

Im Feuer geboren – dem Wasser geweiht

Technologische Untersuchung und Rekonstruktion der Herstellungstechnik keltischer Knollenknaufschwerter im Hinblick auf deren chronologische Einordnung

MORITZ PAYSAN

Inhalt

Vorbemerkung	94
1. Einführung	94
1.1 Einleitung	94
1.2 Aktualisierung der Bestandsliste	97
2. Begriffsdefinition ‚Knollenknaufschwert‘	99
2.1 Terminologie	100
2.2 Allgemeine Beschreibung der Knollenknaufschwerter	101
3. Untersuchung der Herstellungstechnik von Knollenknaufschwertern	107
3.1 Röntgenuntersuchungen	107
3.2 Computertomographische Untersuchungen an Knollenknaufschwertern	108
3.3 Metallographische Untersuchung der Klinge des Schwertes aus der Donau bei der Gänstorbrücke in Ulm	111
4. Rekonstruktion der Herstellungstechnik keltischer Knollenknaufschwerter	120
4.1 Kurzinformation zur antiken Stahlgewinnung	120
4.2 Herstellung der Klinge	122
4.3 Herstellung des Griffes	127
4.4 Herstellung von Scheide und Beschläg	136
5. Zeitliche Einordnung der Knollenknaufschwerter	138
5.1 Zur Problematik der zeitlichen Einordnung von Knollenknaufschwertern	138
5.2 Stand der Publikationen zur Typologisierung der Knollenknaufschwerter	139
5.3 Überlegungen zur relativen Chronologie der Knollenknaufschwerter	140
5.4 Absolut-chronologische Einordnung der Knollenknaufschwerter	152
6. Schluss	162
7. Zusammenfassung	162
8. Literaturverzeichnis	164
Anhang 1: Alphabetischer Katalog der Knollenknaufschwerter (nach Fundort) mit Verzeichnis der aufbewahrenden Institute	167
Anhang 2: Abbildungskatalog (typologisch geordnet)	169
Anhang 3: Tabellen zur chronologischen Entwicklung und Maße der Knollenknaufschwerter	Klapptafel nach S. 198
Anhang 4: Auswertung der metallographischen Untersuchung der Klinge des Schwertes aus Ulm	199
Anhang 5: Weitere mögliche Einsatzgebiete der Computertomographie in Archäologie und Restaurierung	202
Abkürzungsverzeichnis	204
Abbildungsnachweis	204
Materialliste	204
Danksagung	205

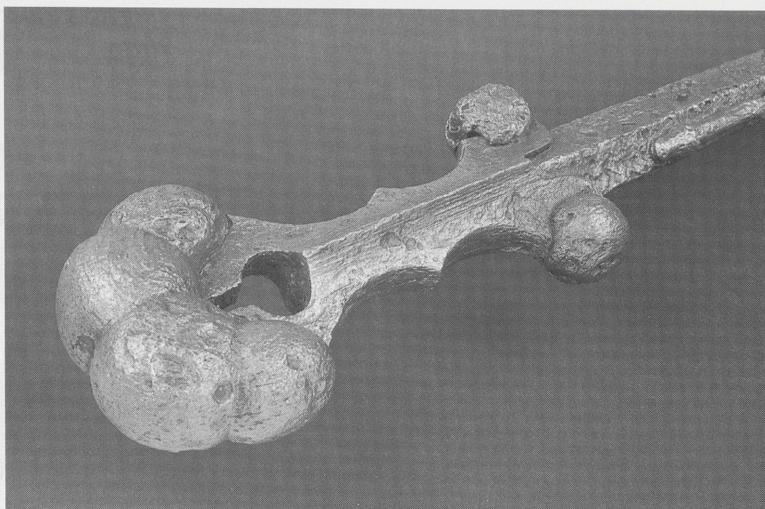


Abb. 1 Griff des Knollenknaufschwertes aus Eislingen/Fils, Kat.-Nr. 5 (s. S. 167). Maße s. Anhang 3, Klapptafel nach S. 198. Aufnahme: M. Paysan.

1999 zeigte die Zusammenstellung aus der Literatur von K. WEHRBERGER und G. WIELAND, dass „... insbesondere einige französische Exemplare – obwohl meist seit Jahrzehnten bekannt und zitiert – bis heute nicht befriedigend publiziert“ (sind).⁵ „Die Angaben und das wenige Bildmaterial – Photos oder Zeichnungen bzw. Skizzen, z. T. nur aus ‚Fundschauen‘ – lassen jedoch erkennen, dass es gerade in der Griffgestaltung von Krämers Typ 2 noch mehr Varianten gibt, als zuletzt 1986 herausgearbeitet.“ Im Rahmen der vorliegenden Diplomarbeit gelang es mit Hilfe vieler Beteiliger,⁶ die Untersuchungslücken weitgehend zu schließen. Anhand neuer Ergebnisse sowie bereits publizierter Untersuchungen wurde die technische Entwicklung der Griffe in eine technikbasierte relative Chronologie gebracht. Bei den Schwertern mit einteiligen Knäufen ließ sich aufgrund technischer und formaler Unterschiede feststellen, dass außer in den Hauptherstellungszentren noch in weiteren Schmieden Knollenknaufschwerter produziert wurden. Anhand der Untersuchungsergebnisse wurden die Herstellungsabläufe weitgehend rekonstruiert. Die daraus abgeleiteten Theorien wurden in Gesprächen mit Metallrestauratoren und Schmieden auf ihre technische Durchführbarkeit überprüft und, was die Herstellung von Klinge und Griff angeht, mit Plastilinmodellen bzw. in Zusammenarbeit mit erfahrenen Damastschmieden am Amboss praktisch erprobt. Rekonstruktionsmodelle sind auf Abbildung 2 dargestellt. Die vorliegende Arbeit behandelt die Untersuchung keltischer Knollenknaufschwerter entsprechend der von K. WEHRBERGER und G. WIELAND zusammengestellten Liste.⁷ Abbildung 3 zeigt die Verbreitungskarte dieser Schwerter.⁸ Auffällig ist die Verbindung des Schwerertyps mit Flüssen und Seen, die mit rituellen Kämpfen in Furten und Flussübergängen in Verbindung gebracht wird.⁹ Nur an wenigen Fundplätzen wurden die Schwerter in ‚trockenem‘ Erdreich gefunden. Sie sind dann meist intentionell verbogen (Abb. 84). Im Gegensatz dazu sind

3 KRÄMER 1962, 113.

4 GENDRON et al. 1986, 51.

5 WEHRBERGER/WIELAND 1999, 238.

6 Unterstützt wurde die Arbeit durch die Besitzer, Restauratoren und Konservatoren an Museen und Ämtern sowie von Werkstoffkundlern, Metallographen, Röntgentechnikern und -ärzten sowie durch Materialspenden von Firmen. Die beteiligten Personen sind im Einzelnen auf Seite 205 f. namentlich genannt.

7 WEHRBERGER/WIELAND 1999, 249–251.

8 Karte und Beschreibung aus WEHRBERGER, 2000, 80 Abb. 6. Nummerierung der Funde nach WEHRBERGER/WIELAND 1999, 249–251. Obige Karte wurde ergänzt durch 31, Region Nantes (Coll. PH. Routhiau), Inv. Nr.: 999.17.1 (M. Dobrée). Zum Verbleib der genannten Schwerter siehe Anhang 1, S. 167 f.

9 WEHRBERGER/WIELAND 1999, 241–243; TORBRÜGGE 1996, 578 f.

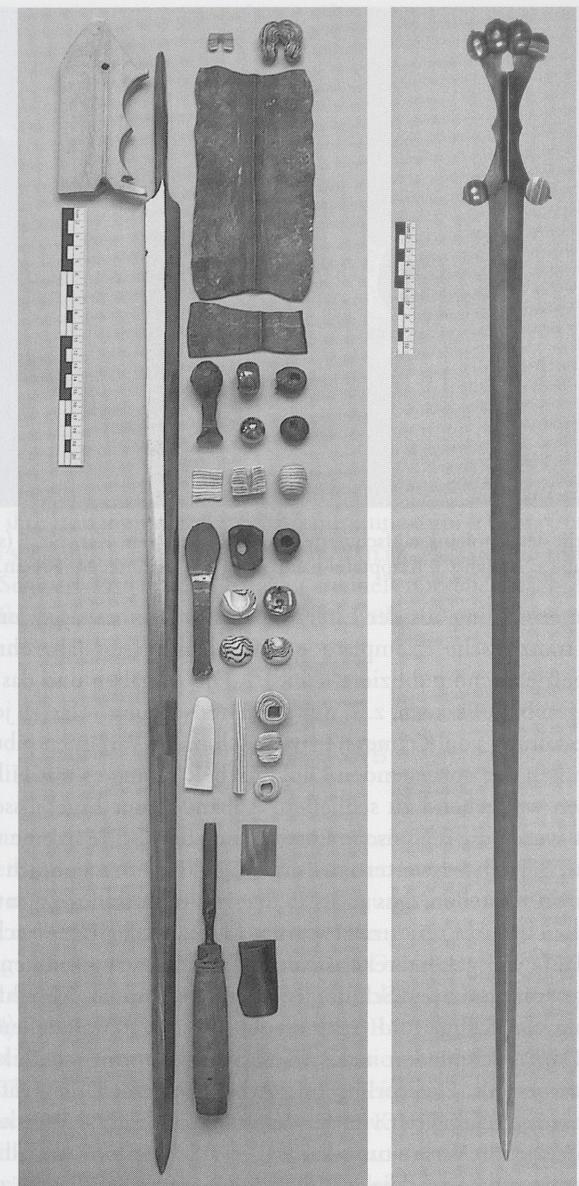


Abb. 2 Rekonstruktionsversuche. Linkes Bild: Links: Hilze; Mitte: Damastklinge; rechts v. o.: Knauf, Hilze, Knollen massiv, Knollen in Schüsseltechnik, Knollen in Winkeltechnik, punzierte Linienverzierung. – Rechtes Bild: Nachbau des Schwertes aus Chalon-sur-Saône, Original im Museum für Vor- und Frühgeschichte (MVF), Berlin, Kat.-Nr. 3. Aufnahmen: M. Paysan.

die Exemplare aus Gewässern unzerstört und stecken häufig in ihrer Scheide, an der des öfteren noch ein abnehmbares Beschläg zur Befestigung auf einem größeren Gegenstand erhalten ist. Wie die Verbiegung der an Land gefundenen Exemplare deuten die erhaltenen Scheiden und Beschläge darauf hin, dass die Schwerter nicht zufällig verloren gingen, sondern rituell deponiert wurden. Eine Opferung der Waffen nach entschiedenem Zweikampf wird ebenfalls vorgeschlagen, da an den Schneiden des Schwertes aus Ulm Parierscharten auftreten.¹⁰

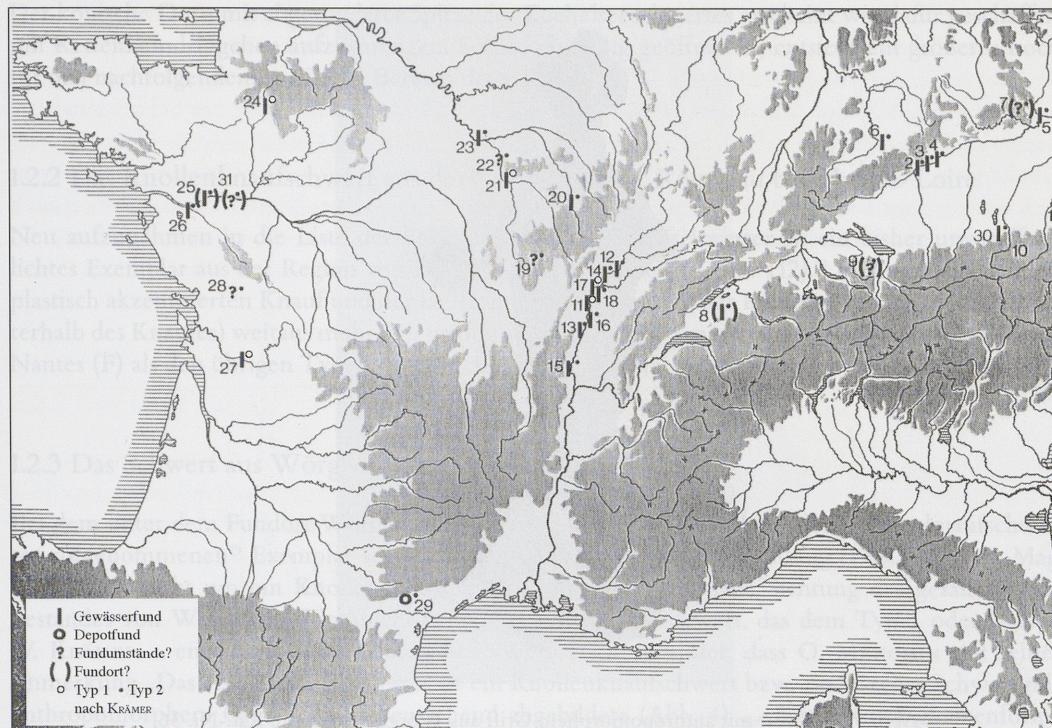


Abb. 3 Verbreitung der Knollenknaufschwerter in Europa: 1 Chiemsee, 2 Ulm, 3 Elchingen-Oberelchingen, 4 Günzburg, 5 Pettendorf-Kneiting bei Regensburg, 6 Eislingen/Fils, 7 Lengenfeld bei Neuburg a. D.?, 8 Port-Nidau, 9 FO? (Historisches Museum St. Gallen), 10 Wörgl-Kirchbichl? (siehe Kap. 1.2.3), 11 Chalon-sur-Saône, 12 Saint-Jean-de-Losne, 13 Prény, 14 Pouilly-sur-Saône, 15 Villefranche-sur-Saône, 16 Saint-Germain-du-Plain, 17 Allériot, 18 Allériot, 19 Sivry, 20 Vix, 21 Villeneuve-sur-Yonne, 22 Sens, 23 Cannes-Écluse, 24 Néau, 25 FO?, aus der Loire (M. Dобрée, Nantes), 26 Nantes, 27 Juac, 28 Germond, 29 Cayla, Mailhac, 30 Kochelsee, 31 Region Nantes (Coll. Ph. Routhiau, M. Dобрée Nantes).

1.2 Aktualisierung der Bestandsliste

Seit 1999 wurden zwei weitere Knollenknaufschwerter bekannt:

1.2.1 Das Knollenknaufschwert aus dem Kochelsee

Das zur Zeit der Untersuchung unrestaurierte Exemplar aus dem Kochelsee (Kat.-Nr. 10; Abb. 105) ist in der Verbreitungskarte (Abb. 3) bereits aufgeführt. Es wird hier zum ersten Mal abgebildet.¹¹ Mit ca. 109 cm Gesamtlänge ist es das bisher längste bekannt gewordene Knollenknaufschwert. Abgesehen vom Ortbereich der Scheide ist es vollständig mit Scharnierbeschlägen erhalten. Eine ausführliche Publikation des Schwertes mit Auswertung des archäologischen Umfeldes durch Herrn Dr. GEBHARD ist nach Abschluss der Restaurierung geplant. An dieser Stelle soll daher nur auf die Klinge detaillierter eingegangen werden. Die sehr schmale Klinge hat einen rautenförmigen Querschnitt mit konkaven Seiten. Sie verjüngt sich von 15 x 10 mm (Breite x Dicke, am Heft gemessen) auf 11 x 7,5 mm vor dem Übergang zur Spitze. Der Ort (die Spitze) der Klinge hat eine bislang unbekannte Form.¹² Zwischen 3,7 cm und 3,5 cm vor dem Klingenende verjüngt sich die Klinge zu einem

11 Erwähnt in WEHRBERGER 2000, 77. Erstabbildung mit frdl. Genehmigung von Dr. R. GEBHARD (ASM).

12 Frdl. Hinweis von Dr. R. GEBHARD.



Abb. 4 Schwert mit anthropomorphem Griff aus Wörgl-Kirchbichl, Kat.-Nr. 36.
Aufnahme: Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck, A. Ohne Maßstab.

konisch zulaufenden Dorn mit annähernd quadratischem Querschnitt und leicht konvexen Seiten. Das Klingenende ist nicht spitz, sondern rund geschliffen (Abb. 105 b). Bei weiteren Untersuchungen wurde festgestellt, dass diese Ortsgestaltung auch an den Schwertern von Eislingen/Fils (Abb. 91 u. 92) und Saint-Germain-du-Plain (Abb. 102 u. 103) auftritt. Das gut erhaltene Klingenende des Eislinger Schwertes ist ebenfalls rund geschliffen, so dass eine absichtliche Formgebung anzunehmen ist.

Im Zusammenhang mit neuzeitlichen Hirschfängern ist die Eigenschaft ‚knochengierig‘ für sehr spitze Orte eingeführt,¹³ da sich ein spitzer Ort leicht an Knochen verfängt und somit sein Ziel nicht erreicht.¹⁴ Ein gerundeter Ort kann dagegen an den Rippen abgleiten und zur Lunge oder zum Herz durchdringen. Ähnlich sinnvoll erscheint die Abrundung des Ortes im Einsatz gegen Kompositpanzer¹⁵ und Kettenhemden.¹⁶ Beide Male ist es besser, wenn die Spitze an den Leder- oder Leinenplättchen des Kompositpanzers bzw. den Ringchen des Kettenhemdes abrutscht und sich ‚selbsttätig‘ einen Durchlass sucht. Mittelalterliche Panzerstecher und Spitzen von Pfeilen oder Armbrustbolzen, die gegen Plattenrüstungen eingesetzt wurden, sind meist mit scharfen harten Spitzen ausgestattet, die in das Blech eindringen.¹⁷

13 Frdl. Hinweis von H. WESTPHAL, Restaurator am Museum in der Kaiserpfalz, Paderborn (D).

14 SEIFERT 1973, 19. Dort erfolgt im selben Zusammenhang der Hinweis auf: FREVERT 1961, 104 (diese Quelle lag dem Autor nicht vor).

15 Durch die lebensgroße Sandsteinfigur eines keltischen Fürsten vom Glauberg lassen sich Kompositpanzer als Schutzausrüstung keltischer Fürsten des 5. Jh. v. Chr. belegen. HERRMANN 1997, 6–11 bes. 10 f.

16 Ein keltisches Kettenhemd stammt aus dem Massenfund von der Tiefenau bei Bern. Es ist allerdings nicht genau datierbar. Die Ringchen, aus denen es besteht, sind nicht verloren oder vernichtet, so dass sie von einer dornartigen Spitze leicht aufgebogen werden können. MÜLLER 1990, 50 f. Hingewiesen sei auch auf die Arbeit von L. HANSEN (2001), die einen Überblick über die ‚Panzer der Latènezeit‘ bietet, deren Ergebnisse hier jedoch noch nicht eingeflossen.

17 Frdl. Hinweis von H. WESTPHAL.

Der konische Dorn mit abgerundeter Spitze des Kochelseeschwertes erscheint wie dafür geschaffen, um Kettenhemdringen aufzusprengen. Sobald ein Ring geöffnet ist, entsteht ein größeres Loch für den nachfolgenden, stabileren Bereich der Klinge.

1.2.2 Das Knollenknaufschwert aus der Sammlung Ph. Routhiau bei Nantes/Loire

Neu aufzunehmen in die Liste der bekannten Knollenknaufschwerter ist ein bisher unveröffentlichtes Exemplar aus der Region von Nantes in Westfrankreich (Abb. 112).¹⁸ Es ähnelt mit seinem plastisch akzentuierten Knauf und der keilförmigen Erweiterung der Knauföse (Durchbrechung unterhalb des Knaufes) weitaus mehr den beiden anderen Knollenknaufschwertern des Musée Dobrée Nantes (F) als den übrigen Typen, so dass eine lokale Produktion angenommen werden kann.

1.2.3 Das Schwert aus Wörgl-Kirchbichl

Bei dem unter dem Fundort Wörgl-Kirchbichl, BH Kufstein, in die Liste der Knollenknaufschwerter aufgenommenen¹⁹ Exemplar scheint es sich nach schriftlicher Mitteilung (19.4.2001) von Mag. W. SÖLDER nicht um ein Knollenknaufschwert zu handeln, da nach Sichtung des gesamten Altbestandes von Wörgl und Kirchbichl kein „... Knollenknaufschwert, das dem Typ 1 oder 2 nach W. KRÄMER ... entspricht ...“, vertreten ist.²⁰ W. SÖLDER vermutet, dass O. MENGHIN mit seiner Anmerkung „Das eine dieser Schwerter ist ein Knollenknaufschwert bzw. ein eisernes Schwert mit anthropomorphem Griff“²¹ das nebenstehend abgebildete (Abb. 4) „... Schwert mit glockenförmigem Griffabschluß und darüberliegender ‚Knolle‘ – richtig: kugeliger Verdickung der Griffstange“ angesprochen hat.

2. Begriffsdefinition ‚Knollenknaufschwert‘

Zur Vermeidung von Verwechslungen seien folgende für Knollenknaufschwerter typische Merkmale angegeben:

- Schlanke, zweischneidige Klinge aus Eisen mit rautenförmigem Querschnitt (mit leicht konvex oder konkav geschliffenen Seiten), maximale Klingengrenze zwischen 1,5 und 3 cm, mit ausgeprägter Spitze;
- schwerer, unterhalb des Knaufes durchbrochener Griff aus Eisen mit zwei kugeligen Verdickungen am Heft und einem aus vier kugeligen Verdickungen bestehendem Knauf (ausnahmsweise kann der Knauf wie bei dem Knollenknaufschwert aus Germond auch aus zwei Knollen bestehen);²²
- Griffstange (Hilze), auf der sich der Mittelgrat der Klinge fortsetzt, mit seitlichen, meist zipfeligen Mittelerweiterungen.
- eng an der Klinge anliegende Scheide, die aus zwei Eisenblechstreifen besteht, von denen die Ränder des breiteren die Ränder des schmäleren umfassen. Querschnitt rautenförmig mit konvexen oder konkaven Seiten, meist ohne erhaltene organische Einlagen zwischen Klinge und Scheide.²³

¹⁸ Verbleib: M. Dobrée (vgl. Anhang S. 167), bisher unpubliziert. Abbildung mit frdl. Genehmigung von M. H. SANTROT, Konservatorin am Musée Dobrée Nantes.

¹⁹ Die Aufnahme in die Liste erfolgte aufgrund von unbedeutenden Literaturangaben.

²⁰ Vgl. KRÄMER 1962, 113.

²¹ MENGHIN 1971, 318 Anm. 1 (diese Quelle lag dem Autor nicht im Original vor).

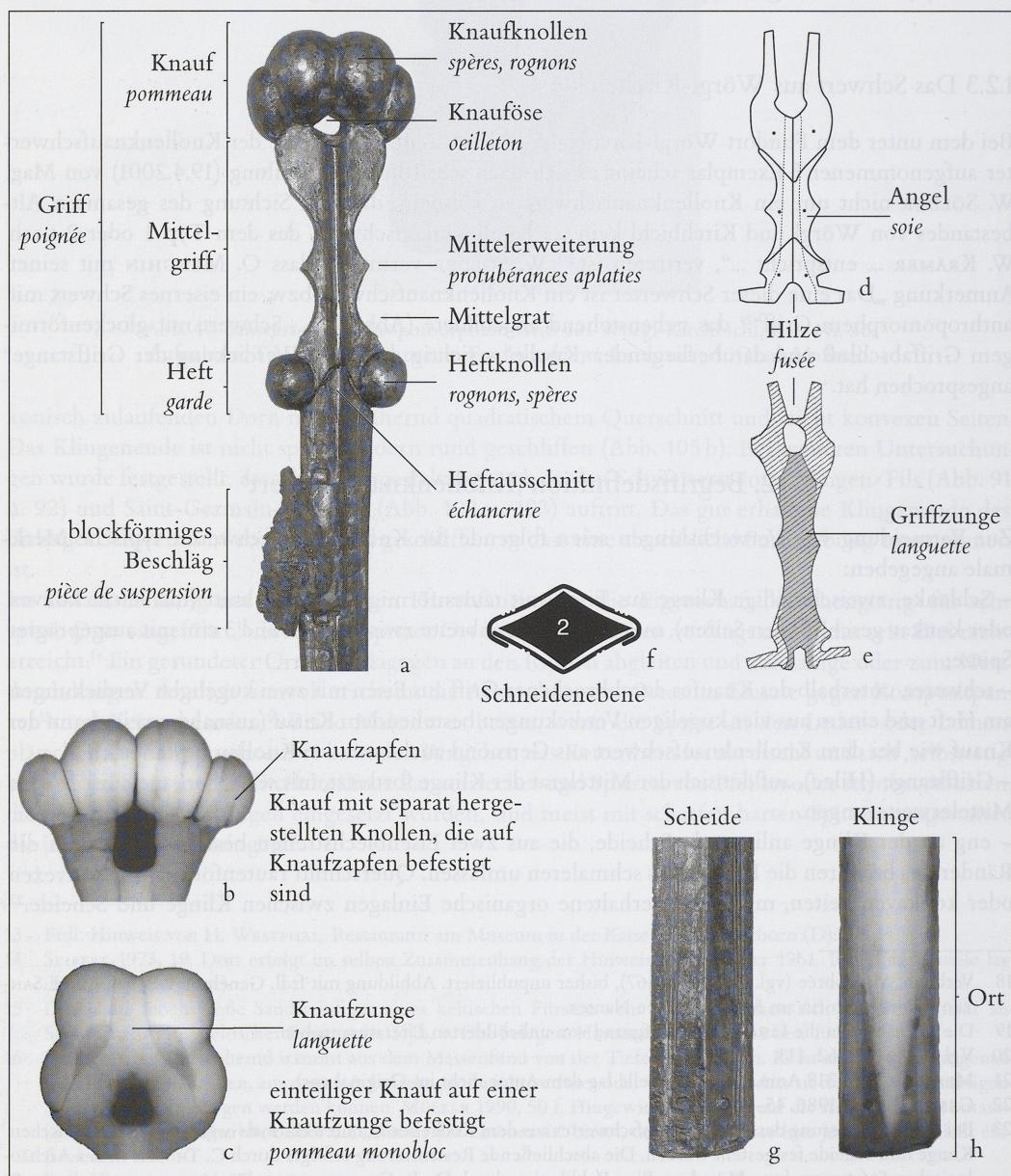
²² GENDRON et al. 1986, 45–54.

²³ Bei der Restaurierung des Knollenknaufschwertes aus dem Kochelsee konnten erstmals organische Reste zwischen Klinge und Scheide festgestellt werden. Die abschließende Restaurierung erfolgte durch C. THOMAS in der Archäologischen Staatssammlung München. Eine Publikation durch Dr. R. GEBHARD ist geplant.

(in Grenzfällen kann der Querschnitt der Scheide auch linsenförmig sein, wie bei dem breiteren Knollenknaufschwert aus Allériot [Abb. 86],²⁴ Scheiden aus organischem Material wie z.B. Leder sind bei fehlender Eisenscheide nicht mit Sicherheit auszuschließen);
 – eisernes Beschläg zur Aufhängung der Scheide, mit annähernd rechtwinklig zur Schneidenebene liegender Grundplatte.

Knollenknaufschwerter unterscheiden sich von anderen kugelverzierten Schwert- und Dolchtypen durch das gemeinsame Auftreten dieser typischen Merkmale (einzelne dieser Merkmale treten auch an anderen Schwert- oder Dolchtypen auf)²⁵.

2.1 Terminologie (Abb. 5)



2.2 Allgemeine Beschreibung der Knollenknaufschwerter

2.2.1 Gesamtform

Bei dem untersuchten Schwerttyp handelt es sich um rapierartige Waffen mit schmaler zweischneidiger Klinge mit rautenförmigem Querschnitt, schlanker Spitze und schwerem eisernem Griff. Die Massivität des Griffes verlagert den Schwerpunkt des Schwertes in die Nähe der Handhabe, so dass die Knollenknaufschwerter als Stichwaffe mit eingeschränkten Hiebeigenschaften anzusprechen sind. Die Gesamtlänge liegt bei den mit Spitze erhaltenen Exemplaren im Allgemeinen zwischen 82 und 109 cm.²⁶

2.2.2 Der Griff

Namengebend wirkte der massive Knauf, der durch vier bogenförmig angeordnete kugel- bis knollenförmige Verdickungen auffällt. Wie der Knauf, so wird auch der Heftabschluss durch zwei aufgenietete kugelige Verdickungen gestaltet, die zu den allgemeiner gehaltenen französischen Bezeichnungen *épée à sphères* (Kugelschwert) und *épée à rognons* (Nierenschwert) sowie dem englischen Begriff *iron nodule-hilted sword* (eisernes Knubbelgriff-Schwert) führten. Der eigentliche Griff wird von einer aus zwei profilierten Eisenplatten zusammengefügten Hilze gebildet, die wie eine Hülse auf die Angel aufgeschoben und mit ihr verschmiedet ist.²⁷

Mit Ausnahme des Schwertes von Juac (Abb. 77), dessen Griff sich durch die separat hergestellte Parier- und Knaufstange abhebt,²⁸ sind bei allen Knollenknaufschwertern der Heftabschluss sowie die Knaufbefestigung in der Hilze integriert.

2.2.2.1 Der Mittelgriff

Der Bereich des Griffes zwischen Heft und Knauf ist beiderseits mit einem Grat ausgestattet, der den Mittelgrat der Klinge bis zu einer Durchbrechung der Hilze (im Weiteren Knauföse genannt) unterhalb des Knaufes fortsetzt. Die zweifach konkav eingezogenen Schmalseiten der Hilze sind durch zipfelige Mittelerweiterungen gegliedert. Die Exemplare von Juac und Néau (Abb. 78) bilden mit ihren viereckigen Mittelerweiterungen die Ausnahme.

Häufig sind die Schmalseiten der Griffe in der Nähe des Überganges zu den Knollen durch einzelne Stufen oder eine Linienverzierung gegliedert. Bei Griffen, in denen diese Stufen näher zur

← Abb. 5 (linke Seite) Terminologie der Knollenknaufschwerter. a, d, f–h) Das Schwert aus Cannes-Écluse, Kat.-Nr. 2 mit Bezeichnung der Einzelteile. Aufnahmen: F. Douau/M. Paysan. – b) Knauf des Schwertes aus Chalon-sur-Saône, Kat.-Nr. 3. Röntgenaufnahme: H. Born. – c) Knauf des Schwertes aus Port-Nidau, Kat.-Nr. 18. Röntgenaufnahme: Wittwer und Schafflützel. – e) Hilze des Schwertes aus Germond, Kat.-Nr. 7. Zeichnung (überarbeitet): Th. Lejars.

24 WEHRBERGER 2000, 77 Abb. 3b.

25 BITTEL 1931, 150–153; HENRY 1933, 111–116; CHAUME/RAPIN 1999, 49–68.

26 Bei dem mit Abstand kürzesten Knollenknaufschwert aus Pouilly-sur-Saône (36 cm Gesamtlänge) ist aufgrund der annähernd parallel verlaufenden Schneiden nicht auszuschließen, dass es bei der Herstellung länger war und der spitzbogenförmige Ort sekundär geformt wurde.

27 Die Ausnahme von der Regel bilden die Schwerter von Germond (Abb. 84), Pettendorf-Kneiting bei Regensburg (Abb. 85) und das Schwert im Historischen Museum St. Gallen (Abb. 107), bei denen das Ende der Klinge als Griffzunge ausgebildet ist, auf die die Hilzenplatten aufgeschweißt sind. In allen drei Fällen ist davon auszugehen, dass es sich um zeitgenössische Kopien handelt, da die äußere Form mehr oder weniger gut nachgebildet wurde, während die ohne Röntgentechnik unsichtbaren Strukturen im Inneren der Griffe durch unübliche Konstruktionen ersetzt wurden.

28 GENDRON et al. 1986, 40–45.

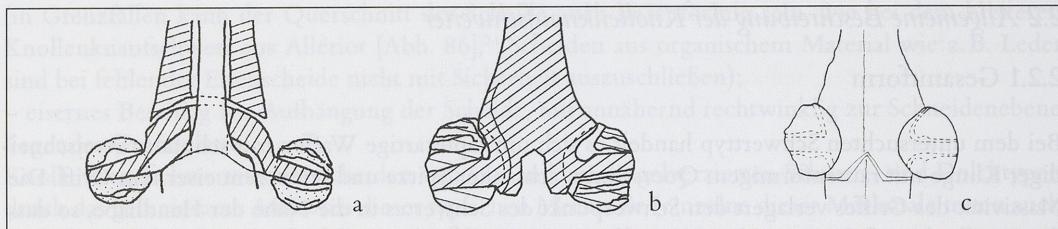


Abb. 6 Varianten der Heftausschnitte a) Bogenförmig mit separater Parierstange. Schwert v. Juac, Kat.-Nr. 9. Breite am Heft 6,5 cm; b) Polygon auf gerader Grundlinie, Heft in Hilze integriert. Schwert von Germond, Kat.-Nr. 7. Breite am Heft ca. 5–5,5 cm. Beide Zeichnungen: Th. Lejars; c) Dreieckig auf gerader Grundlinie, Heft in Hilze integriert. Schwert von Pettendorf-Kneiting, Kat.-Nr. 17. Breite am Heft 4,6 cm. M 1:2.

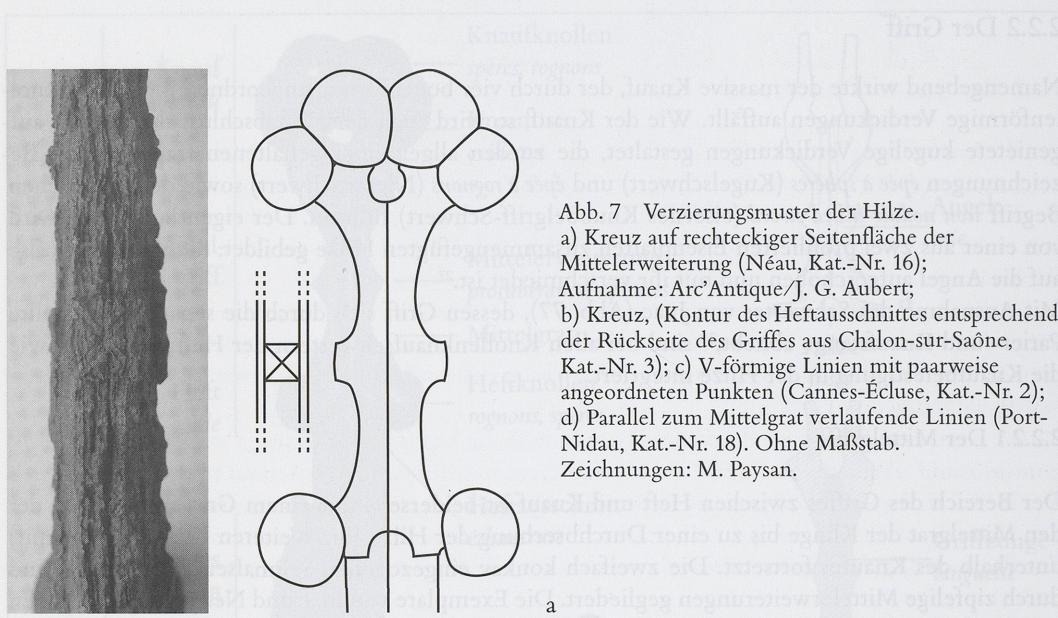
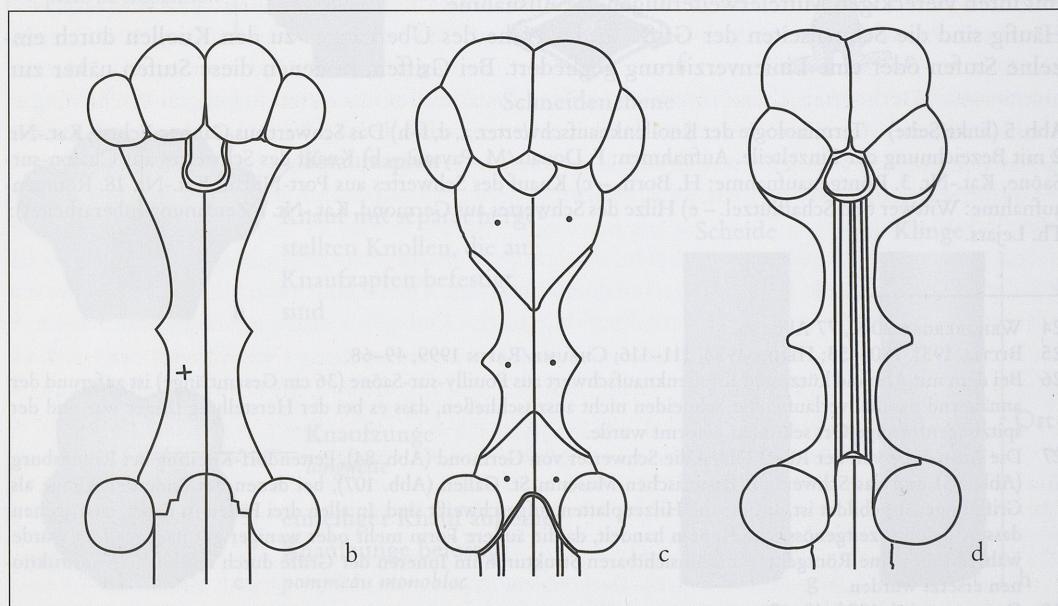


Abb. 7 Verzierungsmuster der Hilze.
 a) Kreuz auf rechteckiger Seitenfläche der Mittelerweiterung (Néau, Kat.-Nr. 16);
 Aufnahme: Arc'Antique/J. G. Aubert;
 b) Kreuz, (Kontur des Heftausschnittes entsprechend der Rückseite des Griffes aus Chalon-sur-Saône, Kat.-Nr. 3);
 c) V-förmige Linien mit paarweise angeordneten Punkten (Cannes-Écluse, Kat.-Nr. 2);
 d) Parallel zum Mittelgrat verlaufende Linien (Port-Nidau, Kat.-Nr. 18). Ohne Maßstab.
 Zeichnungen: M. Paysan.



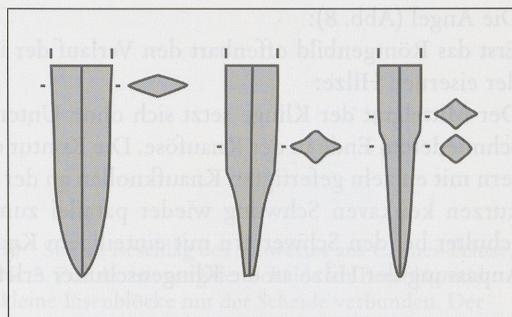
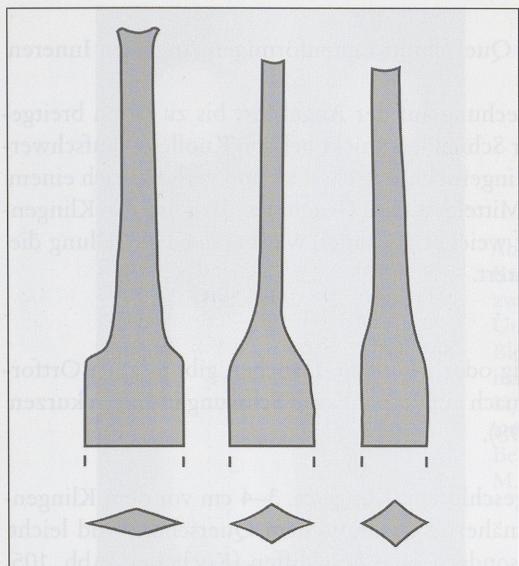


Abb. 8 (links) Varianten von Klingenschulter und Klingquerschnitt anhand der Schwerter aus (von links): Chalon-sur-Saône, Kat.-Nr. 3, Ulm, Kat.-Nr. 25 und Port-Nidau, Kat.-Nr. 18. M 1:2. Zeichnung: M. Paysan.

Abb. 9 (oben) Varianten der Ortsgestaltung am Beispiel der Schwerter aus (von links) Préty/Saône, Kat.-Nr. 20, Port-Nidau, Kat.-Nr. 18 und Kochelsee, Kat.-Nr. 10. M 1:2. Zeichnung: M. Paysan.

Mittelerweiterung gerückt sind, kann der Bereich zwischen Stufe und Knolle konkav geformt sein, wodurch sich eine doppel-S-förmige Gliederung der Hilzenseiten ergibt.

Im Bereich beiderseits des Mittelgrates treten drei unterschiedliche Verzierungsmuster auf (Abb. 7):

- Ein eingraviertes oder punziertes Kreuz auf einem der seitlichen Auszüge (Néau, Abb. 7a, 66, 78, Chalon-sur-Saône, Abb. 7b, 66, 79);
- V-förmig angeordnete Linien, die an den Stufen der Schmalseiten beginnen und sich auf dem Mittelgrat treffen. Die Spitze des V zeigt dabei zur Griffmitte (Cannes-Écluse, Abb. 7c, 82/83, Saint-Jean-de-Losne, Abb. 90). Auf dem Schwert von Cannes-Écluse ist dieses Muster mit sechs paarweise angeordneten Punkten kombiniert. Es ist anzunehmen, dass diese Linien in Kombination mit den seitlichen Stufen die Trennfugen zwischen Hilze und Parier- bzw. Knaufstange der Griffe vom Typ Juac (Abb. 66, 77) imitieren und somit einen wichtigen Hinweis für die Erstellung einer relativen Chronologie innerhalb der Knollenknaufschwerter liefern;
- parallel zum Mittelgrat verlaufende Linien unterschiedlicher Anzahl. Es treten sowohl eingekerbt in das Material als auch erhaben stehende Linien auf (Port-Nidau, Abb. 98, Villefranche-sur-Saône, Abb. 95–97). Der Heftabschluss ist grundsätzlich ausgeschnitten. Es treten jedoch unterschiedliche Formen auf, die von einem einfachen konkaven Bogen über halbkreisförmige sowie polygonale Heftausschnitte auf gerader Grundlinie bis zu ebenmäßig geschwungenen glockenförmigen Heftausschnitten reichen (Abb. 6 u. 7).

2.2.3 Die Klinge

Die schmalen zweischneidigen Klingen haben einen rautenförmigen Querschnitt, der bei den Schwertern mit einzeln hergestellten Knaufknollen flach-rautenförmig mit ballig geschliffenen Seiten ist, während die Exemplare mit einteiligem Knauf meist einen rautenförmigen Querschnitt mit gekehlten Seiten haben, wodurch sich der Charakter einer reinen Stoßklinge verstärkt (Abb. 8).

Sowohl die Dicke als auch die Breite der Klingen verringert sich von der Klingebasis bis zum Ort (Klingenspitze) kontinuierlich. Das Verhältnis der Klingebreite zur -dicke an der Klingebasis variiert zwischen 3,7 (0,7 cm : 2,6 cm) beim Schwert aus Juac (Abb. 77) mit einzelnen Knaufknollen und 1,5 (1,5 cm : 1 cm) beim Schwert aus dem Kochelsee (Abb. 105) mit einteiligem Knauf. Die Schneiden verlaufen im Allgemeinen geradlinig.

Die Angel (Abb. 8):

Erst das Röntgenbild offenbart den Verlauf der im Querschnitt rautenförmigen Angel im Inneren der eisernen Hilze:

Der Mittelgrat der Klinge setzt sich ohne Unterbrechung auf der Angel fort bis zu deren breitgeschmiedetem Ende in der Knauföse. Die Kontur der Schneiden knickt bei den Knollenknaufschwerten mit einzeln gefertigten Knaufknollen an der Klingenschulter scharf ab und verläuft nach einem kurzen konkaven Schwung wieder parallel zum Mittelgrat. Im Gegensatz dazu ist die Klingenschulter bei den Schwertern mit einteiligem Knauf weicher gerundet, was bei der Herstellung die Anpassung der Hilze an die Klingenschulter erleichtert.

Der Ort (Abb. 9):

Der Ort (Klingenspitze) ist häufig spitzbogenförmig oder dreieckig. Daneben gibt es auch Ortformen bei denen die Schneiden scharf abknicken und nach einem konkaven Schwung in einem kurzen Dorn enden (Vix, Abb. 106 und Port-Nidau, Abb. 98).

Bei einem weiteren Typ verjüngt sich die gekehlt geschliffene Klinge ca. 3–4 cm vor dem Klingenden zu einem konisch zulaufendem Dorn mit annähernd quadratischem Querschnitt und leicht konvexen Seiten. Das Klingenden ist nicht spitz, sondern rund geschliffen (Kochelsee, Abb. 105, Eislingen/Fils, Abb. 91 u. 92, und Saint-Germain-du-Plain, Abb. 102 u. 103).

Der innere Aufbau der Klingen ist recht uneinheitlich:

Die Bandbreite reicht von weitgehend homogenen Klingen mit ent- bzw. aufgekohlter Oberfläche (Juac, Abb. 77, und Germond, Abb. 84)²⁹ über Klingen aus zwei Lagen unterschiedlich schlackehaltigen kohlenstoffarmen Stahles (Günzburg, Abb. 101) und Klingen mit lagendamastartigem Aufbau aus mindestens drei Schichten mit wechselndem Kohlenstoffgehalt (Ulm, Abb. 114–117) bis zu Klingen mit einer sichtbaren Gärstruktur von ca. 45 Schichten (Préty, Abb. 87 d.e). Die Anordnung der Schichten ist häufig annähernd parallel zur Schneidenebene, kann jedoch auch schräg dazu verlaufen (Saint-Germain-du-Plain, Abb. 102 u. 103). Ein Aufbau aus mehreren tordierten Bahnen oder angesetzte Schneidleisten lag bei keiner der untersuchten Klingen vor.

2.2.4 Die Schwertscheiden

Die Schwertscheiden bestehen, soweit sie erhalten sind, aus zwei entsprechend dem Klingenquerschnitt mit einem Längsknick versehenen Eisenblechen. Die beiden Scheidenhälften sind so ineinander gesteckt, dass die umgebördelten Ränder des breiteren Bleches das schmalere umfassen. Die Innenmaße der Scheiden sind exakt an die sich konisch verjüngenden Klingen angepasst, so dass kaum Spiel für organische Einlagen zwischen Scheide und Klinge bleibt. Die Seiten und die Kanten der Scheiden sind häufig mit längs laufenden Einfach-, Doppel- oder Dreifachlinien verziert.

2.2.4.1 Der Scheidenmund (offenes Ende der Scheide)

Das offene Ende der Scheide greift ohne aufgesetztes Scheidenmundblech präzise in den Heftauschnitt des Griffes (Eislingen/Fils Abb. 91 u. 92). An der Scheide des Schwertes aus Cannes-Écluse (Abb. 10; 11; 82 u. 83) wurden an den im Rahmen dieser Studie durchgeführten Röntgenaufnahmen verdeckt eingenietete Blechstreifen festgestellt, die die Scheide im Bereich der Scheidenaufhängung verstärkten. Möglicherweise stehen die Nietlöcher am Scheidenmund des Schwertes von Pettendorf-Kneiting bei Regensburg (Abb. 85) im selben Zusammenhang.

29 GENDRON et al. 1986, 39–54.

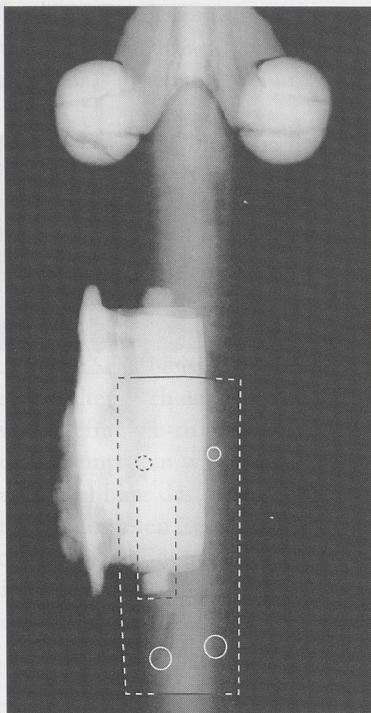


Abb. 10 Starres Beschläg des Schwertes aus Cannes-Écluse, Kat.-Nr. 2. Zur Arretierung der Scheide im Beschläg sind zwei kleine Eisenblöcke mit der Scheide verbunden. Der Untere sitzt auf einem ins Innere der Scheide eingenieteten Blech. Er musste zum Trennen von Scheide und Beschläg ins Innere der Scheide gedrückt werden können (siehe Abb. 11). Die Konturen des Bleches und der Nieten sind nachgezeichnet. Rekonstruierte Linien sind gestrichelt. Länge des Beschlägs 5,4 cm. M 3:4. Röntgenaufnahme: F. Douau/M. Pysan.

2.2.4.2 Die Aufhängevorrichtung (das Beschläg)

Wenige Zentimeter unterhalb des Scheidenmundes sind an mindestens 15 Exemplaren eigentümliche Vorrichtungen zur Aufhängung der Schwerter belegt, die in dieser Form nur an Knollenknaufschwertern auftreten. Sie sind in der Literatur unter der Bezeichnung „blockförmiges Beschläg“ eingeführt (vgl. Abb. 82; 83 u. 95–97).

Anhand der Verbindung zwischen Scheide und Beschläg lassen sich zwei Grundtypen unterscheiden:

2.2.4.2.1 Starre Beschläge, die den Mittelgrat der Scheide umfassen

Sie bestehen aus einer auf einer Grundplatte befestigten annähernd zylinderförmigen (Cannes-Écluse, Abb. 82 u. 83, Elchingen-Oberelchingen, Abb. 108) bzw. quaderförmigen (Cayla, Mailhac, Nr. 16, Abb. 93) Eisenzwinge. Die Innenseite der beiden Hälften dieser Zwingen ist dem Profil der Scheide angepasst und hält diese, den Mittelgrat umgreifend, fest.

In sie wird die Scheide von oben hineingeschoben, bis das Beschläg unter dem konisch erweiterten Scheidenmund festklemmt bzw. durch ein auf der Scheide fixiertes Anschlagsystem arretiert wird. Dieser Anschlag hat beim Eislinger Schwert (Abb. 91 u. 92) die Form eines auf die Scheide aufgenieteten Stabes, an dessen verdicktem Kopf das Beschläg gestoppt wird. Die Aussparung in der Mitte des Stabes (Abb. 92 a.b) diente vermutlich zur Aufnahme eines einsteckbaren Sicherungsstiftes. Ein anderes System hat das Schwert von Cannes-Écluse, bei dem zwei kleine Eisenblöcke oberhalb und unterhalb des Beschlägs mit der Scheide verbunden sind (Abb. 10 u. 11).

2.2.4.2.2 Scharnierbeschläge mit Stabsteckverschluss

(Saint-Germain-du-Plain, Abb. 102 u. 103, Villefranche-sur-Saône, Abb. 95–97, Kochelsee, Abb. 105, Chiemsee, Abb. 104, „Pont de l’Ouen“ bei Nantes, Abb. 110 u. 111) Sie bilden zusammen mit der Scheide einen dreieckigen Querschnitt mit profilierten Seiten. Bei ihnen sind sowohl auf der Scheide als auch im Beschläg mehrere gleich dimensionierte Eisenröhren (Scharniere) festgelötet.

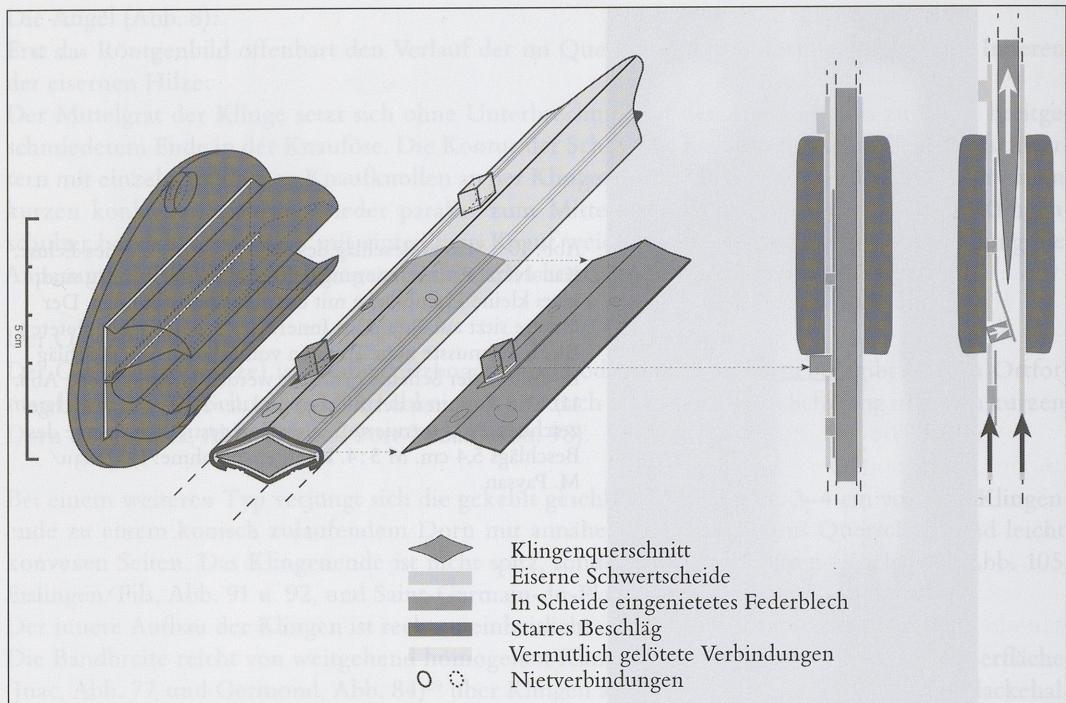


Abb. 11 Rekonstruktionsvorschlag zur Funktion des Beschlags am Schwert von Cannes-Écluse, Kat.-Nr. 2. Zum Trennen von Scheide und Beschläg musste das untere Klötzchen ins Innere der Scheide gedrückt werden können. Dies ist nur vorstellbar, wenn es am unteren Ende einer aus dem Blech ausgeschnittenen Federlasche sitzt, die allerdings im Röntgenbild (Abb. 10) nicht zu erkennen ist. Zeichnung: M. Paysan.

Die Scharniere sind so angeordnet, dass sie nach dem Zusammenfügen von Scheide und Beschläg einen zusammenhängenden Hohlkörper bilden, in den ein Stab hineingesteckt wird, der die beiden Teile sicher miteinander verbindet. In diesen Beschlägtyp wird die Scheide nicht von oben sondern seitlich eingeschoben und durch den Stift fixiert. An mehreren Exemplaren erhaltene Reste von Befestigungsmitteln belegen, dass die Grundplatten beider Beschlägtypen fest auf größeren Gegenständen montiert waren, für deren Aussehen jedoch kaum Anhaltspunkte gegeben sind. DRIEHAUS schlägt einen Gürtel, einen Sattel oder auch einen Streitwagen als Möglichkeit vor.³⁰ Die weitverbreitete Trageweise mit einem Wehrgehänge an der Hüfte erscheint durch die senkrecht zur Schneidenebene angeordnete Grundplatte ausgeschlossen.³¹ Ein kleiner Anhaltspunkt für die Form dieses Trägers besteht in der Flachheit der Grundplatten und der Beobachtung, dass die Ebene, in der die Grundplatten liegen, von den ausladenden Teilen der Griffe geschnitten wird. Daher kann die Montage der Beschläge nur am Rand eines zumindest im Bereich der Montagefläche flachen Gegenstandes lokalisiert werden. Das Material dieses Gegenstandes scheint nicht einheitlich gewesen zu sein: Kupferlotreste auf der Grundplatte des zum Schwert aus dem Chiemsee gehörenden Beschläges belegen die Montage auf einem Metallgegenstand.³²

An dem bisher unpublizierten Schwert aus Villefranche-sur-Saône (Abb. 95–97) sind auf der Grundplatte des Beschlägs Niete vorhanden, an deren Enden noch Arretierungsringchen erhalten sind. Dies deutet auf ein ca. 3 mm starkes organisches Trägermaterial wie z. B. Leder hin (Metall dieser Stärke wäre bei dem hervorragenden Zustand des übrigen Schwertes erhalten geblieben).

30 J. DRIEHAUS in: KRÄMER 1962, 124.

31 TAFFANEL/TAFFANEL 1980, 2.

32 J. DRIEHAUS in: KRÄMER 1962, 123 f.

Auf Holz als Träger deuten möglicherweise die aus der Grundplatte des Exemplars aus Saint-Germain-du-Plain (Abb. 102 u. 103) herausragenden zugespitzten Eisenstifte hin, wobei nicht auszuschließen ist, dass es sich hierbei um abkorrodierte bzw. verschliffene Niete handelt.³³

2.2.4.3 Der Ort (das geschlossene Ende) der Scheide

Es sind nur drei Schwertscheiden bekannt, deren unteres, geschlossenes Ende (der Ort) erhalten ist. Die Scheiden enden abrupt, wie rechtwinklig abgeschnitten, ohne verziertes Ortband.

Durch Röntgenuntersuchungen wurde festgestellt, dass an Knollenknaufschwertern zwei unterschiedliche Arten des Ortverschlusses auftreten:

Die Scheide des Eislinger Schwertes wird durch ein zwischen die Scheidenbleche eingelötetes Eisenstück abgeschlossen, das nur geringfügig über die gerade abgeschnittenen Scheidenbleche herausragt. Im Inneren der Scheide ist das ‚Ortband‘ zur Aufnahme der Schwertspitze V-förmig aufgespalten.³⁴ Ein zweiter bisher noch unpublizierter Typ hat sich an den Exemplaren aus Cannes-Écluse (Abb. 82 u. 83) und Villefranche-sur-Saône (Abb. 95–97) erhalten:

Bei beiden Exemplaren wird die Scheide lediglich durch eine umgebogene Lasche des schmaleren (Cannes-Écluse) bzw. des breiteren (Villefranche-sur-Saône) Blechstreifens verschlossen.

Am Ort (geschlossenen Ende) der Scheide von Cannes-Écluse ist eine Verbindung der beiden Scheidenbleche mit zwei dünnen Nieten zu erkennen, die einen Hohlraum von ca. 4 mm überbrücken. Diese einfache Art des Scheidenabschlusses ohne separat hergestelltes Ortband liefert einen Hinweis zur absoluten Datierung dieses seltenen Schwerttyps (siehe Kap. 5.4.3.2).

3. Untersuchung der Herstellungstechnik von Knollenknaufschwertern

3.1 Röntgenuntersuchungen

Bei der Röntgenuntersuchung von Knollenknaufschwertern bestehen durch die großen Unterschiede in der Materialstärke zwischen Klinge und Griff sowie innerhalb des Griffes Probleme, alle Bereiche des Schwertes mit ausreichender Qualität auf einer Aufnahme abzubilden. Größere Dickenbereiche lassen sich sowohl durch eine Steigerung der Spannung als auch durch eine Aufhärtung der Strahlen mit Filtern abbilden (Abb. 98 d u. j).³⁵ Der Anwendung höherer Spannungen bzw. dickerer Filter sind durch die maximale Leistung der verwendeten Röntgenröhre Grenzen gesetzt. Mit der Röntgenanlage des WLM ließen sich für die Aufnahmen von Klinge und Scheide (Abb. 92 c.d) gute Ergebnisse erzielen, wenn 1,5 mm Aluminium und 0,5 mm Kupferblech als Filter verwendet wurden, während sich für den Bereich der Griffe die Filterung mit 1,5 mm Aluminium und 2 mm Kupferblech eignete (Abb. 101 d). Als Filmmaterial bewährten sich die Filme Agfa Structurix D4 Pb und D7 Pb Vacupac, die durch ihre eng anliegende dünne Bleischicht eine verbesserte Randschärfe und sehr gute Detailerkennbarkeit zeigten.

Die Aufnahmen am WLM wurden mit maximaler Strahlerleistung (145–150 KeV) und 140 cm Film-Fokus-Abstand (FFA) durchgeführt. Der große FFA bringt zwar lange Belichtungszeiten mit sich, verbessert jedoch die Detailzeichnung der Aufnahmen, da durch den vergrößerten Abstand die von der Größe des Brennfleckes abhängige geometrische Unschärfe verringert wird und weiche Strahlenanteile ausgefiltert werden.

³³ Weitere Exemplare mit Nieten: Cannes-Écluse, Elchingen-Oberelchingen (WEHRBERGER/WIELAND 1999, 238), Kochelsee (bisher nicht mit Abbildungen publiziert), ‚Pont de l’Ouen‘ bei Nantes. Nietlöcher waren am Beschläg des Ulmer Schwertes vorhanden. Bei den Beschlägen aus Mailhac kann die Art der Befestigung anhand der Publikation nicht festgestellt werden. Niete oder Nietlöcher hätten jedoch auf den Röntgenaufnahmen erkennbar sein müssen.

³⁴ KRÄMER 1962, 111; TAFFANEL/TAFFANEL 1980, 2.

³⁵ DRIEHAUS 1968, 48–51.

Versuche, die Dickenunterschiede der Griffe durch Einbetten in feines Eisengranulat (Sandstrahlmittel: Hartgusskies kantig Körnung 0,16–0,30 mm) auszugleichen, brachten eine deutliche Steigerung des abbildbaren Dickenbereiches, ohne die Maximaldicke des durchstrahlten Materials zu erhöhen, wie es beim Einsatz von Blechfiltern geschieht. Die Verwendung einer ca. 3 cm dicken Schicht Hartgusskies macht es möglich, bei einer Spannung von 150 KeV einen Dickenbereich von ca. 0,3 bis 3 cm auf einem Röntgenfilm abzubilden.

Die Verwendung von Eisengranulat führt zu einer deutlichen Körnigkeit der Aufnahmen und einer verminderten Bildgüte. Erst spätere Versuche mit Zinkgrieß mit Korngrößen unter 0,315 mm ermöglichen Aufnahmen desselben Dickenbereiches mit hervorragender Bildgüte (Abb. 118 d).

Bei der Untersuchung des Eislinger Schwertes wurde durch Einbettung in Hartgusskies eine Fließung der Hilze erkannt, die zur Hälfte vom massiven Knauf überdeckt wird (Abb. 12).

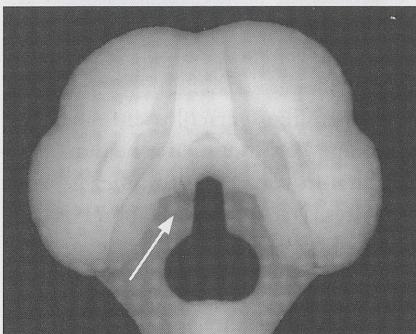


Abb. 12 Knaufbereich des Schwertes aus Eislingen/Fils, Kat.-Nr. 5. Belichtung mit 4–5 mA, 145–150 KeV, 45 min., FFA 140 cm. Film: D7 PB. Der Griff wurde in eine ca. 3 cm dicke Schicht Hartgusskies kantig der Körnung 0,16–0,30 mm eingebettet, um sowohl im Bereich der Hilze als auch im Bereich des Knaufes konstruktive Details darzustellen. M 3:4. Röntgenaufnahme: M. Paysan.

Oberhalb der Knauföse befand sich während der Herstellung ein rundes Loch, das noch vor der Montage des Knaufes mit Hilfe einer eingesetzten Eisenplombe verschmiedet wurde; zwischen Knaufzunge und Knauf wurden zwei Eisenstreifen eingelegt.

Beide Details deuten darauf hin, dass der Griff ursprünglich größer war und noch während der Herstellung verkleinert wurde. Wegen der Körnigkeit der Aufnahmen mit Hartgusskies wurde es im weiteren Verlauf der Untersuchungen vorgezogen für unterschiedliche Dickenbereiche separate höher auflösende Aufnahmen mit optimierten Belichtungsparametern durchzuführen. So wurde an einer schwach belichteten Aufnahme des Lengenfelder Schwertes festgestellt, dass die Knauföse nicht rund ist, sondern einen Fortsatz hat, der noch freizulegen ist (Abb. 89 d),³⁶ während dieses Detail auf stärker belichteten Aufnahmen, welche die innere Struktur des Knaufes zeigen, völlig überstrahlt ist (Abb. 89 e).³⁷

Auf Anregung des Autors wurden folgende Schwerter geröntgt: Chalon-sur-Saône (Abb. 79); Sivry (Gde. Saint-Prix-les Arnay; Côte-d'Or) (Abb. 100); Port-Nidau (Abb. 98); drei Knollenknaufschwerter des Musée Dobrée Nantes (Abb. 109–112).

Vom Autor wurden folgende Schwerter geröntgt: Lengenfeld, Abb. 89; Eislingen/Fils, Abb. 91/92; Ulm (Abb. 88); Günzburg (Abb. 101) (in der Restaurierungswerkstatt des WLM); Cannes-Écluse (Abb. 82 u. 83) in der Restaurierungswerkstatt des M.A.N.

3.2 Computertomographische Untersuchungen an Knollenknaufschwertern

Bei der 1998 vom Autor durchgeführten Röntgenuntersuchung des Knollenknaufschwertes aus Günzburg (Abb. 101) ließ sich anhand der Aufnahmen des flach liegenden Griffes eine bis dahin un-

36 Belichtung mit 4 mA, 145–150 KeV, 3 min. FFA 140 cm, Filterung mit 1,5 mm Aluminium und 2 mm Kupferblech. Eine Heftknolle ist ergänzt und die Knauföse ist nicht vollständig freigeschliffen.

37 Belichtung mit 5 mA, 145–150 KeV, 25 min. FFA 140 cm. Griff eingebettet in Hartgusskies kantig Körnung 0,16–0,30 mm mit einer Schichtdicke von ca. 2,5 cm, ohne Blechfilter. Die Konstruktion der Knaufbefestigung ist erkennbar.

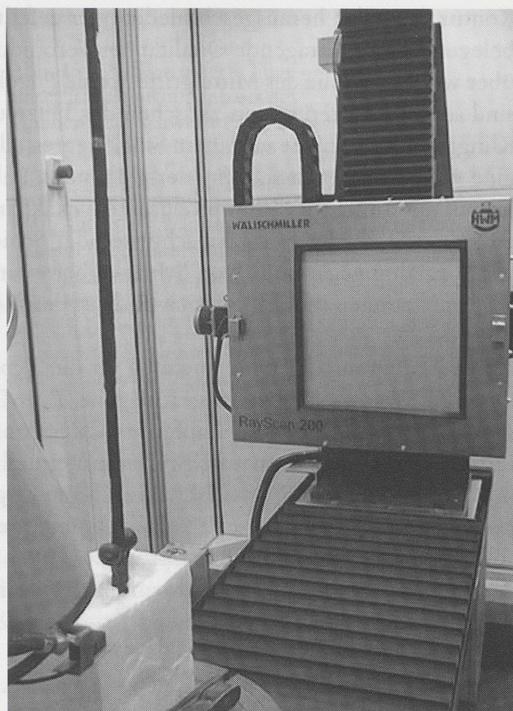
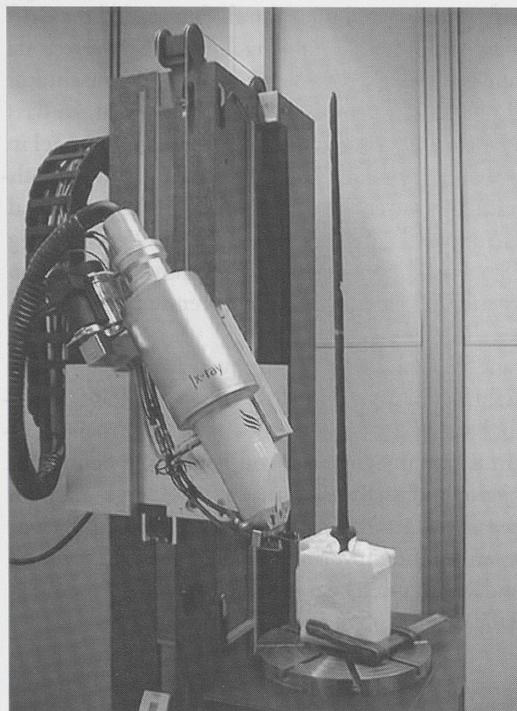


Abb. 13 u. 14 Der Computertomograph der FH Aalen, Arge Metallguss bei der Untersuchung des Knollenknaufschwertes aus Ulm, Kat.-Nr. 25. Gesamtlänge des Schwertes 96 cm. Abb. 13 (links) die Mikrofocus Röntgenröhre; Abb. 14 (rechts) der Flächendetektor. Aufnahmen: M. Paysan.

bekannte Befestigungstechnik der Heftknollen mit separaten eingesetzten Zapfen feststellen. Anhand der Röntgenaufnahme ließ sich die dreidimensionale Ausdehnung der Zapfen jedoch noch nicht beurteilen, sodass in der Publikation eine „Bohrung (?)“ im Schwert vorgeschlagen wurde.³⁸ R.-D. BLUMER ermöglichte durch seine Vermittlung eine Untersuchung des Griffes dieses Schwertes (Abb. 101 d-i) und der Klinge des Schwertes aus Ulm (Abb. 88j u. k) im Computertomographen der Fachhochschule Aalen, Arbeitsgemeinschaft Metallguss. Die Untersuchungen wurden von Frau Dr. Ing. I. PFEIFER-SCHÄLLER und Herrn Dipl. Ing. (FH) S. TOMASCHKO durchgeführt.

Der für die Untersuchung feiner Dichteunterschiede ausgelegte Wälischmiller RayScan 200 Computertomograph ist mit einer 225 KeV Mikrofocus-Röntgenröhre, einem hochpräzisen Granitmanipulator und einem Flächendetektor ausgestattet. Das Untersuchungsobjekt befindet sich dazwischen auf einem Drehteller und wird im Laufe eines Aufnahmeyzyklus in 300–1200 Einzelschritten einmal um seine Achse gedreht. Bei jedem Einzelschritt wird ein digitales Röntgenbild aufgezeichnet, das simultan zur Aufnahme in eine dreidimensionale Punktewolke umgerechnet wird, die direkt nach Abschluss der Aufnahme ausgewertet werden kann (Abb. 13 u. 14).

3.2.1 CT-Untersuchung des Knollenknaufschwertes aus Günzburg

Die Querschnittsbilder durch den Griff des Günzburger Schwertes zeigen, dass die Heftzapfen einen dreieckigen Querschnitt haben, der die Kontur der Hilzenoberfläche fortführt (Abb. 101 d-i). Nach Auswertung der Querschnitte in unterschiedlichen Richtungen lässt sich belegen, dass die Aussparungen im Griff somit nicht gebohrt, sondern schwabenschwanzförmig aus der seitlichen

38 WISCHENBARTH 1999, 66; 79 Taf. 9.

Kontur der Hilze herausgeschmiedet oder gefeilt sind. Die Querschnitte durch den restlichen Griff belegen die hervorragende Qualität der Verbindung zwischen Hilze und Angel dieses Schwertes, da über weite Bereiche des Mittelgriffes keine Fügelinien sichtbar sind. Im Bereich der Klingenschulter sind schwache Trennfugen zwischen der Hilze und der rautenförmigen Klinge erkennbar, so dass Klinge und Griff nicht aus einem Stück hergestellt sein können. Vermutlich wurde die kalte Angel in eine vorgefertigte Aussparung der glühenden Hilze hineingetrieben, so dass die Hilze beim Abkühlen auf die Angel aufschrumpfte und sich exakt an deren Konturen anpasste.³⁹ In den CT-Daten sind an keiner Stelle der Hilze Einschlüsse oder Schichtstrukturen sichtbar. Dies zeigt die Verwendung von sorgfältig gegärbttem (von Schlacke befreitem) Stahl an (streifige Gärbstrukturen sind dagegen an Abplatzungen im Griffbereich und auf den Röntgenbildern der Klinge zu erkennen).

3.2.1.1 Bedeutung der Untersuchung für die Typologie der Knollenknaufschwerter

Der von WISCHENBARTH vorgeschlagene Typ ‚Günzburg‘ lässt sich nun technisch eindeutiger beschreiben, da die Form der Zapfen im Querschnitt bekannt ist.⁴⁰ GENDRON et al. schlügen eine Unterteilung der Knollenknaufschwerter mit einteiligem Knauf in Schwerter mit Angel und Schwerter mit Griffzunge vor.⁴¹ Die CT-Untersuchung zeigte jedoch, dass Knollenknaufschwerter, bei denen im Röntgenbild der Breitseite keine Angel (Chiemsee, Abb. 104) zu sehen ist,⁴² durchaus mit einer solchen ausgestattet sein können. Aufgrund der eng anliegenden Verbindung und der Anordnung der Fügelinien schräg zur Strahlenrichtung kann es vorkommen, dass die Kontur der Angel im Röntgenbild nicht sichtbar ist.

3.2.2 CT-Untersuchung der Klinge des Schwertes aus Ulm

An der Klinge des Ulmer Knollenknaufschwertes wurden durch die metallographische Untersuchung eines Oberflächenstreifens wechselnde Schichten mit unterschiedlichem Kohlenstoffgehalt festgestellt (siehe Kap. 3.3).

Angeregt durch A. VIGNERONS Publikation computertomographischer Untersuchungen frühmittelalterlicher damasziertter Schwerter wurde versucht, den Verlauf dieser Schichten im Inneren der Klinge mit Hilfe der Computertomographie zu klären.⁴³ Zwei Bereiche der Klinge von jeweils mehreren Zentimetern Länge wurden untersucht:

1. im Bereich einer offenen Schweißfuge in der Nähe des Heftes (Abb. 15, 88j u. k) und
2. im Bereich einer großen Scharte oberhalb der metallographisch untersuchten Zone (Abb. 13).

Beide Male ließen sich kompakte metallische Bereiche gut von Korrosionsprodukten und feinen Rissen unterscheiden. Es war jedoch – abgesehen von der offenen Schweißfuge in der Nähe des Heftes – nicht möglich, innerhalb der metallischen Klinge den Verlauf der Schichten mit unterschiedlichem Kohlenstoffgehalt zu verfolgen.

Beim momentanen technischen Stand war es ebenso nicht möglich, die minimalen Dichteunterschiede zwischen den Schichten mit 0,16 bis 0,48% Kohlenstoff sicher von Artefakten (Helligkeitsunterschiede durch Streustrahlungseffekte) zu unterscheiden.

Wie die metallographische Untersuchung zeigte, sind die Schichten der Klinge im Allgemeinen hervorragend miteinander verschweißt, so dass die Fügef lächen nicht durch Schlackeeinschlüsse oder feine Fugen in Erscheinung treten (vgl. Abb. 101 i, Risse in den Heftknollen sind erkennbar; Abb. 88j u. k).

Zur Kontrolle wurde ein Schnitzmesser aus Rennfeuereisen mit bekanntem Schichtaufbau untersucht. Es besteht aus einer kohlenstoffreichen harten (582 Hv 1) Mittelschicht und zwei kohlenstoffarmen

39 Frdl. Hinweis der Herren R.-D. BLUMER und S. TOMASCHKO.

40 WISCHENBARTH 2001, 101.

41 GENDRON et al. 1986, 54.

42 KRÄMER 1962, Taf. II.

43 VIGNERON 1999, 305–309.

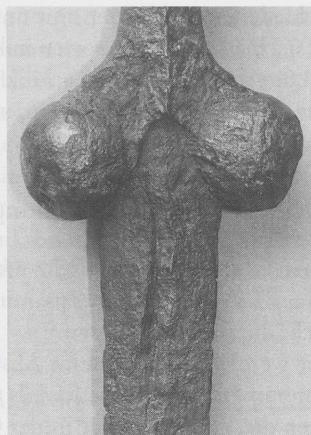


Abb. 15 Aufkorrodierte Fuge unterhalb der Klingenbasis des Knollenknaufschwertes aus Ulm, Kat.-Nr. 25. Der Verlauf der offenen Fuge sowie feine Risse werden im CT-Schnitt deutlich dargestellt (Abb. 88j u. k), während die minimalen Dichteunterschiede zwischen den annähernd waagerecht liegenden Damastschichten im unkorrodierten Bereich der Klinge nicht unterschieden werden können.

M 2:3. Foto: M. Paysan.

weichen (140 Hv 1) Deckschichten. Das Ausgangsmaterial der drei Schichten ist im Rennfeuerofen reduziertes Eisen, das durch Gärbung (mehrliches Ausschmieden, Falten und Feuerverschweißen) von Verunreinigungen befreit wurde. Die Untersuchung im Computertomographen ergab, dass die Unregelmäßigkeiten der beim Gärben verschweißten Flächen unterhalb der Auflösungsgrenze der Anlage liegen, während ein kleiner unverschweißter Bereich zwischen der Mittelschicht und der Deckschicht erfasst wurde.⁴⁴

Dieser Versuch zeigte, dass bei unkorrodierten bzw. nur oberflächlich korrodierten damaszierten Klingen mit sehr gut verschweißten Schichten im CT nur relativ wenige Informationen über den inneren Aufbau zu gewinnen sind. Geeigneter erscheinen bodengelagerte Damastklingen, da sie meist stärker korrodiert sind als die häufig in Gewässern gefundenen Knollenknaufschwerter.⁴⁵ Unabhängig vom Grad der Korrosion lassen sich mechanisch verbundene Teile wie die Heft- und Knaufkonstruktion des Schwertes aus Günzburg sehr gut mit Hilfe der Computertomographie darstellen. Weitere mögliche Einsatzgebiete der Computertomographie in Archäologie und Restaurierung siehe Anhang 5.

3.3 Metallographische Untersuchung der Klinge des Schwertes aus der Donau bei der Gänstorbrücke in Ulm

Ziel der Untersuchung war es, Auskunft über die Herstellungstechnik der Klinge dieses Schwertes zu erhalten.

An mehreren Knollenknaufschwertern⁴⁶ sind an der Oberfläche oder im Röntgenbild Schichtstrukturen erkennbar, die zur Rekonstruktion der Herstellungstechnik nutzbar sind (Abb. 87). Angesichts dieser Strukturen stellte sich die Frage, ob es sich um Schweißeisen aus einheitlichem Material oder

44 Das Schnitzmesser wurde im September 2000 von Geigenbaumeister K. STOLL, Haldenwang, aus selbst reduziertem Eisen geschmiedet. Die Verhüttungstechnik, der Gärvgang und die Herstellung des Schnitzmessers sind auf Video festgehalten.

45 Bei der Herstellung von damaszierten Klingen werden häufig bewusst unterschiedlich korrosionsempfindliche Stähle verwendet, um die innere Struktur der Klinge durch eine Ätzung der Oberfläche sichtbar machen zu können. Wie bei der keltischen Ätzung, die an keltischen Schwertern ab dem 2. Jh vor Chr. belegt ist (Wyss, 1974, 106–108), schreitet auch im Boden die Korrosion der Klingensteinanteile unterschiedlich schnell voran, so dass in günstigen Fällen die im CT gut darstellbare Verteilung korrodiert und metallischer Klingensteinanteile dem konstruktiven Aufbau der Klinge entspricht. Nach Dr. S. MÄDER wurden viele der im Erdreich stark reliefiert korrodierenden wurbelbunten Klingen des Mittelalters bei ihrer Herstellung nicht geätzt. Im Gegensatz zur verbreiteten Lehrmeinung wurden bei ihnen die Muster der kombinierten Stahlsorten mit Hilfe einer präzisen Oberflächenpolitur sichtbar gemacht. MÄDER 2001.

46 Prény, Eislingen/Fils, Lengenfeld, Port-Nidau, Chiemsee, Chalon-sur-Saône und andere.

möglicherweise um Schweißverbundstahl aus verschiedenen Stahlsorten mit unterschiedlichen Eigenschaften (Damast) handelt. Die Verwendung unterschiedlicher Stahlsorten in keltischen Klingen tritt während der gesamten Eisenzeit auf,⁴⁷ während die Schweißdamast-Technik zum Erzielen von Mustern bei keltischen Schwertern erst ab dem Ende des 2. Jahrhundert v. Chr. mehrfach belegt ist.

3.3.1 Allgemeines zur Probennahme für metallographische Untersuchungen

Die meistangewendete Methode, an Klingen Proben für metallographische Untersuchungen zu entnehmen, besteht darin, einen Keil aus der Klinge auszusägen. Um den Zusammenhalt der Klinge zu erhalten, darf die Klinge bei der Probennahme nicht durchtrennt werden.⁴⁸

Soll der gesamte Querschnitt der Klinge untersucht werden, so können im Abstand von wenigen Zentimeter von beiden Schmalseiten her Proben genommen werden, die jeweils über die Mitte der Klinge hinausgehen. Nach der Untersuchung können die Proben wieder in das Objekt eingeklebt werden. Solche Probenahmen sind jedoch immer mit Materialverlust verbunden, der sich aus der Dicke der Sägeschnitte und dem Abtrag beim Planschleifen des Querschnittes ergibt.

3.3.2 Auswahl des zu untersuchenden Bereiches

In Anbetracht der Seltenheit der Knollenknaufschwerter sollte der Eingriff in die Originalsubstanz des Schwertes so gering wie möglich bleiben, so dass gegen einen Sägeschnitt entschieden wurde. Infolgedessen wurde in Absprache mit dem für das Schwert zuständigen Konservator K. WEHRBERGER vom Ulmer Museum die Präparation eines Oberflächenstreifens von ca. 1 cm Breite von Schneide zu Schneide auf einer Klingenseite beschlossen. Die beiden Seiten des Griffes sind unterschiedlich erhalten, so dass für die Oberflächenpräparation die Seite gewählt wurde, auf welcher der Griff stärker beschädigt ist. Im Bereich der korrodierten Spitze (Ort) der Klinge ist auf den Röntgenbildern (Breit- und Schmalseite) und an der Oberfläche des Originals zu erkennen, dass die Klinge aus mehreren Schichten besteht, die annähernd parallel zur Schneidenebene liegen (Abb. 88 g.l.m). Anhand der Röntgenbilder der Klinge wurden über die gesamte Länge des Klingenblattes verteilt schwache streifige Längsstrukturen erkannt, die mehrfach unterbrochen sind. Sie verlaufen mit leichter Welligkeit parallel zum Mittelgrat der Klinge. Ihr Verlauf deutet darauf hin, dass die Anordnung der Schichten über die Länge der Klinge weitgehend einheitlich bleibt. Aufgrund dieses Befundes wurde im Abstand von 36,3–37,2 cm zu den Heftknollen ein Bereich mit gut erhaltener Oberfläche für die Präparation ausgewählt (Abb. 114).

3.3.3 Wahl der Untersuchungsmethode

Für die Untersuchung des Ätzbildes wurde eine bauteilmetallographische Untersuchungsmethode gewählt, die üblicherweise an großen Objekten angewendet wird, die nicht zersägt werden können. Bei dieser Methode wird ein Bereich der Oberfläche des Untersuchungsobjektes vor Ort geschliffen, poliert und geätzt. Die eigentliche Probennahme findet mit Hilfe von Kunststofffolien⁴⁹ statt, die auf die präparierte Metallocberfläche gedrückt werden. Um die feinen Strukturen des geätzten Schliffbildes abformen zu können, werden die Folien vor dem Aufbringen auf den Schliff mit einem Lösemittel angequollen.

47 Schriftliche Mitteilung von A. RAPIN, IRRAP, F-Compiègne (2. Mai 2001).

48 WESTPHAL 1995, 96; HORSTMANN 1995, 111 f.

49 Celluloseacetatfolie von 20 µm Stärke.

Die so gewonnenen Proben werden mit einer dünnen Schicht Gold bedampft und können dann wie eingebettete Querschnitte unter dem Lichtmikroskop oder im Rasterelektronenmikroskop bezüglich des Schliffbildes untersucht werden. Eingeschränkt wird die Untersuchung nur dadurch, dass die Korngrenzen zwischen den Ferritkörnern schlechter zu sehen sind als am Original, und dass im Rasterelektronenmikroskop keine Materialuntersuchungen mit der Mikrosonde durchgeführt werden können, die jedoch bei archäologischem Eisen nur wenige Informationen liefern.

Aufgrund des kleinen Klingenquerschnittes war es möglich, einige Zonen des präparierten Bereiches unter dem Lichtmikroskop am Original zu untersuchen und mit Abstrichen im Bereich der Schärfentiefe zu fotografieren. Soweit als möglich sollten Härtemessungen nach Vickers vorgenommen werden.

3.3.4 Durchführung der metallographischen Untersuchung der Klinge des Knollenknaufschwertes aus der Donau in Ulm (Gänstorbrücke)

Die Präparation der Oberfläche und die anschließende metallographische Untersuchung mit Auswertung erfolgte in der metallographischen Abteilung des Max-Planck-Institutes für Metallforschung in Stuttgart unter Anleitung von H. Opielka und B. Fenk.

3.3.4.1 Präparation des Oberflächenstreifens (Abb. 16–22)

Beim Schleifen von Oberflächen für metallographische Untersuchungen ist es notwendig, Schleifmittel mit definierter Korngröße zu verwenden. Für bauteilmallographische Schliffe werden häufig kleine Tellerschleifer mit aufgeklebten Schleifscheiben eingesetzt, die jedoch aufgrund der relativ starren Teller für die Präparation der leicht gekehlten Seiten der Schwertklinge nicht verwendbar waren. Hierfür eignen sich Schleifkörper mit einer außen liegenden Schleiffläche besser. Da für die meisten in der Restaurierung für Feinschliff und Politur verwendeten Gummischeiben über die verwendeten Korngrößen keine Angaben vorlagen, wurde spezielles Schleifpapier für metallographische Zwecke verwendet, das üblicherweise auf Planschleifmaschinen eingesetzt wird. Für den Schliff wurde Siliciumcarbid-Papier der Körnungen 320, 400, 500 und 1000 verwendet. Dazu wurden jeweils 2 cm breite und ca. 15–20 cm lange Streifen hergestellt und auf stabförmige geschlitzte Schleifpapierhalter aufgewickelt (Abb. 17). Da das Schleifpapier recht steif ist und sich leicht abrollt, wurde das äußere Ende vor der Montage eng aufgewickelt und auf der Rückseite mit 15 mm breitem Tesa Doppelklebeband 5338 beklebt, so dass die Schleifpapierröllchen sich nicht abwickeln konnten. Beim Schleifen erwiesen sich gerissene Papierstreifen günstiger als geschnittene, da sie weichere Kanten haben und damit Schleifkörper mit abgerundeten Enden hergestellt werden konnten. Zur Verhinderung von Reibungshitze wurden die Schleifzylinder mit Kerzenwachs eingerieben.

Vor Beginn der Schleifarbeiten wurde beiderseits des zu präparierenden Streifens je ein Tesafilmstreifen auf die alte Lackschicht geklebt, um beim Schleifen saubere Kanten zu erzielen. Die Klebestreifen wurden ersetzt sobald ihre Kanten verschliffen waren (Abb. 18).

Beim Schleifen in der Nähe der Schneiden wurde die Drehrichtung des Handstückes so gewählt, dass der Schleifkörper zur Klingenmitte gezogen wurde damit er sich nicht an der Schneide verhakte und sie beschädigte. Beim Wechsel der Drehrichtung wurden die Schleifröllchen vom Halter gezogen und gewendet, da sie sich sonst abgewickelt hätten. Zum Abbau der Verformungen im Metallgefüge, die beim Schleifen entstehen, wurde mit jeder Körnung die Oberfläche jeweils zweimal so lange in wechselnder Richtung überschliffen, bis unter dem Binokular nur noch Schleifspuren der letzten Schliffrichtung erkennbar waren. Bei jedem Wechsel der Körnung wurden die seitlichen Tesafilmstreifen entfernt und die geschliffene Fläche mit Aceton gereinigt, damit keine Schleifkörper der größeren Körnung die Feinheit des nächsten Schleifgangs beeinflussten.

Die Oxidschicht wurde nur soweit abgeschliffen, bis ein ununterbrochener metallischer Streifen von Schneide zu Schneide frei lag (Abb. 117). Nach dem Schliff mit 1000er Körnung wurde die präpa-

rierte Oberfläche mit Folie abgeformt und anhand des Abdruckes im Lichtmikroskop auf Kratzer überprüft (Abb. 19). Im Anschluss wurde mit Diamantpaste⁵⁰ der Körnungen 6 µm, 3 µm und 1 µm poliert. Bei den Körnungen 6 µm und 3 µm wurde zuerst mit einem Filzkegel und anschließend mit einem weichen Baumwollbürstchen als Träger poliert. Bei der 1 µm Stufe wurde nur das Baumwollbürstchen verwendet. Die Träger wurden mit Seifenlösung⁵¹ benetzt und mit einem 2–3 mm langen Streifen des Poliermittels eingerieben. Für jede Polierstufe wurden neue Träger verwendet (Abb. 20).

3.3.4.2 Ätzung der präparierten Oberfläche

Zur Sichtbarmachung des Kohlenstoffgefüges wurde mit Nital 2,5% (2,5% konz. HNO₃ in Ethanol) geätzt. Auf eine Ätzung nach Oberhoffer, die die Verteilung des Phosphorgehaltes im Gefüge anzeigt, wurde verzichtet, um sicherzugehen, dass keine korrosiven Chloride auf dem Schwert zurückbleiben, da nur eingeschränkt gewässert werden konnte. Zum Schutz der angrenzenden Bereiche vor ablaufender Säure wurde die Unterseite der Klinge mit Vaseline eingerieben. Seitlich des präparierten Streifens wurde keine Vaseline verwendet, da möglicherweise Spuren von gelöster Vaseline das Ätzbild verschleiert hätten. Stattdessen wurden rund um den Ätzbereich Wülste aus Panasil⁵² Abformmasse aufgebracht (Abb. 21).

Ablauf der Ätzung: Die Säure wurde unter Beobachtung mit einem Pinsel auf der Probefläche verteilt. Abfließendes Nital wurde regelmäßig ersetzt, damit keine Trockenflecken entstanden. Nach 50 Sekunden zeigte eine Veränderung des Glanzes auf der Metalloberfläche an, dass die Ätzung beendbar war.

Nun wurde die Probefläche zügig mit Ethanol abgespült, um die Säure soweit wie möglich zu verdünnen. Anschließend wurden die Panasilwülste entfernt, um möglicherweise unter das Panasil gekrochene Säure mit abwaschen zu können.

Nach einer weiteren großflächigeren Spülung mit Ethanol wurde die geätzte Fläche mit 0,125%-iger Ammoniaklösung in destilliertem Wasser abgepinselt, um Reste der Säure zu neutralisieren. Nun folgte eine Spülung mit destilliertem Wasser, um die dabei entstandenen wasserlöslichen Salze zu entfernen. Zum Abschluss wurde wieder mit Ethanol gespült und mit einem Haarfön getrocknet.

3.3.4.3 Abformung des Ätzbildes

Zur Untersuchung der geätzten Strukturen wurde die Probefläche mit Celluloseacetatfolie⁵³ von 20 µm Stärke abgeformt. Dazu wird die Probefläche mit einigen Tropfen Aceton benetzt. Während des Auflegens erweicht die Folie und schmiegt sich präzise an die Oberfläche an. Bei flachen Proben muss die Folie mit Klebestreifen fixiert werden, damit sie sich nicht durch die beim Trocknen entstehenden Spannungen abhebt. Bei der Abformung der Klingenoberfläche klappten die Folienenden um die Schneiden herum und sicherten sich selbst. Durch das geschwungene Profil der Klinge war es notwendig, etwas mehr Aceton als üblich zu verwenden, so dass im Hintergrund der Folie Gasblasen entstanden, die jedoch die Abdruckgenauigkeit nicht beeinträchtigten (Abb. 23).

Nach einer Trocknungszeit von wenigen Minuten wurde auf die Rückseite der Folie doppelseitiges Klebeband aufgebracht, um den Abdruck nach der Abnahme von der Klinge und dem Beschneiden der Ränder möglichst plan auf einen Objektträger aufkleben zu können. Zur Sicherheit wurden fünf Abdrücke angefertigt, da in den ersten Abdrücken meist noch Verschmutzungen enthalten sind.

50 Sommer, Diamantpaste Color, monokristalliner Diamant, wasserlöslich.

51 Mischung aus ca. ½ destilliertes Wasser, ca. ¼ Ethanol und maximal 2% Neutralseife.

52 Panasil light body 11401 (Dental Abformmasse auf Vinylpolysiloxanbasis). Dieses Produkt ist nicht mehr im Handel erhältlich. Es eignen sich jedoch auch Nachfolgeprodukte.

53 Der Handelsname der verwendeten Folie lautet: Triafol. Dieses Produkt ist nicht mehr im Handel erhältlich. Es eignen sich jedoch auch andere Celluloseacetatfolien von 20 µ Stärke.

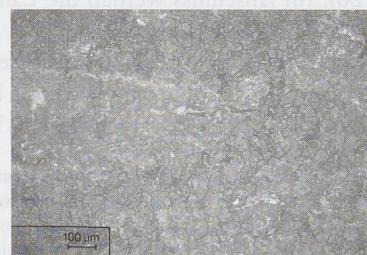
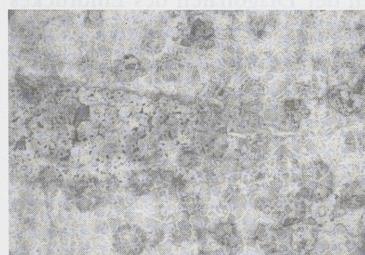
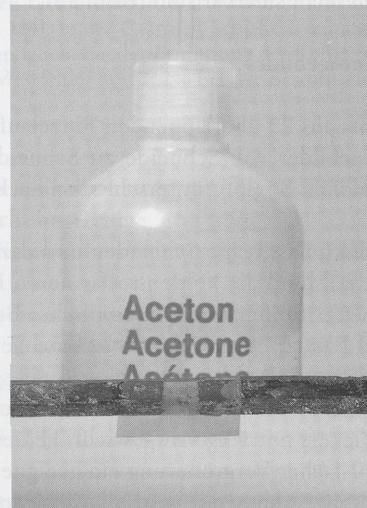
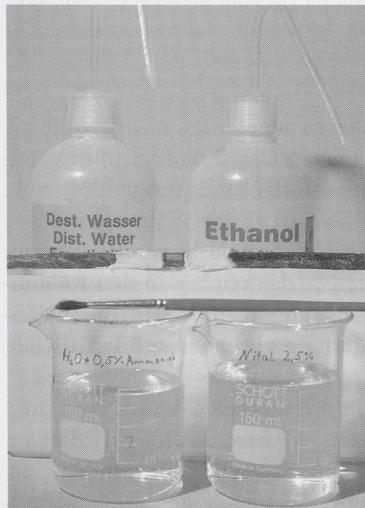
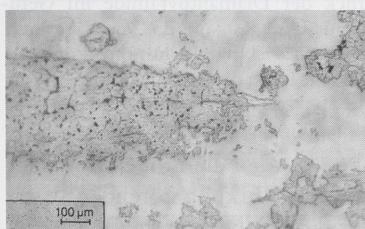
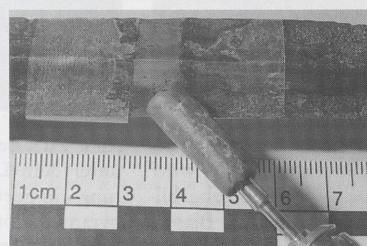
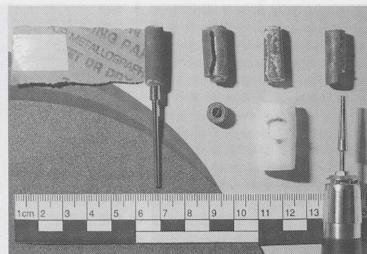
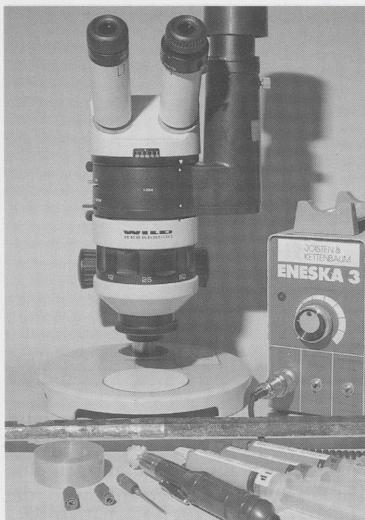


Abb. 16 Werkzeuge für Schliff und Politur des präparierten Oberflächenbereiches der Klinge des Knollenknaufschwertes aus Ulm, Kat.-Nr. 25.

Abb. 17 Anfertigung der Schleifkörper aus Schleifpapier.

Abb. 18 Schliff des Oberflächenstreifens.

Abb. 19 Nach dem Schliff mit 1000er Körnung wurde die präparierte Oberfläche mit Folie abgeformt und anhand des Abdruckes im Lichtmikroskop auf Kratzer überprüft. Durch erneutes Schleifen wurden die im Bild sichtbaren Kratzer entfernt. Vergrößerung im Mikroskop: 50-fach (ungeätzt). M 40:1.

Abb. 20 Politur mit Baumwollrädchen und Diamantpaste.

Abb. 21 Zum Schutz der angrenzenden Bereiche vor der Säure wurden rund um den Ätzbereich Wülste aus Panasil Abformmasse aufgebracht.

Abb. 22 Abformung der präparierten Fläche mit acetonbenetzter Celluloseacetatfolie.

Abb. 23 Lichtmikroskopische Aufnahme eines dünn mit Gold bedampften Folienabdruckes nach der Ätzung (Nital 2,5%) (Ausschnitt wie Abb. 19). Durch Gasblasen im Folienhintergrund ist das Gefügebild schlecht zu erkennen. Durch eine stärkere Bedampfung der Folie mit Gold konnte die störende Wirkung reduziert werden, Kat.-Nr. 25. Vergrößerung im Mikroskop: 50-fach. M 40:1.

Abb. 24 Lichtmikroskopische Aufnahme desselben Ausschnittes nach erneuter Bedampfung der Folie mit Gold: Das Gefügebild ist deutlich besser erkennbar. Vergrößerung im Mikroskop: 50-fach. M 40:1.

Alle Aufnahmen:
M. Paysan.

17

16 18

19 20

21 22

23 24

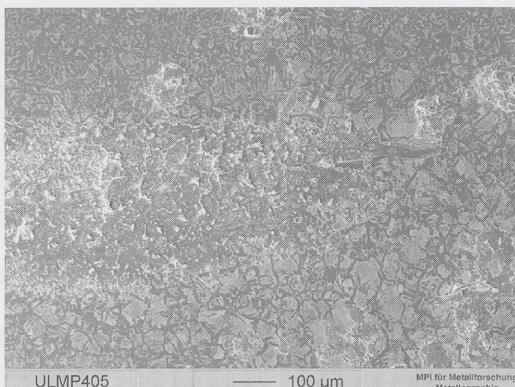


Abb. 25 REM Aufnahme desselben Bereiches (siehe vorherige Seite), leicht verschoben. Im REM wird nur die goldbedampfte Oberfläche der Folie abgebildet, so dass die im Lichtmikroskop störenden Blasen entfallen. Anhand der Veränderung der Verteilung von ferritischen zu perlitischen Anteilen ist der Übergang zwischen zwei Schichten mit unterschiedlichem Kohlenstoffgehalt erkennbar. Vergrößerung: 50-fach. REM Aufnahme: M. Pfandner, MPI.

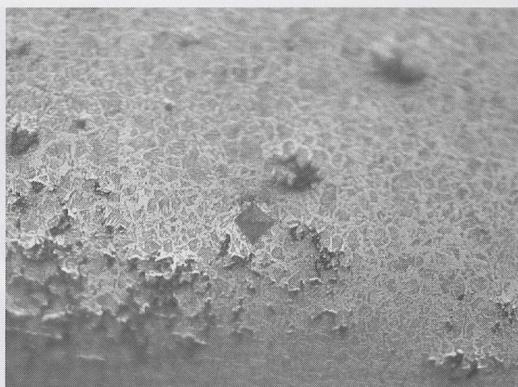


Abb. 26 Bei der Härteprüfung nach Vickers wird unter dem Lichtmikroskop bei 500-facher Vergrößerung ein geeigneter Bereich ausgewählt, auf den eine pyramidenförmige Diamantspitze abgesenkt wird, die sich mehrere Sekunden lang in die Metallocberfläche eindrückt. Abdruck der Diamantpyramide im Gefüge des Schwertes aus Ulm Kat.-Nr. 25. Vergrößerung: 100-fache. Geätzt mit 2,5% Nital. Lichtmikroskopische Aufnahme: M. Paysan.

Für die Untersuchung der Abdrücke im Rasterelektronenmikroskop wurden die Proben mit einer dünnen Goldschicht bedampft. Im Auflichtmikroskop wurde dadurch die Wirkung störender Blasen im Hintergrund der Folie gemildert (Abb. 24). Im REM wird nur die goldbedampfte Oberfläche abgebildet, so dass die Blasen nicht sichtbar sind (Abb. 25)

3.3.4.4 Untersuchung des Gefügebildes

Im REM wurde ein Panorama aus 23 überlappenden Einzelaufnahmen angefertigt, das die Abfolge der unterschiedlichen Gefügebilder von Schneide zu Schneide zeigt.⁵⁴ Daran wurden fünf parallel zu den Schneiden verlaufende Streifen unterschiedlichen Kohlenstoffgehaltes festgestellt (Abb. 114–117, S. 200–202).

Die Streifen sind so angeordnet, dass beide Schneiden und der Mittelgrat aus kohlenstoffreicherem, Bereichen gebildet werden, während die kohlenstoffärmeren Bereiche dazwischen in den Kehlungen verlaufen. Aus jedem dieser Streifen wurde ein typischer Bereich ausgesucht, an dem durch Auszählen von jeweils 500–600 Rasterpunkten die statistische Verteilung perlitischer und ferritischer Anteile der Gefüge bestimmt wurde.

In vier der Streifen sowie einem kleinen angeschliffenen Bereich der Klingenspitze wurde die Härte HV 1 (Härteprüfung nach Vickers mit 1 kg Prüfgewicht) gemessen.⁵⁵ Bei dieser Prüfung wird unter dem Lichtmikroskop bei 500-facher Vergrößerung ein geeigneter Bereich ausgewählt, auf den eine pyramidenförmige Diamantspitze abgesenkt wird, die sich mehrere⁵⁶ Sekunden lang in die Metallocberfläche eindrückt (Abb. 26). Im Anschluss werden die Längen der Diagonalen des Eindruckes mit Hilfe eines beweglichen Messokulars gemessen. Anhand des Mittelwertes der beiden Längen lässt sich die Härte berechnen bzw. in Tabellen ablesen. Jede Schicht wurde an mindestens fünf Punkten gemessen, aus denen der Mittelwert ermittelt wurde. Messpunkte, bei denen aufgrund der

54 Die REM-Aufnahmen wurden von M. PFANDNER (Metallograph in Ausbildung am MPI) durchgeführt.

55 Aufgrund der konkaven Klingenseiten war es bei einem der beiden kohlenstoffärmeren Streifen nicht möglich die Härte zu prüfen.

56 Bei den vorliegenden Messungen wurde jeweils 10 Sekunden ab Beginn des Absenkorganges geprüft.

Krümmung der Klingenoberfläche die Längen der Diagonalen zu unterschiedlich waren, wurden nicht einbezogen.

Für diese Untersuchung ist es notwendig, dass das zu prüfende Objekt sicher auf dem Kreuztisch des Prüfmikroskopes fixiert wird. Üblicherweise werden die Proben dazu in kleine Schraubstöcke eingespannt. Zur Schonung der Schneiden wurde an die zuvor dick mit Paraloid B72⁵⁷ lackierte Unterseite der Klinge eine Stütze aus Technovit anmodelliert, die unbedenklich eingespannt werden konnte und sich nach Abschluss der Messungen durch die Löslichkeit des Paraloides gut wieder entfernen ließ.

Nach Abschluss der Untersuchung wurde der stark gealterte Schutzüberzug des Schwertes über drei Stunden mit Aceton angelöst und abgewaschen. Nach der Trocknung des Schwertes wurde es mit Warmluft erwärmt und mit geschmolzenem Cosmolloid 80H⁵⁸ eingestrichen. Wachsüberschüsse wurden mit Zellstoff abgetupft.

3.3.4.5 Ermittelte Werte⁵⁹

Bild	Name	HV1	Ferrit	Perlit	C-Gehalt in %
ULMP201 11,200x	Schneide 1 C-arme Schicht 1	178 ± 7,0 125 ± 6,3	45,8% 83,2%	54,2% 16,8%	0,34–0,46 0,16–0,22
ULMP410 10,200x 9,200x	Mittelgrat C-arme Schicht 2 Schneidenschicht 2	195 ± 15,8 62,3%	32,0% 55,5%	68,0% 45,5%	0,40–0,48 0,22–0,36
4,200x 14,200x	Schneidenschicht 2 Schneide 2	143 ± 12,8 143 ± 12,8	61,0% 57,8%	39,0% 42,2%	0,27–0,40 0,24–0,37
					0,26–0,38

Tabelle 1 Übersicht über die ermittelten Gefügeanteile, Härtegrade und Kohlenstoffgehalte des untersuchten Klingengrauwesens, Kat.-Nr. 25 (vgl. Abb. 114). In der C-armen Schicht 2 war aufgrund der gekehlten Klingenoberfläche keine Härtemessung möglich. Bei der Ermittlung der Kohlenstoffgehalte wurden die Standardabweichung der Härtegrade, sowie ein Messfehler von ± 2% bei der Bestimmung der Gefügeanteile berücksichtigt. Tabelle: H. Opielka, MPI.

Die Kohlenstoffgehalte wurden unter Einbeziehung von folgenden Faktoren ermittelt:

- Mengenanteile von Ferrit und Perlit im Gefüge,
- Abkühlungsgeschwindigkeit der Klinge, die sich anhand der Kornformen abschätzen lässt, und
- Härte der Schichten.

Da Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubilder für eine exaktere Abschätzung zu wenige Werte liefern, sind die Kohlenstoffgehalte anhand einer sehr vorsichtigen Abschätzung als Bereiche angegeben. Dennoch ist daraus eindeutig die Abfolge unterschiedlicher Schichten zu erkennen.

An der Spitze der Klinge wurde eine Fläche von ca. 1 x 1,5 mm plan geschliffen, um die Härte zu messen. Dort wurde ein Wert von 157 HV1 ± 8,9 ermittelt.

3.3.4.6 Auswertung der Untersuchung bezüglich der Herstellung der Klinge

Die vorliegende Gefügeausbildung mit z. T. leicht nadeligem Ferrit und die geringen Härtegrade zeigen, dass die Klinge an Luft abgekühlt und nicht gehärtet wurde.⁶⁰

57 Paraloid B 72 ist ein für Überzüge auf Eisen getestetes Acrylharz von hoher Stabilität und guter Reversibilität. Vgl. HORIE 1999, 109.

58 Cosmolloid 80H ist ein mikrokristallines Wachs mit einer kleinen Säurezahl. Vgl. KOLLER/BAUMER 2000, 233 f.

59 Die Auswertung der Gefügebilder und der Härtemessungen wurde von Metallographen in Ausbildung am Max-Planck-Institut für Metallforschung Stuttgart unter Anleitung von H. OPIELKA vorgenommen.

60 Siehe Anh. 4, S. 199.

Die Übereinstimmung des am Ort (Spitze) gemessenen Härtewertes mit dem Härtebereich in der Klingenmitte zeigt, dass die Spitze nicht separat gehärtet wurde, um z.B. eine mögliche Panzerung des Gegners besser durchdringen zu können.

Anhand der streifenartig wechselnden Gefügezonen kann nach Auswertung der Röntgenbilder der gesamten Klinge und einer Computertomographie einer offenen Schweißfuge an der Klingenbasis (Abb. 88j u. k) belegt werden, dass die Klinge aus einem mindestens dreischichtigen, vermutlich füfschichtigen⁶¹ Schweißverbundstahl besteht, dessen mittlere Schicht im untersuchten Klingenbereich beide Schneiden bildet (Abb. 116). Es lässt sich nicht mit eindeutiger Sicherheit feststellen, ob der Wechsel der Stahlsorten und die Anordnung als Lagendamast geplant war oder durch eine zufällige Zusammenstellung vorgefertigter gegärterter Stahlplatten entstand, um das benötigte Klingen gewicht zu erreichen.

Verschweißung der Schichten:

Abgesehen von einer offenen Schweißfuge⁶² ortseitig des Heftes kann anhand der Röntgenbilder von einer annähernd gleichbleibenden Qualität der Schweißung über die gesamte Klingenblatlänge ausgegangen werden. Die sorgfältige Feuerverschweißung der Schichten zeigt sich daran, dass die Schweißnähte im präparierten Bereich nur anhand der an der Oberfläche geringfügig tiefer korrodierten Diffusionszonen zwischen bandartig verlaufenden Zonen unterschiedlichen Kohlenstoffgehaltes erkennbar sind. In den Diffusionszonen sind vereinzelt Schlackeeinschlüsse geringer Größe (100–200 µm) erkennbar. Nach einer im Zusammenhang mit wikingerzeitlichen Eisenbarren publizierten Typologisierung von Feuerschweißnähten können die hier vorliegenden Nähte als ideal eingestuft werden.⁶³ Zwischen den Schichten mit unterschiedlichen Kohlenstoffgehalten befinden sich beim Ulmer Schwert breite Übergangszonen, die ohne eindeutige Begrenzung zwischen den wechselnden Gefügebildern überleiten. Dieser Übergang lässt sich durch eine Diffusion des Kohlenstoffes jeweils von der C-reicherem Schicht zur C-ärmeren Schicht erklären. Diese Diffusionszonen sind im präparierten Oberflächenbereich der Klinge auf einer Breite von etwa 500 µm sichtbar (Abb. 27). Nach Ausgleich der durch die Schräglage zwischen Fügeebene und dargestellter Oberfläche verursachten Verzerrung verbleibt eine Dicke von 250–300 µm. Die Diffusionsgeschwindigkeit von Kohlenstoff in Eisen ist in Abhängigkeit von Konzentrationsgefälle und Temperatur bekannt.⁶⁴ Da allerdings bei Schmiedearbeiten mit Feuerverschweißungen große Temperaturwechsel auftreten und sich die Dicke des Klingenstabes und der darin enthaltenen Schichten beim Ausschmieden stark verringert, lässt sich aus der Dicke der Diffusionszonen im Endprodukt keine eindeutige Aussage über die Dauer des Schmiedevorganges treffen. Jüngste Versuche von ARNO ECKARDT zeigten, dass bereits bei einer einzigen Feuerverschweißung ohne anschließendes Ausrecken Diffusionszonen von 300 µm Dicke entstehen können.

61 Da nur eine Seite der Klinge präpariert wurde, kann die metallographisch ermittelte Schichtenfolge nur mit einem gewissen Unsicherheitsfaktor auf die unpräparierte Seite übertragen werden. Über große Bereiche der Klinge lassen sich die oberflächlich ankorrodierten Schweißfugen im Röntgenbild als schwache leicht wellige, annähernd parallel zu den Schneiden verlaufende Linien verfolgen. Daher ist anzunehmen, dass keine nennenswerte Verdrehung der Klinge stattfand und somit die anhand der Computertomographie der Klingenbasis und durch Röntgenfotos der Klingenspitze ermittelte Ausrichtung der Schichten auf die gesamte Klinge übertragbar ist.

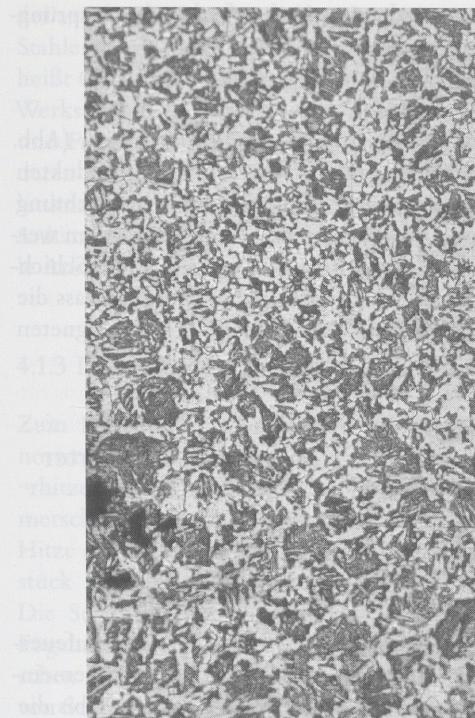
62 Länge der offenen Fuge: ca. 3,5 cm.

63 THOMSON 1971, 12. „Die Schweißstellen können nach dem Aussehen ihrer metallografischen Schliffbilder in vier Typen eingeteilt werden:

1. Die ideale Schweißnaht, die nur festzustellen ist, wenn sie zwei völlig verschiedene Strukturen trennt.
2. Die beinahe ideale Schweißnaht, die sich als dünne Linie zu erkennen gibt. ...
3. Schweißnaht mit Schlacke oder Hammerschlag. ...
4. Schweißnaht mit aufgekohlten Randzonen. ...“.

Typ 4 entsteht, wenn zur Verhinderung der Hammerschlagbildung Holzkohlestaub zwischen die Fügeteile gegeben wird.

64 Zur groben Abschätzung der Kohlenstoffdiffusion in Stahl verweisen U. GERFIN und R. LANDES auf eine Faustregel, nach der Kohlenstoff bei 1000 °C in 30 sec. etwa 1 µm wandert. GERFIN/LANDES 2000, 62.



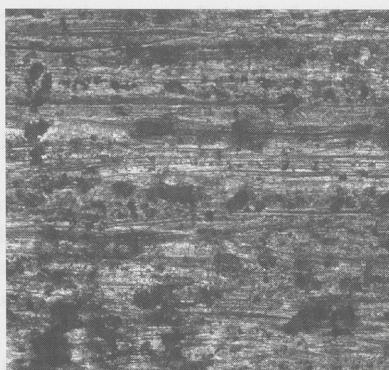
100 µm

Abb. 27 (links) Übergang zwischen zwei benachbarten Schichten mit unterschiedlichen Kohlenstoffgehalten. Maßstab: 125-fache Vergrößerung.

Abb. 28 (oben rechts) Originale Schleifspuren auf der Klingenoberfläche des Schwertes aus Ulm, Kat.-Nr. 25. Schleifrichtung: parallel zur Klingenchase. Maßstab: 40-fache Vergrößerung.

Abb. 29 (unten rechts) Damastprobe aus Feilenstahl und ST 37. Die Färbung der Schichten wurde durch Anlassen der polierten Fläche in einer Gasflamme erzielt. Es fand keine Ätzung statt. Der Farbkontrast entstand bei diesem Beispiel durch die unterschiedliche Korrosionsempfindlichkeit der verarbeiteten Stähle.

Alle Aufnahmen: M. Paysan.



1 mm

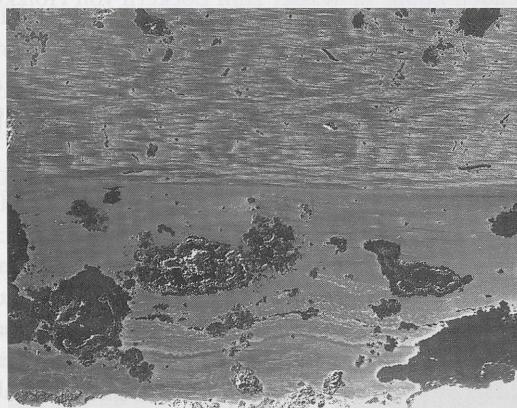
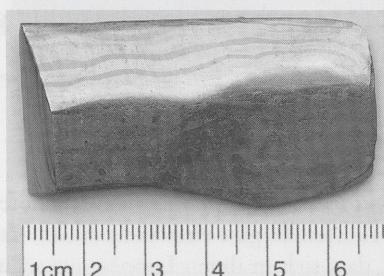


Abb. 30 Oberflächenausschnitt einer im Rahmen der Dissertation von Dr. S. MÄDER in traditionell japanischer Technik polierten frühmittelalterlichen Spatha (ohne Fundort, WLM). Torsionsmuster (oben) und Gärbsstruktur der Schneide (unten). Bei Schweißverbundstahl mit unterschiedlich harten Schichten ist es durch den gezielten Einsatz geeigneter Schleif- und Poliersteine ohne Ätzung möglich die Schichtung bzw. die Schmiedetextur an der Oberfläche sichtbar zu machen. Ohne Maßstab. Aufnahme: M. Paysan.

Auch beim Nachschmieden ermittelte Zeiten geben keine eindeutige Auskunft über den ursprünglichen Arbeitsaufwand, wenn nicht alle Rahmenbedingungen nachgestellt werden.

Oberflächenqualität:

Weite Bereiche der Klingenoberfläche des Ulmer Schwertes zeigen eine geschliffene Textur (Abb. 28), die als original anzusprechen ist, da sie teilweise unter fest aufliegenden Korrosionsprodukten fortläuft und somit nicht von einer früheren Restaurierung stammen kann. Die Schleifrichtung verläuft parallel zur Klingennachse. Anhand der erhaltenen Oberflächentextur kann geschlossen werden, dass die Klingenoberfläche zum Zeitpunkt der Niederlegung matt war, ohne dass die Schichtung durch eine Reliefätzung sichtbar gemacht wurde. Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass die Schichtung durch eine dünne Anlaufschicht (Abb. 29) oder nach Schliff und Politur mit geeigneten Schleifsteinen durch unterschiedlich starken Glanz kenntlich war⁶⁵ (Abb. 30).

4. Rekonstruktion der Herstellungstechnik keltischer Knollenknaufschwerter

4.1 Kurzinformation zur antiken Stahlgewinnung

4.1.1 Verhüttung im Rennfeuerofen

Eisen wurde bis zur Erfindung von Hochöfen am Ende des Mittelalters ausschließlich in Rennfeuerofen verhüttet. Es gibt eine Vielzahl unterschiedlicher Formen von Rennfeuerofen. Allen gemeinsam ist, dass sich in ihnen Luppen aus schmiedbarem Stahl bilden, die solange anwachsen, bis die Luftzufuhr des Ofens gestört wird und die Verhüttung abgebrochen werden muss. Die Luppen sind poröse Gebilde, die größtenteils aus Eisen bestehen, jedoch von vielen Schlacke- und Holzkohle-einschlüssen durchsetzt sind.

4.1.2 Gärben der Luppe

Bevor das gewonnene Eisen zu einem Gegenstand schmiedbar ist, sind die Verunreinigungen vom Eisen zu trennen:

- Abschrecken der glühenden Luppe in Wasser zum Lockern von Holzkohle, reoxidiertem Eisen und Schlacke;
- Abklopfen der Verunreinigungen in kaltem Zustand (Abb. 31);
- Flachschrämen der gereinigten Luppenstücke bei großer Hitze zu Fladen;
- Vorsichtiges Verschweißen mehrerer dieser Fladen zu einem Block (Abb. 32–34);
- Recken des Werkstückes;
- Teilen des ausgeschmiedeten Stahlstücks in mehrere Stücke, um sie aufeinander gestapelt erneut miteinander zu verschweißen.

Die in der Luppe eingeschlossene Schlacke verflüssigt sich bei hoher Temperatur und spritzt durch die Hammerschläge beim Verschweißen und Ausschmieden aus dem Eisen heraus.

Andere Einschlüsse werden gestreckt und zum Teil aufgelöst: Die Oxidhaut des Eisens bildet unter Zugabe von Schweißpulver Schlacke, die seitlich aus den Schweißfugen austritt. Holzkohle-einschlüsse sind bei ausreichender Streckung so flach, dass der Kohlenstoff der Holzkohle in das Gefüge

65 MÄDER 2001, 76–91.

66 EMMERLING 1972, 275–283.

67 GOETZ 2000, 48.

68 Mündliche Mitteilung G. GASSMANN 2001.

69 GERFIN/LANDES 2000, 64.

des angrenzenden Eisens übergeht. Die Reinigung des Stahles durch mehrfaches Ausschmieden und Falten heißt Gärben.⁶⁶ Durch mehrfaches Ausschmieden des Werkstückes zu einer Platte, anschließendes Falten und Feuerverschweißen entsteht eine Blätterstruktur, deren Schichtverlauf an der Oberfläche einiger Knollenknaufschwerter mit bloßem Auge zu erkennen ist. Anhand der Verformung der Schichten lassen sich viele Arbeitsgänge rekonstruieren (Abb. 35).

4.1.3 Die Feuerverschweißung

Zum Durchführen einer Feuerverschweißung ist es notwendig, das Werkstück auf Schweißtemperatur zu erhitzen und anschließend die Fügeteile durch Hammerschläge miteinander zu verbinden. Die richtige Hitze ist erreicht, wenn über dem glühenden Werkstück einzelne zerplatzende Fünkchen erscheinen. Die Schweißtemperatur liegt je nach verwendetem Fügehilfsmittel und Kohlenstoffgehalt des Stahles zwischen 800 und 1200 °C.⁶⁷ Bei Serienuntersuchungen von Schlackeeinschlüssen in Eisenobjekten wurden in Schweißnähten latènezeitlicher Objekte gelegentlich in Schweißschlacke eingebettete Quarzsandkörner nachgewiesen, die noch nicht mit der Schmiedehaut der Fügeoberfläche zu Schlacke reagiert hatten.⁶⁸ So mit kann die Verwendung von Quarzsand als Schweißmittel in keltischen Schmieden als nachgewiesen vorausgesetzt werden. Die Viskosität der Schlacke nimmt wie bei Glas mit steigender Temperatur ab, so dass ein Austreiben der Schlacke aus dem Fügespalt umso leichter gelingt, je höher die Schweißtemperatur gewählt wird (Abb. 36). Die Schweißtemperatur darf jedoch nicht beliebig erhöht werden, da sonst Temperaturen erreicht werden, bei denen das Werkstück in oxidierender Atmosphäre unter Funkenbildung verbrennt oder anschmilzt.⁶⁹

Dieser kritische Temperaturbereich sinkt mit steigendem Kohlenstoffgehalt. Die C-reichste und damit hitzeempfindlichste Stahlschicht der Klinge des Ulmer Knollenknaufschwertes enthält maximal 0,48% C und hat somit eine Schmelztemperatur von über 1400 °C, so dass die Gefahr des Anschmelzens bei Schweißtemperaturen um 1200 °C nicht bestand.

Während der Phasen der Erhitzung und des Schmiedens wird ständig an der Oberfläche des Objektes metallisches Eisen zu Schmiedehaut oxidiert. Die Menge des umgewandelten Eisens ist von der Größe der Oberfläche, der Temperatur und der Zutrittsmöglichkeit des Sauerstoffes zur Oberfläche abhängig.



Abb. 31 Reinigen der Luppe.

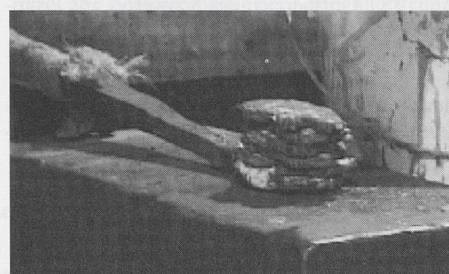


Abb. 32 Paket aus flachgeschmiedeten Luppenstücken vor der Verschweißung.

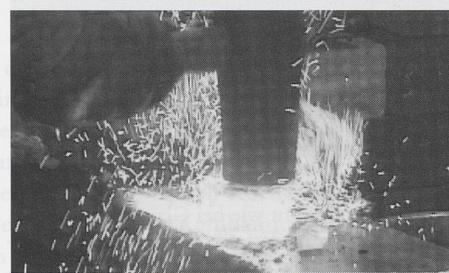


Abb. 33 Feuerverschweißung des Pakets aus Abb. 32. Der starke Funkenflug besteht sowohl aus herausgepresster Schlacke als auch aus Resten einer Hülle aus in Lehmschlicker getränktem Papier und Strohhasche, in die das Paket während der Erhitzung vor der ersten Verschweißung eingepackt war, um den Stahl vor Oxidation zu schützen.

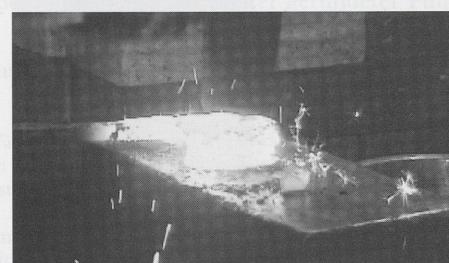


Abb. 34 Mit fortschreitender Schmiedearbeit wird weniger Schlacke aus dem Schweißpaket herausgepresst. Schmied: Konrad Stoll. Alle Aufnahmen: M. Paysan.

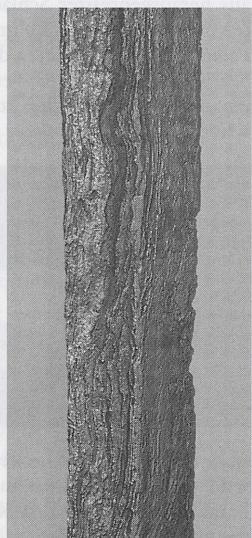


Abb. 35 Griffbereich des Schwertes aus Eislingen/Fils, Kat.-Nr. 5. An der Oberfläche dieses Schwertes ist deutlich die Schichtstruktur des gegärten Stahles zu erkennen, so dass sich anhand der Verformungen viele Arbeitsgänge rekonstruieren lassen. Breite am Heft: 5,7 cm. Ohne Maßstab. Aufnahme: M. Paysan.



Abb. 36 Feuerverschweißung: Die Viskosität der Schlacke nimmt wie bei Glas mit steigender Temperatur ab, so dass ein Austreiben der Schlacke aus dem Fügespalt umso leichter gelingt, je höher die Schweißtemperatur gewählt wird. Schmied: K. Stoll, Aufnahme: M. Paysan.

Abb. 37 Ausschnitt aus der Klinge des Schwertes aus Préty, Kat.-Nr. 20. Im Bereich zwischen 27 und 35 cm Entfernung von den Heftknöllchen ist das Klingenblatt um ca. 90° in Längsrichtung verdreht. Von der verdrehten Partie bis zum Ort (unten) entspricht der Aufbau dem mittleren Modell von Abb. 38. M 2:3. Aufnahme: M. Paysan.



Zum Schutz des Eisens vor oxidierenden Flammgasen kann das Werkstück vor dem Erhitzen kurz in Lehm-schlicker und Strohasche getaucht werden.⁷⁰ Dadurch bildet sich ein mineralischer Überzug, der den Luft-zutritt verlangsamt. Diese Methode schützt das Eisen jedoch nicht während des Schmiedens.

Die effektivste Möglichkeit zur Minimierung des Abbrandes besteht darin, das Verhältnis der Oberfläche zum Volumen des Werkstückes beim Schweißen mög-lichst klein zu halten. Dieses Verhältnis ist bei Kugeln am geringsten und wird um so größer, je stabförmiger das Werkstück ist. Das Feuerverschweißen mehrerer Eisenstücke erfolgt am einfachsten, wenn die zu ver-schweißenden Ebenen parallel zu Unter- und Ober-seite des Werkstückes liegen, so dass es nahe liegt, die Einzelteile zu einem kompakten quaderförmigen Rohling zu verschweißen und diesen anschließend zu einem Stab mit rechteckigem Querschnitt oder einer Platte auszuschmieden.

4.2 Herstellung der Klinge

J. DRIEHAUS⁷¹ und K. SPINDLER⁷² schlugen für die Klingen der Schwerter aus dem Chiemsee (Abb. 104) und aus Pettendorf-Kneiting (Abb. 85) eine Verschweißung bereits annähernd auf Klingelänge ausgerekster Stäbe mit dachförmigem Querschnitt vor. In der Praxis ist die Verschweißung langer Stangen weitaus schwieriger, als die Lagen zu einem kompakten Paket zu verschweißen und anschließend auszuschmieden, zumal bei den Klingen der Knollenknauftschwerter keine Torsionsmuster vorliegen, die bei einem nach-träglichen Ausstrecken unschön verändert würden. Bei vielschichtigen Klingen, wie jener des Schwertes aus Préty mit ca. 45 Lagen, erscheint es unmöglich, die Schichten einzeln auszuschmieden und anschließend zu verschweißen (Abb. 37; 87 d. u. e.).

Ausgangsmaterial:

Als Ausgangsmaterial kann ein Paket mit rechtecki- gem Querschnitt aus gegärtem Stahl mit bis zu ca. 45 sichtbaren Lagen (auf der Oberfläche des Schwer-tes aus Préty sind ca. 45 Lagenzählbar) oder ein ver-schweißtes Paket aus drei C-reicherem und zwei C-är-merem separat gegärten Stahlplatten (Ulm, Abb. 88) vorausgesetzt werden.

Arbeitsschritte:

Ausschmieden des verschweißten Paketes zu einem Stab. Aufgrund der großen Umformarbeit und zur besseren Ausnutzung der Schmiedehitze wird diese

Arbeit möglichst mit ein bis drei Zuschlägern durchgeführt, wobei der Meister das Werkstück führt und mit dem Handhammer das Ziel bzw. den Rhythmus vorgibt.⁷³

Wie bei jeder Schmiedearbeit muss das Werkstück ständig kontrolliert werden, um unerwünschte Deformationen rasch beheben zu können.⁷⁴ Beim Schmieden mit Handhämtern geschieht es leicht, dass die Hammerschläge nicht exakt senkrecht zur Amboss-oberfläche auf dem Werkstück auftreffen, sondern regelmäßig leicht ziehend ausgeführt werden, wodurch die Schichten aus der gewünschten Anordnung im Stab gedreht werden können. So sind z.B. die Schichten im Klingenblatt des Schwertes aus der Saône bei Préty innerhalb eines Bereiches von 8 cm um ca. 90° verdreht (Abb. 37). Ein Verziehen des Klingenstabes ist besonders dann zu vermeiden, wenn wie im Falle des Schwertes aus Ulm (Abb. 88) eine kohlenstoffreiche, härtere Mittellage die Schneiden bildet.⁷⁵ Der Stab mit rechteckigem Querschnitt wird nach dem Ausrecken so lange konisch geschmiedet, bis seine Außenmaße denen der fertigen Klinge entsprechen. Nach dem Ausrecken des Stabes wird die Oberfläche durch gezielte Schläge auf die Unebenheiten oder durch flächendeckende Überarbeitung mit dem Schlichthammer (Setzhammer mit ebener Bahn) geglättet (Abb. 39 u. 40).

Ausformung des Ortes (Klingenspitze):

Vor der Profilierung der Spitze ist es sinnvoll, vom Ende des Stabes 1–2 cm abzulängen, da es während des Ausschmiedens leicht zur Faltenbildung an der Stirnfläche des Stabes kommen kann, wodurch sich unverschweißte Fugen bilden, die die Benutzbarkeit des Schwertes beeinträchtigen können.

Ein spitzbogenförmiger Ort kann mit dem Hammer und dem flachen Amboss ausgeformt werden (Abb. 41). Für die Ausformung eines dornartig verlängerten Ortes vom Typ Kochelsee (Abb. 105 b) ist es sinnvoll, den Stab einige Zentimeter vor dem Ende mit Hilfe eines Kehlhammers (Setzhammer mit breiter gerundeter Finne) und einer abgerundeten Ambosskante abzusetzen, damit die Schichten der Klinge nicht unterbrochen werden.

Anschließend kann der Dorn zwischen Hammer und Ambossbahn ausgeschmiedet werden. Die Rundung der Spitze wird sinnvollerweise geschliffen.

Ausformung der Angel:

Zur Herstellung der Klingenschulter gibt es zwei Möglichkeiten (Abb. 42):

Vermutlich wurde der Klingenrohling über einer gerundeten Ambosskante oder einem Ambosshorn mit Hilfe der Hammerfinne oder eines Kehlmeißels oder -hammers mit breiter gerundeter Finne

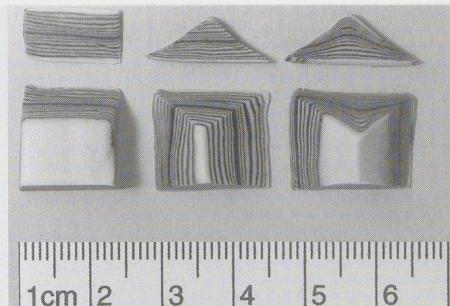


Abb. 38 Schichtmodelle der Klingenherstellung. Links: Stababschnitt mit liegenden Schichten als Ausgangszustand für die beiden rechten Modelle. Mitte: Klingenschnitt spanabhebend hergestellt: Die sichtbaren Streifen sind annähernd gleich breit. Rechts: Klingenschnitt mit ausgeschmiedeten Schneiden. Aufnahme: M. Paysan.

70 Frdl. Mitteilung von Geigenbaumeister K. STOLL, Haldenwang, der diese Methode regelmäßig anwendet.

71 J. DRIEHAUS in: KRÄMER 1962, 123.

72 SPINDLER 1980, 106.

73 Durch eine schnelle Taktfolge wuchtiger Schläge kann die Wärmeabstrahlung des Werkstückes durch die, während der Deformation im Eisen entstehende, Reibungswärme zu einem gewissen Grad ausgeglichen werden, so dass die Arbeitstemperatur länger erhalten bleibt und das Werkstück weniger häufig erhitzt werden muss. Dies spart Kohlen und schont den Helfer am Blasebalg.

74 Je nach Größe des Unterschieds zwischen den verschweißten Stahllegierungen und dem Verunreinigungsgrad der Schweißflächen ist es bei rot- bis orangefarbener Glut möglich, am Werkstück die Ausrichtung der Schweißnähte als schwach sichtbare Linien an der Oberfläche zu beobachten und gegebenenfalls einer ungewollten Torsion entgegenzuwirken. Wenn beim Schmieden größere Stücke der Schmiedehaut abplatzen und dieser Bereich vor dem Erkalten nicht überschmiedet wird, ist der Schichtverlauf gelegentlich auch am kalten Werkstück zu erkennen.

75 Anhand der festgestellten Schichtenfolge ist jedoch nicht nachvollziehbar, ob die Anordnung der härteren Schicht in der Schneidenebene des Ulmer Schwertes intentionell oder zufällig erfolgte.

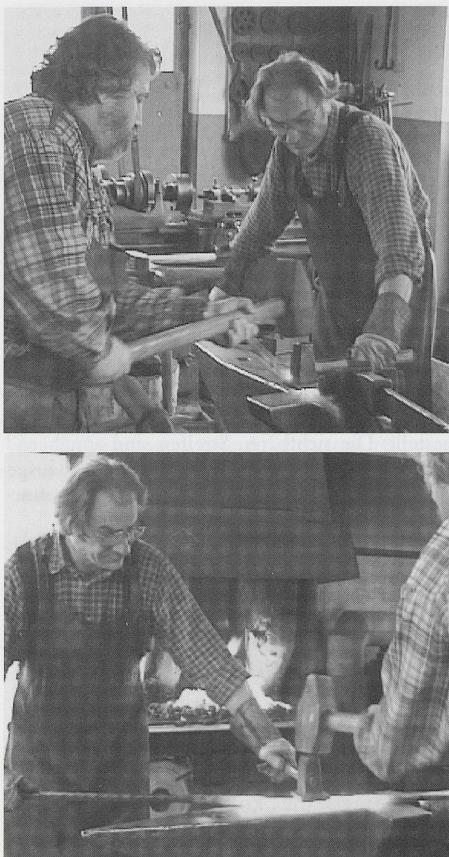


Abb. 39 (oben) u. 40 (unten) Schlichten des Klingenstabes. Der Stab hat bis dahin einen annähernd rechteckigen Querschnitt. Ausgehend von einem quaderförmigen Paket mit wechselnden Schichten aus ST 37 und Feilenstahl fertigte der erfahrene Damastschmied Edmund Graeber unter Assistenz von Eugen Binder als Zuschläger eine Klinge mit liegenden Schichten. Die Verschweißung des Ausgangspakets sowie das Ausschmieden zu einer Stange mit rechteckigem Querschnitt erfolgte mit einem Lufthammer. Die Umformung des Querschnittes von rechteckig zu rautenförmig erfolgte von Hand. Allein dafür waren 3–4 Stunden notwendig, während derer die Klinge regelmäßig auf Gelbgut erhitzt wurde.



Abb. 41 Ausformen des Ortes mit dem Handhammer. Aufnahmen: M. Paysan.

abgesetzt und anschließend auf Angelstärke verjüngt. Möglich wäre auch eine spanabhebende Formgebung mittels einer Feile. Dies ist jedoch zeitaufwendiger als zu schmieden und schwächt zudem den mechanisch stark belasteten Übergang zwischen Klingenblatt und Angel, da die zugbelastbaren durchlaufenden Schichten der Schweißeisenstruktur durchtrennt würden.

Ausformung des Klingenquerschnittes:

Folgende Gründen sprechen dafür, die Umarbeitung des Stabquerschnittes von rechteckig mit liegenden Schichten zu rautenförmig mit in der Schneidenebene verlaufenden Schichten möglichst gegen Ende der Schmiedearbeiten vorzunehmen:

Schweißeisen bzw. Schweißdamast wird vorzugsweise knapp unter der Schweißtemperatur geschmiedet, um beim Schmieden aufgehende Schweißfugen rasch wieder zu verschweißen.⁷⁶ Bei den dafür erforderlichen hohen Temperaturen besteht stets die Gefahr, dass das Eisen verbrennt. Bei Werkstückprofilen mit unterschiedlich dicken Bereichen werden die dünnen Bereiche deutlich schneller erhitzt als die dickeren Zonen. Im Falle einer Klinge mit rautenförmigem Querschnitt ist die Gefahr sehr groß, dass die dünn ausgeschmiedeten Schneiden überhitzt und unkontrolliert ent- bzw. aufgekohlt werden⁷⁷ oder im schlimmsten Falle verbrennen, wodurch die Klinge wertlos wird. Bei mehreren Schwertern verlaufen die Schweißflächen (Pettendorf-Kneiting⁷⁸ Abb. 85, Prény, Abb. 87, Ulm, Abb. 88 und Chiemsee, Abb. 104⁷⁹) bzw. Linien von Schlackeinschlüssen bzw. Seigerungen (Juac, Abb. 77 und Germond, Abb. 84)⁸⁰ annähernd parallel zur Schneidenebene. Für die Herstellung derartiger Klingen mit liegenden Schichten gibt es mehrere Möglichkeiten, die im Folgenden vorgestellt werden.

Umformende Bearbeitung des Klingenquerschnittes: Zum Ausschmieden breiterer Klingen mit rautenförmigem Querschnitt und einem Verhältnis von maximaler Klingendicke zu maximaler Klingenbreite von

76 Frdl. Mitteilung E. GRAEBER.

77 Durch die Entkohlung der Oberfläche sinkt die Härte der Schneiden, wodurch die Klinge schneller stumpf wird und leichter Scharten bekommt. Von Kerben in weichen oberflächenentkohnten Zonen können leicht Dauerbruchanrisse ausgehen, die bei längeren Gebrauch zu Dauerbrüchen führen, die das nicht entkohlte Kernmaterial durchdringen können. SCHUMANN 1991, 449–452.

78 SPINDLER 1980.

79 KRÄMER 1962.

80 GENDRON et al. 1986.

bis zu 1:4,4 (Germond) besteht folgende Möglichkeit: Ausschmieden des Stabes auf einen sich (entsprechend dem Verlauf der fertigen Klinge) zum Ort hin verjüngenden rechteckigen Querschnitt mit etwa zwei Dritteln der Breite und etwas mehr als der gewünschten Dicke der fertigen Klinge.

Ausziehen der Schneiden mit dem Schmiede- oder Setzhammer⁸¹ auf der flachen Ambossbahn, wobei die Schläge zum Mittelgrat hin ziehend ausgeführt werden sollten, damit sich die Schmalseite des Stabes nicht auffaltet, sondern ein konkav gerundetes Profil annimmt (Abb. 43). Durch die Materialverdrängung wird mit fortschreitender Arbeit die gewünschte Klingenbreite erreicht. Glätten der Oberfläche z.B. mit einem Schlichthammer.

Bei schlankeren Klingen mit einem Verhältnis von maximaler Klingendicke zu maximaler Klingenbreite von 1:1,5 (Kochelsee, Abb. 105) besteht folgende Möglichkeit:

Zunächst erfolgt das Ausschmieden des Stabes auf einen quadratischen Querschnitt, dann ein Kippen des Stabes auf eine Längskante, so dass mit dem Hammer die gegenüberliegende Kante bearbeitet werden kann. Entsprechend wird mit dem anderen Kantenpaar verfahren, bis die Klinge einen rautenförmigen Querschnitt hat.

Die schmiedetechnische Ausarbeitung der Kehlen beiderseits des Mittelgrates ist für breitere keltische Hiebschwerter mehrfach metallographisch belegt und im Experiment erprobt.⁸²

Bei schmalen Klingen erscheint das Ausschmieden der Kehlen aufgrund des ungünstigen Verhältnisses von Dicke zu Breite schwieriger. Beim Kehlen der Klingenseiten ist es notwendig, auf der Unterseite des Werkstückes liegende, bereits konkav ausgearbeitete Flächen in der Kehlung abzustützen, da sich sonst der Mittelgrat und die Schneiden verbiegen. Das Werkstück kann dazu an einer gerundeten Ambosskante,⁸³ in einem einseitigen Gesenk, oder mit Hilfe eines kleinen Steckambosses mit gerundeter Bahn

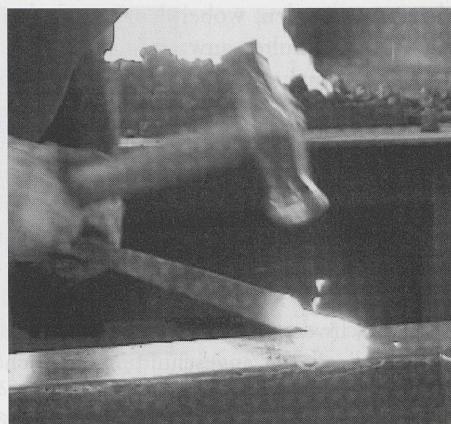


Abb. 42 Ausschmieden der Angel mit rautenförmigem Querschnitt.

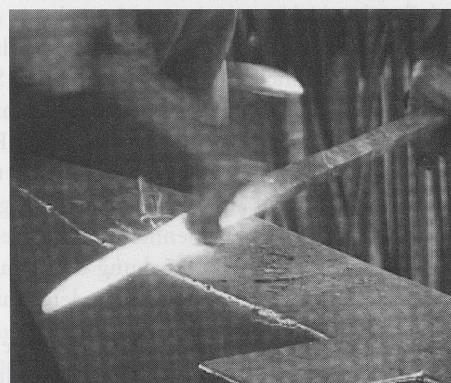


Abb. 43 Ausschmieden der Schneiden mit dem Handhammer auf der flachen Ambossbahn.

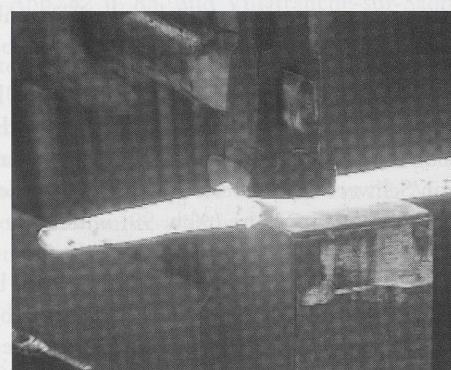


Abb. 44 Ausschmieden der Schneiden im Gesenk. Die Verwendung des Gesenktes erbrachte im Versuch keinen Vorteil gegenüber dem Handhammer. Schmied: E. Graeber. Aufnahmen: M. Paysan.

81 JACOBI 1974, 7 f. „Nach heutigem Gebrauch, den man auf die keltischen Werkzeuge übertragen darf, wird der Setzhammer lose auf einen Holzstiel gesteckt und auf das zu verformende Werkstück gesetzt. Mit einem Schmiedehammer schlägt man auf den Kopf des Setzhammers und bearbeitet damit indirekt das Werkstück“ ... (Keltische) „Setzhammer sind nicht sehr zahlreich, haben aber eine weite Verbreitung“.

82 PLEINER 1993, 71–156 Pl. 21; 23; 26.

83 Ebd. 74 Fig. 8,76.

abgestützt werden, wobei das Gesenk den sichereren Halt bietet. Zur Ausformung des vom Ort zur Klingenschulter anwachsenden Klingensprofiles erscheint es bei Verwendung von Gesenken notwendig, mehrere Gesenkgrößen zu verwenden (Abb. 44). Deren Herstellung ist nur bei einer Serienfertigung gekehlter Klingen rentabel, da das Schmieden und anschließende Überschleifen der profilierten Rillen aufgrund der für eine stabile Anke benötigten Eisenmasse mehr Kohlen und Arbeitszeit verbraucht, als zur direkten Bearbeitung des Klingensprofiles notwendig ist.

Der Aufwand für die schmiedetechnische Erzeugung der flachen Kehlungen von maximal 0,7 mm Tiefe scheint unnötig groß, zumal die gesamte Schmiedehaut der Klingen nach dem Erkalten abgeschliffen werden musste, um die Elastizität der Waffen zu erhöhen.

Spanabhebende Bearbeitung des Klingensquerschnittes:

Bei den Schwertern von Ulm (Abb. 88) und Prény (Abb. 87) lässt die gleichmäßige Breite der an der Klingenoberfläche angeschnittenen Schichten nur eine spanabhebende Profilierung des Klingensquerschnittes als möglich erscheinen. Beim Umschmieden des Stabquerschnittes von rechteckig mit liegenden Schichten zu rautenförmig mit in der Schneidenebene verlaufenden Schichten werden die Deckschichten des Ausgangsstabes flach V-förmig deformiert, ohne, abgesehen vom Abbrand, an Breite zu verlieren (Abb. 38 rechts u. 45 links).

Das an den Schmalseiten des Ausgangsstabes sichtbare Schichtmuster angeschnittener Lagen erscheint nach dem Umschmieden als Linienmuster neben der flächigen Deckschicht, die den Mittelgrat überdeckt.

Wird ein rechteckiger Stabquerschnitt mit liegenden Schichten spanabhebend zu rautenförmig mit parallel zur Schneidenebene verlaufenden Schichten umgearbeitet, so sind im Idealfall auf der gesamten Staboberfläche gleichbreit angeschnittene Schichten sichtbar (Abb. 45 rechts).

Für die spanabhebende Formgebung des Klingensquerschnittes wird der Ausgangsstab mit rechteckigem Querschnitt soweit ausgeschmiedet, dass das Dicken- und Breitenmaß jeweils wenige Millimeter mehr beträgt als an der fertigen Klinge. Die Maßzugabe ist sinnvoll, um Unregelmäßigkeiten des Abbrandes und Unebenheiten der Oberfläche auszugleichen. Der Verlust an Eisen beträgt bei der spanabhebenden Formgebung etwas mehr als das Gewicht des fertigen Klingblattes. Diese Methode hat gegenüber der schmiedetechnischen Ausformung mehrere Vorteile:

- Die Schmiedearbeit ist deutlich einfacher, da der Querschnitt rechteckig ist.
- Die Gefahr, dass die Schneiden entkohlt werden oder verbrennen ist geringer, da sie im Feuer durch das später abzuschleifende Eisen geschützt werden.
- Der Verlauf der Schichten innerhalb der Klinge ist besser steuerbar. Dies ist vor allem bei dem Klingenaufbau des Ulmer Schwertes wichtig, da hier die Schneide von einer härteren Mittellage gebildet wird. Beim Schleifen kann der Verlauf der Schneiden leichten Wellen der Mittellage angepasst werden, ohne dass die Klingenbreite beeinträchtigt wird. Dadurch entstandene Wellen können vor Fertigstellung der Schleifarbeiten schmiedetechnisch korrigiert werden.

Auf dem Klingenblatt des Schwertes aus Ulm (Abb. 28 u. 117) und Vix (Abb. 106j) befinden sich eindeutige Schleifspuren in Längs- bzw. Schrägrichtung der Klinge, die auf ein vollständiges Überschleifen des Klingenblattes schließen lassen. Die Feinheit der verwendeten Schleifsteine schwankt von Schwert zu Schwert. Sowohl an dem Schwert aus der Donau in Ulm als auch an dem Schwert aus Pouilly-sur-Saône (Abb. 99) wurde ein maximal 2 mm breiter Anschliff der Schneiden festgestellt.

Beim Schwert aus Pouilly-sur-Saône sind beide Anschlifffacetten auf einer Breitseite der Klinge angebracht, während das Ulmer Schwert beim Wechsel von einer Schneide zur anderen um die Längsachse gedreht wurde, so dass pro Breitseite nur ein Anschliff sichtbar ist. Der Anschliff des Ulmer Schwertes wurde mit feineren Schleifmitteln durchgeführt als der Schliff der übrigen Klingenoberfläche. Auf der Klinge des Schwertes aus Vix hat sich eine Schicht erhalten, die augenscheinlich die geschliffene Oberfläche der Blechscheide abbildet (Abb. 106h.i); im Vergleich dazu sind die Schleifspuren der Klingenspitze deutlich feiner (Abb. 106j). Die feinste Oberfläche hat das Schwert aus Villefranche-sur-Saône (Abb. 95 u. 96).

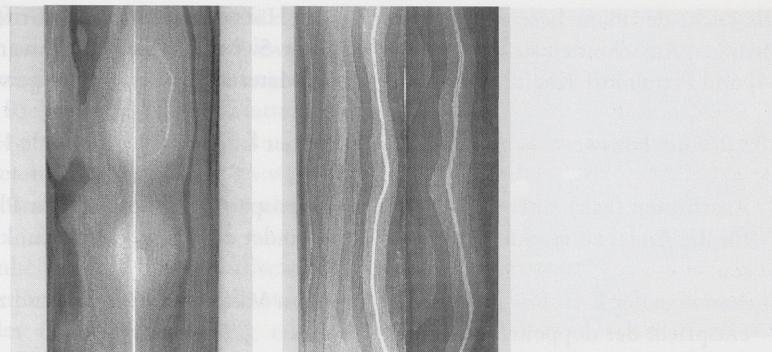


Abb. 45 Schichtmuster an der Oberfläche einer aus einem Stab mit rechteckigem Querschnitt und liegenden Schichten gefertigten Klinge. Links: Klingenabschnitt mit ausgeschmiedeten Schneiden und geringem Abtrag beim Schleifen. Die Deckschichten folgen der Oberfläche und verlieren wenig an Breite. Rechts: Das Klingenprofil wurde spanabhebend hergestellt. Dadurch bleiben die sichtbaren Streifen annähernd gleich breit. Schmied: E. Graeber. Aufnahmen: M. Paysan.

Eine Härtung der Klinge durch schnelles Abschrecken wurde an keiner der vier bisher metallographisch untersuchten Klingen von Knollenknaufschwertern nachgewiesen.⁸⁴

4.3 Herstellung des Griffes

4.3.1 Herstellung der Hilze

4.3.1.1 Ausgangsmaterial

Für die Hilze des Schwertes aus Chalon-sur-Saône wurden Platten aus mehreren unregelmäßigen Stahlstücken zusammengeschweißt⁸⁵ (Abb. 79), während sich für die Hilzen einzelner Schwerter die Verwendung von Platten aus gegärtem Stahl mit bis zu 16 sichtbaren Lagen⁸⁶ nachweisen lässt (Abb. 7a, 91 g u. 98 c). An den Schmalseiten der Hilzen sind häufig angeschnittene Schichten erkennbar. Gelegentlich sind die Platten so gut gegärbt, dass außer der Schweißnaht zwischen den zwei Hilzenhälften sowohl an der Oberfläche als auch im Röntgenbild keine Schweißnähte erkennbar sind (Ulm, Abb. 88, Günzburg, Abb. 101, Cannes-Écluse, Abb. 82 u. 83, und Villefranche-sur-Saône, Abb. 95–97).

Als Ausgangsmaterial dient eine flache rechteckige Platten mit etwas geringerer Breite und doppelter Länge als bei der fertigen Hilze. Die Verwendung von zwei separaten Platten ist ebenfalls möglich (Abb. 46–50 und Juac, Abb. 77). Die Verschweißung der beiden Hilzenhälften wird jedoch vereinfacht, wenn anstelle von zwei separaten Platten eine einzige Platte mit doppelter Grifflänge angefertigt wird, die nach der Profilierung des Mittelgrades und der Aussparung für die Angel in der Mitte gefaltet wird. Die Knaufzone befindet sich dabei in der Plattenmitte während sich die Mittelgrade spiegelbildlich von den Knaufösen zu den Schmalseiten der Platte erstrecken.

84 Juac, Germond. Publ. in: GENDRON et al. 1986, 44 f. 49 f. 52; Günzburg. Publ. in: GASSMANN 2001; Ulm, Gänstorbücke (siehe 3.3.4.6, S. 117).

85 Auf den Röntgenbildern sowie an der Oberfläche der Schmalseite des Schwertgriffes aus Chalon sind unregelmäßig verlaufende Fugen sichtbar, die auf eine Herstellung der Hilzenplatten aus verschweißten Stahlstücken hindeuten. An der Oberfläche des Schwertgriffes ist eindeutig erkennbar, dass diese Platten nach dem Verschweißen der Einzelstücke nicht ausgestreckt und gefaltet wurden.

86 Port-Nidau mindestens 16 Lagen, Eislingen/Fils 9 bis 10 Lagen.

Die Dicke der Platte beträgt etwas mehr als die Hälfte der am fertigen Griff in den seitlichen bogenförmigen Ausschnitten sichtbaren Dicke, also ca. 5–7 mm. (Bei den Schwertern aus Germond [Abb. 84] und Pettendorf-Kneiting [Abb. 85] ist das Material der Hilze außergewöhnlich dünn).⁸⁷

4.3.1.2 Vorgehensweise bei der Verwendung einer langen Platte für beide Hilzenhälften

- Anschroten (kalt) einer geraden Linie auf der späteren Innenseite der Platte, um die Aussparung für die Angel zu markieren. Die Linie verbindet die beiden Mittelpunkte der kurzen Plattenseiten.
- Anreißen der Knaufösen auf der geschrötenen Mittellinie. Der Abstand zwischen den Knaufösen entspricht der doppelten Höhe des Knaufes.
- Durchschlagen der Knaufösen mittels eines Dornes oder Durchschlages durch das glühende Werkstück.

Profilierung des Bereiches zwischen Heftabschluss und Knauföse:

- Ausarbeiten des Mittelgrates und der Kehlungen seitlich des Mittelgrates: mittels eines einseitigen Gesenkes,⁸⁷ welches das Außenprofil der Hilze negativ wiedergibt (Abb. 48). Dazu wird die flachen Platte auf das Gesenk gelegt um den Mittelgrat von der späteren Innenseite her mit Hilfe eines breiten stumpfen Meißels in das Gesenk einzuschlagen (Abb. 46). Die dabei entstehende Rinne umschließt später die Angel (der Bereich zwischen den Knaufösen wird nicht profiliert). Durch die einseitige Schmiedearbeit wölbt sich die Hilzenplatte auf. Diese Wölbung lässt sich auf der flachen Ambossbahn von der konvexen Seite her mit Hilfe eines Kehlhammers (Setzhammer mit breiter gerundeter Finne) und von der Innenseite mit einem Setzhammer mit flacher Bahn auf dem Gesenk korrigieren. Im Versuch zeigte sich, dass diese Arbeiten am besten zu zweit ausgeführt werden, wobei einer das Werkstück und den Setzhammer führt und der andere als Zuschläger mit dem Vorschlaghammer auf den Setzhammer schlägt (Abb. 47).
- Aufspaltung des Heftabschlusses mit Hammer und Meißel zur Erleichterung der späteren spanabhebenden Ausarbeitung des Heftausschnittes.
- Erhitzen der Platte in der Mitte um sie so zu falten, dass die Knaufösen und die Aussparungen für die Angel aufeinander zu liegen kommen.
- Zugabe von schlackebildendem Schweißpulver wie z. B. Lehm oder Quarzsand⁸⁸ in die Fuge, Erhitzen des gesamten Werkstücks auf Schweißtemperatur⁸⁹ um es im Gesenk liegend unter Verwendung von Schmiede- und Kehlhammern zu verschweißen, wobei der Bereich des Mittelgrates vor dem Schweißen den Schweißarbeiten schmiedetechnisch korrigiert werden muss.

87 Herstellung des Gesenkes:

- Herstellung eines Punzens mit dem Profil der zu fertigenden Hilzenplatte und etwa 2–3 cm Dicke mit Hilfe eines Kehlhammers. Das Profil sollte in Längsrichtung des Mittelgrates etwas ballig ausgearbeitet sein, zur Vermeidung von Stufen im Gesenk.
- (Härten der Werkzeugspitze durch Erhitzen auf Rotglut und Abschrecken der Spitze z. B. in Wasser. Anlassen der Spitze durch die Restwärme des Punzens. Das Beherrschen des Härtens durch Abschrecken war in keltischen Schmieden nicht allgemein verbreitet und kann für die Schmiede der Knollenknaufschwerter nicht vorausgesetzt werden.)
- Anschroten einer geraden Linie auf einem flachen Stahlblock mit dem Meißel.
- Einschlagen des Profilpunzens mit Hilfe eines Zuschlägers in den glühenden Stahlblock entlang der vorgeschrotenen Linie.
- Erkaltenlassen oder Abschrecken des Gesenkes.
- Überschleifen des Gesenkes.

Tiefe der Kehlungen: Eislingen/Fils, Abb. 1 u. 91: ca. 1,8 mm, Ulm, Abb. 88: ca. 0,5 mm

grates von den Schlägen ausgespart wird, damit der Hohlraum für die Angel offen bleibt. Die Schweißung erfolgt, zur Vermeidung von Verwerfungen, vom Knaufbereich in Richtung der offenen Plattenenden.

- Aufspalten des gefalteten Endes der Platte zu vier Knaufzapfen bzw. Ausschmieden der spitz zulauenden Knaufzunge.
- Einebnen der Unebenheiten der Hilzenoberfläche, die durch die raschen Schläge und den erhöhten Abbrand während der Feuerverschweißung entstanden.
- Eintreiben eines meißelartiges Werkzeug, dessen Vorderteil der Form von Klingenschulter und Angel entspricht, vom Heft her in die Aussparung für die Angel, bis seine Spitze in der Knauföse erscheint. Dabei ist es notwendig, dieses Werkzeug während der Arbeit mehrfach herauszuziehen und im Wasser zu kühlen, da die dünne Spitze schnell zu glühen beginnt und sich leicht verformt (Abb. 49). Durch die Schulter des Werkzeuges weitert sich der Heftbereich der Hilze auf.

Diese Erweiterung lässt sich im Gesenk liegend mit Hilfe eines Kehlhammers wieder ausgleichen.

Nach Entfernung des Werkzeuges aus der Aussparung für die Angel erfolgt die Ausarbeitung der Kontur der Hilze:

- Aushauen des groben Umrisses der glühenden Hilze mittels breiter gebogener Halbmondmeißel oder schmaler gerader Meißel. Abspalten der Heftzapfen (Abb. 50).
- Überschmieden der Heftzapfen und der Knaufzunge.
- Erkaltenlassen des Werkstückes. Grobe Ausarbeitung der seitlichen Kontur der Hilze und Fertigstellung des Heftausschnittes mittels unterschiedlicher Feilen und Schleifsteine.

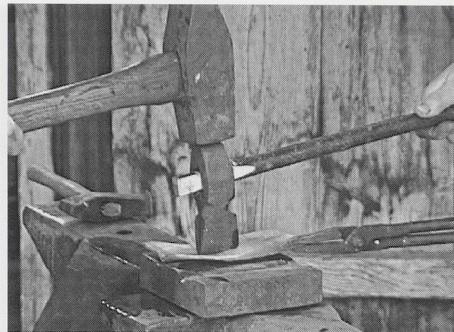


Abb. 46 Einschlagen der Rinne für die Angel mit einem breiten stumpfen Meißel (Stilschrotmeißel). Dabei nimmt die Außenseite der Hilzenplatte das Profil des Gesenktes an. Aufnahme: M. Paysan.



Abb. 47 Mit einem breiten Kehlhammer lassen sich ungewünschte Verwölbungen begradigen und Fehler im Verlauf des Mittelgrates korrigieren. Schmiede: links: M. Paysan, rechts: K. Stoll. Aufnahme: M. Paysan.

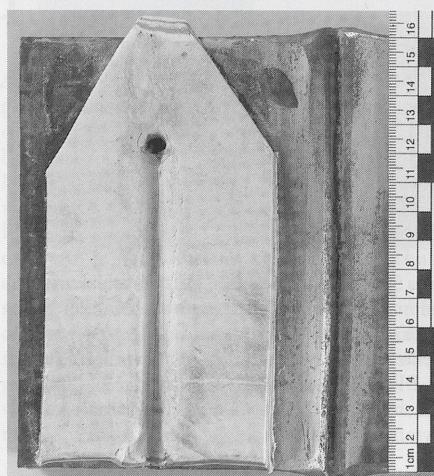


Abb. 48 Knetmodell der Hilzenplatte im Gesenk, nach der Profilierung. Die vorgelochte Knauföse erleichtert den Übergang zwischen Mittelgrat und flacher Knaufzunge. Aufnahme: M. Paysan.

88 MEYER 1888, 32.

89 Erhitzen auf Gelbglut, bis einzelne Fünkchen aus dem Werkstück springen. Möglicherweise wurde vorher ein die Werkstücke vor Oxidation schützendes Medium wie Lehm schlicker und Strohasche aufgebracht.



Abb. 49 Nach der Verschweißung der Hilzenhälften wird ein meißelartiges Werkzeug, dessen Vorderteil der Form von Klingenschulter und Angel entspricht, in die Aussparung zwischen den Mittelgraten hineingetrieben, um Raum für die Angel der Klinge zu schaffen. Schmied: E. Graeber. Aufnahme: M. Paysan.

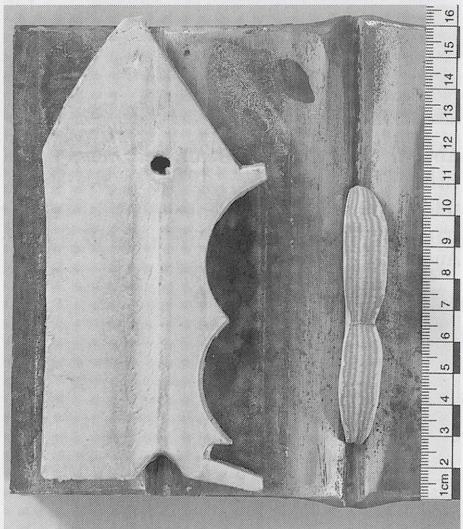


Abb. 50 Knetmodell der Hilze nach dem Aushauen des groben Umrisses mittels breiter gebohrer Halbmondmeißel und schmaler gerader Meißel. Das ausgeschnittene Modellteil rechts im Bild zeigt den Verlauf der angeschnittenen Schichten (vgl. Abb. 91 c u. g). Aufnahme: M. Paysan.

4.3.1.3 Verbindung der Hilze mit der Angel bzw. Griffzunge

Die meisten Knollenknaufschwerter sind mit einer Angel ausgestattet. An ihnen wurden zwei Verbindungstechniken nachgewiesen:

1. Aufstecken der fertig gestellten kalten Hilze auf die am Ende glühende Angel mit anschließender Vernietung des Angelendes in der Knauföse (Chalon-sur-Saône, Abb. 79 und Eislingen/Fils, Abb. 91/92)

2. Aufschrumpfen der Hilze auf die Angel (Günzburg, Abb. 101):

- Erhitzen der Hilze im Bereich zwischen Heft und Knauföse.
- Aufstecken der glühenden Hilze auf die kalte Angel. Durch Schläge auf die nicht glühende Knaufzunge passt sich das Innenprofil der Hilze an die Angel an.
- Anlegen der im Gesenk liegenden Hilze an die Angel durch wenige Schläge mit dem Kehlhammer seitlich des Mittelgrates.⁹⁰ Während des Erkaltens schrumpft die Hilze fest auf die Angel auf, so dass sich eine sichere Verbindung ergibt. Ein Verschweißen der Hilzenteile mit der Angel ist daher nicht notwendig. Zudem wird bei Stoßwaffen wie den Knollenknaufschwertern die Klinge beim Gebrauch in die Hilze hineingeschoben, so dass die Verbindung im Gebrauch stabilisiert wird, im Gegensatz zu Hiebschwertern, bei denen die Fliehkräfte während des Schlages die Angel aus der Hilze ziehen, was konstruktiv durch eine stärkere Verbindung von Angel und Knauf verhindert werden muss.⁹¹

Eine Ausnahme bilden Knollenknaufschwerter mit Griffzunge (Germond, Abb. 84, Pettendorf-Kneiting, Abb. 85 und das fundortlose Schwert im Historischen Museum St. Gallen, Abb. 107). Bei ihnen ist eine Verschweißung der Hilzenplatten mit der Griffzunge anzunehmen, da keine Vernietungen festgestellt wurden:

- Gleichmäßiges Erhitzen der profilierten und mit einem Heftausschnitt versehenen Hilzenteile auf Schweißtemperatur.

⁹⁰ Auf Röntgenbildern des Günzburger Schwertes ist zu erkennen, dass die Fugen zwischen Angel und Hilze zum Heftabschluss hin größer werden. Vermutlich wurden zur Klingenschulter hin weniger starke Schläge ausgeführt, um den bereits ausgearbeiteten Heftabschluss nicht zu deformieren.

⁹¹ Frdl. Hinweis von H. WESTPHAL.

- Erhitzen der Griffzunge auf Schweißtemperatur bei gleichzeitiger Kühlung der Klingenschulter, um die bereits dünn ausgearbeiteten Schneiden nicht zu gefährden.
- Zusammenfügen der Hilzenteile und der Griffzunge auf dem Gesenk⁹² unter Zugabe von Schweißpulver in die Schweißfuge. Rasches Verschweißen der Fügeteile durch Schläge mittels eines Setzhammers mit gerundeter Bahn auf die Kehlen der oben liegenden Hilzenhälfte und mit der flachen Bahn des Schmiedehammers auf die Knaufzunge unter gelegentlichem Wenden des Werkstückes.

Es ist sinnvoll, folgende Arbeits schritte vor der Verbindung von Griff und Klinge durchzuführen, da sonst bei jeder Erhitzung der massiven Hilze die Gefahr besteht, die schlanke Klinge zu beschädigen:

- Aushauen des groben Umrisses der glühenden Hilze mittels breiter gebogener Halbmondmeißel und schmaler gerader Meißel. Abspalten der Heftzapfen (Abb. 50).
- Überschmieden der Heftzapfen.
- Glattschmieden der Hilzenoberfläche, um Unebenheiten zu glätten, die durch die große Hitze und die raschen Schläge während der Feuerverschweißung entstanden.

4.3.2 Kalte spanabhebende Überarbeitung

- Ausarbeiten des endgültigen Umrisses der Hilze mittels unterschiedlicher Feilen.
- Ausfeilen der Kontur der Knauföse.
- Ziselieren oder Gravieren der Linienverzierungen der Hilze. Die Schwerter aus Port-Nidau (Abb. 98) und aus Villefranche-sur-Saône (Abb. 51) stellen eine Ausnahme dar. Bei ihnen sind die parallel verlaufenden Linien nicht wie üblich als Furchen graviert oder eingeschrotet, sondern bleiben als erhabene Linien stehen. Dies wurde durch die Ausarbeitung von Kehlen beiderseits der Linien erreicht. Im Versuch wurden vergleichbare Linien mit Hilfe eines profilierten Punzens hergestellt (Abb. 52), jedoch sind andere Methoden nicht sicher auszuschließen.



Abb. 51 Ausschnitt aus der Hilze des Schwertes aus Villefranche-sur-Saône, Kat.-Nr. 26. Vergrößerung: 1,5-fach. Aufnahme: M. Paysan.



Abb. 52 Rekonstruktionsversuch zur Anfertigung erhabener Verzierungs linien, nach Vorbild der Schwerter von Villefranche-sur-Saône, Kat.-Nr. 26 und des Schwertes aus Port-Nidau, Kat.-Nr. 18. Rechts im Bild befindet sich das zweischneidige Ende des Punzens. Die Länge der leicht gebogen geschliffenen Schneiden beträgt ca. 1 cm. Je nach Abstand zwischen den Schneiden verändert sich die Breite der Linie. Für eine saubere Linienführung ist es notwendig, dass die Schneiden scharf sind, da sonst der Punzen seitlich die Spur verlässt. Als Punze wurde ein geglühter, an Luft abgekühlter Stechbeitel verwendet. Das Blech besteht aus Kupfer. Aufnahme: M. Paysan.

92 Ein gemeinsames Erhitzen der Angel mit den montierten Hilzenteilen vor dem Verschweißen wäre zwar möglich, birgt jedoch die Gefahr, dass die dünnen Schneiden der Klinge verbrennen, bevor die massiven Hilzenteile Schweißtemperatur erreichen.

Am Schwert aus Port-Nidau wurde ein breites und ein schmales Werkzeug zur Linienherstellung festgestellt, die sich von dem Linien-Werkzeug des Schwertes aus Villefranche-sur-Saône unterscheiden.

- Feinschliff der Oberfläche mit Schleif- und Poliersteinen unterschiedlicher Körnung. Die Abbildungen 51 und 96 zeigen die hohe Qualität der abschließenden Oberflächenbearbeitung des Schwertes aus Villefranche-sur-Saône.

4.3.3 Herstellung der einzeln gefertigten Knollen

4.3.3.1 Wickeltechnik (Abb. 54)

Juac, Abbildung 77, Germond, Abbildung 84 und Eislingen/Fils, Abbildungen 53, 91 u. 92.

Ausgangsmaterial: Ein Stab aus gegärtem Stahl mit liegenden Schichten.

Schmiedearbeit:

- Ausschmieden eines zungenförmigen Blechstreifens.⁹³
- Aufrollen des Blechstreifens auf einen konischen Dorn, der den Maßen der Heftzapfen entspricht, wobei mit dem breiten Ende begonnen wird.
- Glattschmieden der Kugeloberfläche zwischen Hammer und Ambossbahn oder in einem halbkugeligen Gesenk (Anke).
- Ausfeilen der Furche, die ein Teil der Hilze und der Schneiden umgreift.

4.3.3.2 Massiv-durchlochte Kugeln (Abb. 55 u. 56)

Beobachtet an den Knollen der Schwerter aus Néau (Abb. 78), Chalon-sur-Saône (Abb. 79) und Port-Nidau (Abb. 98).

Ausgangsmaterial: Ein Vierkantstab aus gegärtem Stahl mit liegenden Schichten in derselben Breite und etwas größerer Höhe als die zu fertigenden Knollen.

Arbeitsschritte:

- Durchschlagen eines alle Schichten des Schweißeisens durchquerenden Loches mittels eines konischen Durchschlages oder eines Dornes.
- Abtrennen des gelochten Stabendes von der Stange mit Hilfe eines Meißels.
- Spanabhebende Ausformung der Kugel mit Feilen und Schleifsteinen. Das Ausschmieden der Kugelform vor der Durchlochung ist sinnlos, da beim Lochen die Kugelform gequetscht wird (Abb. 56 Mitte).

4.3.3.3 Schüsseltechnik (Abb. 57–60)

Beobachtet an den Heftknollen des Schwertes aus der Saône bei Saint-Jean-de-Losne (Abb. 90c–f), Préty (Abb. 87 h) und anderen. Die Werkzeugmaße in den folgenden Abschnitten wurden an den Heftknollen des Schwertes aus Saint-Jean-de-Losne abgenommen.

Ausgangsmaterial: Ein ca. 2,5 cm breites, ca. 5 mm starkes Band oder eine ca. 5 mm dicke Platte aus gegärtem Stahl mit liegenden Schichten.

⁹³ Die Knollen des Schwertes von Juac bestehen aus dünnem Blech, das in zwei bis drei Wicklungen auf kegelförmige Dorne aufgerollt wurde. Die Heftknollen des Eislinger Schwertes bestehen aus maximal ca. 9 mm dicken Streifen aus gegärtem Stahl mit ca. 6 Lagen, die in eineinviertel Windungen um einen konischen Kern mit rechteckigem Querschnitt gewickelt wurden.

Arbeitsschritte (Abb. 59)

- Abmeißeln eines quadratischen Plättchens.
- Stauchen der Ecken des Plättchens zur Herstellung einer runden Plansche mit ca. 2,5 cm Durchmesser und 5 mm Dicke.
- Auflegen der glühenden Plansche auf einen kalten Eisenring oder ein Loch im Amboss mit etwa 2 cm Innendurchmesser. Einschlagen der Plansche in das Loch mit Hilfe eines Perlpunzens oder Rundstabes mit abgerundetem Ende mit ca. 11 x 9 mm Querschnitt, so dass die Plansche zu einem Schüsselchen aufgezogen wird.
- Einziehen der Schüssel zur Kugelform durch Schläge auf den Schüsselrand. Zum Halten eignet sich am besten eine Schmiedezange, deren eine Backe rundstabförmig ist und genau in den Hohlraum der geplanten Kugel passt, während die andere Backe breit und halbrund ausgeschmiedet ist und die Kugel von außen umfasst.
- Durchschlagen des Nietloches für den Heftzapfen.
- Einschlagen der Aussparung, die später einen Teil der Hilze umfasst, mit einem Punzen mit einer rechteckigen Bahn von 8,4 x 16 mm.
- Einschlagen der Aussparung, die später die Schneide der Klinge umfasst, mittels eines Flachmeißels mit einer Schneide von mindestens 18 mm Breite.
- Glattschmieden der Kugeloberfläche, zwischen Hammer und Ambossbahn oder in einem halbkugeligen Gesenk (Anke).

Rechte Seite, von oben nach unten:

Abb. 53 Heftknolle in Wickeltechnik des Schwertes aus Esslingen/Fils, Kat.-Nr. 5. Ohne Maßstab (vgl. Abb. 91 c).

Abb. 54 Knetmodelle zur Wickeltechnik: Oben: Zungenförmiges Ausgangsmaterial; unten links: Aufgewickelter Streifen; unten Mitte: Längsschnitt durch ein Modell wie links. Die Anordnung des Streifenmusters entspricht den Röntgenbefunden; unten rechts: Aufsicht auf fertige Kugel.

Abb. 55 und 56 Schmiedeversuch zu massiv-durchlochtem Kugeln. Abb. 55 und Abb. 56 links: Durchlochung eines kugelig geschmiedeten Stabendes. Dies entspricht nicht der originalen Technik, da beim Rundschmieden des Stabendes die Schichten verworfen und beim anschließenden Durchlochen die Kugel gequetscht werden. Dazu Abb. 56 Mitte: Kugellagerkugel vor (oben) und nach der (teilweisen) Durchlochung (unten). Aus der geringen Verwerfung der Schichten der originalen massiv-durchlochtem Kugeln kann geschlossen werden, dass ein Vierkantstab mit liegenden Schichten durchloch wurde und die Kugelform spanabhebend erzeugt wurde. Abb. 56 rechts (Knetmodelle): Unten: Querschnitt durch durchlochtem Vierkantstab; oben: Spanabhebend geformte Kugel. Schmiede: E. Graeber und E. Binder.

Aufnahmen: M. Paysan.

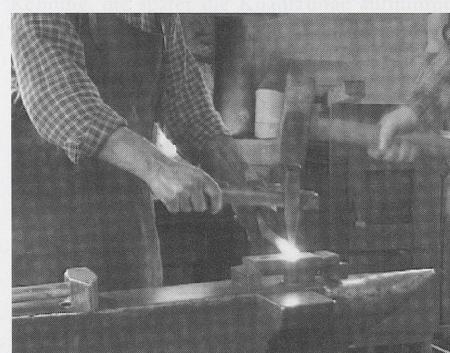
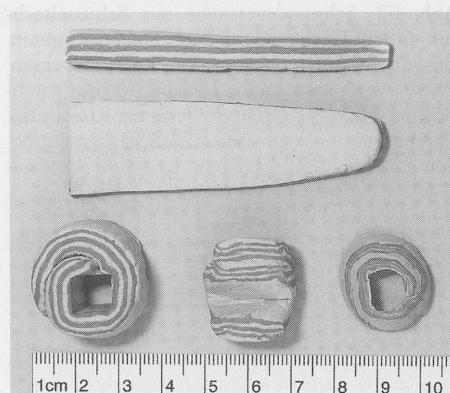
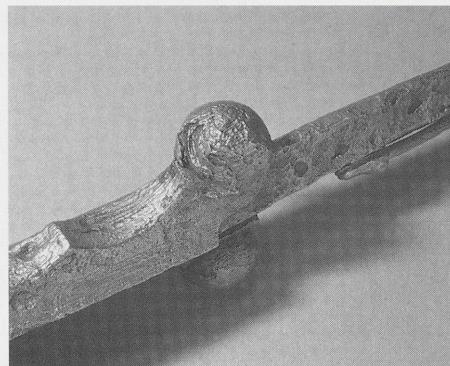




Abb. 57 Schmiedeversuche zur Schüsseltechnik. Oben: Flachgeschmiedetes Stabende; unten links: Beim Aufziehen einer bereits durchlochten Platte weitet sich das Loch, daher ist die Durchbrechung erst nach Fertigstellung der Kugelform durchzuführen; unten rechts: Aus flachgeschmiedetem Stabende aufgezogene Kugel in Schüsseltechnik. Aufnahme: M. Paysan.



Abb. 58 Knetmodelle zur Vielfalt der möglichen Verwerfungsbilder an der Oberfläche von Knollen, die nach der Schüsseltechnik hergestellt sind. Aufnahme: M. Paysan.



Abb. 59 Knetmodelle zur Schüsseltechnik (rekonstruiert nach den abnehmbaren Heftknollen des Schwertes aus Saint-Jean-de-Losne, Kat.-Nr. 22 [Abb. 60]). Obere Reihe: links: Flache Plansche mit Querschnitt; Mitte: Aufgezogene Schüssel (Querschnitt); rechts: Aufgezogene Schüssel mit Durchlochung für Heftzapfen (Querschnitt). Untere Reihe: Fertige Heftknollen mit Aussparungen für die Schneide (links) und die Hilze (nach rechts weisend); links: Querschnitt, Mitte: Seitenansicht, rechts: Hilzenseite. Aufnahme: M. Paysan.

4.3.4 Herstellung des Knollenknaufes

Knäufe mit separat hergestellten Knollen bestehen aus gewickelten Knollen (Juac, Abb. 77) oder aus massiv durchlochten Knollen (Chalon-sur-Saône, Abb. 79).

Ausgangsmaterial für einteilige Knäufe: Ein Stab mit ca. 3–3,5 cm Durchmesser aus gegärbtem Stahl (Préty, Abb. 87, Lengenfeld, Abb. 89, Chiemsee, Abb. 104). Die Länge des Stabes sollte dabei mindestens 20–30 cm betragen, um beim Abknicken des Knaufes ausreichend Halt zu gewährleisten.

Oder: Ein Block mit den Außenmaßen des Knaufes und parallel zur Schneidenebene der Klinge liegenden Schichten (Port-Nidau, Abb. 98; Region Nantes, Coll. Ph. Routhiau, Abb. 112, Pouilly-sur-Saône, Abb. 99)

Oder: Eine ca. 7 mm dicke ca. 6–7 cm breite Platte aus gegärbtem Stahl mit liegenden Schichten (ohne Fundort/Museum St. Gallen, Abb. 107).

Arbeitsschritte:

Schmiedearbeit (Abb. 61):

- Verjüngen des Stabendes auf den Durchmesser der kleineren Knollen.
- Abknicken des im Knickbereich glühenden Stabes (bei den Schwertern Chiemsee [Abb. 104] und Lengenfeld [Abb. 89] verlief die Kante, über die geknickt wurde, parallel zu den Lagen).
- Absetzen des Stabes auf Höhe der zweiten kleinen Knolle (wobei die Verbindung zum Rest des Stabes bestehen bleibt).
- Durchschlagen eines Meißels von der Innenseite des Knickes zur Vorbereitung der Aussparung für die Knaufzunge.
- Ausarbeiten der Aussparung mit Hilfe von Meißeln, eventuell Aufziehen des Knaufes auf einen im Ambossstock fixierten Kern, zur Fixierung bei der anschließenden Ausarbeitung der Kehlen zwischen den Knollen mittels Meißeln oder Stiel-schrotmeißeln.
- Ausarbeitung der Kehlen zwischen den Knollen mit Hammer und Meißel⁹⁴ (Abb. 87f) oder nach dem Erkalten durch Feilen⁹⁵ (Abb. 109f).
- Konische Aufweitung der Öffnung für die Hilzenzunge auf der Außenseite, um bei der Vernietung des Zungenendes einen sicheren Halt zu gewährleisten.
- Glätten der Oberfläche durch leichte Hammerschläge.
- Abschroten des Knaufes vom Rest der Stange.⁹⁶ Erkaltenlassen des Werkstückes.

Kalte spanabhebende Überarbeitung:

Überfeilen des Knaufes separat vom Rest des Griffes. Im Röntgenbild des Schwertes der Coll. Rochebrune ist deutlich die starke Biegung der Schichten zu erkennen. Die Ausarbeitung der Kehlen zwischen den Knollen erfolgte spanabhebend, da die Schichten nicht deformiert, sondern unterbrochen sind (aus der Loire bei Nantes [Coll. Rochebrune], Abb. 109 f; Chiemsee, Abb. 104).

Montage und Vernietung der Heftknollen und des Knaufes:

Das Verschmieden der Enden der Heftzapfen und der Hilzenzunge wird erleichtert, wenn die Enden glühen. Bei den anzunehmenden geringen Härtewerten des verwendeten Stahles ist jedoch auch eine Kaltvernetzung möglich.

- Versäuberung der Fugen zwischen Knollen und Hilze durch Ziselierarbeit.

Überlegungen zur Frage, ob die Formgebung des Knaufes vor der Vernietung mit der Hilzenzunge stattfand oder nach einer irreversiblen Montage:

Eine Ausarbeitung der Konturen auf der Innenseite der Biegung des Knaufes im montierten Zustand, wie O. u. J. TAFFANEL⁹⁴ und J. DRIEHAUS⁹⁵ vorschlagen, erschwert erheblich die Befestigung oder schmiedetechnische Ausarbeitung, da einerseits die montierte Hilze die Bewegungsfreiheit der Werkzeuge einengt und andererseits die bereits glattgeschmiedete Oberfläche der Hilze durch die zur Knaufbearbeitung eingesetzten Werkzeuge leicht beschädigt werden kann. Ein Aufschweißen oder heiß Überschmieden des montierten Knaufes erfordert ein mehrmaliges Glühen der bereits fertig geformten Hilze. Dies führt zu erhöhtem Abbrand oder zumindest zu einer Aufrauung der Schmiedehaut in den Bereichen, die nicht erneut überschmiedet werden, so dass diese mit erhöhtem Aufwand überarbeitet werden müssen. Zudem besteht beim Glühen von Schweißeisen stets die Gefahr, dass sich schlecht verschweißte Schichten wieder trennen.



Abb. 60 Heftknollen des Schwertes aus Saint-Jean-de-Losne/Saône, Kat.-Nr. 22. Aufnahme: M. Paysan.



Abb. 61 Knetmodell eines umformend gefertigten Knaufes. Links: Querschnitt durch den rechteckigen Ausgangsstab mit eingemeißelter Kehlung, die später die Knaufzunge aufnimmt; rechts: fertiges Modell. Aufnahme: M. Paysan.

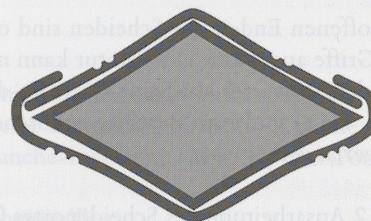


Abb. 62 Querschnitt durch Scheide und Klinge des Schwertes aus Cannes-Écluse/Yonne, Kat.-Nr. 2. M 2:1. Zeichnung: M. Paysan.

94 Die dünnen Schichten aus der Außenseite des Knaufes des Knollenknaufschwertes aus der Saône bei Prény vollziehen den Oberflächenverlauf über mehrere Knollen ohne Unterbrechung nach, was nur durch eine schmiedetechnisch umformende Ausarbeitung des Knaufes möglich ist.

95 Chiemsee: Die auf der Krümmung außen liegenden Schichten im Knauf des Schwertes aus dem Chiemsee werden durch die Einkerbungen zwischen den großen und kleinen Knaufknollen unterbrochen, ohne dass tiefer liegende Schichten Deformationen zeigen, wie sie bei einer schmiedetechnischen Ausarbeitung auftreten würden. Dadurch lässt sich eine spanabhebende Ausarbeitung der Fugen nachweisen. Röntgenfoto: KRÄMER 1962, Taf. 11.

96 Die Schichten im Knauf des Schwertes aus dem Chiemsee verjüngen sich zu den beiden Enden hin, was sich durch die Quetschung beim Abschroten erklären lässt.

97 TAFFANEL/TAFFANEL 1980, 1-3.

98 J. DRIEHAUS in: KRÄMER 1962, 121-124.

4.4 Herstellung von Scheide und Beschläg (Abb. 62)

4.4.1 Herstellung der Schwertscheide

Ausgangsmaterial: Ein oder zwei Stäbe aus sorgfältig gegärbtem Stahl.

Schmiedearbeit:

- Flachschmieden des Stabes zu einem Blechstreifen. Pro Scheide werden zwei Blechstreifen benötigt.
Die Blechstreifen für Scheiden von sehr schmalen Klingen wie jene aus der Saône bei Saint-Jean-de-Losne haben am Scheidenmund Breiten von 2 und 2,8 cm, während für breite Klingen, wie jene des Schwertes aus der Saône bei Préty, Streifen von 5 und 6,6 cm Breite benötigt werden. Die Streifen werden zum Ort hin schmäler. Bei schmalen Scheiden erscheint es aufgrund des Abbrandes sinnvoll, zuerst einen Streifen von 5–6 cm Breite herzustellen und diesen anschließend mit Hammer und Meißel oder einer Blechscheren der Länge nach zu teilen, während es bei breiten Klingen aufgrund der schnellen Abkühlung von Blech angenehmer sein kann, die zwei Bleche getrennt auszuschmieden.
- Anreißen der Linien, entlang denen die Scheidenbleche gebördelt werden sollen, mit einer gehärteten Stahlspitze entlang einer geraden Kante (Schneiden der Schwertklinge) oder Anschlagen der Linien mit Hilfe einer dünnen gespannten farbgetränkten Schnur.
- Aushauen des Umrisses mit Hammer und Meißel oder Beschneiden der Streifen mit einer Blechscheren.
- Ausdünnen des Randes des schmaleren Streifens mit Hilfe eines Setzhammers oder stumpfen Meißels (Eislingen/Fils).
- Einschroten der zukünftigen Kanten entlang der markierten Linien mit einem Schrotzunzen (Laufpunzen, schmaler Ziselierzunzen) auf einer Hartholzunterlage (z.B. Buchenbrett).
- Umbördeln der zukünftigen Kanten der Scheidenhälften.⁹⁹

4.4.1.1 Ausarbeitung des Scheidenmundes (oberes Ende der Scheide):

Die offenen Enden der Scheiden sind ohne sichtbares Scheidenmundblech an die Heftausschnitte der Griffe angepasst. Die Kontur kann mit dem Meißel ausgehauen oder gefeilt sein. Bei den Scheiden der Schwerter aus Saint-Germain-du-Plain (Abb. 103 b u. c) und ‚Pont de l’Ouen‘ bei Nantes (Abb. 111 a) sind zum Beschläg gehörende aufgenietete Bleche bis in den Bereich des Scheidenmundes verlängert.

4.4.1.2 Ausarbeitung des Scheidenortes (unteres Ende der Scheide)

An den drei mit erhaltenem Ort überlieferten Schwertscheiden wurden zwei unterschiedliche Methoden der Herstellung festgestellt. Bei beiden Typen endet die Scheide wie rechtwinklig abgeschnitten, was bei dem Schwert aus Eislingen/Fils (Abb. 91 u. 92) zu der Annahme führte, dass Scheide und Schwert abgebrochen seien.¹⁰⁰

1. Vernieteter Ort mit umgebördeltem Scheidenblech (Cannes-Écluse, Abb. 83 f-i und Villefranche-sur-Saône, Abb. 95 e u. f). Die Verbindung der beiden Scheidenbleche erfolgt durch zwei dünne Niete beiderseits der Klingenspitze. Das umgebördelte untere Ende des breiteren Blechstreifens verschließt den Ort der Scheide.
2. Ort mit eingelötetem massivem Ortband (Eislingen/Fils, Abb. 92 c.d.f.g).

99 JAKOBS/NEBRICH 1989, 211–213.

Herstellung des Ortbandes

Ausgangsmaterial: Ein Vierkantstab mit einer Seitenlänge von ca. 1 x 1 cm.

Arbeitsschritte:

- Ausschmieden eines Stabendes zu einem rautenförmigen Querschnitt mit Achsmaßen von ca. 1 x 0,4 cm, so dass das Werkstück locker in den Ort der Scheide gesteckt werden kann (Außenmaß der Scheide am Ort: 1,6 x 0,7 cm).
- Aushauen eines ca. 2,5 cm tiefen V-förmigen Einschnittes in die Schmalseite des Stabes (zur Aufnahme der Klingenspitze) mit Hammer und Meißel. Ausrichten und Überschmieden oder Überfeilen der durch das Spalten verbogenen Enden des Ortbandes.
- Abschroten des Ortbandes.
- Stauchen der abgeschrotenen Fläche zur Erzeugung eines Wulstes, der die Öffnung der Scheide überdeckt.
- Überfeilen oder Überschmieden der sichtbaren Oberfläche zur Anpassung der Konturen an die Bleche.

4.4.2 Herstellung des Beschlags

4.4.2.1 Starre Beschläge

Ausgangsmaterial: Blech für die Grundplatte, massives Eisen für die Zwinge.

Die beiden Hälften der Zwinge sind auf der Innenseite an das Profil der Scheide angepasst. Die Formgebung erfolgte in Kombination von umformenden und spanabhebenden Techniken.

Die Verbindung der Zwingen zur Grundplatte und der Klötzchen zum Blech (Cannes-Écluse/Yonne; Abb. 82 b u. c; 83 d, e u. j) ließ sich nicht eindeutig klären.

Auf der Scheide des Eislinger Schwertes ist ein Arretierungsstift aufgenietet (Abb. 92 a u. b). Dazu wurden aus dem geschmiedeten Stift auf der Rückseite drei runde Stifte ausgefeilt, die durch Aussparungen der breiteren Scheidenhälfte gesteckt und mit ihr vernietet wurden. Die Vernietung erfolgte vor der Montage der beiden Scheidenhälften.

4.4.2.2 Scharnierbeschläge mit Stabsteckverschluss

Im Gegensatz zu den starren Beschlägen bestehen die Scharnierbeschläge aus umformend und spanabhebend profilierten Stegen und Blechstücken mit teilweise schwankender Materialstärke. Der Stab ist geschmiedet und im Falle der Exemplare aus Villefranche-sur-Saône (Abb. 96) und „Pont de l’Ouen“ bei Nantes (Abb. 111 a) spanabhebend profiliert.

Die Herstellung der Scharnierröhrchen ist folgendermaßen vorstellbar:

Ausgangsmaterial: Ein Blechstreifen mit einer größeren Länge als das fertige Beschläg und einer Breite, die dem Umfang des Röhrchens entspricht.

- Einschlagen des Blechstreifens mit der Hammerfinne in eine Rinne einer Hartholzunterlage oder des Ambosses, um es der Länge nach U-förmig zu biegen, bis es etwas mehr als halbrund ist.
- Umschlagen des U-Profiles um einen Rundstab (Seele), bis seine Kanten voreinander stehen oder Ziehen des Streifens durch mehrere konische Löcher mit sinkendem Durchmesser bis die Zylinderform erreicht ist.¹⁰¹
- Teilen des Röhrchens mit der Säge in fünf bzw. drei (Saint-Germain-du-Plain, Abb. 102 u. 103) Teile, um es mit den anderen Bauteilen des Beschläges im Feuer hart zu verlöten.¹⁰² Die mit der

100 RICHTER/JAHN, 1925, 92.

101 BREPOHL 1978, 147 f.; 198.

102 Bei den Beschlägen der Schwerter aus Saint-Germain-du-Plain und aus dem Chiemsee wurden Kupferlegierungen als Lot verwendet.

Scheide verbundenen Scharnierröhrchen sind (mit Ausnahme des Chiemseeschwertes, Abb. 104) nicht direkt auf dem Scheidenblech befestigt, sondern wurden separat auf einen entsprechend dem Mittelgrat der Scheide geknickten Blechstreifen aufgelötet. Die Verbindung mit dem schmäleren Scheidenblech erfolgte erst in kaltem Zustand durch Niete. Die sichtbaren Flächen des Beschlags aus Villefranche-sur-Saône (Abb. 96) wurden vor der Profilierung mit parallel verlaufenden Linien verziert, die nicht wie üblich als Rinne graviert oder eingeschrotet sind, sondern durch die Ausarbeitung von Kehlen beidseits der Linien erhaben stehen bleiben (Abb. 52).

Nach dem Anbringen aller aufgenieteten Teile des Beschlags wurden die beiden Scheidenhälften ineinandergeschoben und am Ort (geschlossenes Ende der Scheide) miteinander vernietet (Cannes-Écluse/Yonne, Abb. 83 f-i) oder verlötet (Eislingen/Fils, Abb. 92 c.d.f.g). Bei aufgelöten Beschlägen ist eine Montage der Scheidenhälften schon vor der Anbringung des Beschlags möglich.

5. Zeitliche Einordnung der Knollenknaufschwerter

5.1 Zur Problematik der zeitlichen Einordnung von Knollenknaufschwertern

Bereits 1914 wies der französische Autor DE LISLE DU DRENEUC „... auf das tragische Schicksal der Schwerter mit Knollenknauf hin, die Zeitbestimmungen über sich ergehen lassen mußten, die nicht weniger als 22 Jahrhunderte auseinander liegen.¹⁰³ Setzten die einen sie in das 6. bis 7. Jahrhundert v. Chr., so glaubten andere für ihre Entstehungszeit das 15. und selbst das 16. Jahrhundert n. Chr. annehmen zu sollen“, wie O. RICHTER und M. JAHN etwas dramatisierend übersetzten.¹⁰⁴ In den Publikationen von K. WEHRBERGER und G. WIELAND wird im Hinblick auf die Frage der Datierung unter Berücksichtigung der Herstellungstechnik und Verwendung dieses Schwerttyps ein Überblick über die zum Thema erschienene Literatur gegeben.¹⁰⁵ Dadurch ist es an dieser Stelle nicht notwendig, die Argumente der in der Literatur kontrovers geführten Diskussion zur Datierung im Einzelnen vorzustellen.

Woher kommen diese Schwierigkeiten bei der Datierung? Das Hauptursache liegt in den Fundumständen der Schwerter:¹⁰⁶ Von den 47 nunmehr bekannten Knollenknaufschwertern stammen 23 Exemplare aus Gewässern und sind daher nicht durch Begleitfunde datierbar.

Ein Drittel der bekannten Schwerter stammt aus dem einzigen durch die Begleitfunde sicher datierbaren Depot von Cayla, Mailhac,¹⁰⁷ dessen Datierung jedoch den Zeitpunkt der Herstellung der Schwerter nur im Sinne eines Terminus ante quem einschränkt (siehe Kapitel 5.4.1, S. 152). Bei einem weiteren Depotfund aus Germond (Abb. 84), der drei Knollenknaufschwerter umfasste, von denen zwei inzwischen verloren sind, liegen widersprüchliche Angaben zum Fundort vor.¹⁰⁸ Bei zwei weiteren Schwertern gibt es Hinweise auf eine Datierung in die Hallstattzeit, die jedoch aufgrund der schlecht oder nicht dokumentierten Bergung der Funde später bezweifelt wurden.¹⁰⁹ Beide unterscheiden sich durch ihre fortgeschrittene Korrosion von den aus Gewässern stammenden Knollenknaufschwertern.

Eines der beiden Schwerter, das heute im WLM ausgestellt ist, „... stammt aus der Privatsammlung A. Sieck in München. An dem Schwertrest hing ein Zettel mit folgender Bezeichnung: ‚Dolch von Eisen aus der Hallstattzeit (400–600 vor Christus. Ihre beste Zeit um 500 vor Christus). Ausgrabung in Lengenfeld¹ bei Neuburg in Bayern.‘“ Dazu Anm. 1: „Die Handschrift lässt auch die Lesung

103 DE LISLE DU DRENEUC 1914, 165.

104 RICHTER/JAHN, 1927, 269.

105 WEHRBERGER/WIELAND 1999; WEHRBERGER 2000.

106 WEHRBERGER/WIELAND 1999, 249–251.

107 TAFFANEL/TAFFANEL 1967; dies. 1980; dies. 2002.

108 GENDRON et al. 1986, 45–47.

109 HENRY 1933, 111; KRÄMER 1962, 116.

„Langenfeld“ als möglich erscheinen.¹¹⁰ Da es mehrere Orte namens Lengenfeld gibt, ist der genaue Fundort nicht mehr eindeutig nachzuvollziehen (Abb. 89).¹¹¹

Das zweite Schwert mit Hinweis auf die Hallstattzeit wurde um 1890 in Sivry (Gde. Saint-Prix-les-Arnay) bei Beaune (Abb. 100) von einem Bauern in seinem Acker gefunden.¹¹² Der Fundzusammenhang mit einer aus einem hallstattzeitlichen Grabhügel stammenden bronzenen Rippenciste, einer bronzezeitlichen Nadel und einer eisernen Lanzenspitze wurde jedoch mehrfach bezweifelt, da der Bauer die Funde erst drei Jahre nach der Auffindung dem Museum von Beaune übergab und möglicherweise mehrere Fundplätze miteinander vermischt.

Die übrigen nicht mit Sicherheit aus Gewässern stammenden Knollenknaufschwerter wurden einzeln gefunden oder sind ohne Beschreibung der Fundumstände überliefert (ohne Fundort, Museum St. Gallen, Abb. 107).

5.2 Stand der Publikationen zur Typologisierung der Knollenknaufschwerter

W. KRÄMER, der 1962 die erste umfangreichere Zusammenstellung über Knollenknaufschwerter vorlegte,¹¹³ formulierte nach detaillierter Diskussion der Datierungsfrage folgende Worte:

„Bis ein glücklicher Fund einmal die richtige Datierung gibt, wollen wir es bei der Vermutung bewenden lassen, dass die Knollenknaufschwerter irgendwann in den Jahrhunderten zwischen der späten Hallstattzeit und dem Ende der Latènezeit im westlichen Keltengebiet von hervorragenden Waffenschmieden gefertigt worden sind.“¹¹⁴ Er unterteilte die Knollenknaufschwerter nach der Anordnung ihrer Knaufknollen in zwei Typen (Abb. 79; 77–80; 104; 87–112), die er folgendermaßen definierte:

„Zum ersten Typ gehören mit Sicherheit die Schwerter von Chalon ..., Villeneuve ..., Néau ... und Juac Sie sind kürzer und gedrungener als die anderen, deren Maße wir kennen, und alle beinahe gleich lang Am Knollenknauf der verhältnismäßig breiten Griffe sind die vier kugeligen Glieder in leichter Biegung nebeneinander gereiht. Die Kugeln scheinen zumindest bei dem Schwert von Villeneuve einzeln auf spitze Dorne aufgeschoben zu sein.“

Der zweite Typ entspricht unserem Schwert aus dem Chiemsee, bei dem der aus einem Stück bestehende Knollenknauf so gebildet ist, dass die zwei kleineren äußeren Kugelknollen mehr unterhalb der beiden großen, oberen angeordnet sind, wobei sich freilich mancherlei Spielarten ergeben.“ Er schlägt, ohne es beweisen zu können, vor, dass „... der erste Typus die Vorform des zweiten sein könnte.“¹¹⁵ Der Fund aus Pettendorf-Kneiting an der Mündung der Naab in die Donau¹¹⁶ (Abb. 85) mit seinem einteiligen Knauf mit nebeneinander liegenden Knollen zeigte, dass es Überschneidungen zwischen den beiden definierten Gruppen gibt. Sechs Jahre später belegte die interdisziplinär durchgeführte Untersuchung der Schwerter von Juac (Abb. 77) und Germond¹¹⁷ (Abb. 84), dass sich die Knollenknaufschwerter aufgrund ihres technischen Aufbaus in weitere Gruppen aufteilen lassen. Die Autoren blieben jedoch bei dem zweiteiligen System von KRÄMER, da zu diesem Zeitpunkt noch zu wenige Knollenknaufschwerter mit Röntgenbildern dokumentiert waren. Sie differenzierten die Schwerter des Typs 1 in das Schwert von Juac mit separater Parierstange, Hilze und

110 RICHTER/JAHN 1925, 94.

111 Vgl. dazu: ebd. 94 f.; KRÄMER 1962, 116 m. Anm. 13; WIELAND 1996, 111, zitiert in: WEHRBERGER 2000, 80. In der Liste der bekannten Knollenknaufschwerter (WEHRBERGER/WIELAND 1999, 249) ist „Lengenfeld bei Neuburg a. D.? (unklare Ortsangabe)“ angegeben.

112 RICHTER/JAHN 1925, 97 f. Sie zitieren aus H. COROT, Les épées de Créancey et de Sivry. Mém. Soc. Hist. et Arch. Beaune 1901, S. A. S., 7–13. (Der von O. RICHTER und M. JAHN zitierte Sonderdruck lag dem Autor nicht vor, stattdessen COROT 1901, 153 f.).

113 KRÄMER, 1962, 109–124.

114 Ebd. 119.

115 Ebd. 113.

116 SPINDLER 1980, 105–116.

117 GENDRON et al. 1986, 39–54.

Knaufstange und die übrigen Schwerter von Typ 1, für die sie in Ermangelung von Röntgenbildern nur annehmen konnten, dass Heft und Knaufbefestigung in der Hilze integriert seien.

Typ 2 unterteilten sie in Schwerter mit Griffangel, Schwerter mit Griffzunge und Hybriden, die sie für Kopien von „klassischen“ Schwertern, wie dem Exemplar aus dem Chiemsee, hielten. Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde versucht, die Dokumentationslücken zu schließen und anhand der technischen Entwicklung eine relative Chronologie für die Entwicklung der Knollenknaufschwerter mit Eisengriffen zu erstellen. Knollenverzierte keltische Schwerter mit Bronzegriff sind hierbei nicht berücksichtigt.

5.3 Überlegungen zur relativen Chronologie der Knollenknaufschwerter

5.3.1 Knollenknaufschwerter mit einzeln hergestellten Knaufknollen

Das Schwert von Juac¹¹⁸ (Abb. 66 u. 77) unterscheidet sich von allen übrigen Knollenknaufschwertern durch seine singuläre Konstruktion und steht damit am Rand ihres Formenspektrums. Sein Griff besteht aus einer separat hergestellten Parierstange, einer Hilze und einer Knaufstange, die nacheinander auf die Angel aufgeschoben sind. Das Ende der Angel ist bündig mit der zum Griffende gebogenen Knaufstange verschmiedet. Seitlich des Heftabschlusses sind zwei Kugeln montiert, während der Knauf von vier bogenförmig angeordneten Kugeln geziert wird. Durch die Biegung der Knaufstange nähern sich die zwei mittleren Knaufknollen aneinander an und es entsteht ein Hohlraum zwischen ihnen und der Kontur der Knaufstange. Diese Durchbrechung des Knaufes (Knauföse) findet sich bei allen anderen Knollenknaufschwertern in veränderter Form wieder. Während es bei den Schwertern mit einzeln hergestellten Knaufknollen einfach ist, das Ende der Angel vor der Montage des Knaufes bündig mit der Kontur der Knauföse zu verschmieden, erschwert die geschlossene Knauföse bei den Schwertern mit einteiligem Knauf das Breitschmieden des Angelendes. Die Röntgenuntersuchungen zeigten, dass bei den Knäufen der übrigen von KRÄMER unter Typ 1 aufgezählten Schwertern jede der Knollen wie bei dem Schwert von Juac auf einem separaten Befestigungsdorn vernietet ist¹¹⁹ (Abb. 78–80).

Sie können somit in der typologischen Reihe an das Schwert von Juac angeschlossen werden. Von diesem unterscheiden sie sich dadurch, dass die Befestigungsdorne des Knaufes und der Heftbereich in die Hilze integriert sind (Abb. 79). Die Knauföse entsteht bei ihnen durch die Verlängerung des Spaltes zwischen den beiden mittleren Befestigungsdornen in den sichtbaren Bereich der Hilze. Wie bei dem Schwert von Juac ist das Ende der Angel bündig mit der Kontur der Knauföse vernietet. Bei Schwertern mit einzeln gefertigten Knollen besteht bei der Herstellung der Hilze alternativ zur Verschweißung der Hälften die Möglichkeit, die Hilzenplatten vor der Montage auf die Angel durch Aufnieten der äußeren Knaufknollen und der Heftknollen kraftschlüssig miteinander zu verbinden. Der vormontierte Griff ließ sich anschließend auf die Angel schieben und mit deren breitgeschmiedetem Ende fixieren.¹²⁰ Zum Breitschmieden war es notwendig, dass die Knauföse zugänglich blieb; daraus folgt, dass die mittleren Knaufknollen erst zum Schuss montiert wurden.

Das Schwert von Néau¹²¹ (Abb. 66 u. 78) steht durch seine viereckigen Mittelerweiterungen und die annähernd runden Knaufknollen dem Schwert von Juac formal am nächsten. Eine der rechteckigen

118 GENDRON et al. 1986.

119 Juac: Ebd. 42–44; HENRY 1933; Néau: Röntgenaufnahme (unveröffentlicht) durch Arc'Antique, Laboratoire de restauration et de recherches sur les objets d'art, 26 Rue de la Haute-Forêt. F-44300 Nantes, Chalon-sur-Saône: Röntgenaufnahmen 12/00, 12a/00, 13/00 (unveröffentlicht) durch H. BORN, MVF Berlin, Villeneuve-sur-Yonne: Fotos ohne ermittelbaren Autor.

120 Frdl. Hinweis von H. WESTPHAL, Museum in der Kaiserpfalz, Paderborn.

121 Bull. Comm. Hist. Mayenne 2. ser., 65, 1955, 99 f.; GAUDRON 1952/53, 54 f.; GAUDRON 1953, 99–101; KRÄMER 1962, 112 f.; NAVEAU 1998, 66; NAVEAU 1999, 114.

Seitenflächen der Mittelerweiterungen ist mit einem Kreuz verziert, dessen Achsen die Diagonalen des Rechtecks bilden¹²² (Abb. 78 e).

Es folgt das Schwert von Chalon-sur-Saône¹²³ (Abb. 66 u. 79), das ebenfalls mit einem kreuzförmigen Zeichen versehen ist, allerdings deutlich kleiner und nicht auf der Seitenfläche sondern auf der Breitseite des Griffes knapp unterhalb der Mittelerweiterungen (Abb. 79 h). Bei dem Schwert von Chalon verläuft die Kontur des Mittelgriffes zum Knauf hin ein Stück weit gerade. Es steht somit zwischen dem in diesem Teilstück konkav geformten Griff von Néau und dem Schwert von Villeneuve-sur-Yonne (Abb. 80), dessen Kontur des Mittelgriffes zum Knauf hin konvex endet. Das Schwert von Villeneuve-sur-Yonne konnte nicht im Original untersucht werden, da zum Zeitpunkt der Untersuchung alle archäologischen Objekte des Museums von Villeneuve-sur-Yonne unzugänglich verpackt waren.¹²⁴ In den Unterlagen der Archäologischen Staatssammlung München ist das Schwert von Villeneuve-sur-Yonne mit zwei Fotos und einer Skizze mit Maßangaben dokumentiert. Anhand der Fotografien in unrestauriertem Zustand ist jedoch nicht erkennbar, ob dieses Schwert ebenfalls mit einem kreuzförmigen Zeichen versehen ist. Anhand einer fehlenden Knolle ist jedoch eindeutig zu erkennen, dass die Knaufpartie dieses Schwertes technisch mit den Schwertern von Néau (Abb. 78) und Chalon-sur-Saône (Abb. 79) übereinstimmt.

Damit endet die Reihe der Schwerter mit einzeln hergestellten Knaufknollen, die momentan im Original oder anhand von Fotos untersucht werden können. Bei dem heute verschollenen längeren Schwert von Allériot¹²⁵ (Abb. 81) kann anhand der durch das Musée Denon angefertigten Zeichnungen nicht mit Sicherheit festgestellt werden, ob der Knauf aus Einzelknollen besteht oder es, wie das im Umriss sehr ähnliche Schwert von Pettendorf-Kneiting (Abb. 66 u. 85), einen einteiligen Knauf besitzt. Durch die weit auseinander liegenden Heftknollen, deren Abstand größer ist als die maximale Klingenbreite, steht es den Schwertern mit einzeln gefertigten Knollen näher als jenen mit einteiligem Knauf. Aufgrund seiner sehr schlanken Klinge mit linsenförmigem Querschnitt fällt es etwas aus der Reihe der übrigen Knollenknaufschwerter heraus. Es ist jedoch möglich, dass der zu erwartende Mittelgrat zum Zeitpunkt der Anfertigung der Zeichnung durch die am Umriss erkennbare Korrosion der Klinge nicht mehr erkennbar war. Wie W. KRÄMER¹²⁶ feststellte, sind die Schwerter seines Typs 1 mit 86–87 cm annähernd gleich lang. In obengenannter Reihenfolge geordnet, ist an den Konturen der Klingen eine Entwicklung von zur Spitze hin leicht konvexen Schneiden des Schwertes von Juac bis zu den geraden Schneiden des Schwertes von Chalon festzustellen. Ab dem Schwert von Chalon verlaufen bei allen Knollenknaufschwertern die Schneiden gerade, soweit sich das beim heutigen Zustand der Schwerter beurteilen lässt. Bei den Schwertern mit einteiligem Knauf nimmt im Allgemeinen die Klingengänge zu, bis mit dem Schwert aus dem Kochelsee¹²⁷ (Abb. 105) mit ca. 109 cm das Maximum erreicht wurde.¹²⁸ Der Klingquerschnitt der frühen Knollenknaufschwerter ist durchweg rautenförmig, mit leicht ballig geschliffenen Schneiden, während mit dem Aufkommen der einteiligen Knäufe eine Wandlung zu rautenförmigen Klingen mit konkav gekehlten Seiten zu beobachten ist.

122 Inventarblatt des Musée Archéologique Départemental de Jublains (Mayenne) (10/6/1998). Die Verzierung konnte im Rahmen der im Laboratoire de restauration et de recherches sur les objets d'art, Arc'Antique durchgeführten Nachrestaurierung des Schwertes freigelegt werden. S. LEMOINE (Text)/J. G. AUBERT (Photos), Restaurierbericht n° 94523, Devis n° D61-627/94 Arc'Antique, Laboratoire de restauration et de recherches sur les objets d'art, 26 Rue de la Haute-Forêt, F-44300 Nantes (1994–1998).

123 COROT 1901, 154 Anm. 2; RICHTER/JAHN 1925, 99 Taf. II; HENRY 1933; SCHWIETERING 1918, 181; KRÄMER 1962, 110–113; DANNHEIMER/GEHARD 1993, 186 f., 339.

124 Frdl. Mitteilung von Mme. COLLET, Bürgermeisteramt Villeneuve-sur-Yonne.

125 WEHRBERGER 2000, 77 Fig. 3a.

126 KRÄMER 1962, 113.

127 Bisher nur als Fundnotiz erwähnt: WEHRBERGER, 2000, 77.

128 Vgl. WEHRBERGER/WIELAND 1999, 243.

5.3.2 Knollenknaufschwerter mit einteiligem Knauf

Als Bindeglied zwischen den Schwertern mit einzeln hergestellten Knaufknollen und den Schwertern mit einteiligem Knauf wurde bei der im Rahmen dieser Diplomarbeit erfolgten Röntgenuntersuchung das Schwert von Cannes-Écluse erkannt¹²⁹ (Abb. 66; 82 u. 83). Das knaufseitige Ende der Hilze ist hier wie bei den Schwertern mit einzeln gefertigten Knaufknollen bis zur Knauföse aufgespalten. Es sind jedoch nur zwei statt bisher vier Befestigungsdorne ausgeschmiedet. Die äußeren Dorne sind verzichtbar, da der ganze Knauf aus einem einzigen Eisenstück besteht. Die Knauföse wird wie bei den Schwertern mit einzeln hergestellten Knollen auf der einen Seite durch die mittleren Knaufknollen und auf der anderen Seite durch die Kontur der Hilze gebildet.¹³⁰ Der an den Knauf angrenzende Bereich ist wie beim Schwert von Villeneuve-sur-Yonne (Abb. 80) konvex geformt, so dass ein S-förmiger Schwung entsteht, der an Schwertern mit einteiligem Knauf ebenfalls gelegentlich auftritt. Wichtiger für die Chronologie sind jedoch kleine Stufen, die den Mittelgriff zwischen den Heft- bzw. Knaufknollen und dem Mittelzipfel gliedern. Auf den Breitseiten des Mittelgriffes beginnen jeweils an diesen kleinen Stufen der Schmalseiten gerade V-förmig angeordnete Linien, die sich auf dem Mittelgrat treffen. Die Spitze dieses V zeigt dabei jeweils zur Griffmitte. Abwechselnd mit diesen Linien sind seitlich des Mittelrates sechs paarweise einpunzierte Punkte angeordnet (Abb. 82 d). Die Form und Anordnung der Linien deuten darauf hin, dass damit die konstruktiv bedingten Trennfugen zwischen Parierstange, Hilze und Knaufstange eines älteren Grifftyps imitiert werden sollen, wie er durch das Schwert von Juac (Abb. 77) überliefert ist.

Die V-förmigen Linien treten nur noch bei einem weiteren Schwert auf (Saint-Jean-de-Losne, Abb. 90), während die Stufen in den Schmalseiten häufiger sind (Préty, Abb. 87, Ulm, Abb. 88, Saint-Jean-de-Losne, Abb. 90, Villefranche-sur-Saône, Abb. 95–97, Elchingen-Oberelchingen, Abb. 108, Vix, Abb. 106). Bei dem Knollenknaufschwert von Port-Nidau (Abb. 98) sind die Stufen durch punzierte Linien ersetzt.

Eine weitere Besonderheit des mit 89,7 cm Gesamtlänge nur wenig aus dem bisherigen Einheitsmaß herausragenden Schwert von Cannes-Écluse ist seine vollständig mit Beschläg erhaltene Blechscheide. Das Beschläg besteht aus einer zylinderförmigen Eisenzwinge, die auf einer Grundplatte befestigt ist (Abb. 82 u. 83). Die Innenseite der beiden Hälften dieser Zwinge ist dem Profil der Scheide angepasst und hält diese, den Mittelgrat umgreifend, fest. Wie bei allen starren Beschlägen wird die Scheide von oben hineingeschoben. Bei diesem Schwert sind zur Arretierung des Beschlägs zwei kleine eiserne Klötzchen mit der Scheide verbunden (Abb. 82 b; 83 d.e.j). Das obere Klötzchen ist starr auf dem breiteren Scheidenblech fixiert, während das untere auf einem ins Innere der Scheide eingenieteten Blech befestigt ist. Es ragt durch ein Loch im Scheidenblech nach außen. Die Abbildungen 10 und 11 (S. 105 f.) zeigen einen Rekonstruktionsvorschlag, bei dem das untere Klötzchen auf einer federnden Lasche des eingenieteten Bleches¹³¹ sitzt und nach Entnahme der Klinge ins Innere der Scheide gedrückt werden kann.

Den nächsten Schritt der technischen Entwicklung zeigt das Exemplar von Germond¹³² (Abb. 84), das mit seinen zwei Knaufdornen Schwerter wie jenes von Cannes-Écluse (Abb. 82 u. 83) zu imitieren scheint. GENDRON et al. schätzten es aufgrund seiner individuellen inneren Struktur als das Werk eines Schmiedes ein, der, ohne den inneren Aufbau zu kennen, versuchte, ein „klassisches“¹³³

129 Besonderer Dank gilt an dieser Stelle der leitenden Restauratorin F. DOUAU am M.A.N., mit der zusammen der Autor die Röntgenuntersuchung des Schwertes von Cannes-Écluse durchführte. Eine weitere Analyse dieses Schwertes (von der der Autor nachträglich erfuhr) führte A. RAPIN (IRRAP-Compiègne, F) durch. Seine Ergebnisse sind bereit zur Publikation: RAPIN (in Vorb.) Zu den Fundumständen: PIGANIOL 1963, 362–364.

130 Im Röntgenbild der Breitseite des Griffes ist erkennbar, dass sich das Angelende zur Knauföse hin nicht mehr erweitert. Somit ist zu vermuten, dass die Verbindung zwischen Hilze und Angel nicht mehr wie bei den früheren Schwertern durch die Vernietung des Angelendes zustande kommt, sondern aufgeschweißt oder aufgeschrumpft wurde (Näheres siehe Kapitel Herstellungstechnik).

131 Die Begrenzung der Federlasche ist im Röntgenbild nicht zu erkennen.

132 GENDRON et al. 1986, 45–54; HENRY 1933.

Knollenknaufschwert zu kopieren. Es unterscheidet sich von den übrigen Knollenknaufschwertern durch die auffällig geringe Dicke des Griffes, die Verwendung einer Griffzunge statt der üblichen Griffangel und den in nur zwei Knollen unterteilten Knauf. Das Schwert von Germond repräsentiert den ältesten Knollenknaufschwerttyp, dessen Knauföse komplett von der Hilze umschlossen ist. Der Schmied dieses Schwertes löste das Problem der Verbindung von Griff und Klinge durch die Verwendung einer Griffzunge, auf die zwei Griffplatten aufgeschweißt sind. Dadurch entfiel die Notwendigkeit, das Angelende und somit die Knauföse für die Vernietung zugänglich zu halten. Durch das Schließen der Knauföse mit Hilfe einer Verbindung zwischen den beiden Befestigungsdornen müssen auf der Griffseite des Knaufes nicht mehr zwei getrennte Zapfenlöcher an die Hilze angepasst werden, wie beim Schwert von Cannes-Écluse, sondern nur noch eine Öffnung. Somit spart die geschlossene Knauföse Arbeit.

5.3.3 Knollenknaufschwerter mit Knaufzunge

In technischer Übereinstimmung mit dem Schwert von Germond ist das Ende der Klinge des Schwertes aus Pettendorf-Kneiting¹³⁴ (Abb. 66, 85), zu einer Griffzunge ausgeschmiedet, auf die dünne Bleche aufgeschweißt sind. Wie beim Schwert von Germond ist der Griff in der Seitenansicht außerordentlich schmal. Somit handelt es sich bei diesem Schwert möglicherweise ebenfalls um die Anfertigung eines Schmiedes, der mit den üblichen inneren Strukturen wenig vertraut war. Aufgrund der flachen Form des Knaufes, dessen schmale äußere Knollen nur wenig nach unten versetzt sind, ist es zeitlich zwischen dem Schwert von Cannes-Écluse und den späteren Knollenknaufschwertern anzusiedeln, bei denen die äußeren Knaufknollen kugeliger geformt sind und mehr unterhalb der mittleren Knaufknollen liegen. Wie bei allen nachfolgenden Knollenknaufschwertern endet bei diesem Schwert die Knaufseite der Hilze in einer zungenartigen Verjüngung. Das nunmehr einzige Ende der Hilze ist nach der Montage des Knaufes in der Fuge zwischen den beiden mittleren Knaufknollen vernietet. Die Knauföse ist technisch eine Durchlochung der Knaufzunge. Ihre Kontur wird wie bei den älteren Exemplaren auf der einen Seite durch den bogenförmigen Ausschnitt der Hilze und auf der anderen Seite durch die angrenzende Kontur der beiden mittleren Knaufknollen gebildet. Unterhalb des Heftes sind Reste einer eisernen Blechscheide erhalten, deren oberer Abschluss in den dreieckigen Ausschnitt des ansonsten geraden Heftabschlusses eingreift.

5.3.4 Trennung der Knauföse von der Kontur des Knaufes

Im weiteren Verlauf der Entwicklung wird die Knauföse von der Kontur der Knaufknollen getrennt. Dies zeigt die Zeichnung des breiteren der beiden verschollenen Schwerter aus der Saône bei Allériot¹³⁵ (Abb. 86), das aufgrund seines schwach gebogenen Knaufes noch vor den Vertretern von KRÄMERS Typ 2 einzuordnen ist. Bei ihm ist zum ersten Mal die Knauföse mehrere Millimeter von der Kontur des Knaufes entfernt. Ihre Form mit einer knaufseitigen Ausbuchtung steht jedoch noch immer in der Tradition der Vorgänger, die in diesem Bereich die Kerbe zwischen den mittleren Knaufknollen nachvollzogen. Ungewöhnlich erscheint im Vergleich zu den Schwertern vom Typ 2 nach KRÄMER die verhältnismäßig breite Klinge mit ca. 25 mm am Heft und ca. 22 mm am unteren Ende der Klinge, die bei 72 cm Gesamtlänge „... nicht in einer Spitzte, sondern in einer abgeflacht-stumpfen Form wie bei mittel- und spätlatènezeitlichen Hiebschwertern“ endet.¹³⁶ Anhand der welligen Linie am unteren Ende der Klinge ist nicht klar zu erkennen, ob es sich dabei um den

133 GENDRON et al. (1986, 54) geben als Vertreter des klassischen Typs das Schwert aus dem Chiemsee an, das jedoch aufgrund des Scharnierbeschläges in einer späteren Entwicklungsstufe einzugliedern ist.

134 SPINDLER 1980, 105–116.

135 WEHRBERGER 2000, 77 Abb. 3b.

136 Ebd. 78.

originalen Ort (Spitze) der Klinge handelt, oder ob die Klinge abgebrochen ist und hier eine ‚altmodische‘ Form des Klingenblattes mit rautenförmigem Querschnitt vorliegt, die in ihren Maßen etwas dicker und weniger breit ist als die Klinge des Schwertes von Villeneuve-sur-Yonne (Abb. 80). Wie bei diesem speziellen Exemplar endet die Kontur des Mittelgriffes zum Knauf hin ebenfalls konkav. Ohne Übereinstimmung mit anderen Knollenknaufschwertern ist der linsenförmige Querschnitt der Scheide, die unterhalb des Scheidenmundes auf der Seite des breiteren Bleches mit einer waagerechten Linie verziert ist.

Ein weiteres Merkmal, das dieses Schwert von den übrigen unterscheidet, ist in der Seitenansicht des Griffes zu sehen: Zwischen der Vorder- und Rückseite des Knaufes klafft im Bereich der mittleren Knaufknollen eine feine Spalte. Dies deutet möglicherweise auf eine unübliche Herstellungsweise des Knaufes hin. Angesichts der nur schwach profilierten Kerben zwischen den Knaufknollen spricht die Feinheit und Tiefe der Fuge gegen eine Herstellung in der üblichen spanabhebenden oder umformenden Technik,¹³⁷ in der die Knaufform sonst ausgearbeitet wurde. Nach dem Übergang zur gerundeten Oberfläche der Knollen zu urteilen deutet diese Spalte eher auf eine Trennfuge zwischen zwei separat hergestellten Einzelteilen hin, als auf eine durch Korrosion geöffnete Schweißnaht.¹³⁸

Die im Bild linke Ansicht der Breitseite des Schwertes zeigt zwei kleine Zipfel am Scheitelpunkt des Knaufes, die ebenso wie die oben genannte Fuge und eine waagerechte Linie am Scheidenmund das Schwert aus der Allgemeinheit der Knollenknaufschwerter heraushebt.

5.3.5 Knäufe nach KRÄMERS Typ 2

Alle Knäufe der im Folgenden behandelten Knollenknaufschwerter entsprechen der Definition von KRÄMERS Typ 2 „... bei dem der aus einem Stück bestehende Knollenknauf so gebildet ist, daß die zwei kleineren äußeren Kugelknollen mehr unterhalb der beiden großen, oberen angeordnet sind ...“¹³⁹ Dieser Typ stellt mit 35 Exemplaren den überwiegenden Teil der momentan 47 bekannten Knollenknaufschwerter. Er lässt sich anhand der Formen der Knaufösen in mehrere Untergruppen aufgliedern, die jedoch (vom Autor) anhand der bisherigen Fundlage noch nicht eindeutig chronologisch sortiert werden können, da mehrere Produktionszentren auftreten, die vermutlich zeitgleich unterschiedliche Formen herstellen. Einen Hinweis auf relativ späte Formen liefert die Verwendung von Stabsteckverschlüssen. Doch dazu später.

5.3.5.1 Schwerter mit runden Knaufösen mit kurzer knaufseitiger Erweiterung

Der erste eindeutige Vertreter mit einem Knauf von Krämers Typ 2 ist das Schwert von Préty (Abb. 87). Es ist mit 91 cm Gesamtlänge nur wenig von der Einheitslänge von 86–87 cm der Schwerter mit einzeln gefertigten Knaufknollen entfernt und schließt auch mit seiner Klingengröße von 28 mm und -dicke von 9 mm unterhalb des Heftes noch an die frühen Exemplare an. Aufschlussreich für die Herstellungstechnik ist die stark reliefierte Oberfläche dieses Exemplars, an der erkennbar ist, dass alle Einzelteile des Schwertes aus gegärtem Eisen mit Schichtstruktur bestehen. Von größerer Bedeutung für die chronologische Einordnung ist die Form der Knaufösen: Sie ist rund mit einem kurzen, knaufseitig angebrachten Schlitz mit parallelen Seiten und abgerundetem Ende. Im Gegensatz zu den früheren Knaufösenformen stehen hier die scharfen Ecken zwischen Kreis und Erweiterung im Kontrast zu den runden Bögen der mittleren Knaufknollen.

137 Siehe Kap. 4.3.4.

138 Üblicherweise verlaufen Schweißfugen im Knauf senkrecht zur Anordnung dieser Fuge. Es gibt jedoch vereinzelt Exemplare, deren Knauf aus vielschichtigem Schweißeisen besteht, bei dem die Schichten parallel zur Schneidenfläche liegen. Ein Beispiel dafür ist das Schwert aus Port-Nidau, das jedoch zeitlich später liegt.

139 KRÄMER 1962, 113.

Weitere Exemplare mit Knaufösen dieser Form sind die Schwerter aus Ulm (Abb. 66, 88), Lengenfeld (Abb. 89) und Saint-Jean-de-Losne (Abb. 90). Das Schwert aus Ulm lässt sich durch die bei der Auffindung noch erhaltene Scheide mit starrem Beschläg¹⁴⁰ und die im Vergleich zu dem Schwert von Préty (Abb. 87) schlankere Klinge als typischer Vertreter dieser Entwicklungsstufe heranziehen. Die Scheide und das Beschläg sind bei O. RICHTER und M. JAHN folgendermaßen beschrieben: „Ein großer Teil der Klinge ist noch von der unvollständigen eisernen Scheide bedeckt, die wiederum aus zwei Blechstreifen besteht. Die Kanten des breiteren Streifens begleitet je eine schwache Furche, zwischen denen noch vier ähnliche gleichgerichtete Furchenpaare die Scheide entlang laufen ...“ (Abb. 63 links). „... Auch die überkragenden Ränder dieses Streifens werden durch zwei Längsfurchen belebt, während die schmale Scheidenhälfte sonst unverziert ist ...“ (Abb. 63 rechts). „... Etwa dort, wo bei der Eislinger Schwertscheide der Eisenstab befestigt ist, wird das Ulmer Schwert, dem hier die Scheide jetzt fehlt, auf einer Seite lose von einer breiten Eisenklammer zangenartig umfaßt. Die beiden Zangenhälften sind innen ebenso scharf geknickt wie das Klingenprofil und erheben sich rechtwinklig aus einer 4 x 5 cm großen, stark verrosteten Eisenplatte, die ursprünglich anscheinend Nietlöcher trug.“¹⁴¹

Wie auf der Scheide sind auf dem Griff des Ulmer Schwertes beidseits des Mittelgrates der Hilze Reste von jeweils drei parallel verlaufenden Linien zu erkennen (Abb. 88b).

Während längs laufende Liniengruppen bereits auf der Scheide des Schwertes von Cannes-Écluse auftreten, ist diese Verzierungsform auf der Hilze erst ab der Einführung der Knaufform von KRÄMERS Typ 2 die vorherrschende Verzierungsart.¹⁴² Die Liniengruppen treten in unterschiedlicher Anzahl auf.

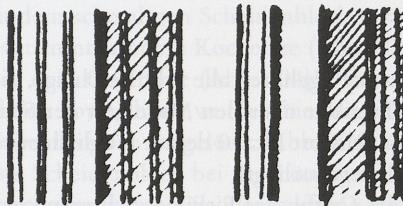


Abb. 63 Verzierung der verschollenen Scheide des Schwertes aus der Donau in Ulm, Kat.-Nr. 25. M ca. 1:1. Zeichnung: O. Richter/M. Jahn.

5.3.5.2 Umgekehrt schlüssellochförmige Knaufösen und die Schwerter von Cayla, Mailhac

Eine Fortentwicklung der runden Knaufösen mit kurzer knaufseitiger Erweiterung ist in der Literatur unter dem Begriff „umgekehrt schlüssellochförmig“ eingeführt.¹⁴³ Hier ist die knaufseitige Erweiterung annähernd gleich hoch oder höher als der runde Teil der Öse.

Umgekehrt schlüssellochförmige Knaufösen haben die Schwerter aus Eislingen/Fils (Abb. 91 u. 92) und das Schwert mit der Nr. 30 (Abb. 64 u. 93 a) aus dem großen Eisenfund des Oppidums von Cayla de Mailhac/Aude,¹⁴⁴ der 16 Knollenknaufschwerter zutage brachte (siehe Kap. 5.4.1). Der Fund befindet sich im Musée Archéologique de Mailhac (MADM). Im Gegensatz zu den vier Schwertern der vorangestellten Gruppe sind bei beiden Schwertern die Griffe am Knauf breiter als am Heft.

Auf der Scheide des Schwertes von Eislingen/Fils ist ein Arretierungsstift mit verdicktem Kopf aufgenietet, der mit großer Sicherheit zu einem nicht mehr vorhandenen starren Beschläg gehörte.

140 Scheide und Beschläg „... gelten spätestens seit den fünfziger Jahren als verloren.“ WEHRBERGER 1997.

141 RICHTER/JAHN 1925, 94.

142 Von den früheren Linienmustern auf den Breitseiten der Hilze lässt sich an Schwertern von Krämers Typ 2 nur die V-förmige Linie nach Vorbild der Trennfuge zwischen Parierstange und Hilze des Schwertes von Juac auf dem Griff des Schwertes von Saint-Jean-de-Losne nachweisen.

143 WEHRBERGER/WIELAND 1999, 239; WEHRBERGER 2000, 79.

144 TAFFANEL/TAFFANEL 1980, 1–18; dies. 2002.

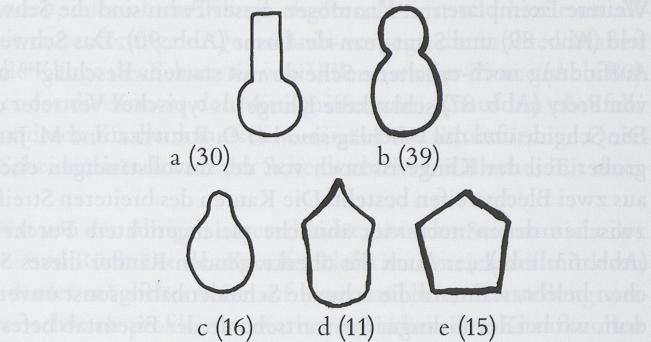
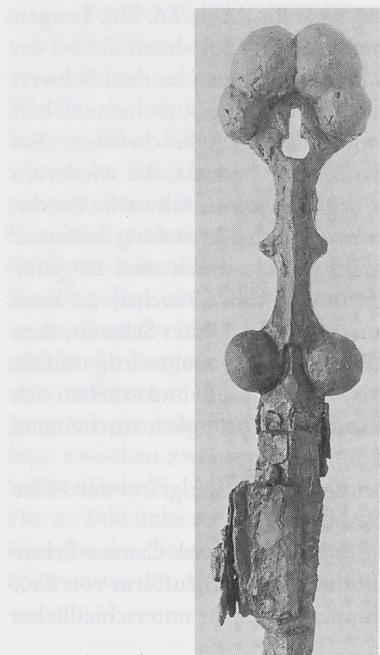


Abb. 65 Bandbreite der in Cayla, Mailhac, Kat.-Nr. 12, vertretenen Knaufösenformen in einer möglichen chronologischen Reihenfolge a-e. M 2:3. (Die Zahlen in Klammern entsprechen der Nummerierung durch O. u. J. Taffanel).

Abb. 64 (links) Griff und Beschläg des Schwertes Nr. 30 aus dem Sammelfund von Cayla, Mailhac, Kat.-Nr. 12. M 1:3.

5.3.5 Knaufe nach KRAMER Typ 2

Alle Knaufe der im Folgenden aufgeführten Funde entsprechen der Definition von Nach Aussage von O. u. J. TAFFANEL¹⁴⁵ gehören alle acht Beschläge, die in Cayla, Mailhac, gefunden wurden, ebenfalls zum starren Typ, der über den Mittelgrat der Scheide greift. Eine kleine Verdickung oberhalb des Beschlägs an Schwert Nr. 30 deutet möglicherweise auf einen Arretierungsstift hin, wie er bei dem Eislinger Schwert vorliegt.

Bei der Röntgenuntersuchung des Griffes des Eislinger Schwertes zeigte sich, dass sich am oberen Ende der Knauföse ein kreisrundes Loch befand, das jedoch vor der Montage des Knaufes mit einem passenden Eisenstückchen wieder verschlossen wurde. Verwirrend ist in diesem Zusammenhang die Form der Knauföse des Schwertes Nr. 39 aus Cayla, Mailhac: Das Foto des restaurierten Schwertes¹⁴⁶ zeigt eindeutig die umgekehrt schlüssellochförmige Variante, während das Röntgenbild¹⁴⁷ und die Umzeichnung nach dem Röntgenbild (Abb. 65 b)¹⁴⁸ zwei sich berührende, übereinander angeordnete Löcher erkennen lassen. Möglicherweise ist die Knauföse nicht vollständig freigeschliffen, wie es bei Schwert Nr. 71 (Abb. 93 i) dieses Fundes auch zu sein scheint. Hier zeigt das Foto¹⁴⁹ eine kreuzförmige Struktur, während die Umzeichnung des Röntgenbildes¹⁵⁰ eine annähernd fünfeckige Form abbildet, die wie bei den übrigen tropfenförmigen bis fünfeckigen Knaufösen dieses in Formen und Maßen weitgehend einheitlichen Ensembles an die Innenkontur des Knaufes angrenzt.

145 TAFFANEL/TAFFANEL 1980, 2; 18; dies. 2002.

146 Ebd. 7.

147 Ebd. 14.

148 Ebd. 17.

149 Ebd. 9.

150 Ebd. 18.

151 An den Beschlägen der Schwerter aus dem Chiemsee (J. DRIEHAUS in: KRÄMER 1962, 123), Saint-Germain-du-Plain und „Pont de l'Ouen“ bei Nantes (DE LISLE DU DRENEUC 1914, 164) wurden Kupferlegierungen als Lot verwendet.

152 Am Schwert von Saint-Germain-du-Plain ist dieser Blechstreifen nur durch einen geringen Höhenunterschied zum Scheidenblech zu erkennen. Das Beschläg des Chiemsee-Schwertes ist ohne dieses Blech konstruiert.

153 Die Untersuchung dieses Beschläges im Computertomographen steht noch aus, daher kann es bisher noch nicht sicher eingeordnet werden.

154 J. DRIEHAUS in: KRÄMER 1962, 122–124.

5.3.5.3 Scharnierbeschläge mit Stabsteckverschluss

Die nächste technische Entwicklungsstufe wird durch die Scharnierbeschläge mit Stabsteckverschluss greifbar.

Hier sind sowohl auf der Scheide als auch im Beschläg meist fünf gleich dimensionierte Eisenröhren (Scharniere) festgelötet.¹⁵¹ Die Scharniere sind so angeordnet, dass sie nach dem Zusammenfügen von Scheide und Beschläg einen zusammenhängenden Hohlkörper bilden, in den ein Stab hineingesteckt wird, der die beiden Teile sicher miteinander verbindet. In diesen Beschlägtyp wird die Scheide nicht mehr wie beim älteren starren Typ von oben sondern seitlich eingeschoben und durch den Stift fixiert. Fünf Beschläge mit Stabsteckverschluss sind erhalten. Die unterschiedliche formale und technische Umsetzung liefert einen deutlichen Hinweis darauf, dass an mehreren Orten hochqualifizierte Werkstätten Knollenknaufschwerter herstellten:

Die ‚Grundform‘ kommt mit den Schwertern von Saint-Germain-du-Plain (birnenförmige Knauföse, Abb. 102 u. 103) und Villefranche-sur-Saône (Form der Knauföse mit drei Spitzen an die Kerben des Knaufes angepasst, Abb. 95–97) zweimal an der Saône vor. Diese Form ist dadurch gekennzeichnet, dass das Scharnier von einem rinnenförmig gebogenen Blech umgeben wird, das bei montierter Scheide die Mechanik verdeckt. Die Rückseite der Scheide wird durch einen von der Grundplatte des Beschlags abstehenden Blechstreifen unterstützt. Dieses Stützblech ist beim Schwert von Saint-Germain-du-Plain hochkant mit der Grundplatte verlötet, während es beim Schwert aus Villefranche-sur-Saône Teil eines im Querschnitt V-förmigen Profils zu sein scheint, dessen eine Seite flächig mit der Grundplatte verlötet ist. Die mit der Scheide verbundenen Scharnierröhrchen sind nicht direkt auf dem Scheidenblech befestigt, sondern wurden separat auf einen Blechstreifen aufgelötet, der erst in kaltem Zustand mit dem schmaleren Scheidenblech vernietet wurde.¹⁵² Das vermutlich dritte Exemplar des Grundtyps stammt aus dem Kochelsee (Abb. 105).¹⁵³

Das Beschläg des Schwertes aus dem Chiemsee (Abb. 104)¹⁵⁴ ist aus weitaus mehr Teilen angefertigt, als die Grundform. Von dieser abweichend wurden hier die scheidenseitigen Röhrchen direkt zwischen zwei Stege auf das Scheidenblech aufgelötet (Abb. 104). Dies erhöht das Risiko, dass das bereits an die Klinge angepasste Scheidenblech bei der Lötzung im Feuer beschädigt wird, was bei der Vernietung nicht mehr geschehen kann. Die Veränderung der Konstruktion spricht für die Anfertigung durch eine qualifizierte Werkstatt, die im Bereich des Beschläges nicht direkt auf die Tradition der französischen Werkstätten zurückgriff. Das eigentliche Schwert entspricht dagegen in Form und Herstellungstechnik den typologisch späten im Einzugsgebiet von Seine und Saône verbreiteten Knollenknaufschwertern.

Für die Existenz einer weiteren Knollenknaufschwerter produzierenden Werkstatt sprechen die drei Knollenknaufschwerter des Musée Dobrée (Nantes), die unabhängig voneinander in der Gegend von Nantes/Loire gefunden wurden (Kat.-Nr. 13–15, Abb. 109–112). Die Griffe unterscheiden sich von denen der im Einzugsgebiet von Seine und Saône gefundenen Schwerter durch die sehr schlanken Mittelgriffe und die extrem plastisch akzentuierten hohen Knäufe. Auffällig sind auch die mit 1,6 cm Breite sehr schmalen Klingen.

Eines der drei Schwerter, das am ‚Pont de l’Ouen‘ gefunden wurde, ist mit einem Scharnierbeschlag mit Stabsteckverschluss ausgestattet. Auf der Scharnierseite der Scheide ist wie beim Grundtyp ein Blech befestigt, das sich von den übrigen Exemplaren durch seine vergrößerte Länge und die Art seiner Verzierung unterscheidet (Kat.-Nr. 15, Abb. 110 u. 111).

Die Form der Knaufösen der bei Nantes gefundenen Schwerter lässt sich wie die Schlüssellochform von den kreisrunden Knaufösen mit kurzer knaufseitiger Erweiterung ableiten (Abb. 109–112). Jedoch ist bei ihnen die knaufseitige Erweiterung keilförmig ausgeschnitten. Innerhalb der drei Schwerter scheint eine zeitliche Abfolge vorzuliegen, während derer die Knäufe höher und die Knaufösen länger werden. Das Schwert aus der Coll. Rochebrune (Kat.-Nr. 13, Abb. 109) steht den Schwertern aus dem Inland aufgrund seiner Proportionen am nächsten.

Die späteste Form scheint die Knauföse des Schwertes aus der Coll. Ph. Routhiau (Kat.-Nr. 14, Abb. 112) zu sein. Sie unterscheidet sich von den beiden anderen dadurch, dass sie am unteren Ende durch

einen kleinen Bogen erweitert ist. Dadurch entsteht ein Vierpass, dessen knaufseitiger Bogen durch eine lange Keilform ersetzt ist. Dieser Eindruck wird durch die im Röntgenbild¹⁵⁵ erkennbare Herstellungstechnik der Heftknollen bestätigt: Sie wurden bei dem erstgenannten Schwert aus flachen Platten schüsselförmig aufgezogen, während die Heftknollen der beiden anderen Exemplare aus massiven Eisenstücken bestehen, die durchloch und anschließend spanabhebend in Kugelform gebracht wurden. In Übereinstimmung mit der Herstellungstechnik ihrer Heftkugeln enden die Heftausschnitte der beiden Exemplare mit massiven Kugeln am oberen Ende gerade, während das Heft des Erstgenannten wie bei den meisten Knollenknaufschwertern glockenförmig ausgeschnitten ist. Einen weiteren Hinweis auf die zeitliche Gliederung der drei Schwerter liefert die Herstellungstechnik ihrer Knäufe: Zu Beginn der Herstellung der Knäufe der beiden Schwerter Coll. Rochebrune (Kat.-Nr. 13, Abb. 109) und „Pont de l'Ouen“¹⁵⁶ (Kat.-Nr. 15, Abb. 110 u. 111) wurde jeweils ein Eisenstab (mit Schichtstruktur) auf einer Seite mit einer tiefen längs laufenden Kerbe versehen und U-förmig gebogen, während bei dem Knauf des dritten Schwertes (Coll. Ph. Routhiau, Kat.-Nr. 14, Abb. 112) der Hohlraum für die Knaufzunge (spitzes Ende der Hilze) direkt durch den massiven Knauf gemeißelt wurde (die dabei auftretenden Spannungen führten zu Rissen im Inneren des Knaufes). Der Wechsel in der Herstellungstechnik der Knäufe hin zur Durchlochung eines massiven Eisenquaders mit parallel zur Schneidenebene liegenden Schichten kann auch bei relativ späten Exemplaren des Inlands beobachtet werden (Port-Nidau, Abb. 66, 98 und Pouilly-sur-Saône, Abb. 99), deren Knaufösen ohne Abstand an die innere Kontur des Knaufes anschließen. Möglicherweise besteht ein Zusammenhang zwischen dem Schwert von Port-Nidau und dem Exemplar aus Villefranche-sur-Saône (Abb. 95–97), da bei beiden die Verzierungslinien erhaben sind. Für die chronologische Einordnung der verbliebenen Knollenknaufschwerter mit einteiligem Knauf sind noch weiter gehende typologische Untersuchungen notwendig.

5.3.6 Sonderformen

Zum Abschluss seien noch zwei Schwerter erwähnt, die sich durch ihre inneren Strukturen von den übrigen Knollenknaufschwertern mit einteiligem Knauf absetzen.

5.3.6.1 Das Schwert von Günzburg

Das Exemplar von Günzburg wurde bereits im Zusammenhang mit der Computertomographie genannt (Abb. 101). Es unterscheidet sich von den üblichen Typen durch die singuläre Befestigungstechnik der Heftknollen mit separat hergestellten Heftzapfen mit dreieckigem Querschnitt; weitere Unterschiede bestehen in der Mandelform der Knauföse und der geringen Gesamtlänge, die anhand der konisch zulaufenden Schneiden mit großer Sicherheit unter 75 cm lag, (erhaltene Länge: 50,3 cm), so dass eine lokale Anfertigung abseits der übrigen Herstellungszentren möglich erscheint. Eine Probe aus der Klingenspitze wurde metallographisch untersucht.¹⁵⁷ Aufgrund einer typologischen Gegenüberstellung mit anderen Knollenknaufschwertern von KRÄMERS Typ 2 schlägt WISCHENBARTH die Aufnahme des Typs „Günzburg“ in die Reihe der unterschiedlichen Knollenknaufschwerter vor.¹⁵⁸

155 Anfertigung der Fotos und Röntgenbilder der drei Schwerter des M. Dобрée durch J.-G. AUBERT. Mein Dank gilt an dieser Stelle M.-H. SANTROT, für die Vermessung der Schwerter und die Organisation der Bilddokumentation bei Arc'Antique, Nantes. Finanziert wurden die Aufnahmen durch das Mus. Dобрée.

156 DE LISLE DU DRENEUC 1914, 161–166; RICHTER/JAHN 1927, 266–270; RAPIN 1999, 115 f.

157 GASSMANN 2001, 150 Taf. 13,5,6.

158 WISCHENBARTH 2001, 100–102; 113; 120 m. Abb. 1 u. 2.

5.3.6.2 Das Schwert des Historischen Museums St. Gallen

Im Historischen Museum St. Gallen befindet sich ein fundortloses Exemplar¹⁵⁹ das eindeutig von einem Schmied hergestellt wurde, der nicht in der Ausbildungstradition der übrigen Knollenknaufschwert-Schmiede steht, jedoch anhand eines ihm vorliegenden Exemplars eine Kopie anfertigte (Abb. 107).

Die äußere Form entspricht, soweit der schlechte Erhaltungszustand eine Beurteilung zulässt, mehreren Schwertern, die im Text nach dem Schwert von Préty (Abb. 87) beschrieben sind. Die Form der Knauföse ist ohne Parallele: Sie besteht aus zwei in der Schwertachse angeordneten nahezu gleich großen kreisförmigen Ausschnitten, die durch einen schmalen Schlitz miteinander verbunden sind. Der größte Unterschied zu allen anderen Knollenknaufschwertern besteht in der Ausformung der Griffzunge: Aus dem Klingenkörper sind seitlich die Heftzapfen herausgeschmiedet. Im Bereich des Mittelgriffes folgt die Kontur der Griffzunge den beiden seitlichen Einzügen und der Mittelerweiterung. Im Bereich der Knauföse ist sie oval durchlocht (2,5 x 1,2 cm). Sie endet nicht wie üblich an der Knauföse sondern ist bis zur Vernietung der Griffzunge mit dem Knauf fortgesetzt. Auf die Griffzunge sind beiderseits Griffplatten aufgeschmiedet, aus denen der Heftabschluss und die Knauföse herausgearbeitet sind. Der Knauf besteht aus ca. 7 mm starkem dreilagigem Blech. Er wurde hohl aufgezogen. Die aus 3 mm starkem Blech bestehenden Heftknollen scheinen ebenfalls hohl aufgezogen zu sein. Die technischen Probleme, die der Schmied dieses Schwertes bewältigte, übertreffen den Schwierigkeitsgrad der üblichen Herstellungstechniken, die an einer Reihe von Schwertern Schritt für Schritt entwickelt und verfeinert wurden.

5.3.7 Zusammenfassung der chronologischen Entwicklung der Knollenknaufschwerter

Entwicklung der Griffkonstruktion

Im Laufe der Entwicklung verringert sich die Anzahl der Einzelteile, aus denen die Griffe zusammengesetzt sind.

Typ I

Der früheste Knollenknaufschwerttyp, vertreten durch das Schwert aus Juac (Abb. 66 u. 77), hat separat gefertigte Heft- und Knaufstangen, die zusammen mit der Hilze auf die Angel aufgeschoben und mit dem Angelende vernietet sind. Die in der Mitte viereckig erweiterte Hilze besteht aus zwei im Gesenk profilierten Hälften, die miteinander verschweißt wurden. Der Heftausschnitt ist bogenförmig. Der Abstand zwischen den Heftknollen ist größer als die Breite der Klingenbasis. Die Kugeln sind aus Blechstreifen aufgewickelt und auf die Heft- und Knaufzapfen aufgesteckt.

Typ II

In der nächsten Entwicklungsstufe verschmelzen die Heft- und Knaufstange mit der Hilze zu einem Bauteil. Die einzeln gefertigten Knaufknollen sind auf vier einzelne Knaufzapfen aufgesteckt und mit ihnen verschmiedet. Die Knollen sind in der massiv durchlochten Technik hergestellt. Die Angel ist weiterhin in der Knauföse vernietet. Der Heftausschnitt ist halbkreisförmig mit scharfkantig abgesetztem Übergang zur Grundlinie. Der Abstand zwischen den Heftknollen ist größer als die Breite der Klingenbasis.

Typ II a)

Das Schwert von Néau (Abb. 66 u. 78) ist durch seine viereckige Mittelerweiterung und die annähernd runden Knaufknollen dem Schwert von Juac am ähnlichsten. Die Knaufkugeln sind nahezu gleich groß und an den Kontaktflächen nur leicht abgeflacht.

159 NAGY 1992, 164–166.

Typ II b)

Ab Typ II b (Chalon-sur-Saône, Abb. 66 u. 79) ist die Mittelerweiterung der Hilze bei allen Knollenknaufschwertern zipfelig erweitert. Von diesem Typ an ist die Gleichzeitigkeit einzelner Knollenknaufschwerter mit dem Schwert mit anthropomorphem Griff aus Brembate Sotto (Italien) (Kap. 5.4.3.3, S. 160) wahrscheinlich. Es datiert in die Stufe Golasecca III A, die von DE MARINIS¹⁶⁰ zwischen 480/475 und 450/440 v.Chr. positioniert wird.

Die mittleren Knaufknollen sind deutlich größer als die beiden äußeren. Benachbarte Knollen haben große Kontaktflächen, deren Anpassung bei der Herstellung mehrere Stunden benötigt. Da die beiden mittleren Knaufdorne annähernd parallel sind, können die mittleren Knollen zum Anpassen gemeinsam aufgesteckt werden. Daher liegt es bei der Herstellung nahe, die Knollen nicht mehr einzeln anzupassen, sondern den Knauf am Stück zu fertigen, wodurch die äußeren Dorne entfallen können.

Typ III

Das Schwert aus Cannes-Écluse (Abb. 66; 82 u. 83) ist das typologisch älteste Knollenknaufschwert mit einteiligem Knauf. Die Verbindung der Knollen ermöglichte es, auf die äußeren Knaufdorne zu verzichten. Die Heftknollen und der Knauf sind in der massiv durchlochten Technik hergestellt. Der Spalt zwischen den beiden Knaufzapfen bildet zusammen mit der Kontur des Knaufes die Knauföse. Der Heftausschnitt der Hilze ist bogenförmig. Durch den stufenlosen Übergang zur Kontur der Heftknollen wirkt der Heftabschluss glockenförmig. Ab Typ III ist bei allen Knollenknaufschwertern der Abstand zwischen den Heftknollen kleiner als die Breite der Klingenbasis.

Beim Schwert von Germond (Abb. 84) ist die Knauföse durch einen Verbindungssteg zwischen den beiden Knaufdornen geschlossen. Dieser Steg erleichtert die Anpassung des Knaufes an die Hilze. Nach diesem Schritt liegt es nahe, die beiden getrennten Zapfen zu einer einzigen Knaufzunge zusammenzufassen. Der Heftausschnitt ist polygonal. Die Heftknollen sind in Winkeltechnik hergestellt.

Typ IV

Alle Schwerter vom Typ IV haben eine einzige Knaufzunge, die zwischen den größeren mittleren Knollen des einteiligen Knaufes vernietet ist. Alle bisherigen Knaufösen grenzen an die beiden mittleren Knaufknollen (bis zum Schwert aus Pettendorf-Kneiting, Abb. 66 u. 85). In der Folge lösen sie sich von der Kontur des Knaufes und werden frei gestaltet, z.B. in Schlüssellochform, Tropfenform etc., bis sie bei den späten Exemplaren den Raum zwischen den vier Knaufknollen ohne Abstand ausfüllen (mit Ausnahme der Schwerter aus der Gegend von Nantes). Im Laufe der Entwicklung von Typ IV rücken die äußeren kleineren Knaufknollen immer weiter unter die mittleren Knollen. Die einteiligen Knäufe sind meist aus einem gebogenen Eisenstab hergestellt, in dem die Schichten senkrecht zur Schneidenebene stehen. Wenige späte Schwerter haben einen massiv durchlochten Knauf mit parallel zur Schneidenebene liegenden Schichten.

Die Heftknollen sind meist in Schüsseltechnik hergestellt oder massiv durchlocht. Die Winkeltechnik tritt nur noch ausnahmsweise auf. Der Heftausschnitt ist nahezu ausschließlich glockenförmig.

Entwicklung der Hilzenverzierung

Bei den Schwertern aus Néau (Typ IIa, Abb. 66 u. 78) und Chalon-sur-Saône (Typ IIb, Abb. 66 u. 79) ist im Bereich der Mittelerweiterung ein Kreuz eingeschlagen.

Bei dem Schwert aus Cannes-Écluse (Typ III) sind V-förmige Linien einziselt, die mit sechs paarweise angeordneten Punkten kombiniert sind (Abb. 66 u. 82 u. 83). Diese Linien können in Kombination mit den Stufen in der Kontur des Mittelgriffes als typologisches Rudiment gedeutet werden, das die Trennfugen zwischen der Hilze und den beiden Querstangen eines Schwertes vom Typ I imitiert.

160 DE MARINIS 1991, 98 f.

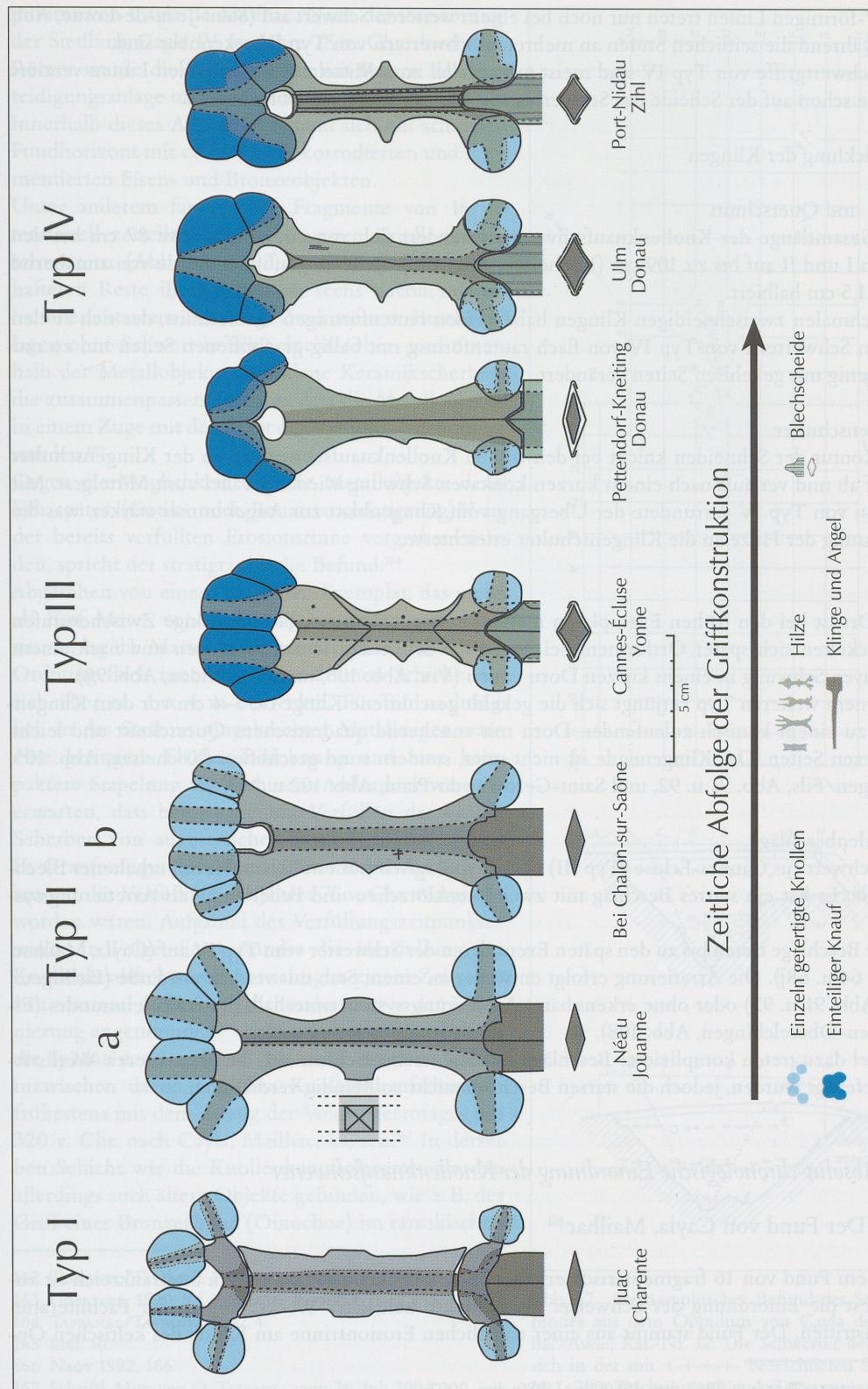


Abb. 66 Technische Entwicklung der Griffkonstruktion keltischer Knollenknaufer. Zeichnung: M. Paysan.

Die V-förmigen Linien treten nur noch bei einem weiteren Schwert auf (Saint-Jean-de-Losne, Abb. 90), während die seitlichen Stufen an mehreren Schwertern von Typ IV erkennbar sind.

Die Schwertgriffe von Typ IV sind meist mit parallel zum Mittelgrat verlaufenden Linien verziert, wie sie schon auf der Scheide des Schwertes von Cannes-Écluse angebracht sind.

Entwicklung der Klingen

Maße und Querschnitt

Die Gesamtlänge der Knollenknaufschwerter verändert sich von einheitlich etwa 87 cm bei den Typen I und II auf bis zu 109 cm (Kochelsee, Abb. 105). Die Klingengenbreite wurde von annähernd 3 auf 1,5 cm halbiert.

Die schmalen zweischneidigen Klingen haben einen rautenförmigen Querschnitt, der sich ab den frühen Schwertern von Typ IV von flach rautenförmig mit ballig geschliffenen Seiten hin zu rautenförmig mit gekehlten Seiten verändert.

Klingenschulter

Die Kontur der Schneiden knickt bei den frühen Knollenknaufschwertern an der Klingenschulter scharf ab und verläuft nach einem kurzen konkaven Schwung wieder parallel zum Mittelgrat. Mit Beginn von Typ IV verrundete der Übergang vom Klingengrund zur Angel immer stärker, was die Anpassung der Hilze an die Klingenschulter erleichterte.

Ort

Der Ort ist bei den frühen Exemplaren meist spitzbogenförmig. Über dreieckige Zwischenstufen entwickelten sich später Ortformen, bei denen die Schneiden scharf abknicken und nach einem konkaven Schwung in einem kurzen Dorn enden (Vix, Abb. 106, und Port-Nidau, Abb. 98).

Bei einem weiteren Typ verjüngt sich die gekehlt geschliffene Klinge ca. 3–4 cm vor dem Klingengrund zu einem konisch zulaufenden Dorn mit annähernd quadratischem Querschnitt und leicht konvexen Seiten. Das Klingengrund ist nicht spitz, sondern rund geschliffen (Kochelsee, Abb. 105, Eislingen/Fils, Abb. 91 u. 92, und Saint-Germain-du-Plain, Abb. 102 u. 103).

Scheidenbeschläge

Das Schwert aus Cannes-Écluse (Typ III) ist das typologisch älteste Exemplar mit erhaltener Blechscheide. Es hat ein starres Beschläg mit zwei Eisenklötzchen und Federlasche als Arretierungssystem.

Starre Beschläge treten bis zu den späten Exemplaren der Schwerter vom Typ IV auf (Cayla, Mailhac [Abb. 64 u. 68]). Die Arretierung erfolgt entweder an einem Stab mit verdicktem Ende (Eislingen/Fils, Abb. 91 u. 92) oder ohne erkennbares Arretierungssystem unterhalb des Scheidenmundes (Elchingen-Oberelchingen, Abb. 108).

Parallel dazu treten komplizierte Beschläge mit Stabsteckverschluss auf, die in mehreren Werkstätten gefertigt wurden, jedoch die starren Beschläge nicht vollständig verdrängten.

5.4 Absolut-chronologische Einordnung der Knollenknaufschwerter

5.4.1 Der Fund von Cayla, Mailhac¹⁶¹

Seit dem Fund von 16 fragmentarisch erhaltenen Knollenknaufschwertern in Südfrankreich ist zumindest die Einordnung der Schwerter als Produkte keltischer Werkstätten in der Fachliteratur unumstritten. Der Fund stammt aus einer natürlichen Erosionsrinne am Rande des keltischen Op-

161 TAFFANEL/TAFFANEL 1967, dies. 1969; dies. 1980; dies. 2002.

pidums von Cayla de Mailhac. Nach der Zerstörung der Siedlung Cayla IV im Jahre 75 v. Chr. durch die Römer wurde die Erosionsrinne mit Resten der Verteidigungsanlage und Brandschutt verfüllt.

Innerhalb dieses Abraumes befand sich ein schmaler Fundhorizont mit ca. 100 stark korrodierten und fragmentierten Eisen- und Bronzeobjekten.

Unter anderem fanden sich Fragmente von 16 intentionell zerteilten und verbogenen Knollenknaufschwertern (Abb. 67 u. 93). Auf allen Schwertern hafteten Reste ihrer Scheiden, sechs davon mit erhaltenem starrem Beschläg. Zwei weitere Beschläge lagen ohne Schwert in der Schicht. Ober- und unterhalb der Metallobjekte gefundene Keramikscherben, die zusammenpassen, belegen, dass die Metallobjekte in einem Zuge mit dem Rest der Verfüllung deponiert wurden.¹⁶²

Gegen die Möglichkeit, dass die Metallobjekte deutlich später (Gotik- oder Renaissancedatierung)¹⁶³ in der bereits verfüllten Erosionsrinne vergraben wurden, spricht der stratigraphische Befund.¹⁶⁴

Abgesehen von einem einzelnen Exemplar, das mehr als fünf Meter von den übrigen entfernt gefunden wurde, lag die Masse der Schwerter ohne ersichtliche Ordnung flach innerhalb einer dünnen Schicht, die sich über ca. 1 x 4 m erstreckte. Für ein nachträglich in das Stratum eingebrachtes Metallddepot wäre eine geringere Flächenausdehnung und eine kompaktere Stapelung anzunehmen. Außerdem wäre zu erwarten, dass beim erneuten Verfüllen der Grube Scherben von augusteischer Terra sigillata (Arezzo, La Graufesenque) aus den darüber liegenden Schichten mit der Verfüllung des Jahres 75 v. Chr. vermischt worden wären. Aufgrund des Verfüllungszeitpunktes wurde in Folge dieses Fundes die Herstellung der Knollenknaufschwerter vorsichtig in einem Zeitraum von maximal mehreren Jahrhunderten vor der Deposition angenommen¹⁶⁵ bzw. präziser ausgedrückt in die Spätlatènezeit gelegt.¹⁶⁶ O. und J. TAFFANEL gehen inzwischen davon aus, dass Knollenknaufschwerter frühestens mit dem Zuzug der Volcae Tectosages um 320 v. Chr. nach Cayla, Mailhac, kamen.¹⁶⁷ In derselben Schicht wie die Knollenknaufschwerter wurden allerdings auch ältere Objekte gefunden, wie z.B. der Griff einer Bronzekanne (Oinochœ) im etruskischen

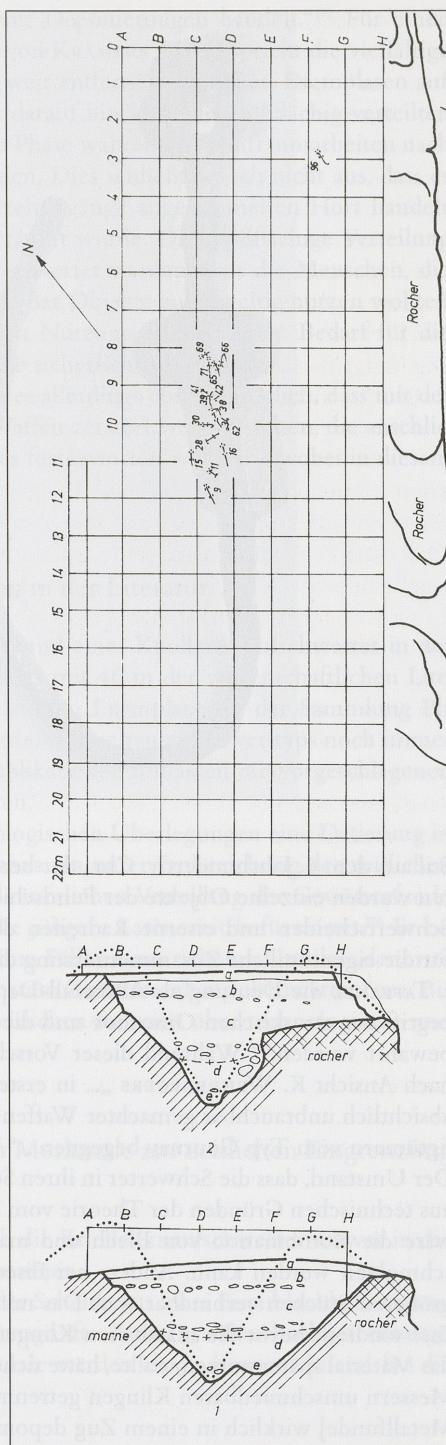


Abb. 67 Stratigraphischer Befund des Schwertfundes aus dem Oppidum von Cayla de Mailhac/Aude, Kat.-Nr. 12. Die Schwerter befanden sich in der mit +-+---+ bezeichneten Schicht. M 1:200. Zeichnung: O. u. J. TAFFANEL.

162 TAFFANEL/TAFFANEL 1967, 1–10; dies. 2002, 63–67.

163 GOESSLER, 1920, 9 f. Zitiert in: RICHTER/JAHN 1925, 96.

164 TAFFANEL/TAFFANEL 1967, 4.

165 Ebd. 10.

166 NAGY 1992, 166.

167 Schriftl. Mitt. von O. TAFFANEL vom 26. Juli 2004.

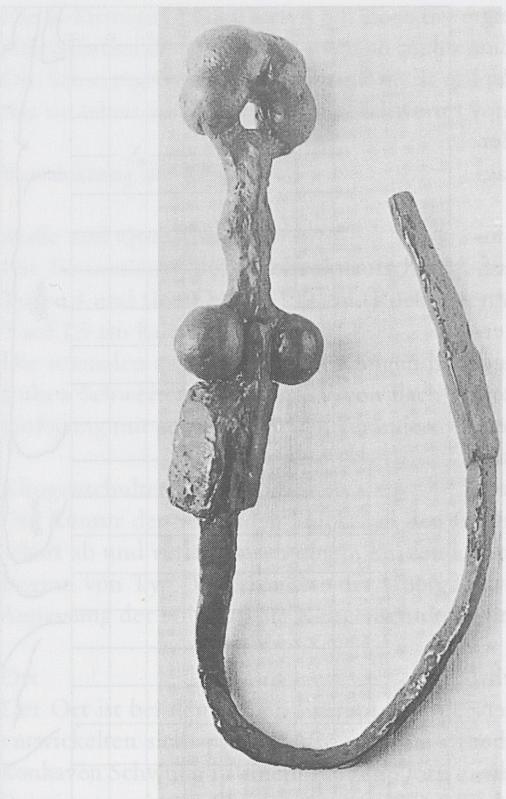


Abb. 68 Schwert Nr. 96 aus dem Sammelfund von Cayla, Mailhac/Aude, Kat.-Nr. 12. Wie die anderen Schwerter dieses Fundkomplexes wurde auch Schwert 96 vor der Deponierung bewusst verbogen und zerstückelt. M 1:3.

Stil aus dem 6. Jahrhundert v. Chr., der bereits von den Ausgräbern publiziert wurde.¹⁶⁸ Des Weiteren wurden einzelne Objekte der Fundschicht von B. CHAUME und A. RAPIN als frühlatènezeitliche Schwertscheiden und eiserne Radreifen des 5. Jahrhunderts v. Chr. angesprochen.¹⁶⁹ Als Grund für die eigentümliche Zusammensetzung dieser Ansammlung von Metallobjekten schlugen O. und J. TAFFANEL die Deutung als Altmetall-Depot eines Schmiedes vor. Sie nehmen an, dass der Bronzegriff der etruskischen Oinochoe und die anderen Bronzestücke als Rohmaterial zum Löten aufbewahrt wurden.¹⁷⁰ Während dieser Vorschlag für die Bronzeobjekte nachvollziehbar ist, spricht nach Ansicht K. WEHRBERGERS „... in erster Linie der Zustand der Schwerter für ein Weiheopfer absichtlich unbrauchbar gemachter Waffen und anderer Gegenstände, wie sie zum Beispiel in Heiligtümern vom Typ Gournay begegnen ...“.¹⁷¹

Der Umstand, dass die Schwerter in ihren Scheiden steckend zerstückelt wurden, widerspricht auch aus technischen Gründen der Theorie vom Materialdepot eines Schmiedes. Bei einem Bronzedepot wäre die Kombination von Blech und massiven Stücken nicht verwunderlich, da Bronze eingeschmolzen werden kann. Anders bei Eisen, das in dieser Zeit nur durch Feuerverschweißen zu größeren Stücken verbindbar war: Das mühsam ausgeschmiedete Blech der Scheiden wäre in der Esse oxidiert, bevor die massiveren Klingen Schweißtemperatur erreicht hätten. Ein Schmied, der das Material später nutzen wollte, hätte sicherlich das Blech der Scheiden von den zu Werkzeug und Messern umschmiedbaren Klingen getrennt. K. WEHRBERGER regt an, „... zu überlegen, ob sie [die Metallfunde] wirklich in einem Zug deponiert wurden und damit als geschlossener Fund gewertet

168 TAFFANEL/TAFFANEL 1969, 383 f.

169 CHAUME/RAPIN 1999, 61.

170 TAFFANEL/TAFFANEL 1967, 9; in Mailhac wurden Kupferlegierungen bereits im 7. Jh. v. Chr. zum Löten von Eisen verwendet: dies. 2002, 67. Zu Kupferlot auf Eisen siehe auch CHAUME/RAPIN 1999, 58; 61 f.

171 WEHRBERGER 2000, 81.

werden können, oder ob es sich um Überreste mehrerer Deponierungen handelt.¹⁷² Für einen längeren Herstellungszeitraum der Schwerter innerhalb von KRÄMERS Typ II spricht die vielfältige Gestaltung der Knaufösen, deren Formen Parallelen zu weit entfernt gefundenen Exemplaren aufweisen. Der stratigraphische Befund¹⁷³ (Abb. 67) deutet darauf hin, dass die großflächig verteilten Metallgegenstände im Zuge einer zeitlich konzentrierten Phase während der Aufräumarbeiten nach dem Brand von Cayla IV in den Graben geworfen wurden. Dies schließt jedoch nicht aus, dass es sich dabei um einen in Jahrhunderten durch viele Einzeltätigkeiten angesammelten Hort handelt, der während der Aufräumarbeiten in einem Zuge abgeräumt wurde. Die großflächige Verteilung innerhalb des Siedlungsschuttes könnte als Indiz dafür gewertet werden, dass die Menschen, die diese Arbeit durchführten, den ursprünglichen Lagerplatz der Objekte anderweitig nutzen wollten, jedoch Anlass hatten, die Gegenstände der menschlichen Nutzung zu entziehen. Bedarf für die Nutzung des Metallwertes war nach der Brandkatastrophe sicherlich vorhanden.

Angesichts der Brandstiftung durch die Römer erscheint es allerdings ebenso möglich, dass mit der Zerstückelung der Schwerter ganz profan gegnerische Waffen zerstört werden sollten, die anschließend zusammen mit dem Materialdepot eines Schmiedes fortgeworfen wurden – wobei in diesem Fall auch übliche Waffen zu erwarten wären.

5.4.2 Zum aktuellen Stand der Datierungsdiskussion in der Literatur

Selbst heute, ca. 175 Jahre nach dem ersten bekannten Fund eines Knollenknaufschwertes in der Neuzeit, ist die Frage nach der absoluten Datierung dieses mit 46 in der wissenschaftlichen Literatur fassbaren Exemplaren¹⁷⁴ und eines bisher unpublizierten Exemplars aus der Sammlung Ph. Routhiau, das 1999 im Musée Dobrée inventarisiert wurde, sehr seltenen Schwerttyps noch immer nicht abschließend geklärt. Noch in den aktuellsten Publikationen umfassen die vorgeschlagenen Datierungen einen Rahmen von mehreren hundert Jahren.

B. CHAUME und A. RAPIN schlugen aufgrund von technologischen Überlegungen eine Datierung in die Jahrzehnte um 500 v. Chr. vor,¹⁷⁵ während K. WEHRBERGER unter Einbeziehung der zeitlichen Entwicklung der Beigabensitze sowie der zeitlichen und räumlichen Verteilung der Gewässerfunde diesen frühen Ansatz kritisiert und eine Datierung in die jüngere Latènezeit befürwortet.¹⁷⁶ Er beschließt seine Abhandlung mit der Feststellung, dass bis zum Fällen eines sicheren Urteiles „der erste Fund eines Knollenknaufschwertes aus eindeutig datierbarem Zusammenhang abzuwarten“ sei. Bis zu diesem Zeitpunkt bleibt nur die Möglichkeit, den zeitlichen Rahmen über technologische und typologische Merkmale einzuschränken.

5.4.3 Diskussion technologischer und typologischer Merkmale zur zeitlichen Eingrenzung der Knollenknaufschwerter

Durch ihre schlanke, rapierartige Ausprägung lassen sich die Knollenknaufschwerter schwer in die Reihe der übrigen keltischen Schwerter und Dolche einordnen.

Schon früh erfolgte der Hinweis auf „... die Gestaltung der Scheide aus zwei Eisenblechhälften, von denen die breitere beiderseits über die schmälere herumgreift ...“ und „... den hochgeschwungenen, glockenförmigen“ ... „Heftausschnitt. Beide Merkmale werden als „... kennzeichnend für die Schwerter der Latènezeit“¹⁷⁷ genannt.

172 Ebd.

173 TAFFANEL/TAFFANEL 1967, 4.

174 WEHRBERGER/WIELAND 1999, 249–251; WEHRBERGER 2000, 77.

175 CHAUME/RAPIN 1999, 61.

176 WEHRBERGER 2000, 81 f.

177 RICHTER/JAHN 1925, 97. 65.

Die zweischalige Scheidenkonstruktion genügt jedoch nicht, um den Datierungsrahmen weiter einzuzgrenzen, da dieses Prinzip bereits in der Hallstattzeit mit Beginn der Verwendung von Metallscheiden¹⁷⁸ aufkommt und bis zum Ende der Latènezeit zur typischen Form keltischer Schwertscheiden wird.¹⁷⁹ Das zweite Argument wurde durch die O. RICHTER und M. JAHN noch unbekannte Vielfalt der an frühen Knollenknaufschwertern auftretenden Formen von Heftausschnitten entkräftet (siehe S. 102, Abb. 6 u. 7). Nach Aussage von B. CHAUME und A. RAPIN existierten sowohl in der Hallstatt- als auch in der Latènezeit neben der „Glockenform“ eine Vielzahl unterschiedlicher Formen von Heftausschnitten nebeneinander,¹⁸⁰ so dass die Form des Heftabschlusses nur in Verbindung mit einer Anzahl weiterer zutreffender Merkmale für eine Datierung innerhalb dieses Zeitrahmens herangezogen werden könnte.

Auf der Suche nach formalen Ähnlichkeiten bei anderen Schwertgattungen finden sich bereits unter den Vollgriffschertern der späten Urnenfelderzeit vergleichbare Kompositionsmuster.¹⁸¹ So tritt bei den Mörigenschwertern und den Spiralknaufschwertern vom Typ Corcelettes eine deutliche Mittelerweiterung auf. Ihr Heftausschnitt ist bogenförmig und die weit ausladenden Heftflügel erinnern an die Heftzapfen der Knollenknaufschwerter. Das für Knollenknaufschwerter so typische Material Eisen tritt jedoch erst vereinzelt als Ziereinlage in den gegossenen Bronzegriffen mancher Mörigen-schwerter auf. Diese Einlagen gehören zu den frühesten Nachweisen von Eisen in der Region, und so dauerte es noch mehrere Jahrhunderte, bis man das Material gut genug beherrschte, um daraus Knollenknaufschwerter schmieden zu können.

5.4.3.1 Der Dolch von Larçon

B. CHAUME und A. RAPIN stellen die Knollenknaufschwerter in eine zeitliche Verbindung mit dem Dolch von Larçon (Burgund, Verbleib: Musée archéologique de Dijon)¹⁸² (Abb. 69). Der Dolch stammt aus einem mehrfach belegten Grabhügel, der 1964 ausgegraben wurde. Anhand der Begleitfunde wurde das Grab Nr. 2, aus dem der Dolch stammt, in die Stufe Ha D3 datiert, so dass für die Herstellung des Dolches ein *Terminus ante quem* vorliegt.

Sowohl das Ergebnis der technischen Untersuchung als auch die Argumente der Datierung dieses Dolches sind ausführlich publiziert.¹⁸³ Der eiserne Griff dieses Dolches eignet sich zum Vergleich mit den Griffen der Knollenknaufschwerter, sind doch Griffmitte, Heft und Knauf mit Kugeln verziert.¹⁸⁴ Die Angel ist wie bei den meisten Knollenknaufschwertern im Querschnitt rautenförmig und so ausgerichtet, dass zwei ihrer Kanten den Mittelgrat der im Querschnitt ebenfalls rautenförmigen Klinge fortsetzen. Auf der Angel reihen sich nacheinander die glockenförmig geschwungene Parierstange, ein kurzer Zylinder, eine Hohlkugel, wieder ein kurzer Zylinder und eine halbkreisförmig gebogene Knaufstange. Das Angelende ist mit einer kleinen durchlochten Zierkugel verziert, die den Griff zusammenhält. Die Parierstange endet in zwei massiven, aus dem Material der Stange herausgeschmiedeten kugeligen Verdickungen, während die größeren auf die Enden der

178 CHAUME/RAPIN 1999, 62.

179 WEHRBERGER 2000, 81 f.

180 CHAUME/RAPIN 1999, 62.

181 VON QUILLFELDT 1995, 206–211; 230–245.

182 CHAUME/RAPIN 1999, 49–68.

183 Ebd.

184 Im Unterschied zu den dickwandigen Kugeln der Knollenknaufschwerter sind die großen Kugeln am Knauf und in der Griffmitte hohl und aus dünnem Blech hergestellt. Dies hängt mit der Balance der Waffen zusammen. Bei einer gut ausgewogenen Stichwaffe liegt der Schwerpunkt vor der Hand in der Klinge, damit die führende Hand fühlt, wo sich die Spitze befindet. Bei kurzen Dolchklingen genügt ein leichter Griff als Gegengewicht. Angesichts der breiten Klinge des Dolches von Larçon erscheint eher die Größe der Kugeln wichtig, um ein optisches Gleichgewicht zu erzielen. Massive Kugeln dieser Größe hätten den Schwerpunkt in den Griff hineinverlegt, so dass das Gewicht der Klinge nicht mehr fühlbar wäre. Im Gegensatz dazu sorgt die Massivität der Kugeln der Knollenknaufschwerter für einen Ausgleich des Gewichtes der langen Klingen. Bei den mit über 80 cm Länge erhaltenen Exemplaren ohne Scheide liegen die Schwerpunkte ca. 15–20 cm vor der Griffmitte, wodurch die Richtung der Klinge gut zu spüren ist und die Klinge nicht ortlastig ist.

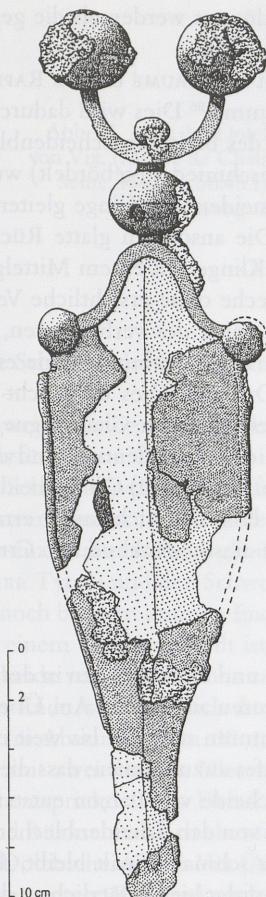


Abb. 69 (links) Zeichnung des Dolches von Larçon. M 1:3. Zeichnung: C. Touzel/A. Rapin.

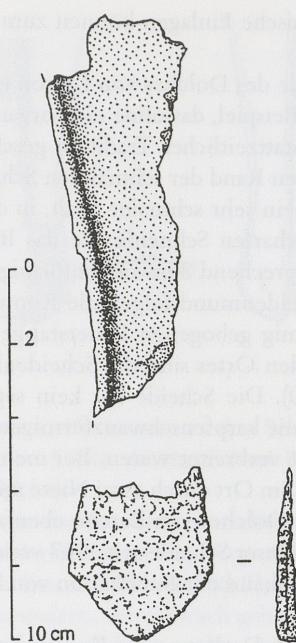


Abb. 70 (oben) Scheidenfragment und rekonstruierter Längsschnitt durch den Ort der Scheide des Dolches von Larçon. M 1:2. Zeichnung: A. Rapin/C. Touzel.

Knaufstange aufgenieteten Kugeln hohl gearbeitet wurden. Sie bestehen wie die annähernd gleich große Kugel der Griffmitte aus zwei getriebenen Halbschalen aus Blech, deren Verlötzung mit einer Kupferlegierung erfolgte.

In die Parierstange ist in Übereinstimmung mit dem Knollenknaufschwert von Juac (Abb. 77) auf der Klingenseite eine Furche eingemeißelt, in der die Klingenschulter steckt. Eine weitere wichtige Übereinstimmung zwischen dem Dolch von Larçon und den Knollenknaufschwertern besteht in der Konstruktion der Scheide.

Wie an vorangegangener Stelle bereits geschildert, genügt jedoch allein die Feststellung, dass eine ‚keltische‘ Dolch- oder Schwertscheide aus zwei Blechen besteht, von denen das breitere das schmalere umfasst nicht, um den Zeitrahmen der Herstellung enger einzuschränken als zwischen später Hallstattzeit und Ende der Latènezeit.

B. CHAUME und A. RAPIN stellen eine Reihe von konstruktiven Merkmalen an Metallscheiden vor,¹⁸⁵ die es ermöglichen, deren Entwicklung zeitlich in mehrere Stufen zu gliedern:

Bei Metallscheiden sind technische Vorkehrungen notwendig, damit die Schneiden beim Hineinschieben und Herausziehen der Klinge nicht mit dem Blech der Scheide in Berührung kommen und dadurch stumpf werden. Nahezu alle frühen ‚keltischen‘ Metallscheiden benötigten dazu eine Einlage aus einem organischen Material wie Holz, Horn oder auch Leder, in der die Klingen geführt wurden. Scheidenkonstruktionen, bei denen die Klinge außer am Scheidenmund keinen direkten metallischen Kontakt mit dem Blech der Scheide hat, gehören zu dieser Kategorie. Schei-

den ohne organische Einlagen können zum Rand hin deutlich dünner werden als die gepolsterten Exemplare.

Die Blechscheide des Dolches von Larçon ist nach Kenntnis von B. CHAUME und A. RAPIN das momentan älteste Beispiel, das ohne eine organische Einlage auskommt.¹⁸⁶ Dies wird dadurch erreicht, dass die in hallstattzeitlicher Tradition geschwungenen Ränder des breiteren Scheidenbleches eng anliegend um den Rand der schmäleren Scheidenhälften herumgeschmiedet (gebördelt) wurden. Dadurch entstand ein sehr schmaler Spalt, in dem entlang die Schneiden der Klinge gleiten konnten, ohne mit der scharfen Schneidkante das Blech zu berühren. Die ansonsten glatte Rückseite der Scheide ist entsprechend dem rautenförmigen Querschnitt der Klinge mit einem Mittelgrat ausgestattet. Am Scheidenmund folgen die Konturen der Scheidenbleche ohne ersichtliche Verstärkung der glockenförmig gebogenen Parierstange des Dolches. Im Bereich des verbreiterten, in einem Dreieck endenden Ortes sind die Scheidenhälften in derselben Weise verbunden wie entlang der Seiten (Abb. 70). Die Scheide hat kein separat hergestelltes Ortband. Dies entspricht technisch den Scheiden mit karpfenschwanzförmigem Ort, die in der benachbarten Champagne am Ende der Hallstattzeit verbreitet waren. Bei mehreren Exemplaren dieses Scheidentyps sind die beiden Scheidenbleche am Ort durch zwei Niete miteinander verbunden.¹⁸⁷ (Abb. 71) Ob die beiden Bleche der Scheide des Dolches von Larçon ebenfalls vernichtet waren, lässt sich nicht mehr ermitteln, da der Ortbereich dieser Scheide seit 1967 verloren ist. Die Analyse dieses Stücks durch CHAUME und RAPIN erfolgte anhand der Publikation von R. RATEL.¹⁸⁸

Bedeutung für die Datierung der Knollenknaufschwerter

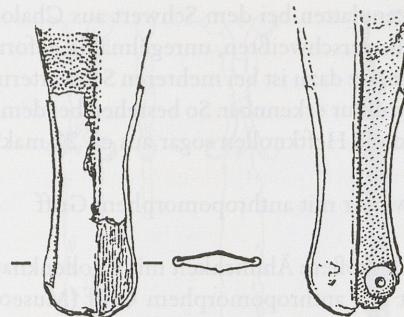
Verallgemeinernd lässt sich sagen, dass hallstattzeitliche Schwert- und Dolchklingen in der Tradition mancher bronzezeitlicher Vorläufer häufig geschwungene Konturen aufweisen. Am Übergang zur Latènezeit findet tendenziell ein Wandel zu geradlinigeren Konturen statt, die bis weit nach Ende der Latènezeit dominieren. Somit ist aufgrund des Konturverlaufes anzunehmen, dass die geradlinigen Blechscheiden der Knollenknaufschwerter eher nach der Scheide von Larçon entstanden sind. Wie bei dieser wird die Klinge bei den Knollenknaufschwertern von den Scheidenblechen sehr eng umschlossen, so dass für eine mögliche Polsterung nur ein sehr schmaler Spalt bleibt, der gerade noch Raum für ein dünnes Leder lässt. Die Führung der Klinge erfolgt hier zusätzlich zu dem engen Spalt entlang der Schneiden, auch in den Mittelgraten der an den rautenförmigen Querschnitt der Klinge angepassten Scheidenhälften (Abb. 91 f; 92 e u. 103 c 6–8). Die Ausführung der Scheiden mit Mittelgrat ist allerdings bei der Eingrenzung der Datierung kaum hilfreich, da dieses Merkmal vom 6. bis zum 2. Jahrhundert v. Chr. an mehreren Dolchen und Schwertern auftritt.

Als Beispiele seien genannt:

- Die Scheide des Dolches von Aichach; Lkr. Aichach-Friedberg, Grab von 1948. 6. Jahrhundert v. Chr.¹⁸⁹ Das Bronzeblech dieser Scheide ist mit längslaufenden erhabenen Linien verziert, wie sie an den relativ späten Knollenknaufschwertern von Port-Nidau (Abb. 98) und Villefranche-sur-Saône (Abb. 95–97) auftreten (zur Herstellung dieser Linien siehe Kapitel 4.3.2 Abb. 51 u. 52).
- Die Dolchscheide mit karpfenschwanzförmigem Ort von Vix (Abb. 71). Sie ist in Tradition der frühen Blechscheiden mit einer hölzernen Innenscheide ausgestattet, die mit einem Bronzeblech auf der einen und einem Eisenblech auf der anderen Seite beschlagen ist.
- Eine häufig publizierte Schwertscheide mit Mittelgrat des 3. Jahrhunderts v. Chr. stammt aus Grab 15 von Kosc (Ungarn) im Magyar Nemzeti Museum Budapest. Ihr Scheidenmund wird durch zwei schwungvoll ziselierte Tiergestalten verziert.
- Aus der Zeit der Wende vom 3. zum 2. Jahrhundert v. Chr. stammt die Scheide mit Mittelgrat aus Grab 47 von Brežice (Slowenien) im Posavski Museum Brežice. Wie beim Schwert aus Kosc ist die Scheide nicht mit längs laufenden geraden Linien verziert, sondern wird im Bereich des Scheidenmundes durch schwungvoll ziselierte Ornamente geschmückt.

186 CHAUME/RAPIN 1999, 62.

Abb. 71 Ort der Dolchscheide von Vix, (Musée de Chatillon-sur-Seine, F, n° 86.56.45.1). M 3:4.
Zeichnung: A. Rapin.



5.4.3.2 Die Scheiden der Knollenknaufschwerter

Einen Hinweis für eine zeitliche Verbindung der Knollenknaufschwerter zu den Scheiden mit karpfenschwanzförmigem Ort lieferte die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführte Röntgenuntersuchung des Schwertes von Cannes-Écluse¹⁹⁰ (Abb. 82 u. 83 f–i):

Dieses Schwert nimmt bereits in der relativen Chronologie der Knollenknaufschwerter einen wichtigen Platz ein. Es ist das Bindeglied zwischen den Exemplaren mit separat hergestellten Knaufknollen (KRÄMER Typ 1) und den Schwertern mit einteiligem Knauf (KRÄMER Typ 2), da die Knaufseite der Hilze noch bis zum unteren Ende der Knauföse aufgespalten, der schwach gebogene Knauf aber schon aus einem Teil hergestellt ist. Bei der Untersuchung der Scheide stellte sich heraus, dass sie wie die Scheide von Larçon ohne separat hergestelltes Ortband abschließt.

Ihr unteres Ende wird lediglich durch eine umgebogene Lasche des schmäleren Blechstreifens verschlossen. Im Abstand von ca. 10 mm zum Scheidenabschluss ist eine Verbindung der beiden Scheidenbleche mit zwei dünnen Nieten zu erkennen, die einen Hohlraum von ca. 4 mm überbrücken. Technisch entspricht dieses Detail mehreren Scheiden mit karpfenschwanzförmigem Ort, deren Vorder- und Rückseitenblech ebenfalls miteinander vernietet sind. Ein Beispiel hierfür ist die bereits erwähnte Dolchscheide von Vix (Abb. 71).

Das einzige weitere Knollenknaufschwert mit weitgehend erhaltenem Abschluss aus Blech ist das Schwert aus Villefranche-sur-Saône (Abb. 95 f,g), allerdings sind bei diesem keine Niete erkennbar. Das dritte und letzte Knollenknaufschwert mit erhaltenem Scheidenort ist das Schwert von Eislingen/Fils, in dessen Scheide ein massives Ortband eingelötet ist (Abb. 92 c u. d).

Es ist auffällig, dass keines der typologisch frühen Knollenknaufschwerter mit einzeln hergestellten Knaufknollen mit einer Blechscheide überliefert ist. Laut CHAUME und RAPIN setzte sich die Herstellung von eisernen Blechscheiden für große Schwertlängen erst im Laufe des 5. Jahrhunderts durch.¹⁹¹ Dies hängt mit den großen Schwierigkeiten der Schmiede des 6. und 5. Jahrhunderts zusammen, ausreichend große Eisenblechstücke geringer Stärke auszuschmieden:

Für die Herstellung von dünnen Blechen ist es notwendig, gut gegärten Stahl mit möglichst geringen Einschlüssen (Schlacke, Holzkohle oder Eisenoxid) zu verwenden, da sonst beim Ausschmieden Unregelmäßigkeiten und Löcher entstehen, die bei Materialstärken unter 1,5 mm nicht mehr unsichtbar repariert werden können. Es fällt auf, dass bei Knollenknaufschwertern die Sorgfalt der Vorbereitung des Stahls vor dem Schmieden nicht einheitlich ist.

187 z.B.: Coll. Baffet n° 922.2.2, Musée de Châlon-en-Champagne und Dolch von Vix (n° 86.56.45.1), MCsS, abgebildet in: CHAUME/RAPIN 1999, 65.

188 RATEL 1967, 1–22 fig. 13 A 4 (Die Quelle lag dem Autor nicht vor. Zitiert nach CHAUME/RAPIN 1999, 67.).

189 DANNHEIMER/WEBER 1993, 316 Kat.-Nr. 390b.

190 Die Röntgenuntersuchung des Schwertes von Cannes-Écluse erfolgte in der Restaurierungswerkstatt des MAN durch F. Douau (Chef de Travaux d'Art) und den Verfasser. Die für diese und weitere Untersuchungen verwendeten Röntgenfilme Agfa Structurix D4 und D7 Vacupac Pb wurden großzügigerweise von Agfa Deutschland, Vertriebsbereich NDT zur Verfügung gestellt.

191 CHAUME/RAPIN 1999, 62 f.

- Die Hilzenplatten bei dem Schwert aus Chalon-sur-Saône (ohne überlieferte Blechscheide) bestehen aus verschweißten, unregelmäßig geformten flachen Eisenstücken (Abb. 79 c).
- Im Gegensatz dazu ist bei mehreren Schwertern mit Scheide eine feine, beim Gärben entstandene Schichtstruktur erkennbar. So bestehen bei dem Schwert aus Préty (Abb. 87) die Hilzenhälften aus 5–11 und die Heftknollen sogar aus ca. 22 makroskopisch erkennbaren Schichten (Abb. 87 h).

5.4.3.3 Schwerter mit anthropomorphem Griff

Eine deutlich größere Ähnlichkeit mit Knollenknaufschwertern als die Griffe vom Typ Larçon weist ein Schwert mit anthropomorphem Griff (Museo Civico Archeologico, Bergamo) auf (Abb. 72 u. 73). Es wurde 1888 beim Straßenbau in Brembate Sotto (Italien) gefunden. Nachgrabungen im folgenden Jahr erbrachten mehrere Gräber der Golasecca Kultur, mit denen das Schwert in Verbindung gebracht wird.¹⁹²

Seine im Vergleich zu den Knollenknaufschwertern kürzere und breitere Klinge mit rautenförmigem Querschnitt ist wie bei diesen zum Stoß geeignet. Ihre Schneiden verlaufen vom Heft aus gerade und verringern ihren Abstand nur geringfügig, bis sie bei etwa drei Vierteln der Schwertlänge mit schwacher Krümmung zur lang ausgezogenen Spitz einbiegen. Der ganz aus Eisen geschmiedete Griff erinnert an eine abstrahierte menschliche Figur mit erhobenen S-förmig geschwungenen Armen und gespreizten Beinen, die den (etwas asymmetrisch geformten) Heftabschluss bilden. Der Kopf, die Hände und die Füße werden durch kugelige Verdickungen dargestellt.

Wie die Knaufbefestigung und das Heft bei den Knollenknaufschwertern (mit Ausnahme des Schwertes von Juac, Abb. 77) sind die Arme und Beine dieses Griffes aus dem eigentlichen Griff (der Hilze) herausgearbeitet. Eine weitere Übereinstimmung bildet die Fortführung des Mittelgrates der Klinge auf der Hilze und die wie bei den Knollenknaufschwertern ausgeführte zipelige Mittelerweiterung der Schmalseite des Griffes. Ebenfalls entsprechend verläuft in der Mitte der Schmalseiten eine Linie, die darauf hindeutet, dass der Griff wie die Hilze der Knollenknaufschwerter aus zwei profilierten Platten zusammengesetzt ist.

Eine gesicherte Datierung für diese Art der Griffkonstruktion liefert das Schwert aus Grab VIII der Ca' Morta (Brescia, Commune Como).¹⁹³ Das Grab enthielt einen Helm vom Typ Negau und wird von R. C. DE MARINIS zwischen 480/475 und 450/440 v.Chr. datiert (Stufe Golasecca III A). Im Unterschied zum Schwert aus Brembate Sotto fehlt dem elegant gestalteten Griff dieses Schwertes allerdings der von gekehlten Flächen flankierte Mittelgrat. Im Bereich der zipeligen Mittelerweiterung ist sein Querschnitt linsenförmig. Im Museo Civico Archeologico Giovio, Como, befindet sich ein fundortloses Exemplar (Abb. 73 Mitte u. 74) mit einem nach dem gleichen Schema hergestellten Griff.¹⁹⁴ In der Seitenansicht dieses Griffes sind längs laufende Linien erkennbar, die auf einen Verlauf der in Lagen angeordneten Schweißeisenstruktur hinweisen, wie sie bei mehreren Knollenknaufschwertern (Eislingen/Fils, Abb. 91 u. 92, Port-Nidau, Abb. 98, Préty, Abb. 87) vorliegt. Ein Vergleich der Knollenknaufschwerter mit Objekten einer südalpinen Provenienz scheint weit hergeholt zu sein, doch lässt sich das räumlich nahe Vorkommen von Knollenknaufschwertern zusammen mit Schwertern mit anthropomorphem Griff von ähnlicher Komposition, wie bei den oben genannten, zweifach belegen:

Aus Bern stammt ein Schwert mit anthropomorphem Griff,¹⁹⁵ das bereits R. WEGELI dem in Port-Nidau gefundenen Knollenknaufschwert gegenüberstellte.

Ein weiteres Exemplar, das sich wie das Berner Exemplar durch einen längeren Hals und eine etwas andere Gestaltung des Mittelgriffes von den Exemplaren aus Como, Ca' Morta und Brembate Sotto unterscheidet, stammt aus Grab Nr. 4 des Grabhügels von Champberceau, in der Nähe der Marne-

192 NEGRONI CATACCIO 1972, 121–123.

193 Ebd. 117–119; DE MARINIS 1991, 98 f.

194 Ebd. 98, 780.

195 Bern, Spitalacker, 1896, Inv. Nr. 20901; WEGELI 1927, 13 f.

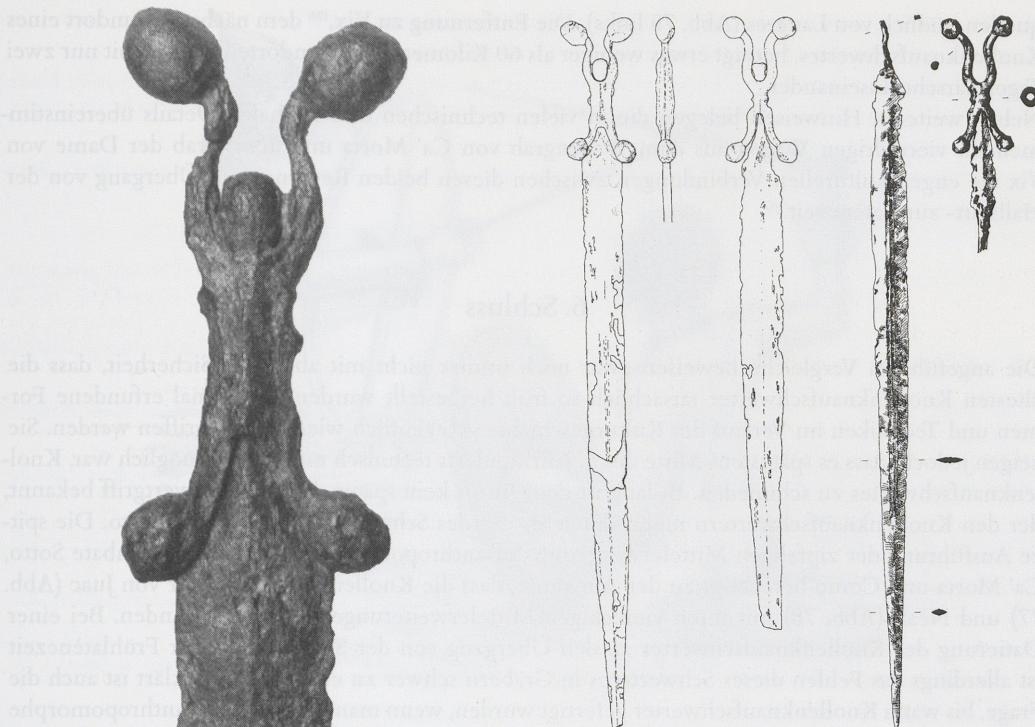


Abb. 72 (Foto) und Abb. 73 (Zeichnungen) Schwerter mit anthropomorphen Griff: Foto und linke Zeichnung: Schwert von Brembate Sotto, (Museo Civico Archeologico, Bergamo, I). Grifflänge 12 cm. Mittlere Zeichnung und Abb. 74: Schwert ohne Fundort im Museo Civico Archeologico Giovio (MCAG), Como, I (E17727). Rechte Zeichnung: Schwert aus Grab VIII der Ca' Morta, Breccia, Commune Como (MCAG) Como, I. Gesamtlänge 64,8 cm. Ohne Maßstab.

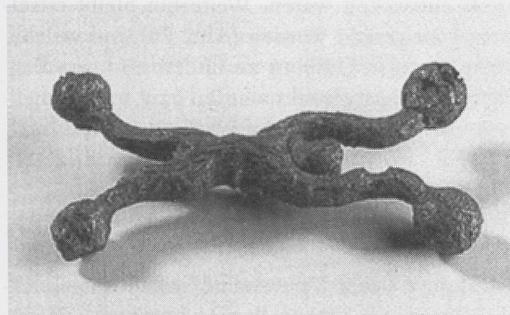


Abb. 74 Anthropomorpher Griff eines Schwertes ohne Fundort im Museo Civico Archeologico Giovio, Como, I (E17727). Ohne Maßstab.

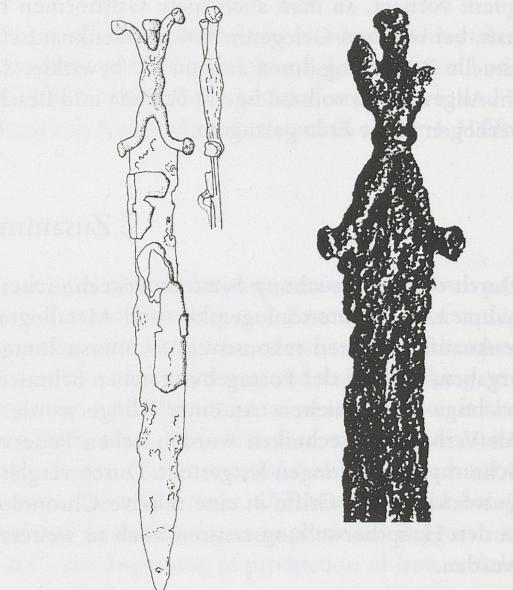


Abb. 75 (rechts) Schwerter mit anthropomorphen Griff. Links: Das Schwert aus Grab Nr. 4 des Grabhügels von Champberceau, F, in der Nähe der Marne-Quellen, südlich von Langres. Rechts: Griffbereich des Schwertes aus Bern, CH, Spitalacker (BHM, Inv. Nr. 20901). Ohne Maßstab (die Größe der beiden Griffe ist anhand der Zeichnung nicht vergleichbar).

quellen, südlich von Langres (Abb. 75 links). Die Entfernung zu Vix,¹⁹⁶ dem nächsten Fundort eines Knollenknaufschwertes, beträgt etwas weniger als 60 Kilometer, die Fundorte liegen somit nur zwei Tagesmärsche auseinander.

Neben weiteren Hinweisen belegen die in vielen technischen und formalen Details übereinstimmenden vierrädrigen Wagen aus dem Wagengrab von Ca' Morta und dem Grab der Dame von Vix die engen kulturellen Verbindungen zwischen diesen beiden Regionen am Übergang von der Hallstatt- zur Latènezeit.¹⁹⁷

6. Schluss

Die angeführten Vergleiche beweisen zwar noch immer nicht mit absoluter Sicherheit, dass die ältesten Knollenknaufschwerter tatsächlich so früh hergestellt wurden, da einmal erfundene Formen und Techniken im Verlauf der Kulturgeschichte gelegentlich wieder aufgegriffen werden. Sie zeigen jedoch, dass es spätestens Mitte des 5. Jahrhunderts technisch und formal möglich war, Knollenknaufschwerter zu schmieden. Bislang ist dem Autor kein später datierter Schwertgriff bekannt, der den Knollenknaufschwertern mehr ähnelt als der des Schwertes aus Brembate Sotto. Die spitze Ausführung der zipfeligen Mittelerweiterung der anthropomorphen Griffe aus Brembate Sotto, Ca' Morta und Como berechtigt zu der Annahme, dass die Knollenknaufschwerter von Juac (Abb. 77) und Néau (Abb. 78) mit ihren viereckigen Mittelerweiterungen früher entstanden. Bei einer Datierung der Knollenknaufschwerter an den Übergang von der Späthallstatt- zur Frühlatènezeit ist allerdings das Fehlen dieses Schwerttyps in Gräbern schwer zu erklären. Ungeklärt ist auch die Frage, bis wann Knollenknaufschwerter gefertigt wurden, wenn man bedenkt, dass anthropomorphe Griffe mindestens vom 6. bis ins 1. Jahrhundert v. Chr. verwendet wurden, allerdings mit deutlich variantenreicherer Gestaltung als bei den Knollenknaufschwertern. Auffällig ist zudem, dass während der Hallstatt- und Frühlatènezeit fast im gesamten mitteleuropäischen Raum ein Rückgang der Gewässerfunde zu verzeichnen ist, die erst ab dem 3. Jahrhundert v. Chr. wieder deutlich häufiger werden. Sicher ist nur, dass mit dem Hortfund von Cayla, Mailhac, um 75 v. Chr. ein *Terminus ante quem* vorliegt, an dem auch späte Griffformen bereits entwickelt waren. Weiterhin bleibt rätselhaft, bei welchen Gelegenheiten Knollenknaufschwerter eingesetzt wurden (Abb. 76) und welche rituelle Bedeutung ihnen zukam, die bewirkte, dass sie kaum in Gräbern zu finden sind, sondern im Allgemeinen vollständig mit Scheide und Beschläg im Wasser versenkt wurden bzw. intentionell verbogen in die Erde gelangten.

7. Zusammenfassung

Durch die Untersuchung herstellungstechnischer Merkmale unter Verwendung von Röntgenaufnahmen, Computertomographie und Metallographie wurde die Herstellungstechnik von Knollenknaufschwertern rekonstruiert. Untersuchungen von im Stahl erkennbaren Schichtstrukturen ergaben, dass bei der Formgebung neben Schmiedeprozessen auch spanabhebende Techniken eine wichtige Rolle spielten. An einer Klinge wurde metallographisch ein Schweißdamast festgestellt. Als Verbindungstechniken wurden neben Feuerverschweißung, Hartlötzung und Vernietung auch Schrumpfverbindungen festgestellt. Durch vergleichende Untersuchungen gelang es die technische Entwicklung der Griffe in eine relative Chronologie zu bringen. Es wurde festgestellt, dass außer in den Hauptherstellungszentren noch in weiteren Schmieden Knollenknaufschwerter produziert wurden.

196 JOFFROY 1960, 94–96.

197 DE MARINIS 1991, 93–102.

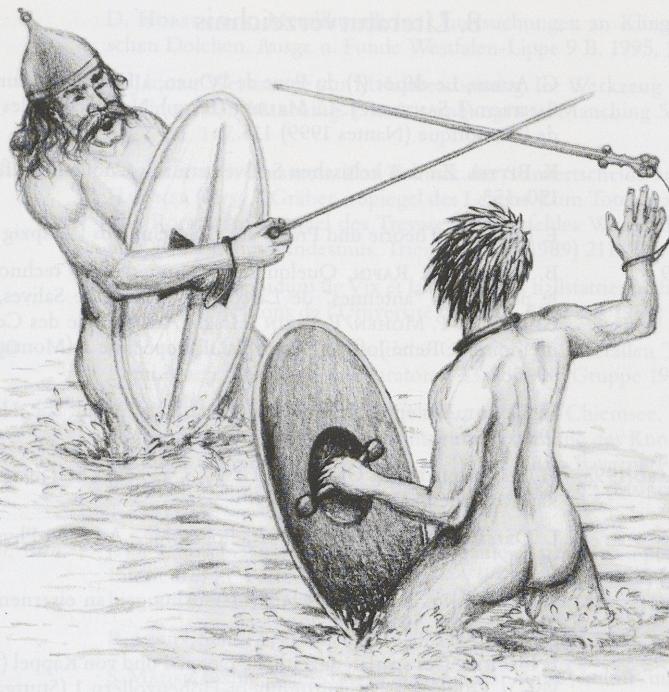


Abb. 76 Auch wenn die Schmiedetechnik inzwischen weitgehend geklärt ist, so bleibt dennoch die Frage offen, wozu die Kelten diese Schwerter benutztten und warum viele davon ins Wasser gelangten. Das seltene Vorkommen dieser Waffen spricht dafür, dass sie nur von einem kleinen Personenkreis für einen ganz bestimmten Zweck gebraucht wurden. Rein repräsentative Funktionen sind auszuschließen, da einige Knollenknaufschwerter Hieb- oder Parierscharten aufweisen. Wie die Kämpfe aussahen und ob sie am oder im Wasser stattfanden, wird sich vermutlich ebenso wenig klären lassen wie der Zweck der Knaufösen. Zeichnung: J. Sailer-Paysan.

Die meisten der momentan 47 bekannten keltischen Knollenknaufschwerter wurden in Gewässern gefunden. Daher ist eine präzise Datierung durch Begleitfunde bislang nicht möglich. Aufgrund von technischen und formalen Analogien zu einzelnen datierten Dolchen und Schwertern des 6. und 5. Jahrhunderts v. Chr. wird der Beginn der Herstellung von Knollenknaufschwertern ab der 1. Hälfte des 5. Jh. v. Chr. vorgeschlagen.

Abstract

While examining the swords with radiography, metallography and computer-tomography it was possible to determine the techniques in which the swords were manufactured. Examination of visible layers in the wrought iron showed that besides the black-smith technique, metal-cutting techniques were used to design the swords. Welding, soldering with copper, riveting and even shrinking one part upon the other were techniques used to connect the parts. By comparative examination it was possible to reconstruct the technical development of the handles. It could be ascertained that besides of the centres of production there were some further forges where iron nodule-hilted swords were produced. Iron nodule-hilted swords are mostly found in lakes and rivers. Until now an exact dating by accompanying finds is not possible. By technical and formal analogies to particular daggers and swords, which are dated to the 6. and 5. century B.C., the beginning of production of iron nodule-hilted swords is proposed to the 1. half of the 5. century B.C.

8. Literaturverzeichnis

- AUBIN 1999 G. AUBIN, Le dépôt (?) du Pont de l'Ouen, à Haute-Goulaine (L.-A.). In: M.-H. SANTROT/J. SANTROT/J.-C. MEURET (Hrsg.), *Nos ancêtres les Gaulois aux marges de l'Armorique* (Nantes 1999) 115.
- BITTEL 1931 K. BITTEL, Zu den keltischen Schwertern mit Knollenknauf. *Germania* 15, 1931, 150–153.
- BREPOHL 1978 E. BREPOHL, Theorie und Praxis des Goldschmieds (Leipzig 1978).
- CHAUME/RAPIN 1999 B. CHAUME/A. RAPIN, Quelques réflexions d'ordre techno-chronologique sur le poignard à "antennes" de Larçon (commune de Salives, Côte-d'Or). In: B. CHAUME/J.-P. MOHEN/P. PERIN (Hrsg.), *Archéologie des Celtes. [Mélanges à la mémoire de René Joffroy]*. *Protohist. Européenne* 3 (Montagnac, Mergoil 1999) 49–68.
- COROT 1901 H. COROT, Les épées de Créancey et de Sivry. *Mém. Soc. Hist. et Arch. Beaune* 1901, 153 f.
- DANNHEIMER/ GEBHARD 1993 H. DANNHEIMER/R. GEBHARD (Hrsg.), *Das keltische Jahrtausend. Ausstellungskat.* Rosenheim (Mainz 1993).
- DRIEHAUS 1968 J. DRIEHAUS, Archäologische Radiographie. *Archaeo-Physika* 4 (Düsseldorf 1968).
- EMMERLING 1972 J. EMMERLING, Technologische Untersuchungen an eisernen Bodenfunden. *Alt-Thüringen* 12, 1972, 267–320.
- FISCHER 1959 F. FISCHER, Der spätlatènezeitliche Depot-Fund von Kappel (Kreis Saulgau). *Urk. Vor- u. Frühgesch. Südwürttemberg-Hohenzollern* 1 (Stuttgart 1959).
- FREVERT 1961 W. FREVERT, Das jagdliche Brauchtum (Hamburg, Berlin 1961).
- GASSMANN 2001 G. GASSMANN, Naturwissenschaftliche Untersuchung von frühen Eisenobjekten im Arbeitsgebiet. In: *Keltische Stahl- und Eisenproduktion im Rothal (Bayerisch-Schwaben)*. Ber. Arch. Landkreis Neu-Ulm u. angrenzenden Gebieten 2 (Neu-Ulm 2001) 147–152 Taf. 13.
- GAUDRON 1952/53 G. GAUDRON in: *Bull. Soc. Nat. Ant. France* 1952/53, 54 f.
- GAUDRON 1953 G. GAUDRON in: *Bull. Soc. Préhist. Française* 50, 1953, 99–101.
- GENDRON et al. 1986 Ch. GENDRON/J. GOMEZ DE SOTO/Th. LEJARS/J.-P. PAUTREAU/L. URAN, Deux épées à sphères du centre-ouest de la France. *Aquitania* 4, 1986, 39–54.
- GERFIN/LANDES 2000 U. GERFIN/R. LANDES, Leistungsfähigkeit moderner Damaszenerstähle. In: W. BECKER (Hrsg.), *Damaszener Schwerter vom Lübecker Ring, der fränkische Friedhof am Uni-Campus Lübecker Ring, Schwerter als Waffen und Grabbeigaben, Damaszener-Schmiedetechnik*. Soester Beitr. Gesch. von Naturwiss. u. Technik 8 (Soest 2000) 59–66.
- GOESSLER 1920 P. GOESSLER in: 3. Bericht des Museums Vaterländischer Altertümer in Stuttgart (Stuttgart 1920) 9 f.
- GOETZ 2000 A. GOETZ, Alles hat einen Anfang – 4000 Jahre Stahl. Der Weg des Eisens, das vom Himmel gefallen zum Damaszener-Stahl und der Wärmebehandlung in der Neuzeit. In: W. BECKER (Hrsg.), *Damaszener Schwerter vom Lübecker Ring, der fränkische Friedhof am Uni-Campus Lübecker Ring, Schwerter als Waffen und Grabbeigaben, Damaszener-Schmiedetechnik*. Soester Beitr. Gesch. Naturwiss. u. Technik 8 (Soest 2000) 33–58.
- HANSEN 2001 L. HANSEN, Panzer der Latènezeit (Unpubl. Dipl.-Arbeit Univ. Kiel 2001).
- HENRY 1933 F. HENRY, Les tumulus du département de la Côte-d'Or (Paris 1933).
- HERRMANN 1997 F.-R. HERRMANN, Frühkeltischer Fürstensitz nördlich des Mains. *Arch. Deutschland* 1997/1, 6–11.
- HORIE 1999 C. V. HORIE, Materials for Conservation. Organic consolidants, adhesives and coatings (Oxford 1987, Nachdr. 1999).

- HORSTMANN 1995 D. HORSTMANN, Metallkundliche Untersuchungen an Klingen von zwei römischen Dolchen. Ausgr. u. Funde Westfalen-Lippe 9 B, 1995, 111–135.
- JACOBI 1974 G. JACOBI, Werkzeuge zur Metallbearbeitung. In: Werkzeug und Gerät aus dem Oppidum von Manching. Die Ausgrabungen in Manching 5 (Wiesbaden 1974) 5–27 Taf. 1–7.
- JAKOBS/NEBRICH 1989 W. JAKOBS/G. NEBRICH, Zur Technik der Schwertscheide aus Grab 296. In: A. HAFNER (Hrsg.), Gräber – Spiegel des Lebens. Zum Totenbrauchtum der Kelten und Römer am Beispiel des Treverer-Gräberfeldes Wederath-Belginum. Schriftenr. Rheinisches Landesmuseum. Trier 2 (Mainz 1989) 211–213.
- JOFFROY 1960 R. JOFFROY, L'oppidum de Vix et la civilisation hallstattienne finale dans l'est de la France. Publications de l'Université de Dijon 20 (Paris 1960) 94–96.
- KOLLER/BAUMER 2000 J. KOLLER/U. BAUMER, Organische Überzüge auf Metallen Teil 2, Wachse und Emulsionen. Arbeitsbl. Restauratoren 33/2, 2000, Gruppe 19, 227–241.
- KRÄMER 1962 W. KRÄMER, Ein Knollenknaufschwert aus dem Chiemsee. Mit einem Beitrag (Anhang 2) von J. DRIEHAUS, Röntgenuntersuchung des Knollenknaufschwertes aus dem Chiemsee. In: J. WERNER (Hrsg.), Aus Bayerns Frühzeit [Festschrift Friedrich Wagner]. Schriftenr. Bayer. Landesgesch. 62 (München 1962) 109–124 Taf. 10 f.
- DE LISLE DU DRENEUC 1914 J. LE V^{TE} DE LISLE DU DRENEUC, Épée gauloise trouvée au pont de l'ouen (Loire-Inférieure) [3^e Période du Hallstatt. – VII^e–VI^e Siècle avant J.-C.]. L'homme préhist. 12/6, 1914, 161–166.
- LOUIS 1954 R. LOUIS, Sens (Agendincum). Gallia 12, 1954, 517–525.
- MÄDER 2001 S. MÄDER, Stähle, Steine und Schlangen. Zur kunst-, kultur- und technikgeschichtlichen Einordnung dreier Schwertklingen aus dem alamannischen Siedlungsraum (Unpubl. Diss. Berlin 2001).
- DE MARINIS 1991 R. C. DE MARINIS, Les Celtes de Golasecca. In: Les Celtes. Ausstellungskat. (Milano 1991) 93–102; 718; 780.
- MENGHIN 1971 O. MENGHIN, Ein Latène-Schwert aus dem Tiroler Unterland. Bayer. Vorgeschbl. 36, 1971, 318–321.
- MEYER 1888 F. S. MEYER (Hrsg.), Werkzeuge und Bearbeitung. In: Handbuch der Schmiedekunst, zum Gebrauche für Schlosser und Kunstschiemde, gewerbliche und kunstgewerbliche Schulen, Architekten und Musterzeichner. Seemanns Kunstgewerbliche Handbücher (Leipzig 1888, unveränderter Nachdr. Augsburg 1999) 16–40.
- MÜLLER 1990 F. MÜLLER, Der Massenfund von der Tiefenau bei Bern. Zur Deutung latènezeitlicher Sammelfunde mit Waffen. Antiqua 20 (Basel 1990).
- NAGY 1992 P. NAGY, Ein eisernes Knollenknaufschwert im Historischen Museum St. Gallen. Jahrb. SGUF 75, 1992, 164–166.
- NAVEAU 1998 J. NAVEAU, La Tène finale: 147 Épée à Sphères. In: Le chasseur, l'agriculteur et l'artisan, Guide du Musée archéologique départemental de Jublains (Mayenne) (Laval 1998) 66 f.
- NAVEAU 1999 J. NAVEAU, Épée à rognons ou à sphères de Néau. In: M.-H. SANTROT/J. SANTROT/J.-C. MEURET (Hrsg.), Nos ancêtres les Gaulois aux marges de l'Armorique (Nantes 1999) 114.
- NEGRONI CATACCIO 1972 N. NEGRONI CATACCIO, Spade con impugnatura pseudo-antropoide nell'area della cultura di Golasecca – Rapporti tra il la Tène a e il Golasecca III A. Sibrium 11, 1972, 113–131.
- PIGANIOL 1963 A. PIGANIOL, Seine-et-Marne, Cannes-Écluse. Gallia 21/2, 1963, 362–364.
- PLEINER 1993 R. PLEINER, The Celtic Sword (Oxford 1993).
- VON QUILLFELDT 1995 I. VON QUILLFELDT, Die Vollgriffscherter in Süddeutschland. PBF Abt. 4,11 (Stuttgart 1995).

- RAPIN 1999 A. RAPIN, Épée à rognons ou à sphères du Pont de l'Ouen, à Haute-Goulaine (L.-A.). In: M.-H. SANTROT/J. SANTROT/J.-C. MEURET (Hrsg.), *Nos ancêtres les Gaulois aux marges de l'Armorique* (Nantes 1999) 115 f.
- RAPIN (in Vorb.) A. RAPIN, Analyse des Schwertes von Cannes-Écluse. In: *Elites guerrières, Table ronde du M.A.N.* (19–20 November 1999). In Vorbereitung.
- RATEL 1967 R. RATEL, Les tumulus Hallstattiens de Larçon (Cote d'Or). *Ogam* 1967, 1–22 (zitiert nach CHAUME/RAPIN 1999, 67).
- RICHTER/JAHN 1925 O. RICHTER/M. JAHN, Eine neue keltische Schwertform aus Süddeutschland. *Mannus* 17, 1925, 92–104 Taf. II.
- RICHTER/JAHN 1927 O. RICHTER/M. JAHN, Die keltischen Schwerter mit Knollenknauf. *Mannus* 19, 1927, 266–270.
- SCHUMANN 1991 H. SCHUMANN, Kohlenstoff. In: *Metallographie* (13Leipzig 1991) 446–452.
- SCHWIETERING 1918 J. SCHWIETERING, Prähistorische Schwerter und Dolche im Königlichen Zeughaus zu Berlin. *Prähist. Zeitschr.* 10, 1918, 181.
- SEIFERT 1973 G. SEIFERT, Der Hirschfänger (Schwend 1973).
- SPINDLER 1980 K. SPINDLER, Ein neues Knollenknaufschwert aus der Donau bei Regensburg. *Germania* 58, 1980, 105–116.
- TAFFANEL/TAFFANEL 1967 O. TAFFANEL/J. TAFFANEL, Les épées à sphères du Cayla a Mailhac (Aude). *Gallia* 25, 1967, 1–10.
- TAFFANEL/TAFFANEL 1969 O. TAFFANEL/J. TAFFANEL in: *Gallia* 27, 1969, 383 f.
- TAFFANEL/TAFFANEL 1980 O. TAFFANEL/J. TAFFANEL, Technique de la fabrication des épées à sphères de Mailhac. *Revue Arch. Narbonnaise* 13, 1980, 1–18.
- TAFFANEL/TAFFANEL 2002 O. TAFFANEL/J. TAFFANEL, Oppidum du Cayla, Mailhac (Aude) – La fouille 47. *Arch. Languedoc Rev.* 26, 2002, 63–67.
- THOMSON 1971 R. THOMSON, Metallografische Untersuchungen an wikingerzeitlichen Eisenbarren aus Haithabu. In: K. SCHIETZEL (Hrsg.), *Untersuchungen zur Technologie des Eisens*. Ber. Ausgr. Haithabu 5 (Neumünster 1971) 9–29.
- TORBRÜGGE 1996 W. TORBRÜGGE, Spuren in eine andere Welt. Archäologie der vorzeitlichen Wasserkulte. In: P. SCHAUER (Hrsg.), *Archäologische Forschungen zum Kultgeschehen in der jüngeren Bronzezeit und frühen Eisenzeit Alteuropas*. Ergebnisse eines Kolloquiums in Regensburg, 4.–7. Oktober 1993. Regensburger Beitr. Prähist. Arch. 2 (Regensburg 1996) 567–581.
- VIGNERON 1999 A. VIGNERON, Möglichkeiten der Typologisierung von damaszierten Schwertern mit Hilfe moderner computertomographischer Verfahren. *Arbeitsbl. Restauratoren* 32/2, 1999, 305–309.
- WEHRBERGER 1997 K. WEHRBERGER, Knollenknaufschwert. *Ulmener Museum* (Hrsg.), *Kunstwerk des Monats* Nr. 214, April 1997 (Ulm 1997).
- WEHRBERGER 2000 K. WEHRBERGER, "In Erwartung verlässlicher archäologischer Befunde": Die Knollenknaufschwerter in Europa. In: *Archéologie des fleuves et des rivières* (Paris 2000) 75–83.
- WEHRBERGER/WIELAND 1999 K. WEHRBERGER/G. WIELAND, Ein weiteres Knollenknaufschwert und eine Aylesfordpfanne aus der Donau bei Ulm. Überlegungen zu spätkeltischen und frührömischen Gewässerfunden von der oberen Donau. *Arch. Korrb.* 29/2, 1999, 237–256.
- WEGELI 1927 R. WEGELI, Zwei seltene Schwerter im Bernischen Historischen Museum. *Jahrb. Bernisches Hist. Mus.* 7, 1927, 10–16.
- WESTPHAL 1995 H. WESTPHAL, Ein römischer Prunkdolch aus Haltern, Untersuchungen zur Schmiedetechnik und Konstruktion. *Ausgr. u. Funde Westfalen-Lippe* 9 B, 1995, 95–109.
- WIELAND 1996 G. WIELAND, Die Spätlatènezeit in Württemberg. *Forsch. u. Ber. Vor- u. Frühgesch. Baden-Württemberg* 63 (Stuttgart 1996).

- WISCHENBARTH 1999 P. WISCHENBARTH, Die jüngere Latènezeit im westlichen Bayerisch-Schwaben. Bayer. Vorgeschbl. 64, 1999, 66–70 Taf. 9.
- WISCHENBARTH 2001 P. WISCHENBARTH, Eisenobjekte der jüngeren Latènezeit im westlichen Bayerisch-Schwaben. In: Keltische Stahl- und Eisenproduktion im Rothal (Bayerisch-Schwaben). Ber. Arch. Landkreis Neu-Ulm u. angrenzenden Gebieten 2 (Neu-Ulm 2001) 97–122.
- Wyss 1974 R. Wyss, Technik, Wirtschaft, Handel und Kriegswesen der Eisenzeit. In: Ur- und Frühgeschichtliche Archäologie der Schweiz. 4. Die Eisenzeit (Basel 1974) 105–112.

Anhang

Anhang 1

Alphabetischer Katalog der Knollenknaufschwerter (nach Fundort) mit Verzeichnis der aufbewahrenden Institute¹⁹⁸ (Maße siehe Anhang 3, Klapptafel nach S. 198)

1. Allériot, N Chalon-sur-Saône aus der Saône (Saône et Loire, F), zwei Exemplare (Abb. 81 u. 86). Früher Privatslg. L. Niepce (†), heute verschollen.
2. Cannes-Écluse, Ille-au-Loup, aus der Yonne (Seine-et-Marne, F) (Abb. 82 u. 83). Musée des Antiquités Nationales (M.A.N.), Chateau de Saint-Germain-en-Laye, Place du Château, 78103 Saint-Germain-en-Laye (F).
3. Bei Chalon-sur-Saône bei der Insel St. Nicolas aus der Saône (Saône et Loire, F), Inv. Nr.: Va 4872 (Abb. 79). Staatliche Museen Preußischer Kulturbesitz Berlin – Museum für Vor- und Frühgeschichte (MVF), Schloss Charlottenburg, 14059 Berlin (D).
4. Aus dem Chiemsee (Bayern, D), Inv. Nr.: 1400 (Abb. 104). Museum im Heimathaus, Stadtplatz 2–3, 83278 Traunstein (D).
5. Eisingen/Fils, aus Schwemmgelände zwischen Fils und Krumm (Baden-Württemberg, D), Inv. Nr.: 13791 (Abb. 91 u. 92). Württembergisches Landesmuseum (WLM), Schillerplatz 6, 70173 Stuttgart (D).
6. Elchingen-Oberelchingen, aus Kiesgrube N der Donau (Bayern, D) (Abb. 108). Privatbesitz, verschollen.
7. Germond, (Deux-Sèfres, F), drei Exemplare, davon zwei verschollen, nach widersprüchlichen Angaben aus Wasserlauf bei Ergray in der Nähe von ‚Rochers de la Chaise‘ (1914) bzw. zusammen mit Lanzenspitzen und Ringen 1904 am Fuße der ‚Mothes à Germond‘ vergraben entdeckt (1914) (Abb. 84). Ein Exemplar: Musée du Pilori, Place du Pilori, 79000 Niort (F).
8. Günzburg, aus der Donau (Bayern, D), E-Nr:1990/3, NU/VI 1996, 403b (Abb. 101). Kreisarchäologie Neu-Ulm, Eigentümer: Archäologische Staatssammlung München (ASM) – Museum für Vor- und Frühgeschichte, Lerchenfeldstr. 2, 80538 München (D).
9. Juac, aus der Charente (Charente, F) (Abb. 77). Musée de la Société Archéologique et Historique de la Charente, 44 Rue de Montmoreau, 16000 Angoulême (F).
10. Aus dem Kochelsee (Bayern, D) (Abb. 105). ASM, München (D).
11. Lengenfeld bei Neuburg a. D.? (unklare Ortsangabe), Inv. Nr.: A 981 (Abb. 89). WLM, Stuttgart (D).
12. Cayla, Mailhac, Depotfund aus einer verfüllten Erosionsrinne am Rand einer Höhensiedlung (Aude, F), 16 Exemplare (Abb. 93). MADM, Rte de Bize, F-11120 Mailhac (F).
- Kat. Nr. 13–15 : Musée Dobrée, 18, rue Voltaire, F-44004 Nantes Cedex 1 (F)
13. Aus der Loire, Coll. Rochebrune, (Loire-Atlantique, F), Inv. Nr.: 930.1.959 (Abb. 109).
14. Region Nantes, Coll. Ph. Routhiau, (Loire-Atlantique, F), Inv. Nr.: 999.17.1 (Abb. 112).
15. Bei Nantes, Marais de Goulaine am ‚Pont de l’Ouen‘ aus der Loire (Loire-Atlantique, F), Inv. Nr.: 913.3.1 (Abb. 110 u. 111).

198 Nach: WEHRBERGER/WIELAND 1999, 249-251

16. Aus einer Furt der Jouanne nahe Néau (Mayenne, F), Inv. Nr.: (DM.94.)92.4.24 (Abb. 78).
Musée archéologique départemental de Jublains, 13, rue de la Libération, 53160 Jub-lains (F), Eigentümer:
Collections du musée de Laval (F), Inv. 5880.

17. Pettendorf-Kneiting bei Regensburg, aus einer Kiesgrube, an der Mündung der Naab in die Donau (Bayern, D), Inv. Nr.: 1978/1 (Abb. 85).
Historisches Museum, Museen der Stadt Regensburg, Dachaupl. 2–4, 93047 Regensburg (D).

18. Port-Nidau, Einzelfund während der Juragewässerkorrektion, aus der Zihl bei Zihlwil oder bei Schwadernau (CH), BHM Inv. 64271 (alt: L 81-1) (Abb. 98).
Bernisches Historisches Museum (BHM), Helvetiaplatz 5, 3005 Bern (CH).

Kat. Nr. 19–22 : Musée Denon, Place de l'Hôtel de Ville, 71100 Chalon-sur-Saône (F)

19. Pouilly-sur-Saône, aus der Saône (Côte-d'Or, F), Inv. Nr.: 79.21.10 (Abb. 99).

20. Préty, aus der Saône (F), Inv. Nr.: 81.38.5 (Abb. 87).

21. Saint-Germain-du-Plain (Gigny/Thorey), aus der Saône (Saône et Loire, F), Inv. Nr.: 85.14.15 (Abb. 102 u. 103).

22. Saint-Jean-de-Losne, aus der Saône (Côte-d'Or, F), Inv. Nr.: 78.16.3 (Abb. 90).

23. Sens, gefunden unter einem Kellerboden (Yonne, F) (Abb. 94).
Früher Musée Municipal de Sens (MMS), heute verschollen.

24. Sivry (Gde. Saint-Prix-les Arnay), angeblich aus verpfügtem Grabhügel (Côte-d'Or, F) (Abb. 100).
Depot des Musée des Beaux Arts, Porte Marie de Bourgogne 6, 21200 Beaune (F).

25. Ulm, aus der Donau beim Valckenburgufer (Baden-Württemberg, D), Inv. Nr.: Prä. LT 12 (Abb. 88).
Ulmer Museum, Marktplatz 9, 89070 Ulm (D).

26. Villefranche-sur-Saône, aus Graben nahe des Saône-Ufers (Rhône, F) (Abb. 95–97).
Coll. Palix (F).

27. Villeneuve-sur-Yonne, aus der Yonne (Yonne, F) (Abb. 80).
Musée Villeneuvien, Porte de Joigny, 2 Rue Carnot, F-89500 Villeneuve-sur-Yonne (F), Verwaltung: Les Amis du Vieux Villeneuve-sur-Yonne, Societe d'histoire et d'archéologie du Canton de Villeneuve-sur-Yonne.

28. Bei Vix aus der Seine (Côte-d'Or, F), Inv. Nr.: 88.5654.1 (Abb. 106).
Musée du Châtillon-sur-Seine (MCsS), Rue du Bourg, 21400 Châtillon-sur-Seine (F).

29. Ohne Fundort (CH) (Abb. 107).
Historisches Museum, Stiftung Sankt Gallen Museen, Museumsstr. 50, 9000 St. Gallen (CH). Verwaltung: Kantonsarchäologie Rorschacherstr. 23, 9001 St. Gallen (CH).

Alphabetischer Katalog der archäologischen Vergleichsobjekte (nach Fundort) mit Verzeichnis der aufbewahrenden Institute

30. Schwert mit anthropomorphem Griff, Bern (CH), Spitalacker, Inv. Nr. 20901 (*Abb. 75 rechts*).
BHM, Bern (CH).
 31. Schwert mit anthropomorphem Griff, Grab VIII der Ca' Morta, Breccia, Commune Como, (I) (*Abb. 73*).
Museo Civico Archeologico 'Paolo Giovio' (MCAPG), piazza Medaglie d'Oro 1, 22100 Como (I)
 32. Schwert mit anthropomorphem Griff, Brembate Sotto (*Abb. 72 u. 73*).
Museo Civico Archeologico, Bergamo (I).
 33. Schwert mit anthropomorphem Griff, Champberceau (F), in der Nähe der Marnequellen, südlich von Langres (*Abb. 75 links*).
Verbleib ungeklärt.
 34. Dolch von Larçon, Commune de Salives, Côte d'Or (F) (*Abb. 69 u. 70*).
Musée archéologique de Dijon, 5, rue du Docteur-Maret, 21000 Dijon (F).
 35. Dolchscheide von Vix, Inv. Nr.: 86.56.45.1 (*Abb. 71*).
MCsS, Châtillon-sur-Seine (F).
 36. Wörgl-Kirchbichl (*Abb. 4*).
Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Museumstraße 15, 6020 Innsbruck (A).
 37. Schwert mit anthropomorphem Griff, ohne Fundort, Inv. Nr.: E17727 (*Abb. 73 u. 74*).
MCAPG, Como (I).
 38. Frühmittelalterliche Spatha, ohne Fundort (*Abb. 30*).
WLM, Stuttgart (D).

Anhang 2: Abbildungskatalog (typologisch geordnet)

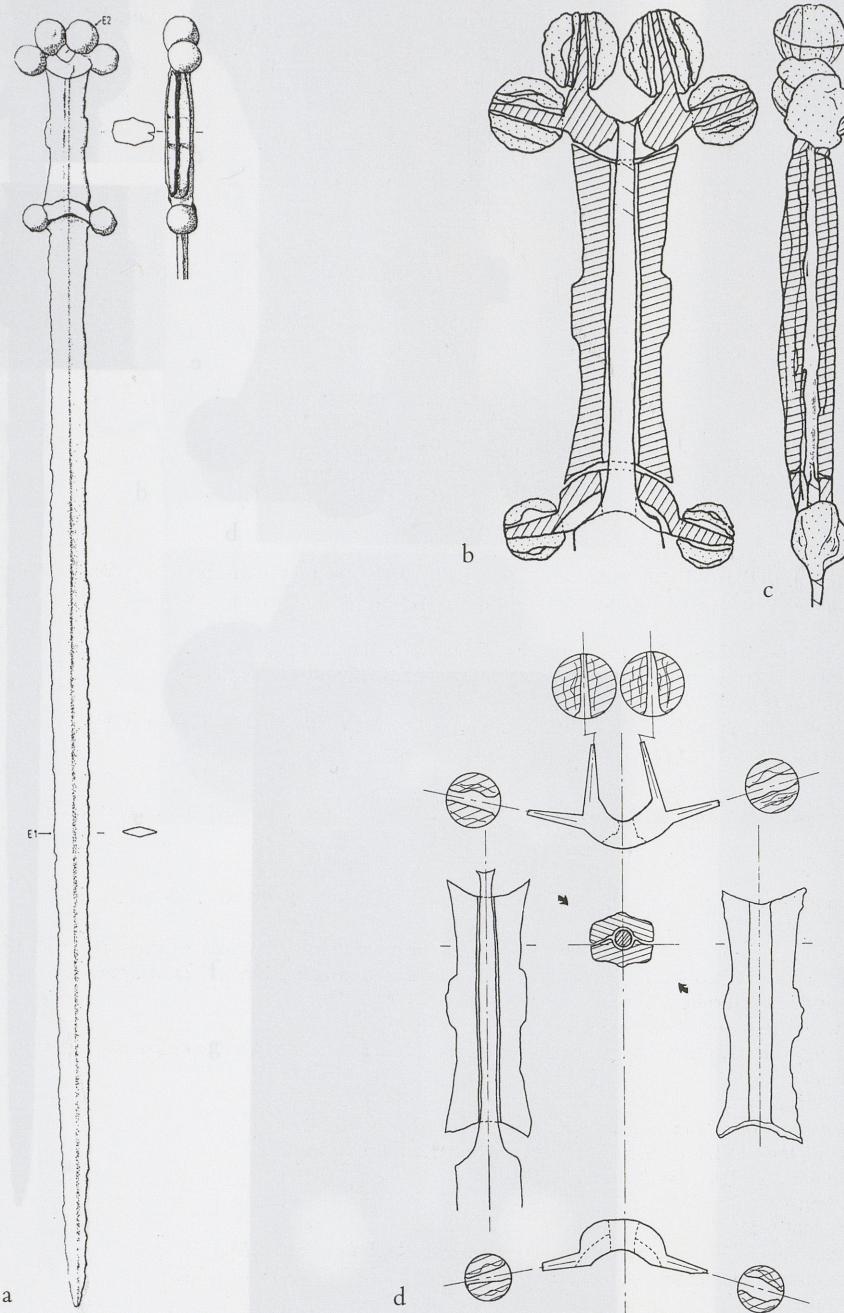


Abb. 77 Juac, Kat.-Nr. 9, Musée de la Société Archéologique et Historique de la Charente, Angoulême, F. Zeichnungen: Th. Lejars. a) Gesamtansicht M 1:5, b u. c) Griff M 1:2, d) Explosionszeichnung: ohne Maßstab.

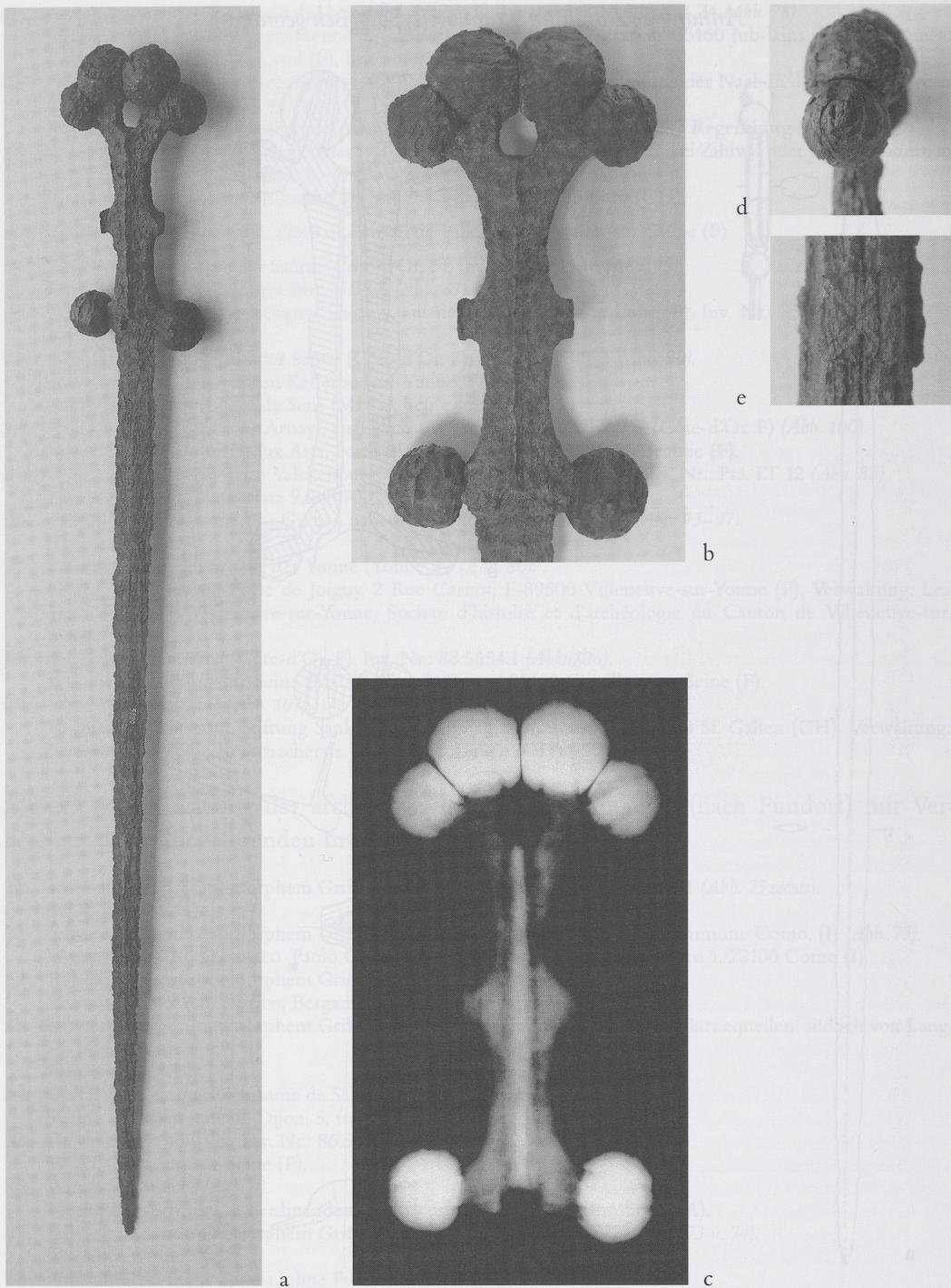


Abb. 78 Néau, Kat.-Nr. 16. Coll. du musée de Laval, F – en dépôt au musée archéologique départemental de Jublains, F. a) Gesamtansicht M 1:5, b)-d) Griffbereich M 1:2, e) Mittelerweiterung M ca. 1:1. Aufnahmen: Arc'Antique/J. G. Aubert.

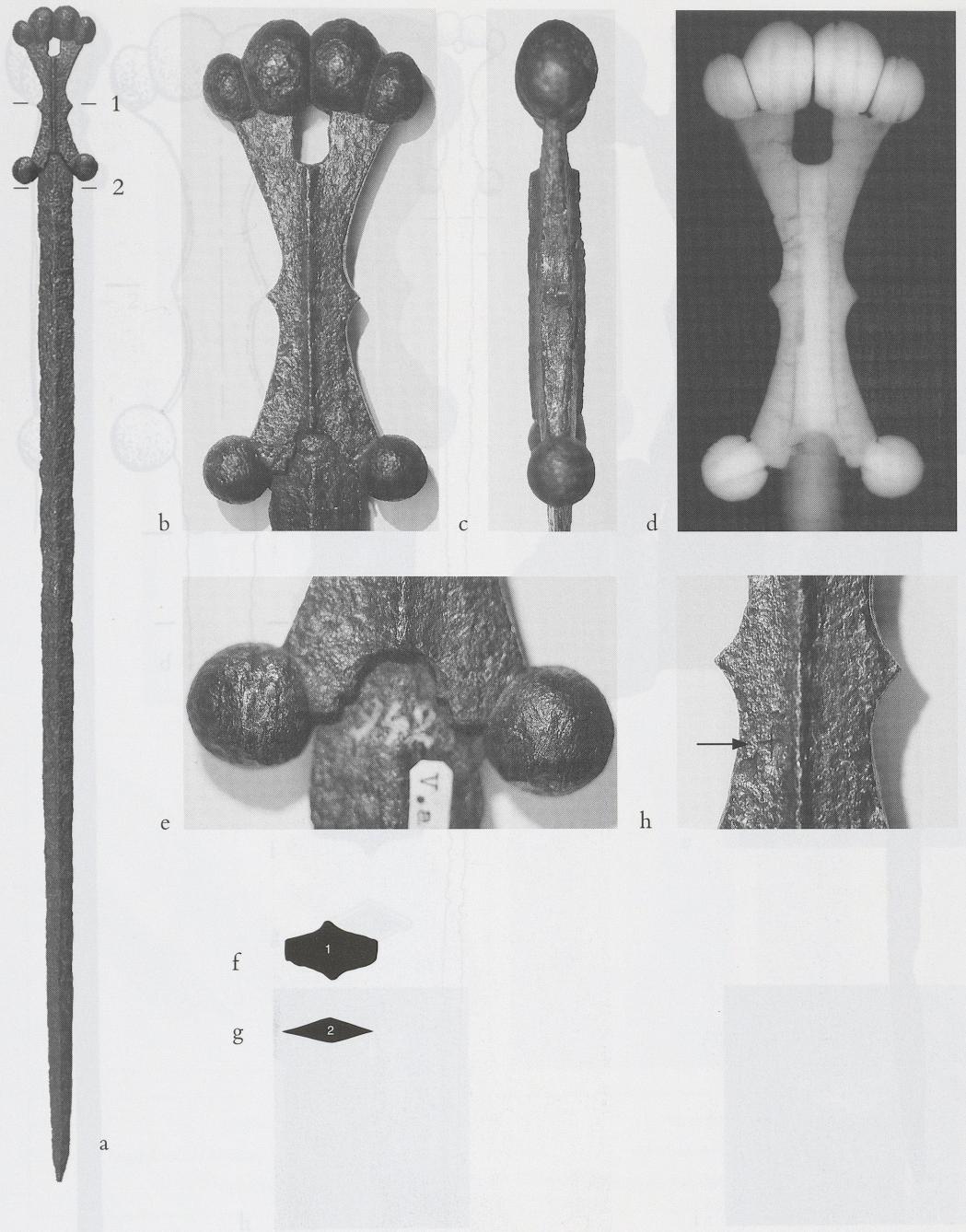


Abb. 79 Bei Chalon-sur-Saône, Kat.-Nr. 3. Museum für Vor- und Frühgeschichte, Berlin, D. a) Gesamtansicht M 1:5, b-d) Griffbereich und Profile f, g) M 1:2, e) Heftausschnitt M 3:4; h) Mittelerweiterung M 1:1. Röntgenaufnahme: H. Born, MVF, Aufnahme Griffbereich: M. Paysan.

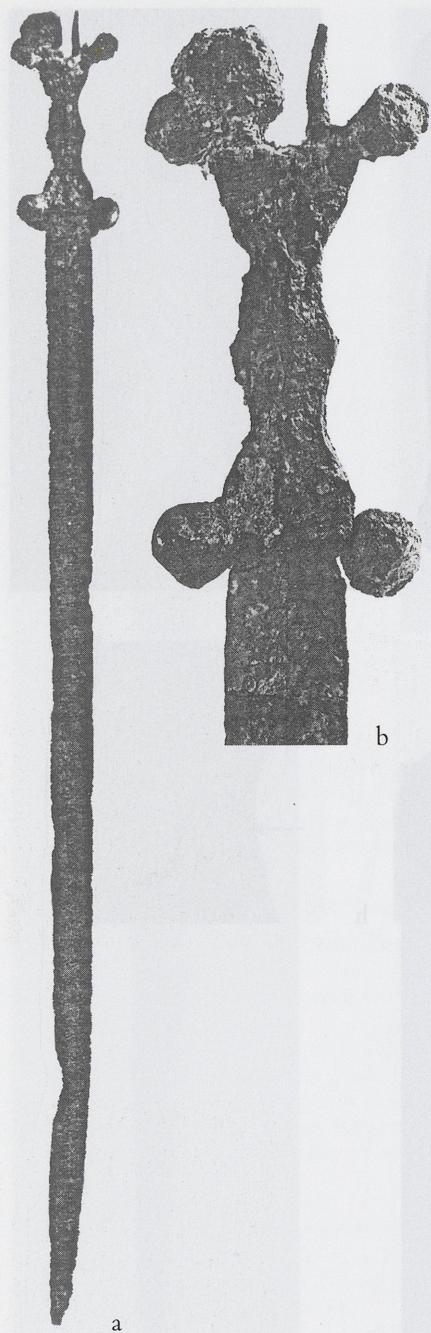


Abb. 80 Villeneuve-sur-Yonne, Kat.-Nr. 27. Musée Villeneuvien, Villeneuve-sur-Yonne, F. a) Gesamtansicht M 1:5, b) Griffbereich M ca. 1:2. Aufnahmen: Musée Villeneuvien.

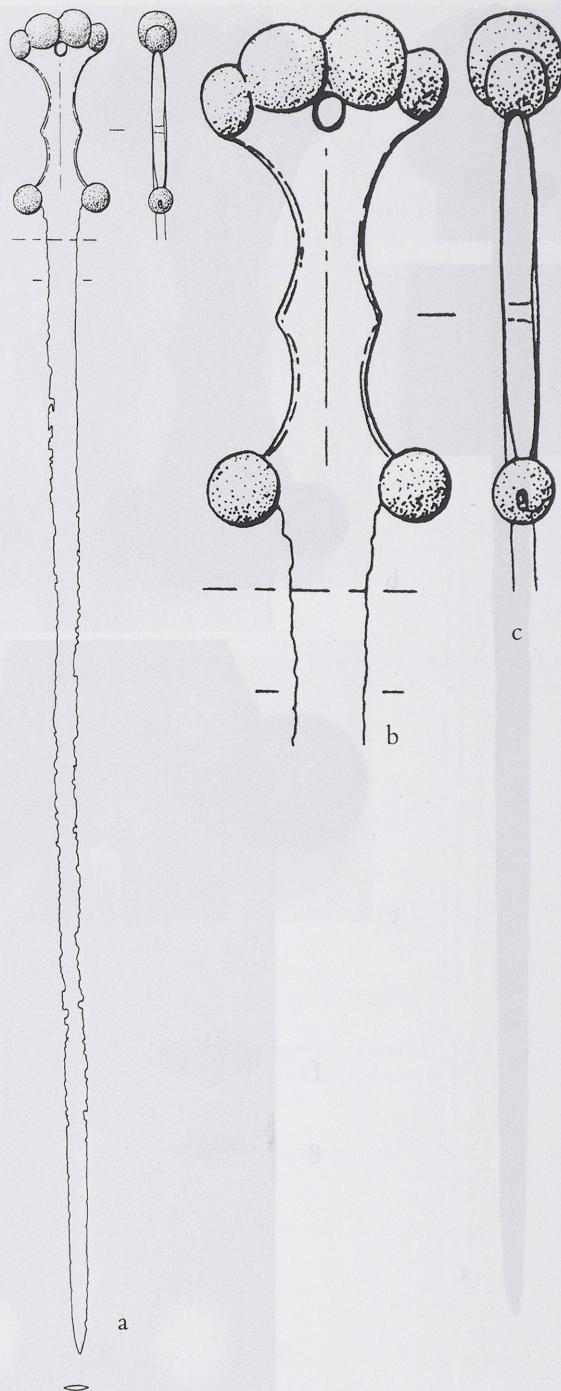


Abb. 81 Allériot, Kat.-Nr. 1a, schmales Exemplar. Früher Privatslg. L. Niepce (†), heute verschollen. a) Gesamtansicht M 1:5, b, c) Griffbereich M ca. 1:2. Zeichnung: Musée Denon, Chalon-sur-Saône.

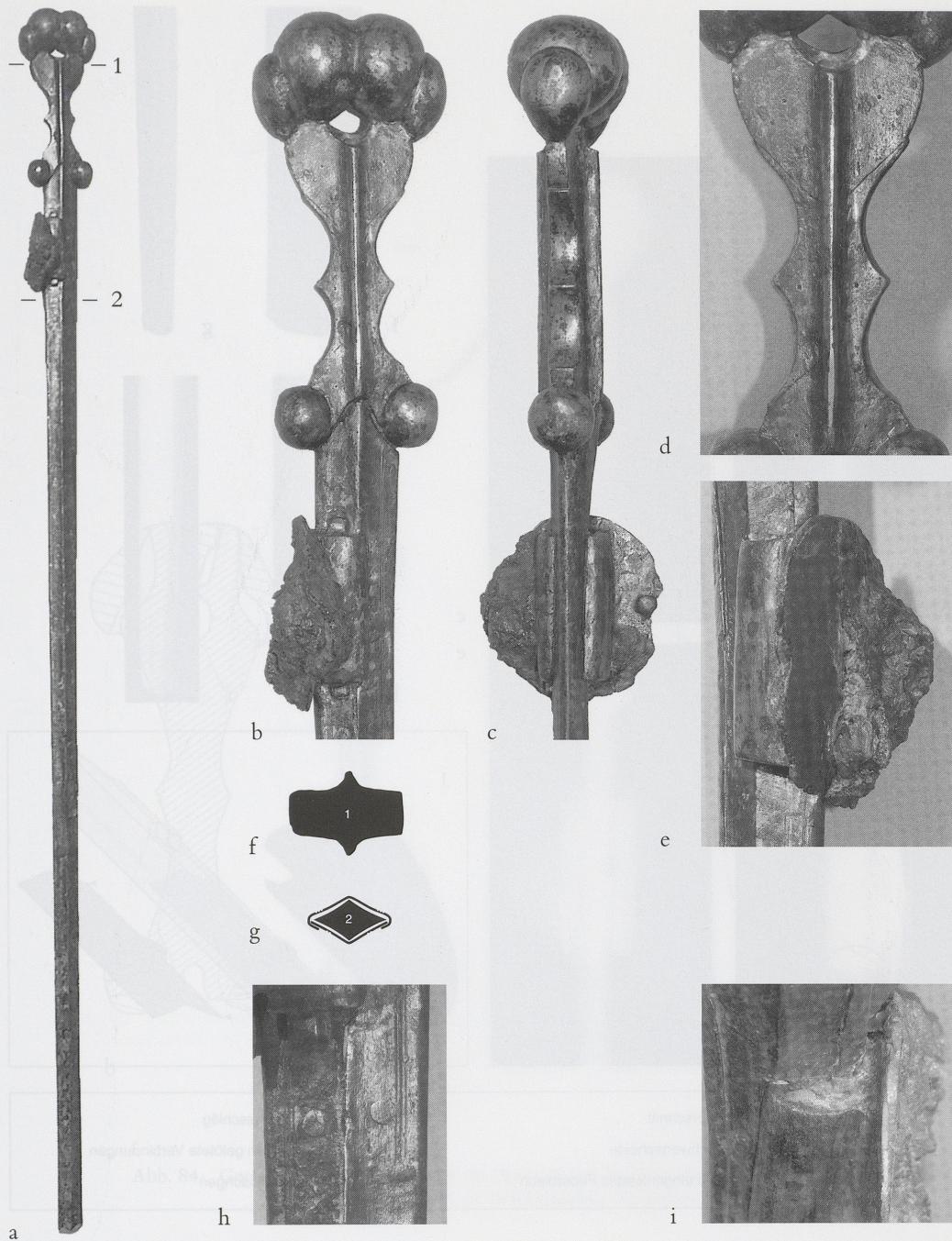


Abb. 82 Cannes-Écluse, Kat.-Nr. 2. M. A. N., Saint-Germain-en-Laye, F. a) Gesamtansicht M 1:5, b, c) Griffbereich mit Beschläg und f, g) Profile M 1:2, d, e) Mittelgriff und Beschläg M 3:4, h, i) Scheidenausschnitte M ca. 1:1. Fotos: M. Paysan.

Abb. 82 Cannes-Écluse, Kat.-Nr. 2. M. A. N., Saint-Germain-en-Laye, F. a) Gesamtansicht M 1:5, b, c) Griffbereich mit Beschläg und f, g) Profile M 1:2, d, e) Mittelgriff und Beschläg M 3:4, h, i) Scheidenausschnitte M ca. 1:1. Fotos: M. Paysan.

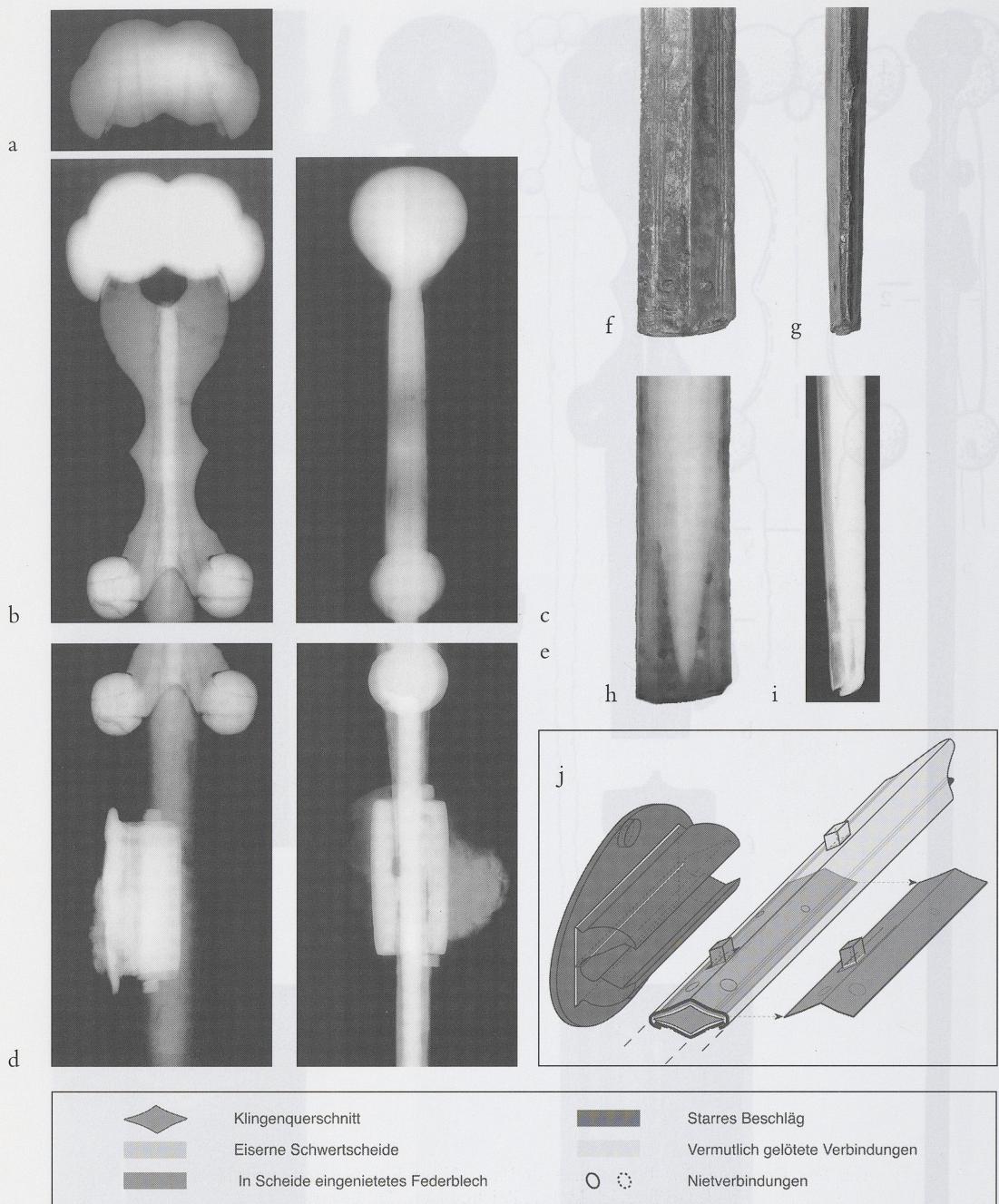


Abb. 83 Cannes-Écluse, Kat.-Nr. 2. M. A. N., Saint-Germain-en-Laye, F. a-e) Griffbereich und Beschläg M 1:2, f-i) Ortbereich M 3:4, j) Zeichnung Beschläg M 1:2. Zeichnung und Fotos: M. Paysan, Röntgenaufnahmen: E. Douau/M. Paysan.

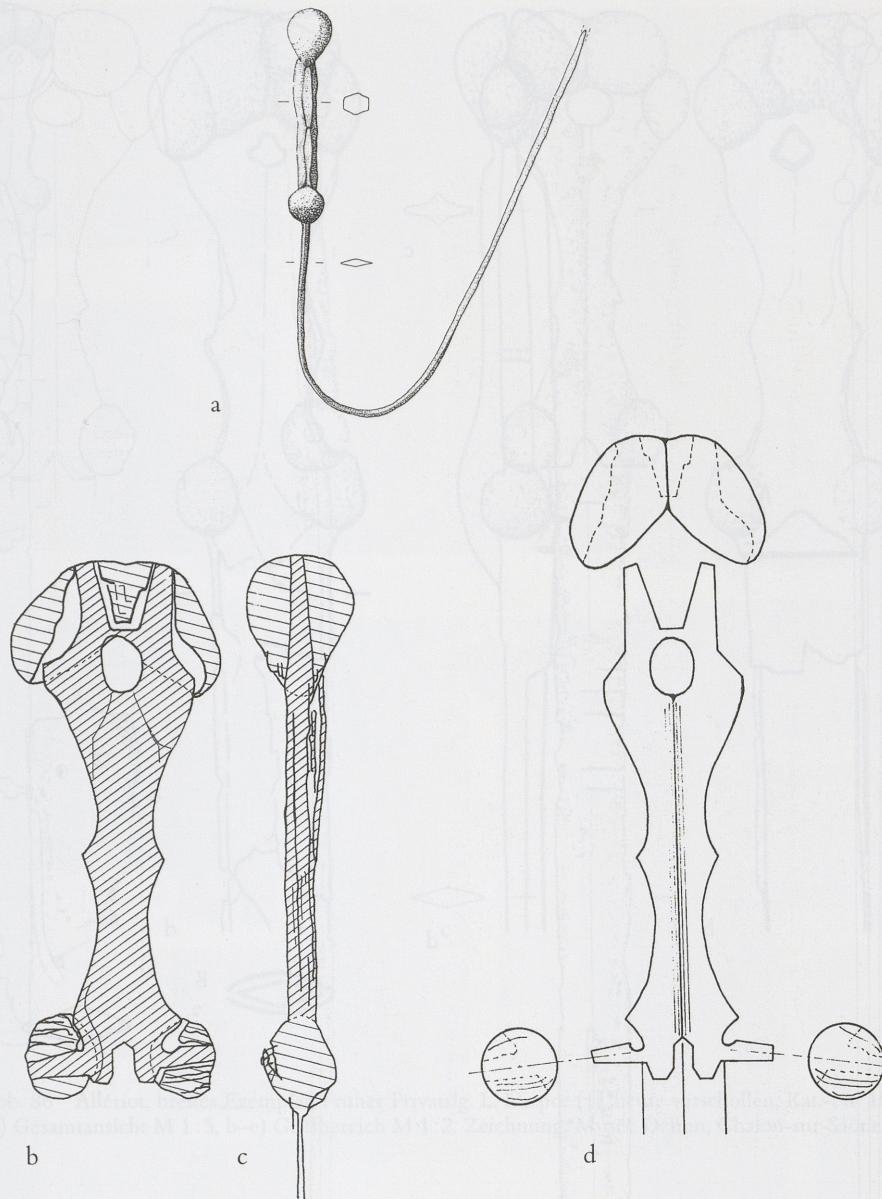


Abb. 84 Germond, Kat.-Nr. 7. Musée du Pilori, Niort, F. a) Gesamtansicht M 1:5,
b-d) Griffbereich M 1:2. Zeichnungen: Th. Lejars.

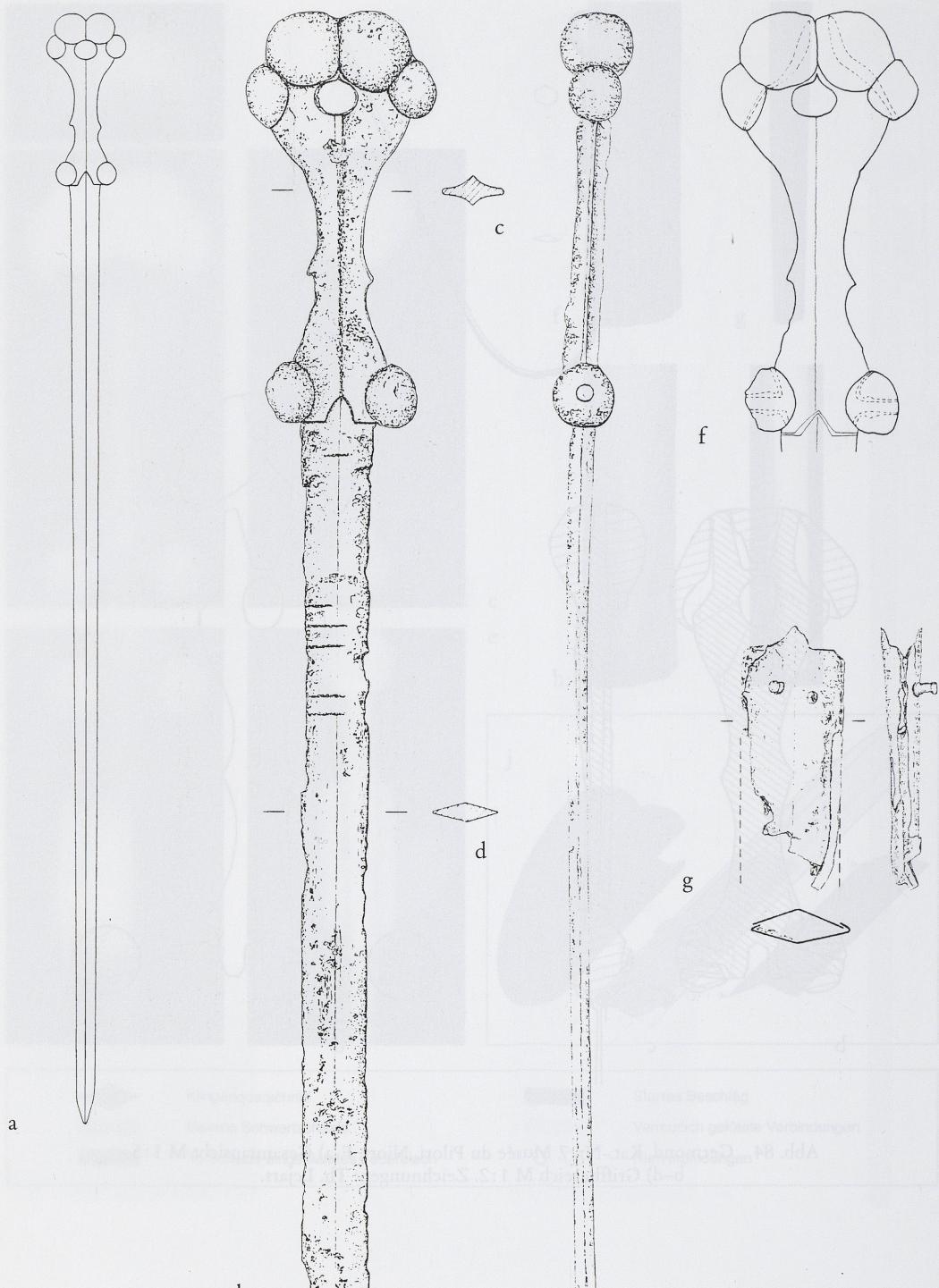


Abb. 85 Pettendorf-Kneiting bei Regensburg, Kat.-Nr. 17. Museum der Stadt Regensburg, D.
a) Gesamtansicht M 1:5, b-f) Griffbereich und Klinge ca. M 1:2, g) Blechscheide ca. M 1:2.

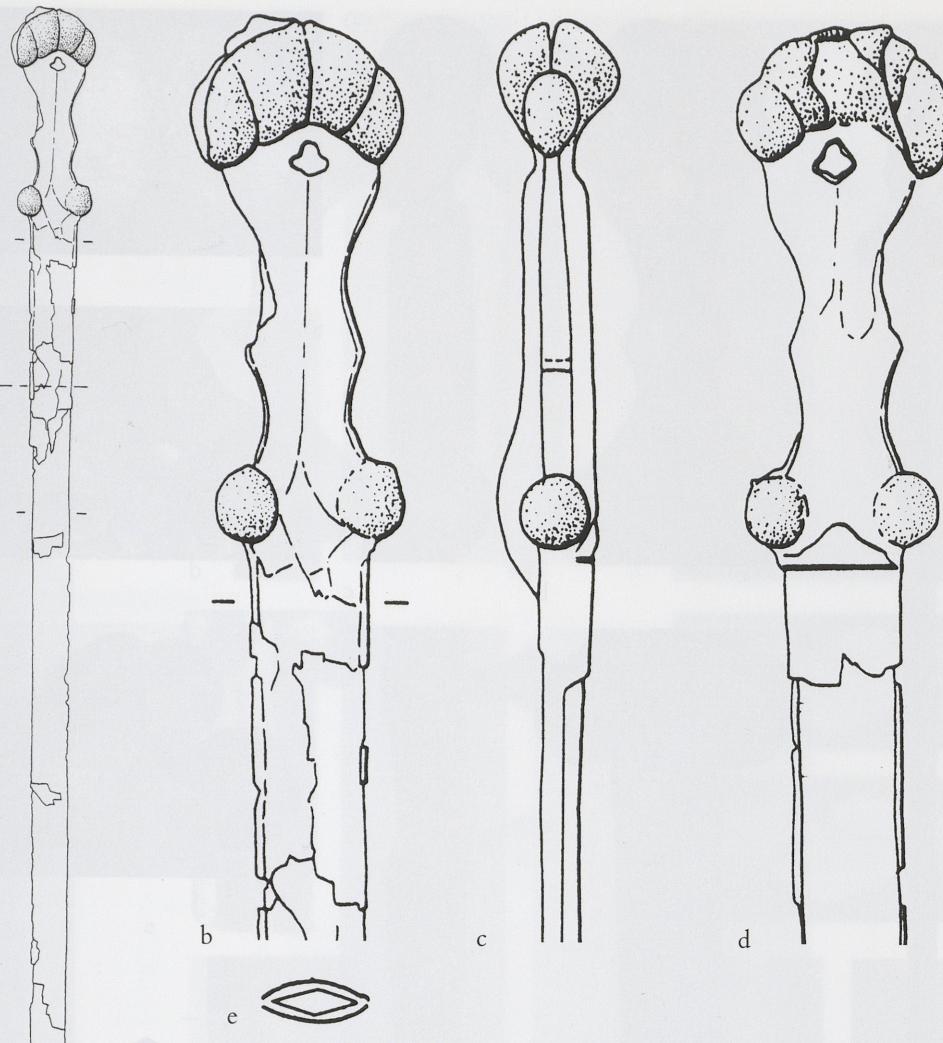


Abb. 86 Allériot, breites Exemplar. Früher Privatslg. L. Nipce (†), heute verschollen, Kat.-Nr. 1b.
a) Gesamtansicht M 1:5, b–e) Griffbereich M 1:2. Zeichnung: Musée Denon, Chalon-sur-Saône.

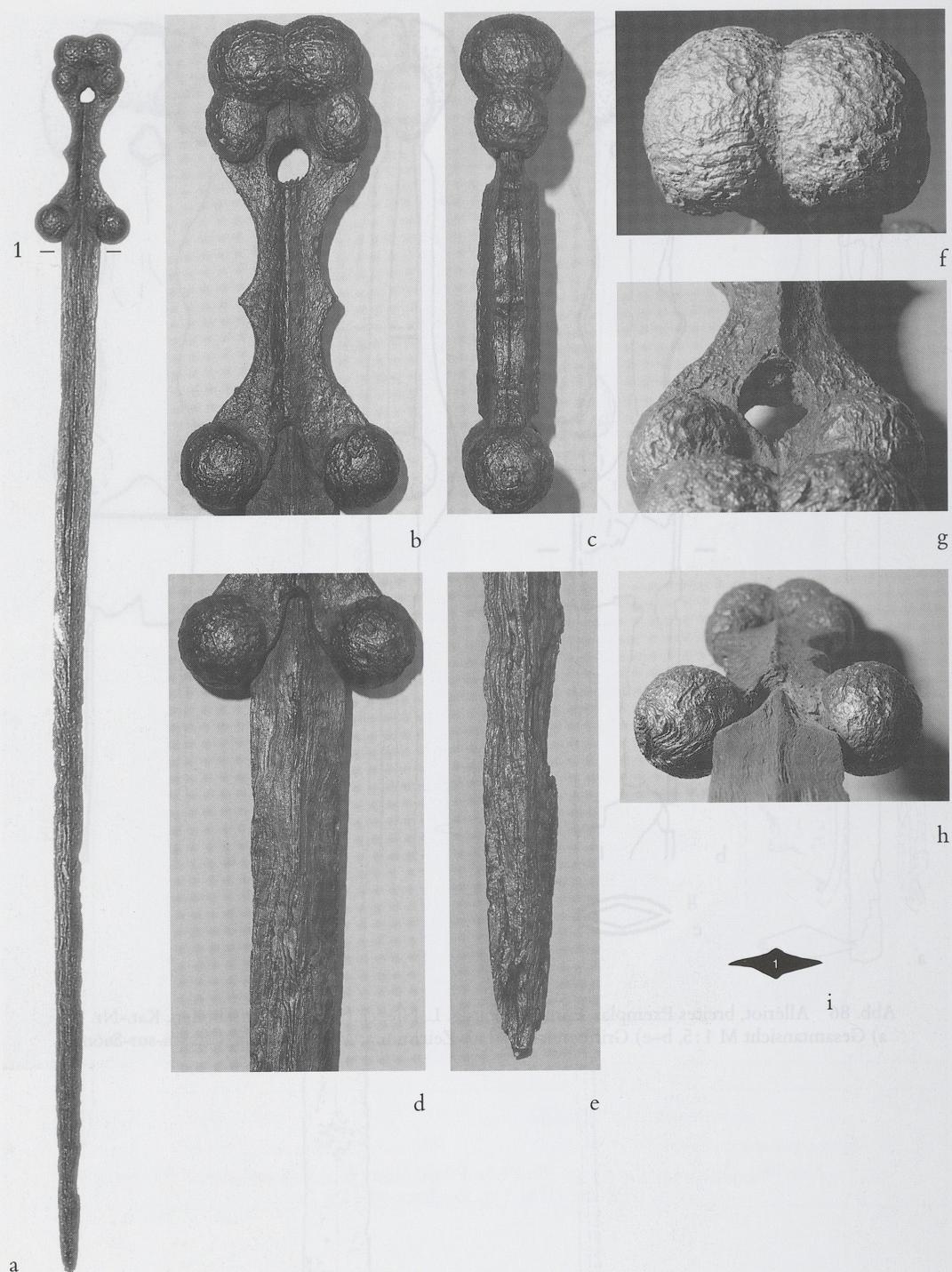


Abb. 87 Préty, Kat.-Nr. 20. Musée Denon, Chalon-sur-Saône, F. a) Gesamtansicht M 1:5, b-d) Griffbereich u. i) Profil M 1:2, g) Klingenort M 2:3, f-h) Griffausschnitt ohne Maßstab. Fotos: M. Paysan.

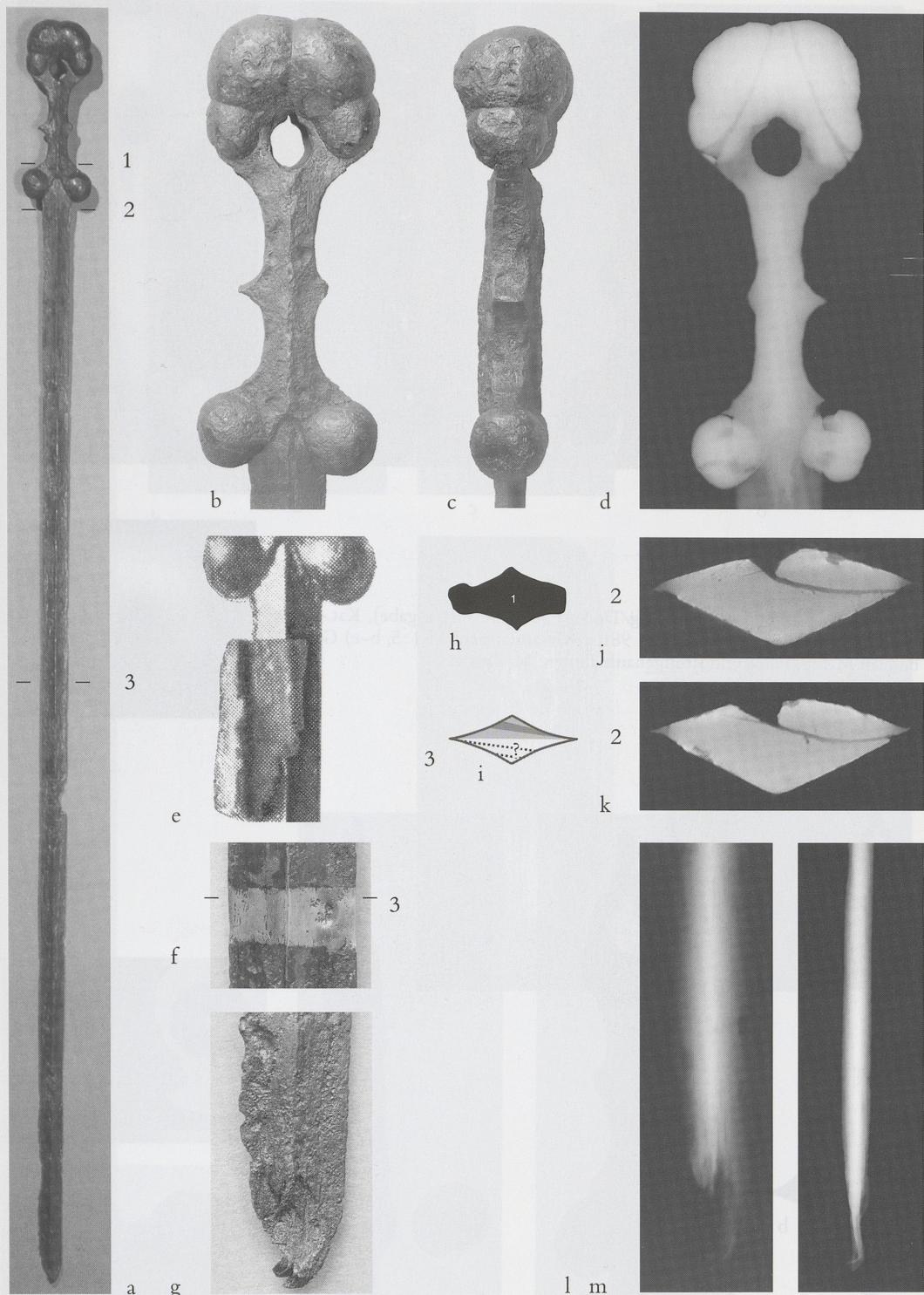


Abb. 88 Ulm, Kat.-Nr. 25. Ulmer Museum, D. a) Gesamtansicht M 1:5, b-e, h) Details verschollenes Be- schläg (e), M 1:2, f, g, i, l, m) Klinge M 1:1, j, k) CT-Schnitte ohne Maßstab. Fotos und Röntgenaufnahmen: M. Paysan, CT-Aufnahmen: I. Pfeifer-Schäller/S. Tomaschko, ARGE Metallguss, FH Aalen.

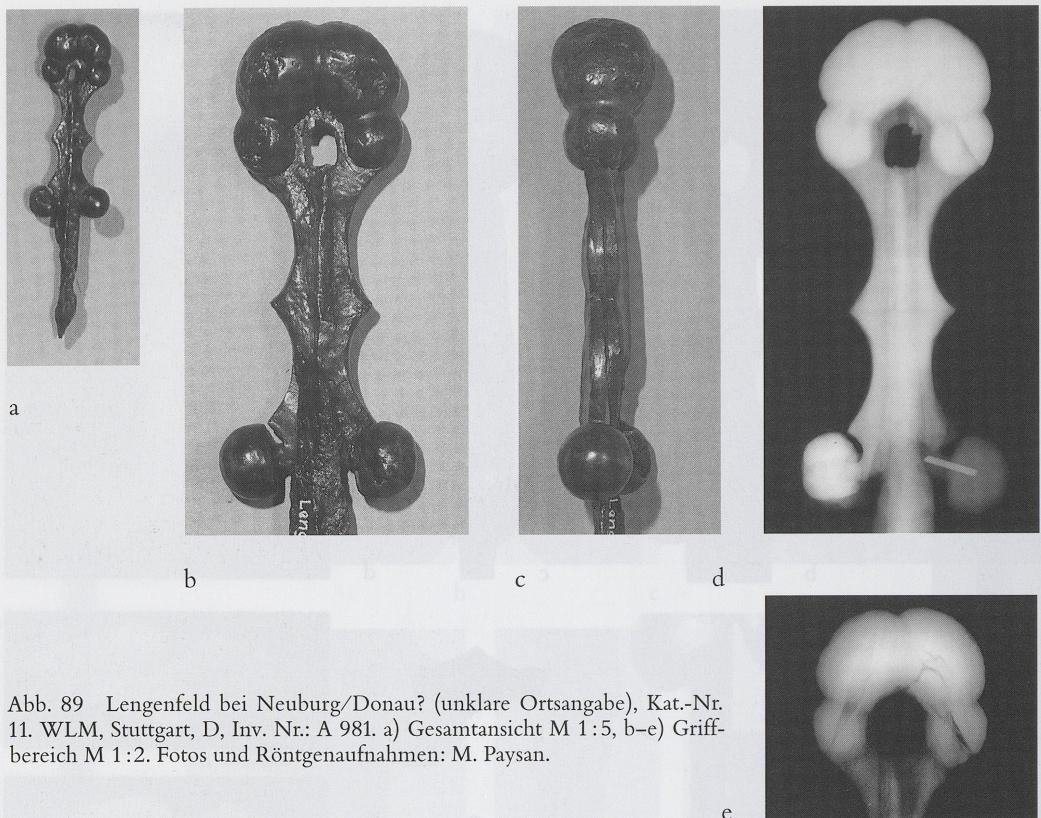


Abb. 89 Lengenfeld bei Neuburg/Donau? (unklare Ortsangabe), Kat.-Nr. 11. WLM, Stuttgart, D, Inv. Nr.: A 981. a) Gesamtansicht M 1:5, b-e) Griffbereich M 1:2. Fotos und Röntgenaufnahmen: M. Paysan.

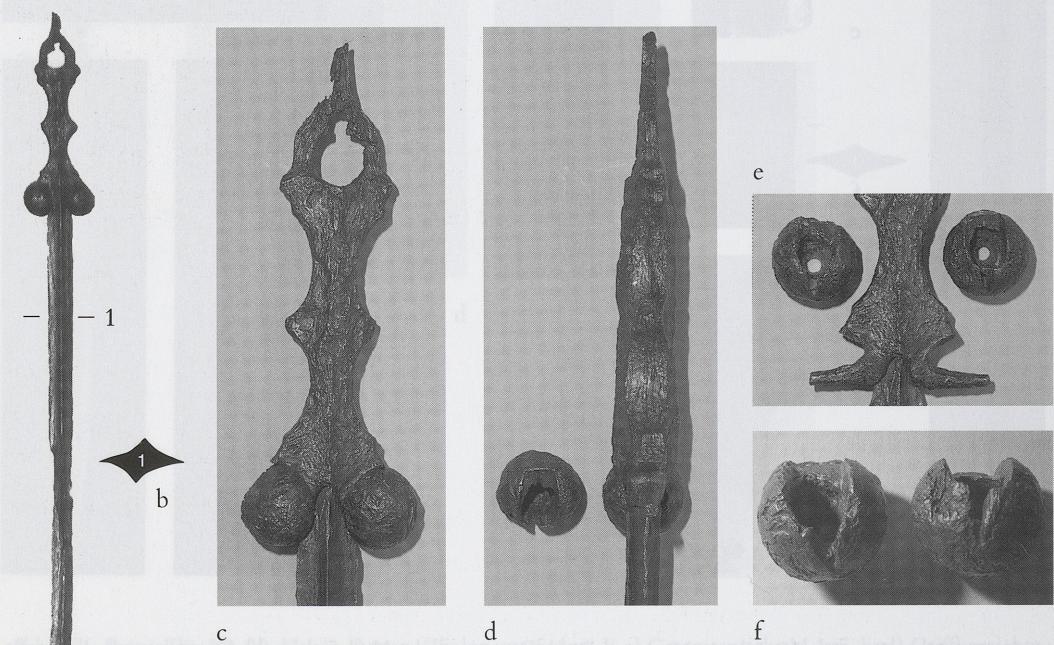


Abb. 90 Saint-Jean-de-Losne/Saône, Kat.-Nr. 22. Musée Denon, Chalon-sur-Saône, F. a) Gesamtansicht M 1:5, b-e) Profil, Griffbereich M 1:2, f) Heftknollen separat M 3:4. Fotos: M. Paysan.

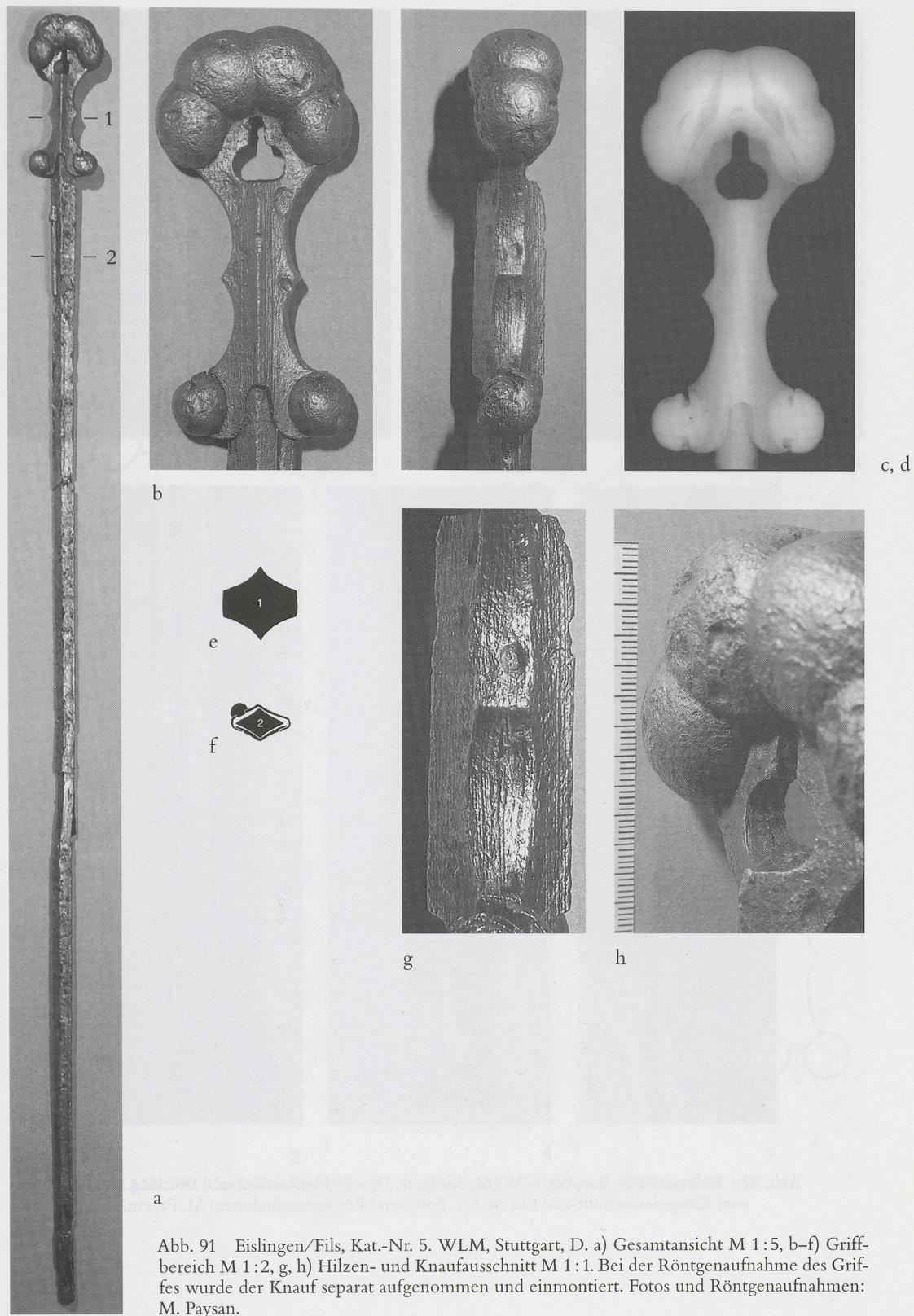


Abb. 91 Eislingen/Fils, Kat.-Nr. 5. WLM, Stuttgart, D. a) Gesamtansicht M 1:5, b-f) Griffbereich M 1:2, g, h) Hilzen- und Knaufausschnitt M 1:1. Bei der Röntgenaufnahme des Griffes wurde der Knauf separat aufgenommen und einmontiert. Fotos und Röntgenaufnahmen: M. Paysan.

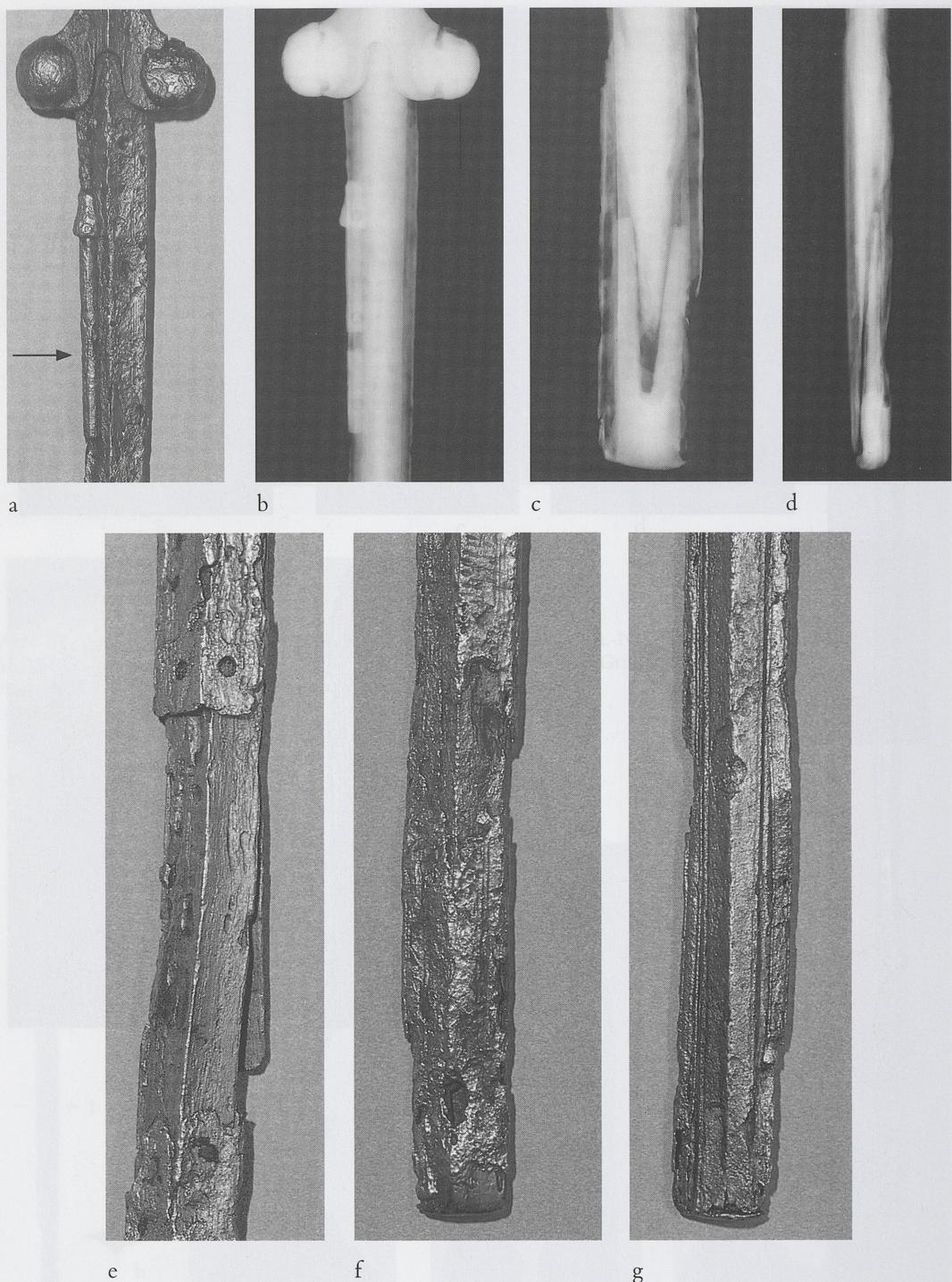


Abb. 92 Eislingen/Fils, Kat.-Nr. 5. WLM, Stuttgart, D. a, b) Heftknollen und Beschläg M 1:2, c-e) Klingenausschnitt und Ort M 1:1. Fotos und Röntgenaufnahmen: M. Paysan.

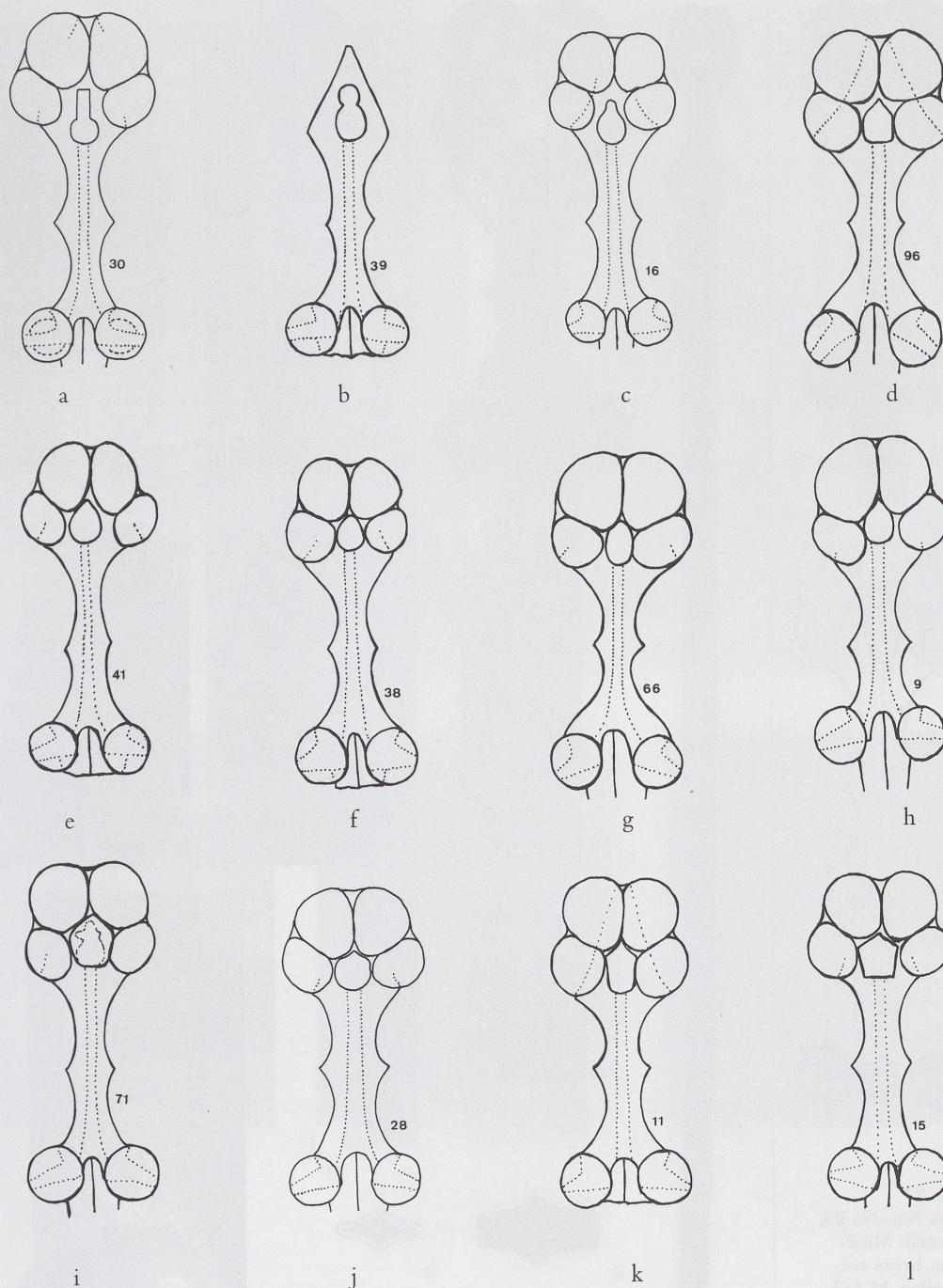
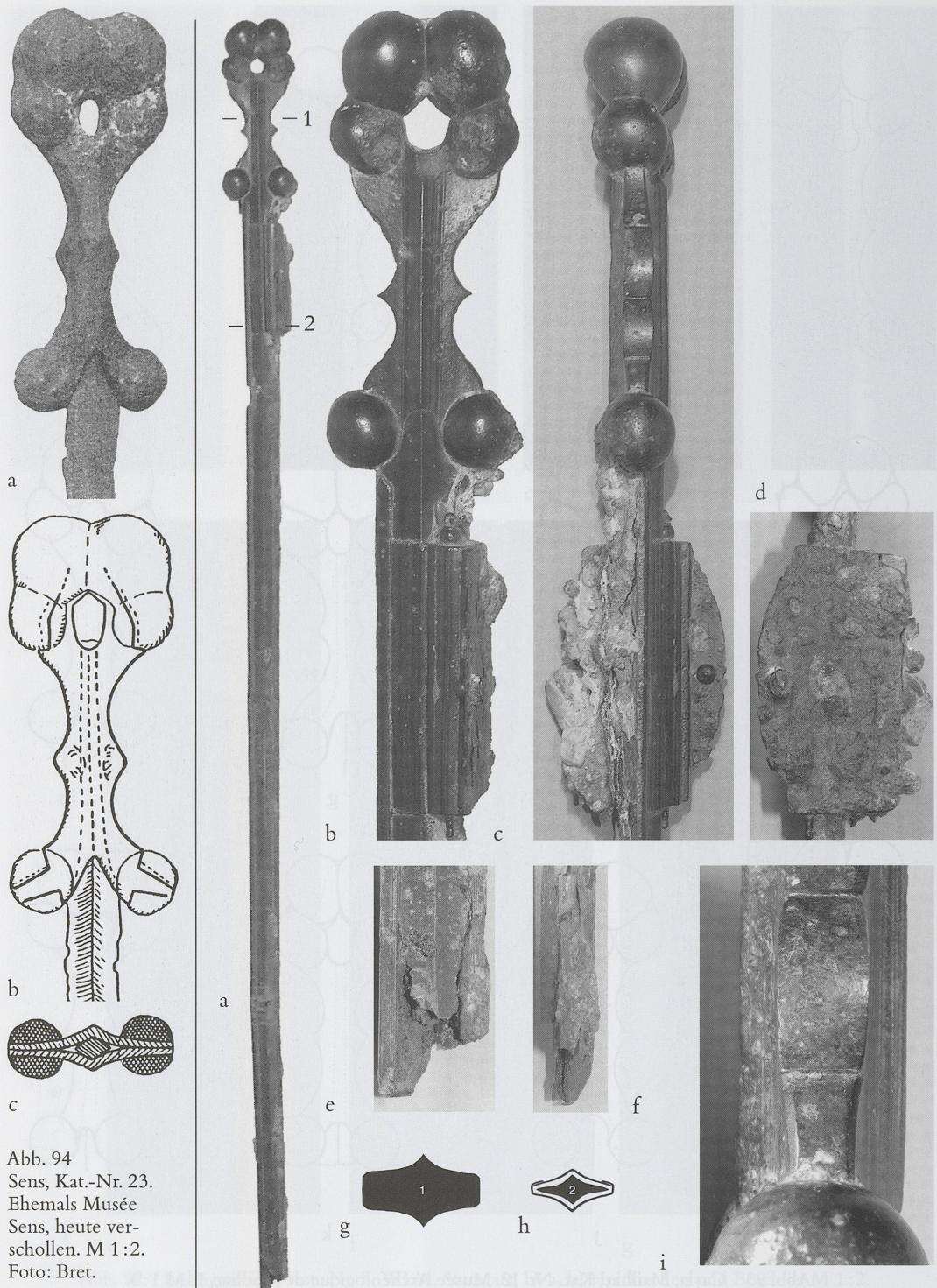
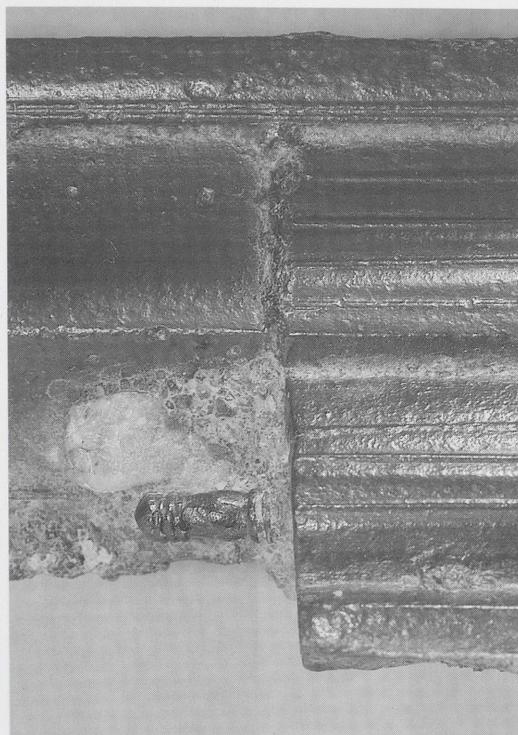


Abb. 93 Cayla, Mailhac, Kat.-Nr. 12. Musée Archéologique de Mailhac, F. M 1:3.

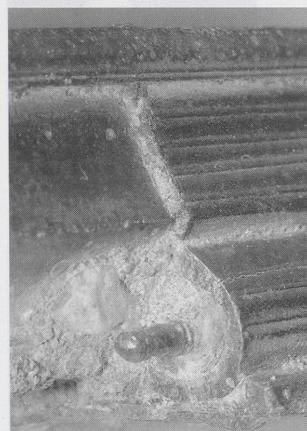




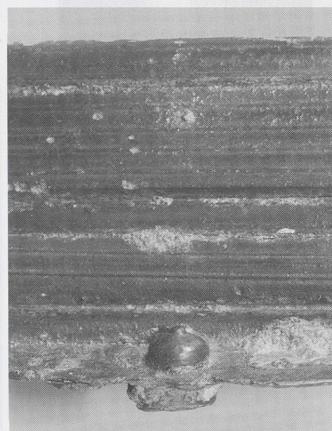
a



b



c



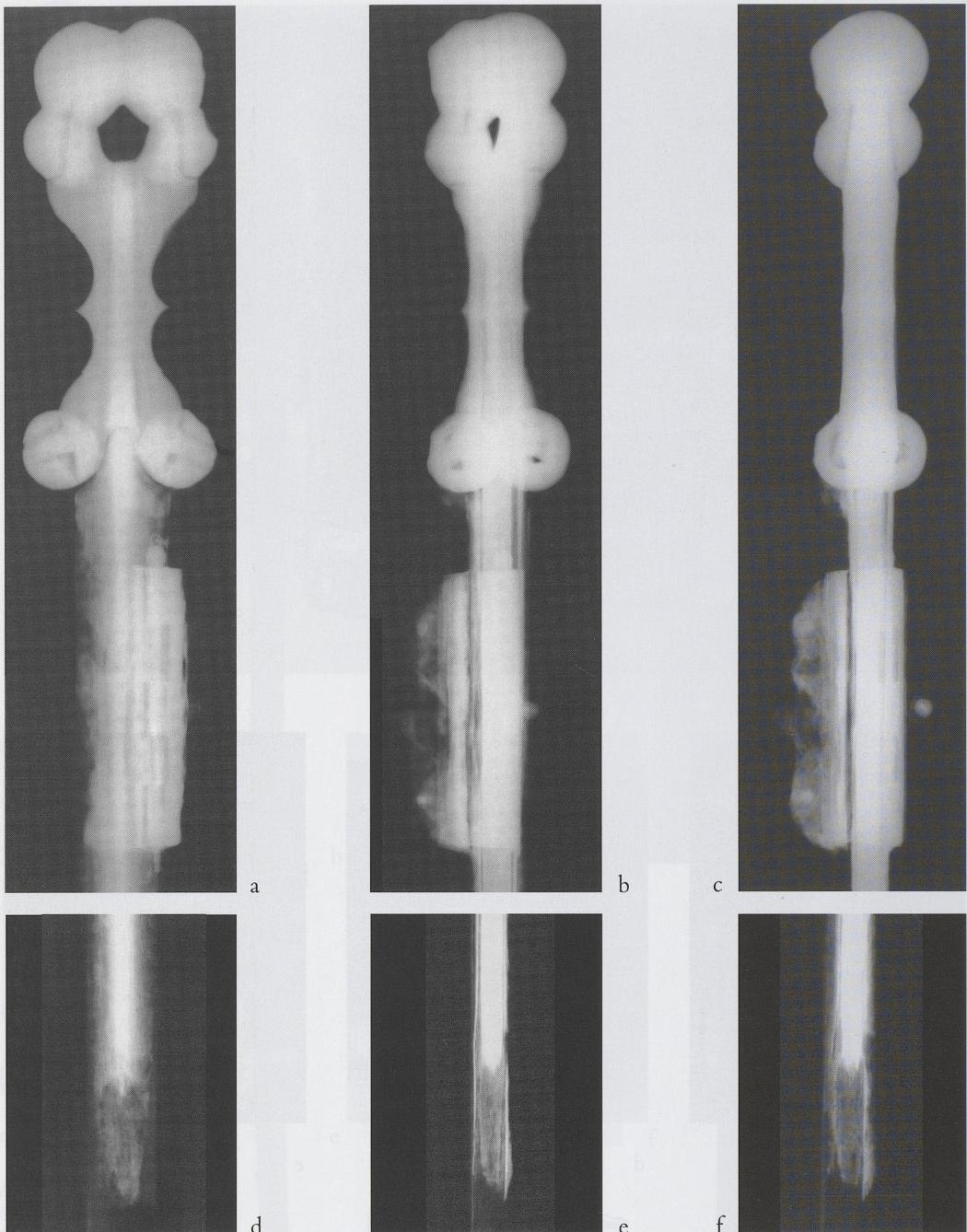
d



e

Abb. 96 Villefranche-sur-Saône, Kat.-Nr. 26. Coll. Palix, F.
Oben: M ca. 3 : 1, unten: M ca. 2 : 1. Fotos: M. Paysan.

Abb. 96 Villefranche-sur-Saône, Kat.-Nr. 26. Coll. Palix, F.
Oben: M ca. 3 : 1, unten: M ca. 2 : 1. Fotos: M. Paysan.



Sens. Dr. Abb. 97 Villefranche-sur-Saône, Kat.-Nr. 26. Coll. Palix, F. M 1:2. Röntgenaufnahmen: Dr. M. Billon, Dr. G. Duquesne, Dr. G. Termet; Cabinet de Radiologie. Foto: Dr. H.

Abb. 97. Villefranche-sur-Saône, Kat.-Nr. 26. Coll. Palix, F. M 1:2. a) Gesamtansicht M 1:5. b-d) Röntgenaufnahmen des Knochens mit sichtbaren Knochenmarkhöhlen (Scheideende) M 1:2. e-f) Hinterausschnitt M ca. 1:1. Fotos: M. Paysan.

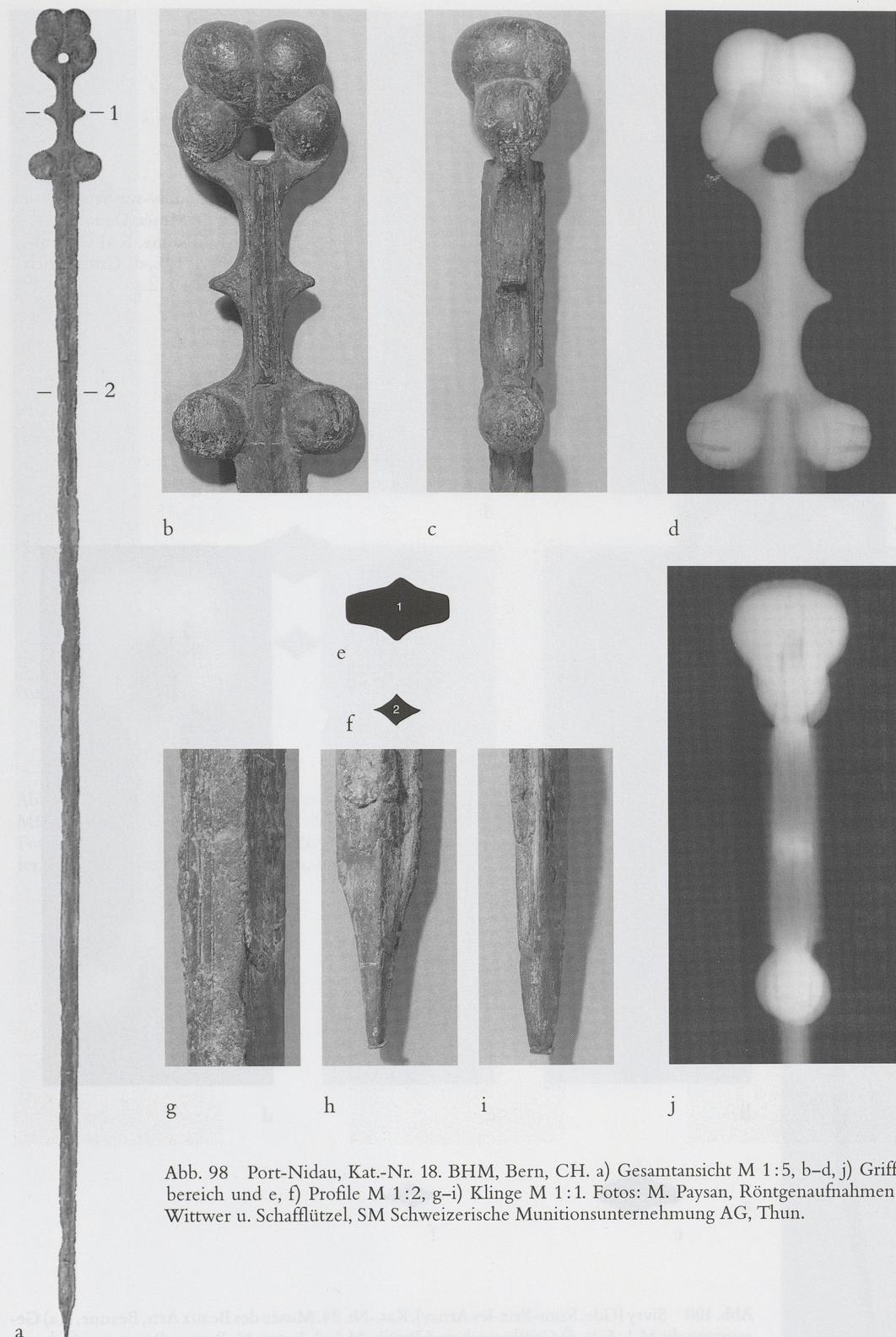


Abb. 98 Port-Nidau, Kat.-Nr. 18. BHM, Bern, CH. a) Gesamtansicht M 1:5, b-d, j) Griffbereich und e, f) Profile M 1:2, g-i) Klinge M 1:1. Fotos: M. Paysan, Röntgenaufnahmen: Wittwer u. Schafflützel, SM Schweizerische Munitionsunternehmung AG, Thun.

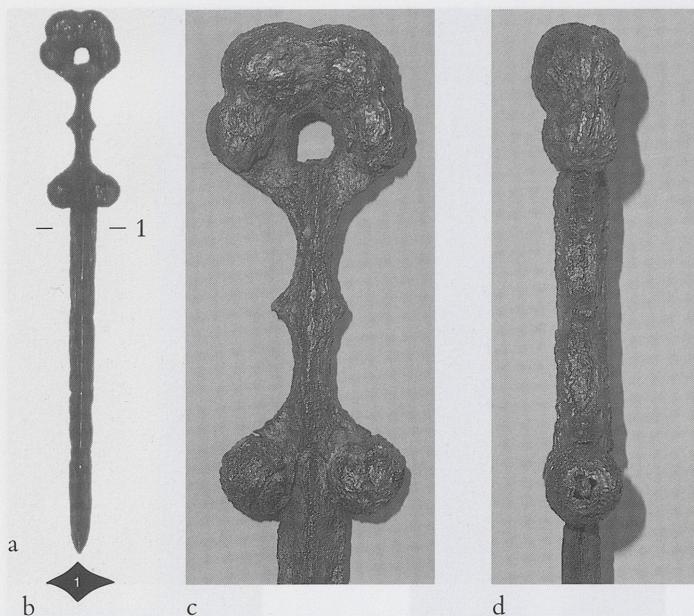


Abb. 99 Pouilly-sur-Saône, Kat.-Nr. 19. Musée Denon, Chalon-sur-Saône, F. a) Gesamtansicht M 1:5, b-d) Griffbereich und Profil M 1:2. Fotos: M. Paysan.

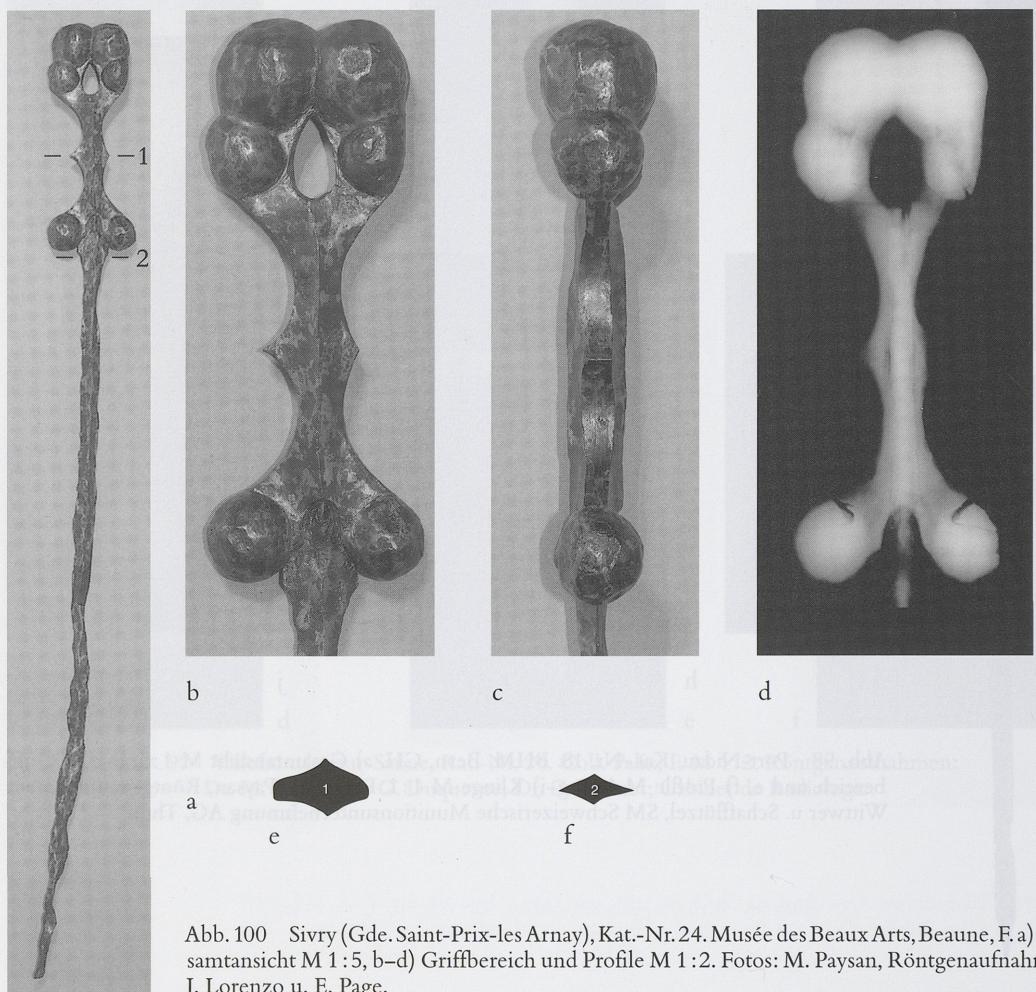


Abb. 100 Sivry (Gde. Saint-Prix-les Arnay), Kat.-Nr. 24. Musée des Beaux Arts, Beaune, F. a) Gesamtansicht M 1:5, b-d) Griffbereich und Profile M 1:2. Fotos: M. Paysan, Röntgenaufnahme: J. Lorenzo u. E. Page.

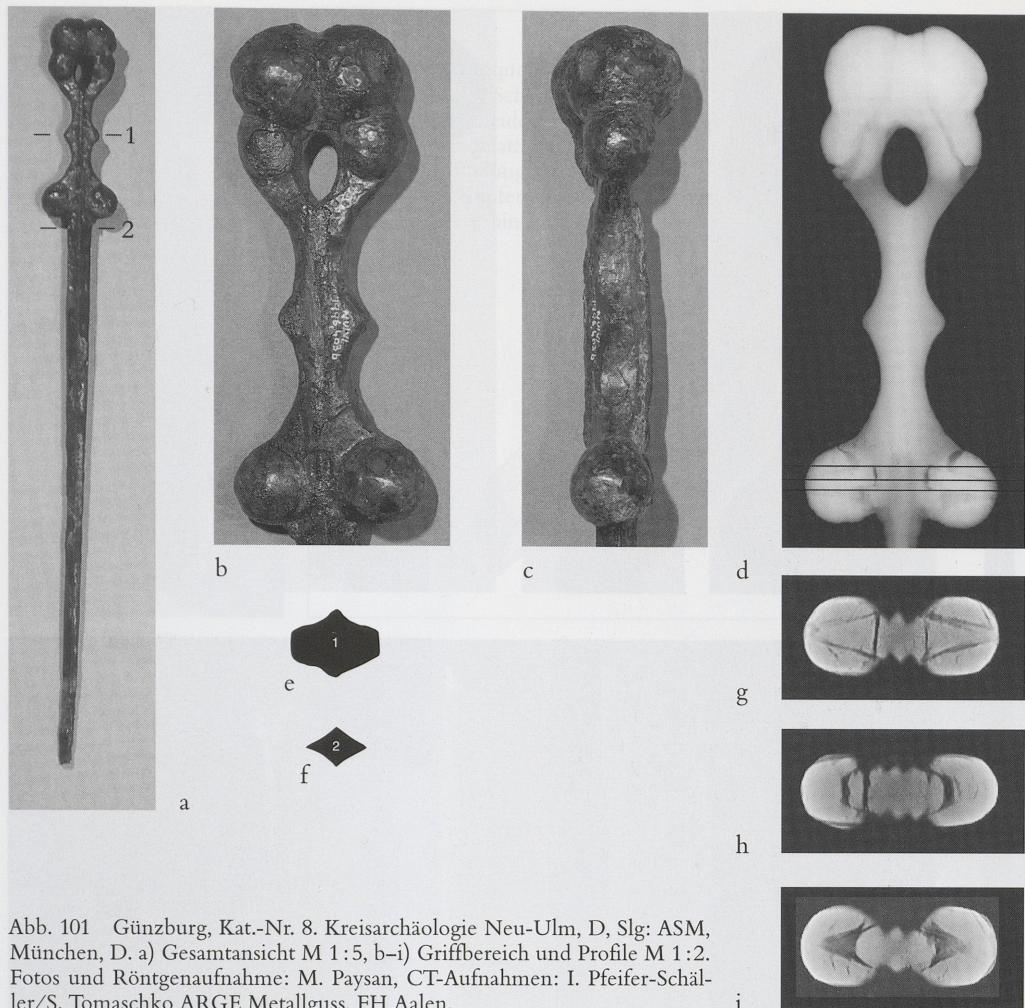


Abb. 101 Günzburg, Kat.-Nr. 8. Kreisarchäologie Neu-Ulm, D, Slg: ASM, München, D. a) Gesamtansicht M 1:5, b-i) Griffbereich und Profile M 1:2. Fotos und Röntgenaufnahme: M. Paysan, CT-Aufnahmen: I. Pfeifer-Schäller/S. Tomaschko ARGE Metallguss, FH Aalen.

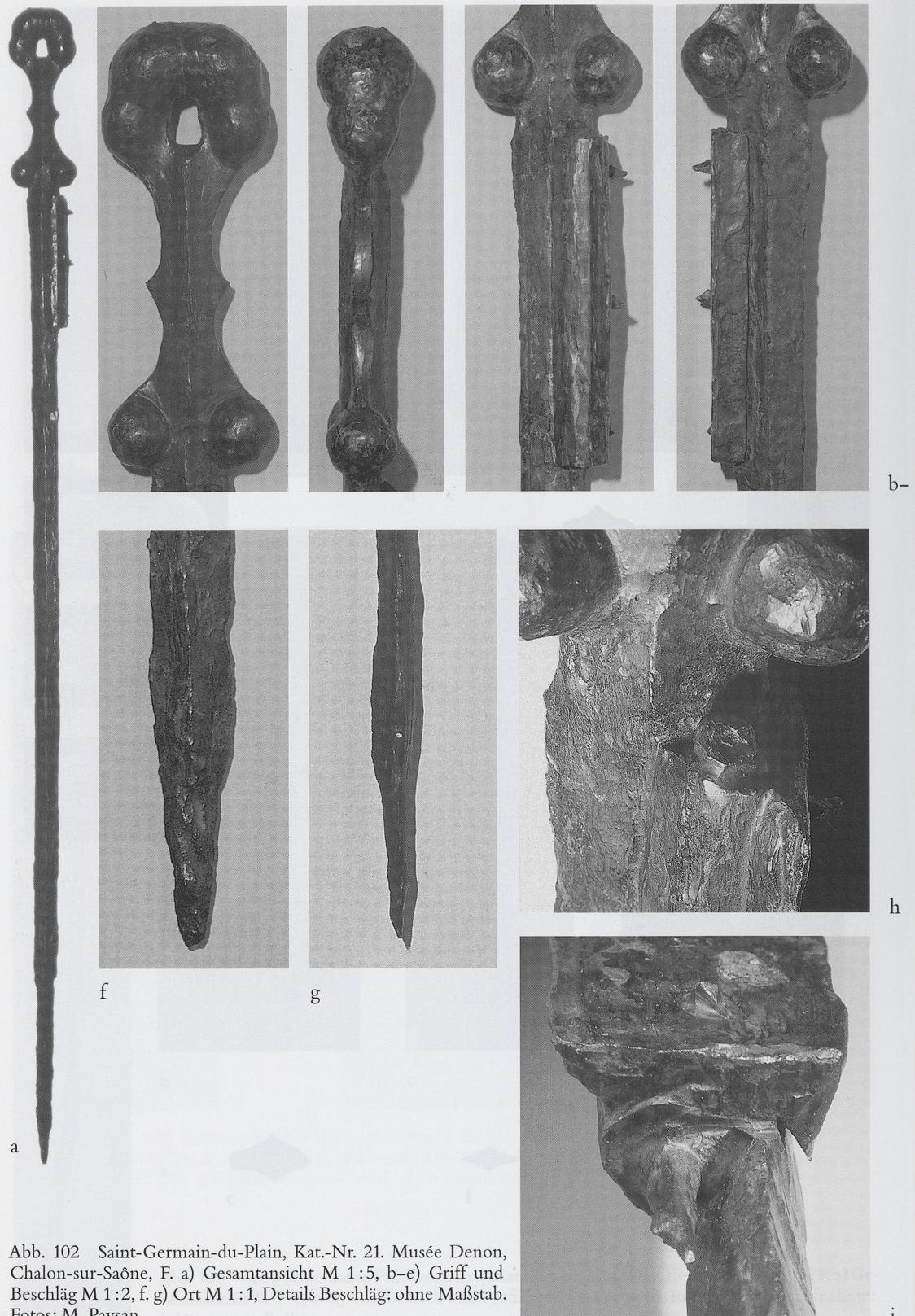
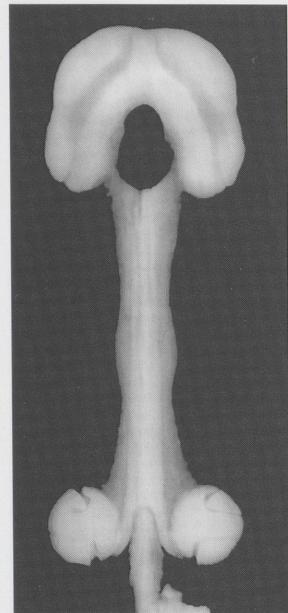
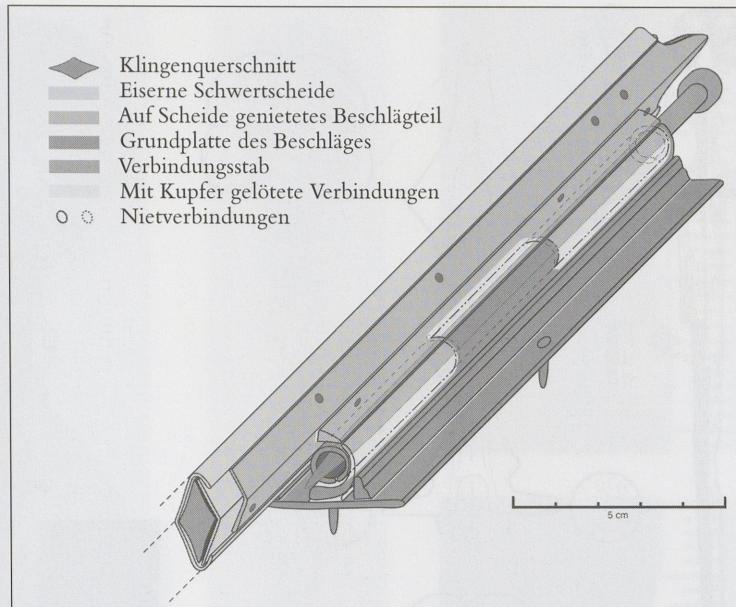


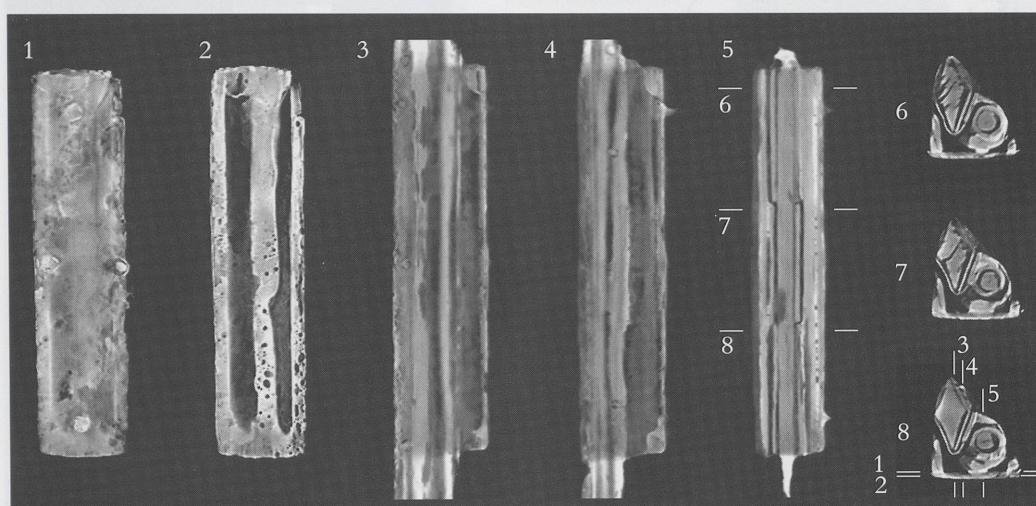
Abb. 102 Saint-Germain-du-Plain, Kat.-Nr. 21. Musée Denon, Chalon-sur-Saône, F. a) Gesamtansicht M 1:5, b-e) Griff und Beschläg M 1:2, f. g) Ort M 1:1, Details Beschläg: ohne Maßstab. Fotos: M. Paysan.



a



b



c

Abb. 103 Saint-Germain-du-Plain/Saône, Kat.-Nr. 21. Musée Denon, Chalon-sur-Saône, F. Ebene 1 u. 2 sind aus je 3 Schnitten zusammengesetzt, der Kontrast der Niete in Schnitt 3 u. 4 ist verstärkt dargestellt. CT-Schnitte und Röntgenfoto: I. Pfeifer-Schäller/S. Tomaschko ARGE Metallguss, FH Aalen. M 1:2, Zeichnung: M. Paysan, ohne Maßstab.

Abb. 106 Bei Vir/Sainte-Croix, Kat.-Nr. 28. Auf einer Platte aus Bronze mit einem aufgedrückten Abdruck des Kreuzes ist ein reich und Profile M 1:2, C. e) On a bronze plate with a stamped cross, a richly decorated profile M 1:2, C. e) is shown, which is probably from the hilt of the sword shown in Abb. 103. Drawing: M. Paysan.

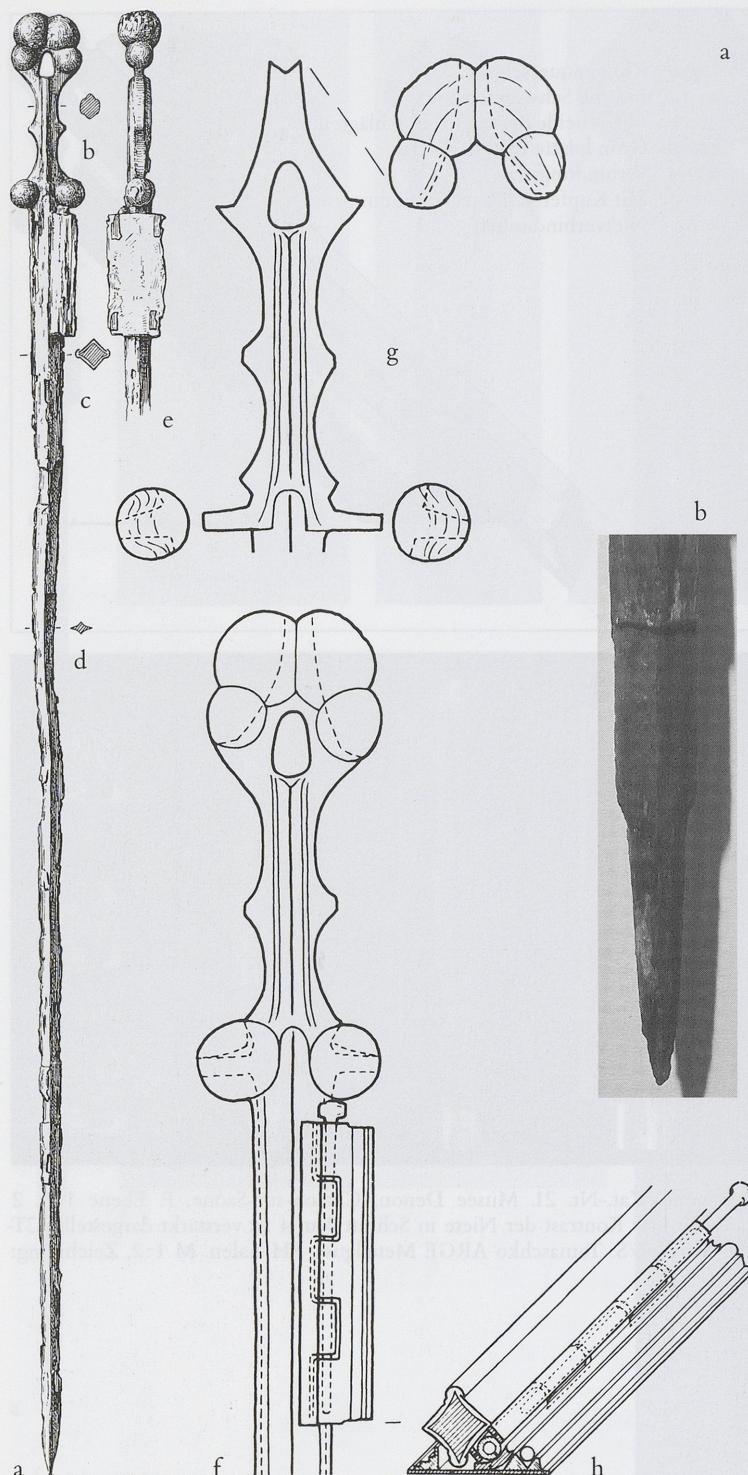


Abb. 104 Chiemsee, Kat.-Nr. 4. Museum im Heimathaus, Traunstein, D, Inv. Nr.: 1400. Gesamtansicht M 1:5, Griff und Beschläg M 1:2.

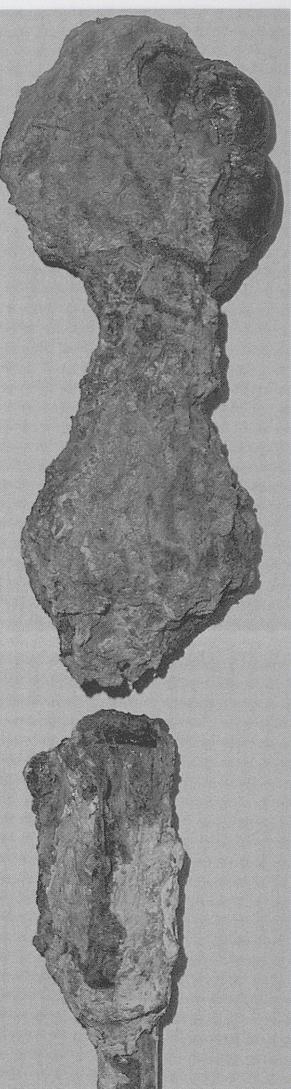


Abb. 105 (Fotos oben) Kochelsee, Kat.-Nr. 10. ASM, München, D. Erstabbildung mit frdl. Genehmigung von Dr. R. Gebhard, ASM. Griffbereich M 1:2, Ort (Klingen spitze) M 1:1. Fotos: M. Paysan.



Abb. 106 Bei Vix/Seine, Kat.-Nr. 28. Musée du Châtillon-sur-Seine, F. a) Gesamtansicht M 1:5, b-e) Griffbereich und Profile M 1:2, f, g) Ort (Klingenspitze) M 1:1, Klingendetails h, i) Abdruck von groben Schleifspuren, vermutlich von der Innenseite der Blechscheide, j) orig. Schliff auf der Klingenspitze M 2:1. Fotos: M. Paysan.



Abb. 107 Ohne Fundort, Kat.-Nr. 29. Historisches Museum St. Gallen, CH.
c) Gesamtansicht M 1:5, Griffbereich M 1:2. Fotos: M. Paysan, Röntgenaufnahmen: Eidgenössische Materialprüfungs- und Versuchsanstalt EMPA Dübendorf, CH (EMPA-Nr. 806955).

Abb. 108 (rechts) Elchingen-Oberelchingen, Kat.-Nr. 6. Privatbesitz, verschollen.
M ca. 1:2 (Aufnahme ohne Maßstab). Aufnahme: Ulmer Museum.

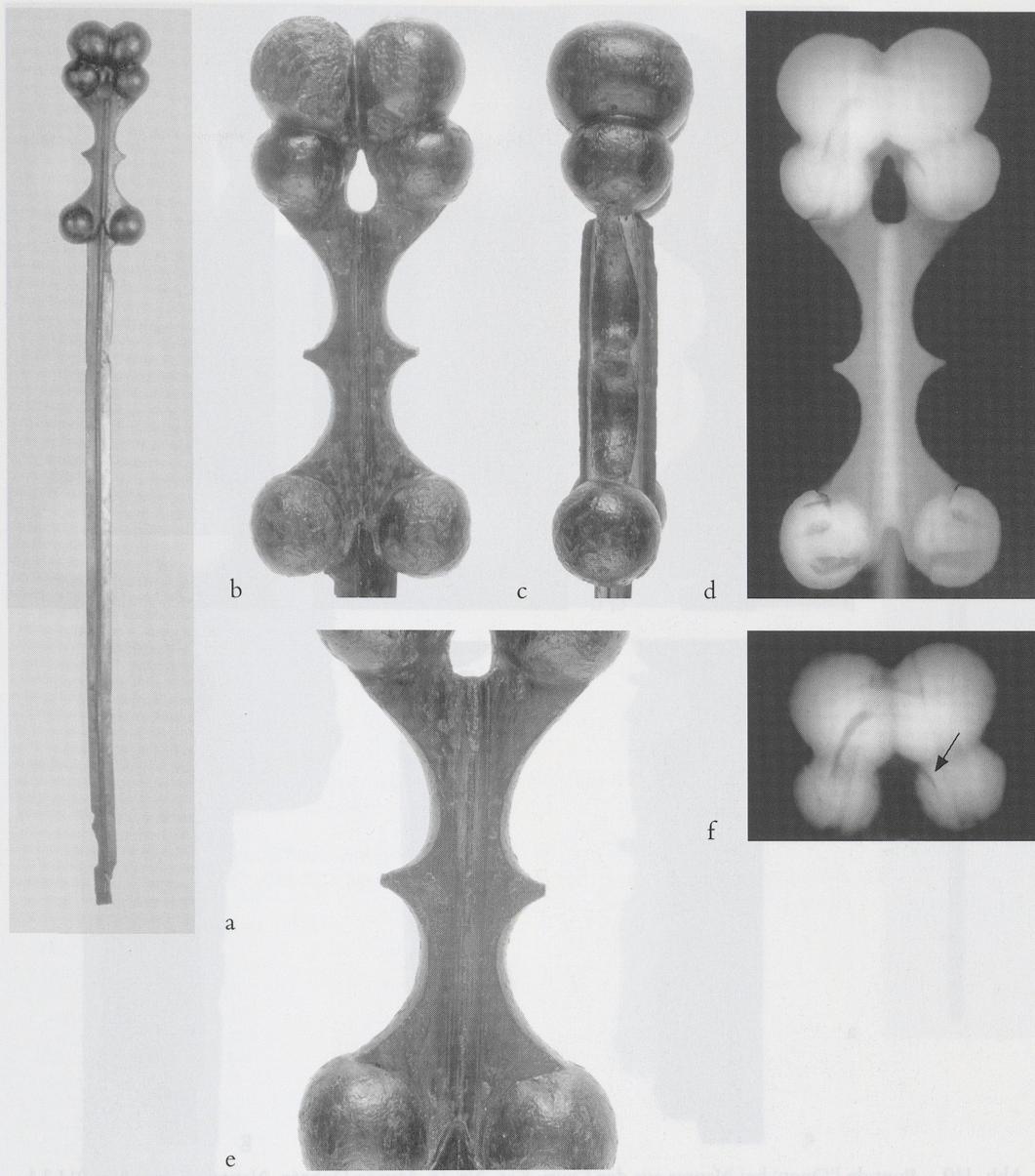


Abb. 109 Aus der Loire, Coll. Rochebrune, Kat.-Nr. 13. Musée Dobrée, Nantes. F. a) Gesamtansicht M 1:5, Griffbereich M 1:2, e) Mittelgriff M 3:4. Aufnahmen: Arc'Antique/J. G. Aubert.

b

Abb. 111 „Pont de l'Orme“ bei Nantes, aus dem 13. Jh. (Foto: Arc'Antique, Nantes). F. Ansicht (links) ohne Maßstab. Beobachtungen und Ausführungen des Verfassers, J. G. Aubert.

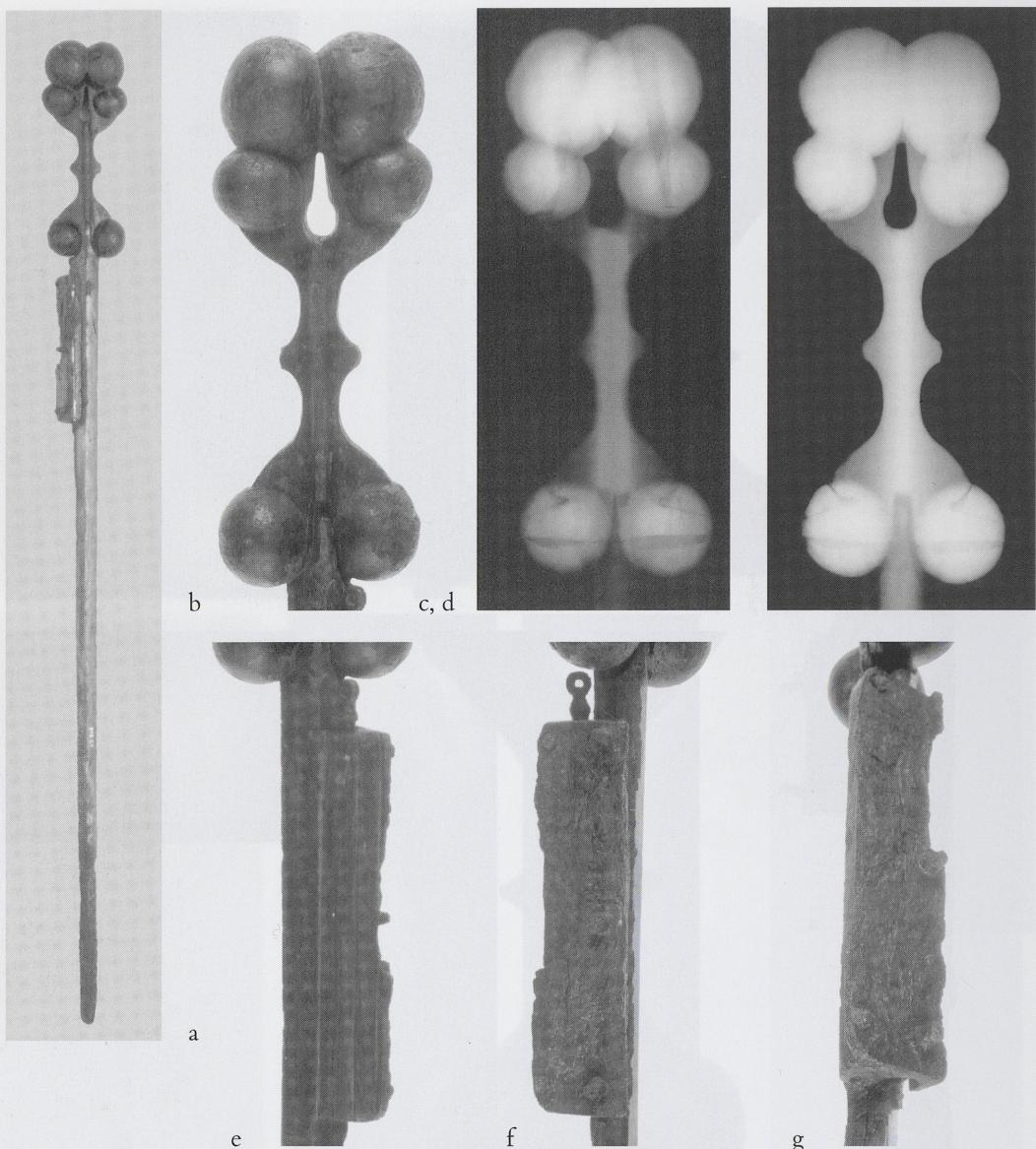


Abb. 110 „Pont de l'Ouen“ bei Nantes aus der Loire, Kat.-Nr. 15. Musée Dobrée, Nantes, F, Inv. Nr.: 913.3.1.
 a) Gesamtansicht M 1:5, b-g) Griff und Beschläg M 1:2. Aufnahmen: Arc'Antique/J. G. Aubert.

„Pont de l'Ouen“ bei Nantes aus der Loire, Kat.-Nr. 6. Privatbesitz, verschollen.
 Maßstab 1:2 (Aufnahme ohne Maßstab). Aufnahme: Ulmer Museum.

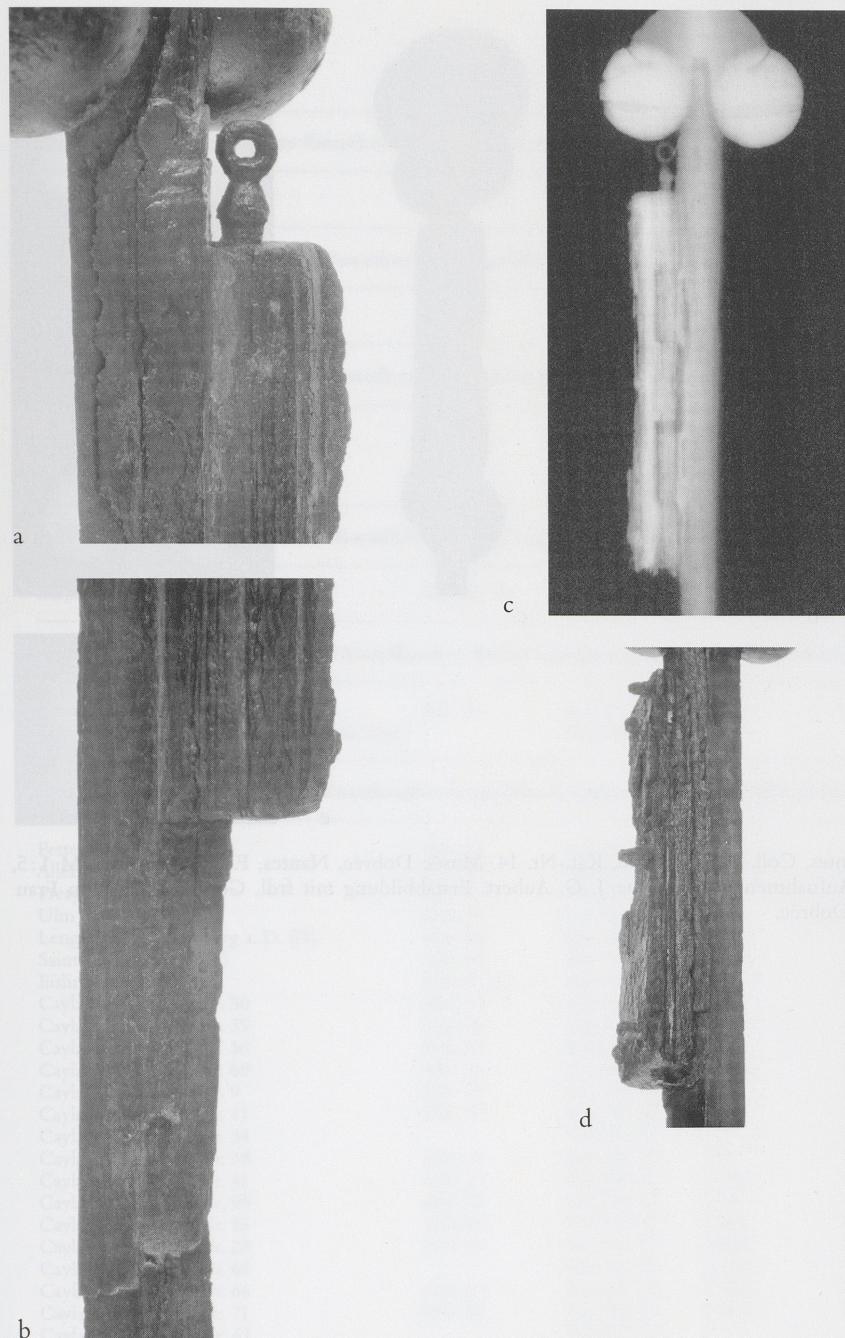


Abb. 111 „Pont de l'Ouen“ bei Nantes aus der Loire, Kat.-Nr. 15. Musée Dobrée, Nantes, F. Ausschnitte (links) ohne Maßstab, Beschläg (rechts) M 1:2. Aufnahmen: Arc'Antique/J. G. Aubert.

Story (Gt.)
Sauer-Pfeiffer (A)
Günzburg (D)
Sauer-Germann (du Plan) (D)
Chemnitz (D)
Kochel (D)
Bei Vix (F)
Cluny (P)
Hirn (M)
St. Gallen (S)
Eichingen-Oberkirch (D)
Aus der Loire, Coll. Reich (D)
Pont de l'Ouen bei Nantes (F)
Bei Nantes (F)

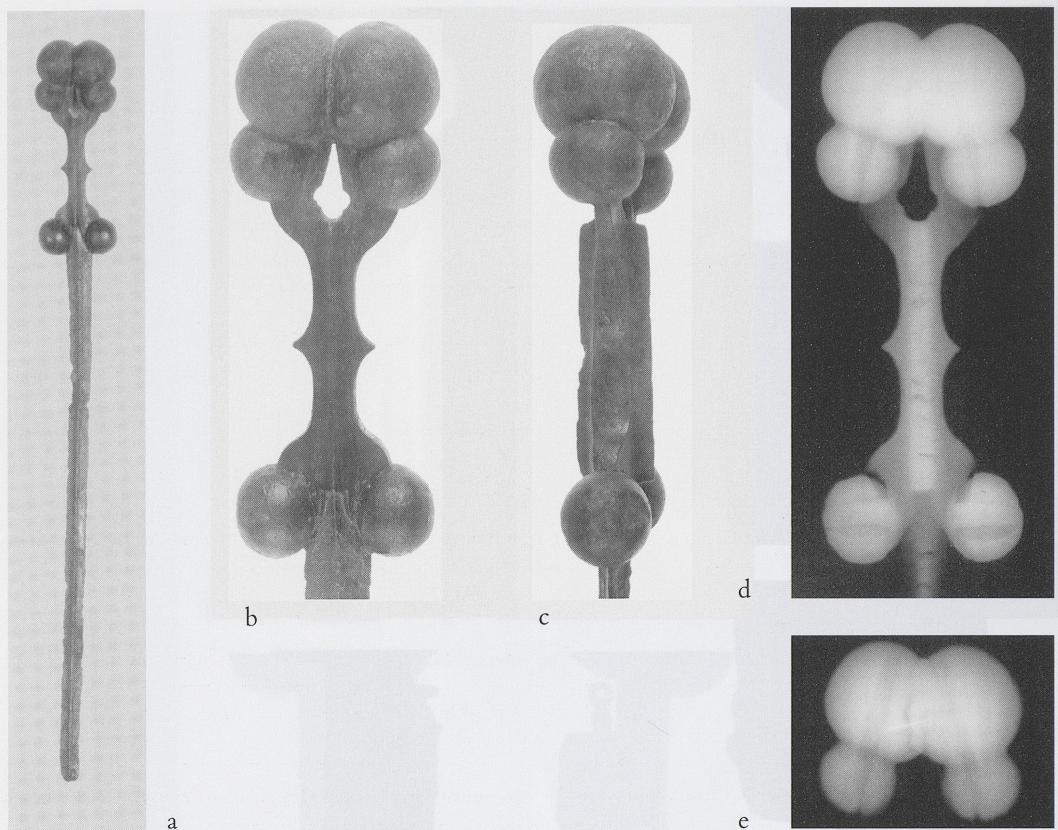


Abb. 112. Region Nantes, Coll. Ph. Routhiau, Kat.-Nr. 14. Musée Dobrée, Nantes, F. Gesamtansicht M 1:5, Griffbereich M 1:2. Aufnahmen: Arc'Antique/J. G. Aubert. Erstabbildung mit frdl. Genehmigung von Frau M. H. Santrot, Musée Dobrée.

Abb. 113. Pointe à l'ivoire de Nantes sur la Loire, Kat.-Nr. 15. Musée Dobrée, Nantes, F. Gesamtansicht M 1:5, Griffbereich M 1:2, (b-g) Griff und Beschläg M 1:2. Aufnahmen: Arc'Antique/J. G. Aubert.

Abb. 114. Pointe à l'ivoire de Nantes sur la Loire, Kat.-Nr. 15, Musée Dobrée, Nantes, F. Griffbereich (links) und Griffbereich (rechts) M 1:2, Griff und Beschläg M 1:2. Aufnahmen: Arc'Antique/J. G. Aubert.

Fundort	Abbildung	Kat.-Nr.	Separate Parier- und Knauf- stange	Heft- und Knauf- befestigung in Hilze integriert	Knauf- knollen einzeln hergestellt	Einteiliger Knauf	Knaufösenform (s. Anhang 2)	Scheide weitgehend oder teilweise erhalten	Form der Schwertspitze (Ort) (s. Anhang 2)
Typ I: Vier einzeln gefertigte Knaufknollen, bogenförmig angeordnet, vier Knaufzapfen, separat gefertigte Heft- und Knaufstangen, viereckige Mittelerweiterung der Hilze									
Juac (F)	Abb. 77	Kat.-Nr. 9	X		X		Begrenzt durch Knaufstange und einzeln gefertigte mittlere Knaufknollen		Langgezogener Übergang, Schneiden konvex
Typ II a: Vier einzeln gefertigte Knaufknollen, bogenförmig angeordnet, vier Knaufzapfen, Heft- und Knaufknollenbefestigung in Hilze integriert, viereckige Mittelerweiterung der Hilze									
Néau (F)	Abb. 78	Kat.-Nr. 16		X	X				Langgezogener Übergang, Schneiden konvex
Typ II b: Vier einzeln gefertigte Knaufknollen, flach bogenförmig angeordnet, vier Knaufzapfen in Hilze integriert, zipfelige Mittelerweiterung der Hilze									
Bei Chalon-sur-Saône (F) Villeneuve-sur-Yonne (F) Allériot/Saône (F), schmal	Abb. 79 Abb. 80 Abb. 81	Kat.-Nr. 3 Kat.-Nr. 27 Kat.-Nr. 1a	X X X	X X X?	X X ?		Begrenzt durch verlängerten Spalt zwischen den mittleren Befestigungsdornen und den einzeln gefertigten mittleren Knaufknollen		Spitzbogenförmig/dreieckig? Langgezogener Übergang Langgezogen spitzbogenförmig
Typ III a: Einteiliger Knauf, vier Knaufknollen flach bogenförmig angeordnet, zwei Knaufzapfen in Hilze integriert, zipfelige Mittelerweiterung der Hilze									
Cannes-Écluse (F)	Abb. 82/83	Kat.-Nr. 2		X		X	Begrenzung durch verlängerten Spalt zwischen den Befestigungsdornen und die mittleren Knaufknollen des einteiligen Knaufes	X mit Ort	Überg. konvex, konkav. Schneiden gerade, Spitze scharf
Typ III b: Einteiliger Knauf, zwei Knaufknollen flach bogenförmig angeordnet, zwei Knaufzapfen durch Steg miteinander verbunden, dadurch Knauföse geschlossen, zipfelige Mittelerweiterung der Hilze									
Germond (F) Germond (F): 2 Exemplare verschollen, Typ?	Abb. 84	Kat.-Nr. 7 Kat.-Nr. 7		X	?	X	Rundlich, durch Steg vom Spalt zw. den Befestigungsdornen getrennt Ohne verwertbare Zeichnung verschollen (HENRY 1933, 112).		
Typ IV: Einteiliger Knauf, vier Knaufknollen bogenförmig angeordnet, Hilze endet als Knaufzunge, Knauföse geschlossen, zipfelige Mittelerweiterung der Hilze, Knauf flach bis stark bogenförmig angeordnet									
Pettendorf-Kneiting (D) Allériot (F), breit	Abb. 85 Abb. 86	Kat.-Nr. 17 Kat.-Nr. 1	X		X		Rund bis tropfenförmig, an mittlere Knaufkerbe angepasst Queroval mit kurzer knaufseitiger Erweiterung; Knauf stark gebogen, äußere Knollen schräg unterhalb der beiden mittleren Knollen angeordnet	X X	Überg. konvex. Schneiden gerade
Préty (F) Ulm (D)	Abb. 87 Abb. 88	Kat.-Nr. 20 Kat.-Nr. 25	X		X		Rund mit kurzer knaufseitiger Erweiterung	X X	Langgezogener Übergang, Schneiden konvex Langgezogen spitzbogenförmig?
Lengenfeld bei Neuburg a. D. (D)	Abb. 89	Kat.-Nr. 11	X		X				
Saint-Jean-de Losne (F)	Abb. 90	Kat.-Nr. 22	X		X				
Eislingen/Fils (D)	Abb. 91/92	Kat.-Nr. 5	X		X		Schlüssellochförmig	X mit Ort	Überg. konvex/konkav. Schneiden gerade, Spitze rund
Cayla, Mailhac (F), Nr. 30	Abb. 93	Kat. Nr. 12	X		X			X	
Cayla, Mailhac (F), Nr. 39	Abb. 93	Kat. Nr. 12	X		X		Achtförmig oder schlüssellochförmig	vermutlich	
Cayla, Mailhac (F), Nr. 16	Abb. 93	Kat. Nr. 12	X		X		Übergang tropfenförmig bis schlüssellochförmig	X	
Cayla, Mailhac (F), Nr. 69	Abb. 93	Kat. Nr. 12	X		X			X	
Cayla, Mailhac (F), Nr. 9	Abb. 93	Kat. Nr. 12	X		X			vermutlich	
Cayla, Mailhac (F), Nr. 11	Abb. 93	Kat. Nr. 12	X		X			vermutlich	
Cayla, Mailhac (F), Nr. 34	Abb. 93	Kat. Nr. 12	X		X			vermutlich	
Cayla, Mailhac (F), Nr. 38	Abb. 93	Kat. Nr. 12	X		X		Kreisrund bis tropfenförmig, an mittlere Knaufkerbe angepasst	vermutlich	
Cayla, Mailhac (F), Nr. 41	Abb. 93	Kat. Nr. 12	X		X			vermutlich	
Cayla, Mailhac (F), Nr. 96	Abb. 93	Kat. Nr. 12	X		X			vermutlich	
Cayla, Mailhac (F), Nr. 15	Abb. 93	Kat. Nr. 12	X		X			X	
Cayla, Mailhac (F), Nr. 28	Abb. 93	Kat. Nr. 12	X		X			X	
Cayla, Mailhac (F), Nr. 65	Abb. 93	Kat. Nr. 12	X		X		Rundlich, an alle drei Knaufkerben angepasst bis fünfeckig	X	
Cayla, Mailhac (F), Nr. 66	Abb. 93	Kat. Nr. 12	X		X			X	
Cayla, Mailhac (F), Nr. 71	Abb. 93	Kat. Nr. 12	X		X			vermutlich	
Cayla, Mailhac (F), Nr. 42	Abb. 93	Kat. Nr. 12	X		X		Ohne erhaltene Knaufpartie	X?	
Sens (F)	Abb. 94	Kat.-Nr. 23	X		X				
Villefranche-sur-Saône (F)	Abb. 95-97	Kat.-Nr. 26	X		X		An alle drei Knaufkerben angepasst unten rund	X mit Ort	
Port-Nidau (CH)	Abb. 98	Kat.-Nr. 18	X		X			X	Übergang geknickt, Schneiden konkav
Pouilly-sur-Saône (F)	Abb. 99	Kat.-Nr. 19	X		X		Rundlich, an Knauf anliegend		Spitzbogenförmig
Sivry (Gde. Saint-Prix-les Arnay) (F)	Abb. 100	Kat.-Nr. 24	Heftzapfen separat gefertigt		X		Tropfenförmig		
Günzburg (D)	Abb. 101	Kat.-Nr. 8	X		X		Mandelförmig		
Saint-Germain-du-Plain (F)	Abb. 102/103	Kat.-Nr. 21	X		X		Birnenförmig	X	Überg. konvex/konkav. Schneiden gerade, Spitze scharf
Chiemsee (D)	Abb. 104	Kat.-Nr. 4	X		X			X	Überg. konvex/Schneiden gerade
Kochelsee (D)	Abb. 105	Kat.-Nr. 10	X		X?		?	X	Überg. konvex/konkav. Schneiden gerade, Spitze rund
Bei Vix (F)	Abb. 106	Kat.-Nr. 28	X		X?		Dreieckig mit eingezogener Unterseite		Übergang geknickt, Schneiden konkav
Ohne FO, Hist. Mus. St. Gallen (CH)	Abb. 107	Kat.-Nr. 29	Heft- u. Knaufbefestigung aus der Griffzunge gearbeitet		X		2 runde Löcher übereinander, durch schmale Schnitt verbunden		
Elchingen-Oberelchingen (D)	Abb. 108	Kat.-Nr. 6	X		X?		Doppelkreuzförmig	X	
Aus der Loire, Coll. Rochebrune (F)	Abb. 109	Kat.-Nr. 13	X		X		Rundlich mit keilförmiger knaufseitiger Erweiterung		
Pont de l'Ouen' bei Nantes/Loire (F)	Abb. 110/111	Kat.-Nr. 15	X		X		Rundlich mit langer keilförmiger knaufseitiger Erweiterung	X	
Region Nantes, Coll. Ph. Routhiau (F)	Abb. 112	Kat.-Nr. 14	X		X		Vierpass, ein Bogen durch eine lange keilförmige knaufs. Erw. ersetzt		

Anhang 3: Tabelle 3 Maße der untersuchten Knollenknaufschwerter

Fundort	Abbildung	Kat.-Nr.	Ursprüngl. Gesamtlänge in cm	Grifflänge in cm	Breite am Knauf in cm	Breite am Heft in cm	Länge des Griffbereiches (Abst. zw. Heft- u. Knaufknoten)	Gewicht in g	Abstand zwischen Handmitte und Schwerpunkt des Schwertes in cm	Maximale Klingenbreite in cm	Maximale Klingendicke in cm	Verhältnis Klingendicke/ Klingenbreite	Verhältnis Abstand zw. Heftknoten/ Klingenbreite	Art des Beschläges; Länge ohne Stift in cm	
Typ I: Vier einzeln gefertigte Knaufknollen, bogenförmig angeordnet, vier Knaufzapfen, separat gefertigte Heft- und Knaufstangen, viereckige Mittelerweiterung der Hilze															
Juac (F)	Abb. 77	Kat.-Nr. 9	86,5	ca. 15	7,2	6,5	ca. 9–10	800		2,6	0,7	1 : 3,7	ca. 1		
Typ II a: Vier einzeln gefertigte Knaufknollen, bogenförmig angeordnet, vier Knaufzapfen, Heft- und Knaufknotenbefestigung in Hilze integriert, viereckige Mittelerweiterung der Hilze															
Néau (F)	Abb. 78	Kat.-Nr. 16	86/87	ca. 15 ?	ca. 7,8	ca. 7,7	ca. 8			ca. 2,7	?	?	ca. 1		
Typ II b: Vier einzeln gefertigte Knaufknollen, flach bogenförmig angeordnet, vier Knaufzapfen in Hilze integriert, zipelige Mittelerweiterung der Hilze															
Bei Chalon-sur-Saône (F)	Abb. 79	Kat.-Nr. 3	85,7	14	6,3	6,4	9	812	ca. 19	2,6	0,8	1 : 3,3	ca. 1		
Villeneuve-sur-Yonne (F)	Abb. 80	Kat.-Nr. 27	86	ca. 15 ?					?	3,0	0,8	1 : 3,75	0,9		
Allériot/Saône (F), schmal	Abb. 81	Kat.-Nr. 1a	88	ca. 13,3					?			ca. 1 : 4	ca. 1,1		
Typ III a: Einteiliger Knauf, vier Knaufknollen flach bogenförmig angeordnet, zwei Knaufzapfen in Hilze integriert, zipelige Mittelerweiterung der Hilze															
Cannes-Écluse (F)	Abb. 82/83	Kat.-Nr. 2	89,7	12,8	5,7	4,7	7,1		ca. 19	ca. 1,9	0,8	1 : 2,4	0,8	starres B.; 5,4	
Typ III b: Einteiliger Knauf, zwei Knaufknollen flach bogenförmig angeordnet, zwei Knaufzapfen durch Steg miteinander verbunden, dadurch Knauföse geschlossen, zipelige Mittelerweiterung der Hilze															
Germond (F)	Abb. 84	Kat.-Nr. 7	> 61,6	14,5	5,9		ca. 8–9		-	2,2	0,5	1 : 4,4	0,4–0,5		
Germond (F): 2 Exemplare verschollen, Typ?		Kat.-Nr. 7													
Typ IV: Einteiliger Knauf, vier Knaufknollen bogenförmig angeordnet, Hilze endet als Knaufzunge, Knauföse geschlossen, zipelige Mittelerweiterung der Hilze, Knauf flach bis stark bogenförmig angeordnet															
Pettendorf-Kneiting (D)	Abb. 85	Kat.-Nr. 17	82,7	12,5	5,9	4,6	ca. 7–7,5	530		2,1	0,6	1 : 3,5	0,7		
Allériot (F), breit	Abb. 86	Kat.-Nr. 1b	>? 71,6	ca. 14	ca. 5,6	ca. 5	ca. 7,5–8		ca. 2,5	ca. 1,1	ca. 1 : 2,3	ca. 0,7			
Préty (F)	Abb. 87	Kat.-Nr. 20	91,5	15,1	5,3	7	8,2	1022	ca. 15	2,8	0,9	1 : 3,1	ca. 0,7		
Ulm (D)	Abb. 88	Kat.-Nr. 25	96	13,8	5,1	5,3	7	878	ca. 17	2,3	1,1	1 : 1,2	0,47	starres B.; 5	
Lengenfeld bei Neuburg a. D. (D),	Abb. 89	Kat.-Nr. 11	> 21,1	12,8	4,7	urspr. ca. 5,6	7	310		1,7	> 0,6	< 1 : 3,3	?		
Saint-Jean de Losne (F)	Abb. 90	Kat.-Nr. 22	> 45,7	13,5		4,7	7,5			1,7	0,9	1 : 1,9	0,5		
Eislingen/Fils (D)	Abb. 91/92	Kat.-Nr. 5	105	13,3	6,2	5,7	6,7	1182		ca. 1,6	ca. 1,1	ca. 1 : 1,5	ca. 1,1	starres B.; < 5,9	
Cayla, Mailhac (F), Nr. 30	Abb. 93	Kat. Nr. 12	> 53	15					2,0	0,6?	1 : 3,3?	ca. 0,5?	starres B.; 5		
Cayla, Mailhac (F), Nr. 39	Abb. 93	Kat. Nr. 12	> 13,5	13,5					?	?	?	?			
Cayla, Mailhac (F), Nr. 16	Abb. 93	Kat. Nr. 12	> 29	14					?	1	?	ca. 0,7	starres B.; 5,5		
Cayla, Mailhac (F), Nr. 69	Abb. 93	Kat. Nr. 12	> 15,8	15					2,0	1,5	1 : 1,3	?	starres B.; 7,5		
Cayla, Mailhac (F), Nr. 9	Abb. 93	Kat. Nr. 12	> 32	14					2,1	1,2	1 : 1,75	ca. 0,4			
Cayla, Mailhac (F), Nr. 11	Abb. 93	Kat. Nr. 12	> 15	15					?	?	?	?			
Cayla, Mailhac (F), Nr. 34	Abb. 93	Kat. Nr. 12	?	15					?	?	?	?			
Cayla, Mailhac (F), Nr. 38	Abb. 93	Kat. Nr. 12	> 15	15					?	?	?	?			
Cayla, Mailhac (F), Nr. 41	Abb. 93	Kat. Nr. 12	> 14,5	14,5					?	?	?	?			
Cayla, Mailhac (F), Nr. 96	Abb. 93	Kat. Nr. 12	> 60	14					1,8	1,1	1 : 1,6	ca. 0,6	starres B.; 5		
Cayla, Mailhac (F), Nr. 15	Abb. 93	Kat. Nr. 12	> 21,5	14,5					2,0	1,2	1 : 1,7	ca. 0,45	starres B.; 5,5		
Cayla, Mailhac (F), Nr. 28	Abb. 93	Kat. Nr. 12	> 16,6	14,5					2,1	0,9	1 : 2,3	ca. 0,64			
Cayla, Mailhac (F), Nr. 65	Abb. 93	Kat. Nr. 12	> 17,8	14,5					2,0	1	1 : 2	ca. 0,25	starres B.; 5		
Cayla, Mailhac (F), Nr. 66	Abb. 93	Kat. Nr. 12	> 16,5	15					2,0	1,2	1 : 1,7	ca. 0,5			
Cayla, Mailhac (F), Nr. 71	Abb. 93	Kat. Nr. 12	> 40,5	14,5					2,3	1,1	1 : 2,1	ca. 0,3			
Cayla, Mailhac (F), Nr. 42	Abb. 94	Kat. Nr. 23	> 72	12					18	?	?	ca. 0,8			
Sens (F)	Abb. 94	Kat.-Nr. 23	> 72	12						?	?	ca. 0,8			
Villefranche-sur-Saône (F)	Abb. 95–97	Kat.-Nr. 26	95,4	13,7	5,5	5,5	6,5	ca. 1200	ca. 20,5	< 2,7	< 1,5	1 : 1,75	ca. 0,5	Scharnierb.; 7,8	
Port-Nidau (CH)	Abb. 98	Kat.-Nr. 18	104,1	13,3	5,1	5,7	7		ca. 20	< 2	< 1,4	> 1 : 1,4	ca. 0,5		
Pouilly-sur-Saône (F)	Abb. 99	Kat.-Nr. 19	36	13	5,4	4,9	7	414	ca. 3	1,8	10,5	1 : 1,7	ca. 0,55		
Sivry (Gde. Saint-Prix-les Arnay) (F)	Abb. 100	Kat.-Nr. 24	> 62,8	14,5	5,1	5,7	7,5		2,0	8	1 : 2,5	0,8			
Günzburg (D)	Abb. 101	Kat.-Nr. 8	> 50,3	13,5	4,6	5,3	7	515	ca. 3,5	1,7	1,1	1 : 1,54	ca. 0,5		
Saint-Germain-du-Plain (F)	Abb. 102/103	Kat.-Nr. 21	93,7	14,5	5,5	5,4	7,7	1083		ca. 2,0	ca. 8			Scharnierb.; 10,7	
Chiemsee (D)	Abb. 104	Kat.-Nr. 4	96,6	13				800		?	?	?	ca. 0,4	Scharnierb.; 7,7	
Kochelsee (D)	Abb. 105	Kat.-Nr. 10	109							1,5	1	1 : 1,5	?	Scharnierb.;	
Bei Vix (F)	Abb. 106	Kat.-Nr. 28	94	14,9	6,2	5,7	7,4		ca. 16,5	2,7	1,1	1 : 2,5	0,5		
Ohne FO, Hist. Mus. St. Gallen (CH)	Abb. 107	Kat.-Nr. 29	> 90,5	ca. 13	5,1	4,7	6,8	> 624		2,1	1,1	1 : 1,9	?		
Elchingen-Oberelchingen/Donau (D)	Abb. 108	Kat.-Nr. 6	?	?					?	?	?	?	?	starres B.; 4–5	
Aus der Loire, Coll. Rochebrune (F)	Abb. 109	Kat.-Nr. 13	> 59,4	15,2	5,9	5,9	6,9	940		1,6	0,8	1 : 2	0,7		
Pont de l'Ouen bei Nantes (F)	Abb. 110/111	Kat.-Nr. 15	> 66,3	14,9	5,8	5,4	6,8	993		1,6	0,6	1 : 2,7	0,4	Scharnierb.; 9,8	
Bei Nantes (F)	Abb. 112	Kat.-Nr. 14	> 49,4	14,3	5,5	5,3	7	677	ca. 1	1,6			0,7		

Anhang 4: Auswertung der metallographischen Untersuchung der Klinge des Knollenknaufschwertes aus Ulm, Inv. Nr.: Prä. LT 12¹⁹⁹

Ermittlung von Kohlenstoffgehalten (H. OPIELKA)

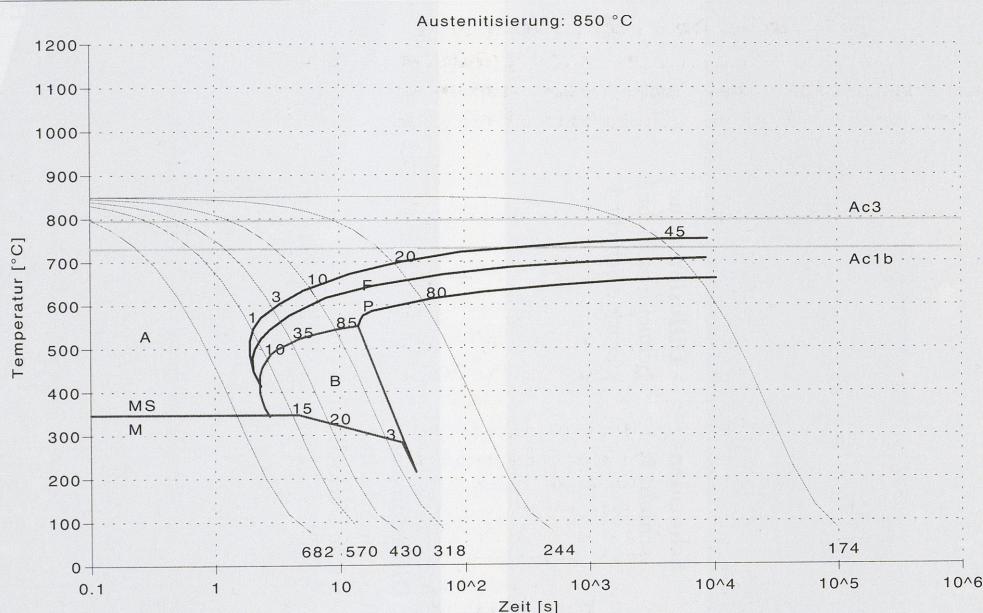
Zur Bestimmung der C-Gehalte der verschiedenen Lagen des Schwertes standen die Gefügebilder, die unterschiedliche Mengenanteile von Ferrit und Perlit zeigten, und zusätzlich Härtewerte zur Verfügung.

Die Mengenanteile von Ferrit und Perlit wurden mit Hilfe des sogenannten Punktzählverfahrens an den Bildern bestimmt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1, S. 117, aufgeführt. Aus den Mengenanteilen kann mit dem Hebelgesetz prinzipiell anhand des Fe-C-Diagramms der C-Gehalt bestimmt werden. Dabei ist aber zu berücksichtigen, dass der Ferritgehalt bei einem Stahl mit einem bestimmten C-Gehalt in Abhängigkeit von der Abkühlgeschwindigkeit ganz unterschiedlich sein kann. Abbildung 113 zeigt das am Beispiel des kontinuierlichen ZTU-Schaubildes von C45.

Die vorliegende Gefügeausbildung mit z. T. leicht nadeligem Ferrit und die nur geringen Härtewerte zeigen einerseits, dass die Klinge an der Luft abgekühlt und nicht gehärtet wurde. Sie zeigen aber auch, dass nicht die Gleichgewichtsanteile von Ferrit und Perlit vorliegen. Es ist aber prinzipiell so, dass die Abkühlgeschwindigkeit in allen Lagen gleich ist. Sie wurde hier nach Gefügeausbildung und Härtewerten zu 0,5–1,5 K/s angenommen. Damit konnte dann wiederum der C-Gehalt durch Vergleiche mit ZTU-Schaubildern, die für verschiedene C-Gehalte Ferrit-Anteile und Härtewerte aufweisen, wie sie auf der untersuchten Klinge beobachtet wurden (Tab. 1), eingegrenzt werden. Eine genauere Bestimmung oder eine komplette mathematische Herleitung ist nicht möglich, weil ZTU-Schaubilder dafür zu wenig Werte für die Ferrit-Anteile hergeben.

Kontinuierliches ZTU Schaubild: C45, 1.0503

Datenbank StahlWissen



(c) 2000

Dr. Sommer Werkstofftechnik GmbH

Abb. 113: Kontinuierliches Zeit-Temperatur-Umwandlungs Schaubild von C-45.

199 Die Auswertung der Gefügebilder und der Härtemessungen wurde von Metallographen in Ausbildung am Max-Planck-Institut für Metallforschung Stuttgart unter Anleitung von H. OPIELKA vorgenommen.

zu Anhang 4: Auswertung der metallographischen Untersuchung der Klinge des Knollenknaufschwertes aus Ulm

1. Seite des

2. Seite

3. Seite

4. Seite

5. Seite

6. Seite

7. Seite

8. Seite

9. Seite

10. Seite

11. Seite

12. Seite

13. Seite

14. Seite

15. Seite

16. Seite

17. Seite

18. Seite

19. Seite

20. Seite

21. Seite

22. Seite

23. Seite

24. Seite

25. Seite

26. Seite

27. Seite

28. Seite

29. Seite

30. Seite

31. Seite

32. Seite

33. Seite

34. Seite

35. Seite

36. Seite

37. Seite

38. Seite

39. Seite

40. Seite

41. Seite

42. Seite

43. Seite

44. Seite

45. Seite

46. Seite

47. Seite

48. Seite

49. Seite

50. Seite

51. Seite

52. Seite

53. Seite

54. Seite

55. Seite

56. Seite

57. Seite

58. Seite

59. Seite

60. Seite

61. Seite

62. Seite

63. Seite

64. Seite

65. Seite

66. Seite

67. Seite

68. Seite

69. Seite

70. Seite

71. Seite

72. Seite

73. Seite

74. Seite

75. Seite

76. Seite

77. Seite

78. Seite

79. Seite

80. Seite

81. Seite

82. Seite

83. Seite

84. Seite

85. Seite

86. Seite

87. Seite

88. Seite

89. Seite

90. Seite

91. Seite

92. Seite

93. Seite

94. Seite

95. Seite

96. Seite

97. Seite

98. Seite

99. Seite

100. Seite

101. Seite

102. Seite

103. Seite

104. Seite

105. Seite

106. Seite

107. Seite

108. Seite

109. Seite

110. Seite

111. Seite

112. Seite

113. Seite

114. Seite

115. Seite

116. Seite

117. Seite

118. Seite

119. Seite

120. Seite

121. Seite

122. Seite

123. Seite

124. Seite

125. Seite

126. Seite

127. Seite

128. Seite

129. Seite

130. Seite

131. Seite

132. Seite

133. Seite

134. Seite

135. Seite

136. Seite

137. Seite

138. Seite

139. Seite

140. Seite

141. Seite

142. Seite

143. Seite

144. Seite

145. Seite

146. Seite

147. Seite

148. Seite

149. Seite

150. Seite

151. Seite

152. Seite

153. Seite

154. Seite

155. Seite

156. Seite

157. Seite

158. Seite

159. Seite

160. Seite

161. Seite

162. Seite

163. Seite

164. Seite

165. Seite

166. Seite

167. Seite

168. Seite

169. Seite

170. Seite

171. Seite

172. Seite

173. Seite

174. Seite

175. Seite

176. Seite

177. Seite

178. Seite

179. Seite

180. Seite

181. Seite

182. Seite

183. Seite

184. Seite

185. Seite

186. Seite

187. Seite

188. Seite

189. Seite

190. Seite

191. Seite

192. Seite

193. Seite

194. Seite

195. Seite

196. Seite

197. Seite

198. Seite

199. Seite

200. Seite

201. Seite

202. Seite

203. Seite

204. Seite

205. Seite

206. Seite

207. Seite

208. Seite

209. Seite

210. Seite

211. Seite

212. Seite

213. Seite

214. Seite

215. Seite

216. Seite

217. Seite

218. Seite

219. Seite

220. Seite

221. Seite

222. Seite

223. Seite

224. Seite

225. Seite

226. Seite

227. Seite

228. Seite

229. Seite

230. Seite

231. Seite

232. Seite

233. Seite

234. Seite

235. Seite

236. Seite

237. Seite

238. Seite

239. Seite

240. Seite

241. Seite

242. Seite

243. Seite

244. Seite

245. Seite

246. Seite

247. Seite

248. Seite

249. Seite

250. Seite

251. Seite

252. Seite

253. Seite

254. Seite

255. Seite

256. Seite

257. Seite

258. Seite

259. Seite

260. Seite

261. Seite

262. Seite

263. Seite

264. Seite

265. Seite

266. Seite

267. Seite

268. Seite

269. Seite

270. Seite

271. Seite

272. Seite

273. Seite

274. Seite

275. Seite

276. Seite

277. Seite

278. Seite

279. Seite

280. Seite

281. Seite

282. Seite

283. Seite

284. Seite

285. Seite

286. Seite

287. Seite

288. Seite

289. Seite

290. Seite

291. Seite

292. Seite

293. Seite

294. Seite

295. Seite

296. Seite

297. Seite

298. Seite

299. Seite

300. Seite

301. Seite

302. Seite

303. Seite

304. Seite

305. Seite

306. Seite

307. Seite

308. Seite

309. Seite

310. Seite

311. Seite

312. Seite

313. Seite

314. Seite

315. Seite

316. Seite

317. Seite

318. Seite

319. Seite

320. Seite

321. Seite

322. Seite

323. Seite

324. Seite

325. Seite

326. Seite

327. Seite

328. Seite

329. Seite

330. Seite

331. Seite

332. Seite

Fortsetzung unten Links

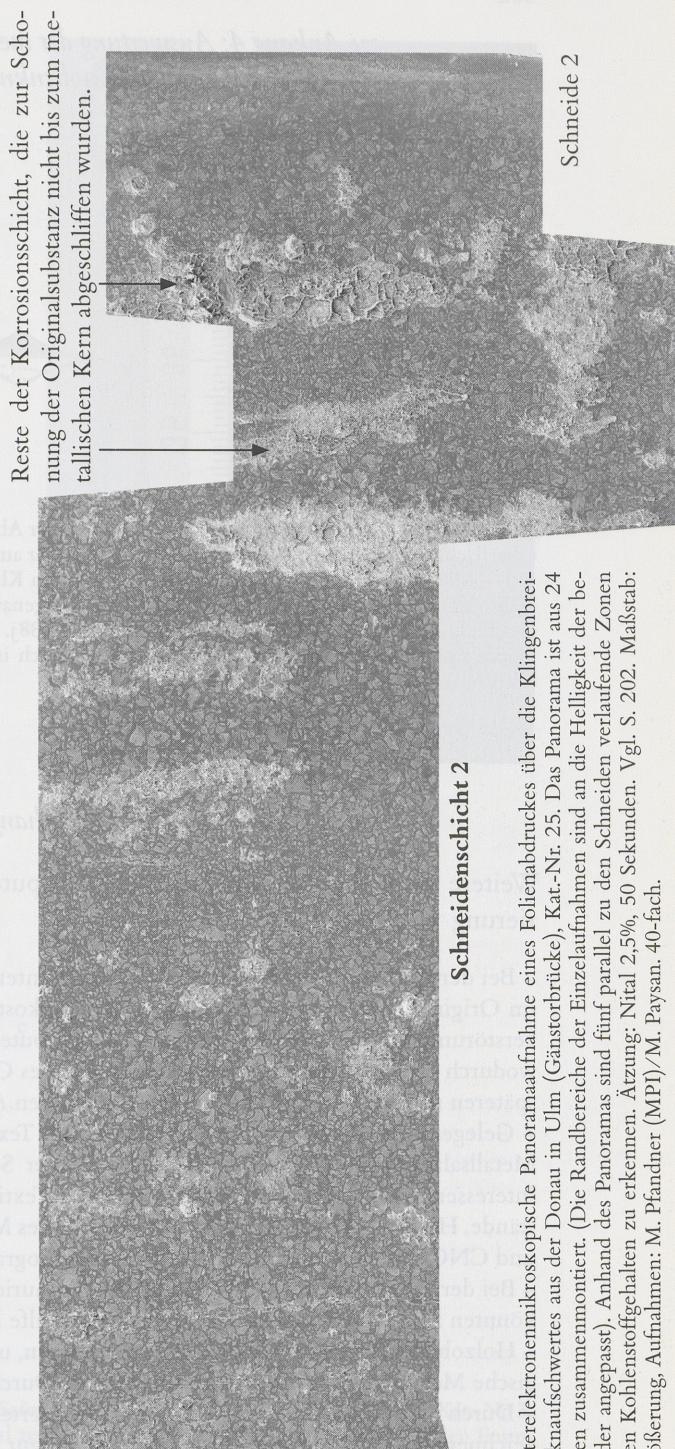
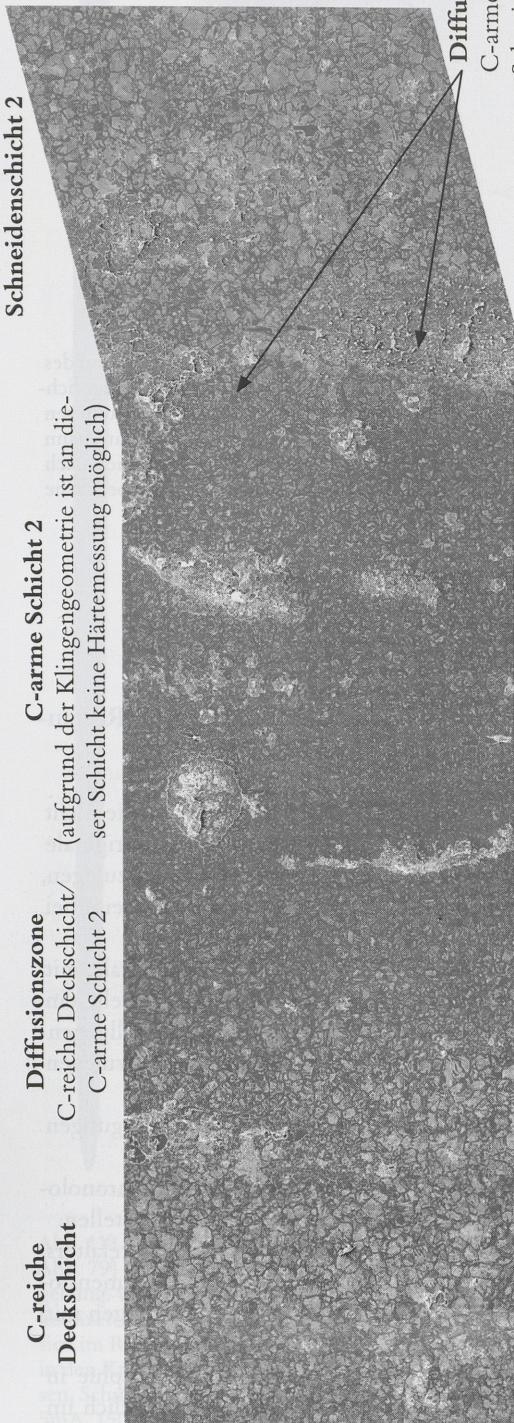


Abb. 114 Rasterelektronenmikroskopische Panoramaaufnahme eines Folienabdruckes über die Klingenbreite des Knollenkrautfachwerkes aus der Donau in Ulm (Gänsorbrücke), Kat.-Nr. 25. Das Panorama ist aus 24 Einzelaufnahmen zusammenmontiert. (Die Randbereiche der Einzelaufnahmen sind an die Helligkeit der benachbarten Bilder angepasst). Anhand des Panoramas sind fünf parallel zu den Schneiden verlaufende Zonen mit wechselnden Kohlenstoffgehalten zu erkennen. Ätzung: Nital 2,5%, 50 Sekunden. Vgl. S. 202. Maßstab: 75-fache Vergrößerung, Aufnahmen: M. Pfandner (MPI)/M. Payscale, 40-fach.

Schneide 2

*zu Anhang 4: Auswertung der metallographischen Untersuchung
der Klinge des Knollenknaufschwertes aus Ulm*

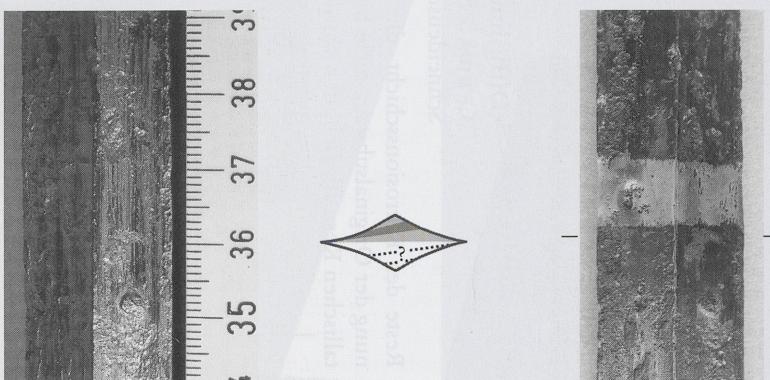


Abb. 115–117 Links: Untersuchter Klingenbereich vor Abnahme des alten Schutzlackes und der Präparation des Oberflächenstreifens (der Nullpunkt des Maßstabes war am Schnittpunkt von Schneide und Heftknolle ausgerichtet). – Mitte: Rekonstruierter Verlauf der Schichten im Klingenquerschnitt. Über die Schichtung in der unteren Hälfte kann anhand der einseitigen Präparation keine genaue Aussage getroffen werden. Der Schichtverlauf kann innerhalb der Klinge auch gekrümmmt sein (vgl. Abb. 88j. u. k., S. 179). – Rechts: Derselbe Klingenbereich nach Präparation und Härtungsmessung. Im oberen Bildbereich ist die originale Schliffstruktur der Klingenoberfläche erkennbar. Maßstab M 1:1, Aufnahmen: M. Paysan.

Anhang 5

Weitere mögliche Einsatzgebiete der Computertomographie in Archäologie und Restaurierung

- Bei der formenkundlichen archäologischen Untersuchung großer Serien von Objekten, die nicht im Original ausgestellt werden sollen, kann es kostengünstiger sein, die unrestaurierten Originale zerstörungsfrei im CT zu erfassen und am Computer die Formen zu untersuchen, als sie freizulegen, wodurch zwangsläufig Spuren der Geschichte des Objekts zerstört werden, die möglicherweise bei späteren naturwissenschaftlichen Untersuchungen Auskunft geben können.
 - Gelegentlich sind wertvolle Grabbeigaben in Textilien eingewickelt, die durch den Kontakt mit Metallsalzen konserviert wurden. Aufgrund der Seltenheit archäologischer Textilien besteht ein Interessenkonflikt zwischen der Erhaltung der Textilien und der Sichtbarmachung der Metallgegenstände. Hier besteht die Möglichkeit die Form des Metallobjektes virtuell im Computer freizulegen und CNC-gesteuert auszufräsen oder stereolithographisch aus Kunststoff zu erstellen.
 - Bei der Dokumentation, Freilegung und Restaurierung komplizierter Funde aus Blockbergungen könnten im CT gewonnene Daten wertvolle Hilfe leisten.
 - Holzobjekte können im CT untersucht werden, um an virtuellen Querschnitten dendrochronologische Messungen vorzunehmen oder um die Durchdringung mit Tränkungsmitteln darzustellen.
 - Durch die selektive Korrosion an bodengelagerten wurmbunten Klingen des frühen Mittelalters zeichnen sich die Schichten der Musterstreifen gut im Röntgenbild ab. Mit Hilfe der dreidimensionalen Darstellung der Messdaten aus dem CT lässt sich auch der Aufbau komplizierter Klingen mit Furnierdamast zerstörungsfrei nachvollziehen.
- Ausführliche Beispiele siehe: CD zur Tagung „Anwendungen der 3D-Computertomographie in Archäologie, Restaurierung und Kunstgeschichte“ vom 6.12.2004 an der FH-Aalen, erhältlich im CT-Labor an der Hochschule für Technik und Wirtschaft Aalen, Gartenstr. 131, D-73430 Aalen.

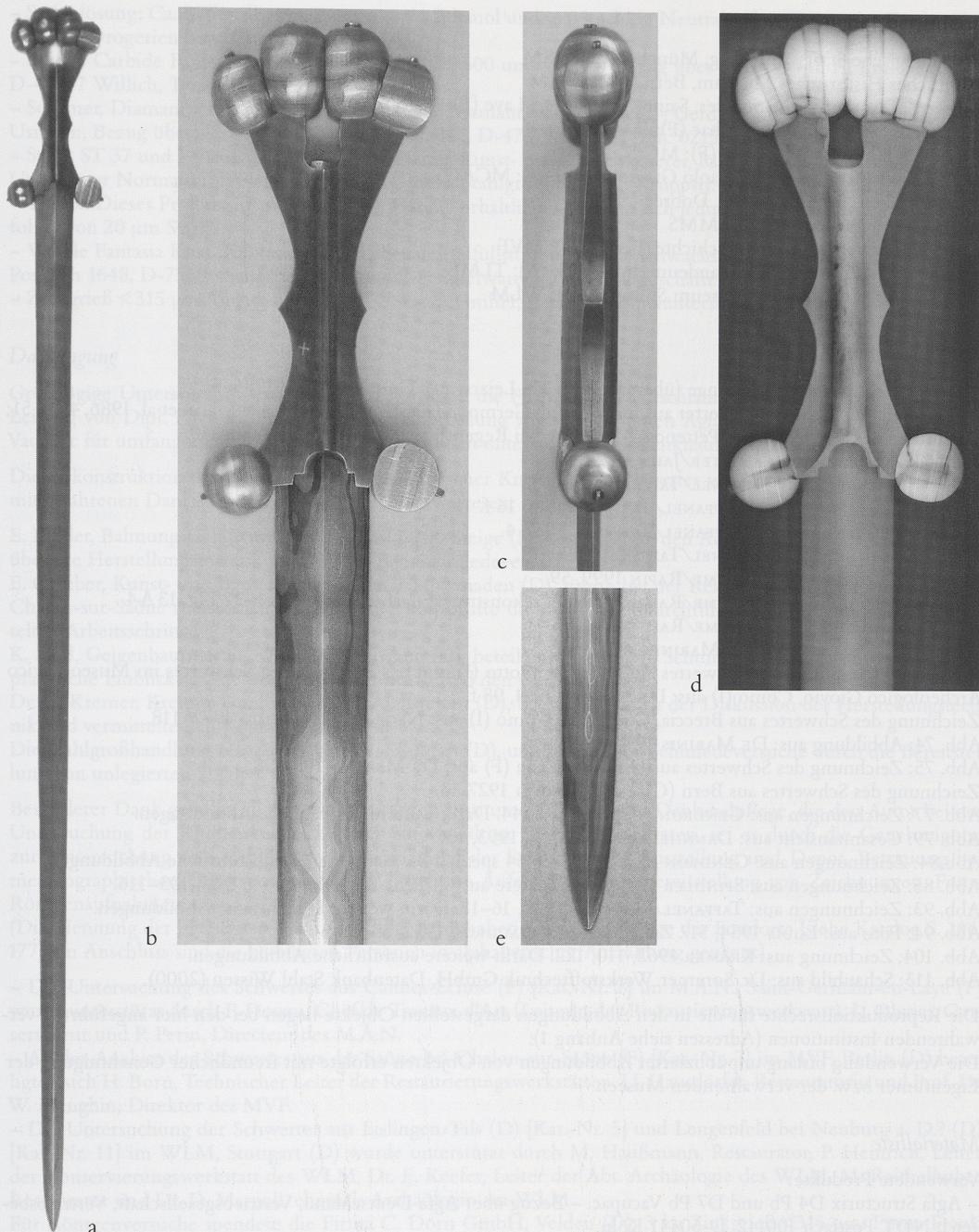


Abb. 118 Nachbau des Knollenknaufschwerts aus der Saône bei Chalon-sur-Saône, Original im MVF (Kat.-Nr. 3, Abb. 79) Die Knollen sind unvollständig bearbeitet und zeigen verschiedene Stadien der spanabhebenden Formgebung. Um das Schwert auch nach einer eventuellen Alterung im Boden eindeutig als moderne Nachbildung zu kennzeichnen, wurden in den Damast der Knollen mehrere Lagen von Nickel-haltigem Stahl eingeschweißt, die sich im Röntgenbild als helle Streifen abzeichnen. Ebenfalls im Röntgenbild sichtbar sind zylindrische Bohrungen in den Knollen, die im Knauf durch eingeschnittene metrische Gewinde auf eine neuzeitliche Entstehung hinweisen. Schmiedearbeit: E. Graeber, Holzmaden; Schliff, Ätzung und Fotos: M. Paysan. Röntgenfoto: Belichtung mit 5mA, 150 KeV, 36 min., FFA 140 cm; Film: Agfa Structurix D4Pb, Griff eingebettet in 2 cm Zinkgries. Stuttgart. Gesamtansicht M 1:5, Details M 1:2.

Abkürzungsverzeichnis

- Archäologische Staatsammlung, München (D): ASM
 Bernisches Historisches Museum, Bern (CH): BHM
 Musée des Antiquités Nationales, Saint-Germain-en-Laye (F): M.A.N.
 Musée Archéologique de Mailhac (F): (MAdM)
 Musée du Châtillon-sur-Seine (F): MCsS
 Museo Civico Archeologico ‚Paolo Giovio‘, Como (I): MCAG
 Musée Dobrée, Nantes (F): M. Dobrée
 Musée Municipal de Sens (F): MMS
 Museum für Vor- und Frühgeschichte, Berlin (D): MVF
 Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck (A): TLMF
 Württembergisches Landesmuseum Stuttgart (D): WLM

Abbildungsnachweis

- Abb. 5: Zeichnung zur Griffzunge (überarbeitet): Th. Lejars, aus: GENDRON et al. 1986, 51.
 Abb. 6: Zeichnungen der Schwerter aus Juac (F) und Germond (F): Th. Lejars, aus: GENDRON et al. 1986, 44 u. 51; Zeichnung des Schwertes von Pettendorf-Kneiting bei Regensburg aus: SPINDLER 1980, 110.
 Abb. 63: Zeichnung aus: RICHTER JAHN 1925, 93.
 Abb. 64: Aufnahme aus TAFFANEL/TAFFANEL 1980, 3.
 Abb. 65: Zeichnungen aus: TAFFANEL/TAFFANEL 1980 16 f.
 Abb. 67: Zeichnungen aus: TAFFANEL/TAFFANEL 1967, 4.
 Abb. 68: Aufnahme aus TAFFANEL/TAFFANEL 1980, 12.
 Abb. 69: Zeichnung aus: CHAUME/RAPIN 1999, 59.
 Abb. 70: Zeichnung aus: CHAUME/RAPIN 1999, 63, rekonstruiert nach RATEL 1967, 1–22 Fig. 13 A 4.
 Abb. 71: Zeichnung aus: CHAUME/RAPIN 1999, 65.
 Abb. 72: Abbildungen aus DE MARINIS 1991, 98 f
 Abb. 73: Zeichnungen des Schwertes aus Brembate Sotto (I) und des Fundortlosen Schwertes im Museo Civico Archeologico Giovio, Como (I) aus: DE MARINIS 1991, 98 f.
 Zeichnung des Schwertes aus Breccia, Commune Como (I) aus: NEGRONI CATACCIO 1972, 118.
 Abb. 74: Abbildung aus: DE MARINIS 1991, 780.
 Abb. 75: Zeichnung des Schwertes aus Champberceau (F) aus: DE MARINIS 1991, 98.
 Zeichnung des Schwertes aus Bern (CH) aus: WEGELI 1927, 13.
 Abb. 77: Zeichnungen aus: GENDRON et al. 1986, 41; 44. Darin weitere ausführliche Abbildungen.
 Abb. 79: Gesamtansicht aus: DANNHEIMER/ GEBHARD 1993, 187.
 Abb. 84: Zeichnungen aus: GENDRON et al. 1986, 39–54 speziell 51. Darin weitere ausführliche Abbildungen.
 Abb. 85: Zeichnungen aus: SPINDLER 1980, 109. Weitere ausführliche Abbildungen in Ebd. 105–116.
 Abb. 93: Zeichnungen aus: TAFFANEL/TAFFANEL 1980, 16–18. Darin weitere ausführliche Abbildungen.
 Abb. 94: Foto aus: LOUIS 1954, 517. Zeichnung aus: GAUDRON 1952/53, 55.
 Abb. 104: Zeichnung aus: KRÄMER 1962, 110; 122. Darin weitere ausführliche Abbildungen.
 Abb. 113: Schaubild aus: Dr. Sommer Werkstofftechnik GmbH, Datenbank Stahl Wissen (2000).

Die Reproduktionsrechte für die in den Abbildungen dargestellten Objekte liegen bei den hier angeführten verwahrenden Institutionen (Adressen siehe Anhang 1).

Die Verwendung bislang unpublizierter Abbildungen von Objekten erfolgte mit freundlicher Genehmigung der Eigentümer bzw. der verwahrenden Museen.

Materialliste

Verwendete Produkte:

- Agfa Structurix D4 Pb und D7 Pb Vacupac. – Bezug über Agfa Deutschland, Vertriebsgesellschaft, Vertriebsbereich NDT, Postfach 100142, D-50441 Köln.
- Cosmolloid 80H. – Bezug über Kremer Pigmente, Farbmühle, D-88317 Aichstetten.
- efa Plast Modelliermasse. Inhaltsstoffe: Gereinigter Naturkaolin, Bindemittel (Kleister), anorganische Kosmetikpigmente, Kosmetikkonservierungsstoff, Wasser. – Hersteller: Eberhard Faber GmbH, D-92318 Neumarkt. Bezug über Spielwaren- und Bastelgeschäfte.
- Ethanol. – Bezug über Chemikalienhandel.
- Hartgusskies kantig Körnung 0,16–0,30 mm (Sandstrahlmittel). – Bezug über Firma Frank, Industrieausrüstungen GmbH, Amselweg 10, D-73061 Ebersbach-Roßwälde.
- Panasil light body 11401 (Dental Abformmasse auf Vinylpolysiloxanbasis). – Bezug über Kettenbach GmbH, Im Heerfeld 7, D-35713 Eschenburg.
- Paraloid B72. – Bezug über Kremer Pigmente, Farbmühle, D-88317 Aichstetten.
- Salpetersäure. – Bezug über Chemikalienhandel.

- Seifenlösung: Ca. ½ destilliertes Wasser, ca. ¼ Ethanol und maximal 2% Neutralseife. – Bezug der Komponenten über Drogerien bzw. Chemikalienhandel.
- Silicon Carbide Papier der Körnungen 320, 400, 500 und 1000. – Bezug über Strüers GmbH, Linselestr. 142, D-47877 Willich, Tel.: 02154/8180.
- Sommer, Diamantpaste Color, monokristalliner Diamant, wasserlöslich. – Gerd Sommer, Postf. 1223, D-61241 Usingen, Bezug über: Strüers GmbH, Linselestr. 142, D-47877 Willich, Tel.: 02154/8180.
- Stahl: ST 37 und Feilenstahl. – Edmund Graeber, Kunst- und Bauschlosserei, Ringstr. 9, D-73271 Holzmaden Unlegierter Normalstahl: Firma Hagelauer GmbH, Stahlgroßhandlung, Kruppstr. 47, D-70469 Stuttgart.
- Triafol: Dieses Produkt ist nicht mehr im Handel erhältlich. Es eignen sich jedoch auch andere Celluloseacetatfolien von 20 µm Stärke.
- Waible Fantasia Knet. Knetmasse mit Lebensmittelfüllstoffen und Bienenwachs. – Hersteller: Carl Waible KG, Postfach 1648, D-73606 Schorndorf, Bezug über Spielwaren- und Bastelgeschäfte.
- Zinkgriff <315 µm: Bezug über Firma C. Dorn GmbH, Eckart-Areal, Güntersthal, D-91235 Velden.

Danksagung

Großzügige Unterstützung erfuhr das Projekt durch die Firma Agfa Deutschland, Vertriebsbereich NDT unter Leitung von Dipl. Phys. H. Proegler, in der Überlassung von je 100 Filmen Agfa Structurix D4 Pb und D7 Pb Vacupac für umfangreiche Röntgenaufnahmen an den untersuchten Knollenknaufschwertern.

Die Rekonstruktion der Herstellungstechnik keltischer Knollenknaufschwerter wäre ohne die Zusammenarbeit mit erfahrenen Damastschmieden nicht möglich gewesen:

E. Binder, Balmung Handicraft, 73312 Geislingen/Steige (D), unterstützte den Autor durch intensive Gespräche über die Herstellungstechnik und half bei den Schmiedeversuchen.

E. Graeber, Kunst- und Bauschlosserei, 73271 Holzmaden (D), führte bei der Rekonstruktion des Schwertes aus Chalon-sur-Saône meisterlich den Hammer und prüfte die praktische Durchführbarkeit der theoretisch ermittelten Arbeitsschritte.

K. Stoll, Geigenbaumeister, 87490 Haldenwang (D), beteiligte sich an den Schmiedeversuchen und ermöglichte praktische Einblicke in die Rennfeuerverhüttung und den Gärvgang.

Dr. G. Kremer, Kremer Pigmente, 88317 Aichstetten (D), beteiligte sich an der Diskussion der Herstellungstechnik und vermittelte den Kontakt zu K. Stoll.

Die Stahlgroßhandlung Hagelauer GmbH, Stuttgart (D), unterstützte die Schmiedeversuche durch die Bereitstellung von unlegierten Stählen.

Besonderer Dank gebührt all den Mitarbeitern in Instituten, Museen und Denkmalpflege, die den Autor bei der Untersuchung der Knollenknaufschwerter auf vielfältige Weise unterstützten, sei es durch die Genehmigung zur Untersuchung und Publikation, die Entnahme der Schwerter aus Ausstellung und Depot, Betreuung bei metallographischen Untersuchungen oder durch die Anfertigung bzw. Bereitstellung von Zeichnungen, Fotos, Röntgenaufnahmen oder Literatur.

(Die Nennung der beteiligten Institute erfolgt in alphabetischer Reihenfolge der Fundorte [siehe Katalog S. 166; 177], im Anschluss sind die beteiligten Personen in alphabetischer Aufzählung genannt).

– Die Untersuchung des Schwertes aus Cannes-Écluse (F) [Kat.-Nr. 2] im M.A.N., Saint-Germain-en-Laye (F) wurde unterstützt durch F. Douau, Chef de Travaux d'Art (Leiterin der Restaurierungswerkstatt), L. Olivier, Conservateur und P. Perin, Directeur des M.A.N.

– An der Analyse des Schwertes aus der Saône bei Chalon-sur-Saône (F) [Kat.-Nr. 3] im MVF, Berlin (D) beteiligten sich H. Born, Technischer Leiter der Restaurierungswerkstätten, U. Hausdörfer, Restauratorin und Prof. Dr. W. Menghin, Direktor des MVF.

– Die Untersuchung der Schwerter aus Eisingen/Fils (D) [Kat.-Nr. 5] und Lengenfeld bei Neuburg a. D.? (D) [Kat.-Nr. 11] im WLM, Stuttgart (D) wurde unterstützt durch M. Hauffmann, Restaurator, P. Heinrich, Leiter der Konservierungswerkstatt des WLM, Dr. E. Keefer, Leiter der Abt. Archäologie des WLM, M. Raithelhuber, Restaurator und Dr. D. Marzoli, ehemals Archäologin am WLM.

Für Röntgenversuche spendete die Firma C. Dorn GmbH, Velden (D), 3 kg Zinkgriff <315 µm. Firma Frank, Industrieausrüstungen GmbH, Ebersbach-Roßwälde (D), beteiligte sich mit 5 kg Hartgusskies kantig Körnung 0,16–0,30 mm (Sandstrahlmittel) (siehe 3.1 Röntgenuntersuchungen und 10. Materialliste).

– An der Analyse des Schwertes aus Günzburg (D) beteiligten sich R. Ambs, Kreisarchäologie Neu-Ulm (D), Dr. Frühauf, Daimler Benz AG, Stuttgart (D), Dr. G. Gassmann, Argus (Archäologische und Geowissenschaftliche Untersuchungen), Tübingen (D), Dr. Ing. I. Pfeifer-Schäller und Dipl. Ing. (FH) S. Tomaschko, Computertomographie-Labor der FH Aalen, Arge Metallguss, Aalen (D), Herr K. Wehrberger M. A., Archäologe am Ulmer Museum (D), Dr. G. Wieland Archäologe, Karlsruhe (D), chem. LDA Stuttgart und Dipl. Ing. P. Wischenbarth, Vöhringen (D).

– Die Untersuchung des Schwertes aus dem Kochelsee (D) [Kat.-Nr. 10] in der ASM, München (D) erfolgte unter Beteiligung von E. Blumenau, Leiter der Restaurierungswerkstatt, Dr. R. Gebhard, Archäologe, C. Thomas, stellvertretende Leiterin der Restaurierungswerkstatt und Herr Dr. H. P. Uenze, Archäologe an der ASM.

- Zu den bereits publizierten Ergebnissen über den Hortfund von Cayla, Mailhac (F) [Kat.-Nr. 12] schickten O. Taffanel, Konservatorin, und J. Taffanel Konservator, Mailhac (F) ergänzende Unterlagen.
- Die Analyse der drei Schwerter aus der Loire bei Nantes im M. Dobrée, Nantes (F) [Kat.-Nr. 13–15] wäre ohne die großzügige Mithilfe von J. G. Aubert, Fotograf und N. Huet, Direktorin von Arc'Antique, Laboratoire de restauration et de recherches sur les objets d'art, Nantes, M.H. Santrot, Conservateur und J. Santrot, Conservateur en Chef am M. Dobrée, Nantes (F), nicht möglich gewesen.
- Die Auswertung der Fotos des Schwertes aus Néau (F) [Kat.-Nr. 16] erfolgte mit Unterstützung von J. G. Aubert, Nantes (F), M.-C. Depierre, Konservatorin des Musée du Vieux-Château, Laval (F), N. Huet, Nantes (F) und J. Naveau, Archäologe am Conseil Général de la Mayenne (F).
- Weitere Informationen über die Untersuchung des Schwertes aus Pettendorf-Kneiting (D) [Kat.-Nr. 17], ausgestellt im Historischen Museum der Stadt Regensburg (D), gab Prof. Dr. K. Spindler (†), Innsbruck (A).
- Die Analyse des Schwertes aus Port-Nidau (CH) [Kat.-Nr. 18] im BHM, Bern (CH) erfolgte mit Unterstützung von lic. phil. S. Bolliger Schreyer, Assistentin der Ur- und Frühgeschichte und PD Dr. F. Müller, Vizedirektor des BHM. An der Herstellung der Röntgenfotos beteiligten sich P. Räber, Medical Imaging/NDT, AGFA Dübendorf (CH), Dr. U. Noelpp vom Inselspital Bern und die Herren Wittwer und Schafflützel von der SM Schweizerische Munitionsunternehmung AG, Thun (CH).
- Die Untersuchung der Schwerter aus Pouilly-sur-Saône (F), Prény (F), Saint-Germain-du-Plain (F), Saint-Jean-de-Losne (F) [Kat.-Nr. 19–22] im M. Denon, Chalon-sur-Saône (F) sowie der Zeichnungen der Schwerter aus Allériot wurde von Dr. L. Bonnamour, Conservateur des M. Denon unterstützt.
- Dr. Ing. I. Pfeifer-Schäller, Aalen (D) fertigte die CT-Aufnahmen des Schwertes aus St.-Germain-du-Plain/Saône an.
- Über den Verlust des Schwertes aus Sens (F) [Kat.-Nr. 23] ehemals im MMS, informierte L. Saulnier-Pernuit, Directeur du MMS (F).
- An der Analyse des Schwertes aus Sivry (Gde. Saint-Prix-les Arnay; Côte-d'Or) (F) [Kat.-Nr. 24] beteiligten sich M. Leuba, Kustos der 3 Museen von Beaune, und D. Rouvier, Conservateur, Hôtel de Ville, La conservation des Musées, Beaune (F). Die Röntgenfotos fertigten Dr. J. Lorenzo und Dr. E. Page, Cabinet de radiologie, Beaune.
- An den umfangreichen Untersuchungen des Schwertes aus Ulm (D) [Kat.-Nr. 25] des Ulmer Museums beteiligten sich K. Wehrberger M. A., Ulm (D) und Dr. G. Wieland, Karlsruhe (D).
- Die Metallographen B. Fenk und H. Opielka vom Max-Planck-Institut für Metallforschung Stuttgart (D) sowie M. Pfandner, Metallograph in Ausbildung ermöglichten die bauteilmallographische Untersuchung der Klinge. Dr. Ing. I. Pfeifer-Schäller und Dipl. Ing. (FH) S. Tomaschko, Aalen (D) führten die CT-Untersuchung der Klinge durch. Den Kontakt zum CT-Labor der FH Aalen vermittelte R.-D. Blumer, Restaurator am Landesamt für Denkmalpflege, Esslingen (D).
- A. Rapin, IRRAP, Compiegne (F) informierte über inhomogene Gefügezusammensetzungen an eisenzeitlichen Klingen und die Datierungsfrage.
- Dem WLM Stuttgart (D) sei an dieser Stelle für die Möglichkeit gedankt, die Röntgenanlage der Konservierungs werkstätten für ausführliche Untersuchungsreihen nutzen zu dürfen.
- Die Analyse des Schwertes aus Villefranche-sur-Saône (F) [Kat.-Nr. 24] wurde von der Familie B. u. D. Palix (F) tatkräftig unterstützt. Ihnen gilt mein Dank für ihre Gastfreundschaft und die herzliche Aufnahme in die Familie. Die Röntgenaufnahmen des Schwertes fertigten Dr. M. Billon, Dr. G. Duquesne, Dr. G. Termet; Cabinet de Radiologie.
- Über das Schwert von Villeneuve-sur-Yonne (F) [Kat.-Nr. 27] informierten Frau Collet, Bürgermeisteramt Villeneuve-sur-Yonne (F) und J.-L. Dauphin, Président des Amis du Vieux Villeneuve-sur-Yonne (F). Dr. R. Gebhard, Archäologe der ASM München (D) stellte Fotos des Schwertes aus den Unterlagen W. Krämers zur Verfügung.
- Bei der Analyse des Schwertes aus der Seine bei Vix im MCsS [Kat.-Nr. 28] war J. L. Coudrot, Conservateur en Chef behilflich.
- Die Untersuchung des Schwertes ohne Fundort im Museum St. Gallen [Kat.-Nr. 29] wurde unterstützt durch Dr. phil. M. Schindler, Leiter der Archäologie, Kantonsarchäologie, St. Gallen (CH).
- Zur Frage des vermeintlichen Knollenknaufschwertes aus Wörgl-Kirchbichl sichtete Mag. W. Sölder, Archäologe im TLMF, Innsbruck (A) den gesamten Altbestand von Wörgl und Kirchbichl und stellte fest, dass es sich bei dem in der Literatur erwähnten Schwert von Wörgl-Kirchbichl mit ziemlicher Sicherheit um ein falsch bezeichnetes Schwert handelt.

Schlagwortverzeichnis

Knollenknaufschwerter; épée à sphères; Gewässerfunde; Bewaffnung; Eisenzeit; Latènezeit; Metallurgie; Röntgen-Computertomographie; Schmiedetechnik; Frankreich; Süddeutschland; Damast-Stahl.

Anschrift des Verfassers

Dipl. Restaurator MORITZ PAYSAN
Württembergisches Landesmuseum
Restaurierung Kunsthandwerk/Archäologie
Schillerplatz 6
D-70173 Stuttgart
E-Mail: paysan@wlm-stuttgart.de