

Arbeitsprozessen zur Sicherung der Grundversorgung freigestellt und von der Gemeinschaft ökonomisch getragen wurden.

Im Kapitel 9 fasst die Autorin die Angaben zu den bearbeiteten Funden in einer Fundliste zusammen. Es ist kein detaillierter Katalog, sondern lediglich eine verkürzte Auflistung der wichtigsten Angaben einschließlich der Literatur zu den bearbeiteten Fundorten. Das Literaturverzeichnis (Kapitel 10) sei hervorgehoben, da es eine umfangreiche Sammlung zu Fragen der Metalltechnik umfasst und damit einen Einstieg und Fundus für das Thema bildet.

Geringfügige Fehler, wie zum Beispiel auf Seite 20, Anm. 16 Macro-Photographie, statt wie nur wenige Zeilen darüber auf der selben Seite Makrophotographie, oder auf Tafel 40, wo die Abb. 3 und 4 vertauscht sind, und auf Seite 131, Anm. 181 die Schreibweise von Vinelz, fallen nicht weiter ins Gewicht. Die etwas flauen Schwarzweißabbildungen, dies gilt besonders für die Fotos, sind wohl auf den Druck zurückzuführen. Hier hätte sich Rezensent eine etwas höhere Qualität gewünscht, damit die Befunde im Detail auch wirklich gut erkennbar werden.

Alles in allem wird mit dieser Publikation eine Menge metalltechnisches Wissen veröffentlicht und mit zahlreichen Beispielen belegt. Barbara Armbruster reiht sich mit ihrem Forschungsschwerpunkt und dem hier vorliegenden Werk in die Tradition der Arbeiten von H. Drescher und H.-J. Hundt ein. Als Goldschmiedin und Prähistorikerin trägt sie zur weiteren Erschließung der ur- und frühgeschichtlichen Metalltechnologie bei, ein Feld, in dem neben und gemeinsam mit den Prähistorikern besonders die Restauratoren in erheblichem Umfang wirksam sind. Gerade jüngeren und in der Materie noch etwas unerfahrenen Fachleuten sei das Werk wärmstens empfohlen.

D-12459 Berlin

Wilhelminenhofstraße 76/77

E-Mail: m.knaut@fhtw-berlin.de

Matthias Knaut

Studiengang Restaurierung/Grabungstechnik
Fachhochschule für Technik und Wirtschaft Berlin

MARIANNE SENN BISCHOFBERGER, Das Schmiedehandwerk im nordalpinen Raum von der Eisenzeit bis ins frühe Mittelalter. Internationale Archäologie, Naturwissenschaft und Technologie, Bd. 5. Verlag Marie Leidorf GmbH, Rahden/Westf. 2005. 89,80 €. ISBN 3-89646-405-1. ISSN 1433-6419. 288 Seiten mit 1002 Abbildungen und 133 Tabellen.

Die Autorin hat sich auf der Grundlage eigener umfangreicher metallographischer und analytischer Untersuchungen und eines intensiven Literaturstudiums mit dem komplizierten Gebiet der Eisenmetallurgie über den großen Zeitraum von der Eisenzeit bis ins frühe Mittelalter beschäftigt.

Mit einer übersichtlichen Gliederung versehen, behandelt die Autorin über 288 Seiten die interdisziplinäre Forschung der Metallographie und Archäologie; die Metallographie archäologischer Eisenobjekte, Rennfeuerverfahren und Eisen-Zustandsdiagramme, sowie nach dem Untersuchungskonzept die Ergebnisse ihrer chemischen und metallographischen Untersuchungen der Eisenobjekte und Schlacken des Oppidums in Rheinau ZH, des Gutshofes in

Neftenbach ZH und des Weilers von Develier-Courtételle JU. Eine ausführliche Recherche über laténezeitliches, römisches und frühmittelalterliches Eisen im Alpenvorland und im Jura bildet den weiteren Inhalt.

Eine umfangreiche Dokumentation metallographischer Aufnahmen an 100 Schmiederesten und 20 Waffen und Geräten im Zusammenhang mit Härtemessungen entsprechender Gefügebestandteile und ergänzender chemischer Untersuchungen umfasst der Katalogteil. Darin werden in einer interpretierten Anschliffübersicht recht anschaulich und übersichtlich die Bereiche der metallographischen Aufnahmen mit unterschiedlichem C-Gehalt (S. 108) angegeben. Die metallographische Untersuchung der Struktur wurde als entscheidende Methode angewandt, um sowohl den C-Gehalt mit der entsprechenden Ausbildungsform zu bestimmen als auch Schlussfolgerungen auf den Vorgang der Herstellung, auf die Eigenschaften und die Verwendung zu ziehen. Die metallographischen Aufnahmen wurden den Objekten übersichtlich zugeordnet, umfassend besprochen und interpretiert. Sie bilden eine solide Grundlage für weitere Auswertungen.

Die Arbeit erlaubt, nicht nur direkte Schlussfolgerungen zu ziehen, sondern stellt auch einen Fundus für Vergleiche ähnlicher und späterer Messungen dar.

In einigen Punkten der Arbeit wird der Einklang zwischen älteren Auffassungen der Stahlerzeugung und der Stahlbehandlung und den neuesten Erkenntnissen der Werkstoffwissenschaft vermisst. Die Ursache beruht wohl darauf, dass erst um 1900 im Rahmen der Erforschung des Eisen-Kohlenstoff-Diagramms die entscheidende Rolle des Kohlenstoffs bei der Stahlherstellung erkannt und durch die Metallographie dokumentiert wurde. Selbst die Bezeichnung *Stahl* musste einen Bedeutungswandel erfahren. Bis zu Beginn des 20. Jahrhunderts bedeutete Eisen ein weiches kohlenstoffarmes und nicht härtpbares Metall im Gegensatz zum kohlenstoffreichen härtpbaren Stahl (RGA² VII, 58–60 s. v. Eisen [H. BECK]). Auf den Kohlenstoffgehalt bezogen legte man die Grenze für Schmiedeeisen bis etwa 0,4 % C fest, für Stahl von 0,4 bis 1,8 % C. Nach den neuesten Erkenntnissen ist eine solche Grenze nicht mehr haltbar, denn es gibt sie nicht (s. Austenit-Gebiet im Eisen-Kohlenstoff-Diagramm, S. 40, Abb. 7). Die Härtpbarkeit ist gegeben, sobald Kohlenstoff im Eisen vorhanden ist. Nach neuester Definition ist Stahl ein Eisen mit einem Kohlenstoffgehalt von 0,02 bis 2,1 %; diesen Wert gibt die Verfasserin auch im Glossar ihrer Arbeit an (S. 106, „Stahl“).

Im Text (S. 40) und im Katalog (S. 108) allerdings geht sie wieder auf die früher übliche Unterteilung ein und postuliert eine Grenze des Kohlenstoffgehaltes von 0,35 %.

Es ist notwendig, sich von älteren undefinierten Aussagen zu trennen, wie *„Diese Gefüge entstehen durch schnelle Abkühlung eines erhitzten härtpbaren Stahls im Wasser oder Öl (S. 41)“* und sie zu ersetzen durch *„Abschrecken von einer Temperatur aus dem Austenitgebiet“* (s. Fe-C-Diagramm S. 40).

Ein guter Überblick der auf dem Fe-C-Diagramm beruhenden Einteilung in Eisen, Stahl und Gusseisen sowie der auftretenden Härten wird in Tabelle 7, S. 40 gegeben.

Das wohl ausschließlich im Rennfeuer erschmolzene Eisen bildet sehr unterschiedliche Gefüge aus. In seiner chemischen Zusammensetzung ist es weitaus heterogener als Roheisen des Hochofenprozesses, daher wurden auch von der Verfasserin in der Regel fünf analytische Messungen unter Bildung der Medianwerte pro Probe oder Schicht vorgenommen. Primär für die Kohlenstoffaufnahme ist die Höhe der Temperatur. Aus dem Eisen-Kohlenstoff-Diagramm wird ersichtlich, dass bis 911 °C zunächst die α -Phase existiert, die den C nur bis 0,02 % aufnimmt (Aufkohlung findet auch nicht statt, wenn kein CO zur Verfügung steht, auch P verhin-

dert Aufkohlung). Wird die Temperatur überschritten, so geht das Eisen in die γ -Modifikation über, die den Kohlenstoff löst, so dass am Ende des Prozesses auch verschieden aufgekohlter Stahl und sogar Gusseisen entstehen können.

Die vorliegenden Ergebnisse der metallographischen Untersuchungen zeigen, wie hoch der Anteil an Stählen und Gusseisen in den jeweiligen Epochen und Gebieten ist. Eine zusammenfassende Tabelle zeigt die prozentualen Anteile der jeweiligen Eisensorte des Oppidums von Rheinau, aus dem Gutshof in Neftenbach und von dem frühmittelalterlichen Weiler von Develier.

	Anzahl der Objekte aus Eisen	%-Anteil	Anzahl der Objekte aus Stahl	%-Anteil	Anzahl der Objekte aus Gusseisen	%-Anteil
Rheinau	3	27	7	64	1	9
Neftenbach	13	43	16	53	1	3
Develier	20	34	33	57	5	17

Tabelle 1. Anteil von Objekten aus Eisen, Stahl und Gusseisen.

Die Erhöhung des C-Gehaltes in Richtung eines höheren Anteiles an Gusseisen kann mit dem Erreichen höherer Temperaturen im Frühmittelalter gegenüber der Eisenzeit verbunden gewesen sein.

Neben dem Kohlenstoff ist es der Phosphor, mit dessen Wirkung im Stahl sich die Autorin ausgiebig auseinandersetzt. Phosphor gehört neben Schwefel, Mangan und Silizium zu den ständigen Begleitern des unlegierten Stahls (S. 106) und ist in der Mehrzahl der Rennfeuereisen enthalten. Seine Bedeutung besteht darin, dass er die Härte des Stahls erhöht, jedoch auch gleichzeitig die Sprödigkeit, so dass er ein strittiges Element der Eisenmetallurgie darstellt.

Von der Verfasserin wird phosphorreiches Eisen mit der Qualität von härtbarem Stahl verglichen, wozu sie wörtlich schreibt: „Aus der Vielzahl der bis heute untersuchten Objekte lässt sich ableiten, dass in der Laténezeit und in der römischen Epoche Eisen und nicht härtharer Stahl meist von härtbarem Stahl und phosphorreichen Eisen unterschieden werden konnten. Phosphorreiches Eisen wurde auf die gleiche Weise wie härtharer Stahl eingesetzt, und war möglicherweise ab der Mittellaténezeit ein kostengünstiger Ersatz für letzteren“ (S. 89).

Im α -Eisen steigt mit zunehmendem P-Gehalt die Härte an, eine Abschreckhärtung ist nicht möglich, sie beträgt HV 75 bei 0,1 % P, HV 145 bei 0,2 % P und HV 220 bei 0,6 % P (S. 43).

Von den aus dem Katalogteil entnommenen Phosphor- und Härtewerten liegen die Werte von Neftenbach, Kat.-Nr. 36 mit 0,76 % P und 254 HV 0,01 am höchsten. Vergleichsweise betragen die Härtewerte durch Abschrecken bei Anwesenheit von Kohlenstoff: HV 390 bei 0,1 % C, HV 460 bei 0,2 % C und HV 600 bei 0,6 % C.

Der Härtevergleich zeigt, dass phosphorreiches Eisen nie an einen kohlenstoffhaltigen Stahl heranreicht.

Der Vorteil der Eisen-Phosphor Legierungen gegenüber Eisen-Kohlenstoff-Legierungen besteht darin, dass der Phosphor bis ca. 0,6 % bei gleichzeitiger Abwesenheit von Kohlenstoff eine Härtung bewirkt und in dieser Eigenschaft in der Antike auch genutzt wurde.

Bei Vergleich der Eigenschaften mit härtbaren Eisen-Kohlenstoff-Legierungen kann phosphorreiches Eisen nur als Notbehelf und minderwertiger Ersatz angesehen werden.

Die metallographischen Untersuchungen wurden von der Verfasserin erfolgreich angewendet, um die Menge des Kohlenstoffs, dessen Ausbildungsform (Normalgefüge Ferrit-Perlit, Härtegefüge- Martensit, Anlassgefüge -Sorbit), deren Lage im Schliff (Rand, Mitte, Zeilen), Schweißverbindungen und Überschmiedungen sowie Behandlungen (Gießen, Glühen, Erstarren, Verbindungsbildung) anzugeben. Daraus gewann die Verfasserin in Verbindung mit örtlichen analytischen Bestimmungen Erkenntnisse zur Fertigung von Messern, Schwertern und Lanzen in einzelnen Epochen.

Einige charakteristische Beispiele sollen genannt sein: Einen aus mehreren Lagen verschweißten Stahl zeigen die Schweißnähte auf den metallographischen Aufnahmen (5 und 6, S.111) aus dem Oppidum Rheinau (Spätlatène-Zeit), die Hinweise auf die Schichtausbildung in Schwertklingen (z.B. 7 und 8, S.255 der Gemeinde Murtensee) geben. Vom Gutshof Neftenbach sind auf Fundstücken starke Kaltverformungen auf Schlibfbildern (9 und 10, S.138) und Härtungsgefüge mit Bainit und Martensit (10 und 11, S.147) dargestellt, die Härtevergleiche von Kalthärtung und Abschreckhärtung ermöglichen.

Gussgefüge mit Ledeburit (5 und 6, S.176 und 177) zeigen Fundstücke des Weilers von Develier-Courtételle JU (Frühmittelalter) und geben damit Hinweise auf die Höhe der erreichbaren Temperaturen.

Im Katalogteil sind die Spurenelemente V, Cr, Mn, P, Co, Ni, Cu, As und Ag für die einzelnen Objekte angeführt, die nach der Methode der Plasma-Massenspektroskopie mit Laser-Ablation (LA-ICP-MS, S.108 ff.) bestimmt wurden. Einzelne Bestimmungen wurden zusätzlich mit energie-dispersiver Röntgenfluoreszenz (REM/EDX) und mit Elektronenstrahlmikroanalyse (ESMA) bestimmt. Ein beachtenswertes Ergebnis ergab sich an Hand der Nickel- und Cobaltgehalte, nach denen eindeutige Unterscheidungen zwischen den frühmittelalterlichen Eisenwerkstoffen aus den Alpen und dem Jura (Abb.26, S.87) nachgewiesen werden konnten. Zur eindeutigen Herkunftsbestimmung wird eine gleichzeitige Analyse von Schlackeneinschlüssen empfohlen.

Im Glossar sind einige Begriffe ungenau definiert (s. DIN EN10052 „Begriffe der Wärmebehandlung von Eisenwerkstoffen“, Januar 1994): *α-Eisen* (löst C bis 0,02%), *Anschliff* (es gibt verschiedenste Methoden), *Entkohlung* (Glühen in schwach oxidierender Atmosphäre, sonst ist die Verzunderung stärker als die Entkohlung), *Härtbarer Stahl* (0,35% ist keine Grenze), *Härtungsgefüge* (Abschrecken aus dem Austenitgebiet ist Bedingung, s. Fe-C-Diagramm), *Stahl* (besitzt keine Korrosionsbeständigkeit) und *Zementit* (wurmförmig nicht bekannt).

Im Schliffbild 73.5, S.205 muss die Bildunterschrift lauten: „Lamellarer Perlit und Sekundärzementit“.

E. Heyn, (E. HEYN, Die Metallographie im Dienste der Hüttenkunde [Freiberg 1903]) kritisierte noch vor 100 Jahren, dass das Interesse und Verständnis, das man den Ergebnissen und Bestrebungen auf dem metallographischen Forschungsgebiet entgegenbringt, gering ist.

Inzwischen ist eine Reihe bedeutender Arbeiten von Ehrenreich, Epprecht, Piaskowski, Pleiner, Schaaber, Schulz, Tylecote u. a. (s. Bibliographie, S. 95 ff.) auf dem Gebiet der Erforschung des antiken und mittelalterlichen Eisens im Zusammenhang mit metallkundlichen Untersuchungen erschienen.

Frau Marianne Senn Bischofberger setzt mit ihrer Arbeit die interdisziplinäre Forschung zwischen Archäologie und Metallkunde zur Geschichte und Verarbeitung des Eisens fort und dokumentiert ihre Ergebnisse durch ein umfangreiches Bild- und Analysenmaterial, das zum Vergleich für weitere Untersuchungen dienen kann.

D-09405 Zschopau
Gresslerweg 4
E-Mail: up.hammer@t-online.de

Peter Hammer

HANS-GÜNTER BUCHHOLZ, Der Werkstoff Holz und seine Nutzung im ostmediterranen Altertum. Beiheft zum Tagungsband „Althellenische Technologie und Technik, Ohlstadt 2003“. Verein zur Förderung der Aufarbeitung der Hellenischen Geschichte e. V., Weilheim 2004. 29,- €. ISBN 3-936300-13-5. 164 Seiten mit 39 Abbildungen.

Der Autor schöpft aus seiner mehr als 50-jährigen Forschungstätigkeit (1952–2004) auf Zypern. Er war dort u. a. von 1970–1981 Leiter der Ausgrabungen in Tamassos, jener schon in der antiken Literatur (z. B. bei Homer *Od.* 1,184; Strabon 14,6,5 p. 684; Plinius *nat. hist.* 5,132) mehrfach erwähnten, etwa in der Inselmitte gelegenen Stadt, deren Reichtum auf Kupfergewinnung und -verarbeitung zurückgeht und sich bereits in den bronzezeitlichen Siedlungsresten und Bestattungen widerspiegelt. In diesem Zusammenhang verfasste er zahlreiche Veröffentlichungen, darunter auch einige zu Holzfunden bzw., wie es der Autor selbst immer wieder bezeichnete, zur Holzarchäologie (vgl. H.-G. BUCHHOLZ, Archäologische Holzfunde aus Tamassos, Zypern. Mit Beiträgen von W. Schoch und N. Lipschitz. *Acta Praehist. et Arch.* 20, 1988, 75 ff. – DERS., Holzarchäologie in Zypern. In: *Cyprus and the Aegean in Antiquity. Proceedings of the International Conference Cyprus and the Aegean in Antiquity from the prehistoric period to the 7th century A.D., Nikosia 1995 [Nikosia 1997] 253 ff.*).

Mit „Der Werkstoff Holz und seine Nutzung im ostmediterranen Altertum“ – erschienen im 85. Lebensjahr von Hans-Günter Buchholz – liegt nun eine überregionale Bearbeitung in Form eines äußerlich eher unscheinbar wirkenden Hefts vor. Es darf jedoch gleich an dieser Stelle vorweggenommen werden, dass es sich um ein inhaltlich beeindruckendes Werk handelt. Ganz ohne Zweifel wird damit das vom Autor formulierte Ziel mehr als erreicht, dass nämlich „...die elementare Abhängigkeit menschlicher Zivilisation von diesem ursprünglichsten aller Werkstoffe erfahrbar geworden ist“ (S. 151). Selbst wenn er von einer „Studie“ spricht, die nur als „vorläufige Skizze und als ein Anstoß verstanden werden“ darf (S. 151), so ist diese ein Gewinn für alle Archäologinnen und Archäologen, völlig gleich, ob beim Einzelnen zuvor schon eine intensive Auseinandersetzung mit dem Werkstoff Holz vorausging oder nicht. Sie ist zudem ein Gewinn für all diejenigen Disziplinen, die sich mit dem Thema auf biologisch-ökologischer, technologischer oder kulturhistorischer Ebene befassen wollen. Und nicht zuletzt ist die „Studie“ auch ein Gewinn für alle, die ein generelles Interesse an der archäologischen