

Hubert Preßlinger –
 Erwin M. Ruprechtsberger –
 Christian Commenda

Metallkundliche Untersuchungen an einem frühmittelalterlichen Schwert aus Puppung

Einleitung

Mit der Vorlage eines mittelalterlichen Schwertes aus Puppung (Bild 1) wird der Blick auf eine Fundspezies gerichtet, die in der Forschung seit jeher auf Interesse gestoßen ist und weiterhin Berücksichtigung findet.¹ Sei es im Hinblick auf Typologie², Verbreitung, kulturelle Einordnung und Zuweisung oder daß einzelne Details wie Verzierungen³, Einlagen⁴ und Anhängsel⁵, ferner Bestandteile (auch von Schwertscheiden⁶) und Inschriften, die eine besondere Gruppe⁷ bilden, aufgezeigt und erörtert werden. Ein eigenes Kapitel stellen metallkundliche Untersuchungen dar, wie sie seit einigen Jahrzehnten verstärkt durchgeführt zu werden pflegen und nun zum üblichen Standard zählen, wenngleich die Koordination der einzelnen Spezialisten dieser Fachrichtung, wie man sich in einschlägigen Publikationen überzeugen kann, nicht immer den Grad erreicht, den man sich im Idealfall wünschen würde.⁸

Das Hauptanliegen des vorliegenden Beitrags konzentriert sich, von kurzen kulturhistorischen Notizen abgesehen, auf die Untersuchungsergebnisse des Metallurgen und die daraus resultierende materialkundliche Einschätzung des Schwertes, um dem anfangs erwähnten Trend auch hier zu entsprechen und, wie

1 Grundlegend GEIBIG, 1991. Ferner MAREK, 2005. Berichte und Artikel finden sich in verschiedenen Fachzeitschriften.

2 Gelegentlich wird noch auf PETERSEN, 1919 verwiesen. Vgl. jüngst z. B. BELOŠEVIĆ 2007; BILOGRIVIĆ 2009; LOHWASSER, 2012.

3 PENTZ 2010; KOCH 2012.

4 BLEILE 2005.

5 SCHWERIN v. KROSIGK 2005; ALEKSIČ 2006.

6 SIKORA 2003; LÜPPES 2010.

7 Grundlegend noch immer: WEGELI, 1903–1905. Ferner NABERGOJ 2002; ATZBACH – WAGNER 2008. Neuestens siehe z. V. DÜWEL – NEDOMA 2011; STALSBERG 2012.

8 PLEINER 2002; SZAMEIT – MEHOFER 2002; MEHOFER 2005; HOŠEK – MAŘIK – ŠILHOVÁ 2008, bes. 315–325. HOŠEK – KOŠTA – MAŘIK 2012, bes. 73–80; 91–96.

zu hoffen wäre, brauchbare Anhaltspunkte für weitere vergleichende Betrachtungen zu liefern.

Das Schwert wurde in der Gemeinde Puppung beim sogenannten „Greiter-See“ – er entstand durch Schottergewinnung – 2011 zufällig entdeckt.⁹ Der unverzüglichen Fundmeldung an das Oberösterreichische Landesmuseum folgte kurze Zeit später der Ankauf durch die Abteilung Urgeschichte und Frühmittelalter¹⁰, deren Leiterin, Frau Dr. Jutta Leskovar, das bedeutende Objekt für die wissenschaftliche Bearbeitung und Publikation dankenswerterweise sofort zur Verfügung gestellt und die Genehmigung für die Probenentnahme erteilt hat, die Restaurator Franz Gillmayr in bewährter Weise durchführte.¹¹

Seiner Lagerung gemäß weist das Schwert durch Korrosion verursachte Fehlstellen am oberen Abschnitt und unteren Teil der Klinge auf. Die Maße können folgenderweise angegeben werden:

Gesamtlänge 91,5 cm, wovon auf die Klinge 79 cm entfallen.
 Maximale Klingebreite 6 cm
 Klingenstärke 0,3 – 0,4 cm
 Länge der Parierstange 15,7 cm
 Dicke 0,76 – 0,85 cm
 Länge der Griffangel 9,8 cm
 Maximale Breite der Griffangel an der Parierstange 3,2 cm
 Stärke der Griffangel 0,48 – 0,50 cm
 Höhe des Knaufs 2,8 cm
 Länge 6,1 cm
 Maximale Dicke 2,06 cm
 Gewicht 0,965 kg

Der auffällige, peltaförmige Knauf (Bild 2) ist als charakteristisch für einen mittelalterlichen Schwerttyp anzuführen, der von Petersen¹² und Geibig¹³ genau beschrieben wurde. Die Datierung läßt einen zeitlichen Spielraum offen, der von der zweiten Hälfte des 9. bis zum späten 10. Jahrhundert reicht. Eine nähere chronologische Eingrenzung des Schwertes aus Puppung vorzunehmen empfiehlt sich mangels auswertbarer Fundumstände nicht. Ebenso werden wir im Unklaren gelassen, weshalb das Schwert in das Wasser der in unmittelbarer Nähe vorbe-

9 Parzelle 1205. Dazu J. LESKOVAR – E.M. RUPRECHTSBERGER: FÖ 51 (2012) in Druckvorbereitung.

10 Inv.Nr. A-5440.

11 Frau Leskovar und Herrn Gillmayr gilt unser besonderer Dank.

12 PETERSEN 1919, 167–173 Typ Y. Fig. 130–132; bes. 170 Fig. 132.

13 GEIBIG 1991, Typ 13/II: aO 60–63; 61 Abb. 14; 89; 146; Taf. I, Kat.Nr. 2

fließenden Donau gelangt ist.¹⁴ Einige hypothetische Möglichkeiten, die in Frage kämen, wären in dem Zusammenhang zwar in Erwägung zu ziehen, aber nur in den seltensten Fällen läßt sich die konkrete Ursache dafür eruieren.¹⁵

Daß das Schwert innerhalb der Regionalgeschichte¹⁶ – Puppings Kirche wird mit guten Gründen als Sterbeort des Heiligen Wolfgang im Jahr 994 angesehen¹⁷ – eine gleichsam relevante Vermittlerposition zwischen Römerzeit¹⁸, Spätantike¹⁹, Früh-²⁰ und Hochmittelalter²¹ behauptet, macht es zu einem umso bemerkenswerteren Zeugnis der damaligen Sachkultur²², die durch archäologische Funde bislang nicht zu dicht belegt zu sein scheint.²³

Stand des metallurgischen Wissens über die mittelalterliche Schwertherstellung

Das Schwert war im Mittelalter das Statussymbol des adeligen Mannes schlechthin. Aber nicht nur der Mann als Schwertträger wurde in den mittelalterlichen Schriften genannt und dadurch berühmt, sondern vor allem das Schwert, das einen Namen trug, wie Ekkisax, Durendal und Balmung, unter dem es bei Freund und Feind bekannt war²⁴.

Berühmte Schwerter wurden bis zum Beginn des 10. Jahrhunderts n. Chr. in einer besonderen Schmiedetechnik, dem Damaszieren, hergestellt²⁵. Bei der Damaststahlerzeugung werden mehrere Lagen von Stahlstreifen mit unterschiedlichen Kohlenstoffgehalten (unterschiedlicher Härte) durch Feuerschweißen zusammengeschmiedet. Eine aus solchem Damaststahl hergestellte Schwertklinge bekommt bei der Behandlung mit Säuren auf der Schwertoberfläche ein Muster (Damast), da die Stahlsorten mit höherem Kohlenstoffgehalt durch die Säuren stärker angegriffen werden.

14 Dies wird auf alten Karten sichtbar, vgl. z.B. Die Donau, 14–15 (Karte).

15 TOMIČIĆ 2002; BECKER – SCHMAUDER, 2011. Weitere Belege RUPRECHTSBERGER 2012, 21 Anm. 10–12.

16 Darauf näher einzugehen braucht in diesem Rahmen nicht zu erfolgen. Einige wenige Literaturhinweise mögen im folgenden genügen.

17 ZINNHOBLE, 1994, bes. 23–25; 181–186.

18 LUGS 1996.

19 EUGIPPIUS, Kap. 24. Zur Stelle NOLL, 135.

20 PROKISCH – WINTER 2011.

21 SCHWANZAR 1988; BALD 2003.

22 BENINGER – KLOIBER 1962, bes. 137 Nr. 12; 182–183 Nr. 90–91; 160 Nr. 57, Taf. 14, Abb. 15; 162 Nr. 60; KLOIBER – ULM 1967; PERTLWIESER – TOVORNIK 1980; MOSER 2001. Zur Siedlungsschichte speziell: RATUSNY 2002.

23 Vgl. POLLAK – RAGER, 2000, bes. 367.

24 BÖHNE 1963; 1969; HEBBEL 1959, 28.

25 BÖHNE 1963, 1969; SCHAUWINHOLD 1985; NEUMANN 1927; BÜHLER – STRASSBURGER 1966; SCHÜRMAN – SCHROER 1959.

Zu Beginn des 3. Jahrhunderts n. Chr. gab es noch wenig damaszierte Schwertklingen, dagegen waren im 7. und 8. Jahrhundert die damaszierten Schwertklingen vorherrschend²⁶. Im 10. Jahrhundert wurden Schwerter mit Damastmuster üblicherweise nicht mehr hergestellt²⁷. Denn durch eine verbesserte Schmiedetechnik war es den mittelalterlichen Schmieden gelungen, die bis dahin nur mit der Damasizierung erreichten vorzüglichen Schwerteigenschaften noch zu übertreffen.

Die Herstellung des Schwertes erfolgte daher ab dem 10. Jahrhundert n. Chr. in einem mehrstufigen Fertigungsablauf²⁸. Zuerst wurden von den Schmiedemeistern die für den Schwertklingenkern geeigneten Stahlstäbe (Stahlblätter) ausgewählt. Mit den Stahlblättern mit niedrigem Kohlenstoffgehalt (<0,1 Masse-% C) wurde ein Schwertklingenkern (Schwertklingenseele) geschmiedet. Im nächsten Arbeitsschritt wurde die Schwertklingenseele mit einer Stahlsorte mit niedrigem Mangan- und Phosphorgehalt ummantelt. Im vierten Arbeitsschritt, dem Einsetzen, wurde die Aufkohlung durch Diffusion des Kohlenstoffs über die gesamte Schwertklingenoberfläche durch eine Wärmebehandlung in einem Schmiedefeuer mit einem Holzkohlebett vorgenommen. Nach dem Einsetzen wurde die Schwertklinge aus der Einsatztemperatur im Wasser abgeschreckt, wodurch die Randschicht der Klinge hart wurde, während die Klingenseele zäh blieb.

Über die von den mittelalterlichen Schmieden eingesetzten Werkstoffe wird aus den metallographischen Befunden von den zitierten Autoren²⁹ geschlossen, dass neben kohlenstofflegierten Stahlsorten auch phosphor- und stickstofflegierte Stahlwerkstoffe verarbeitet wurden. Diese Schmiedetechnologie mit einem weichen, kohlenstoffärmeren Klingenkern und einer harten, hochkohligen Klingenschneide ergab eine hohe Elastizität bei gleichzeitiger ausreichender Härte und Schneidehaltigkeit der Klinge. Schwertklingen mit einer weichen Schwertseele und einer harten Schwertschneide waren in ihren Werkstoffeigenschaften den aus Damaststahl hergestellten Schwertklingen gleichwertig, wenn nicht überlegen.

Funde von frühmittelalterlichen Schwertern aus dem Oberösterreichischen Raum sind selten, metallkundliche Untersuchungen unbekannt. Daher war es für die Metallurgen besonders spannend, ein frühmittelalterliches Schwert zu untersuchen. Die werkstoffkundlichen Ergebnisse werden in den folgenden Kapiteln nun vorgestellt.

26 SCHAUWINHOLD 1985.

27 BÖHNE 1963, 1969; SCHAUWINHOLD 1985.

28 PRESSLINGER – RUPRECHTSBERGER 2011; PRESSLINGER 2012.

29 BÖHNE 1963, 1969; BÜHLER – STRASSBURGER 1966.

Erprobung und Probenpräparation

Aufgrund des guten Erhaltungszustandes des Schwertes aus Popping (Bild 1) wurde zwischen den Archäologen und den Metallurgen vereinbart, eine metallkundliche Begutachtung der Schwertklinge an der Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Metallurgie, und bei der voestalpine in Linz, Abteilung Metallkundliche Analytik und Oberflächenanalytik, durchzuführen. Mit den Ergebnissen aus den metallkundlichen Untersuchungen sollen Erkenntnisse über die zur Schwertherstellung eingesetzten Stahlsorten sowie über das handwerkliche Können der Schwertschmiede im Frühmittelalter gewonnen werden.

Nach der Restaurierung des Schwertes aus Popping wurde vom Restaurator des Nordico-Museums der Stadt Linz, Franz Gillmayr, aus der Schwertklinge über die halbe Klingenbreite eine Metallprobe (Keilprobe) von 1,54 g entnommen. Die Metallprobe wurde den Autoren mit dem Ersuchen übergeben, eine mikroanalytische Untersuchung vorzunehmen.

Die Klingenprobe wurde an den genannten Instituten in Leoben und Linz für die Untersuchung präpariert, am Lichtmikroskop vorbegegutachtet und am Rasterelektronenmikroskop (REM) mikroanalytisch beurteilt.

Metallographische Untersuchungsergebnisse

Schliffbeurteilung im Lichtmikroskop

Die Schliffprobe der Schwertprobe wurde zunächst ungeätzt am Lichtmikroskop bewertet. Im ungeätzten Schliff (Bild 3) sind zahlreiche Schlackenzeilen von zwei Schlackentypen – kristallin bzw. glasig erstarrt – zu erkennen. Die überwiegende Anzahl der begutachteten Schlackenzeilen ist heterogen, d. h. kristallin erstarrt. Die Mehrphasigkeit der Schlackenzeilen entstand durch Primärausscheidungen FeO-reicher Komponenten bei der Erstarrung. Der kristallin erstarrte Schlackentypus in der Stahlmatrix stammt aus der Stahlerzeugung im Rennofen (Schachtofen). Die glasigen Schlackeneinschlüsse stammen von den beim Schmieden verwendeten Schmiedehilfsmitteln.

Die danach mit einer Nital-Ätzung behandelte Schliffprobe zeigt, dass die Schwertklingenschneide (Bild 4) aus einem Gefüge von Perlit und Martensit besteht. Die Schwertklingenseele wird aus phosphorhaltigem Ferrit und Ferrit/Perlit gebildet (Bilder 5 und 6). Deutlich erkennt man in den Bildern 5 und 6, dass die Schwertklingenseele aus vielen Stahlstäben mit unterschiedlicher chemischer Zusammensetzung fachgerecht geschmiedet worden ist.

Mikroanalytische Untersuchungsergebnisse

Die mittlere chemische Analyse der mehrphasigen Schlackenzeilen besteht aus 45,1 Masse-% Fe, 8,9 Masse-% Si, 8,7 Masse-%Ca, 4,5 Masse-% P, 0,6 Masse-% Mg und 0,5 Masse-% K. Besonders ist auf den Phosphorgehalt, der bis zu 8 Masse-% betragen kann, in den einzelnen Schlackenzeilen hinzuweisen.

Den Verlauf der Phosphorkonzentration über die Dicke der Keilprobe zeigt Bild 7. Im Bereich der Schwertklingenseele steigt der Phosphorgehalt auf Werte über 0,05 Masse-% an. An der Schwertklingenoberfläche fällt der Phosphorgehalt auf Werte <0,01 Masse-% ab. Der Mangengehalt liegt unter der Nachweisgrenze der angewandten Mikroanalytik.

Diskussion der Untersuchungsergebnisse

Der metallographische Befund zeigt, dass für das Schmieden eines Schwertes im späten Frühmittelalter viele Stahlstäbe unterschiedlicher chemischer Zusammensetzung verarbeitet wurden. Die Schwertklingenseele wurde aus unlegierten sowie aus kohlenstoff- und phosphorlegierten Stahlsorten hergestellt. Beide Legierungselemente, Kohlenstoff und Phosphor, erhöhen die Festigkeit.^{10,11.}³⁰

Für die Schwertschneide, von der eine hohe Härte und eine nachhaltige Schneidehaltigkeit gefordert worden ist, verwendete der mittelalterliche Schmied martensitische/perlitische Stahlwerkstoffe, die er durch eine besondere Schmiedetechnik erzeugte. Nach den Ergebnissen der Werkstoffuntersuchung ist folgende mehrstufige Schmiedetechnik angewandt worden:

- Zuerst wurden von den Schmiedemeistern die für den Schwertklingenkern geeigneten Stahlstäbe (Stahlblätter) ausgewählt.
- Aus mehreren Stahlblättern mit meist niedrigem Kohlenstoffgehalt aber zum Teil mit höherem Phosphorgehalt wurde ein Schwertklingenkern (Schwertklingenseele) geschmiedet. Dadurch bekam das Schwert die geforderte Elastizität.
- Im nächsten Arbeitsschritt wurde die Schwertklingenseele mit einer Stahlsorte mit niedrigsten Mangan- und Phosphorgehalten ummantelt.
- Diese hochreine Stahlsorte, ein chemisch konstanter Werkstoff, hatte beim Einsetzen den Vorteil, dass die im vierten Arbeitsschritt durchgeführte Aufkohlung durch Diffusion des Kohlenstoffs über die gesamte Schwertklingenoberfläche gleichmäßig erfolgen konnte.

³⁰ STIASZNY et al. 1996; PRESSLINGER – EIBNER 2009.

- Im nächsten Arbeitsschritt wurde die an der Oberfläche aufgekohlte Klinge direkt aus der Einsatztemperatur im Wasser abgeschreckt, mit dem Ziel auf der Schwertklingenoberfläche einen harten Werkstoff zu erhalten. Das Wasser war meist mit Zusätzen angereichert, dies war eines der großen Geheimrezepte der einzelnen Schmiedemeister. Der Nutzen des Einsatzhärtens lag darin, der Schwertschneide eine hohe Härte und Schneidehaltigkeit zu geben, während der Schwertkern infolge seines niedrigeren Kohlenstoffgehaltes mit einem ferrit/perlitischen Werkstoff elastisch blieb.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung vermitteln uns ein aufschlussreiches Wissen von der hochentwickelten Schmiedetechnik sowie dem handwerklichem Können und dem guten Werkstoffverständnis der Schwertschmiede im Frühmittelalter.

Danksagung

Die metallographischen und mikroanalytischen Untersuchungen wurden an der Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Metallurgie, und bei der voestalpine in Linz, Abteilung Metallkundliche Analytik und Oberflächenanalytik, durchgeführt, wofür die Autoren danken.



Bild 1 Makroaufnahme des Schwertes



Bild 2 Makroaufnahme des Schwertgriffes

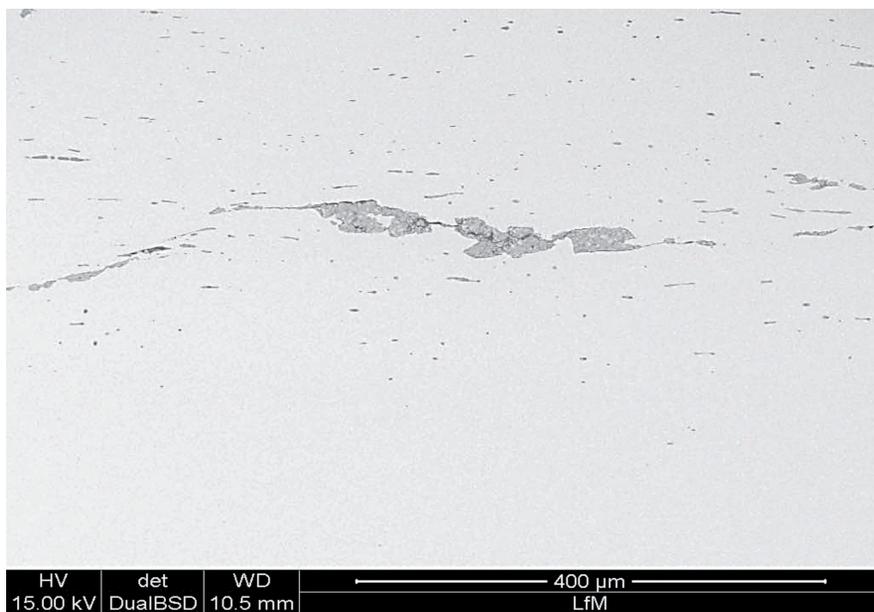


Bild 3 Schliffbild aus einem Keilprobenbereich der Schwertklingenseele mit zahlreichen Schlackenzeilen, ungeätzt



Bild 4 Schliffbild von der gehärteten Klingenschneide mit Perlit und Martensit, Nital-Ätzung

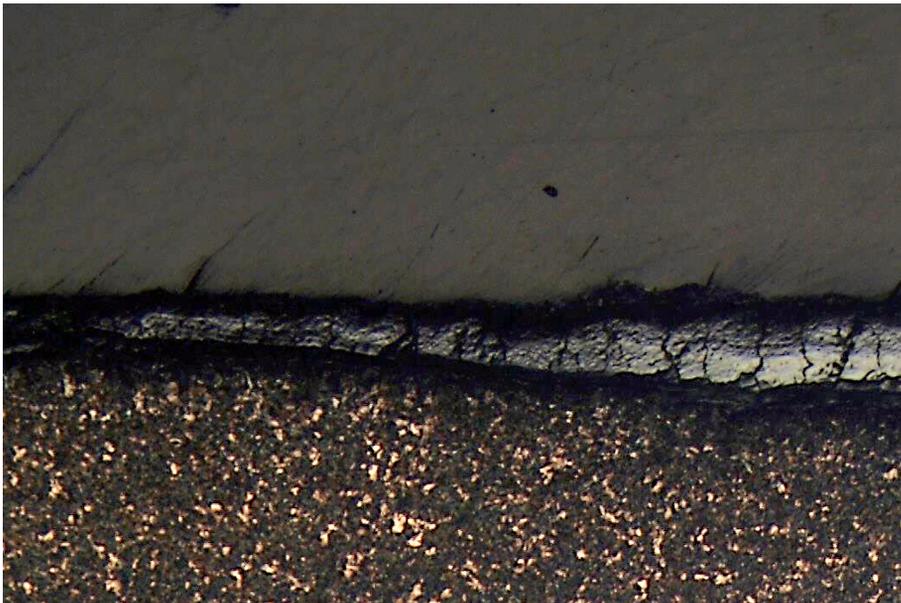


Bild 5 Schliffbild aus dem Bereich der Klingemitte mit der gehärteten Schwertklingenoberfläche und dem Schwertklingenkern (Schwertklingenseele) aus Ferrit und Ferrit/Perlit, Nital-Ätzung

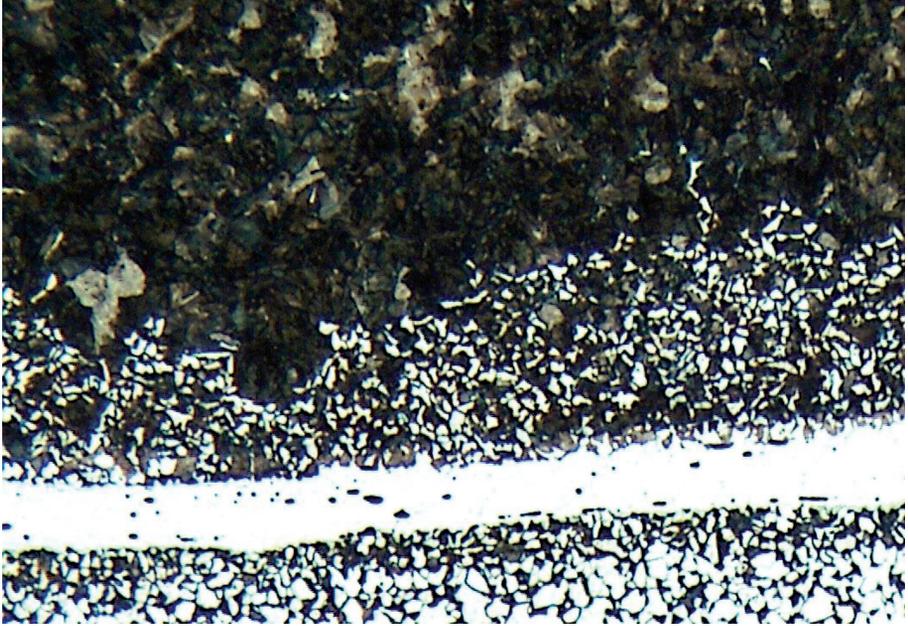


Bild 6 Schlibfbild aus dem Bereich der Klingenmitte mit der gehärteten Schwertklingenoberfläche und dem Schwertklingenkern (Schwertklingenseele) aus Ferrit und Ferrit/Perlit, Nital-Ätzung

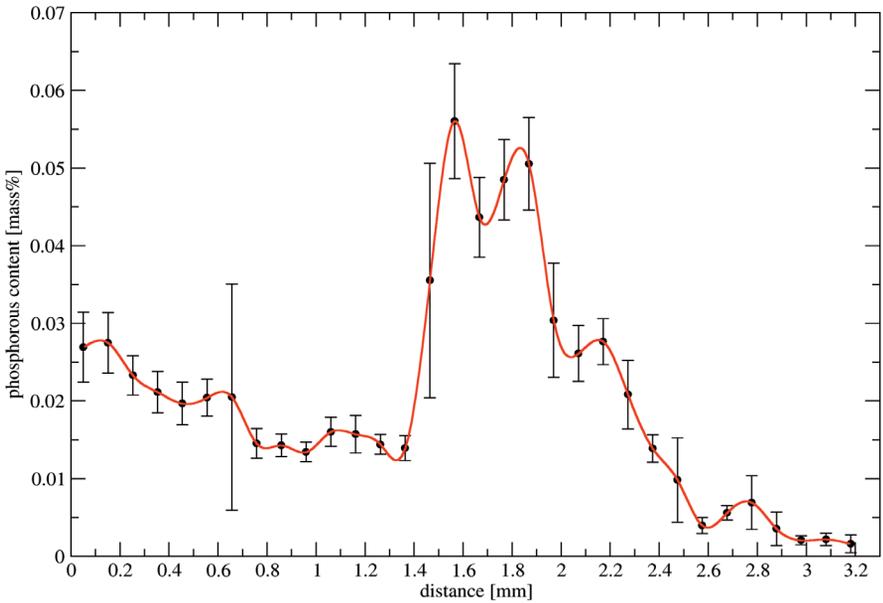


Bild 7 Verlauf der Phosphorkonzentration über die Keilprobendicke (Mikroanalytik am REM der voestalpine Linz)

Literatur

- M. ALEKSIČ, Swords with pommels of type N: *Slov A* 54 (2006) 363-388.
- R. ATZBACH – T. WAGNER, SOS auf der Klinge – das Schwert vom Marburger Biegeneck und die europäischen Inschriftenschwerter des SDX-Typs: *A Hessen* 2008, 128-131.
- L. BALD, Raffeldinger Streufunde bestätigen: Kontinuierliche Besiedlung des Eferdinger Raumes ab der Jungsteinzeit: *OÖHBl* 57 (2003) 147-155.
- H. BECKER – M. SCHMAUDER, Ein hochmittelalterliches Schwert aus dem Rhein bei Bonn – eine archäologische Entdeckung: *Waffen Kostümkde* 53 (2011) 1-20.
- J. BELOŠEVIĆ, Rückschau auf karolingische Schwerter des Typus H aus dem Großraum des Dalmatinischen Kroatiens: *Prilozi Zagreb* 24 (2007) 405-418.
- E. BENINGER – Ä. KLOIBER, Oberösterreichs Bodenfunde aus bairischer und frühdeutscher Zeit: *JbOÖMV* 107 (1962) 125-250.
- G. BILOGRIVIĆ, Type K Carolingian swords: *Op A Zagreb* 33 (2009) 125-182.
- R. BLEILE, Ein eisernes Schwert mit Silbereinlagen aus der Brückentrasse zur spätslawischen Inselsiedlung Weisdin: *Jb Mecklenburg* 53 (2005) 275-288.
- C. BÖHNE, Die Technik der damaszierten Schwerter: *Arch Eisenhüttenwesen* 34 (1963) 227-234.
- C. BÖHNE, Vom Damaststahl zum Scharsachstahl: *Arch Eisenhüttenwesen* 40 (1969) 661-665.
- H.-E. BÜHLER – C. STRASSBURGER, Werkstoffkundliche Untersuchungen an zwei fränkischen Schwertern aus dem 9. Jahrhundert: *Arch Eisenhüttenwesen* 37 (1966) 613-619.
- R. ČAMBAL – I. CHOMA, Ein romantisches Schwert und ein Knauf des Schwerter aus Bacúrov: *Ann Mus Slov A* 20 (2010) 113-117.
- Die Donau im Laufe der Zeit. Österreichs großer Fluß im Spiegel der Landkarten, hg. v. Österreichische Donaukraftwerke AG (St. Pölten, o.J.).
- K. DÜWEL – R. NEDOMA, Zur Runeninschrift auf dem Scheidenmundblech einer neuerworbenen Goldgriffspatha im Museum für Vor- und Frühgeschichte Berlin: *Acta Praehist A* 43 (2011) 203-214.
- EUGIPPIUS. Das Leben des Heiligen Severin, hg.v. R. NOLL (Berlin 1963, Nachdr. Passau 1981).
- A. GEIBIG, Beiträge zur morphologischen Entwicklung des Schwertes im Mittelalter, *Offa-Bücher* 71 (Neumünster 1991).
- F. HEBBEL, *Die Nibelungen* (Stuttgart 1959).
- J. HOSEK – J. MAŘIK – A. ŠILHOVÁ, Kanin, grave 54 – Research on the grave contents: *A rozhl* 60 (2008) 310-328.

- J. HOŠEK – J. KOŠTA – J. MAŘIK, Finds of Early Mediaeval swords in the agglomeration of Early Mediaeval stronghold at Libice nad Cidlinou: *Acta Mus Prag A* 66 (2012) 71–87, 91–96.
- Ä. KLOIBER – B. ULM, Ein „Ritter“ aus der Zeit um 1200: *JbOÖMV* 112 (1967) 91–92.
- U. KOCH, Ein Schwertknauf mit germanischer Tierornamentik aus Worms: *Der Wormsgau* 29 (2012) 20–23.
- C. LOHWASSER, Das Schwert der „Bamberger Götzen“: *Ber Hist Ver Bamberg* 148 (2012) 282–290.
- W. LUGS, Beitrag zur Lokalisierung der Römerorte Joviacum und Marinianium: *JbOÖMV* 141 (1996) 159–178.
- L. H. LÜPPES, Gedanken zur spätmerowingerzeitlichen Spathaaufhängung: *A Korrbbl* 40 (2010) 557–572.
- L. MAREK, Early medieval swords from Central and Eastern Europe, *Acta Univ Wrat* 2713 (Wrocław 2005).
- M. MEHOFER, Technologische Analysen an der Spatha von Hohenberg, Steiermark: *A Austr* 89 (2005) 251–254.
- W. MENGHIN, Eine karolingische Spatha aus der Traun bei Linz: *BVbl* 48 (1983) 217–219.
- S. MOSER, Eine karolingerzeitliche Spatha des 8. Jahrhunderts aus Enns und eine Bauernwehr des 15. Jahrhunderts: *JbOÖMV* 146 (2001) 267–273.
- T. NABERGOJ, Medieval sword from the Ljubljana with the kabbalistic inscription *AGLA*: *Argo* 45 (2002) 44–50.
- B. NEUMANN, Römischer Damaststahl: *Arch Eisenhüttenwesen* 1 (1927) 241–244.
- P. PENTZ, Two swords with Carolingian wine-scroll ornaments in the National Museum of Denmark: *Ann Roy Soc Northern Antiqu* 2010 (2012) 109–146.
- M. PERTLWIESER – V. TOVORNIK: *FÖ* 19 (1980) 582–583, Abb. 817.
- J. PETERSEN, De norske vikingesverd. En typologisk-kronologisk studie over vikingetidens vaaben (Kristiana 1919).
- R. PLEINER, Metallographische Untersuchung des Schwertes von Bešeňov: *Studi Zvesti* 35 (2002) 77–82.
- M. POLLAK – W. RAGER, „In villa Antesna“ – Zur frühgeschichtlichen Siedlungsentwicklung im nördlichen Innviertel: *FÖ* 39 (2000) 357–379.
- J. A. PRASSLOW, Untersuchungen zur Herstellungstechnologie von völkerwanderungszeitlichen Dolchmessern in der südöstlichen Ostseeregion (ehem. Provinz Ostpreußen): *Acta Praehist A* 42 (2010) 205–213.
- H. PRESSLINGER – C. EIBNER, Phosphorlegierter keltischer Stahl – hart, zäh und korrosionsbeständig: *BHM* 154 (2009) 534–536.

- H. PRESSLINGER – E. M. RUPRECHTSBERGER, Metallkundliche Untersuchungsergebnisse eines Schwertes aus der Kreuzritterzeit: BHM 156 (2011) 180–184.
- H. PRESSLINGER – E. M. RUPRECHTSBERGER, Ein hochmittelalterliches Schwert aus dem Donauschotter bei Steyregg – metallkundliche Untersuchungen, in: LAF Sh 46 (2012) 43–52.
- B. PROKISCH – H. WINTER, Der frühmittelalterliche Münzschatz von Fraham (p.B. Eferding, OÖ) (verborgen um 1200): Num Zschr 118/II (2011) 183–250 = OÖLandesmus Kat. N.S. 112 (Linz 2011).
- A. RATUSNY, Aspekte der Siedlungsgenese im frühmittelalterlichen bairisch/fränkisch-slawischen Begegnungsraum zwischen Traun und Krems im oberösterreichischen Alpenvorland: Ostbair Grenz 44 (2002) 9–25.
- E. M. RUPRECHTSBERGER – O. H. URBAN, Archäologische Forschungen im Raum Steyregg-Pulgarn, LAF Sh 14 (Linz 1995).
- E. M. RUPRECHTSBERGER – O. H. URBAN, Neue Flußfunde aus der Traun bei Ebelsberg: AÖ 8/2 (1997) 31–34.
- E. M. RUPRECHTSBERGER, Ein hochmittelalterliches Schwert aus dem Donauschotter bei Steyregg, LAF Sh 46 (Linz 2012).
- D. SCHAUWINHOLD, Aus der Geschichte des Werkstoffes Stahl: Stahl u. Eisen 105 (1985) 1275–1282.
- E. SCHÜRMAN – H. SCHROER, Härte- und Glühversuche an einem Klingbruchstück eines Nydam-Schwertes: Arch Eisenhüttenwesen 30 (1959) 127–130.
- C. SCHWANZAR, Keramik und Gießgefäßfragment aus einer Abfallgrube der Ruine Schaunberg (Hartkirchen, Bezirk Eferding): JbOÖMV 133 (1988) 33–54.
- H. SCHWERIN V. KROSIGK, Über „Magische Schwertperlen“ bei Sarmaten, Alanen und Abchassen: PZ 80 (2005) 110–133.
- P. SIKORA, Frühmittelalterliche Ortbander bei West- und Ostslawen: ZAM 31 (2003) 11–38.
- A. STALSBERG, Das Ulfberht-Schwert aus dem Neuenburger See: Helv A 43 (2012) 120–129.
- P. STIASZNY – A. PICHLER – H. PRESSLINGER – E. TILL, Höherfestes Stahlfeinblech – ein altbekannter Konstruktionswerkstoff in der Automobilindustrie?, in: Seminarband – Neue Entwicklungen in der Blechumformung, hg.v. K. Siegert, Institut für Umformtechnik, Universität Stuttgart, DGM Informationsgesellschaft-Verlag (1996) 299–322.
- E. SZAMEIT – M. MEHOFER, Technologische Untersuchungen an Waffen des Frühmittelalters aus Oberösterreich: JbOÖMV 147 (2002) 127–168.

- H. THALER u. a. (Bearb.), Die profanen Bau- und Kunstdenkmäler der Stadt Linz III: Außenbereiche, Urfahr, Ebelsberg, Öst Kunsttopographie 55 (Horn 1999).
- Z. TÖMIČIĆ, Romanisches Schwert aus dem Fluß Sava bei Jasenovac: Prilozi Zagreb 19 (2002) 149–163.
- R. WEGELI, Inschriften auf mittelalterlichen Schwertklingen: Z Hist Waffenkde 3 (1903–1905) 29–40; 177–183; 218–225; 261–268; 290–300.
- R. ZINNHOBLE, Der heilige Wolfgang und Oberösterreich, OÖMusVer SchriftenR 5 (2. Aufl. Linz 1994).

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahrbuch des Oberösterreichischen Musealvereines](#)

Jahr/Year: 2013

Band/Volume: [158](#)

Autor(en)/Author(s): Preßlinger Hubert Johann Maria, Ruprechtsberger Erwin Maria, Commenda Christian

Artikel/Article: [Metallkundliche Untersuchungen an einem frühmittelalterlichen Schwert aus Popping 39-52](#)