

## METALLANALYSEN RÖMISCHER GEBRAUCHSGEGENSTÄNDE

Von einem aus dem Tiber geborgenen Fund von Metallobjekten, vor allem Nägeln, Nadeln, Beschlägen, Angelhaken, Figurenbruchstücken und Münzen, wurden dem Doerner-Institut in München zahlreiche Metallgegenstände des täglichen Gebrauchs für metallurgische Untersuchungen zur Verfügung gestellt<sup>1)</sup>, während die Analyse von 130 Sesterzen und die Untersuchung von etwa 1000 Nähnadeln an anderer Stelle beschrieben ist. Die Kenntnis der Legierungen, die zur Herstellung von Gebrauchsgegenständen verwendet wurden, kann ein anschauliches Bild über die Metalltechnik einer bestimmten Zeit vermitteln, da man bei diesen nicht wie etwa bei Skulpturen auf das komplizierte Formgebilde, sondern lediglich auf Funktion und Brauchbarkeit Rücksicht nehmen mußte, so daß man die Wahl der Legierungsbestandteile und die Art der Metallbearbeitung entsprechend einrichten konnte.

Da sich die Mehrzahl der untersuchten Objekte noch in einem durchaus verwendungsfähigen, zum Teil ungebrauchten, Zustand befand, kann angenommen werden, daß sie wie die jüngsten mit ihnen zusammen gefundenen Münzen aus der Mitte des 3. Jahrhunderts n. Chr. stammen.

Diese Zeit ist für die Geschichte der Metallurgie besonders interessant, da wenige Jahrhunderte vorher, kurz vor Beginn der Kaiserzeit, zum ersten Mal Messing bewußt verwendet wurde. Anfangs wurden nur Münzen, nämlich Sesterzen und Dupondien, aus dieser neuen Legierung hergestellt. Kurz darauf erschienen die ersten kleinen Zier- und Gebrauchsgegenstände, die sicherlich aus Münzen hergestellt sind. Später, durch die geringe Zahl gesicherter Analysen jedoch nicht zu datieren, wurden die ersten Statuetten aus Messing gegossen. Bemerkenswert ist die Beobachtung, daß der Zinkgehalt der Sesterzen von Kaiser zu Kaiser immer mehr abnimmt<sup>2)</sup>. Die Sesterzen des Augustus hatten im Durchschnitt 22% Zink, die des Vespasian 18%, des Hadrian 12%, des Marc Aurel 8% und des Commodus nur noch 4%. Eine der Ursachen dieser Abnahme ist das Verdampfen des Zinks beim Einschmelzen älterer Münzen. Unklar ist jedoch immer noch, warum die späteren Kaiser nur Altmetall und kein neues Zinkerz für ihre Münzen verwendeten. Solche Fragen über den Metallhaushalt des römischen Staates können erst durch eine genügend große Zahl von Analysen geklärt werden, zu der die hier mitgeteilten Ergebnisse beitragen sollen.

<sup>1)</sup> Für die Erlaubnis, diese Objekte untersuchen zu dürfen, sind die Verfasser Herrn F. Waldner, München, zu Dank verpflichtet.

<sup>2)</sup> J. Riederer, *Metallanalysen römischer Sesterzen*. *Jahrb. Numismatik Geldgesch.* 4, 1974 (im Druck).

– E. R. Caley, *Orichalcum and related ancient alloys* (1964). – D. W. McDonall, *The quality of Nero's orichalcum*. *Schweiz. Münzbl.* 16, 1966, 101 ff.

Die Metallanalysen wurden am Doerner-Institut mit Hilfe der Atomabsorptionsspektalanalyse nach einem von E. Briesche ausgearbeiteten Verfahren für kleinste Probemengen durchgeführt. Zur Analyse wurden nur 5–20 mg Substanz – etwa die Menge eines großen Stecknadelkopfes – benötigt, die von größeren Objekten mit Hilfe eines feinen Bohrers oder einer Diamantfräse ohne nennenswerte Beeinträchtigung entnommen werden konnten. Quantitativ bestimmt wurden die Elemente Kupfer, Zinn, Zink, Blei, Eisen, Silber, Nickel, Kobalt und Antimon.

Von folgenden 40 Stücken wurden Analysen ausgeführt (Taf. 15–16):

- 1–14 Henkel
- 15, 16 massive Beschläge
- 17–19 Blechbeschläge
- 20–23 Nägel
- 24 dünne Kette
- 25, 26 Gabeln
- 27 Schnalle
- 28–34 Strigilis und ähnliche Bleche
- 35–40 verschiedene Bruchstücke

29 dieser, in Tabelle 1 erfaßten Zusammensetzungen passen in das Schema der nach DIN 1708, 1709, 17660, 17662, 1705 und 1716 genormten Legierungen, 7 Analysen liegen in der Nähe von genormten Legierungen, und nur 4 Analysen lassen sich nicht in dieses System einordnen.

Die Feststellung, daß 90% der gefundenen Zusammensetzungen Industrienormen unserer Zeit entsprechen, widerlegt die weitverbreitete Ansicht, ein angeblich antikes Metallobjekt könne als Fälschung erkannt werden, wenn es eine Zusammensetzung aufweist, die einer DIN-Norm entspricht. Die Industrienormen definieren nämlich nicht bestimmte Zusammensetzungen, sondern sie benennen alle technisch brauchbaren Legierungen, die in weiten Grenzen schwanken können, mit Normbezeichnungen.

In der nach DIN 17662 genormten Mehrstoff-Zinnbronze MSnBz4Pb kann der Gehalt an Zinn von 3–5%, an Zink von 3–5%, an Blei von 3–5% neben dem Kupfer schwanken. Daran schließt sich die Gruppe MSnBz6 mit 5–7% Zinn und 5–7% Zink, so daß in diesem Bereich alle möglichen Zusammensetzungen in eine Gruppe eingeordnet werden können.

Die 36 in ihren Hauptbestandteilen den DIN-Normen entsprechenden Objekte lassen sich in zwölf verschiedene Legierungsgruppen einordnen (Tabelle 2).

Diese Zusammenstellung zeigt, daß in römischer Zeit alle überhaupt herstellbaren Legierungen des Kupfers mit Zinn, Blei, Zink verwendet wurden. Die Veröffentlichung von Metallanalysen gibt deshalb auch nicht – wie oft befürchtet wird – dem Fälscher Hinweise, welches Material er verwenden soll, da alle möglichen Zusammensetzungen bereits im

Tabelle 1

	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ag	Ni	Co	Sb	Summe
1	100,00	—	—	0,01	0,24	0,06	—	—	0,05	100,36
2	91,50	7,30	—	0,01	0,19	0,05	—	—	—	99,05
3	91,00	8,90	—	0,01	0,09	0,04	0,03	—	0,05	100,12
4	74,00	—	—	25,60	0,09	0,05	0,01	—	0,05	99,80
5	91,50	6,50	1,40	0,02	0,08	0,11	0,05	—	0,10	99,76
6	93,00	6,30	0,05	0,01	0,15	0,05	0,02	—	0,15	99,73
7	75,00	2,40	8,20	13,40	0,22	0,14	0,08	—	0,10	99,54
8	92,00	7,20	0,10	0,14	0,10	0,05	0,02	—	0,10	99,71
9	91,00	8,00	0,25	0,21	0,23	0,04	0,09	—	0,05	99,87
10	83,00	7,50	8,30	0,01	0,05	0,06	0,04	—	0,16	99,12
11	90,50	8,70	0,05	0,01	0,09	0,03	0,17	—	0,16	99,71
12	74,00	7,90	17,50	0,01	0,07	0,01	0,02	—	0,20	99,71
13	89,00	8,10	1,10	0,36	0,68	0,07	0,05	—	0,20	99,56
14	74,00	7,50	18,50	0,01	0,14	0,04	—	—	0,18	100,37
15	83,00	0,60	0,05	17,00	0,28	0,03	—	—	0,05	101,01
16	75,00	1,90	2,20	17,00	2,70	0,06	0,01	—	0,24	99,11
17	80,50	0,50	0,10	19,00	0,70	0,11	—	—	n.b.	100,91
18	83,00	—	0,30	16,60	0,48	0,07	0,02	—	0,05	100,52
19	76,50	0,20	0,05	23,00	0,11	0,03	—	—	0,01	99,90
20	96,50	1,10	0,60	0,01	0,27	0,05	0,01	0,01	0,13	98,68
21	97,50	—	0,10	0,02	0,46	0,05	—	—	0,05	98,18
22	96,50	1,10	0,20	0,03	0,25	0,07	0,02	—	0,12	98,29
23	97,50	0,20	0,20	0,04	0,60	0,08	0,02	—	0,15	98,79
24	86,00	2,40	9,60	0,31	0,18	0,32	0,02	—	0,20	99,03
25	75,00	4,20	9,90	9,50	0,65	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	99,25
26	80,50	3,10	7,00	7,50	0,81	n.b.	0,23	n.b.	n.b.	99,14
27	83,00	—	1,10	14,20	0,27	0,07	0,05	—	n.b.	98,69
28	78,00	8,00	10,40	2,00	0,20	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	98,60
29	90,00	6,30	1,50	0,83	0,13	0,05	0,05	0,01	0,05	98,92
30	88,00	8,20	0,90	0,44	0,23	0,07	0,01	—	0,20	98,05
31	99,00	0,30	0,10	0,01	0,41	0,08	0,01	—	n.b.	99,91
32	77,50	0,30	0,20	22,50	0,19	0,04	—	—	0,01	100,74
33	90,00	6,80	1,20	0,06	0,17	0,06	0,01	—	0,05	98,35
34	96,00	2,20	0,50	0,06	0,38	n.b.	0,02	n.b.	n.b.	99,16
35	63,00	—	34,00	0,01	0,30	0,51	0,16	—	1,22	99,20
36	89,00	8,20	2,00	0,11	0,20	0,06	0,02	—	0,15	99,74
37	88,00	10,50	0,30	0,01	0,05	0,01	0,04	—	0,13	99,04
38	79,00	—	1,10	19,00	0,39	0,04	0,02	—	0,20	99,74
39	92,50	4,20	2,60	0,01	0,10	0,11	0,02	—	0,18	99,72
40	83,50	0,80	0,50	13,60	0,38	0,06	0,02	—	0,20	99,06

Tabelle 2

Legierung	Gruppe	% Kupfer	% Zinn	% Zink	% Blei	Analysennummer
1. Kupfer						1. 21. 23. 31
2. Zinnbronze	SnBz 2	98-99	1-2	—	—	20. 22. 34
3. Zinnbronze	SnBz 6	93-95	5-7	—	—	6
4. Zinnbronze	SnBz 8	91-92,5	7,5-9	—	—	8. 2. 9. 11. 3. (13. 33. 30. 5. 29. 36. [39])
5. Guß-Zinnbronze	GSnBz 10	89-91	9-11	—	—	37
6. Guß-Zinnbronze	GSnPbBz 10	76-82	9-11	1	8-12	10
7. Guß-Zinnbronze	GSnPbBz 15	71-78	6-8	3	13-18	12. 14. (28)
8. Guß-Zinnbronze	GSnPbBz 20	67-77	2-5	3	18-25	35
9. Mehrstoff-Zinnbronze	MSnBz 4 Pb	85-91	3-5	3-5	3-5	26
10. Messing	Ms 72	64,5-73	—	30,5-27	—	4
11. Messing	Ms 80	78-82	—	22-18	—	17. 19. 32. 38
12. Messing	Ms 85	83-87	—	17-13	—	15. 18. 27. 40
13. —	—	—	—	—	—	24. 7. 16. 25

Altertum verwendet wurden. Die Metallanalyse kann deshalb nur selten zur Entscheidung der Frage der Echtheit römischer Objekte beitragen.

Vier der untersuchten Objekte, ein Henkel (1), zwei Nägel (21, 23) und eine Strigilis (31) bestehen aus reinem *Kupfer*, drei Objekte, nämlich zwei weitere Nägel (20, 22) und ein Zierblech (34) bestehen aus Kupfer mit geringem Zinngehalt. Alle sieben Objekte sind durch Schmieden hergestellt, wozu sich reines Kupfer besonders eignete, da es bei der Bearbeitung anfangs weich ist und durch Kaltverformung an Härte beträchtlich zunimmt, so daß Nägel geschmiedet werden konnten, ohne sich beim späteren Gebrauch zu verformen.

Die Zusammensetzung des Henkels (1) vermittelt einen Eindruck, wie rein römisches Kupfer sein konnte. Nur Eisen (0,24%), Silber (0,06%) und Antimon (0,05%) sind in nennenswerten Spuren als unvermeidbare Verunreinigungen aus dem Erz enthalten. Der geringe Zinngehalt eines Nagels und einer Strigilis deuten ebenso wie die im Bereich von 1-2% liegenden Zinngehalte der Objekte 20, 22 und 34 darauf hin, daß hier Altmetall mit verschmolzen wurde.

Mit zunehmendem Zinngehalt geht das zinnhaltige Kupfer in *Zinnbronze* über, deren Zinngehalt zwischen 6,3-9% schwankt. Das Fehlen von Zinngehalten zwischen 2 und 6% deutet an, daß die niederen Zinngehalte im Kupfer ungewollte, auf die Verwendung von Altmetall zurückzuführende Beimengungen sind, während Zinngehalte über 6% als beabsichtigte Zugaben zur Verbesserung der Werkstoffeigenschaften anzusehen sind. Sechs Objekte, nämlich die Henkel 2, 3, 6, 8, 9 und 11 bestehen aus einer reinen Zinnbronze, zu deren Herstellung reines Kupfer mit reinem Zinn verschmolzen wurde. Die geringfügigen Blei- und Zinkgehalte belegen, daß hier kein Altmetall verwendet wurde.

Bei zwei weiteren Henkeln (5, 13), bei einem Blech (29) und zwei Strigiles (30, 33) übersteigt der Bleigehalt von 0,9–1,5% geringfügig die für die Norm der Zinnbronze zulässige Grenze.

Welchen Vorteil bringt die Zugabe von 6–9% Zinn zum Kupfer, wenn diese Legierung zur Herstellung der meisten und vor allem der schöneren Henkel verwendet wurde? Alle Henkel dieser Gruppe waren durch Schmieden aus einem Metallbarren hergestellt und mit Ausnahme des bei erhöhter Temperatur geformten Henkels 2 noch auf der Drehbank bearbeitet, um die abschließenden Scheiben und Knöpfe zu gestalten. Reines Kupfer, auch wenn es durch eine Kaltverformung gehärtet ist, kann nicht auf der Drehbank bearbeitet werden, da das Metall zum Schmieren neigt. Deshalb mußte der römische Henkelmacher dem Kupfer mindestens 6% Zinn zugeben, um die kunstvoll gedrehten Henkelenden auf der Drehbank herstellen zu können.

Sicher gegossen waren die Glocke 36 und der Finger 39, die durch ihren Zinngehalt von 8,20% bzw. 4,20% den Zinnbronzen nahestehen, sich davon jedoch durch erhöhte Bleigehalte von 2,0 bzw. 2,6% unterscheiden, die zur Verbesserung der Gußeigenschaften beigegeben werden mußten. Es ist überhaupt schwer vorstellbar, daß ein Gießer versuchte, eine lebensgroße Figur, zu der der Finger 39 gehörte, aus einer für den Guß ungeeigneten, sehr hoch schmelzenden Zinnbronze zu gießen.

Nimmt der Zinngehalt weiter zu, so kommt man in den Bereich der *Gußbronzen* mit über 10% Zinn, wozu von den hier analysierten Objekten nur der etwa 6 cm lange kleine Schild (37) gehört, der sicher nicht anders als durch Gießen hergestellt wurde.

Für Metallgüsse waren in Rom besonders solche Legierungen beliebt, bei denen das Zinn teilweise oder vollständig durch Blei ersetzt war, denn Blei war billiger als Zinn, und darüber hinaus lag der Schmelzpunkt dieser Bleibronzen erheblich unter dem der reinen Zinnbronzen. Die Henkel 10, 12 und 14 gehören zu dieser Gruppe, die neben 7,5% Zinn 8,3, 17,5 und 18,5% Blei enthalten. Ihre Beanspruchbarkeit muß weit unter der der dünneren geschmiedeten Henkel gelegen haben. Das Blech 28, offenbar ein Massenprodukt, ist aus dieser leicht verarbeitbaren Legierung durch Schmieden hergestellt.

Das Bruchstück 35 enthält neben Kupfer noch 34% Blei. Solche Legierungen sind praktisch kaum zu verwenden, da der Guß spröde wird und sich das schwere Blei nach dem Guß vor dem Erkalten in den tieferen Teilen der Form sammelt.

Zinnarm und bleireich ist mit 2,40% Zinn und 9,60% Blei das Metall der Kette 24, die möglicherweise aus einem Abfallstück hergestellt wurde.

Zu den Messingsorten leitet die *Mehrstoffzinnbronze* über, aus der die Gabel 26 besteht, die 3,10% Zinn, 7,00% Blei und 7,50% Zink enthält.

Aus reinem *Messing* mit einem ungewöhnlich hohen Zinkgehalt von 25%, wie er sonst nur bei den ersten Sesterzen zur Zeit des Augustus vorkommt, besteht der Henkel 4. Entweder stammt dieser Henkel aus der Zeit des Augustus, als man noch in der Lage war, zinkreiches Messing herzustellen, oder in späterer Zeit wurde für Ziiergegenstände noch zinkreiches Messing hergestellt, während man Sesterzen bereits durch Einschmelzen von

Altmetall erzeugte, oder es wurden zur Herstellung dieses Henkels nur Münzen des Augustus verwendet. Der Henkel ist geschmiedet und auf der Drehbank bearbeitet worden, wozu sich diese Legierung ebenso eignete wie die Zinnbronze, die jedoch wesentlich billiger war.

Vier weitere Stücke, die Blechbeschläge 17 und 19, Blech 32 und das Bruchstück 38 bestehen aus zinkreichem Messing mit 19–23% Zink ohne nennenswerte Beimengungen von Blei und Zinn. Etwas geringer liegt mit 14–17% der Zinkgehalt bei dem massiven Beschlag 15, dem Blechbeschlag 18, der Zierschnalle 27 und dem Ring 40. In allen Fällen handelt es sich um Zierstücke, die möglicherweise aus Sesterzen oder Dupondien hergestellt waren, da sie Blei und Zinn nur in geringen Anteilen enthalten. In diesem Fall müßten die verwendeten Sesterzen aus der Zeit vor Trajan stammen, da schon bei Hadrian der Zinkgehalt deutlich absinkt. Alle Stücke dieser Gruppe, mit Ausnahme des Bruchstückes 38 und des Ringes 40, waren durch Schmieden hergestellt. Zum Schmieden, Hämmern und sonstigen Verformungstechniken ist Messing dieser Zusammensetzung gut geeignet.

Drei Stücke aus messingreichen Legierungen, die als *Zinkbronzen* bezeichnet werden können, lassen sich nicht in das System der DIN-Normen einordnen, da sie in der heutigen Metallpraxis nicht verwendet werden. Es sind dies der Henkel 7, der Beschlag 16 und die Gabel 25.

Der Henkel 7 besteht aus einer Legierung, die neben dem Hauptbestandteil Kupfer 2,40% Zinn, 8,20% Blei und 13,40% Zink enthält. Eine derartige Legierung ist wahrscheinlich die Folge des Einschmelzens von Messing und Bronze.

Der Beschlag 16 ist ähnlich zusammengesetzt, enthält jedoch weniger Blei (1,90% Zinn, 2,20% Blei und 17,00% Zink), wodurch er Sesterzen des Hadrian ähnlich wird. Auch hier wurde wahrscheinlich dem Messing Altmetall zugelegt.

Die Gabel 25 ist aus einer Mischung von Kupfer mit 4,20% Zinn, 9,90% Blei und 9,50% Zink gegossen. Zum Glück brach die Gabel auf Grund dieser unbrauchbaren Legierung am Stiel ab. Der hohe Bleigehalt der Gabel hätte bestimmt zu einer Bleivergiftung des Besitzers geführt.

Die Analysen dieser Gebrauchsgegenstände zeigen, daß die römischen Metallhandwerker die Eigenschaften der verschiedenen Kupferlegierungen kannten und nutzten. Den groben Henkel 1 schmiedeten sie aus Kupfer, für zierliche Henkel, die sie noch auf der Drehbank bearbeiteten, wählten sie die Zinnbronze, massive Henkel gossen sie aus zinnreichen Gußbronzen. Stabile Nägel hämmerten sie aus Kupferstäben zurecht, aber genauso waren sie in der Lage, das Kupfer zu dünnen Blechen zu schlagen und zu formen. Auch Messing wurde zum Guß, sowie mit gleichem Geschick für Schmiede- und Treibarbeiten verwendet. Die zweckentsprechende Verwendung der verschiedenen Legierungen und die Beherrschung der verschiedensten Metallbearbeitungstechniken belegen den hohen Stand des Metallhandwerkes in römischer Zeit.