

Der Mythos über das Härten von Stahl

Hubert Preßlinger, Trieben

Einleitung

Bereits ab der Urnenfelderzeit wurden in unseren Gebieten neben Kupfer- und Bronzewerkzeugen auch Produkte aus Stahl erzeugt und im Alltag eingesetzt. Archäologische Grabungen fördern manches Mal urnenfelderzeitliche Funde aus Stahl zu Tage, meist sind es Messerfragmente (1), (2).

Abb. 1 und **2** zeigen zwei typische Gefüge eines urnenfelderzeitlichen Messers aus Stahl. Das Gefüge der Stahlmatrix in **Abb. 1** besteht aus Ferrit mit wenigen Perlitinseln. Das Ferritgefüge ist kaltverformt. In **Abb. 1** ist auch klar zu erkennen, dass das Werkstück durch Feuerschweißen aus mehreren Stahlstäben entstanden

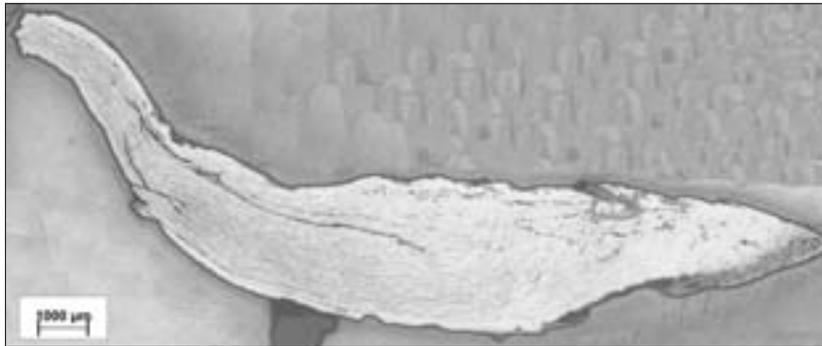


Abb. 1: Messerfragment, Depotfund 1 Rabenwand/Bad Aussee, Übersicht über das Gefüge der urnenfelderzeitlichen Stahlprobe; Nital-Ätzung.

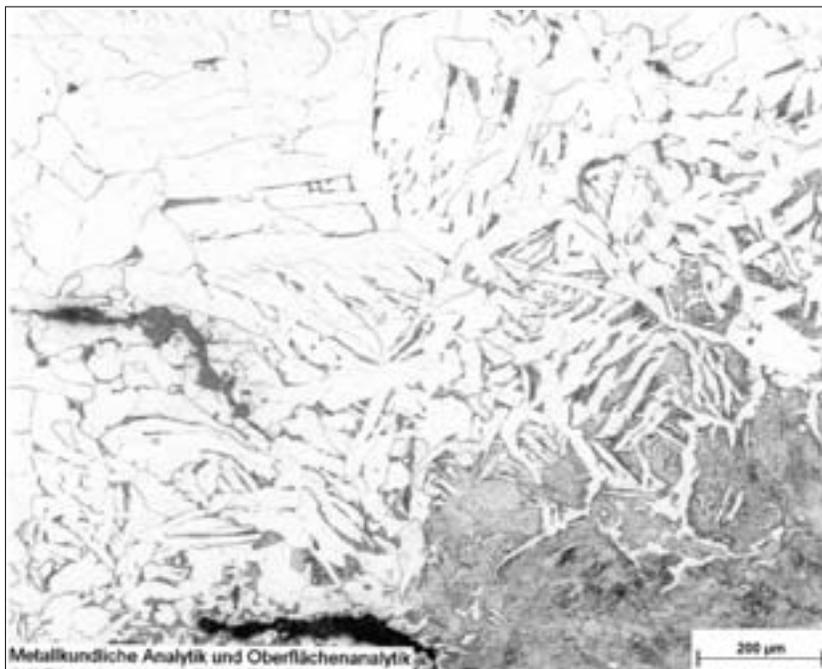


Abb. 2: Gefüge der Schneide der Stahlprobe, Depotfund 1 Rabenwand/Bad Aussee, links oben Ferrit, in der Mitte Widmannstättengefüge, rechts unten Perlit; Nital-Ätzung.

ist. Das Gefüge der Schneide des Messers gibt **Abb. 2** wieder. Es zeigt den Übergang von Ferrit zu Perlit, den Bereich zwischen Ferrit und Perlit bildet ein Widmannstättengefüge. Das bedeutet, dass die Schneide durch Glühen in Holzkohle bei Temperaturen um 1000°C aufgekocht (Zementieren) und damit durch die Perlitbildung im Bereich der Schneide härter wurde.

Neben mit Kohlenstoff angereicherten Stahlstäben wurden ab der Keltenzeit auch phosphorlegierte Stahlstäbe zur Beil-, Schwert- und Messerherstellung eingesetzt (**Abb. 3**). Die spröden phosphorlegierten Stahlstäbe wurden dabei in Lagen geschichtet mit unlegierten Stahlstäben zu Messern ausgeschmiedet. Neben erhöhter Festigkeit und verbesserter Schneidehaltigkeit wurden durch diese Schmiedetechnik eine gute Zähigkeit und die gewünschte Elastizität des Messers erreicht (3).

Außer Zementieren beherrschte der römische Schmied auch das Härten, d. h. das Erhitzen des kohlenstoffhaltigen Werkstückes auf eine Härtemperatur, das Verweilen (Halten) in der Härtetemperatur und das Abschrecken in Wasser oder in Öl (4). Damit ist in einem römischen Werkstück vom Magdalensberg der erzeugte Martensit dokumentiert, (**Abb. 4**). Auch Plinius der Ältere weist im 34. Buch seiner „Naturalis Historia“ mit folgendem Zitat auf das Abschrecken in Wasser hin (5): „Dünne Eisenerzeugnisse löscht man üblicherweise mit Öl ab, damit sie nicht durch das Wasser bis zur Spröde härten. Menschliches Blut rächt sich am Eisen, denn mit ihm in Berührung gekommen rostet Eisen schneller.“ Dass örtlich von den römischen Schmieden unterschiedliche Abschreckmittel zum Härten angewendet und damit unterschiedliche Werkstoffeigenschaften gezielt eingestellt wurden, ist mit den Ergebnissen der metallographischen Untersuchung bewiesen.

Eine weitere, von den römischen Schmieden angewandte Technik zur Messerherstellung ist das „Anstangln“, (**Abb. 5**). Dabei wurde in einem weichen ferritischen Stahlstück durch eine Anstähltechnik (auch anstangln oder

anstacheln genannt) die harte, martensitische oder perlitische Schneide mit angeschloss-nem Feuerschweißen eingesetzt (6), (7).

Exkurs in das Schrifttum

Das an Hand der **Abb. 1 bis 5** gezeigte Wis-sen und Können der Schmiede – ab dem 1. Jahrtausend vor Christus praktiziert – ging natürlich nicht verloren. Bestimmte Rand-bedingungen förderten die Weiterentwicklung der Schmiedetechnik. Umso erstaunlicher ist aus der Sicht des Metallurgen, dass in mittel-alterlichen und frühneuzeitlichen Schriften mit metallurgischen bzw. technologischen Inhalten legendäre Rezepturen für das Härten angeführt werden.

Im folgenden Kapitel werden über das Härten Auszüge aus den Schriften von Theophilus Presbyter ((8), veröffentlicht 1120), von Georg Agricola ((9), veröffentlicht 1556), von Modestin Fachsen ((10), veröffentlicht 1678), und von Albaro Alonso Barba ((11), veröffent-licht 1749), wiedergegeben.

Theophilus Presbyter

Verbrenne Ochsenhorn im Feuer und schabe es, mische ihm einen dritten Teil Salz bei und mahle (die Mischung) kräftig. Dann stecke die Feile ins Feuer; und wenn sie glüht, streiche die Mischung auf alle Seiten und lege die hell-glühenden Kohlen ringsum an, blase geschwind über das Ganze, aber so, dass die Härtemischung nicht abfällt, und sofort, wenn du sie herausnimmst, lösche sie gleichmäßig

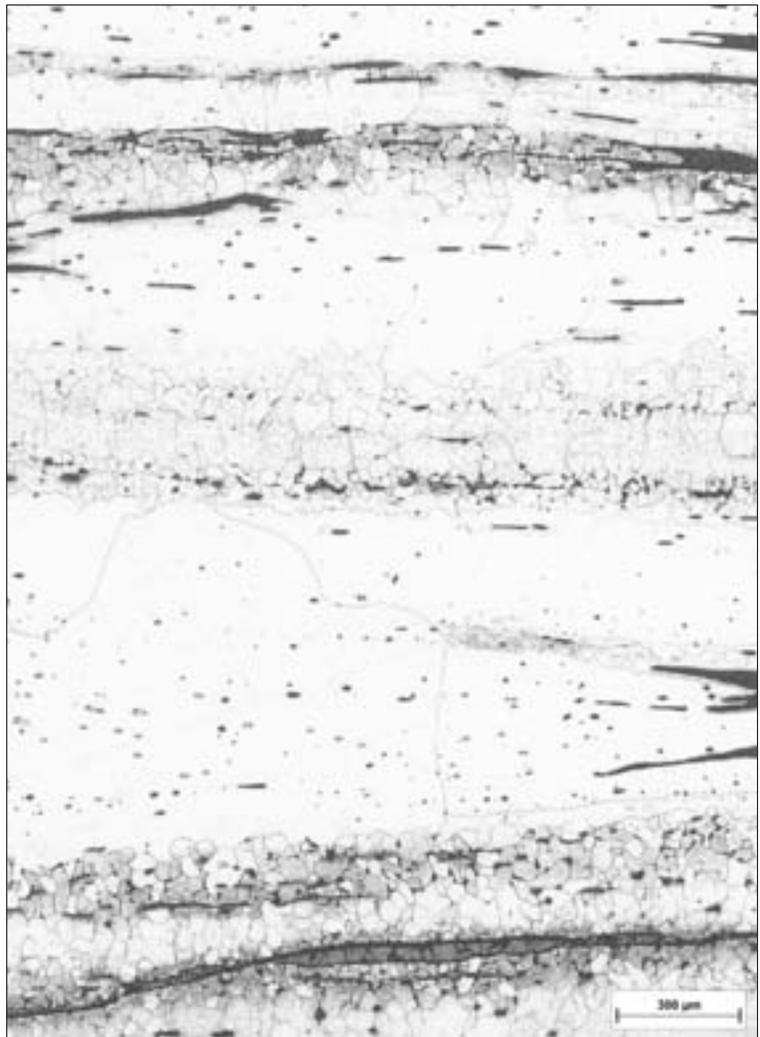


Abb. 3: Tüllenbeil (Ferrite), Probe Nr. 68, Fundort Gründberg, Gemeinde Linz, Österreich. Verschiedene Ferritausbildungen bzw. Anordnungen infolge Verschmiedens von Stahlstäben; Nital-Ätzung.

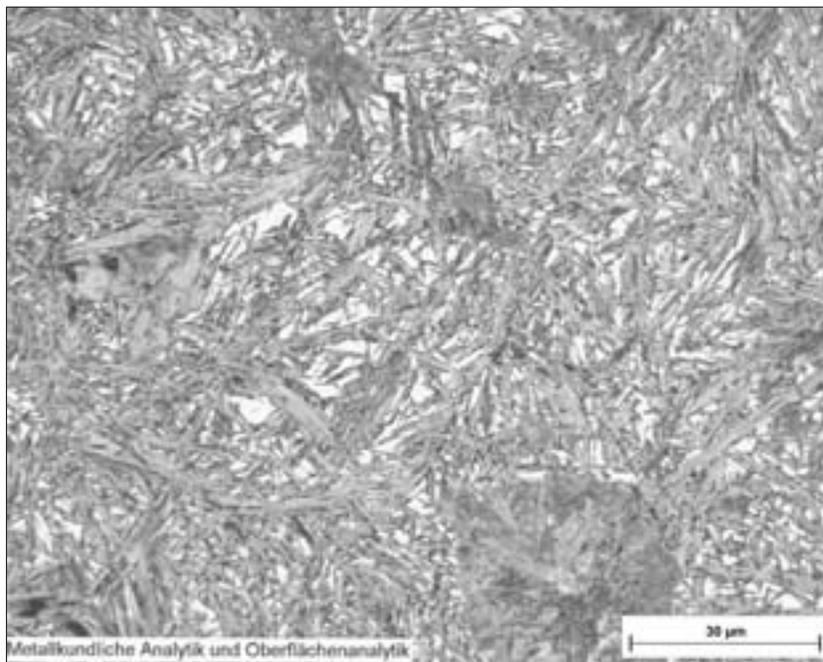


Abb. 4: Gefüge des Hammerfragmentes, Probe Nr. W 3; Fundort Magdalensberg/ Kärnten; Nital-Ätzung.

in Wasser ab und hierauf nimm sie her-aus und trockne sie leicht über dem Feuer. Auf diese Weis härte alle Feilen, die aus Stahl sind.

Fertige in gleicher Weise auch ganz kleine Feilen an... und härte sie fol-gendermaßen: Nachdem der Hieb mit dem Hammer, mit dem Meißel oder dem Messer eingehauen worden ist, schmiere die Feilen mit altem Schweineschmalz ein, umwickle sie mit Streif-chen, die aus Bockleder geschnitten sind, und binde darum Leinenfaden. Danach umhülle sie mit durchgeknetetem Ton, die Angeln lasse aber unbe-deckt. Nachdem sie getrocknet sind, stecke sie ins Feuer und blase kräftig, bis das Leder verbrennt. Ziehe sie schnell aus dem Ton und lösche sie gleichmäßig in Wasser ab, nimm sie heraus und trockne sie am Feuer.

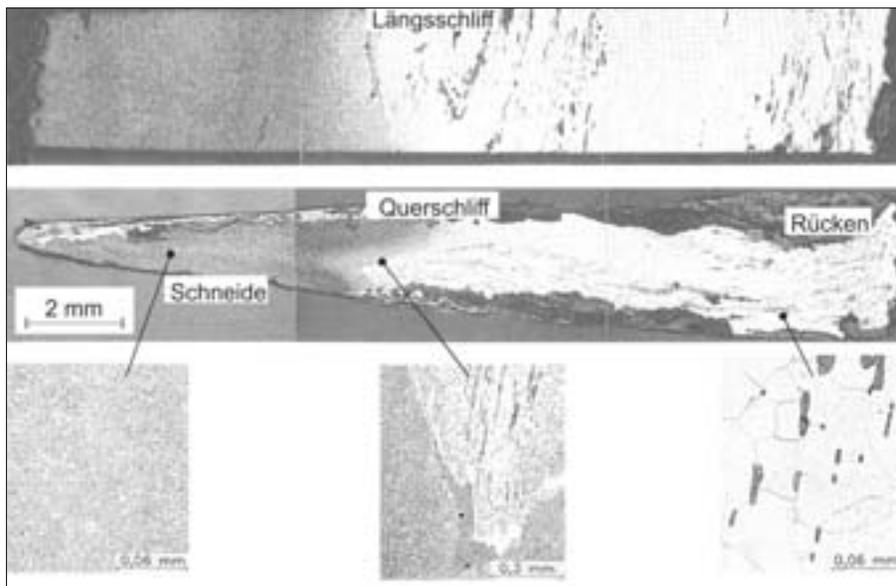


Abb. 5: Metallographische Auswertung eines römischerzeitlichen Messers, Fundort Gleisdorf/Steiermark (6); Nital-Ätzung.

Es wird auch bei Werkzeugen, mit denen Glas und weiche Steine geschnitten werden, nach folgender Methode noch eine andere Härtung durchgeführt:

Nimm einen dreijährigen Bock und binde ihn innen im Stall drei Tage ohne Futter an, am vierten Tag gib ihm Farnkraut und nichts weiter zu fressen. Wenn er dies zwei Tage lang gefressen hat, stelle ihn in der folgenden Nacht in ein Faß, dass unten durchlöchert ist. Unter diese Löcherstelle ein anderes, undurchlöchertes Gefäß, worin du seinen Harn sammeln sollst. Ist dieser auf diese Weise zwei oder drei Nächte in genügender Menge gesammelt, so nimm den Bock heraus und härte in besagten Harn deine Werkzeuge.

Auch in dem Harn eines rothaarigen Jungen lassen sich die Werkzeuge härten, und zwar härter als in bloßem Wasser.

Georg Agricola (Abb. 6)

Die Hüttenkunst erzeugt auf diese Weise durch Feuer und mit Zuschlägen Eisen und stellt aus ihm Stahl her, den die Griechen $\sigma\tau\acute{o}\mu\omega\mu\alpha$ nennen. Man wählt hierzu ein Eisen, welches leicht erweicht, im übrigen aber hart ist und sich leicht ziehen lässt ... Sobald die Kohlen ins Brennen gekommen sind und der Tiegel glühend geworden ist, lässt man den Wind der Blasebälge an; sodann bringt der Meister so viel von dem Eisen und den Schmelzzuschlag hinein, als ihm passend erscheint. In die Mitte legt er, wenn alles weich geworden ist, vier Eisenmasseln, von denen jede 30 Pfund wiegt, und erhitzt mit starkem Feuer 5 oder 6 Stunden lang, indem er mit einer hineingesteckten Eisenstange das flüssige Eisen häufig durchrührt, damit seine kleinen Hohlräume die leichtest flüssigen Teilchen der Schmelze aufsaugen; diese aber zehren dann infolge der ihnen innewohnenden Kraft die dickflüssigen Teile der Schmelze auf und blähen sie auf, so dass sie weich werden und

wie ein Hefeteig aufgehen. So dann ergreift der durch einen Gesellen unterstützte Meister einen Teil der Masse mit einer Zange, hebt sie heraus und legt sie auf den Amboss, um sie mit dem Hammer, der vom Wasserrad abwechselnd gehoben und niedergedrückt wird, breit zu schmieden. Endlich wirft er sie schnell, solange sie noch glühend ist, in Wasser und kühlt sie ab. Die abgeschreckte Masse legt er wieder auf den Amboss und zerbricht sie durch Schlagen mit dem Hammer. Nach dem Aussehen des Bruches beurteilt er, ob ein Teil noch wie Eisen aussieht, oder ob alles dicht geworden und in Stahl verwandelt ist.



Abb. 6: Georg Agricola (9), das Härten von Stahlstäben in fließendem Wasser.

Modestin Fachsen (Abb. 7)

Die Eisen zu härten, zu den Marmor zu hauen:

Nimm dieselben Eisen/ so von Stahl seyn/ glühe sie wohl/ lesche sie wohl in Knaben-Urin/ steck das Eisen nicht gar hinein/ auff dass es wieder kan erfür braun anlauffen/ als denn stecks gar hinein/ und lesch es ab/ so ist eine gute Härte.



Abb. 7: Deckblatt im „Probier-Büchlein“ des Modestin Fachsen (10).

Albaro Alonso Barba (Abb. 8)

Weilen man bey den Bergwerken viel Stahl/ und Eisen braucht/ so habe auch nicht unnöthig zu seyn erachtet/ fogendes hierby zu rucken:

Das Eisen zu härten/ ohne dass es zerspringe. Nimm Eisen-Kraut/ oder Eisen-Bart/ reibe es mit samt denen Stängeln/ und hebe den Saft davon in einen Glas auf. Wann du nun dein Eisen wirst härten wollen/ so nimm so viel alten Urin/ als von besagten Saft/ und zerdrucke ein Würmlein Inger/ oder Engerlencker gennant/ darinnen glühe dein Eisen/ aber nicht allzu sehr/ und lösche es in diesen Urin aus/ oder ab/ solange es gelbe Flecken bekommt im herausnehmen/ und hernach gar zu blau



Abb. 8: Deckblatt im „Probir- und Schmelz-Kunst“-Buch des Albaro Alonso Barba (11).

aussieht/ so ist es nicht genug erhärtet/ sondern muß noch einmal in der besagten Materie abgekühlet werden.

Ein stahlernes Instrument zu härten:

Nimm Ochsen-Zungen-Kraut samt denen Wurtzeln/ in Brunne-Wassergesotten/ darinnen solst du dein Stahl/ oder Eisen ablöschen.

Nimm Drachen-Kraut samt denen Wurtzel/ und eben so viel Eisen-Kraut/ lasse dieses zusammen in Brunne-Wasser sieden/ lasse es auskühlen/ bestreiche öfters dein Instrument damit.

Item: Alter Manns-Urin mit Brunne-Wasser/ lasse solches laulich werden/ glühe dein Instrument/ lösche es darein ab.

Item: Kanst du auch dein Instrument in einem starken Senft/ welcher mit einem scharffen Essig angemacht worden/ löschen. NB. dein Instrument muß vorhero alle-mahl sauber/ und gut geputzet werden.

Kommentar zu den Literaturzitenen

Der Härtevorgang besteht im Wesentlichen aus drei Verfahrensschritten: Erhitzen des Werkstückes auf Härte-temperatur, entsprechend langem Verweilen (Halten) und dem Abschrecken (12). Durch diese Wärmebehandlung erlangt der Stahl ein martensitisches Gefüge mit hoher Härte. Die erreichbare Härte ist primär vom Kohlenstoffgehalt, der im Martensit zwangsgelöst ist, abhängig. Weiters beeinflussten die Abmessung des Werkstückes und das Abschreckmittel (Wasser, Öl, Luft) die erreichbare Härte.

Kommentiert man die angeführten Literaturstellen (8)-(11), so muss man einerseits unterscheiden zwischen der Herstellung des kohlenstoffhaltigen Rohstahls und dem entsprechenden Abkühlen des Werkstückes in einem Abschreckmittel.

Der kohlenstoffhaltige Stahl wird durch Einsetzen in kohlenstoffabgebende Mittel, meist Holzkohle, sowie in Härtepulver wie gemahlenes Ochsenhorn mit Kochsalz, Schweineschmalz oder Leder, bei Temperaturen um 1.000°C geglüht. Der Kohlenstoff diffundiert dabei in die Randschichten des eingesetzten Werkstückes ein. Bei dünnen Stahlstäben erreicht man bei entsprechend langer Haltezeit eine Kohlenstoffaufnahme über den ganzen Querschnitt. Bei Messern oder Schwertklingen strebten die Schmiede eine nur partielle Aufkohlung der Schneide(n) an.

Georg Agricola beschreibt den Verfahrensweg über das Frischen von Roheisen. Dem teigigen Roheisen wird im Frischherd durch ein mehrere Stunden langes Rühren mit einer Stahlstange der Kohlenstoff entzogen.

Das angestrebte Martensitgefüge wurde dadurch erzielt, dass man das Werkstück direkt nach dem Einsetzen oder dem Halten in Abschreckmitteln rasch abkühlte. In Abhängigkeit von der Werkstückgröße verwendete man unterschiedliche Abschreckmittel wie Wasser, Öl, Luft usw. Um bei der Wasserhärtung weiche Flecken, die durch Dampfblasen entstehen, an der Oberfläche zu vermeiden, gab es unterschiedliche Zusätze, wie den Sud von Eisenkraut, Drachenkraut, Ochsenzungenkraut aber auch den Urin von Menschen oder Tieren (13). Das Ablöschen in Urin ist im Vergleich zu reinem Wasser von Vorteil, weil die darin enthaltenen Substanzen den Abkühlungsprozess etwas verlangsamen und damit die inneren Spannungen beim Härten vermindern.

Weiters wurde das mit den angeführten Zusätzen vermengte Wasser auch genutzt, um bestimmte Ätzeffekte bei Werkstücken, die aus Stahlstäben unterschiedlicher Qualität geschmiedet wurden, zu erzielen (14).

Anmerkungen

- (1) EIBNER, Clemens und PRESSLINGER, Hubert: Eine befestigte Höhensiedlung im Bereich des urnenfelderzeitlichen Kupfererzbergbaugebietes in der Obersteiermark. – In: Vorgeschichtliche Fundkarten der Alpen; Hrsg: R. v. Uslar; Römisch-Germanische Forschungen; Band 48, Verlag v. Zabern; Mainz a. Rhein (1991) S. 427-450.
- (2) PRESSLINGER, Hubert: Metallkundliche Untersuchungen an Depotfunden in Bad Aussee. – In: Fundberichte aus Österreich, Wien; Band 43 (2005), S. 325-330.
- (3) PRESSLINGER, Hubert; MAYR, Michael: Celtic steel – an evaluation of depot finds. – steel research 72 (2001), S. 283-290.
- (4) PRESSLINGER, Hubert; URBAN, Otto Helmut and RUPRECHTSBERGER, Erwin Maria: Norican Steel – An Assessment of the Archaeological Finds at the Magdalensberg Site, Carinthia, Compared to the “Celtic Trove” of Gründberg Hill, Linz. – steel research int. 76 (2005), S. 666-671.
- (5) Autorenkollektiv: Plinius der Ältere über das Eisen. – Arch. Eisenhüttenwes. 51 (1980), S. 487-492.
- (6) PRESSLINGER, Hubert; MAIER, Christian und LORENZ, Thuri: Metallographische Untersuchungen an einem römischen Messer aus Norischem Stahl. – Berg- und Hüttenm. Mh. 136 (1991), S. 184-188.
- (7) PRESSLINGER, Hubert und KÖSTLER, Hans Jörg: Der Werkstoff Stahl im Altertum. – In: Ferrum, Nachrichten aus der Eisenbibliothek, Stiftung der Georg Fischer AG, Schaffhausen (1991) Nr. 63, S. 18-26.
- (8) BREPOHL, Erhard: Theophilus Presbyter und die mittelalterliche Goldschmiedekunst. – Verlag Hermann Böhlau Nachf.; Graz/Wien; 1987; S. 80-83.
- (9) AGRICOLA, Georg: Zwölf Bücher vom Berg- und Hüttenwesen. – Deutscher Taschenbuchverlag 6086 (1977), S. 368.
- (10) FACHSEN, Modestin: Probiere-Büchlein. – Johann Grossen und Consorten, Leipzig (1678), S. 173.
- (11) BARBA, Alvaro Alonso: Eines spanischen Priesters und hocherfahrenen Naturkundigers DOCIMASIE oder Probiere- und Schmelzkunst. – Verlag Conrad Monath; Wien 1749; S. 153-154.
- (12) SCHUMANN, Hermann: Metallographie. – VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig (1974), S. 400-401.
- (13) Gewöhnliche Ochsenzunge, *Anchusa officinalis*; wächst verstreut an Wegrändern.
Eisenkraut, *Verbena officinalis*. Man sprach dem Eisenkraut noch andere Zauberkräfte zu: die Pflanze sollte vor Verletzungen mit eisernen Waffen schützen; Krieger trugen es deshalb unter ihrem Harnisch in der Feldschlacht. Eisenkraut wächst entlang von Wegen, Zäunen und Mauern. Es zeigt einen erhöhten Stickstoffgehalt des Bodens an.
- (14) BÖHNE; Clemens: Vom Damaststahl zum Scharsachstahl. – In: Archiv. Eisenhüttenwes. 40 (1969), S. 661-665.