

## Das römische Glasofenprojekt im Archäologiepark Römische Villa Borg („Borg Furnace Project“) – Rekonstruktion und erste Betriebsphasen

Frank Wiesenberg

**Summary – The experimental Roman glass furnace project in the Archaeological Park Roman Villa Borg (Borg Furnace Project). Glass furnace reconstruction and the first two firings.** *Inspired by strong evidence for Roman glassworking in the Roman villa rustica of Perl-Borg, a reconstruction of a Roman style glass workshop was made in the summer of 2013. The local finds of furnace daub did not provide enough information for a reconstruction, so the glass furnace and the cooling oven (lehr) were based upon a very compact workshop layout from the ‘Hopfengarten’ excavation in Trier. The upper structures, such as shelves, working holes and dome, needed to be designed according to the “form follows function” principle, incorporating the dimensions of the Trier excavation and the dimensions of the desired glass pot size and working height. Only Roman roof tile fragments and local daub were used for the reconstruction. The first “test”-firing of one week at the end of September / beginning of October 2013 proved the general functionality of both kiln structures. The glass furnace was able to exceed temperatures of 1050°C, meaning glass of Roman recipe could be melted, and that even first-time glassblowers could blow glass vessels in front of the working holes. This first firing and the reconstruction were analysed and published (WIESENBERG 2014). Due to severe cracking, the furnace’s dome needed to be completely rebuilt in May / June 2014. The second firing was performed over 10 days of June 2014 in co-operation with the Archaeological Institute of Cologne University, and served as a research base for Mark Taylor & David Hill, assisted by François Arnaud. The main objective was to practise and film the operation of reconstructed moulds for Roman mould blown glass, especially those from the ENNION workshop. Publication of this project is in preparation. Future projects should also involve other universities, institutes, researchers and glassmakers to provide the infrastructure for their research on Roman glass technology, and teach archaeology students the basics of hot glass working. Also reconstruction of other Roman glass furnace layouts are planned. The next projects in the Villa Borg’s glass workshop are scheduled for May and October 2015 and involve the Institute of Ancient History of the Saarland University and the Glastag-Conference.*

### Einleitung

Der Archäologiepark Römische Villa Borg umfasst den Wohnbereich einer längsaxi-

al angelegten römischen villa rustica, deren Wohnbereich samt Nebenflügel, Umfassungsmauer und Torhaus entsprechend ihrer maximalen Ausbaustufe Ende

des 2. Jh. n. Chr. rekonstruiert wurde. Neben mehreren römischen Ausbaustufen ist auch ein keltischer Vorgängerbau im Bereich des Hauptgebäudes dokumentiert. Die Ausgrabungen konzentrierten sich zuerst auf den Wohnbereich der Anlage. Erst ab 2005 wurde mit den Grabungen des zum Wirtschaftsbereich gehörenden Nebengebäudes 1 begonnen. Die Grabungen im Nebengebäude 2 dauern zurzeit an.

Während der Ausgrabungen im Bereich des Hauptgebäudes und des Umgangs kamen deutliche Indizien für eine römische Glasverarbeitung zutage. Es handelt sich insbesondere um eine Reihe weiß gebrannter Ofenlehmfragmente mit grünlichem Glasfluss (u. a. WIESENBERG 2014, 6, Abb. 1). Hierbei handelt es sich um eine dicke Schicht oder Anhaftung blaugrünlichen, so genannten naturfarbenen, Glases, die nicht natürlichen Ursprungs, sondern Beleg für eine Glasherstellung oder -verarbeitung vor Ort ist. Darüber hinaus fanden sich typische Abfälle einer Glashütte sowie ein annähernd würfelförmiges Rohglasfragment mit anhaftendem Ton (WIESENBERG 2014, 6, Abb. 2). Der

genaue Standort des Glasofens auf dem Areal der villa rustica ließ sich bislang nicht ermitteln. Auch die Ofenlehmfragmente boten keine ausreichenden Informationen für eine Rekonstruktion. Aufgrund der Fundsituation ist davon auszugehen, dass zu einer sehr frühen Ausbauphase dieser villa rustica ein Glasofen im Wohnbereich existiert hat. Trotzdem ist eine Glasverarbeitung im Wirtschaftsbereich momentan noch nicht auszuschließen.

Diese Funde waren der Anlass, im Sommer 2013 im Wirtschaftsareal der Villa Borg eine voll funktionsfähige Rekonstruktion einer Glashütte nach römischem Vorbild in Angriff zu nehmen, um dieses erstmals von den Römern in die dortige Region gebrachte Handwerk demonstrieren zu können.

#### Rekonstruktion von Glas-Schmelzöfen und Kühlöfen

Im Gegensatz zu vorherigen Glasofen-Experimenten in England (TAYLOR, HILL 2008) und Belgien (VAN DEN DRIES 2009; TAYLOR, HILL 2009) sollte die Glashütte

Glasofen "GO Borg 1"

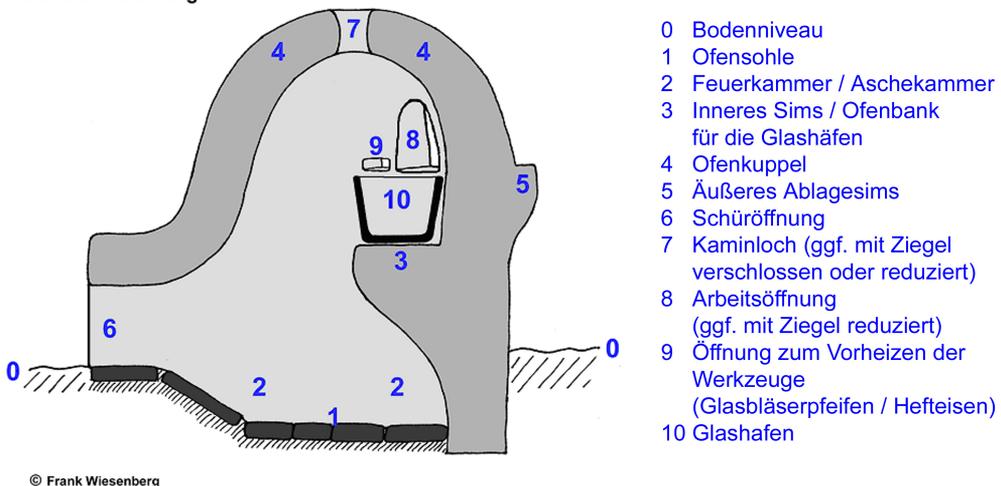


Abb. 1: Schnittzeichnung des Glas-Schmelzofens „GO-Borg 1“. – Cross-section drawing of the glass furnace “GO-Borg 1”.



Abb. 2: „Römischer“ Glas-Schmelzofen „GO-Borg 1“ und Kühlöfen „KO-Borg 1“ kurz vor ihrer Fertigstellung (20.09.2013). – Roman-style glass furnace „GO-Borg 1“ and lehr (cooling oven) „KO-Borg 1“ almost finished (20.09.2013).



Abb. 3: Glasmacher-Vorführungen während des BFP2013. – Glassmaker demos at the BFP2013.

möglichst exakt einem antiken Layout entsprechen. Da die lokalen Ofenlehm-funde nicht genügend Informationen für eine belastbare Rekonstruktion lieferten, wurden der Glas-Schmelzofen und der zum kontrollierten Abkühlen der Gläser nötige Kühlöfen nach einem Vorbild einer sehr kompakten Werkstatt aus Trier kon-

zipiert (PFAHL 2000 sowie WIESENBERG 2014, 12-17). Die gesamten aufgehenden Strukturen wie Ofenbänke, Arbeitsöffnungen und die Ofenkuppeln mussten funktionsorientiert rekonstruiert werden (Abb. 1-2). Hierbei wurden die von der Trierer Grabung vorgegebenen Dimensionen und die Abmessungen der zur Verfügung stehenden Glashäfen sowie die natürliche Arbeitshöhe der Glasmacher berücksichtigt (WIESENBERG 2014, 33-40).

Für den Bau der Öfen wurden ausschließlich römische Ziegelfragmente aus den Grabungen der Villa Borg und der vor Ort anstehende Lehm verwendet. Dieser wurde entsprechend den Fundstücken weder pflanzlich noch mit Sand gemagert (WIESENBERG 2014, 25), sondern lediglich gewässert und mehrfach von Hand durchgeknetet. Als provisorischer Schutzbau diente ein transparenter Folientunnel, dessen Gewächshaus-Klima für extreme

Trocknungsrisse im Lehm sorgte (WIESENBERG 2014, 43).

Der Probebetrieb: Das „Borg Furnace Project 2013“ (BFP2013)

Ende September, Anfang Oktober 2013 stellte ein einwöchiger Probebetrieb die grundsätzliche Funktionsfähigkeit beider Ofenstrukturen unter Beweis. Nach anfänglichen Problemen mit dem nicht lange genug abgelagerten Buchenholz erreichte der Glas-Schmelzofen Temperaturen von 1050°C (WIESENBERG 2014, 73), so dass nach römischer Rezeptur angemischtes Glas problemlos geschmolzen und verarbeitet werden konnte (Abb. 3). Selbst ungeübte Glasmacher waren in der Lage, zahlreiche Gefäße aus so genanntem naturfarbenem und kobaltblauem Glas herzustellen.

Der um 500°C operierende Kühlofen gewährleistete ein kontrolliertes Entspannen und Abkühlen der gefertigten Glasgefäße und überraschte mit einem sehr gleichmäßigen Temperaturverlauf über die gesamte Fläche der Gefäßkammer (WIESENBERG 2014, 77-78). Schon beim Probebetrieb zeigte sich, dass die Anlage der Glashütte zwar sehr kompakt, aber gleichzeitig sehr effektiv aufgebaut war. Beide Öfen konnten von nur einer Heizperson gleichzeitig betrieben werden.

Die Temperaturen und der Holzverbrauch beider Öfen wurden zur Auswertung im Stunden- bzw. Halbstundentakt aufgezeichnet. Beim Kühlofen wurden zwei direkte Messungen mit K-Thermosensoren mit einem Messbereich bis 1000°C und stündlich zwei indirekte Messungen des Gefäßkammerbodens mittels eines Infrarot-Laserpyrometers durchgeführt (WIESENBERG 2014, 94, Tab. 3). Von den bis zu sieben möglichen Messpunkten des Glas-Schmelzofens wurden gleichzeitig bis zu vier direkte Messungen mit K-Thermosensoren mit einem Messbereich bis 1250°C vorgenommen (WIESENBERG 2014, 90,



Abb. 4: Der neue Schutzbau der Glashütte im Archäologiepark Römische Villa Borg. – The new shelter for the glass workshop in the Archaeological Park Roman Villa Borg.



Abb. 5: Gravierende Risse in der Ofenkuppel nach dem BFP2013. – Severe cracks in the glass furnace dome after the BFP2013.

Tab. 2). Neben der direkt anschließenden Auswertung sollen die Temperatur- und Holzverbrauchsdaten zukünftig Vergleiche mit folgenden Projekten ermöglichen, bei denen im gleichen Ofen andere Holzsorten zur Verwendung kommen. Ebenso wurden vom Glasofen Holzkohlenproben für Lipid-Analysen gewonnen. Aufgrund der vollständigen Verbrennung der kleinen Holzscheite im Kühlofen bot sich hier keine Probenentnahme an. Neben dem nicht ausreichend abgelagerten Buchenholz zeigte sich auch beim Folientunnel-Schutzbau dringendes Optimierungspotenzial. Ein weiteres Problem war die äußerst dünne Personaldecke. Der Probebetrieb wurde gemeinsam mit der Rekon-



*Abb. 6: Risse der Ofenbasis vom Glas-Schmelzofen „GO-Borg 1“ nach Abnahme der Ofenkuppel (18.04.2014). – Cracks in “GO-Borg 1”'s furnace base after dismantling the dome (18.04.2014).*

struktion im Rahmen einer Bachelorarbeit ausgewertet und im April 2014 publiziert (WIESENBERG 2014).

#### Modifikationen im Frühjahr 2014

Der durch die Winterstürme komplett zerstörte Folientunnel-Schutzbau musste im Frühjahr 2014 ersetzt werden. Als dauerhaftere Lösung wurde ein acht mal sechs Meter messender Holz-Schutzbau errichtet (Abb. 4). Die für das Material benötigten Gelder steuerte der Förderkreis der Römischen Villa Borg bei. Der Bau wurde vollständig in Eigenleistung vorgenommen. Vier seitlich einhängbare Planen gewährleisten einen ordentlichen Schutz vor starken Winden und Schlagregen. Rückwärtig wurde der Schutzbau um ein Holzlager erweitert. Eine umlaufende Brüstung trennt den Werkbereich unmissverständlich vom Publikum und schützt die Schür-

öffnung des Glas-Schmelzofens vor seitlichem Wind. Als Wind- und Wetterschutz für den Kühllofen sowie als Abtrennung des Holzlagers wurde in den Schutzbau eine Rückwand eingezogen.

Die bereits während der Trocknung des Lehms entstandenen und während des Ofenprojekts im Oktober 2013 nur provisorisch geflickten, gravierenden Risse in der Ofenkuppel des Glas-Schmelzofens (Abb. 5) erforderten ein komplettes Abtragen der Ofenkuppel bis auf das Niveau des umlaufenden Ablagesimses (Abb. 6). Im Mai und Juni 2014 wurde die Ofenkuppel vollständig neu aufgebaut, wobei eine dritte Arbeitsöffnung hinzugefügt und die Vorheizöffnungen deutlich erweitert wurden. Die grundsätzliche Ofengeometrie wurde aber beibehalten. Schon während des Trocknens der Ofenkuppel erwies sich der neue Schutzbau als hilfreich, denn er bot genug Schatten und



Abb. 7: Ansetzen des Henkels am ENNION-Krug beim BFP2014. – Attaching the handle to the ENNION jug at the BFP2014.

somit gleichmäßigere Temperaturen als der Folientunnel. Die Trocknung des Lehms erfolgte also wesentlich gleichmäßiger und die Trocknungsrisse waren deswegen deutlich harmloser als zuvor.

Zusätzlich zu den zwei vorhandenen Ofenstrukturen wurde ein kleiner Schachtofen aus Lehm als Prinzipstudie für einen Ofen zur Glasperlenherstellung errichtet, der wie auch der große Glasofen ohne Blasebalg betrieben werden soll. Während des folgenden Ofenprojekts verblieb die in großen Brocken abgetragene Ofenkuppel des Glasofens als Anschauungs- und Diskussionsobjekt im rückwärtigen Bereich der Glashütte.

„Feuer und Flamme für Glas“ – das „Borg Furnace Projekt 2014“ (BFP2014)

Vom 7. bis 15. Juni 2014 fand die zweite Betriebsphase der Glashütte in der Villa Borg statt, die als experimentalarchäologisches Blockseminar „Feuer und Flam-

me für Glas“ des Archäologischen Instituts der Universität zu Köln durchgeführt wurde. Dies sicherte nicht nur die zum pausenlosen Betrieb des Glasofens nötige Personaldecke, sondern ermöglichte auch Archäologiestudenten ein erstes Kennenlernen der heißen Glasbearbeitung.

Das „Borg Furnace Project 2014“ (BFP2014) sollte formgeblasenes Glas nach römischem Vorbild als Grundthema behandeln und insbesondere den Forschungen der ROMAN GLASSMAKERS Mark Taylor & David Hill zu formgeblasenen Gefäßen aus der Werkstatt des ENNION Raum bieten. Dringender Anlass waren die anstehenden Sonderausstellungen „ENNION, Roman Master of Glass“ im Metropolitan Museum of Arts (9.12.2014 bis 13.04.2015) und „ENNION and His Legacy: Mold-Blown Glass from Ancient Rome“ im Corning Museum of Glass (6.05.2015 bis 4.01.2016), für die Foto- sowie Videodokumentationen der



*Abb. 8: Nach fast 2000 Jahren wieder lieferbar: der ENNION-Krug. – Now again in stock after about 2000 years: The ENNION jug.*

Herstellung von formgeblasenen Gläsern erforderlich waren.

Ein besonderes Highlight war die erstmals erfolgreich in der mutmaßlichen Originaltechnik durchgeführte Rekonstruktion eines Einhenkelkruges aus der Werkstatt des ENNION (Abb. 7-8), für dessen komplexe Fertigung aus drei- und vierteiligen Formen ein simultanes Arbeiten von zwei Glasmachern und zwei Assistenten erforderlich war. Hierfür konnte als zweiter Glasmacher François Arnaud vom französischen Atelier *PiVerre* gewonnen werden. Für die Rekonstruktion der keramischen Glasformen zeichnet David Hill verantwortlich.

Neben einem halben Dutzend verschiedener in Keramikformen geblasener (Abb. 9) Krüge, Zweihenkelbecher (Abb. 10), Zirkusbecher und kopfförmiger Balsamari-

en wurden viele Gefäße frei geblasen. Angeregt durch die Bearbeiterin des Gräberfeldes Schwarzerden, Dr. Inken Vogt, wurden auch aktuelle römische Glasfunde aus diesem Fundkomplex von Mark Taylor und François Arnaud thematisiert, darunter konische Becher, so genannte Sturzbecher, und Schlangenfadengläser. Während Ersterer fast perfekt vorbildgetreu gelangen, zeigten Letztere noch nicht die Zartheit ihrer Vorbilder. Aber sie waren als Studienobjekte für die Diskussion ihrer Herstellungstechnik bestens geeignet, wie eine Inaugenscheinnahme des Originals in der Restaurierungswerkstatt der Bodendenkmalpflege des Landesdenkmalamtes des Saarlandes kurze Zeit später offenbarte. Gerade zum Thema Schlangenfadenglas fehlen noch intensive Studien.

François Arnaud und Mark Taylor nutzten während des BFP2014 nicht nur den Glasofen, sondern modifizierten die Prinzipstudie des zur Glasperlenherstellung gedachten Miniatur-Schachtofens aus Lehm zur Demonstration der Fertigung kleiner tränenförmiger Glasfläschchen mittels kurzer Glasröhrchen, einer aus der Mitte des 1. Jahrhunderts v. Chr. aus Jerusalem bekannten Vorform der Glasblasetechnik (ISRAELI 1991).

Während dieser Betriebsphase kamen mehrere Holzsorten, entweder sortenrein oder zu gleichen Teilen, zum Einsatz. Leider nur mäßig abgelagerte Birke bildete den Hauptteil, hinzu kamen Buche und wenige Scheite Lärche vom letztjährigen Ofenprojekt sowie vom Schutzbau stammende und somit sehr trockene Nadelholzabschnitte.

Auch bei diesem Projekt wurden die Brennholzmengen und Temperaturen des Glas-Schmelzofens zur weiteren Auswertung stündlich und beim Kühlofen halbstündlich aufgezeichnet. Beim Kühlofen wurden wie zuvor kontinuierlich zwei direkte Messungen mit K-Thermosensoren mit einem Messbereich bis 1000°C und in



*Abb. 9: Einblasen in die Tonform eines ENNION-Bechers beim BFP2014. – Blowing a ENNION beaker in a ceramic mould at the BFP2014.*

Halbstundenintervallen zwei indirekte Messungen des Gefäßkammerbodens mittels eines Infrarot-Laserpyrometers vorgenommen. Am Glas-Schmelzofen kamen simultan bis zu sechs K-Thermosensoren mit einem Messbereich bis 1250°C zum Einsatz. Zur besseren Beurteilung der Temperaturverteilung im Ofen und des Einflusses der Position der Glashäfen selbst lagen die Messpunkte in Höhe der Glashäfen rings im Ofenraum verteilt.

Wie schon beim BFP2013 so war auch bei diesem Ofenprojekt eine Differenz zwischen der direkten und indirekten Temperaturmessung am Kühllofen feststellbar. Nach Abdichtung der Bohrung für die Sensoren fiel diese weniger gravierend aus als zuvor. Um Überhitzungsschäden zu vermeiden, wurde der stets höhere Messwert des Infrarot-Laserpyrometers als Bezugswert für den Betrieb des Kühllofens genommen. Höhere Spannungen in den Gefäßen wurden so zu-

nächst in Kauf genommen. Dass die bei diesem Projekt gefertigten Gläser später problemlos schleifend bearbeitet werden konnten, stellte die weitgehende Spannungsfreiheit der Gefäße unter Beweis und bestätigte im Nachhinein die Richtigkeit dieser Entscheidung.

Durch die im Vergleich zum Testbetrieb im Oktober 2013 (BFP2013) nun fast vierfache Personaldecke konnten beim BFP2014 die Heizer-Schichten am Glasofen deutlich verträglicher gestaltet werden: Sie wurden von acht auf vier Stunden reduziert und mit je zwei Personen besetzt. Hierdurch verloren insbesondere die Nachtschichten ihren Schrecken. Wie zuvor, so überstand der Kühllofen auch dieses Projekt unbeschadet. Beim Glasofen zahlte sich der Neuaufbau der Ofenkuppel aus: Sie neigte insgesamt deutlich weniger zu Rissen und so wird der Glasofen – wie auch der Kühllofen – ohne gravierende Ausbesserungsarbeiten für wei-



*Abb. 10: Der ENNION-Becher nach Abtrennen der Oberkappe. Der Rand kann noch schleifend bearbeitet werden. – The ENNION beaker after cracking off the top. The rim may be ground.*

tere Projekte zur Verfügung stehen. Der neu konzipierte Schutzbau trug mit seiner fast idealen Aufteilung und dem rückwärtig angebauten Holzlager wesentlich zur angenehmen Arbeitsatmosphäre in der Glashütte bei. Durch die variabel einsetzbaren Seitenplanen und mobil eingesetzte Halogen-Scheinwerfer waren die Lichtverhältnisse für die Film- und Fotoaufnahmen ideal anpassbar. Gerade während der letzten Projektstage zeigte sich auch ein großer Vorteil der vier umhängbaren Planen, denn ohne sie wären die Vorführungen am Glasofen bei dem stark böigen Wind für die Glasmacher nicht realisierbar gewesen. Eine detaillierte Publikation des BFP2014 ist im Rahmen der Publikationsreihe ARCHEOglas des Archäologieparks Römische Villa Borg in Vorbereitung.

#### Konzept der „Borg Furnace Projects“

Mit der funktionsfähigen Rekonstruktion einer Glashütte wurde im Archäologiepark Römische Villa Borg in mehrfacher Hinsicht Neuland betreten: Mindestens einmal jährlich sollen Glasofenprojekte durchgeführt werden, die verschiedenen Universitäten, Institutionen, Forschern und Glasmachern die Infrastruktur für Forschungen zur römischen Glastechnologie bieten. Durch die so weit wie mög-

lich einer antiken Glashütte angenäherte Arbeitsumgebung besteht hier die europaweit einmalige Möglichkeit, Herstellungstheorien realitätsnah zu überprüfen und publikationsreif zu dokumentieren.

Kooperations-Seminare liefern bzw. sind in Planung mit dem Archäologischen Institut der Universität zu Köln (BFP2014) sowie dem Institut für Alte Geschichte der Universität des Saarlandes (BFP2015). Den Studenten ermöglichen solche Projekte eine grundlegende Einführung in die heiße Glasbearbeitung, was im Rahmen der üblichen universitären Ausbildung sonst nicht möglich ist.

Entsprechend der Zielsetzung eines archäologischen Parks können alle Projekte publikumsoffen durchgeführt werden. Darüber hinaus wurden mit der vom Archäologiepark Römische Villa Borg initiierten Publikationsreihe ARCHEOglas und den Webseiten [www.glasrepliken.de](http://www.glasrepliken.de) und [www.glasofenexperiment.de](http://www.glasofenexperiment.de) Strukturen zur zeitnahen medialen Inwertsetzung geschaffen.

#### Ausblick

Da der momentan rekonstruierte Glas-Schmelzofen aufgrund seiner Größe nur ein geringes Fassungsvermögen hat und für einige spezielle Fertigungstechniken nicht geeignet ist, sind über die bestehende Glashütte hinaus weitere Rekonstruktionen anderer römischer Glasofen Grundrisse in Planung. Ebenso wären ein Töpferofen und eine ortsfeste Schmiedewerkstatt sinnvolle Erweiterungen zur lokalen Herstellung der in der Glashütte benötigten Kleinteile wie Ofentüren, Ziegel, Reduzierringe für die Arbeitsöffnungen und spezielle Glasmacher-Werkzeuge. Bereits im Frühjahr 2015 soll die bestehende Glashütte um einen weiteren Kühlöfen ergänzt werden.

Die nächsten Projekte in der Glashütte der Villa Borg sind für den Mai und Oktober 2015 angesetzt. Das für den 28. bis

31. Mai 2015 geplante „Borg Furnace Project 2015“ (BFP2015) wird als experimentalarchäologisches Blockseminar in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Alte Geschichte der Universität des Saarlandes durchgeführt. Vom 16. bis 18. Oktober 2015 umrahmt ein weiteres Glasofenprojekt das „Glastag“-Kolloquium und bietet so Glasspezialisten die Möglichkeit, ausgewählte Themen des Kolloquiums live am Glasofen zu diskutieren und auszuprobieren. Durch das diesjährige Glasofenprojekt angeregt könnte Schlangenfadenglas ein zukünftiger Forschungsgegenstand sein, aber auch Mosaikglas – wie die hellenistischen und römischen Rippenschalen – oder auch einfaches Fensterglas verdienen noch intensive Projekte unter den realitätsnahen Bedingungen der römischen Glashütte im Archäologiepark Römische Villa Borg. Das Glasofenprojekt des Archäologieparks Römische Villa Borg soll auch zukünftig weiteren externen Kooperationspartnern zur Verfügung stehen und die Infrastruktur zur Erforschung offener Fragestellungen zur antiken Glastechnik bieten.

#### Literatur

**DRIES, F. M. A. van den 2009:** The Roman Glass Furnaces at Velzeke. Tilburg 2009.

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

**PFAHL, St. 2000:** Die Ausgrabung Trier „Hopfengarten“. Wasserversorgung und Glasherstellung in einem „Handwerker- viertel“ der römischen Stadt. Funde und Ausgrabungen im Bezirk Trier 32, 2000, 43-58.

**TAYLOR, M., HILL, D. 2008:** Experiments in the Reconstruction of Roman Wood-Fired Furnaces. Journal of Glass Studies 50, 2008, 249-270.

**TAYLOR, M., HILL, D. 2009:** Thoughts on the Velzeke Furnace, part 1, November 2008. In: F. M. A. van den Dries, The Roman Glass Furnaces at Velzeke. Tilburg 2009, 24-25.

**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.

Abbildungsnachweis

Abb. 1-2, 4-6: F. Wiesenberger

Abb. 3, 7-10: M. Arz

Autor

Frank Wiesenberger

Stammheimer Str. 135

50735 Köln

Deutschland

info@glasrepliken.de

www.glasrepliken.de

www.glasofenexperiment.de