

# Feine Linien in Bronze – Ein Beitrag zur Metallbearbeitungstechnik der Bronzezeit

ROLAND SCHWAB, CHRISTIAN-HEINRICH WUNDERLICH  
UND KAROLINE PEISKER

## Einleitung

Im Rahmen des von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Projektes »Der Aufbruch zu neuen Horizonten. Die Funde von Nebra, Sachsen-Anhalt, und ihre Bedeutung für die Bronzezeit Europas« (FOR 550) werden z. Zt. neben der archäologischen Bearbeitung frühbronzezeitlicher Metallfunde Mitteldeutschlands und deren Umfeld auch naturwissenschaftliche Untersuchungen durchgeführt, die sich auf die technologischen Aspekte, auf Fragen zu den Rohstoffbezugsquellen und der Verarbeitung konzentrieren (Modul NW 1: Oberfläche, Werkspuren, Tauschierung. Ästhetische Metallbearbeitungstechniken der frühen Bronzezeit im Zusammenhang mit dem Hortfund von Nebra). Der vorliegende Beitrag stellt erste Ergebnisse zur Metallbearbeitung vor.

Frühbronzezeitliche Metallarbeiten – und dies betrifft nicht nur die Funde aus dem Hort von Nebra – bestechen durch ihre oftmals raffinierte, perfekte Bearbeitung und Verzierungstechnik. Während die für Mitteleuropa extrem seltene Technik der frühbronzezeitlichen Metalleinlegearbeiten einem kommenden Aufsatz vorbehalten bleiben soll, beschäftigen wir uns im Folgenden mit der Kunst der Oberflächenverzierung. Nach landläufigen Vorstellungen wird und wurde Bronze im Wachsausschmelzverfahren gegossen; das Wachsmodell gibt dabei das Positiv des fertigen Objektes in allen Einzelheiten wieder. Selbstverständlich lassen sich Wachsmodelle herstellen, in denen feinste Linien eingeritzt sind, doch scheitern alle Versuche, solche feinen Strukturen in prähistorisch üblichen Formbaumaterialien abzuformen, auszugießen und so in Bronze zu replizieren. Die Abbildungsgenauigkeit des reinen Schwerkraftgusses reicht dazu nicht aus. Selbst moderne Verfahren des Buntmetallgusses (desoxidierte Schmelze, Druckguss, Verwendung von Metallkokillen etc.) erzeugen raue Oberflächen und sind nicht geeignet, so präzise, feine Linien abzubilden, wie sie beispielsweise von dem Schwert von Rørby, den Schwertern aus dem frühbronzezeitlichen Hortfund von Nebra, den Dolchklingen aus den Hortfunden von Dieskau oder den spätbronzezeitlichen Hängebecken bekannt sind. Selbst heutzutage müssen Gusswerkstücke mechanisch nachgearbeitet werden, wenn es auf präzise Details ankommt.

Die Projektgruppe, der die Autoren angehören, beschäftigt sich mit der Technologie und der ästhetischen Wirkung bronzezeitlicher Metallbearbeitungstechniken. Ausgehend von den frühbronzezeitlichen Funden Mitteldeutschlands werden auch Beispiele für technologische Parallelen oder Weiterentwicklungen einzelner Techniken der mitteleuropäischen Bronzezeit untersucht. Der vorliegende Beitrag beruht weitgehend

auf Untersuchungen von Fundgegenständen aus dem Landesmuseum für Vorgeschichte in Halle (Saale), die in einzelnen Fällen durch Objekte aus skandinavischen Sammlungen ergänzt wurden.

Alle Objekte wurden mikroskopisch untersucht. Es wurden Röntgengrobstrukturuntersuchungen durchgeführt und teilweise Proben für Metallographie und Elementanalysen entnommen. Die pauschalchemische Zusammensetzung wurde durch energiedispersive Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) ermittelt. Die metallographische Auswertung der Anschliffe erfolgte im Auflichtmikroskop. Parallel zu den Untersuchungen wurden die Ergebnisse experimentell nachvollzogen.

Wie aus den einzelnen Beispielen hervorgeht, werden figürliche Darstellungen und Ornamente auf bronzezeitlichen Bronzeobjekten abwechselnd und sich widersprechend als eingraviert, punziert oder gar als gegossen beschrieben, obwohl sich die tatsächlich angewandten Herstellungstechniken in der Regel gut belegen lassen. Die Anwendung der jeweiligen Technik für die Verzierung der Objekte stellt nämlich ganz unterschiedliche Ansprüche an die Werkstoffe. Dies gilt sowohl für die verarbeiteten Metalle, als auch für die Werkstoffe der Bearbeitung. Spangebende und spanlose Bearbeitung erfordern geeignet harte Werkstoffe für die Werkzeuge und gut spanbare oder duktile Metalle. Gegossene Verzierungen erfordern eine weit höhere Oberflächengüte und Formgenauigkeit von den Gussformen und von dem Fließvermögen des Gussmaterials. Die verschiedenen Bearbeitungstechniken hinterlassen auch ganz unterschiedliche und vor allem charakteristische Spuren, die sich in der Regel bei sorgfältiger Untersuchung entdecken lassen.

Die Verwendung von Stichel oder Meißel für das Gravieren von Oberflächen haben bereits andere Autoren (Drescher 1957, 27; Armbruster 2000, 56) ausgeschlossen. Das Gravieren, also die spanabhebende Bearbeitung von Metalloberflächen, ist mit bronzezeitlichem Werkzeug nicht möglich, da die Schneiden zu schnell stumpf werden oder abbrechen. Bei genauerer Betrachtung der Oberflächen finden sich jedoch zahlreiche Hinweise auf die spanlose plastische Oberflächenbearbeitung durch verschiedene Punzen. Obwohl bereits Drescher in mehreren Publikationen (Drescher 1953; 1955; 1957; 1958; 1968) auf die Verwendung von Bronzepunzen für die Oberflächendekorationen bronzezeitlicher Objekte ausdrücklich hingewiesen hat und dies durch jüngere Publikationen bestätigt wird (z. B. Krause-Steinberger 1990; Armbruster 2000), wird das Ziselieren bronzezeitlicher Metalloberflächen teilweise noch immer vehement verneint (Rønne 1989). Allerdings hatte auch Drescher (1968, 139) ausgeschlossen, dass man mit Bronzewerkzeugen feine, geschwungene Linien erzeugen könne, und postulierte stattdessen Werkzeuge aus Stahl.

Das Ziselieren mit Bronzepunzen ist jedoch problemlos möglich und experimentell leicht nachzuvollziehen (siehe auch Foltz 1979, 220). Leider ist den Abbildungen bei Foltz nicht die Zusammensetzung von Werkzeug und Werkstück zu entnehmen.

Wie im experimentellen Teil beschrieben wird, werden zur Herstellung bronzener Ziselierwerkstücke zwei Effekte genutzt. So kann Bronze durch Zwischenglühen mit anschließendem Abkühlen weicher gemacht oder durch Ausschmieden im kalten Zustand gehärtet werden. Bronze wird auch mit steigendem Zinnzusatz härter. Unsere Experimente zeigten, dass Werkzeuge mit 14 bis max. 16 % Zinn zum Ziselieren von

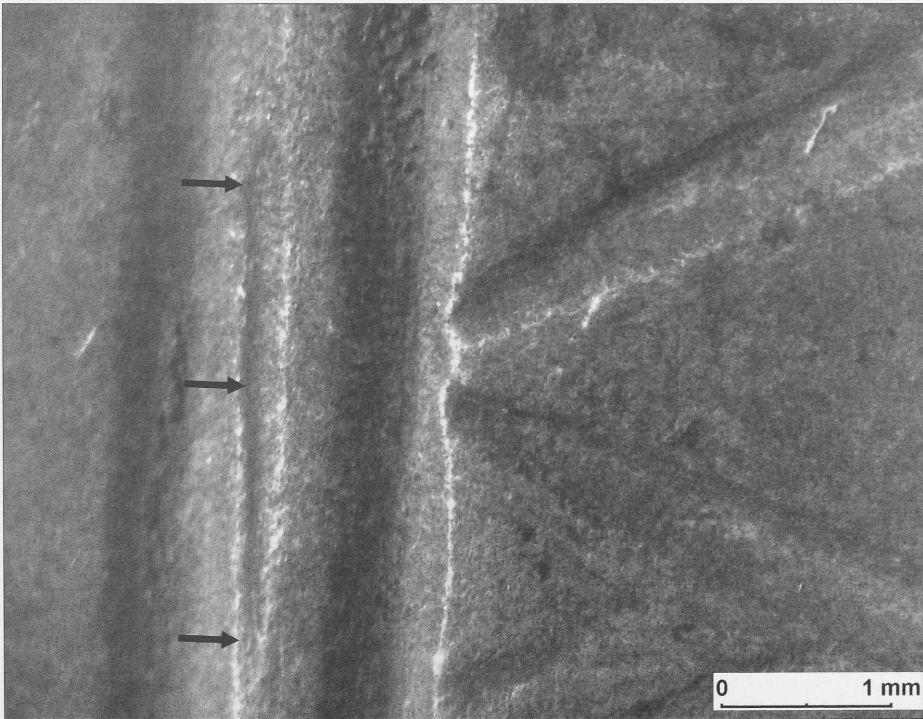


Bronze ideal sind. Mit solchen Werkzeugen lässt sich relativ problemlos auf Unterlagen aus 10 %iger Zinnbronze arbeiten.

### Mikroskopische Beobachtungen an den Originalen

Für die Untersuchung der Werkzeugspuren wurde an verschiedenen Objekten aus der Sammlung des Landesmuseums für Vorgeschichte in Halle (Saale) – nicht an Funden anderer Sammlungen – partiell manuell und mittels Kompressen mit Komplexbildnern gearbeitet. In einigen Fällen waren die ursprünglich ziselierten Linien bereits bei früheren restauratorischen Bearbeitungen mit spitzen Stahlwerkzeugen »nachgraviert« oder die Oberflächen durch chemische bzw. elektrochemische Verfahren zerstört worden, so dass diese nicht mehr auswertbar waren.

In der Regel lassen sich Überlagerungen oder Störungen der Muster durch abgeglittene oder zu weit gezogene Punzen beobachten (Abb. 1–2). So auch bei einem der Krummschwerter von Rørby (Abb. 3), bei welchem die Verzierungen laut Rønne gegossen sein sollen (Vandkilde 1996, 232; Kaul 1998, 74). Tatsächlich sind sehr viele verzierte Objekte – wie Beile oder Schwerter – viel zu stark überschmiedet (Northover 1996), als dass die vermeintlich gegossenen Verzierungen noch sichtbar geblieben wären.



**Abb. 1** Aus der Spur gelaufener Punzen auf einer Dolchklinge aus Dieskau (45–38QU). Arsenkupferlegierung (Otto/Witter 1952, 300 Analysennummer 383).

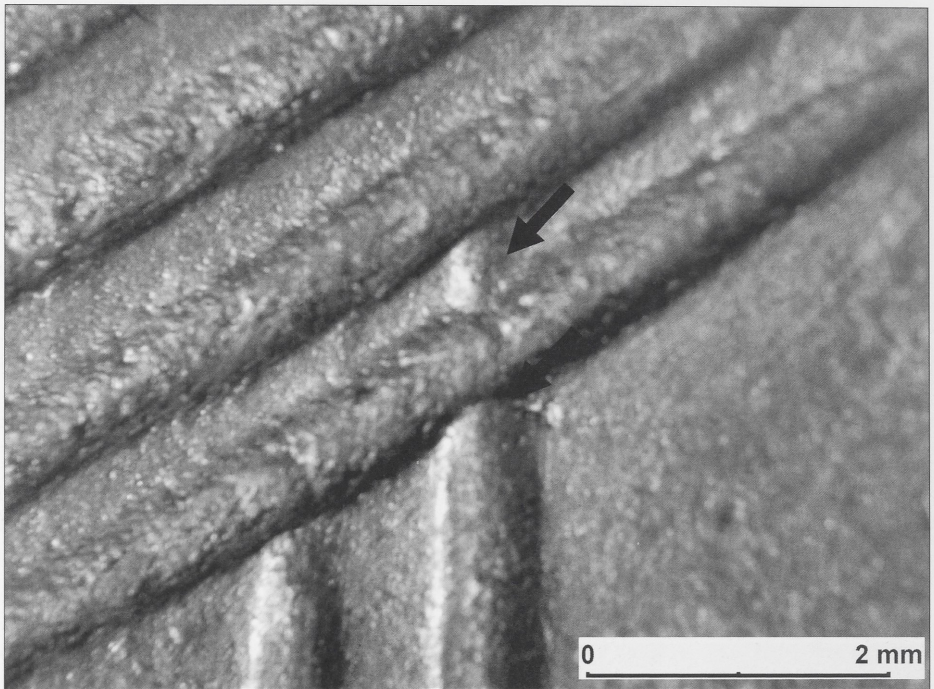


Abb. 2 Zu weit gezogene Punzenspur auf einer Dolchklinge aus Dieskau (45–38M). Arsenkupferlegierung (Otto/Witter 1952, 126 Analysennummer 300).

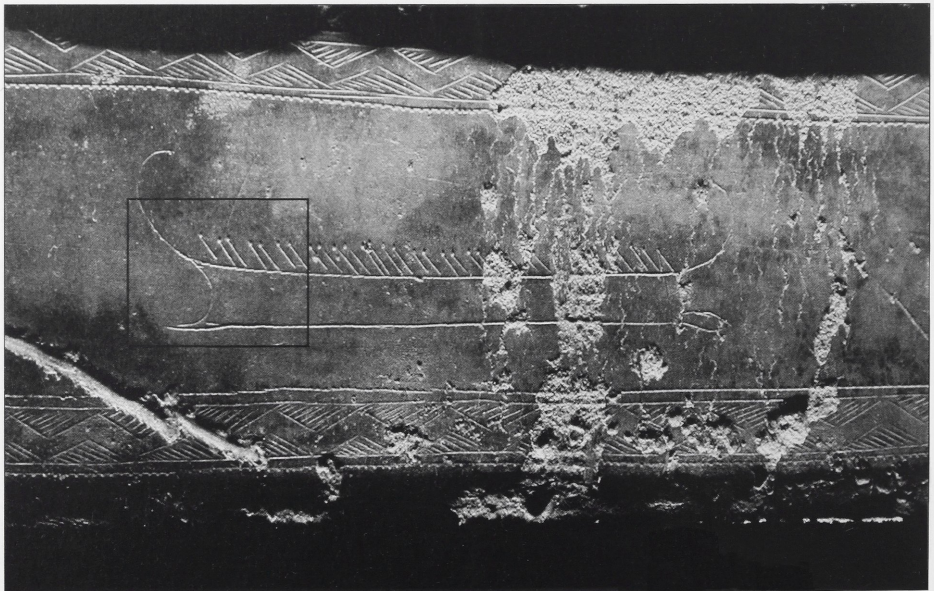
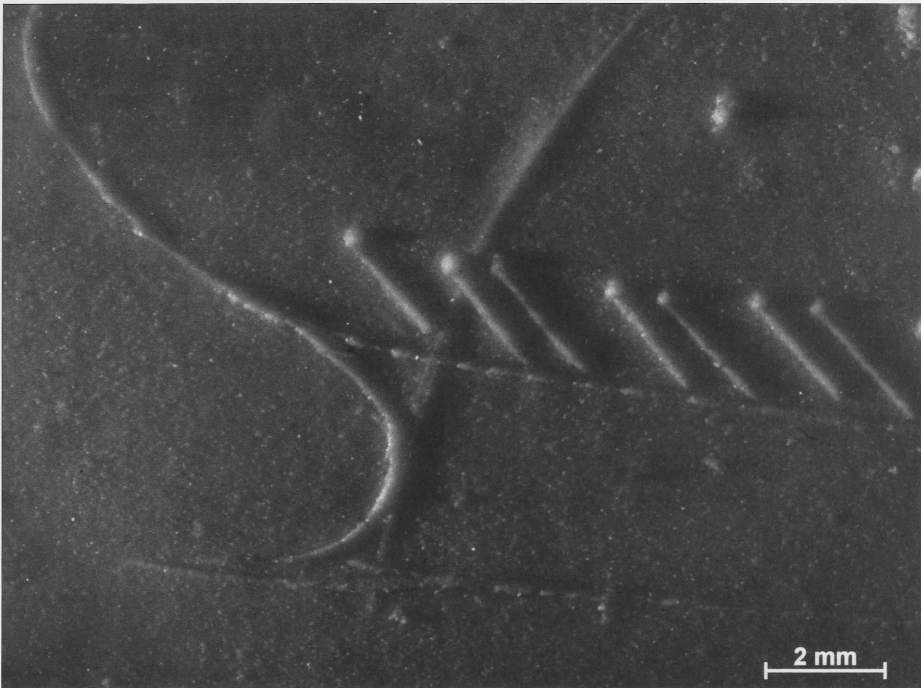


Abb. 3 Schiffsdarstellung auf einem der Krummschwerter von Rörby mit der Position von Abbildung 4.





**Abb. 4** Der invertierte Abdruck der Schiffsdarstellung zeigt die Schlagmarken einer Schrotpunze. Die Abbildung ist durch einen Kratzer gestört.

Abbildung 4 zeigt das invertierte Mikrophoto eines Abdrucks mit Silikonkautschuk des zentralen Bildmotivs, der Schiffsdarstellung auf einem der Krummschwerter von Rörby. An der beginnenden Galion, der Reling oder dem Kiel sind deutlich Schlagmarken zu erkennen, die auf die Bearbeitung mit einer Schrotpunze und nicht auf die Gravur in Wachs mit einer Nadel hindeuten. Die Experimente (s. unten) zeigen, dass solche feinen Muster mit Bronzepunzen problemlos zu bewerkstelligen sind – zu gießen sind sie jedoch nicht.

### Metallkundliche Untersuchungen

Der zweifelsfreie Nachweis der plastischen Verformungen durch Schmieden und Ziselieren lässt sich durch unterschiedliche Merkmale führen: Durch die plastische Verformung von Metallen findet eine Formänderung der Kristallite statt, wobei kubisch-flächenzentrierte Metalle, wie z. B. Kupfer, Silber oder Gold, sich bevorzugt durch Abgleiten der Kristallebenen verformen. Bei höheren Verformungsgraden kommt es zur Streckung der Körner im Metallgefüge. Metallographisch lassen sich Gleitlinien, Zwillingsbildung oder Kornstreckungen sehr gut nachweisen (Scott 1991; Northover 1996). Da jedoch sehr viele Objekte abschließend gegläht wurden, sind diese eindeutigen Belege nicht immer zu finden. Sog. Rekristallisationszwillinge können bei den genannten Metallen auch ohne Umformung entstehen und sind deshalb nicht zwingend als

Beleg anzusehen. Die beim Glühen stattfindende Rekristallisation ist jedoch neben der Temperatur auch vom vorangegangenen Umformungsgrad abhängig, d. h. je intensiver eine vorausgegangene plastische Verformung durchgeführt worden ist, desto tiefer die Rekristallisationstemperatur und desto ausgeprägter die Rekristallisationszwillingbildung.

Metallische Werkstoffe und ganz besonders prähistorische Metalle enthalten aber nicht nur metallische Phasen. Schmelzen nehmen vor allem Gase, wie z. B. Sauerstoff oder Schwefel, aus der Atmosphäre oder aus dem Brennstoff auf. Dies geschieht bereits bei der Verhüttung und anschließend bei jedem weiteren Schmelzprozess. Die Gase reagieren teilweise mit den Legierungselementen oder bilden Gasblasen, die bei der Erstarrung der Schmelze ausgeschieden oder im Metall eingeschlossen werden. Gelangen die durch Gasblasen oder durch Kontraktion bei der Erstarrung entstandenen Hohlräume an die Oberfläche der Gussstücke, so entstehen Fehlstellen. Unterschiedliche prähistorische Beispiele für Reparaturen solcher Fehlstellen finden sich bereits bei Drescher (1958, 116–150). Abbildung 5 zeigt, wie an der Innenwand ein und desselben Gefäßes, im vorliegenden Fall eines im Jahr 2005 gefundenen spätbronzezeitlichen Hängebeckens aus Demker (Ldkr. Stendal), offene und »geflickte« Fehlstellen nebeneinander vorkommen. Nur diejenige Fehlstelle, die auch an der Außenwand als Loch zu sehen war, wurde einer Reparatur als notwendig erachtet, die andere war äußerlich nicht sichtbar und wurde deshalb offen gelassen.

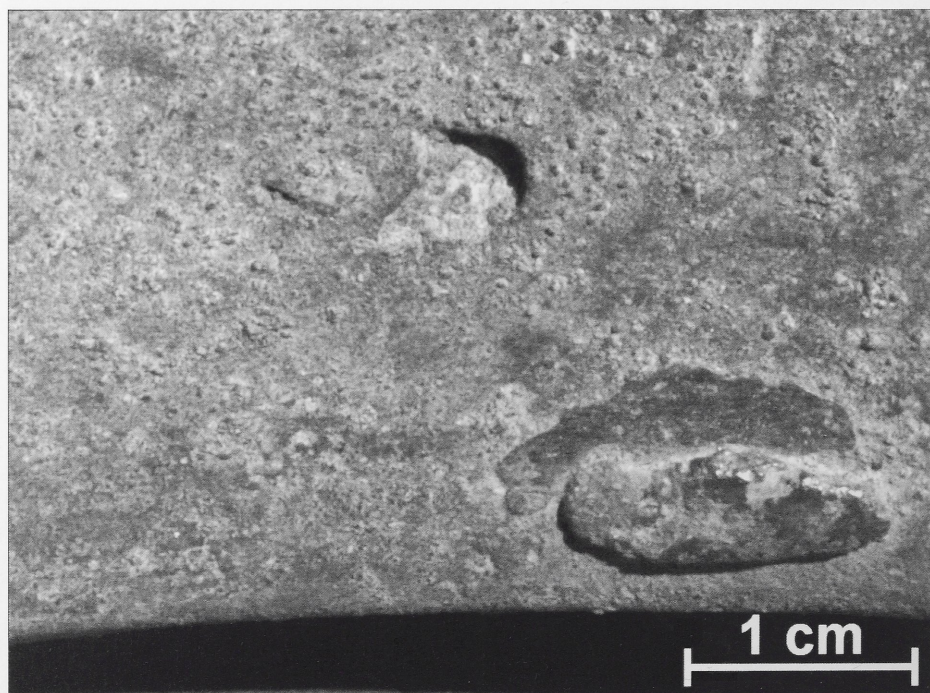


Abb. 5 Die jeweils reparierte und noch offene Fehlstelle an der Innenwand eines spätbronzezeitlichen Hängebeckens aus Demker (Ldkr. Stendal).



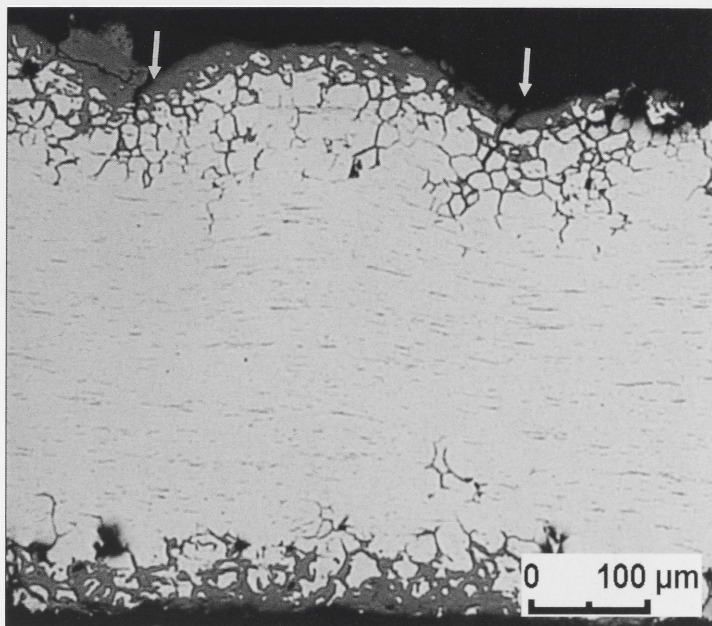


Abb. 6 Ungeätzter Anschliff eines Armreifes aus Göhlitzsch (32–139c). Die gestreckten nichtmetallischen Einschlüsse verlaufen parallel zur Oberfläche und werden durch die ziselierte Oberflächendekoration (Pfeile) gestört.

Schwefel- und Sauerstoffverbindungen bilden Zunderschichten auf den Oberflächen oder werden im Metall eingeschlossen. Durch Glühen und durch plastische Verformungen beim Schmieden werden Metalle homogenisiert, indem Seigerungen durch Diffusion vermindert, Lunker oder Gasblasen verdichtet und nichtmetallische Einschlüsse zertrümmert oder gestreckt werden. Je nach Verformungsgrad ordnen sich die Einschlüsse in Zeilen an. Ein Armreif aus Göhlitzsch (Ldkr. Saalekreis) verweist durch eine ausgeprägte Zeilenstruktur der Einschlüsse (Abb. 6) auf ausgeprägtes Schmieden, während das Gefüge rekristallisiert vorliegt (Abb. 7) und somit als letzter Arbeitsschritt gegläht wurde. Aus Abbildung 6 ist aber auch deutlich zu entnehmen, dass sich die primär zu Zeilen angeordneten Einschlüsse jeweils den sekundär einziselierten Riefen angepasst haben. Dieser Beleg für Verformung kann nicht durch Glühen beseitigt werden. Als ein weiteres Indiz sekundärer Kaltverformung durch das Ziselieren ist das verstärkte Auftreten interkristalliner Risse im Bereich der Zierriefen zu werten, was auf Spannungsrissskorrosion hindeutet.

Ein anschauliches Beispiel für das Ziselieren ohne vorausgegangene Verdichtung des Materials ist ein weiteres spätbronzezeitliches Hängebecken aus Demker. Im Anschliff (Abb. 8) und auch im Röntgenbild (Abb. 9) ist deutlich zu erkennen, dass das gesamte Becken mit Lunkern und Gasblasen durchsetzt ist. Nur im Bereich der ziselierten Ornamente sind die Lunker durch die Materialverformung verschlossen (Abb. 8). Das Gefüge liegt rekristallisiert vor. Das Becken wurde also durch Gießen und nicht durch Treiben hergestellt, während die Ornamentik abschließend ziseliert wurde. Das Becken durchzieht ein

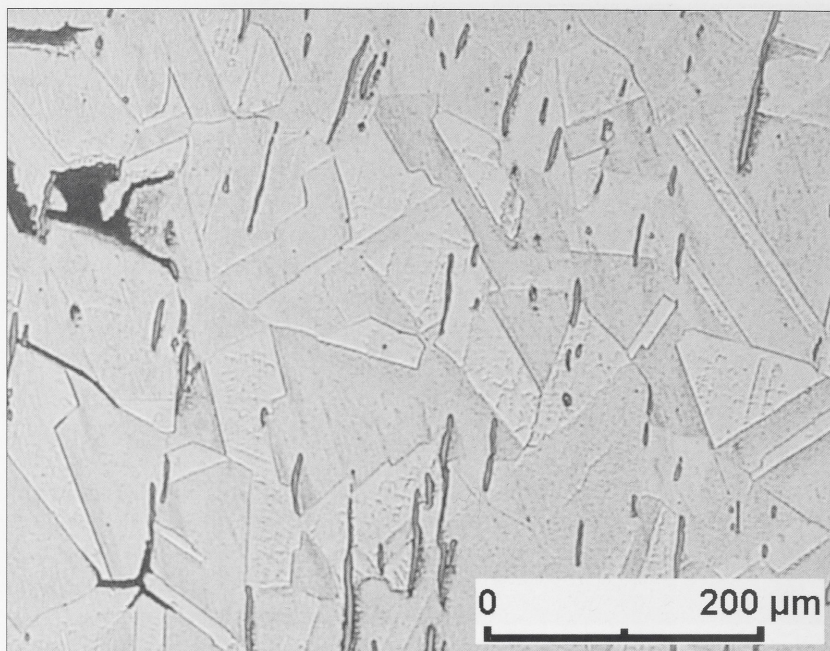


Abb. 7 Rekristallisiertes Gefüge des Armreifs aus Göhlitzsch (Ldkr. Saalekreis) mit gestreckten nichtmetallischen Einschlüssen (Ätzung:  $\text{HCl}/\text{FeCl}_3$ ).

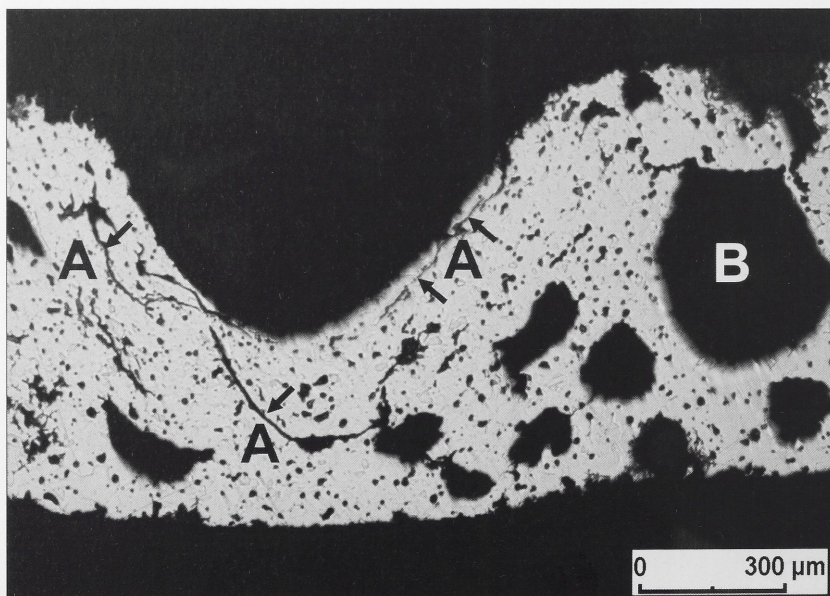


Abb. 8 Anschliff eines weiteren spätbronzezeitlichen Hängebeckens aus Demker (Ldkr. Stendal). Im Bereich der ziselierten Muster sind die Lunker verdichtet (A), während die unbearbeiteten Bereiche weiterhin mit großen Lunkern (B) durchsetzt sind.



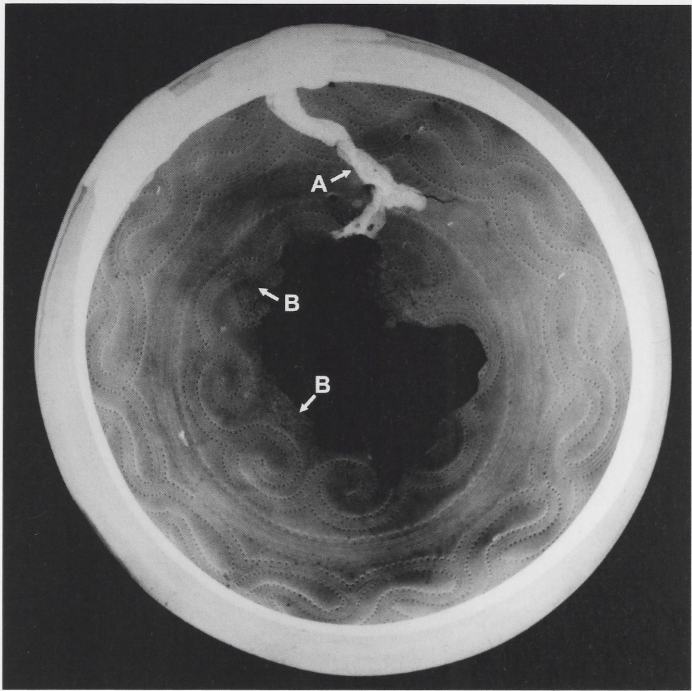


Abb. 9 Die Radiographie des Hängebeckens zeigt neben der Reparaturstelle (A) einen porigen Guss, vor allem im Bodenbereich des Beckens (B).

	Pr.-Nr.	Fe	Co	Ni	Cu	As	Ag	Sn	Sb	Pb	Bi
Armreif	051327	0,20	0,01	0,24	89	0,22	0,07	9,8	0,07	0,09	<0,01
Becken	050623	0,09	0,06	0,38	88	0,62	0,36	6,5	1,1	3,2	0,04
Plombe	050624	0,15	0,02	0,34	94	0,66	0,37	1,4	1,2	2,2	0,02

Tab. 1 Metallanalysen des Hängebeckens aus Demker und des Armreifs aus Göhlitzsch (wt %). Die Konzentrationen der Elemente Zn, Se, Au und Te waren unterhalb der Nachweisgrenzen.

langer Riss, welchen man mittels Überfangguss zu reparieren versucht hatte. In Tabelle 1 sind die Zusammensetzung des Beckens und des Überfanggussmaterials aufgeführt.

Diese und andere Analysen (z. B. Riederer 1997) zeigen, dass man in der Spätbronzezeit bleihaltige Bronze für die Güsse verwendet hat. Durch Blei wird das Fließvermögen während des Gusses verbessert, ohne dass die Erstarrung des Systems Kupfer-Zinn durch den Bleigehalt beeinflusst wird. D. h. dass sich auch komplizierte Formen wie Ornamente damit besser gießen lassen. Entsprechend weisen manche dieser Hängebecken neben den ziselierten auch gegossene Ornamente auf, die jedoch nicht die Feinheit der ziselierten Ornamentik erreichen (Abb. 10).

Bronzezeitliche Werkzeuge plastischer Metallbearbeitung – darunter auch verschiedene Punzen – sind bereits von Armbruster (2000, 47–59; 2001, 10–21) zusammenge-

stellt worden. Nach Sichtung von Material und Literatur durch die Verfasser schien sich eine chronologische Abfolge der verwendeten Punzen abzuzeichnen. Die Funde der frühen Bronzezeit wurden ausschließlich mit Zieh- und Perlpunzen bearbeitet, wohingegen auf Mustern von Objekten aus der jüngeren Bronzezeit neben den bekannten Zieh- und Perlpunzen nun auch halbrunde Schrotpunzen (Krause-Steinberger 1990), Flachpunzen (Abb. 11) und Musterpunzen (Abb. 12–13) auftreten, wie sie auch Drescher (1955, 132) beschrieben hat.

## Experimenteller Nachvollzug

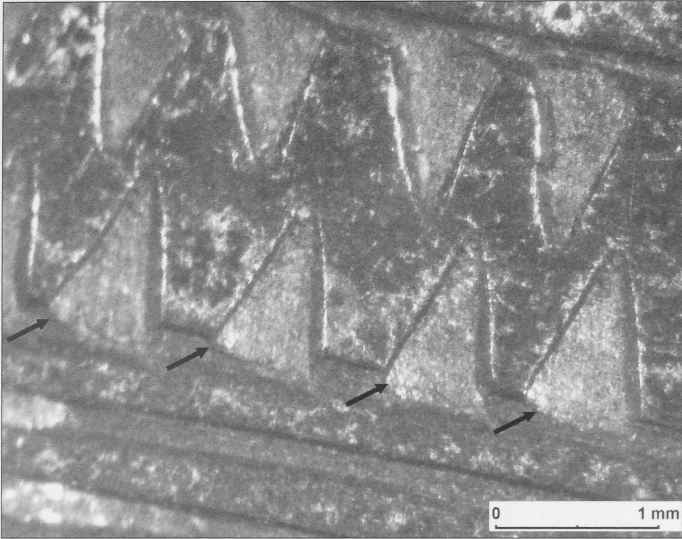
### *Herstellung bronzener Werkzeuge*

Schroten ist ein Verfahren, bei welchem Teile eines massiven Objektes – im Unterschied zum spanabhebenden Meißel – mit dem Ziehpunzen spanlos umgeformt werden (Abb. 14). Für die Punzen wurden Holzmodel entsprechend bronzezeitlicher Punzenformen erstellt. Die Holzmodel wurden anschließend zur Hälfte in eine Tonmischung aus Ziegelmehl, Kohlenstaub, Zellulose und Haare eingedrückt. Eine weitere Schicht Ton wurde als zweite Formhälfte aufgebracht. Die Holzmodel wurden dann nach dem Anbringen



Abb. 10 Detailansicht der Unterseite des Hängebeckens aus Demker (Ldkr. Stendal) mit ziselierten und teilweise erhaben gegossenen Verzierungen (Pfeile).





**Abb. 11** Das Bildmotiv auf einem Rasiermesser (Kaul 1998, Cat. No. 313) wurde neben einer Schrotpunze und Musterpunze (Abb. 12) vorwiegend mit einem dreieckigen Flachpunzen entwickelt. Der Punzen wurde von rechts geschlagen, wodurch immer ein kleiner Absatz gegenüber der zuerst mit einem Schrotpunzen gezogenen Linie entstand (Pfeil).



**Abb. 12** Für die wiederkehrende Ruderdarstellung auf dem Rasiermesser wurde eine Musterpunze verwendet, die – soweit die Abbildungen es erkennen lassen – für ähnliche Muster auf zahlreichen weiteren Rasiermessern benutzt wurde (Kaul 1998). Durch die Korrosion im Erdboden kommt es häufig zur selektiven Herauslösung der interdendritischen Bereiche, wodurch das Gussgefüge an der Oberfläche sichtbar wird. Die Punze hat das Metall verdichtet, so dass das Gussgefüge nicht mehr sichtbar ist.

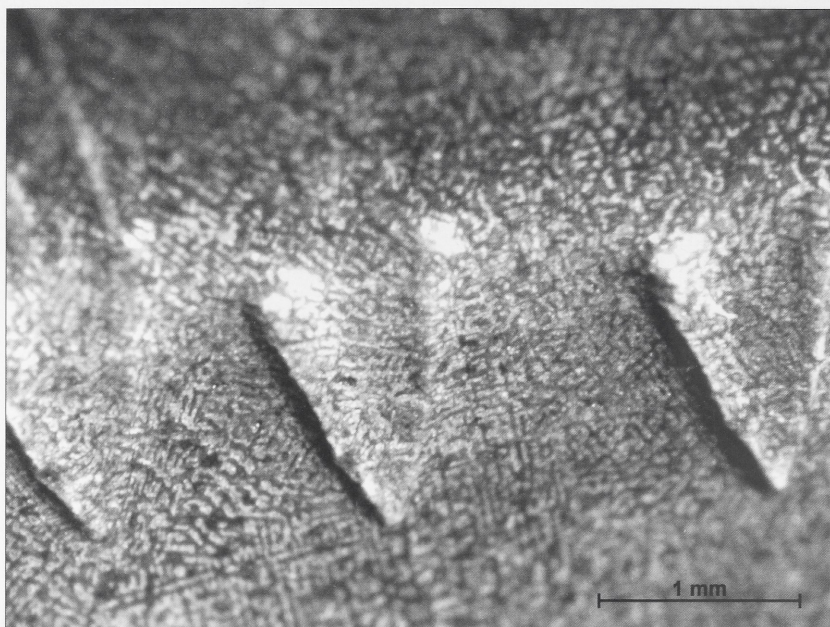


Abb. 13 Für die Mustererzeugung auf einem spätbronzezeitlichen Hängebecken aus Seebenau (Altmarkkreis Salzwedel) wurde eine dreieckige, leicht konkav geformte Punze benutzt. Es ist allerdings unklar, ob diese bereits defekt war oder absichtlich diese Form erhalten hatte. Auch hier zeichnet sich der bei dem Rasiermesser (Abb. 12) beobachtete Korrosionseffekt ab.

der Luftkanäle und des Eingusskopfes wieder herausgenommen und die Form nach der entsprechenden Austrocknungszeit mit 16%iger Zinnbronze ausgegossen. Im ausgeschmiedeten Zustand wies diese Bronzelegierung einen äußerst hohen Härtegrad auf.

Die Gussrohlinge, sog. Pranteln, müssen vor der Benutzung viele Arbeitsschritte durchlaufen:

Der Gussrohling ist hart und spröde, weshalb er – wie oben beschrieben – homogenisiert, d. h. vorsichtig kalt vorgeschmiedet und gegläht werden muss. Nach jedem Glühen empfiehlt es sich, das noch glühende Material sofort in kaltem Wasser abzuschrecken, da dadurch Spannungen durch Grobkornbildung unterbunden werden und gleichzeitig die Zunderschichten abplatzen. Die 16%ige Zinnbronze muss stark ausgeschmiedet werden, damit diese möglichst zäh und elastisch wird. Darauf ist besonders bei der Spitze des Punzens zu achten. Man will einerseits einen Punzen herstellen, der den Beanspruchungen des späteren Gebrauchs bestmöglich standhält, andererseits darf man die Elastizität des Gussmaterials nicht überstrapazieren. Das Versäubern jedes Punzens endet mit dem Feinschleifen. Dem Anschliff der Kopfform (Arbeitsspitze) muss dabei besondere Sorgfalt gewidmet werden, da der Fluss der Ziehspur, welche auf dem zu ziselierenden Metall eingekerbt wird, davon abhängt. Je nach Bedarf werden verschieden große und unterschiedlich geformte Punzen angefertigt (Abb. 15).

Zieh- bzw. Schrotpunzen aus Bronze nutzen sich im Vergleich zu Stahlpunzen sehr viel schneller ab und müssen entsprechend häufig neu angeschliffen werden. Ihre Kopf-



form sollte einer keilförmigen Spitze entsprechen, deren Winkel nicht zu spitz sein darf, da die Bronzepunzen – im Gegensatz zu Stahlpunzen – sonst sofort abbrechen würden.

### Nachbildung der Verzierungen der Schwerter von Nebra und Rørby

Für die experimentelle Überprüfung der am Original gefundenen Ziselierspuren sollte in Anlehnung an die Zusammensetzungen der Schwerter von Rørby mit 8% Zinn (Vandkilde 1996, 490) und aus dem Hortfund von Nebra mit 10% Zinn eine 10%ige Bronzelegierung mit den jeweiligen Ornamenten und dem Schiffsmotiv versehen werden. Wie das Punzenmaterial müssen auch die Rohlinge für die Weiterbearbeitung homogeni-

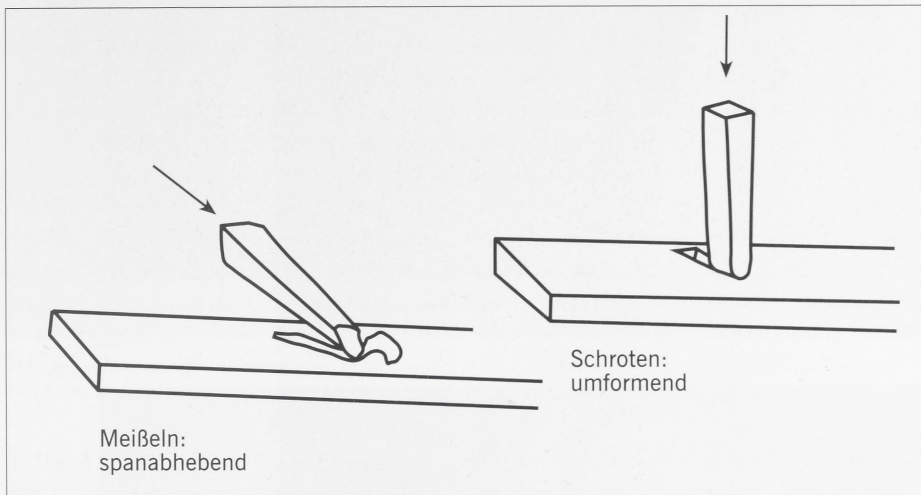


Abb. 14 Schematisierte Darstellung der beiden unterschiedlichen Techniken der spanabhebenden Gravur und des umformenden Ziselierens.

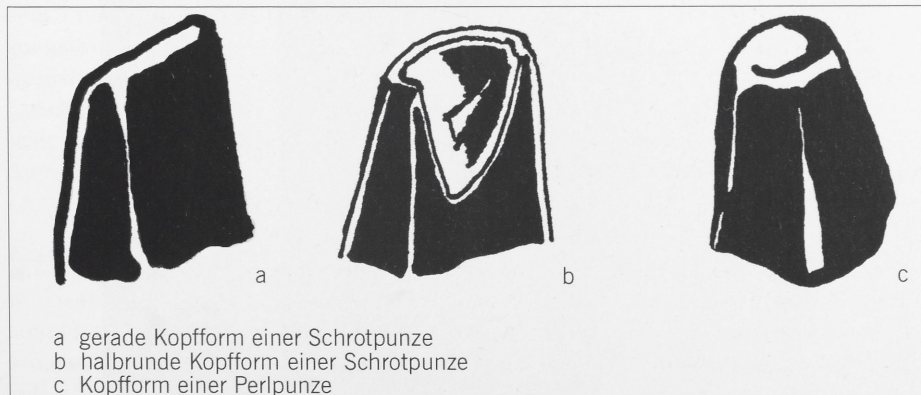


Abb. 15 Schematisierte Darstellung verschiedener Punzenformen.

siert werden. Die 10%ige Bronzelegierung ist jedoch nach dem abschließenden Rekristallisationsglühen im Vergleich zu den hart ausgeschmiedeten 16%igen Zinnbronzepunzen sehr weich. Nach einer abschließenden Oberflächenbearbeitung durch Polieren wird die Bronzeplatte in Ziselierkitt eingebettet.

Als Unterlage für das zu schrotende Werkstück verwendet man einen speziellen Ziselierkitt, der einen weichen, nachgiebigen Untergrund bildet. Theophilus Presbyter gibt eine im 12. Jh. verwendete Mischung von Ziegelmehl, Pech und Wachs an (Brepohl 1999, 153), die neuzeitlichen Rezepturen aus sog. Schusterpech, Ziegelmehl, ungesalzenem Fett, venezianischem Terpentin und Kolophonium schon sehr nahe kommt. Für dünne Goldblecharbeiten der Antike ist die Verwendung von elementarem Schwefel belegt (Eggert u. a. 1999). Für bronzezeitlichen Ziselierkitt könnte man sich festes Birkenpech, Fichtenharz, Kienpech etc. als geeignete Materialien vorstellen.

Die Schwierigkeit bei der Schiffsdarstellung von Rörby besteht darin, die Ziehpunze in den Kurvenverläufen so zu führen, dass eine für den Betrachter mit bloßem Auge möglichst absatzfreie Linie wie am Original entsteht. Bei längeren Strecken kommt es üblicherweise vor, dass die Spitze eines Punzens stumpf wird, sich verbiegt oder gar abbricht. Das Werkzeug muss dann erneut angeschliffen und poliert werden. Gegebenenfalls kann bei engen Kurvenverläufen mit einer halbrund geformten Ziehpunze gearbeitet werden – deren Verwendung unseres Wissens allerdings erst in der jüngeren Bronzezeit belegt ist (Abb. 17). Mit dem Perlpunzen setzt man der Vorlage entsprechend die punktuellen Verzierungen (Abb. 4). Diese können auf einer zuvor geschroteten Linie oder an deren Endpunkten liegen.

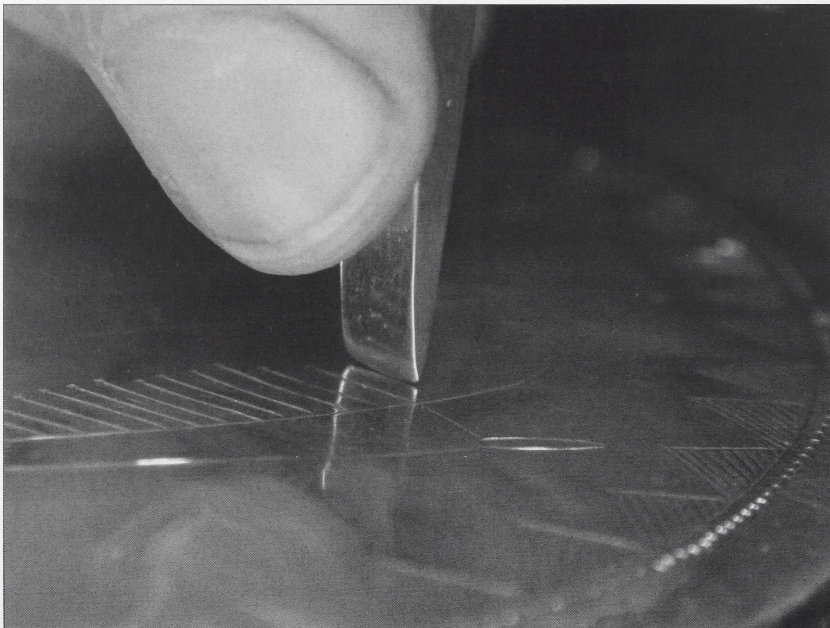


Abb. 16 Detailansicht der nachgebildeten Schiffsdarstellung, wobei die Ruder mit einer Schrotpunze mit gerader Kopfform ziseliert wurden.



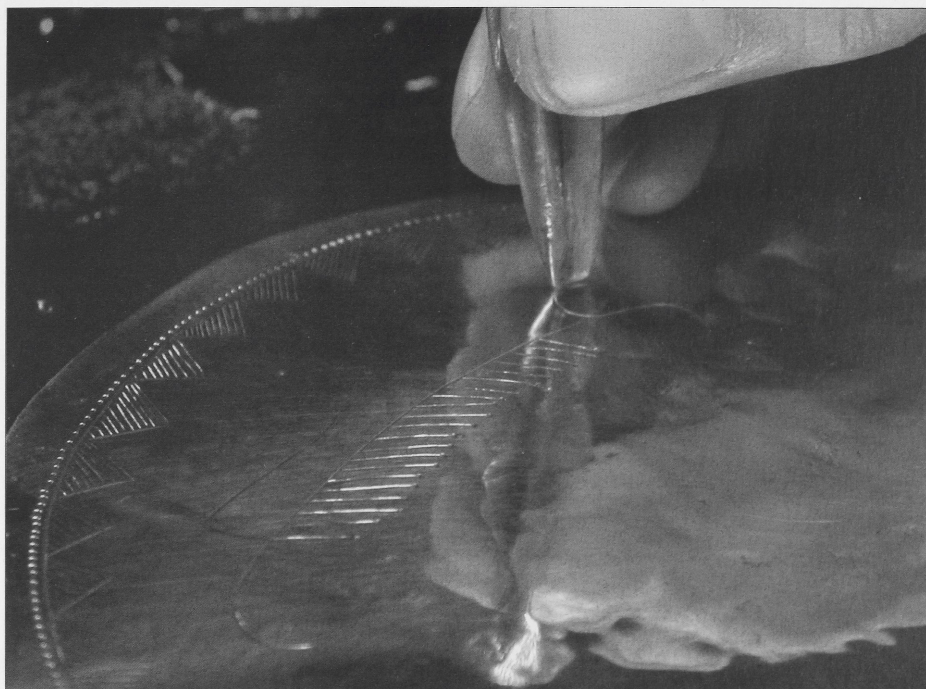


Abb. 17 Verwendung einer halbrunden Schrotpunze für die Galion und den Kiel der Schiffsdarstellung auf dem Krummschwert von Rörby.

Die Arbeit an den lang gezogenen Schrotlinien bei dem Schwert von Nebra wird durch die Schräglage der geschmiedeten Klingenseiten erschwert. Hinzu kommt, dass beide Schwerter des Hortfundes von Nebra neben geschroteten Verzierungen auch Tauschierungen mit Kupferdrähten aufweisen. Bei einer gerade verlaufenden Linie führt man den Punzen ohne viel Druck auszuüben über die Bronzeoberfläche. Da aber nach dem Tauschieren der Kupferdrähte rund um diese Bereiche eine geringfügige Verfestigung des Grundmaterials auftritt, muss auf dem verfestigten Material gearbeitet werden, weshalb die Punzen schneller verschleifen und die Linienvläufe ungenauer werden.

Schmuckbänder in Form von geschroteten Linienvläufen, die auch über die Tauschierung hinweg führen, werden als abschließender Arbeitsschritt bei der Herstellung der Schwertklinge angebracht.

## Zusammenfassung

Durch verschiedene Untersuchungsmethoden und deren experimentellen Nachvollzug konnte die Verwendung von Bronzepunzen für die Herstellung verschiedener feiner ornamentaler Verzierungen auf Metallobjekten der mitteleuropäischen Bronzezeit belegt werden (Abb. 18). Mit geeigneten Werkzeugen ist selbst die Bearbeitung von hochlegierter Bronze problemlos zu bewerkstelligen, während das häufig postulierte Mitgießen solcher Verzierungen auszuschließen ist.



Abb. 18 Ergebnis des Ziselierversuches.

## Summary

### *Fine lines in bronze - A contribution to Bronze Age metalworking technology*

The use of bronze punches for ornamental decoration on Bronze Age metal objects could be demonstrated by different scientific methods and experimental imitation. The employment of suitable tools allows the working even of special alloyed bronze without any difficulties, whereas the often proposed casting of such ornaments has to be rejected.

---

## Literaturverzeichnis

### Armbruster 2000

B. Armbruster, Goldschmiedekunst und Bronze-technik. Studien zum Metallhandwerk der Atlantischen Bronzezeit auf der Iberischen Halbinsel. Monographies Instrumentum 15 (Montagnac 2000).

### Armbruster 2001

B. Armbruster, Zu bronzezeitlichen Werkzeugen der plastischen Verformung im nördlichen und westlichen Europa. In: W. H. Metz/B. L. van

Beek/H. Steegstra (Hrsg.), *Patina* (Amsterdam 2001) 7–26.

### Brepohl 1999

E. Brepohl, *Theophilus Presbyter und das mittelalterliche Kunsthandwerk 2* (Böhlau u. a. 1999).

### Drescher 1953

H. Drescher, *Die technische Entwicklung und Anfertigung der Lüneburger Fibeln*. Hammaburg 9, 1953, 23–34.



**Drescher 1955**

H. Drescher, Werkzeug- und Gebrauchsspuren an den Fundstücken des Hortfundes von Bargfeld, Kreis Uelzen. Hammaburg 10, 1955, 131–143.

**Drescher 1957**

H. Drescher, Zur Verwendung von Bronzewerkzeugen in der älteren Bronzezeit. Hammaburg 11, 1957, 23–29.

**Drescher 1958**

H. Drescher, Der Überfangguss (Mainz 1958).

**Drescher 1968**

H. Drescher, Punzen der jüngeren Bronzezeit aus Altmater. Jahresschr. Mitteldt. Vorgesch. 52, 1968, 131–142.

**Eggert u. a. 1999**

G. Eggert/H. Kutzke/G. Wagner, The use of Sulphur in Hollow Ancient Gold Objects. Journal Arch. Scien. 26, 1999, 1089–1092.

**Foltz 1979**

E. Foltz, Einige Beobachtungen zu antiken Gold- und Silberschmiedetechniken. Arch. Korrbibl. 9, 1979, 213–222.

**Kaul 1998**

F. Kaul, Ships on Bronzes. A Study in Bronze Age Religion and Iconography. Publications from the National Museum Studies in Archaeology & History 3 (Copenhagen 1998).

**Krause-Steinberger 1990**

D. Krause-Steinberger, Ein gegossenes Bronzebecken der jüngeren Bronzezeit aus Bad Driburg, Kr. Höxter. Arch. Korrbibl. 20, 1990, 397–407.

**Northover 1996**

P. Northover, Metal Analysis and Metallography of Early Metal Objects from Denmark. In: H. Vandkilde, From stone to bronze: the metalwork of the Late Neolithic and Earliest Bronze Age in Denmark. Jutland Archaeological Society publications 32 (Aarhus 1996) 321–358.

**Otto/Witter 1952**

H. Otto/W. Witter, Handbuch der ältesten vorgeschichtlichen Metallurgie in Mitteleuropa (Leipzig 1952).

**Riederer 1997**

J. Riederer, Zu den Metallanalysen der Bronzen des Gefäßdepots aus dem Saalegebiet. Acta Praehist. et Arch. 29, 1997, 97–109.

**Rønne 1989**

P. Rønne, Early Bronze Age Spiral Ornament – The Technological Background. Journal Danish Arch. 8, 1989, 126–143.

**Scott 1991**

D. A. Scott, Metallography and microstructure of ancient and historic metals (Malibu 1991).

**Vandkilde 1996**

H. Vandkilde, From stone to bronze: the metalwork of the Late Neolithic and Earliest Bronze Age in Denmark. Jutland Archaeological Society publications 32 (Aarhus 1996).

---

## Abbildungsnachweis

1–4; 6–9; Verfasser  
11–17

5; 10 Sabine Beck

---

## Anschriften

Dr. Roland Schwab  
Curt-Engelhorn-Zentrum Archäometrie  
C 5, Zeughaus  
D-68159 Mannheim

Dr. Christian-Heinrich Wunderlich und  
Karoline Peisker  
Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie  
Sachsen Anhalt  
Richard-Wagner-Str. 9  
D-06114 Halle (Saale)