

Das Rekonstruktionsmodell einer idealisierten Bronzegusswerkstätte nach archäologischen Befunden der späten Bronzezeit im Freilichtbereich des Museums für Urgeschichte in Asparn an der Zaya in Niederösterreich

Michael Konrad, Wolfgang F. A. Lobisser

Summary – Reconstruction model of an idealized Late Bronze Age casting workshop in the Museum of Prehistory in Asparn in Lower Austria. *During our work on the idealized reconstruction model of a Late Bronze Age casting workshop in the archaeological open air museum in Asparn in Lower Austria, several questions were raised concerning the assembly of the equipment, as well as the amount of place that must have been necessary for a casting oven in the past. Other questions focused on how to use the space and how to arrange the tools for different working steps during the casting process.*

To gain some experience concerning these matters we started an empirical serial production for casting in so-called lost wax technique. The almost 60 bronze casts were structured in smaller study cases to get some results with altering ways of building the moulds with different mixtures of clay, sand and some other additives. In the course of these practical activities, we could define the most interesting measurable parameters for our casting experiments. The reconstruction model of the oven is mostly based on findings from around Salzburg in Austria. Our goal was to reconstruct a workshop for flexible use for bronze casting and forging, as well as for smelting copper ore. The casting experiments were carried out to gain basic information for the idealized reconstruction model in the museum, especially concerning the possible use of the inner space of the bronze workshop and the arrangement of equipment and tools around the oven. For us our practical bronze casting studies were an important step in understanding the matters and difficulties of organizing a bronze casting workshop.

Das archäologische Freilichtmuseum in
Asparn an der Zaya

Mit seiner Konzeption eines archäologischen Freilichtbereichs im Museum für Urgeschichte in Asparn an der Zaya in Niederösterreich gehört Franz Hampl zweifellos zu den großen Pionieren der prähistorischen Kulturvermittlung in Mittel-

europa. Als das Freilichtmuseum am 5. Juni 1970 eröffnet wurde, umfasste es elf Architekturmodelle von prähistorischen Bauten (HAMPL 1972). Präsentiert wurden Gebäudemodelle aus dem Paläolithikum, dem Jungneolithikum, der frühen Bronzezeit, der frühen Hallstattzeit sowie aus der späten Latènezeit. Auch die Nachfolger von Franz Hampl haben ihre Spuren im

Freilichtmuseum hinterlassen. Nicht nur, dass einzelne Architekturmodelle immer wieder in Stand gesetzt, umgebaut oder erneuert werden mussten, haben sie auch das Ensemble durch weitere, neue Architekturmodelle auf der Basis von aktuellen archäologischen Befunden erweitert und ergänzt (LAUERMANN 2013, 16ff.). Den mit der Zeit wachsenden Ansprüchen der Idee des archäologischen Experiments folgend spielte bei diesen Bauvorhaben der Einsatz von „authentischen“ Technologien eine zunehmend wichtigere Rolle. Dem Freilichtbereich war von Anfang an ein Versuchsgelände angegliedert, in dem seit mehr als 30 Jahren auch Lehrveranstaltungen der Universität Wien zur experimentellen Archäologie durchgeführt werden (KRENN-LEEB, LOBISSER, MEHOFER 2011, 19ff.).

Es erscheint verständlich, dass im Frühjahr 2012 manche der archäologischen Rekonstruktionsmodelle – Gebäude, die vor allem aus Baumaterialien wie Holz, Lehm und Schilf bestanden – nach einer Benutzungsdauer von bis zu 48 Jahren schlicht und einfach am Ende ihrer natürlichen Lebenserwartung angekommen waren. Umso mehr, als viele der prähistorischen Bauten in Pfostenbauweise ausgeführt waren, deren tragende vertikale Konstruktionselemente man den archäologischen Vorbildern folgend in den Untergrund eingetieft hatte und die so den Holz zersetzenden Kräften des Bodens über viele Jahre ausgesetzt waren. Die Niederösterreichische Landesausstellung 2013 „Brot und Wein“, bei der Asparn an der Zaya mit dem Museum für Urgeschichte – nunmehr MAMUZ – eine tragende Rolle spielte, bot die Möglichkeit, das Freilichtgelände zu aktualisieren (vgl. LAUERMANN, PACHER 2013, 16), Reparaturen vorzunehmen und einige Gebäude neu und dem letzten Stand der archäologischen Forschung folgend zu errichten (PACHER 2013, 186ff.; LOBISSER 2014, 36ff.).

Praktische Experimente zum Bronzeguss

Im Rahmen dieser Bauarbeiten, die von der experimentellen Arbeitsgruppe des VIAS (Vienna Institute for Archaeological Science), einer interdisziplinären Forschungsinstitution der Universität Wien, durchgeführt wurden, war es möglich, mehrere praktische Experimente und Studien zu Bronzegussverfahren der späten Bronzezeit durchzuführen. Dabei war es unser erklärtes Ziel, eine idealisierte Bronzeverarbeitungswerkstätte einzurichten, die den Museumsbesuchern alle zur Erzeugung von gegossenen und geschmiedeten Bronzeobjekten notwendigen Arbeitsschritte in anschaulicher Art und Weise vor Augen führen konnte. Aber wie dürfen wir uns einen derartigen Werkstättenbereich vorstellen, wo es dazu nur



Abb. 1: Um Wachsmodelle in beliebiger Menge herstellen zu können, haben wir unsere Objekte zuerst aus Ahornholz geschnitzt und mit diesen Holzformen eigene Gussformen für die Wachsmodelle angefertigt. – To produce a broad range of wax models, we first carved our objects in maple wood and made special moulds for the wax preforms.

wenige und sehr fragmentierte archäologische Befunde gibt? Um uns eine bessere Vorstellung von diesen Arbeitsschritten und vom logistischen Ablauf derselben zu erarbeiten, haben wir zu diesem Themenbereich zahlreiche Vorversuche durchgeführt, die im Folgenden vorgestellt werden sollen. Dabei haben uns auch ethnologische Vorbilder inspiriert (vgl. ARMBRUSTER 2005, 197ff.).

Da wir aus der späten Bronzezeit europaweit nur relativ wenige Fragmente von Gussformen aus Lehm, Stein oder gelegentlich auch Bronze kennen (vgl. WEIDMANN 1981, 218ff.), lag unser Hauptaugenmerk auf dem Guss in verlorener Form (Abb. 1). So haben wir uns bemüht, auf der Basis der bekannten archäologischen Befunde zu diesem Forschungsbereich effektive Gussverfahren zu entwickeln, bei denen so gut wie keine archäologisch relevanten Reste von den Lehmformen übrig bleiben würden. Im Rahmen dieser Versuchsreihen wurden unterschiedliche Methoden zum Bau von Wachsmodellen getestet und verschiedenste Lehmmischungen für den Formenbau ausprobiert. Bei mehr als 60 Probestücken hatten wir Gelegenheit mit unterschiedlichen Anordnungen von Esse, Gebläse, vorgeheizten Formen, Standort des Gießers usw. zu experimentieren und dabei auch in allen Stadien der Gussprozesse Temperaturen zu messen. Die Ergebnisse dieser groß angelegten Versuchsreihe zum Bronzeguss werden zur Zeit von Michael Konrad im Detail ausgewertet.

In Bezug auf die Werkstatt in Asparn versetzten sie uns in die Lage, den Arbeitsbereich im Inneren des Gebäudes so zu gestalten, dass er die innere Logik der Werkprozesse auf der Basis unserer praktischen Erfahrungen spiegelt. Präsentiert werden dabei neben einer eingetieften Esse mit Lehmwandung, die sich an einem archäologischen Befund auf dem Falkenstein bei Krimml orientiert (vgl.

HELL 1963, 3ff.), Düsen, Gusstiegel, Gussformen und Blasebälge, Mobiliar aus Holz sowie verschiedene Werkzeuge und Gerätschaften. Ein eigener Bereich zeigt die Herstellung von Wachsmodellen, ein anderer die Weiterverarbeitung der Rohgüsse zu Fertigprodukten mit Tüllenhammer, Steckamboss und anderen Werkzeugen. Die Reste der Lehmformen unserer Gussversuche haben wir direkt vor dem Gebäude deponiert, um so im Sinne eines Langzeitversuchs die langsame Zersetzung derselben beobachten zu können.

Befund und Rekonstruktion des Gebäudes

Unser Architekturmodell einer Buntmetallwerkstätte der späten Bronzezeit basiert auf einem archäologischen Befund aus Unterradlberg in Niederösterreich. Es handelt sich dabei um Haus 2 dieser relativ großen Ansiedlung, welches dem Typus der Zweijochbauten zugeordnet wurde und bei der Ausgrabung Ausmaße von 7,4 auf 3,8 m zeigte (ADAMETZ 2009, 10ff., Abb. 10). Zweijochbauten der späten Bronzezeit wurden Gebäuden des sog. „Vielzweck-Typs“ zugerechnet, der sowohl als Arbeits-, Schlaf-, Wohn- oder Speichergebäude genutzt worden sein könnte (MÜLLER 1986, 128, Abb. 1). Vieles spricht dafür, dass dieser klassische Zwölfpfostenbau in der späten Bronzezeit ein Satteldach getragen hat. Man kann sich gut vorstellen, dass Bronze verarbeitende Werkstätten in derartigen Haustypen untergebracht waren. Vielleicht war Haus 2 aus Unterradlberg gerade deshalb am Rand der Siedlung erbaut worden?

Als Bauplatz im Freilichtmuseum wurde ein annähernd ebener Bereich ausgewählt. Dort haben wir den Grundriss des Hauses befundgetreu auf den Boden übertragen, die Positionen für die Pfosten markiert und die Gruben für selbige etwa 80 cm tief ausgehoben, wobei wir bei den

Firstpfosten noch etwas tiefer gingen. Die Pfosten selbst fertigten wir aus runden Eichenstämmen mit Durchmessern von bis zu 30 cm. Die Längen für die Pfosten wurden so gewählt, dass sich bei einem Dachneigungswinkel von annähernd 45 Grad innen direkt neben den Seitenwänden eine Raumhöhe von etwa 2 m ergab. Um gute Auflager für die Pfettenbäume zu erhalten, wurden die oberen Enden der Pfosten in Richtung der Hauptachse des Hauses halbrund ausgearbeitet, wobei wir die wechselnden Durchmesser der Pfetten durch vertikale Zirkelschläge angezeichnet und so individuell angepasst haben.

Ein Dachstuhl aus Rofen und Latten mit Lärchenschindeldeckung

Auf die Fußpfetten setzten wir unmittelbar neben den Pfosten mit vier waagerechten Konstruktionshölzern eine Lage von Querbalken, die mittig durch halbrunde Ausnehmungen an die Firstpfosten angepasst wurden und so einerseits die gesamte Konstruktion miteinander verbanden, andererseits aber auch als Unterlager für einen partiellen Zwischenboden im Gebäude dienten. Der Dachstuhl selbst wurde von acht Rofenpaaren gebildet, die mit halbrunden Ausnehmungen auf den Pfetten aufsitzen, mit Holznägeln gesichert wurden und ihrerseits als Träger für die Lattenhölzer dienten, die in gleicher Art und Weise aufgebracht wurden.

Bei der Anfertigung der halbrunden Ausnehmungen mit Werkzeugen aus Bronze hat sich gezeigt, dass sich die Bauhölzer, deren Fälldatum zu dieser Zeit bereits etwa sechs Monate zurück lag, deutlich schwerer bearbeiten ließen als bei unseren Vorversuchen am frischen Holz. Das galt vor allem für das harte Eichenholz der Pfosten, aber auch für die Konstruktionshölzer des Dachstuhls aus Fichte. Dennoch war die Ausformung der Holzverbindungselemente mit Lappenbeilen



Abb. 2: Die gewölbten Schneiden der Bronzebeile waren gut geeignet, um halbrunde Verbindungselemente an den Bauhölzern zu formen. – The curved blades of our bronze axes turned out to be very useful for carving round shaped joints on the construction woods.

und Meißeln problemlos möglich. Die gewölbten Schneiden der Bronzeklingen erwiesen sich dabei sogar als besonders gut geeignet, um die halbrunden Ausnehmungen der Anpassungen auszuarbeiten (Abb. 2). Es scheint, dass die Formen der Bronzeschneiden im Laufe ihrer Entwicklung perfekt auf diese Art der Holzverbindungen abgestimmt wurden. Aber wir dürfen festhalten, dass die Menschen der Bronzezeit bei ihrer Bauplanung ein großes Interesse daran gehabt haben mussten, Bauhölzer möglichst bald nach dem Fälldatum zu verbauen, da der Arbeitsaufwand kontinuierlich mit der Lagerzeit der Hölzer anstieg und damit auch die Gefahr, dass die Werkzeuge dabei Schaden nehmen konnten.

Unsere Spaltschindeln aus Lärchenholz

wiesen Längen von ca. 70 cm auf und wurden in doppelten Lagen an den Latten des Dachstuhls befestigt, wobei wir darauf achteten, dass die Fugen zwischen den einzelnen Schindeln der oberen Reihen jeweils mittig auf den unteren zu liegen kamen, so dass kein Regenwasser ins Innere des Gebäudes dringen konnte.

Flechtwerkwände mit Lehmewurf

Um zu verhindern, dass der Lehmewurf der Flechtwände Feuchtigkeit aus dem anstehenden Boden ziehen könnte, haben wir zwischen den Pfosten der Außenwände Schwellenhölzer aus Eiche in den Boden versenkt. In diese haben wir, wie oben, in die Unterseiten der Wandpfetten in regelmäßigen Abständen von etwa 40 cm Löcher eingearbeitet, um die vertikalen Elemente der Flechtwände mit Stärken von etwa 4 bis 5 cm an beiden Enden fixieren zu können. Anschließend wurden die Wandbereiche zwischen den Pfostenstellungen mit Flechtwerk aus Hasel geschlossen.

Dabei hat sich herausgestellt, dass Haselruten mit Wurzelenddurchmessern bis zu 3 cm am besten zu verarbeiten waren. Das entspricht etwa 2 bis 3 Jahre alten Trieben. Um die Wandbereiche inklusive der beiden Giebel und der partiellen Zwischenwand im Inneren schließen zu können, haben wir in etwa 2500 Laufmeter an Haselruten verbraucht. Wenn man nun die Strauchgürtel der umliegenden Wälder nach entsprechenden Haselruten absucht, wird man – ebenso wie wir – bald feststellen, dass es sehr schwierig ist, diese Menge an geeigneten Ruten in ihrem natürlichen Umfeld zu ernten, da sich in der Regel in jedem Haselbusch nur zwei bis fünf Triebe in der richtigen Stärke finden lassen. Viel einfacher wäre es für uns wohl gewesen, zwei bis drei Jahre vor Beginn der Bauarbeiten einfach alle Haselbüsche der Umgebung knapp oberhalb der Wurzelanläufe zu fällen.

Dann hätten wir sicher sein können, dass diese als Reaktion in großer Menge gleichmäßig dicke Triebe in der gewünschten Stärke ausgebildet hätten. Somit besteht Grund zu der Annahme, dass man in der Vergangenheit genau das auch gemacht hat. Durch bestimmte Manipulationen an lebenden Bäumen und Sträuchern hätte man ganz bewusst das Wachstum von bestimmten Hölzern beeinflussen können, um Baumaterial rechtzeitig in ausreichender Menge zur Verfügung zu haben. Das gilt nicht nur für Flechtmaterial, sondern grundsätzlich auch für alle übrigen Konstruktionshölzer für den Bau von Gebäuden, Gerätschaften und Werkzeugen. Man denke dabei nur an die aus Ast- und anhaftendem Stammbereich bestehenden Kniehölzer für die Beil- und Dechselschäftungen. Die Flechtwände der Außenwände wurden mit Lehmewurf abgedichtet, wobei zwei Fensteröffnungen sowie ein Türbereich an der vorderen Giebelseite ausgespart wurden (*Abb. 3*).

Türblatt, Innengliederung und Zwischenboden

Den Türrahmen haben wir aus mit Bronzedeckeln rechteckig geformten Eichenstämmen gefügt, wobei die senkrechten Elemente durch rechteckige Zapfenverbindungen mit Schwelle und Türsturz verbunden und durch Holznägel gesichert wurden. Das Türblatt besteht aus flächig überarbeiteten Spaltbohlen und wurde durch zwei Gratleisten und Holznägel zusammengehalten. Als klassische Wendebohlentür zeigt das Blatt links oben und unten zwei Zapfen, die in Schwelle und Türsturz eingelassen gewissermaßen als Scharnier fungierten. Durch einen Holzriegel kann die Tür auch versperrt werden.

Der Innenraum ist durch eine Flechtwand in zwei Bereiche gegliedert, wobei der kleinere Raum als Wohnbereich des

Handwerkers gedacht war und mit einer Bettstatt, Mobiliar, Keramik und Kleidungsstücken ausgestattet wurde. In diesem Bereich, der etwa ein Drittel der Hausinnenfläche ausmacht, haben wir als Isolation gegen den Untergrund einen Holzboden aus Halbstämmen eingebracht.

Nach oben hin wird der Raum durch eine Zwischendecke aus Rundhölzern abgegrenzt, die bis zur Mitte des vorderen Raumes reicht. Im vordersten Drittel des Werkstättengebäudes wurde auf einen Zwischenboden verzichtet, damit der Rauch der Bronzeießerei ungestört nach oben entweichen und durch die Giebel abziehen konnte.

Ein Gussofenbefund aus Salzburg

Als zentrales Element des Rekonstruktionsmodells darf wohl der Ofen selbst gelten. Dabei stützten wir uns auf einen archäologischen Befund aus Grube 8 am Falkenstein bei Krimml (HELL 1963, 6ff.). Der Grundriss des dort gefundenen Gebäudes ist zwar mit seinen Ausmaßen von 5 m Länge und 3,5 m Breite um einiges kürzer, aber die Raumaufteilung als „Werkstatt“ entspricht ziemlich gut der von uns umgesetzten Hausrekonstruktion. Die zusätzliche Länge des Befundes aus Unterradlberg wurde als Wohn- und Schlafbereich interpretiert, was sich in dem Zweijochbau auch gut darstellen ließ. Martin Hell beschrieb eine Herdgrube im Gebäudeinneren, welche sich mittig an der Südostseite des Gebäudes befand (HELL 1963, 7, Abb. 4). Die Dimensionen von 1,25 m Durchmesser und 0,2 m Eintiefung in den Boden haben wir im Maßstab 1:1 übernommen. Auf der Grundlage unserer Versuche haben wir die Herdgrube etwas rechts vom Türbereich platziert. Der Boden der Grube wurde mit Steinen gegen die vor Ort herrschende Bodenfeuchtigkeit isoliert. Um der Rekonstruktion eines Mehrzweckgrubenofens zu ent-



Abb. 3: Unser fertig gestelltes Werkstättenmodell in Pfostentechnik mit Flechtwerkwänden, Lehmewurf und Lärchenschindeldach. – Our finished workshop model in post technique with wicker-work walls, loam plaster and larch shingle roof.

sprechen, haben wir eine etwa 25 cm hohe Ofenwandung aus Lehm aufgezogen, welche sich zwar bei dem Befund nicht mehr nachweisen ließ, die aber nach unseren praktischen Erfahrungen sowohl für die Funktionen des Ofenmodells als Gussofen und als Kupferschmelzofen, aber auch zum Brennen der Formen bestens geeignet war. Als Düse verwendeten wir eine Winkeldüse, ein Typ, der durch verschiedene Funde belegt ist und in dieser Form schon mehrfach von verschiedenen experimentellen Gruppen erfolgreich eingesetzt worden ist (vgl. FASNACHT 1995, 240f.). Die von Martin Hell zu Tage geförderten Funde stützen die Annahme, dass diese Herdstelle regelmäßig als Gussofen für Bronzeverarbeitung genutzt wurde, ein Faktum welches vom Ausgräber stets betont wurde (HELL 1969, 5ff).

Ein spezielles Versuchsgelände

Da unsere Versuchsreihe vor allem dafür gedacht war, empirisch eine gute und in sich schlüssige Anordnung der einzelnen Tätigkeiten beim Gussprozess herauszufinden, haben wir ein eigenes Experimentiergelände eingerichtet. Für diesen



Abb. 4: Die gewünschten Gussobjekte wurden zuerst aus Bienenwachs geformt, das später aus den Lehmformen ausgeschmolzen werden konnte. – First our casting objects were formed out of beeswax that could later be melted out from the clay moulds.

Zweck wurde ein etwa gleichgroßer Bereich wie die spätere Werkstatt abgesteckt und mit Kies angeschüttet. Der Ofenbereich wurde im Zentrum dieser Fläche errichtet, um alle notwendigen Arbeiten in jeweils verschiedenen Anordnungen darum herum durchführen zu können. Eine separate Feuerstelle diente zum Brennen unserer Lehmformen. Mit Holzklötzen und Bänken wurden Arbeitsunterlagen für Modelbau und Formbau simuliert. Diese konnten relativ leicht immer wieder neu angeordnet und angepasst werden. Der Arbeitsbereich wurde auf zwei Seiten mit Strohmatte abgegrenzt, um auch ein Gefühl für den zur Verfügung stehenden Raum zu erhalten. Aufgrund der hohen Stückzahl an geplanten Güssen wurden nicht alle Arbeiten zwingend auf dem ausgesteckten Areal durchgeführt. Jedoch wurde der gesamte Arbeitsablauf vom Bau der Bienenwachsmodele (Abb. 4) bis zur Nachbearbeitung der fertigen Bronzegüsse mehrmals in verschiedenen Anordnungen vor Ort durchgespielt. Dadurch erhielten wir letztlich die gewünschten Erkenntnisse, um die Anordnung der Arbeitsschritte mit allen

zugehörigen Werkzeugen und Gerätschaften in der Museumsrekonstruktion schlüssig darstellen zu können.

Verschiedene Gussreihen

Für die Inneneinrichtung des Werkstattmodells wollten wir möglichst viele Schaustücke selbst anfertigen, die im Zuge unserer Vorversuche zu den Arbeitsabläufen gegossen werden sollten. Dabei legten wir Wert darauf, alle notwendigen Arbeitsschritte zu visualisieren und auch die Bronzeobjekte in unterschiedlichen Stadien ihrer Fertigung zu präsentieren. Bezüglich der Gussverfahren entschieden wir uns, vor allem Güsse in verlорener Form zu zeigen, da dies nach aktuellem Forschungsstand wahrscheinlich wohl auch das am häufigsten angewendete Verfahren gewesen sein musste (Abb. 5-6). In weiterer Folge waren für uns auch die Abfälle dieses Gussverfahrens interessant, sowohl in der entstandenen Menge als auch der möglichen archäologischen Nachweisbarkeit. Um ein zügiges Arbeiten mit relativ großen Stückzahlen zu ermöglichen, haben wir uns für die Herstellung der Wachrohrlinge Gipsformen angefertigt. Man hätte diesbezüglich zwar auch die Rohlinge in feuchten Lehmplatten abformen und gießen können, doch hätte dies zwangsläufig einen wesentlich höheren Aufwand in der Vorbereitung bedeutet, der für unsere fachspezifischen Fragestellungen wenig relevant war. Mit unseren Formen waren wir in der Lage, die gewünschten Wachsmodele relativ schnell produzieren zu können, um genug Zeit für die eigentlichen Fragen des Experimentes zu haben. Ab dem Fertigungsschritt der Wachrohrlinge versuchten wir jedoch, weitgehend so zu arbeiten wie wir uns dies für die Bronzezeit vorstellen dürfen.

Da unsere nachgestellte Werkstatt die eines kleineren Dorfes darstellen sollte, haben wir bezüglich der Repliken eine



Abb. 5: Die gut getrockneten Lehmformen werden am Ofen behutsam erhitzt, um das Wachs ausschmelzen zu können. – The well dried clay moulds are carefully heated beside the oven to melt out the wax.



Abb. 6: Die heiße Bronze wurde in vorgeheizte Lehmformen gegossen. – Casting the hot bronze into the preheated moulds.

entsprechende Auswahl zusammengestellt. Den Großteil bildeten dabei Sicheln, verschiedene Messertypen, Rasiermesser und Nadeln (vgl. LAUERMANN, RAMMER

2013, 47ff.). Aber wir haben auch eine kleine Auswahl an Werkzeugen zur Bronzebearbeitung angefertigt, die aus Tüllenhämmern und Meißeln bestand. Um Wachsmodelle in beliebiger Anzahl anfertigen zu können, haben wir die gewünschten Gerätschaften aus Ahornholz geschnitzt, die dann abgeformt wurden (Abb. 1).

Das Formmaterial

Beim Formmaterial für die Gussformen probierten wir verschiedene Lehm- und Tonarten mit unterschiedlichen Magerungszuschlägen aus (vgl. GIESE, SCHWÄMMLE, TROMMER 2002, 93ff.). Ebenso haben wir unterschiedliche Aufbauten der Formen mit Schlickermaterial und Lehmantelschichten getestet. Grundsätzlich verwendeten wir den vor Ort anstehenden Lehm aus Asparn, der sich zwar für die Herstellung von Keramik nur bedingt eignete, der sich aber für den Formenbau gut verarbeiten ließ. Unsere zwei hauptsächlich verwendeten Lehmischungen sollen nun kurz vorgestellt werden. Es hatte sich herausgestellt, dass dabei die Abmischung des äußeren Mantelmateriales eine geringere Rolle spielte als die Konsistenz des inneren Schlickers und die der Schichten des Aufbaues im Übergang von Schlicker und Lehmmantel. Die Anforderungen an das Mantelmaterial waren durch die relativ grobe Magerung und den hohen organischen Anteil gut erfüllt. Die Formen ließen sich relativ schnell trocknen, ohne Risse zu bilden. So bestand der Unterschied bei den meisten Formen hauptsächlich im unterschiedlichen Aufbau des Schlickermaterials im Inneren. Unsere Formen waren alle so konstruiert, dass neben den Einguss-trichtern sog. Gusspfeifen – Luftkanäle nach außen – das Austreten der in den Formen enthaltenen Luft ermöglichen sollten.

Lehmmischung 1: Hierbei wurde auf das Wachsmodel eine dünne Schlickerschicht aus reinem Lehm aufgetragen; nach kurzem Antrocknen wurde diese nun immer dickflüssiger aufgetragen bis das Wachsmodel letztlich mit ca. 0,5 cm Schlicker umhüllt war. Hierauf wurde nun eine relativ grob gemagerte Mantelmischung aus Lehm und Sand aufgetragen.

Lehmmischung 2: Bei diesem Aufbau wurde zuerst eine dünne Schicht mit sehr wässrigem Schlicker aufgezogen, die nach dem Antrocknen mit einer Schicht aus Holzkohlestaub überzogen wurde; dies wurde dreimal wiederholt, um die notwendige Stärke zu erreichen; danach wurde auch hier das Mantelmaterial gleicher Konsistenz aufgetragen.

Die Gussformen mit beiden Lehmmischungen konnten nach 2 Tagen Trocknungszeit bei vorausgehendem langsamen Anwärmen am Lagerfeuer gebrannt werden. Dabei zerbrachen lediglich 8 von den erstellten 65 Gussformen oder bekamen Risse, die eine praktische Verwendung unmöglich machten. Dies geschah jedoch meist durch zu großen Druck der Zange, die zum Wenden eingesetzt wurde. Drei Versuche, Ambosse zu gießen, scheiterten letztlich an zu dünnen Formmänteln, in Relation zu Größe und Gewicht der geplanten Gussstücke betrachtet.

Wie sich dann bei den praktischen Güssen herausstellte, war die Schlickerung der Innenstruktur bei Lehmmischung 1 nicht ideal. Sie verband sich weder gut mit dem weiteren Mantelmaterial, noch ermöglichte sie den nötigen Gas- und Luftabfluss nach außen hin, weil die Struktur dafür einfach zu dicht war. Das führte dazu, dass bei den mit diesen Formen erzeugten Güssen die Formen nur selten vollständig mit Bronze ausgefüllt wurden und auch die Oberflächen der erzielten Stücke Blasen aufwiesen (Abb. 7).



Abb. 7: Bei Lehmmischungen mit zu dichten Lehmmischungen wurden die Formen oft nicht vollständig von der Bronze ausgefüllt. – Clay moulds with very dense clay mixtures were not filled completely with bronze.



Abb. 8: Ausreichend organisch gemagerte Lehmmischungen erbrachten zufriedenstellende Bronzegüsse. – Clay moulds with enough organic additives delivered good bronze casts.

Nach mehreren Durchgängen mit demselben Ergebnis haben wir davon abgesehen, die restlichen so erstellten Formen zu brennen und zu gießen. Bei der Lehmmischung 2 waren abhängig von der Formtemperatur die Ergebnisse durchaus mit Originalgüssen vergleichbar (Abb. 8). Die Oberflächen mussten hier, abgesehen von wenigen Einschlüssen, kaum mehr überarbeitet werden.

Das Gussverfahren

Der Ablauf der Güsse war grundsätzlich zumeist sehr ähnlich, jedoch stellte sich heraus, dass es große Unterschiede bei den Gussergebnissen gab, die direkt von der jeweiligen Temperatur der vorgewärmten Gussformen abhingen. Die Formen wurden prinzipiell in einem kleinen offenen Feuer neben dem Gussofen gebrannt. Dann haben wir – je nach Größe – zwischen zwei und vier Formen nebeneinander aufgestellt und so positioniert, dass ihre Eingusstrichter genau nach oben zeigten. So konnten wir mit einer Schmelztiegelfüllung gleich mehrere Formen in einem Arbeitsschritt ausgießen. Durch das Aufstellen und Einrichten der Formen hatten diese auch noch genügend Zeit, um etwas abzukühlen.

Die besten Gussergebnisse ließen sich erreichen, wenn die Formen noch ca. 400°C heiß waren (vgl. GIESE, SCHWÄMMLE, TROMMER 2002, 93ff.). Bei höheren Temperaturen kam es öfter vor, dass nicht alle Gase entweichen konnten und so vermehrt Blasen an den Gussstücken auftraten. Bei zu niedrigen Temperaturen wurden nicht mehr alle Hohlräume der Formen ausgefüllt, weil die Bronze zu früh erkalte und dabei ihre Fließeigenschaften verlor. Gerade bei den relativ flachen Rasiermessermodellen geschah es mehrfach, dass die Bronze im Bereich der ganz unten liegenden Griffteile bereits zu stark abgekühlt war und diese in der Folge nicht mehr erreichen konnte. Das vorhergehende Brennen einiger Formen, die dann für den Gussprozess wieder aufgewärmt wurden, lieferte keine guten Ergebnisse, da hier die Temperatur der Gussformen zu unterschiedlich ausfiel. Vor allem war sie dabei zumeist nicht einmal bei einer Form in allen Bereichen konstant.

Die Temperatur des Ofens wurde stichprobenartig bei mehreren Gussvorgängen gemessen, bei den Lehmformen wurde

sie jedoch jedes Mal sowohl direkt nach dem Brennvorgang und auch kurz vor dem Guss selbst gemessen. Bei jedem Gussdurchgang wurde die Anordnung der einzelnen Bereiche leicht abgeändert, bis sie für unseren Bronzegießer optimal passten. Eine komplette Auswertung dieser Daten steht noch aus und wird in nächster Zeit zusammen mit den metallurgischen Untersuchungen vorgelegt werden.

Zusammenfassung und Ausblick

Durch die oftmalige Wiederholung der oben beschriebenen Abläufe in den unterschiedlichsten Anordnungen und Raumaufteilungen ergab sich bald ein schlüssiges Bild, wie man eine rekonstruierte Bronzewerkstätte einrichten könnte (Abb. 9). Da die Arbeiten hauptsächlich von immer derselben Person durchgeführt wurden, spielte dabei natürlich die persönliche Herangehensweise eine große Rolle. Jedoch folgte die gewählte Anordnung einem für den Besucher gut nachvollziehbaren logischen Aufbau, der sowohl die Reihenfolge der durchzuführenden Tätigkeiten, als auch den dabei notwendigen Platzbedarf berücksichtigte.

So platzierten wir den Bereich der Nachbearbeitung so, dass genügend Licht durch das Fenster auf den Arbeitsplatz fiel. Der Bereich direkt unter dem Fenster wurde zur Herstellung der Wachsmodelle benutzt. Da der Raum in der Mitte geteilt wurde, um den Besuchern genug Platz zur Besichtigung zu geben, haben wir auch das Einformen der Wachsmodelle auf denselben Bereich gelegt. Beide Arbeitsschritte konnten dort gut verrichtet werden und würden wohl auch selten gleichzeitig stattfinden. Der Gussofen wurde in seiner Lage dem Befund am Falkenstein bei Kimml entsprechend annähernd in der Raummitte rekonstruiert (HELL 1963, 6ff.). In der Ecke blieb daher genügend Platz für die Blasbälge und für



Abb. 9: Die Inneneinrichtung unserer rekonstruierten Bronzeverarbeitungswerkstätte mit Schmelzofen, Blasebälgen und anderen Werkzeugen. – The inner arrangement of our reconstructed bronze casting workshop with melting oven, leather bellows and other tools.

die Person, die diese bei der praktischen Verwendung betätigen konnte. Der Bronzegießer selbst hatte von seinem Standpunkt im Bereich der Raummitte jederzeit Zugriff auf die zu gießenden Formen und das Rohmaterial in Form von Kupfer- und Zinnstücken und konnte dabei auch alle notwendigen Werkzeuge bequem erreichen.

Lediglich die Feuerstelle zum Brennen der Formen musste dem Platzbedarf für den Besucherstrom weichen und wird nun außerhalb der Hütte gezeigt. In der Bronzezeit hätte man die Formen aber auch im Gussofen brennen können, wobei uns dies aber aufgrund der großen Temperaturschwankungen beim separaten Aufheizen der Formen keine gute Lösung zu sein schien.

Bezüglich der Lehmformen hat sich herausgestellt, dass die Gusspfeifen alleine nicht ausreichten, dass die in den Hohlräumen enthaltene Luft und die beim Guss entstehenden Gase schnell genug entweichen konnten. Darüber hinaus war es unabdingbar, dass das Material der Formenwände ebenfalls porös und möglichst luftdurchlässig war. Somit war ein Ergebnis unserer Versuchsreihe auf jeden Fall, dass unsere Güsse umso erfolgreicher ausfielen, je mehr organisches Material wir in den inneren Schlickerschichten in Form von Holzkohlenstaub eingebaut hatten. In letzter Konsequenz könnten wir uns auch vorstellen, dass es wahrscheinlich möglich wäre, bei entsprechend entwickeltem Formenbau eventuell ganz auf Gusspfeifen zu ver-



Abb. 10: Das Lehmmaterial der zerbrochenen Gussformen könnte bei einer archäologischen Ausgrabung leicht mit Hüttenlehm verwechselt werden. – During an archaeological excavation the clay rests of broken moulds could easily be interpreted as remains of burnt clay plaster.

zichten. Ein Geheimnis eines guten Bronzezusses lag offensichtlich darin, Formen zu bauen, die innen aus sehr feinem und damit gut zeichnendem Material bestanden, die aber trotzdem so aufgebaut waren, dass sie nicht luftdicht waren, sondern allfällige Gase schnell nach außen durchließen. Zusammensetzung und Aufbau der Formen mögen dabei bereits in der Bronzezeit als wertvolle Werkstättengeheimnisse gehütet worden sein, die man nicht ohne Weiteres an Außenstehende weitergegeben hat. Vielleicht hat man deshalb auch speziell darauf geachtet, dass keine Rückstände von den Lehmformen zurückblieben, aus denen Unbeteiligte, womöglich die Konkurrenten, eventuell Rückschlüsse auf den Formenbau tätigen hätten können. Zumindest wäre das ein möglicher Erklärungs-

ansatz, warum wir kaum Reste von Bronzezussformen aus Lehm aus dem Boden kennen.

Beim Gussprozess selbst waren dabei aber auch die jeweilige Temperatur der vorgeheizten Formen und natürlich die Temperatur der Bronze selbst von außerordentlicher Bedeutung. Da wir den vorher abgewogenen Zinnanteil immer erst ganz zum Schluss der Schmelze beifügten, was natürlich dazu führte, dass die Bronze wieder etwas an Temperatur verlor, brauchte es einige Erfahrung, bis wir dabei genau auf die gewünschten Hitzegrade kamen. Erst wenn alle diese Faktoren genau aufeinander abgestimmt waren, erzielten wir wirklich gute Gussergebnisse.

Was die erhaltenen Gussformen aus Stein- oder Bronzematerial betrifft, sollte

man vor diesem Hintergrund daran denken, ob es sich dabei nicht vielleicht eher um Formen handelte, die dazu dienten, Wachsrohlinge in größeren Mengen herstellen zu können, die man dann in Lehmformen packte und in weiterer Folge wieder ausgeschmolzen hat, um sie mit Bronze zu füllen. Da Formen aus Steinmaterial unserer Erfahrung nach zumeist nur wenigen Güssen standhalten, in ihrer Anfertigung aber sehr aufwendig sind, wäre das unserer Ansicht nach ein schlüssiger Interpretationsansatz. Und es würde auch erklären, warum im Verhältnis zu den erhaltenen Bronzen europaweit nur erstaunlich wenige Gussformen aus Stein bekannt geworden sind.

Die fertig gegossenen Formen haben wir links vor der Tür des Gebäudes zerschlagen, so dass hier ein Abfallhaufen aus Gussformbruchstücken entstand, der in der Zwischenzeit zwei Jahre lang der Witterung ausgesetzt war. Und bereits jetzt kann man erkennen, dass sich die Formen bis auf wenige besonders hoch gebrannte Stellen weitgehend auflösten, so dass man das aufbereitete Lehmmaterial problemlos wieder als Magerungsschlag beim Bau von neuen Formen heranziehen könnte. Bei einer archäologischen Ausgrabung könnte dieser Haufen nur allzu leicht als Hüttenlehm interpretiert werden (*Abb. 10*), zumal nur die wenigsten Stücke eindeutige Gussabdrücke aufweisen. In der neuen Bronzeverarbeitungswerkstätte sollen in naher Zukunft weitere Versuche zum Bronzeguss folgen.

Literatur

- ADAMETZ, K. 2009:** Eine urnenfelderzeitliche Siedlung von Unterradlberg VB St. Pölten. Unpublizierte Diplomarbeit Universität Wien 2009.
- ARMBRUSTER, B. R. 2005:** Funktionale Analogien als Quellen für die Experimentelle Archäologie – Metalltechniken und Werkstätten aus Westafrika. Experimentelle Archäologie in Europa. Sonderband 1, 2005, 197-213.
- FASNACHT, W. 1995:** 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.
- GIESE, E., SCHWÄMMLE, K., TROMMER, F. 2002:** Bronzeguss – Eine Versuchsreihe zur Technik des prähistorischen Bronzegusses unter dem besonderen Aspekt des Formenmaterials. Experimentelle Archäologie in Europa. Bilanz 2002, 93-106.
- HAMPL, F. 1972:** Das Museum für Urgeschichte des Landes Niederösterreich mit urgeschichtlichem Freilichtmuseum in Asparn an der Zaya. Katalog des Niederösterreichischen Landesmuseums Neue Folge 46. 2. Auflage. Wien 1972.
- HELL, M. 1963:** Die Ansiedlung der Bronzezeit auf dem Falkenstein bei Krimml in Salzburg. Mitteilungen der Gesellschaft für Salzburger Landeskunde 103, 1963, 3-23.
- HELL, M. 1969:** Wohnstellen der Bronzezeit in Salzburg-Stadt (Salzburg-Gnigl und Salzburg-Parsch). *Archaeologia Austriaca* 46, 1969, 5-18.
- KRENN-LEEB, A., LOBISSER, W. F. A., MEHOFER, M. 2011:** Experimentelle Archäologie an der Universität Wien. Theorie – Praxis – Vermittlung – Wissenschaft. Experimentelle Archäologie in Europa 10. Bilanz 2011, 17-33.
- LAUERMANN, E. 2013:** Das Museum für Urgeschichte in Asparn an der Zaya. Geschichte und Entwicklung des Museums und seines Freigeländes. In: E. Lauer-mann u. a. (Hrsg.), Das „jungsteinzeitliche“ Langhaus in Asparn an der Zaya – Urgeschichte zwischen Befund und Experiment. Archäologische Forschungen in Niederösterreich 11. St. Pölten 2013, 9-86.
- LAUERMANN, E., PACHER, M. 2013:** Das archäologische Freigelände im Museum für Urgeschichte in Asparn an der Zaya und

seine Entwicklung. Archäologie Österreichs 24/2, 2013, 2-21.

LAUERMANN, E., RAMMER, E. 2013: Die urnenfelderzeitlichen Metallhortfunde Niederösterreichs. In: E. Lauer mann, P. Trebsche (Hrsg.), Beiträge zum Tag der Niederösterreichischen Landesarchäologie 2013. Katalog des Niederösterreichischen Landesmuseums Neue Folge 513. Asparn an der Zaya 2013, 47-54.

LOBISSER, W. F. A. 2014: Experimentelle Archäologie in der Urgeschichte – Zur Neugestaltung des archäologischen Freilichtbereichs im Urgeschichtemuseum des Landes Niederösterreich in Asparn an der Zaya. Acta Carnuntina 4/2, 2014, 36-51.

MÜLLER, U. 1986: Studien zu den Gebäuden der späten Bronzezeit und Urnenfelderkultur im erweiterten Mitteleuropa. Unpublizierte Dissertation Universität Berlin, 1986.

PACHER, M. W. 2013: Das archäologische Freigelände des Urgeschichtemuseums als Träger moderner Wissensvermittlung mit kulturtouristischer Relevanz. In: E. Lauer mann u. a. (Hrsg.), Das „jungsteinzeitliche“ Langhaus in Asparn an der Zaya – Urgeschichte zwischen Befund und Experiment. Archäologische Forschungen in Niederösterreich 11. St. Pölten 2013, 186-196.

SPERBER, L. 2000: Zum Grab eines spätbronzezeitlichen Metallhandwerkers von Lachen-Speyerdorf, Stadt Neustadt a. d. Weinstraße. Archäologisches Korrespondenzblatt 30, 2000, 383-402.

WEIDMANN, T. 1981: Bronzegussformen des unteren Zürichseebeckens. Helvetia Archaeologica 12, 1981, 218-230.

ZIMMERMANN, E. J., U. A. 2002: Zurück zur Gussform! Zum Einfluss des Gussformmaterials auf die Mikrostruktur eines gegossenen Bronzeobjektes. In: Experimentelle Archäologie in Europa. Bilanz 2002, 79-91.

Abbildungsnachweis

Abb. 1-10: W. F. A. Lobisser/VIAS – Universität Wien

Autoren

Cand. Phil. Michael Konrad
Institut für Urgeschichte und
Historische Archäologie
Archäologiezentrum Wien
Franz Klein-Gasse 1
1190 Wien
Österreich

Mag. Wolfgang F. A. Lobisser
VIAS – Vienna Institute for
Archaeological Science
Archäologiezentrum Wien
Franz Klein-Gasse 1
1190 Wien
Österreich