

Zeitschrift: Archäologie der Schweiz : Mitteilungsblatt der SGUF = Archéologie suisse : bulletin de la SSPA = Archeologia svizzera : bollettino della SSPA

Herausgeber: Schweizerische Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte

Band: 19 (1996)

Heft: 1

Artikel: Bronzegiessen im Garten des Museums

Autor: Binggeli, Markus / Binggeli, Markus / Müller, Felix

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-16110>

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: 28.01.2026

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

Bronzegiessen im Garten des Museums

Markus Binggeli, Markus Binggeli und Felix Müller

In den letzten drei Jahren führte das Bernische Historische Museum während der Sommermonate im Bereich Museumsvermittlung verschiedene Anlässe durch, die jeweils auf ein reges Besucherinteresse stiessen. Unter den im hauseigenen Park gezeigten Vorführungen fanden besonders die Bronzegiessaktionen grossen Anklang. Waren es am Anfang ausschliesslich Lehrer und Schulklassen, auf die das Programm zugeschnitten war, so zeigte sich bald einmal, dass sich auch ein breiteres Erwachsenenpublikum für diese Art von Vermittlung gewinnen lässt.

Die ersten Giessversuche am Bernischen Historischen Museum wurden im Jahre 1993 durch ein Team unter der Leitung von Walter Fasnacht vom Schweizerischen Landesmuseum, Zürich, durchgeführt. Bereits früher hatte Markus Binggeli aus Thierachern begonnen, sich selbstständig mit dem Giessen von Bronze in der Sandsteinform zu befassen. Mit der Zeit verbesserte er zusammen mit seinem Kollegen Markus Binggeli aus Köniz die Versuchsanordnungen und Gerätschaften, die dann bei ihren eigenen Giessdemonstrationen im Herbst 1994 und Sommer 1995 zum Einsatz kamen. Die beiden Namensvettern sind handwerklich ausgebildet und gleichzeitig pädagogisch geschulte Lehrer. Ziel war, bei möglichst originalen Bedingungen und unter den Augen von Publikum Bronze zu schmelzen und in eine Form zu giessen (Abb. 1). Da nicht die Absicht bestand alleine am Schluss möglichst vollkommene Kopien von antiken Bronzen in Händen zu halten, sondern die einzelnen Arbeitsvorgänge auf der Grundlage von archäologischen Anhaltspunkten und mit möglichst authentischen Materialien ablaufen zu lassen, wurde den Anforderungen der wissenschaftlich betriebenen experimentellen Archäologie weitgehend entsprochen - jedenfalls was die angewandte Technik und das verwendete Material betraf. Eine systematische Dokumentation der Arbeitsweise musste im Sinne der oben geschilderten Vorgaben der Publikumsarbeit unterbleiben. Dennoch ergab sich durch die Serienmässigkeit der Vorführungen die einzigartige Gelegenheit, an den Geräten und Werkzeu-

gen Arbeitsspuren und Schadensbilder zu beobachten, die erst bei längerzeitlichem Gebrauch auftreten. Diese Möglichkeit ist gerade im Bereich der experimentellen archäologischen Metallverarbeitung oft nicht gegeben. Zudem liess sich leicht aus eigener Erfahrung erlernen, wie rasch sich ein geschickter Handwerker die entscheidenden Griffe und Kniffe aneignen und die Arbeitsgänge durch eigene Intuition vervollkommen kann. Eine gewisse Vertrautheit sowohl mit den Eigenheiten der Grundmaterialien Metall, Ton, Leder und Holz sowie im Umgang mit Feuer und Hochtemperaturen sind von Vorteil. Selbst bei tief angesetzten wissenschaftlichen Ansprüchen bleibt die Vermittlungsarbeit bei prähistorischen Handwerksdemonstrationen kaum auf der Ebene der reinen Publikumsschau stecken. Bei gezielten Gesprächen mit den Zuschauern tauchen rasch einmal Themen und Erkenntnisse auf, die den wissenschaftlichen Fragestellungen nicht unähnlich sind. Wie von selbst eröffnet sich aus der praktischen Anschauung heraus ein Weg in die theoretische Durchdringung der Materie. Es ergeben sich optimale Anknüpfungspunkte, um den (kleinen und grossen) Museumsbesuchern ein vertieftes Verständnis für die Methoden und Arbeitsweisen der archäologischen Bodenforschung zu vermitteln. Letztlich geht es um die Wertschätzung des handwerklichen Könnens und der Fähigkeiten, Materialien zu erfinden, zu verarbeiten und einzusetzen - nicht nur der prähistorischen Menschen, sondern darüber hinaus einer jeden Kultur, die nicht unsere eigene ist.

Einrichtung und Geräte

Zwei Hauptanforderungen waren für die Konstruktion unserer Giessanlage bestimmend: Einerseits sollte sie vollständig aus Materialien bestehen, die schon während der Bronzezeit Verwendung finden konnten, und andererseits musste sie sich für Demonstrationen eignen, d.h. sie musste erfolgreiche Güsse in relativ kurzer Abfolge möglich machen. Dies erforderte eine längere Lebensdauer der verwende-



Abb. 1
Interessiertes Publikum beim Bronzegiessen im Garten des Bernischen Historischen Museums.

Expérimentation devant un public passionné dans le jardin du Musée d'histoire de Berne.
Pubblico interessato durante la fusione e la colata di bronzo nel giardino del Museo storico di Berna.

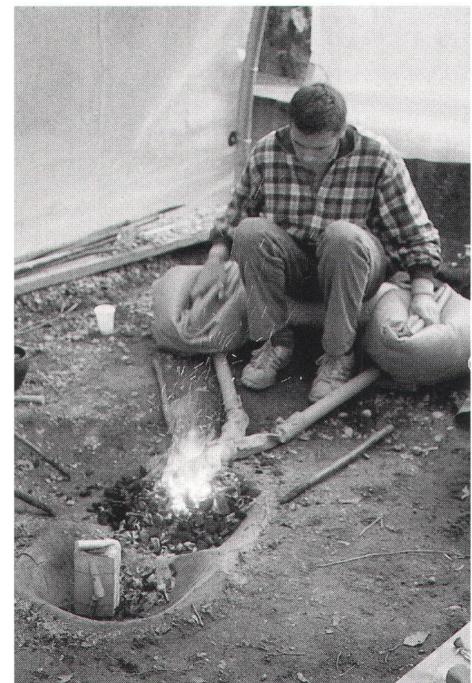


Abb. 2
Die Windanlage besteht aus zwei Blasebälgen, den Verbindungsrohren und einer Tondüse.
Le système de soufflerie: deux soufflets reliés par un tuyau, avec leur tuyère d'argile.
Il rifornimento d'aria consiste in due mantici, in tubi di collegamento e in un ugello d'argilla.

ten Teile wie Tiegel, Düse und Gussformen. Nur so konnte der Arbeitsaufwand für unsere Vorführungen in vernünftigen Grenzen gehalten werden. Nachstehend eine Beschreibung der verwendeten Giess-einrichtung.

Blasbälge und Tondüse

Die Windanlage besteht aus zwei Blasbälgen, zwei Windrohren, einem Verbindungsstück und der Luftdüse (Abb. 2). Das Ganze ist so konstruiert, dass ein grosses Luftvolumen mit möglichst wenig Verlust durch die Düse gepresst werden kann.

Zwei Bälge sind nötig, um bei richtiger Pumptechnik einen nicht abreissenden Luftstrom zu erzeugen. Jeder Balg besteht aus zwei zu einem Sack zusammengenähten, gegerbten Ziegenhäuten. Die obere Öffnung kann zum Pumpen mit eingenähten Holzstäben verschlossen werden, am unteren Ende des Sacks ist das Windrohr eingebunden. Von jedem Ledersack leitet ein Windrohr aus Ton (weniger zerbrechlich wäre ein Holzrohr) die Luft über ein ledernes Verbindungsstück zur Düse, einer 25 cm langen Röhre mit einem inneren Durchmesser von 2,5 bis 4 cm und rechtwinklig abgebogenem Ende (Abb. 3).

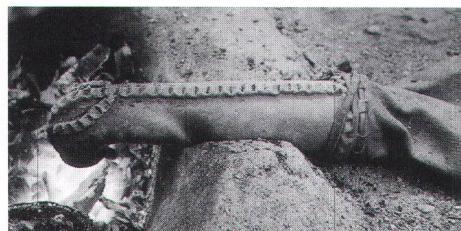


Abb. 3
Die Tondüse liegt auf dem Grubenrand auf und führt den Sauerstoff von oben auf den mit glühender Holzkohle überdeckten Tiegel.

La tuyère d'argile, appuyée sur le bord de la fosse, dirige par le haut l'oxygène sur le creuset recouvert de charbon incandescent.

L'ugello d'argilla è posto sul bordo della fossa ed immette l'ossigeno dall'alto sul crogioio coperto di carbone rovente.

Als Vorbild für die Ausgestaltung und Dimensionierung der Düse diente einerseits ein in der Seeufersiedlung von Mörigen im Kanton Bern gefundenes Fragment und andererseits aus der Literatur bekannte bronzezeitliche Formen aus Bojadel in Schlesien und Fort-Harrouard in Ostfrankreich². Diese unterscheiden sich von einer wesentlich grösseren Variante, wie sie z.B. in Bellenberg und in Buchau zum Vorschein gekommen ist³.

Die Düse liegt lose in einer Rinne auf dem Rand der Grube; die rechtwinklige Abbiegung ihres Kopfstückes leitet die Luft senkrecht nach unten ins Feuer (Abb. 4). Diese

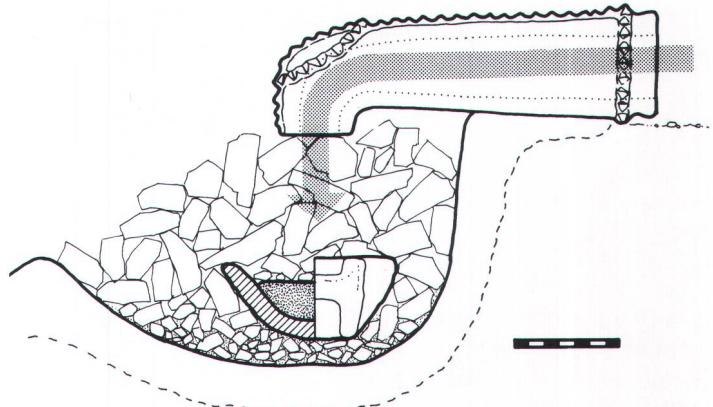


Abb. 4
Die Anordnung von Feuergrube, Düse, Tiegel und Holzkohle beim Berner Experiment 1994/95. L'organisation du dispositif expérimental lors des journées d'expérimentation à Berne en 1994/95: la fosse, le foyer, la tuyère, le creuset et le charbon de bois.

La disposizione del focolare, dell'ugello, del crogioio e del carbone durante l'esperimento bernese del 1994/95.

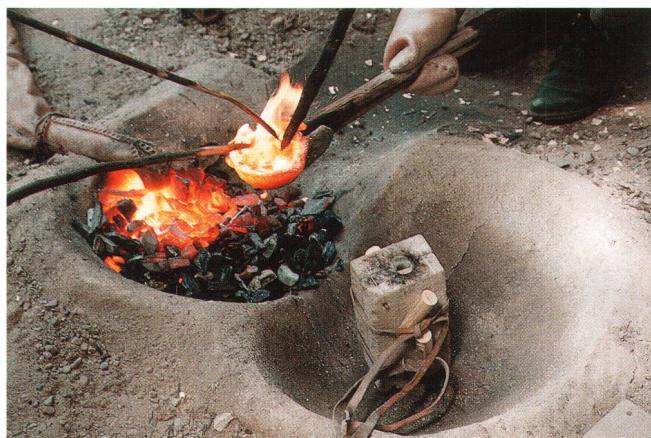


Abb. 5
Die aufgeklappte Sandsteinform zum Giessen eines Armrings. Moule pour bracelet en position ouverte. La matrice in arenaria per la produzione di un bracciale.

Anordnung und die flexible Verbindung zwischen der Düse und den beiden Rohren des Gebläsesystems mittels einer Lederkupplung, wie sie bereits von A. Ambs und P. Wischenbarth dargelegt worden sind, haben sich als äusserst zweckmässig erwiesen. Die Austrittsöffnung der Düse kann auf diese Weise nach allen Seiten hin leicht verschoben und von Fall zu Fall ganz genau auf die Tiegeloberfläche gerichtet werden. Abgesehen davon geschieht der Auf- und Abbau vor und nach dem Giessen im Handumdrehen, indem das ganze Gebläsesystem einfach abgehoben werden kann.



6



10



7



11



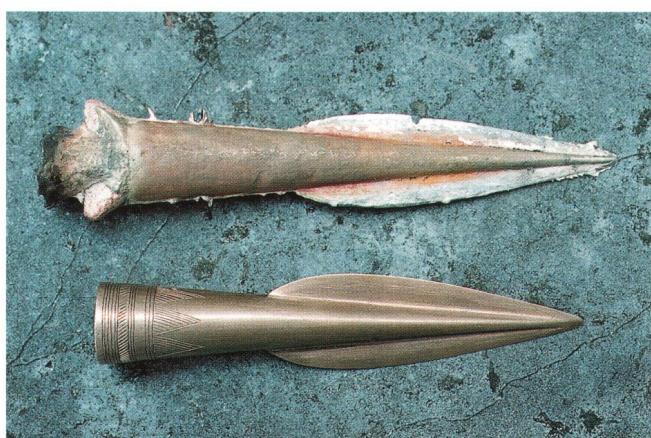
8



12



9



13

4

Abb. 6
Ein frischer und ein mehrfach verwendeter Gussstiegel aus schamottiertem Ton.
 Creusets. Le premier n'a pas encore été utilisé; le second, en argile dégraissée avec de la chamotte, a subi l'action du feu à plusieurs reprises.
Un crogiolo intatto ed uno d'argilla più volte utilizzato.

Abb. 7
Der Tiegel mit dem Metall wird genau unter der Tondüse in die Holzkohle gebettet.
 Le creuset contenant le métal est enfoui sous la braise juste au-dessous de la tuyère d'argile.
Il crogiolo viene posto con il metallo nel carbone sotto l'ugello d'argilla.

Abb. 8
Während des Aufheizens lässt sich mit einem Stock ertasten, ob die Bronze flüssig ist.
 La température augmente; on vérifie à l'aide d'un bâton si le bronze est déjà liquide.
Durante il riscaldamento si controlla con un bastone se il bronzo è fuso.

Abb. 9-11
Im entscheidenden Augenblick wird der rotglühende Tiegel samt Holzkohle hervorgezogen, ... blitzschnell muss die auf dem Schmelzgut schwimmende Holzkohle entfernt... ... und die flüssige Bronze zielsicher in die Sandsteinform gegossen werden.
 Le moment décisif: le creuset chauffé au rouge est retiré avec la braise...
 ... immédiatement, on élimine le charbon qui flotte à la surface du métal en fusion...
 ... et le bronze liquide est versé d'une main sûre dans le moule en grès.
Nel momento opportuno viene estratto il crogiolo rovente con il carbone...
 ... bisogna estrarre velocemente il carbone...
 ... e versare il bronzo fuso nella matrice d'arenaria.

Abb. 12
Nach dem Öffnen der Gussform kommt die perfekt gelungene Lanzenspitze zum Vorschein.
 Après l'ouverture du moule, on peut admirer la pointe de lance parfaitement réussie.
Dopo l'apertura della matrice appare la punta di lancia.

Abb. 13
Später kann der Tonkern entfernt und der Rohling zur gebrauchsfertigen Lanzenspitze verarbeitet werden.
 Le noyau d'argile est ensuite retiré, puis la pièce fignolée; on obtient alors le produit fini.
Più tardi è possibile estrarre il nucleo d'argilla e lavorare il pezzo grezzo.

Die Düse ist aus dem gleichen Material wie die Tiegel geformt, einem relativ hochbrennenden, roten Keramikton mit Schamottemagerung. Die Beimischung von Schamotte (vorgebrannte, zerkleinerte Keramik) schien uns gerechtfertigt, nachdem naturwissenschaftliche Untersuchungen und die nachvollziehenden Experimente von J. Weiss gezeigt haben, dass prähistorische Keramik in beträchtlich höherem Masse schamottiert war, als man dies bis jetzt annehmen durfte⁴. Dahingehende Untersuchungen der für die Düsen verwendeten Tone sind uns jedoch nicht bekannt.

Obwohl die Luftaustrittsöffnung im Betrieb rasch einmal verglaste und Risse bekam, erwies sich diese Art von Düse als recht langlebig und musste erst nach 50-60 Güssen ersetzt werden, als der Kopf wegbrach (vgl. Abb. 4,3).

Die Feuerstelle

Zwei nebeneinanderliegende, maximal 20 cm in den Boden eingetiefte Gruben von ca. 35 cm Durchmesser bilden Feuerstelle und Giessplatz (vgl. Abb. 2). Beide sind ausgekleidet mit einer Mischung aus grob aufgearbeitetem Ton, wie er für Backsteine und Ziegel verwendet wird, und grobkörnigem Sand. Die eine Grube umschliesst das Feuer, auf ihrem Rand liegt die Blasbalgdüse, und ihre eine Seite läuft flach aus, damit man mit der Zange den Tiegel aus dem Feuer heben kann (vgl. Abb. 10). Die Glut ist also auf drei Seiten von Wänden umgeben, die die Hitze zusammenhalten. Während des Aufheizens liegt der Tiegel in und unter der aufgehäuften Holzkohle, welche von oben her durch die Düse angeblasen wird.

In der zweiten Grube steht die gussbereite Form; der Weg des heißen Tiegels vom Feuer zur Form wird auf diese Weise sehr kurz und der Hitzeverlust entsprechend klein. Dazu fängt die zweite Grube beim Giessen danebengehende Bronzespritzer auf, die später aufgesammelt und wieder eingeschmolzen werden können.

Für unsere Arbeit benützten wir immer handelsübliche Grillkohle; die Tauglichkeit von getrocknetem Holz in einem offenen Feuer bliebe im Detail noch zu erproben.

Tiegel und Zangen

Aus dem gleichen Tonmaterial wie die Düse formten wir zunächst zwei Tiegelvarianten, solche mit einer Tülle, die zum Hantieren auf ein Vierkantholz gesteckt werden,

und andere mit einem Griff, die mit einer Holzzange gehalten werden. Für die Demonstrationen bevorzugten wir dann die Form mit der Griffzunge, da sie ein sicheres Arbeiten erlaubt (Abb. 6). Die Tiegel fassen je nach Grösse etwa 500-1000 g Bronze.

Als Haltezange für die Tiegel dient ein längs gespaltenes, mit einem Zwischenstück wieder zusammengebundenes Rundholz. Sie ermöglicht ein sicheres Greifen der Tiegelzunge und hat im Gebrauch nur einen geringen Abbrand, wenn sie dauernd nass gehalten wird. Einige Holzstecken dienen zum Rühren des geschmolzenen Metalles und zum Entfernen der auf der Schmelze schwimmenden Kohlestücke vor dem Guss. Dicke Hirschlederfäustlinge schützen vor der grossen Hitzestrahlung, der die Hände beim Arbeiten am Feuer ausgesetzt sind.

Die beschriebenen Tiegel haben eine Lebensdauer von etwa zehn Güssen, danach sind sie so stark verschlackt, dass ein kontrolliertes Ausgiessen kaum mehr möglich ist. Versuche mit Tiegeln aus Ziegelton aus der Umgebung von Bern, gemischt mit Sand und Ziegelschamotte, zeigten, dass sich auch damit arbeiten lässt. Ihre Lebensdauer ist, bedingt durch den tieferen Materialschmelzpunkt, mit einem bis drei Güssen aber erheblich kleiner. Diese Tiegel lassen sich nach dem Trocknen mit etwas Vorsicht direkt im Gussfeuer brennen und gleich anschliessend zum Giessen beschicken. Angesichts des kleinen Aufwandes, der zum Herstellen von Tiegeln nötig ist im Vergleich zur Arbeit, die das Anfertigen einer guten Gussform und das Fertigbearbeiten eines Rohgussstückes verursacht, ist es denkbar, auch mit Einwegtiegeln zu arbeiten. Weiter konnten wir feststellen, dass die Tiegel viel weniger verschlacken und verglasen, also geringerer Beanspruchung unterliegen, wenn sie möglichst randvoll mit Metall gefüllt sind. Ihre Lebensdauer verlängert sich entsprechend.

Gussformen

Bei unseren Vorführungen beschränkten wir uns auf das Giessen in Sandsteinformen. Diese haben den Vorteil, dass sie wie Kokillen mehrfach verwendbar sind. Einige Formen für Beile und einen Armreif mit Stollenenden haben wir über 20 mal aus gegossen, und ein Ende ihrer Lebensdauer ist trotz kleinerer Risse nicht abzusehen (Abb. 5).

In der näheren Umgebung von Bern stehen verschiedene Sandsteinformationen

an, aus denen sich Gussformen herstellen lassen. Recht anspruchsvoll und aufwendig ist selbst bei Gebrauch von modernen Stahlsticheln und -schabern das präzise Eintiefen eines symmetrischen, exakt passenden Negativs in die beiden Formhälften. Der Aufwand lohnt sich aber, denn ein gelungenes Gussstück entsteht nur in einer guten Gussform. Mit Holz- oder Metalldübeln, die in Bohrungen der zwei Teile formen greifen, werden diese passend zusammengesetzt, mit Lederriemen gebunden und mit Holzkeilen verspannt. Damit ist die Form gussbereit (vgl. Abb. 10). Beim Giessen kann die Luft durch spezielle Windpfeifen entweichen, oder durch den Spalt, der entsteht, wenn die Formhälften nicht ganz exakt schliessen, oder wenn dünne Distanzstückchen dazwischen eingeklemmt werden.

Probleme ergeben sich, wenn dem Umstand nicht Rechnung getragen wird, dass die Bronze sich beim Abkühlen in der Form zusammenzieht. Das Gussstück kann dann in der Form festklemmen und beim Herausnehmen Teile davon absprengen. Diese können zwar mit einem Ton-Sandgemisch wieder angeflickt werden, was aber vor jedem Guss Arbeit verursacht. Zu einer weiteren Problemquelle kann ein ungeeigneter Sandstein werden. Ein sehr feinkörniger, harter Sandstein ergab zwar sehr präzise Formnegative, erwies sich aber als zuwenig hitzebeständig, so dass nach dem ersten Guss die ganze Formoberfläche, die im Kontakt zur Schmelze gestanden hatte, abbröselte. Ein anderer Sandstein sonderte soviel Gase in die Form ab, dass ein Gussstück mit blasenfreier Oberfläche nur selten gelang. Die Wahl eines geeigneten Steins ist eine unbedingte Voraussetzung zum Erfolg. Am anforderungsreichsten, was die Passgenauigkeit betrifft, war das Anfertigen einer Form für Tüllenlanzen spitzen. Mit einer Pressform aus Gips (diese müsste für weitere Versuche ebenfalls aus Sandstein oder Ton sein) wurden zuerst Tonkerne geformt, passend zu diesen dann das Negativ der Lanzenspitze in den Stein gearbeitet. Der Tonkern wird beim Guss durch Festklemmen beim Eingussloch und durch ein Holzstäbchen so in der Form gehalten, dass die Tülle eine gleichmässige Wandstärke von ca. 2 mm erhält. Nach dem Guss entfernt man den konischen Kern und gibt dadurch den Hohrraum der Tülle frei, in welche später der Holzschaft eingepasst wird (vgl. Abb. 12 und 13).

Der Guss erwies sich, gewissenhaftes Zusammensetzen der Form und genügend heisse Metallschmelze vorausgesetzt, als relativ unproblematisch.

Bronze

Wie sich eine Bronze mit »prähistorischer« Zusammensetzung beim Giessen verhält, dazu können wir nichts genaues aussagen, da wir bisher mit reiner Zinnbronze arbeiteten. Dies ist wahrscheinlich wegen des Gehalts an giftigsten Schwermetallen der antiken Bronzen auch gesünder. Wir merkten jedoch bald, dass eine Bronze mit mehr als 10% Zinn zwar sehr schön in die Form fliesst, aber nach dem Guss kaum mehr gehämmert oder gebogen werden kann, weil sie zu spröde ist. Sie kommt also nur für Stücke in Frage, die vor allem durch subtraktives Arbeiten wie Schleifen und Polieren fertiggestellt werden. Bronze mit weniger als 6% Zinn braucht einiges mehr an Energie zum Schmelzen, und sie will feinere Formen nur widerwillig füllen. Nimmt man den Mittelwert, also Bronze mit einem Zinngehalt von 8%, so erhält man ein Material mit schöner Farbe und akzeptablen Gusseigenschaften, das sich durch Schmieden zusätzlich formen und härten lässt. Wir verwendeten für unsere Versuche eine sog. Bronze CuSn 8-Legierung⁵. Am einfachsten, vor allem für den Mann am Blasbalg, ist es, wenn man mit fertig legierter Bronze arbeiten kann. Zwar ist es durchaus möglich, Kupfer mit Zinn zu Bronze zu legieren, wegen der höheren Schmelztemperatur von Kupfer ist aber eine längere Aufheizzeit nötig.

Schmilzt man ältere oder misslungene Gussstücke immer wieder ein, so wie wir das bisweilen taten, verschlechtern sich die Gusseigenschaften der Bronze bei der zweiten oder dritten Wiederholung deutlich, weil im Feuer das Zinn aus der Schmelze verdampft. Durch Beifügen von Zinn wird der Zinngehalt wieder korrigiert. Nach unseren Erfahrungen beträgt die Bandbreite des Zinngehaltes einer Zinnbronze mit brauchbaren Materialeigenschaften nur etwa 4%. Der Gehalt an anderen Schwermetallen selbst bei geringerer Größenordnung muss deshalb merkliche Auswirkungen auf die Giess- und Materialeigenschaften antiker Bronzen gehabt haben.

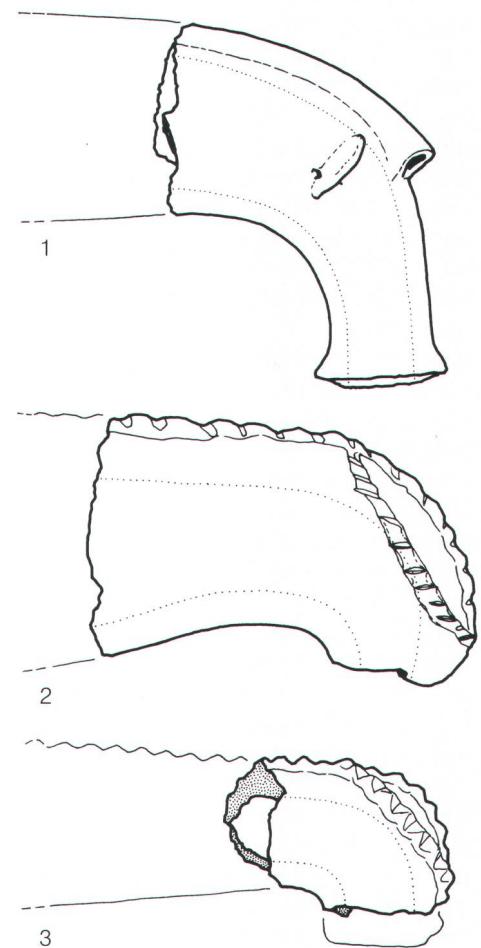
Heizen und Giessen

Die Erfahrung hat gezeigt, dass mit zwei Blasbälgen eine genügend grosse Hitze erzeugt werden kann. Die Giesstemperatur für Bronze CuSn 8 liegt ungefähr bei 1100°C und höher; genaue Temperaturmessgeräte standen uns nicht zur Verfügung, weshalb wir keine exakten Werte nennen können.

Der möglichst gleichmässige Luftstrom wird von oben her in die auf dem Tiegel liegende Holzkohle geführt. Die Kohle verbraucht sich rasch und muss immer wieder ergänzt und frisch angehäuft werden. Ist der »Bläser« zu eifrig, senkt er den Wirkungsgrad, indem zuviel Hitze seitlich weggeblasen wird. Ist jedoch die Luftzufuhr zu schwach oder zu ungleichmässig, so steigt der Kohleverbrauch stark an. Die Aufheizphase vom Beschicken des Tiegels bis zum Giessen liegt bei etwa fünf

Abb. 14
Beim Schmelzen im Aufluftverfahren sind die Düsenköpfe der grössten Hitze ausgesetzt und springen deshalb oft ab:
1 Polleben, 2 Mörigen, 3 Bern
1995.

Lorsque l'oxygène de l'air est amené par le haut sur le creuset, l'extrémité des tuyères d'argile est soumise à des températures très élevées, ce qui provoque fréquemment leur éclatement.
Durante il processo di fusione le teste degli ugelli sono esposte a temperature molto alte e si staccano spesso.



bis sieben Minuten (Abb. 7-11). Bei einem anspruchsvolleren Schwertguss heizten wir rund 12 Minuten, um die recht grosse Menge von ca. 750 g Bronze mit etwas Übertemperatur giessen zu können. Verfärbungen in den Flammen und das tauchende Herumstochern im Schmelzgut mit einem Holzstecken (Abb. 8) gepaart mit etwas Erfahrung lassen dann den richtigen Zeitpunkt für das Giessen erkennen.

Nach dem Herausheben des rotglühenden Tiegels aus dem Feuer wird zuerst die auf der flüssigen Bronze schwimmende Holzkohle abgestreift (Abb. 9-11). Das Eingiessen in die Sandsteinform muss gleichmäßig, zügig und ohne Absetzen erfolgen. Überschüssige Bronze gossen wir in ein Kohlebett, um sie oxydfrei abkühlen zu lassen.

Die Sandsteinformen werden vor dem Giessen am Feuer ausgetrocknet. Sie waren jedoch nicht vorgeheizt und während des Giessens oft nur noch handwarm. Das Gelingen des Gusses wird weniger von der Temperatur der Form als viel mehr von ihrem völligen Austrocknen sowie der Qualität des verwendeten Sandsteins bestimmt.

Fazit

Abschliessend lässt sich sagen, dass sich mit der vorgestellten Anlage auf recht effiziente Art und mit kleiner Fehlerquote Bronze giessen lässt. Durch unser Langzeitexperiment machten wir auch Erfahrungen, die uns aufzeigten, dass wir der Gebläseanordnung der bronzezeitlichen Giesser sehr nahe gekommen sein müssen: Schon bald nach Inbetriebnahme unserer Düse bildeten sich an deren Rand Hitzerisse, und einzelne Teile der Mündung begannen wegzuspringen, ohne dass sich dadurch jedoch Beeinträchtigungen ergeben hätten. Erst nach etwa 50-60 Durchgängen brach der Düsenkopf (während einer Abkühlungsphase) in dem über den Grubenrand hinausragenden Bereich, wo durch den Temperaturunterschied von über 1000°C zwischen der extremen Feuerhitze und der Umgebung das Tonmaterial den höchsten Belastungen ausgesetzt war. Es ergaben sich damit ähnliche Schadensbilder, wie sie an den bronzezeitlichen Düsenfragmenten von Mörigen und Polleben sowie vermutlich auch von Fort-Harrouard festgestellt werden können⁶ (Abb. 14).

Es hat sich auch gezeigt, dass sich die Arbeitsabläufe mit zunehmender Erfahrung rasch einmal rationalisieren und vervollkommen lassen. Bei unseren Vorführungen im Garten des Museums konnte jede

Besuchergruppe innerhalb von 30 Minuten mindestens einen gelungenen Guss miterleben. Ein eingespieltes Team von drei Leuten könnte mit dieser Giesserei während eines sechsstündigen Arbeitstages ohne weiteres 20 bis 30 Beile produzieren - vorausgesetzt, der Materialnachschub klappt. Die im Laufe unserer Arbeit zusammengekommene Produktpalette reichte am Schluss von Beilen, Lanzen- und Pfeilspitzen mit und ohne Tülle, Radanhängern, Nadeln und diversen Armreifen bis zu Messer, Dolch und Schwert (Abb. 15). Dabei erwachte auch das Interesse, die entstandenen Rohgüsse weiterzubearbeiten bis zum gebrauchsfertigen Gerät. Diese Arbeit warf einerseits neue Fragen auf, andererseits stellte sich bald heraus, dass der Zeitaufwand für die Fertigstellung der Objekte, selbst wenn mit modernem Handwerkszeug wie Eisenhammer, Feile und Schleifpapier gearbeitet wird, in den meisten Fällen beträchtlich grösser ist als jener zum Anfertigen der Gussform und für den Guss selber. Dies vor allem, wenn mit mehrfach verwendbaren Sandsteinkokillen gearbeitet wird. Die Fertigbearbeitung lohnte sich wohl schon in der Bronzezeit nur bei einwandfreien Rohgüssen.

Es stellte sich uns mehrfach die Frage, wie und mit welchen Hilfsmitteln die Gussbrauen und Gusszapfen entfernt, die zum Teil beträchtlichen Materialmengen abgetragen und die Oberflächen überarbeitet wurden, bis aus dem Rohling ein gebrauchsfertiges Endprodukt entstand. Es

zeigte sich, dass in der Fachliteratur sowohl aus theoretischer wie aus experimenteller Sicht zwar manches über das Giessen zu erfahren ist, der Bereich der Weiterbearbeitung von Rohgüssen aber weitgehend fehlt.

Schliesslich konnten uns auch die geringen und dürftigen Anhaltspunkte bei den Nachweisen von bronzezeitlichen Werkstätten nicht mehr erstaunen. Sowohl die mehrtägige intensive Arbeit wie die starke Befeuerung der beiden mit Ton ausgeschlagenen Arbeitsgruben vermochten kaum bleibende Spuren zu hinterlassen. Nachdem unsere Freiluftwerkstatt ohne Bedachung der Witterung eines einzigen Winters ausgesetzt gewesen war, waren die knapp 30 cm tiefen Gruben bereits zur Hälfte einsedimentiert, ihre lediglich ange trockneten und kaum verfärbten Wände hatten sich weitgehend aufgelöst...

¹ Zur Theorie und Praxis der experimentellen Archäologie siehe die beiden Bände: Experimentelle Archäologie in Deutschland. Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland. Beiflatt 4, 1990; Experimentelle Archäologie, Bilanz 1991. Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland. Beiflatt 6, 1991. - Die in der Schweiz noch in den Kinderschuhen steckende Experimentalarchäologie wird gerade im Bereich Bronze guss am Schweizerischen Landesmuseum gepflegt und gefördert, vgl. Schweizerisches Landesmuseum, 102. Jahresbericht 1993 (1994) 23 f. - Ferner W. Fasnacht, Bronzezeitliches Metallhandwerk im Experiment. Rénovations archéologiques - Archäologie im Umbau. Ausstellungskatalog Musée

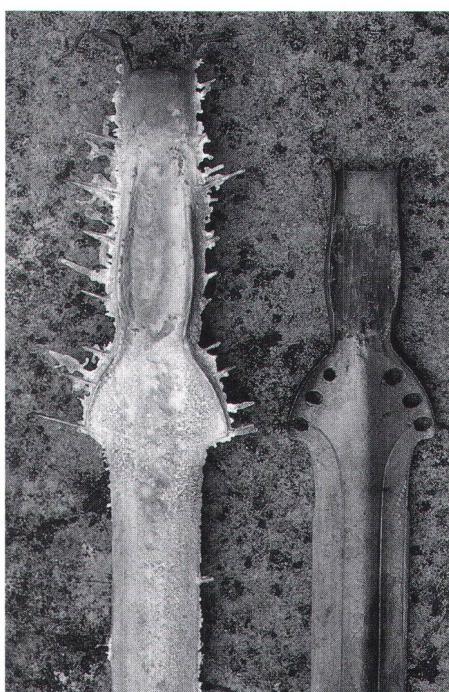


Abb. 15
Das Originalschwert aus Port (rechts) und ein Rohling aus dem Jahre 1995 mit Gussbrauen und ohne Löcher für die Niete (links). L'original de l'épée de Port BE (à droite) et une ébauche réalisée en 1995; on remarquera les barbelures et l'absence de perforations pour les rivets. La spada originale di Port BE (a destra) e il pezzo grezzo del 1995 (a sinistra).

Schwab, Bienn (1990) 57-74; W. Fasnacht, Der prähistorische Bronzeguss im Experiment: Erfahrungen anlässlich der Ausstellung Pfahlbauland. *Helvetic Minaria* 11, 1991, 3-12.

² M. Bernatzky-Goetze, Mörigen. Die spätbronzezeitlichen Funde. *Antiqua* 16, 1987, Pl. 176,1. - R. Ambs und P. Wischenbarth, Metallverarbeitung in einer spätbronzezeitlichen Höhensiedlung bei Bellenberg (Schwaben). *Bayer. Vorgeschbl.* 55, 1990, 257-271.

³ Ebd. 271 und Abb. 8; W. Kimmig, Die »Was-
serburg Buchau« - eine spätbronzezeitliche
Siedlung. *Materialhefte zur Vor- und Frühge-
schichte in Baden-Württemberg* 16, 1992,
69 f. Taf. 56,3.

⁴ J. Weiss, Erfahrungen beim Herstellen und
Brennen von prähistorischen Keramikko-
pien. *JbSGUF* 77, 1994, 115-122, bes. 116.

⁵ Werkstoffzusammensetzung in Gewichts-
prozenten nach DIN: Sn 7,5-8,5; P 0,01-0,35;
Fe max. 0,1; Ni max. 0,3; Pb max. 0,05; Zn max.
0,3; Sonstige max. 0,2; Rest Cu.

⁶ Vgl. Anm. 2; D. Kaufmann und O. Marschall,
Ein Kultgegenstand mit Gesichtsdarstellung
aus der Bernburger Gruppe von Polleben, Kr.
Eisleben. *Ausgrabungen und Funde* 20,
1973, Abb. 2.

Retrouver les gestes du bronzier

Depuis quelques années, des coulées de bronze expérimentales ont eu lieu à plusieurs reprises dans le jardin du Musée d'histoire de Berne. Ces journées ont attiré un public nombreux et enthousiaste, mais elle ont aussi et surtout permis aux auteurs d'acquérir les connaissances techniques nécessaires à la compréhension des traces observées sur les pièces archéologiques. Dans la mesure du possible, les coulées ont été réalisées fidèlement d'après les renseignements que nous fournissent les pièces antiques; l'apport d'oxygène s'est fait par le haut à l'aide d'une tuyère en argile sur le creuset recouvert de charbon de bois. La maîtrise technique et la cohésion de l'équipe expérimentale ont permis d'atteindre rapidement d'excellents résultats, même lors d'opérations complexes telles que la coulée d'épées ou de pointes de lance à douille. Les dégâts observés après plusieurs coulées sur les tuyères d'argile correspondent aux stigmates relevés sur les pièces archéologiques, confirmant ainsi la justesse du procédé expérimental.

C.L.-P.

Sperimentazione della fusione e colata di bronzo

Negli ultimi anni furono effettuate più volte nel giardino del Museo storico di Berna dimostrazioni della produzione artigianale del metallo risalente all'età del bronzo. Non ne risultò soltanto un successo di pubblico, bensì anche una fonte di informazioni sul formarsi di tracce di lavorazione e di danni sugli oggetti antichi. Si cercò di lavorare su esemplari autentici: l'ossigeno venne immesso dall'alto con un ugello d'argilla sul crogiolo coperto di carbone. Già dopo breve tempo l'esperienza della produzione del metallo e il lavoro di gruppo erano così buoni da permettere complicate fusioni di spade e di punte di lancia. I danni a lungo termine sull'ugello d'argilla corrispondono a quelli osservati su materiale archeologico originale, ciò conferma la disposizione degli elementi durante l'esperimento. A.M.

*Gedruckt mit Unterstützung des Bernischen
Historischen Museums und des Gfeller-Fonds,
Bern. - Fotos F. Müller, Zeichnungen M. Binggeli,
Köniz.*

*F. Müller, M. Binggeli, M. Binggeli
Bernisches Historisches Museum
Helvetiaplatz
3005 Bern*