

Zu den Herstellungstechniken der Armringe aus dem Bronzefund von Lengyeltóti/Ungarn.

Hermann Born

Zusammenfassung: Die quantitativ größte Gruppe aus dem Depotfund von Lengyeltóti/Ungarn, die Arm- und Oberarmringe, wurden herstellungstechnisch untersucht und die Ergebnisse zusätzlich durch experimentelle Versuche rekonstruiert bzw. bestätigt. Dabei zeigte sich, daß die exakt angebrachten Spiralverzierungen und die gesamte Oberflächenbearbeitung ebenso wie die Stollenenden der Ringe bereits im Wachsmodell vor dem eigentlichen Bronzeuß angebracht wurden. Für die exakt ausgeführten Spiralverzierungen fand dabei eine einfache aber effektiv einsetzbare Drehvorrichtung („Drehbank“) Verwendung, die bereits auf das routinierte Arbeiten prähistorischer Bronzehandwerker im Bezug auf Serienherstellungen hinweist.

Summary: Bracelets and rings for the upper arm, which constitute the largest group of objects from the hoard of Lengyeltóti, Hungary, were examined in regard to their production. The results were reconstructed and confirmed by further experimental trials. The investigation revealed that the spiral ornaments, which were exactly applied, the whole surface adornments and the tips of the spirals were already part of the wax mould before the proper process of bronze casting. The spiral adornments were applied by means of a simple but effective turning lathe. This implies that Bronze Age artisans were already familiar with certain aspects of mass fabrication.

Résumé: Les bracelets trouvés dans le dépôt de Lengyeltóti/Hongrie, qui constituaient la plus grande partie des objets trouvés, ont été examinés du point de vue de la technique de fabrication utilisée. De plus, les résultats obtenus passaient par des essais expérimentaux de reconstruction ou de confirmation. Il apparaissait que, les décorations en spirales faites avec une grande exactitude, le travail de toute la surface et aussi les bouts des bracelets étaient déjà lors du moulage en cire avant la coulée en bronze. L'utilisation d'un tour simple mais efficace pour la décoration en spirales susmentionnée, indique, que déjà à l'âge de la préhistoire les artisans travaillant le bronze avaient une routine qui pouvait conduire à une fabrication en série.

Nachfolgende Studien und Interpretationen der prähistorischen Herstellungstechniken an der großen Objektgruppe der Armringe aus dem Depotfund von Lengyeltóti in Ungarn sind das Ergebnis von mikroskopischen und röntgenologischen Untersuchungen sowie von experimentellen Arbeitsproben.

Der Erhaltungszustand sämtlicher Bronzen aus dem Fund von Lengyeltóti muß mit sehr gut bezeichnet werden. Die Bronzen sind bis in die Oberflächendetails hinein nahezu vollkommen metallisch erhalten, grün-bräunlich patiniert und mit unterschiedlich grünen Korrosionsprodukten belegt (von der Patina liegen keine Analysen vor). Der Depotfund wurde in den späten 60iger/frühen 70iger Jahren in den Werkstätten des Museums für Vor- und Frühgeschichte in Berlin „restauratorisch“ behandelt, d.h. vermutlich wurden an einer rotierenden feinen Eisen- oder Stahl-drahtbürste die Bronzen unter starkem Druck gereinigt, teilweise dickere Korrosionsauflagen grob abgeschabt und anschließend sämtliche Objekte viel zu dick mit einem Acryllack (Paraloid B 72) getränkt. Ein Ausschaben oder Ausfeilen der Korrosionspro-

dukte in den Verzierungen der Bronzen wurde dankenswerterweise unterlassen. Lediglich ein bereits in prähistorischer Zeit durch 10 Meißelschläge in seiner Mitte gekerbter, d.h. intentionell zerstörter und sicher erst neuzeitlich an der tiefsten Kerbung durchgebrochener Oberarmring (Abb. 1, vgl. Wanzek Taf. 5,1; 11,4)¹ wurde nach damaliger Art des Hauses an den beiden Bruchstellen und darüber hinaus blank geschabt, beidseitig mit dünnen Sägeschnitten gespalten und die beiden Teile durch den Einschub eines kleinen Kupferstreifens hierin mit Epoxidharz zusammengeklebt.

Die nachfolgend (siehe Wanzek: Katalog der Gegenstände IV d 1483–1578 bzw. Abb. 2 [Muster 1–10]) beschriebenen Herstellungstechniken gelten zunächst für die verzierten Arm- und Oberarmringe, wobei aber auch die unverzierten Ringe identisch, eben nur unverziert, hergestellt wurden (wenn nicht ausführlich anders vermerkt!). Die herstellungstechnischen Merkmale aller anderen Geräte, Werkzeuge und Waffen wurden direkt in den Katalogteil (siehe Wanzek) mit einbezogen.

¹ Alle Tafelzitate beziehen sich auf den Beitrag von B. Wanzek in

diesem Band.

Verzierte und unverzierte Ringe mit unterschiedlichen Enden

Bei experimentellen Versuchen zu den Ringen aus dem Fund von Lengyelóti im Museum für Vor- und Frühgeschichte zeigte sich zunächst, daß der handwerkliche Ansatz, die Verzierungen kalt, d.h. nach dem Guß mit Bronzewerkzeugen einzuarbeiten, falsch war. Die gegossenen Bronzeringe mit der vorliegenden Leichtigkeit, Feinheit und exakten Ausführung der Verzierungen mußten somit bereits vor dem Guß in ein Positiv, in ein Modell eingearbeitet worden sein. Ein routinierter moderner Metallhandwerker war darüberhinaus nicht in der Lage, das im Experiment u.a. verwendete weichere Kupfer (anstelle der an den Originalen vorliegenden härteren Zinnbronze) mit Stahlwerkzeugen nach den vorliegenden originalen Mustern zu versehen, d.h. auf einer Vorrichtung (siehe unten) zu gravieren, zu drücken, zu meißeln oder zu schneiden. Es zeigte sich hierdurch einmal mehr, daß eine kalte Nachbearbeitung in der mitteleuropäischen Bronzezeit auf Schwierigkeiten stoßen mußte, da das härtere Werkzeug in Form von aufgekohltem Eisen bzw. der Stahl noch fehlte, andererseits aber auch ganze Serien von identisch gewünschten Metallprodukten durch Kaltverfahren nicht schnell und sauber genug und damit nicht zufriedenstellend produziert werden konnten. Dagegen gelang es allerdings, die Gießtechniken zu perfektionieren, was den prähistorischen Metallhandwerker in die Lage versetzte, selbst feinste Verzierungen in z.T. unglaublich dünn gehaltenen Wachsmodeellen in Metall umzusetzen, oder die Verzierungen in fein geschnittene Steinformen einzubringen, die dann mit Bronze ausgegossen wurden.

Die in bis zu vier Zonen verzierten sowie auch die unverzierten Arm- und Oberarmringe sind, bis auf wenige Ausnahmen von in Schmiedetechnik hergestellten Stücken, komplett, d.h. mit ihren Verzierungen in Wachs hergestellt und in der verlorenen (Ton-)Form gegossen worden (Wachsausschmelzverfahren). Mikroskopische Untersuchungen und die oben erwähnten experimentellen Versuche an rotierenden Kupfer- und Messingstäben haben gezeigt, daß die unterschiedlichen Zierzonen der Ringe nicht kalt nach dem Guß eines Rohlings spanabhebend eingefeilt oder gar gepunzt werden können, sondern in der vorliegenden Präzision sämtlich bereits in das Wachsmodell mit eingearbeitet wurden. Der Bronzeuß ist perfekt und mit einer gutfließenden, für die Zeit auch charakteristischen Metallegierung, einer reinen Zinnbronze (siehe Beitrag Riederer), ausgeführt worden. Zum Arbeitsablauf:

1. Alle Ringe der Mustergruppe 2 (vgl. Wanzek Abb. 2), die **Oberarmringe mit Stollenenden**, wurden unter Beibehaltung möglichst einheitlicher Dicken und Längen individuell (einzeln) in Wachs modelliert. Über das Wachs selbst wissen wir so gut wie nichts. Fest steht, daß es sich nicht um ein weiches schmierendes Bienenwachs gehandelt haben kann, sondern um eine Wachsmischung, ein „Hartwachs“ mit hervorragenden mechanischen Bearbeitungsmöglichkeiten. Dieser nicht zu unterschätzende Faktor ist immer wieder wichtig für die Beurteilung von postulierten Gravur- oder Punktverzierungen sowohl an prähistorischen als auch an klassischen Bronzen. Es wurden ganz sicher viel mehr Wachsmodele gearbeitet, d.h. vollständig verziert und im Wachsausschmelzverfahren in Bronze umgesetzt, als bisher angenommen wurde. Für die Ringe aus Lengyelóti bedeutet dies, daß aus einer länglichen „Wachswulst“ auf einer angefeuchteten Holz- oder Steinunterlage mit Hilfe eines kleinen feuchten Holzbrettchens ein stabförmiges Teil möglichst exakt ausgerollt, die beiden Endungen leicht konisch verjüngt und gestaucht wurden. Abschließend glättete der Handwerker die Wachs Oberfläche in Längsrichtung mit einem Hölzchen o.ä., wodurch der häufig zu beobachtende „Facettenstrich“ entstand (Abb. 2).



Abb. 1: Oberarmring mit Stollenenden (IV d 1520): Intentionell mit dem Meißel gekerbter, aber nicht durchgeschlagener Armring. Der Bruch erfolgte erst neuzeitlich, die beiden Teile wurden mit einem Kupferplättchen und einer Klebung in einem neu angebrachten Sägeschnitt (gr. Pfeil) miteinander verbunden. Gut zu erkennen sind die schräggestellten Werkzeugabdrücke und der aufgeschobene Grat (kl. Pfeile) aus der prähistorischen Wachsbearbeitung des Ringmodelles.
Foto: H.-D. Beyer.



Abb. 2: Oberarmring mit Stollenenden (IV d 1516): „Facettenstrich“ vom Glätten des Wachsrings vor dem Anbringen der Zierzonen.
Foto: H.-D. Beyer.

2. Die fertig ausgerollten Halbfabrikate in Form von dünnen, an beiden Enden konisch zulaufenden Wachsstäben mit einem mittleren Durchmesser zwischen 5 und 6 Millimetern und einer Gesamtlänge von 235 bis 280 Millimetern, wurden auf einer vertieften Holz- oder Steinunterlage mit der flachen Hand oder mit den Fingern gerollt bzw. gedreht, und ein offensichtlich scharfes metallenes (Kupfer- oder Bronze-)Werkzeug auf einem Anschlag gegengehalten oder auch feststehend dagegen montiert. Bei den Versuchen im Museum für Vor- und Frühgeschichte wurde aus einem Stück Hartholz eine „Miniaturdrehbank“ auf einfachste Weise hergestellt: Die halbrunde Laufspur für die Wachsstäbe beginnt und endet jeweils in einem gelochten Durchgang bzw. in einem angelochten Anschlag. Entweder wird nun das auf der einen Seite herausstehende Wachsstabende mit den Fingern oder einer aufschiebbarer kleinen hölzernen Kurbel oder einer Scheibe rotiert (Abb. 3), oder der Wachsstab wird innerhalb seiner Rille mit den Fingern gedreht (Abb. 4). Diese kleine „Drehbank“ eignet sich auch hervorragend zum individuellen Kaltverziern mit entsprechend gegengehaltenen oder in einem Anschlag angebrachten Werkzeugen. Im Fall der Oberarmringe aus Lengyelóti jedoch kann das Kaltbearbeiten mit absoluter Sicherheit ausgeschlossen werden.

Bei den schräggestellten jeweils nur halbseitig verlaufenden Spiralverzierungen des Musters 2 (vgl. Wanzek Abb. 2), der **Oberarmringe mit Stollenenden**, handelt es sich um den

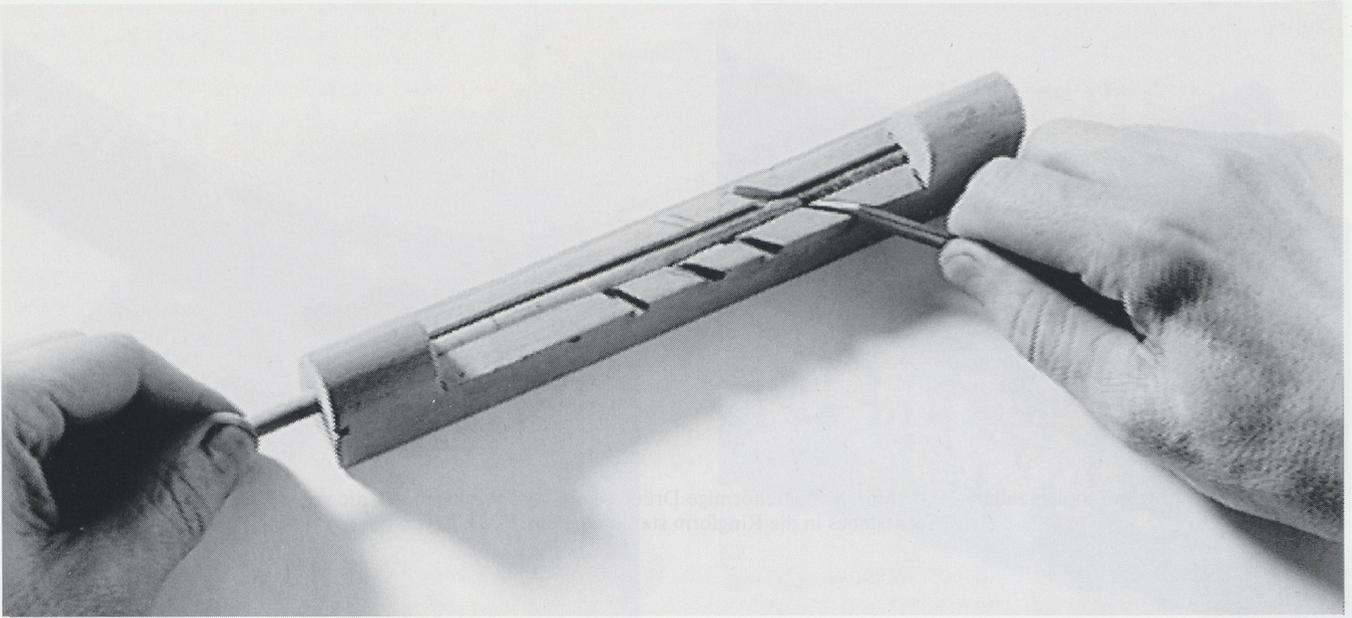


Abb. 3: Drehbank aus Hartholz zur Herstellung der Zierzonen auf den ausgerollten Wachsstäben: Experimentelle Arbeitsproben mit Holz, Hartwachs und Kupfer. Das Werkstück liegt in einer halbrunden Vertiefung und arretiert am hinteren Ende in einem Anschlag. Die Durchführung durch eine Öffnung vorne hält den Stab (das Ringhalbfabrikat) optimal in Position. Das Werkzeug (einfache Spitze oder ein stichelförmiges Gerät) wird in einer seitlichen Führung nach gewünschtem Winkel eingesetzt und mit der Spitze gegen das Werkstück geführt. Mit einer Kurbel, einem Knebel, einer Scheibe oder auch einfach mit den Fingern wird nun das Werkstück am überstehenden Ende gedreht und beliebig mit Spiralzonen verziert.

Foto: H.-D. Beyer.

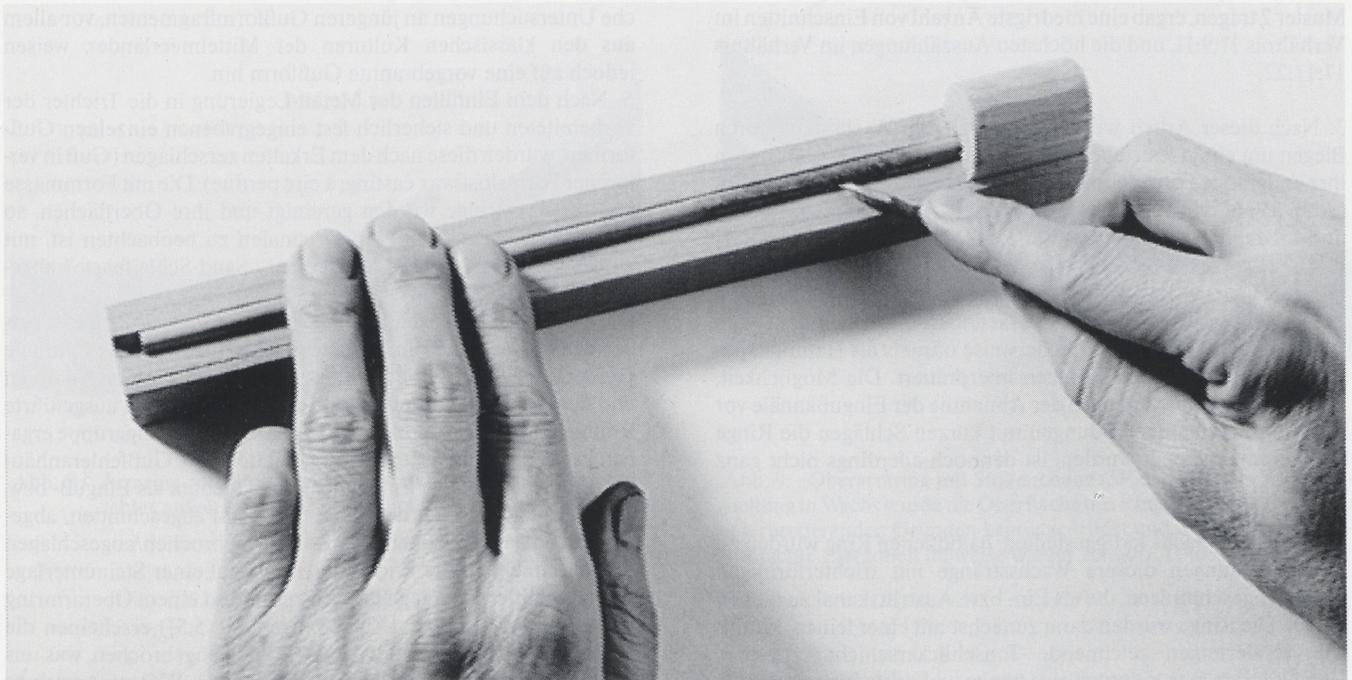


Abb. 4: Drehbank wie auf Abb. 3, jedoch ohne Durchführung des Werkstückes vorne und ohne Führungsnuten für das Werkzeug. Das Werkstück wird nur mit den aufgelegten Fingern gedreht, das Werkzeug (Messer oder Stichel) ohne Führung leicht dagegen oder von oben aufgedrückt.

Foto: H.-D. Beyer.



Abb. 5: Oberarmring mit Stollenenden (IV d 1516): Schlüsselförmige Drückspuren vom Wachsmodell, die von der Umformung des verzierten Wachsstabes in die Ringform stammen. Foto: H.-D. Beyer.

Werkzeugabdruck eines scharfen, im Querschnitt offensichtlich dreikantigen Werkzeuges (Sichel oder Messer), das einseitig angekippt eine Vertiefung hinterließ, deren senkrecht gestellter Schenkel in vielen Fällen einen kleinen angeschobenen Wachsgrat erzeugte (Abb. 1). Bei hoher Vergrößerung im Stereomikroskop zeigen dann auch die Einschnitte ein recht einheitliches Bild des Werkzeugabdruckes in einem Winkel von etwa 10–15 Grad zum Werkstück. In den Tiefen der Rillen sind bei hoher Vergrößerung die feinen, parallel verlaufenden Spuren des auf das Wachsmodell angedrückten Werkzeuges zu erkennen. Die Auszählung der drei Rillenzonen je Oberarmring an den insgesamt 54 Ringen, die das Muster 2 tragen, ergab eine niedrigste Anzahl von Einschnitten im Verhältnis 11:9:11, und die höchsten Auszählungen im Verhältnis 17:17:22.

3. Nach dieser Arbeit wurden die verzierten Wachsstäbe durch Biegen um einen feststehenden Dorn oder einen dickeren Ast in ihre endgültige Form gebracht, was dazu führte, daß Drückspuren (Abb. 5) auf den Innenseiten der Ringe vorliegen, die ihrerseits nun wieder die Zierzonen teilweise zerstörten (gute Beispiele: IV d 1502 [Wanzek Taf. 4,3], IV d 1515 [Wanzek Taf. 4,16], IV d 1523 [Wanzek Taf. 5,4; 11,7]). Diese länglichen und „schüsselförmigen“, immer nur seitlich oder innen erkennbaren Drückspuren vom Wachsmodell werden fälschlicherweise oftmals als Hammerspuren an den gegossenen Bronzen interpretiert. Die Möglichkeit, daß nach dem Guß und nach der Abnahme der Eingußkanäle vor allem im Bereich der Endungen mit kurzen Schlägen die Ringe noch einmal verengt wurden, ist dennoch allerdings nicht ganz auszuschließen.

4. Dem so in Wachs fertiggestellten, halboffenen Ring wurden an seinen Endungen dickere Wachsstränge mit trichterförmigen Enden angeschmolzen, die als Ein- bzw. Austrittskanal zu dienen hatten. Die Ringe wurden dann zunächst mit einer feinen, sämtliche Verzierungen zeichnende Tonschlickerschicht umgeben. Hierauf strich man eventuell eine zweite und dritte feinzeichnende Schicht, bis endlich eine stark gemagerte und mit organischen Materialien (z.B. Stroh, Tierhaare, Wolle, etc.) durchsetzte Lehm- oder Tonmantelung unbekanntem Umfangs entstand. Nach dem

Austrocknen dieser Form wurde kopfüber in einem erhitzten Erdloch mit zunächst geringer Hitze das wertvolle Wachs aus der Form geschmolzen und zur Wiederverwendung gesammelt. Ein anschließender Schrühbrand der so entstandenen Gußform oder ein eventuell höher temperierter Brand z. B. innerhalb eines Erdloches wird immer wieder erwogen und wurde eventuell auch ausgeführt. Es gibt nach experimentellen (auch vom Verfasser ausgeführten, aber unpublizierten) Versuchen hierfür keine zwingende Notwendigkeit, besonders dann, wenn die vollständig trockene Gußform fest in Erde eingegraben keinerlei Möglichkeit hat, zu „explodieren“. Archäologische Befunde und naturwissenschaftliche Untersuchungen an jüngeren Gußformfragmenten, vor allem aus den klassischen Kulturen der Mittelmeerländer, weisen jedoch auf eine vorgebrannte Gußform hin.

5. Nach dem Einfüllen der Metall-Legierung in die Trichter der vorbereiteten und sicherlich fest eingegrabenen einzelnen Gußformen, wurden diese nach dem Erkalten zerschlagen (Guß in verlorenere Form; lost wax casting; à cire perdue). Die mit Formmasse verkrusteten Ringe wurden gereinigt und ihre Oberflächen, so weit das heute noch an den Originalen zu beobachten ist, mit einem feinkörnigen Stein oder einer „Sand-Schleifpaste“ abgezogen.

Die Qualität der hier vorliegenden Bronzegüsse der Ringe ist hervorragend, die Metallanalysen zeigen hierfür auch eine optimale Gußlegierung, eine reine Zinnbronze (zu den einzelnen Analysen und deren Interpretation siehe Riederer). Zusätzlich ausgeführte Röntgenaufnahmen einzelner Ringe oder einer Ringgruppe ergaben kaum nennenswerte Inhomogenitäten bzw. Gußfehleranhäufungen im Metall. Die Enden der Ringe dienten als Einguß- bzw. Abflußkanäle und wurden nach dem Guß abgeschnitten, abgemeißelt oder einfach über einer Kante abgebrochen/abgeschlagen und anschließend die Enden der Ringe auf einer Steinunterlage plan geschliffen bzw. geglättet. An zumindest einem Oberarmring der Gruppe M1 (IV d 1524 [Wanzek Taf. 5,5]) erscheinen die Enden jedoch ungeschliffen bzw. wie eben abgebrochen, was uns deutlich den Bronze-guß nachweist (Abb. 6). Weitere Armringe (IV d 1515 [Wanzek Taf. 4,16], IV d 1517 [Wanzek Taf. 4,18]) zeigen vereinzelt Gußfehler (Lunker) an den mit Eingußkanälen versehenen leicht gestauchten Enden der Armringe.

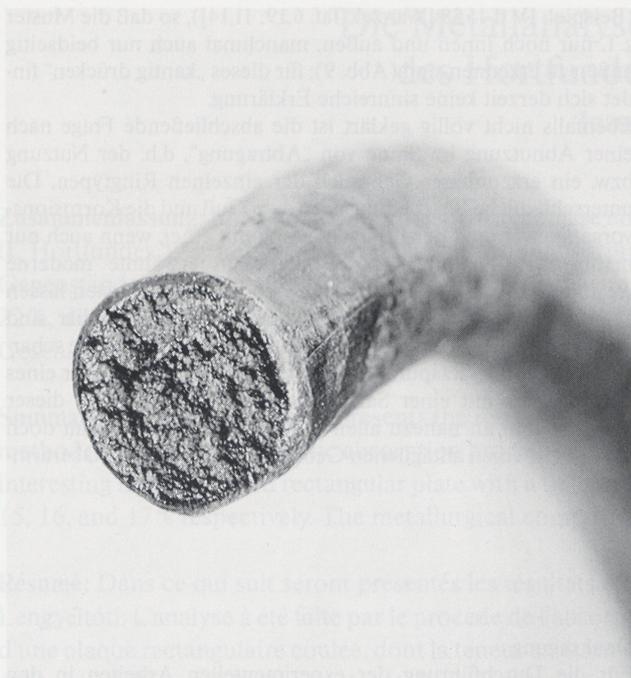


Abb. 6: Oberarmring mit Stollenenden (IV d 1524): Gußoberfläche an einem Ringende nach Abnahme (Abschlagen, Abbrechen) des Eingußkanals. An diesem Oberarmring wurde offensichtlich vergessen, die beiden Enden auf einem Stein o.ä. plan zu schleifen. Der Facettenstrich (siehe auch Abb. 2) kurz vor dem Stollenende wird hier ebenfalls gut sichtbar. Foto: H.-D. Beyer.

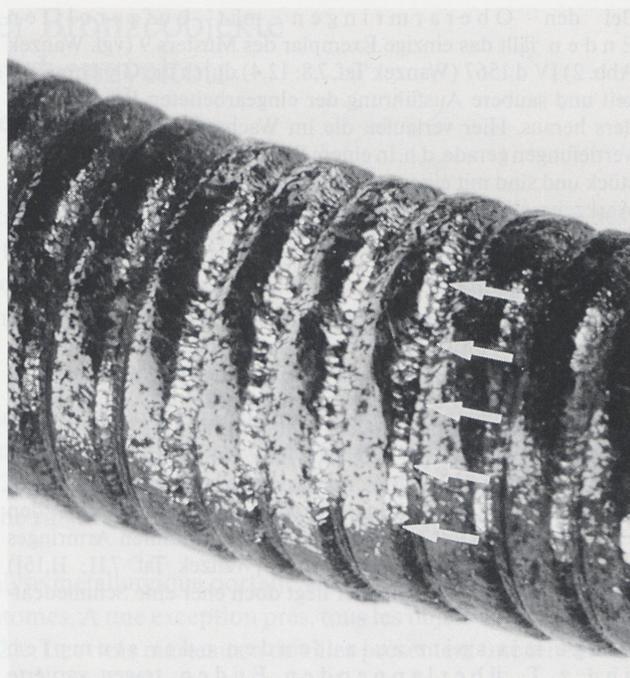


Abb. 7: Oberarmring mit eingerollten Enden (IV d 1567): „Rattermarken“ vom angedrückten Werkzeug (zweizinkiger Kamm oder Stichel) während der Herstellung des Spiralzonenmusters auf dem Wachsstab in einer Drehvorrichtung (Drehbank): Hintereinander liegende winzige Kerben (Pfeile), die allerdings nur unregelmäßig in den abgespanten Tiefen liegen, was auf verständliche Toleranzen innerhalb des zu drehenden runden Wachsstabes zurückzuführen ist. Die winzigen Kerben wurden für das Foto durch Feinstrahlung besser sichtbar gemacht. Foto: H.-D. Beyer.

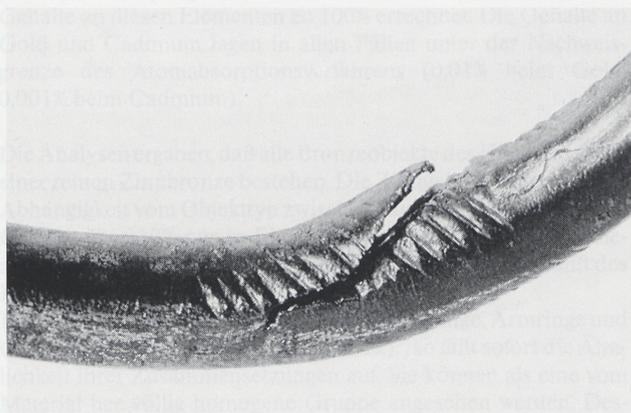


Abb. 8: Armring mit Stollenenden (IV d 1554): Durch Materialfehler aufgerissener Armring. Foto: H.-D. Beyer.



Abb. 9: Oberarmring mit Stollenenden (IV d 1558): Nach der Herstellung in Wachs wurde die Oberfläche des Ringes aus bisher nicht zu interpretierenden Gründen kantig gedrückt und damit bereits angebrachte Zierzonen teilweise wieder zerstört. Foto: H.-D. Beyer.

Bei den Oberarmringen mit aufgerollten Enden fällt das einzige Exemplar des Musters 9 (vgl. Wanzek Abb. 2) IV d 1567 (Wanzek Taf. 7,8; 12,4) durch die Gleichmäßigkeit und saubere Ausführung der eingearbeiteten Rillen besonders heraus. Hier verlaufen die im Wachsmo- dell entstandenen Vertiefungen gerade, d.h. in einem Winkel von 90 Grad zum Werkstück und sind mit einem wenigstens zweizinkigen feststehenden Werkzeug (Kamm) in den rotierenden Wachsstab geschnitten. Dabei entstanden in vielen Rillen „Rattermarken“ als Ergebnis des leicht unterschiedlichen runden Querschnittes des Wachses beim Drehvorgang (Abb. 7). Neben dem Bronze- guß wurde der Oberarmring durch Ausschmieden und Aufrollen der Enden kalt weiterbearbeitet. Antike Materialrisse zeigen den Schmiedeprozess und deuten auf ein unterlassenes Weichglühen des Materials oder auch auf Gußfehler an diesen Stellen (Abb. 8) hin. An zwei weiteren gegossenen Oberarmringen (IV d 1568 [Wanzek Taf. 7,9; 12,5], IV d 1569 [Wanzek Taf. 7,10; 12,6]) mit eingerollten Enden und stark unterschiedlichen Materialstärken zeigen sich durch die kalt geschmiedete Umarbeitung ebenfalls Materialrisse an den Endungen. Der Guß eines kleinen und sehr dünnen Armringes mit eingerollten Enden (IV d 1570 [Wanzek Taf. 7,11; 11,15]) scheint allerdings fraglich, hier liegt doch eher eine Schmiedearbeit vor.

Ringe mit spitz zulaufenden oder stumpfen und z.T. überlappenden Enden tragen variierte Muster, wie etwa die Muster 7 mit vier Spiralzonen, jedoch ohne seitliche Begrenzungskerben sowie die Muster 5, 8 und 6 mit zusätzlichen Punkten und Winkeln hinter den Spiralen. Die Motive 1 und 4 besitzen je drei Zierzonen ohne Begrenzungskerben, jedoch wurden die Ringe bereits im Wachsmo- dell, nachdem man sie verziert hatte, auf einer Unterlage wieder flachgedrückt

(Beispiel: IV d 1558 [Wanzek Taf. 6,19; 11,14]), so daß die Muster z.T. nur noch innen und außen, manchmal auch nur beidseitig außen zu erkennen sind (Abb. 9); für dieses „kantig drücken“ findet sich derzeit keine sinnreiche Erklärung.

Ebenfalls nicht völlig geklärt ist die abschließende Frage nach einer Abnutzung im Sinne von „Abtragung“, d.h. der Nutzung bzw. ein erkennbarer Gebrauch der einzelnen Ringtypen. Die unterschiedliche Bearbeitung nach dem Guß und die Korrosionsvorgänge während der Bodenlagerung mit einer, wenn auch nur mäßigen Patinabildung, sowie die oben erwähnte moderne „restauratorische“ Überarbeitung durch z.T. hartes Bürsten, lassen keine objektive und definitive Interpretation zu. Sichtbar sind nach wie vor der Facettenstrich vom Wachsmo- dell und die scharfen parallelen Kratzspuren eines feinkörnigen Steines oder eines Auspolierens mit einer Sandpaste. Das Vorhandensein dieser Schleifspuren an nahezu allen Stücken spricht wiederum doch eher gegen einen alltäglichen Gebrauch der Arm- und Oberarm- ringe.

Danksagung

Für die Durchführung der experimentellen Arbeiten in den Restaurierungswerkstätten des Museums für Vor- und Frühgeschichte danke ich ganz herzlich Herrn Şakir Akbaş, Restaurator beim Archäologischen Landesamt, Berlin. Für weiterführende Diskussionen und Erfahrungsaustausch danke ich weiterhin Herrn Helmut Franke, freiarbeitender Metallrestaurator im Bereich Archäologie und Kunstgewerbe in Potsdam.

Hermann Born

Museum für Vor- und Frühgeschichte

Staatliche Museen zu Berlin - Preußischer Kulturbesitz

Schloß Charlottenburg, Langhansbau

D(W) - 1000 Berlin 19