©Oberösterreichischer Musealverein - Gesellschaft für Landeskunde; download unter www.biologiezentrum.at

Jb. Oö. Mus.-Ver.	Bd. 147/I	Linz 2002

TECHNOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN AN WAFFEN DES FRÜHMITTELALTERS AUS OBERÖSTERREICH.

von Erik Szameit und Mathias Mehofer

Im Rahmen eines vom Jubiläumsfonds der Österreichischen Nationalbank geförderten Projektes *(„Metallographische Untersuchungen an Schutz- und Angriffswaffen des Mittelalters")* ergab sich die Möglichkeit eine Auswahl an frühmittelalterlichen Waffen aus dem Oberösterreichischen Landesmuseum nach metallographischen Gesichtspunkten zu untersuchen[1]. Die ausgewählten Objekte umfassen Waffen aus altbekannten, für die Frühgeschichtsforschung international bedeutenden Komplexen, wie dem Kriegergrab des frühen 8. Jhs. aus Enns oder dem sog. Waffengrab 2 aus St. Georgen an der Gusen, aber mit Objekten aus den frühmittelalterlichen Gräberfeldern von Auhof bei Perg und Gusen, oder dem Schwert aus Schwödiau auch Stücke aus bisher weniger bekannten, jedoch ebenso wichtigen Fundorten. Die Fundorte selbst beschreiben einen sehr eng begrenzten Raum, der mit der unmittelbaren Ostgrenze des baierischen Stammesherzogtums im Frühmittelalter gleichgesetzt werden kann. Die zur Untersuchung ausgewählten Komplexe umfassen einen Zeitraum, der zwischen später Merowingerzeit und der ausgehenden Karolingerzeit anzusetzen ist, also die zwei Jahrhunderte zwischen 700 und etwa 900. Es ist in dieser Zeit zu einem Wandel in der Kriegstechnik, der Art der Ausrüstung und in der Waffentechnologie selbst gekommen. Im Folgenden soll zunächst auf die typologische und chronologische Stellung der ausgewählten Objekte eingegangen werden.

Das Kriegergrab des frühen 8. Jahrhunderts aus Enns-Lauriacum Flur „Scheiben":

Mit dem Kriegergrab von Enns (Abb. 1) liegt einer der jüngsten Fundkomplexe Österreichs vor uns, die noch eine in der Tradition der späten Merowingerzeit stehende *„große"* Waffenausstattung aus Spatha, Sax, Lanze und Schild zeigen. Das Grab wurde 1951 bei den Ausgrabungen in Enns/Lauriacum auf dem Ziegelfeld aufgefunden[2]. Das mit einem massiven Steinkranz aus großem Flußgeschiebe umgebene Erdgrab enthielt das vollständige Skelett eines etwa 30–35jährigen Mannes mit Waffenbeigabe. An seiner rechten Seite befand sich das Skelett eines etwa 7–8jähriges Kindes.

[1] An dieser Stelle sei Frau Mag. Jutta Leskovar, OÖLM, herzlich für ihre Unterstützung und die Bereitschaft gedankt, die Objekte untersuchen zu dürfen.

[2] P. Karnitsch, Das römische Erdkastell und ein spätmerowingisch-frühkarolingisches Kriegergrab in Enns, in: FIL 2, 1954, 117ff.

©Oberösterreichischer Musealverein - Gesellschaft für Landeskunde; download unter www.biologiezentrum.at

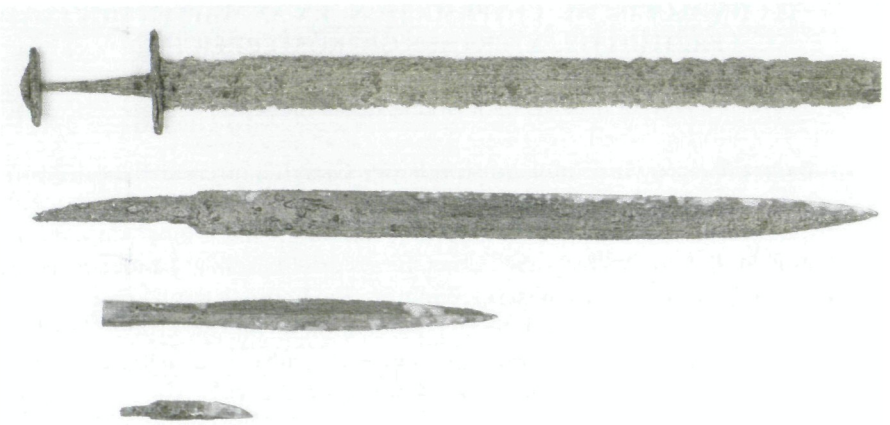


Abb. 1: Kriegergrab aus Enns-Lauriacum.

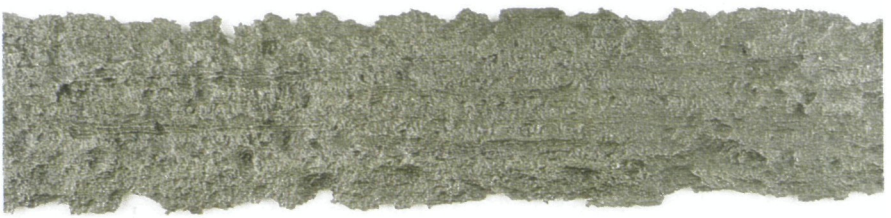


Abb. 2: Enns-Lauriacum: Spatha – die Klinge.

©Oberösterreichischer Musealverein - Gesellschaft für Landeskunde; download unter www.biologiezentrum.at

Die Waffengarnitur umfasst ein langes zweischneidiges Schwert mit damaszierter Klinge (Abb. 2), einen Langsax, eine schmale Lanzenspitze und die Reste eines Schildes, von dem sich der eiserne Schildbuckel und vier Schildnägel mit geringen Holzresten erhalten haben. Das Grab wurde von P. Karnitsch anhand der Spatha mit entwickelten eisernen Gefäßteilen und des *„zuckerhutförmigen"* Schildbuckels in die 1. Hälfte des 8. Jhs. datiert [3] Eine genauere Bestimmung und Einordnung der Funde wurde von F. Stein im Zuge ihrer Bearbeitung der Grabfunde des 8. Jhs. in Deutschland vorgenommen. Das Schwert mit entwickelter eiserner Parierplatte und einem aus Querstück und einem niederen dreieckig geformten Knauf wurde von ihr dem Typ *„Niederramstadt-Dettingen-Schwabmühlhausen"*[4], die kleine Lanzenspitze mit schlankem Blatt von rhombischen Querschnitt und Riefenzier dem Typ *„Egling"*[5], der Schildbuckel dem Typ *„Göggingen"*[6] zugewiesen.

Mit der Lanzenspitze vom Typ Egling liegt eine typische spätmerowingische Form der 2. Hälfte des 7. Jhs. vor, von F. Stein als Leitfund ihrer Gruppe A ausgewiesen, während mit der Spatha vom Typ Niederramstadt-Dettingen-Schwabmühlhausen und dem hohen Schildbuckel vom Typ Göggingen Objekte vorhanden sind, die schon den Übergang von den spätmerowingischen zu den frühkarolingischen Formen andeuten. Sie sind daher kennzeichnend für die Steinsche Gruppe B. Wohl aus diesem Grund hat F. Stein eine Einordnung des Ennser Kriegergrabes in ihre Übergangsgruppe A/B vorgenommen, für die sie eine Datierung innerhalb des 1. Drittels des 8. Jhs. vorschlägt[7]. Tatsächlich sind die Formen der Gruppe A noch allgemein im späten Horizont der merowingerzeitlichen Reihengräberfelder vertreten. Chronologisch gehen sie kaum über 700 hinaus. Dass Formen der Gruppe A und B über eine Generation lang parallel laufen, scheint unwahrscheinlich. Wahrscheinlicher ist das Auftreten von späten Objekten der Gruppe A noch am Beginn der Gruppe B. Aus diesem Grunde wurde bereits wiederholt vorgeschlagen, die Gruppe B in die Position der postulierten Gruppe A/B und damit in das beginnende 8. Jh. hinunter zu rücken [8]. Das Ennser Kriegergrab ist daher mit hoher Sicherheit nicht später als in das frühe 8. Jh. zu stellen.

[3] a.a.O., 121.
[4] F. Stein, Adelsgräber des 8. Jhs. in Deutschland, Germanische Denkmäler der Völkerwanderungszeit A9, 1967, 9.
[5] a.a.O., 16.
[6] a.a.O. 19.
[7] a.a.O. 405.
[8] So zuletzt J. Kleemann: Die Grabfunde des 8. und 9. Jhs. im nördlichen Randgebiet des Karolingerreiches. Phil. Diss. 1992, 40.

©Oberösterreichischer Musealverein - Gesellschaft für Landeskunde; download unter www.biologiezentrum.at

Die Langsaxe aus Gusen und Auhof bei Perg

Aus den beiden in die Karolingerzeit datierten frühmittelalterlichen Gräberfeldern von Gusen und Auhof bei Perg[9] (Abb. 3) im Machland nördlich von Linz liegt jeweils ein einschneidiges Schwerter in der Form des Langsaxes nach der Definition von K. Böhner vor[10]. Langsaxe gelten als eine der jüngsten Erscheinungen in der spätmerowingerzeitlichen Bewaffnung[11]. Der Sax, am Beginn der Merowingerzeit eine kleine, messerartige Stich- und Schneidewaffe, entwickelte sich bis zum Ende der Merowingerzeit zu einem einschneidigen Schwert weiter[12]. Langsaxe sind also kennzeichnend für die jüngste Phase der Merowingerzeit, mit ihrem Auftreten ist nicht vor dem letzten Drittel des 7. Jhs. zu rechnen[13]. In den Gräberfeldern des 8. Jhs. in den Randgebieten des Karolingerreiches sind sie eine geläufige Beigabe, in den niedersächsischen Gräberfeldern Norddeutschlands treten sie vereinzelt bis an das Ende des Jhs. auf[14]. Späte Exemplare lassen sich sogar noch in Grabverbänden des frühen 9. Jhs. außerhalb des Karolingerreiches nachweisen (z.B. Stare Kourim[15], Uherske Hradiste[16] und Sopron-Köhida [17].

Die Gräberfelder von Gusen und Auhof bei Perg können als österreichische Parallele zu den sog. *„karolingisch-ottonischen"* Reihengräberfelder der Oberpfalz[18] angesehen werden, zeichnen sie sich doch durch ähnliche Fundkombinationen aus. Bei *„karolingisch-ottonischen"* Gräberfeldern handelt es sich um späte beigabenführende Bestattungsplätze, bzw. Kleinfriedhöfe von allgemein nachmerowingischer Zeitstellung. Sie lassen sich zwischen dem 8. und 10. Jh. hauptsächlich in den nördlichen und östlichen Randgebieten des baierischen Herzogtums nachweisen. Sie werden vielfach mit dem karolingerzeitlichen Landesausbau und der gleichzeitigen Missionierung in jenen Grenzgebieten in Verbindung gebracht, in denen sich im Frühmittelalter auch Slawen niedergelassen hatten[19].

9 V. Tovornik: Die frühmittelalterlichen Gräberfelder von Gusen und Auhof bei Perg in Oberösterreich. Teil 1: Gusen, in: ArchA 69, 1985, 165. DIES: Teil 2: Auhof bei Perg, in: ArchA 70, 1986, 413.

10 K. Böhner, Die fränkischen Altertümer des Trierer Landes, Germanische Denkmäler der Völkerwanderungsszeit B1, 1958, 131.

11 U. Koch, Drei Langsaxe aus Ostbayern. In : Bericht der bayerischen Bodendenkmalpflege 34/35, 1993/94 (1995), 181.

12 W. Hübener, Materialien zur Geschichte des merowingerzeitlichen Saxes. Trade and exchange in prehistory. Studies in honour of Berta Stjernquist 1988, 225, DERS., Der Langsax der späten Merowingerzeit, in: Acta Praehist et Arch. 21, 1989, 75.

13 E. Szameit, Karolingerzeitliche Waffenfunde aus Österreich. Teil II, in: Die Saxe und Flügellanzen, in: ArchA 71, 1987, 162.

14 H. Westphal, Franken oder Sachsen? Untersuchungen an frühmittelalterlichen Waffen, Studien zur Sachsenforschung 14, 2002.

15 M. Solle, Stare Kourim, Monumenta Arch. 15, 1966.

16 L. Galuska, Uherske Hradiste – Sady. Brno 1996, Abb. 92/8.

17 G. Török, Sopronköhida IX. Szazadi temetöje. Fontes Arch. Hung. 1973.

18 A. Stroh, Die Reihengräber der karolingisch-ottonischen Zeit in der Oberpfalz. Materialhefte zur Bayerischen Vorgeschichte 4, 1954.

©Oberösterreichischer Musealverein - Gesellschaft für Landeskunde; download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 3: Sax aus Auhof/Perg (oben); Sax aus Gusen-Berglitzl (unten).

Im von V. Tovornik ursprünglich ins frühe 9. Jh. datierten Gräberfeld von Gusen [20] lassen sich die beigabenführenden Gräber von den Fundkombinationen her dem 8. Jh. zuweisen [21]. E. Szameit hat daher den Beginn des Belegungszeitraum dieses Gräberfeldes in den Anfang des 8. Jhs., bzw. dessen 1. Hälfte gesetzt, mit einer Laufzeit bis gegen Ende des 8. Jhs. [22]. Das im Zuge des Projektes beprobte Grab 147 enthält als Waffenbeigabe lediglich den Langsax und als Reitzubehör auch einen einfachen Stachelsporn an der rechten Ferse. Bei dem in mehrere Stücke zerbrochenen Sporn handelt es sich um ein kurzschenkeliges, leicht asymmetrisch geformtes Exemplar mit kleinem, konisch geformten Stachel. Seine Enden sind nicht erhalten, womit eine typologische Zuordnung zur Gruppe der Schlaufen-, bzw. Ösensporen oder der frühen Nietplattensporen nicht mehr möglich ist. Einfache Eisensporen mit asymmetrisch geformten Schenkeln und einem kurzen, im Scheitelpunkt eingezapften konischen Stachel sind charakteristische Formen der ausgehenden Merowinger- und der frühen Karolingerzeit. Für die zeitliche Einordnung des Gusener Sporen von Bedeutung ist, dass sich im österreichischen Fundgut zwei fast identische Exemplare nachweisen lassen, die beide in die Zeit *„um 700"* oder kurz danach zu stellen sind. Es handelt sich um einen Sporn aus einem Grab mit Langsax und vielteiliger Gürtelgarnitur aus Grabelsdorf bei St.

19 K. Schwarz, Der frühmittelalterliche Landesausbau in Nordost-Bayern archäologisch gesehen. In: Ausgrabungen in Deutschland 1.2., RGZM Monographien. 1975, 338. DERS.: Frühmittelalterlicher Landesausbau im östlichen Franken zwischen Steigerwald, Frankenwald und Oberpfälzer Wald. RGZM Monographien 5, 1984.

20 V. Tovornik, wie Anm. 9, 448.

21 V. Tovornik, Datierungskorrekturen der altslawischen Gräber- und Siedlungsfunde in Oberösterreich, in: Zalai Muzeum 3, 1991, 49.

22 E. Szameit, Das archäologische Bild der frühen Slawen in Österreich. Mit Fragen zur ethnischen Bestimmung karolingerzeitlicher Gräberfelder im Ostalpenraum. In : R. Bratoz (Hg.), Slowenien und die Nachbarländer zwischen Antike und karolingischer Epoche. Anfänge der slowenischen Ethnogenese. Bd. I, Ljubljana 2000, 525.

©Oberösterreichischer Musealverein - Gesellschaft für Landeskunde; download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 4: St. Georgen an der Gusen, Grab 2: Spatha.

Kanzian am Klopeinersee in Kärnten und einem weiteren Grab mit Waffen und den Resten einer vielteiligen Gürtelgarnitur aus Baardorf/Hörzendorf[23]. Diese auffallenden Parallelen erlauben es, für den Sax aus Gusen, Grab 147 eine Zeitstellung innerhalb der 1. Hälfte des 8. Jhs. anzunehmen.

Die beigabenführenden Gräber des Gräberfeldes von Auhof bei Perg lassen sich in die Zeit etwa zwischen der Mitte des 8. Jhs. und dem frühen 9. Jh. einordnen[24]. Der Sax aus Auhof/Perg, Grab 64 ist lediglich mit einer kleinen D-förmigen Eisenschnalle mit doppelter Blechlasche vergesellschaftet. Derartige Schnallen sind allgemein für das 8. Jh. charakteristisch. Innerhalb dieser Zeitspanne lassen sie sich kaum näher eingrenzen, womit für dieses Grab theoretisch auch eine Stellung innerhalb der 2. Hälfte des 8. Jhs. in Frage kommt.

Die Spatha aus dem Grab 2 aus St. Georgen an der Gusen.

Bereits 1871 sollen beim Bahnbau im Tal der Gusen zwei Waffengräber aufgedeckt worden sein[25]. Ihre Inhalte kamen zunächst in Privatbesitz, später wurden sie der Sammlung des oö. Landesmuseum übergeben. Eine Vorlage dieser Funde erfolgte 1931 durch P. Karnitsch[26]. Grab II umfasst eine karolingerzeitliche Waffenkombination, bestehend aus einer Spatha (Abb. 4) mit fünfeckigem Knauf, einem atypischen Langsax, einer Lanzenspitze mit breitem, flachen Blatt und einem bichrom tauschierten Schlaufensporn. Alle Funde gehören typologisch in die Phase Stein C. Die große Lanzenspitze, Sax und

[23] E. Szameit, P. Stadler, Das frühmittelalterliche Grab von Grabelsdorf bei St. Kanzian am Klopeinersee, Kärnten. Ein Beitrag zur Datierung awarischer Bronzen im Ostalpenraum, in: Arch. Austriaca 77, 1993, 213ff.

[24] A. Pleterski, Die altslawische Nekropole auf der Sandrova Poliica in Predtrg bei Radovljica, in: Arch. Vestnik 41, 1990, 479.

[25] E. von Sacken, Notizen 1879, XLIX.

[26] P. Karnitsch, Oberösterreichische Waffenfunde der Karolingerzeit. Heimatgaue 12, 1931, 42.

©Oberösterreichischer Musealverein - Gesellschaft für Landeskunde; download unter www.biologiezentrum.at

der Schlaufensporn sind in diesem Fund die älteren Elemente, die sehr gut auch in die Stufe B gestellt werden könnten. Sollte es sich bei den Funden von Grab II tatsächlich um die Objekte eines authentischen Grabverbandes handeln, und dafür sprechen auch ähnlich zusammengesetzte Fundkombinationen aus Thüringen und Niedersachsen, so kann man die Objekte an das Ende der Steinschen Stufe B, bzw. in den Beginn der Stufe C datieren[27]. Nach J. Kleemann, der 1992 die Befunde Norddeutschlands neu bearbeitet und vorgelegt hat, lassen sich Grabverbände mit Waffenkombinationen, Sporen und Reitzubehör nur in seiner Stufe III nachweisen. Für diese wird die Zeit zwischen 740 und 770 vorgeschlagen[28]. Die nachfolgende Stufe IV ist bereits durch eine meist auf Spatha und Sporen reduzierte Ausrüstung charakterisiert.

Die Spatha von Gusen zeichnet sich durch einen in der Aufsicht etwa fünfeckig gearbeiteten Knauf aus, der, für seine Zeitstellung aber atypisch, einteilig gearbeitet ist. Im Regelfall wird der knaufseitige Abschluss des Griffes im 8. Jh. aus einem Querstück und dem eigentlichen Knauf selbst zusammengesetzt, wobei Querstück und Knauf nicht selber miteinander verbunden werden [29].Typologisch ist das Schwert daher nur sehr schwer einzuordnen. Nach F. Stein könnte man es etwa im Umfeld der Schwerter vom Typ B ansiedeln. Die Klinge des ursprünglich in zwei unvollständigen Teilen vorhandenen Schwertes ist an der Wurzel mit einer in Damasttechnik gearbeiteten doppelkreisförmigen Klingenmarke (Abb. 5) versehen.

Das Schwert aus Schwödiau, Gem. Wolfern, BH Steyr

Mit dem Schwert aus der KG Schwödiau, Gem. Wolfern, im Bezirk Steyr liegt eine Waffe vor, deren Form bereits den Übergang vom frühen zum hohen Mittelalter charakterisiert. Dabei handelt es sich im Gegensatz zu den bisher besprochenen Objekten um einen Einzelfund[30].

Folgt man der Einordnung nach J. Petersen[31], so handelt es sich um einen Vertreter des Typus X. Schwertern dieser Form sind eine kontinentaleuropäische Entwicklung der späten Karolingerzeit, in Skandinavien sind sie charakteristisch für den jüngeren Abschnitt der Wikingerzeit[32]. A. Geibig führt diese Typen unter seinem Kombinationstyp 12, Variante I an [33] Bei dieser sehr einfachen Waffenform handelt es sich um einen vergleichsweise langlebigen

27 Stein, wie Anm. 4.
28 Kleemann, wie Anm. 8.
29 W. Menghin, Neue Inschriftenschwerter aus Süddeutschland und die Chronologie der karolingerzeitlichen Spathen auf dem Kontinent, in: Erlanger Forschungen A 26, 1980, 227.
30 E. Beninger, AE. Kloiber, Oberösterreichs Bodenfunde aus baierischer und frühdeutscher Zeit, in: JbOÖMV 107, 1962, 162f.
31 J. Petersen, De norske Vikingsverd, Kristiania 1919.
32 a. a. O. 158 ff.
33 A. Geibig, Beiträge zur morphologischen Entwicklung des Schwertes im Mittelalter. Offa-Bücher 71, 1991, 56.

©Oberösterreichischer Musealverein - Gesellschaft für Landeskunde; download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 5: St. Georgen an der Gusen: Spatha – Damastmarke

©Oberösterreichischer Musealverein - Gesellschaft für Landeskunde; download unter www.biologiezentrum.at

Typ. Er wird hauptsächlich in das 10. Jh. datiert, allerdings lässt er sich in den Randgebieten des Karolingerreiches auch schon in Gräbern des ausgehenden 9.Jhs. belegen.[34]

Technologische Untersuchungen

Im Zuge dieser Analyse soll neben verschiedenen Fragestellungen zur Waffenentwicklung ein Einblick in die Schmiedetechnologie des Früh- und Hochmittelalters im österreichischem Raum gewonnen werden, da es für Waffen dieser Region, welche aus diesem Zeitraum stammen, bis dato noch keine umfassenden Untersuchungsergebnisse gibt[35].

Unter der Annahme, dass der Schmied für diese Art von *„Gebrauchsgegenständen"* bei der Produktion sein gesamtes schmiedetechnisches Wissen eingesetzt hat, um eine gebrauchsfähige Waffe zu schaffen, soll versucht werden, einen Einblick in die Herstellungstechnologie der Angriffs- und Schutzwaffen zu erlangen.

Oder, um es mit Herbert Westphals Worten[36] zu sagen *„Der bei ihrer Herstellung getriebene Aufwand erklärt sich aus der Tatsache, dass die Qualität einer Waffe über Leben und Tod des Trägers entscheiden kann. Darin liegt wohl auch der Grund, dass technische Innovationen, in welcher Absicht auch immer entstanden, zunächst einmal daraufhin überprüft werden, ob sie sich nicht zur Effektivierung von Waffen eignen. Eine solche Neuerung, ja, technischer Fortschritt allgemein, ist daher – damals wie heute – mit einer gewissen Erfolgsaussicht zuerst an Waffen zu erkennen. Eine Weiterentwicklung von Waffen verspricht Vorteile oder Überlegenheit, so ist das Bestreben verständlich, sie anderen vorzuenthalten, um sich eigene Überlegenheit zu sichern.*

Belegt nun eine Untersuchung von Waffen derartige Merkmale, so liegen zunächst Anhaltspunkte für eine Reihenfolge von Entwicklungsschritten vor, für eine relative Chronologie. Beschränkt sich jedoch ihr Auftreten auf Waffen einer bestimmten Region oder Gruppierung, so handelt es sich womöglich um ein Indiz für das Bemühen um Abgrenzung. Es mag in einem solchen Fall gelungen sein, einen Vorsprung für eine gewisse Zeit zu sichern, oder eine Gruppe Interessierter legte auf eine bestimmte Gestaltung mehr Wert als andere."

[34] a.a.O., 144.

[35] Für den mährischen Raum wurden von R. Pleiner bereits grossangelegte Untersuchungsserien durchgeführt vgl. z. B. R. Pleiner, Die Technologie des Schmiedes in der Großmährischen Kultur, in: Slovenska archaeologica 15/1, 1967, 77.

[36] H. Westphal, Franken oder Sachsen? Untersuchungen an frühmittelalterlichen Waffen, Studien zur Sachsenforschung 14, 2002, 3.

©Oberösterreichischer Musealverein - Gesellschaft für Landeskunde; download unter www.biologiezentrum.at

Erste Schritte, das österreichische Material technologisch zu sichten und zu ordnen, wurden bereits von Erik Szameit[37] getan, der sich aber in seinen Arbeiten auf röntgentechnologische Untersuchungen beschränkt. Diese Untersuchungsmethode kann in vielen Fällen bereits Aufklärung über den Aufbau eines Objektes bringen, es kann aber in den meisten Fällen weder die Material- und Herstellungsqualität noch die Qualität der Härtung ermittelt werden. Dies alles sind jedoch Eigenschaften, die wesentlich zur Einordnung des Artefakts im schmiedetechnischen wie auch im archäologischen Kontext beitragen können.

Weiters erlauben technologische Untersuchungen nicht nur einen unmittelbaren Einblick in die Herstellungstechnologie einzelner Objekte, sondern auch weiterführende Erkenntnisse zu Handel, Handwerk und Fernbeziehungen. Zu diesem Zweck ist es notwendig, eine breite Materialbasis zu schaffen, die eine große Zahl verschiedener Objekte aus unterschiedlichen Anwendungsbereichen umfasst, sodass ein repräsentativer Überblick über die Schmiedetechnik einer Zeitperiode gegeben werden kann.

Dadurch können einerseits die metallurgischen Ergebnisse in einen zeitlichen und kulturellen Rahmen gestellt werden und anderseits die archäologische Interpretation um einen weiteren Gesichtspunkt erweitert werden.

Metallographie

Für die metallographische Interpretation ist es wichtig, dass vor der archäologischen Auswertung das Objekt selbst durch metallographische Parameter charakterisiert und eingestuft wird. Diese von Radomir Pleiner[38] angeführten Eigenschaften sind:

- *der innere Aufbau des Gegenstandes; darunter versteht man das Erkennen von verschiedenen Metallgefügen, Schweißnähten und nichtmetallischen Partikeln im untersuchten Objekt*
- *Verunreinigungen mit nichtmetallischen Einschlüssen in verschiedenen Zonen*
- *die Härte des Metalls*
- *die chemische Zusammensetzung des Materials*

Solche Angaben erlauben nicht nur die Konstruktion, also die Herstellungsgeschichte des Stückes mit Wahrscheinlichkeit zu rekonstruieren, sondern auch die Veränderungen nach der Beendigung des Herstellungsvor-

[37] E. Szameit, Karolingische Waffenfunde aus Österreich. Teil I: Die Schwerter, in: Archa 70, 1986, 385.

[38] R. Pleiner, Zur Schmiedetechnik im römerzeitlichen Bayern, in: Bayrische Vorgeschichtsblätter 35, 1970, 113.

©Oberösterreichischer Musealverein - Gesellschaft für Landeskunde; download unter www.biologiezentrum.at

ganges zu erkennen, z. B. Spuren von Abnutzung, Abschleifen, sekundäres Glühen, Entkohlung der Stahlpartien oder Wiederinstandsetzung.

Zu Beginn der Arbeit wurden die Objekte, die untersucht werden sollten, geröntgt, um den Erhaltungszustand zu ermitteln[39] und einen Einblick in den Aufbau eines Objektes zu erhalten. Nach diesem ersten Untersuchungsschritt wurden die Probenentnahmestellen festgelegt[40], aufgrund derer ein repräsentativer Querschnitt des Klingenaufbaus gegeben sein sollte. Die Entnahme der Proben erfolgte mit einer Kappsäge unter ständiger Wasserkühlung. Die Größe und Lage der Proben wurde jeweils so gewählt, dass der Materialzusammenhalt des Fundstückes gewährleistet bleibt. Die Proben wurden in Epoxidharzgießlinge eingebettet und geschliffen, das Polieren erfolgte mit 3 µm und 1µm monokristalliner Diamantsuspension.

Die Entwicklung des Primärgefüges erfolgt mit einer Lösung nach Oberhoffer, des Sekundärgefüges mit 3 % alkoholischer Salpetersäure (Nital) im Tauchätzverfahren. Die Schliffe wurden mit Ethylalkohol gespült.

Die Korngrößen wurden nach DIN 50601[41], die Schlacken nach DIN 50 602 bestimmt.

Die Proben wurden an einem Auflichtmikroskop im ungeätzten und geätzten Zustand beurteilt, die Härtemessungen an einem Vickers-Härteprüfgerät durchgeführt. Als Vergleichsstücke dienten Materialproben von Originalen und experimentell hergestellte Proben aus der Vergleichssammlung des Vienna Institute for Archaeological Science[42] der Universität Wien.

39 Objekte die oberflächlich noch intakt wirken, können bereits völlig durchkorrodiert sein und somit keine metallographischen Ergebnisse mehr bringen.

40 Zur Herstellung von metallographischen Anschliffen vgl.: H. Schumann, Metallographie, 13. Auflage, Weinheim 1990, 80.

41 DIN-Normen dieser Art wurden für moderne Stähle, nicht für Schweißeisen entwickelt; trotzdem scheint ihre Anwendung im Sinne einer annähernden Quantifizierbarkeit sinnvoll.

42 An dieser Stelle möchte ich meinem Kollegen Mag. Hannes Herdits / Burgenländisches Landesmuseum für seine Hinweise danken.

©Oberösterreichischer Musealverein - Gesellschaft für Landeskunde; download unter www.biologiezentrum.at

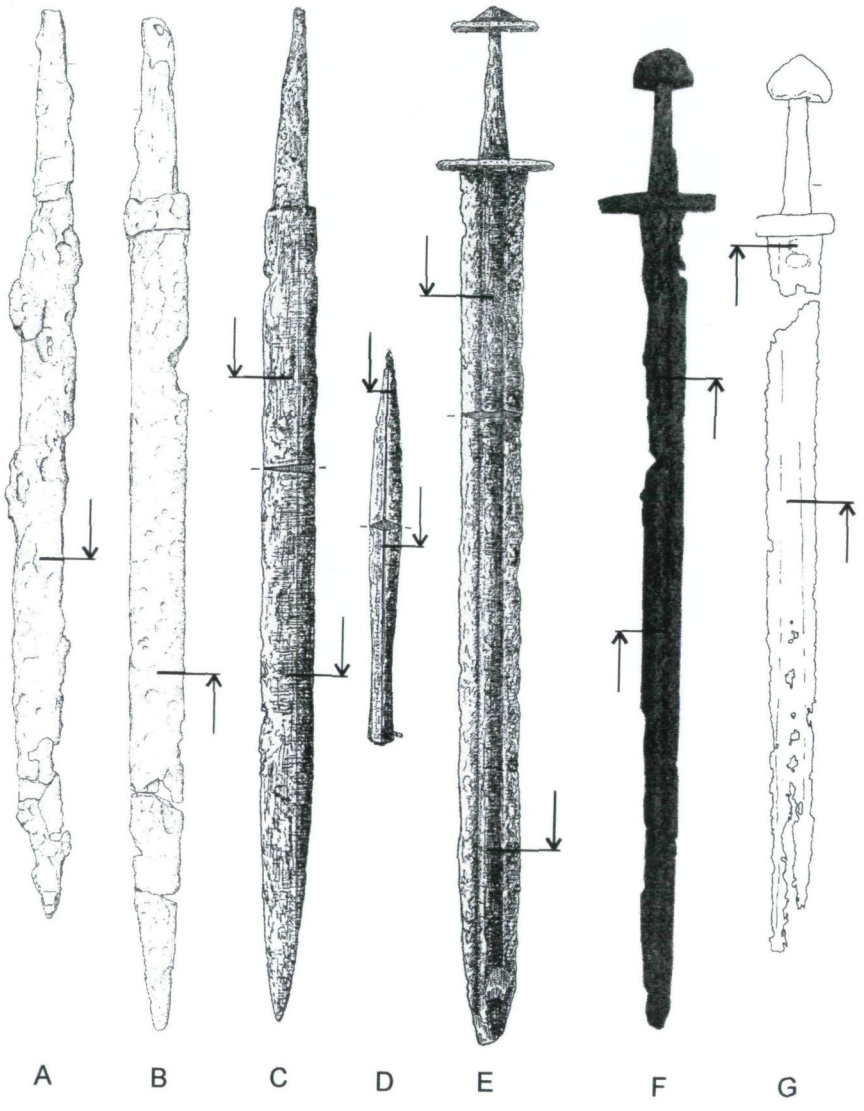


Abb. 6: A = Auhof/Perg – Sax; B = Gusen – Sax; C = Enns/Lauriacum – Sax; D = Enns/Lauriacum – Lanze; E = Enns/Lauriacum – Spatha; F = Schwödiau – Spatha; G = St. Georgen a. d. Gusen – Spatha. – Der Pfeil markiert die im Anschliff dargestellte Schliffebene. – Alle Abbildungen sind nicht maßstabsgetreu.

©Oberösterreichischer Musealverein - Gesellschaft für Landeskunde; download unter www.biologiezentrum.at

Auhof – Sax – Inv. Nr. A-10.217 – Probe Schneide

Probenentnahme (Abb. 6A):
Es wurde eine bis knapp über die Mitte reichende Probe entnommen und ein Querschliff angefertigt.

Schlacken:
Es wurde Metall mit geringem Schlackengehalt verwendet. Der Schliff wird im Rückenteil von zwei groben Schlackenzeilen in Längsrichtung durchzogen. In der Mitte ist eine schräg verlaufende Schlackenzone mit vertikal ausgerichteten mehrphasigen Schlacken vorhanden.
Die Schlackeneinschlüsse entsprechen etwa Bildreihen – Schaubild 7.8, 7.4 in der schrägen Schlackenzeile und 7.3 an der Schneide nach DIN 50 602.

Korngröße (nach DIN 50 601)
Die Korngröße bei Nitalätzung entspricht den Gefügebildern (GB) Nr. V – VII im Rückenteil, an der Schneide konnte aufgrund des einheitlichen Gefüges keine Korngrößenbestimmung vorgenommen werden.

Ätzung mit Nital (Abb. 7+8, siehe Seite 152, 153):
An der Schneide ist Härtegefüge (Bainit, Martensit) zu erkennen. Es wird durch ein nach der Ätzung hell bleibendes Band mit dem Rückenteil verbunden. Hier kann perlitisches und ferritisch-perlitisches Gefüge festgestellt werden, das zum Rücken hin in Ferrit übergeht.

Gusen – Sax – Inv. Nr. A-10.103 – Probe Schneide

Probenentnahme (Abb. 6B):
Es wurde eine bis knapp über die Mitte reichende Probe entnommen und ein Querschliff angefertigt.

Schlacken:
An das Rückenmaterial wurde eine Schneide angeschweißt. Für die Schneide wurde Metall mit relativ geringem Schlackengehalt (mehrphasig) verwendet, es weist inhomogene Schlackenverteilung auf. Der Schliff wird in der Mitte von einer horizontal verlaufenden Schlackenzeile (Schweißnaht) durchzogen. Im Rücken sind sowohl blockartige wie auch zeilenförmig eingestreckte Schlacken (mehrphasig) vorhanden. Die Schlackeneinschlüsse entsprechen etwa Bildreihen – Schaubild 6.7 und 7.8 im Rücken und 6.4 und 7.6 im Schneidenmaterial nach DIN 50 602.

Korngröße (nach DIN 50 601)
Die Korngröße bei Nitalätzung entspricht den Gefügebildern (GB) Nr. I – VI im Rückenteil und VI –VII an der Schneide.

Ätzung mit Nital (Abb. 9+10, siehe Seite 154, 155):
Der Anschliff lässt sich in einen Rückenteil und daran angeschweißtes kohlenstoffhältiges Schneidenmaterial unterteilen. Im Rückenteil ist ferritisches und ferritisch-perlitisches Gefüge vorhanden. Einige vertikal verlaufende Schlacken weisen Perlitsäume auf. Die horizontal verlaufende Schweißnaht ist als ein nach der Ätzung hell bleibendes Band mit Schlackeneinschlüsse zu erkennen. Hier dürfte ein Legie-

©Oberösterreichischer Musealverein - Gesellschaft für Landeskunde; download unter www.biologiezentrum.at

rungselement (ev. Schweißmittel) vorhanden sein, das die Entwicklung des Gefüges erschwert hat. Von dieser ausgehend ist in Längsrichtung des Schliffes ein hell bleibendes Band zu erkennen, diese Schweißnaht dürfte vom Homogenisierungsprozess des Rohmaterials stammen. Am linken Rand hat eine Diffusion des Kohlenstoffs über die Schweißnaht in den Körper hinein stattgefunden.
Das Schneidenmaterial weist inhomogene Kohlenstoffverteilung auf. An der Schneide ist Bainit vorhanden, zum Rücken hin ist bainitisches, martensitisches und perlitisch-ferritisches Gefüge zu erkennen. Dieses geht im rechten Teil der Schneide in ferritisch-perlitisches Gefüge über. Im linken Teil des Schneidenmaterials kann in der Nähe der Schweißnaht neben Bainit auch Martensit festgestellt werden.

Enns/Lauriacum, Flur Scheiben – Sax Inv.Nr. A-8345 – Probe Schneide

Probenentnahme (Abb. 6C):
Es wurde eine bis knapp über die Mittellinie reichende Probe entnommen und ein Querschliff angefertigt.

Schlacken:
Das Metall weist mittleren Schlackengehalt auf. Es sind sowohl längliche fein eingeformte Schlacken, wie auch regellos angeordnete Schlacken (mehrphasig) zu erkennen. In der Mitte der Probe ist eine v -förmige Schlackenzeile vorhanden, hierbei handelt es sich um Einschlüsse in einer Schweißnaht. Der Schlackengehalt der angesetzten Schneide ist gering und es sind glasige Schlacken zu erkennen.
Die Schlackeneinschlüsse entsprechen etwa Bildreihen – Schaubild 7.2 – 7.5 und 9.7 nach DIN 50 602.

Korngröße (nach DIN 50 601):
Die Korngröße bei Nitalätzung entspricht den Gefügebildern (GB) Nr. V - VI.

Ätzung mit Nital (Abb. 11+12, siehe Seite 156, 157):
Die Probe lässt sich in einen oberen Rückenteil und einen daran v-förmig angeschweißten Schneidenteil unterteilen. Im rechten oberen Bereich der Probe ist perlitisch-ferritisches Gefüge zu erkennen, das zur Mitte hin durch eine aufgekohlte Schweißnaht, die schon in der Probe aus dem Rücken feststellbar war, mit Ferrit und Ferrit mit Korngrenzenperlit verbunden ist. Der Mittelbereich ist durch geringen Kohlenstoffgehalt und elongiert erscheinende Kristalle gekennzeichnet. Die im Rücken vorhandenen Schlacken sind z. T. zerbrochen.
Eine durch geringere Ätzbarkeit des Gefüges und in ihr verlaufende globulare Schlacken gekennzeichnete Schweißnaht verbindet den Rückenteil mit dem kohlenstoffreichen etwas grobkörnigeren Schneidenteil. In der Nähe der Schweißnaht ist groblamellarer Perlit vorhanden, der zur Schneide hin in feinlamellaren Perlit und schließlich in Bainit mit vereinzelten Martensitkristallen übergeht.

Enns/Lauriacum, Flur Scheiben – Lanze Inv. Nr. A-8346

Probenentnahme (Abb. 6D):
Aus der Lanzenspitze wurden zwei Proben entnommen und jeweils ein Querschliff angefertigt.

©Oberösterreichischer Musealverein - Gesellschaft für Landeskunde; download unter www.biologiezentrum.at

Um den Materialzusammenhalt des Objektes zu gewährleisten, wurden zwei gegenüberliegende seitlich versetzte bis knapp über die Mitte reichende Proben entnommen.

Probe Blatt

Schlacken:
Das Material ist relativ schlackenarm. Es sind sowohl länglich eingestreckte Schlacken (mehrphasig), wie auch regellos angeordnete Schlacken (mehrphasig) zu erkennen. Die Schlackeneinschlüsse entsprechen etwa Bildreihen – Schaubild 5.6, 7.3 - 7.5 nach DIN 50 602.

Korngröße (nach DIN 50 601)
Die Korngröße bei Nitalätzung entspricht den Gefügebildern (GB) Nr. V–VI im Kern und VI – VII an der Schneide.

Ätzung mit Nital (Abb. 13+14, siehe Seite 158, 159):
An der Schneide ist perlitisch-ferritisches Gefüge zu erkennen, das zum Körper hin allmählich in ferritisch-perlitisches Gefüge übergeht. Im Kern ist Ferrit mit Korngrenzenzementit vorhanden. Hierbei dürfte es sich um eine Aufkohlung handeln. Das Gefüge der an der Oberfläche erkennbaren Verzierungsrillen ist nicht deformiert.

Probe Spitze

Schlacken:
Das Material hat geringen bis mittleren Schlackenanteil. Es sind regellos angeordnete globulare Schlacken (mehrphasig) zu erkennen. Die Schlackeneinschlüsse entsprechen etwa Bildreihen – Schaubild 4.8, 7.4 nach DIN 50 602.

Korngröße (nach DIN 50 601)
Die Korngröße bei Nitalätzung entspricht den Gefügebildern (GB) Nr. VI–VII im Kern und VIII an der Schneide.

Ätzung mit Nital (Abb. 14, siehe Seite 159):
An der Schneide ist perlitisches Gefüge zu erkennen, das zum Kern hin allmählich in ferritisch-perlitisches Gefüge übergeht und an eine ferritische Zone anschließt. Im Kern ist ein vertikal verlaufendes helles Band zu erkennen, das von der Ätzung geringer angegriffen wurde. Hier ist ferritisch-perlitisches bis perlitisch-ferritisches Gefüge vorhanden.

Enns/Lauriacum, Flur Scheiben – Spatha Inv. Nr. A-8142

Probenentnahme (Abb. 6E):
Um den Materialzusammenhalt des Objektes zu gewährleisten, wurden zwei seitenversetzte Proben entnommen, die bis knapp über die Mittellinie reichen und jeweils ein Querschliff angefertigt.

Probe Ort

Schlacken:
Es wurde Material mittleren Schlackengehalts verwendet. Die Schlacken des Schneidenmaterials sind horizontal ausgerichtet. Es sind sowohl länglich eingestreckte

©Oberösterreichischer Musealverein - Gesellschaft für Landeskunde; download unter www.biologiezentrum.at

Schlacken, wie auch regellos angeordnete Schlacken (mehrphasig) vorhanden. Die Schlackeneinschlüsse entsprechen etwa Bildreihen – Schaubild 6.5 und 7.4, 7.5 im Schneidenmaterial, 7.3–7.4 und 5.5 nach DIN 50 602.

Korngröße (nach DIN 50 601)

Die Korngröße bei Nitalätzung entspricht den Gefügebildern (GB) Nr. V – VIII an der Schneide, in den kohlenstoffhältigen Damastlagen VI – VII und III bis IV in den kohlenstoffarmen Lagen.

Ätzung mit Nital (Abb. 15+17, siehe Seite 160, 162):

Die Probe kann in Schneiden- und Kernmaterial unterteilt werden. In der Schneide kann neben ferritisch-perlitischem Gefüge (Ferrit mit Korngrenzenperlit) auch zeilig angeordnetes Widmannstättengefüge festgestellt werden, das zur Schneide hin in unvollständiges Härtegefüge übergeht. Hier kann neben Ferrit Gefüge mit martensitischer und bainitischer Struktur festgestellt werden. Das Schneidenmaterial wird mit dem Kernmaterial durch eine vertikal verlaufende Schlackenzeile (Schweißnaht) verbunden. Der Kern besteht aus Damaststäben unterschiedlicher Torsion und Ausrichtung. In der Probe sind 6 Damaststäbe feststellbar, die jeweils aus mindestens 6–7 Einzellagen bestehen. Dies sind abwechselnde Lagen aus feinkörnigem Ferrit mit Korngrenzenperlit (stellenweise schwach ausgeprägte Widmannstättenstruktur) und grobkörnigem Ferrit mit Korngrenzenzementit.

Probe Klingenwurzel

Schlacken:

Das Material weist mittleren Schlackengehalt auf. In der Schneide können zeilig eingestreckte mehrphasige Schlacken festgestellt werden. Im Kernmaterial sind sowohl länglich eingestreckte Schlacken, als auch grobe blockartige Schlacken (mehrphasig) zu erkennen. Die Schlackeneinschlüsse entsprechen etwa Bildreihen – Schaubild 7.2 bis 7.5 und gröber in der Schneide und 6.7 und 7.4 bis 7.5 im Kernmaterial nach DIN 50 602.

Korngröße (nach DIN 50 601)

Die Korngröße bei Nitalätzung entspricht den Gefügebildern (GB) Nr. II – IV im Kern, in den kohlenstoffhältigen Damastlagen VI – VII und II – IV in den kohlenstoffarmen Lagen.

Ätzung mit Nital (Abb. 16+17, siehe Seite 160, 161):

An der Schneide kann Ferrit und Ferrit mit Korngrenzenperlit unterschiedlicher Korngröße festgestellt werden. In einigen Ferritkristallen sind regellos angeordnete Nadeln (Nitride – Phosphide?) zu erkennen. Es kann keine Härtung oder Deformation der Kristalle festgestellt werden.

Das Kernmaterial besteht aus Damaststäben, deren Einzellagen (mindestens 6–7 pro Stab) von der Ätzung unterschiedlich angegriffen wurden. Das Gefüge der kohlenstoffhältigen Lagen (Ferrit mit Korngrenzenperlit) ist deutlicher entwickelt, als das der grobkörnigen ferritischen Lagen, in deren Ferritkristallen nadelige Ausscheidungen (Nitride – Phosphide?) vorhanden sind.

©Oberösterreichischer Musealverein - Gesellschaft für Landeskunde; download unter www.biologiezentrum.at

St. Georgen a. d. Gusen Grab II A-2690

Probenentnahme (Abb. 6G, siehe Seite 138):

Aus der Klinge wurden zwei Proben entnommen und jeweils ein Querschliff angefertigt. Um den Materialzusammenhalt des Objektes zu gewährleisten, wurden zwei gegenüberliegende, seitlich versetzte bis knapp über die Mitte reichende Proben entnommen.

Probe Ort

Schlacken:

Das Material ist relativ schlackenarm. Es sind länglich eingestreckte etwas blockartige Schlacken (mehrphasig) vorhanden. Die Schlackeneinschlüsse entsprechen etwa Bildreihen – Schaubild 7.2 nach DIN 50 602.

Korngröße (nach DIN 50 601)

Die Korngröße bei Nitalätzung entspricht den Gefügebildern (GB) Nr. I – VI im Kernmaterial und VI – VII in der Nähe des Schneide.

Ätzung mit Nital (Abb. 18+20, siehe Seite 163, 165):

In der Schneide kann Martensit mit Restaustenit festgestellt werden, der zum Körper hin in perlitisch-ferritisches Gefüge übergeht, in der Übergangszone ist Martensit mit Perlitinseln und Bainit vorhanden. Weiters ist ein nach der Ätzung hellbleibendes vertikal verlaufendes Band mit darin vorhandenen Schlacken feststellbar, dabei handelt es sich um die verbindende Schweißnaht zwischen Kern- und Schneidenmaterial.

Zum Körper hin geht dieses Härtegefüge in Ferrit mit Korngrenzenperlit und ferritisch-perlitisches Gefüge mit etwas höherem Kohlenstoffgehalt über. Das Gefüge des Klingenkerns lässt sich in eine kohlenstoffreiche obere und eine fast kohlenstofffreie untere Hälfte teilen. Die Oberseite besteht aus Perlit mit Korngrenzenferrit, der allmählich in Ferrit mit Korngrenzenperlit übergeht. Einige Neumannbänder sind zu erkennen.

Probe Klingenwurzel

Schlacken:

Das Material ist relativ schlackenreich. Die Probe wird in Längsrichtung von einer groben Schlackenzeile durchzogen, die blockartig eingeformt ist. Über den ganzen Schliff verteilt sind länglich eingestreckte Schlacken (mehrphasig) zu erkennen. Im Bereich der Damastmarke folgen die Schlacken der Kontur derselben, d. h. sie sind nicht durchtrennt. Die Schlackeneinschlüsse entsprechen etwa Bildreihen – Schaubild 6.8, 7.3 – 7.5 nach DIN 50 602.

Korngröße (nach DIN 50 601)

Die Korngröße bei Nitalätzung entspricht den Gefügebildern (GB) Nr. VII – VIII an der Schneide und Nr. III – VI im Kernmaterial.

Ätzung mit Nital (Abb. 19+20, siehe Seite 164, 165):

Der Klingenkörper lässt sich in eine kohlenstoffhältige Unterseite und eine kohlenstoffarme Oberseite unterteilen. Das ferritisch-perlitische bis perlitisch-ferritische Gefüge der Unterseite wird von, nach der Ätzung hell bleibenden, Bänder durch-

©Oberösterreichischer Musealverein - Gesellschaft für Landeskunde; download unter www.biologiezentrum.at

zogen – hier könnte eine Legierungselement eingestreckt sein. Diese hell bleibenden Bänder beginnen im Klingenkern und laufen bis fast zur Schneide.
Dieser untere Teil wird mit der Oberseite durch eine grobe stellenweise offenen Schlackenzeile verbunden, hier ist ferritisches (Ferrit mit Korngrenzenzementit) bis ferritisch – perlitisches Gefüge vorhanden, das Zeiligkeit aufweist. In der Schneide kann nicht deformiertes ferritisch – perlitisches Gefüge festgestellt werden.
Das Gefüge der Damastmarke besteht aus abwechselnden Lagen ferritisch-perlitischen und ferritischen Lagen, diese wurden vom Ätzmittel schwächer angegriffen. Die Marke ist durch eine aufgekohlte Schweißnaht mit dem Kernmaterial verbunden. Die Materialfasern sowie die im Klingenmaterial vorhandenen Schlackenzeilen folgen der Kontur der Damastmarke, sie wurde mittels Feuerschweißung am Klingenmaterial angebracht.

Schwödiau – Spatha – Inv. Nr. A-2686

Probenentnahme (Abb. 6F):
Aus der Klinge wurden zwei Proben entnommen und jeweils ein Querschliff angefertigt. Um den Materialzusammenhalt des Objektes zu gewährleisten, wurden zwei gegenüberliegende versetzte bis knapp über die Mitte reichende Proben entnommen.

Probe Ort

Schlacken:
Das Material weist mittleren Schlackenanteil auf. Im Kernmaterial sind länglich eingestreckte feine Schlacken (mehrphasig) wie auch grobe Schlackenzeilen (mehrphasig) zu erkennen. Die Schneide weist geringen bis mittleren Schlackengehalt (glasig) auf. Es sind feine Schlackenzeilen vorhanden. Die Schlackeneinschlüsse entsprechen etwa Bildreihen - Schaubild 7.5 – 7.7 im Kernmaterial und 7.2 bis 7.3 im Schneidenmaterial nach DIN 50 602.

Korngröße (nach DIN 50 601)
Die Korngröße bei Nitalätzung entspricht den Gefügebildern (GB) Nr. VI – VII an der Schneide und VI im Kernmaterial.

Ätzung mit Nital (Abb. 21+23, siehe Seite 166, 168):
In der Schneide kann feinlamellarer Perlit (Bainit?) festgestellt werden, der zum Körper hin in groblamellaren Perlit mit geringem Ferritanteil übergeht. Hier wird der Schliff durch eine von rechts oben nach links unten verlaufende Schlackenzeile durchzogen.
Das anschließende Gefüge besteht aus Perlit und bereits erkennbaren globularen Zementit. Danach geht das perlitisch-ferritische Gefüge zur Mitte hin in ferritisch-perlitisches Gefüge über, wo Ferrit mit Korngrenzenperlit festgestellt werden kann. Diese kohlenstoffarme Kernlage weist an ihrer Ober- und Unterseite aufgekohlte Schweißnähte auf, die sie mit etwas höher kohlenstoffhältigen Material verbinden.

Probe Klingenwurzel

Schlacken:
Es wurde Metall mittleren bis hohen Schlackengehalts verwendet. Eine vertikal verlaufende Schweißnaht mit Schlackeneinschlüssen verbindet das Klingen- mit dem Schneidenmaterial. Über den ganzen Schliff verteilt sind länglich eingestreckte Schlacken

©Oberösterreichischer Musealverein - Gesellschaft für Landeskunde; download unter www.biologiezentrum.at

(mehrphasig) zu erkennen. Das Kernmaterial weist mittleren bis hohen Gehalt an zeilig eingestreckten Schlacken (mehrphasig) auf. Im Bereich der Damastmarke folgen die Schlacken deren Kontur, die Materialfasern sind nicht durchtrennt. Das Schneidenmaterial hat geringen Schlackengehalt, hier sind blockartige Schlackeneinschlüsse (glasig) zu erkennen. Die Schlackeneinschlüsse entsprechen etwa Bildreihen – Schaubild 7.5 – 7.7 im Klingenkörper und 7.3 – 7.4 im Schneidenmaterial nach DIN 50 602.

Korngröße (nach DIN 50 601)

Die Korngröße bei Nitalätzung entspricht den Gefügebildern (GB) Nr. V an der Schneide und V – VII im Kernmaterial.

Ätzung mit Nital (Abb. 22+23, siehe Seite 167, 168):

Das Schneidenmaterial besteht aus übereutektoidem Gefüge, es ist Perlit mit einem Zementitnetzwerk zu erkennen. Dieses geht zum Körper hin in groblamellaren Perlit über, wo es durch eine Schweißnaht (durch unterschiedliche Ätzbarkeit und in ihr vorhandenen Schlacken erkennbar) mit dem Kernmaterial verbunden ist. Daran schließt perlitisch – ferritisches Gefüge in Widmannstättenstruktur an, das in eine nahezu kohlenstofffreie Zone übergeht. Zur Mitte hin ist ferritisch-perlitisches Gefüge vorhanden. Die hier erkennbaren Schlackenzeilen folgen dem Umriss der Damastmarke. Sie wird durch eine aufgekohlte Schweißnaht mit dem lagig erscheinenden Kernmaterial verbunden. Dieses weist perlitisch-ferritisches bis ferritisch-perlitisches Gefüge auf.

Das ferritisch-perlitische Gefüge der Damastmarke besteht aus abwechselnden Lagen unterschiedlichen Kohlenstoff- und Schlackengehalts. So weisen die etwas kohlenstoffärmeren feinkörnigeren Lagen erhöhten Schlackengehalt auf.

©Oberösterreichischer Musealverein - Gesellschaft für Landeskunde; download unter www.biologiezentrum.at

Zusammenfassung:

Die Saxe aus Auhof bei Perg, Grab 64, Gusen – Berglitzl, Grab 147 (Abb. 8) und Enns/Lauriacum, Flur Scheiben, Grab II weisen als technologische Gemeinsamkeit eine Wärmebehandlung[43] an der Schneide auf, sie wurden auf Rot- bis Weissglut erhitzt und im Wasser abgeschreckt. Zusätzlich besitzen die Saxe aus Gusen und Enns ein ähnliches Konstruktionsschema. An ein kohlenstoffarmes elastisches Kernmaterial wurde eine kohlenstoffhältige Klinge angeschweißt, die dann gehärtet wurde.

In der Schneide des Gusener Saxes (Abb. 10) kann eine horizontal verlaufende Schweißnaht festgestellt werden, während in der Schneide des Ennser Saxes (Abb. 12) eine v-förmige Schweißnaht erkennbar ist. Die Materialprobe des Auhofer Saxes lässt eine schräg verlaufende Schweißnaht vermuten, diese kann jedoch nicht eindeutig festgestellt werden. Ebenso wäre eine Zementation (Aufkohlung) des Schneidenmaterials mit anschließender Härtung möglich.

Die festgestellten Härtewerte (Auhof – Sax: max. 661 HV 0,5 – 644 HV 0,5 an der Schneide; Gusen – Sax: max. 679 HV 0,5 – 506 HV 0,5 an der Schneide und Enns – Sax: max. 427 HV 0,5 – 366 HV an der Schneide) sowie die erkennbaren Härtegefüge lassen an eine kontrollierte Abschreckung denken. Dadurch wurde an der Schneide ein hartes, aber nicht zu sprödes Gefüge geschaffen, das hohe Schneidhaltigkeit bei gleichzeitiger Elastizität garantiert. Die Kohlenstoffverteilung im Schneidenmaterial des Gusener Saxes lässt eine Aufkohlung des Materials vor dem Zusammenschweißen der Einzelteile vermuten.

Die Untersuchungsergebnisse der Saxe belegen weiters unterschiedliche Methoden der Materialvorbereitung für die Verschweißung von Rücken- und Schneidenteil. Die einzelnen Metallstäbe des Gusener Saxes wurden vermutlich rechteckig geschmiedet und anschließend miteinander verschweißt. Danach wurde der Sax zu seiner endgültigen Form geschmiedet.

Das Ausgangsmaterial des Ennser Saxes wurde einer anderen Vorbereitung unterzogen. Eine am Schneidenmaterial angebrachte v-förmige Kerbe wurde an das Rückenmaterial angepasst, danach erfolgte die Schweißung. Der Vorteil dieser Vorgehensweise könnte darin liegen, dass durch die größeren Kontaktflächen eine bessere und damit stabilere Verbindung gegeben ist.

Die Lanze aus Enns (Abb. 14) lässt eine Aufkohlung der Schneiden erkennen, jedoch konnte kein deutlich ausgeprägtes Härtegefüge festgestellt werden. Die etwas erhöhten Härtewerte in der Probe aus der Spitze (325 HV 0,5) lassen an eine etwas erhöhte Abkühlungsgeschwindigkeit denken.

[43] Dies umfasst das Abschrecken des glühenden Eisens in Wasser mit anschließender Wiedererwärmung wie auch das kurzzeitige Abschrecken im Wasser. Der Zweck des Härtens besteht darin, dem Stahl eine höhere Härte zu verleihen.

©Oberösterreichischer Musealverein - Gesellschaft für Landeskunde; download unter www.biologiezentrum.at

Das Verfahren der Aufkohlung dient dazu, aus Eisen mit geringem Kohlenstoffgehalt Stahl mit höherem Kohlenstoffgehalt herzustellen. Nur wenn der Stahl ausreichenden Kohlenstoffanteil besitzt, ist er auch härtbar. Hannes Herdits beschreibt den Vorgang[44] der Zementation (Aufkohlung) folgendermaßen: Ein Schweißeisenband, welches aus zuvor durchgeführten Experimenten zur Eisenerzverhüttung stammt, wurde in einem dicht verschlossenen, mit Holzkohlestaub gefüllten Tongefäß für etwa zwei Stunden bei ca. 800 bis 900°C im offenen Holzfeuer geglüht. Das Stück war nach der Behandlung an den Oberflächen aufgekohlt, d. h. Kohlenstoff war in das Material diffundiert, im Inneren verblieb ein weicher Kern. Dieser Kohlenstoff verteilte sich jedoch nicht gleichmäßig, sondern wurde an den Gefügeschichtungen und Schlackeneinschlüssen verschiedenartig gebremst.

Die untersuchten Spathen zeigen ein differenziertes Bild. Das Kernmaterial der Spatha aus Enns (Abb. 17) besteht aus Damaststäben, daran wurde separat hergestelltes Schneidenmaterial angeschweißt und dieses gehärtet. Der Klingenkern besteht aus zweimal vier Bahnen die jeweils wechselseitig verdreht bzw. nicht tordiert sind. Das daraus resultierende Erscheinungsbild ergab einen kalkulierten Wechsel[45] von Torsions- und Lamellendamast. Das in der Probe Ort feststellbare schwach ausgeprägte Härtegefüge deutet an, dass auch an diesem Schwert eine Wärmebehandlung vorgenommen wurde, allerdings konnte aufgrund des zu geringen Kohlenstoffgehalts keine ausreichende Härte (297 HV 0,5) erzielt werden. Die Damaststäbe wurden aus Material mit differierenden Kohlenstoff- und Legierungsgehalt hergestellt. Hierbei wurde feinkörniges ferritisch-perlitisches Metall mit Material höheren Schlacken- und Legierungselementanteil verschmiedet. Die Härtemessung lässt erkennen, dass die kohlenstoffhältigen Lagen durchschnittlich eine geringere Härte (124 – 177 HV 0,5) aufweisen als die kohlenstoffarmen Lagen (180 – 248 HV 0,5). Das Verschmieden dieser Metalle mit unterschiedlichen Eigenschaften bildete einen Verbundwerkstoff, der neben ansprechenden optischen Effekten auch höhere Bruchfestigkeit und Stabilität aufwies.

So konnte an der Spatha aus St. Georgen a. d. Gusen Grab II (Abb. 20) in der aus dem Ort entnommenen Probe festgestellt werden, dass an das Kernmaterial als Schneide kohlenstoffhältiges Metall angeschweißt wurde. Dieses wurde gehärtet, so dass martensitisches Gefüge (761 HV 0,5) entstand. Die Probe aus dem Bereich der Klingenwurzel erbrachte ein anderes Ergebnis, es

[44] H. Herdits, Schweißeisen – seine Herstellung, Bearbeitung und Veredelung im archäologischen Experiment, in: H. Friesinger, K. Pieta, J. Rajtar (Hg.), Metallgewinnung und Verarbeitung in der Antike (Schwerpunkt Eisen). Archaeologica Slovaca Monographiae, Tomus III, 2000, 66, Abb. 15 u. 16.

[45] Die Rekonstruktion einer alamannischen Spatha aus Ingersheim gibt einen Eindruck vom ehemaligen Erscheinungsbild eines derart aufgebauten Schwertes. H. Amrein u. E. Binder, Mit Hammer und Zange an Esse und Amboß – Metallgewinnung und Schmiedekunst im frühen Mittelalter, in: Die Alamannen – Begleitband zur Austellung, Stuttgart 1997, 368.

©Oberösterreichischer Musealverein - Gesellschaft für Landeskunde; download unter www.biologiezentrum.at

konnte weder angesetztes Schneidenmaterial noch Härtegefüge festgestellt werden. Die Damastmarke besteht aus abwechselnden Lagen grob- und feinkörnigen Metalls, das an den Grundkörper angeschweißt wurde.

Die aus der Nähe der Klingenwurzel stammenden Probe der Spatha aus Schwödiau (Abb. 23) zeigt ebenfalls, dass kohlenstoffhältiges Schneidenmaterial (250 HV 0,5) angesetzt, diese jedoch nicht gehärtet wurde. Der Klingenkern besteht aus Metall unterschiedlichen Kohlenstoffgehalts, in das die Damastmarke eingeschweißt wurde. Diese Metalllagen haben unterschiedlichen Kohlenstoff- und Legierungsgehalt.

Die aus dem vorderen Klingendrittel entnommene Probe zeigt einen lagigen Aufbau des Schwertes. Das Gefüge in der Schneide sowie die dort feststellbaren Härtewerte (320 HV 0,5) lassen eine schnellere Abkühlung des Metalls vermuten. Bemerkenswert ist das übereutektoide Gefüge im Bereich der Klingenwurzel, damit hätte man durchaus ein Härtegefüge erzeugen können, dies wurde aber unterlassen.

Für die untersuchten Spathen kann festgestellt werden, dass das Material in der Nähe der Klingenwurzel[46] nicht gehärtet war. Der Grund hierfür dürfte wohl darin zu suchen sein, dass dieser Bereich bei der Benutzung des Schwertes den größten Belastungen ausgesetzt war. Um einen Bruch aufgrund von Härterissen in diesem Bereich zu vermeiden, hat man es unterlassen, diesen Teil der Klinge zu härten.

Da weiters bei zweien der drei Spathen (Enns, St. Georgen a. d. Gusen) nur in den Schneiden ein Härtegefüge festgestellt werden konnte, im Kern aber durchaus genügend Kohlenstoff vorhanden gewesen wäre, um ebenfalls ein Härtegefüge auszubilden, kann vermutet werden, dass bei der Härtung der Mittelbereich der Klinge abgedeckt war, so dass nur die Schneidenteile direkt mit dem Wasser in Berührung kamen und abgeschreckt wurden. Dadurch ergibt sich die Kombination aus elastischem und biegsamem Kernmaterial und harten Schneidenteilen.

Die Damastmarken lassen Unterschiede in ihrer Ausführung erkennen, beide bestehen aus Damaststäben unterschiedlichen Legierungsgehalts, die mittels Feuerschweißung mit dem Grundmaterial verbunden wurden. Die Damasteinlage der Spatha aus Schwödiau reicht jedoch bis zur Klingenmitte[47], während sie bei der Spatha aus St. Georgen a. d. Gusen lediglich ca. 1/6 des Querschnittes einnimmt. Es ist wahrscheinlich, dass die Nut für die Schmiedemarke der Schwödiauer Spatha vorgeformt wurde.

Bei beiden kann festgestellt werden, dass sowohl die Schlackenzeilen wie

[46] Eine derartige Konstruktion konnte bereits an vier römischen Spathen festgestellt werden. E. H. Schultz, Über die metallkundlichen Untersuchungen einiger römischer Schwertklingen Technische Beiträge zur Archäologie I, 1959, 46–64.

[47] Es sei hier darauf hingewiesen, dass die Oberflächen der Spathen zum Teil stark korrodiert sind, sodass mit Materialverlust an den Oberflächen gerechnet werden muss.

©Oberösterreichischer Musealverein - Gesellschaft für Landeskunde; download unter www.biologiezentrum.at

auch die nach der Ätzung mit Oberhoffer erkennbaren Materialfasern des Kernmaterials dem Umriss der Einlage folgen. Dies belegt, dass diese nicht mittels Tauschiertechnik[48] im engeren Sinn angebracht wurden.

Die Spatha aus Enns, die chronologisch am Ende der Merowingerzeit steht, weist acht Damaststäbe mit angesetzten Schneiden auf, während die beiden jüngeren Spathen aus St. Georgen a. d. Gusen (2. Hälfte 8. Jhs.) sowie Schwödiau (10. Jh.) nicht damastzierte Kerne mit angeschweißten Damastmarken besitzen.

Die drei Saxe, die zwischen dem ausgehenden 7. und der Mitte des 8. Jhs. anzusetzen sind, weisen an ihren Schneiden eine Wärmebehandlung auf, zwei von ihn (Enns und Gusen) wurden mit Sicherheit aus einem Rücken- und Schneidenmaterial zusammengesetzt.

Abschließend betrachtet, erlauben diese Zwischenergebnisse bereits einen tiefen Einblick in die frühmittelalterliche Schmiedetechnologie. Sowohl die Technik des Damastzierens zur Verbesserung der Elastizität der Klinge, wie auch die Verfahren der Aufkohlung und Härtung konnte nachgewiesen werden. Ebenso lassen sich unterschiedliche Methoden der Materialvorbereitung erkennen. Dies alles sind Techniken, die Gebrauchseigenschaften von Langwaffen wesentlich verbessern.

[48] Gemeint ist die Befestigung eines Metalls in oder auf einem Metall durch Aufdrücken und Einklemmen, Aufnieten, Auf- oder Einschmelzen, Bekleben, Einhämmern und Eingießen in gerasterte, gemeißelte, gestochene und möglicherweise auch geätzte Oberflächen des Trägerobjektes; vgl. H. Born, Terminologie und Interpretation von Tauschiertechniken in der altvorderasiatischen altägyptischen und alteuropäischen Metallkunst, Tauschierarbeiten der Merowingerzeit, in: W. Menghin (Hg.), Museum für Vor- und Frühgeschichte. Bestandkatalog 2, 1994, 72–82.

©Oberösterreichischer Musealverein - Gesellschaft für Landeskunde; download unter www.biologiezentrum.at

Literatur:

AMENT, H.: Chronologische Untersuchungen an den fränkischen Gräberfeldern der jüngeren Merowingerzeit im Rheinland. Bericht d. Römisch-germanischen Kommission 57, 1976, 285 ff.

AMREIN, H., BINDER, E.: Mit Hammer und Zange an Esse und Amboß - Metallgewinnung und Schmiedekunst im frühen Mittelalter, Die Alamannen - Begleitband zur Ausstellung, 1997. 359-378.

BORN, H.: Terminologie und Interpretation von Tauschiertechniken in der altvorderasiatischen altägyptischen und alteuropäischen Metallkunst, Tauschierarbeiten der Merowingerzeit In: Menghin, W. (Hg.), Museum für Vor- und Frühgeschichte Bestandkataloge Band 2, 1994, 72-82

BÖHNER, K.: Die fränkischen Altertümer des Trierer Landes. GDV, Serie B, 1, 1958.

GALUSKA, L.: Uherske Hradiste – Sady. 1996.

GEIBIG, A.: Beiträge zur morphologischen Entwicklung des Schwertes im Mittelalter. Offa-Bücher 71, 1991.

HERDITS, H.: Schweißeisen - seine Herstellung, Bearbeitung und Veredelung im archäologischen Experiment In: Friesinger, H., Pieta, K., Rajtar, J. (Hg.), Metallgewinnung und Verarbeitung in der Antike (Schwerpunkt Eisen). Archaeologica Slovaca Monographiae Tomus III, 2000, 63-69.

KARNITSCH, A.: Oberösterreichische Waffenfunde der Karolingerzeit. Heimatgaue 12, 1931, 42 ff.

KARNITSCH, A., Das römische Erdkastell und ein spätmerowingisch-frühkarolingisches Kriegergrab in Enns. Forschungen in Lauriacum 2, 1954, 117 ff.

KLEEMANN, J.: Die Grabfunde des 8. und 9. Jhs. im nördlichen Randgebiet des Karolingerreiches. Phil. Diss. 1992.

KOCH, U. Die fränkischen Gräberfelder von Bargen und Berghausen in Nordbaden.

KOCH, U.: Drei Langsaxe aus Ostbayern. In : Bericht der bayerischen Bodendenkmalpflege 34/35, 1993/94, 1995, 181 ff.

PETERSEN, J.: De norske Vikingsverd, 1919.

PLEINER, R.: Die Grundlagen der slawischen Eisenindustrie in den böhmischen Ländern, Monumenta Archaeolgica 4, Prag 1958.

PLEINER, R.: Die Technologie des Schmiedes in der Großmährischen Kultur Slovenska Archaeologica 15/ 1, 1967, 77-188.

PLEINER, R.: Zur Schmiedetechnik im römerzeitlichen Bayern, Bayrische Vorgeschichtsblätter 35, 1970, 113-142.

VON SACKEN, E.: Mitteilungen der k.k. Zentralkommission. NF 5, 1879, XLIX.

SCHULTZ, E. H.: Über die metallkundlichen Untersuchungen einiger römischer Schwertklingen Technische Beiträge zur Archäologie I, 1959, 46 – 64.

SCHUMANN, H.: Metallographie, 13. Auflage, 1990.

SCHWARZ, K.: Der frühmittelalterliche Landesausbau in Nordost-Bayern archäologisch gesehen. In: Ausgrabungen in Deutschland 1.2., RGZM Monographien, 1975, 338 ff.

DERS.: Frühmittelalterlicher Landesausbau im östlichen Franken zwischen Steigerwald, Frankenwald und Oberpfälzer Wald. Monographien RGZM 5, 1984.

SOLLE, M.: Stare Kourim. Monumenta Arch. 15, 1966.

STEIN, F.: Adelsgräber des 8. Jhs. in Deutschland. Germanische Denkmäler der Völkerwanderungszeit 9, 1967.

STROH, A.: Die Reihengräber der karolingisch-ottonischen Zeit in der Oberpfalz. Materialhefte zur Bayerischen Vorgeschichte 4, 1954.

SZAMEIT, E.: Karolingische Waffenfunde aus Österreich Teil 1, Die Schwerter. Archa 70, 1986.

DERS.: Karolingerzeitliche Waffenfunde aus Österreich. Teil II, Die Saxe und Flügellanzen. ArchA 71, 1987, 1...

SZAMEIT,E., STADLER, P.: Das frühmittelalterliche Grab von Grabelsdorf bei St. Kanzian am Klopeinersee, Kärnten. Ein Beitrag zur Datierung awarischer Bronzen im Ostalpenraum. Arch. Austriaca 77, 1993, 213ff.

SZAMEIT,E.: Das archäologische Bild der frühen Slawen in Österreich. Mit Fragen zur ethnischen Bestimmung karolingerzeitlicher Gräberfelder im Ostalpenraum. In : R. Bratoz (Hg.), Slo-

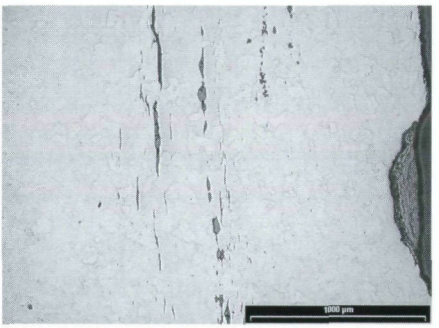
©Oberösterreichischer Musealverein - Gesellschaft für Landeskunde; download unter www.biologiezentrum.at

wenien und die Nachbarländer zwischen Antike und karolingischer Epoche. Anfänge der slowenischen Ethnogenese. Bd. I, Ljubljana 2000, 507 ff.
TÖRÖK, G.: Sopronköhida IX. szazadi temetöje (the Cemetery of Sopronköhida in the 9th Century). Font.Arch.Hung., 1973
TOVORNIK, V.: Die frühmittelalterlichen Gräberfelder von Gusen und Auhof bei Perg in Oberösterreich. Teil 1: Gusen, ArchA 69, 1985, 165 ff.
DIES.:, Die frühmittelalterlichen Gräberfelder von Gusen und Auhof bei Perg in Oberösterreich. Teil 2: Auhof bei Perg, ArchA 70, 1986, 413 ff.
DIES.: Datierungskorrekturen der altslawischen Gräber- und Siedlungsfunde in Oberösterreich. Zalai Muzeum 3, 49.
WESTPHAL, H.: Franken oder Sachsen? Untersuchungen an frühmittelalterlichen Waffen, Studien zur Sachsenforschung 14, 2002.

Abbildungsnachweis

Abb. 1 bis 5: Institut für Ur – und Frühgeschichte – Olivia Chrstos
Abb. 6 A, B: SZAMEIT, E.: Karolingische Waffenfunde aus Österreich Teil 2, Die Daxe und Lanzenspitzen, ArchA 71, 1987, Abb. 1,2; 1/3.
Abb. 6 C, D, E: KARNITSCH, P.: Das römische Erdkastell und ein spätmerowingisch-frühkarolingisches Kriegergrab in Enns, FIL 2, 1954, Abb. 69.
Abb. 6 F: BENINGER, F., KLOIBER, Ae.: Oberösterreichische Bodenfunde aus bairischer und frühdeutscher Zeit, Jahrbuch des Oberöstereichischen Musealvereins 107, 1962, Tafel XV.
Abb. 6 G: SZAMEIT, E.: Karolingische Waffenfunde aus Österreich Teil 1, Die Schwerter, ArchA 70, 1986, Tafel 1.
Abb. 7 bis 23: Vienna Institute for Archaeological Science - Mathias Mehofer

©Oberösterreichischer Musealverein - Gesellschaft für Landeskunde; download unter www.biologiezentrum.at

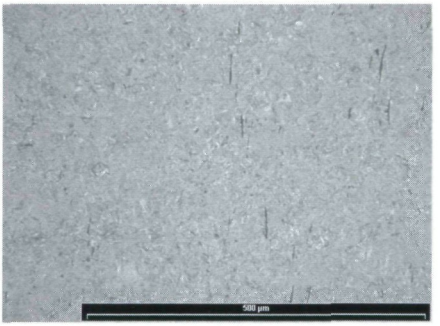


Im ferritischen Rückenmaterial sind blockartig eingeformte Schlacken vorhanden.

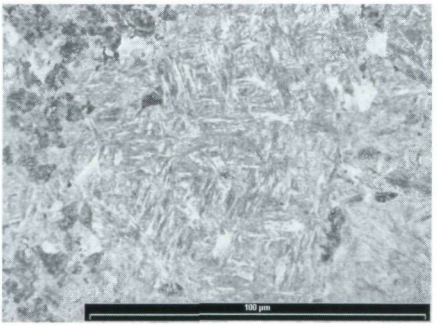
Der links unten vorhandene Perlit geht zum Rücken hin allmählich in ferritisch-perlitisches Gefüge über.

Übergang gehärtetes – ungehärtetes Gefüge.

Baintisches Gefüge in der Mitte der Probe, von links oben nach rechts unten durchzieht die Probe eine Zone eingestreckter Schlacken.



Härtegefüge an der Schneide.



Martensit und Bainit an der Schneide.

Abb. 7: Auhof – Sax – Inv.-Nr. A-10.217 – Detailaufnahmen

©Oberösterreichischer Musealverein - Gesellschaft für Landeskunde; download unter www.biologiezentrum.at

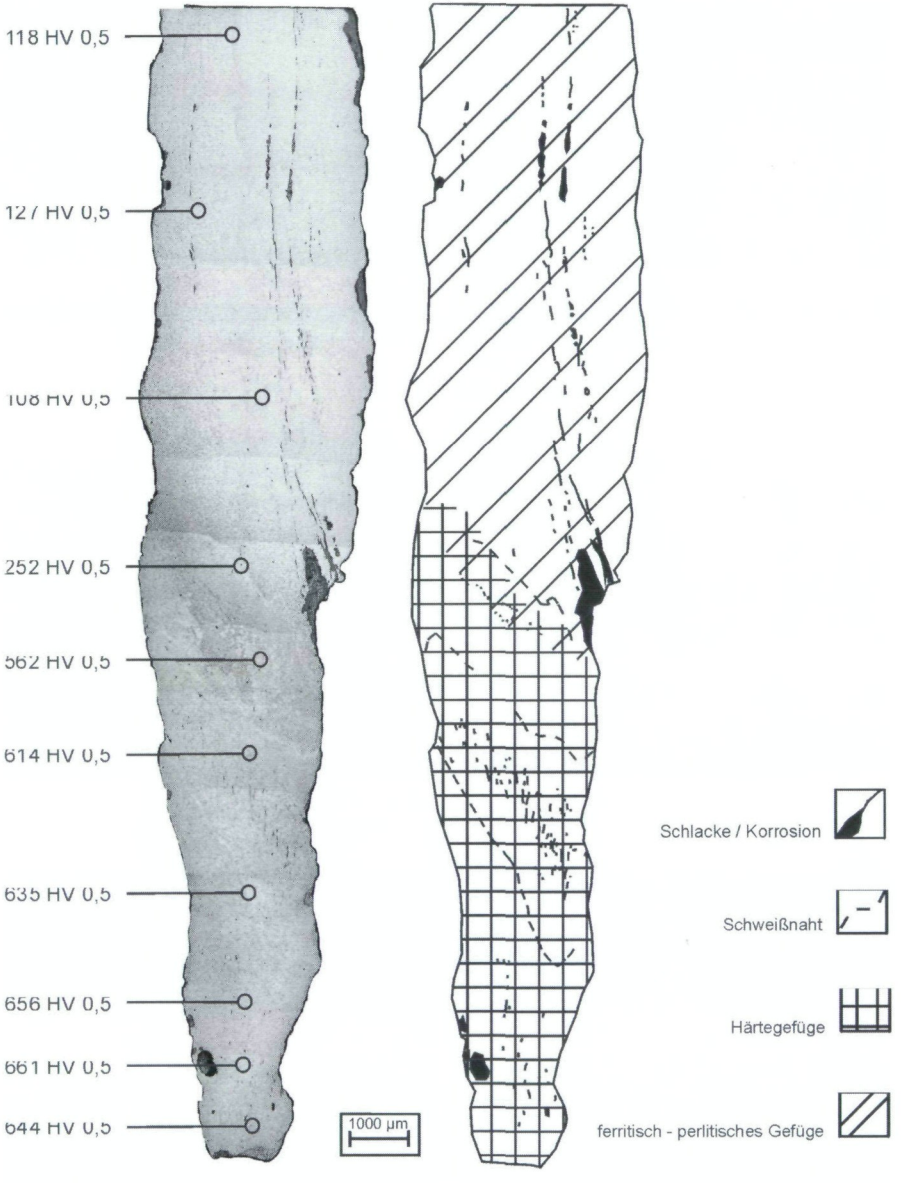
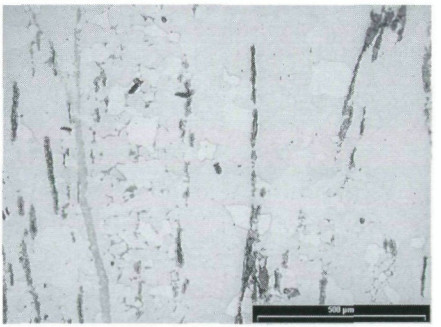
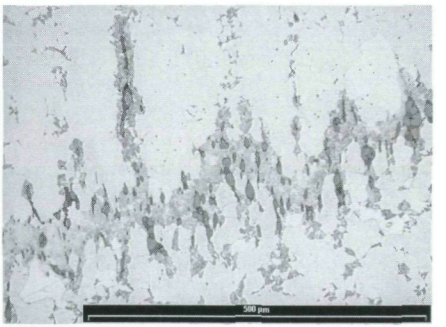


Abb. 8: Auhof – Sax – Inv.-Nr. A-10.217, Gesamtansicht zeigt Kohlenstoff- und Schlackenverteilung (Nital), Härtemessung, Schematische Darstellung des Querschliffes.

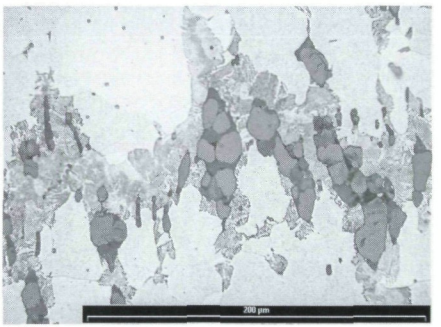
©Oberösterreichischer Musealverein - Gesellschaft für Landeskunde; download unter www.biologiezentrum.at



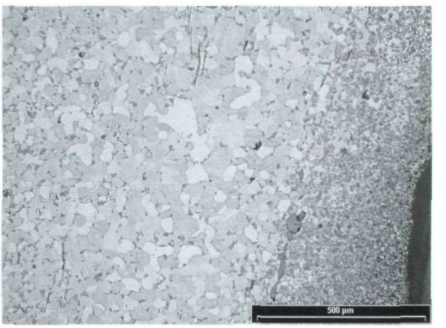
Ferrit unterschiedlicher Korngröße im Rückenmaterial, links ist eine durch untersschiedliche Ätzung erkennbare Schweißnaht sichtbar, die eingestreckten Schlacken weisen Perlitsäume auf.



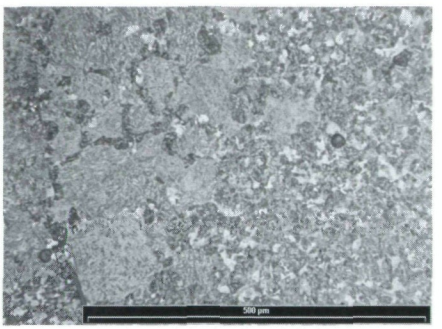
Eine aufgekohlte Schweißnaht mit Schlackeneinschlüssen verbindet das Rückenmaterial mit dem ferritisch-perlitischen Schneidenmaterial.



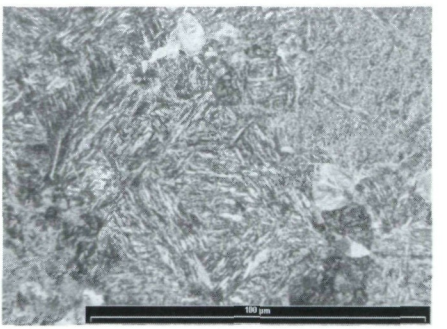
Perlit und mehrphasige Schlackeneinschlüsse in der Schweißnaht.



Schneide: Perlit der zur Mitte hin in Ferrit übergeht.



Martensit und Bainit bei der Schweißnaht.



Martensit und Bainit in der Schneide.

Abb. 9: Gusen – Sax – Inv.-Nr. A-10.103 – Detailaufnahmen

©Oberösterreichischer Musealverein - Gesellschaft für Landeskunde; download unter www.biologiezentrum.at

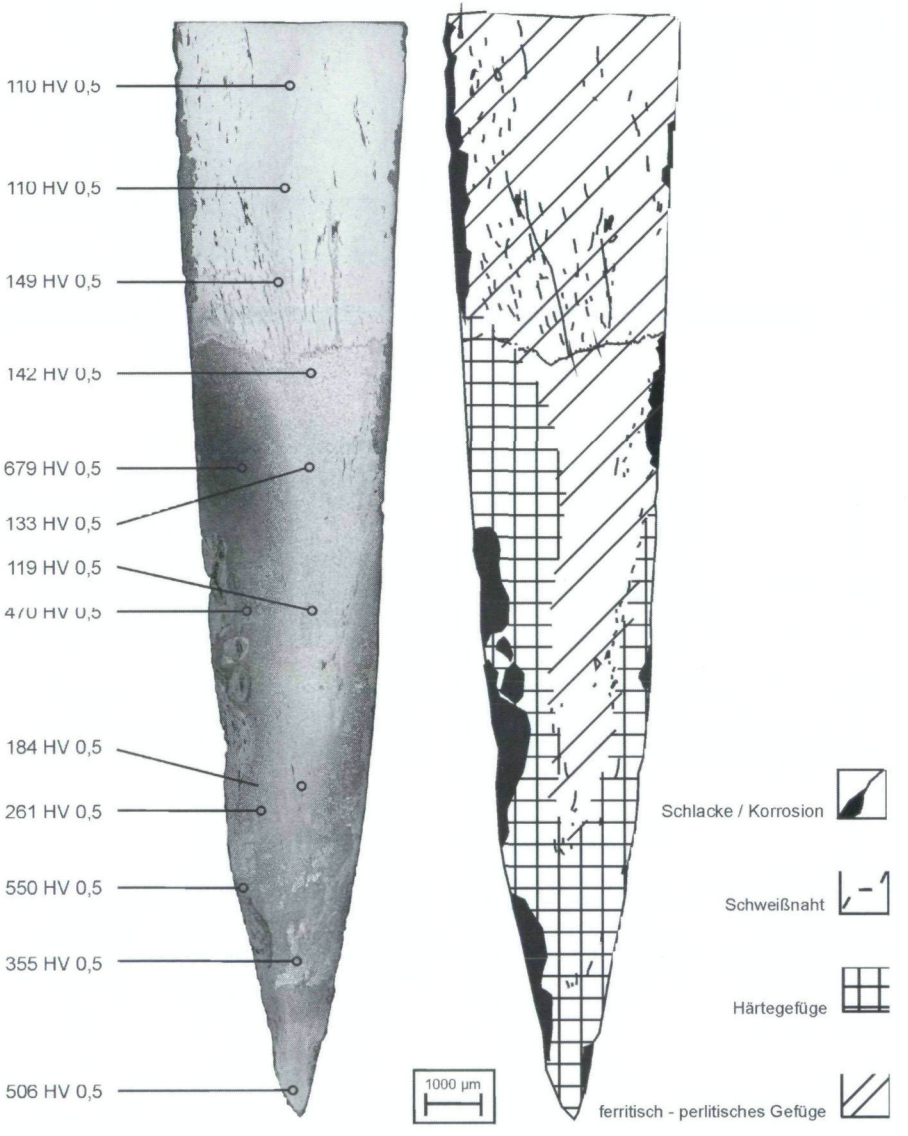


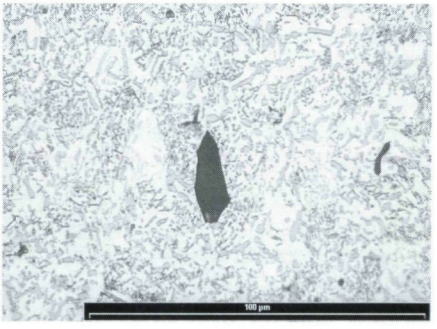
Abb. 10: Gusen – Sax – Inv.-Nr. A-10.103, Gesamtansicht zeigt Kohlenstoff- und Schlackenverteilung (Nital), Härtemessung, Schematische Darstellung des Querschliffes.

©Oberösterreichischer Musealverein - Gesellschaft für Landeskunde; download unter www.biologiezentrum.at

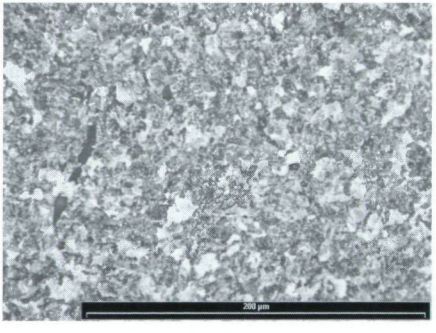
Ferrit mit Korngrenzenperlit, aufgekohlte Schweißnaht mit Schlackeneinschlüssen im Rückenmaterial.

Perlitisches Gefüge im Rückenmaterial.

Eine Schweißnaht mit Schlackeneinschlüssen verbindet das ferritisch-perlitische Rückenmaterial (links) mit dem perlitischen Schneidenmaterial (rechts).



Perlitisches Schneidenmaterial, stellenweise globularer Zementit.



Bainitisches Gefüge an der Schneide.

Bainit an der Schneide, vereinzelt ist Martensit zu erkennen.

Abb. 11: Enns – Sax – Inv.-Nr. A-8345 – Detailaufnahmen

©Oberösterreichischer Musealverein - Gesellschaft für Landeskunde; download unter www.biologiezentrum.at

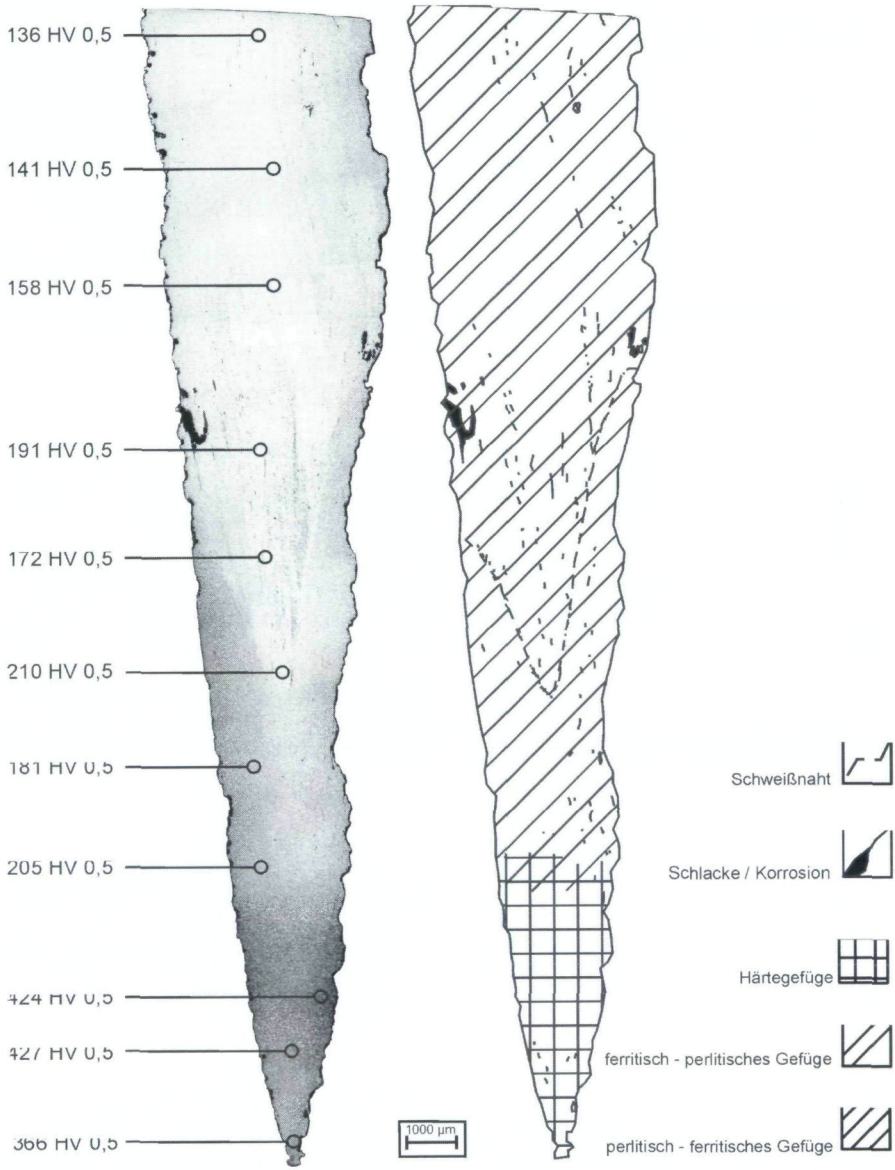
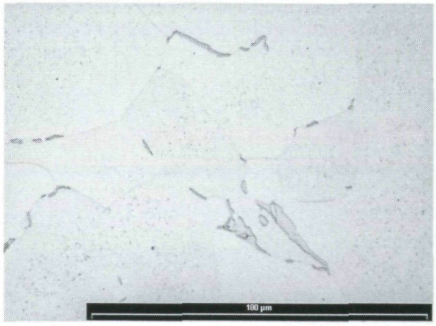
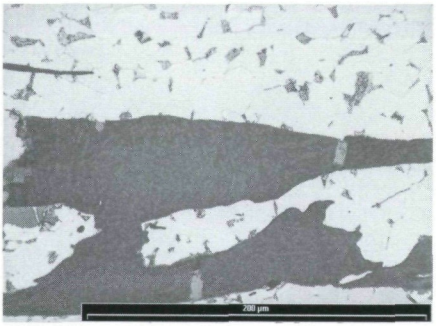


Abb. 12: Enns – Sax – Inv.-Nr. A-8345, Gesamtansicht zeigt Kohlenstoff- und Schlackenverteilung (Nital), Härtemessung, Schematische Darstellung des Querschliffes.

©Oberösterreichischer Musealverein - Gesellschaft für Landeskunde; download unter www.biologiezentrum.at

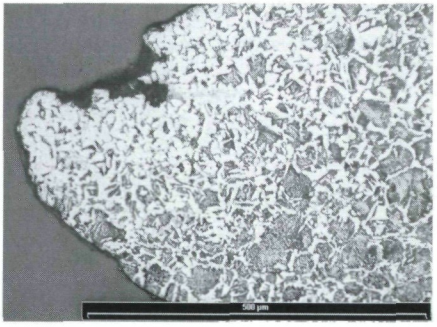


Probe-Blatt: Kohlenstoffhältiges Gefüge in der Schneide.

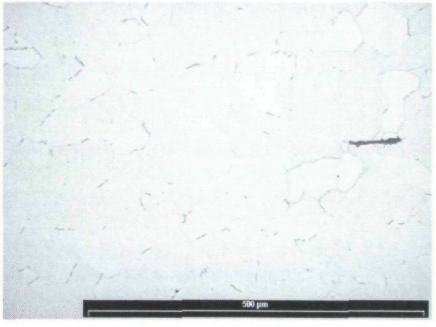


Probe-Blatt: Ferritisch-perlitisches Gefüge, mehrphasiger Schlackeneinschluss.

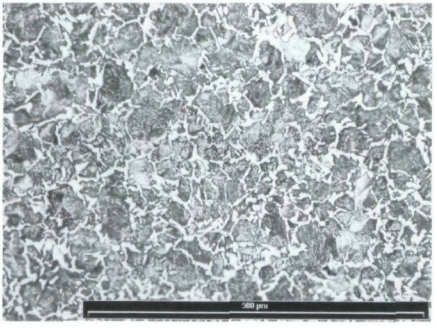
Probe-Blatt: Perlitisch-ferritisches Gefüge bei der Schneide.



Probe-Blatt: Ferrit mit Korngrenzenzementit beim Mittelgrat.



Probe-Spitze: Ferritisches Gefüge im Kern.



Probe-Spitze: Widmannstättengefüge in der Schneide.

Abb. 13: Enns – Lanze – Inv.-Nr. A-8346 – Detailaufnahmen

©Oberösterreichischer Musealverein - Gesellschaft für Landeskunde; download unter www.biologiezentrum.at

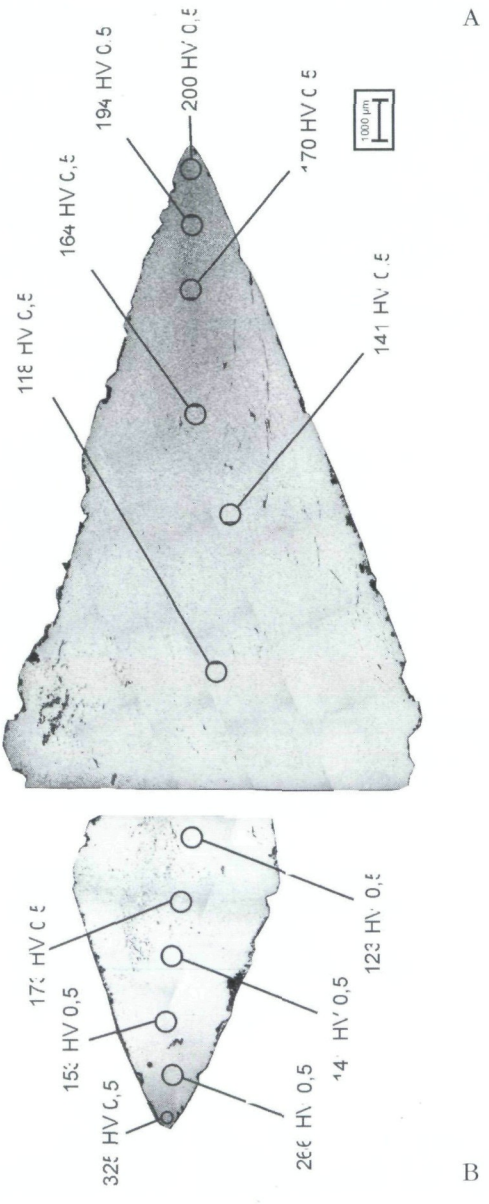
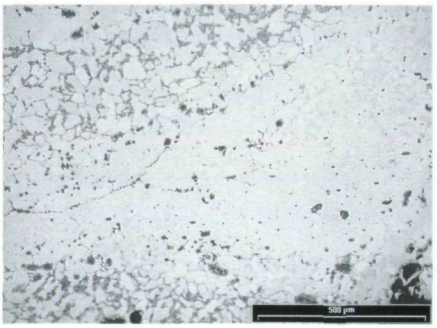
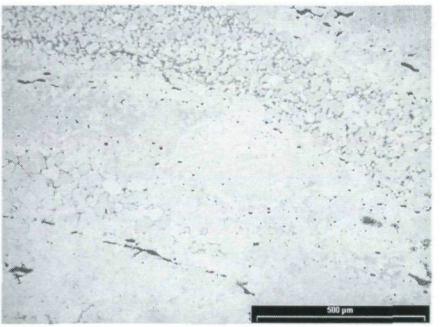


Abb. 14: Enns – Lanze – Inv.-Nr. A-8346, Gesamtansicht zeigt Kohlenstoff- und Schlackenverteilung (Nital), Härtemessung, A-Probe Blatt, B-Probe Spitze.

©Oberösterreichischer Musealverein - Gesellschaft für Landeskunde; download unter www.biologiezentrum.at



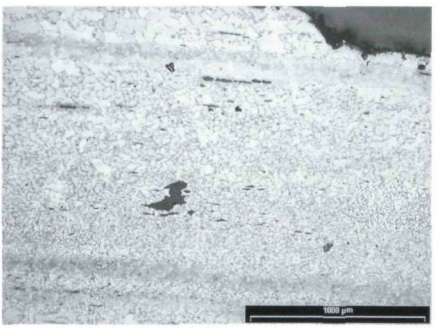
Ferritisch-perlitische und ferritische Lagen wurden zu einem Damaststab verschweißt.



Sich abwechselnde Lagen ferritischen und ferritisch-perlitischen Materials sind zu erkennen.

Links sind Schlackeneinschlüsse im Ferrit vorhanden, am Übergang zum ferritisch-perlitischen Gefüge kann keine Schweißnaht festgetellt werden.

Ferritisch-perlitisches Gefüge einer Damastlage.

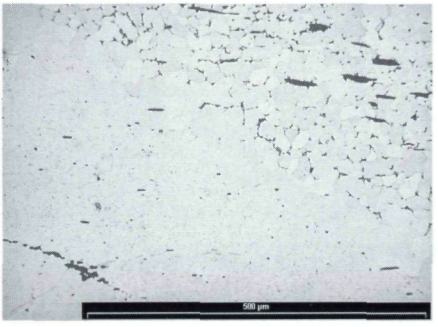


Bei der Schneide sind zwischen ferritisch-perlitischem Gefüge Zeilen mit unvollständigem Härtegefüge vorhanden.

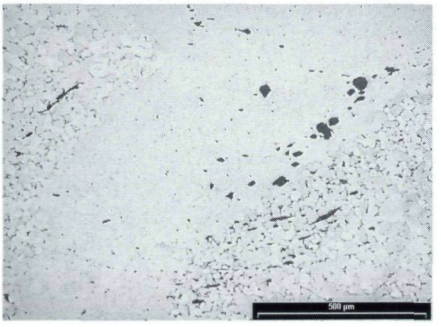
Härtegefüge in der Schneide, neben Martensit ist Bainit vorhanden.

Abb. 15: Enns – Spatha – Inv.-Nr. A-8142 – Detailaufnahmen

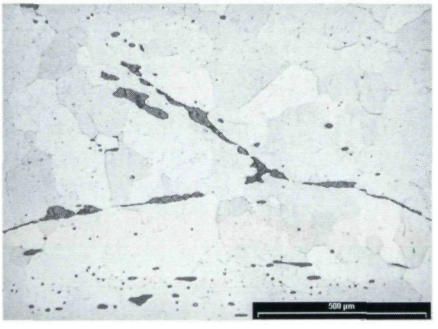
©Oberösterreichischer Musealverein - Gesellschaft für Landeskunde; download unter www.biologiezentrum.at



Damaststab: ferritisch-perlitische und grobkörnige ferritische Lagen wurden miteinander verschweißt.

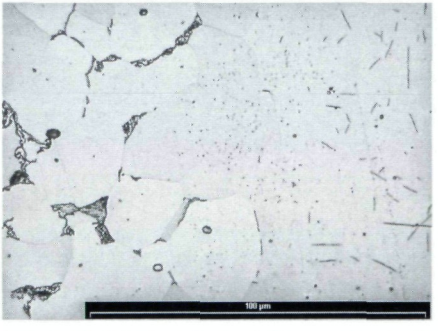


Die grobkörnigen Ferritlagen weisen blockartige Schlackeneinschlüsse auf, in den ferritisch-perlitische Lagen sind längliche Schlacken vorhanden.

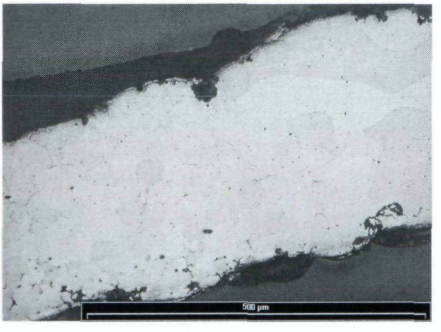


In der Schweißnaht vorhandene Schlackeneinschlüsse zeigen die Schweißflächen der Damaststäbe.

Links – feinkörniger Ferrit mit Korngrenzenperlit; rechts – Ferrit mit nadelförmigen Ausscheidungen (Nitride?)



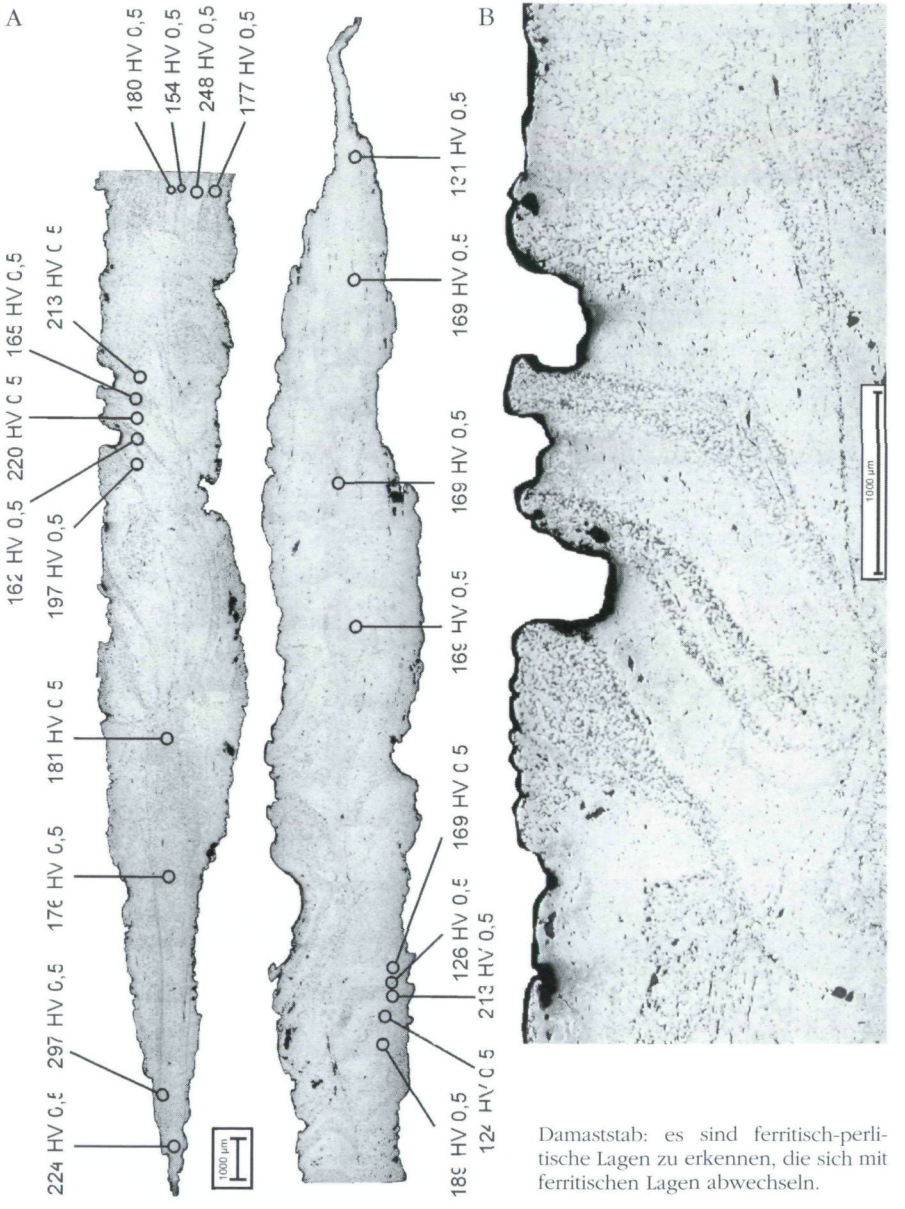
Links ist feinkörniger Ferrit mit Korngrenzen-Perlit zu erkennen, recht sind in den Ferritkristallen regello angeordnete Nadeln (Nitride?) vorhanden.



Ferritisches Gefüge der Schneide.

Abb. 16: Enns – Spatha – Inv.-Nr. A-8142 – Detailaufnahmen

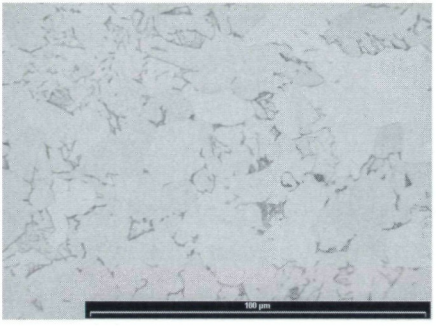
©Oberösterreichischer Musealverein - Gesellschaft für Landeskunde; download unter www.biologiezentrum.at



Damaststab: es sind ferritisch-perlitische Lagen zu erkennen, die sich mit ferritischen Lagen abwechseln.

Abb. 17: Enns/Lauriacum, Flur Scheiben 1951 – Spatha – Inv.-Nr. A-8142, Gesamtansicht zeigt Kohlenstoff- und Schlackenverteilung (Nital), Härtemessung, A-Probe Ort, B-Probe Klingenwurzel.

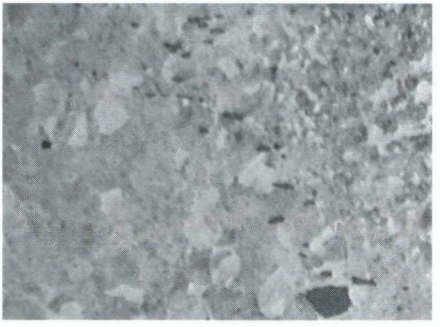
©Oberösterreichischer Musealverein - Gesellschaft für Landeskunde; download unter www.biologiezentrum.at



Ferrit mit Korngrenzenperlit im Klingenkern.

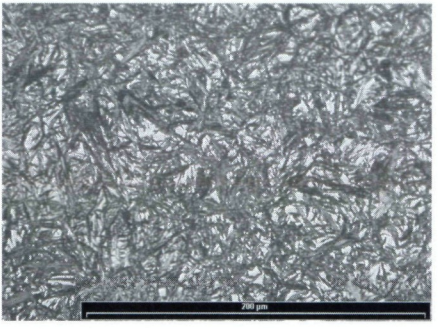
Klingenkern: Kohlenstoffgehalt nimmt vom Rand zur Mitte ab.

Widmannstättengefüge im Kern.



Eine Schweißnaht mit Schlackeneinschlüssen verbindet das Kernmaterial (links) mit dem Schneidenmaterial (rechts).

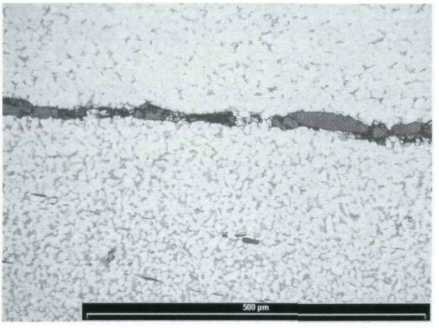
Übergang Bainit–Martensit.



Grobnadeliger Martensit mit Restaustenit in der Schneide.

Abb. 18: St. Georgen a. d. Gusen – Spatha – Inv.-Nr. A-2690 – Probe Ort – Detailaufnahmen

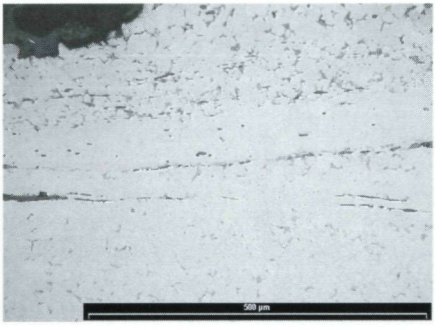
©Oberösterreichischer Musealverein - Gesellschaft für Landeskunde; download unter www.biologiezentrum.at



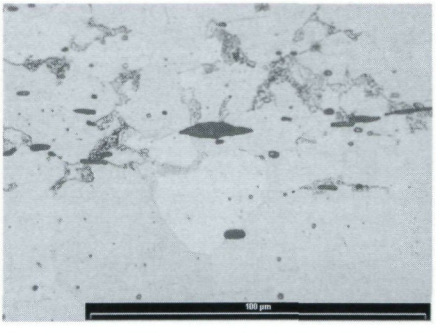
Ferritisch-perlitisches Gerüge im Klingenkern, eingestreckte Schlacken.

Ferritisch-perlitisches Gefüge im Klingenkern eingestreckte Schlacken.

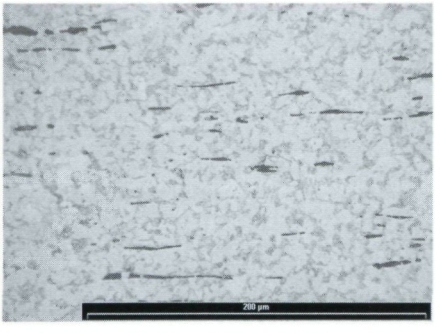
Eingestreckte Schlacken und Materialfasern im Körper folgen der Kontur der Damastmarke.



Eine Schweißnaht mit Schlackeneinschlüssen verbindet das Material (obere Bildhälfte) der Marke mit dem Kernmaterial.



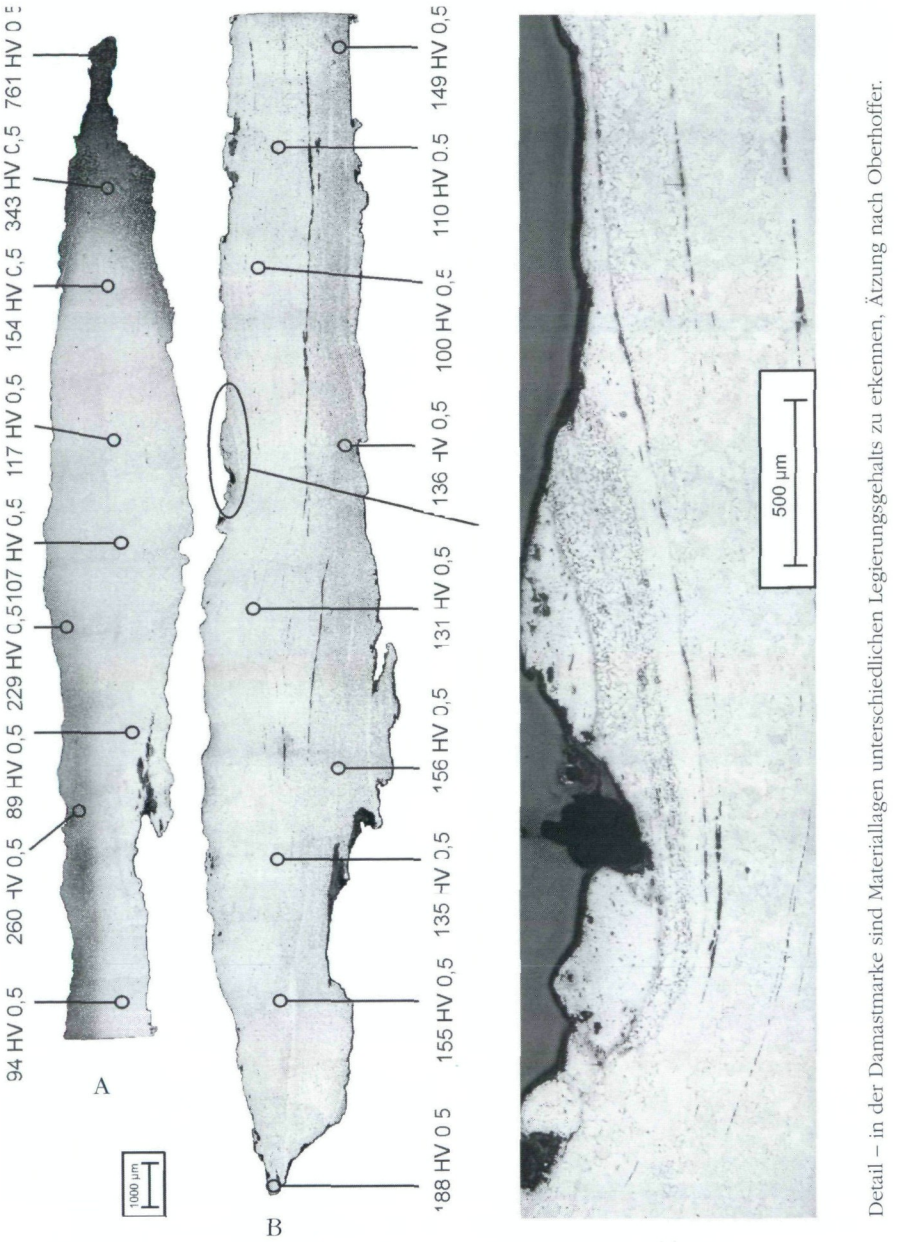
Gefüge der Einlage – feinkörniger Ferrit mit Korngrenzenperlit, darunter ferritische Lage.



Ferritisch-perlitisches Gefüge der Schneide.

Abb. 19: St. Georgen a. d. Gusen – Spatha – Inv.-Nr. 2690 – Probe Klingenwurzel – Detailaufnahmen

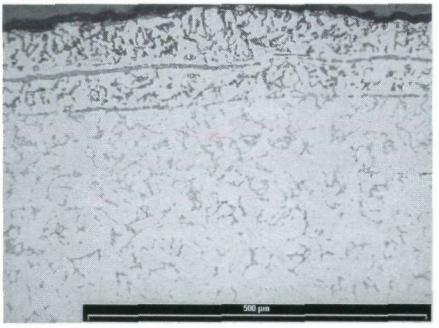
©Oberösterreichischer Musealverein - Gesellschaft für Landeskunde; download unter www.biologiezentrum.at



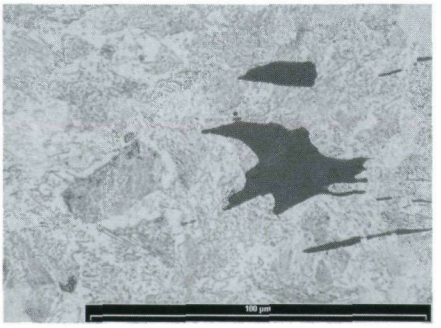
Detail – in der Damastmarke sind Materiallagen unterschiedlichen Legierungsgehalts zu erkennen. Ätzung nach Oberhoffer.

Abb. 20: St. Georgen a. d. Gusen – Spatha – Inv.-Nr. 2690 – Gesamtansicht zeigt Kohlenstoff- und Schlackenverteilung (Nital), Härtemessung, A-Probe Ort, B-Probe Klingenwurzel.

©Oberösterreichischer Musealverein - Gesellschaft für Landeskunde; download unter www.biologiezentrum.at

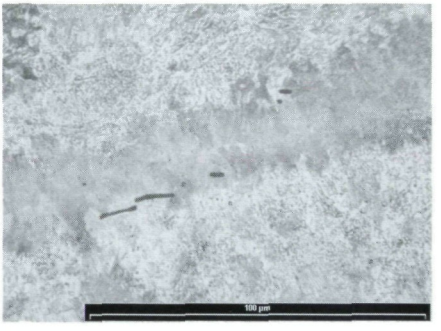


Aufgekohlte Schweißnähte im Kernmaterial, Ferritisches-perlitisches Gefüge im Klingenkern.



Perlitisches Gefüge, blockartige Schlacken im Kernmaterial.

Aufgekohlte Schweißnaht verbindet perlitisch-ferritisches Material unterschiedlicher Korngröße.



Schweißnaht im Kern, perlitisches Gefüge.

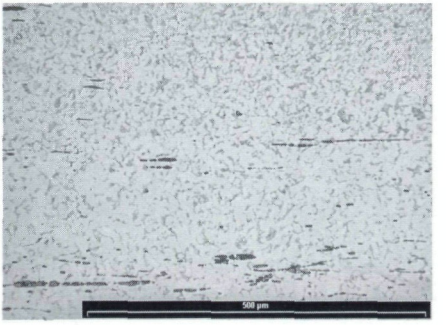
Perlit und körniger Zementit im Schneidenbereich.

Perlit-Bainit(?) in der Schneide.

Abb. 21: Schwödiau – Spatha – Inv.-Nr. A-2686 – Probe Ort – Detailaufnahmen

©Oberösterreichischer Musealverein - Gesellschaft für Landeskunde; download unter www.biologiezentrum.at

Ferritisch und perlitisch-ferritisches Gefüge im Klingenkern, eingestreckte Schlacken.



ferritisch-perlitisches Gefüge im Klingenkern eingestreckte Schlacken.

Aufgekohlte Schweißnaht der Damastmarke.

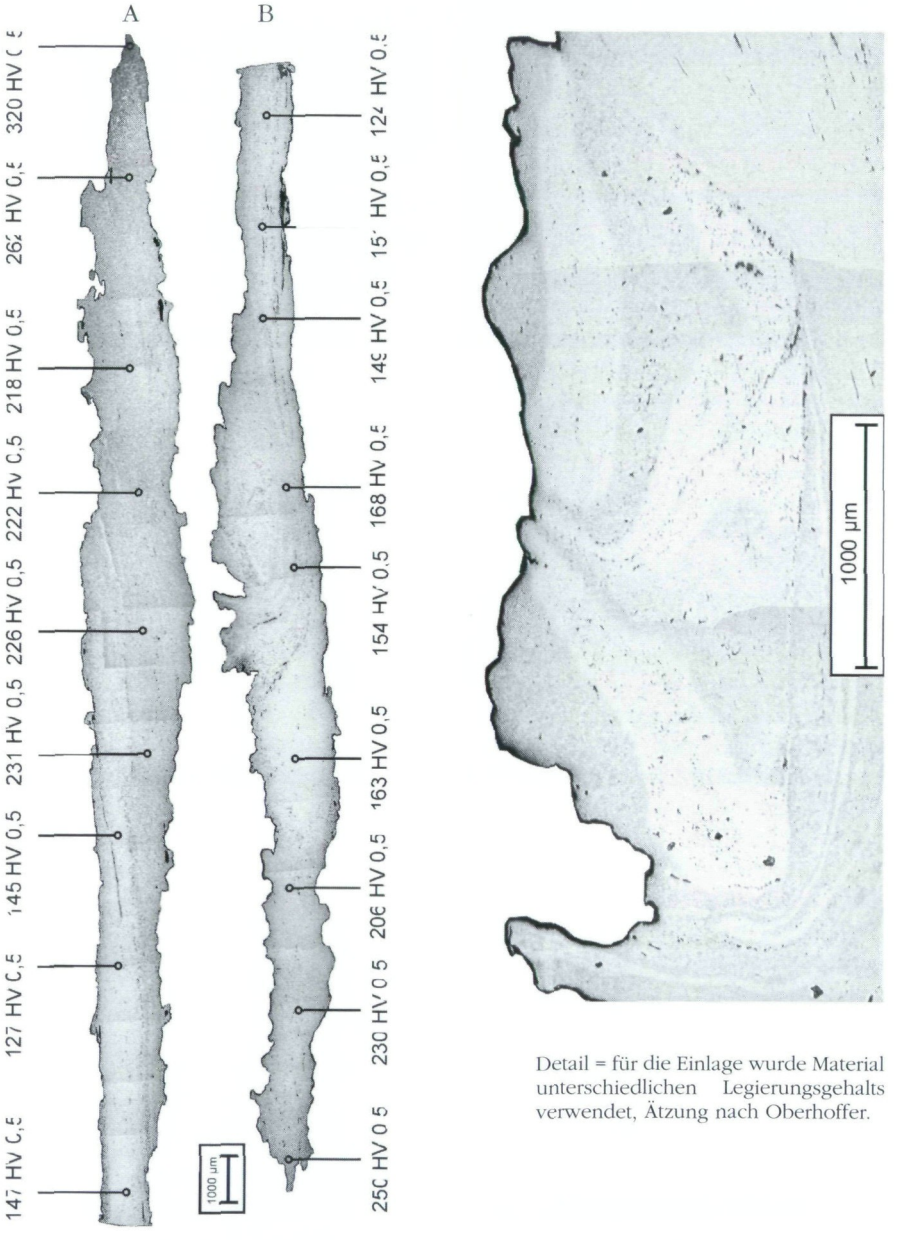
Eine vertikal verlaufende Schweißnaht verbindet das schlackenhältige Kernmaterial mit dem Schneidematerial.

Zementitnetzwerk in der Schneide.

Im Schneidenmaterial ist Perlit und Zementit mit Ferrithöfen zu erkennen.

Abb. 22: Schwödiau – Spatha – Inv.-Nr. A-2686 – Probe Klingenwurzel – Detailaufnahme

©Oberösterreichischer Musealverein - Gesellschaft für Landeskunde; download unter www.biologiezentrum.at



Detail = für die Einlage wurde Material unterschiedlichen Legierungsgehalts verwendet, Ätzung nach Oberhoffer.

Abb. 23: Schwödiau – Spatha – Inv.-Nr. 2686 – Gesamtansicht zeigt Kohlenstoff- und Schlackenverteilung (Nital), Härtemessung, A-Probe Ort, B-Probe Klingenwurzel.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Jahrbuch des Oberösterreichischen Musealvereines

Jahr/Year: 2002

Band/Volume: 147a

Autor(en)/Author(s): Szameit Erik, Mehofer Mathias

Artikel/Article: Technologische Untersuchungen an Waffen des Frühmittelalters aus Oberösterreich. 127-168