

Zeitschrift:	as. : Archäologie Schweiz : Mitteilungsblatt von Archäologie Schweiz = Archéologie Suisse : bulletin d'Archéologie Suisse = Archeologia Svizzera : bollettino di Archeologia Svizzera
Herausgeber:	Archäologie Schweiz
Band:	28 (2005)
Heft:	1
Artikel:	Vier Öfen, zwei Düsen : Archäometallurgie und dreidimensionale Erfassung römischer Schmiedeöfen
Autor:	Fasnacht, Walter / Hack, Erwin / Jauch, Verena
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-21020

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 05.02.2026

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

archäometallurgie



Vier Öfen, zwölf Düsen – Archäometallurgie und dreidimensionale Erfassung römischer Schmiedeöfen

— Walter Fasnacht, Erwin Hack, Verena Jauch, Daniel Rechenmacher, Marianne Senn, Peter Vontobel

Abb. 1

Ofen A und B, oberflächlich freigelegt, in der Blockbergung.

Fours A et B dégagés en surface lors de leur prélèvement.

Fornaci A e B, appena liberate in superficie, durante il prelievo in blocco.

Von einmalig gut erhaltenen römischen Schmiedeöfen aus Vitudurum-Oberwinterthur wurden dreidimensionale Modelle erstellt. Diese können, zusammen mit den Resultaten der metallurgischen Untersuchungen, als Lehrstücke für die Erfassung und die Darstellung von Ofenbefunden aller Art dienen.

Abb. 2

Die beiden Eisenöfen an der Römerstrasse 155/157. Oben: Ofen A und B, unten: Ofen C und D.

Les deux fours de la Römerstrasse 155/157. En haut: fours A et B, en bas: fours C et D.

Le due fornaci in località Römerstrasse 155/157. In alto: fornaci A e B, in basso: fornaci C e D.

Anlässlich einer Rettungsgrabung der Kantonsarchäologie Zürich wurden im Spätsommer 2001 in Oberwinterthur zwei Öfen ausgegraben. Die bereits bei ihrer Auffindung als «Eisenöfen» interpretierten Befunde traten in der Parzelle Römerstrasse 155/157, am Westrand des römischen Vicus Vitudurum, am Hang gegen den Lindberg, zu Tage (Abb. 3). Etwa 50 m westlich der Fundstelle befand sich ein Töpferbezirk des 1. Jh. (ca. 30-70 n.Chr.), der den gewerblichen Charakter dieses Quartiers unterstreicht. Weitere Nachweise von Schmiedetätigkeit fanden sich im Westquartier «Unteres Bühl» und am Nordostrand des Vicus, dort datieren sie vor allem in das 1. Jh. n.Chr. Im Zuge der Ausgrabung gelang es, an der Römerstrasse 155/157 eine kontinuierliche römische Besiedlung dieser Stelle ab etwa 60 n.Chr. bis ins späte 2. Jh. nachzuweisen. In der Spätantike wurde der Platz mit einer dicken Planie aufgeschüttet. Einzig ein Grab stammt aus dem 4./5. Jh. n.Chr.

In eine bestehende Grubenverfüllung waren zwei ovale Öfen eingetieft, die gemäss ihrem Fundgut von etwa 70-80/90 n.Chr. benutzt wurden. Der Platz lag in unmittelbarer Nähe eines 3-4 m breiten und maximal 80 cm tiefen Wasserlaufs. Der Abstand der Grabenkante zu den Öfen betrug nur etwa 1.20 m. Im Umfeld befanden sich zudem eng beieinander drei Gruben sowie eine flache Mulde unbekannter Funktion.

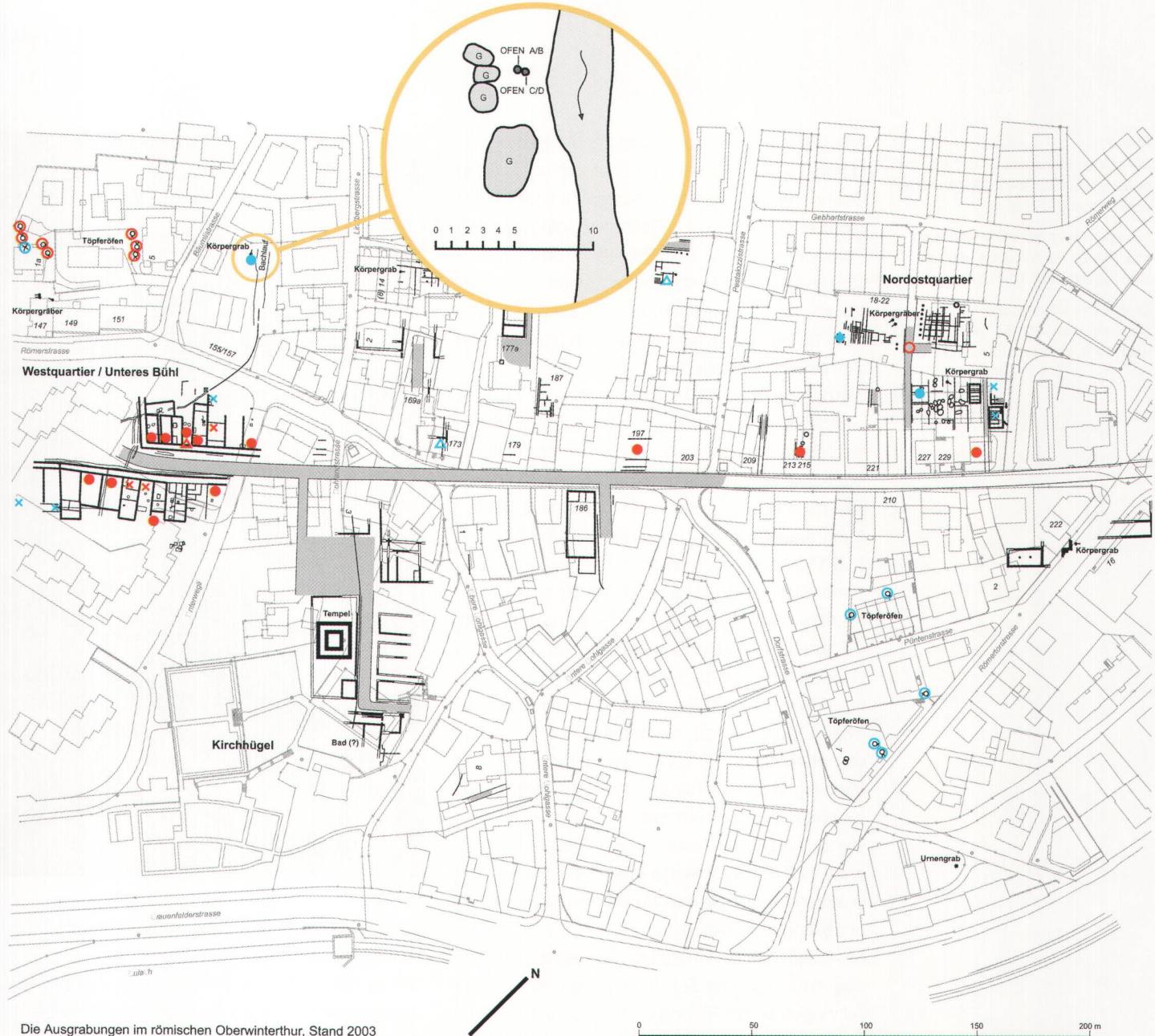
Einer der Öfen zeichnete sich als gebrannter Tonring mit inliegender Schlacke im Gelände ab und fiel wegen seiner Rötung und seines guten Erhaltungszustandes auf. Ein zweiter Ofen in unmittelbarer Nähe war vermutlich bereits in römischer Zeit teilweise zerstört worden. Das Grabungsteam entschied sich, den fragmentierten Ofen vollständig auszugraben, während der besser erhaltene als Block geborgen, in eine Holzkiste verpackt und ins Restaurierungslabor des Schweizerischen Landesmuseums gebracht wurde. Beim oberflächlichen Freilegen dieses Ofens im Labor wurde als Erstes festgestellt, dass es sich nicht wie ursprünglich angenommen um einen, sondern um zwei ineinandergesetzte Öfen handelte. Der ältere, wenig grössere Ofen wird im Folgenden als Ofen



A, der jüngere, in Ofen A hineingesetzte, als Ofen B bezeichnet.

Bei der Durchsicht des gesamten geborgenen Materials zeigte sich, dass auch der zweite, vollständig ausgegrabene Ofen aus zwei Einheiten bestand. Eine innere, aus der Fülle der Fragmente zu zwei Dritteln rekonstruierbare Anlage wird als Ofen D bezeichnet. Für einen weiteren, älteren Ofen C, der nicht zusammengesetzt werden konnte, liegen ebenfalls noch genügend Fragmente vor.

Im Vorfeld der Untersuchungen an den Ofenanlagen drängte sich folgende Überlegung auf: Können solche Öfen ohne umständliche Blockbergung bereits auf der Ausgrabung bestimmt werden? Liessen sich grosse Objekte im Labor mit Hilfe von Durchstrahlungen erfassen, wie dies bei der Restaurierung kleinerer Metallfunde längst Routine ist?



Die Ausgrabungen im römischen Oberwinterthur, Stand 2003

3

Hierfür wurde mit dem Paul Scherrer Institut in Villigen/Würenlingen Kontakt aufgenommen. Die Neutronenradiographie hat in Ergänzung zur traditionellen Röntgenradiographie und Tomographie in der Materialforschung, der Biologie und der Archäologie bereits gute Dienste geleistet. An mehreren grösseren Ofenfragmenten wurden Messungen mittels dieser radiographischen Methoden durchgeführt, um deren Aussagekraft zu ermitteln. Es zeigte sich, dass Tonfragmente mit anhaftender

Schlacke bis zu 15 cm Dicke problemlos durchstrahlt werden können und sich die Methoden ergänzen. Ofenteile können demnach im Boden identifiziert werden. Allerdings können nur Objekte in getrocknetem Zustand erfasst werden. Ferner ist es nicht möglich, Objekte, die grösser als 60 x 30 x 30 cm sind, zu untersuchen, da die entsprechenden Analysenkammern nicht grösser sind und die Strahl durchdringung nicht gewährleistet ist. Dies bedeutet für die Praxis, dass grössere Block-

Abb. 3

Oberwinterthur. Gesamtplan von Vitudurum mit Werkstätten. Im Detail die Fundstelle Römerstrasse 155/157. Eisenöfen A bis D, Gruben (G) und Wasserlauf um 60-80/90 n.Chr.

Oberwinterthour. Plan général de Vitudurum avec ses ateliers. En détail, les découvertes de la Römerstrasse 155/157. Fours à métal A-D, fosses (G), cours d'eau vers 60-80/90 apr. J.-C.

Oberwinterthur. Pianta generale di Vitudurum con le testimonianze d'attività artigianale. Nel particolare, il rinvenimento in località Römerstrasse 155/157. Fornaci per la lavorazione del ferro A-D, fosse (G), condutture dell'acqua attorno al 60-80/90 d.C.

bergungen nach wie vor nicht durchstrahlt werden können, schon gar nicht in noch feuchtem Zustand unmittelbar nach ihrer Bergung. Der Traum, mittels «Fernerkundung» einen Befund zu lokalisieren, zu definieren und gleichzeitig noch ein dreidimensionales Bild zu erstellen, wird wohl noch eine Weile Vision bleiben.

Die einzelnen Öfen

Die Öfen A bis D haben je drei Düsen. In den Öfen A und B wurden sie *in situ* und in ihrer gesamten Geometrie erfasst. Zwei Düsenöffnungen liegen jeweils in den Längsseiten des ovalen Ofens und eine an der hinteren Stirnseite. Wie die Luftzufuhr genau erfolgte – ohne massive künstliche Luftzufuhr läuft in der Metallbearbeitung gar nichts – wissen wir nicht. In der späten Latènezeit schliessen Düsenziegel aussen am Ofen an, welche dann in einen Blasebalg münden. Von den drei Lufteingängen können zwei von einer Person mit zwei Blasebälgen konstant betrieben werden, bei deren geschicktem Wechsel zwischen drei Lufteingängen kann die Temperatur im Ofen gleichmässig verteilt und sehr hoch gehalten werden. Die höchsten Temperaturen werden beim Feuerschweissen von Eisen benötigt. Sie liegen bei 1300° Celsius, wenn Eisen gelbweiss wird.

Ofen A

Als Ofen A wird der äussere, erst bei der Freilegung erfasste Tonring der Blockbergung bezeichnet. Seine Form ist oval, mit maximalen lichten Massen von 40 x 33 cm. Zwei Drittel des sichtbaren Teils sind verschlackt; bei einem Drittel, auf der einen Schmalseite ohne Düseneingang, ist der Ton nur versinternt. Dort ist die Ofenwand B direkt auf Ofen A aufgetragen und mit dieser verbacken, während im hinteren Teil eine «Füllschicht» aus Ton von bis zu 6 cm Dicke zwischen Ofen A und B eingebaut wurde. Die Oberkanten der Öfen A und B sind nicht vollständig erhalten. Da sich nur sehr wenige anpassende Stücke in dem umfangreichen geborgenen Material finden liessen, ist die Ofenumgebung ver-

mutlich eingeebnet worden. Topographisch bedingt sind die Öfen A und B auf der einen Längsseite tiefer abgetragen. Auf der anderen, besser erhaltenen Seite, läuft die Ofenwand langsam horizontal aus. Dies führt zu der Annahme, dass der Ofen keinen weiteren Aufbau hatte.

Der Ofenboden konnte nicht eindeutig erfasst werden, da die Hitzeeinwirkung zu schwach war, um fassbare Unterschiede zwischen späterer Einfüllung und Boden zu hinterlassen. Etwa 1 cm unter einer gut erkennbaren Holzkohleschicht wurde die Suche nach dem ursprünglichen Boden eingestellt. Es war nicht zu erkennen, ob die Öfen A und B verschieden tief waren. Auf drei Seiten sind Düseneingänge fassbar. Es handelt sich dabei um runde Löcher von 2-3 cm Durchmesser. Die Luftzufuhr muss von schräg oben mit aussen an die Ofenwand anschliessenden handgetriebenen Blasebälgen erfolgt sein.

Ofen B

Als Ofen B wird die Struktur bezeichnet, die direkt in Ofen A hineingebaut wurde. Von ihm sind mindestens 80% erhalten. Allerdings konnten zur Ergänzung der zerstörten Oberkante nur drei Passstücke gefunden werden. Auch Ofen B war ebenerdig zu bedienen, da seine Oberkante ebenfalls horizontal auslief, allerdings auf 5-10 cm höherem Niveau als Ofen A. Seine lichten Masse sind 28 x 26 cm, seine Tiefe wird maximal 30 cm gewesen sein, wenn die gefundene Holzkohleschicht als direkt auf dem Boden liegend interpretiert wird. Die Verschlackung ist intensiver als die von Ofen

Abb. 4

Röntgenradiographie eines Ofenwandfragmentes, mit deutlich sichtbarer Magerung.

Radiographie aux rayons X d'un fragment de paroi de four montrant la présence évidente de dégraissant.

Radiografia di un frammento di parete della fornace con evidenti tracce di degrassante.

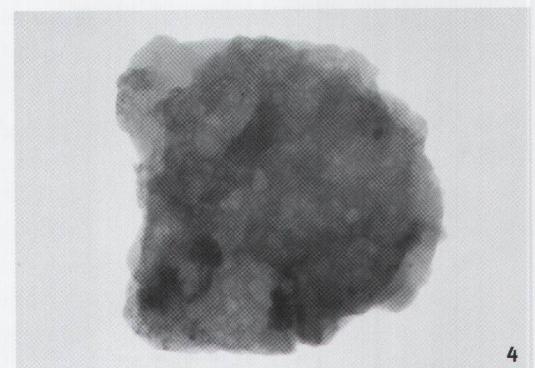


Abb. 5

Virtuelles, dreidimensionales Modell von Ofen B, Ansicht von schräg oben. Die braunen Flecken stellen die Original-Ofenwand dar, die grüne Fläche ist die vom Computer errechnete ideale Ofenform.

Maquette virtuelle, en trois dimensions, du four B vu en oblique du haut. Les taches brunes représentent la paroi originale du four, la surface verdâtre la forme idéale du four obtenue grâce à l'informatique.

Modello virtuale a tre dimensioni della fornace B, veduta obliqua dall'alto. Le chiazze brune indicano la parete originale della fornace, la superficie verde rappresenta invece la forma ideale della struttura, calcolata dal computer.

Abb. 6

Ofen A und B in freigelegtem und ausgeräumtem Zustand. Im Innern sind verschiedene Lagen von an der Ofenwand haftenden Schlacken sichtbar.

Les fours A et B après dégagement. On distingue différentes couches de scories qui ont adhéré aux parois internes des fours.

Fornaci A e B a scavo ultimato. Sono visibili diversi strati di scorie che aderiscono alle pareti interne delle fornaci.

A, was angesichts des verkleinerten Innenvolumens nicht verwundert. Die Ofenwand ist überall fast vertikal, weitert sich unterhalb von 20 cm Tiefe birnenförmig aus. Damit wurde bewusst in der Tiefe unterhalb des Hitzemaximums Platz geschaffen. Vermutlich diente dieser Raum der Bearbeitung von grösseren Werkstücken, die somit weiter in den Ofen hinein geschoben werden konnten.

Als Düseneingänge wurden die drei Öffnungen von Ofen A weiterverwendet, d.h. beim Bau des neuen Ofens wurden die alten Öffnungen freigehalten. Der Einfallswinkel der zugetrührten Luft liegt bei 30 Grad schräg nach unten. Das hintere Düsenloch ist fast vollständig mit Schlacke verstopft, nur ein paar Millimeter des Lufteintrags blieben erhalten. Der Schlackenpfropfen ist mit 5 x 5 cm zu gross, als dass es sich um eine Unachtsamkeit handeln könnte. Es ist vielmehr anzunehmen, dass eine sich langsam verändernde Luftzufuhr zur bewussten Prozessführung gehört hatte.

Ofen C

Als Ofen C wird die ältere, bereits antik für die Konstruktion von Ofen D vollständig ausgeräumte Anlage bezeichnet. Es waren noch etwa 70% seiner grünlich verschlackten Ofenwandfragmente vorhanden. Ein stark deformiertes, blau verglastes Fragment weist darauf hin, dass der Ofen in heißem, noch viskosem Zustand herausgewuchtet wurde, wahrscheinlich in Zusammenhang mit der Entnahme der Schlackenkalotte.



5



6

Ofen D

Ofen D wurde zu einem Drittel schon in römischer Zeit zerstört. Ein Beweis dafür, dass dies ebenfalls in viskosem Zustand geschah, ist ein einwärts gebogenes Fragment. Eine Rekonstruktion von Ofen D mit seinen drei Düsen ist weitgehend gelungen. Er gleicht in erstaunlichem Masse Ofen A und B: Form, Verschlackung und Farbe sind sehr ähnlich.

Stücke der Wandung der Öfen C und D wurden unter dem Binokular an Bruchflächen, Innen- und Aussenseiten genauer untersucht. Dies führte zu dem Ergebnis, dass Oberflächenstruktur, Farbe, Versinterungs- und Verschlackungsgrad der Ofeninnenseiten durch die Distanz zu einer Düsenöffnung bestimmt werden und Fragmente auch ohne metallurgische Kenntnisse klassifiziert werden können. Konkret bedeutet dies, dass jedem einzelnen, auch noch so kleinen Ofenfragment sein Platz im Ofen bis auf wenige Zentimeter genau zugewiesen werden kann. Dieses «Zuweisen» gestattet eine statistische Hochrechnung z.B. bei der Ermittlung der Grösse der Gesamtinnenfläche oder der Anzahl der Düsen.

Abb. 7

Dreidimensionales Modell des teilweise erhaltenen Ofens D, mit Düsenlöchern.

Maquette tridimensionnelle du four D partiellement conservé, avec les trous des tuyères.

Modello tridimensionale della fornace D parzialmente conservata, con i fori per gli ugelli.

Abb. 8

Modell von Ofen B mit Düsen (dunkelblau) und ergänztem Ofenboden, Ansicht von aussen an die Stirnseite mit Düse (hellblau).

Maquette du four B avec les tuyères (bleu foncé) et une reconstitution du fond du four. Vue de l'extérieur, face à une tuyère (bleu clair).

Modello della fornace B con gli ugelli (blu scuro) e il fondo della fornace ricostruito. Veduta dall'esterno sulla parte anteriore con l'ugello (blu chiaro).

Vom archäologischen Befund zu seinem virtuellen Bild

Für die dreidimensionale, computerunterstützte Darstellung von archäologischen Funden und Befunden existieren bereits mehrere Methoden. Ihr Ziel ist meist eine möglichst aussagekräftige, publikumsorientierte Darstellung, eine Anforderung, welche Zeichnungen und Photographien nicht immer erfüllen. Die photogrammetrische Aufnahme hat sich in der Bauforschung und Gebäudedenkmalpflege durchgesetzt, während hier in Zusammenarbeit mit der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa) die bereits anderweitig erprobte Streifenprojektionsmethode eingesetzt wurde. Dabei werden Lichtstrahlen zu einem sehr feinen Gitter gebündelt, diese auf das Objekt geworfen und mit der Digitalkamera erfasst. Daraus werden die Koordinaten der sichtbaren Oberfläche errechnet. Durch Drehen des Objekts können verschiedene Ansichten zu einer Rundum-Ansicht verknüpft und als Punktwolken im Computer dargestellt werden. Diese werden in ein CAD-System überführt, welches nicht nur die ursprüngliche Form millimetergenau aufzeigt, sondern auch alle gewünschten Masse automatisch wiedergibt sowie Längs- und Querschnitte herstellt. Der Ofen kann auch in jede beliebige Lage gedreht werden. Dies alles nicht nur mit dem Ziel einer



8

selbsterklärenden Darstellung; in einem CAD-System können entsprechende thermodynamische Vorgänge mit veränderbaren Parametern wie Luftzufuhr, Beschaffenheit des Brennstoffs, Temperatur oder Dauer des Aufheizens simuliert werden.

Weil das Originalobjekt nicht vollständig freigelegt und auf einen Drehteller gesetzt werden konnte, mussten die Restauratorinnen der Kantonsarchäologie Zürich von den Innenflächen der Öfen Silikonabdrücke herstellen. Anschliessend fertigten sie ein Gipskorsett an, welches die weiche Silikonform für die Messung abstützte. Diese Form stellt das um 180 Grad gedrehte Negativ des Ofens dar und gleicht einem grossen Zylinderhut. Nachdem die Innenform von Ofen B erstellt war (Abb. 5), wurden die Düsenöffnungen separat mit Silikon abgeformt und ebenfalls optisch erfasst. Mittels Überschneidungspunkten konnten ihre 3D-Bilder anschliessend genau in das virtuelle Ofenmodell eingepasst werden. Zum Schluss musste der Ofenboden im Modell massgetreu ergänzt werden, da er nicht abgeformt werden konnte (Abb. 8). Das Ergebnis ist ein beliebig vergrösserbares virtuelles Modell des vollständigen Ofens B, mit dem in einem zweiten Schritt die fragmentierten Öfen verglichen werden können. Von Ofen A konnten nur die obersten 5-10 cm erfasst werden. Ofen D konnte dank grossem Einsatz der Restauratorinnen zu zwei Dritteln rekonstruiert werden – die mühsame



7

Abb. 9

Die virtuell übereinander gesetzten Modelle der Öfen B und D zeigen eine erstaunliche Übereinstimmung in ihrer Grösse und Geometrie.

La superposition virtuelle des maquettes des fours B et D montrent l'étonnante similitude des deux structures quant à leurs dimensions et à leur forme.

La sovrapposizione virtuale dei modelli delle fornaci B e D illustra la sorprendente analogia tra le due strutture, quanto a dimensioni e geometria.

Abb. 10

Rasterelektronen-Aufnahme im Rückstreu-Elektronen-Modus (BSE). In diesem Modus werden schwerere Elemente hell und leichtere dunkler dargestellt. Die Eiseneinschlüsse im Anschliff der verglasten, grautonigen Ofenwand erscheinen deshalb weiß.

Vue obtenue à l'aide d'un microscope de balayage en mode BSE (back-scattered electrons). Cette technique a pour but de représenter les éléments lourds en clair et les plus légers en foncé. Par conséquent, les inclusions métalliques de la paroi du four vitrifiée, elle-même grisâtre, apparaissent en blanc.

Immagine ottenuta con il metodo back-scattered electrons (BSE). La tecnica consente di evidenziare in chiaro gli elementi più pesanti e in scuro quelli più leggeri. Gli inclusi ferrosi nella sezione della parete ad impasto grigio e vetrificata della fornace risultano pertanto bianchi.



Suche nach passenden Scherben sollte sich lohnen! Von diesem freistehenden Ofen musste kein Silikonabguss gemacht werden, da die Fragmente direkt auf den Drehteller gestellt und optisch abgetastet werden konnten (Abb. 7).

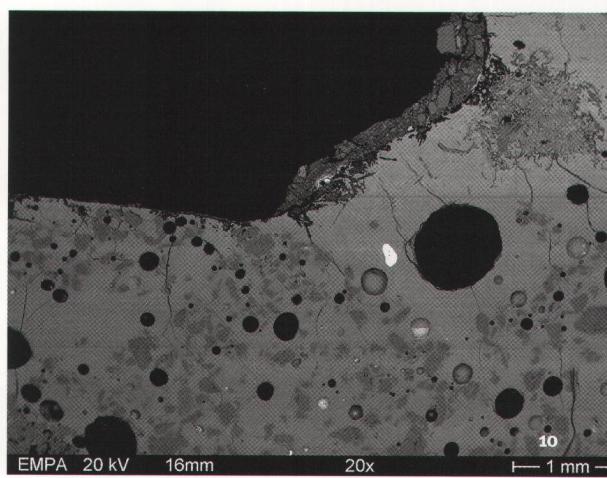
Als verblüffendes Resultat stellte sich heraus, dass dieser Ofen nicht nur gleich gross ist wie Ofen B, sondern auch seine Düseingänge gleich positioniert sind (Abb. 9). Der Ofenbauer hatte demnach ein bestimmtes Bild vom Aussehen eines Ofens im Kopf, das er jederzeit zentimetergenau umsetzen konnte.

Archäometallurgische Untersuchungen an den Schmiedeabfällen

Die metallurgischen Analysen von Metallen, Ofenwandfragmenten und Schlacken wurden an der Empa durchgeführt. Aus dem Umfeld der Öfen stammen rund 11 kg Schlacken. Wie erwähnt, fand sich ein Teil der Schlacken in den Öfen selber. Sie lassen sich in Kalottenschlacken, Schlackenfragmente und Tropfenschlacken unterteilen. Die Tropfenschlacken sind glasig, leicht und rundporig. Sie entstehen meist in Zusammenhang mit dem Abschmelzen der Ofen- bzw. Essenzwand. Weniger als 0.5 kg der Schlacken weisen Fliesstextur auf. Diese Materialzusammensetzung ist typisch für Schmiedeabfälle. Die wenigen Schlacken mit Flies-

textur weisen dabei nicht auf Verhüttung hin. Unter den Kalottenschlacken gibt es sehr grosse (1-2 kg) und häufiger kleine (um 0.2 kg). Vier kleinere wurden an der Empa zersägt. Dabei zeigte sich, dass die Schlacken kaum metallisches Eisen enthalten und nicht geschichtet sind. Sie sind also in einem Arbeitsgang entstanden.

Zwei an der Empa untersuchte Ofenwandfragmente zeigen eindeutige Anzeichen dafür, dass im Ofen Eisen verarbeitet wurde: eine Anreicherung von Eisenoxid im glasigen Bereich der Ofenwand und Einschlüsse von metallischem Eisen. Ein metallographisch untersuchter Schmiedeabfall aus Metall besteht aus Gusseisen. Beim Arbeiten bei hohen Temperaturen entsteht beim Schmieden leicht Gusseisen aus einem Werkstück, wenn es etwas zu lange erwärmt wird. So spektakulär also die Befunde von vier fast identischen Öfen aus Oberwinterthur in ihrem Erhaltungszustand und ihrer Rekonstruierbarkeit sind, so unspektakulär ist der darin ausgeführte metallurgische Prozess. Es handelt sich um das Eisenschmieden, eine alltägliche handwerkliche Tätigkeit in einem römischen Vicus. Dass dies jedoch in einer klar definierten, sorgfältig gebauten und massgenau wiederholbaren Installation geschah, zeugt von einem kontinuierlich hohen Niveau des römischen Eisenhandwerks im Vicus Vitudurum. ■



Dank

Von der Kantonsarchäologie Zürich haben folgende Personen massgeblich zum Gelingen des Projektes beigetragen: K. Trüllinger, S. Holzinger, R. Leu-Theuner, B. Von Aesch, M. Bachmann, F. Bart, St. Schreyer, J. Gisler, B. Hedinger, B. Horisberger, R. Windler, A. Zürcher sowie das Grabungsteam. Von der Empa sind herzlich zu danken: St. Hösli, A. Koster, vom Paul-Scherrer-Institut: E. Lehmann, St. Hartmann und vom Landesmuseum: M. Leuthard, Ch. Cevey und W. Frei. Publiziert mit Unterstützung der Kantonsarchäologie Zürich.

B i b l i o g r a p h i e

- V. Jauch, M. Roth, Römisches Handwerk in Oberwinterthur/Vitudurum. as.27.2004.1, 40-45.
- C. Doswald, Zum Handwerk der Vici in der Nord- und Ostschweiz. Jahresbericht Gesellschaft Pro Vindonissa 1993. Brugg 1994, 3-19.
- Vitudurum 6, 9 – Beiträge zum römischen Oberwinterthur. Monographien der KA Zürich 34, 35. Zürich/Egg 2002 und 2001.
- L. Flutsch, U. Niffeler, F. Rossi (Hrsg.), Die Schweiz vom Paläolithikum bis zum frühen Mittelalter V. Römische Zeit. Basel 2002.
- V. Serneels, M. Senn, L. Eschenlohr, W. Fasnacht. Erze, Schlacken, Eisen. Einführungskurs zum Studium der frühen Eisenmetallurgie und der Bestimmung der Abfälle dieser Industrie. Grabungstechnik, SAGEA/VATG, Basel 1997.
- L. Eschenlohr, V. Serneels, Les bas fourneaux mérovingiens de Boécourt, Les Bouillies (JU/Suisse). Cahiers d'Archéologie Jurassienne 3, Porrentruy 1991.

R é s u m é

A la fin de l'été 2001, à l'occasion d'une fouille de sauvetage du Service archéologique du canton de Zurich, deux fours du 1^{er} siècle apr. J.-C. furent mis au jour à la Römerstrasse 155/157, à Oberwinterthur. Prélevé en bloc, l'un d'eux fut partiellement dégagé et consolidé dans le laboratoire de restauration du Musée national suisse. En 2003, à l'initiative du service susmentionné, une recherche en archéométallurgie fut entreprise. Les analyses montrèrent tout d'abord que l'on avait découvert non pas deux, mais quatre fours. Il s'agit là des installations d'époque romaine destinées au travail du fer les mieux conservées de Suisse.

L'Empa (Laboratoire fédéral d'essai des matériaux et de recherche) permit d'obtenir une reconstitution tridimensionnelle de deux de ces fours au moyen de l'enregistrement optique de leur forme et du transfert des données dans un système CAD. Cette reconstitution pourrait également être complétée par des simulations pyrotechniques et archéométallurgiques grâce au système CAD CATIA V5. En collaboration avec le Paul Scherrer Institut, on tenta également de préciser si les méthodes radiographiques sur les prélèvements pouvaient fournir des informations avant la fouille. Sur la base des analyses métallurgiques de scories et de fragments de fours pratiquées par l'Empa (Zentrum für Kulturgüteranalytik), il ressort que les fours doivent être interprétés comme des foyers de forge.

Glossar

CAD-System. Computer-aided-design-System; ermöglicht nicht nur die dreidimensionale Darstellung, sondern auch das Entwerfen, Ändern und Vermessen eines Körpers in jeglicher Lage und Vergrößerung. Das System passt voneinander abhängige Werte bei Änderungen automatisch an.

Fließtextur. Bereits von Auge sichtbare Anzeichen des Fließens von Schlacke, meist als Abstich in vielen einzelnen Flüssen oder Schüben aus einem Schmelzofen, vergleichbar mit Lavaflüssen aus einem Vulkan. Unter dem Mikroskop sind die einzelnen Schlackenflüsse klar voneinander unterscheidbar.

R i a s s u n t o

Lo scavo d'emergenza condotto alla fine dell'estate 2001 dal Servizio archeologico del Canton Zurigo ad Oberwinterthur, località Römerstrasse 155/157, ha portato al recupero di due fornaci del I sec. d.C. Una di esse fu estratta in blocco e sottoposta ad uno scavo parziale e ad un trattamento di conservazione in un laboratorio di restauro del Museo nazionale svizzero. Su iniziativa dello stesso Servizio archeologico, il rinvenimento fu poi sottoposto nel 2003 ad un'analisi dal profilo archeometallurgico. Si è così potuta dimostrare la presenza nel rinvenimento delle tracce di quattro anziché di due fornaci. Tali strutture possono essere considerate tra le testimonianze della lavorazione dei metalli meglio conservate per il periodo romano in Svizzera.

L'Empa (Laboratorio federale di ricerca sui materiali e tecnologia) ha fornito una ricostruzione tridimensionale di due delle fornaci mediante il rilevamento ottico delle forme e l'elaborazione su base CAD. Tale ricostruzione è ora disponibile su base CAD CATIA V5 per simulazioni pirotecniche e archeometallurgiche. In collaborazione con il Paul Scherrer Institut si è inoltre tentato di chiarire in quale misura metodi radiografici siano in grado di fornire informazioni utili ancora prima di procedere allo scavo di strutture estratte in blocco. Sulla base delle analisi metallurgiche delle scorie e di frammenti delle fornaci compiute presso l'Empa (Zentrum für Kulturgüteranalytik), le fornaci sono da interpretare come i resti di fucine.

Schlackenpropfen. Unmittelbar um den Lufteinlass im Ofen schmilzt die Ofenwand ab und verstopft damit die Düse – selbst bei modernen Schmelzöfen. Diese Ppropfen werden normalerweise periodisch entfernt.

Schlackenkalotte. In einer Schmiede-Esse bildet sich eine kalottenartige Ansammlung von verglühten Eisenteilen, Asche und keramischer Ofenauskleidung. Durch die hohen Temperaturen verschlackt dies alles zu einer mehr oder weniger homogenen Masse, welche als Abfallprodukt von Zeit zu Zeit aus der Esse entfernt wird.

Viskoser Zustand. Keramische und verschlackte Materialien haben bei hoher Temperatur, d.h. zwischen festem und flüssigem Zustand eine zum Teil längere Erweichungsphase. In diesen Zustand ist das Material zähflüssig und verformbar, ähnlich dem Glas des Glasbläser.