

Zeitschrift: Jahresbericht / Gesellschaft Pro Vindonissa

Herausgeber: Gesellschaft Pro Vindonissa

Band: - (1996)

Artikel: Ein kleiner Giessofen der 13. Legion im Experiment

Autor: Trachsel, Martin

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-281412>

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](#)

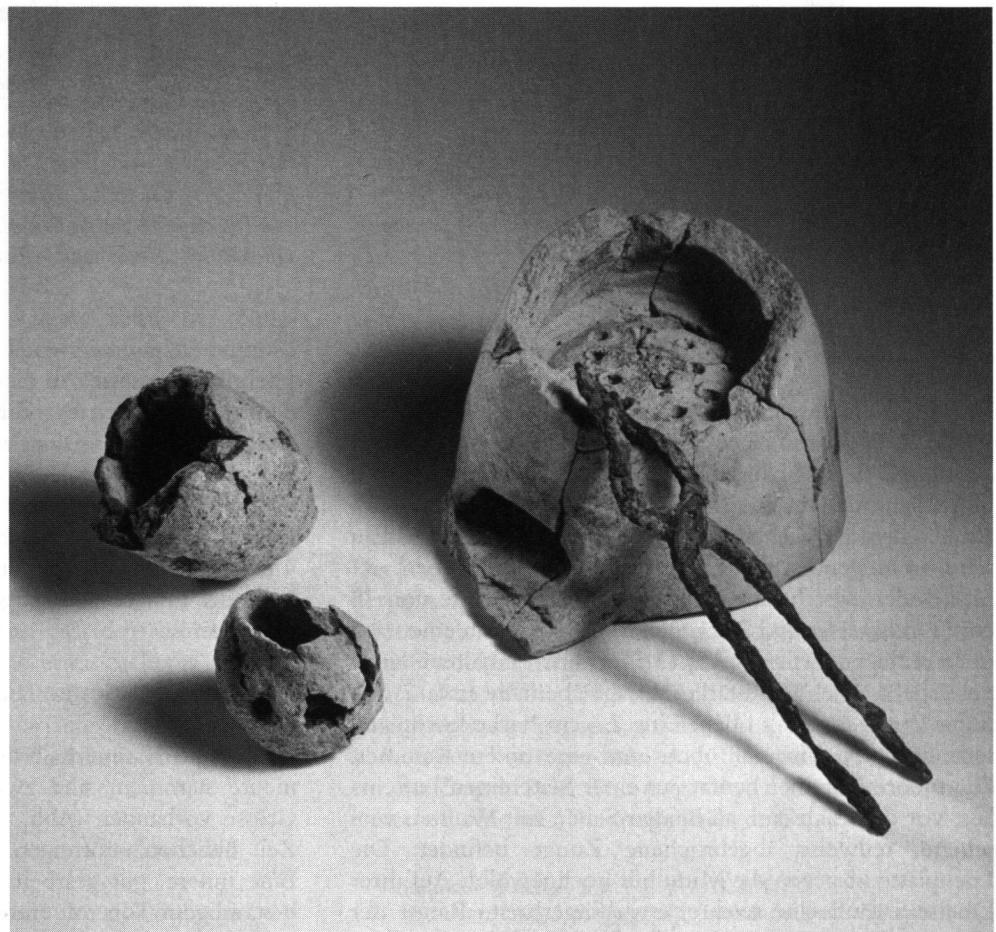
Download PDF: 13.01.2026

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

Ein kleiner Giesserofen der 13. Legion im Experiment

Martin Trachsel

Abb. 1. Die beiden Tiegel aus Grube 17 und der kleine Giesserofen aus der darüberliegenden Planie. Die Zange wurde bei früheren Grabungen gefunden.



Bei Notgrabungen in den Jahren 1979 und 1980 wurden auf dem ehemaligen Grundstück Dätwiler an der Dorfstrasse in Windisch verschiedene Strukturen aus der Zeit der 13. und der 21. Legion festgestellt. J. Weiss und Ch. Holliger haben über die Ergebnisse der Ausgrabungen kurz berichtet¹. An verschiedenen Orten auf dem Areal fanden sich Reste metallurgischer Tätigkeit, die der 13. Legion zugeordnet werden. In der südöstlichen Grabungsfläche wurden unregelmässige Vertiefungen festgestellt, die Abfälle von Bronzegiessern enthielten. Weiteres Material dieser Art wurde auch im südwestlichen Bereich in und über Grube 17 gefunden. In der Grube kamen mindestens zwei Gusstiegel zutage. In einer darüberliegenden Planie fanden sich Keramikfragmente, aus denen beim Zusammensetzen ein kleiner Ofen entstand, der von den Ausgräbern als «Schmelzofen» bezeichnet wurde². Der Ofen und die Tie-

gel befinden sich heute in der permanenten Ausstellung des Vindonissa-Museums (Abb. 1).

Im Winter 1996 wurde die Bronzegiesser-Gruppe der Experiment A (Verein für experimentelle Archäologie) der Gesellschaft Pro Vindonissa angefragt, im Juni desselben Jahres im Museumsgarten eine Vorführung römischer Bronzegusstechnik zu machen. Da lag es natürlich nahe, auf die Vorführung hin den Ofen nachzubauen und zu testen³.

¹ J. Weiss u. Ch. Holliger, Windisch, Grabung Dätwiler 1979/80, Gruben und Schächte. Jb GPV 1979/80, 23–60. Im weiteren zitiert als Weiss/Holliger 1980.

² Weiss/Holliger 1980, Abb. 32.

³ An den Arbeiten und Tests beteiligten sich Renata Huber, Emanuela Jochum, Katharina Müller, Stefanie Osimitz, Markus Roth und Joachim Tarot, alles Mitglieder von Experiment A.

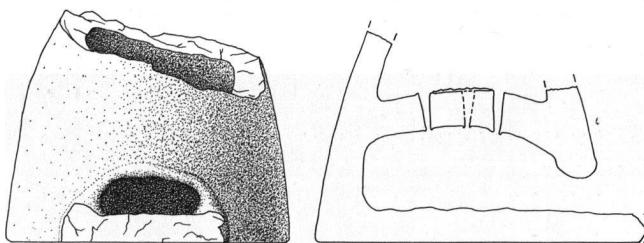


Abb. 2. Zeichnung des Giesseroofs in der Ansicht und im Längsschnitt. Erhaltene Höhe 13,5 cm. Zeichnung M. Trachsel

Erhaltung und Aufbau des Ofens

Der Ofen ist aus etwa 20 Fragmenten zusammengesetzt (Abb. 2.3), doch fehlt die obere Partie, weshalb die ursprüngliche Höhe nicht mehr bestimmt werden kann. Er besteht aus nicht besonders hart gebrannter, roter Keramik, ähnlich dem für Ziegel verwendeten Material. Sein Aufbau wird im Folgenden von unten nach oben beschrieben.

Der Boden besteht aus einer runden Grundplatte von 18 cm Durchmesser und 2 cm Stärke, über der sich eine nach oben einbiegende, noch bis 13,5 cm hoch erhaltene Kuppel erhebt. Die Wandstärke beträgt ebenfalls etwa 2 cm, unten etwas mehr als oben. Eine 2,4 cm starke Lochplatte teilt die Kuppel in eine obere und eine untere Kammer. Die untere Kammer besitzt auf einer Seite einen Lufteinlass, vor dem sich eine an beiden Seiten mit Wulsten versenkte, teilweise abgebrochene Zunge befindet. Die Lochplatte ist gegen die Mitte hin hochgewölbt. Auf ihrer Oberseite läuft eine seichte, etwa fingerbreite Rinne der Wand entlang um den mit 15 Löchern versehenen mittleren Bereich. Die Löcher sind von oben her durch den noch weichen Ton gestochen worden, haben eine konische Form und sind oben doppelt so weit, wie unten. Die obere Kammer misst maximal 11 cm im Durchmesser und verengt sich im erhaltenen Teil gegen oben bis auf etwa 9 cm.

Aufgrund der erhaltenen Partie ist nicht sicher zu entscheiden, ob als Abschluss der oberen Kammer eine geschlossene Kuppel oder ein kurzer Schacht zu rekonstruieren ist. Bei einer geschlossenen Kuppel wäre eine Nutzung des Ofens für metallurgische Zwecke ausgeschlossen, doch wären dann die festgestellten Benutzungsspuren kaum zu erklären.

Gebrauchsspuren

Entscheidend für die Deutung des Objektes als Giesserofen sind neben dem Fundzusammenhang mit Giessereiresten die durch seine Benutzung entstandenen Spuren. Die Innenseite der unteren Kammer zeigt keinerlei Hinweise auf Hitzeinwirkung, die obere dafür um so mehr. Die Oberseite der Lochplatte ist in der Mitte bis etwa 1 cm vor der Wand schwärzlich verfärbt. Auch die Wand der oberen

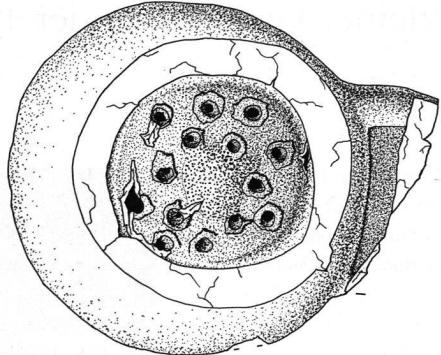


Abb. 3. Aufsicht auf die Lochplatte des Giesseroofs. Durchmesser des Ofens 20 cm. Zeichnung M. Trachsel

Kammer zeigt eine graue Färbung, die 1 bis 2 cm über der Lochplatte einsetzt. An diesen Stellen ist die Keramik nach dem oxydierenden Brand bei der Herstellung bei der späteren Nutzung des Ofens einer reduzierenden Atmosphäre ausgesetzt gewesen. Es ist davon auszugehen, dass nur in der oberen Kammer Feuer entfacht wurde. Der eindeutige Beweis für ein Feuer liefert ein verglaster Fleck von etwa 4 cm Durchmesser oben im Zentrum der Lochplatte, wo eines der Löcher oben zugeschmolzen und nicht mehr zu erkennen ist (Abb. 3).

Die mitgefundenen Tiegel

Aus Grube 17 unterhalb der Planie, aus der die Ofenfragmente stammen, sind zwei Gusstiegel unterschiedlicher Größe vorhanden (Abb. 1)⁴. Sie sind vom in römischer Zeit üblichen eiförmigen Typ und zweischalig gefertigt: Eine innere, gut gearbeitete Schale aus hochtemperaturbeständigem Ton mit einem äußeren, groben Mantel aus weniger feuerbeständigem Ton. Auf halber Höhe in der Wand befindet sich ein einfaches Loch als Ausguss.

Der kleine Tiegel⁵ ist 73 mm hoch und hatte ursprünglich einen runden, etwa 70 mm weiten Querschnitt, der sich durch hohe Temperatureinwirkung stark oval verzogen hat. Der eigentliche Tiegel hat eine Wandstärke von nur 3 mm, ist aber mit einem Tonmantel umgeben, der im unteren Bereich bis zu 9 mm dick ist, gegen den Rand zu aber fast vollständig ausdünnt (vgl. den eingesetzten Tiegel auf Abb. 4). Der Boden des Tiegels ist aussen auf einer Fläche von etwa 40 mm Durchmesser abgeflacht, was durch Druck gegen eine ebene Fläche im vor Hitze erweichten Zustand entstand. Der abgeflachte Boden entspricht ziemlich genau der verglasten Stelle auf der Lochplatte des Ofens. Der Tiegel passt auch von der Größe her in den erhaltenen Teil des Ofens, und es könnte durchaus sein, dass beide Objekte zusammengehören. Bei senkrechter Lagerung fasst der Tiegel maximal 20–24 cm³ Flüssigkeit, was knapp 200 g Bronze oder Silber entspricht.

Innen am Tiegel haben sich exakt bis auf Ausgusshöhe Schlackenreste erhalten. Höher an der Innenwand hängt

⁴ Weiss/Holliger 1980, Abb. 33.

⁵ Vindonissa-Museum, Inv. Nr. V 79.5/401.14.

noch ein kleiner, heute grünlich angelaufener Metallspritzer. Seine Analyse würde sicher mehr Aufschluss über die Zusammensetzung des im Tiegel geschmolzenen Metalls ergeben. Da Analysen ohne konkrete Fragestellung oft nutzlos sind, wurde diese Untersuchung im Hinblick auf eine wünschenswerte Gesamtauswertung der metallurgischen Reste dieses Platzes zurückgestellt.

Der grosse Tiegel⁶ ist ähnlich geformt und beschaffen wie der kleine, doch ist der oberste Teil abgebrochen. Er ist noch etwa 11 cm hoch erhalten, besitzt einen äusseren Durchmesser von 9 bis 10 cm und ist damit zu gross, um im kleinen Ofen verwendet worden zu sein. Er fasst 50 bis 60 cm³, also gut 500 g Bronze und dürfte in einem grösseren, aber einfacheren Ofen erhitzt worden sein, wie er weiter unten kurz beschrieben wird.

Eine systematische Zusammenstellung römischer Gussriegel fehlt bisher und kann auch hier nicht gegeben werden. Die Tiegel unterscheiden sich in einigen Details, die man für eine grobe Sortierung verwenden kann. Die meisten haben keinen Ausguss, manche einen kurzen Schnabel oben am Rand und andere einen seitlichen Ausguss in der Wand, entweder ein einfaches Loch oder einen kurzen Schnabel. Vielen Tiegeln wurde ein Deckel aus Ton aufmodelliert. Die beiden Tiegel aus Grube 17 kann man als «eiförmige Tiegel mit seitlichem Ausgussloch» bezeichnen. Während beim grösseren Exemplar zu viel vom Rand fehlt, als dass man etwas Sichereres aussagen könnte, besass der kleinere keinen aufgestrichenen Deckel und stellt eine eher seltene Variante dar. Die besten Vergleichsstücke kenne ich aus Regensburg-Kumpfmühl⁷.

Vergleichsfunde zum Ofen von Vindonissa

Schriftliche Aufzeichnungen zum Metallhandwerk der römischen Epoche, besonders zum Bronzeguss, haben sich fast keine erhalten. Einige spärliche Angaben finden sich in dichterischen Werken⁸. Dabei wird der Vorgang des Metallgiessens meistens allegorisch verwendet, so dass die technische Zuverlässigkeit teilweise fraglich ist. Bildliche Darstellungen aus römischer Zeit, die das Giessen von Metall zeigen, sind überhaupt keine bekannt. Bei dieser Quellenlage bieten die archäologischen Funde und ihre Untersuchung noch den besten Ausgangspunkt. Das Material ist allerdings so gut wie nicht aufgearbeitet, da auf Forschungen zur Gusstechnik, soweit sie nicht Grossplastiken betreffen, bisher wenig Gewicht gelegt wurde⁹.

Ein sicheres Vergleichsstück zum Ofen von Vindonissa ist mir nicht bekannt. Die von Robert Forrer als Teile eines Schmelzofens angesprochenen Fragmente aus Strassburg¹⁰ und von der Saalburg¹¹ sind zwar schlecht erhalten und publiziert, aber von einem anderen Typ. Sie entsprechen den von Abbildungen her bekannten rechteckigen Öfen, die im Zusammenhang mit dem Schmieden von Eisen oder dem Treiben von Bunt- und Edelmetall dargestellt werden¹².

Aus Nijmegen (Niederlande) stammt ein vollständig erhaltener kleiner Ofen mit Lochplatte¹³. Er wird von J. K. Haalebos, Universität Nijmegen, zur Publikation vorbereitet, der mir dankenswerterweise Zeichnungen zukom-

men liess. Mit guten Gründen nimmt er an, dass dieser Ofen nicht zum Erhitzen eines Tiegels gedient hat. Erst ein detaillierter Vergleich der Öfen von Vindonissa und Nijmegen wird zeigen können, ob sie dieselbe Funktion gehabt haben können.

Rekonstruktion und Verwendung des Ofens von Vindonissa

Technische Überlegungen

Schon vor einigen Jahren führte Philippe Andrieux, Départementsarchäologe in Val-de-Marne, Versuche mit der römischen Technik zum Guss von Kleinbronzen durch, von denen mir aber nur eine Videoaufnahme bekannt ist. 1992 rekonstruierte Walter Fasnacht, Konservator am Schweizerischen Landesmuseum in Zürich, für ein Museumsfest in Augst BL ein vereinfachtes Verfahren, auf dem wir unsere Versuche aufbauen konnten. Die bisherigen Experimente sind leider nur in knappster Form veröffentlicht worden¹⁴. Das Grundprinzip ist einfach und wurde bereits in vorrömischer Zeit angewendet: Der Tiegel wird in Holzkohle eingebettet, in die von unten her mit Blasebälgen Luft zugeführt wird. Der Luftstrom erhitzt sich an der Holzkohle und streicht aussen am Tiegel nach oben. Der Tiegel wird heiß und mit ihm das Metall in seinem Innern. Ist das Metall flüssig, wird der Tiegel mit einer Eisenzange gepackt, aus der Kohle gehoben und in die vorbereitete Form gegossen. Als Ofen dient dabei entweder ein aus Ziegeln oder Ton aufgeföhrter Schacht, oder noch einfacher, eine mit Ton ausgestrichene Grube.

⁶ Vindonissa-Museum, Inv. Nr. V 79.5/401.15.

⁷ K. H. Dietz u. a., Regensburg zur Römerzeit (Regensburg, Neuauflage 1979) 257 Abb. 67.

⁸ G. Zimmer, Schriftquellen zum antiken Bronzeguss. In: H. Born (Hrsg.), Archäologische Bronzen. Antike Kunst, Moderne Technik (Berlin 1985) 38–49.

⁹ Wichtige Ausnahmen: H. Drescher, Der Guss von Kleingerät, dargestellt an Funden aus provinzialrömischen Werkstätten. Early Medieval Studies 6, Antikvaristik arkiv 53, 1973, 48 ff. M. Martin, Römische Bronzegiesser in Augst BL. AS 1, 1978, 112–120.

¹⁰ R. Forrer, Römische Mühlen-, Töpferei- und Handelsbetriebe, Metallwerkstätten und Waffenfunde in Strassburg. Anzeiger für Elsässische Altertumskunde 10, 1919, 988 ff. Zum «Schmelzofen» siehe 1007 f. Abb. 98.98a.

¹¹ L. Jacobi, Das Römerkastell Saalburg bei Homburg vor der Höhe (Homburg vor der Höhe 1897) 243 f. Abb. 36, Fig. 7.9. Mit bereits von Forrer bezweifelten Rekonstruktionen, die Jacobi als «Kochvorrichtungen» bezeichnet hatte.

¹² z. B. auf Wandmalereien im Haus der Vettier in Pompeji, wo Eroten und Psychen bei verschiedenen Handwerken dargestellt sind, unter anderem als Goldschmiede; abgebildet u. a. bei A. Neuburger, Die Technik des Altertums (Leipzig 1919) Abb. 96. Ein ähnliches Stück ist auf der Grabstele eines Schmieds oder Schlossers aus Aquileia abgebildet: G. Zimmer, Römische Berufsdarstellungen. Archäologische Forschungen 12 (Berlin 1982) Nr. 122.

¹³ R. J. C. van Zijl de Jong, The miniature roman pottery kiln from Nijmegen (The Netherlands). Rivista di Archeologia (Venezia) 6, 1982, 106–108.

¹⁴ W. Fasnacht, 4000 Jahre Kupfer- und Bronzeguss im Experiment. In: M. Fansa (Hrsg.), Experimentelle Archäologie – Bilanz 1994. Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland, Beiheft 8 (Oldenburg 1995) 237–246, bes. 243–244.

Eine etwas kompliziertere Variante dieses Verfahrens wurde beim Ofen von Vindonissa angewendet, vgl. Abb. 4. Die obere Kammer enthält Holzkohle, in die von oben her der Tiegel eingebettet wird. Der Luftstrom aus dem Blasebalg wird durch den frontalen Einlass in die untere Kammer geführt, die, anders als bei Keramikbrennöfen, nicht der Befeuerung, sondern der Luftverteilung dient. Durch die Lochplatte gelangt der Luftstrom in die obere Kammer, strömt zwischen Tiegel und Ofenwand nach oben und bringt die Holzkohle zur Weissglut. Die dabei entstehende Wärmeenergie wird zu einem guten Teil vom Tiegel aufgenommen.

Die ursprüngliche Höhe des Ofens aus Vindonissa ist nicht bekannt, für den Erfolg des Experiments aber entscheidend. Nach theoretischen Überlegungen muss sich die Höhe der oberen Kammer aus drei Teilen zusammensetzen:

1. Der Abstand zwischen Lochplatte und Tiegel sollte mindestens 2 bis 3 cm betragen, damit der Boden des Tiegels nicht bloss mit kalter Luft angeblasen wird.
2. 6 bis 7 cm beträgt die Höhe des Tiegels.
3. Einige weitere Zentimeter sind für eine Überdeckung des Tiegels mit glühender Holzkohle einzuberechnen, die als Isolation dient. Die entstehende Hitze muss im Ofen gehalten und sollte nicht einfach herausgeblasen werden. Ein dichter Deckel aus Ton andererseits würde den Luftstrom blockieren.

Nach diesen Überlegungen wurde für die obere Kammer eine Höhe von 12 bis 15 cm rekonstruiert.

Der Nachbau

Das Ziel des Experimentes war es, herausfinden, ob dieser kleine Ofen tatsächlich funktioniert, welche Vorteile er bietet und welche Probleme auftreten. Die technischen Eigenschaften der für die Originale verwendeten Materialien wurden nicht untersucht. Für die Nachbauten benutzten wir eine bewährte, feuerfeste Tonmischung. In der Keramikwerkstatt der Stadt Zürich haben wir daraus drei Öfen modelliert, getrocknet und im Elektroofen brennen lassen.

Die Tiegel wurden einschalig aus feuerfestem Ton gefertigt. Auf den an den Originalen festgestellten Mantel aus herkömmlicher Keramik haben wir verzichtet. Von den Tiegeln abgeschmolzenes Material hätte Teile der Lochplatte verstopfen können, wie es beim Original geschehen ist. Für Experiment und Vorführung waren wir aber an einer möglichst langen Lebensdauer der Öfen interessiert. Eine Düse hat sich nicht erhalten, und das von uns hergestellte Stück entspringt der Phantasie. Sie verbindet den Ofen mit dem Gebläse. Vorne ist sie – passend für den Lufteinlass und die Führung auf der Zunge – flach vierkantig im Querschnitt, hinten wurde sie trichterförmig gefertigt, um verschiedene Arten von Gebläsen anschliessen zu können. Die römischen Giesser haben vermutlich ein speziell für diesen Ofentyp gefertigtes Gebläse verwendet, das über einen direkt an den Lufteinlass angepassten

Stutzen angeschlossen werden konnte¹⁵. Um uns Arbeit und Kosten zu ersparen, griffen wir auf bereits vorhandene Geräte zurück: Einfache Sackgebläse, wie sie bereits auf griechischen Vasen und Reliefs dargestellt sind, von denen die Luft durch ein Tonrohr zur Düse geführt wird. Wir hätten auch Klappgebläse verwenden können, die ebenfalls auf griechischen und römischen Darstellungen vorkommen¹⁶.

Versuche und Ergebnisse

Der Betrieb des Ofens im Experiment

Nach unseren Erfahrungen hat sich folgender Ablauf bei der Arbeit mit dem Ofen bewährt:

1. *Einrichten einer Feuerstelle:* In einer flachen Grube wird mit Holzkohle, ein Feuer angelegt, dem die für den Betrieb des Ofens nötige glühende Holzkohle entnommen werden kann. Im Ofen hat es wenig Platz für Holzkohle, und wenn nur ein Teil davon am Glühen ist, wird die notwendige Temperatur nicht erreicht. Die Feuerstelle dient zugleich für das Aufheizen der Gussformen aus Stein oder Keramik.
2. *Aufstellen des Ofens:* Der Ofen kann auf eine beliebige Oberfläche gesetzt werden, sofern sie einigermassen eben, fest und trocken ist.
3. *Vorheizen:* Auch wenn der Ofen aus feuerbeständigem Ton besteht, erhöht sich die Lebensdauer, wenn nicht gleich mit voller Kraft eingehiezt wird. Wir haben uns bei den Vorführungen nicht genug Zeit dafür genommen, und die verwendeten Öfen bekamen bald deutliche und lange Risse. Sie zerbrachen aber auch nach dem zweiten Arbeitstag noch nicht.
4. *Ansetzen des Gebläses:* Die Düse wird von vorne in die Führung vor dem Lufteinlass geschoben. Hinten in die Düse wird ein Rohr eingesetzt, durch das die Luft aus dem Blasebalg gelenkt wird. Die Ritzen zwischen dem Lufteinlass, der Düse und dem Rohr werden mit feuchtem Lehm abgedichtet. Diese Lösung wurde, wie gesagt, wegen der bereits vorhandenen Blasebalge gewählt und ist sicher nicht ideal. Ein speziell auf den Ofen angepasstes Gebläse könnte direkt angesetzt werden, was die Installation vereinfachen und beschleunigen würde.
5. *Einsetzen des Tiegels (Abb. 5):* Der Tiegel wird mit einer Eisenzange oben am Rand gepackt und von oben her in den Ofenschacht eingesetzt. Im Ofen befinden sich 4 bis 5 cm hoch glühende Kohlen, auf die der Tiegel gestellt wird. Glühende Holzkohle aus der Feuerstelle wird zwischen Tiegel und Ofenwand eingefüllt und als Überdeckung auf den Tiegel gelegt.

¹⁵ G. Zimmer, Griechische Bronzegusswerkstätten – Zur Technologieentwicklung eines antiken Kunsthanderwerkes (Mainz 1990) Taf. 12.13a.

¹⁶ Zimmer 1990 (Anm. 15) Taf. 13b und auf den erwähnten Wandmalereien in Pompeji, vgl. Anm. 12.

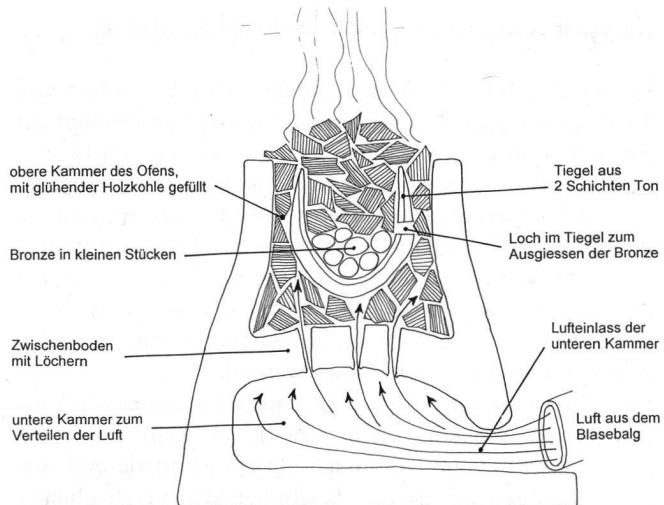


Abb. 4. Längsschnitt durch den rekonstruierten Giesserofen im Betrieb. Angenommene Höhe 19 cm. Zeichnung M. Trachsel



Abb. 5. Versuchsbetrieb. Ein Tiegel wird in den Ofen gesetzt. Zwischen Tiegel und Ofenwand bleibt nur wenig Platz. Foto Experiment A.



Abb. 6. Vorführung des kleinen Giesserofen im Garten des Vindonissa-Museums im Juni 1996. Der Ofen befindet sich unterhalb der Bildmitte. Foto: M. Trachsel

6. *Betrieb des Ofens:* Ist der Tiegel eingesetzt, wird die Belüftung verstärkt. Nach 10 bis 15 Minuten ist die (normale Grill-) Holzkohle unter und neben dem Tiegel weitgehend ausgebrannt und muss mit neuer glühender Kohle ersetzt werden. Dazu wird der Tiegel oben mit der Zange gepackt und hochgezogen. Dabei rutscht die darüberliegende Kohle nach unten und bildet ein neues Bett. Glühende Holzkohle aus der Feuerstelle wird zwischen Tiegel und Wand gefüllt und als Abdeckung aufgelegt. Nach weiteren 10 bis 15 Minuten ist die Bronze in der Regel flüssig. Wenn nicht, muss der Tiegel nochmals hochgezogen und weitere 10 Minuten geheizt werden. Kohle mit höherem Brennwert, z. B. Schmiedeholzkohle, würde das Ganze vereinfachen, ist heute aber nicht mehr leicht aufzutreiben.
7. *Entnahme des Tiegels:* Mit der Eisenzange wird der Tiegel am oberen Rand gepackt und herausgehoben. Der geringe Abstand zwischen Tiegel und Ofenwand führt dazu, dass sich Kohlenstücke verkeilen und den Tiegel blockieren können. In solchen Fällen braucht es etwas Fingerspitzengefühl, mit welchen Kipp- und Drehbewegungen und wieviel Krafteinsatz der Tiegel herausgelöst werden kann.
8. *Guss:* Die meisten Probleme entstanden nicht beim eigentlichen Test des Ofens, sondern beim Giessen selbst. Das Metall war zwar flüssig, bequemte sich aber nur selten, beim Kippen des Tiegels in einem kontinuierlichen Strahl herauszufließen. Schuld an den Giessproblemen war vor allem die Gestaltung des Ausgusslochs im Tiegel. Die beim Einstechen des Lochs entstandenen Wülste am Innenrand waren von uns nicht gut genug überarbeitet worden. Auch waren die Ausgusslöcher etwas kleiner als am Original.

Die Oberflächenspannung des flüssigen Metalls konnte deshalb gut angreifen und das Ausfliessen behindern¹⁷. Eine nachträgliche Überarbeitung der Ausgusslöcher an den bereits gebrannten Tiegeln verbesserte das Ergebnis beträchtlich.

9. *Reinigung des Ofens:* Nach 4 bis 5 Güssen beginnt sich der Zug im Ofen merklich zu verringern. Asche, kleine Kohlenstücke und andere Verunreinigungen sammeln sich auf der Lochplatte und behindern die Luftzufuhr. Bevor man den nächsten Tiegel einsetzt, ist deshalb eine Reinigung des Ofens angesagt. Dazu entfernt man das Gebläse, fasst den Ofen mit Handschuhen, hebt ihn hoch und dreht ihn auf den Kopf. Unter sanftem Schütteln lösen sich die meisten Verunreinigungen. Die konische, sich nach oben öffnende Form der Löcher in der Lochplatte erleichtert diesen Vorgang und erlaubt sogar das Lösen von erstarrten Gusstropfen, die bei unsanftem Umgang mit dem Tiegel in den Ofen fliessen.
10. *Abbau des Ofens:* So einfach wie die Aufstellung, so einfach ist der Abbau des Ofens. Nach dem letzten Guss muss nur das Gebläse abmontiert und die Kohle aus dem Ofen gekippt werden. Spätestens nach einer halben Stunde ist der Ofen soweit abgekühlt, dass man zwar beim Anfassen noch warme Finger bekommt, sich aber nichts mehr daran entzünden kann, so dass man ihn gefahrlos wegstellen kann.

Die Gebrauchsspuren im Original und im Experiment

An den Fundstücken liess sich feststellen, dass in der oberen Kammer des Ofens während des Betriebs eine reduzierende Atmosphäre geherrscht hatte. Dies konnten wir bereits während der Versuche beobachten, da die ursprünglich rot gebrannten Tiegel sich grau verfärbt hatten, als sie zum Giessen herausgenommen wurden. Die Innenseite der oberen Ofenkammer ist nach einem Giesstag auch nicht mehr rot, sondern grau. Eine reduzierende Atmosphäre bedeutet auch, dass man keine besonderen Massnahmen treffen muss, um das zu schmelzende Metall vor Oxydation zu schützen, wie es beim modernen Einsatz von Gas- und Ölbrennern üblich ist.

Obwohl wir eine erprobte Keramikmischung verwendet haben, bildeten sich wegen der grossen Temperaturunterschiede an den Öfen mehrere Risse, die vom 3 bis 4 cm über der Lochplatte liegenden Bereich ausgehen. Dieser Teil der Wand liegt dort, wo einerseits die höchsten Temperaturen auftreten, andererseits die kühlen Teile des Ofens am nächsten liegen, wo also das Temperaturgefälle am stärksten ist. Dass beim Ofen von Vindonissa der obere Teil wenige Zentimeter über der Lochplatte abgebrochen ist, dürfte deshalb kein Zufall sein.

Trotz der nach wenigen Stunden auftretenden und sich langsam vergrössernden Risse hat einer der Öfen bereits fünf Giesstage mit zusammen 30 bis 35 Betriebsstunden und etwa ebensovielen Güssen überstanden. Dennoch möchte ich die Lebensdauer eines solchen Ofens eher kurz ansetzen.

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Der kleine, auf dem Areal Dätwiler gefundene Ofen von Vindonissa wurde von uns nachgebaut und ausprobiert. Es hat sich gezeigt, dass er durchaus zum Giessen von Bronze und anderen Legierungen mit ähnlichem Schmelzpunkt verwendet werden kann. Dabei entsteht ein Spurenbild, das mit dem des originalen Ofens vergleichbar ist. Ob man deswegen für alle ähnlichen Öfen eine Verwendung im metallurgischen Bereich annehmen darf, ist noch offen. Der Fundzusammenhang und die Gebrauchsspuren sollten in jedem Fall mitberücksichtigt werden.

Der Ofen von Vindonissa darf zwar als «Giesserofen» angesprochen werden, doch scheint er kein besonders gebräuchliches Gerät römischer Bronzeschmiede gewesen zu sein. Abgesehen davon, dass bisher kein vergleichbares Stück bekanntgeworden ist, weist er gegenüber dem Standardsystem verschiedene Nachteile auf. Grundsätzlich ist er nur für kleine Arbeiten ausgelegt. Auch stellt er für den stationären Betrieb einen unnötigen Aufwand dar. Selbst ein «Wandergiesser» würde sich an Ort und Stelle einen festen Ofen bauen. Eine mit Ziegeln verkleidete oder mit Lehm ausgestrichene Grube reicht dazu völlig aus. Eine solche Anlage ist im Gegensatz zum Ofen von Vindonissa mit weniger Aufwand herzustellen und kann repariert werden. Zudem ist sie einfacher und flexibler zu betreiben, so lassen sich in einer Grube z. B. mehrere Tiegel gleichzeitig erhitzten, was der seriellen Produktion der römischen Zeit mehr entgegenkommt.

Die Vorteile des kleinen Ofens zeigten sich nicht im Experiment, sondern bei der Vorführung im Garten des Vindonissa-Museums (Abb. 6), wo recht feuchte Bedingungen herrschten. Der Einsatz des Ofens ist fast völlig unabhängig von Ort und Untergrund möglich. Er ist zudem leicht zu transportieren und innert weniger Minuten aufgestellt und ebenschnell abgebaut. Es dürfte kein Zufall sein, dass der Ofen in der fabrica eines Legionslagers gefunden wurde. Er gehörte wohl zur Ausrüstung eines bei der Legion beschäftigten Bronzeschmieds, der auch im Feld und unter widrigsten Bedingungen schnell für kleine Arbeiten einsatzbereit sein musste.

¹⁷ Hinweis eines Besuchers der Vorführungen im Vindonissamuseum, bei dem ich mich auf diesem Weg bedanke.