

DIE KERAMIKTECHNOLOGIE DER MAYENER GROSSTÖPFEREIEN: EXPERIMENTALARCHÄOLOGIE IN EINEM VORMODERNEN INDUSTRIEREVIER

Überlegungen zur Eignung der Mayener Großtöpfereien für die Entwicklung eines Modells 412 Der wirtschaftshistorische Rahmen 412 Der Befund 413 Fundort 414 Gesamtbefund 414 Brennraum 414 Schürloch und Feuerungsraum 414 Zentrale Säule 416 Speichentenne 416 Arbeitsgrube und möglicher Überbau 416 Datierung und Interpretation des Befundes 416 Technische Analyse des Grabungsbefundes 417	Vorbereitungen für den Bau der Ofenrekonstruktion 422 Der Bau der Ofenrekonstruktion 423 Trockenfahren/Tempern 429 Dokumentation 430 Besatz und Brennführung 431 Zusammenfassung der Ergebnisse des Experiments 438 Versuch einer kulturgeschichtlichen Interpretation 441 Ausblick auf folgende Versuchsreihen 443 Literatur 443 Zusammenfassung / Summary / Résumé 446
--	---

Im Fokus der Langzeituntersuchung ist zunächst die experimentalarchäologische Evaluierung der Rekonstruktion eines stehenden Ofens der Mayener Großtöpfereien (Siegfriedstraße 53, Grundstück Winkel; Töpferofen 26 der Fundstelle 31 nach Mark Redknap). Der im späten 5. Jahrhundert bzw. um 500 errichtete, bis 520/530 genutzte und danach verfüllte Ofen verfügte über eine Speichentenne, die den Feuerungsraum vom Brenngut trennte (**Abb. 1a-b**). Der Befund ist ein Beleg für die Verwendung und fortdauernde Nutzung dieses Konstruktionselements in den Töpfereien der Osteifel von der Spätantike bis zum Frühmittelalter. Die Publikation dieses Befundes hatte allerdings keinen Einfluss darauf, dass Walter Janssen noch 1987 von einem Verschwinden dieses Konstruktionselements im Frühmittelalter in der rheinischen Vorgebirgszone ausging¹. Erst im Jahr 2000 nahm Christoph Keller hier eine Neubewertung auch unter Verweis auf neue archäologische Befunde vor².

Brennversuche mit rekonstruierten Töpferöfen unterschiedlicher archäologischer Epochen haben eine lange Tradition³. Es fehlt jedoch bis heute an Forschungsansätzen, die in diachroner Perspektive nach der Rolle der Keramiktechnologie für die Entwicklung gewerblicher und frühindustrieller Töpfereikomplexe fragen. Das heißt konkret, dass wir für keine bedeutendere Keramikproduktionsstätte in Mitteleuropa, die über mehrere Jahrhunderte hinweg produzierte und dabei überregionale Absatzmärkte behaupten konnte, transparente Leistungsdaten für die Ofentechnologie unterschiedlicher Zeitebenen nennen können, die durch archäologische Experimente abgesichert sind⁴.

Die Ursachen dafür lassen sich zunächst einmal auf Defizite im Bereich der Forschungsinfrastrukturen zurückführen⁵. Es fehlt an Einrichtungen, die personell und finanziell so ausgestattet sind, dass sie langfristig und dauerhaft in diesem Forschungsfeld Know-how aufbauen und auch als Dienstleister für externe For-

¹ Janssen 1987, 109.

² Keller 2000, 64; 2012. – Vgl. zur Debatte auch Herdick 2015a, 227.

³ Desbat 2014. – Herdick 2015a, 228 Anm. 27 mit weiterführender Lit. – Ein weiteres anschauliches Beispiel: Ahü-Delor u. a. 2015.

⁴ Herdick 2015a, 228.

⁵ Ebenda 228-229.



Abb. 1 Mayen, Siegfriedstraße 53, Grundstück Winkel (Lkr. Mayen-Koblenz). Töpferofen 26 der Fundstelle 31 (a-b) nach Mark Redknap: 1 Brennraum. – 2 Tenne. – 3 Feuerungsraum. – 4 Speichen der Tenne. – 5 Steine und Lehm in der Ofenwandung. – 6 Wölbttöpfe in der Ofenwandung. – 7 Pfostenlöcher. – (Fotos GDKE Rheinland-Pfalz, Koblenz).

schungspartner aktiv werden können. Darüber hinaus sind archäologische Institutionen, die als Knotenpunkte eines solchen Infrastrukturnetzwerkes geeignet wären, von der intensiven Kooperation mit gut ausgestatteten archäometrischen und keramiktechnologischen Forschungseinrichtungen abhängig.

Der Entwicklungsbedarf im Bereich der Forschungsinfrastrukturen darf jedoch nicht davon ablenken, dass methodisch-konzeptionelle Defizite im Bereich der Technikgeschichte mindestens ebenso hemmend wirken. Bis heute kommt bei der Erforschung der Technikgeschichte vorindustrieller Epochen Innovationen und ihrer entwicklungsfördernden Rolle eine besondere Bedeutung zu⁶. Dadurch kann Technikgeschichte als lineare Abfolge neuer Technologien missverstanden werden. Die Wissenschafts- und Technologiepolitik des späten 20. und frühen 21. Jahrhunderts setzt ebenfalls auf Innovationen als Motoren und Garanten für die Lösung von Zukunftsproblemen.

Aus diesem Ansatz lässt sich kaum eine Motivation für keramiktechnologische Studien als Indikatoren technologischen Fortschritts ableiten. Das Konstruktionsprinzip des stehenden Ofens, in dem Feuer und Brenngut voneinander räumlich getrennt sind, hat eine lange Tradition. Die Anfänge können bis in den Iran des 5. Jahrtausends v. Chr. zurückverfolgt werden. Stehende Öfen sind auch auf Wandmalereien aus der Zeit um 2500 v. Chr. aus Ägypten überliefert⁷. Im Umfeld von Mayen waren stehende Öfen mit einer Trennung von Brenn- und Feuerungsraum schon in der Zeit um Christi Geburt gebräuchlich, wie eine gut erhaltene Brennanlage am Wöllershof in Koblenz dokumentiert⁸.

Im fortwährenden Gebrauch alter Technologie wie auch in ihrer Adaption an wechselnde soziopolitische, ökonomische, geologische und ökologische Rahmenbedingungen liegt jedoch das Potenzial für eine diachrone Analyse der Keramiktechnologie als Teilsystem von Töpfereirevieren begründet. Der britische Historiker David Edgerton demonstrierte in seinem 2008 erschienenen Werk »The Shock of the Old: Technology and Global History Since 1900«⁹ mit großer Eindringlichkeit, dass bis in die Gegenwart hinein vermeintlich alte Technologien in weitaus größerem Maße gesellschaftliche Verbreitung fanden als bekannte technische Innovationen. Anders als D. Edgerton sehen wir seinen Ansatz einer »use-based history of technology« nicht als Alternative, sondern als notwendige Ergänzung einer auf Innovationen fokussierten Technikgeschichte.

Weitere methodische Impulse für Studien zur Keramiktechnologie als Teilsystem eines Töpfereireviers lassen sich aus der jüngeren Forschungsentwicklung der Umweltgeschichte ableiten. Basierend auf dem fortschreitenden Erkenntnisgewinn naturwissenschaftlicher Studien gewannen auch in den Geisteswissenschaften mit entsprechender Forschungsausrichtung mehr und mehr systemtheoretische Ansätze an Bedeutung. Dabei kamen etwa Konzepte wie das der Resilienz oder der Panarchie zur Anwendung¹⁰. Bislang liegt der Fokus der vorindustriellen und systemtheoretisch orientierten Umweltgeschichte in Mitteleuropa auf landwirtschaftlich dominierten Siedlungskammern. Das ist sicherlich dem Umstand geschuldet, dass dieser Forschungsansatz zunächst vor allem in der Prähistorie zur Anwendung kam¹¹. Seine grundsätzliche Tauglichkeit für die Analyse städtischer oder frühindustrieller Wirtschaftsräume steht jedoch außer Frage¹².

⁶ Beispiele für die Funktion des Innovationsbegriffs als forschungsleitende Koordinate der Technikarchäologie und -geschichte vormoderner Epochen: Bourriau/Phillips 2004. – Burmeister 2013. – Clemens 2006. – Hägermann 2001; 2006; 2007. – Reith 2000. – Röber 2009. – Schmaedecke 1999. – Schwaderer 2013. – Während innovative Technologien mit einem hohen Mechanisierungsgrad, wie die Mühlen, in Archäologie und Geschichtswissenschaften vergleichsweise große Beachtung erfahren, sind (scheinbar) weniger entwicklungsfreudige und mechanisierte Technologien, wie sie etwa in der Küche, z.B. im Backofenbau, zur Anwendung kamen, kaum Gegenstand systematischer Studien. Zur Befundgruppe vgl. etwa Suchowa 2007. – Uschmann 2004. – Grabowski 1995. – Trabert 2011.

⁷ Mämpel 2003, 21.

⁸ Weitere Töpferöfen der vorrömischen Eisenzeit sind im Landkreis Mayen-Koblenz sicher belegt für Wierschen, Kobern-Gondorf und Saffig. Für die Bewertung ihrer Baukonstruktion wäre eine detaillierte Analyse wünschenswert. Zusammenfassend Grunwald 2012b, 111. – Vgl. Wegner 1991, 20-25 Abb. 8-13.

⁹ Edgerton 2008, IX-XVIII. 206-212.

¹⁰ Siehe etwa Bentley/Maschner 2003. – Berkes/Colding/Folke 2003. – Redman/Kinzig 2003. – Redman 2005. – Faulseit 2016.

¹¹ Folgerichtig konnten für diesen Bereich auch schon differenziertere Systemtypologien entwickelt werden: Ebersbach 2002; vgl. Schreg 2014, 299-302.

¹² Anwendung auf die Stadt Byzanz: Ljungkvist u. a. 2010.

Die Eignung der Keramik als Indikator für langfristige soziopolitisch-kulturelle, ökonomische und technologische Entwicklungen haben Studien auf regionaler und globaler Ebene bereits demonstriert¹³.

ÜBERLEGUNGEN ZUR EIGNUNG DER MAYENER GROSSTÖPFEREIEN FÜR DIE ENTWICKLUNG EINES MODELLS

Die Mayener Großtöpfereien bieten besonders gute Voraussetzungen dafür, dass die Ergebnisse langfristiger experimentalarchäologischer Studien in größere sozial- und wirtschaftsgeschichtliche Zusammenhänge eingeordnet und diskutiert werden können. Das Römisch-Germanische Zentralmuseum (RGZM) unterhält in Mayen die Kompetenzbereiche für »Vulkanologie, Archäologie und Technikgeschichte« sowie »Experimentelle Archäologie«¹⁴. Diese Forschungsinfrastruktur wird im Bereich der Keramikforschung durch die Zusammenarbeit mit dem Konrad Weidemann-Zentrum für mineralogische Archäometrie der Johannes Gutenberg-Universität Mainz und die Kooperation mit der Fachschule Keramik Höhr-Grenzhausen zusätzlich gestärkt. Forschungspolitisch stabile Rahmenbedingungen vorausgesetzt, bestehen hier beste Bedingungen für langfristig angelegte Untersuchungen komplexer Wirtschaftsräume. In den letzten Jahren hat die Aufarbeitung der Mayener Keramik und der Ausgrabungen in den Töpfereiarealen unter archäologischen und archäometrischen Gesichtspunkten große Fortschritte gemacht¹⁵. Damit ist eine gute Basis für die Entwicklung archäologischer Experimente zur Ofentechnologie gegeben. Entsprechende Untersuchungen sollen an Ofenrekonstruktionen aus drei Zeithorizonten durchgeführt werden. Die Ofenbefunde stammen aus der Zeit am Übergang von der Spätantike zum Frühmittelalter, aus dem 12./13. Jahrhundert, als mit dem Steinzeug eine neue Warenart entwickelt wurde, und aus dem Spätmittelalter, als die Mayener Töpfereien ihre überregionalen Absatzmärkte zu einem größeren Teil verloren hatten. Da die Mayener Tone obertägig vergleichsweise gut erreichbar sind, besteht auch ein Zugang zu den Rohstoffen.

Natürlich ist es weder mit experimentalarchäologischen noch mit anderen archäologisch-historischen Methoden möglich, die ursprünglichen Produktionsdaten historisch exakt und lückenlos zu rekonstruieren. Die Experimentelle Archäologie kann jedoch bei der Überprüfung von Rekonstruktionen und Hypothesen transparente Daten erzeugen, die langfristig in die Entwicklung eines Modells des Töpfereireviers einfließen und Basis weiterführender fachübergreifender Diskussionen sind. Dieses könnte ebenso Ausgangspunkt für Vergleiche mit der regionalen Basalt- und Tuffindustrie¹⁶ wie mit anderen Töpfereirevieren sein. Die Brennversuche mit einem rekonstruierten spätantik-frühmittelalterlichen Ofen sind ein erster Schritt in einem langfristig angelegten Forschungsprogramm.

DER WIRTSCHAFTSHISTORISCHE RAHMEN

Bei der »Mayener Ware« handelt es sich um ein robustes, rauhwandiges Gebrauchsgeschirr. Sie war im 5. Jahrhundert »im Raum zwischen Mannheim und Basel [...] mit von Norden nach Süden abnehmender

¹³ Vgl. etwa: Schreg 2015. – Buxeda i Garrigós/Madrid i Fernández/Iñáñez 2015. – Howie 2012. – Sharratt 2016.

¹⁴ Zur Planung und Konzeption des Ende 2012 eröffneten Labors für Experimentelle Archäologie vgl. Herdick 2010; 2015b.

¹⁵ Grunwald 2011; 2012a; 2012b; 2013; 2015.

¹⁶ Mangartz 2008. – Schaaff 2015.

Häufigkeit [...] durchaus gut bekannt«¹⁷. Die »Mayener Ware« bewirkte in den Exportregionen zudem, dass lokale Töpfereien Erzeugnisse nach »Mayener Art« herstellten und somit das begehrte Importgut imitierten. Die engen wirtschaftlichen Verbindungen mit einer intensiven Versorgung auch mit Waren aus dem Raum Mayen¹⁸ reichten zumindest bis in die Schweiz und an den Ärmelkanal. Sie erfassten in Hessen ebenfalls die rechtsrheinische – nach Horst Wolfgang Böhmes neuer Interpretation – römisch-alamannische »Militärzone«, ein unter Reichskontrolle grenznah für Truppenaushebungen angelegtes Rekrutierungsgebiet des römischen Imperiums¹⁹. Links des Rheins war die Versorgung mit Mayener Tonwaren auch in der zweiten Hälfte des 5. Jahrhunderts teilweise in sehr hohem Umfang gegeben. So betrug in dieser Zeit z.B. in der Siedlung von Mondelange (départ. Moselle) in Lothringen der Anteil von Mayener Keramikprodukten im Fundgut etwa 60 %²⁰. Zudem mehren sich die Hinweise darauf, dass zumindest entlang des Rheins römische Militärstützpunkte bis in das späte 5. Jahrhundert genutzt wurden²¹, Mayener Keramik in der zweiten Hälfte des 5. Jahrhunderts in den Landschaften rechts des Rheins öfter vorhanden ist²² und römische Strukturen im Einzugsgebiet des Rheins lokal durchaus noch deutlich nach 455 existent waren²³. Im Fall von Mayen bestand das römische Leben mit allen seinen Facetten sogar bis Anfang des 6. Jahrhunderts fort und wurde erst – bei Beibehaltung der römischen Wirtschafts- und Verwaltungsstrukturen – nach 520/530 mit fränkischen Kulturelementen im Lebensstil und Grabbrauch ergänzt²⁴. Man kann somit von einer großteils bruchlosen Kontinuität des großräumigen Wirtschaftsgefüges mit seinen weitreichenden Handelsbeziehungen über das 5. Jahrhundert in das Frühmittelalter ausgehen. Denn noch im späten 5./frühen 6. Jahrhundert gelangten die Mayener Keramikprodukte in teilweise sogar umfangreichen Mengen bis an den Nieder- und Oberrhein, den Main und die Lippe²⁵ sowie bis nach Lothringen und Belgien²⁶. Nach 520/530 und verstärkt dann in der zweiten Hälfte des 6. Jahrhunderts lässt sich ein Rückgang des Exportes der Mayener Keramik erkennen, der aber nicht mit dem Zusammenbruch des Wirtschaftsgefüges, sondern mit der Betriebsaufnahme konkurrenzfähiger Töpfereien in den Exportregionen zu begründen ist. Ab dem 8. Jahrhundert ist dann ein erneuter Anstieg der Keramikausfuhr aus Mayen festzustellen, der in der ersten Hälfte/Mitte des 9. Jahrhunderts erneut ein mitteleuropäisches Ausmaß erreichte. Der hier aufgezeigte Keramikexport basierte in Mayen auch auf Brennöfen jenes Typs, der anschließend im Befund und in der Rekonstruktion erläutert wird.

DER BEFUND

Im Jahr 1975 gelang es dem Amt Koblenz der Abteilung Archäologische Denkmalpflege des Landesamtes für Denkmalpflege Rheinland-Pfalz in der Eifelstadt Mayen bei einer von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Untersuchung fünf Keramikbrennöfen auszugraben²⁷. Aufgrund der akribisch durchgeführten Dokumentation lässt sich von diesen in unterschiedlicher Güte erhaltenen Anlagen besonders der

¹⁷ Gross 2014, 340.

¹⁸ Schwarz 2011, 327.

¹⁹ Böhme 2012, bes. 18-19; 2012/2013, 81. – Vgl. z. B. Maurer 2011, 69.

²⁰ Bressoud u. a. 2015.

²¹ Gross 2012, bes. 36. – Im Moselmündungsgebiet wurde z. B. der *burgus* von Niederlahnstein (Rhein-Lahn-Kreis) nach dem Fundgut sicher bis zum Ende des 5. Jhs. genutzt (frdl. Mitt. Lothar Bakker, Augsburg, am 10.6.2013; vgl. Bakker 2014). – Diese Annahme wurde schon früher auch für den *burgus* von Engers (Lkr. Neuwied) geäußert: Grunwald 2007, 35-36. – Mit

»einer ständigen Besatzung bis gegen Ende des 5. Jh.« ist auch für die Befestigung in Monheim am Rhein (Kr. Mettmann) zu rechnen: Gechter 2010, 22.

²² Zusammenfassend: Ramstetter 2013, 236-244. 250-252.

²³ Vgl. Grunwald 2006.

²⁴ Grunwald 2012, 121.

²⁵ Vgl. z. B. zu Dorsten-Holsterhausen (Lkr. Recklinghausen): Grunewald 2009, 169-170.

²⁶ Grunwald 2012b, 121 Anm. 64-66.

²⁷ Eiden 1977; 1982.

beim Bau des Hauses der Familie Winkel vom 15. bis zum 17. Oktober 1975 untersuchte und noch größtenteils erhaltene Töpferofen gut beurteilen²⁸.

Fundort

Mayen, Siegfriedstraße 53, Grundstück Winkel, Parzellen-Nr. 1028/14. Töpferofen II nach der Zählung des Ausgräbers Hans Eiden²⁹ (= Töpferofen 26 der Fundstelle 31 nach Mark Redknap³⁰).

Gesamtbefund

Stehender Ofen (**Abb. 1a-b**). Gesamthöhe 1,70m. Längsachse durch Ofen bis Innenseite Schüröffnung: max. 1,45m, Querachse 1,20m. Die Basis der Anlage war in den anstehenden devonischen Schiefer, die Oberwandung in die anstehende lehmige bis tonige Verwitterungsschicht des in südlicher Richtung zur Siegfriedstraße ansteigenden Hangs eingetieft. Das Schürloch lag talseitig in Richtung des heutigen Boemundringes.

Brennraum

Wandungshöhe: 0,85m; Wandungsdicke: 0,20m; Durchmesser oberer Abschluss: 1,60m; Durchmesser oberhalb der Speichentenne: 1,35m. Im Gegensatz zu Feuerraum und Schürloch fanden sich hier als Baumaterialien fast ausschließlich Wölb- und Wölbwandtöpfe. In der Regel bilden nebeneinander gestellte, senkrechte Stapel von Gefäßen und Fehlbränden das Gerüst der Außenwände. Die Keramik war meist zerscherbt. Es wurden vor allem Unterteile von Tongefäßen genutzt. Die Fragmente waren ineinander gesetzt und durch Lehm miteinander verbunden, der vollständig verziegelt war. Der vormalige mit Fingern glatt gestrichene, mit Keramikscherben durchsetzte Lehmverputz im Brennraum war größtenteils abgebröckelt. Im oberen Bereich der Verfüllungsschicht befinden sich viele Schieferplatten, die theoretisch von dem Abschluss der Ofenwandung stammen könnten. Besonders gut war der westliche Teil der Mauerung erhalten. An der Oberkante bildete dort eine leicht nach innen geneigte Schieferplattenlage den Abschluss der Wandung (**Abb. 2a**). Eine Verziegelung des Erdreiches außerhalb des Töpferofens war nur bis in die Höhe dieses Wandungsabschlusses festzustellen. Die Abschlusskante könnte der Abdeckung des Brenngutes während des Brennvorgangs als Auflage bzw. der Sicherung des oberen Wandungsabschlusses des Brennraumes gedient haben.

Schürloch und Feuerungsraum

Wandungshöhe Feuerungsraum 0,70-0,80m; Wandungsdicke 0,30 (Osten) bis 0,20m (Westen). Der Befund wurde nur teilweise untersucht und die östliche und nördliche Begrenzung nicht erfasst. Die Sohle des Töpferofens war mit Schieferplatten ausgelegt. Die Mauerung des Feuerraums bestand vorwiegend aus Grauwacke. Gelegentlich waren auch Tuff und Basalt verwendet. Als Bindematerial diente Lehm, der von innen auch als Verputz aufgetragen war. Die Mauern waren teils schräg, teils senkrecht an das anstehende Erdprofil angelehnt. Während die Mauerung im südlichen und östlichen Bereich und somit in Richtung Hanggefälle bis zur Sohle reichte, setzte sie im westlichen Teil erst 0,40m über der Sohle an. Hier fand der

²⁸ Für die Möglichkeit der Nutzung der Ausgrabungsdokumentation sei der Generaldirektion Kulturelles Erbe Rheinland-Pfalz, Direktion Landesarchäologie, Außenstelle Koblenz und hier stellvertretend besonders Dr. Dr. A. von Berg gedankt. – Vgl. Eiden 1976; Gadenz 1980.

²⁹ Eiden 1982, 294 Taf. 243-245.

³⁰ Redknap 1999, bes. 338-340.



Abb. 2 Mayen, Siegfriedstraße 53, Grundstück Winkel (Lkr. Mayen-Koblenz). Töpferofen 26 der Fundstelle 31 nach Mark Redknapp: **a** Detail der Ofenwandung. Die Schieferplatte an der Oberkante der Wandung ist ein Rest der ursprünglichen Abdeckung des Randes. – **b** die Säule der Speichentenne. – (Fotos GDKE Rheinland-Pfalz, Koblenz).

anstehende mürbe Devonschiefer Verwendung. Die Steine der Mauer waren in Lehm gesetzt, der rot verziegelt war. Diese Verziegelung strahlte stellenweise auch noch bis zu 0,10 m in das anstehende Erdreich hinein. Im Bereich der nur z.T. erhaltenen, winklig angesetzten und auf das Schürloch zuführenden Seitenmauern (Mauerhöhe 0,80 m; Mauerbreite 0,20 m, Innenbreite Sohle 0,60 m, Befundoberkante 0,50 m) waren die Wände besonders an der Südwand und der Sohle verziegelt.

Zentrale Säule

0,75 m hoch, annähernd runder Durchmesser 0,45-0,50 m. Der Pfeiler (**Abb. 2b; 3**) war im unteren Teil aus dem anstehenden mürben Devonschiefer gehauen. Als Baumaterial dienten neben Grauwacke vor allem Lehm und Tonscherben. Er war mit Lehm verputzt. In den Lehm hatte man, wie die Abdruckstellen zeigten, Scherben nachträglich eingedrückt. Sie sollten wohl einen Schutz gegen die Hitze darstellen. Die Säule krägt nach oben hin aus, um für die Tenne eine größere Auflagefläche zu bilden. Der Pfeiler wurde am Ende der Untersuchung abgetragen.

Speichentenne

Der Feuerungs- und Brennraum trennende Zwischenboden war als Rost radförmig ausgebildet (**Abb. 1a-b; 3**). Die »Nabe« des Rades behielt die Dicke des Pfeilers bei. Sie war bis 0,25 m dick. Der Hohlraum zwischen Pfeiler und Wand (0,30-0,40 m) wurde durch Schieferplatten überbrückt, auf denen sich ein 0,10-0,15 m starker, mit kleinen Steinen und Tonscherben durchsetzter Tonbelag befand. Die einzelnen Speichen hatten eine Breite von 0,20 m, eine Stärke von 0,10 m und stiegen zur Außenwand merklich an (ca. 20-25°). Die drei erhaltenen Speichen waren wie der Pfeiler gefertigt und mit der Außenwand des Brennraumes verbunden.

Arbeitsgrube und möglicher Überbau

Die dem Schürloch vorgelagerte Arbeitsgrube war muldenförmig eingetieft. Sie wurde erst sehr spät nach der Aufgabe des Ofens endgültig verfüllt. Eine im Nordprofil der Ausschachtung sichtbare, lehmige Verfüllschicht reichte fast bis zur Sohle der Arbeitsgrube und stieg nach den Seiten an. Das darüber befindliche Erdreich schien zeitgleich aufgebracht zu sein wie jenes über dem Abbruchhorizont der Arbeitsgrube. Auf der Sohle der Arbeitsgrube lag mit Asche durchsetztes Material, teils rot, teils gelblich bis grau. Es dünnte nach den Seiten aus und wird wohl den Laufhorizont der Benutzungszeit darstellen. Darauf fand sich vor allem im Mittelbereich grober Schieferschutt mit Brandeinwirkung. Ein östlich des Schürlochs nachgewiesenes Pfostenloch (Durchmesser 0,30 m, Tiefe 0,30 m) sowie ein zweites westlich gelegenes Pfostenloch (Durchmesser wohl 0,20 m × 0,30 m) dürften mit dem Brennofen gleichzeitig sein (**Abb. 1a; 7**). Wenn dieses zutrifft, so könnte die Anlage mit einem Holzbau überdacht gewesen sein.

Datierung und Interpretation des Befundes

Dieser stehende Töpferofen ist für die Mayener Keramikproduktion am Übergang von der Spätantike zum Frühmittelalter als charakteristisch anzusehen. Nach heutigem Wissen löste er in Mayen in der zweiten

Hälfte des 5. Jahrhunderts die bis dahin üblichen Öfen mit gestreckt birnenförmigen oder rechteckigen Grundformen ab. Solche Anlagen waren dann während der Merowinger- und Karolingerzeit und mindestens bis ins 10. Jahrhundert hinein in Gebrauch.

Bei dem Befund, der Ausgangspunkt der Rekonstruktion war, handelt es sich um eine in römischer Technik errichtete Brennanlage³¹. Die Brennraumwandung war mit in Lehm eingebetteten Wölb-³² und Wölbwandtöpfen der späten Varianten des Typs Alzey 27 mit verkürzter Deckelfalz aufgebaut worden. Neben ganzen Gefäßen treten vor allem Fehlbrände und fragmentierte Stücke auf³³. Ältere Rekonstruktionen der Anlage gehen von einem überkuppelten Brennraum aus, obwohl dafür keine Belege in der Dokumentation zu finden sind. Ein erhaltenes Wandungselement des Brennraumes lässt sich vielmehr dahin gehend deuten, dass in 80 cm Höhe die Schieferplatte *in situ* einen Rest des Abschlusses der Ofenwandung bildete³⁴. Die bislang zu dieser Anlage publizierten Datierungsansätze für seine Keramikproduktion schwanken und reichen von dem späten 5./6. Jahrhundert³⁵ über das 6. Jahrhundert³⁶ bzw. das Ende des 6. Jahrhunderts³⁷ bis zum Anfang des 7. Jahrhunderts³⁸. Neue Analysen präzisieren die Zeit der Ofennutzung auf das Ende des 5. Jahrhunderts/ um 500 bis 520/530³⁹. Insgesamt wurden in der Anlage 250 kg Keramikscherben geborgen, deren genaue Schichtenzuweisung eine klare chronologische Ansprache der Produktionszeit ermöglicht. Der Töpferofen wurde nach dem im Schürkanal entdeckten und in der Ofenwandung verbauten Fundgut (besonders späte Ausprägungen der Typen Alzey 27 und 33 sowie frühe Formen von Knickwandtöpfen des Typs Trier B6b⁴⁰) während der Nutzungsphase A nach Redknap, wie es schon Andreas Heege annahm⁴¹, in der zweiten Hälfte des 5. Jahrhunderts errichtet (um 490/500; **Abb. 3a**)⁴². Die Anlage war in der Nutzungsphase B nach Redknap noch in der ersten Hälfte des 6. Jahrhunderts bis 520/530 in Betrieb (**Abb. 3b**)⁴³. In der Mitte und der zweiten Hälfte des 6. Jahrhunderts erfolgte während der Nutzungsphase C nach Redknap die Verfüllung des Töpferofens, die spätestens am Ende dieses Jahrhunderts abgeschlossen war (**Abb. 3c**)⁴⁴. Im späten 8./9. Jahrhundert fand dann eine Überlagerung mit einer flächig nachzuweisenden Deckschicht statt⁴⁵. Aus solchen stehenden Öfen des 5. Jahrhunderts, die der Töpferofengrundform B1c nach Redknap anzuschließen sind⁴⁶, entwickelten sich in Mayen die merowingischen und karolingischen stehenden Brennanlagen.

TECHNISCHE ANALYSE DES GRABUNGSBEFUNDES

Trotz der in Teilen fragmentarischen Überlieferung kann von einem insgesamt guten Erhaltungszustand gesprochen werden. Im Vergleich zu anderen Ofenbefunden ließen sich wichtige Details zu den Proportionsverhältnissen und zur Konstruktion dem Befund entnehmen. So war durch die *in situ* angetroffene Lage der Schieferplatte am Abschluss des Brennraumes und das Muster der Verziegelung des Umgebungssedimentes

³¹ Vgl. hierzu: Grunwald 2012a, 144.

³² Zum Gebrauch von Wölbtöpfen für den Ofenbau s. aus ethnoarchäologischer Perspektive Hampe/Winter 1965, 192-193.

³³ Entsprechend konstruierte mittelkaiserzeitliche Öfen aus dem benachbarten Weißenthurm waren ausschließlich mit kompletten Gefäßen aufgebaut worden (frdl. Hinweis der Bearbeiterin Sybille Friedrich). – Inwieweit mit der Verwendung fragmentierter Gefäße ein Verlust der Bauqualität einherging, muss einstweilen offenbleiben.

³⁴ Kuppelrekonstruktion bei Eiden 1977, 92.

³⁵ Redknap 1999, 338.

³⁶ Eiden 1982, 294.

³⁷ Eiden 1977, 93.

³⁸ Redknap 1988, 10-11 Abb. 5.

³⁹ Grunwald 2016.

⁴⁰ Vgl. Wieczorek 1987, 457.

⁴¹ Heege 2007, 45 Abb. 59. 47 Anm. 251. – Vgl. auch Redknap 1999, 53. 72. 122.

⁴² Die Gefäßformen der ersten Nutzungsphase A verweisen in die 2. Hälfte des 5. Jhs. (frdl. Mitt. Angelika Hunold, Mayen, am 16.2.2011).

⁴³ Das Material der Nutzungsphase B datiert nach Redknap in die Zeit von kurz vor 500 bis in die 1. Hälfte des 6. Jhs.; vgl. Redknap 1999, 122.

⁴⁴ Eiden 1982, 306 Taf. 245, C6-11.

⁴⁵ Ebenda 306 Taf. 245, C12-14.

⁴⁶ Redknap 1999, 27 Abb. 3. 34

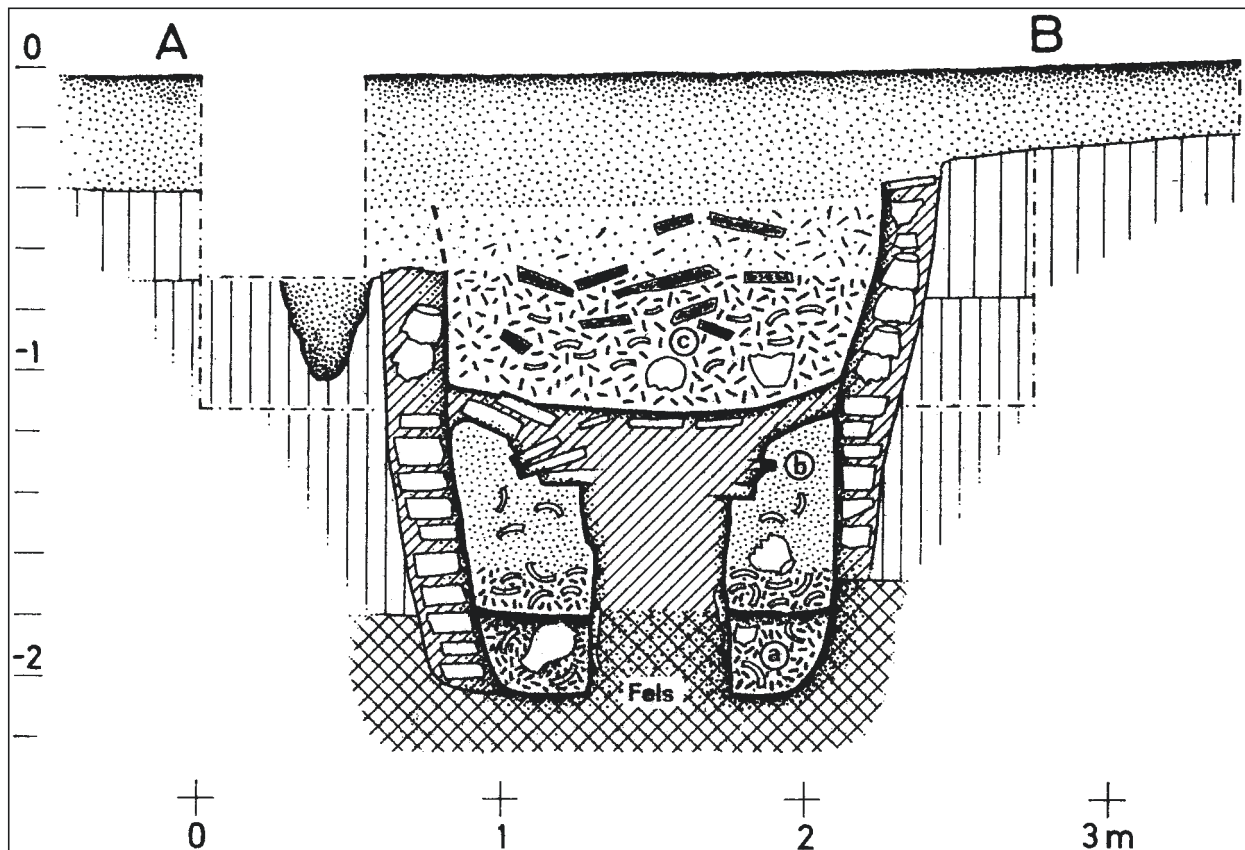


Abb. 3 Mayen, Siegfriedstraße 53, Grundstück Winkel (Lkr. Mayen-Koblenz). Profilschnitt durch den Töpferofen 26 der Fundstelle 31 nach Mark Redknop. Die Buchstaben **a-c** markieren die Schichten der im Text erläuterten Nutzungsphasen. – (Nach Grunwald 2012b, 118 Abb. 8).

die ursprüngliche Höhe des Ofens zu ermitteln. Noch entscheidender bei der Neubewertung der archäologischen Befunde war aber die Tatsache, dass an diesem Prozess des Jahres 2014 nicht nur Archäologen, sondern auch selbstständige Töpferinnen, Lehrkräfte sowie Brenn- und Werkstattmeister der Fachschule Keramik Höhr-Grenzhausen beteiligt waren⁴⁷.

Anhand der Dokumentation und Beschreibung konnten folgende Eckdaten für die Rekonstruktion des Schachtofens ermittelt werden: Die Gesamthöhe des Ofens betrug 1,70 m mit einem nach oben erweiterten Brennraum, dessen Durchmesser in Höhe der Speichentenne bei 1,35 m und am oberen Abschluss bei 1,60 m lag. Die Gesamthöhe des Brennraumes betrug 0,85 m mit einer Wandungstärke von 0,20 m. Daraus ergibt sich für die Volumenberechnung ein Fassungsvermögen für den einzustapelnden Besatz, als mittlerer Wert, von 1,462 m³ bis zur Oberkante des Brennraumes.

Interessant ist dabei das Proportionsverhältnis von Feuerungsraum zu Brennraum: Mit einer Höhe des Feuerungsraumes von 0,75 m bei konischer, nach oben erweiterter Konstruktionsweise mit einem Durchmesser von 1,20-1,35 m ergibt sich ein Mittelwert von 0,958 m³. Abzüglich der zentralen Säule zur Auflage der Speichentenne hat der Feuerungsraum demnach ein Volumen von 0,825 m³. Somit ergibt sich ein Proportionsverhältnis von 1:1,7 zwischen Feuerungsraum und Brennraum. Entscheidend für den Brennvorgang ist

⁴⁷ Mit der Fachschule Keramik Höhr-Grenzhausen wurde ein Kooperationsvertrag geschlossen. Alle auf diesem Experimentaldesign basierenden Versuchsreihen werden gemeinsam durchgeführt.

besonders die Höhe des Feuerungsraumes. Denn während des Brandes bildet sich ein dichtes Glutbett, das kontinuierlich in die Höhe wächst. Deshalb muss der Feuerungsraum eine entsprechende Höhe aufweisen, damit ein ungehindertes Nachlegen von Brennmaterial bis zum Erreichen der gewünschten Brenntemperatur möglich ist.

Die Analyse der eingesetzten Baumaterialien bot, neben bereits bekannten Aspekten, auch Überraschungen. Das Eintiefen des Ofens in das anstehende Sediment nutzte einerseits geschickt die Hanglage innerhalb des Töpfereibezirkes aus, andererseits bot es die Möglichkeit einer Isolierung von außen und zugleich der Stabilität der gesamten Konstruktion. Grauwacke als Baumaterial für den Feuerungsraum und die zentrale Säule bildeten ein stabiles Fundament für die Ofenkonstruktion und konnten, im äußeren Bereich, zugleich dem umgebenden Hangdruck standhalten. Die Säule in der Mitte des Feuerungsraumes war mit Lehm verstrichen. In diesen wurde zusätzlich flächendeckend Scherbenmaterial eingebracht, das dann mit einem abschließenden Lehmverputz überdeckt wurde. Die mit Schieferplatten ausgelegte Ofensohle war zusätzlich mit einem dicken Lehmverstrich versehen.

Die Wandung des Brennraumes bestand im Kern vor allem aus den schon erwähnten Wölb- und Wölbwandtöpfen (**Abb. 2a**)⁴⁸. Auf einen ersten Lehmverstrich waren dann flächig Keramikscherben eingedrückt und anschließend mit einer weiteren Schicht Lehm verstrichen worden. Es stellt sich die Frage nach den Auswirkungen auf die Konstruktionseigenschaften des Ofens und den möglichen Konsequenzen für das Brennverhalten des Ofens.

Ein besonderes Augenmerk lag während der Auswertung der Befunde auf der Konstruktion und dem Konstruktionsmaterial der Speichentenne (**Abb. 2b; 3**). Die Tenne bildet die Trennung zwischen Brennmaterial und Ofenbesatz. Gleichzeitig muss die Lochtenne das Gewicht des gesamten Besatzes tragen, während das Feuer an der Unterseite mit hohen Temperaturen zu einer zusätzlichen Belastung des Materials führt. Im Kern wurden Schieferplatten zur Überbrückung des Abstandes zwischen Außenwand des Feuerungsraumes und der zentralen Säule verwendet. Dabei war der obere Abschluss der Mittelsäule ausgestellt, um diese Distanz zusätzlich zu verringern. Die Schieferplatten lagen überlappend aufeinander und direkt in die Ofenwandung eingebunden. Es existierte also keine separate Auflagefläche, z. B. in Form einer Konsole, für die Speichentenne. Bei eventuellen Reparaturen, z. B. beim Bruch einer Speiche, musste für einen Austausch des entsprechenden Segmentes direkt in den Konstruktionsverband der Ofenwandung eingegriffen werden. Grundsätzlich ist das möglich, könnte aber zu weiteren Problemen geführt haben. Denn sollte die Speichentenne während eines Brandes durch Risse nachgeben oder sich verwerfen, so würden die dabei entstehenden Kräfte direkt auf die Ofenwandung übertragen und könnten dort zu weiteren Folgeschäden führen.

Während der intensiven Auswertung der Befunde stellte sich die Frage, inwieweit Schiefer bei hohen Temperaturen als Konstruktionsmaterial überhaupt geeignet war. Nach entsprechenden Recherchen stellte sich heraus, dass hierzu bislang noch keine verlässlichen Daten vorliegen. Deshalb wurde eine Versuchsanordnung zur Klärung dieser Frage entwickelt. Die Schieferplatten waren im Originalbefund mit Lehm, kleineren Steinen und Keramikfragmenten mit einer Stärke von bis zu 0,15 m ummantelt. Hieraus wurde folgende Versuchsreihe entwickelt: Schieferproben unterschiedlicher Zusammensetzung wurden in einem Laborofen bei 600 °C, 800 °C, 920 °C, 1000 °C, 1100 °C und 1200 °C erhitzt (**Abb. 4a-b**). Zusätzlich wurden die Schieferproben in einer zweiten Versuchsanordnung vollständig mit Lehm ummantelt und ebenfalls in den zuvor genannten Temperaturstufen erhitzt. Im Ergebnis konnte konstatiert werden, dass die Schieferproben bis zu einer Temperatur von 1000 °C formstabil blieben. Es wurde keine Veränderung von

⁴⁸ Vgl. Hampe/Winter 1965, 192-193.



Abb. 4 Bei 1000°C blättert der Testriegel aus Schiefer auf (a). Eine Lehmummantelung des Schiefers wurde bei 1100°C aufgesprengt (b). – (a Foto E. Hanning; b Foto B. Streubel, RGZM).

Form und Farbe festgestellt. Mit dem Erreichen von 1100°C erfuhren die Schieferproben eine signifikante Volumenerweiterung bei gleichzeitiger Gewichtsabnahme. Bei 1200°C wurde das Experiment abgebrochen, da hier bereits eine Volumenerweiterung von mehr als das Zehnfache der Ausgangsprobe erreicht wurde und somit die Kernfrage der Versuchsanordnung beantwortet war. Zusätzlich erfolgte bei 1200°C eine weitere Reduzierung des Gewichtes. Teile der mineralischen Bestandteile entwichen gasförmig, blähten die Ausgangsproben auf, änderten das Farbspektrum und hinterließen Hohlräume im Gefüge. Das Ergebnis dieser Versuchsanordnung wirkt sich, wie später noch zu zeigen ist, unmittelbar auf die Brennführung des Ofens aus⁴⁹. Mit Blick auf diesen Befund lässt sich die Entscheidung für die Wahl von Schiefer zur Konstruktion der Speichentenne in spätantiker Zeit nicht eindeutig erklären. Anzunehmen wären die unmittelbare Verfügbarkeit des Materials und die plattenartige Struktur des Schiefers, die sich gut zur Überbrückung des Zwischenraumes eignet.

Der beobachtete Anstieg der einzelnen Speichen in Richtung Ofenwandung wurde während der Auswertung der Dokumentation intensiv diskutiert (Abb. 2b; 3). Ausgeschlossen wurde, dass der Anstieg der einzelnen Speichen auf postdepositionale Prozesse zurückzuführen war. Der Befund zeigte keinerlei Setzungserscheinungen und Rissbildungen, die auf ein Absinken der zentralen Säule hinweisen würden. Somit musste von einer intendierten Handlung oder zumindest davon ausgegangen werden, dass während der Errichtung in historischer Zeit dem keine besondere Bedeutung beigemessen wurde. Aus physikalischer Perspektive führt der Anstieg der Speichen mit 20-25° zu einer Art schiefen Ebene. Diese verlagert die Kräfteverteilung des einwirkenden Stapeldrucks, der durch das Einsetzen des Brennguts aufgebaut wird: Auf den am höchsten gelegenen Punkt wirkt eine höhere Kraft ein. Im Falle der Konstruktion am Ofenbefund führt das zu einer geringfügig höheren Krafteinwirkung auf den Teil der Speichen, der in die Ofen-

⁴⁹ Sollte während des Brandes eine Volumenerweiterung wie oben beschrieben erfolgen, so würde dies zum Einsturz der Speichentenne und zur Teilerstörung des Besatzes führen. Das hätte

einen kompletten Abbruch des Brandes, eine umfangreiche Reparatur der Tenne, ein Neuproduzieren der zerstörten Gefäße und ein wiederholtes Einstapeln zur Folge.

wandung eingebunden ist. Sollte das beabsichtigt gewesen sein, so wäre allerdings eine Kräfteverteilung zugunsten der zentralen Säule besser gewesen. Hier hätten die Kräfte, ohne einen möglichen Schaden an der gesamten Konstruktion zu verursachen, abgeleitet werden können. Aufgrund des geringen zu überbrückenden Abstandes zwischen zentraler Säule und Ofenwandung wäre eine merkliche Änderung der einwirkenden Kräfte ohnehin nicht zu erwarten. Hier zeigt sich beispielhaft, dass die Schwäche eines technischen Details im Rahmen der Gesamtkonstruktion ohne erkennbare negative Auswirkungen für den Betrieb bleiben kann. Folgerichtig bestand dann auch kein Anlass zur Korrektur des technischen Details.

Im archäologischen Befund war die Schüröffnung des Ofens nur in Teilen überliefert (**Abb. 1a-b**). Ihre Breite konnte dem Befund mit 0,65m entnommen werden, wohingegen die Höhe und die Konstruktionsweise des oberen Abschlusses nicht überliefert waren. Grundsätzlich lässt sich die Höhe der Schüröffnung aus dem lichten Maß des Feuerungsraumes ermitteln, denn höher als die Unterkante der Speichentenne kann die Schüröffnung aus Gründen der Konstruktion nicht sein. Deshalb musste die Konstruktionsweise der Schüröffnung bzw. deren Einbindung in den Ofenverband diskutiert und über den archäologischen Befund hinaus rekonstruiert werden. Für die Rekonstruktion waren vor allem zwei Faktoren entscheidend: Größe und Form der Schüröffnung in Abhängigkeit zu Praktikabilität und Zugverhalten während des Heizens sowie die Analyse anderer Ofenbefunde älterer Zeitstellung in Mayener Töpfereiarealen. Dabei konnte schnell festgestellt werden, dass bereits bei einem älteren Ofen eine mit einem Bogen überfangene Schüröffnung überliefert ist⁵⁰. Daher favorisierte man die Konstruktion des Schürloches als Bogen. Außerdem muss direkt unterhalb der Speichentenne im Feuerungsraum ein geschlossener Raum entstehen, damit sich hier die heißen Gase gleichmäßig in horizontaler Richtung verteilen können. Sollte die Oberkante der Schüröffnung unmittelbar mit der Unterkante der Speichentenne zusammenlaufen, so würde hier die kalte Luft von außen diesen Bereich permanent kühlen und der darüber liegende Besatz die gewünschte Maximaltemperatur nicht erreichen. Ein weiteres Argument für den Bau eines Bogens ergab sich aus statischen Gründen während der Konstruktionsphase, über der Schüröffnung lastet ein Teil der aufgehenden Ofenwandung des Brennraumes. Während des Bauprozesses ist diese Partie aber noch nicht formstabil und dauerhaft haltbar. Erst bei einem Brand werden diese Bereiche von innen nach außen verfestigt, sodass sich der ringförmige Brennraum auf dem Ofenfundament selbst tragen kann. Hierbei erweist sich während der Errichtung des Ofens die Ableitung der Kräfte auf das Fundament mithilfe eines Bogens als geeignet. Die Scheitelhöhe des rekonstruierten Bogens lag bei 0,60m.

Dem Schürloch vorgelagert waren zwei winklig nach außen gezogene Mauern mit einer erhaltenen Höhe von 0,50m und einer Länge von 0,80m. Die Mauern richteten sich hangabwärts und waren nicht überdeckt, sodass hier nicht von einem Schürkanal im eigentlichen Sinne gesprochen werden kann, der bei dieser Art Brennanlage ohnehin nicht notwendig gewesen wäre. Sie erfüllen aber, neben der gezielten Führung der Strahlungswärme, eine weitere wichtige Funktion: Durch die Mauern wurde die Brennanlage gegen direkt einfallende Winde während des Brennvorganges geschützt. Ein leichter Windeinfall im spitzen Winkel ist für keramische Brennanlagen durchaus von Vorteil. Sollten jedoch nicht kontrollierbare Windeinfälle direkt auf das Feuer im Feuerungsraum einwirken, kann das zu erheblichen Problemen führen. Besonders starke Winde können das Feuer durch vermehrte Sauerstoffzufuhr beschleunigen und einen unkontrollierten Temperaturanstieg zur Folge haben. Die vorgelagerten Mauern hindern Windeinfälle an unerwünschten Einflüssen und können in Ausnahmefällen durch das Verwenden von Schiebern zum Verkleinern der Schürlochöffnung gegebenenfalls gesteuert werden⁵¹.

⁵⁰ Redknap 1999, 32 Taf. 1: Auf der Eich. Fundstelle 7, Ofen VI.

⁵¹ Denselben Effekt, den Windeinfall zu minimieren und zu kontrollieren, erreicht man durch das vollständige Eintiefen der

Öfen in das Erdreich mit einer vorgelagerten Arbeitsgrube. Dadurch ist die Brennanlage nahezu vollständig unabhängig von Windverhältnissen.

VORBEREITUNGEN FÜR DEN BAU DER OFENREKONSTRUKTION

Parallel zur intensiven Auswertung und technisch-technologischen Beurteilung des Grabungsbefundes fanden die vorbereitenden Arbeiten für den Bau des Ofens statt. Das Labor des Kompetenzbereichs Experimentelle Archäologie, am Rande des Mayener Grubenfeldes gelegen, ist eine Station des Vulkanparks Osteifel⁵² und befindet sich somit im öffentlichen Raum. Diese Verbindung ist bewusst gewollt und bezieht das Labor für Experimentelle Archäologie in die Wissensvermittlung aktiv ein. Daraus resultierten aber auch Faktoren, die es bei der Auswahl, Durchführung und Platzierung der Ofenrekonstruktion zu beachten galt. Grundsätzlich sollte die Ofenrekonstruktion Teil der Vermittlungsinfrastruktur des Vulkanparks sein und damit von Besuchern besichtigt werden können. Wichtig war es bei der Wahl des Standortes, die historischen Bedingungen weitgehend abzubilden und als festen Bestandteil in die Konstruktion einfließen zu lassen. Unmittelbar vor dem Innenhof der Werkstatträume befindet sich eine lang gezogene Hangkante. Hier wurde eine 4,50 m × 4,0 m breite und 2,00 m hohe Grundfläche für den Standort der Ofenrekonstruktion ausgebaggert. Anschließend wurden die drei Hangseiten durch mit Steinen gefüllte Drahtkörbe (Gabionen) eingefasst (**Abb. 5a**). Somit war die Arbeitsfläche gegen ein Abrutschen des Hanges gesichert, und zukünftig kann, nach Beendigung des Projektes, dieser Platz für andere Experimentaldesigns genutzt werden, ohne jedes Mal in die Hangsubstanz eingreifen zu müssen. Über der Gabioneneinfassung wurde inzwischen ein Schutzdach errichtet, das auch den weiteren Brennbetrieb erlaubt. Dadurch ist die Ofenrekonstruktion nicht nur visuell in den Arbeitsbereich des Labors für Experimentelle Archäologie und in den Vulkanpark eingebunden, sondern zugleich fester Bestandteil der Forschungsinfrastruktur des RGZM.

Die Sohle der Arbeitsfläche wurde vor dem Bau des Ofens mit einer Schicht Schotter bedeckt, die eine nivellierte Arbeitsebene schuf und eine Trennung von den Haldenschüttungen des ehemaligen Grubenfeldes bildete. Anschließend wurden, mittels einer Schablone, die lichten Innenmaße mit Tonpulver auf die geschotterte Grundfläche übertragen (**Abb. 5a**). Gleichzeitig wurde die Position der Schächte für die künftigen Temperaturmessungen außerhalb der Ofenkubatur festgelegt.

Bereits während der Arbeiten zur Vorbereitung des zukünftigen Ofenstandortes begannen die Testreihen zur Herstellung einer geeigneten Masse für den Bau des Ofens. Da keine ausreichende Menge Probenmaterial während der Ausgrabungen im Jahr 1975 genommen wurde, bzw. zum Zeitpunkt der Arbeiten an der Rekonstruktion keine Proben in den Depots vorlagen, konnte keine Analyse der verwendeten Masse durchgeführt werden. Die Testreihen zur Herstellung einer optimalen Masse zur Konstruktion des Ofens erfolgten in der Fachschule Keramik Hörh-Grenzhausen. Ebenso flossen Erfahrungen aus Entwicklungshilfeprojekten zur Reaktivierung und Modernisierung des Handwerks in Entwicklungsländern ein⁵³. Die Anforderungen an die Masse zum Bau des Ofens bestanden vor allem in der Temperaturbeständigkeit, einer geringen Trocken- und Brennschwindung und der Standfestigkeit. Massen für den historischen Ofenbau bestehen hauptsächlich aus Lehm und Anteilen an plastischer Masse, die zur Herabsetzung der Trockenrissbildung mit einer organischen Magerung versetzt werden. Neben Stroh, getrockneten Gräsern oder Binsen kann auch Flachs eingesetzt werden. **Tabelle 1** gibt einen Überblick über die prozentuale Zusammensetzung des Masseversatzes⁵⁴, der zum Bau der Ofenrekonstruktion verwendet wurde.

⁵² Schaaff 2006. – Hunold 2011.

⁵³ Die Entwicklungshilfeprojekte wurden von Ute und Arno Hastenteufel im Auftrag der Handwerkskammer Koblenz durchgeführt. Vgl. www.keramikwerkstatt-hastenteufel.de/05-entwicklungshilfe/051-entwicklungshilfe.html (3.11.2016).

⁵⁴ Nachweis der Analysen: T 8007: <http://kts-kg.de/wp-content/uploads/2014/03/T-8007-Ka%CC%88rlicher-Speziallehm.pdf> (3.11.2016); T 7012: <http://kts-kg.de/wp-content/uploads/2014/03/T-7012-Ka%CC%88rlicher-Ton.pdf> (3.11.2016).



Abb. 5 Mayen, Versuchsofen 2014: **a** Zu Beginn des Ofenbaus wurde der Grundriss des Befundes im Innenraum des Gabionenwerkes mithilfe einer Papierschablone auf den Boden übertragen. – **b** Der Versuchsofen wurde – anders als der Originalbefund – nicht in einen bestehenden Hang eingetieft. Er wurde frei in einem Gabionenwerk errichtet und dann mit Sediment hinterfüllt. Auf diese Weise konnten auch Messschächte für die Thermolemente neben der Ofenwandung errichtet werden. – (a Foto B. Streubel, RGZM; b Foto RGZM).

DER BAU DER OFENREKONSTRUKTION

Mit dem Bau der Rekonstruktion wurde am 1. September 2014 begonnen. Am 9. September konnten die Arbeiten beendet werden⁵⁵. Dabei nahm das Verfüllen des Raumes zwischen Gabionenwerk und Ofen mit Sediment die meiste Zeit in Anspruch (**Abb. 5b**).

⁵⁵ Für die Mitarbeit und tatkräftige Unterstützung ein herzliches Dankeschön an: Friedrich Adams, Lidia Argenti, Anna Axtmann, Juliane Fritsch, Michaela Hofmann, Kurt Rickmann, Martin Rogier und Hanne Spitzlay.

Bezeichnung	Art der Masse	chemische Analyse	Prozent v. H.
T 8007	Lehm	SiO ₂ : 75,10 Al ₂ O ₃ : 11,20 TiO ₂ : 1,10 Fe ₂ O ₃ : 2,90 CaO: 5,60 MgO: 1,20 K ₂ O: 2,00 Na ₂ O: 0,90	50
T 7012	plastische Masse	SiO ₂ : 59,00 Al ₂ O ₃ : 32,60 TiO ₂ : 2,85 Fe ₂ O ₃ : 2,90 CaO: 0,60 MgO: 0,60 K ₂ O: 1,50 Na ₂ O: 0,10	10
22/24 K	Schamotte		40
	Stroh/Flachs (gehäcksel)		1 Gew. %

Tab. 1 Bestandteile der verwendeten Masse zum Bau des Ofens. Alle Massen und anorganischen Zuschlagstoffe für den Bau des Ofens wurden von den Kärlicher Ton- und Schamottewerke Mannheim & Co. KG bezogen.

Nach dem Anreißern der Innenmaße des zu errichtenden Ofens konnte die erste Steinlage des Ofenfundamentes bzw. des Feuerungsraumes gesetzt werden. Die Wandungsstärke maß zwischen 0,40 und 0,50 m und war somit stärker als im Grabungsbefund. Dabei haben die Abweichungen keine Auswirkungen auf die thermischen Eigenschaften des Ofens, d. h., die Änderung dieser Parameter führt zu keiner Veränderung der Aufheizgeschwindigkeit und Abkühlungsphase.

Die Zwischenräume zwischen den Steinen wurden mit dem zuvor beschriebenen Masseversatz ausgefügt. Auf die erste Steinlage wurde eine Lagerfuge aufgetragen, bevor die nächste Steinlage aufgesetzt wurde. Wichtig war darauf zu achten, dass die Grauwackesteine versetzt, also ohne durchgehende Vertikalfugen verlegt wurden. Sollten Trocken- oder Brennrisse durch die Wandung des Feuerungsraumes verlaufen, so könnten hier ein ungewollter Temperaturverlust sowie eine Destabilisierung der Konstruktion entstehen⁵⁶. Im Originalbefund erfolgte die Konstruktion des Feuerungsraumes nicht

frei stehend. Die Steine wurden vielmehr gegen das Profil des ausgestochenen Sedimentes gestellt, jedoch nach demselben Prinzip verfügt. Auf die Leistungsfähigkeit des Ofens hat diese veränderte Bauweise keinen Einfluss. Im Gegenteil: Die Verfügung der Außenseite des Feuerungsraumes kann bei der hier angewandten Methode deutlich sorgfältiger erfolgen. Allerdings ergibt sich daraus die stärkere Wandung bei der Rekonstruktion, da es sich hier um eine frei stehende Konstruktion handelt. Abweichungen bei den Baumaßen der Rekonstruktion gegenüber dem Originalbefund gibt es auch hier aus den bereits oben genannten Gründen. Für die Abmessungen des Feuerungsraumes hatte dies zur Folge, dass der Innendurchmesser zwischen 1,25 und 1,38 m lag.

Die nächsten Arbeitsabläufe bestanden darin, die Wandung des Feuerungsraumes und die vorgelagerten Mauern in einer Konstruktionsphase auf die endgültige Höhe von 0,85 m aufzumauern. Im Anschluss wurde der Bogen der Schüröffnung mittels einer Lehre errichtet (**Abb. 6a**) und die Bogenwiderlager in die Mauern des Feuerungsraumes eingebunden. Aufgrund des geringen Aktionsraumes zur Ausführung der Arbeiten mussten diese so koordiniert werden, dass alle Schritte für den Bau des Feuerungsraumes abgeschlossen waren, bevor die Speichentenne eingezogen wurde. Deshalb wurde der Boden des Feuerungsraumes zeitnah mit Schieferplatten ausgelegt und die Grundplatte für die zentrale Säule eingefügt. Die zentrale Säule wurde so spät wie möglich eingezogen, um das geringe Platzangebot optimal nutzen zu können. Diese wurde erst aufgemauert, als die Innenseite des Feuerungsraumes einen ersten Lehmverstrich erhielt. Bei den Konstruktionsarbeiten ergeben sich die Abfolgen der einzelnen Schritte aus maßgeblich zwei Faktoren: Der erstere besteht in der logischen Abfolge der Konstruktion, der zweite wird bestimmt durch die Trocknungs- und Setzungsprozesse. Auch während der Bauphase ist eine gleichmäßige Trocknung der in Abhängigkeit

⁵⁶ Bei eingetieften Brennanlagen sind Rissbildungen im Feuerungsraum weniger problematisch, da angefülltes Erdreich oder das umgebende Sediment für die notwendige Isolierung sorgt.



Abb. 6 Mayen, Versuchsofen 2014: **a** An der Durchführung des Ofenexperimentes nahmen neben den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern des RGZM Lehrkräfte der Fachschule Keramik Höhr-Grenzhausen, selbstständige Töpferinnen sowie Studierende teil. – Beim Bogenbau über dem Schürloch kam eine hölzerne Lehre zur Anwendung. – **b** Die Schächte und Schamottrohre für die Aufnahme der Messleitungen während der Bauphase. – (a Foto B. Streubel, RGZM; b Foto RGZM).



zueinander stehenden Konstruktionsdetails von großem Vorteil, um hier bereits erste Schwachstellen ausschließen zu können. Auftretende Trockenrisse wurden, auch im Zuge von Reparaturarbeiten, wieder mit der oben beschriebenen Masse verstrichen.

Während der Bauphase des Ofens wurden Schamottrohre durch die Ofenwandung geführt und mit den Betonschächten außerhalb verbunden (**Abb. 6b**). Diese dienten später zum Einsetzen der Temperaturfühler. Innerhalb des Feuerungsraumes wurden drei Kanäle für Temperatursonden unterhalb der Speichenstange eingesetzt. In den Brennraum wurden insgesamt acht Schamottrohre auf zwei Ebenen verteilt eingebaut.



Abb. 7 Mayen, Versuchsofen 2014: Blick auf die Konstruktion der Tenne aus Schieferplatten während der Bauphase. – (Foto E. Hanning).

Nach dem Errichten des Feuerungsraumes und dem Setzen der zentralen Säule wurde mit der Konstruktion der Speichentenne begonnen (**Abb. 6a; 7**). Dafür wurden die obersten Lagen der zentralen Säule stückweise nach außen gesetzt, um ein verbreitertes Auflager für die einzelnen Speichen der Tenne zu erhalten. In die Wandung des Feuerungsraumes wurden im oberen Bereich ebenfalls vorkragende Schieferplatten eingesetzt, die ein Auflager für die Speichen bildeten. Der nun schon erheblich verringerte Abstand zwischen der Wandung des Feuerungsraumes und der zentralen Säule konnte anschließend mit größeren Schieferplatten überbrückt und durch zwei bis drei Lagen stabilisiert werden. Die Schieferplatten wurden dabei wieder in ein Lehmbedden gesetzt. Im Anschluss erfolgte ein erster, dickerer Lehmverstrich von mind. 0,05m. Durch die Verbreiterung der zentralen Säule im oberen Bereich ergab sich eine große geschlossene »Nabe« in der Mitte, von der die Speichen radial wegführen.

Wie schon zuvor beschrieben, stiegen die Speichen in Richtung Ofenwandung mit 20-25° an. Das konnte durch unterschiedliche Höhen von Oberkante Feuerungsraum und zentraler Säule bzw. durch leichtes Nachobenstellen der letzten Schieferlagen auf der zentralen Säule mühelos erreicht werden. Auf den ersten Lehmverstrich der Speichen wurde wieder eine Schicht Scherben aufgetragen und anschließend mit einer dickeren Lehmschicht von ca. 0,04m verstrichen.

Die Zwischenräume der Speichen wurden mit einer Lage Schiefer und einer Schicht aus Lehm ausgeglichen. Darauf wurden anschließend die Wölbwandtöpfe probeweise aufgelegt, um den künftigen Abstand zwischen ihnen bestimmen zu können. Die gebrannten Wölbwandtöpfe wurden gewässert und zumeist kopfüber und unbeschädigt in Lehm gesetzt sowie danach mit einem Wulst aus Lehm zur Verbindung mit dem nächsten Wölbwandtopf überdeckt (**Abb. 8a**). Es wurde somit ein vertikales Steckprinzip mit Lehm als Verbindung angewandt⁵⁷. Bei diesen Stücken wurden die Wölbwandtöpfe nicht komplett mit Lehm ausgefüllt, sodass sich in der Ofenwandung Hohlräume bildeten. Diese Hohlräume verbessern die thermischen Eigenschaften während des Aufheizens des Ofens. Die Luft in den Wölbwandtöpfen erwärmt sich relativ schnell und führt die Wärme in die Ofenwandung des Brennraumes, damit verringert sich der benötigte Energieaufwand zum Aufheizen der Brennanlage. In die vertikalen Fugen zwischen den Wölbwandtöpfen

⁵⁷ Die Wölbwandtöpfe wurden aus der Tonmasse Witgert 10sf hergestellt und in einem Elektroofen (Nabertherm) bei 1000°C gebrannt.



Abb. 8 Mayen, Versuchsofen 2014: **a** Einbau der Wölbtöpfe in die Ofenwandung. – **b** Dem archäologischen Befund folgend wurden Keramikscherben auf die Wandung aufgesetzt und dann verputzt. Die verwendete Keramik war im Lehrbetrieb der Fachschule Keramik Höhr-Grenzhausen angefallen. – (a Foto M. Herdick; b Foto E. Hanning).

wurden Tonscherben und kleinere Steine als Füllung in ein Lehmbed gesetzt. Eine explizite horizontale Aussteifung der Wölbwandtöpfe untereinander ist nicht zwingend notwendig. Mit dem ersten Ofenbrand verfestigt sich die Konstruktion zu einer homogenen Baumasse.

Bei einem Teilsegment der Brennraumwandung wurde aber anders verfahren und sowohl mit Lehm verfüllte als auch fragmentierte Topfböden bzw. Gefäßunterteile eingebaut. Dieses Vorgehen begründet sich darin, dass auch im archäologischen Befund große Partien der Brennraumwandung aus fragmentierten Fehlbränden und verfüllten Gefäßen bestanden (**Abb. 2a**). Somit wurden alle während der Ausgrabung festgestellten Aufbauweisen der Ofenwandung berücksichtigt. Hierdurch blieb der Töpferofennachbau möglichst dicht an jenem auf dem Grundstück Siegfriedstraße festgestellten Originalbefund.

Bezeichnung/ Konstruktionsabschnitt	originaler Ofenbefund	rekonstruierter Ofen
Bauart Brennprinzip Flammenführung Gesamthöhe Durchmesser (innen) Lage	Schachtofen (keine Kuppel, keine separate Einsetzöffnung) diskontinuierlich vertikal; stehender Ofen 1,70 m 1,35-1,60 m in Hanglage errichtet, Feuerungsöffnung hangabwärts gerichtet; in Lehm und devonischem Schiefer eingetieft	Schachtofen (keine Kuppel, keine separate Einsetzöffnung) diskontinuierlich vertikal; stehender Ofen 1,76 m 1,38-1,66 m Gabionenwerk in Hanglage, Ofen frei stehend konstruiert, anschließend Verfüllung mit Sediment zwischen Gabionen und Ofen, Simulation der Hangsituation und der isolierenden Eigenschaften
Materialverbrauch	ohne Angaben	Gabionen (Basalt): 29,0 t Split (Bodennivellierung): 10,0 t Grauwacke (Feuerungsraum, Zungenmauern): 4,82 t Lehm (trocken): 1,5 t plastische Masse (trocken): 0,30 t Schamotte (trocken): 1,2 t Stroh (trocken): 0,025 t Flachs (trocken): 0,018 t
Feuerungsraum Baumaterial	Höhe: 0,70-0,80 m Wandstärke: 0,10-0,20 m Durchmesser: 1,20-1,35 m Grauwacke, wenige Fragmente aus Tuff, Basalt und Ziegel, Tonscherben, Lehm als Fugenmaterial und Lehmverstrich; Boden des Feuerungsraumes aus Schieferplatten mit Lehmverstrich	Höhe: 0,85 m Wandstärke: 0,40-0,50 m Durchmesser: 1,25-1,38 m Grauwacke, Tonscherben, Lehm als Fugenmaterial und Lehmverstrich; Boden des Feuerungsraumes aus Schieferplatten mit Lehmverstrich
zentrale Säule Baumaterial	Höhe: 0,75 m Durchmesser: bis 0,50 m Auflager für Speichentenne: erhalten 0,60 m an der Basis aus dem anstehenden Devonschiefer geschlagen, darüber Grauwacke, Tonscherben, Lehm als Fugenmaterial und Lehmverstrich; obere Auflage für Speichentenne aus Schieferplatten	Höhe: 0,80 m Durchmesser: 0,55 m Auflager für Speichentenne: 0,70 m Grauwacke, Tonscherben, Lehm als Fugenmaterial und Lehmverstrich; obere Auflage für Speichentenne aus Schieferplatten
Feuerungsöffnung Baumaterial	Höhe: nicht erhalten Breite (Sohle): 0,60 m Grauwacke, Tonscherben, Lehm	Höhe: 0,60 m Breite (Sohle): 0,70 m Grauwacke, Schiefer, Tonscherben, Lehm als Fugenmaterial, Lehmverstrich
Zungenmauern/Schürwände Baumaterial	Höhe: 0,80 m Länge: erhalten 0,70 m Grauwacke, teilweise aus dem anstehenden Sediment gestochen	Höhe: 0,89 m Länge: 1,70 m (zur Stabilisierung des angefüllten Sedimentes) Grauwacke, Lehm, teilweise mit Mörtel verfügt (Sicherheitsgründe)

Tab. 2 Technische Daten des Originalbefundes und des Nachbaus.

Bezeichnung/ Konstruktionsabschnitt	originaler Ofenbefund	rekonstruierter Ofen
Speichentenne Anzahl der Speichen Baumaterial	Durchmesser: 1,35 m Höhe: 0,10 m Breite der Speichen: 0,20 m Anstieg der Speichen: 20-25° erhalten: 3 Stück Schiefer, Tonscherben, Lehm als Fugenmaterial, Lehmverstrich	Durchmesser: 1,40 m Höhe: 0,15 m Breite der Speichen: 0,25 m Anstieg der Speichen: 20-25° rekonstruiert: 9 Stück Schiefer, Tonscherben, Lehm als Fugenmaterial, Lehmverstrich
Brennraum Baumaterial	Höhe: 0,85 m Durchmesser: 1,35-1,60 m fragmentierte und ganze Wölbtöpfe, fragmentierte und ganze Wölbwand- töpfe, Töpfereiabfall, Tonscherben, Lehm als Fugenmaterial und Lehmverstrich	Höhe: 0,89 m Durchmesser: 1,40-1,66 m fragmentierte und ganze Wölbwand- töpfe, Tonscherben, Lehm als Fugen- material, Lehmverstrich, 140 Stück
Rauminhalt Feuerungsraum	0,825 m ³	0,964 m ³
Rauminhalt Brennraum	1,462 m ³	1,636 m ³
Proportionsverhältnis: Feuerungsraum/Brennraum	1:1,8	1:1,7

Tab. 2 Fortsetzung.

Mit dem Aufbau der Ofenwandung des Brennraumes wurden abschnittsweise zugleich auch der Lehmverstrich mit Tonscherben (**Abb. 8b**) sowie der abschließende Lehmverstrich aufgetragen. Aufgrund des noch feuchten Zustandes der Speichentenne wäre es nicht möglich gewesen, diese zu belasten, um die unteren Partien des Ofens zu verstreichen. Während des Ofenbaus wurde bereits schrittweise Sediment zwischen Gabionenwerk und Ofen eingefüllt und geringfügig verdichtet. Somit erhielt der Ofen zusätzlich Stabilität, und eventuelle Beschädigungen während des Einfüllens nach Abschluss des Ofenbaus konnten ausgeschlossen werden (**Tab. 2**).

TROCKENFAHREN/TEMPERN

Nach Abschluss des Ofenbaus erfolgte eine natürliche Trocknung über einen Zeitraum von ca. zehn Tagen, durch die Zeltüberdachung, die schon vor dem Bau der Brennanlage errichtet wurde, war der Ofen gegen Regenfälle geschützt. Anschließend wurde mit dem vorsichtigen Trockenfahren des Ofens begonnen. Hierzu wurde zunächst vor der Schüröffnung ein kleines Holzfeuer entfacht, damit langsam erwärmte Luft in den Ofen ziehen konnte. Wichtig ist, besonders wenn die Restfeuchte im Ofen noch sehr hoch ist, die Luft langsam zu erwärmen und punktuell keine hohe Hitze zu erzeugen. Ziel sollte es sein, den Ofen gleichmäßig durchzutrocknen, bevor ein erstes, größeres Feuer im Feuerungsraum entzündet wird. Das Arbeiten mit einem kleinen Feuer sollte an mehreren Tagen über einige Stunden erfolgen. Nach Entweichen der Feuchtigkeit vor allem an der Oberfläche fand ein erster Trockenbrand statt. Dafür wurden mehrere Gefäße auf die Speichentenne gesetzt, um die Feuerdurchlässe zu verringern, zusätzlich wurde die Öffnung des Ofens stark verkleinert, damit sich die Hitze im Inneren stauen konnte. Nun verstärkte man, nach Setzen eines kleinen Feuers, die Hitzeentwicklung und führte das Feuer langsam unter die Speichentenne in den Feuerungsraum. Bei diesem Brand wurde ebenfalls noch mit reduzierter Temperatur gearbeitet, damit die Feuchtigkeit

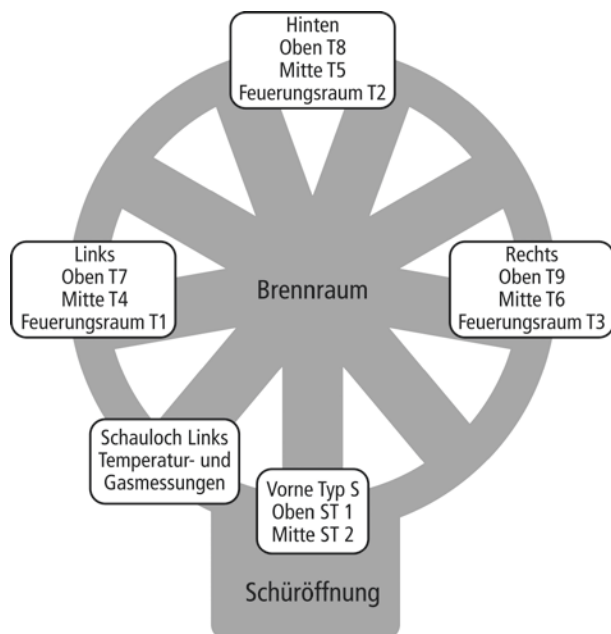


Abb. 9 Mayen, Versuchsofen 2014: Übersicht über die Verteilung der Thermolemente im Ofen. – (Graphik B. Streubel, RGZM).

Das ermöglicht eine eindeutige Identifizierung eines Gefäßes durch die gesamte Versuchsanordnung inklusive einzelner Abschnitte innerhalb der Versuchsreihe. Sämtliche Daten wurden in Excel-Tabellen erfasst. Bevor die Gefäße in den Ofen eingesetzt wurden, erfolgten eine fotografische Dokumentation und die Ermittlung des Gewichtes im lederharten Zustand. Zu diesem Zweck werden Besatzlisten geführt, in die auch sämtliche phänomenologischen Beobachtungen eingetragen werden. Nach dem Brand wird erneut eine fotografische Dokumentation der einzelnen Stücke durchgeführt sowie das Gewicht ermittelt. Das Besetzen und Ausräumen des Ofens nimmt einen relativ langen Zeitraum ein, da jedes Gefäß mit einem Punkt dreidimensional eingemessen und seine Lage in einer entsprechenden Liste eingetragen wird⁵⁸. Dadurch können z. B. mögliche Brennfehler durch das Einstapeln erfasst und von anderen Ursachen unterschieden werden. Während des Einsetzens des Besatzes erfolgte über eine fest installierte Kamera eine lückenlose fotografische Dokumentation, die ergänzt wurde durch händische Detailaufnahmen⁵⁹. Ein besonderes Augenmerk lag auf der Erfassung der Temperaturen im Inneren des Ofens. Wie schon erwähnt, wurden zu diesem Zweck Schamotterrohre durch die Ofenwandung, dann durch die entsprechenden Thermolemente geführt und schließlich über eine Verkabelung an einer Messstation zusammengeführt (**Abb. 9**).

Dabei befinden sich drei feste Messpunkte im Feuerungsraum (T1-T3) und neun, auf drei Ebenen verteilt, im Brennraum. Für den ersten Experimentalbrand wurden im Brennraum jedoch nur sechs Thermolemente eingesetzt (T4-T9), da der Ofen nicht vollständig gefüllt war. Zusätzlich stehen noch zwei Schaulöcher im Brennraum für das Einsetzen von Thermolementen und zusätzlicher Messtechnik zur Verfügung. Grundsätzlich schließen die Thermolemente bündig mit der Innenseite der Ofenwandung ab, nur die Elemente in der mittleren Ebene des Brennraumes werden generell in die Mitte des Besatzes geführt, um die Kerntemperatur und die Strahlungswärme besser erfassen zu können. Verwendet wurden, so auch zukünftig, um eine Vergleichbarkeit der Daten zu gewährleisten, Nickel-Chrom-Thermolemente vom Typ K (Omega Nextel XC-20-K-36

gleichmäßig entweichen konnte, um größere Rissbildungen an der Ofenkonstruktion zu vermeiden. Vor dem ersten Experimentalbrand führte man am 8. Oktober 2014 einen letzten Trockenbrand durch. Auch dafür wurden wiederholt Gefäße auf der Speichentenne gestapelt und die Öffnung des Brennraumes deutlich reduziert. Die Temperatur stieg kurzzeitig bis auf 888,3 °C, anschließend wurde der Ofen geschlossen und die Feuerung zugesezt. Nach Abkühlen des Ofens wurden letzte Risse an der Konstruktion verstrichen und der Ofen für den ersten Experimentalbrand vorbereitet.

DOKUMENTATION

Alle Gefäße erhielten eine Identifikationsnummer auf der Bodenunterseite, bestehend aus dem Jahr und einer fortlaufenden numerischen Bezeichnung.

⁵⁸ Der Messpunkt wurde immer mittig am höchstgelegenen Punkt des Gefäßes gesetzt.

⁵⁹ Die Aufnahmen erfolgten im 2-Minuten-Takt durch eine GoPro-Kamera.

mit einem Temperaturbereich von -185 °C bis 1250 °C [kurzzeitig bis 1425 °C]). Im vorderen Bereich der Brennkammer (Schaulöcher ST1-ST2) wurden zwei Platin-Rhodium-Thermoelemente vom Typ S eingesetzt. Die Speicherung der Temperatur erfolgte in Intervallen von fünf Minuten und die Daten wurden im Gerät gespeichert. Zusätzlich fand ein Ablesen der Temperatur alle 15 Minuten an allen Messstationen statt, diese Werte waren Bestandteil des Brennprotokolls, in dem sämtliche Beobachtungen und Entscheidungen während des Brennverlaufs dokumentiert wurden. Neben den Temperaturmessungen wurden auch der Kohlenstoffgehalt, der Kohlenstoffdioxidgehalt und der Kohlenmonoxidgehalt im Ofen erfasst⁶⁰. Zusätzlich erfolgten dabei auch die Messung der Umgebungstemperatur sowie eine weitere Temperaturmessung im Bereich der Kohlenstoffmessung.

BESATZ UND BRENNFÜHRUNG

Der erste Experimentalbrand fand am 10. und 11. Oktober 2014 statt. Die zuvor produzierten Gefäße entsprachen vorwiegend dem Repertoire der Mayener Großtöpfereien in der zweiten Hälfte des 5. und der ersten Hälfte des 6. Jahrhunderts⁶¹. Zu den geschlossenen Gefäßen gehörten kleine, einhenkliche Krüge und Kleeblattkannen. Die Gruppe der offenen Gefäße reichte von Knickwandschalen, kleinen Schüsseln bis zu größeren Kochgefäßen. Ein Teil dieser Formen wurde unmittelbar im Kontext des originalen Ofenbefundes geborgen und umfasste wahrscheinlich die letzte Produktionscharge der Brenneinheit. Damit ist aber nur ein kleiner Teil des einstigen Formenspektrums dieser Töpferei belegt. Eine Erweiterung des Formenrepertoires für zukünftige Experimentalbrände wird sich an Keramikfunden aus Mayen gleicher Zeitstellung orientieren, die in direkter Nähe zum Originalbefund des Töpferofens bei Ausgrabungen der Jahre 1986/1987 in Grubenhäusern, Speicherbauten und Laufhorizonten geborgen wurden.

Für die Herstellung des Besatzes wurden Industriemassen der Firma Arno Witgert aus dem Westerwald verwendet. Der erste Experimentalbrand stand ganz im Fokus der rekonstruierten Brennanlage und ihrer Funktionalität bzw. Praktikabilität. Das Arbeiten mit aufbereiteten, regionalen Tönen aus der Töpferregion Mayen wird zukünftigen Versuchsreihen vorbehalten sein. Zunächst galt es den rekonstruierten Ofen zu brennen und die Gesamtkonstruktion zu festigen.

Der Besatz umfasste 334 Gefäße innerhalb des zuvor aufgeführten Formenspektrums. Nach dem Drehen und einer entsprechenden Trockenzeit bis zum Erreichen eines luftgetrockneten, lederharten Zustandes wurden die Gefäße fotografisch aufgenommen und gewogen.

Die luftgetrockneten Gefäße wurden vor dem Brand in den Ofen gestapelt (**Abb. 10**)⁶². Dabei galt es darauf zu achten, dass die Gefäße formstabil lagen und während des Brandes keine Setzungsbewegungen auftreten konnten. Noch wichtiger war es aber, durch die Stapeltechnik die künftige Flamme und die heißen Gase gezielt durch den Ofen zu führen und eine gleichmäßige Temperaturverteilung zu erzeugen. Bauartbedingt galt es zu befürchten, dass vor allem im vorderen Bereich der Speichentenne, direkt über der Schüröffnung, die Flamme zuerst nach oben entwich und dadurch ein erheblicher Temperaturverlust im hinteren Teil des Ofens entstand. Deshalb wurde der Besatz in diesem Bereich besonders dicht gestapelt. Als erste Lage wurden größere Gefäße auf die Speichentenne gesetzt, dabei war es besonders

⁶⁰ Die Messungen erfolgten durch das Institut für Ziegelforschung Essen e. V. (IZF).

⁶¹ Daneben wurden auch Formen aus den Töpfereien von Weißen-thurm und mittelalterlicher Gebrauchskeramik eingesetzt.

⁶² Stapelhilfen kamen dabei nicht zum Einsatz. Aus der Spätantike sind nur zwei Stapelhilfen (Abstandhalter) aus Mayen bekannt (Grunwald 2016, Abb. 6, 6-7). Bei der Herstellung engobierter Ware sind sie aber mit Sicherheit in größerer Zahl zum Einsatz gekommen.



Abb. 10 Mayen, Versuchsofen 2014: Der Brennmeister beginnt auf der Säule der Tenne stehend mit dem Einsetzen des Brenngutes. – (Foto RGZM).

wichtig, die Zwischenräume der Speichen zu reduzieren. Zunächst wurde der zentrale Bereich der Speichentenne, direkt über der Mittelsäule, frei gehalten. Dieser Raum diente der Person, welche die Gefäße einsetzte, als Standort (**Abb. 10**) und wurde anschließend von oben zugesetzt. Für diesen Bereich und die späteren Gefäßlagen setzte man eine Bohle über die Öffnung des Ofens und konnte so von oben den Besatz ein stapeln. Hier zeigte sich noch einmal deutlich, dass die Höhe des Brennraumes bei Schachtofen abhängig ist von der Armlänge der Person, die den Ofen beschickt. Eingesetzt und in ihrer Lage im Ofen entsprechend dokumentiert wurden 334 Gefäße. Trotz der Kenntnis über das Volumen des Brennraumes wurde bei der Besatzfertigung die Anzahl benötigter Gefäße unterschätzt. Mit den 334 eingesetzten Gefäßen war der Ofen nur zu 68 % ausgelastet.

Als Abschluss erfolgte das Abdecken der oberen Gefäßlage mit flachen Schalen, die zuvor mittels Presse gefertigt wurden (**Abb. 11**). Für die spätrömische Zeit ist das Abdecken der oberen Gefäßlage sehr wahrscheinlich mit großen Scherben aus Fehlbränden und Dachziegelfragmenten erfolgt. Beide Methoden, die angewandt beim Experimentalbrand und die angenommene aus historischer Zeit, führen zu demselben Effekt. Die Temperatur wird im Inneren des Ofens gestaut, wobei die Lücken in der Abdeckung noch für ausreichend Zug sorgen. Damit kann ein Brand mit oxidierender Atmosphäre ohne Schwierigkeiten durchgeführt werden. Für eine durchgehend reduzierende Atmosphäre ist die Art der Abdeckung nicht geeignet, lediglich eine partielle Reduktion wird sich, während des Brennvorganges und mit Schließen des Ofens danach, so auf der Gefäßoberfläche erzeugen lassen. Mit dem Abdecken der oberen Gefäßlagen waren die Besatarbeiten am Ofen abgeschlossen.

Ziel des Brandes war, die Funktionalität und Praktikabilität der nachgebauten Brennanlage zu überprüfen und zugleich die Ofenkonstruktion durch den Brand zu stabilisieren. Bei jeder Inbetriebnahme eines Ofens, der aus Naturmaterialien errichtet wurde, ist der erste Brand mit besonderer Vorsicht durchzuführen. Nicht nur die luftgetrockneten Gefäße, auch die gesamte Ofenkonstruktion hat, trotz mehrfachen Trockenfahrens, noch eine erhebliche Restfeuchte. Diese muss mit dem Brand kontrolliert entweichen,

Abb. 11 Mayen, Versuchs-
ofen 2014: Das Brenngut wurde
mit gepressten Schalen abge-
deckt. Die Abdeckung des Brenn-
gutes mit großen Scherben aus
den Abfallhalden oder mit Scha-
len ist historisch bzw. ethno-
archäologisch überliefert. –
(Foto A. Axtmann).



andernfalls drohen schwere Beschädigungen an der Ofenkonstruktion. Ein weiteres Augenmerk galt der Speichentenne mit dem Kern aus Schiefer, der nachweislich nur Temperaturen bis max. 1100 °C formstabil erreicht. Gegen 17:50 Uhr am 10. Oktober 2014 wurde der Ofen mit einem kleinen Feuer im Bereich der Schüröffnung in Betrieb genommen. Die zuvor festgelegte Brennkurve sah einen Temperaturanstieg von 50 °C pro Stunde vor, bis zum Erreichen von 110-120 °C, um die Restfeuchte in den Gefäßen langsam entweichen zu lassen. Der Ofen entwickelte sehr schnell ein starkes Zugverhalten, vor allem, als das Feuer langsam beidseits der zentralen Säule unter die Speichentenne geschoben wurde. Das Entweichen von weißem bis bläulichem Rauch zeigte die aufsteigende Restfeuchte der Gefäße an. Mit Erreichen der Temperaturstufe von ca. 120 °C wurde eine Haltezeit⁶³ von einer Stunde gefahren, um Rissbildungen durch Feuchtigkeit an den Gefäßen zu vermeiden. Im Anschluss wurde die Brennkurve, soweit möglich, linear gefahren. Bei Temperaturen bis ca. 300 °C bildeten sich im Ofen starke Rußauflagen auf der Oberseite der Gefäße, der Ofeninnenwandung sowie auf den Deckschalen. Für den Töpfer in historischer Zeit waren das wichtige Indikatoren zur Bestimmung der Brenntemperatur und Brennatmosfera. Während des ersten Versuchsbrandes konnten zum Kohlenstoffgehalt Messdaten erhoben werden, die deutlich zeigen, dass in diesem Temperaturbereich der Kohlenstoffgehalt im Ofen ansteigt und nach Überschreiten der 300 °C signifikant wieder absinkt (**Abb. 12**). Der Grund dafür liegt im Zersetzungs- und Verdampfungsprozess der organischen Kohlenstoffverbindungen und im besseren Verbrennungsprozess des Brennmaterials. Mit Herabsetzen des Kohlenstoffgehaltes im Ofen nimmt selbstverständlich der Sauerstoffgehalt wieder zu und die Brennatmosfera befindet sich eindeutig im oxidierenden Bereich. Bei höheren Heizphasen, also der Zunahme der Temperatur bei gleichzeitig kürzerer Taktung beim Nachlegen des Brennmaterials, ergibt sich ein sehr rascher Wechsel von Reduktion und Oxidation, wobei die grundsätzlich oxidierende Atmosphäre davon nicht zwangsläufig beeinflusst wird (**Abb. 13**).

Die Brennkurve wurde im weiteren Verlauf deutlich steiler gefahren, als zuvor festgelegt und ursprünglich beabsichtigt war (**Abb. 14a-b**). Die fehlende Kenntnis über die Temperatursteuerung des Ofens sowie dessen Zugverhalten führten zu einer entsprechenden Abweichung im Vergleich zur angestrebten Idealkurve.

⁶³ Eine Haltezeit wird festgelegt, damit das Brenngut von den gewünschten chemisch-physikalischen Prozessen erfasst wird, bevor die nächste Temperaturstufe erreicht wird.

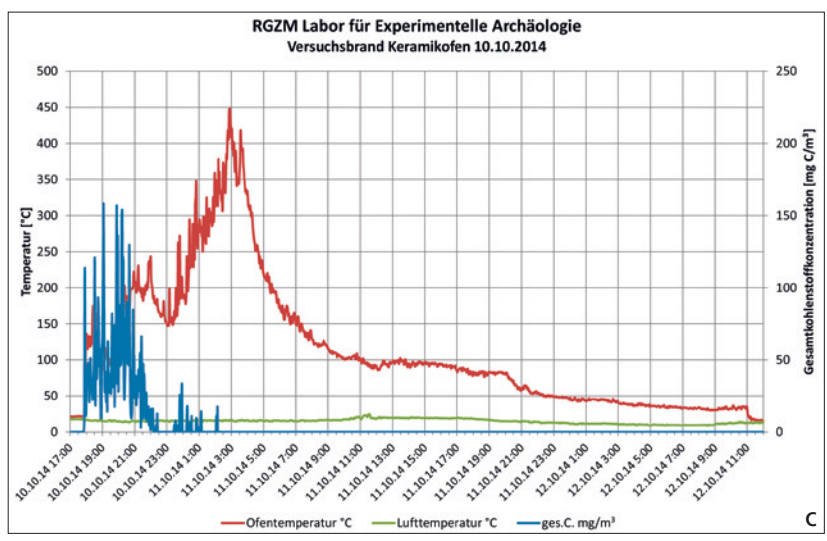
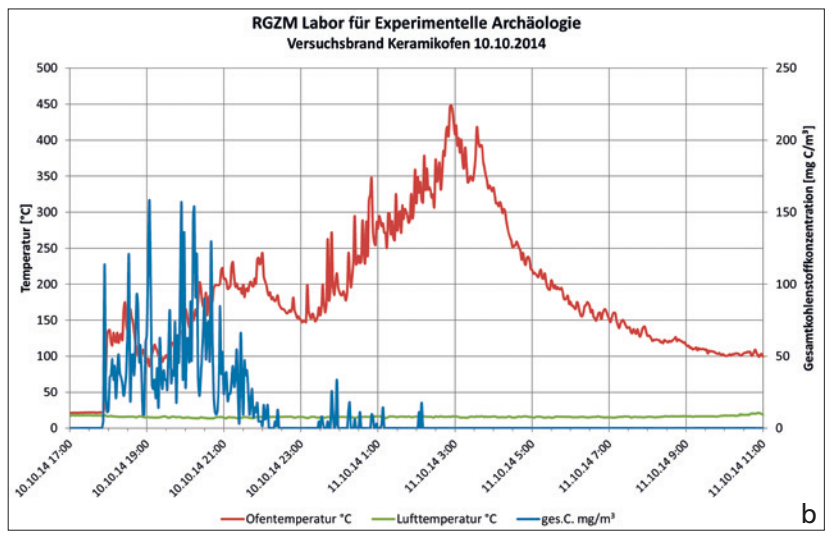
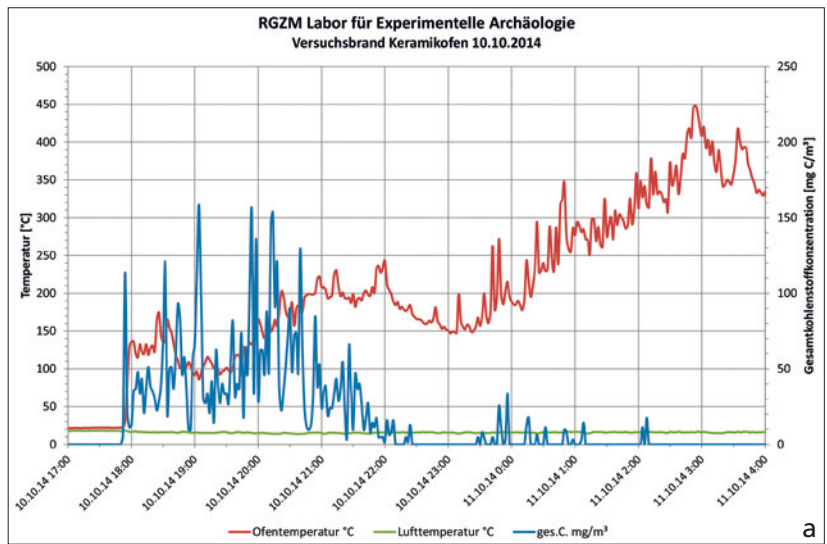


Abb. 12 a-c Mayen, Versuchsbrand 2014: Entwicklung des Kohlenstoffgehalts im Ofen in Abhängigkeit zur Entwicklung der Brenntemperatur. – (Graphiken Institut für Ziegelforschung Essen e. V.).

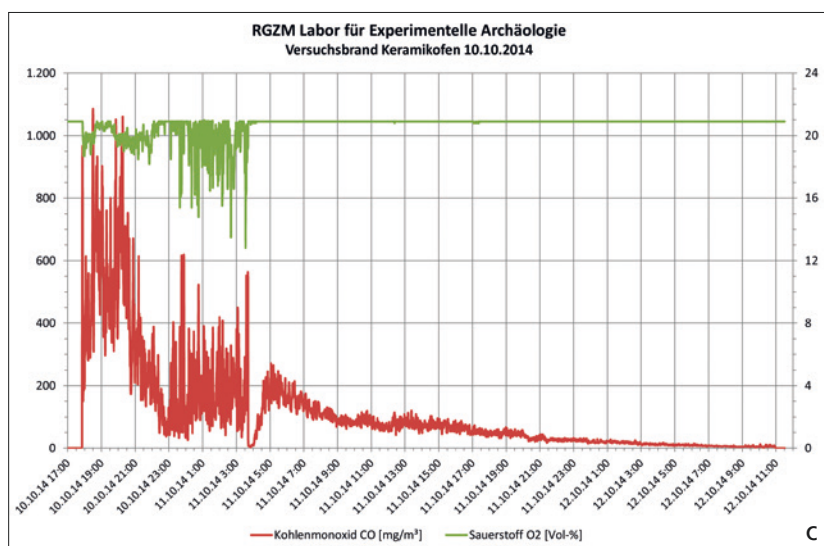
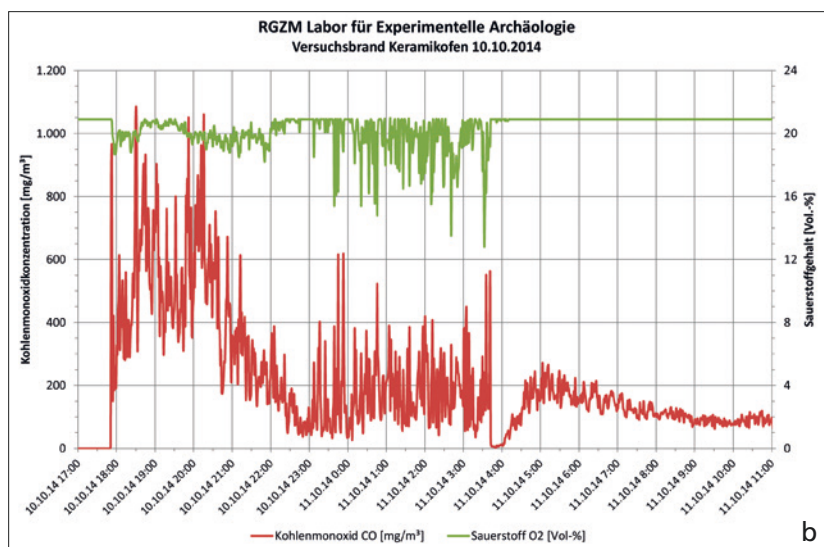
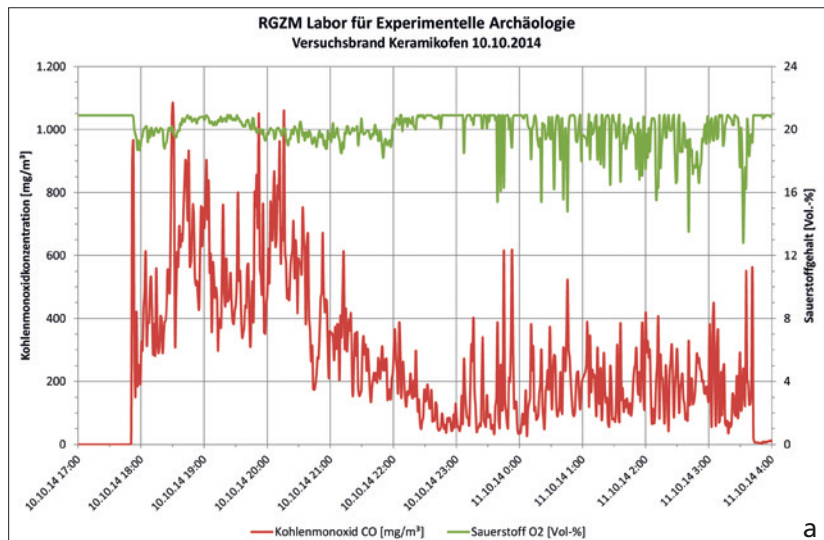


Abb. 13 a-c Mayen, Versuchsbrand 2014: Entwicklung der Kohlenmonoxidkonzentration im Ofen in Abhängigkeit zur Entwicklung des Sauerstoffgehalts. – (Graphiken Institut für Ziegelforschung Essen e. V.).

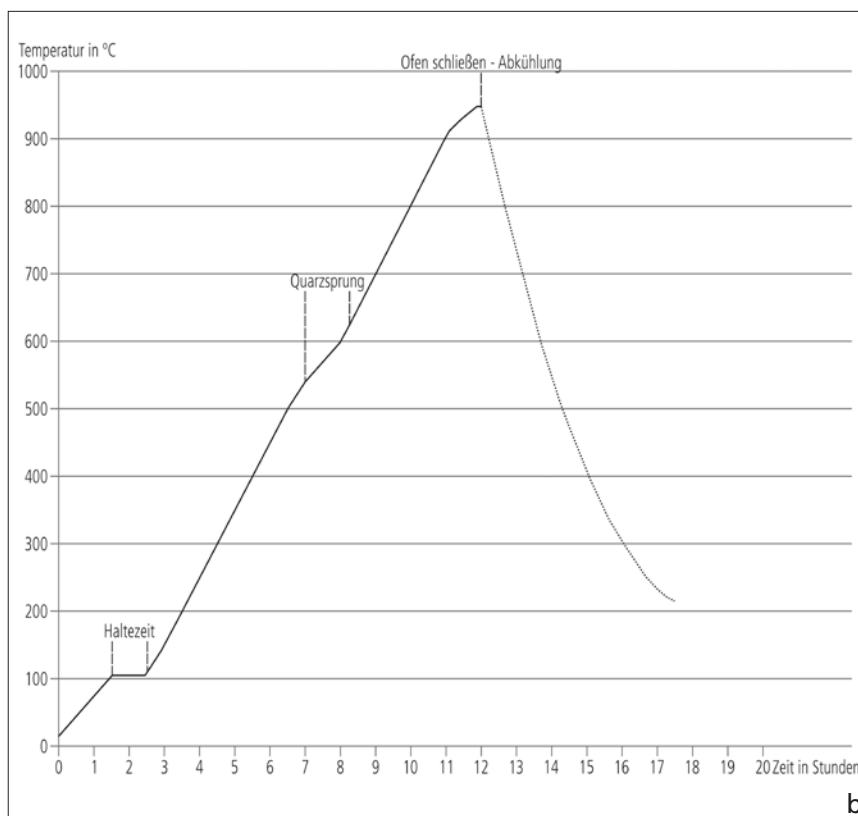
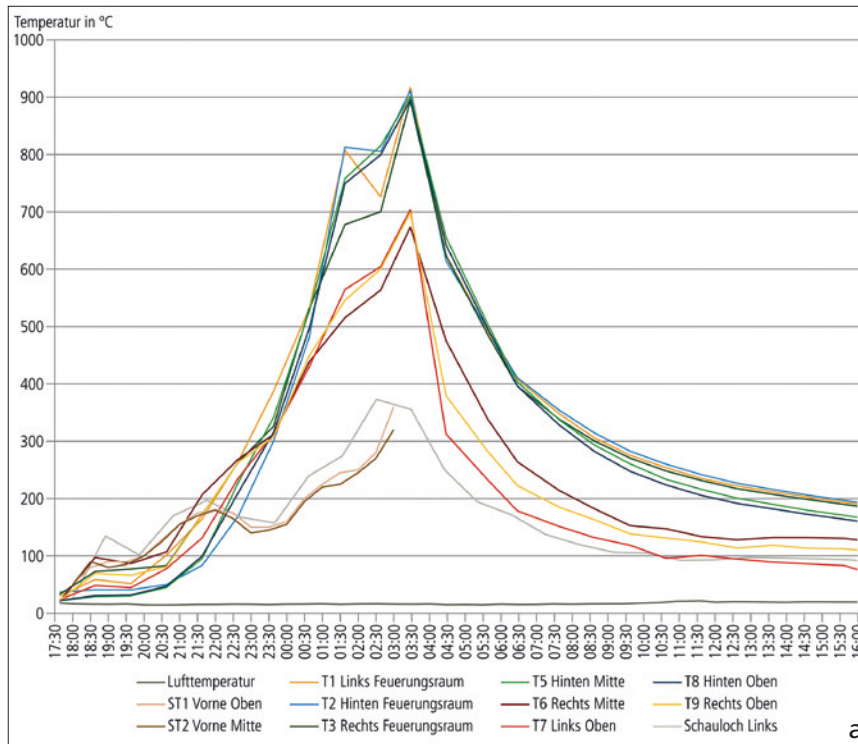


Abb. 14 Mayen, Versuchsbrand 2014: **a** Reale Temperaturkurven aller Messpunkte während des Brandes: Es ist zu erkennen, dass der Temperaturanstieg während des ersten Versuchsbrandes deutlich steiler war als ursprünglich geplant. Ursache dafür ist der Versuch, innerhalb des Ofens einen Temperaturngleich zu erzeugen, der jedoch im vorderen Bereich des Ofens nicht erzielt werden konnte (s. Kurve ST1 und ST2). – **b** Idealkurve des Brennverlaufs: Je nach Ofentyp und Warenart wird vor Beginn des Brandes eine ideale Brennkurve erstellt. Darin festgehalten werden der Temperaturanstieg pro Stunde sowie geplante Haltezeiten. Bei dieser Idealkurve wurde im Temperaturbereich zwischen 110 und 120 °C eine Haltezeit zum Entweichen des Restwassers im Brenngut eingeplant. Da es sich um den ersten Brand in dieser Brennanlage handelte, wurde mit Erreichen der Höchsttemperatur keine Haltezeit eingeplant. Für den Temperaturbereich des »Quarzsprunges« (573 °C) sollte die Brennkurve »flacher« gefahren werden, d. h., der Temperaturanstieg pro Stunde wird verringert. – (Graphik B. Streubel, RGZM).

Besonders der Versuch, innerhalb des Ofens einen Temperatenausgleich, also eine gleichmäßige Temperaturverteilung zu erzeugen, führte zu Schwankungen im Anstieg der Temperatur pro Stunde. Hier zeigte sich nun sehr deutlich, welches Hauptzugverhalten dieser Ofen aufweist. Die Flamme zieht sehr schnell in den hinteren Bereich des Feuerungsraumes und wird dann nach oben gelenkt. Somit war die Befürchtung, der Flammenzug würde oberhalb der Schüröffnung besonders schnell entweichen, gänzlich unbegründet und die im Vorfeld getroffenen Maßnahmen eines sehr dichten Besatzes an dieser Stelle erwiesen sich nun als nachteilig. Dadurch stieg die Temperatur nicht über 400 °C und das Brenngut erreichte nicht die gewünschte Temperatur in diesem Bereich. Ein besonderes Erfahrungswissen erfordert auch die schon angesprochene Temperaturverteilung. Sie ist nicht allein abhängig von der Art des Besatzes und der Stapelweise, sondern auch von der Brennstoffverteilung im Feuerungsraum. Als Maßnahme zum Temperatenausgleich wurde das Feuer geschürt und gezielt im vorderen Teil des Ofens platziert⁶⁴. Eine gleichmäßige Temperaturverteilung zu erzielen, erweist sich bis ca. 600 °C als äußerst schwierig. Das ist eine bauartbedingte Erscheinung, da die rekonstruierte Brennanlage ohne Kuppel und damit ohne Zentrierung des Flammenzugs arbeitet. Nun ist aber gerade der Temperaturbereich bis 600 °C der risikoreichste während des Brennvorganges. Bis 120 °C entweicht das Anmachwasser in den Gefäßen, dann bilden sich verstärkt Rußauflagen und mit 573 °C wird der »Quarzsprung« erreicht⁶⁵. In der gesamten Brennphase ist das Brenngut einer extremen Beanspruchung ausgesetzt. Während man zum Entweichen des Anmachwassers eine Haltezeit setzt, sollte der »Quarzsprung« linear, aber langsam durchlaufen werden. Damit wird gewährleistet, dass nach und nach alle Gefäße den »Quarzsprung« durchlaufen, gerade bei Brennanlagen, deren Temperaturverteilung heterogen ist, erfolgt der »Quarzsprung« über einen längeren Zeitraum. Danach, also oberhalb von 600 °C, begann der Ofen die Temperatur auszugleichen. Ursächlich verantwortlich dafür ist die einsetzende Strahlungswärme, die nun durch das allmähliche Durchglühen des Brenngutes entsteht. Der Bereich, der ein zu dicht gestapeltes Brenngut aufwies, konnte davon nicht erfasst werden, da hier die erzielten Temperaturen nicht ausreichten, um die Gefäße in einen glühenden Zustand zu versetzen. Die nächsten Versuchsreihen werden zeigen, in welcher Weise Ofenauslastung, Stapelart und Temperaturverteilung einander bedingen.

Die angestrebte Brenntemperatur lag bei 900 °C und wurde im mittleren und hinteren Bereich des Ofens auch erreicht. Für den ersten Versuchsbrand wurde bewusst hier keine Haltezeit gesetzt, da, neben der Evaluierung der Funktionsfähigkeit der Ofenrekonstruktion, vor allem die Festigung der Anlage beabsichtigt war. Ein weiterer Grund lag in der Konstruktionsweise der Speichentenne: Der verwendete Schiefer im Kern der Tenne veranlasste ein vorsichtiges Heizen der Brennanlage. Die Laborversuche haben gezeigt, dass der Schiefer ab 1100 °C eine sichtbare Volumenerweiterung erfährt. Das Erreichen von 900 °C im Brennraum setzt schon eine deutlich höhere Temperatur im Feuerungsraum voraus.

Nach 10,5 Stunden wurde der Heizvorgang beendet und das Schürloch mit Steinen und Lehm zugesezt. Im Anschluss erfolgte eine natürliche Kühlung durch Abgabe von Temperatur an die Umgebung. Nach 12 Stunden konnte die Deckschicht abgenommen und der Besatz (bei ständiger Dokumentation) entnommen werden.

Das Brennergebnis des ersten Versuchsbrandes ergab eine oxidierend gebrannte Ware mit einer changierenden Oberfläche, bedingt durch die Flammenführung durch den Ofen. Aussehen und Brenntemperatur

⁶⁴ Wenn bei der Befuerung des Ofens mit einer höheren Frequenz Brennmaterial nachgelegt wird, muss zuweilen auch Glut aus dem Ofen gezogen werden. Besonders dann, wenn durch die Menge der Glut und das nachgelegte Brennmaterial zu wenig Sauerstoff zur Verfügung steht. Dadurch entstehen kurze Reduktionsphasen im Ofen, die zwar gemessen werden konnten, aber für das Brennergebnis nur eine untergeordnete Rolle spielten.

⁶⁵ »Quarzsprung«: Quarz hat zwei unterschiedliche Modifikationen der kristallinen Struktur, unterhalb von 573 °C als »Tiefquarz«, oberhalb dieser Temperaturen wandelt sich der »Tiefquarz« in »Hochquarz« um. Die damit verbundenen Veränderungen in der kristallinen Struktur führen zu einer sprunghaften Zunahme des spezifischen Volumens (ca. 0,8 %).



Abb. 15 Mayen, Versuchsbrand 2014: der rekonstruierte Ofen im nächtlichen Brennbetrieb. – (Foto E. Hanning).

entsprachen den historischen Vorbildern, zumindest bei jenen Gefäßen, die einer Brenntemperatur von ca. 900°C ausgesetzt waren. Die Waren aus dem zu dicht gestapelten Bereich wiesen noch Rußanhaftungen auf und hätten eines erneuten Brennens bedurft.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE DES EXPERIMENTS

Bereits durch den ersten Brennversuch mit dem rekonstruierten Ofen nach dem Befundkomplex aus der Siegfriedstraße 53 in Mayen konnten verlässliche Belege dafür beigebracht werden, dass die Herstellung der robusten rauhwandigen, oxidierend gebrannten Gebrauchskeramik der Zeit in Schachtofen erfolgte (**Abb. 15-17; Tab. 3**). Für die Produktion dieser Warenart sind also keine überkuppelten Brennöfen erforderlich. Die Schachtofen bedürfen keiner separaten Einsetzöffnung für den einzustapelnden Besatz. Sie wurden vielmehr direkt

von oben bestückt. Das Konstruktionsprinzip kann als eine Art »Toplader« bezeichnet werden. Dadurch muss auch keine Kuppel konstruiert werden, da das Abdeckprinzip durch flache, große Schalen, Keramikbruch oder Ziegel sich nicht nachteilig auf eine oxidierende Brennführung tongrundiger Gebrauchskeramik auswirkt. Die Höhe des Brennraumes ergibt sich bei dieser Art von Öfen aus zwei entscheidenden Faktoren:

1. Da die Verwendung von Stapelhilfen und Brennstützen zur Ableitung des Stapeldrucks archäologisch nicht belegbar ist, muss man davon ausgehen, dass auf den unteren Lagen das gesamte Gewicht des Besatzes lastet. Damit ist der erzeugte Stapeldruck für die Stapelhöhe des Besatzes ausschlaggebend.
2. Das Einsetzen des Besatzes erfolgt von oben. Dadurch ergibt sich der notwendige Aktionsraum für den Töpfer aus der durchschnittlichen Armlänge. Diese kann maximal verlängert werden, wenn während des Einsetzens der unteren Besatzlagen eine Liegehilfe quer über den oberen Abschluss des Brennraumes gelegt wird.

Der rekonstruierte Mayener Ofen gehört einer vergleichsweise einfachen Bauart stehender Öfen an, bei denen der Brennraum über dem Feuerungsraum liegt. Der vertikale Flammenzug entspricht dem natürlichen Zugverhalten von heißer Luft, die schnell den Weg des geringsten Widerstandes suchend nach oben entweicht. Das Baumaterial wurde entsprechend der Verfügbarkeit eingesetzt. So erklärt sich wohl auch die Verwendung von Schiefer als Kernmaterial für die Speichentenne. Der Einsatz von Wölb- und Wölbwandtöpfen sowie von Fehlbränden und Keramikbruch zur Konstruktion der Brennraumwandung erweist sich, hinsichtlich des Zeitaufwandes und der thermischen Eigenschaften, als besonders günstig. Die Verwendung von Keramikbruch als zusätzliche Isolierung sowohl im Feuerungsraum als auch bei Speichentenne und Brennraum spricht für ein hohes Erfahrungswissen beim Einsatz von bestimmten Materialien und steht



Abb. 16 Mayen, Versuchs-
ofen 2014: Blick auf das Brenngut
nach Beendigung des Brandes
und Abnahme der Deckschalen. –
(Foto A. Axtmann).



Abb. 17 Mayen, Versuchs-
ofen 2014: Zustand der Tenne
nach dem ersten Versuchsbrand. –
(Foto A. Axtmann).

1. Experimentalbrand	
Datum	10.10.-11.10.2014
Ort	Labor für Experimentelle Archäologie (Mayen)
Messtechnik + Messart	<ul style="list-style-type: none"> • Temperaturmessung (9 × Nickel-Chrom Typ K, 2 × Platin-Rhodium Typ S) • Messung Kohlenstoffgehalt: (CO, CO₂, C gesamt)
Dokumentationsmethoden	<ul style="list-style-type: none"> • Einzeleinmessung beim Einstapeln und Ausräumen • Fotografische Dokumentation (GoPro alle 2 Minuten) • Besatzliste • Fotografische Aufnahme der Gefäße vor und nach dem Brand • Wiegen vor und nach dem Brand • Brennbuch • 3D-Nahbereichsscan vor dem Brand und nach dem Brand an 20 ausgewählten Gefäßen
Rohstoff für Besatz	Industriell aufbereitete Massen: <ul style="list-style-type: none"> • Witgert 10sf • Witgert 11 sf • Witgert 26sf • Witgert 15 py-G • Creaton 591
Gewicht Besatz (gebrannt)	386,57 kg
Anzahl des Besatzes	334 (offene und geschlossene Gefäße)
Stapeltechnik	ohne Stapel- und Brennhilfen, aufrecht stehend, gebördelt, liegend
Auslastung des Ofens	68 %
Trockenfahren/Tempern	4
Anzahl der Brände in diesem Ofen insgesamt:	1
Brenndauer (Heizphase)	10,5 Stunden
Brenntemperatur _{max} (Messung der höchsten und niedrigsten Temperatur während einer Zeit-Temperaturmessung)	
Feuerungsraum _{max}	916,9°C
Feuerungsraum _{min}	893,8°C
Brennraum _{max}	901,9°C
Brennraum _{min}	673,4°C
Haltezeiten	2 Stunden bei 80-130 °C
Brennführung	linear, zwischen 45 und 95 °C pro Stunde
Brennmaterial: Art/Gewicht/mittlerer Heiz-/ Energiewert (bei 15 % Restfeuchte)	Holz Buche: 151 kg, ca. 0,49 m ³ , 4,0 kWh/kg Kiefer: 210 kg, ca. 1,08 m ³ , 4,4 kWh/kg gesamt: 361 kg, ca. 1,57 m ³ gesamt: 1528 kWh
Kühlung in Stunden nach Beenden der Heizphase/ Art der Kühlung	12 Stunden Feuerung verschlossen und verschmiert, anschließend natürliche Kühlung
Brennatmosphäre	überwiegend oxidierend
Besatz nach dem Brand/Brennergebnis	tongrundig, oxidierend; einige Gefäße mit Rußanhaftungen; 5 Fehlbrände
Schäden, Reparaturbedarf nach dem Brand	keine Schäden nach dem Brand

Tab. 3 Kerndaten und -informationen zum ersten Experimentalbrand im Jahr 2014. – (Nach Müller/Hohmann 2000, 32).

nur scheinbar im Widerspruch zur Verwendung des hitzeanfälligen Schiefers. Es scheint auch naheliegend, dass die antiken Töpfer sehr wohl über das Verhalten von Schiefer bei Hitzeeinwirkung informiert waren und die im Töpferofen während des Brandes entstehenden Temperaturen genau einschätzen konnten. Die direkte Einbindung der Speichentenne in die Konstruktion der Ofenwandung stellt aus heutiger Sicht einen technischen Schwachpunkt dar. Dieser wurde jedoch von den antiken Ofenbauern entweder nicht erkannt oder nicht als ernst zu nehmendes Problem angesehen. Zukünftige Brennversuche werden diesbezüglich eine bessere Beurteilung erlauben.

Der zeitliche Aufwand für den Bau dieser Brennanlage kann als gering bezeichnet werden. Bei erfahrenen Töpfern und unter Berücksichtigung von Trockenzeiten und Prozessabläufen ist mit einem Zeitaufwand von drei Tagen (mit drei Personen) für die Errichtung des Ofens zu rechnen. Die anschließende Trocknungszeit für die Brenneinheit sollte, je nach Umweltbedingungen, ein bis zwei Wochen in Anspruch nehmen. Danach können Rissbildungen ausgebessert und der Ofen wiederholt trocken gefahren werden. Das Verfestigen der Brennanlage findet mit dem ersten keramischen Brand statt. Dabei ist auf eine behutsame Brennführung zu achten, da sich noch immer Restfeuchte in der Ofenbaumasse befindet, die kontrolliert entweichen sollte. Nach dem ersten Brand waren an der Ofenkonstruktion keine Schäden zu beobachten. Wie hoch der Reparatur- und Pflegeaufwand für diese Art Brennanlagen letztlich sein wird, kann erst nach mehreren Testreihen verlässlich beurteilt werden. Grundsätzlich ist die regelmäßige Benutzung des Ofens die beste Pflege, Umwelteinflüsse wie Feuchtigkeit oder Frost führen eher zu Schäden als ein keramischer Brand. Aus dem momentanen Erfahrungswissen geschlossen, scheinen mit solchen Töpferöfen Brennvorgänge im unteren dreistelligen Bereich (100-200 Brände) durchaus möglich zu sein. Zukünftig muss auch die Abhängigkeit von Ofenauslastung und Temperaturverhalten in den nächsten Versuchsbränden überprüft werden.

VERSUCH EINER KULTURGESCHICHTLICHEN INTERPRETATION

Das experimentalarchäologisch evaluierte Ofenbauprinzip erweist sich in der Betriebsführung als robust und vergleichsweise wenig störanfällig. Das notwendige Erfahrungswissen zur Steuerung des Brandes in einem Schachtofen hätte bei entsprechender Einarbeitung jeder recht schnell erlernen können⁶⁶. Möglich wurde das durch den nahezu linearen Brennverlauf, der nur bei 80-120 °C und bei der gewünschten Endtemperatur Haltezeiten aufweist. Die Herstellung der Mayener Gebrauchskeramik erfordert eine oxidierende Brenn-atmosphäre, die relativ einfach bei dieser Ofenkonstruktion erzeugt werden kann. Auftretende Reduktion während des Brandes entsteht durch eine erhöhte Taktung des Nachlegens von Brennmaterial in einem Temperaturbereich oberhalb von 500 °C.

Nach dem Mayener Bauprinzip errichtete Schachtofen eigneten sich auch zur Herstellung von Feinwaren und engobierten Waren. Damit wären jedoch gestiegene qualitative Anforderungen an die Brennführung verbunden gewesen. Einflussfaktoren hätten u. a. Variationen in der Stapeltechnik der Keramikgefäße im Ofen sein können, die Errichtung einer temporären Ofenkuppel zur Steuerung der Brenn-atmosphären oder etwa der gezielte Einsatz bestimmter Holzarten.

Versucht man eine vorläufige Bewertung dieser Ofentechnologie im Rahmen ihrer zeitgenössischen Anwendung, wird man ihr sicherlich eine hohe Stabilität bescheinigen können. Weder für die Errichtung der Anlagen noch für die Produktion des Brenngutes bestand eine Abhängigkeit von kostspieligen und störungsanfälligen Rohstoffimporten. Die zu der Zeit in Mayen produzierten Keramikwaren konnten von Personen hergestellt werden, die nur einer mehrmonatigen Einarbeitungsphase bedurften. Eine Abhängigkeit

⁶⁶ So das Urteil von Arno Hastenteufel und Achim Rech, Auszubildern an der Fachschule Keramik Höhr-Grenzhausen.

von Fachkräften bestand in dieser Hinsicht also ebenfalls nicht. Es ist jedoch damit zu rechnen, dass die Töpferöfen unter der Anleitung von Spezialisten errichtet wurden.

Bevor man allerdings voreilig diese Faktoren als eine mögliche Ursache für die Blüte der Mayener Keramikindustrie in der vermeintlichen Krisenzeit des 5./6. Jahrhunderts deklariert, bedarf es auch eines kritischen Blicks auf die zeitgenössische Ereignisgeschichte: Die Betrachtung der politischen und wirtschaftlichen Verhältnisse des 5./6. Jahrhunderts entlang des Rheinlaufes hat in den letzten Jahren einen grundlegenden Wandel vollzogen. Verwiesen sei auf die vermeintliche Völkerlawine, bei der um 406 Vandalen, Sueben und Alanen bei Mainz über den Rhein gesetzt und das linksrheinische Reichsgebiet – je nach Autor – bis nach Gallien oder Spanien verwüstet haben sollen. Nach Mathilde Grünewald »gibt es linksrheinisch nirgendwo einen ungefähr auf 406 n. Chr. datierbaren Zerstörungshorizont«⁶⁷. Eine solche verheerende Invasion hat es so nie gegeben. Auch die postulierte anschließende Gründung eines Burgunderreiches links des Oberrheins bzw. in der Region um Worms ist nach M. Grünewald auszuschließen. Ihre Forschungen zeigten, »dass es in der 1. Hälfte des 5. Jahrhunderts keinerlei germanisches »Königreich« neben der funktionierenden römischen Verwaltung gegeben haben kann, auch nicht in den Jahren zwischen 413 und 436 n. Chr. in oder um Worms«⁶⁸.

Trotz neuerer Forschungen⁶⁹ muss somit die Frage nach der genauen Lage und sogar der Existenz des Burgunderreiches im beidseitigen Umfeld des Rheins noch immer als ungelöst angesehen werden. Aus archäologischer Sicht liegen bis heute jedenfalls links des Rheins keinerlei nennenswerte Hinweise sowohl auf die Ereignisse um 406 als auch auf die Gründung des Burgunderreiches vor⁷⁰. Man muss davon ausgehen, dass es diese »katastrophalen Schwächungen« des Römischen Reiches so nie gab. Vielmehr lag »während der langen, weitgehend konfliktfreien Friedenszeit seit Kaiser Valentinian I.«⁷¹ zumindest bis in die Mitte des 5. Jahrhunderts »keine Beeinträchtigung der Verkehrs- und Handelswege aus [...] der Eifel in die Städte und Kastelle in Rheinhessen und am Rhein«⁷² vor, was ein kontinuierliches römisches Leben entlang dieses Stroms inklusive Handel mit Gütern aus der Eifel bedeutete⁷³.

Daraus folgt in unserem Fall, dass wir für die Zeit des 5./6. Jahrhunderts den Gebrauch einer relativ stabilen Töpfereitechnologie nachweisen. Der Betrieb der Mayener Großtöpfereien konnte mit lokal verfügbaren Arbeitskräften und Rohstoffen aufrechterhalten werden. Entscheidend für den überregionalen Absatz der Produkte war allerdings das Bestehen überregionaler Handelsstrukturen. Dazu bleibt festzuhalten, dass sich keine regional wirksamen Krisenphänomene ausmachen lassen, welche die zeitgenössische Töpfereiproduktion im Untersuchungsgebiet essenziell gefährdeten.

Aus diesem skizzenhaften Überblick lassen sich zwei grundlegende Schlussfolgerungen für das Verhältnis von Experimenteller Archäologie zur Wirtschafts- und Sozialgeschichte ziehen. Letztere umfasst dabei auch die politische Ereignisgeschichte:

1. Ergebnisse archäologischer Experimente können nur dann für eine archäologisch-historische Geschichtsschreibung sinnvoll nutzbar gemacht werden, wenn ihre Relevanz im wirtschafts- und sozialgeschichtlichen Kontext diskutiert und begründet wird.
2. Wirtschafts- und sozialgeschichtliche Verhältnisse können nicht mit den Ergebnissen einzelner isolierter Experimente erklärt werden. Es bedarf vielmehr eines systematischen Experimentalprogrammes mit klar definierten Fragestellungen.

⁶⁷ Grünewald 2012, 5.

⁶⁸ Ebenda.

⁶⁹ Vgl. etwa: Schipp 2012. – Jung 2012. – Meyer 2012.

⁷⁰ Zu der »von allen Seiten zu einer Katastrophe ersten Ranges hochstilisierten« Rheinüberquerung: Böhme 2012/2013, 79. – Vgl. auch: Schallmeyer 2013.

⁷¹ Böhme 2012/2013, 94.

⁷² Grünewald 2012, 5.

⁷³ Ebenda 6.

AUSBLICK AUF FOLGENDE VERSUCHSREIHEN

Der erste experimentalarchäologische Brand fand unter der Fragestellung bezüglich der Funktionalität, Praktikabilität und Brennführung des rekonstruierten Ofens statt. Das Experimentaldesign ist auf einen längeren Zeitraum ausgelegt und wird in den nächsten Jahren weitere Erkenntnisse über die Leistungsfähigkeit und den Wirkungsgrad dieser Art von Ofenkonstruktion liefern. Ebenso stehen die Gefäßformen und die eingesetzten Tone im Fokus der experimentalarchäologischen Versuchsreihen. In Vorbereitung auf den zweiten Experimentalbrand im September 2015 werden lokale Tone aufbereitet und für den Besatz verarbeitet. Diese Tone stammen von der Polcher Straße und vom Gaishecker Hof in Mayen. Hierbei sind besonders die Tone von der Polcher Straße bedeutsam, da sich in direkter Nähe zumindest während des 2.-4. Jahrhunderts römische Töpfereien befanden. Für die aufbereiteten Massen erfolgen chemische Analysen sowie Testreihen zu physikalischen Eigenschaften wie Biege-, Zug- und Bruchfestigkeit sowie Trocken- und Brennschwindung. Grundsätzlich wird erst mit dem zweiten Versuchsbrand des Jahres 2015 und den folgenden Testreihen eine fundiertere Aussage zu Leistungsfähigkeit und grundsätzlichem Brennverhalten möglich sein.

LITERATUR

- Ahü-Delor u. a. 2015: A. Ahü-Delor / S. Mouton-Venault / Y. Labaune / P.-A. Capt / J. De Beenhouwer / C. Malagoli / A. Saggese, *De la terre et des étoiles. Quand les potiers d'Augustodunum étaient au firmament* [Ausstellungskat. Arscan, UMR 7041, MAE Nanterre] (St-Cyr-les-Colons 2015).
- Bakker 2014: L. Bakker, Spätromische Schiffsländen am Rhein: Die Burgi von Niederlahnstein und Biblis-»Zullenstein«. *Ber. Arch. Mittelrhein u. Mosel* 20, 2014, 33-155.
- Bentley/Maschner 2003: R. A. Bentley / H. D. G. Maschner (Hrsg.), *Complex Systems and Archaeology. Empirical and Theoretical Applications* (Salt Lake City 2003).
- Berkes/Colding/Folke 2003: F. Berkes / J. Colding / C. Folke (Hrsg.), *Navigating Social-Ecological Systems: Building Resilience for Complexity and Change* (Cambridge, New York 2003).
- Böhme 2012: H. W. Böhme, Der »Altkönig« im Taunus als Höhenstation des 4./5. Jahrhunderts. In: N. Krohn / U. Koch (Hrsg.), *Grosso Modo. Quellen und Funde aus Spätantike und Mittelalter. Festschrift für Gerhard Fingerlin zum 75. Geburtstag. Forsch. Spätant. u. Mittelalter 1 = Mannheimer Geschbl. Sonderveröff. 6* (Weinstadt 2012) 7-24.
- 2012/2013: H. W. Böhme, Hessen von der Spätantike bis zur Merowingerzeit. *Ber. Komm. Arch. Landesforsch. Hessen* 12, 2012/2013, 79-134.
- Bourriau/Phillips 2004: J. Bourriau / J. S. Phillips (Hrsg.), *Invention and Innovation: The Social Context of Technological Change. 2: Egypt, the Aegean and the Near East, 1650-1150 BC* (Oxford 2004).
- Bressoud u. a. 2015: A. Bressoud / M. Frauciel / M. Gazenbeek / C. Jude-Pillard / K. Michel / R. Lansival / R. Prouteau, Die Verbreitung der Kochkeramik in Lothringen vom 4. bis zum 10. Jahrhundert. In: L. Grunwald (Hrsg.), *Den Töpfern auf der Spur. Orte der Keramikherstellung im Licht der neuesten Forschung. 46. Internationales Symposium Keramikforschung des Arbeitskreises für Keramikforschung und des Römisch-Germanischen Zentralmuseums Mainz vom 16. bis zum 20. September 2013 in Mayen. RGZM – Tagungen 21* (Mainz 2015) 119-139.
- Burmeister 2013: S. Burmeister, Migration – Innovation – Kulturwandel. Aktuelle Problemfelder archäologischer Investigation. In: E. Kaiser / W. Schier (Hrsg.), *Mobilität und Wissenstransfer in diachroner und interdisziplinärer Perspektive. Topoi 9* (Berlin, Boston 2013) 35-58.
- Buxeda i Garrigós/Madrid i Fernández/Lñañez 2015: J. Buxeda i Garrigós / M. Madrid i Fernández / J. G. Lñañez (Hrsg.), *Global Pottery 1: Historical Archaeology and Archaeometry for Societies in Contact. BAR Internat. Ser. 2761* (Oxford 2015).
- Clemens 2006: L. Clemens, Technologietransfer oder Innovation? Kelter- und Mühlentechnologie in Antike und Mittelalter. *Zeitschr. Arch. Mittelalter* 34, 2006, 25-32.
- Desbat 2014: A. Desbat, La cuisson des céramiques antiques: bilan de 30 années d'expérimentations (1983-2013). In: G. Lipovac Vrkljan / B. Šiljeg / I. Ožanić Roguljić / A. Konestra (Hrsg.), *Rimske keramičarske i staklarske radionice: proizvodnja i trgovina na jadranskom prostoru: zbornik II. međunarodnog arheološkog kolokvija, Crikvenica, 28.-29. listopada 2011. Zbornik Inst. Arh. 2* (Zagreb 2014) 3-40.
- Ebersbach 2002: R. Ebersbach, Von Bauern und Rindern: eine Ökosystemanalyse zur Rinderhaltung in bäuerlichen Gesellschaften als Grundlage zur Modellbildung im Neolithikum. *Basler Beitr. Arch.* 15 (Basel 2002).
- Edgerton 2008: D. Edgerton, *The Shock of the Old: Technology and Global History Since 1900* (London 2008).
- Eiden 1976: H. Eiden, Ausgrabungen im frühmittelalterlichen Töpfereibezirk der Siegfriedstraße in Mayen. Bericht des Amtes Koblenz der Abteilung Archäologische Denkmalpflege des Landesamtes für Denkmalpflege Rheinland-Pfalz an die Deutsche Forschungsgemeinschaft vom 16.1.1976 [Koblenz 1976].
- 1977: H. Eiden, Die frühmittelalterlichen Töpfereien der Siegfriedstraße in Mayen. In: H. Eiden, *Zehn Jahre Ausgrabungen an*

- Mittelrhein und Mosel. Einführung – Fundplätze – Funde (Koblenz 1977) 88-93.
- 1982: H. Eiden, Frühmittelalterliche Töpferöfen in Mayen. In: H. Eiden, Ausgrabungen an Mittelrhein und Mosel 1963-1976. Trierer Zeitschr. Beih. 6 (Trier 1982) 292-311.
- Faulseit 2016: R. K. Faulseit, Beyond Collapse: Archaeological Perspectives on Resilience, Revitalization, and Transformation in Complex Societies. Visiting Scholar Conference 42 (Carbondale, Illinois 2016).
- Gadenz 1980: H. Gadenz, Mayen, Siegfriedstr. Nr. 53. Töpferofen II auf dem Grundstück Winkel. Ausgrabungsbericht des Amtes Koblenz der Abteilung Archäologische Denkmalpflege des Landesamtes für Denkmalpflege Rheinland-Pfalz vom 17.1.1980 [Koblenz 1980].
- Gechter 2010: M. Gechter, Die archäologische Erforschung von Haus Bürgel. In: Haus Bürgel in Monheim am Rhein. Rhein. Kunststätten 517 (Neuss 2010) 4-23.
- Grabowski 1995: M. Grabowski, Ein hochmittelalterlicher Backofen in Wismar: Untersuchungen im Giebelhaus Mecklenburger Straße 22. Bodendenkmalpf. Mecklenburg-Vorpommern 43b, 1995, 115-126.
- Gross 2012: U. Gross, Zum Fundmaterial der spätrömischen Befestigung Sponeck – einige Ergänzungen und Korrekturen. In: N. Krohn / U. Koch (Hrsg.), Grosso Modo. Quellen und Funde aus Spätantike und Mittelalter. Festschrift für Gerhard Fingerlin zum 75. Geburtstag. Forsch. Spätant. u. Mittelalter 1 = Mannheimer Geschbl. Sonderveröff. 6 (Weinstadt 2012) 24-37.
- 2014: U. Gross, Seltene Keramikformen der Spätantike am nördlichen Oberrhein. Fundber. Baden-Württemberg 34/2, 2014, 335-340.
- Grünwald 2009: Ch. Grünwald, Die mittelalterlichen und neuzeitlichen Besiedlungsspuren. In: W. Ebel-Zepezauer / Ch. Grünwald / P. Ilisch / J.-S. Kühlborn / B. Tremmel, Augusteische Marschlager und Siedlungen des 1. bis 9. Jahrhunderts in Dorsten-Holsterhausen. Die Ausgrabungen 1999 bis 2002. Bodenalt. Westfalen 47 (Mainz 2009) 159-193.
- Grünwald 2012: M. Grünwald, Die vermeintliche Völkerlawine der Neujahrsnacht 406/407. In: N. Krohn / U. Koch (Hrsg.), Grosso Modo. Quellen und Funde aus Spätantike und Mittelalter. Festschrift für Gerhard Fingerlin zum 75. Geburtstag. Forsch. Spätant. u. Mittelalter 1 = Mannheimer Geschbl. Sonderveröff. 6 (Weinstadt 2012) 1-6.
- Grunwald 2006: L. Grunwald, Postumus – Valentinian I. – Avitus und dann? Anmerkungen zur Geschichte des Moselmündungsgebietes vom 3. bis in das 5. Jahrhundert n. Chr. Ber. Arch. Mittelrhein u. Mosel 11, 2006, 363-375.
- 2007: L. Grunwald, Engers von der Spätantike zum Frühmittelalter. In: Engers. Der Ort. Seine Geschichte (Horb am Neckar 2007) 26-43.
- 2011: L. Grunwald, Keramik für den europäischen Markt: die römischen und mittelalterlichen Töpfereien von Mayen/Eifel. Beitr. Mittelalterarch. Österreich 27, 2011, 25-34.
- 2012a: L. Grunwald, Anmerkungen zur Mayener Keramikproduktion des 9. bis 12. Jahrhunderts. Archäologische Nachweise – wirtschaftsgeschichtliche Aussagen – historische Einbindungen. In: L. Grunwald / H. Pantermehl / R. Schreg (Hrsg.), Hochmittelalterliche Keramik am Rhein. Eine Quelle für Produktion und Alltag des 9. bis 12. Jahrhunderts. Tagung im Römisch-Germanischen Zentralmuseum, 6. bis 7. Mai 2011. RGZM – Tagungen 13 (Mainz 2012) 143-160.
- 2012b: L. Grunwald, Die römischen und frühmittelalterlichen Töpfereien von Mayen (Lkr. Mayen-Koblenz). Eine zwischenzeitliche Standortbestimmung. In: M. Grünwald / S. Wenzel (Hrsg.), Römische Landnutzung in der Eifel. Neue Ausgrabungen und Forschungen. Tagung in Mayen, vom 3. bis zum 6. November 2011. RGZM – Tagungen 16 (Mainz 2012) 111-129.
- 2013: L. Grunwald, Anmerkungen zur spätmittelalterlichen und neuzeitlichen Keramikproduktion in Mayen, Landkreis Mayen-Koblenz, auf Basis archäologischer und schriftlicher Quellen. Koblenzer Geogr. Koll. 35, 2013, 5-17.
- 2015: L. Grunwald, Keramische Luxuswaren aus den spätmittelalterlichen Töpfereien von Mayen (Lkr. Mayen-Koblenz). Anmerkungen zu Werkstätten und zwei Krugfragmenten mit anthropomorphen Verzierungen. Arch. Korrb. 45, 2015, 137-151.
- 2016: L. Grunwald, Mayen in der Eifel und die Herstellung der »Mayener Ware« von der Mitte des 4. bis in die erste Hälfte des 6. Jahrhunderts. Arch. Korrb. 46, 2016, 345-361.
- Hägermann 2001: D. Hägermann, Innovationen im 12. Jahrhundert. Zeichen einer Zeitenwende? In: K. Herbers (Hrsg.), Europa an der Wende vom 11. zum 12. Jahrhundert. Beiträge zu Ehren von Werner Goetz (Stuttgart 2001) 134-142.
- 2006: D. Hägermann, Das Reich als Innovationslandschaft. In: H. Ottomeyer / J. Götzmann (Hrsg.), Heiliges Römisches Reich Deutscher Nation 962 bis 1806: Altes Reich und Neue Staaten 1495 bis 1806; 29. Ausstellung des Europarates in Magdeburg und Berlin und Landesausstellung Sachsen-Anhalt (Dresden 2006) Bd. 1, 439-451.
- 2007: D. Hägermann, Das Kloster als Innovationszentrum: Mühlenbetrieb, Salzproduktion und Bergbau. In: C. Dobrinski / B. Gedderth / K. Wipfler (Hrsg.), Kloster und Wirtschaftswelt im Mittelalter. MittelalterStud. 15 (Paderborn, München 2007) 13-23.
- Hampe/Winter 1965: R. Hampe / A. Winter, Bei Töpfern und Ziegellern in Süditalien, Sizilien und Griechenland (Mainz 1965).
- Heege 2007: A. Heege, Einführung in das Thema. In: A. Heege (Hrsg.), Töpferöfen – Pottery kilns – Fours de potiers. Die Erforschung frühmittelalterlicher bis neuzeitlicher Töpferöfen (6.-20. Jh.) in Belgien, den Niederlanden, Deutschland, Österreich und der Schweiz. Basler H. Arch. 4 (Basel 2007) 11-203.
- Herdick 2010: M. Herdick, Das Labor für Experimentelle Archäologie in Mayen (Lkr. Mayen-Koblenz). Experimentelle Arch. Europa, Bilanz 2010, 15-22.
- 2015a: M. Herdick, 1000 Öfen und was nun? – Keramikstudien, Technikgeschichte & Experimentelle Archäologie. In: L. Grunwald (Hrsg.), Den Töpfern auf der Spur. Orte der Keramikherstellung im Licht der neuesten Forschung. 46. Internationales Symposium Keramikforschung des Arbeitskreises für Keramikforschung und des Römisch-Germanischen Zentralmuseums Mainz vom 16. bis zum 20. September 2013 in Mayen. RGZM – Tagungen 21 (Mainz 2015) 223-233.
- 2015b: M. Herdick, Experimentelle Archäologie & Science 2.0: Die Perspektive des Labors für Experimentelle Archäologie (LEA). Experimentelle Arch. Europa, Bilanz 2015, 203-213.
- Howie 2012: L. Howie, Ceramic Change and the Maya Collapse: A Study of Pottery Technology, Manufacture and Consumption at Lamanai, Belize. BAR Internat. Ser. 2373 (Oxford 2012).

- Hunold 2011: A. Hunold, Das Erbe des Vulkans: Eine Reise in die Erd- und Technikgeschichte zwischen Eifel und Rhein (Regensburg 2011).
- Janssen 1987: W. Janssen, Der technische Wandel der Töpferöfen von der Karolingerzeit zum Hochmittelalter dargestellt anhand rheinischer Beispiele. In: J. Chapelot (Hrsg.), *La céramique (Ve-XIXe siècle). Fabrication – commercialisation – utilisation. Actes du premier congrès international d'archéologie médiévale*, Paris, 4-6 octobre 1985 (Paris 1987) 107-119.
- Jung 2012: P. Jung, Die Burgundionen am Rhein. Überlegungen zur Interpretation archäologischer und literarischer Quellen der ausgehenden Spätantike. *Ber. Arch. Rheinhessen u. Umgebung* 5, 2012, 73-82.
- Keller 2000: C. Keller, Karolingerzeitliche Töpferöfen am rheinischen Vorgebirge. In: Mämpel/Endres 2000, 63-68.
- 2012: C. Keller, Karolingerzeitliche Keramikproduktion am Rheinischen Vorgebirge. In: L. Grunwald / H. Pantermehl / R. Schreg (Hrsg.), *Hochmittelalterliche Keramik am Rhein. Eine Quelle für Produktion und Alltag des 9. bis 12. Jahrhunderts. Tagung im Römisch-Germanischen Zentralmuseum*, 6. bis 7. Mai 2011. RGZM – Tagungen 13 (Mainz 2012) 209-224.
- Ljungkvist u.a. 2010: J. Ljungkvist / S. Barthel / G. Finnveden / S. Sörlin, The Urban Anthropocene: Lessons for Sustainability from the Environmental History of Constantinople. In: P. Sinclair / F. Herschend / C. Isendahl / G. Nordquist (Hrsg.), *The Urban Mind. Cultural and Environmental Dynamics. Stud. Global Arch.* 15 (Uppsala 2010) 367-390.
- Mämpel 2003: U. Mämpel, Keramik. Kultur- und Technikgeschichte eines gebrannten Werkstoffs. *Beitr. Wirtschafts-, Sozial- u. Technikgesch. Porzellanindustrie* 6 = Schr. u. Kat. Dt. Porzellanmus. 80 (Hohenberg a. d. Eger 2003).
- Mämpel/Endres 2000: U. Mämpel / W. Endres (Hrsg.), *Der keramische Brand. Beiträge zum 32. Internationalen Hafnerei-Symposium des Arbeitskreises für Keramikforschung in Bremen vom 27. September bis zum 3. Oktober 1999. Veröff. Arbeitskr. Keramikforsch.* 1 (Höhr-Grenzhausen 2000).
- Mangartz 2008: F. Mangartz, Römischer Basaltlava-Abbau zwischen Eifel und Rhein. *Monogr. RGZM* 75 (Mainz 2008).
- Maurer 2011: Th. Maurer, Das nördliche Hessische Ried in römischer Zeit. Untersuchungen zur Landschafts- und Siedlungsgeschichte im rechtsrheinischen Vorfeld von Mainz vom 1. bis 5. Jahrhundert n. Chr. *Frankfurter Arch. Schr.* 14 (Bonn 2011).
- Meyer 2012: C. Meyer, Eine kurze Betrachtung der Burgunderfrage aus dem Blickwinkel der Bioarchäologie. *Ber. Arch. Rheinhessen u. Umgebung* 5, 2012, 83-86.
- Müller/Hohmann 2000: W. Müller / H. Hohmann, Verfahrenstechnische Untersuchungen an einem rekonstruierten römischen Töpferofen aus dem germanischen Thüringen. In: Mämpel/Endres 2000, 27-37.
- Ramstetter 2013: K. Ramstetter, Die völkerwanderungszeitliche Siedlung auf dem Aschaffener Stadtberg – Ergebnisse der Ausgrabungen 1996/97 auf dem Theaterplatz. *Ber. Bayer. Bodendenkmalpf.* 54, 2013, 201-320.
- Redknap 1988: M. Redknap, Medieval pottery production at Mayen: Recent advances, current problems. In: D. R. M. Gaimster / M. Redknap / H.-H. Wegner (Hrsg.), *Zur Keramik des Mittelalters und der beginnenden Neuzeit im Rheinland. Medieval and later pottery from the Rhineland and its markets. BAR Internat. Ser.* 440 (Oxford 1988) 3-37.
- 1999: M. Redknap, Die römischen und mittelalterlichen Töpferöfen in Mayen, Kreis Mayen-Koblenz. In: H.-H. Wegner (Hrsg.), *Ber. Arch. Mittelrhein u. Mosel* 6 = *Trierer Zeitschr. Beih.* 24 (Trier 1999) 11-401.
- Redman 2005: C. L. Redman, Resilience Theory in Archaeology. *Am. Anthr.* 107/1, 2005, 70-77.
- Redman/Kinzig 2003: C. L. Redman / A. P. Kinzig, Resilience of Past Landscapes: Resilience Theory, Society, and the Longue Durée. *Conservation Ecol.* 7, 2003. www.consecol.org/vol7/iss1/art14/ (11.11.2016).
- Reith 2000: R. Reith, Technische Innovation im Handwerk der frühen Neuzeit. In: K. H. Kaufhold / W. Reinighaus (Hrsg.), *Stadt und Handwerk in Mittelalter und früher Neuzeit* (Köln, Weimar, Wien 2000) 21-59.
- Röber 2009: R. Röber, Innovation in Technik und Gewerbe. Langsame Entwicklung oder Quantensprung. In: B. Scholkmann / S. Frommer / C. Vossler / M. Wolf (Hrsg.), *Zwischen Tradition und Wandel: Archäologie des 15. und 16. Jahrhunderts. Tübinger Forsch. Hist. Arch.* 3 (Büchenbach 2009) 171-180.
- Schaaff 2006: H. Schaaff, Der Vulkanpark Osteifel – Wissenschaft und Tourismus in einem alten Steinbruch- und Bergwerksrevier. In: A. Belmont / F. Mangartz (Hrsg.), *Mühlsteinbrüche: Erforschung, Schutz und Inwertsetzung eines Kulturerbes europäischer Industrie (Antike - 21. Jahrhundert): internationales Kolloquium Grenoble, 22. bis 25. September 2005, Maison des Sciences de l'Homme-Alpes = Les Meulières: recherche, protection et valorisation d'un patrimoine industriel européen (antiquité - XXIe siècle): colloque international Grenoble, 22 au 25 septembre 2005, Maison des Sciences de l'Homme-Alpes = Millstone quarries: research, protection and valorization of an European industrial heritage (antiquity - 21th century): international colloque Grenoble, 22th-25th of September 2005, Maison des Sciences de l'Homme-Alpes. RGZM – Tagungen 2 (Mainz 2006) 215-224.*
- 2015: H. Schaaff, Antike Tuffbergwerke am Laacher See-Vulkan. *Monogr. RGZM* 107 = *Vulkanpark-Forsch.* 11 (Mainz 2015).
- Schallmeyer 2013: E. Schallmeyer, Der Bau einer Brücke über den Main bei Ginsheim-Gustavsburg unter Valentinian I. Fernstraßennutzung in der Spätantike und die Rolle der Germanen. In: A. Zeeb-Lanz / R. Stupperich (Hrsg.), *Palatinatus Illustrandus. Festschrift für Helmut Bernhard zum 65. Geburtstag. Mentor* 5 (Ruhpolding 2013) 201-215.
- Schipp 2012: O. Schipp, Die Burgunder links des Rheins (406-436/443). *Ber. Arch. Rheinhessen u. Umgebung* 5, 2012, 61-72.
- Schmaedecke 1999: M. Schmaedecke, Technische Innovationen im Mittelalter (11. bis 13. Jh.). Modelle zur Erfassung ihres Ablaufs und ihrer Durchsetzung. *Arch. Inf.* 22, 1999, 203-213.
- Schreg 2014: R. Schreg, Von der römischen Gutswirtschaft zum mittelalterlichen Dorf: Kontinuität und Wandel. In: S. Brather / H. U. Nuber / H. Steuer / T. Zotz (Hrsg.), *Antike im Mittelalter. Fortleben, Nachwirken, Wahrnehmung. Arch. u. Gesch.* 21 (Ostfildern 2014) 299-396.
- 2015: R. Schreg, Römer und Indios. Europäische Töpfertradition in Mittelamerika: Transformation – Imitation – Habitus. In: L. Grunwald (Hrsg.), *Den Töpfern auf der Spur. Orte der Keramikherstellung im Licht der neuesten Forschung. 46. Internationales Symposium Keramikforschung des Arbeitskreises für Keramikforschung und des Römisch-Germanischen Zentralmuseums Mainz vom 16. bis zum 20. September 2013 in Mayen. RGZM – Tagungen 21 (Mainz 2015) 401-410.*

- Schwaderer 2013: Ch. Schwaderer, Mauern, Maschinen und Menschen. Das Bewusstsein von Technik, materieller Veränderung und Innovation zwischen 500 und 1200 [Diss. Univ. Tübingen 2013]. <http://tobias-lib.uni-tuebingen.de/volltexte/2013/7014/> (13. 11. 2016).
- Schwarz 2011: P.-A. Schwarz, Das Castrum Rauracense und sein Umland zwischen dem späten 3. und dem frühen 7. Jahrhundert. In: M. Konrad / Ch. Witschel, Römische Legionslager in den Rhein- und Donauprovinzen – Nuclei spätantik-frühmittelalterlichen Lebens? Bayer. Akad. Wiss., Phil.-Hist. Kl., Abhandl. N. F. 138 (München 2011) 307-349.
- Sharratt 2016: N. Sharratt, Crafting a Response to Collapse: Ceramic and Textile Production in the Wake of Tiwanaku State Breakdown. In: *Fauleit* 2016, 407-430.
- Suchowa 2007: K.-P. Suchowa, Frühe Innovation der Backofen-Technik. Der Zweikammer-Backofen des Lübecker Aegidienhofs. *Zeitschr. Arch. Mittelalter* 35, 2007, 101-108.
- Trabert 2011: J. Trabert, Backofen einer mittelalterlichen Wüstung bei Großenlöder-Müs: handwerkliches Siedlungsrelikt aus dem Mittelalter in der Gemeinde Großenlöder, Landkreis Fulda. *HessenArch.* 2011, 130-133.
- Uschmann 2004: K.-U. Uschmann, Merkmale und Besonderheiten technischer Anlagen in der römischen Kaiserzeit im norddeutschen und polnischen Tiefland: Kalkbrennofen, Holzkohlemeiler, Töpferofen, Backofen, Räucher- und Darranlagen. *Ethnogr.-Arch. Zeitschr.* 45/1, 2004, 61-82.
- Wegner 1991: H.-H. Wegner, Archäologie in Koblenz. *Arch. Mittelrhein u. Mosel* 6 (Koblenz 1991).
- Wieczorek 1987: A. Wieczorek, Die frühmerowingischen Phasen des Gräberfeldes von Rübenach. *Ber. RGK* 68, 1987 (1988), 355-492.

ZUSAMMENFASSUNG / SUMMARY / RÉSUMÉ

Die Keramiktechnologie der Mayener Großtöpfereien: Experimentalarchäologie in einem vormodernen Industrieviertel

Die Mayener Großtöpfereien konnten von der Spätantike bis zum Ausgang des Mittelalters überregionale Absatzmärkte behaupten. Es existiert ein vergleichsweise guter Forschungsstand zu den Töpfereiarealen und zur Keramik aus archäologischer und archäometrischer Sicht – also beste Voraussetzung dafür, um die Keramiktechnologie dieses Reviers experimentalarchäologisch in diachroner Perspektive zu evaluieren. Die erzielten Ergebnisse sollen langfristig die Grundlage für ein Modell eines solchen Töpfereiclusters auf transparenter Datenbasis sein.

Als erster Schritt wurde 2014 der Mayener Ofen 26/II, Siegfriedstraße 53 rekonstruiert und aufgebaut. Bei dem Ofen handelt es sich um einen Schachtofen, der vom Ende des 5. bis Anfang des 6. Jahrhunderts in Betrieb war. Wichtigster Kooperationspartner des Projektes ist die Fachschule Keramik Höhr-Grenzhausen. Darüber hinaus waren noch weitere historisch interessierte Töpferinnen beteiligt. Die Rekonstruktion wurde am Mayener Grubenfeld neben dem Kompetenzbereich Experimentelle Archäologie errichtet.

Diese Studie erläutert den kulturgeschichtlichen Rahmen der spätantiken Mayener Großtöpfereien sowie die Grundlagen bei der Realisierung der Rekonstruktion und präsentiert Beobachtungen des ersten Experimentalbrandes.

Das experimentalarchäologisch evaluierte Ofenbauprinzip erweist sich in der Betriebsführung als robust und vergleichsweise wenig störanfällig. Das notwendige Erfahrungswissen zur Steuerung des Brandes in einem Schachtofen hätte bei entsprechender Einarbeitung jeder recht schnell erlernen können. Möglich wurde das durch den nahezu linearen Brennverlauf, der nur bei 80-120 °C und bei der gewünschten Endtemperatur Haltezeiten aufweist. Die Herstellung der Mayener Gebrauchskeramik erfordert eine oxidierende Brennatmosphäre, die relativ einfach bei dieser Ofenkonstruktion erzeugt werden kann. Auftretende Reduktion während des Brandes entsteht durch eine erhöhte Taktung des Nachlegens von Brennmaterial in einem Temperaturbereich oberhalb von 500 °C.

Nach dem Mayener Bauprinzip errichtete Schachtofen eigneten sich auch zur Herstellung von Feinwaren und engobierten Waren. Damit wären jedoch gestiegene qualitative Anforderungen an die Brennführung verbunden gewesen. Einflussfaktoren hätten u. a. Variationen in der Stapeltechnik der Keramikgefäße im

Ofen sein können, die Errichtung einer temporären Ofenkuppel zur Steuerung der Brenn Atmosphären oder etwa der gezielte Einsatz bestimmter Holzarten.

The Ceramic Technology of the Mayen Potteries: Experimental Archaeology in a Pre-modern Industrial District

The large-scale potteries of Mayen were able to assert themselves in supra-regional key markets from Late Antiquity until the end of the Middle Ages. From an archaeological and archaeometrical point of view, the current state of research on the areas of these potteries is comparatively good, thus providing the best prerequisites for a diachronic evaluation of the ceramic technology of this district with methods of experimental archaeology. The results achieved are designed to form the basis for a model of such a cluster of potteries based on transparent data.

As a first step, kiln 26/II from Siegfriedstraße 53 in Mayen was reconstructed and rebuilt in 2014. The kiln in question is a shaft furnace which was in use from the end of the 5th till the beginning of the 6th century. The most important co-operation partner for this project is the Fachschule Keramik Höhr-Grenzhausen. In addition, other historically interested potters were engaged on the project. The reconstruction was built next to the Mayener Grubenfeld, close to the division for experimental archaeology.

This study illustrates the historic-cultural framework of the Late Antique large-scale potteries of Mayen and the basics for the realisation of the reconstruction. It also presents observations made during the first experimental kiln operation.

An experimental archaeological evaluation of this principle of kiln construction turns out to be stable and comparatively rather trouble-free. The know-how needed to control the combustion in a shaft furnace could have been learned quite fast by anybody after appropriate training. This was possible due to the nearly linear firing process which requires hold times only from 80 to 120 °C and at the desired final temperature. The production of the utilitarian wares of Mayen requires an oxidising firing atmosphere which can be generated relatively easily with this type of kiln construction. Reduction occurring during the burning is caused by shorter intervals when stoking up the fire in a temperature range above 500 °C.

Shaft kilns constructed according to the construction principle known from Mayen might very well have also been used for the production of fine wares and wares with slips, an assumption which still requires further research. However, this would have resulted in higher demands regarding the quality of the firing process. Influencing factors could have been i. a. variations in the method of stacking the ceramic vessels, the erection of a temporary kiln dome in order to control the firing atmospheres or specific use of particular types of wood.

La technologie céramique des grands ateliers de Mayence: archéologie expérimentale dans un bassin industriel prémoderne

Les grands ateliers de poterie de Mayence ont pu s'assurer des marchés interrégionaux depuis l'Antiquité tardive jusqu'à la fin du Moyen Age. On dispose d'un état de la recherche relativement bon en ce qui concerne la céramique et les zones occupées par les ateliers du point de vue archéologique et archéométrique – donc des conditions optimales pour évaluer diachroniquement la technologie céramique de ce bassin par l'archéologie expérimentale. Les résultats obtenus sont sensés fournir à long terme la base d'un modèle de ce type de cluster d'ateliers à partir de données transparentes.

La première étape consista en 2014 à reconstruire et monter le four 26/II de Mayence, Siegfriedstraße 53. Il s'agit d'un four puits en fonction de la fin du 5^e au début du 6^e siècle. La Fachschule Keramik de Höhr-

Grenzhausen est le partenaire le plus important de ce projet. Mais d'autres potières intéressées par l'histoire s'y étaient aussi jointes. La reconstruction se déroula au Mayener Grubenfeld à proximité de la section Archéologie expérimentale.

Cette étude explique le contexte historico-culturel des grands ateliers de Mayen dans l'Antiquité tardive et les bases ayant servi à la réalisation de la reconstitution, et présente les observations faites lors de la première cuisson expérimentale.

Le type de four évalué expérimentalement s'est révélé résistant et relativement peu sujet à des pannes durant son fonctionnement. Chacun, après une initiation adéquate, aurait pu apprendre très vite les bases nécessaires pour contrôler la cuisson dans un four puits grâce à l'évolution pratiquement linéaire de la cuisson qui affiche des temps de maintien de 80 à 120 °C et à la température finale désirée. La fabrication de la céramique commune de Mayen exige une atmosphère de cuisson oxydante que l'on peut créer facilement avec ce type de four. Une réduction peut survenir durant la cuisson quand on augmente la fréquence des charges de combustible dans une zone de températures supérieures à 500 °C.

Les fours construits selon le type Mayen se prêtaient également à la fabrication de poterie fine et engobée, mais auraient alors exigé un contrôle de la cuisson plus sophistiqué. Différents facteurs auraient pu intervenir à cet effet, tels que les variations de l'empilement des vases dans le four, l'aménagement d'une coupole provisoire pour régler l'atmosphère de cuisson ou l'utilisation ciblée de certains bois.

Traduction: Y. Gautier