

Untersuchung eines eisernen luristanischen Kurzschwertes

Von Friedrich Karl Naumann in Düsseldorf

Mitteilung aus dem Max-Planck-Institut für Eisenforschung, Abhandlung 731

Bericht Nr. 19 des Geschichtsausschusses des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute*)

Ein luristanisches Kurzschwert, das seiner äußeren Form nach aus Gußeisen hätte bestehen können, wurde röntgenographisch, metallographisch und chemisch untersucht. Es wird gezeigt, daß das Schwert nicht gegossen, sondern aus einer Anzahl geschmiedeter Einzelteile aus Schweißeisen zusammengesetzt ist. Die auf eine schonende Behandlung des Fundes abgestellten Untersuchungsverfahren werden beschrieben.

In Luristan (Nordsyrien) sind außer bronzenen Kurzschwertern verschiedener Typen, deren älteste aus dem 12. Jahrhundert v. Chr. stammen, auch solche aus Eisen gefunden worden. Da das Ende der Luristankultur um 600 v. Chr. angenommen wird, dürften diese Schwerter mindestens dem 7. Jahrhundert v. Chr. entstammen. Die reiche figurale

Verzierung des Heftes und Knaufs haben H. Potratz¹⁾ zu dem erst vorsichtig, dann aber immer bestimmter ausgesprochenen Schluß veranlaßt, daß diese Waffen durch Gießen hergestellt sein müßten. Dadurch wird eine Frage aufgeworfen, die auch die Eisenhüttenleute stark angeht, die Frage nach dem Zeitpunkt und Ort der Erfindung des Eisengusses.

H. Potratz bezieht sich auf eine Arbeit von R. M. Shaw²⁾, nach der der Eisenguß im 3. Jahrhundert v. Chr. von den Chinesen erfunden worden ist, und sieht die besondere Bedeutung des luristanischen Fundes darin, daß damit eine um mehrere Jahrhunderte frühere Entstehung des Eisengußverfahrens in Vorderasien nachgewiesen worden sei. Auch von anderen wird angenommen, daß zuerst in China flüssiges Eisen erschmolzen worden ist, und zwar soll die Kunst des Eisengießens dort genauso alt sein wie die Kenntnis des Eisens selbst³⁾. Aus einer chinesischen Aufzeichnung, die besagt, daß der Herzog Ch'ao von Tsin seinem Lande im Jahre 511 v. Chr. eine Abgabe von 326 kg Eisen für den Guß kunstvoll verzierter dreifüßiger Kessel auferlegte, darf geschlossen werden, daß die Technik des Eisengießens schon damals, also viel früher, als ihr Ursprung von R. M. Shaw angesetzt wird, einen hohen Stand erreicht hatte⁴⁾. Der älteste gesicherte Fund, eine gußeiserne Vase des Museum of Natural History in Chicago, stammt allerdings erst aus der Zeit um 200 v. Chr.⁵⁾.

Wenn es stimmt, daß die luristanischen Kurzschwerter im Guß hergestellt sind, kommt diesen Funden also auch im Hinblick auf die Geschichte des Eisens eine erhebliche Bedeutung zu. Es mußte daher durchaus lohnend erscheinen, die Berechtigung der nur aus dem äußeren Befund abgeleiteten Auffassung von Potratz durch eine schonende Untersuchung eines Schwertes nachzuprüfen, um eine sicherer begründete Kenntnis von der Herstellung dieser Waffen zu gewinnen. Über eine solche Untersuchung soll im folgenden berichtet werden. Außer dem Befund dürften dabei auch die angewendeten Untersuchungsverfahren wissenschaftlich wertvoll sein, die es gestattet, wertvolle Aufklärungen ohne wesentliche Zerstörung dieses kostbaren Fundes zu erhalten.

Das untersuchte Kurzschwert (*Bilder 1 und 2*) wurde vom Hamburger Museum für Kunst und Gewerbe zur Verfügung gestellt. Es hat eine Gesamtlänge von 43 cm. Die stark verrostete Klinge von 30 mm größter Breite und 5 mm Dicke läßt auf einer Seite noch die Andeutung eines verdickten Mittelstreifens erkennen (*Bild 1*)⁶⁾.

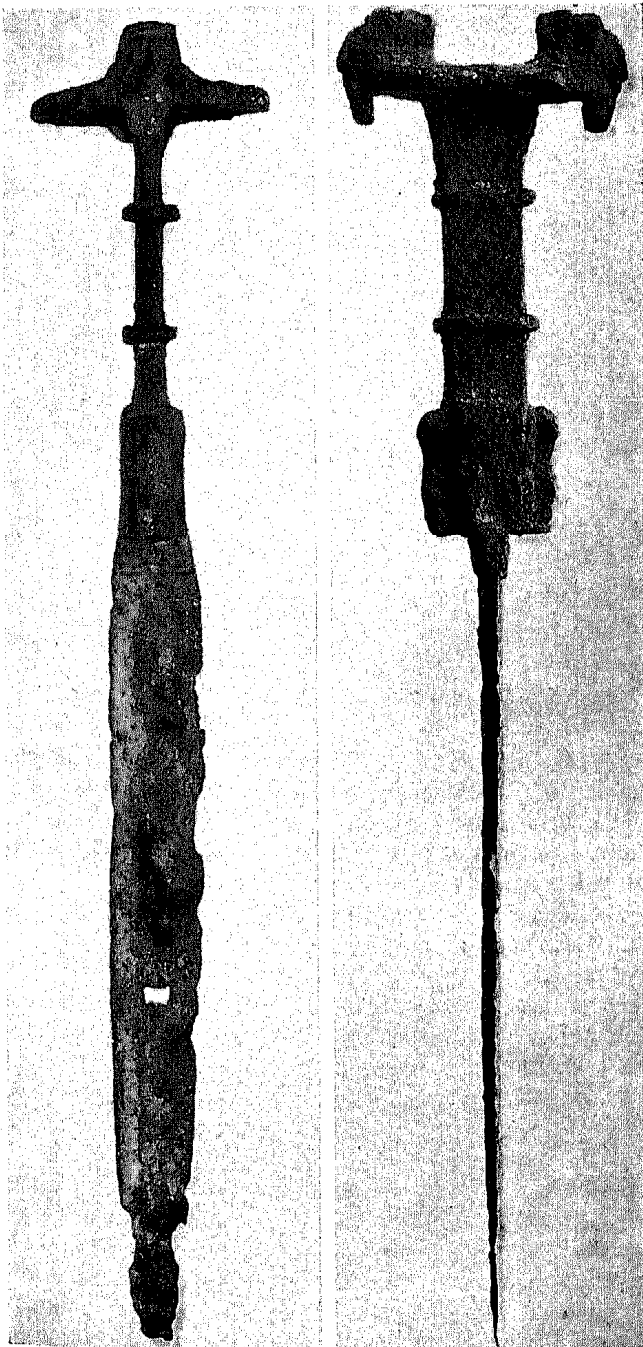


Bild 1. Breitseite der Klinge

Bild 2. Breitseite des Griffs

Bilder 1 und 2. Gesamtansicht des Schwertes (rd. 1 : 2,7; Original 1 : 2)

*) Vorgelesen in der 12. Vollsitzung des Geschichtsausschusses am 9. Juli 1957 in Hirzenhain.

¹⁾ Z. Assyriol. u. vorderas. Archäol. N. F., 17 (1955) S. 180/224.

²⁾ Iron Age 137 (1936) Nr. 5, S. 24/27.

³⁾ Coghlan, H. H.: Notes on prehistoric and early iron in the old world. Oxford 1956. (Occasional Papers on Technology, 8.) S. 79.

⁴⁾ Johannsen, O.: Geschichte des Eisens. 3. Aufl. Düsseldorf 1953. S. 24.

⁵⁾ Simpson, B. L.: Development of the metal castings industry. Chicago 1948. — Bain, E. G.: Yearb. Amer. Iron Steel Inst. 1952, S. 119/61; s. bes. S. 129.

⁶⁾ Der viereckige Ausschnitt kennzeichnet die Stelle, an der die später beschriebene Schlißprobe entnommen wurde.

Unterhalb des Heftes ist eine Verstärkung auf die Breitseiten aufgebracht. Der Heftteil ist auf den Flachseiten des Griffes verdickt (*Bild 5*) und auf den Schmalseiten mit je einer Gestalt — es könnte sich um ein liegendes Tier handeln — verziert (*Bild 3*). Am Übergang zwischen Figur und Heftkörper verläuft längs unten an der Figur entlang ein schmaler Wulst wie eine Schweiß- oder Lötstelle. Vielleicht ist damit ein Hinweis auf die Befestigung der Gestalten gegeben.

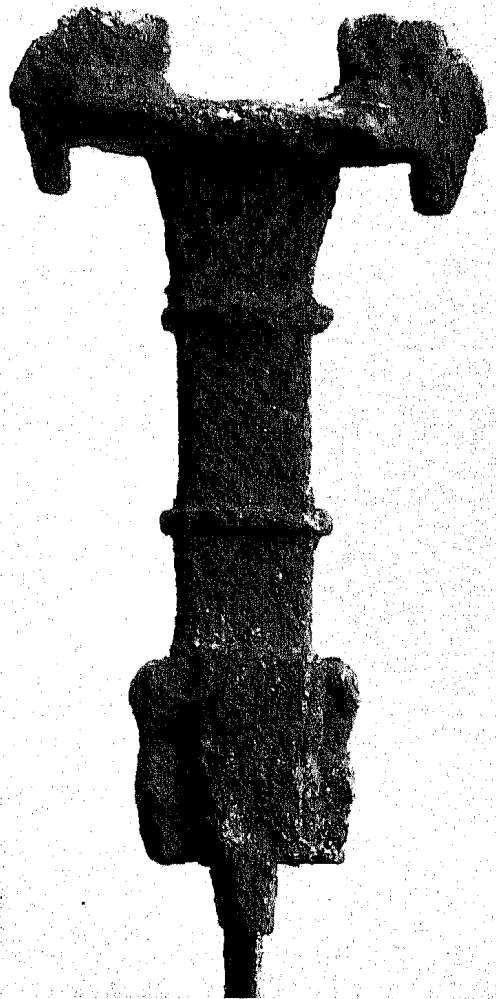


Bild 3. Ansicht von der Breitseite des Griffes (rd. 0,6 : 1; Original 1 : 1)

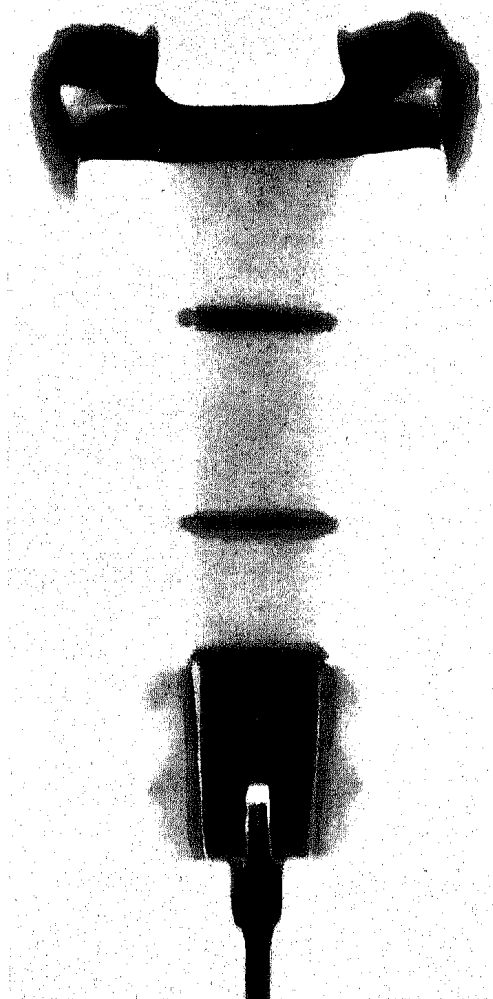


Bild 4. Durchstrahlungsaufnahme von der Breitseite des Griffes (rd. 0,6 : 1; Original 1 : 1)

Der Griff steht merkwürdigerweise senkrecht zur Klinge. Er ist 26 mm breit und 9 mm dick und wird durch zwei umlaufende Wulste in drei Abschnitte unterteilt. Im oberen Drittel verbreitert sich der Griff am Übergang zum Knauf. Der Knauf besteht aus einer kreisrunden Platte von etwa 75 mm Dmr. und 8 mm Dicke. Sie trägt an den Schmalseiten des Griffes zwei nach außen blickende bärtige Männerköpfe, die mit ihren durch ein Kopfband zusammengehaltenen Lockenperücken auf der Knaufplatte aufliegen, während die Bärte darunter herabragen. Nach H. Potratz¹⁾ entsprechen diese Köpfe dem im 1. Jahrtausend im nordsyrischen Kunstbereich üblichen Männertypus.

Ein derartig verwickelt geformtes Stück in Eisenguß herzustellen, würde sicher schon einige Geschicklichkeit erfordern. Dasselbe gilt aber in mindestens dem gleichen Maße, wenn man sich den Griff mit Heft und Knauf aus einer Anzahl von geschmiedeten Einzelteilen zusammengesetzt denkt.

Um gegebenenfalls vorhandene Trennfugen, die auf einen zusammengesetzten Aufbau des Schwertes schließen lassen könnten, sichtbar zu machen, wurde das Schwert zunächst nach dem Magnetpulververfahren geprüft. Dabei wurde auf der stark verrosteten Oberfläche nirgendwo eine klare Anzeige erhalten.

Einen besseren Einblick in den Aufbau des Schwertes durfte man sich von einer Durchstrahlung versprechen. Die Strahlung mußte hart genug sein, um die dicken Querschnitte zu durchdringen. Röntgenstrahlen hätten dieser Forderung nicht entsprochen. Außerdem mußte bei ihrem hohen langwelligen Anteil eine Störung durch Überstrahlungen befürchtet werden. Aus diesem Grunde wurde die Strahlung des Iridium-Isotops Ir 192 verwendet. Damit

wurde das Schwert in verschiedenen Richtungen durchstrahlt. Die Aufnahmen ergaben, wie die *Bilder 4, 6 und 7* zeigen, bemerkenswerte Aufschlüsse über den Aufbau der Waffe. Das Schwert besteht demnach ohne die drei Verbindungsniete aus mindestens zehn Einzelteilen.

Auf den Flachseiten der Klinge sind unterhalb ihres Eintritts in das Heft mit Nieten zwei Laschen befestigt, die wohl die Klinge gegen das Heft abstützen sollen. Die Trennfugen zwischen Laschen und Klinge sind auf *Bild 4* und die Niete auf *Bild 6* deutlich erkennbar. Eine Trennung findet sich auch in der Mittelebene der Klinge im eingesteckten Ende. Das könnte eine Aufspleißung sein, die zu dem Zweck angebracht worden ist, der Klinge durch Auffedern des Endes im Griff einen festen Halt zu verschaffen. Wahrscheinlicher handelt es sich aber um eine Doppelung durch eine Schlackenzeile. Der untere Teil des Griffes ist zur Aufnahme der Klinge geschlitzt. Der Schlitz, dessen oberes freies Ende in *Bild 6* als hellerer waagrecht verlaufender Streifen erkennbar wird, scheint nicht ganz von einer Flachseite zur anderen durchzugehen. In dem Schlitz ist die Klinge durch einen einzelnen Niet befestigt.

Der Aufbau des Heftes ist aus den Durchstrahlungsaufnahmen nicht eindeutig bestimmbar. Wahrscheinlich ist es

ein Bestandteil des Griffes, der im unteren Teil dicker gestaltet ist. Zwischen dem unteren Teil des Griffes und den Figuren auf den Schmalseiten sind Trennungsfugen erkennbar (Bild 4). Wenn die Figuren unmittelbar am Griff befestigt sind, können sie demnach nur oberflächlich angeheftet worden sein. Die Wulste, die sich seitlich und oben an den Ge-

stalten entlang ziehen und die in der Kopie des Durchstrahlungsbildes als dunklere Säume erscheinen, könnten dann als Schweiß- oder Lötstellen gedeutet werden. Die Befestigung der Gestalten am Griff kann auch so bewerkstelligt sein, daß in den Schmalseiten eine Nut ausgespart oder eingearbeitet ist, in die die Figuren mit ihrem Sockel einge-

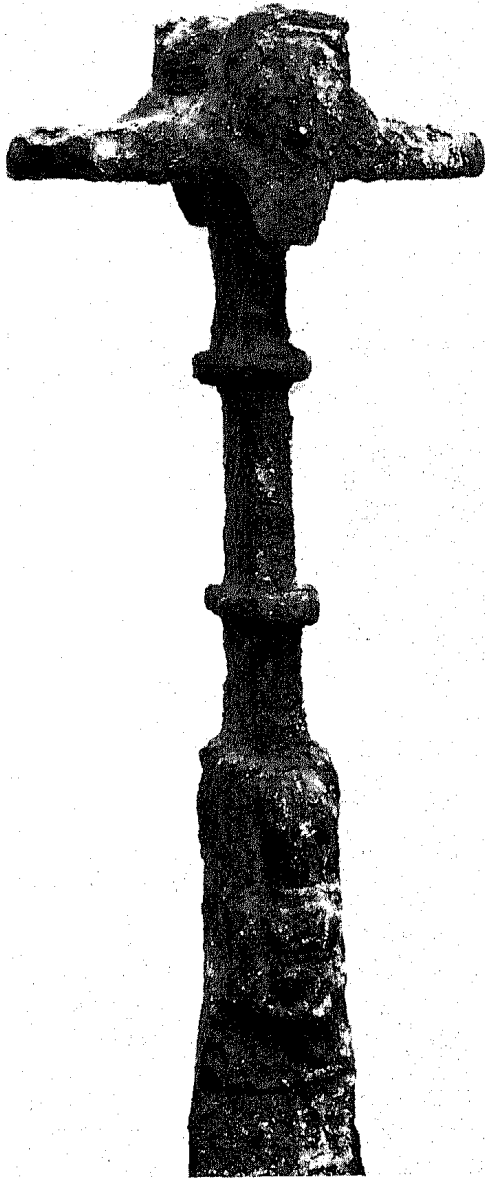


Bild 5. Ansicht von der Schmalseite des Griffes (rd. 0,75 : 1; Original 1 : 1)

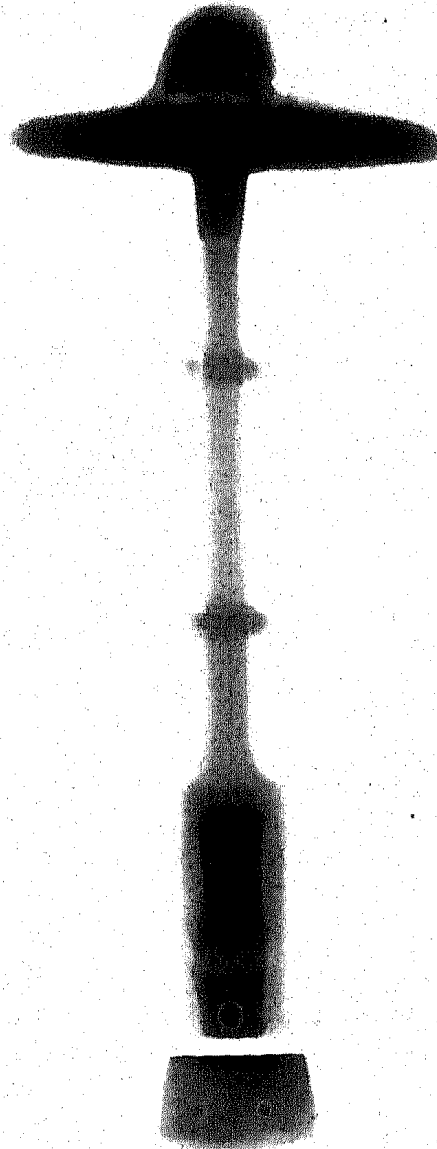


Bild 6. Durchstrahlungsaufnahme von der Schmalseite des Griffes (rd. 0,75 : 1; Original 1 : 1)



Bild 7. Durchstrahlungsaufnahme schräg von unten gegen die Knaufplatte

lassen und deren Ränder dann gegen die Figuren gehämmert worden sind, so daß eine schwalbenschwanzartige Verbindung entsteht. Daneben ist es noch möglich, sich den Hefteil als rechteckige Hülse und die Figuren als Bestandteile dieser Hülse vorzustellen. Die Hülse könnte warm aufgezogen und durch Schrumpfen befestigt worden sein. Für diese Vorstellung spricht die Beobachtung, daß der Schlitz zur Aufnahme der Klinge nicht durch das ganze Heft durchgeht, dagegen spricht das Fehlen von Trennungsfugen entlang den Breitseiten des Griffes (Bild 6).

Die beiden Wulste, die den Griff unterteilen, werden auf den Durchstrahlungsbildern (Bilder 4 und 6) deutlich als umgelegte Drähte erkennbar. Sowohl die Trennlinien zwischen Griff und Wulsten als auch die Stoßstelle in den Drähten treten deutlich in Erscheinung.

Schwieriger ist wieder der Zusammenbau des Knaufs und dessen Befestigung am Griff zu deuten. Eine Anstrahlung schräg von unten, ergab die Aufnahme in Bild 7. Darin



Bild 8. Betatron-Aufnahme schräg von unten gegen die Knaufplatte

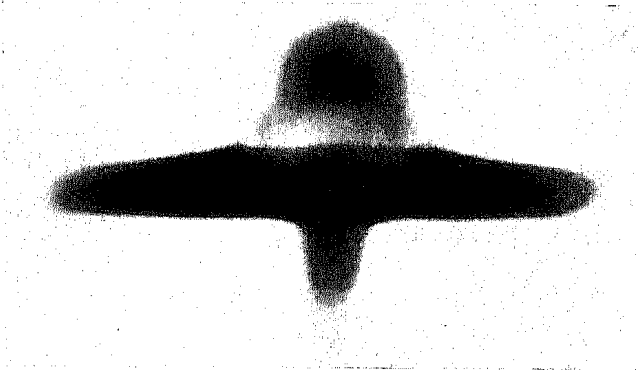


Bild 9a. Länger belichteter Abzug

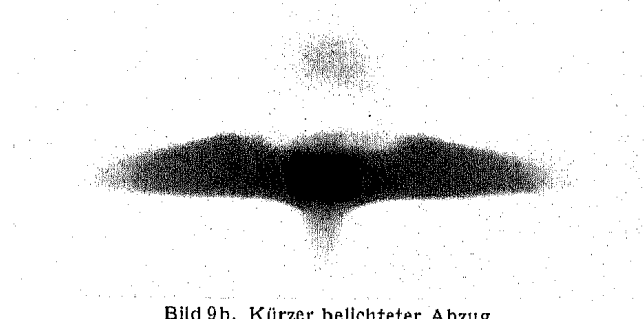


Bild 9b. Kürzer belichteter Abzug

Bilder 9a und b. Betatron-Aufnahmen von der Schmalseite des Griffes

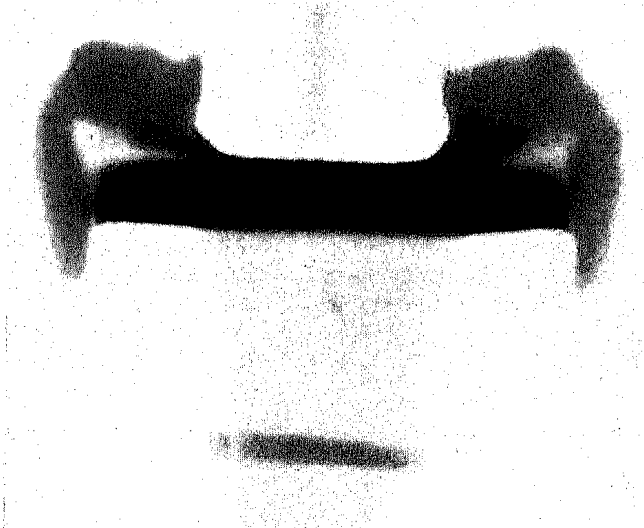


Bild 10a. Länger belichteter Abzug



Bild 10b. Kürzer belichteter Abzug

Bilder 10a und b. Betatron-Aufnahmen von der Breitseite des Griffes

ist eine Trennfuge zwischen Griff und Knaufplatte angedeutet, woraus geschlossen werden darf, daß der Griff in einen Schlitz der Platte eingelassen ist. Eine Durchstrahlung der Knaufplatte in ihrer größten Ausdehnung parallel zu den Kreisflächen war mit Iridiumstrahlung nicht möglich. Dazu war es erforderlich, eine noch härtere Strahlung anzuwenden.

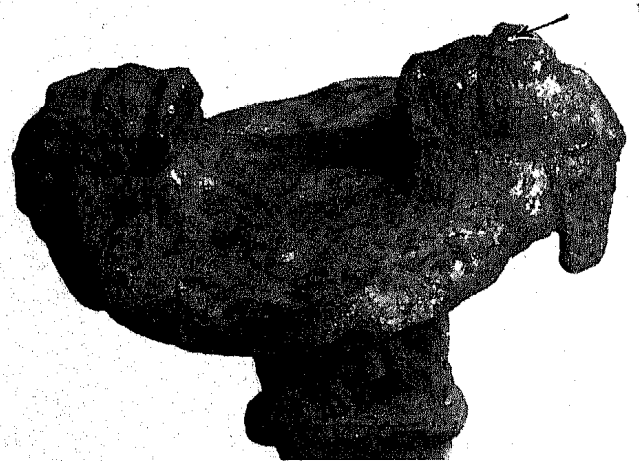


Bild 11. Schliffstelle am Knauf (rd. 0,8 : 1; Original 1 : 1)

Für diesen Zweck stand ein Betatron mit einer Strahlenergie von 15 MeV zur Verfügung. Aufnahmen mit diesem Gerät sind in den *Bildern 8 bis 10* wiedergegeben. In einer Aufnahme schräg von unten (*Bild 8*) wird nun auch die Breite des Schlitzes in der Knaufplatte erkennbar. Sie ist

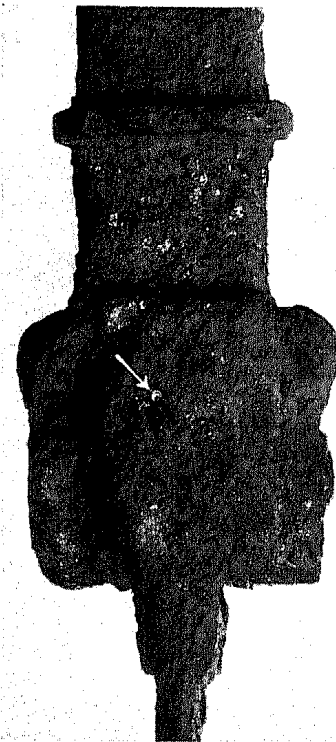


Bild 12. Schliffstelle am Heft (rd. 0,8 : 1; Original 1 : 1)

geringer als die Breite des Griffes am oberen Ende. Der Griff ist also mit einem Zapfen in die Platte eingelassen. Eine Durchstrahlung des Knaufs parallel zur Mittelebene der Platte ergab, von der Schmalseite des Griffes gesehen, die *Bilder 9a und b* und, von der Breitseite des Griffes her, die *Bilder 10a und b* (*). Von beiden Blickpunkten sind wieder die Begrenzungslinien des Schlitzes, in den der Griff eingesetzt ist, erkennbar (*Bilder 9b und 10b*). Auffällig ist die örtliche Schwächung der Platte unter den Köpfen (*Bilder 9a und b*).

*) Bei den mit a und b bezeichneten Bildern handelt es sich jeweils um verschiedene lange belichtete Abzüge derselben Aufnahme. Diese Maßnahme war nötig, um Einzelheiten, die im Film deutlich zum Ausdruck kommen, im Abzug überhaupt sichtbar zu machen.

Es wäre vorstellbar, daß man hier die Platte in einer zu den Kreisflächen parallelen Ebene senkrecht zum Schlitz aufgespleißt hat, um die abgehobenen Ränder zur Befestigung gegen die Seiten des Kopfes zu hämmern. So könnten auch die dicken Wulste an dieser Stelle und die Aufhellung an der Seite des Kopfes in der Durchstrahlungsaufnahme (*Bild 7*) erklärt werden. Diese Vorstellung würde ungefähr der ent-



Bild 13. Ungeätzt

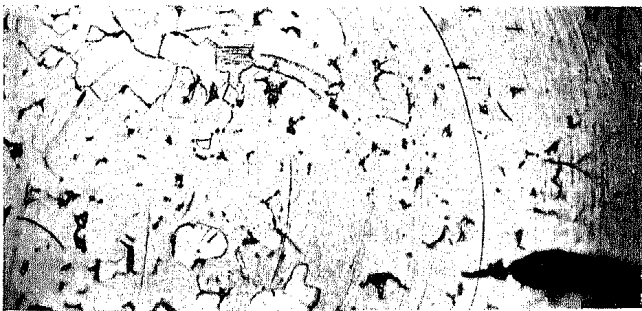


Bild 14. Mit alkoholischer Salpetersäure geätzt

Bilder 13 und 14. Gefüge des Schliffes von der Flachseite des Heftes (125 : 1; Original 200 : 1)

sprechen, die wir uns auch von der Befestigung der Figuren am Heft gemacht haben. Die Bärte scheinen auch noch irgendwie mit der Platte verbunden zu sein (*Bild 10a*). Über



Bild 15. Ungeätzt

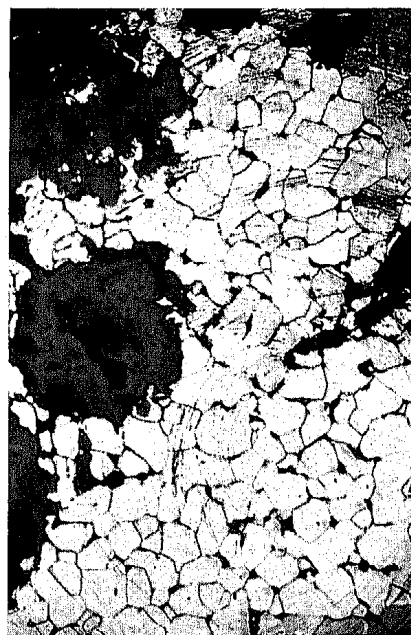


Bild 16. Mit alkoholischer Salpetersäure geätzt

Bilder 15 und 16. Gefüge des Schliffes von einer Figur des Knaufts (150 : 1; Original 200 : 1)

die Befestigung der Platte am Griff sagen die Bilder nichts aus.

Nachdem durch die Durchstrahlung festgestellt worden war, daß der Griff des Schwertes aus einer Vielzahl von Teilen zusammengesetzt ist, hatte die aus der äußeren Form ge-

zogene Schlußfolgerung, daß das Schwert im Guß hergestellt worden sei, viel an Wahrscheinlichkeit verloren. Es blieb noch zu prüfen, ob Einzelteile, besonders die schmückenden Figuren, aus Gußeisen bestehen. Das war nur durch eine analytische oder sicherer durch eine metallographische Untersuchung möglich. Für eine metallographische Untersuchung mußte aber zunächst an der zu prüfenden Stelle die dicke Rostschicht entfernt werden. Bei der üblichen Schliffherstellung wäre das nicht ohne eine beträchtliche Schädigung des Ansehens möglich gewesen. Mit einem besonderen Schliffherstellungsverfahren⁷⁾ gelang es aber, die erforderlichen Eingriffe weitestgehend einzuschränken.

Das Verfahren besteht darin, daß mit einem schnelllaufenden kegelstumpfförmigen Bohrer von 1 mm Dmr., wie er von den Mikroanalytikern verwendet wird, die Rostschicht durchbohrt wird und daß dann die Stirnfläche des Bohrlochs mit einem Holzstäbchen unter Zufügung von aufgeschlämmtem Schmirgel geschliffen und anschließend mit Tonerde poliert wird. Das Verfahren hat den Nachteil, daß die erhaltene Fläche schwer eben zu schleifen ist. Außerdem konnte es nicht ganz verhindert werden, daß von der Oberfläche kleine Rostteilchen abbröckelten, in das Loch hincinfelen und Kratzer auf der polierten Schlifffläche hervorriefen. An den Zustand des Schliffes dürfen also keine sehr hohen Ansprüche gestellt werden. Zur sachlichen Klärung der hier gestellten Fragen reichte er aber aus. Außerdem ist das Verfahren sicher noch verbesserungsfähig.

Der erste so angefertigte Schliff wurde auf der flachen Seite des Heftes gemacht (*Bild 12*), die man sich nach dem Vorhergehenden entweder als eine Verdickung des Griffes oder als Bestandteil einer aufgezogenen Hülse vorstellen kann. Wenn die letzte Annahme zutrifft, ist mit diesem Schliff gleichzeitig der Werkstoff der Figuren des Heftes bestimmt. Vor allem kam es ja darauf an, die Figuren zu untersuchen, da sie, wenn überhaupt Gußeisen verwendet wurde, am ehesten daraus hergestellt sein würden. Nachdem das Verfahren an dieser leicht zugänglichen Stelle erprobt worden war, wurde auch noch eine der Figuren selbst untersucht, und zwar einer der Männerköpfe an der Knaufplatte. Der Schliff wurde oben auf dem Kopfband angebracht (*Bild 11*). Die Bilder mögen veranschaulichen, wie wenig die untersuchten Teile bei Anwendung dieser Technik beschädigt worden sind. Die Bohrlöcher verschwinden so in der zerklüfteten Oberfläche, daß sie kaum erkennbar und lichtbildnerisch schwer darzustellen sind. Durch Anrostenlassen können sie später ganz unsichtbar gemacht werden.

Das Gefüge des ersten Schliffes vom Heft ist in den *Bildern 13 und 14* dargestellt. Im ungeätzten Schliff treten ein gröberer und mehrere feinere silikatische Schlackeneinschlüsse hervor, wie sie für Schweißisen kennzeichnend sind (*Bild 13*). Die Einschlüsse sind alle in derselben Richtung gestreckt, ein Beweis dafür, daß das Teil geschmiedet worden ist. Graphitlamellen, die im ungeätzten Schliff erscheinen müßten,

wenn das Heft aus Gußeisen hergestellt wäre, wurden nicht sichtbar. Das durch Ätzung entwickelte Gefüge besteht aus Ferrit und wenig Perlit (*Bild 14*). Es handelt sich demnach um ein kohlenstoffarmes Schweißisen. Ein

⁷⁾ Vgl. Koch, W., H. Malissa u. D. Ditges: Arch. Eisenhüttenwes., demnächst.

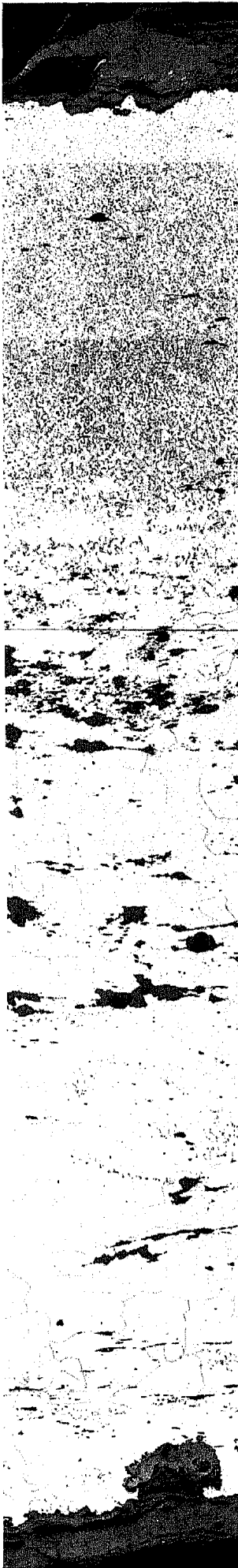


Bild 17. Gefüge der Klinge in einem Querschliff von Fläche zu Fläche; mit alkoholischer Salpetersäure geätzt. (40:1; Original 100:1)

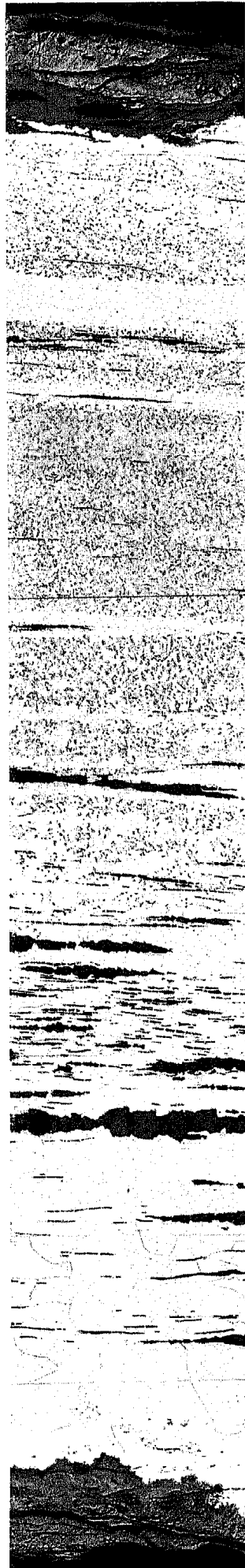


Bild 18. Gefüge der Klinge in einem Längsschliff von Fläche zu Fläche; mit alkoholischer Salpetersäure geätzt. (40:1; Original 100:1)

ganz ähnliches Gefüge zeigte auch der Schliff von der Figur am Knauf (Bilder 15 und 16)*).

Die untersuchten Teile bestehen demnach nicht aus Gußeisen, sondern aus einem geschmiedeten Schweißisen. Wenn das für diese verwickelt geformten Teile zutrifft, besteht kein Grund zu der Annahme, daß die Teile mit einfacherer Form, wie Griff und Knaufplatte, gegossen sein sollten. Die Wulste des Griffes wurden bereits im Durchstrahlungsbild als Drähte erkannt.

Wissenswert schien noch, wie die Figuren an dem Heft und an dem Knauf befestigt worden sind. Das Vorhandensein raupenartiger Wulste entlang den Figuren des Heftes und an den Seiten der Köpfe des Knaufrs könnte, wie gesagt, auf eine Befestigung durch Schweißen oder Löten hindeuten. Eine metallographische Untersuchung der Wulste durch Anbohren in der beschriebenen Weise ergab, daß diese aus demselben Werkstoff wie die übrigen untersuchten Teile bestehen. Eine Lötung mit Nichteisenmetall scheidet demnach aus. Auch analytisch konnte in den angefallenen Bohrspänen außer Eisen und Spuren von Kalzium, Magnesium und Kupfer kein anderes Metall nachgewiesen werden.

Daß die Klinge nicht gegossen sein würde, war von vornherein klar. Im Hinblick auf die beobachtete Mittelleiste mußte jedoch der Gedanke erwogen werden, ob die Klinge nicht durch Zusammenschweißen verschiedener Lagen von Eisen und Stahl in ähnlicher kunstvoller Weise zusammengesetzt und verziert ist, wie dies bei den bekannten römischen Schwertern aus dem Nydam-Moor der Fall ist, über deren Untersuchung E. Schürmann⁸⁾ berichtet hat.

Eine derartige Untersuchung, die den ganzen Querschnitt der Klinge erfassen mußte, war allerdings nach dem beschriebenen zerstörungssarmen Verfahren nicht möglich. Wegen der Bedeutung des zu erwartenden Ergebnisses wurde es für vertretbar gehalten, aus dem Mittelteil der Klinge mit einer Laubsäge ein etwa $\frac{1}{2}$ cm² großes Stück herauszusägen (vgl. Bild 1). Die Probe wurde zunächst in der Quer- und Längsrichtung angeschliffen und nach der metallographischen Untersuchung für die Analyse zerspannt.

Die Klinge zeigte in den Schlifften von Oberfläche zu Oberfläche (Bilder 17 und 18) das kennzeichnende Gefüge von Schweißstahl mit Lagen verschiedenen Kohlenstoffgehaltes und vielen groben Schlackeneinschlüssen. Die eine, in den Bildern oben liegende Schicht entspricht einem Stahl mit schätzungsweise 0,20 % C. Der Ferrit ist in Form von Nadeln oder Platten ausgeschieden (Widmannstättensches Gefüge), was darauf hindeutet, daß die Klinge in einem früheren Arbeitsgang hoch erhitzt und schnell abgekühlt worden ist. Der Perlit ist kugelig zusammengeballt (Bild 19). Die letzte Verarbeitung oder Behandlung ist demnach bei verhältnismäßig niedriger Temperatur unter 700° erfolgt. Die andere, in den Bildern unten dargestellte Lage ist sehr kohlenstoffarm und besteht aus einem grobkörnig rekristallisierten Ferrit mit feinen nadelförmigen Ausscheidungen, die sich bei der Ätzung mit Natriumpikrat als Tertiärzementit erwiesen, und wenig Perlit (Bild 20). Besonders diese Zone ist mit vielen groben, heterogen zusammengesetzten und vielfach zerbrochenen Einschlüssen von silikatischer Schweißschlacke durchsetzt (Bilder 21 und 22). Nach dem Gefüge beider Zonen darf angenommen werden, daß die Klinge im Rekristallisationsgebiet, also bei einer Temperatur unter 700°, fertiggeschmiedet worden ist.

Bemerkenswert ist die Anwesenheit von Verformungszwillingen im grobkörnigen Ferrit (Bild 20). Solche Zwillinge bilden sich unter mehrachsiger Spannung bei schlagartiger Beanspruchung. Ihr Entstehen wird durch niedrige

*) Auf eine völlige Entfernung des Rostes wurde bei der Schliifherstellung verzichtet.

⁸⁾ Arch. Eisenhüttenwes., demnächst.

Temperatur und grobkörniges Gefüge begünstigt. Verformungszwillinge sind schon mehrfach im Gefüge von Klingen und Schneiden antiker Schwerter, Messer und Beile beobachtet worden⁹⁾, und es darf daraus geschlossen werden, daß sie ein echtes Herstellungsmerkmal solcher Teile sind. Da

schon Untersuchung ist die Klinge, verglichen mit denen der Nydam-Schwerter, kunstlos hergestellt.

Die analytische Untersuchung des aus der Klinge entnommenen Probestücks ergab die folgende chemische Zusammensetzung: 0,067 % C, 0,23 % Si, < 0,01 % Mn, 0,040 % P und 0,002 % S. Es handelt sich demnach um ein außerordentlich schwefel- und manganarmes Eisen. Das Silizium dürfte überwiegend in silikatischer Form in den Einschlüssen vorliegen. Der Kohlenstoffgehalt stellt einen Mittelwert aus den verschiedenen kohlenstoffärmeren und -reicheren Lagen dar.

*

Herrn Dipl.-Physiker H. Weeber ist für die Aufnahme der Durchstrahlungsbilder und Herrn Dr. techn. habil. H. Malissa für die Herstellung der Schiffe nach dem beschriebenen Sonderverfahren zu danken.

Zusammenfassung

Die Untersuchung hat mit den angewendeten Mitteln, die auf eine möglichst schonende Behandlung des Fundgegenstandes abgestellt waren, einige Aufklärungen über Werkstoff und Aufbau des Schwertes erbracht. Vor allem konnte dadurch die falsche Ansicht richtiggestellt werden, daß das Schwert ganz oder teilweise durch Gießen hergestellt worden sei. Eine Anzahl von Fragen, die die Herstellung und die Befestigung der Figuren betreffen, mußte offenbleiben. Weitere Aufschlüsse darüber wären wahrscheinlich zu erhalten, wenn man sich entschließen könnte, das Schwert teilweise zu zerstören. Dazu müßte zunächst einmal die ganze Waffe durch Beizen vom anhaftenden Rost befreit werden. Außerdem müßten einige Schnitte durch die Figuren gelegt werden. Nötigenfalls könnte eine ganze Längshälfte des symmetrisch geformten Schwertes erhalten bleiben. Zumal wenn mehrere Stücke einer Gattung vorhanden sind, sollte man sich zu einem solchen Opfer entschließen. Für den Archäologen dürfte manche wertvolle Erkenntnis aus solchen Untersuchungen zu gewinnen sein. Aber auch für den Museumsbesucher müßte

es wissenswert sein, aus welchem Werkstoff und nach welchem Verfahren die ausgestellten Stücke hergestellt sind. Durch eine beigelegte kurze Beschreibung mit Bildtafeln ließe sich sicher eine lebendigere Beziehung zum ausgestellten Kunstwerk herstellen.



Bild 19. Kohlenstoffreichere Zone



Bild 20. Kohlenstoffarme Zone

Bilder 19 und 20. Gefüge der Klinge in stärkerer Vergrößerung. Querschliff, mit alkoholischer Salpetersäure geätzt. (375 : 1, Original 500 : 1)



Bild 21. Querschliff, geätzt

Bild 22. Längsschliff, ungeätzt

Bilder 21 und 22. Einschlüsse von Schweißschlacke in der Klinge. (150 : 1; Original 200 : 1)

eine Kornstreckung nicht zu erkennen ist, dürfte die Verformung, die zur Zwillingsbildung geführt hat, nicht durch kaltes Nachschmieden, sondern eher durch einzelne harte Richtschläge bewirkt worden sein. Nach der metallographi-

⁹⁾ Wie unter ²⁾. Bildtaf. VIII, XI u. XIV.