

Naturwissenschaftliche Untersuchungen an einem Eisenklotz von Bad Wimpfen, Baden-Württemberg

G. Gassmann & A. Hauptmann

Bei archäologischen Ausgrabungen im römischen Vicus von Bad Wimpfen fand sich bei der Grabungskampagne 1984 ein schwerer Eisenklotz, der am Deutschen Bergbau-Museum in Bochum naturwissenschaftlich untersucht wurde.

Das Stück wurde am rückwärtigen Teil eines Streifenhauses geborgen, etwa 10 m östlich einer Werkstatt zur Buntmetallverarbeitung, in der sich ein mehrphasig benutzter Schmelzofen befand (Filgis 1990). Die Fundsituation über einer durch Feuereinwirkung zerstörten Wand eines Holzfachwerkgebäudes läßt vermuten, daß das Stück eventuell verschleppt wurde. In angrenzenden Gebäuden standen mehrere Töpferöfen, die auf einen Handwerksbezirk innerhalb des Vicus schließen lassen. Während eines Brandes in der zweiten Hälfte des 2. Jahrhunderts n.Chr. scheinen große Teile des Viertels zerstört worden zu sein, der große Eisenklotz gelangte hierbei in die spätere Fundlage (Filgis mdl. Mitt.).

Makroskopische Ansprache

Bei dem untersuchten Fundstück handelt es sich um einen 23,3 kg schweren, 39 cm langen, 24 cm breiten und 9 cm dicken, in Längsrichtung zu einer Seite aufgewölbten und schwalbenschwanzförmig eingekerbten Eisenklotz. Die Oberseite ist mit Ausnahme einer korrodierten Schweißnaht im Bereich der Einkerbung relativ glatt und mit einer partiell noch anhaftenden mehrere Millimeter dicken Zunderschicht versehen. An der asymmetrisch konvexen rauhen Unterseite haftet eine versprödete und zerfurchte graue Schicht aus Zunder mit eingestreutem verziegeltem Lehm (Abb. 1). Die längsseitigen Ränder sind wie die Unterseite mit Zunder überzogen, eine Seite ist nach unten künstlich umgebogen. Der eine schmalseitige Rand weist eine schräg zur Oberfläche, vielleicht an einer Schweißnaht verlaufende (alte?) Bruchfläche auf, die mit einer dünnen Zunderschicht überzogen ist. Die andere Schmalseite zeigt eine schwalbenschwanzförmige Einkerbung, die vermutlich durch den Ausbruch einer durch Korrosion aufgeweiteten Schweißnaht sekundär entstanden ist. Einen Teil des "Schwalbenschwanzes" bildet ein 8 cm x 7 cm x 3 cm großes Eisenstück, das an den großen Klotz lose

angeschweißt wurde. An der glatten Oberseite verzahnt sich die bereits erwähnte Zunderschicht mit der Schweißnaht, deren Verlauf an den Resten des rötlich verziegelten Schweißmittels entlang der Einkerbung verfolgt werden kann. Makroskopisch läßt sich nicht feststellen, ob die Zunderschicht bereits während des Schweißens oder erst später entstanden ist.

Internstruktur

Zur Untersuchung der Internstruktur wurde ein anpolierter Längsschnitt angefertigt. Im Schnitt läßt sich erkennen, daß der Klotz von der Oberseite durch intensives Schmieden so stark verdichtet wurde, daß sich eine sehr stabile obere Schicht über einem poröseren, mit Schlacken und Eisenoxiden schwammartig durchgezogenen unteren Teil gebildet hat. Die Anordnung der Hohlräume läßt darauf schließen, daß das Stück aus mehreren verschweißten und zusammengeschiedeten Rennfeuerluppen besteht, wobei die großflächig auftretende, tief eingedrungene dicke Zunderschicht erst während eines späteren Vorgangs entstanden sein kann. Gefüge einzelner Luppen haben sich bevorzugt im unteren Teil noch fragmentisch erhalten, ähnlich wie bei Eisenträgern von der Saalburg beobachtet (Rehren & Hauptmann 1994 mit weiterer Literatur).

Detailuntersuchungen

Von mehreren Stellen des Anschnitts wurden Proben für Dünn- und Anschliffe und für chemische Analysen entnommen. Die Schliffe wurden lichtmikroskopisch im Durch- und Auflicht und am Rasterelektronenmikroskop mit der EDX-Methode untersucht, Proben des metallischen Eisens mittels AAS analysiert.

Chemismus

Zwei Eisenproben mit nur geringen makroskopisch sichtbaren Verunreinigungen wurden auf ihren Pauschalchemismus untersucht (Tab. 1). Analysensummen von unter 100 % ergaben sich, weil eventuell



Abb. 1a: Eisenklotz, Bad Wimpfen, Gesamtansicht, Oberseite.



Abb. 1b: Eisenklotz, Bad Wimpfen, Gesamtansicht, Unterseite.

vorhandene Eisenoxide als reines Metall berechnet sind (Tab. 1). Aufgrund des geringen Kohlenstoffgehaltes von 0,09 % und 0,1 % lassen sich die Proben als Schmiedeeisen klassifizieren. Der Phosphorgehalt beträgt 0,3 % bzw. 0,5 %. Der Nickelanteil liegt zwischen 2000 ppm und 2500 ppm. Ein Si-Wert von 4500 ppm in der Probe D-77/1 ist wahrscheinlich auf einen Schlackeneinschluß zurückzuführen, da auch die Mangan- und Arsengehalte in dieser Probe deutlich erhöht sind sowie die Analysensumme niedriger liegt als bei der anderen analysierten Probe. Der Neben- und Spurenelementgehalt der Proben weist grundsätzliche Ähnlichkeiten mit Analysen von römischen Eisenträgern von der Saalburg und aus Xanten auf (Krapp 1987; Rehren & Hauptmann 1994), je-

doch liegen die Nickelgehalte in dem hier vorgestellten Stück rund doppelt so hoch wie in den Proben von der Saalburg.

Mikrogefüge

Das metallische Eisen liegt in allen untersuchten Proben als zusammengesinterte isometrische Ferritkörner mit sporadischer Zementitbildung in den Restzwickeln vor. Die Gestalt der Ferritkörner ist typisch für im Rennfeuer entstandenes Luppeneisen, ebenso eingeschlossene Schlackenfragmente, die sich neben vorherrschendem Fayalit aus Wüstit/Magnetit und Hercynit in glasiger Matrix zusammensetzen. Die

Schlackeneinschlüsse sind im verdichteten Oberteil des Eisenblocks als Folge intensiven Schmiedens parallel zur Oberfläche eingeregelt. Unaufgeschmolzene Quarzkörner und Tonminerale, die gelegentlich in Eisenhydroxidrändern auftreten, werden als reliktsches Schweißmittel interpretiert.

Korrosion

Vor allem in den von der Unterseite des Blockes entnommenen Proben ist der ursprüngliche Ferrit großflächig zu Magnetit oxidiert und randlich und entlang von Rissen weiter zu Hämatit umgewandelt. Die Korrosion geht vor allem von den Schlackeneinschlüssen, gelegentlich auch von den Korngrenzen

zwischen den Ferritkristallen aus (Abb. 2). Als Säume finden sich bisweilen rundliche, perlschnurartig entlang der Korngrenzen aufgereichte Eisenphosphate (Abb. 3), die vielleicht durch Oxidation des im Eisen vorliegenden Phosphors entstanden sind, verbunden mit einer Volumenvergrößerung. Schlackeneinschlüsse sind oft in Magnetit eingebettet und von einem Geflecht feiner, mit Magnetit ausgefüllter Haarrisse zerfurcht (Abb. 4). Mit der Umwandlung des Ferrits in Magnetit geht eine weitere Volumenvergrößerung und Rißbildung einher. Die Korrosionsprodukte sind vermutlich schon während der Benutzung in einem Hochtemperaturbereich unterhalb des Schmelzpunktes von Fayalitschlacken entstanden. Eine Entstehung beim Schmieden ist hingegen nicht anzunehmen, da hierbei die an der Unterseite an-

Abb. 2: Schlackeneinschlüsse (dunkel) als Keime zur Umwandlung von Ferrit (weiß) zu Magnetit (hellgrau). Als Schlackenphasen treten Fayalit mit Magnetit und Hercynit in glasiger Matrix auf. Entlang von Rissen wurde Magnetit in Hämatit (rechts, heller grau) umgewandelt. Auflichtmikroskop, 30fache Vergrößerung, Probe D-77/3.

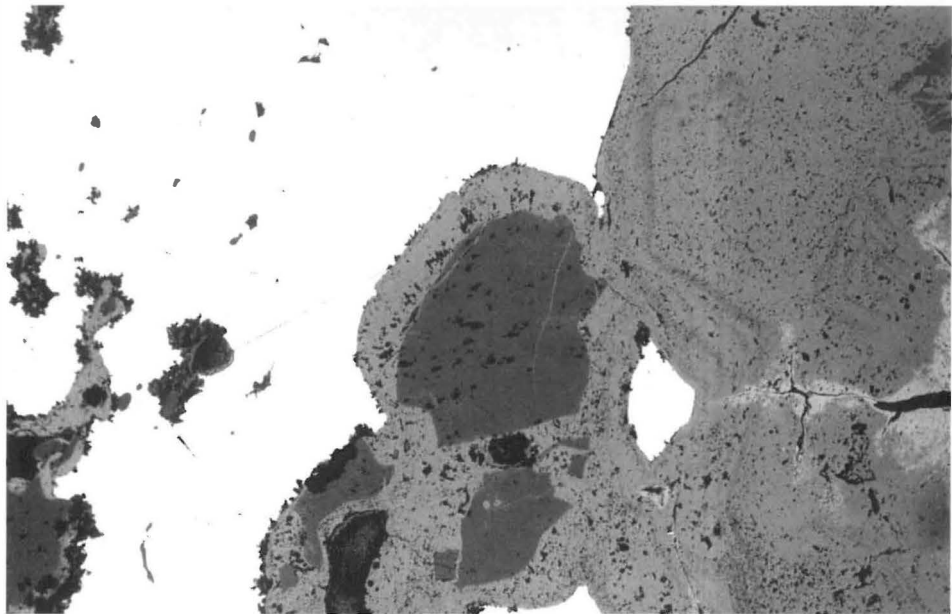
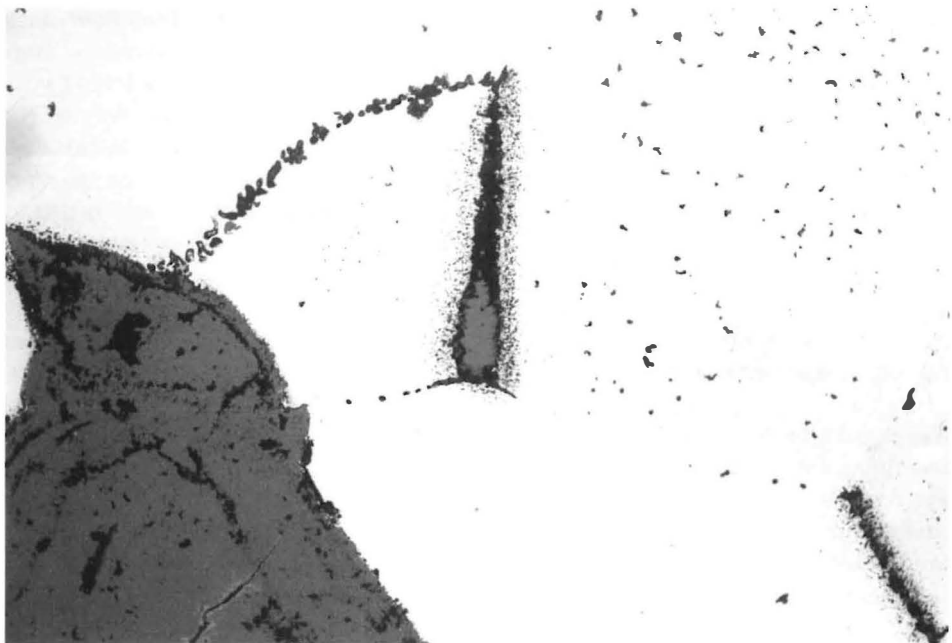


Abb. 3: Ferritisches Eisen (hell) mit Magnetitbildung (grau) an den Korngrenzen und um Schlackeneinschlüsse. Magnetit wird stellenweise von Phosphat-säumen (dunkle Flecken) umgeben. Die dunklen im Ferrit enthaltenen Punkte sind ebenfalls Phosphate. Auflichtmikroskop, 100fache Vergrößerung, Probe D-77/2.



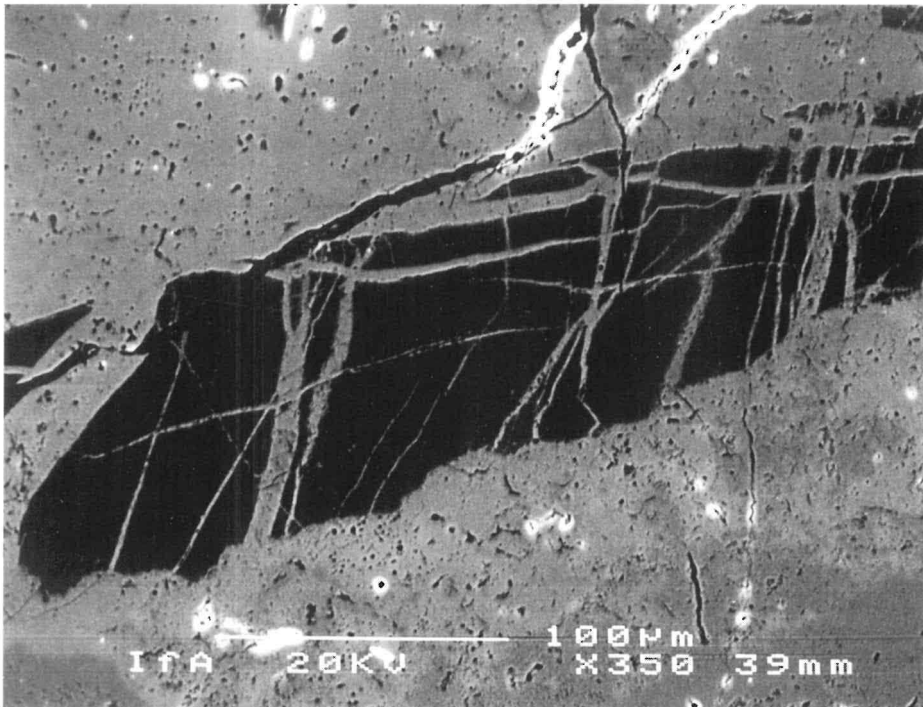


Abb. 4: Schlackeneinschluß (dunkel) in Magnetit (hellgrau). Der Einschluß ist von zahlreichen Haarrissen durchzogen, die mit Magnetit ausgefüllt sind. Mit der Durchdringung findet eine Volumenvergrößerung statt. REM-Aufnahme, Rückstreuelektronenbild, Probe D-77/2.

haftende Zunderschicht weitgehend entfernt worden wäre. Vermutlich erst nach der Einbettung am Fundort sind Eisenhydroxidsäume im Randbereich des Eisenklotzes und in Hohlräumen entstanden.

Deutung

Bei dem Eisenklotz von Bad Wimpfen könnte es sich in Einklang mit Baatz (1991: 38) um das "laschenartig abgerissene Stück der verdichteten Außenschicht" jener bis zu 350 kg (Becker & Dick 1965) schweren Eisenträger handeln, die aus einer Vielzahl von Deutungsversuchen glaubhaft als eiserne Stützpfeiler mit Querträgern in den Heizräumen römischer Thermen anzusiedeln sind (Tylecote 1962; Baatz 1991; Rehren & Hauptmann 1994).

Vergleichsbeispiele finden sich bei Baatz (1991), die bekanntesten Funde stammen aus Xanten, von der Saalburg, aus Catterick und aus Corbridge. Baatz vermutet, daß Eisenbalken und Gabelträger ein hitzefestes schweres Trägersystem bildeten, das hohe Lasten aufnehmen konnte, ohne sich zu verformen und vermutlich im Heizkanal großer Thermen im Bereich des Caldariums zur Stütze des großen Wasserbeckens eingebaut war.

Wichtige Argumente für die Deutung des Wimpfener Eisenblocks als Eisenträgerfragment sind die einseitige starke Verdichtung, die Größe, das Gewicht, das Interngefüge und die Korrosionserscheinungen. Mit einer größten Breite des Klotzes von 24 cm und wenigstens einseitig noch erkennbarer Umbiegung läßt er sich zwanglos in das Ensemble der Träger aus Xan-

ten einordnen. Becker & Dick (1965) weisen darauf hin, daß diese Blöcke in Einzelteile von ca. 20 kg zerfallen, Baatz (1991: 28) beschreibt von der Saalburg Trägerfragmente bis zu 40 kg Gewicht, die unförmig zerbrochen sind. Dank des Entgegenkommens von Prof. Baatz konnten diese Referenzstücke im Saalburgmuseum eingesehen werden. Bemerkenswert ist, daß die äußere Form infolge Korrosion überprägt wurde, wobei scharfe Kanten teilweise verschwunden sind. Durch Volumenzunahme infolge Korrosion wurden Deformationen und Aufwölbungen verursacht, die schließlich zum Auseinanderbrechen führen konnten. Die einseitige Biegung des Wimpfener Stückes könnte sich so erklären lassen, wenn es sich nicht um das Fragment eines Fußteiles handelt. Der äußere Neigungswinkel stimmt bemerkenswert gut mit dem Fußteil S 1112 von der Saalburg überein.

Andere Stücke von der Saalburg zeigen an der Innenseite ähnliche Verzunderungen wie der Wimpfener Eisenklotz. Auch die an der Rückseite haftenden Verziegelungen mit vielen Quarzeinschlüssen, die als Schweißmittelreste gedeutet werden, kommen an Exemplaren von der Saalburg vor (S 002, S 004 u.a.). Entlang der Schweißnähte konnte von innen her die Korrosion angreifen und zum Abplatzen führen. Die innere Zersetzung liegt in der Konstruktion der Träger begründet, da diese eine verdichtete Außenschicht und einen nur locker zusammengefügt Kernbereich aufweisen (Rehren & Hauptmann 1993). Die Tragfähigkeit basiert auf der dichten Außenschicht, ähnlich einem Metallrohr, dem Kern kommt lediglich die Aufgabe zu, einzelne Bestandteile mehr oder weniger fest zusammenzuhalten. Diese Bauweise bringt enorme Material- und Gewichtsparsnis, ohne daß

Nummer	Fundort	Fe (%)	Cu (ppm)	Ni (ppm)	CO (ppm)	Mn (ppm)	P (%)	Si (ppm)	As (ppm)	S (%)	S (%)
D-77/1	Bad Wimpfen	96,5	320	2470	295	160	0,300	4500	480	0,065	0,090
D-77/2	Bad Wimpfen	98,2	285	2045	220	60	0,500	200	255	0,055	0,100
D-28/1a	Saalburg		190	895	110	50	0,244	2270	230	n.a	n.a.
	Corbridge		100	n.a.	n.a.	400	0,044	460	250	0,025	0,097
	Xanten		n.a.	2200	n.a.	800	0,470	1000	n.a.	0,100	0,002

Tabelle 1: AAS-Analysen von Eisenbalken aus Bad Wimpfen mit publizierten Analysen von Vergleichsstücken aus der Saalburg, Corbridge (England) und Xanten.

die Funktion beeinträchtigt wird. Ein Nachteil der Fertigungsweise ist die großflächige Angriffsmöglichkeit von Oxidantien im porösen Innenbereich, wodurch eine langsame Materialzerstörung verursacht wird. Es sind nur wenige Eisenträger überliefert, die nicht durch Korrosion in Mitleidenschaft gezogen sind.

Die Korrosionserscheinungen an dem Eisenblock von Bad Wimpfen können bei Temperaturen von mehreren hundert Grad über lange Zeit im Heizkanal entstanden sein. Hierfür spricht die Bildung von Magnetit und die Umwandlung zu Hämatit, von der die untersuchten Proben tiefgreifend erfaßt worden sind.

Die Untersuchung des Eisenklotzes erlaubt über die Deutung als Eisenträgerfragment hinaus allgemeine Hinweise auf deren Fertigungstechnik. Ein Gußverfahren, wie es von Krapp (1987) vorgeschlagen wird, ist wenig einleuchtend (Rehren & Hauptmann 1994), vielmehr ist ein hochentwickeltes Schmiedeverfahren anzunehmen (Tylecote 1962; Becker & Dick 1965; Wright 1972; Hauptmann & Maddin 1991 und Rehren & Hauptmann 1994). Die Beobachtung, daß sich die Eisenbalken gerne in bis zu 40 kg schwere Bestandteile zersetzen, läßt sich vielleicht dadurch erklären, daß zunächst mehrere Rennfeuerluppen zu solchen größeren Einheiten verschmiedet wurden, aus welchen man ein Gerüst mit verdichteter Außenwand zusammenfügen konnte. Die Bauteile des Außengerüsts wurden vermutlich in einem zweiten Arbeitsschritt miteinander und mit dem porösen Kernmaterial verschweißt, um Stück für Stück den Träger in seiner ganzen Länge aufzubauen. Das Zusammensetzen aus größeren Einzelteilen bringt den Vorteil, nicht immer das ganze Werkstück auf Schweißtemperatur bringen zu müssen, bis zur Endmontage mit leichteren Einheiten arbeiten zu können und räumlich so unabhängig zu sein, daß diese Vorarbeiten in jeder beliebigen Werkstatt durchgeführt werden konnten.

Wie sich die Endmontage gestaltet haben könnte, ist noch nicht ganz geklärt, immerhin galt es hier-

bei bis zu 350 kg schwere Träger im Schmiedefeuereinsatz zu handhaben, wobei neben dem Gewichtsproblem vor allem das Erhitzen und die enorme Wärmeabstrahlung beherrscht werden mußten, die ein längeres Verweilen in der Nähe des Werkstückes ohne geeignete Schutzmaßnahmen kaum zuließ. Ein Befund aus Corbridge (Tylecote 1962) erbrachte einen in situ senkrecht in einem gigantischen Schmiedeofen stehenden Eisenbalken, der noch nicht vollständig fertiggestellt war. Ob dieses Teil jedoch im Ofen nur erhitzt oder in senkrechter Stellung geschmiedet wurde, bleibt ungeklärt. Der Schmiedeofen befand sich in unmittelbarer Nähe eines Badegebäudes, für das der Träger vermutlich produziert wurde.

Es ist anzunehmen, daß zur Herstellung der Eisenbalken, aufgrund des schwierigen Transports der kompletten Balken, Material in kleineren Einheiten zum Verwendungsort transportiert und erst dort in seine endgültige Form gebracht wurde. Hierbei könnte während der Römerzeit Eisen nicht nur als Barren in Umlauf gewesen sein, sondern, wenigstens zur Herstellung der Eisenbalken, auch als Luppen oder aus mehreren Luppen verschweißte Halbfabrikate.

Wenn es sich bei dem Eisenblock von Bad Wimpfen tatsächlich um ein vielleicht sekundär verwendetes Eisenträgerfragment handelt, so müßte sich auch das zugehörige Bad finden lassen, in dem der Träger einst gestanden hat.

Summary

Excavations at a Roman vicus at Bad Wimpfen (Baden-Württemberg) produced a distinctly shaped iron lump, about 23 kg in weight and measuring 39 by 24 by 9 cm. It was found within an area which also contained non-ferrous metallurgical debris and pottery kilns. The entire area was destroyed by a fire in the second half of the 2nd century AD.

Macroscopic inspection of the shape and structure of the object, chemical analyses of two metal samples and microscopic investigation of various me-

tallographic mounts showed that the object consists of several ferritic iron blooms. It has a characteristic scaling at its surfaces and around some slag inclusions within the metal. This corrosion pattern of mainly magnetite with some superficial hematite formation is interpreted as due to prolonged heating at medium high temperatures. By comparison with several similar though better preserved objects, it is concluded that this piece originally formed part of a Roman architectural iron beam or pillar, probably related to a bath house.

Literatur

- Baatz, D. (1991): Die schweren Eisenträger von der Saalburg. Zur Form, Funktion und Metallurgie. *Saalburg-Jahrbuch* 46, 24-38.
- Becker, G. & Dick, W. (1965): Metallkundliche Untersuchungen einiger am Niederrhein gefundener Eisenblöcke aus der Römerzeit. *Archiv für das Eisenhüttenwesen* 36, 537-542.
- Filgis, M.N. (1990): Baubefunde von Metallhandwerkern und Kalkbrennern im römischen Wimpfen, Kreis Heilbronn. In: *Bautechnik der Antike. Internationales Kolloquium in Berlin vom 15.-17. Februar 1990*, 38-40.
- Hauptmann, A. & Maddin, R. (1991): Interim report on section of beam S 1112 from Limeskastell Saalburg. *Saalburg-Jahrbuch* 46, 38-40.
- Krapp, H. (1987): Metallurgisches zu zwei Eisenblöcken römischen Ursprungs. *Radex-Rundschau*, 315-330.
- Rehren, Th. & Hauptmann, A. (1994): Römische Eisenblöcke von der Saalburg: Untersuchungen zur Fertigungstechnik. *Saalburg-Jahrbuch* 47, 79-85.
- Tylecote, R.F. (1962): *Metallurgy in Archaeology*. London.
- Wachter, J.S. (1971): Roman Iron Beams. *Britannia* 2, 200-202.
- Wright, J.H. (1972): Metallurgical examination of a Roman iron beam from Catterick Bridge, Yorkshire. *Historical Metallurgy* 6, 24-27.

Anschriften der Verfasser

Dr. Guntram Gassmann, Wilonstraße 203, 72072 Tübingen.

PD Dr. Andreas Hauptmann, Institut für Archäometallurgie, Deutsches Bergbau-Museum, Herner Straße 45, 44787 Bochum.

metallum, i, n:
Grube, Bergwerk (oft pl.);
Metall, auch Gestein, Mineral

μεταλλον, το:
Grube, Stollen;
bsd. a) Bergwerk (meist pl.)
b) Steinbruch



Inhalt

Seite

G. Gassmann & A. Hauptmann <i>Naturwissenschaftliche Untersuchungen an einem Eisenklotz von Bad Wimpfen, Baden-Württemberg</i>	57
Th. Rehren <i>Die Zusammensetzung einiger germanischer und römischer Bleifunde aus Nordrhein-Westfalen</i>	63
E. Auer, Th. Rehren, A. von Bohlen, D. Kirchner & R. Klockenkämper <i>Über die Herstellung und Zusammensetzung der ersten Platinmünzen in Rußland</i>	71