

Beitrag zur Frage der Fertigung von Bleirohren in römischer Zeit

von Karl Löhberg, Berlin

Zusammenfassung

Die Längsnähte der aus Bleiplatten gebogenen römischen Wasserleitungsrohre aus verschiedenen Fundorten sind ausschließlich durch Schließen und Dichten der Stoßstellen mit schwach legiertem Blei — also nach heutigem Sprachgebrauch in einem Schweißprozeß — hergestellt worden. Der Verbund zweier Rohre miteinander erfolgte in dem einen Fall durch Aneinander-„Schweißen“ zweier Platten *vor* dem Biegen zum Rohr, in einem anderen Fall durch Überlap-pung der Rohre und Abdichten mit einem bereits bei Plinius erwähnten Blei-Zinn-Lot.

Abstract:

The longitudinal seams of roman waterpipes made of lead, which were examined from different places, were closed and tightened by lead, containing small amounts of tin, that is by a process of welding. The connection of two pipes was done in one case by welding two sheets of metal before shaping the pipe, in another case by overlapping the pipes and tightening them by a lead-tin alloy, which Plinius had already mentioned.

Gesicherte Kenntnis von der Verwendung von Bleirohren für Wasserleitungen (fistulae) vermitteln zahlreiche Funde sowie römische Literatur. Es sei daran erinnert, daß VITRUV¹ genaue Angaben über Gewichte und über die den zu fördernden Wassermengen angepaßten Abmessungen (Rohrumfang) macht. Die Bleigußplatten, aus denen Rohre gebogen werden (in rotundiam flectantur), sollen mindestens 10 Fuß lang sein und bei einem Verhältnis von Gewicht (in: pondo) zu Plattenbreite (= Rohrumfang, in: digitus) wie 12:1. Hieraus errechnet sich eine von der Plattengröße unabhängige Plattendicke (= Rohrwanddicke) von etwa 6 mm. PLINIUS² erwähnt, daß eine Mischung von 2 Tln. Blei und 1 Tl. Zinn zum „löten“ der Bleirohre verwendet werde (hoc fistulae solidantur). An einer anderen Stelle bemerkt er, daß Blei mit Blei nicht ohne Zinn und Zinn mit Zinn nicht ohne Blei, beide aber nicht ohne Flußmittel (nec sine oleo) zu verbinden seien (iungi inter se... non potest).

Der Verfasser hatte Gelegenheit, Bleirohre aus verschiedenen Funden zu untersuchen. Die Ergebnisse sind einzeln veröffentlicht, bisher aber nicht in dem hier vorgelegten Umfang miteinander verglichen worden. Das Augenmerk wird insbesondere auf die bei der Herstellung der Rohre angewendeten Verbindungsarbeiten gelenkt, über die im jüngeren Schrifttum nur wenig Angaben zu finden sind, die sich auf eine Untersuchung antiker Bleirohre stützen^{3,4}. BLÜMNER⁵ hat angenommen, daß die Ränder der gebogenen Platten „aufeinander gehämmert und dann verlötet“ worden seien (hier bezieht er sich auf Plinius); die Rohre hätten deshalb keinen kreisförmigen Querschnitt, sondern „bilden da, wo die beiden Platten aufeinander gelötet sind, eine aufrecht stehende Naht“. LANDELS⁶ stellt die „Naht“ als eine einfache Überlappung der beiden Enden dar oder aber als eine Falzung der überlappten Enden.

Neben diesen „Längsnähten“ gibt es die „Quernähte“, die durch die Verbindung zweier Rohre aneinander entstehen. Landels⁶ ist der Ansicht, daß diese Verbindung entweder durch Verlöten der Stoßstelle der aneinander gelegten Rohre (s. auch Wenzel^{3,4}) oder durch Einführen des verjüngten Endes des einen in das erweiterte Ende des anderen Rohres hergestellt worden sei. Im letzteren Fall sei die „Verbindung durch Anwendung von Hitze“ vorgenommen worden. Auf eine andere Verbindungstechnik, die Tylecote⁴ beschreibt, sei hier nur hingewiesen, da die eigenen Untersuchungen für diese Technik keine Anhaltspunkte geliefert haben.

Beschreibung der Rohre

Zahlentafel 1 gibt einen gedrängten Überblick über die Herkunft, die Abmessungen und Querschnittsformen der vom Verfasser untersuchten Rohre sowie über die Zusammensetzung der verwendeten Werkstoffe. Die Rohre haben teils kreisförmige, teils spitzovale Querschnitte. Die Rohre MII und MIII waren miteinander verbunden, waren aber offenbar — der vergleichsweise hohe Gehalt an Kupfer spricht dafür — aus demselben Werkstoff hergestellt. Was die Wanddicken anbelangt, so entsprechen sie überwiegend den Erwartungen aus den Angaben von Vitruv¹. Auf die abweichende Wanddicke des Rohres MIII wird später eingegangen. Die andere Ausnahme bildet das Rohr aus dem Zugmantelkastell: dieses zeigt als einziges Rohr über den gesamten Querschnitt — mit Ausnahme der Naht — ein feinkörniges Rekristallisationsgefüge, ein Hinweis auf eine erhebliche Kaltverformung der Gußplatte durch z. B. Hämmern vor der Rohrerstellung, die zu einer Dickenabnahme geführt haben wird. Die aus dem Rohrumfang berechneten Breiten der vormaligen Gußplatten lassen sich bei Berücksichtigung fertigungsbedingter Streuungen den von Vitruv angegebenen Plattenbreiten zuordnen.

Der für die Rohre verwendete Werkstoff war ein verhältnismäßig silberarmes Blei mit wahrscheinlich gezielten Zusätzen an Kupfer und Zinn. Der hohe Kupfergehalt der Rohre MII und MIII ist vermutlich auf Verunreinigung des Bleies zurückzuführen — eine Annahme, die durch die nachgewiesene Verarbeitung von Kupferlegierungen auf dem Magdalensberg nahegelegt wird⁸. Andererseits wurden dort über dem Boden zerflossene „Bleischmelzkuchen“ gefunden, die praktisch frei von Kupfer und Zinn waren^{12,13}.

Die Gefüge der Rohrmäntel waren — mit einer Ausnahme, s. o. — Gußgefüge, die teilweise infolge schwacher Verformung bei der Rohrfertigung grob rekristallisiert waren (vgl. Abb. 1).

Die Längsnähte

In den Abb. 1 a—d sind schematisch verschiedene Formen der Längsnähte (im Querschliff durch das Rohr) dargestellt. Die Analysen der „Nähte“ sind in Zahlentafel I bei den entsprechenden Rohren aufgeführt; es handelt sich also um Blei mit im Schnitt geringfügig höherem Zinngehalt, als ihn das für die Rohre verwendete Blei zeigt.

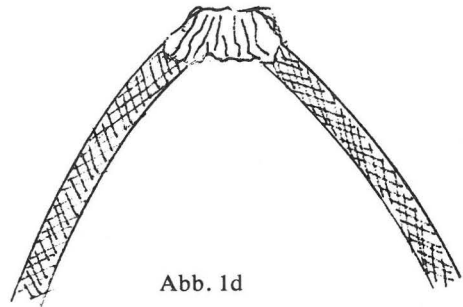
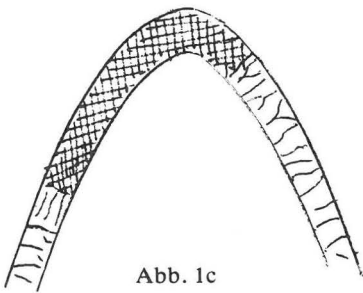
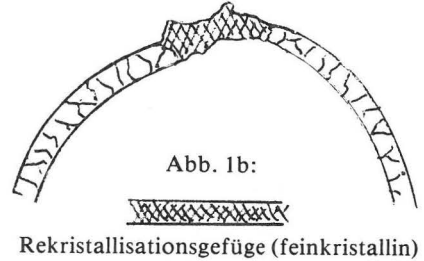
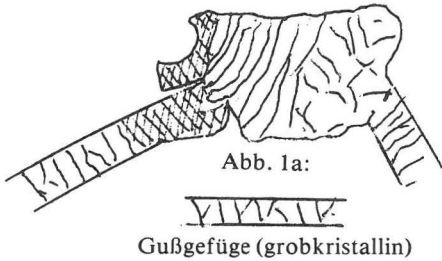


Abb. 1a . . . d: Schematische Darstellung von Querschnitten durch Längsnähte von Rohren aus a) Badenweiler und Grienmatt, b) Magdalensberg, c) Kaiseraugst und d) Zugmantelkastell (Taurus)

In allen Fällen ist das Gefüge der Längsnähte deutlich von dem der Rohrwände unterschieden. In keinem Fall sind die Plattenenden überlappt. Vielmehr bilden sie einen nach innen offenen V-förmigen Spalt, dessen Breite unterschiedlich ist. Die ehemaligen Plattenenden waren stets noch gut erkennbar. Die Längsnähte der „großen“ Rohre aus Badenweiler und aus Grienmatt sind nach Aussage der Gefügeausbildung (Stengelkristalle) mit Sicherheit durch Gießen hergestellt worden, etwa in der von Wentzel³ und Tylecote⁴ beschriebenen Weise: auf die um etwa 15 bis 25 mm auseinanderklaffenden Stoßstellen wurde ein Formkasten mit nahezu rechteckigem Querschnitt gebracht und die Innenseite durch einen „Kern“, etwa durch das beim Rohrbiegen verwendete Rundholz — abgedichtet. Die eingefüllte Bleischmelze kristallisierte stengelig von den Rohrenden, den Orten günstigster Wärmeabfuhr, aus nach außen. Das an einzelnen Stellen sichtbare feinkörnige Gefüge weist auf eine verformende Nachbearbeitung hin, die etwa zur Einebnung von störenden Abweichungen vom angestrebten Querschnitt der Längsnähte notwendig geworden war.

Grundsätzlich anders sind die Längsnähte der kleineren Rohre aus Kaiseraugst und vom Magdalensberg: sie zeichnen sich gegenüber dem Gefüge der Rohrwände durch eine Feinkörnigkeit aus, die durch Rekristallisation nach einer Kaltverformung entstanden ist. Bemerkenswert ist die unterschiedliche Ausdehnung der Längsnähte: die Spaltbreite an der Stoßstelle beträgt bei dem Rohr aus Kaiseraugst etwa 35 mm, in dem anderen Fall dagegen nur etwa 5—6 mm. CAME-NISCH¹⁰ neigt zu der Annahme, daß der Verschluss möglicherweise durch Einschweißen eines

stark verformten Bleibandes gefertigt wurde, eine Vorstellung die sich auch auf die Ausbildung einer stengeligen Übergangszone zwischen Rohr und „Naht“ stützt. Der schmalere Spalt der Magdalensbergrohre dagegen könnte ausgegossen und danach durch Hämmern verdichtet worden sein.

Die Längsnaht des Rohres vom Zugmantelkastell ist mit Sicherheit durch Vergießen des etwa 6—7 mm breiten Spaltes zwischen den Rohrwandenden hergestellt worden.

Die Quernähte

Abb. 2a und b zeigen schematisch den Verbund zweier Rohre über eine „Quernäht“. Die am Badenweiler Rohr den Rohrmantel umgebende Querwulst von etwa 15 mm Breite und 10 mm Höhe ist in der Umgebung der Längsnaht von dieser überdeckt — ein Befund, der die Fertigung der Quernäht vor dem Biegen der Platten zum Rohr belegt. Die Stoßkanten der in Längsausdehnung verbundenen Platten wurden unter einem Winkel von etwa 60° abgeschrägt; das dadurch entstandene V-Profil wurde mit Blei ausgegossen. Das für beide Verbundarbeiten verwendete Blei hat den gleichen Zinngehalt — ein Hinweis darauf, daß die Verbindung der beiden Platten, das Biegen zum Rohr und schließlich die Herstellung der Längsnaht in einer Werkstatt, vielleicht am Ort der Verlegung der Rohre erfolgt sind. Das ist wohl auch einleuchtend: Ein Transport von Platten ist leichter — abgesehen davon, daß die „weichen“ Rohre während des Transportes über größere Entfernungen um so stärker verformt werden konnten, je größer ihr Durchmesser war.

Das Badenweiler Rohr ließ in dem untersuchten Abschnitt nicht erkennen, welche der Plattenoberflächen Rohrinnefläche wurde. In anderen Fällen war aus der Anreicherung von Verunreinigungen in der Plattenoberseite — also in der freien Plattenoberfläche — abzulesen, daß diese Oberfläche zur Rohrinnefläche geworden war^{9, 11}.

Bei dem Rohrverbund vom Magdalensberg dagegen handelt es sich eindeutig um einen Überlappungsverbund, wie er in Abb. 2b schematisch skizziert ist. Um das eine in das andere Rohr über eine Länge von etwa 55 mm einführen zu können, war dieses über eine Länge von etwa 70 mm eingeweitet worden, während der Querschnitt des anderen Rohres unter Offenhaltung der Stoßstelle nahezu dreieckig verformt wurde, was zu feinkörnigem Rekristallisationsgefüge in den verformten Teilen geführt hat. Die Verbindung wurde durch Andrücken des Endes des äußeren Rohres an das Innenrohr und mittels eines auch heute noch üblichen „Spachtellotes“ aus etwa 70 % Blei und 30 % Zinn, das im breiigen Zustand verarbeitet wird, erreicht.

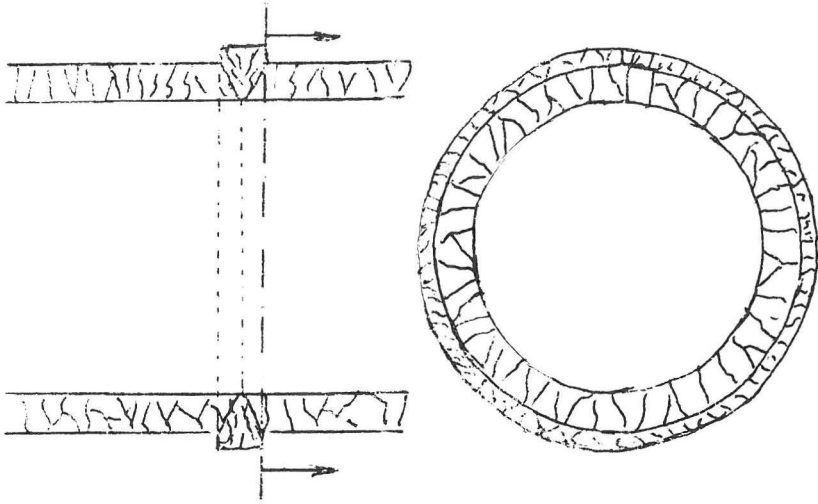


Abb. 2a: Plattenverbund vor dem Biegen zum Rohr: Badenweiler

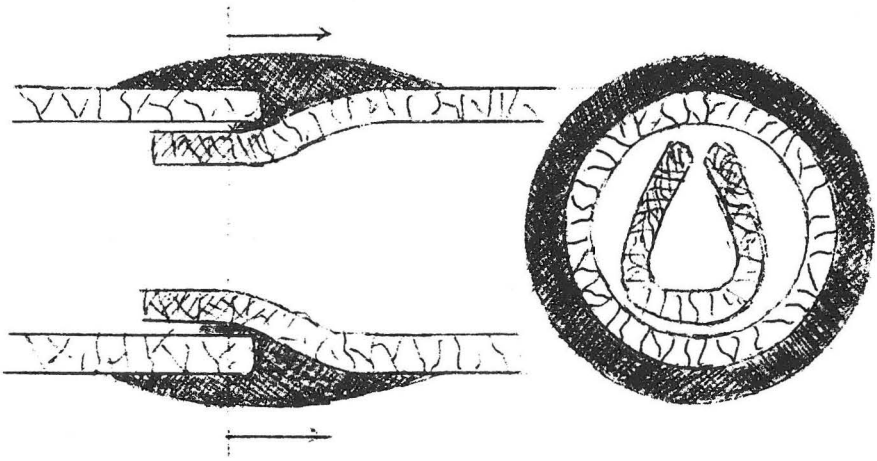
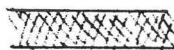


Abb. 2b: Überlappungsverband: Magdalensberg



Gußgefüge
(grobkristallin)



Rekristallisations-
gefüge
(feinkristallin)



Blei-Zinn-Lot

Abb. 2a und b: Schematische Darstellung von Schnitten durch Quernähte (Verbund zweier Rohre)

Zahlentafel 1: Überblick über Fundorte und Eigenschaften der Bleirohre

Fundort	Quer- schnitt	äußerer Durchm. [mm]	Wand- dicke [mm]	Plattenbreite [mm] — [dig] ¹	Analysen von Rohr- wand und Längsnaht ²				Lit.
					[m/o] ¹	— Mittelwerte			
					Sn	Cu	Sb	Ag	
Badenweiler	rund	~230	5—10	720—40	0,36 0,44	0,08 0,08	0,05 0,02	0,005 0,006	7
Grienmatt bei Augst	rund	~130	4—5	400—20	n.b.	n.b.	n.b.	n.b. ³	3
Magdalensberg I (Kärnten)	rund	65—70	5—6	200—10	0,31 0,6	0,04 0,06	0,01 0,01	0,01 0,01	8
Magdalensberg II (Kärnten)	rund	65—70	5—6	200—10	0,31 0,53	0,19 0,17	n.b. 0,02	0,015 0,045	9
Magdalensberg III (Kärnten)	s. Text	—	~4	—	0,36	0,14	0,02	0,018	9
Kaiseraugst	spitz- oval	80/65 (17,5—20,5) ⁴	~6	(120?) ⁵	0,31 0,20	0,04 0,02	0,01 0,01	0,01 n.b.	10
Zugmantel Kastell (Taurus)	spitz- oval	63/52 (21—23) ⁴	3—4	160—8	0,26 0,40	0,03 0,04	0,04 0,04	0,011 0,017	11

Erläuterungen:

¹ wahrscheinliche Werte ² obere Reihe: Rohrwand, untere Reihe: Längsnaht ³ nicht bestimmt ⁴ kleinster Krümmungsradius ⁵ dazu: ~35 mm Verschußeinsatz (s. Text)

Schrifttum

- 1.: Vitruv: De architectura VIII, VI, 4
- 2.: Gaius Plinius Sec. Naturalis Historia, libr. XXXIV
- 3.: H. Wentzel, Urschweiz, XXIV, Nr. 3/4, 1960, S. 74/79
- 4.: R. F. Tylecote: Metallurgy in Archaeology. London, Edward Arnold (Publ.) Ltd. 1962, S. 94/103
- 5.: H. Blümer: Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste bei Griechen und Römern. Bd. 4, S. 376, Leipzig, B. G. Teubner, 1887
- 6.: J. G. Landels: Die Technik der antiken Welt, S. 52 ff., München, Beck-Verlag, 1979
- 7.: K. Löhberg: Bad. Fundber. 23, 1967, S. 199/203
- 8.: K. Löhberg: Kärntner Museumsschriften — XL — 1966, S. 18/34
- 9.: K. Löhberg: ibid. — XLIV — 1969, S. 7/12
- 10.: K. Camenisch: Unters.-Ber. Nr. 18'301 des Laboratoriums der Metallwerke Dornach (Schweiz), 2. 12. 1965
- 11.: K. Löhberg: Saalburg-Jahrbuch 24 (1967), S. 75/76
- 12.: K. Löhberg: nicht veröffentlichte Befunde
- 13.: vgl. auch G. Khevenhüller, in R. Egger: Die Ausgrabungen auf dem Magdalensberg, Carinthia I, 148, 1958, S. 145/150
- 14.: s. auch: K. Löhberg in Jahrbuch 1979 der Berliner Wissenschaftlichen Gesellschaft E. V., S. 48/62