

# KLEINE BEITRÄGE

## DER SCHIFFSFUND VON ALTENWÖRTH

2. Teil: Metallkundliche Untersuchungen des Ladegutes

Erwin Plöckinger

Bei der Bergung des Schiffsfundes von Altenwörth, über den Helmut Hundsichler in den Mitteilungen des Kremser Stadtarchivs<sup>1</sup> bereits kurz berichtete, konnte ein Großteil der Ladung, die aus Eisengegenständen verschiedenster Art bestand, geborgen und für die wissenschaftliche Bearbeitung bereitgestellt werden.

Die Ladung des untergegangenen Schiffes bestand neben mehreren Fässern mit Nägeln, aus Drahtrollen und Blechpaketen, aus einem reichhaltigen Sortiment von Eisenwerkzeugen wie Hämmern, Bohrern, Beiß- und Flachzangen, Scheren, Schraubstöcken, Stemmeisen, Hobelmessern, Messerklingen, Ahlen, Klampfen, Sägeblättern, Maultrommeln und schließlich auch aus Säbelklingen. Letztere ermöglichten dem Heeresgeschichtlichen Museum in Wien<sup>1</sup> aufgrund ihrer Formgebung eine relativ genaue Datierung in den Beginn des 19. Jahrhunderts, jedoch vor das Jahr 1827.

Mit dieser Fülle an eisernen Gegenständen der gleichen Erzeugungszeit aus einer großen Reihe verschiedener Produktionsbetriebe liegt ein einmaliges Untersuchungsmaterial vor, das den um etwa 1800 bis 1820 vorhanden gewesenen Stand der Eisenverarbeitung zu kennzeichnen vermag.

Die Auswahl repräsentativer Stücke für die metallkundliche Untersuchung erfolgte im Einvernehmen mit dem Institut für Mittelalterliche Realienkunde der Österreichischen Akademie der Wissenschaften in Krems a. d. Donau, welches den Fund geborgen hatte, nach folgenden Gesichtspunkten, die eine möglichst umfassende Aussage erwarten ließen:

- a) nach der Art des Gegenstandes und
- b) nach verschiedenen Erzeugungsstätten bei einigen in großer Zahl vorhandenen gleichartigen Werkzeugen, die verschiedene Werkmarken aufwiesen.

Leider war es bisher nicht möglich, anhand der zahlreich festgestellten Marken eine Zuordnung der Erzeugnisse zu bestimmten Erzeugerbetrieben vorzunehmen, da für die infragekommenden Schmiedebetriebe keine Zusammenstellung der damals verwendeten Schlagmarken vorliegt, wie dies z. B. für die alten Sensengewerke im österreichischen Raum in dem Buch von J. Zeitlinger<sup>2</sup> der Fall ist. Eine zukünftige Untersuchung in dieser Richtung würde einen wesentlichen und wertvollen Beitrag zur Geschichte des österreichischen Eisenwesens liefern.

Trotz dieses Mangels schien eine Untersuchung von Werkzeugen gleicher Art, aber verschiedener Provenienz gerechtfertigt, weil dadurch allfällig vorhandene Unterschiede in den verwendeten Werkstoffen und deren Verarbeitungstechnologien erkannt werden können und damit für eine später mögliche Zuordnung zu einzelnen Erzeugungsstätten eine wertvolle Unterlage gegeben ist.

Die der metallkundlichen Untersuchung zugeführten Stücke sind, nach den genannten Gesichtspunkten geordnet, in Tabelle 1 zusammengestellt. Dabei sind auch die an den Werkstücken erkennbaren Marken angegeben.

Aufgrund der relativ genauen Datierung der Funde in das erste Viertel des 19. Jahrhunderts war zu erwarten, daß es sich bei dem verarbeiteten Werkstoff durchwegs um Erzeugnisse aus Rennluppeneisen bzw. -stahl handeln würde, die in ihrer chemischen Zusammensetzung und dem Gefüge einen sehr uneinheitlichen Aufbau zeigen, verglichen mit der relativ homogenen Zusammensetzung des heute üblichen Gußstahles, dessen Produktion bei uns ja erst nach 1855 mit der Erfindung des Bessemer-Verfahrens und nach 1865 mit der des Siemens-Martin-Prozesses einsetzt.

Im Rahmen der Untersuchung wurde, neben der Ermittlung der durchschnittlichen chemischen Zusammensetzung, besonderer Wert auf die Untersuchung des Gefügeaufbaues gelegt, da nur ein Vergleich beider Ergebnisse zu brauchbaren Aussagen führt und weil nur aus dem Gefügeaufbau Rückschlüsse auf die Arbeitstechnologie gezogen werden können.

Zur Vorbereitung der Untersuchungen wurde zunächst eine größere Zahl von Fundgegenständen von anhaftenden Korrosionsprodukten — und dabei auch von den wohl noch vorhanden gewesenen Zunderresten — durch Abbeizen befreit und anschließend konserviert, um einer neuerlichen Rostbildung an der Oberfläche vorzubeugen. Dabei kamen auch viele Schlagmarken zum Vorschein, mit denen der größte Teil der Fundstücke bezeichnet war. Die Abbildungen 1 und 2 zeigen Beispiele solcher eingeschlagener Schmiedezeichen auf den gereinigten Gegenständen.

### Ergebnisse der chemischen Untersuchung

Zur Ermittlung der durchschnittlichen chemischen Zusammensetzung wurden aus den ausgewählten Stücken Probenabschnitte entnommen und die chemische Analyse nach konventionellen Methoden ausgeführt, da für diese ausreichende Probenmengen zur Verfügung standen. Die so ermittelten Werte für Kohlenstoff, Silizium, Mangan, Phosphor und Schwefel sind in Tabelle 2 zusammengestellt, wobei die Proben-Nummer der laufenden Numerierung der Fundstücke in Tabelle 1 entspricht. Zum Vergleich sind darüber hinaus noch Analysenergebnisse anderer Eisenerzeugnisse der gleichen bzw. früherer Zeit angeführt.

Grundsätzlich ist zu dem Ergebnis der chemischen Analyse zu bemerken, daß die angegebenen Gehalte an Kohlenstoff (% C) infolge des heterogenen Aufbaues des Werkstoffes von der zufälligen Probenlage abhängig sind und daher nicht als repräsentativ gelten können. Lediglich die Kohlenstoffgehalte der Sägeblätter entsprechen, wie später noch anhand der metallographischen Untersuchung gezeigt wird, den tatsächlichen Werten.

Zum Nachweis von Spurenelementen, die einen Hinweis auf die Eisenerzlagerstätten und damit auf die Herkunft des Eisens geben könnten, wurden alle Proben auch auf ihren Gehalt an Chrom und Nickel untersucht, da z. B. höhere Gehalte (mehr als 0,1 Prozent) für manche Erzlagerstätten des Balkanraumes kennzeichnend sind<sup>3</sup>. Alle Werte an diesen beiden Elementen liegen jedoch unter 0,05 Prozent, so daß sie im einzelnen in der Tabelle 2 nicht ange-

führt wurden. Es kann somit der Schluß gezogen werden, daß das zu den Fundgegenständen verarbeitete Eisen durchwegs aus dem mitteleuropäischen Raum, insbesondere aus den alpenländischen Erzeugungstätten stammen dürfte. Dem entspricht auch der durchwegs niedrige Phosphorgehalt im Vergleich zu dem in Mähren und Polen aus phosphorreichen limonitischen Erzen gewonnenen Eisen<sup>4</sup>.

Die geringen Siliziumgehalte stammen, wie bei allen Sorten von Rennluppeneisen, aus den im Werkstoff beim Verschweißen der Luppen zu Rohschienen verbliebenen Schlackeneinschlüssen und liegen somit nicht als Legierungselement im Eisen gelöst vor (wie im heutigen Flußstahl), sondern in Form von Silikaten ( $\text{SiO}_2$ ).

Die Mangangehalte sind, dem damaligen Herstellungsverfahren entsprechend, sehr niedrig (etwa 10 Prozent der heute üblichen Werte), da dieses Element bei der Renneisenerzeugung verschlackt, selbst wenn es im Erz, z. B. vom Eisenerz oder Hüttenberger Erzberg, in höheren Konzentrationen bis zu mehreren Prozent, vorliegt. Kennzeichnend ist auch der extrem niedrige Gehalt an Schwefel (nur 10 bis 20 Prozent der heute für solche Werkstoffe zulässigen Werte), was, wie schon bei der antiken Eisengewinnung in den Alpenländern<sup>5</sup> auf die Reduktion des Erzes mit praktisch schwefelfreier Holzkohle zurückzuführen ist und in weiterer Folge eine leichte Verarbeitbarkeit und später, trotz des heterogenen Gefügebauaufbaues, eine hohe Zähigkeit des Werkstoffes ergibt.

Zusammenfassend kann aufgrund der chemischen Analysen der Fundstücke die eingangs getroffene Feststellung erhärtet werden, wonach alle Gegenstände aus einem durch Holzkohlereduktion gewonnenen Rennluppeneisen hergestellt wurden, das vorwiegend oder zur Gänze im alpenländischen Raum erzeugt wurde.

### **Ergebnisse der metallographischen Untersuchungen**

Wesentlich aussagefähiger als die chemische Durchschnittszusammensetzung sind die Ergebnisse der Gefügeuntersuchungen, die Rückschlüsse auf die angewendeten Arbeitstechnologien und aus dem Gefügebau und -zustand auf die technologische Brauchbarkeit der Werkzeuge und Eisengegenstände zulassen.

Von den Hobelmessern verschiedener Typen und unterschiedlicher Erzeugungstätten wurden Längsschliffe durch die Mitte der Messer in der Art angefertigt, daß vor allem der Aufbau der Arbeitsschneide beurteilt werden konnte. Die geschliffenen und polierten Schnittflächen wurden zunächst einer Primärätzung nach Oberhoffer<sup>6</sup> unterzogen, um den vermuteten Aufbau aus einzelnen Lamellen, die durch mehrfaches Zusammenschweißen der Rohschienen unter dem Hammer zu Vormaterial für die Messerschmiedung entstehen, sichtbar zu machen. Die Abbildung 3 zeigt das Aussehen der so geätzten Längsschliffe von vier Hobelmessern. In jedem Messer ist eine unterschiedliche Anzahl von Lamellen zu erkennen. Dabei ist zu berücksichtigen, daß diese Gefügeätzung im wesentlichen auf kleine Unterschiede im Phosphorgehalt anspricht und ebenso die vom Feuerschweißvorgang zurückgebliebenen Schlacken und schlecht verschweißte

Stellen anzeigt. Über die Höhe des für die Werkstoffeigenschaften wichtigen Kohlenstoffgehaltes kann daraus jedoch keine Aussage gemacht werden.

Zur Feststellung der Verteilung des Kohlenstoffes im Gefüge, als dem für die Festigkeit und Härte maßgeblichen Legierungselement im Eisen, insbesondere im Bereich der Arbeitsschneide, wurde nach Abschleifen und nochmaligem Polieren der Längsschliffe das Mikrogefüge durch Ätzen mit 2-prozentiger alkoholischer Salpetersäure sichtbar gemacht. Abbildung 4 zeigt das Aussehen der in Abbildung 3 dargestellten Hobelmesser in etwa 3,5-facher Vergrößerung.

Die Stärke des Ätzangriffes, von hell- bis dunkelgrau, ist bereits ein qualitatives Maß für die Höhe des Kohlenstoffgehaltes, wobei die ganz hellen Bereiche einem fast kohlenstofffreien Weicheisen, die dunklen Bereiche aber einem kohlenstoffreichen Eisen, also härtbarem Stahl, entsprechen. Im mikroskopischen Bild kann bei stärkerer Vergrößerung aus der Menge des im Gefüge enthaltenen Zementits ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ) mit großer Genauigkeit auf die Höhe des Kohlenstoffgehaltes an dieser Stelle geschlossen werden. Auch eine Wärmebehandlung der fertigen Werkstücke kann aus dem mikroskopischen Gefügebild erkannt werden.

Allen Hobelmessern liegt eine einheitliche Herstellungstechnologie zugrunde: Wie leicht zu erkennen ist, wurde bei der Auswahl der zu verschweißenden Rohstäbe für den Messerkörper so vorgegangen, daß im Bereich der zukünftigen Arbeitsschneide über ein Luppeneisen niedrigen Kohlenstoffgehaltes (heller Bereich in Abb. 4), aber hoher Zähigkeit, beidseitig ein Luppeneisen mit höherem Kohlenstoffgehalt unter dem Hammer im Feuer aufgeschweißt wurde. Nach dem Zuschliff der vorgeschmiedeten Schneide und einer Härtebehandlung erhält man so einen schneidfähigen und verschleißfesten Stahl.

Wie aus der Abbildung 4 weiterhin entnommen werden kann, ist nicht in allen Fällen eine gleichmäßige und fehlerfreie Stahlschneide erzielt worden. Dadurch wird die Haltbarkeit der Messer im Gebrauch sicherlich beeinträchtigt, vor allem wenn man bedenkt, daß die Hobelmesser nach bestimmten Gebrauchszeiten nachgeschliffen werden müssen, wodurch die gehärtete Schneide langsam aufgebraucht wird. Als besonders mangelhaft muß das Hobelmesser Nr. 8 angesehen werden, bei dem der Weicheisenkern bereits an der Arbeitsschneide ausbeißt. Eine lange Gebrauchsdauer wäre sicher von dem Hobelmesser Nr. 6 zu erwarten gewesen.

Die Abbildungen 5 bis 7 zeigen die Gefügeausbildung an der Schneide des Hobelmessers Nr. 6 bei stärkerer Vergrößerung. Die Stahlaufgabe mit einem Kohlenstoffgehalt von 0,83 Prozent ist einwandfrei und gleichmäßig mit dem weichen Grundwerkstoff verschweißt. Abbildung 7 zeigt das typische Härtegefüge mit einer Arbeitshärte von  $634 \text{ HV}_{10}$  an der Schneide, das gute Gebrauchseigenschaften erwarten läßt.

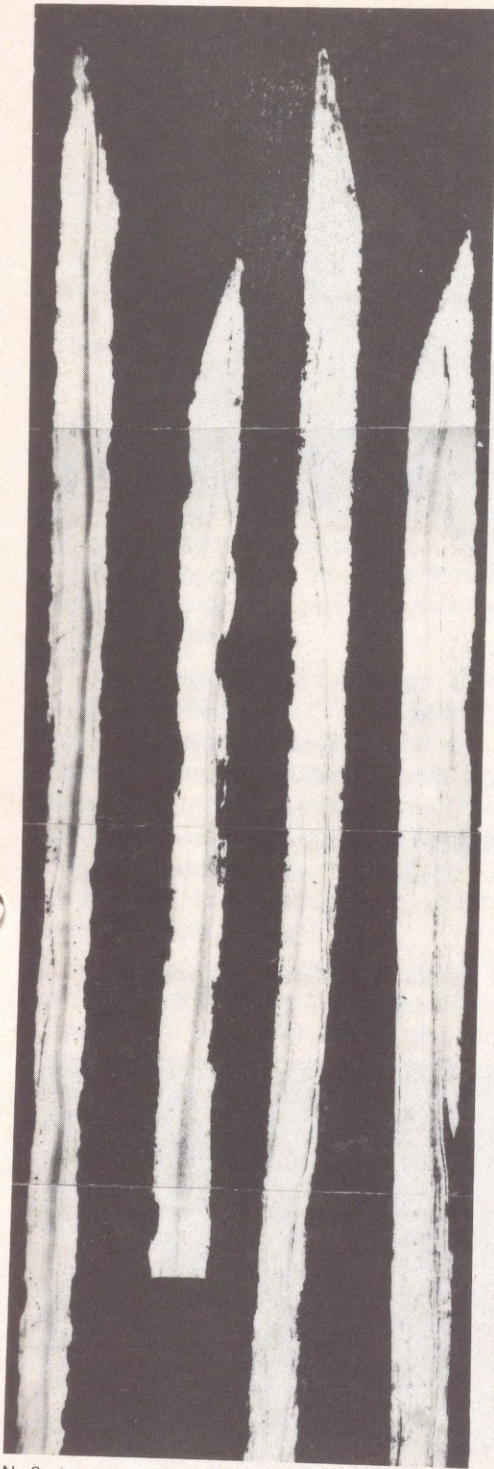
Für die in gleicher Art untersuchten *Stemmisen* zeigen die Abbildungen 8 und 9 das Aussehen der geätzten Längsschliffe des Probestückes 15 in etwa 10-facher Vergrößerung. Die Primärätzung läßt besonders schön den Aufbau des Werkzeugkörpers aus zahlreichen Weicheisenluppen erkennen, dem ebenfalls wie bei den Hobelmessern, durch Aufschweißen unter dem Hammer im Schneidenbereich eine kohlenstoffreiche Stahlluppe



Abb. 1  
Schlagmarke „vier gefiederte Pfeile“ auf einem Hammer



Abb. 2  
Schlagmarke auf einem Sägeblatt des Typs Fundstück Nr. 18, ca. 1,5-fache Vergrößerung



Hobelmesser Nr. 8

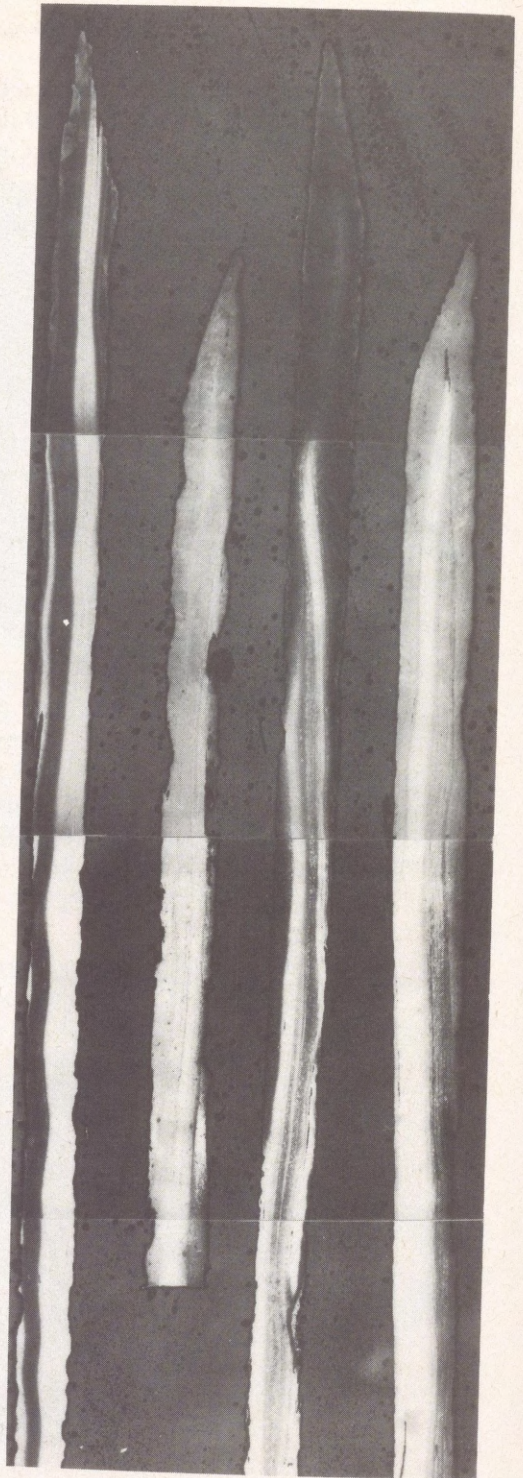
7

6

5

Abb. 3

Längsschliffe durch Hobelmesser,  
Fundstück Nr. 5-8, Primärätzung  
nach Oberhoffer,  
ca. 3,5-fache Vergr.



8

7

6

5

Abb. 4

Längsschliffe wie Abb. 3, jedoch  
Sekundärätzung mit alkoholischer  
Salpetersäure, ca. 3,5-fache Vergr.

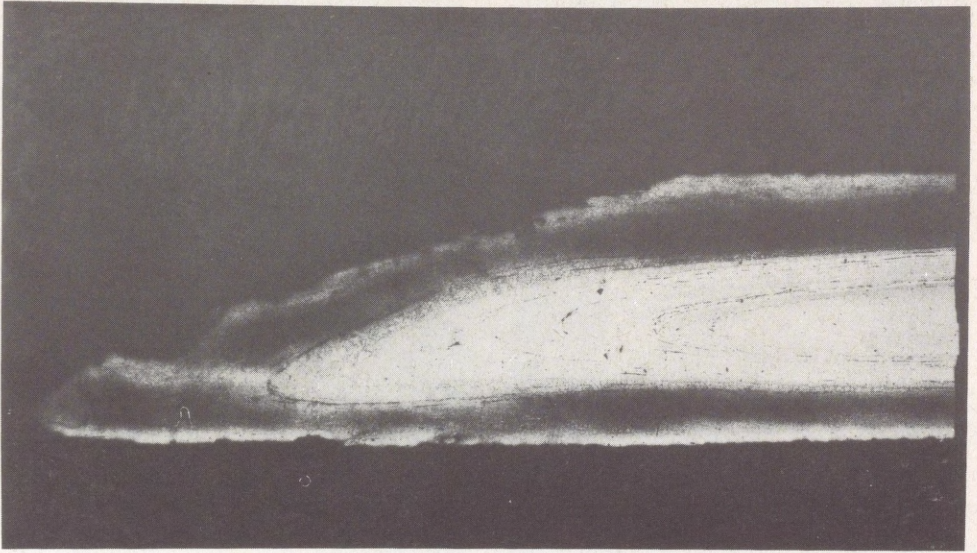


Abb. 5  
Schnitt durch die Arbeitsschneide des Hobelmessers, Fundstück Nr. 6,  
Sekundärätzung, ca. 10-fache Vergr.



Abb. 6  
Übergangsgefüge Weich-  
eisen-Stahl aus  
Abb. 5,  
Sekundärätzung,  
50-fache Vergr.

Abb. 7  
Gefüge im Bereich der  
Schneidenspitze aus  
Abb. 5, Sekundärätzung,  
250-fache Vergr.



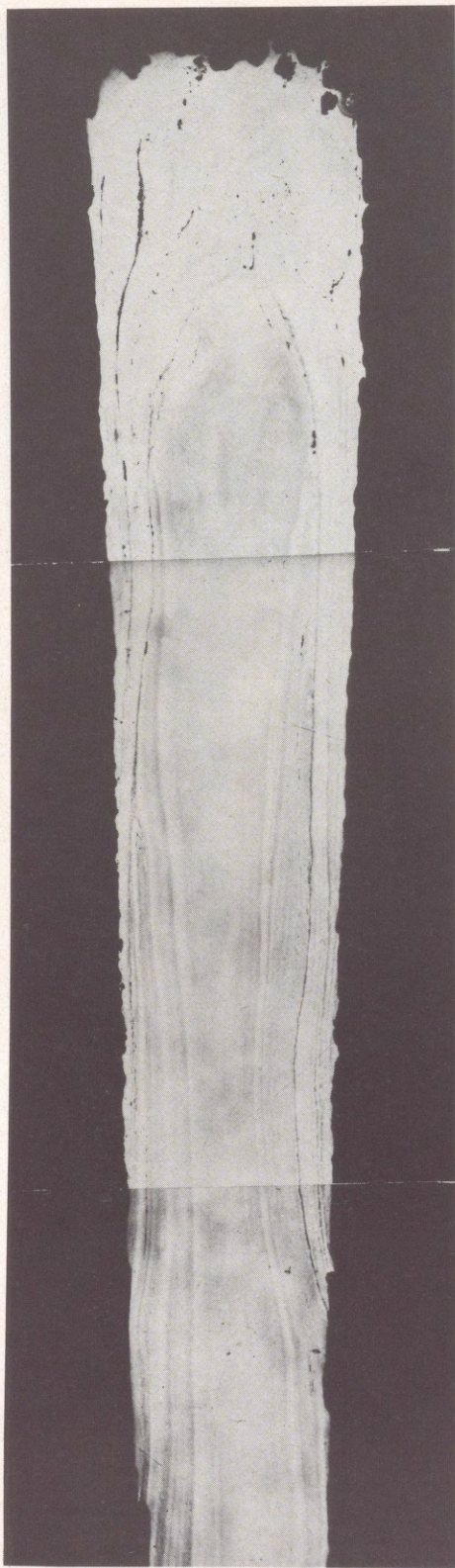


Abb. 8

Stemmeisen, Längsschnitt durch Fundstück Nr. 15, Primärätzung nach Oberhoffer, ca. 10-fache Vergr.

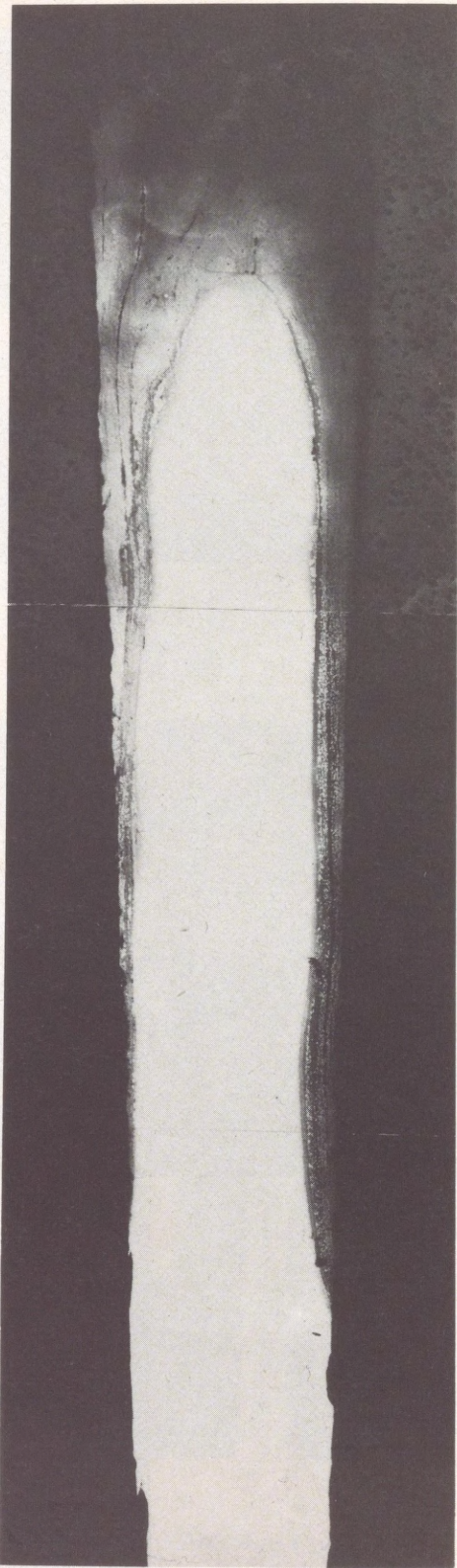


Abb. 9

Wie Abb. 8., jedoch Sekundärätzung mit alkoholischer Salpetersäure, ca. 10-fache Vergr.



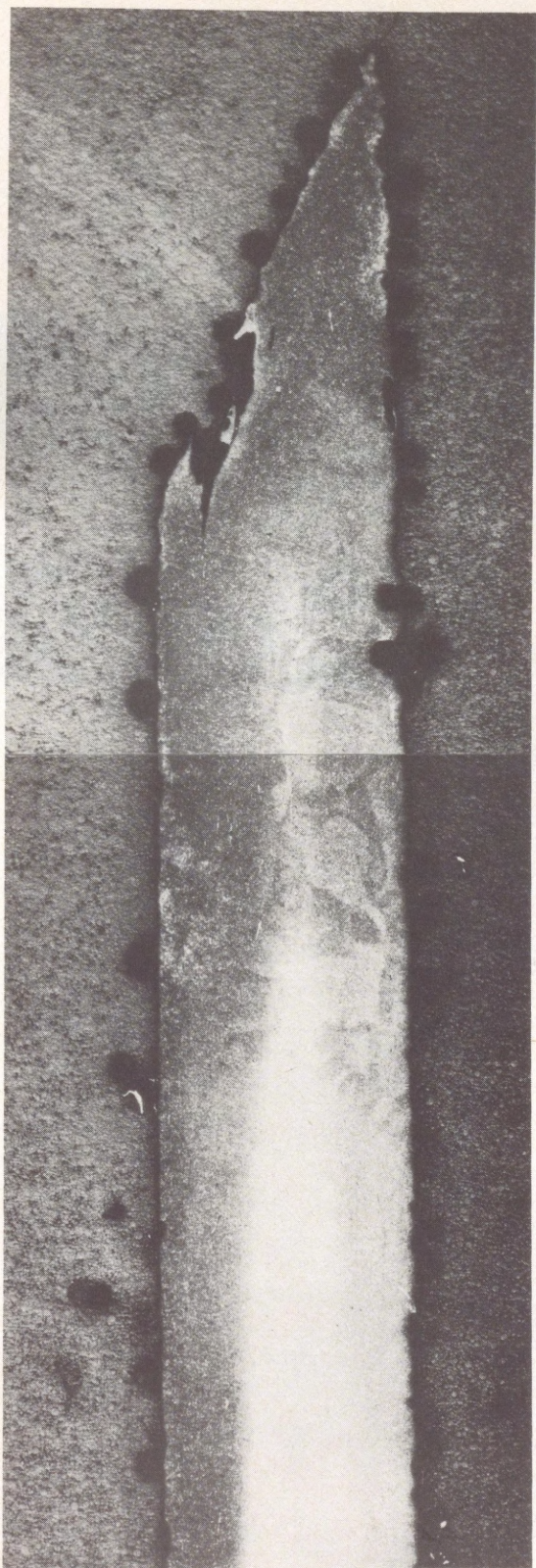


Abb. 10

Gefüge im Schneidenbereich des Hobelmessers Nr. 17, Sekundärätzung mit alkoholischer Salpetersäure, 10-fache Vergr.



Abb. 11

Gefüge im Bereich der Arbeitsschneide, Fundstück Nr. 17, Sekundärätzung mit alkoholischer Salpetersäure, 250-fache Vergr.

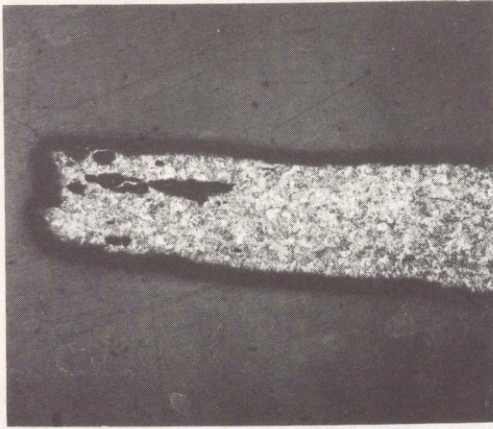


Abb. 12

Sägeblatt, Fundstück Nr. 14, Querschliff,  
Sekundärätzung mit alkoholischer  
Salpetersäure, 20-fache Vergr.

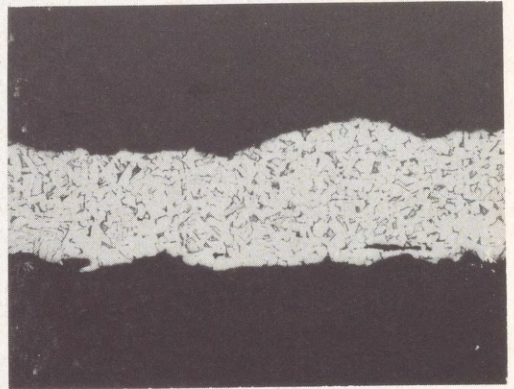


Abb. 15

Sekundärgefüge eines Bleches, 40-fache  
Vergr.



Abb. 13

Gefüge im Innern des Sägeblattes,  
Fundstück Nr. 14, Sekundärätzung wie  
Abb. 12, 200-fache Vergr.

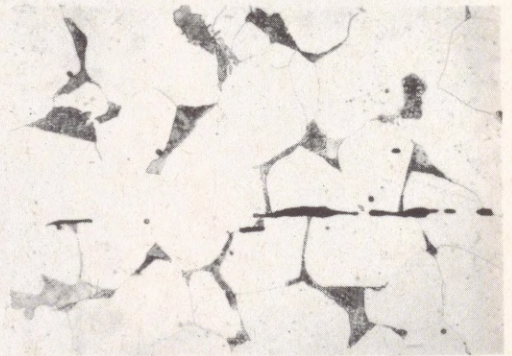


Abb. 16

Sekundärgefüge des Bleches wie Abb. 15,  
jedoch in 400-facher Vergr.



Abb. 14

Gefüge an der Zahnspitze des Sägeblattes,  
Fundstück Nr. 14, Sekundärätzung wie  
Abb. 12, 200-fache Vergr.

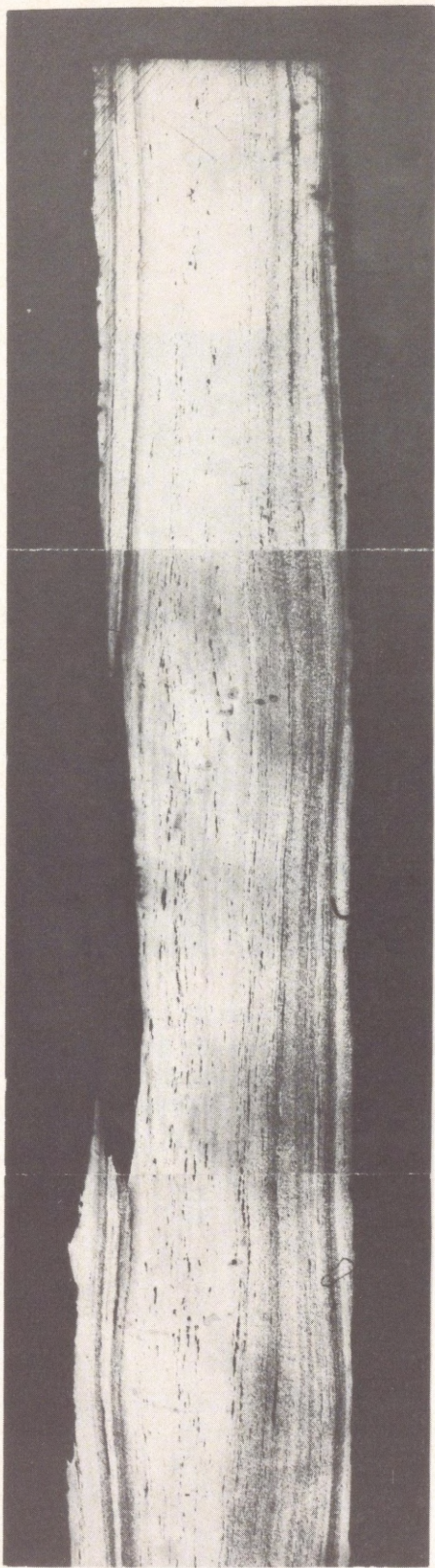


Abb. 17

Längsschliff durch einen Teil des  
Säbelrückens, Primärätzung nach  
Oberhoffer, 4-fache Vergr.

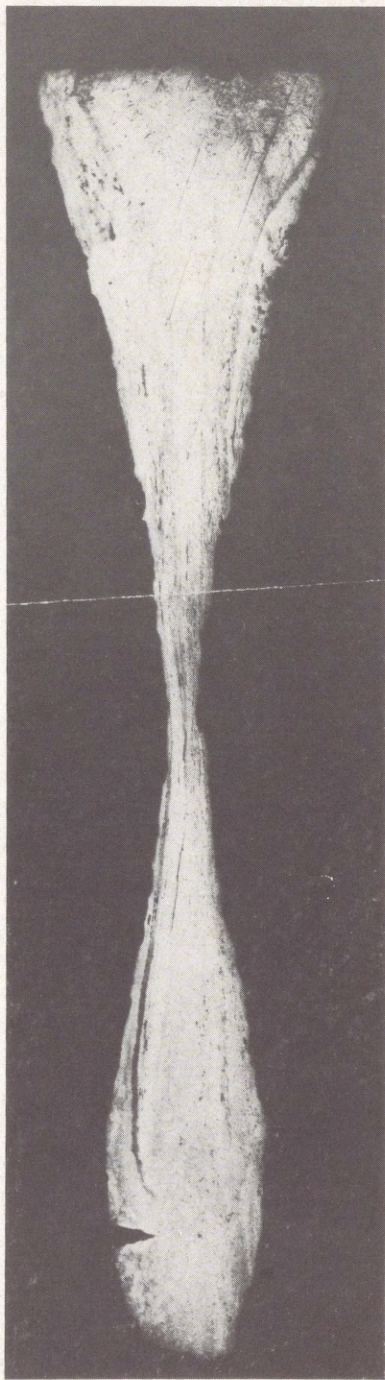


Abb. 18

Querschliff durch die Säbelklinge,  
Primärätzung nach Oberhoffer,  
4,5-fache Vergr.

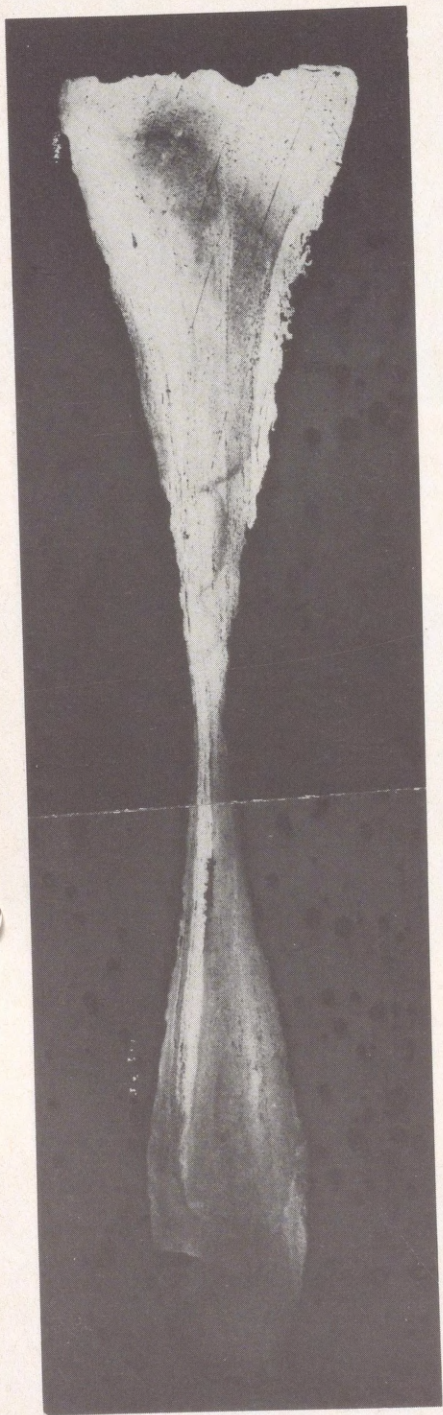


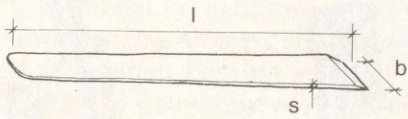
Abb. 19  
Querschliff wie Abb. 18, jedoch  
Sekundärätzung mit alkoholischer  
Salpetersäure, 4,5-fache Vergr.



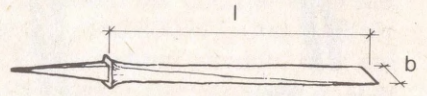
Abb. 20  
Gefüge im Bereich der Säbelschneide,  
Sekundärätzung mit alkoholischer  
Salpetersäure, 250-fache Vergr.

Abbildung 21

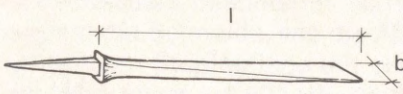
a) Die Formen der ausgewählten Fundstücke\*



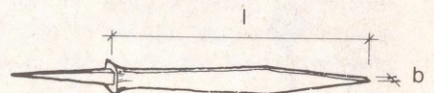
A



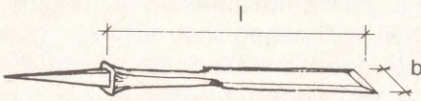
B



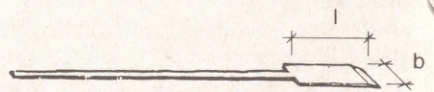
C



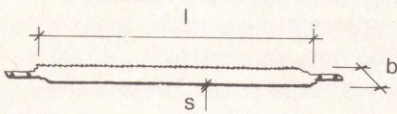
D



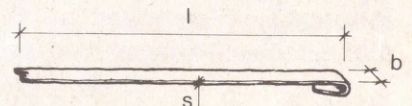
E



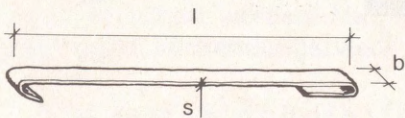
F



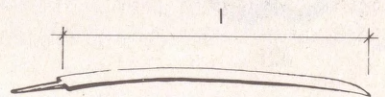
G



H



I

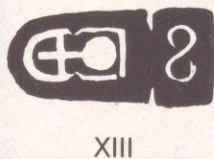


K

\*Zeichnung: Alfred Kahrer

Abbildung 21

b) Die Schlagmarken auf den ausgewählten Fundstücken\*



\* Die Zeichen Nr. X-XIII sind im Original von variierenden römischen Zahlen (= Mengenangaben) begleitet, welche jedoch in obiger Zeichnung vernachlässigt wurden, da sie sich nicht auf den Hersteller beziehen.

Maßstab: sämtliche Zeichen in natürlicher Größe.  
Zeichnung: Christoph Friedreich

hinzugefügt wurde. Diese Stahlluppe besteht selbst wieder aus mehreren Stahlluppen, die von der Verschmiedung her eine deutliche Längsfaserung aufweisen. Die symmetrische Verteilung des Stahlüberzuges zu beiden Seiten des Weicheisenkörpers des Stemmeisenschafes zeugt von einer gut beherrschten Arbeitstechnologie, die auch ein einwandfreies Verschweißen gewährleistet. Die Stahlschneide mit einem Kohlenstoffgehalt von zirka 0,8 Prozent liegt im gehärteten und angelassenen Zustand vor und hat auch die heute übliche Arbeitshärte solcher Werkzeuge von rund 600 HV<sub>5</sub> und muß für die damaligen Begriffe als qualitativ hochwertig bezeichnet werden. Hier sei nur noch darauf hingewiesen, daß der für dieses Stück in der Tabelle 2 ausgewiesene Kohlenstoffgehalt von 0,038 Prozent der Konzentration im Weicheisenkörper entspricht, aus dem die Probenahme für die chemische Analyse erfolgte.

Die gleiche Herstellungstechnologie wurde auch für die Erzeugung eines Hobelmessers besonderer Form, Fundstück Nr. 17, angewendet. Auch hier besteht die Schneide, wie die Abbildungen 10 und 11 zeigen, aus einer aufgeschweißten Stahlaufgabe mit etwa 0,8 Prozent C, die nach der Fertigstellung des Werkzeugs auf 622 HV<sub>5</sub> gehärtet wurde.

Die Gefügeuntersuchung der *S ä g e b l ä t t e r* erfolgte im Gegensatz zu den vorgenannten Werkzeugen an Querschliffen im Bereich eines Sägezahn. Eine Primärätzung zeigt auch hier den Aufbau des Sägeblattes aus zahlreichen Stahllamellen, wobei auch aus dem Herstellungsprozeß zurückgebliebene Schweißschlacken zu erkennen sind. Die Sekundärätzung in Abbildung 12 läßt dem gegenüber den einheitlichen Kohlenstoffgehalt über den ganzen Querschnitt erkennen, der nach der Gefügeausbildung sehr gut mit dem analytisch ermittelten Wert von 0,81 Prozent übereinstimmt (vgl. Tabelle 2, Nr. 18), Abbildung 13. Im Bereich der Zahnschneide konnte keine Härtebehandlung festgestellt werden. Die feinere Gefügeausbildung im Zahn ist wohl durch die raschere Abkühlung der Zahnschneide bedingt, wodurch die Härte von 188 HV<sub>5</sub> im Innern auf etwa 280 HV<sub>5</sub> im Zahn ansteigt (Abb. 14).

Der lamellenförmige Aufbau des Sägeblattes garantiert trotz des durchgehend hohen Kohlenstoffgehaltes eine ausreichende Zähigkeit und Elastizität des ganzen Blattes, das sich noch jetzt, trotz der Korrosionsschäden, bis zum Zusammenstoß der Blattenden zusammenbiegen läßt.

Die untersuchten *S c h l i e ß e n*, mit denen u. a. die Blechpakete zusammengehalten worden waren, bestehen, wie schon die chemischen Analysen zeigen, durchwegs aus Weicheisen, das ebenfalls durch Zusammenschweißen vieler Luppen zur Rohschiene gewonnen wurde. Auf die Wiedergabe von Schliffbildern, die diesen analytischen Befund bestätigen, kann daher verzichtet werden. Man kann wohl annehmen, daß für diesen untergeordneten Verwendungszweck in erster Linie Abfalleisensorten Verwendung fanden.

Von einer *B l e c h p l a t t e* im Ausmaß von 220x340 mm und einer mittleren Dicke von 0,45 mm wurde zur Werkstoffkennzeichnung nur eine Gefügeprobe entnommen, die nach Oberhoffer geätzt, einen schichtenweisen Aufbau aus mehreren zusammengeschweißten Weicheisenluppen zeigt. Ob dieses Blech noch durch Schmieden oder schon durch Walzen hergestellt wurde, ist am Fundstück nicht feststellbar. Die Gefügebilder in Abbildung 15

und 16 lassen den Kohlenstoffgehalt im Mittel mit etwa 0,15 Prozent abschätzen. Nach der Gefügeausbildung hat nach der Formgebung eine Wärmebehandlung des fertigen Bleches stattgefunden (Weichglühung?).

Besonders interessant erschien die Untersuchung einer S ä b e l k l i n g e , da hier zum Vergleich ein Untersuchungsergebnis an einer Säbelklinge steirischer Erzeugung der gleichen Zeit (etwa 1810) aus der Produktion der Gewerken Mosdorfer in Weiz vorliegt<sup>7</sup>.

Gleich wie bei der steirischen Säbelklinge Modell 1808/09 ist in der Primärätzung am Längsschliff durch den Säbelrücken (Abbildung 17) und am zugehörigen Querschliff (Abbildung 18) der kennzeichnende lamellenförmige Aufbau des Klingenkörpers zu sehen, sowie die durch Schmieden (nicht durch Schleifen!) hergestellte Hohlform in der Klinge. Auch die Durchschnittszusammensetzung des Werkstoffes entspricht fast vollständig der Mosdorfer-Klinge (vgl. Tabelle 2).

Die Sekundärätzung, zur Sichtbarmachung des Mikrogefüges in Abbildung 19 zeigt auch im Säbelrücken Einlagerungen höher kohlenstoffhaltigen Eisens in die sonst aus Weicheisen bestehende Grundmasse der Klinge. Im Bereich der Schneide, beginnend am dünnsten Querschnitt der Säbelklinge, besteht der Werkstoff nur aus Stahl. Für die Herstellung des Rohlings für die Klingenschmiedung wurden also eine Weicheisen- und eine Stahlschiene, letztere mit einem Kohlenstoffgehalt von etwa 0,7 Prozent, miteinander verschweißt. Die Gefügeausbildung an der Schneide läßt darauf schließen, daß die fertige Klinge gehärtet und dann auf eine endgültige Härte von etwa 500 HV<sub>5</sub> angelassen wurde. Die hier gefundenen Klingen dürften wohl alle nach der gleichen Methode hergestellt worden sein wie die steirische. Der Arbeitsvorgang entspricht auch weitgehend dem bei der Sensenherstellung üblichen.

### Zusammenfassung

Die an einer größeren Reihe von Fundstücken vorgenommenen metallkundlichen Untersuchungen zeigen, daß alle Eisenerzeugnisse und Werkzeuge aus dem Schiffsfund von Altenwörth nach einer im Prinzip einheitlichen Technologie hergestellt wurden, die sich von den Anfängen der Eisenverarbeitung in unserem Lande vor etwa 2500 Jahren bis ins 19. Jahrhundert verfolgen läßt. Sie ist auf das in diesem Zeitraum verfügbare Ausgangsmaterial, das aus zusammengeschweißten Luppen hergestellte Stabeisen (Rohschienen) abgestimmt, das sich in seiner chemischen Zusammensetzung im wesentlichen nur durch einen unterschiedlichen Kohlenstoffgehalt unterscheidet. Die richtige Kombination von Weicheisen mit Stahlschienen, besonders bei der Herstellung von Werkzeugen, war die von Generation zu Generation weitergegebene Kunst des Schmiedehandwerks. Daß diese Kunst, wohl oft bedingt durch ungleichmäßiges und mangelhaftes Vormaterial, nicht immer zum gewünschten Erfolg führte, zeigen einzelne Stücke dieses Fundes neben Erzeugnissen, die als absolut qualitativ hochwertig bezeichnet werden müssen.

Obwohl auch die Technik des Aufkohlens von Weicheisen im festen Zustand an jenen Oberflächen, die hart und verschleißfest sein mußten, insbesondere von Werkzeugschneiden, seit dem Altertum bekannt war<sup>5</sup>, ließ sich



hier kein einziger Hinweis auf diese Technik finden. Man erzeugte die härtbare Stahlschicht durchwegs durch Aufschweißen von Stahlschienen auf den weichen und zähen Werkzeugkörper aus Weicheisen durch Feuerschweißung unter dem Hammer. Diese Aufschweißtechnik wurde, wie die Untersuchungsergebnisse zeigen, gut beherrscht. Die Schneide selbst wurde schließlich am fertigen Werkzeug gehärtet um die notwendige Arbeitshärte und Verschleißfestigkeit zu erreichen.

Dünne Eisenwerkzeuge, wie Messer und Sägeblätter wurden dagegen größtenteils zur Gänze aus Stahlschienen geschmiedet. Eine Ausnahme bilden die Säbelklingen dieser Zeit, die durch Zusammenschweißen je einer Weicheisen- und Stahlschiene in Längsrichtung hergestellt wurden, eine Technologie, wie sie z. T. mit kleinen Abwandlungen, auch für die alte Sensenerzeugung üblich war.

Wenn zu einem späteren Zeitpunkt mit Hilfe der auf den Fundgegenständen festgestellten Schlagmarken eine sichere Zuordnung zu bestimmten Erzeugungsbetrieben möglich sein wird, könnten, auch im Zusammenhang mit den dann nachweisbaren Bezugsquellen für das Ausgangsmaterial, noch weitere Aussagen über den Qualitätsstandard der Eisen- und Stahlverarbeitung zu Beginn des 19. Jahrhunderts gewonnen werden.

Die Vielzahl der auf gleichartigen Gegenständen feststellbaren Schlagmarken zeigt aber auch, daß diese Erzeugnisse aus zahlreichen Kleinbetrieben stammen, die im Auftrag von Eisenhändlern arbeiteten, die den Weiterverkauf und vor allem den Fernhandel besorgten, wie z. B. auch die hier vorliegende, offenbar für den ungarischen Raum bestimmte Ladung des untergegangenen Schiffes. Daraus erklären sich auch die festgestellten Unterschiede im Qualitätsstandard, die nur zum Teil auf das verwendete Ausgangsmaterial, sicher aber auch auf Unterschiede in der Kenntnis und Sorgfalt bei der Verarbeitung im Schmiedebetriebe zurückzuführen sind.

Zum Schluß sei noch darauf hingewiesen, daß auch die Form und Größe der Eisengegenstände und Werkzeuge über viele Jahrhunderte hinweg eine bemerkenswerte Gleichartigkeit aufweisen, eine Erscheinung, die einer gesonderten Untersuchung wert wäre.

#### ANMERKUNGEN

- <sup>1</sup> Hundsichler, H., Der Schiffsfund von Altenwörth, 1. Teil: Vorläufiger Bericht, Mitteilungen des Kremser Stadtarchivs 15/16 (1975/76) S. 230-234
- <sup>2</sup> Zeitlinger, J., Sensen, Sensenschmiede und ihre Technik, Sonderabdruck aus dem Jahrbuch des Vereins für Landeskunde und Heimatpflege im Gau Oberdonau 91 (1944) 166 S.
- <sup>3</sup> Plöckinger, E., Untersuchungen an hallstattzeitlichen Eisenwerkzeugen. In Festschrift für Richard Pittioni, Verlag Franz Deuticke, Wien 1976, S. 142-152
- <sup>4</sup> Vgl. Analysenangaben bei R. Pleiner, Archeologické rozhledy XXXI, Praha 1979, S. 248 und J. Piaskowski, Materialy Archeologiczne VIII, 1967, S. 210, Tab. I
- <sup>5</sup> Straube, H., B. Tarmann u. E. Plöckinger, Erzreduktionsversuche in Rennöfen norischer Bauart, Kärntner Museumsschriften Bd. XXXV, Klagenfurt 1964, weiters Plöckinger (wie Anm. 3)
- <sup>6</sup> Ätzmittel nach Oberhoffer: 500 ml dest. Wasser, 500 ml Äthylalkohol, 42 ml konz. Salzsäure, 30 g Eisenchlorid, 1 g Kupferchlorid und 0,5 g Zinnchlorid
- <sup>7</sup> Plöckinger, E., Untersuchung einer Landwehrsäbelklinge Modell 1808/09 in F. Knill, Geschichte des Werkes Mosdorfer, Selbstverlag o. J. (1976)

Tabelle 1

Für die Untersuchung ausgewählte Fundstücke

Nr.	Fundstück	Abmessungen in mm			Form*	Schlagmarke**
		s	b	l		
1	Schlichthobel	2,6	50	195	A	I
2	Schlichthobel	2,5	60	210	A	II
3	Schlichthobel	2,0	30	143	A	III
4	Schrupphobel	2,8	34	165	A	III
5	Schlichthobel	2,2	41	165	A	IV
6	Schlichthobel	3,2	60	215	A	IV
7	Schlichthobel	1,7	23	125	A	V
8	Schlichthobel	2,0	31	150	A	VI
9	Schlichthobel	3,0	71	210	A	VI
10	Schrupphobel	1,5	30	147	A	VI
11	Stemmeisen		6	150	B	VII
12	Stemmeisen		18	175	B	VII
13	Stemmeisen		32	175	B	VII
14	Stemmeisen		12	150	C	VII
15	Stemmeisen		2,5	140	D	VII
16	Stemmeisen		40	177	E	VII
17	Gesimshobel		30	47	F	VI
18	Sägeblatt	1	16	555	G	VIII
19	Sägeblatt	1	53	790	G	IX
20	Schließe	7	20	425	H	X
21	Schließe	7	23	370	H	XI
22	Schließe	8,5	31	405	I	XII
23	Schließe	7	20	533	H	XIII
24	Säbelklinge			800	K	XIV

\* Siehe Abb. 21 a.

\*\* Siehe Abb. 21 b.

**Tabelle 2**

Chemische Zusammensetzung des Werkstoffes der Fundstücke Nr. 1-24  
(mit Vergleichswerten)

Nr.	Fundstück	Zusammensetzung in Gew. %				
		C*	Si	Mn	P	S
1	Schlichthobel	0,31	0,03	0,12	0,047	0,007
2	Schlichthobel	0,30	0,07	0,03	0,007	0,002
3	Schlichthobel	0,69	0,05	0,10	0,033	0,003
4	Schrupphobel	0,038	0,04	0,08	0,017	0,003
5	Schlichthobel	0,26	0,03	0,11	0,035	0,005
6	Schlichthobel	0,17	0,05	0,08	0,032	0,004
7	Schlichthobel	0,17	0,03	0,03	0,028	0,004
8	Schlichthobel	0,29	0,03	0,07	0,027	0,007
9	Schlichthobel	0,24	0,04	0,06	0,055	0,004
10	Schrupphobel	0,45	0,06	0,09	0,015	0,004
11	Stemmeisen	0,28	0,05	0,06	0,029	0,003
12	Stemmeisen	0,18	0,07	0,09	0,048	0,003
13	Stemmeisen	0,19	0,04	0,06	0,035	0,005
14	Stemmeisen	0,039	0,03	0,03	0,027	0,004
15	Stemmeisen	0,038	0,03	0,03	0,034	0,005
16	Stemmeisen	0,16	0,04	0,10	0,036	0,004
17	Gesimshobel	0,10	0,08	0,04	0,022	0,004
18	Sägeblatt	0,81	0,03	0,08	0,036	0,003
19	Sägeblatt	0,71	0,03	0,08	0,033	0,003
20	Schließe	0,038	0,12	0,03	0,015	0,006
21	Schließe	0,14	0,03	0,03	0,045	0,012
22	Schließe	0,045	0,06	0,03	0,015	0,004
23	Schließe	0,13	0,06	0,03	0,016	0,003
24	Säbelklinge	0,48	0,07	0,06	0,022	0,004
—	Säbelklinge 1809 (Mosdorfer) <sup>7</sup>	0,58	0,06	0,07	0,028	0,003
—	Antike Stahlluppe (Magdalensberg) <sup>5</sup>	0,58	0,08	0,03	0,014	0,021

\* Die Höhe des analytisch festgestellten Kohlenstoffgehaltes ist stark vom Ort der Probenahme abhängig und daher nicht repräsentativ, siehe Schlibilder.

Die Legierungsgehalte an Chrom und Nickel waren in allen Proben kleiner als 0,05 % (Spuren).

