

Experimentelle Archäologie – Bau und Betrieb eines Siegerländer Rennofens der Eisenzeit

Kreisfreie Stadt Hagen, Regierungsbezirk Arnsberg

Jennifer Garner,
Manuel Zeiler

In der jüngeren Eisenzeit rauchten im Siegerland die größten Verhüttungsöfen ihrer Epoche in Mitteleuropa. Sie sind wegen ihrer Birnenform, der enormen Ausmaße (1,20 m Innendurchmesser im Kuppelbereich; 1,50 m Höhe), eines angesetzten Schürkanals sowie der Anordnung der Düsen oben im Kuppelbereich im Vergleich zu gleichzeitigen Anlagen in Europa ungewöhnlich (Abb. 1). Sie wurden zwar durch zahlreiche archäologische Ausgrabungen untersucht, doch blieben viele Fragen zur Funktionsweise offen. Bisher misslungen archäologische Experimente mit diesem

Eine Forschungskoooperation aus LWL-Archäologie für Westfalen, Deutschem Bergbaumuseum Bochum, Römisch-Germanischem Zentralmuseum Mainz, LWL-Freilichtmuseum Hagen und der Ruhr-Universität Bochum nahm sich 2017 nach mehreren Jahren Planung dieser Thematik an und wurde von Studierenden der Ruhr-Universität Bochum sowie der Altertumskommission für Westfalen unterstützt. Die Experimente fanden im LWL-Freilichtmuseum Hagen statt, wobei die erste Phase mit dem Ofenbau vom 27. März bis zum 5. April erfolgte, während die zweite Pha-

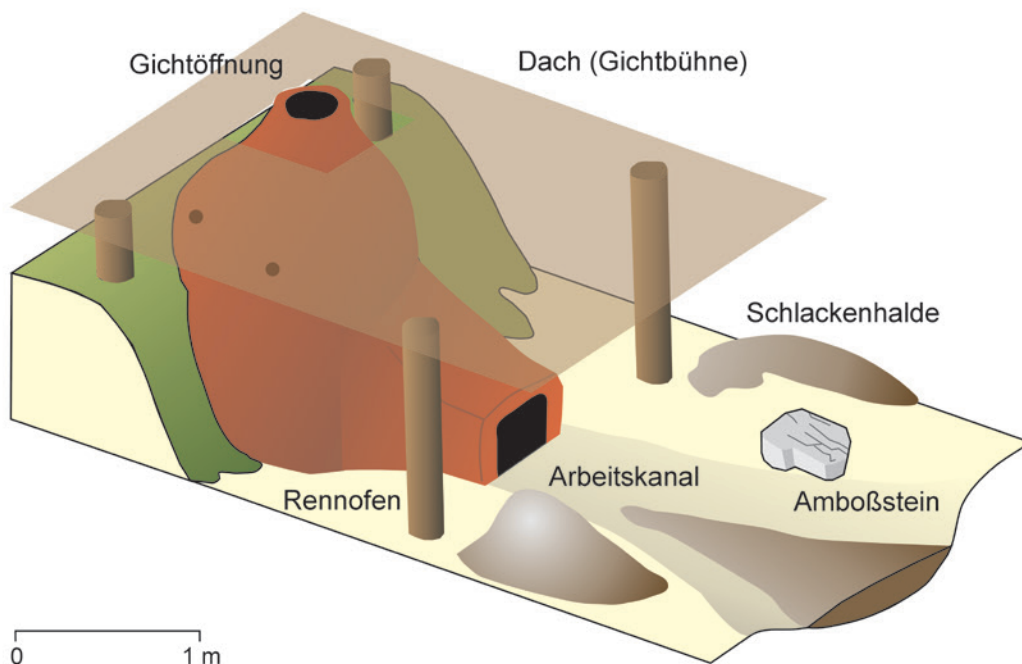


Abb. 1 Idealmodell eines Siegerländer Kuppelofens der jüngeren Eisenzeit nach archäologischen Befunden verschiedener Ausgrabungen (Grafik: LWL-Archäologie für Westfalen/M. Zeiler).

Ofentyp, da entweder keine befundgetreue Rekonstruktion umgesetzt worden war oder aber der hohe Aufwand lediglich zur Realisierung kleiner Ofenmodelle führte. Somit blieben der Aufwand zum Bau eines Ofens, die Betriebsabläufe während der Verhüttung, der Brennstoffbedarf oder die tatsächlich mögliche Produktionsmenge unbekannt. Um aber eine konkrete Vorstellung von der Organisation der eisenzeitlichen Hüttenwerke zu bekommen sowie ihre ökonomische Bedeutung abzuschätzen, sind archäologische Experimente unbedingt notwendig.

se mit den eigentlichen Verhüttungsversuchen vom 19. bis 29. August durchgeführt wurde.

Beim Ofenbau wurden Ausgrabungsergebnisse als Vorbilder umgesetzt. Hierzu konnte Heinz Hadem aus Siegen-Oberschelden als Bauleiter gewonnen werden, der schon zahlreiche große Verhüttungsöfen errichtet hatte (Abb. 2). Mehr als drei Tonnen Material wurden verarbeitet, sodass bereits Rückschlüsse auf die enormen Mengen, die gewonnen, herbeigeschafft und aufbereitet werden mussten, gezogen werden konnten. Ab August fanden innerhalb von zehn Tagen die Verhüttungs-

Abb. 2 Heinz Hadem zusammen mit Studierenden beim Ofenbau (Foto: Deutsches Bergbau-Museum Bochum/J. Garner).



vorgänge statt. Als Brennmaterial diente Holz, da für die Eisenzeit des Siegerlandes keine Meiler nachgewiesen sind. Während der Verhüttungsvorgänge wurde ständig die Temperatur mithilfe von Sensoren an verschiedenen Ofenpositionen gemessen, ebenso die Atmo-

teigigen Zustand zu metallischem Eisen (die sogenannte Luppe) umgewandelt hat, während gleichzeitig die unerwünschten Bestandteile des Erzes als flüssige Schlacke abgeführt werden (daher der Name »Rennfeuer« vom Rennen = Rinnen der Schlacke). Anschließend wird die Luppe, die eher einen heterogenen Eisenklumpen darstellt, durchsetzt mit ungeschmolzenen Erzstückchen, Schlacken und Holzkohlen, durch mechanisches Ausschmieden von den Verunreinigungen befreit.

Bei dem Rennfeuerverfahren muss die Temperatur hoch genug sein, damit die Schlacke schmelzen kann (über 1000 °C), aber nicht zu hoch, da sonst auch das Eisen schmilzt und man in diesem Fall kein schmiedbares Eisen, sondern Roheisen erhält (ab 1200 °C), welches von den eisenzeitlichen Hüttenleuten entsorgt wurde. Um ausreichend Temperatur zu bekommen, braucht man Sauerstoff im Ofen, hat man jedoch dort zu viel Sauerstoff, wird dem Erz nicht länger Sauerstoff entzogen und die Umwandlung zum schmiedbaren Eisen setzt aus.

Drei Verhüttungsdurchläufe wurden mit und ohne Gebläse durchgeführt.

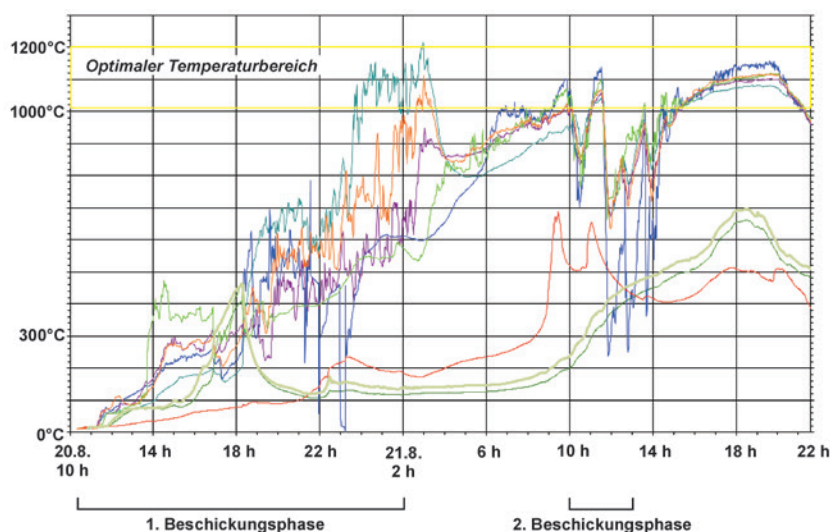
Das Diagramm des aussagekräftigsten Verhüttungsversuchs (Abb. 3) zeigt die Temperaturkurven der verschiedenen Messsonden parallel zur Zeitachse. Nachdem der Ofen um 10 Uhr entzündet wurde, waren um 24 Uhr 1100 °C erreicht (Abb. 4), die allerdings bis 3 Uhr, dem Ende der Beschickungsphase, nie konstant waren – die Temperaturen schwankten ständig zwischen 900 °C und über 1200 °C. Ab diesem Zeitpunkt stiegen alle Temperaturkurven kontinuierlich an, obwohl weder Brennstoff eingegeben, noch Luft eingeblasen wurde. Um 10 Uhr am folgenden Morgen zeigten fast alle Sensoren über 1000 °C an und zugleich herrschten die gewünschten, extrem reduzierenden Bedingungen im Ofen. Aufgrund dessen wurde zu diesem Zeitpunkt die Beschickung neu begonnen (Abb. 5). Während der gesamten nun folgenden Beschickungsphase (zwischen 11 und 14 Uhr) blieben die Temperaturen nie konstant hoch, sondern schwankten stark. Erst nach dem Beschickungsende stellten sich langsam von selbst ideale Bedingungen ein, die ohne Zutun bis 20.30 Uhr konstant blieben.

Als erstes Fazit lässt sich aus dem Experiment ziehen, dass beim Beschicken unabhängig vom Einsatz von Gebläsen nur selten die 1000 °C-Marke erreicht wurde. Die Gebläse führten nur zu einem sehr hohen Brenn-

sphäre (CO-Gehalt) im Inneren. Eine Wetterstation registrierte die Umgebung, ebenso fand eine detaillierte Dokumentation des Erz- und Brennstoffverbrauchs statt.

Um die Herausforderung des Experimentes in Hagen zu verstehen, ist es wichtig, die erzielten chemischen Abläufe im Ofen zu kennen: Während der Verhüttung wird Erz, in dem das Eisen zumeist als Eisenoxid mit verschiedenen Mineralen und Gesteinen verwachsen ist, von dem Restgestein getrennt. Dies geschieht unter reduzierenden Bedingungen, d. h. dem Erz wird permanent Sauerstoff entzogen, bis sich das Erz im noch fest-

Abb. 3 Diagramm der Temperaturmessung eines Verhüttungsversuches (Grafik: Römisch-Germanisches Zentralmuseum Mainz/E. Hanning).



materialverbrauch, aber nicht zu konstanten Temperaturen: Das Holz wurde nur zu Asche verbrannt. Folglich produzierten wir hierbei wenig Luppe. Erst als das Holz nach der Beschickung ausreichend Zeit hatte, im Ofen zunächst zu verkohlen, stiegen die Temperaturen und reduzierende Bedingungen setzen ein. Möglicherweise führte die Größe des Ofens dazu, dass sich ideale Bedingungen von selbst einpendelten. Demnach besteht die Verhüttung zunächst aus der Verkohlungs des Holzes im Ofen sowie dem eigenständigen Einstellen des Ofens in eine geeignete Verhüttungsatmosphäre, woran sich die eigentliche Verhüttung erst anschließt. Um diese Hypothese zu prüfen, werden im Juli 2018 die Versuche in Hagen fortgeführt.



Summary

An Iron Age bloomery furnace from Siegerland region was built and tested in an archaeological experiment 2017. This kind of furnaces is special because of the huge size, the shape similar like a pear and the position of the tuyeres in the upper zone of the furnace. More than three tons of material was needed for building. The furnace could be used as a kiln for charcoal. Surprisingly the smelting experiments showed, that no bellows were needed and the right temperatures and atmosphere adjust of its own during the long phase of burning.



Samenvatting

2017 wurde in einem archäologischen Experiment ein eisenzeitlicher Rennofen des Siegerlandes nachgebaut und betrieben, der durch seine Form und sein großes Volumen ungewöhnlich ist. Der Ofenbau war aufwendig und benötigte mehrere Tonnen an Baumaterial. Die Verhüttungsexperimente bewiesen, dass der Ofen als Meiler taugt, konnten jedoch nur wenig Luppe erzeugen. Die Experimente zeigten, dass der Ofen nahezu von selbst bei langer Heizphase ideale Temperaturen und Atmosphäre entwickeln kann.

Literatur

Jennifer Garner u. a., Forschungen zur eisenzeitlichen Produktion und Distribution von Stahl aus dem Siegerland. Archäologie in Westfalen-Lippe 2012, 2013, 53–57. – **Manuel Zeiler**, Latènezeitliche Eisenwirtschaft im Siegerland. Bericht über die montanarchäologischen Forschungen 2009–2011. Metalla 20/1 (Bochum 2013). – **Jennifer Garner**, Eisengewinnung im Siegerland. In: Jürgen Gaffrey/Eva Cichy/Manuel Zeiler, Westfalen in der Eisenzeit (Darmstadt 2015) 132–133. – **Stephanie Menic**, Die latènezeitliche Eisenproduktion im Siegerland. Chaîne opératoire und Ökonometrie der Prozessschritte. Studien zur Montanlandschaft Siegerland 2. Der Anschnitt, Beiheft 32 (Bochum 2016).

Abb. 4 Verhüttungsexperiment während der Nacht (Foto: LWL-Archäologie für Westfalen/M. Zeiler).

Abb. 5 (links) Beschickung des Ofens mit Holz und zeitgleiche Protokollierung der Menge (Foto: Deutsches Bergbau-Museum Bochum/J. Garner)