (Zürich 1994).
- Fröhlich 1955: M. Fröhlich, Lehrbuch für Goldschmiede (Lausanne/Aarau 1955).
- Furger/Deschler-Erb 1992: A. R. Furger, S. Deschler-Erb (mit Beiträgen von M. Peter und M. Währen), Das Fundmaterial aus der Schichtenfolge beim Augster Theater. Typologische und osteologische Untersuchungen zur Grabung Theater-Nordwestecke 1986/87. Forschungen in Augst 15 (Augst 1992).
- Grafß 1994: B. Grafß, Metallverarbeitende Werkstätten im Nordwesten des Imperium Romanum. Antiquates 8 (Hamburg 1994).
- Gschwantler/Winter 1991: K. Gschwantler, H. Winter, Bronzewerkstätten in der Austria Romana. Ein Forschungsprojekt. Römisches Österreich 17/18, 1989–1990 (1991), 107ff.
- Guillaumet 1993: J.-P. Guillaumet, Les fibules de Bibracte. Technique et typologie. Centre de recherches sur les techniques grecoromaines 14 (Dijon 1993).
- Häntzschel-Clairmont 1911/12: W. Häntzschel-Clairmont, Der praktische Klempner. Ein Handbuch für den Gebrauch in der Werkstatt und bei der Kalkulation (Berlin 1911/12<sup>3</sup>).
- Hauptmann/Weisgerber 1985: A. Hauptmann, G. Weisgerber, Vom Kupfer zur Bronze: Beiträge zum frühesten Berg- und Hüttenwesen. In: Born et al. 1985, 16ff.
- Hilpke 1956: H. Hilpke, Handbuch der Graveure, Ziseleure und Gürtler. Material, Werkzeuge und Arbeitsmethoden (Stuttgart 1956<sup>1</sup>).
- Hilpke 1991: H. Hilpke, Werkstattrezepte für Graveur, Ziseleure, Gürtler, Galvaniseure und Stempelhersteller (Stuttgart 1991<sup>5</sup>).
- Hinzmann 1941: R. Hinzmann, Nichteisenmetalle. Erster Teil. Kupfer, Messing, Bronze, Rotguss. Werkstattbücher für Betriebsbeamte, Konstrukteure und Facharbeiter 45 (Berlin 1941).
- Janietz Schwarz 1991: Katalog und Kommentar zu den Bronzefunden. In: P.-A. Schwarz, Neue Erkenntnisse zum Forums-Altar und Forums-Tempel in Augusta Rauricorum (Augst BL). Die Ergebnisse der Grabung 1990.54. JbAK 12, 1991, 161ff. bes. 189ff.
- Janietz Schwarz/Rouiller 1995: B. Janietz Schwarz, D. Rouiller (mit Beiträgen von M. Maggetti, T. Reiss, J. Riederer, B. Rütli, E. Schaller), Ein Depot zerschlagener Grossbronzen aus Augusta Raurica. Die Rekonstruktion der beiden Pferde und Untersuchungen zur Herstellungstechnik. Forschungen in Augst 20 (Augst 1995).
- Kaufmann-Heinimann 1977: A. Kaufmann-Heinimann, Die römischen Bronzen der Schweiz 1. Augst und das Gebiet der Colonia Augusta Raurica (Mainz 1977).
- Kaufmann-Heinimann 1994: A. Kaufmann-Heinimann, Die römischen Bronzen der Schweiz 5. Neufunde und Nachträge (Mainz 1994).
- Kaufmann-Heinimann/Liebel 1994: A. Kaufmann-Heinimann, D. Liebel, Legierungen figürlicher Bronzen aus der Colonia Raurica. JbAK 15, 1994, 225ff.
- König 1984: R. König (in Zusammenarbeit mit G. Winkler), C. Plinius Secundus d.Ä. Naturkunde. Lateinisch-Deutsch. Buch XXXIII. Metallurgie (Darmstadt 1984).
- König 1989: R. König (in Zusammenarbeit mit K. Bayer), C. Plinius Secundus d.Ä. Naturkunde. Lateinisch-Deutsch. Buch XXXIV. Metallurgie (Darmstadt 1989).
- Laur-Belart 1970: R. Laur-Belart, Auf den Spuren der römischen Bronze-giesser von Augusta Raurica. Sondernummer der Metallwerke AG Dornach (Oktober 1970) 25.
- Martin 1978: M. Martin, Römische Bronze-giesser in Augst BL. Archäologie der Schweiz 1, 1978, 112ff.
- Metzger 1927: M. Metzger, Die Kunstschlosserei. Eine Darstellung der gesamten Praxis des modernen Kunstschlosserbetriebes. Lehr-, Hand- und Nachschlagebuch (Lübeck 1927<sup>4</sup>; Reprint Hannover 1986).
- Meyer 1897: Stichwort «Bronze». Meyers Konversations-Lexikon. Ein Nachschlagewerk des allgemeinen Wissens. Band 3 (Leipzig/Wien 1897), reproduziert in Born et al. 1985, 6.
- Moesta 1983: H. Moesta, Erze und Metalle – ihre Kulturgeschichte im Experiment (Berlin/Heidelberg/ New York 1983).
- Moesta 1993: H. Moesta, Einige mikroskopische Beobachtungen an römischem Münzmessing aus Kleinasien. Bläsa 1. Veröffentlichungen des Europäischen Kulturparks Bliesbruck-Reinheim, 1993, 461ff.
- Mutz 1961: A. Mutz, Die Herstellung römischer Kasserollen. Ur-Schweiz 25, 1961, 12ff.
- Mutz 1962: A. Mutz, Über den Metall-Massenfund von Augusta Raurica. Ur-Schweiz 26, 1962, 18ff.
- Pernicka/Eggert 1994: E. Pernicka, G. Eggert, Die Zusammensetzung der Bronzeobjekte von Mahdia. In: G. Hellenkemper Salies, H.-H. von Prittwitz und Gaffon, G. Bauchhenss (Hrsg.), Das Wrack. Der antike Schiffsfund von Mahdia. Kataloge des Rheinischen Landesmuseums Bonn 1,2 (Köln 1994) 1041ff.
- Peter 1990: M. Peter, Eine Werkstatt zur Herstellung von subaeraten Denaren in Augusta Raurica. Studien zu Fundmünzen der Antike 7 (Berlin 1990).
- Projektgruppe Plinius 1984: Projektgruppe Plinius 1984, Plinius der Ältere. Über Kupfer und Kupferlegierungen. Eine Übersetzung der chemischen, technischen und medizinischen Abschnitte mit Fachkommentaren aus heutiger Sicht (Düsseldorf 1985).
- Riederer/Briese 1972: J. Riederer, E. Briese, Metallanalysen römischer Gebrauchsgegenstände. Jahrbuch des Römisch-Germanischen Zentralmuseums Mainz 19, 1972, 83ff., Taf. 15–16.
- Riederer 1981: J. Riederer, Kunstwerke chemisch betrachtet. Materialien Analysen Altersbestimmung (Berlin/Heidelberg/New York 1981).
- Riederer 1993: J. Riederer, Metallanalysen römischer Fibeln aus Kempten. In: M. Schleiermacher, Die römischen Fibeln von Kempten-Cambodunum. In: M. Schleiermacher, Chr. Flügel. Cambodunumforschungen 5. Materialhefte zur Bayerischen Vorgeschichte Reihe A 63 (Kallmünz 1993) 45ff.
- Riha 1979: E. Riha, Die römischen Fibeln aus Augst und Kaiser-augst (mit einem Beitrag von R. Fichter und Chr. Hochhaus). Forschungen in Augst 3 (Augst 1979).
- Riha/Stern 1982: E. Riha, W. B. Stern, Die römischen Löffel aus Augst und Kaiser-augst. Archäologische und metallanalytische Untersuchungen. Forschungen in Augst 5 (Augst 1982).



- Riha 1994:* E. Riha, Die römischen Fibeln aus Augst und Kaiseraugst. Die Neufunde seit 1975. Forschungen in Augst 18 (Augst 1994).
- Schmid 1946:* O. Schmid, Materialkunde für Metallarbeiter. Leitfaden für den Unterricht an gewerblichen Berufsschulen (Zürich 1946<sup>9</sup>).
- Schwarz (in Vorb.):* P.-A. Schwarz, Augst-Kastelen 4. Die spätrömische Befestigung. Ein Beitrag zur Geschichte von Augusta Raurica im späteren 3. und frühen 4. Jahrhundert. Forschungen in Augst (in Vorbereitung).
- Sobottka-Braun/Willer 1994:* U. Sobottka-Braun, F. Willer, Experimente zur antiken Guss- und Löttechnik. In: G. Hellenkemper Salies, H.-H. von Prittwitz und Gaffon, G. Bauchhenss (Hrsg.), Das Wrack. Der antike Schiffsfund von Mahdia. Kataloge des Rheinischen Landesmuseums Bonn 1,2 (Köln 1994) 1017ff.
- Steines 1984:* A. Steines, Metall-Treiben. Arbeitstechniken, Beispiele, Oberflächenbehandlung (Lübeck 1984).
- Stern 1986:* W. B. Stern, Metallanalytische Untersuchungen an Spiegelfragmenten. In: E. Riha, Römisches Toilettgerät und medizinische Instrumente aus Augst und Kaiseraugst. Forschungen in Augst 6 (Augst 1986) 16ff. Abb. 4–5 Tabelle 1–2.
- Wolf 1980:* F. Wolf, Kunstschmiedepaxis. Arbeitstechniken, Beispiele, Oberflächenbehandlung (Lübeck 1980<sup>3</sup>).
- Zimmer 1985:* G. Zimmer, Schriftquellen zum antiken Bronzeguss. In: Born et al. 1985, 38ff.

## Abbildungsnachweis

- Abb. 1: Zeichnungen Otto Garraux bzw. Sylvia Fünfschilling (10); 1–4 nach Riha/Stern 1982, Abb. 11; 5.6.12.13 nach Martin 1978, Abb. 2–8.
- Abb. 2: Zeichnungen Otto Garraux; nach Martin 1978, Abb. 12.
- Abb. 3: Zeichnungen Sylvia Fünfschilling bzw. Otto Garraux (21.22); 22 nach Riha 1979, Abb. 18; 29 und 33 nach Riha 1994, Taf. 33,2606 bzw. Taf. 26,24132; 23–28.30–32 nach Riha 1994, Taf. 49.
- Abb. 4: Zeichnungen Otto Garraux bzw. Sylvia Fünfschilling (37).
- Abb. 5; 9–18: Fotos Ursi Schild.
- Abb. 6–8: Kartierung Alex R. Furger; Zeichnung Markus Schaub.
- Abb. 19: Zeichnung Ines Horisberger; nach Furger/Deschler-Erb 1992, 231 Taf. 35,10/77.
- Abb. 20–25: EDV-Diagramme Josef Riederer.
- Abb. 26: Foto Schweizerischen Landesmuseum, Zürich; Neg.-Nr. 8076.P.
- Abb. 27: Foto British Museum London, Neg. PS 199 324; Umzeichnung der Inschrift nach Collingwood/Wright (wie Anm. 179) 91 Abb. 274.
- Abb. 28: Nach Moesta 1983, Abb. 14 (rechter Teil).
- Tabelle 1: Analysen Josef Riederer, Gliederung und Zusammenstellung Alex R. Furger.
- Tabelle 2: Fundkomplexdatierungen Alex R. Furger, Stefanie Martin-Kilcher, Beat Rütli, Verena Vogel Müller u.a.; Zusammenstellung Alex R. Furger.
- Tabellen 3–8: Bohrproben und Protokollierung Silvio Falchi, Analysen Josef Riederer, Zusammenstellung Alex R. Furger.
- Tabelle 9: Testlegierungen und Zusammenstellung Alex R. Furger; Analysen Josef Riederer.
- Tabellen 11–19: Analysen und Zusammenstellung Josef Riederer.
- Tabellen 20–21: Zusammenstellung Alex R. Furger (nach der zitierten Literatur).