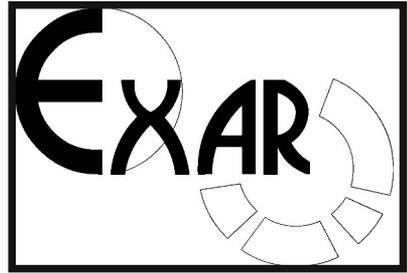


EXPERIMENTELLE ARCHÄOLOGIE IN EUROPA  
Jahrbuch 2018  
Heft 17

Herausgegeben von Gunter Schöbel  
und der Europäischen Vereinigung zur  
Förderung der Experimentellen  
Archäologie / European Association for  
the advancement of archaeology by  
experiment e.V.

in Zusammenarbeit mit dem  
Pfahlbaumuseum Unteruhldingen,  
Strandpromenade 6,  
88690 Unteruhldingen-Mühlhofen,  
Deutschland



EXPERIMENTELLE ARCHÄOLOGIE  
IN EUROPA  
JAHRBUCH 2018

Unteruhldingen 2018

Gedruckt mit Mitteln der Europäischen Vereinigung zur Förderung der Experimentellen Archäologie / European Association for the advancement of archaeology by experiment e.V.

Redaktion: Ulrike Weller, Thomas Lessig-Weller,  
Erica Hanning

Textverarbeitung und Layout: Ulrike Weller, Thomas Lessig-Weller

Bildbearbeitung: Ulrike Weller, Thomas Lessig-Weller

Umschlaggestaltung: Thomas Lessig-Weller, Ulrike Weller

Umschlagbilder: S. Guber, M. Arz, O. Ostermann

#### Bibliographische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie, detaillierte bibliographische Daten sind im Internet abrufbar unter:  
<http://dnb.dbb.de>

ISBN 978-3-944255-11-8

© 2018 Europäische Vereinigung zur Förderung der Experimentellen Archäologie / European Association for the advancement of archaeology by experiment e.V. - Alle Rechte vorbehalten

Gedruckt bei: Beltz Bad Langensalza GmbH, 99947 Bad Langensalza, Deutschland

# Inhalt

*Gunter Schöbel*

Vorwort

8

## Experiment und Versuch

*Sonja Guber*

Prähistorische Bienenhaltung in Mitteleuropa – ein archäoimkerliches Projekt

10

*Hans Reschreiter, Michael Konrad, Marcel Lorenz, Stefan Stadler, Frank Trommer, Claus-Stephan Holdermann*

Keine Tüllenpickel im bronzezeitlichen Salzbergbau in Hallstatt! Aspekte der experimentellen Fertigung bronzezeitlicher Gezähe als Interpretationsbasis bergmännischer Spezialisierung

19

*Hannes Lehar*

Auf der Suche nach dem „dehnbaren“ Beton

34

*Martin Schidlowski, Tobias Bader, Anja Diekamp*

Mineralogische und chemische Charakterisierung römischer Estriche

43

*Klemens Maier, Daniel Draxl, Matthias Leismüller, Manuel Muigg, Alexander Hanser, Oskar Hörtnner*

Rezeptentwicklung von Opus Caementitium zur Verwendung in Hypokaustheizungen

50

*Peter Kienzle*

Erfahrungen aus dem Betrieb der rekonstruierten kleinen Thermen in Xanten

59

*Gregor Döhner, Michael Herdick, Anna Axtmann*

Ofentechnologie und Werkstoffdesign im Mayener Töpfereirevier um 500 n. Chr.

71

*Frank Wiesenberg*

Glasperlenherstellung am holzbefeuerten Lehmofen

87

*Sayuri de Silva, Josef Engelmann*

Überlegungen und Rekonstruktion zum Drahtziehen im Mittelalter

101

## Rekonstruierende Archäologie

<i>Thorsten Helmerking</i> „Burn-out“ als Arbeitstechnik beim Einbaumbau?	111
<i>Karl Isekeit</i> Das Einbaumprojekt Ziesar	121
<i>Gabriele Schmidhuber-Aspöck</i> Römische Schiffe im Experiment. Schiffbau im LVR-Archäologischen Park Xanten	129
<i>Wolfgang Lobisser, Jutta Leskovar</i> Die experimentalarchäologische Errichtung der neuen Herrinnenhalle von Mitterkirchen an der Donau im oberösterreichischen Machland	140
<i>Wolfgang Lobisser</i> Man muss das Eisen schmieden, solange es heiß ist! Das neue Modell einer keltischen Schmiede im MAMUZ in Niederösterreich	158
<i>Clio Felicitas Stahl</i> Gut gerüstet. Der Nachbau eines frühsarmatischen Schuppenpanzers aus Filippovka I unter Berücksichtigung technisch-konstruktiver Fragen	174
<i>Maren Siegmann</i> Die Spur der Fäden. Perlenensembles und ihre Aussagemöglichkeiten	186
<i>Thomas Flügen, Carsten Wenzel</i> Alten Mauern mit neuem „Glanz“ – Sanierung und Neupräsentation der „Kaiserpfalz Franconofurd“	199
<i>Andreas Klumpp</i> „Wie man guote kraphen mag machen“. Neue Experimente zur Herstellung mittelalterlicher Krapfen – erste Grundlagen	209

## Vermittlung und Theorie

<i>Peter Kienzle</i> Der Forscher – die Botschaft – der Besucher. Kommunikation an archäologischen Stätten	220
---	-----

<i>Sylvia Crumbach</i> Experimentelle Archäologie – Was für eine Frage?	230
<i>Claudia Merthen</i> Neuer Name – bewährtes Konzept. Das Potential von Citizen Science für die Experimentelle Archäologie	236
 Jahresbericht und Autorenrichtlinien	
<i>Ulrike Weller</i> Vereinsbericht der Europäischen Vereinigung zur Förderung der Experimentellen Archäologie e.V. (EXAR) für das Jahr 2017	245
Autorenrichtlinien „Experimentelle Archäologie in Europa“	249

# Vorwort

Liebe Mitglieder des Vereins, liebe Leserinnen und Leser,

Die Vereinigung zur Förderung der Experimentellen Archäologie in Europa EXAR tagte 2017 in Xanten auf dem Gelände der einstigen römischen Stadt Colonia Ulpia Traiana. Rund 400 Jahre lang war Xanten neben Köln, Trier und Mainz eine der größten und bedeutendsten römischen Städte in Germanien. Ein Glücksfall war, dass das Gelände der einstigen Römerstadt in Mittelalter kaum besiedelt wurde, sodass sich vieles im Boden gut erhielt. 1973 beschloss der Landschaftsausschuss des Landschaftsverbands Rheinland (LVR) die Einrichtung des Archäologischen Parks auf dem Areal der ehemaligen Colonia, der am 8. Juni 1977 eröffnet wurde. Über 570.000 Besucher, darunter 40 Prozent Kinder, Jugendliche, Schüler unter 18 Jahren, haben den Archäologischen Park Xanten (APX) 2017 besucht, der damit zu den meistbesuchten Museen Deutschlands zählt. Es war ein idealer Ort für die 15. EXAR Jahrestagung vom 28. September bis 1. Oktober 2017. Ein besonderer Dank geht an Dr. Martin Müller, den Leiter des APX und an seine Mitarbeiter, die sich jederzeit bestens um uns kümmerten und hervorragende Voraussetzungen für die gelungene Durchführung der Tagung schufen. Zugleich gaben sie uns tiefe Einblicke in Organisation und thematische Orientierung des Parks.

Zwei Vortragstage und ein abschließender Exkursionstag, der uns durch den weitläufigen Archäologischen Park mit Römermuseum, Schiffswerft, Hafentempel und Amphitheater führte, füllten das dreitägige Programm. Rund 20 Vorträge

beleuchteten aktuelle Vorhaben der Experimentellen Archäologie aus unterschiedlichen Blickwinkeln. Wie jedes Jahr konnte dabei ein breites Spektrum aus dem Bereich „Experiment und Versuch“, „Rekonstruktion“ sowie „Vermittlung und Theorie“ vorgestellt werden. Das 250 Seiten umfassende Jahrbuch fasst in 22 Beiträgen das Wichtigste der vergangenen Jahrestagung zusammen. Passend zum Ort der Zusammenkunft lag ein besonderer Schwerpunkt auf Experimenten und Versuchen zur Archäologie der Römischen Provinzen. Römische Bautechniken – genannt seien die Stichworte Opus Caementitium, Estriche und Beton – wurden ebenso thematisiert wie praktische Erfahrungen im Betrieb einer Therme und beim Nachbau eines Römerschiffes. In den Bereich der Mobilität zu Wasser führten uns neben dem römischen Schiffsbau zwei Einbaum-Experimente. Unterschiedliche Fragestellungen zur Rekonstruktion nahmen sich Vorträge zur neuen Herrinnenhalle von Mitterkirchen an der Donau, Österreich, und zur Kaiserpfalz „Franconofurd“ an. Drei Berichte aus dem Bereich „Vermittlung und Theorie“ widmeten sich der Rezeption archäologischer Versuche und dem Potential von „Citizen Science“, bei der sich Bürgerinnen und Bürger an der Wissensbeschaffung und am Erkenntnisgewinn beteiligen. Ein Rückblick über die Vereinstätigkeiten aus der Feder von Frau Ulrike Weller rundet den aktuellen Band ab.

Wir wünschen Ihnen viel Spaß beim Lesen

Prof. Dr. Gunter Schöbel  
Vorsitzender EXAR

## Glasperlenherstellung am holzbefeuerten Lehmofen

Frank Wiesenberg

**Summary – Making glass beads at a wood-fired furnace.** *Museums and other historical events frequently include craft demonstrations of glass bead making. These demonstrations usually employ either gas torches or a charcoal fire which needs to be ventilated by bellows or electrical fans.*

*In order to adhere as closely as possible to ancient and Medieval practices, gas torches and electrical fans can easily be eliminated. Upon closer examination, a charcoal fire does not appear to be suitable for glass making at all, because generally it provides either direct or contact heat. Only the labour-intensive operation of bellows will force a charcoal fire to produce the long flame lengths essential for bead making. In contrast to charcoal, wood seems to be the ideal fuel, because it automatically provides long flames.*

*Since 2014, the building and operation of wood-fired daub furnaces have been elements of the glass furnace projects in the Archaeological Park Roman Villa Borg (Borg Furnace Projects) to test the usability of such furnaces for bead making. Along with two further projects at the Saarland University's campus, and at Calugareni Mures (Romania), there now have been seven comparable bead furnaces built and operated, with layouts more or less identical to the initial concept. In contrast to the furnaces frequently used for crafts demos at many historical events, these wood-fired bead furnaces only consume wood, rendering the labour-intensive use of bellows superfluous.*

*Keywords: bead furnace, glass bead furnace, glass beads, daub furnace, furnace construction, bead maker*

*Schlagworte: Perlenofen, Glasperlenofen, Glasperlen, Wickelglasperlen, Ofenbau, Lehmofen, Schachtofen, Perlenmacher*

### Einleitung

„Warum einfach, wenn es auch kompliziert geht?“ – an diesen markigen Spruch fühle ich mich stets erinnert, wenn ich mir das Wickeln von Glasperlen bei Museumsveranstaltungen und anderen historischen Events anschau. Als Energiequelle kommt meist ein Gasbrenner, seltener ein per Blasebalg oder gar elektrischem

Gebläse angefachtes Holzkohlefeuer zum Einsatz. Merkwürdigerweise selten bis nie Holz, wobei dies doch quer durch die Zeiten die am besten verfügbare Energiequelle gewesen wäre.

Um sich dem antiken oder mittelalterlichen Handwerk anzunähern, kann der Gasbrenner mit Sicherheit genauso wie ein elektrisches Gebläse ausgeschlossen werden. Bei näherer Betrachtung er-

scheint die Nutzung des Holzkohlefeuers für vorführendes Glasmacher-Handwerk insgesamt nicht zielführend, da die Holzkohle primär direkte bzw. Strahlungshitze liefert und ihr die zur Glasverarbeitung benötigte lange Flamme erst unter mühseligem Blasebalg-Einsatz abgerungen werden muss. Dagegen sollte Holz mit seinem langen Flammenschlag für diesen Zweck ein idealer Brennstoff sein, der zudem – im Gegensatz zur Holzkohle – nicht aufwendig hergestellt werden muss. Um die Tauglichkeit von Holz zur Perlenherstellung zu überprüfen, sind seit 2014 der Bau und der direkt anschließende Betrieb eines holzbefeuerten Lehmofens regelmäßiger Bestandteil des Glasofenprojektes im Archäologiepark Römische Villa Borg, dem „Borg Furnace Project“ ([www.glasofenexperiment.de](http://www.glasofenexperiment.de)). Zusammen mit zwei weiteren Ofenprojekten, auf dem Campus der Universität des Saarlandes und in Calugareni Mures (Rumänien), wurden mittlerweile sieben vergleichbare Öfen leicht bis deutlich unterschiedlicher Geometrie errichtet, die folgend vorgestellt werden.

## Forschungsgeschichte

Ohne auf ethnographische Beispiele einzugehen, sollen hier zwei experimentelle Öfen für die Glasperlenherstellung kurz erwähnt werden. Es handelt sich um den 1991 von Dudley Giberson in den USA seinem „Volcano dream“ folgenden Ofen (GIBERSON 1997, 2; GIBERSON 1998) und die Experimente von Thomas Risom im Ribe VikingCenter in Dänemark (RISOM 2013). Beide Öfen eint ein vertikaler Aufbau aus Lehm mit einer oben angeordneten horizontalen Arbeitsöffnung und einer unteren seitlichen Schüröffnung. Risom verwendet bei seinem Ofen ein Stützgerüst aus Weidenruten für den Lehm. Beim Ofen von Giberson ist ein solches nicht zu erkennen. Während Giberson mit einer seitlichen Schlitzung des

Kragens der Arbeitsöffnung eine Ablage für den Perlendorn und eine Abschirmung der Hand des Perlenmachers von der Strahlungshitze erreicht, fehlt diese bei Risoms Ofen. Beide Öfen verfügen nur über eine einfache bogenförmige Schüröffnung ohne weiteren angesetzten Kragen. Neben der Verwendung von Holz als Brennmaterial gibt es in der Arbeitshöhe, die ein komfortables sitzendes Arbeiten ermöglicht, eine weitere Parallele der beiden Öfen.

Leider waren mir beide Perlenofen-Ideen nicht bekannt, als ich mich der Problematik stellte, an einem holzbefeuerten Ofen Perlen wickeln zu wollen. Meine Idee für meinen ersten Perlenofen PO-Borg-1 fußte hingegen neben grundsätzlichen thermodynamischen Überlegungen auf einem kleinen 2011 von Mark Taylor (The Glassmakers) in seinem modernen Studio im südenglischen Quarley aus modernen Ofenbau-Materialien samt Gasbrenner improvisierten vertikalen Ofen, auf dem er einen Versuch zur Herstellungstechnik einer speziellen schottischen Glasperle durchführte.

## Die erste Idee: PO-Borg-1

Inspiziert durch den kleinen gasbetriebenen „Vulkan“ im Studio von Mark Taylor und David Hill stellte sich die Frage, ob ein ähnliches Layout nicht auch mit Holz funktionieren könnte. Zum Wickeln von Perlen aus Glas römischer Rezeptur sollte eine Arbeitstemperatur von mindestens 900°C erreicht werden. Die Erfahrungen mit dem Betrieb eines Glasschmelz- und Arbeitsofens im Archäologiepark Römische Villa Borg (WIESENBERG 2014; WIESENBERG 2016a) legten nahe, dass dieses Unterfangen nicht unrealistisch wäre. Der erste Entwurf (WIESENBERG 2016b) war im Wesentlichen eine stehende, sich nach oben verjüngende Tonne mit oberer horizontaler, ca. 15 cm weiter Arbeitsöffnung und unterer Schüröffnung von ca.

# Perlenofen-Studie “PO Borg 1” (2014)

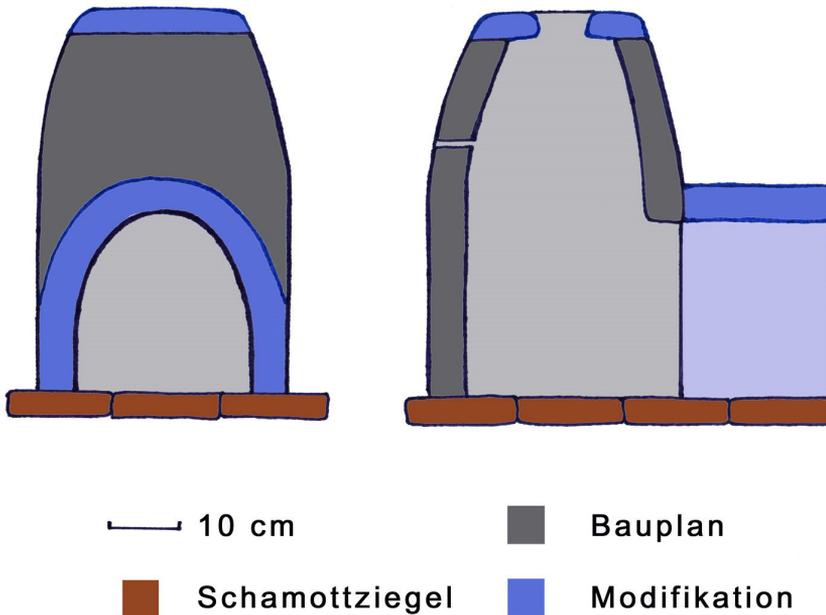


Abb. 1: Schnittzeichnung des ersten Perlenofen-Entwurfs PO-Borg-1. Graue Elemente: erster Entwurf; blaue Elemente: Ergänzungen. – Sectional drawing of the bead furnace PO-Borg-1. Grey elements: first layout; blue elements: later additions.

20 cm Breite und max. 25 cm Höhe ohne Kragen (Abb. 1, graue Elemente). Der Innendurchmesser der Feuerkammer betrug 25 cm. Somit war dieses Layout den Öfen von Giberson und Riesom zunächst nicht unähnlich. Dieser Ofen wurde von mir innerhalb mehrerer Wochen parallel zu einem für das Glasofenprojekt „Borg Furnace Project 2014“ (WIESENBERG 2016c; WIESENBERG 2016d) benötigten zweiten Kühl- bzw. Entspannungsöfen im hinteren Teil der Glashütte des Archäologieparks Römische Villa Borg aus dem lokal anstehenden und von Hand gereinigten und ungemagert aufgekneteten Lehm errichtet. Kurz vor dem Glasofenprojekt musste er von seinem Bauplatz entfernt und auf eine Schamottplatten-Unterlage

im vorderen Bereich der Glashütte umgesetzt werden, was zu einigen gravierenden Rissen führte. Diese konnten aber ebenso wie die letzten Trocknungsrisse rechtzeitig vor dem ersten Anfeuern mit frischem Lehm geschlossen werden (Abb. 2).

Für den ersten Testlauf standen mit Mark Taylor und François Arnaud (Atelier Pi-Verre) nicht nur zwei erfahrene Glasmacher, sondern mit Gabriele Darga (Schmuck-Atelier Darga) eine ebenso erfahrene Perlenmacherin bereit. Als Arbeitsmaterial standen jetzt und auch bei den folgenden Projekten sowohl aus modernem Glas gezogene, handelsübliche Perlenstäbe als auch aus nach römischer Rezeptur von Mark Taylor und David Hill



*Abb. 2: Der erste Entwurf des Perlenofens PO-Borg-1 kommt noch nicht so richtig in Fahrt. – Struggling with the first layout of bead furnace PO-Borg-1 (14.6.2014).*

erschmolzenem Glas gezogene Stäbe zur Verfügung. Die Temperaturmessung hier und auch in allen folgenden Projekten erfolgte zentral im Ofen knapp unterhalb des Arbeitsniveaus mit einem Digitalthermometer mit K-Typ Thermosensor, der einen Messbereich bis 1.250°C ermöglicht. Für indirekte Temperaturmessungen stand stets ein handgeführtes Infrarot-Pyrometer mit einem Messbereich bis 1.600°C zur Verfügung.

Mit dem ersten Layout war nur schwer eine stabile Temperatur von über 850°C erreichbar. Trotz der nicht direkt in Windrichtung angeordneten Schüröffnung stellte insbesondere der recht kräftige Wind an den Glasofentagen ein Problem dar, denn hierdurch schlug die Flamme teilweise weit aus der Schüröffnung heraus. Parallel sackte die gemessene Temperatur im Ofen auf unter 800°C ab.

Um die Windempfindlichkeit zu reduzieren und die Effektivität der gerichteten Flam-

me zu erhöhen, modifizierten Mark Taylor und François Arnaud den Perlenofen PO-Borg-1 am Folgetag stark. Mit modernen Schamottsteinen und -platten wurden verschiedene Kragendimensionen an der Schüröffnung ausprobiert, wobei sich letztendlich ein Kragen von etwa 15 cm Länge als die effektivste Lösung herausstellte. Die Arbeitsöffnung wurde mit einem Lehmring auf etwa 7 cm reduziert (*Abb. 1, blaue Elemente*). Die Summe beider Modifikationen bewirkte eine stabiler gerichtete und auch heißere Flamme. Bei der nun möglichen Arbeitstemperatur von 900-950°C ließen sich erste „richtige“ Glasperlen am Ofen wickeln.

Da sich während des das „Borg Furnace Project 2014“ begleitenden Seminars „Feuer und Flamme für Glas“ des Archäologischen Instituts der Universität zu Köln die Frage gestellt hatte, wie genau das früheste geblasene Glas eigentlich hergestellt wurde, widmeten Mark Taylor



*Abb. 3: François Arnaud fertigt eine kleine Glasflasche am umgebauten PO-Borg-1. – François Arnaud making a small phial at the modified PO-Borg-1 (14.6.2014).*

und François Arnaud mehrere Stunden am Perlenofen genau dieser Fragestellung (Abb. 3; s. a. WIESENBERG 2016b). Zwischendurch wurden ein paar gebogene Glasfäden als Halbzeuge für einen Schlangenfäden-Glas-Versuch am großen Glasofen präpariert. Mit kleineren Schamottplatten ließ sich nicht nur die Arbeitsöffnung passend reduzieren, sondern auch eine passende flache Ablage für die Glasfäden improvisieren. Auch die kleinen geblasenen „Tränenfläschchen“ gelangen am Perlenofen PO-Borg-1 sehr ordentlich – zum Teil sogar mit umwickelter Fadenzier.

Ein Manko war die ab 900°C doch als sehr unangenehm wahrgenommene Hitzeinstrahlung auf die den Perlendorn haltende Hand. Abhilfe bot die Verwendung längerer Perlendorne statt der bisherigen von 25-30 cm Länge, aber mit den 50 cm langen Dornen war ein filigranes Arbeiten kaum möglich. Trotzdem entstanden auch von den Studierenden einige schöne Perlen an diesem Ofen während des Glasofenprojektes und einiger weiterer Ofenfahrten, die unter anderem zu Temperatur- und Holzverbrauchsmessungen dienten. Danach wurde der Ofen in einen abgelegenen Teil des Archäologieparks umgesetzt. Dort dient er



*Abb. 4: Der Reduzierung von PO-Borg-2 hat sich nicht bewährt. – The reduction ring of PO-Borg-2 did not prove to be successful (6.6.2015).*

seit Mai 2015 ungeschützt als Verwitterungsstudie. Aufgrund der durch das zweimalige Umsetzen entstandenen Risse musste der Ofen hier mit einem Drahtgitter stabilisiert werden.

Neue Ideen: PO-Borg-2 „Lydia“

Während des „Borg Furnace Projects 2014“ hatte sich der Betrieb des Perlenofens als sehr hilfreich für die projektbeteiligten Studierenden erwiesen, um erste Erfahrungen im Umgang mit dem heißen Glas zu machen. Durch die Transportrisse und die provisorischen Ergänzungen an PO-Borg-1 lag es nahe, diesen bei nächster Gelegenheit durch einen Neubau zu ersetzen. Anders als zuvor sollte dieser aber fortan zu jedem größeren Ofenprojekt von den beteiligten Studie-



Abb. 5: Gruppenarbeit an PO-Borg-2 „Lydia“. – Teamwork at PO-Borg-2 „Lydia“ (7.6.2015).

renden selbst aus dem vor Ort anstehendem Lehm vorgenommen werden. Ferner sollte zumindest der nächste Ofen nicht mehr auf einem Schamottunterbau, sondern direkt auf dem Erdboden in der Glashütte errichtet werden, um nach einem Abbruch des Ofens die Verfärbung des Bodens (der Ofensohle) zum Vergleich mit Grabungsbefunden von antiken Perlenwerkstätten dokumentieren zu können.

So errichteten die Teilnehmer des Seminars „Antikes Glas“ des Instituts für Alte Geschichte und des Lehrstuhls für Vor- und Frühgeschichte und Vorderasiatische Archäologie der Universität des Saarlandes während des „Borg Furnace Projects 2015“ ihren eigenen Perlenofen PO-Borg-2 in der Glashütte des Archäologieparks Römische Villa Borg. Durch eine starke Magerung mit frischem Grasschnitt und sporadischem Trockenbrennen konnte trotz Verzicht auf ein Holzskelett eine kur-

ze Bauzeit von zwei Tagen erreicht werden. Bei Außenabmessungen von ca. 80 cm Länge, 60 cm Breite und ca. 45 cm Höhe betrug der Feuerkammerdurchmesser ca. 40 cm. Spätestens dieses Layout differierte deutlich von den Öfen von Gibernon und Risom.

Der recht lange und enge Schürkanal bewirkte zwar den gewünschten ruhigen Flammenschlag, machte aber das Positionieren der Holzstücke im Ofen und auch das Herausziehen von überschüssiger Glut und Asche schwierig. Testweise wurde auch ein Reduzierring für die Arbeitsöffnung benutzt, der sich aber aufgrund zu großer Rußentwicklung der Flamme nicht bewährt hat und wieder abgenommen werden musste (Abb. 4). Diese Rußentwicklung verhinderte ein Anhaften des Glases auf dem Perlendorn bzw. auf dem Trennmittel. Ohne den Reduzierring bewährte sich diese Ofenkonstruktion aber sehr gut. Eine Spitzentem-



Abb. 6: Ein an PO-Borg-2 gefertigtes, aus einem Glasrohr geblasenes Glasfläschchen. – A phial made from a glass tube at PO-Borg-2 (27.3.2016).

peratur von 1.023°C konnte dokumentiert werden, aber normalerweise wurde um 900-950°C gearbeitet. Um die beim vorherigen Ofen unangenehme Hitzeabstrahlung auf die den Perlendorn haltende Hand etwas abzuschirmen, wurden beim PO-Borg-2 erstmals zwei vertikale Schlitze seitlich der Arbeitsöffnung eingelassen. Dies hat sich bestens bewährt. So war endlich auch die Herstellung filigran verzierter Perlen an diesem Ofen möglich. Da sich das Glas römischer Rezeptur am Ofen ähnlich verhielt wie die modernen Glasstäbe, kam hier und auch bei den folgenden Projekten primär das moderne Glas zum Einsatz. Während des „Borg Furnace Projects 2015“ arbeiteten zum Teil bis zu 5 Studierende plus Heizer(in) gleichzeitig am Ofen (Abb. 5). Trotz einer durch Vandalismus beschädigten Arbeitsöffnung konnte ich im Rahmen eines Tagesprojektes an diesem Ofen noch einmal die Herstellung der kleinen Tränenfläschchen nachvollziehen und fotografisch dokumentieren (Abb. 6).

Exkurs: Perlenofen auf dem Campus der Universität des Saarlandes „Verona“

Als besonderes Highlight bauten zum „Tag der offenen Tür der Universität des Saarlandes“ im Juli 2015 die zuvor am Glasofenprojekt im Archäologiepark Römische Villa Borg beteiligten Studieren-



Abb. 7: Der Perlenofen „Verona“ auf dem Campus der Universität des Saarlandes, Saarbrücken. – Bead furnace „Verona“ at the Saarland University's campus (4.7.2015).

den selbständig auf dem Universitäts-campus ihren eigenen Perlenofen. Nach ein paar Änderungen der Länge des Schürkanals und des Durchmessers der Arbeitsöffnung war auch an diesem etwas flacheren Lehmofen ein Wickeln von Glasperlen möglich (Abb. 7). Hier bestätigte sich die grundsätzliche Annahme, dass es eine bestimmte Relation zwischen der Weite der Schüröffnung (abzüglich des Querschnittes des darin liegenden Holzes) und der Weite der Arbeitsöffnung geben muss, damit der Ofen eine hohe Temperatur ohne gravierende Rußentwicklung erreichen kann.

Warum nicht leicht asymmetrisch: PO-Borg-3 „Nero“

Im Folgejahr bot sich für Studierende des Fachbereichs III – Klassische Archäologie der Universität Trier im Rahmen der Übung „Feuer und Flamme für Glas“ und des „Borg Furnace Projects 2016“ die Gelegenheit, ihren eigenen Perlenofen PO-Borg-3 zu bauen. Zuvor musste der alte Perlenofen PO-Borg-2 entfernt werden. Leider zerbrach dieser Ofen beim Versuch des Umsetzens in so kleine Stücke, dass ein Wiederaufbau als Ver-

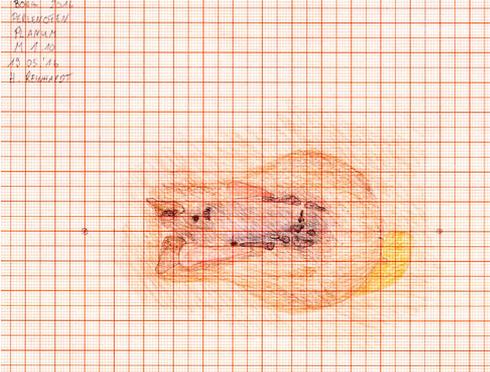


Abb. 8: Dokumentation des Befundes nach Abbau von PO-Borg-2. – Documentation of the "archaeological record" after dismantling PO-Borg-2 (19.5.2016).

witterungsstudie nicht möglich war. Nach sorgfältiger Säuberung wurde die Bodenverfärbung der Ofensohle zeichnerisch von Helen Reinhardt, Doktorandin an der Universität Trier, und auch fotografisch dokumentiert (Abb. 8), um einen Vergleich mit entsprechenden Befunden archäologischer Ausgrabungen zu ermöglichen.

Während die äußeren Abmessungen von PO-Borg-3 denen seines Vorgängers folgten, wurden ein paar kleine Ideen ausprobiert, die den Betrieb erleichtern sollten. So wurden dem Entwurf ein paar „Mauselöcher“ direkt oberhalb der Ofensohle an der Brennkammersohle hinzugefügt. Diese sollten eine bessere Steuerbarkeit des Ofens ermöglichen und vor allem den hinteren Bereich der Brennkammer mit mehr Sauerstoff versorgen, sodass sich



Abb. 9: Arbeiten an PO-Borg-3 „Nero“. – Working at PO-Borg-3 "Nero" (30.7.2016).

der Glut Aufbau im Ofen etwas reduzieren und dadurch ein mehrmaliges Leeren der Feuerkammer pro Ofenfahrt nicht mehr nötig sein sollte. Diese Löcher konnten mit passenden Stopfen verschlossen werden. Um die zuvor etwa eine Stunde betragende Aufheizzeit zu verkürzen, wurde der Ofen leicht asymmetrisch angelegt, sodass das Grundlayout von der Schüröffnung aus gesehen ein P beschreibt (Abb. 9).

Beide Neuerungen haben sich gut bewährt: Durch die Asymmetrie entsteht insbesondere beim Aufheizen ein Flammenzyklon (Abb. 10), mit dem die sonst lange Flamme ideal zum Aufheizen des Lehmofens ausgenutzt wird. Ein Regelungseffekt war über die Sockellöcher zwar nicht auszumachen, aber durch sie ist seitdem ein Leeren des Ofens während des Betriebs nicht mehr erforderlich. Im Rahmen des „Borg Furnace Projects 2018“ wird dieser Perlenofen voraussichtlich durch einen Neubau ersetzt. Bis dahin stand er mir und verschiedenen Perlenmachern für Forschungsprojekte und Vorführungen zur Verfügung. So konnte ich auch die Idee der niederländischen Glasspezialistin E. Marianne Stern zu heiß aufgenommenen Glasbrocken, die über der Flamme zu einem Glasbatzen verschmolzen und zu einem einfachen Gefäß aufgeblasen werden (STERN 2012),



Abb. 10: Der Flammenwirbel beschleunigt das Aufheizen der asymmetrischen Perlenöfen, hier ein Blick in PO-Borg-3 kurz nach dem Anzünden. – The hot cyclone shortens the heating up of the asymmetrical bead furnaces as shown in PO-Borg-3 shortly after starting the fire (30.7.2016).

erfolgreich an PO-Borg-3 nachvollziehen und dokumentieren. Inzwischen konnten wiederholt Temperaturmaxima über 1.070°C gemessen werden. Dank des mehrfach geschlitzten Kragens ist ein komfortables und effektives Arbeiten von zwei Perlenmachern bei 950-1.000°C möglich.

Neben diversen Projekttagen wurde PO-Borg-3 auch während der Internationalen Reenactmentmessen IRM2017 und IRM 2018, den Römertagen 2016 und 2018 der Villa Borg und auch des „Perlentreffs 2017“ von Sabine Aescht (Grafenshop), Christian Rupp (Perlenschmiede) und mir in Betrieb genommen und für Vorführungen genutzt. Seit dem ersten Betrieb weist der Ofen einige Risse auf, die aber im Laufe der vielen Ofenfahrten nicht gravierender wurden. Sie sind als Dehnungsfugen zu interpretieren.

Noch einmal draußen: PO-Borg-4

Genau nach dem gleichen Baumuster entstand anlässlich der internationalen Konferenz „Römische Glasöfen – Befunde, Funde und Rekonstruktionen in Synthese“ durch die kundigen Hände der Restauratoren und Restauratorinnen und Studierenden des Römisch-Germanischen Zentralmuseums Mainz im Archäologiepark Römische Villa Borg im Juni 2016 der nächste Perlenofen PO-Borg-4. Abgesehen vom nun annähernd perfekten äußeren Finish, samt römischem Schiff als Applike oberhalb des Schürkanals, war der gravierende Unterschied der Standort außerhalb der Glashütte.

Während des Baus und des mehrtägigen Betriebs bei einer mit PO-Borg-3 identischen Arbeitstemperatur wurde dieser Ofen noch durch einen Pavillon geschützt. Seit Juni 2016 ist PO-Borg-4 der



*Abb. 11: PO-Borg-4 dient seit Juni 2016 als Verwitterungsstudie. – Since June 2016, PO-Borg-4 serves as a study object for weathering processes (27.2.2018).*

Witterung ungeschützt ausgesetzt. Ebenso wie mit PO-Borg-1 sollen so Erkenntnisse über den Verwitterungsverlauf gebrannter Lehmstrukturen gewonnen werden. Als Schutz vor Vandalismus dient ein einfacher Holzkäfig, von dem aber aufgrund der weiten Lattung keine Beeinflussung der Verwitterung zu erwarten ist. Der witterungsbedingte Verfall dieses Perlenofens wird regelmäßig dokumentiert (Abb. 11).

Exkurs: Perlenofen in Călugăreni Mureș, Rumänien „Jessica“

Im August 2016 bot sich die Möglichkeit, anlässlich des Grabungsfestes der vom Mureș County Museum (Muzeul Județean Mureș) in Călugăreni Mureș, Rumänien, durchgeführten archäologischen Grabung am Donaulimes einen Perlenofen zu bauen. Auch hier kamen wieder der bewährte Bauplan von PO-Borg-3 und lokale Bau-

materialien zum Einsatz. Statt frischem Grasschnitt wurde Stroh als Magerungsmaterial des Lehms verwendet. Eine Verbesserung erfolgte im Bereich der Schlitze an der Arbeitsöffnung: Hier wurden neben zwei der drei Schlitze kleine Ablagemöglichkeiten für die Perlenkerne angefügt, sodass diese beiden Schlitze getrept ausgebildet waren.

Zusammen mit Marion Maselter gelangen der Bau und das Anlernen der Grabungsteilnehmer auf den Betrieb und das Perlenwickeln innerhalb weniger Tage, sodass zum Grabungsfest ein attraktiver Programmpunkt geboten wurde (Abb. 12). Vorab konnten während des ersten Versuchsbetriebes und der Trainingsstunden sogar genügend Perlen für Ohringe nach römischem Vorbild für die Grabungsteilnehmerinnen gefertigt werden. Dank der getrepten Schlitze war nun ein noch entspannteres Arbeiten mit weitgehend abgeschirmten Händen und zeitwei-



Abb. 12: Der Perlenofen „Jessica“ beim Grabungsfest in Călugăreni Mureș, Rumänien. –  
 Bead Furnace “Jessica” during the Roman event at the excavation undertaken in  
 Călugăreni Mureș, Romania (13.8.2016).

se aufgelegtem Dorn und Glasstab möglich. Auch diese Modifikation sollte künftig beibehalten werden.

Leider wurde dieser Perlenofen über den Winter 2016/17 durch Vandalismus vollständig zerstört, konnte aber von lokalen Mitarbeitern des Museums inzwischen durch einen funktionsfähigen Neubau ähnlicher Geometrie ersetzt werden.

Reduce to the max: PO-Borg-5 „Bert“

Im Rohbau der neuen Glashütte des Archäologieparks Römische Villa Borg durften dann Studierende im Rahmen des „Borg Furnace Projects 2017“ bzw. des begleitenden Seminars „Feuer und Flamme für Glas“ am Archäologischen Institut der Universität zu Köln den nächsten Perlenofen PO-Borg-5 bauen. Der grundsätz-

liche Entwurf folgte wieder PO-Borg-3, aber in verkleinerter Dimension. Der Schüröffnungsdurchmesser, die Weite der Arbeitsöffnung, die Lage und der Durchmesser der Sockellöcher, die getrepten Schlitz an der Arbeitsöffnung sowie die Arbeitshöhe wurden weitestgehend beibehalten. Aber durch die Halbierung der Grundfläche von 80 cm x 60 cm auf 60 cm x 40 cm sollte ein kompakter und effektiver kleiner Ofen entstehen, der in der nächsten Auflage sogar portabel sein könnte.

Durch die deutliche Größenreduzierung war der Bau aus dem lokal anstehenden Lehm samt Stroh- und Grasmagerung mit gelegentlichem Ausbrennen sehr schnell möglich. Trotz der kompakten Abmessungen wurde eine Arbeitstemperatur zwischen 950-1.000°C erreicht (Abb. 13).



*Abb. 13: Der erste Test des gerade fertiggestellten PO-Borg-5 „Bert“ mit aus nachgemischtem römischem Glas gezogenen und tordierten Glasstäben. – The first test of PO-Borg-5 “Bert” using twisted glass rods made from reconstructed Roman glass (10.6.2017).*

Nach dem „Borg Furnace Project 2017“ konnten PO-Borg-5 in der neuen und PO-Borg-3 in der alten Glashütte des Archäologieparks Römische Villa Borg parallel beim „Perlentreff 2017“ genutzt werden. Während dieses Treffs von Perlenmachern war ein Vergleichsarbeiten nicht nur an verschiedenen Gasbrennern, sondern auch an den beiden verschiedenen holzbeheizten Lehmöfen möglich. Hierbei zeigte sich, dass PO-Borg-5 trotz seiner im Vergleich zu den Vorgängern halbierten Grundfläche ähnliche Leistungen bei etwas reduziertem Brennstoffverbrauch bietet. Allerdings reagiert er aufgrund der kleinen Feuerkammer etwas nervöser als seine Vorgänger.

Bis hierhin und weiter

Beide Glashütten des Archäologieparks

Römische Villa Borg bieten in ihrem vorderen Bereich genügend Platz, jeweils einen Perlenofen zu beherbergen. So ist gewährleistet, dass mindestens einer der Öfen für Vorführungen und Forschungsprojekte zur Verfügung steht. Einer dieser Öfen soll regelmäßig bei den Glasofenprojekten von den projektbeteiligten Studierenden abgetragen, die Bodenverfärbungen dokumentiert und folgend an gleicher Stelle ein Ofen neu errichtet werden. Dies und der darauffolgende selbständige Betrieb des Perlenofens sind elementare Bausteine der zu gleichen Teilen auf die Theorie und auf die Praxis fokussierenden Blockseminare an den jeweiligen Universitäten.

Weitere Perlenöfen ähnlicher Geometrien, zum Teil mit Nischen zum Sammeln der gefertigten Perlen oder zur Aufnahme einer kleinen Schmelzschale, sind in der

Außenstelle Titz-Höllen des LVR-Amtes für Bodendenkmalpflege (Juni 2018), im Pfahlbaumuseum Unteruhldingen (Juli 2018) und im LWL-Industriemuseum Glashütte Gernheim (Oktober 2018 oder Oktober 2019) in Vorbereitung. Darüber hinaus sollen im Laufe des Jahres 2018 für mehrere GlasperlenmacherInnen portable Lehmofen-Lösungen nach ähnlichem Muster entstehen.

Somit ist dieser Bericht nur als Zwischenbilanz zu verstehen. Aber schon jetzt kann festgehalten werden, dass diese holzbefeuerten Lehmöfen keinesfalls schlechter zum Glasperlendrehen geeignet sind als die bislang regelmäßig bei musealen oder archäotechnischen Vorführungen verwendeten Holzkohle-Öfen. Mit etwas Übung kann sehr gut in den verschiedenen Bereichen der aus einem holzbefeuerten Lehmofen herausschlagenden langen Flamme gearbeitet werden. Durch eine passende Wahl der Ofenabmessungen kann der Ofen auch komplett alleine geschürt und ohne Unterbrechung sitzend daran gearbeitet werden.

Im Vergleich zu den Holzkohle-Öfen kann auf einen arbeitsintensiven Einsatz von Blasebälgen und der für deren Bedienung im Regelfall notwendigen Hilfsperson verzichtet werden. Ebenso entfällt die „dreckige“ Herstellung der Holzkohle – oder deren Zukauf. Die Lehmöfen sind auch ohne spezielles Know-how schnell aus lokalen Rohstoffen errichtet. Sie halten bei adäquatem Witterungsschutz trotz Rissbildung mit nur minimalen Reparaturen dutzende Ofenfahrten aus.

Nachdem sich anfangs die vertikale Tonne als nicht ideal erwiesen hatte, haben sich fast alle kleinen Modifikationen des Layouts als dem Arbeitsprozess und Ofenbetrieb zuträglich herausgestellt: Der Kragen bzw. der längere Schürkanal schirmt gut gegen Windeinfluss ab. Der Flammenschlag ist dadurch ruhiger und gleichmäßiger. Seit dem Zufügen der So-

ckellöcher ist kein Leeren der Feuerkammer während des Betriebs mehr nötig. Die Schlitzung der Arbeitsöffnung bewirkt ein weitgehendes Abschirmen der Hände. Durch die Treppung der Schlitze ist eine zusätzliche Werkzeugablage entstanden, ohne dass die Abschirmung zu sehr reduziert wurde.

Aus archäologischer Sicht bleibt das Problem der fehlenden Hinweise auf den oberirdischen Aufbau. Zur Ofensohle von PO-Borg-2 passende Befunde gibt es hingegen, allerdings handelt es sich nur um Bodenverfärbungen. PO-Borg-4 zeigt, in welchem rasanten Tempo die hiesige Witterung auch gebrannten Lehm bis zum vollständigen Kollaps der Ofenstruktur verwitern lässt. Insofern ist das Fehlen archäologischer Belege für genau diese Ofenlayouts aus unseren Breitengraden nicht verwunderlich.

## Literatur

**GIBERSON, D. 1997:** When glass was one: an article about the beginnings of glass-making. Warner 1997.

**GIBERSON, D. 1998:** A Glassblower's Companion. A Compilation of Studio Equipment Designs, Essays, and Glass-making Ideas. Warner 1998, 15-19.

**ISRAELI, Y. 1991:** The Invention of Blowing. In: M. Newby, K. Painter (Hrsg.), Roman Glass. Two Centuries of Art and Invention. London 1991, 46-55.

**RISOM, Th. 2013:** Perlemageren fra Ribe. Historien, materialerne og teknikkerne. Stockholm 2013, 50-73.

**STERN, E. M. 2012:** Blowing Glass from Chunks Instead of Molten Glass: Archaeological and Literary Evidence. Journal of Glass Studies 54. Corning, New York 2012, 33-45.

**WIESENBERG, F. 2014:** Experimentelle Archäologie: Römische Glasöfen. Rekonstruktion und Betrieb einer Glashütte nach römischem Vorbild in der Villa Borg. Borg Furnace Project 2013. Schriften des

Archäologieparks Römische Villa Borg 6 = ARCHEOglas 2. Merzig 2014.

**WIESENBERG, F. 2016a:** Experimentelle Archäologie: Die Römische Glashütte im Archäologiepark Römische Villa Borg. In: B. Birkenhagen, I. Vogt (Hrsg.), 30 Jahre Archäologiepark Römische Villa Borg. Merzig 2016, 84-97.

**WIESENBERG, F. 2016b:** Prinzipstudie Perlenofen: Glasperlen und Fläschchen / Bead Furnace Study Project. In: B. Birkenhagen, F. Wiesenberg (Hrsg.), Experimentelle Archäologie: Studien zur römischen Glastechnik Band 1. Schriften des Archäologieparks Römische Villa Borg 7 = ARCHEOglas 3. Merzig 2016, 110-126.

**WIESENBERG, F. 2016c:** Rohglas, Mosaikglas, Rippenschalen und römisches Fensterglas – ausgewählte Resultate des „Borg Furnace Project 2015“ im Archäologiepark Römische Villa Borg. Experimentelle Archäologie in Europa 15. Jahrbuch 2016, 35-46.

**WIESENBERG, F. 2016d:** Rohglas, Mosaikglas, Rippenschalen und römisches Fensterglas – Neues vom experimentalarchäologischen „römischen“ Glasofenprojekt im Archäologiepark Römische Villa Borg (Borg Furnace Project 2015, BFP2015). In: M. Koch (Hrsg.), Archäologentage Otzenhausen 2. Nonnweiler 2016, 265-272.

Autor  
Frank Wiesenberg  
Stammheimer Str. 135  
50735 Köln  
Deutschland  
info@glasrepliken.de  
www.frankwiesenberg.de  
www.glasrepliken.de

Archäologiepark Römische Villa Borg  
Roman Glass Research Center  
Projektleitung Glasofenprojekte im Experimentalarchäologischen Werkbereich  
Im Meeswald 1  
66706 Perl-Borg  
Deutschland  
www.villa-borg.de  
www.glasofenexperiment.de

#### Abbildungsnachweis

Abb. 1: Zeichnung F. Wiesenberg, WIESENBERG 2016b, 112 Abb. 2

Abb. 2-5, 13: Foto M. Arz

Abb. 6, 7, 9-12: Foto F. Wiesenberg

Abb. 8: Zeichnung H. Reinhardt, Foto F. Wiesenberg