

TECHNOLOGISCHE UNTERSUCHUNG EINER RÖMISCHEN SILBERKETTE AUS BUCH, OSTALBKREIS

CHRISTOPH J. RAUB

Mit 13 Textabbildungen

Von der Halskette sind erhalten:

der Lunula-Anhänger (3,19 g),
der Endhaken mit zwei Gliedern (1,78 g)
sowie Stücke von
7 Gliedern (1,82 g, d. h. 0,26 g/Teil),
7 Gliedern (1,79 g, d. h. 0,25 g/Teil),
3 Gliedern (0,64 g, d. h. 0,21 g/Teil),
2 beschädigten Gliedern (0,47 g, d. h. 0,23 g/Teil).

Außerdem lagen Drahtbruchstücke vor, welche etwa fünf zusätzlichen Gliedern entsprechen. Die Kette bestand danach aus mindestens 26 Gliedern.

Die Teile besitzen eine leicht graue Patina, die relativ dünn ist. An Bruchstellen ist noch metallisches Silber sichtbar. Die vorhandenen Drahtstücke sind brüchig, der Bruch sieht unregelmäßig faserig aus.

Chemische Zusammensetzung

Die analytischen Untersuchungen wurden an den Drahtresten durchgeführt.

a) Die qualitative Funkenspektralanalyse ergab:

Hauptbestandteile	Silber, Kupfer
Nebenbestandteile	Zink, Zinn
Starke Spur	Wismut
Spuren	Gold, Blei
Geringe Spur	Antimon
Sehr geringe Spuren	Nickel, Chrom

Es handelt sich danach um eine heute unbekannte Silber-Kupfer-Zinn-Zink-Legierung. Die Verunreinigung durch Wismut (~ 0,1%), Gold, Blei (~ 0,5%) und Antimon ist typisch für antikes Silber, Nickel dürfte durch Kupfer eingeschleppt worden sein, zur Herkunft der sehr geringen Spuren kann nichts ausgesagt werden.

b) Die naßchemische Analyse

eines Drahtstücks sowie einer Lotperle zeigten folgende Werte (Gew.-%):

Metall	Drahtstück	Lotperle
Silber	68	68
Kupfer	23	23
Zink	4	4
Zinn	1,5	nicht bestimmt

Der Rest setzt sich aus Spurenelementen, Korrosionsprodukten und Verunreinigungen durch Bodenreste zusammen.

Draht und Lot besitzen danach eine nur unwesentlich voneinander abweichende Zusammensetzung, so daß beim Verbinden besser von Schweißen als von Löten gesprochen werden sollte. Zu beachten ist allerdings, daß die Konzentration des Lots durch Legieren mit dem Draht eine gewisse Verfälschung erfuhr.

Nach Untersuchungen mittels energiedispersiver Röntgenanalyse im Rastermikroskop besteht die Korrosionsschicht neben Bodenbestandteilen im wesentlichen aus Silbersulfid mit geringen Anteilen an Silberchlorid und Phosphat.

Herstellung der Kette

1. Vormaterial

Die Analyse legt nahe, daß Silber mit einer Kupfer-Zink-Zinn-Vorlegierung gemeinsam erschmolzen wurde. Für diese Vorlegierung ergibt sich aus der Analyse: Kupfer 80, Zink 14, Zinn 5 Gew.-%. Werden Vorlegierung und Feinsilber im Verhältnis 1:3,5 geschmolzen, so erhält man die gefundene Zusammensetzung. Kupfer-Zink-Zinn-Legierungen mit relativ hohem Zink- und niederm Zinngehalt finden sich in römischer Zeit relativ häufig. So sind die bisher analysierten Eimer vom Hemmoortyp aus Kupfer mit 15 bis 20 % Zink und 3 bis 5 % Zinn hergestellt¹. Auch vergleichbare Legierungen für Münzen und Gebrauchsgegenstände des täglichen Bedarfs sind bekannt². TYLECOTE³ weist darauf hin, daß Silber-Kupfer-Legierungen sich in zwei Gruppen mit Anteilen von 20 bzw. 50 % Kupfer aufteilen lassen und häufig Messing als Vorlegierung verwendet wurde. Von SMYTHE⁴ wird als Zusammensetzung eines Silberdrahtes angegeben: Silber 76,9, Kupfer 18,6, Zink 1,6. Dies entspräche einem Verhältnis Messing-Vorlegierung/Silber von etwa 1:4.

2. Draht

Schon bei oberflächlicher Betrachtung lassen sich an einigen Gliedern spiralig verlaufende Riefen erkennen, d. h. der für die Kette verwendete Draht (1 mm Ø) wurde ursprünglich aus Streifen gedreht oder gewickelt (Abb. 1). Über die römische Technik der Drahterzeugung sind in letzter Zeit einige Arbeiten erschienen. Sie befassen sich aber in der Mehrzahl der Fälle mit Golddraht⁵. Die vorliegenden Stücke ermöglichten zum erstenmal mit Hilfe metallographischer Querschliffe eine Entscheidung, welches der diskutierten vier Verfahren zur Drahtherstellung Verwendung fand.

¹ J. R. MARECHAL, Zur Frühgeschichte der Metallurgie (1962). – CH. J. RAUB/D. HORN, unveröff. Ergebnisse.

² J. RIEDERER, Technikgeschichte 41, 1974, 153. – Ders., Jahrb. f. Numismatik u. Geldgesch. 24, 1974, 73.

³ R. F. TYLECOTE, Metallurgy in Archaeology Edward Arnold London (1962) 56.

⁴ J. A. SMYTHE/P. U. DURHAM, Phil. Soc. 9, 1938, 382.

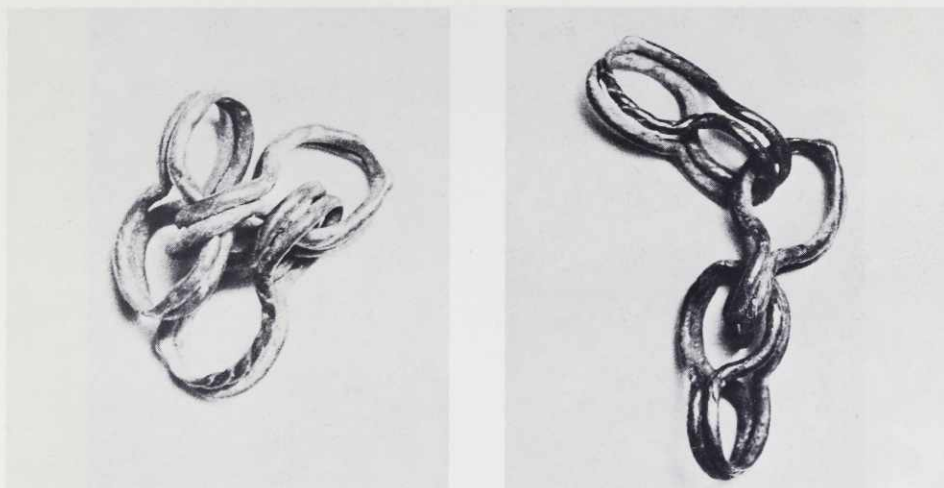


Abb. 1 Kettenglieder mit Riefen des verdrehten Drahtes und Schweißperlen. Maßstab 2,5:1.

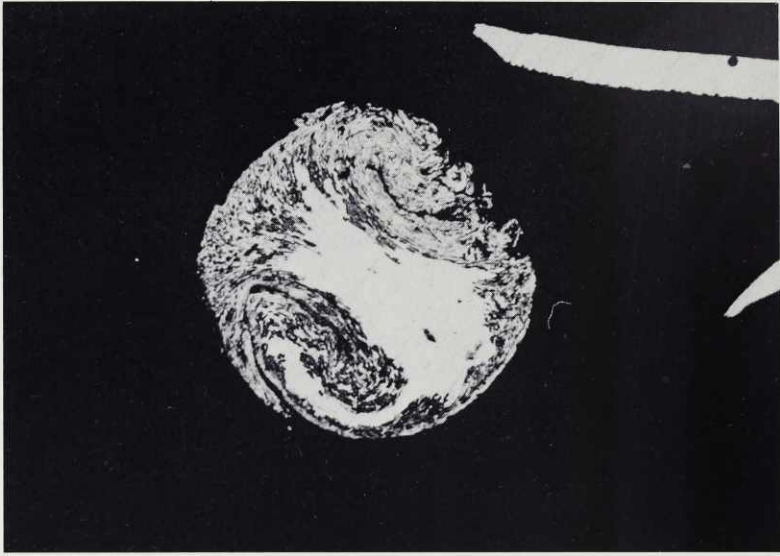
Abb. 3 bis 5 zeigen typische Quer- bzw. Längsschliffe durch ein Drahtstück. Die im ungeätzten Schliff (Abb. 2a. b und 4a. b) vorhandenen dunklen Randzonen, die deutlich eine Verformungsstruktur erkennen lassen, sind Kupferoxidausscheidungen, welche bei Zwischenglühen infolge ungenügender Abdeckung mit Holzkohle vorwiegend in der Außenzone des Drahtes entstanden. Die Ausgangslegierung selbst war sehr sauber und besaß nur wenig Oxideinschlüsse. Sie wurde beim Weiterverarbeiten zu Blech bzw. Draht häufig zwischengeglüht.

Für die Drahtherstellung wurden die gegossenen Barren erst zu dünnem Blech ausgeschmiedet (1,0–1,5 mm stark) und aus diesem Blech Streifen mit quadratischem oder rechteckigem Querschnitt geschnitten. Dieser vierkantige Draht wurde dann so eng wie möglich verdreht, rund gehämmert und abschließend zwischen zwei glatten harten Oberflächen (Holz, Stein) hin- und hergerollt. Dieses von ODDY als „block twisting“ bezeichnete Verfahren wurde bereits früh erkannt und beschrieben⁵. Die dabei entstandenen Verformungsstrukturen werden besonders im geätzten Schliff, wegen der zeitig verformten Kupferprimärkristalle, deutlich (Abb. 3a. b).

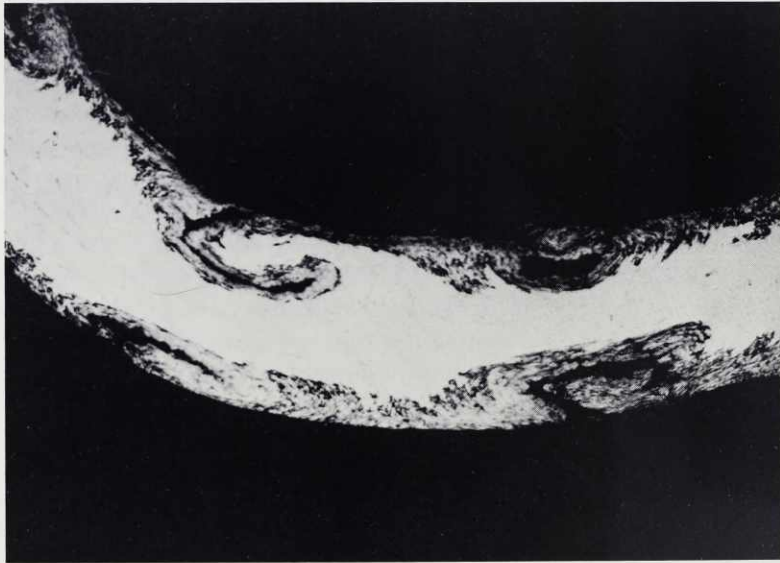
3. Anhänger-Lunula

Der Anhänger besteht aus der gleichen Legierung wie die Kette. Anzeichen für die Herstellung aus verdrehtem Draht wurden nicht gefunden. Die spitzen Enden der Lunula sind durch 8 bzw. 15 Kerben verziert, die vor dem Biegen der Lunula zum Halbmond angebracht wurden. Die breite, aus einem profilierten Blechstreifen (0,7 mm dick, 6 mm breit) geformte Öse von 7,1 mm Ø, durch welche die Kette gleiten konnte, ist an der stärksten Stelle der Lunula angelötet (Abb. 5–7). Die Öse wurde beim Lötens praktisch zu einem Kreis verschlossen, so daß später nur ein schmaler Spalt sichtbar war (Abb. 6. 7). Untersuchungen mit dem Rastermikroskop (Abb. 7) ergaben einen deutlich höheren Kupfer-, Zink-, Zinn-, Schwefel- und Phosphorgehalt der Lot-

⁵ A. ODDY, Gold Bulletin 10, 1977, 79. – H. MARYON, Proc. Royal Irish Academy 44, 1938 (18). – M. BINSON nach R. A. HIGGINS, British Museum Quarterly 33, 1968/69, 110. – W. A. ODDY, MASCA J. 1, 1979, 44.



a

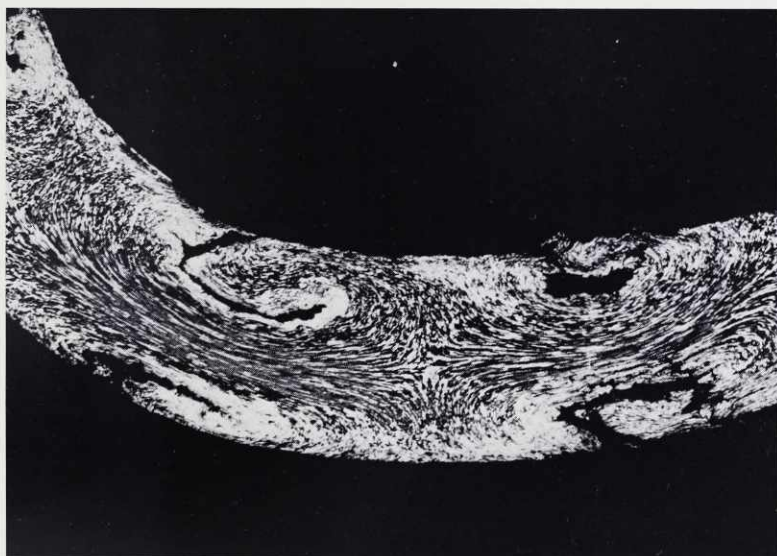


b

Abb. 2 a) Querschliff durch Drahtstück, Oxidbildung am Rand ungeätzt. b) Längsschliff durch Drahtstück, ungeätzt. a) Maßstab 50:1; b) Maßstab 30:1.

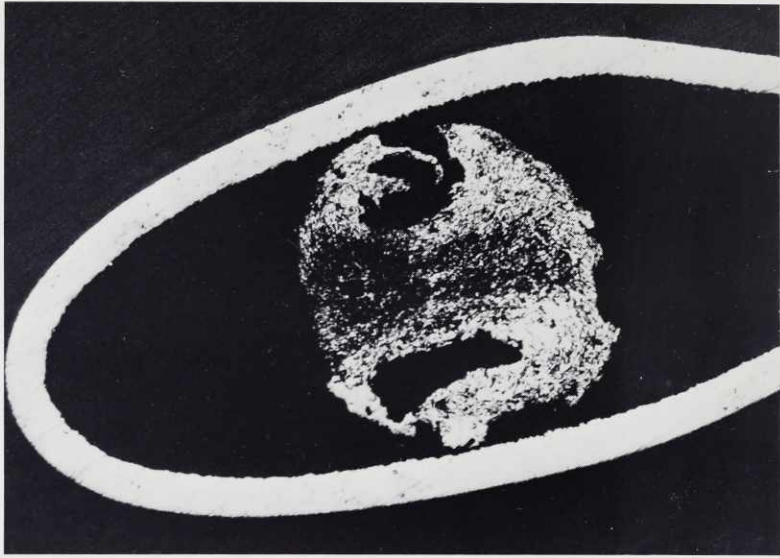


a

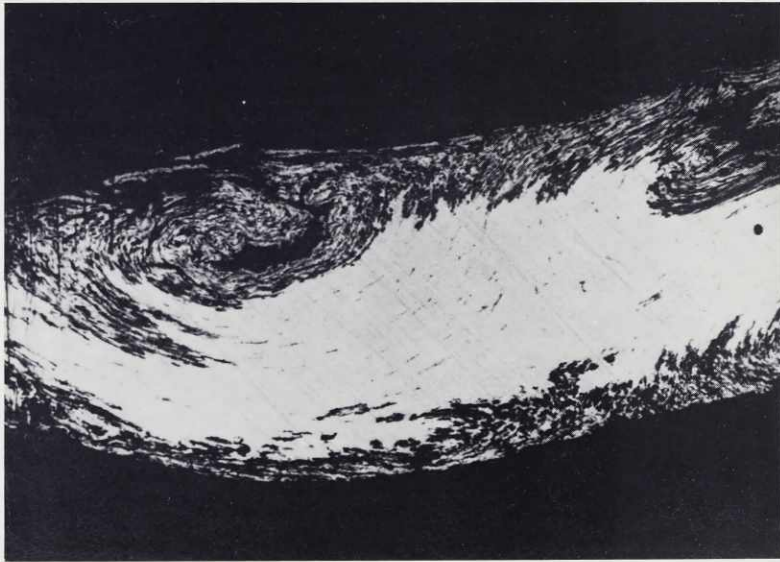


b

Abb. 3 a) Querschliff durch Drahtstück, Oxidbildung am Rand ungeätzt. b) Längsschliff durch Drahtstück, ungeätzt. a) Maßstab 50:1; b) Maßstab 30:1.



a



b

Abb. 4 a) Querschliff durch Drahtstück, ungeätzt. b) Längsschliff durch Drahtstück, ungeätzt. Maßstab 50:1.



Abb. 5 Aufsicht auf die Lunula.



Abb. 6 Auf der Lunula aufgelötete Öse.

zone. Die drei ersten metallischen Elemente senken den Schmelzpunkt der Basislegierung, sind also Elemente der Wahl bei der Herstellung einer Lotlegierung. Die Erhöhung des Zinngehaltes ist so stark, daß beim Ansetzen neben einem höheren Anteil an Kupferverlegierung noch metallisches Zinn zugesetzt worden sein muß. Möglicherweise geschah die Lötung aber auch mit reinem Zinn oder einer Kupfer-Zinn-Legierung, wobei sich das Lot vollkommen mit dem Grundmetall vermischte. Der höhere Gehalt der Lotzone an Schwefel und Phosphor ist möglicherweise durch Korrosionsprodukte vorgetäuscht.

4. Anfertigung der Kette

Aus dem vorgefertigten weichgeglühtem Draht wurden etwa 60 mm lange Segmente geschnitten und diese über einen Dorn zu Kreisen von 20 mm Durchmesser gebogen. Die Enden der Kreise wurden, vermutlich mit dem Lötrohr, eventuell unter Zugabe eines kurzen Drahtstücks zusammenschmolzen. Die an der Verbindungsstelle entstandenen Schweißperlen sind sehr gleichmäßig. Die metallographische Untersuchung zeigte, daß die Perle nicht völlig geschmolzen war, sondern die beim Schweißen entstandene Schmelze nur am Draht entlanglief, so daß im Inneren der Perle noch die ursprüngliche Verformungsstruktur des Drahtes erkannt werden kann (Abb. 8). Daß der Draht nach dem Verschweißen nicht mehr geätzt wurde, zeigt die praktisch nicht vorhandene Oxidationszone am geschmolzenen Teil (auf Abb. 8 und 9 mit S bezeichnet). Das Gefüge der Schmelze weist neben Oxideinschlüssen und Kupferprimärkristallen erwartungsgemäß noch größere Anteile Eutektikum auf (Abb. 10).

Mittels energiedispersiver Röntgenanalyse konnte kein Unterschied in der Zusammensetzung zwischen aufgeschmolzenem Teil und Drahtlegierung festgestellt werden.

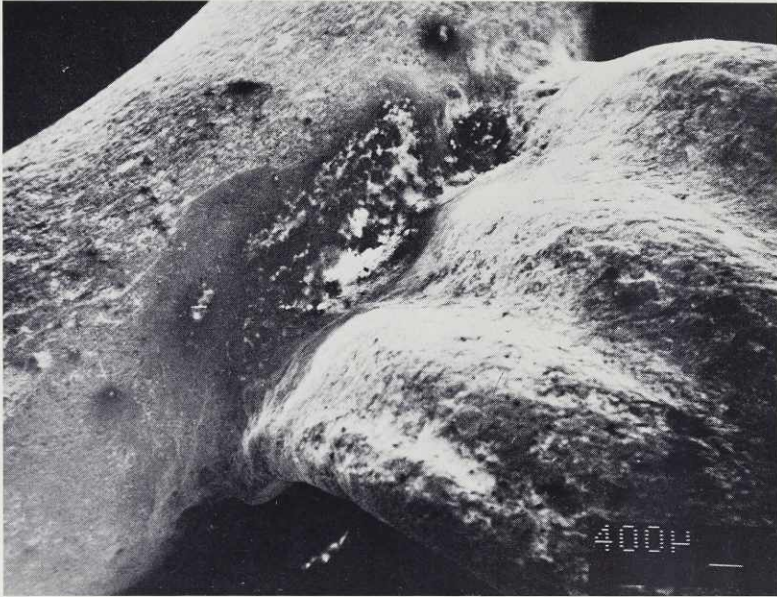


Abb. 7 Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme der Lotzone Lunula-Öse.

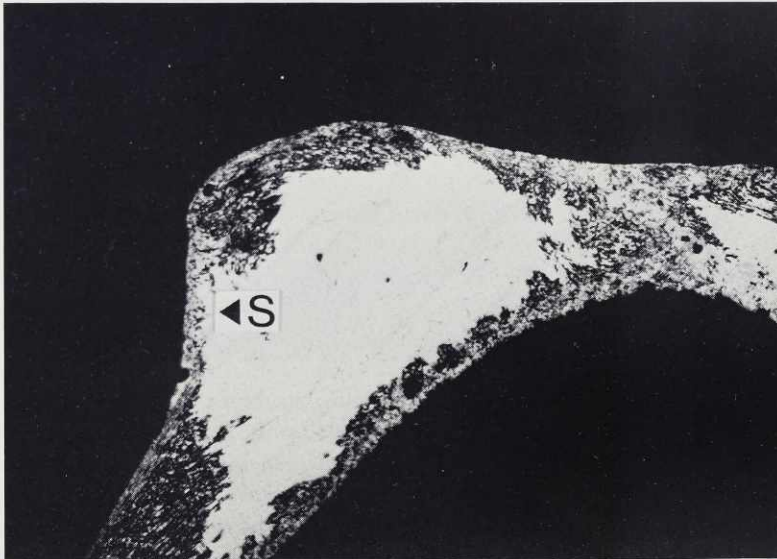


Abb. 8 Querschliff der Schweißstelle auf einem Kettenglied, ungeätzt. Maßstab 35:1.

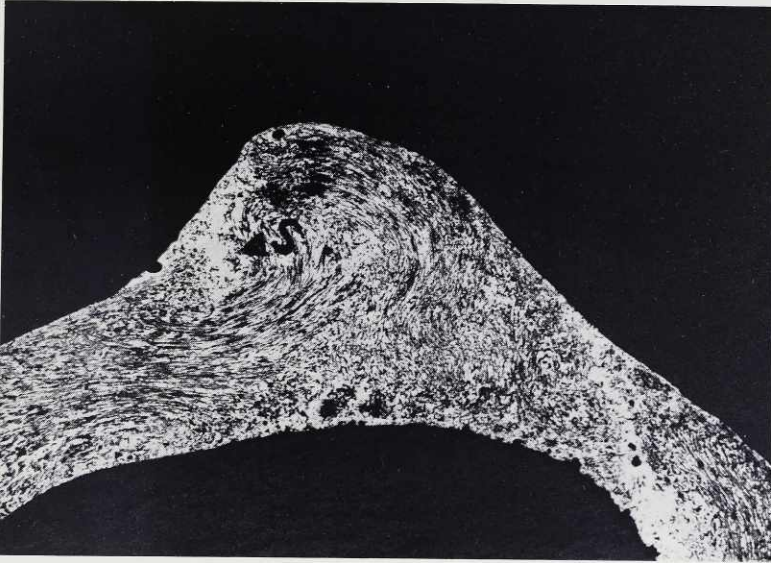


Abb. 9 Querschliff der Schweißstelle auf einem Kettenglied, geätzt. Maßstab 35:1.

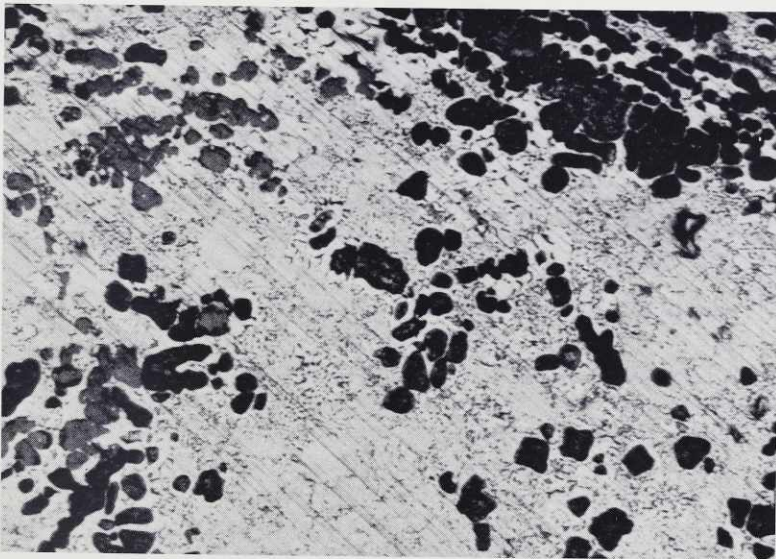


Abb. 10 Gefüge der erstarrten Schmelze S (Abb. 8. 9), geätzt. Maßstab 500:1.



Abb. 11 Schweißperlen auf verschiedenen Kettengliedern. ► = Schweißperlen. Maßstab 2,5:1.

Die Schweißperlen dienten offensichtlich als Orientierungshilfen bei der weiteren Fertigung (Abb. 11. 12). Mit der Perle auf einer Seite wurde der Ring seitlich zusammengedrückt, wobei die entstehenden zwei kleineren Ringe der Hantel wiederum über einem Dorn (4,6 mm \varnothing) gebildet wurden, wie sich aus der Gleichmäßigkeit der Hantelringe ergibt. Teilweise wurden die Ringe noch mit einem scharfen Werkzeug an den Dorn angedrückt, wie Verformungsmarken (Abb. 12, V) am Übergang der Kreise in den geraden Teil zeigen. Dabei befand sich die Perle

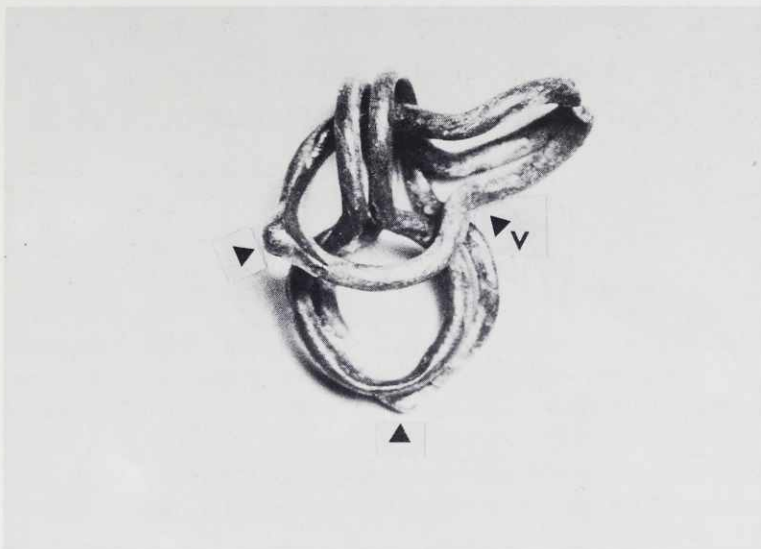


Abb. 12 Schweißperlen und Verformungsstelle auf Kettenglied. ► = Schweißperle, V = Verformungsstelle. Maßstab 3,5:1.

stets an der Außenseite einer Hantel (Abb. 11. 12, Dreiecke). Das gerade doppelte Mittelstück wurde dann senkrecht zur Achse der beiden vorliegenden Ringe um den gleichen Dorn gebogen. Da in diesem Fall der zu biegende Querschnitt doppelt so stark war wie bei der ersten Biegung, war diese Fertigungsstufe schwieriger durchführbar, und die zusammentreffenden Hälften waren komplizierter eng und genau aneinanderzupassen. Man findet daher auf jedem Glied ein Ringpaar, welches an seiner Basis dicht anliegt, und eines, welches weiter auseinanderklafft. Trotz dieser Schwierigkeiten ist die Länge der Einzelglieder sehr konstant und schwankt nur zwischen 11,5 und 12,0 mm.

Vor dem Schließen des Gliedes wurde ein weiteres vorgefertigtes Teil eingehängt und zwar so, daß die am äußeren oberen Drahring befindliche Schmelzperle durch die Ringe des folgenden Gliedes verdeckt wurde. Dadurch waren die Schweißstellen bei hängender Kette nicht sichtbar. Dieses System der verdeckten Schweißnaht wurde bereits beim ersten auf den Endhaken folgenden Glied beachtet und ohne Ausnahme bei der ganzen Kette beibehalten.

5. Der Endhaken (Abb. 13)

Der Endhaken entspricht in seinem Aufbau dem an anderen römischen Schmuckketten gefundenen⁶. Er ist insgesamt 32 mm lang und wurde ebenfalls aus einem durch Verdrillen erzeugten Draht hergestellt, aber sehr sorgfältig nachbearbeitet, so daß die Oberflächenriefen wenig hervortreten. Für den Haken wurde etwa 150 mm Draht verarbeitet, der in der Mitte einen Durchmesser von 2 mm besaß und nach beiden Enden gleichmäßig konisch-spitz verlief. Wie bei der früher untersuchten Goldkette⁷ wurde zuerst das eine Ende (0,5 mm \varnothing) mit einem Radius von

⁶ CH. J. RAUB, Fundber. aus Bad.-Württ. 3, 1977, 388. – A. BÖHME, Schmuck der römischen Frau. Kleine Schriften zur Kenntnis der römischen Besetzungsgeschichte Südwestdeutschlands 11 (1974).

⁷ RAUB, Fundber.⁶.



Abb. 13 Endglieder mit Endhaken. Maßstab 2:1.

0,7 mm zu einer Öse gebogen. Auf dem folgenden geraden Stück von 17 mm Länge sind noch einige Wendel des Drahtes erkennbar. Nach Biegen des eigentlichen Hakens um 4,6 mm \varnothing wurde nach weiteren 32 mm die Endöse mit 27 mm Innendurchmesser geformt und das Drahtende dann in der Mitte des Endhakens 6 mal entgegen dem Uhrzeigersinn um das zuerst geformte Hakenmittelstück dicht gewandelt.

Anschrift des Verfassers:

Dr. CHRISTOPH J. RAUB, Forschungsinstitut für Edelmetalle und Metallchemie
Katharinenstraße 17
7070 Schwäbisch Gmünd