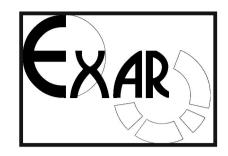
EXPERIMENTELLE ARCHÄOLOGIE IN EUROPA Jahrbuch 2025 Heft 24

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 2025

Unteruhldingen 2025

	/ereinigung zur Förderung der Experimentellen the advancement of archaeology by experiment
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: Sönke Hartz, Frank Wi	esenberg, Universität Trier
Bibliographische Information der Deutsc	hen Bibliothek
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet die Nationalbibliographie, detaillierte bibliog http:\\dnb.dbb.de	se Publikation in der Deutschen raphische Daten sind im Internet abrufbar unter:
ISBN 978-3-944255-24-8	
	orderung der Experimentellen Archäologie / ent of archaeology by experiment e.V Alle

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

Rechte vorbehalten

Inhalt

Gunter Schöbel 8 Vorwort **Experiment und Versuch** Bettina Birkenhagen, Michael Dillenburger Bierbrauen nach römischem Vorbild – erste Experimente und Ergebnisse 11 Frank Wiesenberg Reduce to the Max – oder: Wie klein darf ein römischer Glasofen sein? 21 Mark Taylor, David Hill, Bettina Birkenhagen Neue Anregungen zur Herstellung römischer Cameogefäße 39 Andreas Klumpp Von hölzernen Rosten, Kieselsteinen, "Schnellkochtopfdeckeln" und dem Huhn in der Flasche. "Exotische" Kochgeräte und -methoden aus der Dissertation "Culina Historica" 49 Andreas Franzkowiak issin sol behebet dir din füß gesund – Eisensohlen gegen Fußangeln 61 Rekonstruierende Archäologie Hannes Wiedmann Experimentelle Herstellung paläolithischer Flöten 77 Svenja Furken, Sönke Hartz Pfeil sucht Bogen – das Ahrensburger Steinzeitexperiment 89 Josef Engelmann Bemerkungen zur Herstellung spätbronzezeitlicher Sichelgriffe 103 Kayleigh Saunderson, Karina Grömer Lady of the Rings – eine besondere hallstattzeitliche Kleidungsform 113

Peter Johann Die Bissula – ein seegängiges römisches Handelsschiff im Experiment	125
Helmut Balk, Margarete Madelung Vom Handwerk zur Musik und zurück – Forschungsnachbauten eines Hammerflügels aus der Schule von J. A. Stein (um 1780) und ihre klangliche Wiederbelebung	139
Vermittlung und Theorie	
Thomas Lessig-Weller Experimentelle Archäologie und Schule – eine Beziehung mit Zukunft?	161
Frank Wiesenberg Die Römische Glashütte in der RömerWelt am caput limitis zwischen Experiment, Versuch und Vermittlung	173
Fabian Brenker 'Fiktive' Konstrukte im kollektiven 'Wissen' der Darstellenden Interpretation am Beispiel bürgerlicher Kleidung und Fußsoldaten im Hochmittelalter	189
Susanne Bosche Handwerk und Digitalisierung Hand in Hand. Das Potenzial von 3D-Digitalisierungsverfahren für die Experimentelle Archäologie	201
Julia Heeb Das EU-Projekt "RETOLD" – einheitliche Dokumentationsstrategien für archäologische Hausmodelle und altes Handwerk	217
Gunter Schöbel Drei Vereine – und ihre Möglichkeiten zur Unterstützung der Experimentellen Archäologie in Europa. Der Süd- und Westdeutsche Altertumsverband (1900-2024), der Pfahlbauverein (1922-2024) und die Europäische Vereinigung zur Förderung der Experimentellen Archäologie (1990-2024) in Deutschland und Europa	229

Jahresbericht, Autorenrichtlinien

Ulrike Weller	
Vereinsbericht der Europäischen Vereinigung zur Förderung der Experimentellen Archäologie (EXAR) für das Jahr 2024	247
Autorenrichtlinien "Experimentelle Archäologie in Europa"	251

Vorwort

Die als "Perle der Schwäbischen Alb" bekannte Stadt Blaubeuren auf der Schwäbischen Alb - mit ihrem Blautopf - war das Ziel der 21. Jahrestagung der EXAR, die vom 19. bis zum 22. September 2024 stattfand. Die "älteste Kunst der Menschheit" - UNESCO Welterbe seit 2017 lockte Experimentalarchäologinnen und -archäologen in das maßgebende Museum neuester Konzeption, um die Anfänge eines besonderen Kapitels und 40.000 Jahre Menschheitsgeschichte kennen zu lernen. Die aktuelle Präsentation wurde uns im Urgeschichtlichen Museum, dem URMU, durch die Museumsleiterin Frau Dr. Stefanie Kölbl und ihre Mitarbeiter. Frau Rohn und Herr Wiedmann, in liebenswerter und höchst sachkundiger Weise nähergebracht. Wir danken ihnen und dem ganzen Organisationsteam ganz herzlich an dieser Stelle.

Die Vermittlungsstätte ist eine Zweigstelle des Archäologischen Landesmuseums Baden-Württemberg, aber noch mehr des Urgeschichtlichen Institutes der Universität Tübingen. Die Kolleginnen und Kollegen Joachim Hahn, Hansjürgen Müller-Beck und Anne Scheer gestalteten die ersten Jahre. Heute tragen Nicolas Conard vom Tübinger Institut, eine Stiftung unter Beteiligung des Landkreises und der Stadt und die Gesellschaft für Urgeschichte e. V. die Einrichtung - ein Erfolgsmodell. Die Experimentelle hatte dort stets eine starke methodische Verankerung mit direkten Bezügen zu den Forschungsausgrabungen. Die "Tage der offenen Höhle", Workshops zur Methode und Konzerte mit Altsteinzeitflöten durch Friedrich Seeberger am authentischen Ort sind uns alle noch in sehr guter Erinnerung.

Die Jahrestagung hielt wieder spannende Vorträge, informative Poster und ein neues Jahrbuch 2024 bereit. Persönlich danken darf ich dem Redaktionsteam um Ulrike Weller, Thomas Lessig-Weller und dem Vorstand noch einmal herzlich für die Zuwidmung der letzten Jahresbilanz an mich. Dies war eine unerwartete und große Freude.

18 Berichte und Vorträge enthält der neue Band. Sie fallen nahezu gleich gewichtig in die Rubriken "Experiment und Ver-"Rekonstruierende Archäologie" such". sowie "Vermittlung und Theorie". Chronologisch konnten Themen vom Paläolithikum bis zur Neuzeit behandelt werden. Thematisch sind von der Steinbearbeitung frühester Epochen über das Bierbrauen in römischer Zeit bis zur Rekonstruktion eines Hammerflügels des 18. Jhs. viele spannende Versuche geschildert. Auch die Aufgaben für den Schulunterricht oder die Positionierung zur Living History oder dem re-enactment finden Raum in dieser Darstellung.

Viel Freude beim Lesen, dem Gestalten weiterer Experimente und der Entwicklung qualitätvoller Vermittlungsprogramme.

Unteruhldingen im Juli 2025

Prof. Dr. Gunter Schöbel

Vorsitzender EXAR e. V.
 Pfahlbaumuseum Unteruhldingen

Kategorie: Experiment und Versuch

Reduce to the Max – oder: Wie klein darf ein römischer Glasofen sein?

Frank Wiesenberg

Summary – Reduce to the Max – How Small Can a Roman Glass Furnace be? Since 2013, the Archäologiepark Römische Villa Borg features a reconstructed Roman hot glass workshop. Based upon the experiences with this large wood-fired glass furnace and small daub structures for producing glass beads, the building of a small wood-fired furnace containing a shallow crucible (pot) for melting and working glass was tried in 2016. The small structure should allow a daily routine of heating up, melting, and working glass – in contrast to the routine established at the large glass furnace, which requires a starting phase of two days prior to the working phase of several days with constant heating, also throughout the night. The small glass furnace has proved to be very efficient, delivering a working temperature between 1,000 and 1,100 °C. Several similar workshops, each one consisting of a small pot furnace, and an annealing kiln, were set up at the Archäologiepark Römische Villa Borg (2016, and 2018), the Staatliche Glasfachschule Rheinfach (2018, and 2022), the Archäologischer Park Cambodunum (2022), and the RömerWelt am caput limitis Rheinbrohl. The latter one took over a set built at Rheinbach, now forming the Römische Glashütte (2023).

Keywords: glass furnace, glass workshop, pot furnace, glassblowing, annealing oven

Schlagworte: Glasofen, Glashütte, Glaswerkstatt, Hafenofen, Glasblasen, Kühlofen

Um funktionsfähig zu sein, müssen Rekonstruktionen römischer holzbefeuerter Öfen zum Schmelzen und Verarbeiten von Glas zu Glasgefäßen groß sein. Diese Grundannahme scheinen die Ausgrabungen römischer Glashütten zu bestätigen, bei denen runde bis birnenförmige Ofengrundrisse mit Feuerkammern von 50 bis deutlich über 90 cm Innendurchmesser zu beobachten sind. Gestützt wird diese Annahme auch durch eigene Erfahrungen, die ich seit 2008 beim annähernd jährlich stattfindenden

römischen Glasofenproiekt des Archeo-Velzeke (zuvor Provinciaal centrum Archeologisch Museum Velzeke) und dessen "Velzeke Furnace Project" gewinnen konnte. Insbesondere der Vergleich von diesem Projekt mit dem mehrfach erfolgten Betrieb des 2013 im Archäologiepark Römische Villa Borg nach Trierer Vorbild rekonstruierten Glasofens GO-Borg-1 (WIESENBERG 2014) ergab, dass der weitaus größere Glasofen im belgischen Velzeke deutlich einfacher steuerbar ist. Die beiden Glasöfen in Velzeke

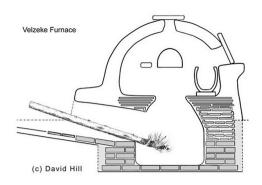


Abb. 1: Schnitt durch die Rekonstruktion eines römischen Glasofens in Velzeke. – Cross-section of the reconstruction of a Roman glass furnace at Velzeke.

und Borg ähneln sich sehr in ihrem Basisaufbau mit einem birnenförmigen Grundriss, einer kaminlosen Flammenführung aus den Arbeitsöffnungen hinaus (*Abb. 1*), ihrem Fassungsvermögen von mehreren 2 bis 4 Liter Glas fassenden Glashäfen (keramischen Schmelzgefäßen) und der Holzfeuerung, die nur mittels des Ofenzugs eine Arbeitstemperatur zwischen 1.000 und 1.100 °C ermöglicht.

Durch ihre Masse und der in beiden Fällen auf einer Lehmbank im Inneren des Ofens positionierten, noch leeren Glashäfen ist eine Aufheizzeit von mindestens 10 bis 12 Stunden erforderlich. Eine rapidere Temperaturerhöhung während der Aufheizphase führt zu einem Risiko des Reißens der Schmelzgefäße, da deren Boden durch die massive Ofenbank vergleichsweise kühl gehalten wird, während die Gefäßwandung durch den Flammenschlag mit der maximalen Hitze beaufschlagt wird.

An die lange Aufheizphase schließt eine – je nach Volumen – mitunter mehrere Stunden dauernde Füllphase der Glashäfen an. Hierbei wird bei einer konstanten Temperatur über 1.000 °C in mehreren Durchgängen jeweils eine kleinere Menge zerscherbtes Recycling- oder Rohglas in

die Glashäfen eingefüllt. Auch hier ist wieder Geduld gefragt, denn ein zu schnelles Befüllen würde durch die Temperaturdifferenz wiederum zum Hafenbruch führen. Nach dem vollständigen Befüllen folgt eine mehrere Stunden dauernde sogenannte Läuterungsphase, während der die eingeschlossene Luft aus der Schmelze herauskocht. Insgesamt ist bei diesen größeren Glas-Schmelz- und Arbeitsöfen also mit einer Vorlaufzeit von 1 bis 2 Tagen zu rechnen. bis an diesen Öfen in römischer Tradition Glas geblasen werden kann. Kurzzeit-Proiekte von nur einem Tag sind an diesen Öfen nicht realisierbar, stattdessen dauern die Glasofenprojekte in Velzeke und Borg im Regelfall jeweils eine Woche - mit kontinuierlicher Feuerung des Glasofens auch während der Nächte

Allerdings zeigten die seit 2015 verschiedenen Orten erbauten holzbefeuerten Lehmöfen zur Herstellung von Glasperlen, dass auch kleinere, nur tagsüber über wenige Stunden betreibbare Ofenstrukturen durchaus in der Lage sind, eine Arbeitstemperatur deutlich über 900 °C zu erreichen (WIESENBERG 2018). Experimentell gelang sogar das Blasen von kleinsten Glasgefäßen aus zuvor vorbereiteten Glasröhren (WIESENBERG 2016). Die Abmessungen dieser Perlenöfen bieten aber keinen Platz für ein Schmelzgefäß.

Anfang September 2016 widmete ich mich der Frage, ob das Blasen von Glasgefäßen nicht auch mit einer anderen Ofenbauweise möglich wäre. Gesetzt waren: Holzfeuerung, kleines Schmelzgefäß, tageweiser Betrieb möglich, Arbeitstemperatur über 1.000 °C.

Als Vorüberlegung erfolgte eine kurze Analyse der bisherigen von mir gebauten Ofentypen:

Großer Glas-Schmelz-/Arbeitsofen

Vorteile:

- hohe und stabile Arbeitstemperatur (1.000-1.100 °C)
- blasenfreies / blasenarmes Glas je nach Läuterungszeit machbar
- verschiedene Glasverarbeitungs-Techniken realisierbar (Glas blasen frei oder in Formen, Fensterglas, Fusing/Verschmelzen und Absenken, z. B. von Mosaikglas u. v. m.)

Nachteile:

- lange Bauzeit (je nach Größe Monate!)
- hoher Materialbedarf (Kosten)
- lange Aufheizzeit und Läuterungszeit (> 1 Tag)
- nur Projekte über mehrere Tage und Nächte realisierbar
- Ofenteam mit mehreren Heizern erforderlich (Schichtbetrieb Tag + Nacht)
- hoher Holzbedarf (Kosten)
- Glashäfen (für mich) nicht selber herstellbar

Kleiner Perlenofen

Vorteile:

- kurze Bauzeit (wenige Stunden; maximal 2 Tage)
- · wenig Materialbedarf
- kurze Aufheizzeit (1-2 Stunden)
- stunden- oder tageweiser Betrieb realisierbar
- · alleine betreibbar
- · ggf. sogar mobil (tragbar) möglich

Nachteile:

- nur limitierte Arbeitstemperatur (900-950 °C)
- · kein Glashafen einsetzbar
- wenig Glasverarbeitungstechniken realisierbar (im Wesentlichen nur das Wickeln von Perlen)

Im Idealfall sollte doch ein "Mittelding" erstellbar sein, das die Vorteile der großen Glasöfen und der kleinen Perlenöfen verbindet. Konkret wären das als Vorteile:

- kurze Bauzeit (< 1 Woche)
- · wenig Material- und Platzbedarf
- kurze Aufheizzeit + Läuterungszeit (wenige Stunden)
- tageweise betreibbar; kein Nachtbetrieb erforderlich
- · eventuell sogar alleine betreibbar
- hohe und stabile Arbeitstemperatur (1.000-1.100 °C)
- blasenfreies / blasenarmes Glas je nach Läuterungszeit machbar
- verschiedene Glasverarbeitungstechniken realisierbar (Glas blasen frei oder in Formen, Fensterglas, Fusing / Verschmelzen und Absenken, z. B. von Mosaikglas u. v. m.)

Nachteile:

 keine, außer dass dieser Ofen noch nicht existierte.

Als "Nachteil" wäre für eine experimentalarchäologische Rekonstruktion aber die fehlende archäologische Befundlage anzuführen, denn für einen solchen kleinen Hafenofen (Schmelz-/Arbeitsofen mit mindestens einem eingesetzten Glashafen) fehlen Belege aus archäologischen Ausgrabungen. Hier sei aber darauf verwiesen, dass aus den Ausgrabungen vollständig keine erhaltenen Glasöfen bekannt sind, sondern meist nur deren in den anstehenden Boden eingetiefte Feuerkammern, die oft nur im Rundriss von wenigen Zentimetern Höhe erhalten sind. Aber die archäologische Befundlage liefert die eingangs erwähnten Feuerkammer-Durchmesser, die eben große Öfen nahelegen.

Wenn aber – wie bei der zunächst zeichnerischen Rekonstruktion der recht kleinen Glashütte der Ausgrabung Trier-Hopfengarten (Basis des Glasofens GO-Borg-1 im Archäologiepark Römische Villa Borg) – davon ausgegangen werden



Abb. 2: Ofensohle von GO-Borg-2 mit Rampe im Schürkanal. – Furnace base of GO-Borg-2, with the stoking channel featuring a ramp.

kann, dass die Höhe eines Glasofens gewissen geometrischen Abhängigkeiten folgt (Wiesenberg 2014, 35-36), dann wäre auch eine andere, kleinere Lösung machbar, die eben keine Eintiefung in den anstehenden Boden erforderlich macht. Wie beispielsweise der Trierer Befund zeigt, wurden Räumlichkeiten römischer Glashütten im städtischen Bereich im Regelfall nach Aufgabe des Hüttenbetriebs eingeebnet und wohl einer neuen Nutzung zugeführt. Hierbei bleiben - falls überhaupt - nur eingetiefte Ofenteile erhalten. Öfen, die auf dem Werkstattboden aufbauen, wurden vermutlich vollständig abgetragen. Sollte die Glashütte nur verlassen und nicht dem Erdboden gleich gemacht worden sein, so bleibt von ausschließlich obertägig erbauten Lehmöfen auch nur eine recht undefinierbare Brandlehm-Holzkohleschicht übrig, wie Lehmofen-Verwitterungsstudien (u. a. im Archäologiepark Römische Villa Borg) zeigen.

Wenn, wie bei den bisherigen Glasofenrekonstruktionen, von einer sitzenden Tätigkeit vor dem Ofen ausgegangen wird, beträgt die Höhe der vor dem Ofen befindlichen Arbeitsfläche, der sogenannten Märbelplatte, etwa 55-60 cm. Wird nun statt eines mindestens 20 cm tiefen Glashafens nur eine kleine, flache Schmelzschale verwendet, dann hat dies drei Vorteile:



Abb. 3: Trockenbrennen des halbfertigen Ofens GO-Borg-2 zum Stabilisieren. – Drying the halfway built furnace GO-Borg-2 in order to stabilize its structure.

- 1. Die beim Schmelzen des Glases eingeschlossene Luft muss nur einen kurzen Weg bis an die Oberfläche zurücklegen, was das Läutern der Schmelze verkürzt.
- 2. Das Glas nimmt die Temperatur des Feuers besser über die Oberfläche der Schmelze als über die Hafenseiten oder den Hafenboden auf.
- 3. Die Masse des zu erhitzenden Glases ist deutlich kleiner als bei einem großen, tiefen Hafen.

Diese drei Effekte dürften die Zeitspanne bis zur Arbeitsfähigkeit deutlich verkürzen. Durch die geringe Masse der gefüllten Schmelzschale wäre auch eine "schwebende" Lagerung innerhalb des Ofens möglich, statt sie auf einer stabilen Ofenbank zu positionieren. All dies sollte die

Aufheiz- und Läuterungszeit deutlich reduzieren.

Sowohl von den theoretischen Vorüberlegungen als auch den praktischen Erfahrungen her hatte der Bau eines kleinen Hafenofens also eine gewisse Erfolgsaussicht. Mit einer Handvoll römischen Dachziegelfragmenten und dem Lehm aus den Ausgrabungen der Villa Borg lag kostenloses Baumaterial vor. Ein Stück alte Fensterbank stand als Märbelplatte bereit. Ofentüren aus schamottiertem Ton Schlickerguss und im heraestellte Schmelzschalen (aus eigens vorbereiteten Gipsformen) wurden vorbereitet. Rohglas und Brennholz waren in ausreichender Menge vorhanden, ebenso die Glasmacher- und Ofen-Werkzeuge. Aus Platzgründen musste dieser Experimentalofen innerhalb der bereits existierenden Glas-



Abb. 4: Testweises Einsetzen der Schmelzschale auf die drei Haltenasen; links die halbfertige Kühlkammer. – Testing the placement of the shallow glass pot on top of the three protruding supports; the half-built annealing chamber is on the left.

hütte des Archäologieparks Römische Villa Borg gebaut werden. Da hier aber eine Überschneidung mit dem Arbeitsbereich eines der beiden Glasmacher am Glasofen GO-Borg-1 offensichtlich war, erfolgte der Bau des Glasofens GO-Borg-2 auf einem Gitterrost, damit er bei Bedarf mit einem Radlader aufgenommen und versetzt werden kann. Dieser kleine Glasofen sollte im Tagesbetrieb aufgeheizt und abgekühlt werden, was ungefähr dem Rhythmus eines Kühlofens (auf konstant ca. 500 °C gehaltener Ofen zum kontrollierten Abkühlen = Entspannen der Glasgefäße) entspricht. Deswegen wurde die Integration einer kleinen Kühlkammer in den Ofen versucht. Ein kleiner Kamin sollte eine flexible Flammenführung und ggf. auch das Arbeiten oberhalb des Ofens ermöglichen, ähnlich der Arbeitsweise an den Perlenöfen. Der Bau dieses kleinen Hafenofens samt einer dem Schürkanal aufgesattelten Kühlkammer war durch mehrfaches Ausbrennen in weniger als vier Tagen (01.09.2016 ab mittags bis zum 04.09.2016 vormittags) erledigt. Benötigt wurden 10 halbe 90-Liter-Bauwannen Lehm mit geringer Strohmagerung (*Abb. 2-4*).

Schon der Testbetrieb des baufrischen Ofens am 07.09.2016 (*Abb. 5*) verlief so erfolgreich, dass nicht nur Glas geschmolzen, sondern auch zu Gefäßen geblasen werden konnte. Dies war sogar im "Alleingang" möglich, d. h. mit genügend Bewegung konnte ich alleine sowohl die Aufgaben des Heizers als auch des Glasmachers erledigen. Allerdings ist ein aus zwei Personen bestehendes Team sinnvoll. Sowohl am 07.09.2016 als auch am 10.09.2016 wurden Temperaturdaten



Abb. 5: Testbetrieb des fertigen Glasofens GO-Borg-2 am 07.09.2016. – Test firing of the glass furnace GO-Borg-2 on September 7th, 2016.

aufgenommen, ein Wiegen des Brennholzes erfolgte nur am 10.09.2016. Bereits am ersten Tag zeigte sich, dass sich das keramische Schmelzgefäß aufgrund seiner punktuellen Lagerung auf drei Lehmnasen bei einer Temperatur oberhalb von 1.000 °C verformte und in den Ofen abzurutschen drohte. Dieser Effekt wurde folgend zuverlässig durch eine Ummantelung des Schmelzgefäßes mit frischem Lehm verhindert.

Von 2016 bis 2024 war dieser kleine Glas-Schmelz- und Arbeitsofen an 80 bis 100 Arbeitstagen in Betrieb. Die Einsatzzwecke waren nicht nur die Eigenschulungen und Vorführungen vor Publikum des Archäologieparks, sondern auch Forschungsprojekte und Schulungen der an den ieweils eine Woche dauernden großen Glasofenprojekten ("Borg Furnace Project") beteiligten Studierenden. Da der Ofen nur tagsüber betrieben wird, extrem schnell und sensibel auf die Aktionen des Heizpersonals reagiert und insgesamt sehr übersichtlich ist, hat er sich als idealer Schulungsofen bewährt. Die Kühlkammer war leider bislang nicht zum Tempern der Glasgefäße nutzbar. Nachdem sie beim neuen Ofen maximal 350 °C erreichte (erforderlich sind um 500 °C) stellten sich nach mehreren Betriebsphasen Risse im Bereich der angrenzenden Feuerkammer ein, sodass die Temperatur punktuell deutlich über 650 °C lag, also im Bereich der Erweichungstemperatur des römischen Glases.

Die dokumentierte Maximaltemperatur auf der Höhe des Schmelzgefäßes im Brennraum lag kurzzeitig über 1.150 °C, wobei ab 1.120 °C ein Herabfallen von verbrannten Lehmstücken aus der Ofenkuppel in den Glashafen zu beobachten war. Eine höhere Temperatur wäre sogar machbar, aber dem Erhalt des Ofens nicht zuträglich gewesen. Sowohl das römische Glas, das keramische Schmelzgefäß, als auch der Ofenlehm legen 1.050 bis 1.100 °C als ideale Arbeitstemperatur dieses kleinen Ofens nahe. Der Ofenraum bietet Platz für eine maximal 0.8 Liter fassende flache Schmelzschale oder eine Kombination aus einer 0.3 bis 0.5 Liter fassenden Schale und einem etwa 0.1 Liter fassenden Näpfchen. So sind zum Beispiel Gefäße mit naturfarbenem (grünlichem) Grundglas und Farbdekor möglich. Eine andere beliebte und so realisierbare römische Farbkombination ist kobaltblaues Grundglas mit opakweißem Dekor.

Der bereits für den ersten Brennversuch am 07. und 08.09.2016 aufgestellte Fragenkatalog kann nach den bisherigen Erfahrungen jetzt wie folgt beantwortet werden:

- 1. Welche Temperatur ist in der Feuerkammer erreichbar? – Nicht mehr mit den verwendeten K-Sensoren messbar, da über 1.200 °C.
- 2. Welche Temperatur ist in der Höhe der Schmelzschale erreichbar? Über 1.100 °C. Mehr ist machbar, aber nicht sinnvoll.

- 3.-5. Funktioniert die Kühlkammer oberhalb der Schüröffnung? Leider nein (s. o.). Der Betrieb eines separaten Kühlofens ist also erforderlich.
- 6. Ist die Stufe/Rampe im Schürkanal sinnvoll (*Abb. 2*)? Ja, dadurch wird die Flamme gut mit Sauerstoff versorgt und der Ofen verstopft nicht so schnell. Allerdings verhindert sie ein Entnehmen der Asche.
- 7. Ist die "Serviceöffnung" in der Feuerkammer nötig? – Unentbehrlich zum Entnehmen der Asche, falls der Schürkanal eine Rampe aufweist.
- 8. Sind die drei kleinen Luftlöcher zur Feuerkammer nötig? Sie helfen, dass die Feuerkammer weniger schnell verstopft, da so Sauerstoff an die Glut im Bereich der Ofensohle geleitet wird.
- 9. Sind die drei kleinen Luftlöcher mit Tonstopfen/Tonkegeln verschließbar? Ja, aber es bringt keinen messbaren Effekt.
- 10. Muss im tageweisen Betrieb die Feuerkammer geleert werden? Je nach Brennholz nach 1 bis 5 Betriebstagen: mit Buche nach 1 Tag; mit Birke nach 5 Tagen. Auf jeden Fall nicht während der Betriebsphase.
- 11. Welchen Einfluss hat der Kamin auf den Flammenschlag an der Arbeitsöffnung? Bei offenem Kamin ist der Flammenschlag aus der Arbeitsöffnung reduziert. Da dieser Flammenschlag aber zum Arbeiten (beim Glasblasen) genutzt wird, bleibt der Kamin fast immer mit einem Tonziegel verschlossen.
- 12. Sind Kleinteile auf dem abgedeckten Kamin vorheizbar? Bedingt ja, die Temperatur ist aber recht gering. Für die Kaffeekanne oder Bratpfanne aber ideal.

- 13. Ist mit (teilweiser) Abdeckung des Kamins eine Abgrenzung der Wärmezonen im Bereich der Arbeitsöffnung des Ofens machbar? Der Flammenschlag hängt extrem von der Positionierung des Brennholzes ab. Da beim Verschieben des Kamin-Ziegels stets Dreck in die direkt darunter positionierte Glasschmelze fällt, hat sich das Verschieben des Ziegels im Betrieb nicht bewährt.
- 14. Reichen die drei Haltenasen aus Lehm zur Lagerung eines ca. 1 Liter fassenden Glashafens? Ja, so gerade. Die Haltenasen sind extremer Temperatur ausgesetzt, verbrennen sogar. Sie mussten bereits mehrfach repariert werden, was aber immer gelang.
- 15. Verzieht sich der Glashafen durch Temperatur und Gewicht auf den Haltenasen? Ohne schützenden Lehmmantel: ja; mit Lehmmantel: nein.
- 16. Reißt der Glashafen? Ohne schützenden Lehmmantel ja (im Bereich der drei Haltenasen beim Befüllen), mit Lehmmantel aber mitunter auch beim zu schnellen Hochheizen.
- 17. Ist die Verwendung dünner Schlickerguss-Häfen möglich? Ja. Die kleinen Schmelzschalen sind einfach und kostengünstig selber herzustellen, ebenso die dazu benötigten Gipsformen.
- 18. Hat die Einbettung des Glashafens in einem Lehmmantel Vorteile? Ja, s. o.
- 19. Nach welcher Schmelz-/Läuterungszeit ist ein Arbeiten am Ofen machbar? Ca. 3 h bis auf 1.000 °C, dann 1 h für das schrittweise Einbringen der Glas-Scherben, dann mindestens 2 h Läuterungszeit zum Ausschmelzen der eingeschlossenen Luft.
- 20. Bringt ein Umrühren der Schmelze



Abb. 6: Einbruch der Kühlkammer in den Schürkanal bei GO-Borg-2. – The annealing chamber floor collapsed into the stoking channel of GO-Borg-2.



Abb. 7: Reparatur von GO-Borg-2 mit drei römischen imbrex-Fragmenten. – Repair of GO-Borg-2, using three Roman imbrex fragments.

eine deutliche Homogenisierung? - Ja.

- 21. Ist die Verwendung von (farblich) gemischtem Altglas möglich? Ja, falls ausreichend Schmelzzeit berücksichtigt wird.
- 22. Ist die Verwendung moderner Glasmischungen möglich? Zum Teil ja. Modernes "Handmacherglas" (Kalk-Natron-Glas) zum Glasblasen funktioniert gut, (Bier-/Wein-) Flaschenglas oder Borosilikatglas hingegen nicht. Modernes Glas ist mitunter deutlich länger ohne Nachheizen außerhalb des Ofens verarbeitbar (= langes Glas) als das nachgemischte römische Glas (= kurzes Glas).
- 23. Hält die Ofenkuppel trotz Anbindung der Vorheizöffnung direkt an die Arbeits-öffnung? Ja.
- 24. Wie hoch ist der Holzverbrauch? Hängt von der Holzsorte und Trockenheit ab und liegt zwischen 5 und 10 kg/h.
- 25. Wie ist der Temperaturverlauf über eine Arbeitsphase (= Tag)? Siehe *Tab. 1* und *Tab. 2*.
- 26. Wie schnell kann der Ofen angeheizt werden, ohne dass der Hafen reißt? Von Umgebungstemperatur auf 1.000 °C mit leerem Hafen und Lehmmantel ca. 3 h.

Der kleine Hafenofen GO-Borg-2 musste seit 2016 trotz gelegentlichem Versetzen und häufiger Benutzung nur selten geflickt werden. Gelegentlich erzwangen abgebrochene Haltenasen oder Risse im Bereich des Übergangs von Schürkanal zum Ofenraum kleinere Reparaturen. Während des Borg Furnace Project 2022 war aber ein grundlegender Neuaufbau der Kühlkammer erforderlich, da ihr gleichzeitig die Decke des Schürkanals bildender Boden vollständig eingebrochen war (*Abb.* 6). Die Reparatur war mit drei römischen



Abb. 8: Erfolgreiche Reparatur von GO-Borg-2. – Successful repair of GO-Borg-2.



Abb. 9: Umsetzen von GO-Borg-2 per Radlader. – Relocating GO-Borg-2 using a wheel loader.



Abb. 10: Arbeiten am zweiten kleinen Glasofen in Borg GO-Borg-4. – Working on the second small glass furnace GO-Borg-4 at Borg.

Glasofen GO-	Borg-2 - P	robebetrieb S	eptember 201	6				
Datum	Uhrzeit	Temperatur MP1 °C	Temperatur MP2 °C	Temperatur MP3 °C	Temperatur MP4 °C	Holz Buche + Birke kg	Aschen- entnahme Liter	Bemerkung
07.09.2016	12:45	17	16	O	O	Ng	Litter	
Mittwoch	12:55	63	50					
	13:00	182	166					Kühlkammer offen zum Trocknen
	13:05	248	240	17	17			Kühlkammer geschlossen
	13:10	280	250	17	18			
	13:15	343	313	18	21			
	13:20	392	327	20	23			
	13:25	404	343	22	24			
	13:30	425	463	25	27			
	13:45	409	497	31	31			
	14:00	478	487	34	36			
	14:15	528	544	40	39			
	14:30	695	630	40	40			
	14:45	655	648	42	41			
	15:00	716	736	45	42			
	15:15	750	697	49	43			
	15:30	848	828	53	45			
	15:45	824	820	63	49			
	16:00	903	885	69	51			01 101 111
	16:15	928	904	77	54			Start Glas einfahren
	16:30 16:45	927 905	933 1007	85 97	54 57			
	17:00	905	952	127	68			Ende Glas einfahren
	17:00	945	952	140	76			Ende Gias einianien
	17:13	985	1042	126	68			Kühlkammer offen
	17:45	965	1031	157	85			Beginn Glas blasen
	18:00	971	1028	162	86			Degitiii Glas blasell
	18:15	1008	1028	164	85			
	18:30	1010	1085	168	84			
	18:45	994	997	178	87			Ende Glas blasen
	10.73	337	331	170	01			Ende Olds blasen

Tab. 1: Temperaturdaten vom ersten Probebetrieb am 07.09.2016. – Temperature data, recorded during the first test firing on the 7th September, 2016.

Glasofen GO-Borg-2 - Probebetrieb September 2016								
Datum	Uhrzeit	Temperatur MP1 °C	Temperatur MP2 °C	Temperatur MP3 °C	Temperatur MP4 °C	Holz Buche + Birke kg	Aschen- entnahme Liter	Bemerkung
10.09.2016	10:30	16	16	16	15	2		
Samstag	10:45	233	500	16	15			
	11:00	270	551	16	15	8		
	11:15	596	731	34	28			
	11:30	705	820	46	37			
	11:45	855	810	71	53			
	12:00	870	940	96	66	10		
	12:30	1042	1093	138	82			Glas einfahren
	13:00	1077	1109	196	117	6		Beginn Glas blasen
	13:30	1069	1068	224	142			
	14:00	1035	1064	251	168	6		
	14:30	982	1050	276	194			
	15:00	992	1073	297	219	5		
	15:30	1060	1053	323	247			
						37		
Meßpunkte								
GO-Borg-2	MP1					beitsplatz links		
	MP2					beitsplatz rechts		
	MP3	Kühlkammer nahe Ofebraum, ansicht von Arbeitsplatz links						
	MP4	Kühlkammer	nahe Ofebrau	ım, ansicht vo	n Arbeitsplatz	z rechts		
								•

Tab. 2: Temperatur-und Holzverbrauchsdaten vom 10.09.2016. – Temperature and wood consumption data, recorded during the 10th September, 2016.



Abb. 11: Der erste kleine Glasofen in Rheinbach 2018. – The first small glass furnace at Rheinbach in 2018.

Dachziegel-Fragmenten (*Abb.* 7) und etwas frischem Lehm schnell und dauerhaft realisierbar, sodass dieser Ofen schon am Folgetag des Schadens wieder von Studierenden genutzt werden konnte (*Abb.* 8).

Da die meisten gravierenden Risse in der Ofenstruktur nicht durch den eigentlichen Betrieb, sondern durch das Umsetzen per Radlader (Abb. 9) verursacht wurden (der Bau auf einem verwindungsfreudigen Lichtschachtgitter und das Absetzen auf Steinen begünstigt die Schäden), lag der Bau eines weiteren, nun ortsfesten Ofens nach gleichem Muster in der neuen, großen Glashütte des Archäologieparks Römische Villa Borg nahe. Mit dem Ofen GO-Borg-4 steht dort seit 2018 ein ähnlich dimensionierter Glas-Schmelz- und Arbeitsofen zur Verfügung (Abb. 10; s. a. BIRKENHAGEN. WIESENBERG 2019. 247-252). Bei diesem Ofen ist die Kühlkammer nicht, wie bei GO-Borg-2, dem Schürkanal aufgesattelt, sondern befindet sich oberhalb des Arbeitsraums. Auch diese, bedingt durch die Dimension der Ofenkuppel, sehr kleine Kühlkammer hat noch nicht die erforderliche Betriebssicherheit gezeigt. Hier liegt noch Forschungsbedarf vor. Obwohl die täglichen

Arbeitszyklen den An-/Aufbau einer Kühlkammer grundsätzlich nahelegen, wurde bei weiteren ähnlichen Ofenbauten auf dieses Ofenfeature verzichtet.

Ein separater Kühlofen ist letztendlich auch einfacher zu kontrollieren, deutliche Vorteile bei Schulungen aufweist. In der 2018 errichteten, großen Glashütte im Archäologiepark Römische Villa Borg flankieren deswegen zwei Kühlöfen das Ensemble, bestehend aus einem großen Glasofen mit einer 1 m² messenden Schmelzwanne (GO-Borg-3) und dem kleinen Glas-Schmelz- und Arbeitsofen GO-Borg-4. Dieser kann entweder einzeln oder ergänzend zu dem Wannenofen betrieben werden. Im letzteren Fall würde die Schmelzwanne einen großen Glasvorrat auf Temperatur halten, aus dem einzelne Glasposten entnommen und am kleinen Arbeitsofen zu Glasgefäßen verarbeitet werden. Die kleine Schmelzschale im Arbeitsofen ermöglicht die Verwendung von andersfarbigem Glas, was als Zierfäden aufgelegt werden kann. Diese auch von modernen Glashütten bekannte Aufgabenteilung ist ebenso bei römischen Glashütten, die einen Wannenofen aufweisen, denkbar.

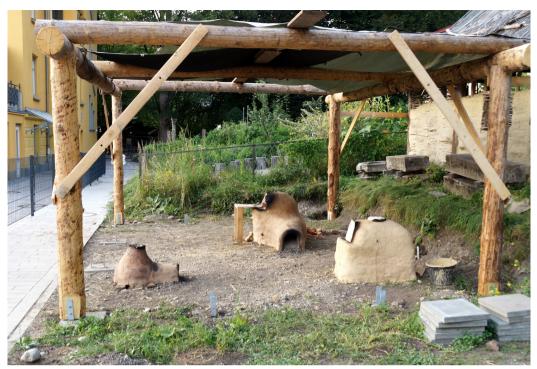


Abb. 12: Die "römische" Glashütte in Kempten mit Perlenofen, Glas-Schmelz-/Arbeitsofen und Kühlofen – The "Roman" glass workshop at Kempten including a bead furnace, a glass furnace, and an annealing oven.

Während des anlässlich des Doppeliubiläums "50 Jahre Glasmuseum Rheinbach / 70 Jahre Staatliche Glasfachschule Rheinbach" durchgeführten 1. Internationalen Glassymposiums "Glas(s) Rendezvous Rheinbach" im Jahre 2018 war der Bau und Betrieb einer kleinen "römischen" Glashütte der Headline-Workshop. Da zu diesem Zeitpunkt noch kein Schutzbau zur Verfügung stand, wurden zwei spezielle verwindungssteife Stahlpaletten von 80 cm x 100 cm für den Glas-Schmelzund Arbeitsofen sowie für den Kühlofen angefertigt. Auf einer angeschütteten Sandfläche und unter einer Schutzplane erfolgten der Bau und Betrieb dieser Öfen unter meiner Anleitung durch die Workshop-Teilnehmer sowie Schüler der Glasfachschule (Abb. 11). Die Einweisung der Schüler in das Glasmacher-Handwerk übernahm der französische Glasmacher François Arnaud. Parallel wurde auch ein kleiner Lehmofen zur Glasperlenherstellung erbaut. Das über eine Woche dauernde Projekt verlief so erfolgreich, dass im Folgejahr ein 8 Meter durchmessender oktogonaler Holzpavillon als Glashütte für diese Öfen errichtet wurde. Durch die stabilen Stahlpaletten erfolgte der Umzug der Öfen in diesen Schutzbau ohne Schäden. Seitdem wurden in dieser Glashütte mehrere Workshops für die Glasfachschule durchgeführt.

Auf Initiative der Glasperlenmacherin Patrizia Mund wurden 2021 im Archäologischen Park Cambodunum in Kempten (Allgäu) zunächst zwei Perlenöfen, im Folgejahr dann eine kleine Glashütte, bestehend nach bewährtem Muster wieder aus einem Glas-Schmelz- und Arbeitsofen, einem Kühlofen und einem Perlenofen erbaut. Als Projektpartner konnte die Ludwig-Maximilians-Universität München



Abb. 13: Das zweite Ofenpaar in Rheinbach 2022: links der Kühlofen, rechts der Glas-Schmelz-/Arbeitsofen. – The second pair of glass furnaces at Rheinbach 2022: the annealing oven (left) and the furnace for glass melting and working (right).

gewonnen werden. Pandemiebedingt wurde der Theorieteil des von mir gehaltenen Seminars "Römisches Glas - experimentelle Archäologie" online abgehalten. Gegenüber des Gebäudes der Stadtarchäologie Kempten entstand im Rahmen des Praxisteils dieses Kurses innerhalb von einer Woche unter einem provisorischen Schutzdach die Glashütte (Abb. 12). Der im Vorjahr mit dem Perlenofenbau getestete und für "gut geeignet" befundene Lehm zeigte hier gravierende Schwächen im Hochtemperaturbereich: So zerfielen zwei der vier Haltenasen im Ofen nach dem ersten Arbeitstag. Diese konnten durch eine einzelne Säule aus Lehm und Dachziegeln ersetzt werden, ganz nach Vorbild der suspensura eines römischen Heizungssystems. Während des folgenden letzten Betriebstags konnten dann fast alle Kursteilnehmer erste Erfahrungen am Ofen und mit der Glasmacherpfeife machen. Bau und Erstinbetriebnahme dieser Glashütte wurden vom Bayerischen Rundfunk dokumentiert (BR3: "Glas schmelzen im DIY-Lehmofen: Klappt's wie bei den alten Römern?", abrufbar über Youtube, https://www.youtube.com/watch?v=hV_ZmemWbn8 [Abrufdatum 19.01.2025]).

Ebenfalls 2022 fand das 2. Internationale Glassymposium "Roman Glass Reloaded" an der Staatlichen Glasfachschule Rheinbach statt. Parallel zum Betrieb der existierenden "römischen" Glashütte konnten die Schüler ein weiteres Arbeits-/Schmelz- und Kühlofenpaar samt Perlenofen während des fast zweiwöchigen Workshops bauen und betreiben. Auch hier war eine mobile Umsetzung des Ofenbaus auf (dieses Mal selbst angefertigten) Stahlpaletten erforderlich, da die Öfen nicht in Rheinbach verbleiben soll-



Abb. 14: Herstellung einer Mosaikglas-Schale in der Römischen Glashütte der Römer-Welt am caput limitis Rheinbrohl. – Making a mosaic bowl in the Römische Glashütte at the Römer-Welt am caput limitis Rheinbrohl.

ten (Abb. 13). Der Umzug per LKW mit Hebebühne in die RömerWelt am caput limitis in Rheinbrohl erfolgte im April 2023. Zur Positionierung der Öfen innerhalb der eigens erbauten Schutzdach-Erweiterung der Werkstattzeile des Erlebnismuseums kam ein Radlader zum Einsatz. Nach Testbetrieb der Öfen im Rahmen eines Seminars der Ruhr-Universität Bochum noch im April folgte die offizielle Eröffnung der "Römischen Glashütte" (http://www. roemischeglashuette.de) im Juli 2023. Seitdem steht diese Glashütte mehrmals im Jahr für Vorführungen, Schulungen und Forschungsprojekte zur Verfügung. Thematisiert wurden bislang neben freiund formgeblasenen Glasgefäßen geformtes Mosaikglas (Abb. 14) und römisches Fensterglas im Streckverfahren. Die Verarbeitungstechniken werden nur durch das geringe Fassungsvermögen des Glashafens und den kleinen Ofenraum limitiert. Die Weite und Tiefe der Arbeitsöffnung reichen für Fensterglas von maximal 18 cm x 18 cm. Der Durchmesser von geblasenen Glasgefäßen kann 15 cm nicht überschreiten. Der zur Verfügung stehende Kühlofen hat eine ähnliche Dimension.

Nach neun Jahren und fünf Ofen-Rekonstruktionen dieser kleinen Bauart an vier verschiedenen Standorten darf eine Zwischenbilanz gezogen werden:

Diese sehr kleinen Lehmöfen haben sich

	GO-Borg-2	GO-Borg-4	Rheinbach	APC	Rheinbach (RömerWelt)
Baujahr	2016	2018	2018	2022	2022
Bauzeit	4 Tage	(2 Monate)	2 Tage	3 Tage	2 Tage
Trocknungszeit	-	ca. 1 Monat	-	7-	1=
Lehm	Villa Borg (kalkhaltig, viele Verunreinigungen, inhomogen)	Villa Borg (kalkhaltig, viele Verunreinigungen, inhomogen)	Villa Borg (kalkhaltig, viele Verunreinigungen, inhomogen)	Rapis-Ziegel Schmid GmbH & Co KG, Schwabmünchen (sauber, sandig bis tonig)	Villa Borg (kalkhaltig, viele Verunreinigungen, inhomogen)
Verarbeitbarkeit	schlecht knetbar, viel manuelle Vorbereitung	schlecht knetbar, viel manuelle Vorbereitung	schlecht knetbar, viel manuelle Vorbereitung	bis auf Tonlinsen leicht knetbar	schlecht knetbar, viel manuelle Vorbereitung
Haltbarkeit	sehr gut (bis 1.100 °C)	sehr gut (bis 1.100 °C)	sehr gut (bis 1.100 °C)	gut (bis 1.080 °C)	sehr gut (bis 1.100 °C)
Zuschlag	Stroh	Stroh	Stroh	Stroh	Stroh
Ziegel	tegulae (Villa Borg)	tegulae (Villa Borg)	tegulae (Villa Borg)	tegulae (Ziegelforschung)	tegulae (Ziegelforschung)
Unterbau	Lichtschachtgitter	anstehender Lehm	Stahlpalette	anstehender Boden	Stahlpalette
Kühlkammer	über Schürkanal	über Ofenraum	-	1-	:-
Kapazität	1x 800 ml + 1x 100 ml	1x 800 ml	1x 800 ml	(1x1200 ml)	1x 800 ml
Tmax Ofenraum	1.178 °C	1.110 °C	1.140 °C	1.120 °C	1.144 °C
Tmax Kühlkammer	350°C / 515 °C	378 °C	-	×-	1-
Nutzung	2016, 2017, 2018, 2019, 2021, 2022, 2023, 2024	2018, 2019, 2022	2018, 2019, 2021, 2022, 2023	2022	2023, 2024
Nutzungstage	80-100	15	ca. 40	3	ca. 10
Risse	minimale Trocknungsrisse; gravierende Risse durch Transport	minimale Trocknungsrisse	minimale Trocknungsrisse	starke Trocknungsrisse	minimale Trocknungsrisse
Reparaturen		1x 1 Haltenase innen abgebrochen und ersetzt	2x 1 Haltenase innen abgebrochen und ersetzt	1x 2 Haltenasen innen abgebrochen und durch eine Säule aus Ziegel und Lehm ersetzt	äußere Ofenbank links abgebrochen
aktueller Zustand	Lehm im Bereich der Ofenkuppel stark calziniert; sofort einsatzbereit	sofort einsatzbereit	sofort einsatzbereit	Überhitzungsspuren im Bereich der Ofenkuppel; sofort einsatzbereit?; genauer Zustand unbekannt, da noch immer kein Schutzbau	sofort einsatzbereit (äußere Ofenbank ist nicht repariert; nur kosmetische Beeinträchtigung)

Holzverbrauch 7-7,5 kg Birke / h bzw. 100-110 kg Birke /d

Tab. 3: Vergleich der fünf kleinen Glasöfen. – Comparison of the five different small glass furnaces.

zum Schmelzen, Läutern und Verarbeiten (insbesondere Blasen) von Glas bewährt. Ihre ideale Arbeitstemperatur liegt zwischen 1.000 und 1.100 °C, was die Verarbeitung von Kalk-Natron-Glas nach römischer Rezeptur gut ermöglicht. Lehmöfen können innerhalb weniger (2 bis 4) Tage erbaut werden. Sie sind innerhalb weniger Stunden auf Betriebstemperatur, was sie ideal für den tageweisen Betrieb innerhalb von Museums-Thementagen oder auch kleinen Forschungsprojekten macht. Der Tagesbetrieb würde agf. einen Aufbau mit angebauter Kühlkammer ermöglichen, oder auch einen Betrieb ergänzend zu einem wochenoder monatelang dauerhaft betriebenen aroßen Wannenofen (BIRKENHAGEN. WIESENBERG 2019, 250-251). Die Erfahrungen mit den kleinen Schmelz- und Arbeitsöfen bieten auch eine schlüssige Erklärung für die Existenz einiger mit Lehm ummantelter römischer Glashäfen.

Schwierig bis unmöglich bleibt der archäologische Nachweis: Durch ihre kompakte Bauweise ist für diese Glasöfen – anders als bei den großen Schmelz- und Arbeitsöfen mit tiefen, schweren Glashäfen oder gar den Wannenöfen – kein Bodeneingriff erforderlich. Stattdessen können, sogar müssen sie auf dem Laufhorizont errichtet werden, um die erforderliche Arbeitshöhe bei sitzendem Glasmacher zu gewährleisten.

Hier zeigen sich Parallelen zu den Kühlöfen, deren Existenz für die Herstellung spannungsfreier Glasobjekte zwingend erforderlich ist, aber sich im Regelfall



Abb. 15: Römische Öllampe aus Spodnje Škofi (Slowenien). – Roman oil lamp from Spodnje Škofi (Slovenia).

ebenfalls nicht in den archäologischen Grabungsbefunden widerspiegelt.

Als starkes Indiz für die kleinen Glasöfen ist die in drei Exemplaren erhaltene Öllampe aus dem 1. Jh. n. Chr. mit Glasmacher-Abbildung anzuführen (LAZAR 2006). Auf ihr ist rechts auf einem Hocker sitzend ein Glasmacher in typischer Haltung der Glasmacherpfeife beim Blasen eines Glasgefäßes zu erkennen (Abb. 15). Direkt vor ihm liegt am Ofen eine horizontale Fläche, die als Märbelfläche gedeutet wird. Links scheint sein Assistent ein (Glas-) Gefäß hochzuhalten. Möglicherweise kontrolliert er es auf Spannungsrisse. Direkt vor ihm, wo feine Striche oberhalb des Ofens eine Hitzeabstrahlung anzudeuten scheinen, könnte sich dann die (angebaute) Kühlkammer befinden. Im oberen Teil des Ofens kann sich die Arbeitsöffnung - mit großer Flamme angedeutet -, im unteren Bereich die Schüröffnung befinden. Ein kleines Loch links der Arbeitsöffnung könnte zum Vorheizen von (Glasmacherpfeifen Werkzeugen Hefteisen) dienen. Insgesamt ist diese Wiedergabe einer römischen Glashütte äußerst detailliert. Anders als bislang vermutet, könnte es sich hierbei nicht um eine aus Platzgründen stilisierte Abbildung, sondern womöglich sogar um eine ziemlich maßstabsgerechte Abbildung einer römischen "Kompakt-Glashütte" handeln. Geometrie und Abmessungen passen hervorragend zu den hier vorgestellten kleinen Glasofen-Rekonstruktionen. Ihre grundsätzliche Funktionsfähigkeit und Nützlichkeit haben diese kleinen Schmelz- und Arbeitsöfen ja mit den vorliegenden Projekten hinreichend demonstriert.

Literatur

BIRKENHAGEN, B., WIESENBERG, F. 2019: Der experimentalarchäologische Werkstattbereich im Archäologiepark Römische Villa Borg. Experimentelle Archäologie in Europa 18. Jahrbuch 2019, 245-256.

LAZAR, I. 2006: An oil lamp from Slovenia depicting a Roman glass furnace. Vjesnik za arheologiju i povijest dalmatinsku 99, 2006, 227-234.

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. 2016: 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. 2018: Glasperlenherstel-

lung am holzbefeuerten Lehmofen. Experimentelle Archäologie in Europa 17. Jahrbuch 2018, 87-100.

Abbildungsnachweis

Abb. 1, 15: David Hill

Abb. 2-8, 11-13: Frank Wiesenberg

Abb. 9-10, 14: Manuela Arz

Autor

Frank Wiesenberg
Museumspädagogische Dienstleistungen
und EDV-Service
Stammheimer Str. 135
50735 Köln
Deutschland
frank@frankwiesenberg.de
www.frankwiesenberg.de
www.roemischeglashuette.de
www.glasofenexperiment.de
www.glasrepliken.de