

# Antike Bohrung in Metall

Hermann Born

**Zusammenfassung:** In der bis heute publizierten Literatur besteht wiederholt Verwirrung zu einem völlig unkomplizierten Thema:

Wann handelt es sich an geschmiedeten und gegossenen Kupfer- und Bronzeobjekten um mitgegossene, durchgeschlagene oder gebohrte Löcher – und wie sind diese zu erkennen?

Am überaus reichen Material prähistorischer Bronzen des Museums für Vor- und Frühgeschichte, SMPK, Berlin, wurden Hunderte von Lochungen mikroskopisch untersucht und ausgewertet.

Der einfache Bogenbohrer, der seit altägyptischer Zeit vor allem für Bohrungen in Holz durch Wand- und Vasenmalereien belegt ist, muß anhand der Untersuchungen auch für das Löcherbohren bei prähistorischen und antiken (Bunt-)Metallen eingesetzt worden sein. Der Frage nach der Beschaffenheit der Bohrspitzen sowie der Herstellung feinsten Löcher (bis ca. 1,5 mm) galt eine experimentelle Arbeitsstudie in den Restaurierungswerkstätten des Museums.

Die Bilddokumentation vergleicht die modernen Ergebnisse mit dem prähistorischen Material und bietet somit eine Interpretationshilfe für die Beurteilung der Herstellung von Lochungen oder Bohrungen in geschmiedetem Blech oder Guß.

**Summary:** In recent as well as in older literature a state of confusion exists in regard to a topic, which is actually quite simple: Which holes in wrought and cast copper and bronze objects are cast, hammered or drilled? How are these to be recognized? Hundreds of such holes, present in ancient bronzes in the Museum of Pre- and Protohistory SMPK, Berlin, were examined microscopically and evaluated. Examination showed that the simple drill, known as a tool for drilling wood since Egyptian times in wall- and vase-paintings, was also used for prehistoric and ancient metals. The characteristics of drill bits and their ability to make the most minute perforations (c. 1,5 mm) were investigated in an experimental study in the conservation department of the museum. The documentation illustrates and compares the results of modern drillings with prehistoric objects and, thus, aids in interpreting drill-holes found on hammered or cast metal objects.

**Résumé:** La confusion règne une fois, encore dans la littérature spécialisée, publiée jusqu' à aujourd' hui, au sujet d' un thème tout à fait simple: Quand a-t-on à faire à des perforations faites à la vrille ou à l' emporte-pièce sur les objets en bronze ou en cuivre, coulés ou forgés? Un travail d' analyse microscopique portant sur des centaines de perforations fut fait sur l' abondant matériel de bronzes préhistoriques conservés au musée de la Pré- et Protohistoire de la SMPK de Berlin. L' archet à forer simple qui est attesté depuis l' Ancienne Egypte, essentiellement pour les percements du bois, des fresques, de la céramique fut utilisé d' après les analyses, aussi pour percer les métaux (non-ferreux) préhistoriques et antiques. La question concernant la nature des mèches, ainsi que les processus de percement des plus petits trous (env. 1,5 mm.) fait l' objet d' une étude expérimentale dans les ateliers de restauration du dit musée. La documentation illustrée compare les résultats des expériences modernes aux perforations trouvées sur le matériel préhistorique, offrant ainsi une base de référence permettant de juger des processus de percements et de forage de plaques forgées ou d' objets coulés.

Der mythische Handwerker Daidalos aus Attika, Sohn des Metion, gilt in grauer Vorzeit als Erfinder des Bohrers. Daidalos war eigentlich Zimmermann, Baumeister und Bildhauer und der Bohrer nur eine seiner vielen Erfindungen<sup>1</sup>.

Das Bohren von Löchern war bereits in den ersten Entwicklungsphasen menschlicher Geräteherstellung bekannt, wovon heute noch Hunderttausende von Artefakten aus Stein und Holz zeugen.

Um ein Loch zu produzieren, konnte man selbstverständlich die verschiedensten Techniken anwenden, die vor allem der Ethnologie heute noch absolut relevant sind<sup>2</sup>. Vielfältig sind auch die Geräte zum Bohren selbst, sie variieren in ihren Einzelteilen, haben jedoch alle die routierende Bohrspitze gemeinsam.

Wer sich nun in die Geschichte des Bohrers, die physikalischen Gesetzmäßigkeiten von Perkussion, den Bohrwerkzeugen, den Schneidwinkeln von Bohrern, den unterschiedlichsten Bohrvorrichtungen (z.B.: Bogenbohrer, Drehstabbohrer, Strickbohrer, Pumpenbohrer) etc. einarbeiten will, dem seien einschlägige Technik-Lexika und Literatur empfohlen<sup>3</sup>. Hier nur ein Definitionsbeispiel zum Bohrvorgang:

Bohren ist ein spanabhebendes Arbeitsverfahren. Es dient zur Herstellung von runden Löchern durch schneidende Werkzeuge. Eine äußere Verformung der Werkstücke, wie sie durch Aufdornen entsteht, findet dabei nicht statt.

Beim Bohren dreht sich in der Regel das Werkzeug und wird in Richtung seiner Achse gegen das stillstehende Werkstück vorgeschoben. Das Bohrwerkzeug führt die Schnittbewegung und die Vorschubbewegung aus.

Aus: Fachkunde für metallverarbeitende Berufe (1957).

Bei der Untersuchung archäologischer Funde verschiedenster Zeiten und Provenienzen fallen uns Bohrungen vor allem an zwei großen Materialgruppen auf:

1. Steingeräte und Schmuckperlen aus Weich- und Hartsteinen.
2. Gegossene und geschmiedete Kupferlegierungen und Eisen.
3. Gerätschaften und Möbel aus Holz – diese Gruppe ist jedoch, mit Ausnahme etwa ägyptischer Objekte, durch seine leichte Vergänglichkeit während der Bodenlagerung nur selten zu studieren (etwa an Naßhölzern aus Seen, Flüssen und Mooren).

Die erste Gruppe war niemals Gegenstand von Diskussionen, kann man doch an den Objekten selbst die Bohrspuren gut erkennen, vor allem bei durchsichtigen Schmuckperlen (Abb. 1), deren Bohrkanäle meist von zwei Seiten aus verlaufen<sup>4</sup>.

Die darstellende altägyptische Kunst bietet uns mit ihren Grabmalereien seit dem 3. Jahrtausend die anschauliche Vorführung von Bohrgerät und Bohrtechnik, vorrangig



Abb. 1: Bohrkanäle einer antiken Bergkristallperle. Foto: H. Born.

Abb. 2: Handwerkerdarstellungen in ägyptischen Gräbern aus Theben und Saqqara, a) um 2250 v. Chr., b) um 1400 v. Chr.

jedoch an hölzernen Möbelteilen (Abb. 2). Holz ist es auch, was auf Darstellungen griechischer Vasen (Abb. 3) und römischer Wandmalereien aus Pompeji gebohrt wird. Und so verwundert es nicht, wenn gerade in Ägypten und im Vorderen Orient der Gerätetyp des Bogenbohrers

<sup>1</sup> A. Burford, *Künstler und Handwerker* (Mainz 1985) 98 ff.

<sup>2</sup> W. Hirschberg, A. Janata, *Technologie und Ergologie in der Völkerkunde*, Bd. 1 (Berlin 1986) 165 ff.

<sup>3</sup> F.M. Feldhaus, *Die Technik der Vorzeit, der geschichtlichen Zeit und der Naturvölker* (München 1965) 112 ff. Eine umfassende und ausgezeichnete Zusammenstellung gibt H. Drescher in: *Reallexikon der Germanischen Altertumskunde* Bd. 3 (Berlin 1972) 189 ff.; L. Gorelick, A.J. Gwinnett, *A History of Drills and Drilling*. *The New York State Dental Journal* 53/1, 1987, 35 ff.; dies., *Functional Analysis of Drilling on Ancient Near*

*Eastern Seals, Using the SEM*. *Proceedings, Conference of Scanning Electron Microscopy Inc.* (1979); *Functional Analysis of Drilling Using Scanning Electron Microscopy*. *Annali* 41, 1981, 327 ff.; *Ancient Egyptian Stone Drilling*. *Expedition* 25/3, 1983; *The Change from Stone Drills to Copper Drills in Bronze Age Mesopotamia. An Experimental Perspective*. *Expedition* (i. Dr.).

<sup>4</sup> Siehe hierzu: L. Gorelick, A.J. Gwinnett, *Further Investigation of the Method of Manufacture of an Ancient Near Eastern Cast Glass Vessel*. *Iraq* 48, 1986, 15 ff.



a (oder Bogendrillbohrers) bis in unsere Tage Verwendung findet.

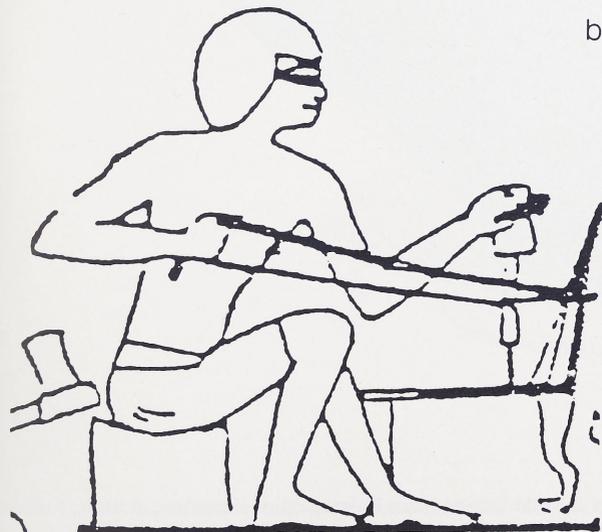
Niemals eindeutig dargestellt worden ist jedoch in der antiken Welt das Bohren in Metall, was bei herstellungstechnischen Aufarbeitungen von Metallgegenständen oftmals dazu führte, von geschlagenen oder mitgegossenen Löchern zu sprechen. Ganz besonders sicher scheint man sich hier bei Kupfer- oder Bronzegegenständen zu sein, von denen nun im weiteren die Rede sein soll.

Ein Hinweis darauf, daß tatsächlich auch in antiken Metallwerkstätten gebohrt wurde und es wiederum der traditionelle Bogenbohrer ist, der zum Einsatz kam, gibt das Vasenbild einer attischen Amphora im Museum of Fine Arts in Boston (Abb. 4). Unter den über der Schmiedeszene angebrachten Werkzeugen befindet sich der Bohrer mit den gleichen Konstruktionsmerkmalen wie bereits 1800 bzw. 1000 Jahre zuvor bei den Ägyptern (Abb. 2). Er ist auch identisch mit jenem Gerät, das uns weiter unten zu Bohrversuchen zur Verfügung steht. Ob es sich bei einem weiteren auf der Vase abgebildeten bogenförmigen Gerät tatsächlich um den dazugehörigen Bogen für den Antrieb des Bohrgerätes handelt, scheint eher unwahrscheinlich. Eine Säge läßt sich hier leichter interpretieren, wie sie eindeutig auf einer weiteren griechischen Vase durch ihr gezahntes Sägeblatt dargestellt ist: Die griechische Oinochoe (Abb. 5) mit der Darstellung der an einem Pferdmodell aus Ton modellierenden Athena zeigt ebenfalls einen Bohrer zwischen einer Säge und einem stockförmigen Gerät mit Haltegriff, dessen Funktion auf Abbildung 2b zu sehen ist und bei der Oinochoe als der gespannte Bogen des Bohrgerätes gedeutet werden kann<sup>5</sup>.

Im praktischen Versuch funktioniert das Bohren von Löchern in geschmiedete und gegossene Kupfer- und Bronzeobjekte mit Hilfe dieses einfachen Bogenbohrers derart simpel, unkompliziert und schnell, daß es nahezu überflüssig erscheint, das Thema überhaupt aufzugreifen. Ebenso einfach sind die Unterscheidungsmerkmale von tatsächlich geschlagenen oder aufgedornten Löchern ausschließlich in geschmiedetem Blech. Gegossene Werkstücke aus Kupfer und seinen Legierungen wurden gebohrt oder aber größere Löcher in Ausnahmen mitgegossen.

Die Schwierigkeit bei der Interpretation von gebohrten Löchern an gegossenen und getriebenen Bronzen ergeben sich nur durch zweierlei Umstände: Einmal nämlich sind Löcher an archäologischen Bronzen (Objekte aus Kupfer und seinen Legierungen) oftmals durch Korrosion verkrustet, zugewachsen oder ausgebrochen, was eine eindeutige Beurteilung nur sehr schwer oder eigentlich gar nicht mehr ermöglicht. Zum anderen kommt es bei Reinigungs- oder Restaurierungsmaßnahmen vor, daß vorhandene Löcher mit kleinen Rundfeilen und ähnlichen Werkzeugen von Schmutz und Korrosion befreit werden, was dann immer auch den Verlust der Bohrgrate und Bohrrillen mit sich führt.

Von antiken Abnutzungen etwa durch Lederschnüre o.ä. einmal abgesehen, zeigen Hunderte vom Verfasser untersuchte Bronzeobjekte, daß die antiken Handwerker die



b

<sup>5</sup> Verwunderung über die Werkzeugaustattung mit Bohrer in einer Metallwerkstatt: Carl C. Mattusch, *The Berlin Foundry Cup. The Casting of Greek Bronze Statuary in the Early fifth Century B.C.* *Journal Arch.* 84, 1980, 438.



Abb. 3: Attische Hydria, frühes 5. Jh. v. Chr., daneben Vergrößerung des im Bild verwendeten Bohrers. Mus. Fine Arts, Boston, Francis Burrell Fund 13 200.



Abb. 4: Attische Amphora mit Schmiedeszene, um 510 v. Chr., daneben der abgebildete Bohrer in Vergrößerung. Nach G. Zimmer, Antike Werkstattbilder (Berlin 1982).



Abb. 5: Attische Weinkanne, um 470 v. Chr. mit Darstellung der Athena beim Modellieren eines Tonferdes, daneben der abgebildete Bohrer in Vergrößerung. Antikemuseum, SMPK, Berlin, F 2415.

produzierten Bohrgrate oder auch die rückseitigen spitzen Zacken geschlagener Löcher nur selten entfernt haben (sog. Entgratung).

In einem jüngst erschienenen Aufsatz beschreibt W. Rostoker<sup>6</sup> eine „antike“ Technik, die als „counterpunching technique“ vorgestellt wird. Für dieses Verfahren einer von zwei Seiten angesetzten Ausstanzung von Löchern in Bronzeblech gibt es meines Wissens keinen eindeutigen archäologischen Befund. Rostoker widersetzt sich hartnäckig dem bereits von älteren Autoren vorgeschlagenen und auch nachgewiesenen Bohren von Löchern in Bronzen mit dem Bogenbohrer oder ähnlich arbeitenden Vorrichtungen und beschreibt sogar eine kleine Versuchsreihe, bei der es allerdings gar nicht verwundert, wenn sie zu negativen Ergebnissen führt: Als Bohrspitzen wählte Rostoker unverständlicherweise Messing und Feuerstein (Flint), das Werkstück war ein 1 Millimeter starkes Kupferblech.

<sup>6</sup> W. Rostoker, *Ancient Techniques for Making Holes in Sheet Metal*. *Am. Journal Arch.* 84, 1986, 93 ff.

In einer älteren Publikation geht der/die Verfasser auf die feinen Futterstiftlöcher (?) korinthischer Helme ein: W. Rostoker, E.R. Gebhard, *The Sanctuary of Poseidon at Isthmia: Techniques of Metal Manufacture*. *Hesperia* 49, 1980, 356 ff.: *“In principle one might produce these pin projections by drilling dozens of tiny holes through the thick bronze nose guard. This would be a task of formidable proportions even with modern tools and equipment. It is hard to believe that so many holes were drilled in thousands of such helmets. On the other hand, producing the pins as inserts in the casting preform would be simple and actually be functional to the casting process. In preparing a mold around a wax replica there is danger of the mold collapsing as the melted wax runs out. This is prevented by the “chaplet” system where in many thin, short, bronze or copper wires are pierced through the wax replica so that their ends become embedded in the clay mold on either side. When the wax is melted out, the chaplets act as struts which prevent the mold walls from moving or fragmenting. When the bronze is poured, the struts become incorporated in the casting, and when the clay is removed they exhibit the projections of the original configuration. If the chaplets were copper instead of bronze they would not necessarily melt and would simply be invested in the casting but not integral with it. Corrosion would proceed at different rates and the pins would become loose and even dislodge. In many of the nose-guard fragments at Isthmia (e.g., IM 1450, IM 1632) some of the pins are in place and some have indeed been dislodged, and tiny holes are evident at least part way into the thick bronze. In other examples no pins are evident.”*

Die Theorie der auf dieser Art mitzuziehenden Löcher ist allein schon deshalb nicht aufrechtzuerhalten, da der komplette oder Halbfabrikat-Guß korinthischer Helme bis heute noch nicht nachgewiesen werden konnte. Und weitere, unnötig komplizierte Gedanken und Theorien zeigen, wie wenig sich die Verfasser mit der Beobachtung antiker Herstellungstechniken auseinandergesetzt haben: *“Plate 105 f. shows fragments of a bronze sheet with a line of very small and closely spaced holes that were presumably used for stitching the metal onto a lining. Much of the sheet bronze went into shields and body armor. A single configuration of small pieces of bronze sheet stitched to leather or linen provided both protection and flexibility. Bronze scales were stitched to the linen backing of a corselet from the late 6th century B.C.*

*Allowing for growth of corrosion products, these holes must have been originally about 1.5 mm in diameter with an edge-to-*

Hierbei wurde unter anderem auch übersehen, daß das Eisen als Werkstoff bereits vereinzelt im 4. Jahrtausend, ganz sicher aber seit dem 3. Jahrtausend zur Verfügung stand und man mit diesem Metall sehr wohl umzugehen wußte<sup>7</sup>. Die oberflächliche Aufkohlung von einfachem Eisen für die Verwendung von Bohrspitzen war zu keiner Zeit ein Problem und wurde auch vom Verfasser bei den unten beschriebenen Versuchen bewußt so primitiv wie irgend möglich eingesetzt.

Die Bohrversuche im Museum für Vor- und Frühgeschichte mit einfachen, gehärteten eisernen Bohrspitzen und dem nach antikem Aufbau nachgebildeten Bogenbohrer erzielten unglaublich präzise und schnelle Ergebnisse<sup>8</sup>.

## 1. Der Bogenbohrer (Abb. 6)

Ein einfaches, rund gearbeitetes und nach unten leicht konisch verlaufendes Hartholz von 20 bis 40 cm Länge

*edge spacing of about 2 mm. Hundreds of these small holes would have been required in a complete suit of armor. There must have been some reasonably simple way to make these holes. It would not be a simple task even today. The modern technique would be to use either the twist drill or the punch-die set. Both of these methods require very hard steel and are relatively modern developments. In the absence of martensite steel, one feasible method is to use an awl against a hardwood backing. The awl forms a small bulge which ultimately ruptures the metal at the crown of the bulge. Thereafter the awl is used to expand the hole by flaring. The flaring produces a set of raised projections on the back surface of the sheet which must be removed by filing. There is no evidence of a raised profile on the fragments shown in Plate 105 f. In addition, the holes are positioned very close to the edge of the piece of sheet. The deformation action of the awl consequently would generate a series of edge bulges which could not be filed off without bringing the holes too close (or past) the new position of the edge of the metal sheet. This problem could be obviated by fabricating a sheet-metal unit double the finished size, running two rows of holes down the center, and separating the sheet into two pieces by a chisel cut, along a line between the two rows of holes. If the holes were indeed formed by an awl, the problems and questions focus on the awl itself. The point of the awl must be very sharp and the metal must be very hard at the extremity. What metal was used for the point of the awl, the edge of the chisel, the edge of the burin, the teeth of the file and the saw, and what treatment was used to attain high hardness can only be conjecture.”*

<sup>7</sup> Stahlherstellung beginnt etwa seit dem 14. Jahrhundert im Vorderen Orient, in Ägypten und Griechenland etwa um 1200 v. Chr. In Mitteleuropa wird diese Produktion heute spätestens um 800 v. Chr. angenommen. Die Definition: alles schmiedbare Eisen mit einem Kohlenstoffgehalt von max. 1.7%. Stephanos von Byzanz berichtet im 6. Jahrhundert zu Justinianus I. Zeit, daß das Eisen aus verschiedenen Stätten unterschiedlich eingesetzt wurde. Das Eisen aus Lakonien wurde bevorzugt für Feilen, große Bohrer, um damit Eisen zu schneiden, Stempel und Werkzeuge, um Stein zu bearbeiten. Das Eisen aus Lydien wurde für Feilen, Messer, Rasiermesser und Gravierwerkzeuge vorgezogen (Hrsg. W. Dindorf [1825] 270, 13–16). A. Meinicke, Berlin 1849. Nachdruck Graz 1958.

<sup>8</sup> Für die Herstellung des Bogenbohrers und der Bohrspitzen sowie die Durchführung der Bohrversuche danke ich ganz herzlich meinen Kollegen Herrn S. Akbaş vom Archäologischen Landesamt, Berlin, und Herrn H. Zimmermann vom Museum für Vor- und Frühgeschichte, SMPK, Berlin.

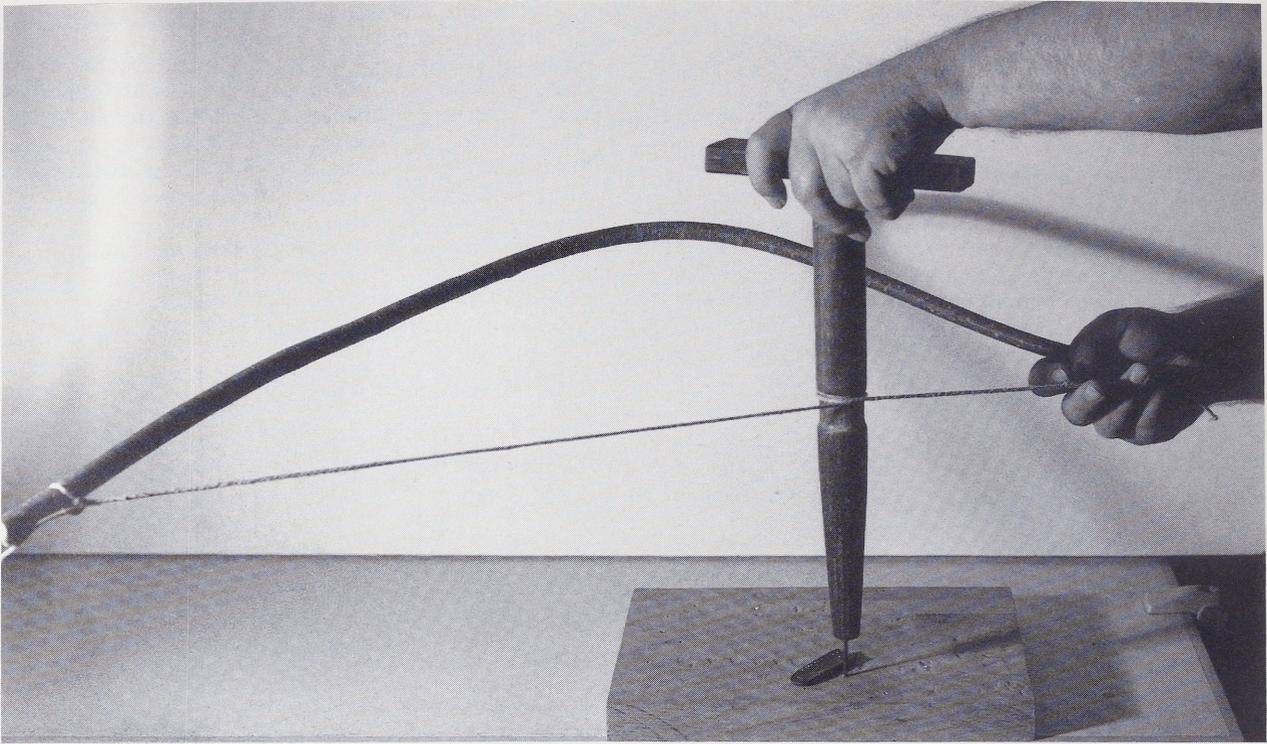


Abb. 6: Rekonstruierter Bogenbohrer. Foto: H. Born.

und einem mittleren Durchmesser von etwa 4 cm wird am oberen Ende zur Aufnahme einer Druckführung zugespitzt. Dieses Führungsteil, nach Belieben brettchen- oder pilzförmig (vgl. Abb. 2. u. 3), dient zum Andruck des Bohrers auf das Werkstück. Das Teil sitzt lose in seinem Kegel- oder Spitzenlager (kein Zapfenlager!) und kann dort zur reibungs- und hitzefreien Rotation mit Wachs geschmiert werden. Die eiserne Bohrspitze ist am unteren Teil des Holzfutters mit ihrem fächerförmig ausgeschmiedeten Ende eingesteckt. Durch die Verbreiterung der Bohrspitzenenden wird eine Eigendrehung beim Bohrvorgang ausgeschlossen. Der Antrieb der Bohrvorrichtung erfolgt über einen Bogen (in unserem Fall aus einem Haselnußstrauch hergestellt), dessen Schnur einmal um eine Führungsrille in der Bohrvorrichtung geschlungen wird. Diese Laufspur kann mittig angebracht werden, die antiken Abbildungen (vgl. Abb. 3) zeigen die Bogenschnur manchmal tiefer zur Bohrspitze hin verlaufend. Der Bohrvorgang mit dem Bogenbohrer selbst ergibt sich aus dem Druck (Vorschub) auf das Andruckteil und dem Zug des Bogens. Danach läßt man den Bohrer ohne Vorschubdruck zurücklaufen und wiederholt den Arbeitshub.

## 2. Art der Bohrspitzen (Abb. 7)

Für die Bohrversuche wurden einfache Spitzbohrer mit positiv schneidendem Spanwinkel und einem Spitzenwinkel zwischen  $100^\circ$  und  $120^\circ$  hergestellt. Als Aus-

gangsmaterial dienten handelsübliche Nägel, aus denen sich Bohrspitzen von 1,5 bis 3 mm Durchmesser herstellen ließen. Es handelt sich um minderwertigen Stahl.

## 3. Herstellung der Bohrspitzen

Die Spitzbohrer wurden durch Kaltverformung aus den Nägeln hergestellt. Das Anschleifen der Schneiden wurde an der Schleifmaschine ausgeführt. Ein Teil der so hergestellten Bohrspitzen wurde durch Aufkohlung der Oberfläche gehärtet. Die fast weißglühenden Spitzen wurden zu diesem Zweck in zu Staub zerstoßener Holzkohle gewälzt, dieser Vorgang fünfmal wiederholt. Nach einem zweiten Glühvorgang (kirschrot) wurde in Wasser (auch Öl) abgeschreckt. Die Bohrschneiden wurden jetzt noch einmal leicht angeschliffen, um sie vom Zunder zu befreien und einwandfrei scharfe Schnittkanten zu erhalten.

## 4. Das Bohren

Die Bohrversuche mit einem Sortiment Bohrer ohne Aufkohlung waren nahezu ergebnislos. Nach etwa 100 Arbeitshüben mit dem Bogenbohrer war die Bohrspitze eines 2 mm Bohrers stumpf, in der zu bohrenden 4,5 mm starken Gußbronze (klassische Kupfer-Zinn-Legierung) nur eine winzige Vertiefung entstanden.

Die in Holzkohlenstaub oberflächengehärteten Bohrspitzen zeigten jedoch überraschende Ergebnisse. Mit einer

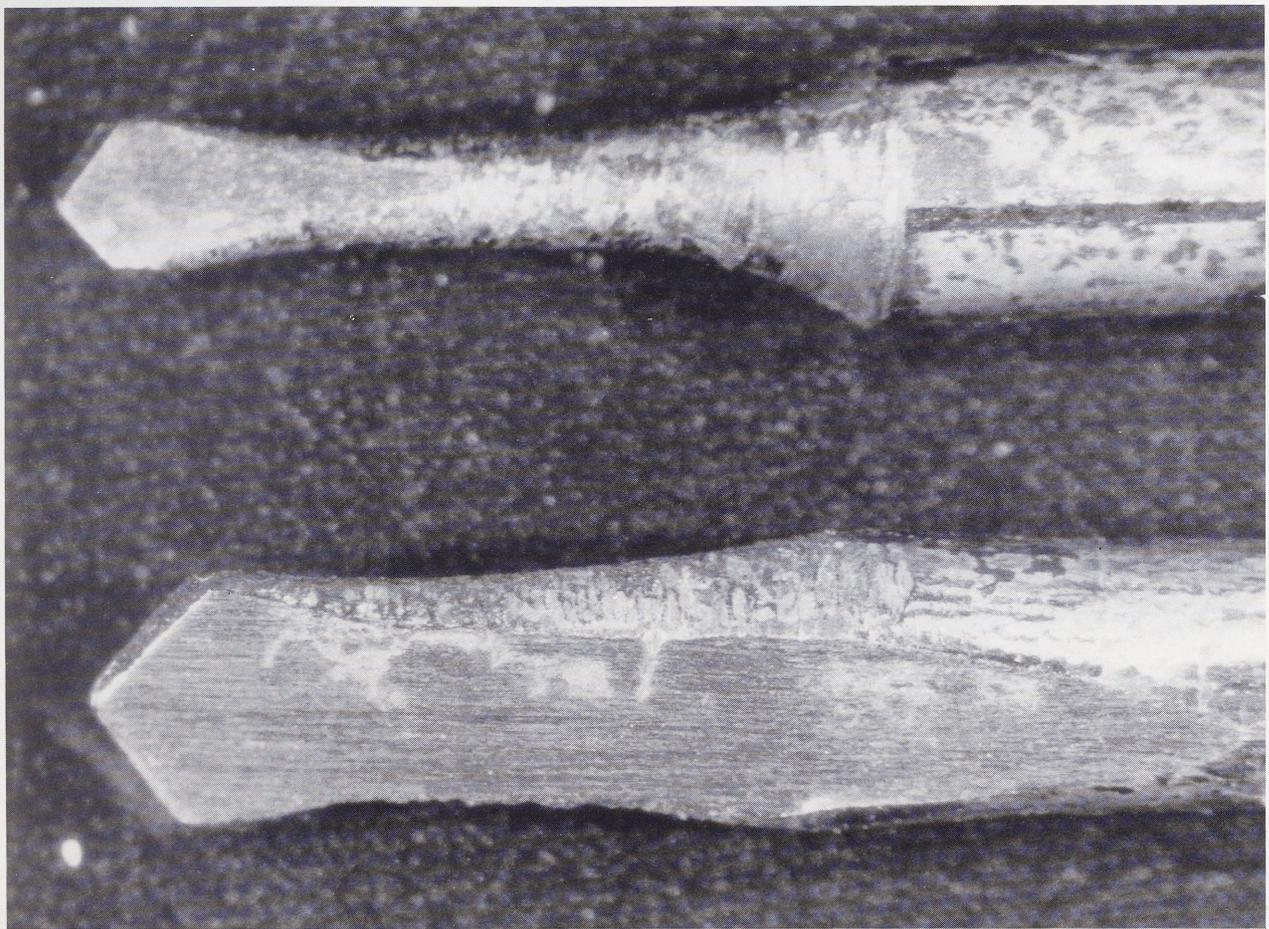
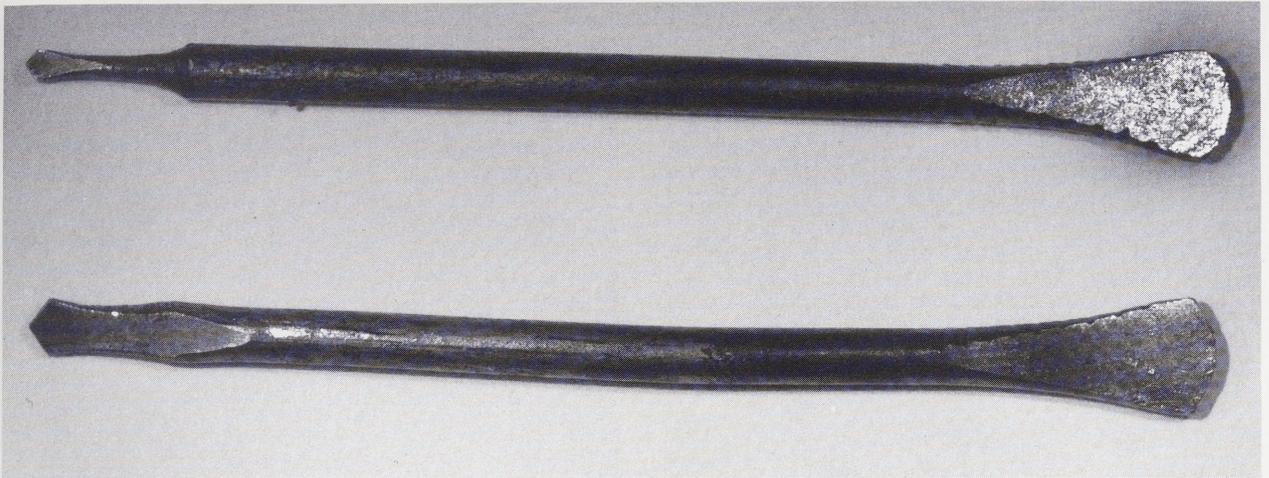


Abb. 7: Oberflächengehärtete eiserne Bohrspitzen, hergestellt für die Bohrexperimente. Foto: H. Born.

1,5 mm starken Bohrspitze war es möglich, zwei Löcher in die 4,5 mm starke Gußbronze mittels 160 Arbeitshüben am Bogenbohrer innerhalb circa 5 Minuten zu bohren. Das erste Loch bohrte sich dabei erheblich schneller als das zweite, als Schmiermittel diente ein Tropfen Öl. Nach zwei Löchern zeigte die Bohrspitze Verschleiß an den Schneiden und mußte wieder geschärft und, wie unter 3. beschrieben, neu aufgekohlt und somit gehärtet werden.

Wenn nun auch der archäologische Nachweis jener eisenen Bohrspitzen fehlt, belegen doch die Werkstücke eindrucksvoll die präzise Arbeit der kleinen unscheinbaren Eisenspitzen, derer es hunderte in jeder antiken Metallwerkstatt gegeben haben muß und mit deren Schärfung und Härtung mindestens ein Gehilfe tagein-tagaus beschäftigt war.

Eine Vertiefung in die technische Problematik und in die Frage, wie sich etwa die einzelnen Nichteisenmetalle auf die Bohrspitzen auswirken, d.h. wieviel Löcher in wel-

cher Zeit in die unterschiedlichsten Legierungen gebohrt werden konnten, war nicht Ziel dieses Beitrages. Allein die Tatsache, daß Metall überwiegend gebohrt wurde, war an dieser Stelle ausschlaggebend.

Im anschließenden Bildteil (Abb. 8–9) zeigen die Beispiele zunächst die Ergebnisse unserer rezenten Bohrungen und Lochungen in 1 mm Kupferblech und in 4,5 mm Gußbronze. Anschließend erläutern Mikroaufnahmen (Abb. 10–11) die antiken Lochungen und Bohrungen sowohl in gegossene als auch geschmiedete Bronzen aus Mitteleuropa, Italien, Griechenland und Altvorderasien in einem Datierungsrahmen vom frühen 2. Jahrtausend bis in das 5. Jahrhundert v. Chr.

Die ausgewählten Beispiele mögen dem interessierten Leser als künftige „Entscheidungshilfe“ bei der herstellungstechnischen Untersuchung antiker Lochungen und Bohrungen dienen.

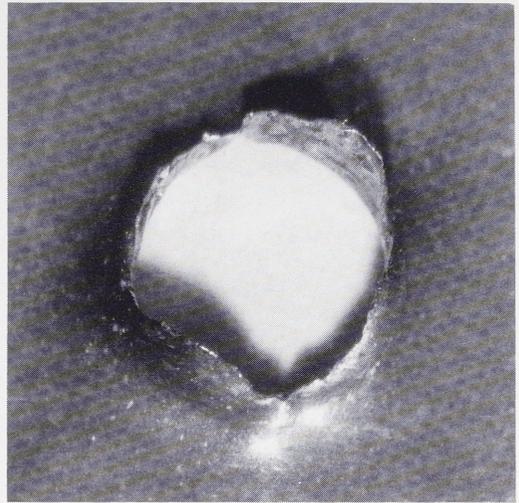
---

Hermann Born





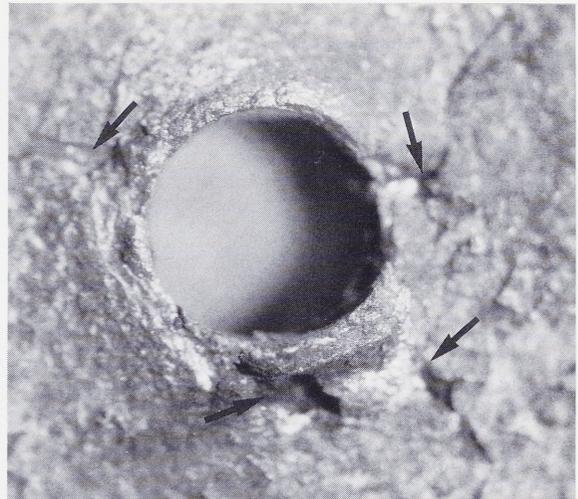
1



2

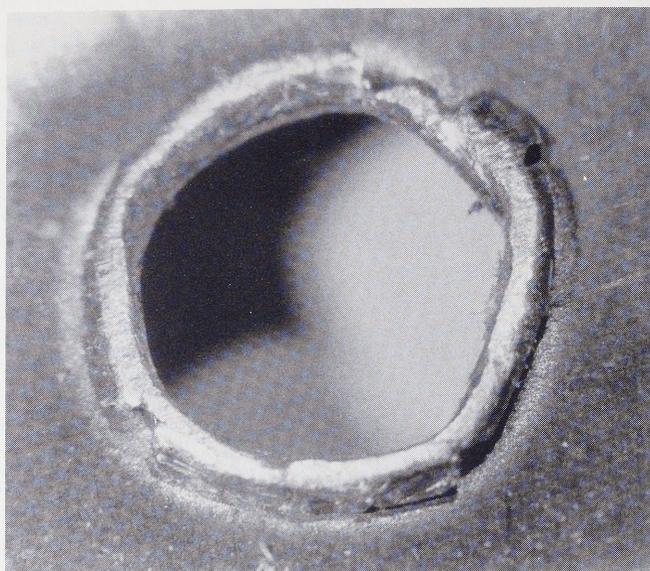


3

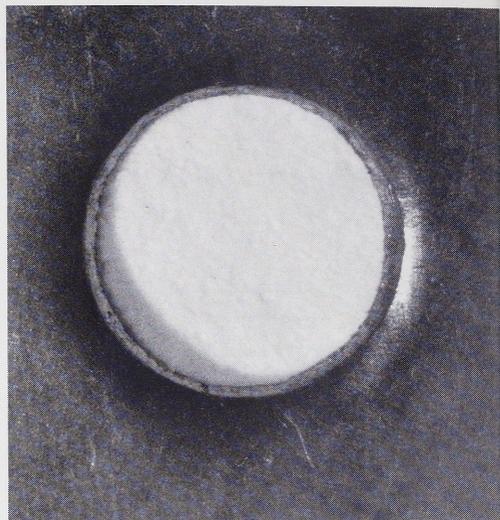


4

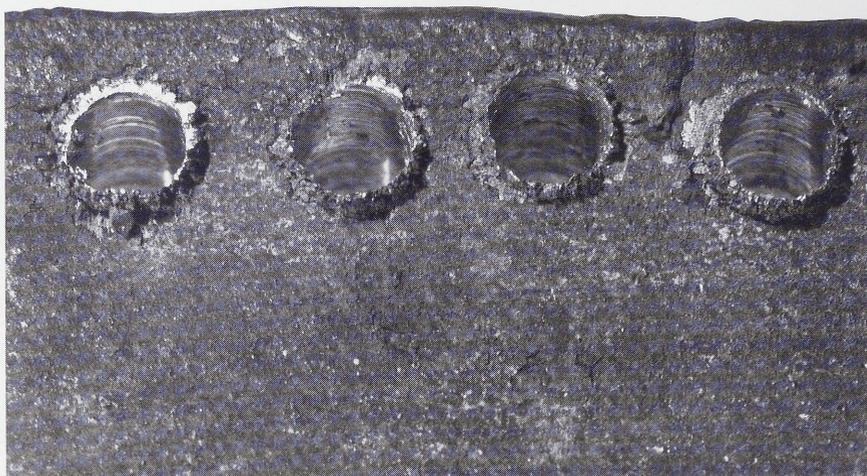
Abb. 8: Moderne Versuche in Gußbronze und Kupferblech  
 1 Versuch einer Durchlochung von 4.5 mm Zinnbronze mit einem gehärtetem Eisendorn ( $\phi$  3.5 mm). Ohne Erfolg. Eisenspitze verbogen.  
 2 Durchlochung eines 0.3 mm Kupferblechs mit einem spitzen Eisendorn ( $\phi$  3 mm). Rückseite. 3 Durchlochung einer 2.5 mm Zinnbronze mit einem gehärteten Eisendorn ( $\phi$  3.5 mm). 4 Ergebnis aus Abb. 8.3: Herausgezogener Eisendorn. Deutlich zu erkennen die Rißbildung (Pfeile) und das starke Aufwerfen des Metalls im Umfeld des durchgeschlagenen Loches. Foto: H. Born.



1



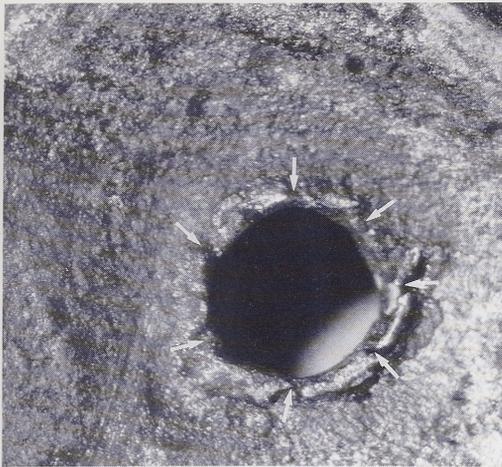
2



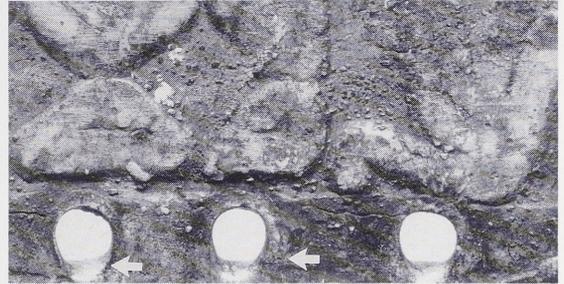
3

Abb. 9: Moderne Versuche in Gußbronze und Kupferblech

1 Stumpf auf einer Hartholzunterlage durchgeschlagenes Loch in 0.3 mm Kupferblech ( $\phi$  3.5 mm). 2 Bohrungen mit dem rekonstruierten Bogenbohrer in 0.3 mm Kupferblech ( $\phi$  3 mm). Rückseitiger Bohrgrat. 3 Bohrungen mit dem rekonstruierten Bogenbohrer in 4.5 mm gegossene Zinnbronze. Fünf Löcher ( $\phi$  2 mm) in 6 Minuten mit 120–140 Arbeitshüben je Bohrloch! Bohrgrate und Bohrspuren (Schleifspuren) gut sichtbar. Foto: H. Born.



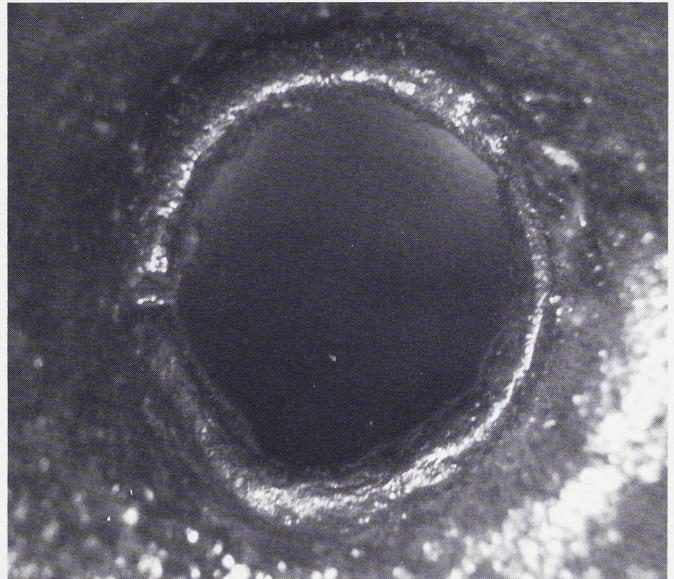
1



2

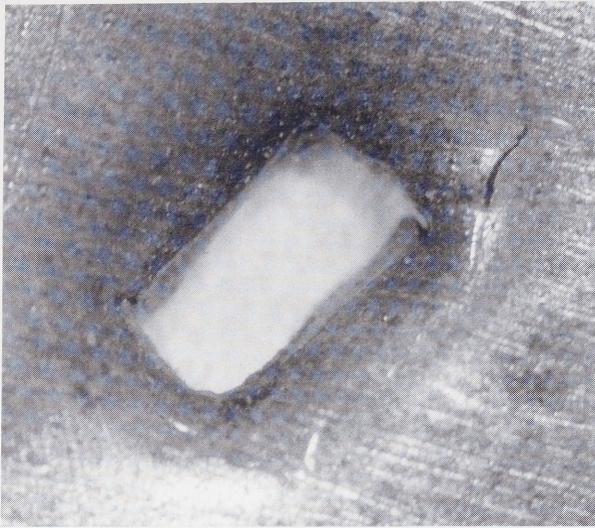


3

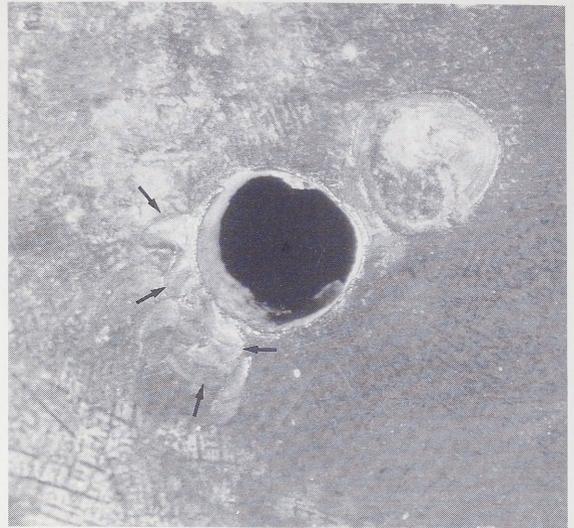


4

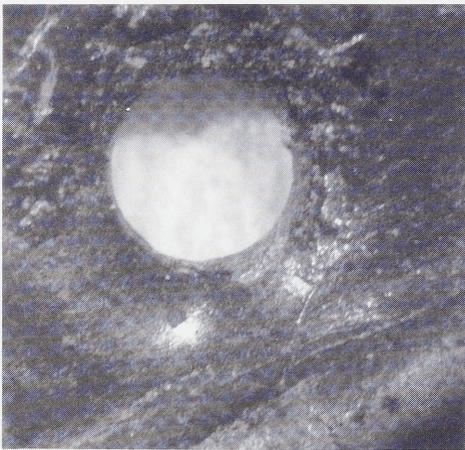
Abb. 10: Antike Bronzen aus dem Museum für Vor- und Frühgeschichte (MVF), Berlin  
 1 Gegossenes Griffzungenschwert, 2. Hälfte 2. Jahrtausend. F.O.: Paderdamm, Kr. Zauch-Belzig, MVF If 495. Eine von vier Bohrungen am abgebrochenen Griff. Deutlich erkennbar der Bohrwulst (Bohrgrat) mit seinen typischen Rissen (Pfeile). Loch  $\phi$  ca. 3 mm. 2 Gegossener Gürtelhaken, Ende 2. Jahrtausend. F.O.: Koban/Kaukasus, MVF III d. 5457 (II). Die Löcher wurden bereits im Wachsmodell vorgegeben und mitgegossen. Nach dem Durchstoßen des Waxes wurde der Überschuss mit dem Daumen flachgedrückt (Pfeile). Loch  $\phi$  ca. 3.5–4 mm. 3 Gegossene Dolchklinge, 4./3. Jahrtausend. Angeblich aus Luristan. MVF XI c. 3015. Im Gußmodell wurde ein „Senkloch“ angebracht, dessen Vertiefung nach dem Guß einseitig durchgerieben wurde. Loch  $\phi$  5.5 mm außen, 3.5 mm innen. 4 Geschmiedete Nadel, 2. Jahrtausend. F.O.: Rutschi-Tig/Kaukasus. MVF III d. 3969. Durchgeschlagenes Loch, Vorderseite vertieft. Typischer Wulst auf Hartholzunterlage. Loch  $\phi$  3.5 mm. Foto: H. Born.



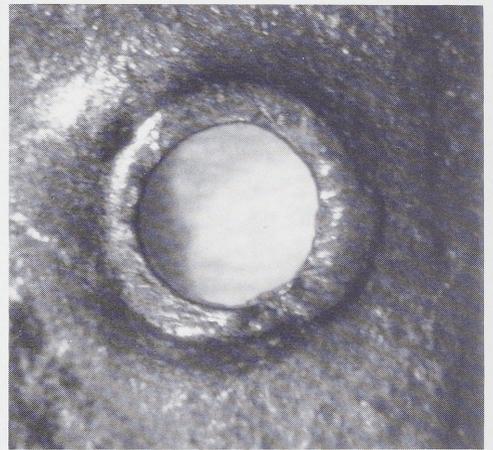
1



2



3a



3b

Abb. 11: Antike Bronzen aus dem MVF und der Sammlung A. Guttman, Berlin  
1 Geschmiedetes Blech, 1. Hälfte 1. Jahrtausend. Angeblich aus Ost-Anatolien, MVF o.Nr. Geschlagenes Vierkantloch. Vorderseite mit Vertiefung und daneben liegender Rißbildung. Vierkant  $\phi$  ca. 2.5 mm. 2 Gegossene Dreipaß-Brustplatte, 6./5. Jh. Angeblich Süditalien. Privatbesitz A. Guttman, Berlin. Gebohrtes Loch mit seitlichen Ausrutschern der Bohrspitze (Pfeile) und einem halb gebohrten (unterbrochenem) Bohrloch. Loch  $\phi$  2 mm. 3a–b Geschmiedetes Gürtelblech, 1. Hälfte 1. Jahrtausend. Fragment angeblich aus Ost-Anatolien, MVF XI c. 4828. Durchgeschlagenes Loch auf Hartholzunterlage. Vorder- und Rückseite. Loch  $\phi$  2 mm. Foto: H. Born.