



# DÜPPEL JOURNAL

Archäologie | Geschichte | Naturkunde

2017

# WISSENSCHAFTLICHE BEITRÄGE

---



## AUSBRINGEN EINER EISENLUPPE MIT DEM RENNOFENTYP „GLIENICK“ IM MUSEUMSDORF DÜPPEL

Markolf Brumlich und Bernd Lychatz

### Abstract

*An experiment with a bloomery furnace type “Glienick” took place for the third time during the annual craft festival in the medieval open air museum “Museumsdorf Düppel” in Berlin. This time it was possible to further optimize the separation of slag and iron by improvements in the technique. In a 13 hour smelting process an iron bloom weighing 10.8 kg was produced from 48 kg of bog iron ore.*

In den vergangenen beiden Jahren wurde in dieser Publikationsreihe bereits über zwei Rennofenversuche berichtet, die im Zusammenhang mit dem Projekt A-5-1 „Iron smelting in the Teltow“ des Exzellenzclusters Topoi der Freien Universität Berlin in Kooperation mit dem Institut für Eisen- und Stahltechnologie der Technischen Universität Bergakademie Freiberg im Museumsdorf Düppel durchgeführt wurden (Bebermeier u. a. 2016, 169–175; Brumlich, Lychatz 2016; Brumlich, Lychatz 2017). Die Zielstellung der Versuche besteht darin, die Arbeitsweise eines während der vorrömischen Eisenzeit in der südlich von Berlin liegenden Grundmoränenlandschaft des Teltow verwendeten Rennofentyps zu testen. Dieser nach seinem ersten Fundort benannte Ofentyp „Glienick“ diente der eisenzeitlichen Bevölkerung über einen Zeitraum von mehreren Jahrhunderten hinweg zur Verhüttung der heimischen Raseneisenerze, die in den feuchten Niederungen der Region oberflächennah zu finden waren. Die Rennöfen besaßen eine spezielle Konstruktionsweise, die eine mehrfache Verwendung gestattete. Nach jedem Ofengang wurde die mit einem massiven Steinrahmen eingefasste Schlackengrube von einer vorgelagerten Arbeitsgrube aus geöffnet, die Eisenluppe entnommen und die Schlacke entfernt. Anschließend waren nach einigen Reparaturarbeiten weitere Ofengänge möglich. Aus dem erzeugten Luppen-eisen konnten Gegenstände wie Waffen, Werkzeuge und Trachtbestandteile hergestellt werden. Intensive Forschungen der letzten Jahre, die unter anderem im oben genannten Projekt des Exzellenzclusters Topoi stattfanden, haben gezeigt, dass die Eisenverhüttung wahrscheinlich in Arbeitsgemeinschaften aus mehreren kleinen Siedlungen organisiert war. Sie wurde von der ansässigen Bevölkerung im Rahmen der ansonsten agrarisch orientierten Subsistenzwirtschaft betrieben und diente maßgeblich der Deckung des Eigenbedarfes.

Abb. 1: Betrieb der beiden Blasebälge während der Nachheizphase  
Foto: M. Brumlich.  
Operation of the two bellows during the post-heating phase.



Nachdem der im Jahr 2015 im Museumsdorf gebaute Versuchsrennofen einmal betrieben und im darauffolgenden Jahr nach Ausbesserungsarbeiten wiederverwendet worden war (Versuche 4.1 und 4.2), wäre grundsätzlich auch noch mindestens ein weiterer Ofengang möglich gewesen. Allerdings ist der Ofenschacht beim Aufbrechen der Schlackengrube stärker als gewöhnlich beschädigt worden, so dass es ratsamer erschien, den Lehm-schacht komplett zu erneuern. Der Ofenschacht wurde daher im Frühjahr abgerissen und neu hochgezogen, wobei im Hinblick auf seine Form und Größe keine grundsätzlichen Änderungen vorgenommen wurden. Als Baumaterial diente Lehm mit einer Magerung aus Sand und Stroh. Der Aufbau des einen Meter hohen Schachtes, der in der unteren Hälfte konisch und in der oberen zunehmend zylindrisch gestaltet ist, erfolgte in bewährter Weise ohne ein hölzernes Stützgerüst aus Weidenruten oder ähnlichem, wie man es bei anderen Rennofenversuchen sonst häufig beobachten kann. Die am Schachtfuß 15 cm mächtige und an der Ofengicht, also dem oberen Rand des Schachtes, immerhin noch 9 cm starke Ofenwand ist aus Lehmblöcken gesetzt, die miteinander verknetet sind. Die Wandstärke und ein sukzessives Trockenbrennen des Lehms verleihen dem Ofenschacht auch ohne eine zusätzliche Substruktion ausreichende Stabilität. Die Schlackengrube blieb vorerst an der zur Arbeitsgrube hin gewandten Seite offen

Beim vorjährigen Versuch hatten sich während des Ofenganges Probleme mit der Konstruktion der Düsen ergeben, so dass der Luftzufuhr besondere Aufmerksamkeit zukam (Brumlich, Lychatz 2017, 57–59, Abb. 2). Über die Düsen wird dem Rennofen während des Verhüttungsprozesses mit handbetriebenen Blasebälgen die notwendige Verbrennungsluft zugeführt (Abb. 1). Der Durchmesser der Düsenkanäle des Versuchsrennofens beträgt 3 cm, dieses Maß wird von archäologischen Funden gestützt (Brumlich, Meyer, Lychatz 2012, 449, Abb. 14).



Abb. 2: Der nach dem Verhüttungsprozess aufgebrochene Rennofen. In der Schlackengrube sitzt unterhalb der rechts und links erkennbaren Düsen die Eisenluppe. Darunter befindet sich der Schlackenklotz, von dem bereits Teile entfernt sind. Foto: N. Wachholz

*The open furnace after the completed smelting process. The bloom in the slag pit below the tuyères visible on both sides. The slag block is situated underneath; some parts have already been removed.*

Zur Herstellung der Düsen setzt man in die Ofenwand entsprechend starke Rundhölzer ein, die nach dem Durchtrocknen des Lehms wieder herausgezogen werden. Für eine erfolgreiche Durchführung des Verhüttungsprozesses hat es sich im Verlauf der Versuchsreihe als günstig erwiesen, die Düsen in den Ofenraum hinein zu verlängern. Dafür werden aus der Ofenwand schnauzenförmige Stutzen von etwa 10 cm Länge herausgeformt. Durch diese Konstruktion werden die Hochtemperaturzonen, die vor den Düsenausgängen liegen, inklusive der sich hier vollziehenden Luppenbildung mehr in Richtung der Ofenmitte verschoben. Da die Düsen sehr hohen Temperaturen von bis zu  $1.400^{\circ}\text{C}$  ausgesetzt sind, benötigt der Lehm, aus dem sie geformt werden, eine spezielle Magerung. In der vorrömischen Eisenzeit hat man den archäologischen Funden nach als organisches Magerungsmittel Getreidespreu verwendet. Da solche nicht zur Verfügung stand, wurde auf handelsübliche Hanfstreu ausgewichen, da diese eine vergleichbare Beschaffenheit aufweist. Zusätzlich hat der Lehm eine starke mineralische Magerung aus Quarzsand bekommen. Quarz (Siliciumdioxid)

besitzt eine sehr hohe Temperaturbeständigkeit, der Schmelzpunkt liegt weit über den im Rennofen erreichten Temperaturen. Die Düsen sollen letzteren möglichst lange widerstehen, bevor sie von der FeO-haltigen Primärschlacke aufgelöst werden und sich zur Ofenwand hin verkürzen.

Wie bereits in den Vorjahren wurde die Schlackengrube des Rennofens, die eine Größe von  $44 \times 44$  cm aufweist und rund 40 cm tief ist, mit einer rostartig aufgeschichteten Füllung aus trockenem Roggenstroh ausgestattet, mit der die Ofencharge zu Beginn des Ofenganges oberhalb der Düsenebene gehalten wird. Diese Verfahrensweise ist für die vorrömische Eisenzeit durch Funde von Schlacken mit Halmabdrücken belegt, die sich auch bei den Versuchen feststellen lassen (Abb. 6). Nach dem Einbringen der Strohfüllung wurde die bis dahin noch offen gehaltene Schlackengrube mit Lehm und Steinen verschlossen.

Unmittelbar vor dem Ofengang (Versuch 5.1), der traditionell beim Handwerkerfest des Museumsdorfes stattfand, wurde auf die dichte Packung aus Stroh eine Lage von kleinstückiger Holzkohle aufgebracht, die auch die Düsen komplett abdeckte. Mit dieser Maßnahme kann ein zu frühes Verbrennen des Strohs verhindert werden. Auf die Holzkohleschüttung wurde durch die Ofengicht etwas glühende Holzkohle eingeworfen, der Betrieb der Blasebälge aufgenommen und der Ofenschacht nach dem Anfachen der Glut vollständig mit gröberer Holzkohle befüllt. Nun folgte ein etwas mehr als einstündiges Vorheizen des Rennofens, um diesen auf die nötige Betriebstemperatur zu bringen (Abb. 5). Die durch das Verbrennen der Holzkohle nachsackende Ofencharge wird im weiteren Verlauf immer wieder aufgefüllt.

**Abb. 3:** Bearbeitung der fast 11 kg schweren Eisenluppe auf einem Ambossstein neben dem Rennofen.

Foto: N. Wachholz  
Working the almost 11 kg iron bloom on an anvil stone next to the bloomery furnace.



**Abb. 4:** Querschnitt durch die Eisenluppe mit typisch schwammartiger Struktur. Im unteren Teil Einschlüsse von Holzkohlen.

Schnitt: TU BA Freiberg, IEST | Foto: M. Brumlich  
Cross section through the iron bloom with a typical spongy structure. At the bottom inclusions of charcoal.

bei der Auflösung der Düsen ist weiter oben bereits hingewiesen worden. Ansonsten war ein reibungsloser Ablauf des Verhüttungsprozesses festzustellen. Anders als bei den beiden vorangegangenen Versuchen blieben die zwei Düsen frei und setzten sich nicht mit Schlacke zu. Die Luppenbildung fand unterhalb der Düsenoberfläche statt. Nachdem 48 kg Raseneisenerz eingesetzt worden waren, wurde die Beschickung eingestellt und der Rennofen langsam heruntergefahren. Der Ofenbetrieb, bei dem 103,2 kg Holzkohle verbraucht worden sind, dauerte insgesamt 13 Stunden (Abb. 5).

Nach der Vorheizphase begann die Beschickung mit dem Raseneisenerz, das zuvor geröstet und anschließend klassiert worden ist. Die Körnung des Erzes hat bei diesem Versuch 1–3 cm betragen. Das Raseneisenerz wurde abwechselnd mit der verwendeten Buchenholzkohle in einem Gewichtsverhältnis von 1 : 1,5 chargiert. Nach etwa zweieinhalb Stunden der Beschickung mit Erz war eine stärkere Auflösung der beiden Düsen zu erkennen, die bis dahin den hohen Temperaturen weitgehend standgehalten hatten. Auf die Wirkung der sich bildenden Schlacke

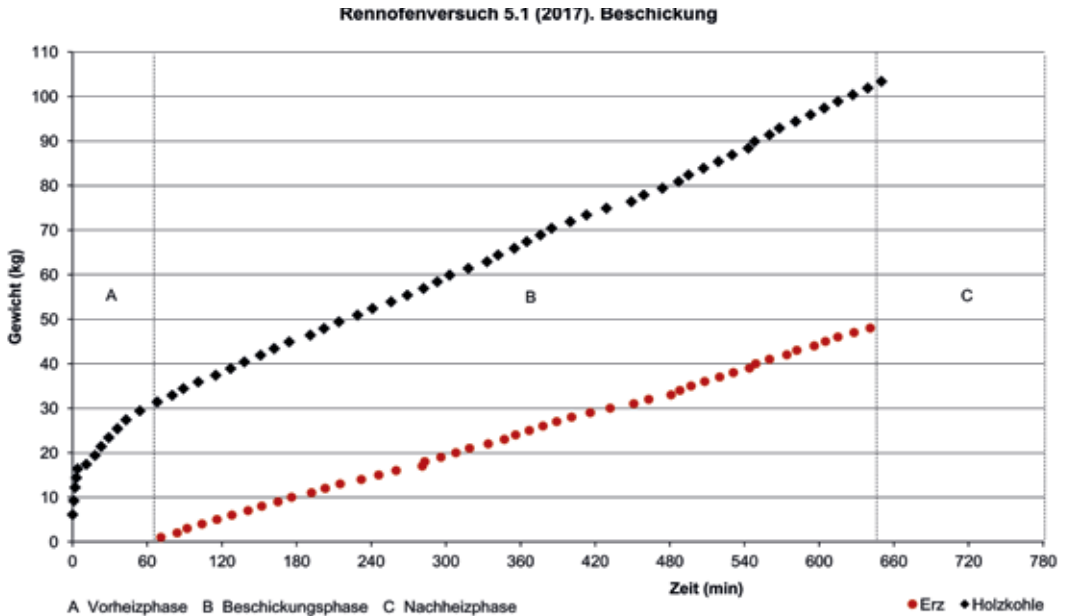


Abb. 5: Beschickungsregime des Rennofens mit Raseneisenerz und Holzkohle.

Grafik: M. Brumlich  
Charging the bloomery furnace: Weight of bog iron ore (red dot) and charcoal (black rhomb) as a function of time.

Nachdem die Ofencharge bis auf die Düsenebene heruntergebrannt war, konnte der Rennofen geöffnet werden. Die Lehmwand der Schlackengrube wurde aufgebrochen und die Steine, mit denen sie verschlossen war, entfernt. Wie sich zeigte, füllte ein Schlackenklotz die obere Hälfte der Schlackengrube aus, in der unteren befand sich nach wie vor die Strohfüllung, die zwar noch intakt, aber weitestgehend verkohlt war. Durch die reduzierenden Bedingungen in der Schlackengrube konnte das Stroh nicht verbrennen und ging erst jetzt durch den einströmenden Luftsauerstoff in Flammen auf. Der Schlackenklotz hatte die Schlackengrube bis an deren Seitenwände ausgefüllt und saß daher fest (Abb. 2). Zum Bergen der Eisenluppe, die sich an seiner Oberseite befand, musste er aber herausgelöst werden. In den Vorjahren hatte sich hierzu bereits die folgende Vorgehensweise bewährt: Durch den Ofenschacht wurde ein starkes Rundholz auf den Schlackenklotz aufgesetzt, um diesen von oben her mit Hammerschlägen loszulösen.

Nachdem zuerst nur Teile des Schlackenklotzes wegbrachen, löste sich schließlich ein großer zusammenhängender Block. Wie sich zeigte, handelte es sich bei diesem um die Luppe selbst, die unmittelbar unterhalb der Düsen gesessen hatte. Aufgrund ihrer Größe ist sie, ebenso wie der Schlackenklotz, auf beiden Seiten mit den Ofenwänden verbunden gewesen.

Die noch glühende Luppe wurde umgehend mit einer großen Zange auf einen Ambossstein neben dem Rennofen befördert und mit einem Vorschlaghammer verdichtet (Abb. 3). Dabei stellte sich heraus, dass sie fast keine Schlackenanhafungen aufwies, die abgetrennt werden mussten – die Trennung von Schlacke und Eisen ist demnach sehr gut gelungen.

*Abb. 6: Rennofenschlacke mit Abdrücken der Strohfällung der Schlacken-grube | Foto: M. Brumlich  
Iron smelting slag with impressions of the straw filling of the slag pit.*



Das Gewicht der Eisenluppe lag bei 10,8 kg, im Verhältnis zum eingesetzten Erz bedeutet dies ein Ausbringen von 22,5 %. Für eine Weiterverarbeitung hätte die Luppe aufgrund ihrer Größe nach der Bergung eigentlich geteilt werden müssen. Da die Teilung aber zugunsten einer wissenschaftlichen Auswertung und zur Erhaltung eines Belegstückes nicht vorgesehen war, wurde die Luppe vorerst in einem Stück belassen. Sie wurde nachfolgend am Institut für Eisen- und Stahltechnologie der Bergakademie Freiberg aufgeschnitten. Im Schnitt ist eine typisch schwammartige Struktur mit Hohlräumen und Holzkohleeinschlüssen zu erkennen (Abb. 4). Sich noch in Arbeit befindende Analysen werden unter anderem Informationen zum Kohlenstoffgehalt und damit zur Stahlqualität liefern.



Beim dritten Rennofenversuch im Museumsdorf Düppel konnte mit dem Ofentyp „Glienicke“ eine stattliche Eisenlupe ausgebracht werden. Es ist gelungen, den Prozess weitgehend zu optimieren, so dass weiteren erfolgreichen Versuchen prinzipiell nichts entgegensteht. Da die Aufnahmekapazität der Schlackengrube noch nicht erreicht wurde, gilt es zukünftig unter anderem zu testen, wo deren Grenzen liegen. Abschließend sei an dieser Stelle den vielen Helfern gedankt, ohne die eine Durchführung der Rennofenversuche nicht möglich wäre und die mit ihrer Arbeit – vor allem an den Blasebälgen – zu dem schönen Ergebnis beigetragen haben!

#### LITERATUR

BEBERMEIER, W. u. a. 2016: The Coming of Iron in a Comparative Perspective. In: Space and Knowledge. Topoi Research Group Articles, eTopoi. Journal for Ancient Studies, Special Volume 6 (2016), 152–189.

BRUMLICH, M., LYCHATZ, B. 2016: Experimentelle Verhüttung von Raseneisenerz mit einem eisenzeitlichen Rennofentyp des Teltow im Museumsdorf Düppel. In: Düppel Journal 2015, 2016, 58–62.

BRUMLICH, M., LYCHATZ, B. 2017: Trial and Error – ein neuer Rennofenversuch im Museumsdorf Düppel. In: Düppel Journal 2016, 2017, 56–61.

BRUMLICH, M., MEYER, M., LYCHATZ, B. 2012: Archäologische und archäometallurgische Untersuchungen zur latènezeitlichen Eisenverhüttung im nördlichen Mitteleuropa. In: Prähistorische Zeitschrift 87.2, 2012, 433–473.