

# Xantener Berichte

**Band 18**



Die frühkaiserzeitliche  
Manuballista  
aus Xanten-Wardt



# XANTENER BERICHTE

Band 18

# XANTENER BERICHTE

Grabung – Forschung – Präsentation

Band 18

herausgegeben von Martin Müller

Eine Veröffentlichung des

Landschaftsverbandes Rheinland

LVR-Archäologischer Park Xanten / LVR-RömerMuseum

# DIE FRÜHKAISERZEITLICHE MANUBALLISTA AUS XANTEN-WARDT

herausgegeben von Hans-Joachim Schalles



VERLAG PHILIPP VON ZABERN · MAINZ AM RHEIN



*Bibliografische Informationen der Deutschen Bibliothek*

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;  
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <<http://dnb.ddb.de>> abrufbar.

ISBN 978-3-8053-4274-2

LVR-Archäologischer Park Xanten  
LVR-RömerMuseum **APX**



Redaktion: Horst Rother; Sebastian Ristow

Alle Rechte vorbehalten  
© Landschaftsverband Rheinland  
LVR-Archäologischer Park Xanten / LVR-RömerMuseum 2010  
Satz: ArchaeoPlanRistow, Köln  
Druck: Peipers DruckZentrum KölnWEST  
Printed in Germany



VERLAG PHILIPP VON ZABERN · MAINZ AM RHEIN

# Inhalt

|                                                                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| HANS-JOACHIM SCHALLES, Vorwort .....                                                                                                   | VII |
| HANS-JOACHIM SCHALLES, Die frühkaiserzeitliche Torsionsarmbrust aus Xanten-Wardt –<br>Fundgeschichte, Beschreibung und Datierung ..... | 1   |
| JO KEMPKENS UND TON LUPAK, Die Freilegung und Restaurierung der Torsionsarmbrust .....                                                 | 71  |
| DIETWULF BAATZ, Bemerkungen zu den Proportionen und zur Typologie der<br>Torsionsarmbrust von Xanten-Wardt .....                       | 129 |
| FRANK WILLER, Zu den Analyseergebnissen der Metallproben am römischen<br>Torsionskatapult aus Xanten .....                             | 145 |
| BASTIAN ASMUS, Herstellung der gegossenen Buchsen für die Rekonstruktion des in Xanten<br>gefundenen Torsionskatapults .....           | 153 |
| URSULA HENDRIKS, Faseranalysen von Spannseilen der Torsionswaffe RMX 2000,25.006 .....                                                 | 163 |
| ALEXANDER ZIMMERMANN, Katapultbau – fast problemlos, bei solch einer Vorlage! .....                                                    | 171 |
| Glossar .....                                                                                                                          | i   |
| Adressen der Autoren .....                                                                                                             | ii  |

## Vorwort

Mit der Auffindung der Torsionsarmbrust von Xanten-Wardt gelang 1999 eine der spektakulärsten Neuentdeckungen der letzten Jahre auf dem Gebiet der römischen Militaria. Der Fund schließt nicht nur eine Lücke in der Überlieferung antiker Katapultwaffen, sondern er weist infolge der besonderen Einlagerungsbedingungen im feuchten Grund eines ehemaligen Flussarms einen einzigartigen Erhaltungszustand auf. Entsprechend groß ist das Interesse der Forschung an einer umfassenden Dokumentation des Fundstücks. Mit der jetzt vorliegenden Publikation hoffen wir, dieser Verpflichtung nachzukommen.

Als sich abzuzeichnen begann, welche Bedeutung dieses zunächst ja recht unscheinbare Objekt besaß und welche Chancen, aber auch welche Risiken mit seiner Freilegung und Restaurierung verbunden waren, haben wir uns zunächst darum bemüht, möglichst viele Informationen im Vorfeld der Arbeiten zu gewinnen. Die entsprechenden Überlegungen wurden ausgiebig mit fachkundigen Kollegen diskutiert. Hier ist insbesondere Dietwulf Baatz zu danken, der seine umfassenden Kenntnisse auf dem Gebiet antiker Katapultwaffen in die Diskussion eingebracht hat. Auch die weitere Arbeit sowohl in der Restaurierungswerkstatt wie an den Manuskripten hat er mit wichtigen Beobachtungen und vielen kritischen Ratschlägen begleitet.

Schnell wurde deutlich, dass durch die exorbitante Erhaltung des Fundstücks konstruktive und technische Details dieses Waffentyps in einem Maß überliefert und ablesbar waren wie nie zuvor. Um das entsprechende Datenmaterial so vollständig wie nur möglich zu sichern und auszuwerten, wurden parallel mit dem Konservierungs- und Restaurierungsvorgang, teils aber auch erst nach deren Abschluss, verschiedene technische und naturwissenschaftliche Untersuchungen angestellt. Es konnten deshalb nicht nur Feststellungen zum verwendeten Holz, zu den Legierungen der Buchsen, der Beschläge und zum Gussvorgang gewonnen werden. Erstmals überhaupt war es möglich, organisches Material, das nach aller Wahrscheinlichkeit mit den Spannseilen der Torsionsarmbrust in Verbindung zu bringen ist, zu sichern und zu bestimmen. Ein Nachbau hat schließlich weitere Aufschlüsse über Handhabung und Wirkung geben können.

Wenn zwischen dem Abschluss der Restaurierungsarbeiten und der Vorlage der Publikation nun doch mehr als ein halbes Jahrzehnt vergangen ist, so ist dies unter anderem dem Umstand geschuldet, dass dieser Fund – wie zahlreiche andere auch – eine neue Heimat gefunden hat: Die Planung und Einrichtung des neuen LVR-RömerMuseums im Archäologischen Park Xanten, die in dieser Zeit erfolgte, erforderte verständlicherweise eine Bündelung der Kräfte in erster Linie auf dieses Projekt; anderes musste dem gegenüber zurücktreten.

Roswitha Laubach und Horst Stelter (LVR-Archäologischer Park Xanten / LVR-RömerMuseum) wird die Überarbeitung der Fotos und CAD-Pläne verdankt, die Bestandteil des von Jo Kempkens und Ton Lupak gelieferten ausführlichen Berichts zur Konservierung und Restaurierung der Torsionsarmbrust waren. Beiden Restauratoren gilt mein besonderer Dank, denn sie haben mit der „verlustfreien“ Sicherung dieses einzigartigen Fundes herausragende Arbeit geleistet. Für die Lektüre und Korrektur der zweifellos teilweise recht mühsam zu lesenden Manuskripte habe ich Horst Rother zu danken.

Gewidmet sei diese Schrift in dankbarer Erinnerung Detlev von Detten (1945–2005), der lange Jahre am LVR-Amt für Bodendenkmalpflege im Rheinland – Außenstelle Xanten tätig war. Es ist nicht nur in erster Linie, sondern nahezu einzig und allein ihm und seinen stetigen Bemühungen zu verdanken, dass dieser und zahllose andere wichtige Funde, die in den vergangenen gut eineinhalb Jahrzehnten aus der Auskiesung „Am Hagelkreuz“ in Xanten-Wardt bekannt wurden, in die Obhut des LVR-RömerMuseums im Archäologischen Park Xanten (früher Regionalmuseum Xanten) gelangten.

Xanten, im August 2009

Hans-Joachim Schalles

# Die frühkaiserzeitliche Torsionsarmbrust aus Xanten-Wardt – Fundgeschichte, Beschreibung und Datierung

## 1. Vorbemerkungen

- 1.1. Das Röntgenbild
- 1.2. CT-Scans
- 1.3. Freilegung, Restaurierung, Nachbau
- 1.4. Präsentation

## 2. Der Spannrahmen und seine Teile

- 2.1. Vorbemerkungen
- 2.2. Das Holz
- 2.3. Der Mittelständer
  - 2.3.1. Die hölzernen Bauteile [7], [8] und [9]
  - 2.3.2. Eiserne Seitenbeschläge [7.1], [7.2], [8.1], [8.2]; Vierkantnagelpaare [8.3], [8.4]
  - 2.3.3. Frontplatte [12]
  - 2.3.4. Beobachtungen zur Nutzung
- 2.4. Pfeife [1] und Schieber [2]
  - 2.4.1. Pfeife [1]
  - 2.4.2. Schieber [2]
- 2.5. Die Seitenständer [5] und [6] und die Beschlagplatten [5.1] und [5.2]
- 2.6. Die Querträger [3] und [4] und die Eisenreife [3.1] und [4.1]
- 2.7. Die Gegenplatten [3.2] und [4.2]
- 2.8. Die Spannbuchsen [A-D], Spannbolzen [A 1, B 1, D 1] und Vorstecker [B 2, D 2]
- 2.9. Die Verkleidungsbleche
  - 2.9.1. Die Beschlagbleche [3.3] und [4.3]
  - 2.9.2. Das Stirnblech [5.4]
  - 2.9.3. Die Frontbleche [10] und [11]

## 3. Der Montagevorgang

## 4. Datierung

## 5. Abschließende Bewertung und taktischer Einsatz der Waffe

## Abkürzungsverzeichnis

## 1. Vorbemerkungen

1999 lieferte ein Mitarbeiter der Fa. Hülskens GmbH & Co. KG, Wesel/D, ein Konvolut von römischen Funden bei der Außenstelle Xanten des LVR-Bodendenkmalamts ein. Er hatte es im gleichen Jahr im Rahmen der Auskiesungsarbeiten in der Kiesgrube Xanten-Wardt/D gesammelt. Diese Kiesgrube ist für die teilweise exzeptionellen Funde bekannt, die dort seit Beginn der Auskiesungen in den 1980er Jahren geborgen werden konnten und zumeist aus römischer Zeit stammen<sup>1</sup>. Die Bergung geschieht im Rahmen des industriellen Kiesabbaus: Die Objekte, die aus einem Altrheinarm stammen, werden aus sechs bis acht Metern Tiefe empor gebaggert, teils noch auf dem Bagger geborgen, teils auch erst nach dem Transport über lange Förderbänder und bei der Trennung des Materials in verschiedene Korngrößen als nicht verwendbares „Überkorn“ ausgeschieden und dann aufgelesen. Das Konvolut umfasste neben einer Reihe von Keramikscherben, Ziegelbruch und Knochen auch einige Metallteile, darunter einen eisernen Pfahlschuh sowie ein größeres, etwa kastenförmiges Objekt, dessen Funktion zu-

<sup>1</sup> Zu den Funden aus dieser Auskiesung ist eine ganze Reihe von Veröffentlichungen erschienen. Die wichtigste Literatur: D. v. DETTEN/M. GECHTER, Ein römischer Reiterhelm aus Xanten. Arch. Rheinland 1987, 63 f.; H. H. v. PRITTWITZ UND GAFFRON, Ein römischer Reiterhelm aus Xanten-Wardt. In: H. Hellenkemper u. a. (Hrsg.), Archäologie in Nordrhein-Westfalen. Geschichte im Herzen Europas. Schr. zur Bodendenkmalpflege in Nordrhein-Westfalen 1. Ausstellungskat. Köln (Mainz 1990) 216–218; U. SCHÄDLER, Silber- und Bronzegefäße aus dem Altrhein bei Xanten. Ebd. 219–222; H. H. v. PRITTWITZ UND GAFFRON, Der Reiterhelm des Tortikollis. Bonner Jahrb. 191, 1991, 225–241; N. ZIELING, Neue Schildfunde aus Xanten-Wardt. Arch. Rheinland 1990, 84–86; H. BERKEL/J. OBLADEN-KAUDER, Das römerzeitliche Schiff von Xanten-Wardt. Ebd. 1991, 74–77; SCHALLES/SCHREITER 1993; J. OBLADEN-KAUDER, Warum kenterte das römerzeitliche Schiff von Xanten-Lüttingen? Arch. Rheinland 1993, 58 f.; DIES., Das römerzeitliche Plattbodenschiff von Xanten-Wardt. In: H. G. Horn u. a. (Hrsg.), Ein Land macht Geschichte. Archäologie in Nordrhein-Westfalen. Schr. zur Bodendenkmalpflege in Nordrhein-Westfalen 3. Ausstellungskat. Köln (Mainz 1995) 220–222; H.-J. SCHALLES, Römische Funde aus dem Kies von Xanten-Wardt. Ebd. 223–227; DERS., Het vondstcomplex van Xanten-Wardt – Der Fundkomplex von Xanten-Wardt. In: Een leven te paard. Ruiters uit de Lage Landen in het Romeinse leger – Reiten für Rom. Berittene Truppen an der römischen Rheingrenze. Ausstellungskat. Nijmegen/Xanten. Führer u. Schr. Regionalmus. Xanten 41 (Köln 1995) 20–22; DERS., Frühkaiserzeitliche Militaria aus einem Altrheinarm bei Xanten-Wardt. In: C. van Driel-Murray (Hrsg.), Military Equipment in Context. Proceedings of the Ninth Intern. Roman Military Equipment Conference, Leiden 15.–17.9. 1994. Journal Roman Military Equipment Stud. 5, 1994, 155–165; J. OBLADEN-KAUDER, Frühgeschichtliche Lastschiffahrt am Niederrhein und die Ausgrabungen in Xanten-Lüttingen. Nürnberger Bl. der Arch. 1997, 8–20; H.-J. SCHALLES, Beutegut oder Kampfplatzzeugnis? Ergänzende Überlegungen zu den frühkaiserzeitlichen Militaria aus Xanten-Wardt. In: W. Schlüter/R. Wiegels (Hrsg.), Rom, Germanien und die Ausgrabungen von Kalkriese. Intern. Kongress Univ. Osnabrück 2. 9.–5. 9. 1996. Osnabrücker Forsch. zu Altertum und Antike-Rezeption 1 (Osnabrück 1999) 207–225; DERS., Ausgewählte Funde zur frühkaiserzeitlichen Reiterei aus Xanten. In: M. Kemkes/J. Scheuerbrandt (Hrsg.), Fragen zur römischen Reiterei. Kolloquium Limesmus. Aalen 25.–26. 2. 1998. Schr. Limesmus. Aalen 51 (Stuttgart 1999) 49–54; DERS., „Schräge Vögel“ – Drei Bronzekasserollen römischer Zeit aus Xanten. In: H. G. Horn u. a. (Hrsg.), Fundort Nordrhein-Westfalen. Millionen Jahre Geschichte. Schr. zur Bodendenkmalpflege in Nordrhein-Westfalen 5, Ausstellungskat. Köln (Mainz 2000) 280–282; DERS./J. KEMPKENS, Ein neuer Helm vom Typ Weisenau aus Xanten. Arbeitsbl. für Restauratoren 1, 2001, 355–362; I. MARTELL, Ein römischer Dolch aus dem Kies bei Xanten. In: H. G. Horn u. a. (Hrsg.), Von Anfang an. Archäologie in Nordrhein-Westfalen. Schr. zur Bodendenkmalpflege in Nordrhein-Westfalen 8, Ausstellungskat. Köln (Mainz 2005) 382–383; H.-J. SCHALLES, Germanische Schildfesseln und die *cohortes Batavorum*. In: M. Müller (Hrsg.), Xantener Ber. 14. Grabung – Forschung – Präsentation (Mainz 2006) 213–224; DERS., Een ruitershelm met bekleding uit Xanten. Ein Reiterhelm mit Fellbezug aus Xanten. In: Achter het zilveren masker. Nieuw onderzoek naar de productietechnieken van Romeinse ruitershelmen. Hinter der silbernen Maske. Neue Untersuchungen zur Herstellungstechnik römischer Reiterhelme. Ausstellungskat. Nijmegen, Bonn (2007) 17–20.



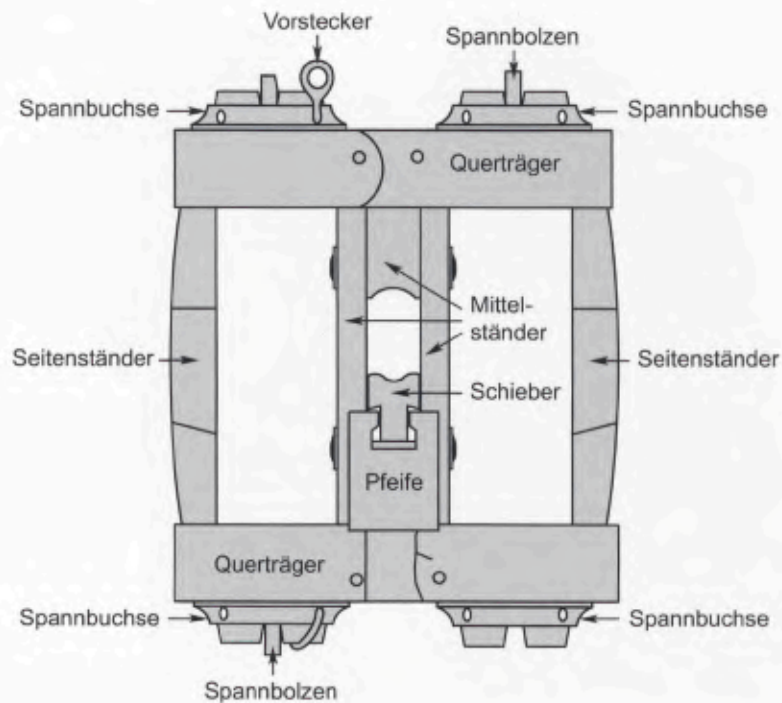


1 Spannrahmen des Torsionskatapults, Vorderseite. Vorzustand.

nächst unklar blieb, weil es – wie alle Eisengegenstände – fast völlig von einer Sand- und Kieskruste überzogen war (Abb. 1)<sup>2</sup>. Der gesamte Komplex gelangte Ende des Jahres 2000 als Teil der routinemäßig durchgeführten Ankäufe aus dieser Auskiesung in das damalige Regionalmuseum Xanten (heute LVR-RömerMuseum im Archäologischen Park Xanten)<sup>3</sup>. Da eine unmittelbare Gefährdung nicht bestand und die restauratorische

<sup>2</sup> Es wurde dort unter der Nr. Ni 0099/0093 erfasst.

<sup>3</sup> Für kritische Hinweise, Hilfen und Diskussionsbeiträge bin ich L. Allason-Jones (Newcastle upon Tyne), D. Baatz (Darmstadt), M. Becker (Bad Homburg v.d.H.), W.S. Hanson (Glasgow), I. Kappesser (Mainz), J. Kempkens und T. Lupak (Haelen), A. Ley-Schalles (Xanten), B. Liesen (Xanten), Ch. Miks (Köln), M. Müller (Xanten), M. Reuter (Xanten), M. Scholz (Mainz), M. Wieland (Köln) und F. Willer (Bonn) zu Dank verpflichtet.



2 Spannrahmen, Bezeichnungen der Bestandteile.

Bearbeitung bereits zuvor erworbener Metallobjekte erst abgeschlossen werden musste, wurde der Fund wie viele andere Metallfunde auch zunächst auf die Liste der noch zu restaurierenden Gegenstände gesetzt. Im Oktober 2002 wurde die Firma Restaura (Jo Kempkens/Ton Lupak) in Haelen/NL mit der Freilegung und Sicherung des Objekts beauftragt. Die entsprechenden Maßnahmen, die sich über beinahe zwei Jahre hin zogen, werden weiter unten ausführlich dargestellt (s. Beitr. KEMPKE/KUPAK).

Der Zustand des Fundes hatte zunächst keine Rückschlüsse über Erhaltung und Funktion zugelassen, sondern zusätzliche Entscheidungshilfen bezüglich des konservatorischen Vorgehens gefordert. Um den Charakter des Objekts zu klären und erste Anhaltspunkte dafür zu gewinnen, in welchen Schritten seine Freilegung und Konservierung erfolgen könne, wurden deshalb zunächst eine konventionelle Röntgenaufnahme angefertigt und auf dieser Grundlage erste zeichnerische Skizzen angelegt. Bereits in einer ersten Auswertung konnte es als Spannrahmen eines Torsionskatapults bestimmt werden<sup>4</sup>. Im Verlauf der weiteren Untersuchung wurden sämtliche Bauteile dieses Spannrahmens nummeriert bzw. benannt; diese Nummern werden im Folgenden zur Vermeidung von Unklarheiten bei der Ansprache der Teile grundsätzlich mit angeführt. Die Beschreibung (rechts/links) erfolgt aus der Perspektive des Nutzers, d. h. aus der Blickrichtung hinter dem Katapult.

Der Aufbau eines solchen Spannrahmens (*capitulum*, *πλινθίον*) ist durch mehrere antike Autoren, unter ihnen Heron, Philon von Byzantion und Vitruv, überliefert (Abb. 2)<sup>5</sup>. Vedennius Moderatus, *architectus armamentarii*, ließ gegen Ende des 1. Jahrhunderts n. Chr. ein Torsionskatapult in Vorderansicht auf seinem Grabstein dar-

<sup>4</sup> Die erste Vermutung in dieser Richtung äußerte P. Becker, Restauratorin des LVR-Archäologischen Parks / RömerMuseums Xanten.

<sup>5</sup> Heron Belop. 91 ff.; Phil. Belop.; Vitruv. 10,10–12; alle drei Texte ediert und kommentiert von MARSDEN 1971. Vgl. auch MARSDEN 1969, 16 ff.





3 Rom, Vatikan, Galleria Chiaramonti Inv. 1842. Grabstein des C. Vedennius Moderatus mit Darstellung eines Torsionskatapults. Um 100 n. Chr.

stellen, dessen Spannrahmen sehr detailgetreu wiedergegeben ist; der Stein steht heute in den Vatikanischen Museen in Rom (Abb. 3). Der Rahmen ist eine im Prinzip kastenförmige, in zwei Kammern geteilte Konstruktion. Die Kammern werden dadurch gebildet, dass drei vertikale hölzerne Bauelemente auf einen horizontalen Holzträger montiert und oben mit einem entsprechenden Gegenstück geschlossen werden. Diese beiden horizontalen Bauteile werden als Querträger (*peritretus*, *περίτρητον*) bezeichnet. Das zentrale Bauelement ist der meist aus zwei Brettern bestehende Mittelständer (*parastas media*, *μεσοστάς*), der die weiteren, zum Verschießen von Pfeilen erforderlichen Bauteile (Schieber – *canalis fundus*, *διώστρα*, *χελώνιον* – und Pfeife – *canalis*, *σύριγξ*) aufnimmt. Links und rechts vom Mittelständer sind in einem gewissen Abstand die beiden Seitenständer (*parastas dextra et sinistra*, *παραστάται*) platziert. Alle drei Ständer sind oben und unten fest mit dem Querträger verbunden. In den Querträgern befinden sich je zwei in der Achse der beiden Kammern angeordnete Durchbohrungen (*foramina*)<sup>6</sup>. Sie dienen zur Aufnahme der vier Buchsen (*modii*, *χοινικίδες*) aus Kupferlegierung, mit deren Hilfe die Seile des Katapults gespannt werden. Das Spannseil (*rudens*, *τόνος*) sitzt senkrecht in der Kammer und verläuft über zwei in den gegenständig angeordneten Spannbuchsen sitzende Spannbolzen (*epizygides*, *ἐπιζυγίδες*). Jedes der beiden Spannseile nimmt einen Arm (*bracchium*, *ἀγκών*) des Katapults auf. Damit die gewünschte Vorspannung des Seils erhalten bleibt, werden die Buchsen mit Hilfe von Vorsteckern arretiert.

<sup>6</sup> Das *foramen* bezeichnet nicht nur diese Rundlöcher in den Querträgern, sondern zugleich auch das Modul, aus dem sich die Pfeillängen der Waffen errechnen: Vitruv. 10,10,10.



4 Spannrahmen des Torsionskatapults, Rückseite. Röntgenbild.

### 1.1. Das Röntgenbild

Bereits auf dem Röntgenbild waren die Form und etliche konstruktive Details des Spannrahmens gut zu erkennen, obwohl die Teile auf der Aufnahme in einer Ebene liegen und es durch den Parallaxeneffekt des Bildes zu Verschiebungen kommt (Abb. 4). Der auffällige dunkle, kleine t-förmige Hohlraum in der Bildmitte markiert die ehemalige Position des Schiebers [2]. Er wird flankiert von zwei schmalen senkrechten Hohlräumen, die die Bretter des Mittelständers [7/8] hinterlassen haben. Die hochrechteckigen dunklen Bereiche links und rechts des Mittelständers bezeichnen die beiden Kammern, in denen

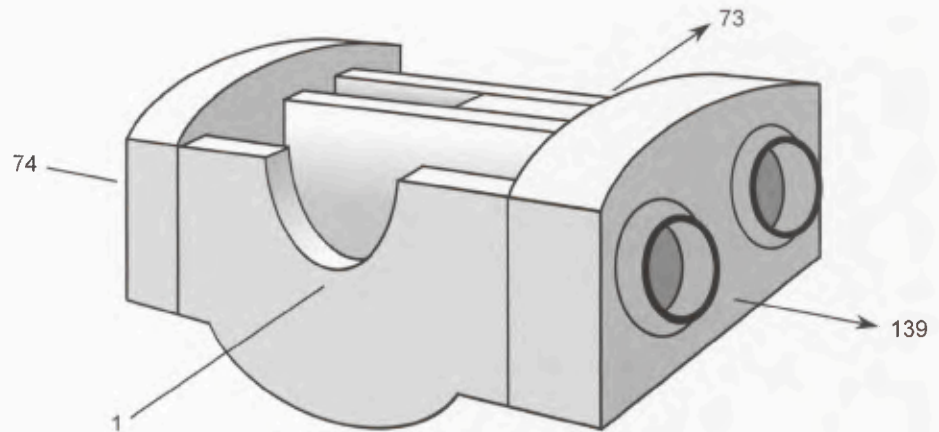
ursprünglich die Spannseile des Katapults saßen. Der linken Kammer auf dem Bild fehlt ihre äußere Begrenzung, da der betreffende Seitenständer [6] verloren ist. Etwas diffus im Röntgenbild wiedergegeben wird der gegenüber liegende rechte Seitenständer [5]. Als dunklere horizontale Strukturen unten und oben sind die beiden Querträger [3] und [4] sichtbar. Die vier helleren, glockenförmigen Gebilde, die unter bzw. auf dem jeweiligen Querträger sitzen, werden durch den Röntgenshatten der vier bronzenen Spannbuchsen [A-D] verursacht. Weitere Metallteile des Spannrahmens waren schwierig zu deuten, was besonders beim Eisen durch die starke Korrosion verursacht war, die bei manchen Nieten nur noch Hohlräume hinterlassen hat. Diese zeichnen sich allerdings z. T. als hellere Stellen auf dem Bild ab, so etwa die beiden großen Vierkantnägel [8.3], die horizontal durch den Mittelständer [7/8] getrieben worden sind. In der Mitte der beiden Querträger sind zwischen den Buchsen die hellen länglichen Röntgenshatten der Bolzen [3.4] und [4.4] zu sehen. Gut erkennbar sind die hellen kreisförmigen Flächen der bronzenen Nägel [3.5] und [4.5] sowie oben der große Nagel [4.6], mit denen die Beschlagbleche [3.3 bzw. 4.3] auf den Querträgern befestigt waren.

## 1.2. CT-Scans

Im Röntgenbild war deutlich geworden, welch herausragenden Zeugniswert das Objekt für unsere Kenntnis der antiken Waffentechnologie besitzt. Der Spannrahmen aus Xanten-Wardt war der erste direkte Nachweis eines Torsionskatapults in Deutschland und der vierte komplexe Fund einer solchen Waffe überhaupt in der römischen Welt<sup>7</sup>. Noch viel bedeutsamer war jedoch, dass durch die besonderen Einlagerungsbedingungen des Fundstücks im feuchten Milieu eines ehemaligen Flussbettes der Erhaltungsgrad exzeptionell war: Die Metallteile des Spannrahmens wurden nicht disloziert, sondern im Ver-

<sup>7</sup> Vgl. u. Abschn. 5. Ein Hortfund von Katapultpfeilspitzen aus dem Hauptlager von Haltern lieferte den ersten archäologischen Beleg für diese Waffe in Deutschland; die Publikation durch Schramm vor etwas mehr als 100 Jahren bildete zugleich den Ausgangspunkt für die Katapultforschung: E. SCHRAMM, Mitt. Alt.-Komm. Westfalen 4, 1905, 121 ff. Zu den Funden von Spannbuchsen-gussformen vom Auerberg in Bayern vgl. BAATZ 1994e. Inzwischen ist ein weiteres, aus der *Germania magna* (Herlheim in Mainfranken) stammendes Fundstück – das Fragment einer Spannbuchse mittleren Kalibers – bekannt geworden: B. STEIDL, Römische Waffen und Ausrüstungsteile der mittleren Kaiserzeit aus dem germanischen Mainfranken. In: G. Seitz (Hrsg.), Im Dienste Roms. Festschr. H. U. Nuber (Remshalden 2006) 312 f. Abb. 4.2 (frdl. Hinweis M. Reuter, Xanten). Hinzu kommen ein Kambestrian aus Elenovo/BG (A. MINCHEV, A Kambestrian – detail of a Roman Torsion Catapult found at Thracia. In: Weapons and Military Equipment during the Late Antiquity and the Middle Ages, 4<sup>th</sup>–15<sup>th</sup> centuries. Acta Musei Varnaensis I [Varna 2000] 7 ff.) sowie drei Spannbuchsen, zwei Seitenständerbeschläge und eine Gegenplatte eines wohl frühkaiserzeitlichen Katapults aus At Meydani bei Zeugma/TR ([www.mavors.org/de/projects\\_2.htm](http://www.mavors.org/de/projects_2.htm)); diese beiden Hinweise verdanke ich D. Baatz. Eine aktuelle Fundliste von Katapultteilen (ohne die zuletzt genannten Stücke) jetzt bei RIHL 2007, 295 ff.; vgl. aber zu dieser Publikation die Besprechung von D. B. CAMPBELL, American Journ. Arch. Online Book Review 12.1, Jan. 2008, 1 ff. Weit. Lit.: SCHRAMM 1918; MARSDEN 1969; MARSDEN 1971; GUDEA/BAATZ 1974; BAATZ 1978a; BAATZ 1978b; BAATZ 1980; BAATZ 1982; BAATZ 1985; CAMPBELL 1986; BAATZ 1991; BAATZ 1994a; BAATZ 1994b; BAATZ 1994c; BAATZ 1994d; BAATZ 1994e; VICENTE u. a. 1997; MIKS 2001; CAMPBELL 2003; WILKINS 2003; SÁEZ ABAD 2005. – Der Begriff „Torsionskatapult“ charakterisiert die Funktionsweise der Waffe am besten. Das Katapult „bezeichnet im allgemeinen eine Maschine, die Antriebsenergie in Bewegung (Bewegungsenergie) umsetzt mit der Zielsetzung, einen Gegenstand aus dem ruhenden Zustand in einen bewegten Zustand zu versetzen“ ([de.wikipedia.org/wiki/Katapult](http://de.wikipedia.org/wiki/Katapult)); die dafür notwendige Energie wird durch Torsion von Seilbündeln erzeugt, in denen die Arme stecken.





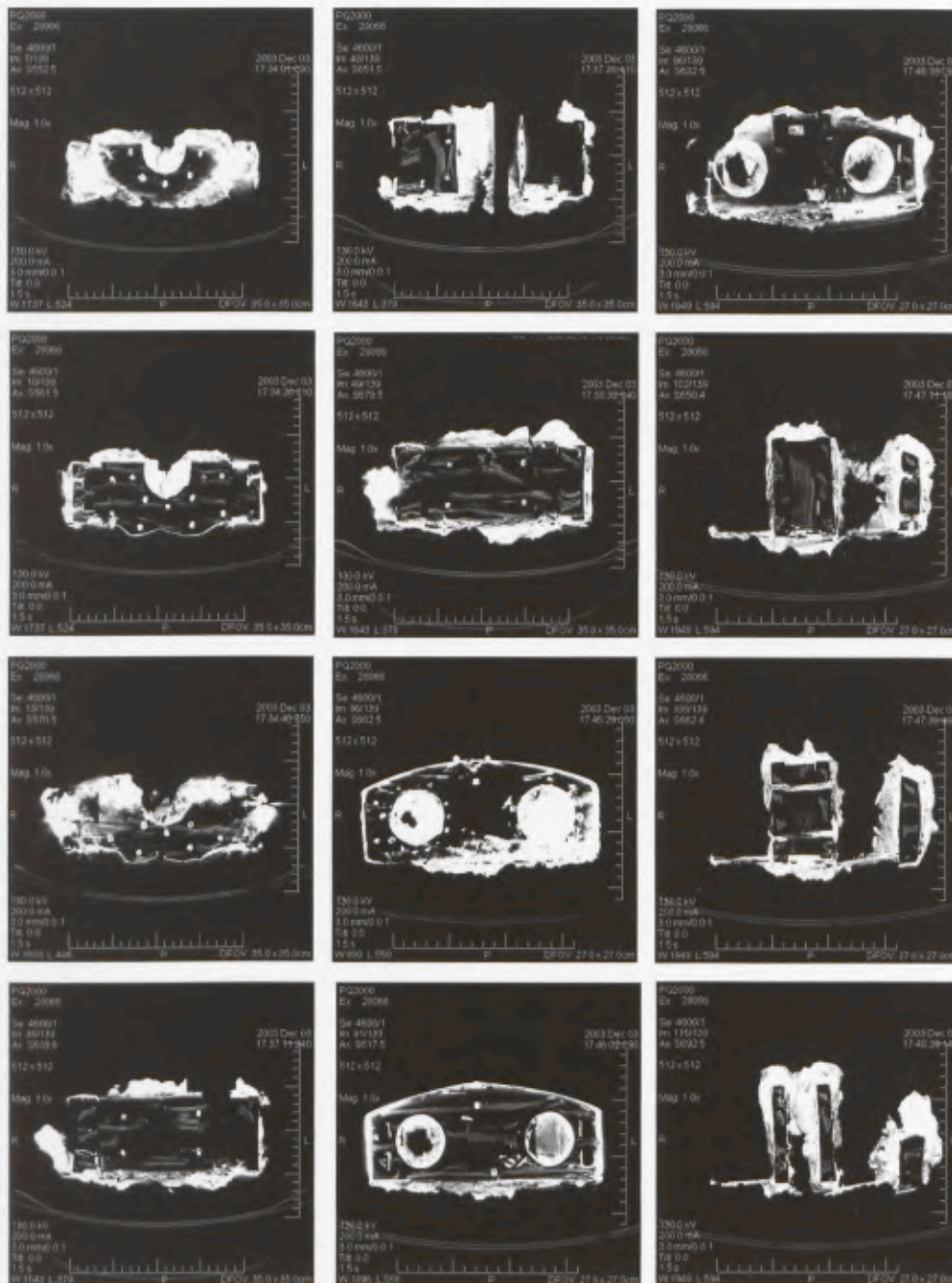
5 Schema des in zwei Ebenen erfolgten CT-Scanvorgangs.

bund vorgefunden; hölzerne Teile der Konstruktion schienen noch in nennenswertem Umfang vorhanden zu sein. Die Einkapselung der ehemaligen Konstruktion als Hohlraum in der aus Sand, Kies und Eisenoxid gebildeten Korrosion bot erstmals die Chance, technische Details in einer bis dahin nie gekannten Genauigkeit zu studieren, vor allem die konstruktiven Verbindungen zwischen Metall- und Holzteilen zu untersuchen und zu dokumentieren.

Die Röntgenaufnahme brachte aber auch ans Licht, dass die notwendige Freilegung und Restaurierung nicht allein wegen des fragilen Erhaltungszustands mit erheblichen Risiken verbunden war. Die in den Hohlräumen erhaltenen Reste der Konstruktion sollten so weit möglich geborgen werden, die nur noch als Negativ vorhandenen Konstruktionsteile erhalten bleiben. Weil die eindimensionale Wiedergabe des Befundes im Röntgenbild zahlreiche Detailfragen offen gelassen hatte, die es zur Absicherung der restauratorischen Vorgehensweise noch vor Beginn der Arbeiten am Objekt zu klären galt, wurden daher zusätzlich computertomografische Scans durchgeführt. Dabei wurde der Spannrahmen in zwei Ebenen – horizontal von rechts nach links und vertikal von oben nach unten – in einem Abstand von jeweils 3 mm durchleuchtet und dokumentiert (Abb. 5). Insgesamt entstanden auf diese Weise 139 Aufnahmen, die einen umfassenden Einblick in das Innere des Objekts gewährten<sup>8</sup>. Die beigefügten Bilder zeigen eine Auswahl (Abb. 6)<sup>9</sup>. Die Bilder links und die beiden oberen Bilder der mittleren Reihe zeigen von oben nach unten Ansichten der horizontalen Scans; der Spannrahmen liegt auf seiner Vorderseite. Deutlich erkennbar ist die halbkreisförmige Ausnehmung für den linken Arm des Katapults, gut zu sehen sind auch die Metallbeschläge des Rahmens und die hellen Punkte, die von stark korrodierten eisernen Nieten verursacht werden. Das obere Bild der mittleren Reihe gibt in scharfem Kontrast zur hellen Umgebung den (hier senkrecht liegenden)

<sup>8</sup> 70 Aufnahmen entfallen auf die horizontale, 66 auf die vertikale Achse. Drei Bilder sind Gesamtansichten des Spannrahmens. Querträger [3] wurde nicht gescannt. – Bei der Untersuchung antiker Großbronzen werden computertomografische Untersuchungen zur Klärung technischer Fragen inzwischen häufiger angewandt; vgl. etwa J. GOEBBELS in: W. D. Heilmeyer, *Der Jüngling von Salamis* (Mainz 1996) 22 ff.; J. GOEBBELS/P. ILLERHAUS/D. MEINEL, *Computertomografie des Betenden Knaben*. In: G. Zimmer/N. Hackländer, *Der betende Knabe* (Frankfurt a. M. 1997) 155 ff.

<sup>9</sup> Die Bilder tragen die laufenden Nummern 0007, 0010, 0013, 0036, 0040, 0049 (horizontale Ansichten), 0086, 0091, 0096, 0102, 0106, 0116 (vertikale Ansichten). Weitere Aufnahmen werden fallweise hinzugezogen.



6 Auswahl von CT-Scans.

Schacht von Pfeife [1] und Schieber [2] wieder, das Bild darunter den Hohlraum eines der beiden Bretter [7] des Mittelständers. Die sechs folgenden Bilder sind bei der vertikalen Erfassung entstanden. Besonders prägnant in dieser Ansicht sind die beiden runden Löcher für die Spannbuchsen [A] und [B], im Bild rechts unten der Schnitt durch die schmalen Hohlräume der Bretter des Mittelständers [7/8]. Gut erkennbar sind auf nahezu allen Bildern die zahlreichen in den Hohlräumen befindlichen, stark geschrumpften und als unregelmäßige graue Strukturen erscheinenden Holzreste der Konstruktion.



### 1.3. Freilegung, Restaurierung, Nachbau

Mit den durch Röntgen und CT-Scans gewonnenen Einsichten in das Objekt begann der beinahe zwei Jahre währende Prozess der Freilegung und Restaurierung des Katapults; er war im August 2004 abgeschlossen. Die Details werden unten in einem umfassenden Bericht vorgelegt (s. Beitr. KEMPKE/LUPAK). Etwa zur gleichen Zeit wurde ein Nachbau der Waffe fertig gestellt. Da der Xantener Fund erstmals die Möglichkeit geboten hatte, den Aufbau eines Holzrahmens für ein kleines Torsionskatapult zu studieren, war im Verlauf der Restaurierungsarbeiten die Anfertigung einer Rekonstruktion beschlossen worden. Mit ihr wurde Alexander Zimmermann beauftragt, der mit der „Vexillatio Leg. VIII Augusta“ bereits auf erhebliche Erfahrungen im Bau römischer Torsionswaffen zurückgreifen konnte. Die Arbeit an dieser Rekonstruktion wird ebenfalls weiter unten geschildert (s. Beitr. ZIMMERMANN).

### 1.4. Präsentation

Originalfund und Nachbau wurden erstmals von März 2005 bis zum Februar 2006 im Rahmen der Archäologischen Landesausstellung Nordrhein-Westfalen – zunächst im Römisch-Germanischen Museum Köln/D, dann im LWL-Museum für Archäologie in Herne/D – in der Öffentlichkeit gezeigt. Die Vorstellung des Fundes in kleineren Vorträgen im Rheinland, in zwei knappen Vorberichten und im Katalog zur Ausstellung sorgten dann in der Fachwelt wie auch bei verschiedenen Re-enactment-Gruppen für Aufsehen, wie an den betreffenden Diskussionsforen zu sehen war<sup>10</sup>. Die Waffe wurde international auf der 15. Roman Military Equipment Conference 2005 in Budapest/HU und auf dem 20. Internationalen Limeskongress 2006 in Leon/E bekannt gemacht. Zuletzt wurde sie im Sommer 2007 im Rahmen einer kleinen, für die 16. Roman Military Equipment Conference in Nijmegen/NL arrangierten Präsentation sowie in der Ausstellung *Krieg und Frieden* im LVR-Landesmuseum Bonn/D gezeigt. Die Rekonstruktion wurde in ein Forschungsprojekt zur Herstellungstechnik römischer Reiterhelme und zu antiken Schmiedetechniken einbezogen<sup>11</sup>. Mittlerweile wurde der Fund, der jetzt in der Dauerausstellung des LVR-RömerMuseums im Archäologischen Park Xanten zu sehen ist, auch in mehreren einschlägigen Veröffentlichungen von dritter Seite erwähnt<sup>12</sup>.

<sup>10</sup> H.-J. SCHALLES, Eine römische Torsionswaffe aus Xanten. Archäologie im Rheinland 2003 (Stuttgart 2004) 107–108; DERS., Seltene römische Waffe. Arch. Deutschland H. 4, 2004, 52–53; DERS., Eine frühkaiserzeitliche Torsionswaffe aus Xanten-Wardt. In: H. G. Horn u. a. (Hrsg.), Von Anfang an. Archäologie in Nordrhein-Westfalen. Schr. zur Bodendenkmalpflege in Nordrhein-Westfalen 8, Ausstellungskat. Köln (Mainz 2005) 378–381.

<sup>11</sup> H.-J. SCHALLES, Eine frühkaiserzeitliche *Manuballista* aus Xanten am Niederrhein. In: A. Morillo/N. Hanel/E. Martín (Hrsg.), Limes XX. Estudios sobre la Frontera Romana/Roman Frontier Studies. Anejos de Gladius 13/3 (Madrid 2009) 1353–1359; R. MEIJERS/H.-J. SCHALLES/F. WILLER, Schietproeven met een reconstructie van een Romeins geschut op specifieke metaalplaten. Schussexperimenten mit einer rekonstruierten römischen Torsionswaffe auf definierte Metallbleche. In: Achter het zilveren masker. Nieuw onderzoek naar de productietechnieken van Romeinse ruitershelmen. Hinter der silbernen Maske. Neue Untersuchungen zur Herstellungstechnik römischer Reiterhelme. Ausstellungskat. Nijmegen, Bonn (2007) 69–76.

<sup>12</sup> Das Kurzreferat der ROMEC ist in Druck. – BISHOP/COULSTON 2006, 88 f.; RIHLL 2007, 198 f. 203 f. 216. 218. 253. 290. 292. 296.

## 2. Der Spannrahmen und seine Teile

### 2.1. Vorbemerkungen

Der hölzerne Spannrahmen mit den entsprechenden Metallteilen ist, vom linken Seitenständer [6] (*parastas sinistra*) und dessen Beschlägen abgesehen, nahezu komplett erhalten; dieser Ständer ist offenbar bei der Bergung durch den Bagger abgebrochen<sup>13</sup>. Vorhanden sind auch noch alle vier Spannbuchsen, drei der vier Spannbolzen, ein kompletter Vorstecker sowie weitere Überreste dieser Sicherungsstifte. Dieser Zustand lässt mit größter Sicherheit vermuten, dass der Rahmen noch mit seinen Spannseilen bestückt gewesen sein muss, als er in den Rhein geriet; andernfalls wären die Spannbolzen und wohl auch die -buchsen sofort heraus gefallen und verloren gegangen<sup>14</sup>. Erst nachdem der Korrosionsprozess dafür gesorgt hatte, dass die Buchsen am Rahmen fest gerostet waren, dürften die Seile vergangen sein.

Nach kurzen Bemerkungen zum Material, aus dem der Rahmen gefertigt wurde, werden der Aufbau des Spannrahmens und dessen einzelne Teile beschrieben. Diese Beschreibung nach verschiedenen Materialien zu trennen ist wenig sinnvoll, da sonst wichtige funktionelle Zusammenhänge verloren gehen würden. Stattdessen werden nach Möglichkeit diejenigen Bauteile zusammen vorgestellt, die auch ein funktionales Ganzes bilden.

In die Beschreibung sind Beobachtungen eingegangen, die während der Freilegung durch die Restauratoren Jo Kempkens und Ton Lepak gemacht wurden, und Überlegungen eingeflossen, die im Rahmen der Diskussionen zwischen allen Beteiligten in der Werkstatt angestellt wurden. Wer dabei welchen Gedanken entwickelt hat, ist bei solchen Prozessen nicht immer ausdifferenzieren und letztlich auch nicht entscheidend. An dieser Stelle sei aber nochmals insbesondere den Restauratoren gedankt, ohne deren immer waches Auge und Engagement viele dieser Beobachtungen nicht gemacht worden wären.

### 2.2. Das Holz

Einzelheiten zur Holzbestimmung und die konstruktiven Details der Verbindungen werden weiter unten dargestellt (vgl. u. Beitr. KEMPKENS/LUPAK, Abschn. 1.4) Die hölzernen Teile des Spannrahmens bestehen aus Gemeiner Esche (*fraxinus excelsior*). Das Holz dieses in ganz Europa heimischen Laubbaums ist schwer und zugleich hart; es hat einen nur geringen Schwund<sup>15</sup>. Die Werte für Zug-, Druck-, Biege- und Scherfestigkeit lassen sich mit denen der Eiche vergleichen und übertreffen diese z.T. noch. Die sog. Bruchschlag-

<sup>13</sup> Vgl. u. Beitr. KEMPKENS/LUPAK, Abschn. 3.6.

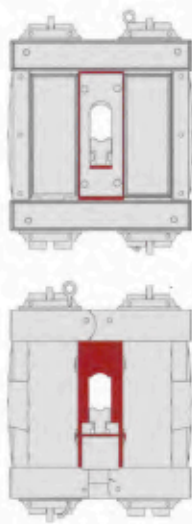
<sup>14</sup> Vgl. dagegen den Erhaltungszustand der Katapultteile von Cremona, die wohl als nach der Schlacht verborgenes, von den Holzteilen der Waffen entferntes Plünderungsgut anzusehen sind: BAATZ 1980, 293.

<sup>15</sup> Die Eigenschaften von Eschenholz sind den Angaben auf [www.fswood.com/deutsch/detail/esche\\_eigenschaften.htm](http://www.fswood.com/deutsch/detail/esche_eigenschaften.htm) und [www.sdw.de/pdf/esche.pdf](http://www.sdw.de/pdf/esche.pdf) entnommen. Weitere Auskünfte verdanke ich H. J. Lemke (Zentrum Holzwirtschaft im Fachbereich Biologie der Universität Hamburg). Vgl. dazu auch D. BAATZ, Katapulte – Physik und Materialeigenschaften. In: A. Busch/H.-J. Schalles (Hrsg.), *Waffen in Aktion. Akten 16. Intern. Roman Military Equipment Conference, Xanten 13.–16.6.2007*. Xantener Ber. 16 (Mainz 2009) 257 f.

arbeit – eine Kenngröße für das Verhalten des Holzes bei schlagartiger Beanspruchung – ist hervorragend. Die hohe Elastizität, Biegsamkeit und Abriebfestigkeit, verbunden mit einer bei anderen heimischen Hölzern kaum erreichten Zähigkeit, machen Eschenholz zu einem Werkstoff, der bereits in der Antike auch zum Waffenbau verwendet wurde: Schon in der Ilias wird Hektor durch einen von der Hand Achills geschleuderten Speer aus Eschenholz getötet. Noch heute werden aus diesem Holz Sportgeräte – Skier, Speere oder Bögen –, aber auch stark beanspruchte Werkzeugteile wie Hammerstiele hergestellt. Die Eigenschaften der Esche waren denkbar gut geeignet, die erheblichen Kräfte aufzunehmen, die bei der Benutzung einer solchen Torsionswaffe entstehen. So wird im Katapult-Traktat des Philon von Byzantion Esche (μελία) als Baumaterial für Spannrahmen zweimal ausdrücklich empfohlen<sup>16</sup>. Aus Dura Europos ist ein Eschenholzpfel überliefert. Auch Schilde konnten aus Esche gefertigt sein<sup>17</sup>.

### 2.3. Der Mittelständer (Abb. 7–8)

#### 2.3.1. Die hölzernen Bauteile [7], [8] und [9]



Der Mittelständer (*parastas media*, μεσοστάς) besteht aus drei hölzernen Bauteilen: zwei vertikal angeordneten hochrechteckigen Brettern [7] und [8] sowie einem dazwischen befindlichen Block [9]. Die Bretter messen  $183 \times 85$  mm, ihr Dm. liegt bei 13,4 mm. Für eine kraftschlüssige Verbindung mit den Querträgern [3] und [4] sind die Enden der Bretter jeweils zu ca. 15 mm langen, im Querschnitt  $13\text{--}14 \times 16$  mm messenden Fingerzapfen ausgeschnitten worden, so dass sich das lichte Längenmaß der Bretter auf 153 mm reduziert. Block [9] wurde als Abstandhalter oben zwischen den Brettern montiert. Seine Oberseite liegt plan an Querträger [4] an. Die L. des Blocks beträgt 78 mm, die Br. 27 mm, die H. außen 44 mm. Durch dieses kürzere Längenmaß schließt der Block nicht plan mit den Vorder- und Hinterkanten der Bretter des Mittelständers

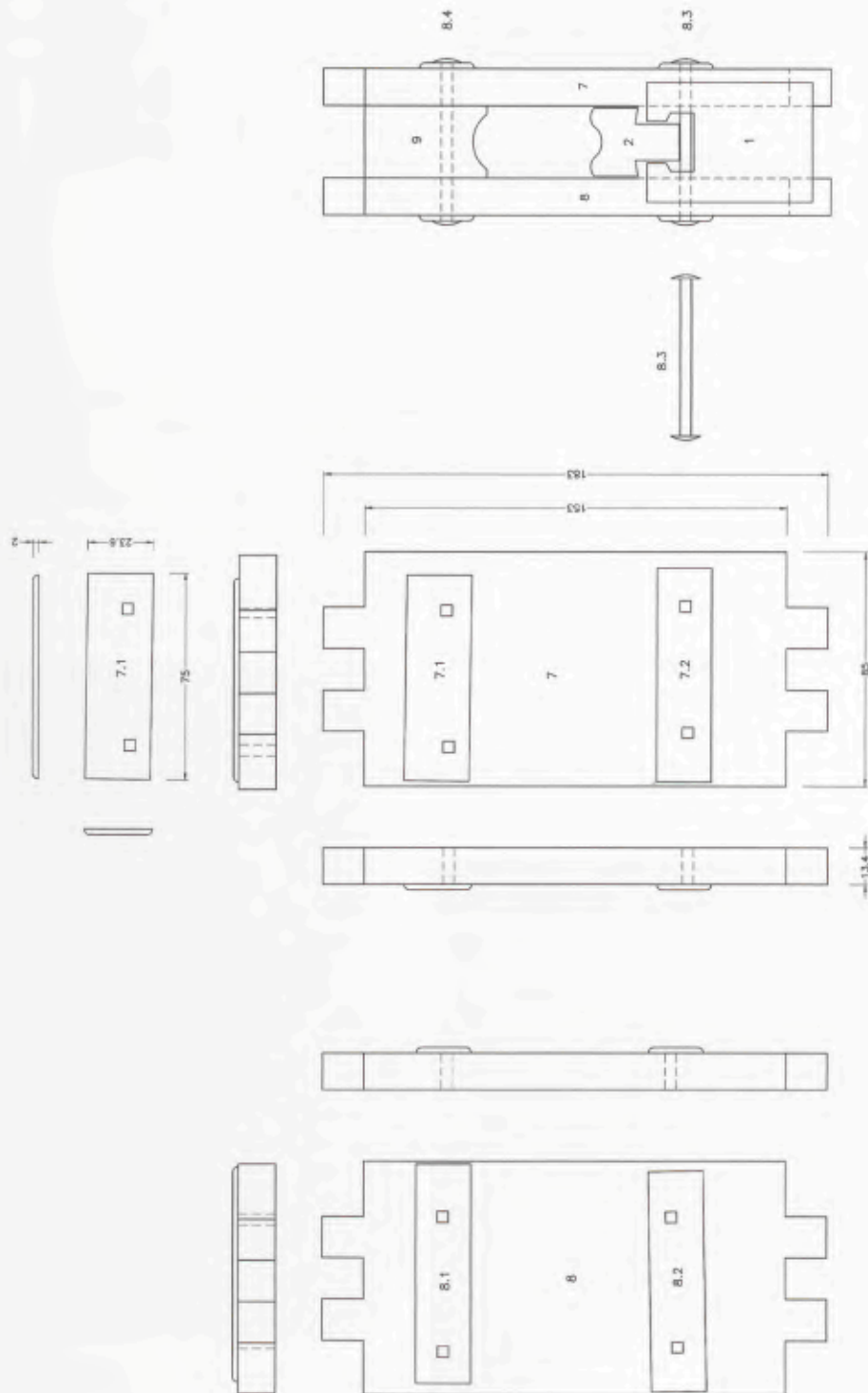
ab, sondern springt jeweils ein wenig ein (Abb. 9). Gut zu sehen ist dies auf der unverdeckten Rückseite des Katapults. Dort hat die Abformung auch die Struktur des Hirnholzes und die Laufrichtung der Maserung bewahren können (Abb. 10). Auf der Unterseite weist Block [9] auf seiner gesamten Länge eine Hohlkehle auf, so dass die Scheitelhöhe des Blocks dort nur 38 mm beträgt (Abb. 11). Die Bretter [7] und [8] sowie Block [9] sind



7 Spannrahmen des Torsionskatapults, Rückseite. Mittelständer Brett 7 und 8.

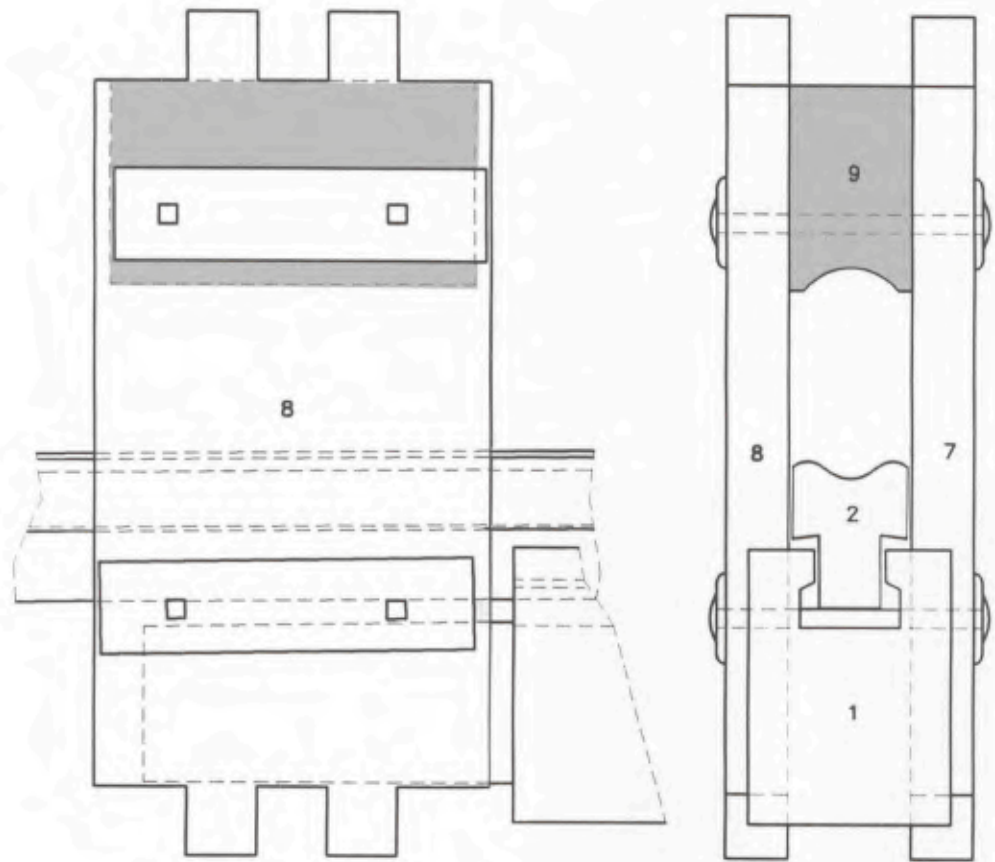
<sup>16</sup> Phil. Belop. 62,6. 66,21 (frdl. Hinweis D. Baatz).

<sup>17</sup> Pfeil aus Dura Europos: MfKS 2001, 201. – Schilde aus Nydam: A. NABBEFELD, Römische Schilde. KSARP 10 (Rahden 2008) 138 f. Nr. 15. 17. 20.



8 Mittelständer Brett 7 und 8 mit den Beschlagblechen 7.1 und 7.2 bzw. 8.1 und 8.2. Rechts in montiertem Zustand mit Block 9, Pfeife 1 und Schieber 2.





9 Block 9 (grau) Seitenansicht und Querschnitt.

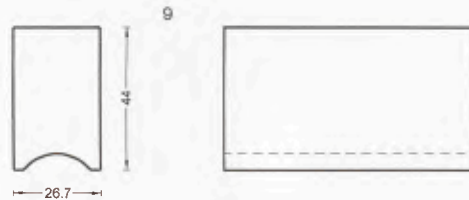


durch zwei massive, vierkantig geformte Nägel bzw. Bolzen von vierkantigem Querschnitt [8.4] miteinander befestigt. Ihr Abstand zur inneren Oberkante des Mittelständers beträgt ca. 30 mm. Die Vierkannägel wurden durch die Bretter durchgeschlagen und auf der Gegenseite vernietet. Beim Durchschlagen des hinteren Nagels wurde der Block gespalten, wie ein schmaler Riss auf dessen Rückseite zeigt (vgl. Abb. 10).

10 Block 9 (Rückseite) zwischen den Brettern des Mittelständers.

## 2.3.2. Eiserne Seitenbeschläge [7.1], [7.2], [8.1], [8.2]; Vierkant-nagelpaare [8.3], [8.4]

Um ein Ausreißen der Vierkantnägel zu verhindern und den Druck der Nietköpfe zu verteilen, wurde der Mittelständer hier außen noch durch zwei schmale, mehr oder weniger horizontal angeordnete Eisenbeschläge [7.1] und [8.1] verstärkt (Abb. 8, 12). Die H. dieser Seitenbeschläge differiert zwischen 20 mm [8.1] und 23,6 mm [7.1], die L. zwischen 75 mm [7.1] und



11 Block 9, Ansicht und Querschnitt.

79 mm [8.1]. Der Dm. beträgt ca. 2 mm. Der Abstand der Beschläge zur Oberkante der Seilkammer ist nicht gleichmäßig; er liegt bei 15 mm [7.1] bzw. 20 mm [8.1]. Beide Beschläge sind nicht ausgemittelt worden, sondern zur hinteren Kante der Bretter [7] und [8] orientiert. Dass dies aber nicht unbedingt ein Konstruktionsprinzip gewesen sein muss, lassen ihre unteren Gegenstücke vermuten (s. dort). Bedingt durch die unterschiedliche Länge der Beschläge, ist auch der Abstand zur Vorderkante der Bretter nicht gleich. Auf eine symmetrische Positionierung der Löcher zur Aufnahme der Vierkantnägel [8.4] in den Seitenbeschlägen hat man anscheinend keinen Wert gelegt: Während die Löcher in Seitenbeschlag [8.1] einen einigermaßen gleichen Abstand zur Ober- und Unterkante des Beschlags aufweisen, sind die entsprechenden Ausnehmungen in Seitenbeschlag [7.1] nach unten verschoben.



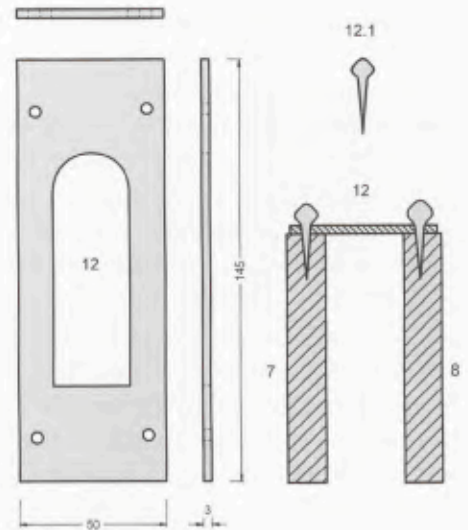
12 Beschläge 8.1 (oben) und 8.2 auf Mittelständer Brett 8.

Den beiden Beschlägen im oberen Teil des Mittelständers entspricht ein zweites, in der Anordnung gleiches Paar Beschläge [7.2] und [8.2] unten (Abb. 8, 12). Auch sie sind durch zwei Vierkantnägel [8.3] miteinander verbunden. Mit 27 mm [7.2] bzw. 28,5-29,5 mm [8.2] ist der Abstand zu Unterkante der Seilkammer deutlich größer als bei ihren Gegenstücken oben. Die Montage dieser Beschläge ist mit wenig Sorgfalt erfolgt, wie der schiefe Sitz von Beschlag [8.2] zeigt, der obendrein im Gegensatz zu den drei anderen Seitenbeschlägen an der Vorderkante von Brett [8] ausgerichtet ist. Für die Positionierung der Vierkantnägel [8.3] gilt dieser Mangel an Sorgfalt nicht. Während der Restaurierung gemachte Beobachtungen deuten darauf hin, dass in den Brettern des Mittelständers die Löcher für diese Nägel vorgebohrt worden sind<sup>18</sup>. Diese Genauigkeit war erforderlich, denn anders als vielleicht zu erwarten fixieren diese beiden Vierkantnägel nicht die Pfeife [1] im Mittelständer, sondern

<sup>18</sup> Vgl. u. Beitr. KEMPENS/LUPAK, Abschn. 1.3.2 mit Abb. 8–9.



13 Frontplatte 12 des Mittelständers.



14 Frontplatte 12 des Mittelständers. Konstruktionszeichnung.

sind so durch die Bretter [7] und [8] getrieben, dass sie genau zwischen Pfeife [1] und Schieber [2] sitzen. Die Konsequenzen dieser Konstruktionsweise werden in Zusammenhang mit der Behandlung von Pfeife und Schieber in Abschnitt 2.4 diskutiert.

### 2.3.3. Frontplatte [12]



Zusätzliche Stabilität erhielt der Mittelständer durch eine auf der Vorderseite angebrachte eiserne Frontplatte (Abb. 13–14). Die H. der Platte beträgt 145 mm, die Br. 50 mm, der Dm. ca. 3 mm. Die Platte bedeckt die zwischen den Querträgern [3] und [4] offen liegende Frontpartie des Mittelständers. Die Zurichtung der Platte war in der Länge allerdings ungenau, denn oben und unten sind schmale Spalten verblieben. Auch der bogenförmige Ausschnitt für den Schieber ist nicht exakt, denn die abgerundete Unterkante von Block [9] wird nicht vollständig überdeckt (Abb. 15–16). Befestigt war die Frontplatte mit vier eisernen, schweren und spitz zulaufenden Nägeln mit runden Köpfen, von denen einer verloren war. Einer der Nägel war bereits bei der Voruntersuchung der Hohlräume zu sehen gewesen (vgl. Beitr. KEMPKENS/LUPAK, Abb. 8–9) Einzelheiten zum Erhaltungszustand dieser Nägel gibt der Restaurierungsbericht an<sup>19</sup>. Das Format der Nägel zeigt, dass es sich bei der Frontplatte um ein konstruktives, nicht um ein schmückendes Bauteil handelt. An der Unterkante der Öffnung in der Platte ist der Abdruck des Schiebers [2] zu sehen.

### 2.3.4. Beobachtungen zur Nutzung

Der sorgfältige Abformungsvorgang der verlorenen Holzteile hat auf dem Mittelständer geringfügige Abnutzungsspuren sichern können. Die hinteren Schmalkanten der Bretter [7] und [8] weisen etwa auf Höhe der Oberkante des Schiebers deutliche Abriebspuren und geringe Vertiefungen auf (Abb. 17–19). Sie sind offenkundig dadurch

<sup>19</sup> Vgl. u. Beitr. KEMPKENS/LUPAK, Abschn. 1.3.2.





15 Frontplatte 12 des Mittelständers.  
Detail.



16 Frontplatte 12 des Mittelständers.  
Detail.



17 Spannrahmen des Torsionskatapults,  
Rückseite. Mittelständer 7/8. Abriebspuren.



18 Spannrahmen des Torsionskatapults,  
Rückseite. Mittelständer 7/8. Abriebspuren.



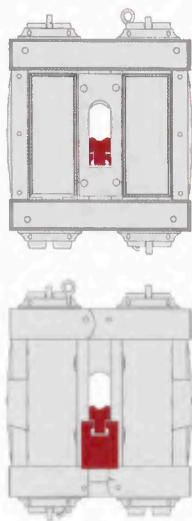
verursacht worden, dass beim Auslösen des Schusses die Sehne dort immer wieder hart aufgeprallt ist, was zu einem geringfügigen Materialabtrag geführt hat<sup>20</sup>. Damit ist ein erster Hinweis darauf gegeben, dass die Waffe auch tatsächlich benutzt worden ist.

Wenn bereits ein filigranes Bauteil wie die Sehne deutliche Gebrauchsspuren auf dem Spannrahmen des Katapults hinterlassen konnte, kann man zuversichtlich vermuten, dass solche Spuren auch an anderen Bereichen des Rahmens erkennbar sein müssten, sollten diese größeren mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt gewesen sein. Von besonderem Interesse ist diese Frage beispielsweise in den Ausnehmungen der Seitenständer [5] und [6], wo die hölzernen Arme des Katapults gearbeitet haben (s. u. Abschn. 2.5).



#### 2.4. Pfeife [1] und Schieber [2]

19 Spannrahmen, Rückseite. Detail des Mittelständers 7/8 mit Abguss von Pfeife 1 und Schieber 2. Abriebspuren.



Singulär am Xantener Spannrahmen ist, dass sich anhand der noch vorhandenen Hohlräume und Abdrücke des Holzes auch Querschnitte solcher Bauteile recht

genau ablesen ließen, die bei den anderen bekannten, im wesentlichen nur in ihren metallenen Teilen erhaltenen Spannrahmen gänzlich verloren sind. Gerade hinsichtlich dieser Bauteile herrschen bei den diversen Rekonstruktionen und Nachbauten verständlicherweise die größten Unsicherheiten. Zu diesen Teilen sind bei den Pfeilkatapulten insbesondere Pfeife [1] (*canalis, σφινξ*) und Schieber [2] (*canalis fundus, διώστρα, χελώνιον*) zu rechnen. Diese bestehen vollständig oder zumindest größtenteils aus Holz; auch ihre ausladende Form hat sich auf eine Erhaltung nachteilig ausgewirkt.

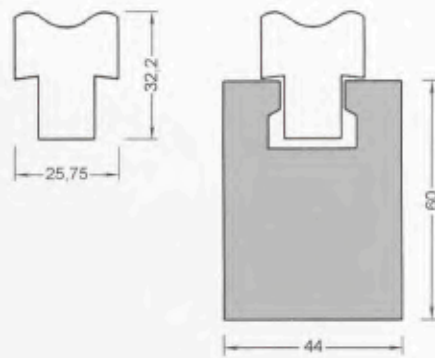
##### 2.4.1. Pfeife [1]

Die hölzerne Pfeife [1] war in die Rückseite des Spannrahmens eingelassen. Die Stoßfläche des Schaftes zeichnete sich dort in der Korrosion als hochrechteckige Struktur so klar ab, dass eine genaue Bemaßung möglich war (Abb. 20–21). Die H. betrug ca. 60 mm, die Br. ca. 44 mm. Dies übertraf das lichte Innenmaß des Mittelständers deutlich und sollte – bei vermutlich bündig geplantem Sitz – eine ausreichend sichere Verbindung zwischen Pfeife und Mittelständers gewährleisten. Die Gründe, aus denen dies so nicht funktioniert hat, werden weiter unten genannt.

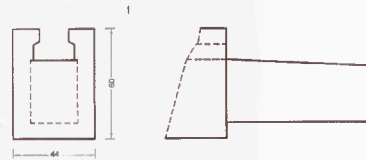
<sup>20</sup> D. Baatz erwägt briefl. alternativ, diese Spuren auf beim Abschuss verkantere Pfeile zurückzuführen, was m. E. aber wenig wahrscheinlich ist.



20 Spannrahmen des Torsionskatapults, Rückseite. Stoßfläche der Pfeife 1 mit ihrem Zapfenloch, darüber Hohlraum für Schieber 2.



21 schematischer Querschnitt durch Pfeife 1 (grau) und Schieber 2.



22 Pfeife 1, zapfenförmiges vorderes Ende.

Das vordere Ende der Pfeife war zur Aufnahme in der entsprechenden Öffnung im Mittelständer zapfenförmig ausgebildet. Die L. dieses Zapfens betrug ca. 80 mm. Er nahm in der H. nach vorne leicht von ca. 36 mm auf ca. 33 mm ab (Abb. 22). War die Pfeife eingesetzt, so war die Vorderkante des

Zapfens und damit der Pfeife immer noch im Gehäuse des Rahmens verborgen: ihr Abstand zur Front betrug ca. 11 mm. Dieses Konstruktionsdetail ist außerordentlich sinnvoll, denn es sicherte – zusammen mit der Metallbeplattung [12] des Mittelständers (vgl. o. Abschn. 2.3.3) – dieses für das einwandfreie Funktionieren der Waffe so wichtige Bauteil gegen Beschädigungen. Geschützrekonstruktionen, bei denen die Pfeife plan mit der Front des Rahmens abschließt<sup>21</sup> oder über diese gar hinausragt, sollten in diesem Punkt also vielleicht überdacht werden.

Nachdem Pfeife [1] und Schieber [2] abgeformt, die Hohlräume des Mittelständers [7/8] mit Füllmaterial ergänzt und der Metallbeschlag [3.3] (s. u.) im Bereich der Pfeife freigelegt worden waren, zeigte sich, dass die Pfeife nicht bündig auf den Hinterkanten des Mittelständers aufsaß bzw. ihr zapfenförmiges Ende nicht völlig im Spannrahmen

<sup>21</sup> So etwa in Rekonstruktion des Ampurias-Katapults auf der Saalburg; SCHRAMM 1918, 77 Abb. 37. Vgl. auch die anschauliche digitale Rekonstruktion dieser Waffe durch die Fa. ArchimediX, Ober-Ramstadt.

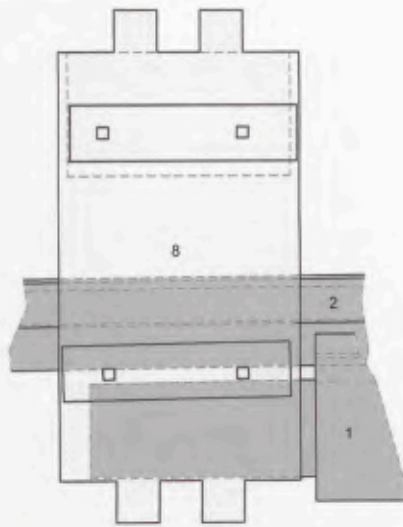


23 Spannrahmen des Torsionskatapults, Rückseite. Pfeife 1 und Schieber 2 in eingeschobenem Zustand.

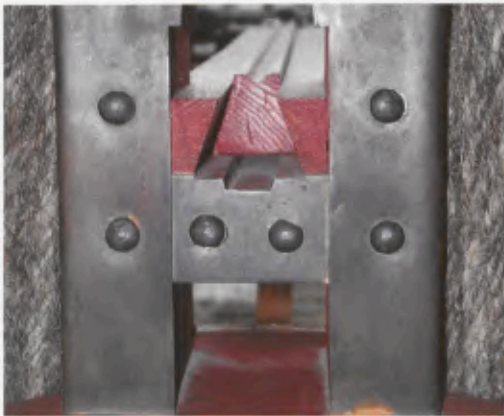


verschwand (Abb. 23–24). Dass dies Spielraum für das Einklemmen des gezapften Teils der Pfeife bringen sollte<sup>22</sup>, ist nicht einleuchtend: Für die sichere Handhabung und Funktionsfähigkeit der Waffe war dieser Zwischenraum nachteilig. Er wurde dadurch verursacht, dass die rückwärtigen Kanten des Mittelständers [7/8] nicht bündig mit der Kante von Querträger [3] abschlossen, sondern ein wenig einsprangen. Dies hatte zur Folge, dass auch an Beschlagblech [3.3] Anpassungen vorgenommen werden mussten; s. u. Abschn. 2.7.

Aus der Oberseite der Pfeife [1] herausgearbeitet war die Nut, die zur Führung des Schiebers [2] notwendig ist. Seit den ersten Wiederherstellungsversuchen solcher Waffen durch Schramm<sup>23</sup> warten die entsprechenden Rekonstruktionen und Nachbauten hier mit einer Reihe von Varianten auf. Zumeist wird angenommen, dass sich diese Nut schwalbenschwanzförmig nach oben verengt und einen trapezförmigen Schieber aufnimmt<sup>24</sup>. Die entsprechend geformte Pfeife der im Limesmuseum Aalen ausgestellten Rekonstruktion des Geschützes von Caminreal/E weist oben eine zusätzliche wannenartige Vertiefung auf, die dem entsprechend geformten Schieber einen besseren Lauf gibt (Abb. 25). Die Nut der Xantener Pfeife [1] zeigt diese Schwalbenschwanzform nicht (Abb. 21; vgl. auch Abb. 26). Sie besitzt stattdessen einen rechtwinkligen, oben schmalen (ca. 16 mm), unten breiteren Querschnitt (ca. 21 mm);



24 Schematischer Längsschnitt durch Pfeife 1 und Schieber 2 (grau) sowie Mittelständler 7/8.



25 Aalen, Römermuseum. Rekonstruktion des Katapults von Caminreal, Pfeife.



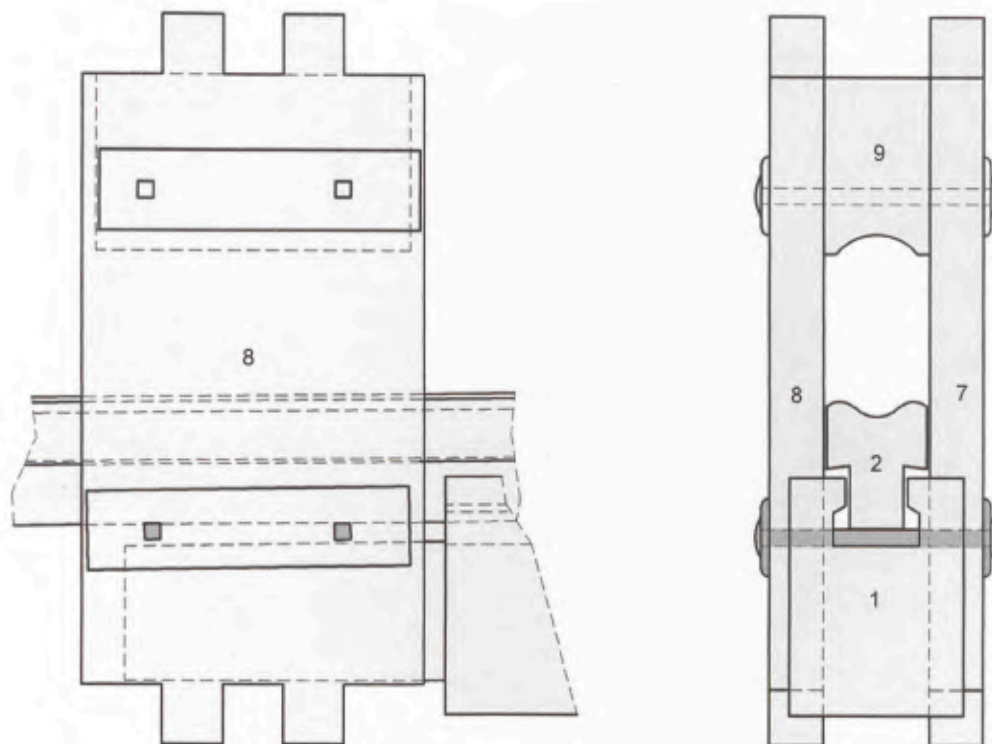
26 Schieber 2, Aufsicht, Querschnitt und Seitenansicht.

<sup>22</sup> So eine Vermutung der Restauratoren.

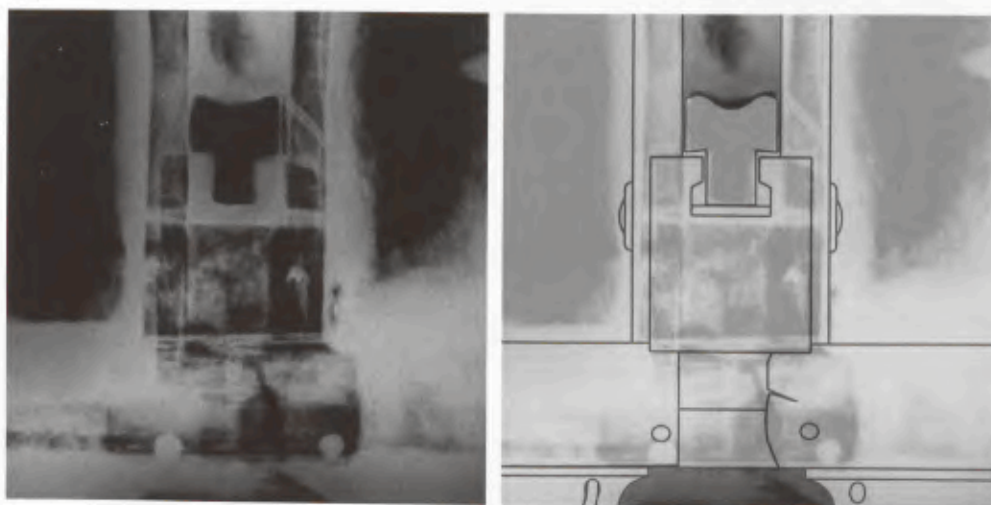
<sup>23</sup> SCHRAMM 1918.

<sup>24</sup> Heron Belop. 75,10. Vgl. etwa SCHRAMM 1918, Taf. 2.4, 3.3, 5.1–2, 7.3, 9.3–4,11; MARSDEN 1969, 34 Abb. 16. Taf. 6; BAATZ 1985, 685 Abb. 5; CAMPBELL 2003, Taf. D; WILKINS 2003, 29 Abb. 15; SÁEZ ABAD 2005; 53 Abb. 21. 60 Abb. 27.

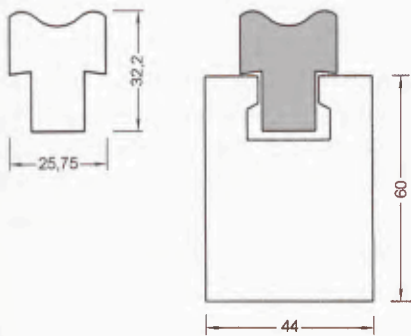




27 Position der Vierkantnägel 8.3 (grau) zwischen Pfeife 1 und Schieber 2, Längs- und Querschnitt.



28 Spannrahmen des Torsionskatapults, Rückseite. Röntgenbild von Pfeife 1 und Schieber 2, rechts mit Eintragung der Bauteile als Strichlinien.



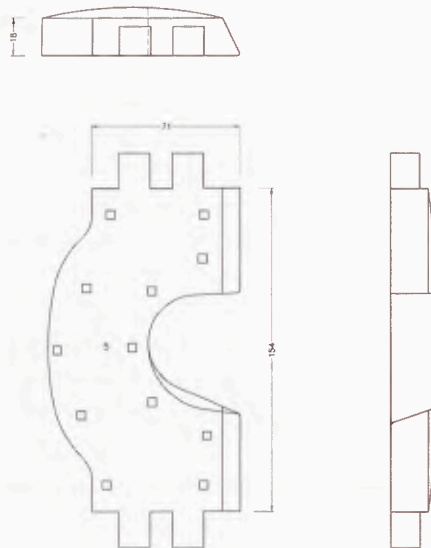
29 Schematischer Querschnitt durch Pfeife 1 und Schieber 2 (grau).

der Übergang zwischen diesen beiden Bereichen ist als Fase ausgebildet.

Bereits während der der Restaurierung voran gegangenen Untersuchung der Hohlräume war erkannt worden, dass die Pfeife keine feste Verbindung mit dem Katapult hatte (vgl. Beitr. KEMPKENS/LUPAK, Abschn. 3.3): Die durch die Beschläge [7.2] und [8.2] im unteren Teil des Mittelständers getriebenen Vierkantnägel [8.3] sitzen zwischen Pfeife [1] und Schieber [2] (Abb. 27, vgl. auch Abb. 24). Auf Abb. 20 ist die Korrosionsschicht, in der die Vierkantnägel [8.3] sitzen, zwischen dem rechteckigen Hohlraum der Pfeife und dem t-förmigen Hohlraum des Schiebers deutlich erkennbar. Die beiden Nägel selbst wurden im Hohlraum zwischen Pfeife und Mittelständer [7] bei den Vorbereitungen der Restaurierung endoskopisch beobachtet (vgl. Beitr. KEMPKENS/LUPAK, Abb. 14). Auch eine Fixierung von Spannrahmen und Pfeife durch einen umlaufenden, durchbohrten und mit Splint gesicherten Eisenbeschlag, wie er für das Katapult von Caminreal postuliert worden ist<sup>25</sup>, lässt sich ausschließen. Sehr wahrscheinlich war diese gezapfte Bauweise dazu gedacht, Transport und Verpackung der Waffe zu vereinfachen: Die sperrige Pfeife lässt sich so leicht einsetzen bzw. herausnehmen; die Trennung von Pfeife, Schieber und Spannrahmen erleichtert



30 Frontplatte 12 und Lage der Vierkantnägel 8.3 (weiße Linie).



31 Seitenständer 5, Ansicht und Schnitte.

<sup>25</sup> Vgl. IRIARTE 2001/2, 45 Abb. 4.

ihre Unterbringung im Marschgepäck. Beim Hantieren mit dem Nachbau zeigte sich allerdings, dass diese Zurichtung den festen Sitz der Pfeife im Mittelständer erheblich beeinträchtigen kann. Der Schütze hätte ständig im Auge behalten müssen, dass Pfeife und Spannrahmen insbesondere beim Spannen nicht auseinander fallen. Eine solche Situation ist unter Gefechtsbedingungen lebensbedrohlich und daher nicht akzeptabel. Es ist deshalb mit Sicherheit davon auszugehen, dass ein nicht mehr erhaltenes Hilfsmittel eher provisorischer Natur – ein kleiner Keil, ein Stück Stoff o. ä. – beim Einsetzen zwischen Pfeife und Spannrahmen geklemmt wurde, um diesem Missstand abzuhelpfen.

#### 2.4.2. *Schieber* [2]

Der Umriss des Schiebers [2] hatte sich bereits von der Korrosionsschicht des Rahmens als scharf umrissene Hohlform abgesetzt (Abb. 20). Die Röntgenaufnahme hatte dieses Bild für das Innere bestätigt (Abb. 28). Weitere Klärung brachte die Untersuchung der Holzreste, von denen einer mit hoher Wahrscheinlichkeit dem Schieber zuzuordnen ist (vgl. Beitr. KEMPKENS/LUPAK, Abschn. 1.4 Nr. 7). Ungeachtet der aufgetretenen Verformungen ließen sich Aussagen zu seiner ursprünglichen Gestalt machen. So war der Schieber, der eine Gesamth. von 32 mm besaß, zumindest im erhaltenen Fragment t-förmig und nicht, wie vielleicht zu erwarten, im unteren Bereich schwalbenschwanzförmig oder anderweitig verbreitert (Abb. 26). Dieser untere, in der Nut der Pfeife [1] laufende Teil war hochrechteckig und maß ca.  $14 \times 16$  mm. Im oberen, auf der Pfeife aufliegenden Teil läßt der Schieber auf ca. 26 mm Br. aus; auf der Oberseite zeigt er die charakteristische, 4 mm tiefe Mulde, in die der Pfeil eingelegt wurde. Im Röntgenbild war trotz der dort auftretenden Verzerrungen auch deutlich zu sehen, dass der breitere Oberteil des Schiebers auf seiner Unterseite schräg ablaufende Flächen besaß. Er lag dadurch nicht mit seiner vollen Unterseite auf der Pfeife [1] auf, sondern nur mit den Kanten (Abb. 29). Bereits oben war außerdem erwähnt worden, dass die Vierkantnägel [8.3] im unteren Teil des Mittelständers zwischen Pfeife [1] und Schieber [2] sitzen (Abb. 20, 28). Die schlüssellochförmige Öffnung in Frontplatte [12] bestätigt dies (Abb. 30): Die Unterkante der Öffnung liegt etwas tiefer als die Vierkantnägel; auch seitlich ist Spielraum zwischen der Frontplatte und dem Schieber. Die schräge Zurichtung der oberen Laufflächen des Schiebers wie auch sein Sitz nicht unmittelbar auf der Pfeife dürften den Reibungswiderstand zwischen diesen Bauteilen der Torsionsarmbrust erheblich vermindert haben.

Die gerade Zurichtung des unteren Teils von Schieber [2] hat den großen Vorteil, dass ein Verklemmen in der Pfeife [1], ausgelöst durch witterungsbedingte und damit kaum zu vermeidende Verformungen des Holzes, praktisch ausgeschlossen wird. Dass der Schieber allerdings auf seiner gesamten Länge keinerlei als Führung dienende Verbreiterung besessen hat, ist wenig wahrscheinlich. Zum einen ist eine solche Führung für den Halt des Schiebers in der Pfeife insbesondere beim Spannvorgang wohl unumgänglich; zum anderen legt auch die Ausklinkung der Pfeife die Vermutung nahe, dass der Schieber zumindest in einem Abschnitt eine Führung aufwies<sup>26</sup>.

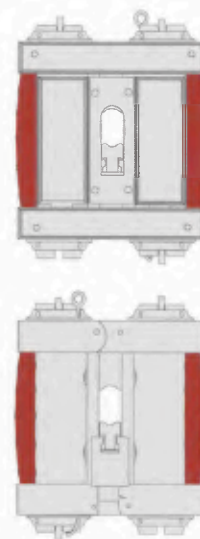
<sup>26</sup> Bei der Rekonstruktion wurde der Einfachheit halber der Schieber schwalbenschwanzförmig zugerichtet.

## 2.5. Die Seitenständer [5] und [6] und die Beschlagplatten [5.1] und [5.2] (Abb. 31)

Von den beiden Seitenständern (*parastatai*, *παραστάται*) [5] und [6] ist nur der rechte vollständig erhalten geblieben. Der linke ist offenkundig beim Ausbaggern abgebrochen und bis auf wenige Reste verloren (vgl. Beitr. KEMPKENS/LUPAK, Abschn. 3.6). Ebenso wie der Mittelständer besitzt der Seitenständer [5] an den Enden je ein Fingerzapfenpaar zur Verbindung mit den Querträgern. Einschließlich dieser Zapfen beträgt die L. des Seitenständers ca. 188 mm, das lichte Maß 154 mm, die Tiefe 71 mm. Die H. der Zapfen liegt bei ca. 17 mm, der Querschnitt bei ca.  $16 \times 14$  mm. Die Verringerung des letztgenannten Maßes ist dadurch bedingt, dass die Zapfen zwar mit der Innenseite des Seitenständers plan abschließen, auf der Außenseite jedoch ca. 4 mm zurückspringen mussten, um Platz für die Eisenreife [3.1] und [4.1] zu lassen, die unten und oben um die beiden Querträger [3] und [4] montiert sind (s. u. Abschn. 2.6). Auf der Rückseite weist der Seitenständer den charakteristischen halbmondförmigen Ausschnitt auf, der den Arm des Katapults aufnahm (Abb. 32–33)<sup>27</sup>. Der dadurch verursachte Stabilitätsverlust des Ständers wurde dadurch ausgeglichen, dass das Holz in Richtung Vorderseite entsprechend auslud. Von der Hinterkante des Seitenständers aus gemessen, vergrößerte sich dessen T. hier bis auf max. 92 mm. Die gleiche Wölbung der vorderen Schmalseite der Seitenständer zeigt das Geschütz auf dem Grabstein des Vedennius Moderatus (Abb. 3); ebenso findet es sich beim Katapult aus Caminreal/E und Ampurias/E<sup>28</sup>. Der Spannrahmen von Hatra/IRQ hatte hingegen offenbar plane Vorderkanten.

Die Wiedergewinnung der ursprünglichen Holzform durch Auffüllung der Hohlräume dieses Seitenständers mit Epoxidharz brachte gleich zwei überraschende Ergebnisse. Die eisenbeschlagene Außenfläche war nicht plan gearbeitet, sondern in beide Richtungen leicht gewölbt (Abb. 34–35; vgl. auch Abb. 31). Dabei wies das Holz mit ca. 22 mm die größte Stärke auf Höhe des Ausschnitts für den Arm auf; an den Kanten lag sie bei ca. 17 mm. Diese Ausbildung des Seitenständers findet sich bei den übrigen erhaltenen Spannrahmenbeschlägen nicht bzw. lässt sich dort nicht nachweisen<sup>29</sup>. Sie wird von der Absicht der Konstrukteure bestimmt gewesen sein, die im Verhältnis zu den größeren Geschützen stärkere Druck- und Zugbelastung auf den vergleichsweise klein dimensionierten Rahmen durch eine Verstärkung der Seitenständer ein wenig zu kompensieren.

Zum anderen ist der Ausschnitt für den Arm nicht rechtwinklig in das Holz geschnitten, sondern in der Mitte und unten etwas nach innen aufgeweitet (Abb. 33, 35). Diese Form diente ganz offensichtlich dem Zweck, den Ausschnitt an die Bewegung des Arms anzupassen. Zumindest für kleinkalibrige Spannrahmen geben diese Zurichtung und der



<sup>27</sup> Zu dieser Ausklinkung Heron, Belop. 91, 9–92,6; Vitruv. 10,11,5.

<sup>28</sup> Caminreal: VICENTE u. a. 1997, 179 Abb. 19–20. Die Rekonstruktion des Katapults von Ampurias durch Schramm (SCHRAMM 1918, 44 f. Abb. 16–17) ist in dieser Hinsicht falsch, worauf D. Baatz briefl. hinweist. Bei der Bergung wurde das Katapult mit der Frontseite nach unten auf eine Holzplatte gelegt, in die Ausschnitte gemacht worden waren, um die vorspringenden Wölbungen der Seitenständer nicht zu beschädigen. Auf dem entsprechenden Foto (SCHRAMM 1918, 41 Abb. 14) war dies nicht zu erkennen. Die Rekonstruktion des Katapults nach Vitruv durch Schramm basiert in diesem Punkt offenbar auf der Anschauung des Vedennius-Grabsteins: SCHRAMM 1918, 35. 67 ff. D. Baatz macht briefl. darauf aufmerksam, dass diese Wölbung des Seitenständers bereits bei Phil. Belop. 63 und Heron, Belop. 92 überliefert ist.

<sup>29</sup> Die Seitenständer werden üblicherweise mit planen Flächen rekonstruiert; vgl. etwa SÁEZ ABAD 2005, 53 Abb. 21. 60 Abb. 27. 150 Abb. 68. 155 Abb. 73.





32 Seitenständer 5, Außenseite mit Aussparung für den Katapultarm.



33 Seitenständer 5, Innenseite mit Aussparung für den Katapultarm.



34 Seitenständer 5 von vorne.



35 Seitenständer 5, Ausschnitt für den Arm.

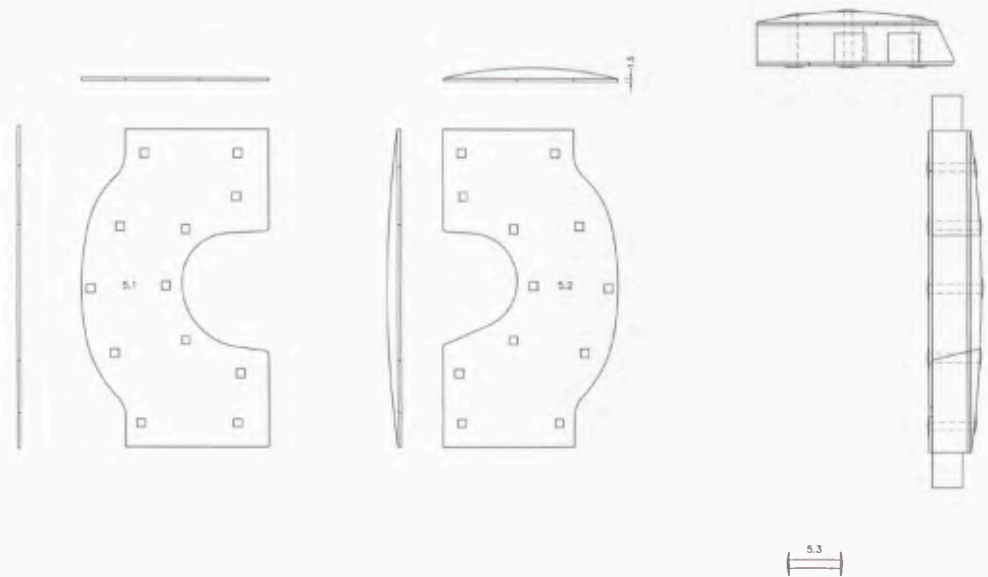
Zustand des Seitenständers wichtige Hinweise auf die Bewegungsfreiheit der Arme beim Abschuss. Mehrere der modernen Nachbauten – allerdings durchweg größere Torsionskatapulte – gehen von der Annahme aus, dass die Arme bis auf eine etwa rechtwinklig mit der Schussrichtung bzw. annähernd parallel mit der Querachse des Spannrahmens verlaufende Linie vorschnellen können; die Folge davon ist ein Aufprallen der Arme auf den Rahmen resp. die Seitenständer im Bereich der Aussparungen. Um diesen Aufprall abzumildern, wird bei diesen Rekonstruktionen gerne eine Lederbespannung der Arme oder gar eine Lederfütterung des Ständerausschnitts ergänzt. Dieses harte Ausbremsen der Arme ist allein schon physikalisch wenig sinnvoll, weil dabei Bewegungsenergie verloren ginge, die ansonsten über die Sehne in den Abschussvorgang des Pfeils geleitet wird. Die Zurichtung des Xantener Spannrahmens zeigt nun, dass ein derart weites Vorschnellen der Arme mit Sicherheit auszuschließen ist: ein Aufschlagen des Arms auf den Ständer ergibt bei der dort vorliegenden Zurichtung der Öffnung nicht nur keinen Sinn, sondern sie hätte die Konstruktion in diesem Fall sogar noch geschwächt<sup>30</sup>. Ein Aufliegen der Katapultarme in Ruhestellung auf der Vorderseite des Mittelständers, wie er in etlichen theoretischen Konstruktionen und bei den Nachbauten des Palintonon und des Ampurias-Geschützes auf der Saalburg vorgenommen wurde<sup>31</sup>, ist ebenso wenig möglich, da die Frontseite des Katapults vollständig mit Beschlagblechen verkleidet war (s. u. Abschn. 2.9.3). Die Möglichkeit, den Xantener Fund wegen seines hervorragenden Erhaltungszustandes auch auf Nutzungsspuren untersuchen zu können, hat diese Feststellungen zur kontaktfreien Bewegung der Katapultarme im Spannrahmen zusätzlich sichern können. Oben war ausgeführt worden, dass die Arbeit der Spannsehne auf der Rückseite des Mittelständers deutliche Abnutzungsspuren hinterlassen hatte (s. o. Abschn. 2.3.4). Ein Kontakt des Katapultarms mit einem als Anschlag fungierenden Seitenständer [5] und dessen Beplattung (s. das Folgende) hätte aufgrund der viel stärkeren Kräfte hier im Vergleich noch erheblich deutlichere Spuren hinterlassen müssen. Doch finden sich keinerlei Hinweise darauf, dass das Holz oder das Metall im Bereich des Katapultarms besonderen Belastungen ausgesetzt gewesen wäre. Es würde sich daher wohl lohnen, die Metallbeschläge der älteren Geschützfunde in dieser Hinsicht nochmals genauer zu untersuchen, um festzustellen, ob es hier eventuell Übereinstimmungen mit der Konstruktion des Xantener Rahmens gibt oder ob die hier beschriebenen Besonderheiten auf dessen geringe Größe zurückzuführen sind.

Wie in der antiken Literatur gefordert und schon bei den älteren Spannrahmenfunden nachgewiesen<sup>32</sup>, war die Innen- und Außenfläche des Seitenständers durch zwei ca. 15 mm starke, eiserne Beschlagplatten [5.1] und [5.2] verstärkt (Abb. 36). Beide Beschlagplatten sind etwas kleiner dimensioniert als das Holz des Seitenständers. Befestigt waren sie mit je 12 massiven, eisernen Vierkantnägeln [5.3] von ca. 3,5 mm Dm. Sie bilden zwei mehr oder weniger parallel zur Vorder- und Hinterkante des Seitenständers angeordnete Reihen, wobei fünf an der Vorder-, sieben an der Hinterkante sitzen. Der Abstand zu den

<sup>30</sup> Insofern ist es vielleicht nicht glücklich, in Zusammenhang mit diesen Ausschnitten in den Seitenständern von „Anschlag“ zu sprechen (so GUDEA/BAATZ 1974, 66 und MIKS 2001, 188 f. noch für die spätantiken Waffen).

<sup>31</sup> Heron, Belop. 93; MARSDEN 1969, 21 Abb. 10–11; SCHRAMM 1918, 54 Abb. 21. 77 Abb. 37 (mit entsprechender Ausnehmung der Vorderkanten des Mittelständers im Bereich der Arme, die durch die Seile hindurch ragen); vgl. auch die Übernahme dieser Konstruktion in die virtuelle Rekonstruktion der Fa. ArchimediX (s. Anm. 21).

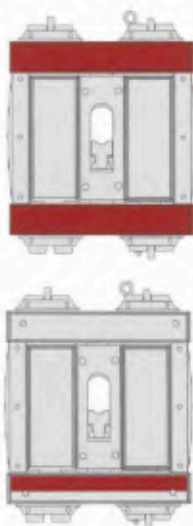
<sup>32</sup> Heron, Belop. 92,8–12. Ampurias: SCHRAMM 1918, 41 Abb. 14. 45 Abb. 17; La Caridad: VICENTE u. a. 1997, 174 Abb. 9.1.



36 Beschlagplatten 5.1 und 5.2, Aufsicht und Schnitt.

Kanten schwankt zwischen 7 und 17 mm. Auf der Außenseite besitzen die Nägel einen geringfügig erhabenen Kopf, auf der Gegenseite sind sie mit Beschlagplatte [5.1] vernietet und flach gehämmert worden. Die Löcher für die Vierkantnägel dürften vorgebohrt worden sein, da das Holz angesichts der Stärke dieser Nägel ansonsten beim Einschlagen sicherlich gerissen wäre.

## 2.6. Die Querträger [3] und [4] und die Eisenreife [3.1] und [4.1] (Abb. 37–39)



Zur Aufnahme der vier Spannbuchsen diente je ein horizontaler Querträger (*peritreus*, *περίτρητον*)<sup>33</sup>. Am Xantener Katapult sind beide Querträger – der untere [3] und der obere [4] – vollständig erhalten. Ihre Bauweise entspricht im Grundsatz derjenigen der kleineren Katapultgeschütze (Ampurias/E, Caminreal/E). Die Front und die beiden Schmalseiten des massiven Holzrahmens sind plan, während die Rückseite zur Mitte hin auslädt und dem Rahmen damit mehr Tiefe verleiht (Abb. 37). Die Abmessungen der beiden Träger sind im wesentlichen identisch (Abb. 38). Ihre Br. beträgt auf den Außenseiten jeweils 208,2 mm, die T. nimmt dort von 62 mm an den Seitenkanten auf 87 mm in der Mitte zu. Die Stärke der Querträger liegt bei 34 mm. Horizontal umlaufend besitzen die Querträger eine 19 mm hohe und 4 mm breite Ausnehmung. In dieser Ausnehmung sitzt je ein eiserner, ca. 3,5 mm starker Reif [3.1] und [4.1]. Hinweise auf eine Befestigung am Querträger fanden sich nicht: Die Reife wurden – in vergleichbarer Montagetechnik wie eiserne Radreifen auf eine Holzfelge – in erhitztem Zustand aus einem Stück auf den Querträger aufgeschmiedet (Abb. 39). Dies muss passiert sein, bevor Mittel- und Seitenständer montiert wurden. Die beiden Eisenreife sollten den Druck auffangen hel-

<sup>33</sup> Zu den Peritreten: BAATZ 1980, 292; BAATZ 1982, 227.

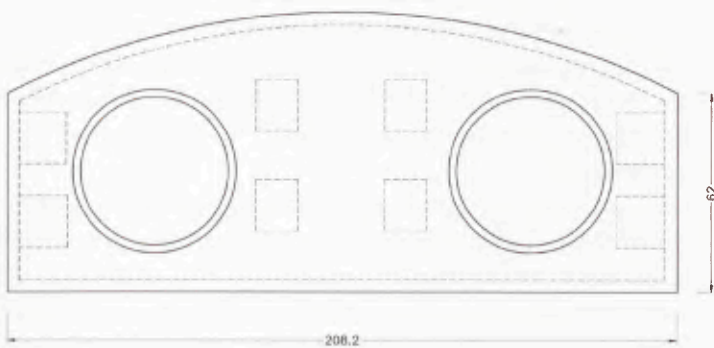




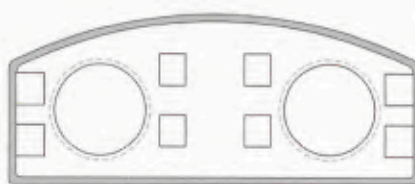
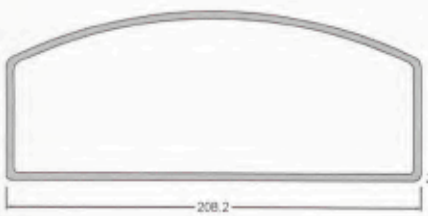
37 Oberer Querträger 4, Aufsicht.



3 und 4



38 Querträger 3 und 4, Profilzeichnungen und Aufsicht.

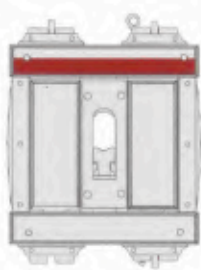


39 Eisenreif 3.1 und 4.1, Aufsicht und Schnitt.





40 Spannrahmen des Torsionskatapults, Rückseite. Eisenreif 3.1 im Zwischenraum von Beschlagblech 3.3.



fen, der auf dem Spannrahmen lastete, und ein Bersten der Querträger verhindern. Die hier umgesetzte, geschlossen umlaufene Konstruktion ist an anderen Katapulten bislang nicht nachgewiesen<sup>34</sup>. Sie ist möglicherweise auf das kleine Kaliber des Xantener Katapults zurück zu führen. Die beiden Reife [3.1] und [4.1] werden vollständig von den Beschlagblechen verdeckt, mit denen die Querträger versehen sind; nur an einer einzigen Stelle – auf der Rückseite des Spannrahmens unterhalb des Mittelständers – ist ein kurzer Abschnitt von Reif [3.1] zu sehen (Abb. 40).

Je acht sorgfältig gearbeitete, viereckige Löcher im Querträger dienten zur Aufnahme der Zapfen der Bretter des Mittelständers und der beiden Seitenständer; ihre Querschnitte wurden bereits in Zusammenhang mit diesen Bauteilen angegeben. Die Versprünge der Positionen der vier inneren gegenüber den seitlich sitzenden Zapflöchern rühren daher, dass sich die Konstrukteure des Katapults bemüht haben, sämtliche Zapflöcher in annähernd gleichem Abstand von Vorder- und Hinterkante des Spannrahmens unterzubringen. Die Abstände der Zapflöcher der Seitenständer zu Vorder- und Rückseite betragen – an den jeweiligen Innenkanten gemessen – ca. 14 mm, ihr Abstand zueinander ca. 10 mm; der Abstand der Zapflöcher des Mittelständers zu den Außenkanten liegt bei 19 mm auf der Vorder-, 20,5 mm auf der Rückseite, der innere Abstand beträgt 15 mm.

Im Holz der Querträger waren je zwei runde Aussparungen für die Spannbuchsen vorhanden, deren Krümmung sich in den geborgenen Holzresten noch abzeichnete (vgl. Beitr. KEMPKENS/LUPAK, Abb. 25, 27). Der Mittelpunkt ist ca. 45 mm von den Seitenkanten der Träger entfernt. Der Dm. der Spannbuchsenlöcher besitzt ein interessantes

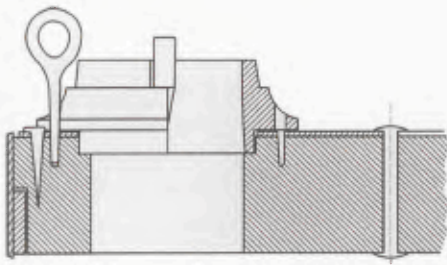
<sup>34</sup> Bei den Katapulten von Ampurias und Caminreal sind breite Eisenbänder auf die Querträger aufgenagelt. Sie laufen aber nicht um, sondern sind in der Mitte unterbrochen: SCHRAMM 1918, 42 Abb. 15. 45 Abb. 17; VICENTE u. a. 1997, 169 Abb. 4. 170 Abb. 5,4–7.



41 Aussparung für Spannbuchse D in Querträger 3 nach ihrer Abnahme. Links unten in der Aussparung ist der Absatz im Holz des Querträgers erkennbar.



42 Aussparung für Spannbuchse D in Querträger 3 nach ihrer Abnahme. Rechts in der Aussparung ist der Absatz im Holz des Querträgers erkennbar.

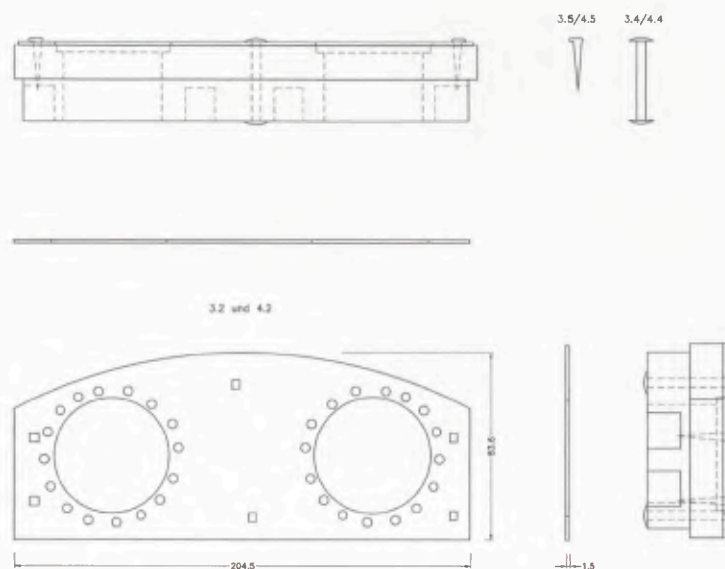


43 Querschnitt durch Querträger, Gegenplatte und Spannbuchse mit unterschiedlichen Lochweiten im Bereich der unteren Randleiste der Buchse einerseits, der Spannseile andererseits.

Detail: Auf der innen liegenden Fläche der Querträger ist er mit 44 mm geringer als der untere äußere Dm. der Buchsen (Abb. 38). Dass dies nicht auf einen Schrumpfungsvorgang des Holzes nach der Bergung zurückgehen kann, zeigen die Außenflächen der Querträger. Dort ließ sich nach Abnahme von Spannbuchse [D] der obere Dm. der Spannbuchsenlöcher im Holz ermitteln, der bei ca. 51 mm lag und dem Dm. der Gegenplatte entsprach. Aus diesen Maßunterschieden resultierte in allen Buchsenlöchern ein treppenförmiger Absatz im Holz (Abb. 41–42). Er ist dadurch entstanden, dass die H. der unteren Randleiste der Spannbuchsen [A–D] mit 4–7 mm (vgl. Abschnitt 2.8)

die Stärke der nur 1,5 mm messenden Gegenplatte [3.2] und [4.2] (s. das folgende) übertrifft (Abb. 43). Dieser Maßunterschied gab zunächst Rätsel auf<sup>35</sup>. Er kann nicht durch ein nachträgliches Einpressen der Buchsen in das Holz entstanden sein, denn dieses wäre dann in Faserrichtung eingerissen, wofür es keinerlei Anzeichen gibt. Die beiden unterschiedlichen Lochdurchmesser sind mit anderen Worten konstruktiv beabsichtigt. Die einzig plausible Erklärung für diese relativ komplizierte Konstruktion ist der Wunsch nach einer den gewölbten Seitenständen vergleichbaren statischen Ertüchtigung der ja ebenfalls verhältnismäßig gering dimensionierten Querträger: Man hielt die Bohrungen im Bereich der Seile schlanker und erweiterte sie nur dort, wo dies unbedingt erforderlich war, auf das Außenmaß der unteren Randleiste der Spannbuchse. Daraus ergibt sich ein Hinweis für die Herstellung dieser Löcher. Man hat zunächst mit einer Lochsäge die Ringnut für die Randleiste herausgearbeitet und dann in einem zweiten Schritt – nur so war ein Zentrieren der Säge möglich – die schlankeren Bohrungen für die Seile vorgenommen. Da es an entsprechenden anderen Holzbefunden mangelt, lässt sich nicht sagen, ob andere Torsionswaffen ähnliche Konstruktionsdetails besaßen; selbst das sehr gut dokumentierte Katapult von Caminreal/E lässt hier keine Schlüsse zu.

<sup>35</sup> Wertvolle Hinweise zur Interpretation dieses Phänomens ergab die Diskussion mit D. Baatz.



44 Gegenplatte 3.2 und 4.2, Schnitte und Ansichten.

### 2.7. Die Gegenplatten [3.2] und [4.2]

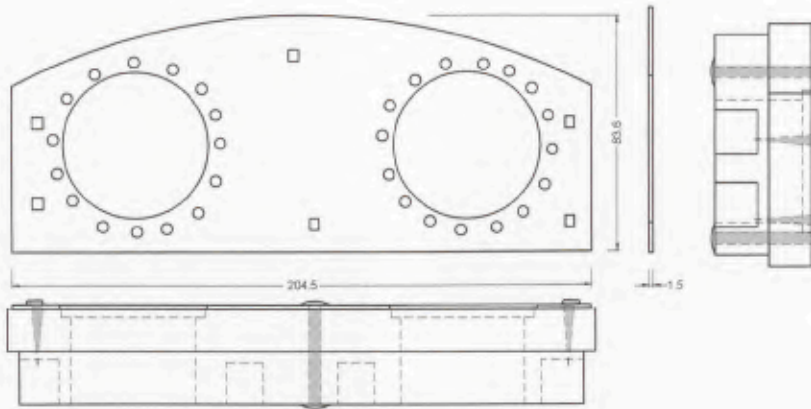
Wie bereits von Heron von Alexandria in seinem Geschützbautraktat gefordert, sind die Querträger des Spannrahmes auf den jeweiligen Außenseiten mit einer Gegenplatte aus Eisen (ὑπόθημα) [3.2] und [4.2] versehen<sup>36</sup>. Sie sollte gewährleisten, dass sich die Buchsen unter der hohen Spannung der Seile nicht in den hölzernen Träger eingruben. Bei den größeren Katapultgeschützen wurden rechteckige oder ringförmige Platten eingesetzt, die sich auf den Bereich unmittelbar unter und neben den Buchsen beschränken; belegt sind sie aus Ephyra, Ampurias, Azaila, Caminreal und Hatra<sup>37</sup>. Die Xantener Waffe bildet hier insofern eine Ausnahme, als die Gegenplatten jeweils die gesamte Außenfläche des Querträgers – mit Ausnahme der notwendigen Aussparungen für die Buchsen und der Bohrlöcher für die Vorstecker – einnehmen (Abb. 44). Auch dieses Konstruktionsdetail dürfte auf die vergleichsweise geringe Größe des Rahmens zurückzuführen sein. Mit einer L. von 204,5 mm und einer Br. von 58,5–83,6 mm sind die äußeren Abmessungen der Gegenplatten geringfügig kleiner als die der Querträger. Die Öffnungen für die Spannbuchsen wiederum sind mit ca. 52 mm etwas größer als die im Holz des Querträgers.

Jede Platte ist an sechs Punkten auf dem Querträger fixiert (Abb. 45). Massiv ausgebildet ist die mittlere, zwischen den beiden Buchsen vorgenommene Befestigung. Ähnlich wie beim Mittelständer [7/8/9] wurden durch vermutlich vorgebohrte Löcher 39 mm

<sup>36</sup> Heron, Belop. 96,1–5. SCHRAMM 1918, 43. 51; BAATZ 1982, 227 ff.

<sup>37</sup> Ephra: BAATZ 1982, 227 ff. 228 Abb. 6. – Ampurias: SCHRAMM 1918, 42 Abb. 15, Rekonstruktion: BAATZ 1982, Taf. 47.2. – Azaila: F. GARCÍA DÍEZ, las catapultas de Azaila (Teruel). In: A. Morillo Cerdán (Hrsg.), *Arqueología militar romana en Hispania. Anejos de Gladius 5* (Madrid 2002) 293–302; SÁEZ ABAD 2005, 151 f.; Sáez Abad 2009, 1081 ff. – Caminreal: VICENTE u. a. 1997, 178 Abb. 17–18. 180 Abb. 21; SÁEZ ABAD 2005, 152 f.; SÁEZ ABAD 2009, 1080 f. – Hatra: BAATZ 1978a, 55 Abb. 10.





45 Querträger 3.1. und 4.1, Position der Nägel 3.5 und 4.5 bzw. der Bolzen 3.4 und 4.4 (grau).

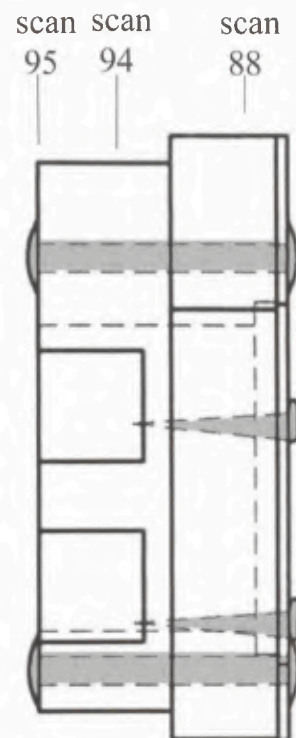
lange Bolzen [3.4] und [4.4] getrieben und auf der Gegenseite vernietet. Diese kräftigen Bolzen von ca. 4 mm Dm. sind ein wenig aus der Mittelachse des Querträgers und gegeneinander versetzt; der Grund dafür ist unklar. Gegenplatte [3.2] ist im Verhältnis zum Bohrloch von Spannbuchse [D] etwas exzentrisch positioniert. Entweder hat man die Platte nicht als Schablone zum Anreißen des Bohrlochs verwendet oder relativ nachlässig montiert. Da die übrigen Spannbuchsen während der Restaurierungsarbeiten nicht demontiert wurden, war nicht auszumachen, wie die entsprechende Situation etwa bei Gegenplatte [4.2] aussieht.

Die Nietköpfe wurden auf beiden Seiten nahezu plan gehämmert, auf der Innenseite besitzen sie einen rechteckigen Kopf und wurden versenkt. Zusätzlich schlug man parallel zu den Seitenkanten des Querträgers zwei Paar ca. 24 mm lange Nägel [3.5] und [4.5] mit vierkantigem Kopf ein. Vier der insgesamt acht Nägel sitzen dabei nicht sehr geschickt im Drehbereich der Buchsen, und zwar diejenigen an den äußeren Ecken der Rückseite, weil dort weniger Platz vorhanden war<sup>38</sup>. Während die Vernietung der Gegenplatten auf den Querträgern mittels der Bolzen [3.4] und [4.4] vor dem Zusammenbau der Holzkonstruktion erfolgt sein muss, wurden die Nägel [3.5] und [4.5] erst nach der Montage der einzelnen Spannrahmenteile eingeschlagen, denn sie sitzen teilweise in den Zapfverbindungen. Die Position der Nägel und Bolzen, z.T. in den Holzresten, war auch auf den CT-Scans gut sichtbar (Abb. 46).

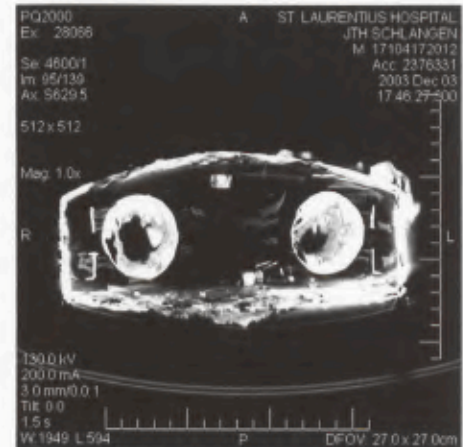
Die Vorspannung der Seile erfolgte mit Hilfe eines entsprechenden Werkzeugs durch Drehung der Spannbuchsen auf dem Querträger; war die gewünschte Spannung erreicht, wurde die Buchse durch einen Vorstecker fixiert, der in eines der vier Löcher der Buchse eingeführt wurde. Nach Entfernen von Spannbuchse [D] konnten hier exemplarisch die Durchbohrungen in Gegenplatte [3.2] studiert werden, die zur Arretierung des Vorstreckers dienen. Sie bilden einen Kranz von 16 kleinen, ca. 3,5–4,0 mm im Dm. messenden Stecklöchern, die bis ins Holz der Querträger reichen. Bei den übrigen Buchsen ließ sich die Zahl der Stecklöcher nicht wirklich ermitteln, da die Buchsen nicht abgenommen

<sup>38</sup> Eine ähnliche Nachlässigkeit weist das Katapult von Caminreal auf, bei dem Nägel der Eisenbeschläge der Querträger in den Drehbereich der Buchsen ragten und krumm geschlagen werden mussten: VICENTE u. a. 1997, 179 Abb. 19.3 (besser erkennbar bei RIHLL 2007, 153 Abb. 7.1).

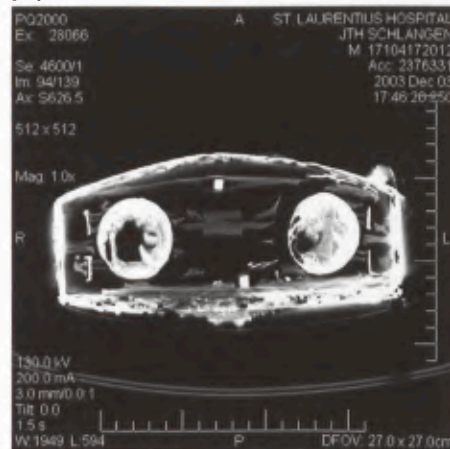




95



94



88



46 Querträger 4, Aufsicht, CT-Scans 95, 94 und 88 mit den Nägeln 4.5 (außen) und den Bolzen 4.4 (innen).

wurden. Es ist aber wohl davon auszugehen, dass sie gleich ist. Vermutlich wurden sie gebohrt, besitzen allerdings nicht exakt den gleichen Abstand zueinander (Abb. 47). Die verhältnismäßig hohe Anzahl von Stecklöchern im Querträger erlaubte eine fein abgestimmte Dosierung der Vorspannung; eines der Löcher in den Buchsen fand praktisch immer ein Pendant im Querträger<sup>39</sup>. Ob ein Steckloch häufiger benutzt wurde als ein anderes, ließ sich nicht feststellen.

<sup>39</sup> Das Ampurias-Katapult hat ebenfalls sechzehn Löcher besessen (SCHRAMM 1918, 43 mit Taf. 11), das von Caminreal zwölf: VICENTE u. a. 1997, 178 Abb. 17.



47 Gegenplatte 3.2, Abdruck von Buchse D und Löcher für den Vorstecker.

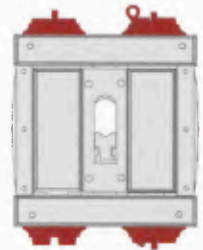


48 Querträger 3 mit Spannbuchse C; Aufnahme von unten aus der Seilkammer.

Die Innenseite der Querträger besaß keine Beschläge (Abb. 48, vgl. auch Beitr. KEMP-KENS/LUPAK, Abb. 67). In der Kies- und Eisenoxiddkorrosion der Seilkammern fanden sich weder Reste der Spannseile (zu den Buchsen s. das folgende) noch Abdrücke, die auf eine zumindest teilweise Erhaltung der Arme der Waffe hingewiesen hätten. Da nahezu alle hölzernen Teile Spuren im Korrosionsbelag hinterlassen haben, kann man also davon ausgehen, dass die Arme nicht mehr vorhanden waren, als der Spannrahmen vom Bagger hoch geholt wurde.

## 2.8. Die Spannbuchsen [A-D], Spannbolzen [A 1, B 1, D 1] und Vorstecker [B 2, D 2]

Wie bereits eingangs erwähnt, sind die vier zylindrischen bronzenen Spannbuchsen [A-D] (*modii* oder *modioli*, *χοινικίδες*) des Rahmens komplett erhalten (Abb. 49)<sup>40</sup>. Ihr Aufbau ist im Grundsatz identisch (Abb. 50–51): Über einer unteren zylindrischen Rundleiste, die für die Führung der Buchse im Querträger sorgt, sitzt ein kräftiger Flansch, der aus einer schmalen Rundleiste und einer Hohlkehle darüber gebildet wird. Der obere Abschluss ist ebenfalls als Rundleiste geformt; diese ist allerdings konisch und besitzt zwei viereckige Ausnehmungen zur Aufnahme der Spannbolzen. Die vier Bohrungen für den Vorstecker sind in gleichmäßigem Abstand auf dem Flansch angeordnet. Details der Bohrungen deuten darauf hin, dass sie in verllorener Form gefertigt worden sind (s. Beitr. ASMUS). Die Zahl von vier solcher Löcher findet sich ebenso bei den hellenistisch zu datierenden Buchsen aus Ephrya, Typ 7, bei denen des mittleren 1. Jahrhunderts n. Chr. aus Cremona sowie bei dem kleinen *modiolus* aus dem Auxiliarlager in Elginhaugh/SCO, das nur zwischen 79–87 n. Chr. belegt war<sup>41</sup>.



<sup>40</sup> Zu den Spannbuchsen ausführlich BAATZ 1980, 284 ff.; BAATZ 1982, 213 ff.; BAATZ 1985, 686 ff.; BAATZ 1994 c, 2 ff.

<sup>41</sup> Ephrya 7: BAATZ 1982, 215 Abb. 1.7. Taf. 46.2.5–6. – Cremona: BAATZ 1980, 286 Abb. 2.4–6; BAATZ 1985, 682 Abb. 2.7. – Elginhaugh: ALLASON-JONES 2007, 405 Nr. 31. Taf. 10.4, 10.29 (Ich danke W. S. Hanson und L. Allason-Jones dafür, dass sie mir noch vor Erscheinen der Publikation bereitwillig Zeichnungen dieses Stücks und einer Zahnstange (s. u. Anm. 58) zur Verfügung gestellt haben, die vermutlich ebenfalls von einem Katapult stammt. Andere Spannbuchsen aus Ephrya besitzen zwischen sechs und zehn solcher Löcher, eine Buchse aus Pergamon ebenfalls zehn: W. GAITZSCH, Hellenistische Geschützteile aus Pergamon. Marburger Stud. Vor- und Frühgesch. 16. Festschr. O.-H. Frey (Hitzeroth 1994) 236 Abb. 1–2. Die Buchsen der Torsionswaffe aus Caminreal kamen mit zwei Löchern aus: VICENTE u. a. 1997, 176 Abb. 14.



49 Spannrahmen des Torsionskatapults, Front.

Über diese allgemeine Ähnlichkeit untereinander hinaus gibt es zwischen den vier Buchsen aber erhebliche Unterschiede in der Gestaltung und in einigen Maßen (Abb. 52–53; Tab. 1). Für eine einwandfreie Funktionsweise der Waffe war es zwar erforderlich, dass einige Buchsenmaße sich nicht wesentlich voneinander unterschieden. Dies gilt insbesondere für den äußeren Durchmesser der unteren Rundleiste, der natürlich an die Ausparung in der Gegenplatte der Querträger angepasst war und bei allen vier Buchsen zwischen 50 und 51 mm beträgt. Ebenfalls nur sehr geringe Unterschiede zeigen der Außendm. des Flansches (74–75 mm), seine Höhe (12–13 mm) sowie der äußere Dm. der oberen Rundleiste (52–53 mm). Der innere Durchmesser sämtlicher vier Buchsen ist im Bereich der unteren Rundleiste durch eine leichte Aufweitung der Öffnung etwas größer als oben, doch schwankt er und damit das „Kaliber“ nur innerhalb geringer Toleranzen.



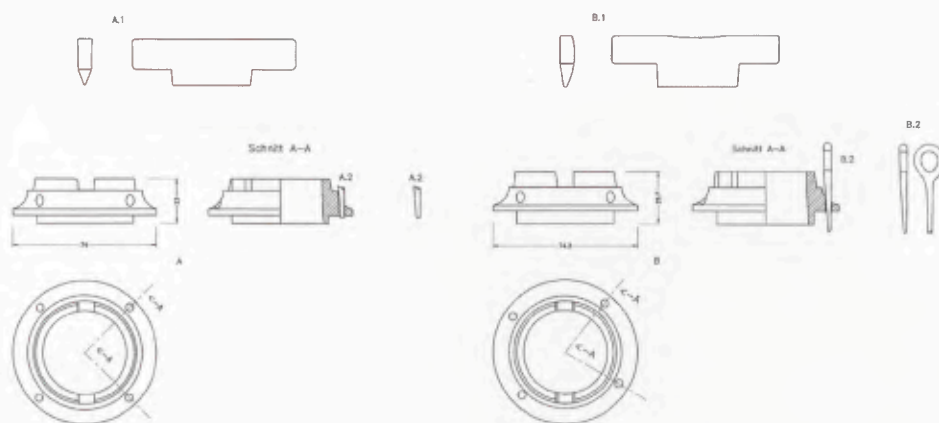


50 Spannbuchse B mit Spannbolzen B 1.

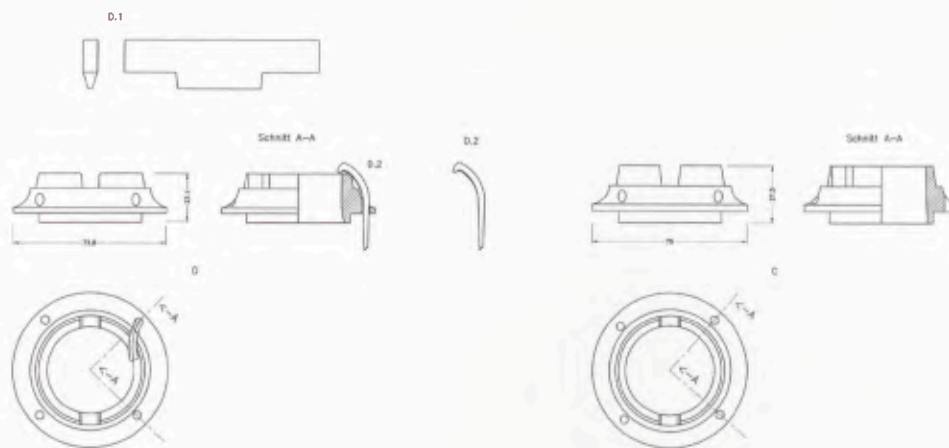


51 Spannbuchse C.





52 Spannbuchse A und B mit Spannbolzen A1 und B1, Schnitte, Ansicht und Aufsicht.



53 Spannbuchse C und D mit Spannbolzen D1, Schnitte, Ansicht und Aufsicht.

| Buchse   | äußerer<br>Dm.<br>untere<br>Rundleiste | H.<br>untere<br>Rundleiste | äußerer<br>Dm. Flansch | H.<br>Flansch | äußerer<br>Dm.<br>obere<br>Rundleiste;<br>unten / oben | innerer<br>Dm.<br>unten /<br>oben | H.<br>obere<br>Rundleiste | ges.<br>H. |
|----------|----------------------------------------|----------------------------|------------------------|---------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|------------|
| <b>A</b> | 50                                     | 5                          | 74                     | 12            | 53 / 52                                                | 45 / 44                           | 6                         | 23         |
| <b>B</b> | 50                                     | 7                          | 74                     | 12            | 53 / 52                                                | 45 / 44                           | 8                         | 27         |
| <b>C</b> | 50                                     | 5                          | 74                     | 13            | 53 / 52                                                | 45 / 43                           | 9                         | 27         |
| <b>D</b> | 51                                     | 4                          | 75                     | 12            | 52 / 50                                                | 45 / 43                           | 7                         | 23         |

Tab.1: Maße der Spannbuchsen

Anders verhält es sich bei den Höhen von unterer und oberer Rundleiste und demzufolge auch bei der Gesamthöhe der Buchsen. So variiert die H. der unteren Rundleiste zwischen 4 mm und 7 mm, die der oberen differiert zwischen 6 mm und 9 mm, die Gesamth. zwischen 23 mm und 27 mm. Betrachtet man sich die in der Tabelle zusammengefassten Unterschiede etwas genauer, so zeichnen sich – wenn man gewisse Toleranzen



54 Spannbolzen D1.

in den Maßen zugrunde legt – aber zwei Buchsenpaare ab: eines mit niedriger unterer und oberer Rundleiste und dadurch geringerer H. ([A] und [D]), eines mit größerer H. ([B] und [C]). Die Torsionswaffe war also ganz offenkundig mit unterschiedlich dimensionierten Buchsen ausgestattet. Warum dies der Fall war – ob beispielsweise ein zeitweiliger Mangel an passenden Teilen dafür verantwortlich zeichnete –, entzieht sich unserer Kenntnis. Es ist aber gut möglich, dass man sich dieser Tatsache durchaus bewusst gewesen ist. So sitzen nicht nur die „starken“ Buchsen [B] und [C] den „schwachen“ Buchsen [A] und [D], jeweils einer Seilkammer zugeordnet, gegenüber, die Buchsen sind überdies über Kreuz auf den Querträgern positioniert, so dass jeder Träger mit einem gemischten Paar [A/B] bzw. [C/D] bestückt ist.

Die eisernen Spannbolzen (*ἐπιζυγίδες*, *epizygides*) sind bis auf den der Buchse [C] erhalten<sup>42</sup>. Für sie gilt die gleiche Feststellung wie für die Buchsen: In der Grundform identisch, weichen sie im Detail z.T. deutlich voneinander ab (Abb. 52–53; Tab. 2). Diese Grundform lässt sich wegen der guten Erhaltungsbedingungen in allen wesentlichen Einzelheiten sichern (Abb. 54). Sie wird charakterisiert durch einen kürzeren unteren Abschnitt, dessen Länge sich am Innenmaß der Spannbuchse orientiert, und einen längeren oberen, der in den Ausnehmungen der Buchse auf dem Flansch ruht<sup>43</sup>. Während dieser Abschnitt hochrechteckig ausgebildet ist, läuft der im Buchseninneren liegende unten spitz zu. Vermutlich sollte diese Zurichtung helfen, Verletzungen des Spannseils durch scharfe Kanten zu vermeiden. Der Grund für die erheblichen Abweichungen in den Proportionen der beiden Spannbolzenabschnitte ist nicht deutlich. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass – von der Orientierung an einer gemeinsamen Grundform abgesehen – die Gestaltung der Bolzen keinem verbindlichen Schema unterworfen gewesen zu sein scheint.

<sup>42</sup> Zu den Spannbolzen allg. BAATZ 1980, 284 ff.; BAATZ 1982, 225 ff.

<sup>43</sup> Diese Form verhindert ein Herausrutschen des Bolzens aus der Buchse. Die Xantener Bolzen gleichen hierin einem der Spannbolzen aus Cremona: BAATZ 1980, Taf. 92.1. Es hat aber auch die einfachere Form gegeben: ebd. 298 Nr. 9. Meist sind die Spannbolzen so korrodiert, dass sich ihre Form nicht mehr genau sichern lässt. Dies hat dazu geführt, dass die Spannbolzen der Rekonstruktion des Ampuriasgeschützes auf der Saalburg irrig rund geformt wurden: SCHRAMM 1918, 44 f. mit Abb. 16–17. 77 Abb. 37. Die Spannbolzen aus Caminreal sind dagegen hochrechteckig und im Bereich, wo sie in der Buchse sitzen, eingeschnürt: VICENTE u. a. 1997, 175 Abb. 12–13. 177 Abb. 15.

| Spannbolzen | L. unterer Abschnitt | L. gesamt | H. unterer Abschnitt | H. gesamt | Br. |
|-------------|----------------------|-----------|----------------------|-----------|-----|
| A 1         | 40–41                | 84        | 8                    | 24        | 7   |
| B 1         | 41–42                | 86        | 12                   | 26        | 7   |
| C 1         | -                    | -         | -                    | -         | -   |
| D 1         | 40–42                | 94        | 8                    | 24        | 7   |

Tab. 2: Maße der Spannbolzen

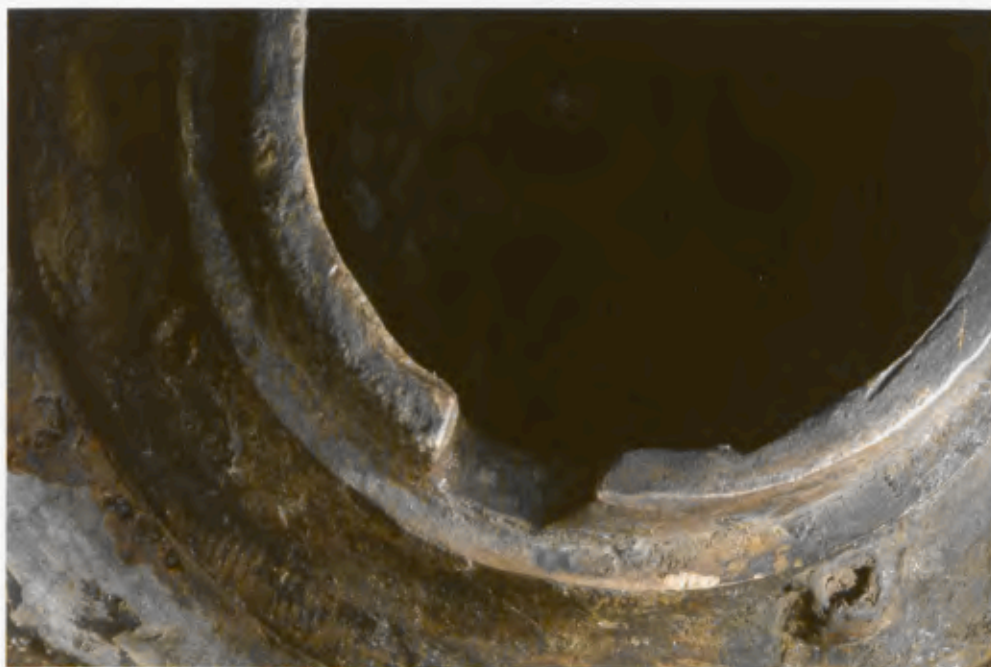


55 Spannbuchse A, Abnutzungsspuren auf der Hohlkehle.

Spannbuchse [A] weist Gebrauchs- und Abnutzungsspuren auf. Im Bereich beider Enden des Spannbolzens sind tiefe Eindrücke und Furchen vorhanden, die durch den Spannvorgang der Seilbündel verursacht worden sind (Abb. 55–56). Sie wurden vermutlich durch ein metallenes Spannwerkzeug verursacht, das auf den Spannbolzen gesetzt wurde und mit dessen Hilfe die Spannbuchse mit Kraft gedreht werden konnte. Ähnliche Spuren fanden sich auf allen übrigen Spannbuchsen. Spannbuchse [C] zeigt insbesondere auf der oberen Rundleiste Beschädigungen und Riefen im Bereich der Aussparungen für den Spannbolzen, die ebenfalls mit dem Spannvorgang zusammen hängen dürften (Abb. 57). Eine sichtbare Verformung der oberen Rundleiste muss dadurch entstanden sein,



56 Spannbuchse A, Abnutzungsspuren auf der Hohlkehle.



57 Spannbuchse C, Riefen und Abnutzungsspuren auf dem oberen Rand.





58 Spannbuchse C, Verformung des oberen Randes (Pfeil).



59 Spannbuchse D, Verformung der oberen Rundleiste (Pfeil).



60 Spannbuchse C, Ratterspuren vom Abdrehvorgang und Erscheinungsbild des Loches für den Vorstecker.

dass auf die Buchse von der Innenseite großer Druck ausgeübt worden ist (Abb. 58). Gleiches gilt für Spannbuchse [D], bei der an einer Seite der oberen Rundleiste ebenfalls eine starke, durch Druck verursachte Verformung erkennbar ist (Abb. 59). Weitere Spuren finden sich auf der gesamten Buchse.

Die Oberflächen der Spannbuchsen lieferten auch Hinweise auf deren Herstellung. Auf der Hohlkehle von Spannbuchse [C] sind deutliche Ratterspuren erkennbar, die bei der Nachbearbeitung dieser und der übrigen Buchsen auf der Drehbank entstanden sind. Die Form der Löcher für die Vorstecker weist darauf hin, dass diese vor dem Gussvorgang in das WachsmodeLL eingebracht worden sind (Abb. 60; zum Herstellungsvorgang der Buchsen s. Beitr. ASMUS). Aufschlussreich war auch Buchse [D] in abgenommenem Zustand. Auf der Unterseite waren deutliche Drehspuren erhalten, die auf das Abdrehen der Buchse nach dem Gießvorgang zurückzuführen sind (Abb. 61).

Wie bereits erwähnt, sind nur zwei der ursprünglich vier Vorstecker erhalten geblieben, nämlich [B2] und [D2]. Von diesen dürfte der mit Rundöse versehene Vorstecker [B2] zur ursprünglichen Ausstattung des Spannrahmens gehört haben, während es sich bei dem Nagel [D2] vermutlich um einen primitiven Ersatz handeln wird.

## 2.9. Die Verkleidung

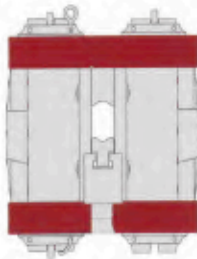
Neben den konstruktiv erforderlichen Holz- und Metallteilen weist der Spannrahmen eine Reihe von Verkleidungsblechen auf, die eine eher ästhetische als eine praktische Funktion haben. Verkleidungen dieser Art besitzen die Querträger und die Vorderkanten der Seitenständer. Auch die beiden großen vorderen Öffnungen der Seilkammern sind verkleidet.





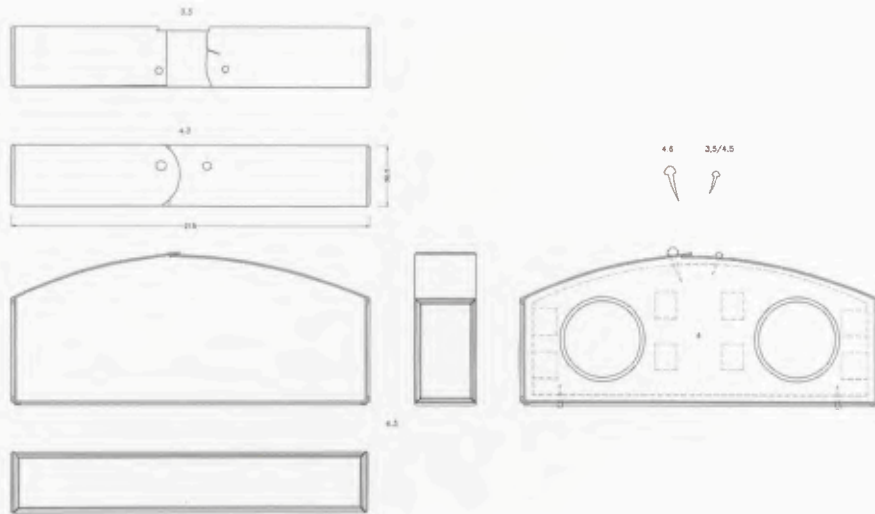
61 Spannbuchse D. Drehspuren auf der Unterseite.

### 2.9.1. Die Beschlagbleche [3.3] und [4.3]



Die Querträger [3] und [4] sind auf den Schmalseiten mit einem horizontal umlaufenden, Beschlagblech [3.3] bzw. [4.3] aus Messinglegierung verkleidet (Abb. 62; vgl. Beitrag WILLER). Neben ihrem verzierenden Charakter haben diese 36,5 mm hohen Bleche die funktionale Aufgabe, die Frontbleche [10] und [11] zu halten, deren Laschen hinter ihnen sitzen. Befestigt wurden sie mit je vier kleinen, 14 mm langen Ziernägeln [3.5] bzw. [4.5] – zum abweichenden Format des Nagels [4.6] s. u. –, die runde Köpfe besitzen. Diese Nägel sitzen außermittig, da sie nur neben den umlaufenden Eisenreifen [3.1] und [4.1] ins Holz getrieben werden konnten. Ihre Position folgt bei beiden Querträgern dem gleichen Schema. Auf der Vorderseite des Querträgers wurden sie in einem Abstand von ca. 23–25 mm von den Seitenkanten des Spannrahmens eingeschlagen (Abb. 63). Auf der Rückseite fixieren sie die Enden der Bleche und sitzen daher in der Mitte des Querträgers. Hier zeigen sich auch deutliche Unterschiede in der Gestaltung der beiden Bleche.

Beschlagblech [3.3] ist etwas breiter als der untere Querträger. Anders als bei seinem Gegenstück (s. u.) überlappen die Enden nicht und erlauben deshalb einen Blick auf den umlaufenden Eisenreif [3.1] (Abb. 64). Die untere Kante des Blechs schließt mit dem Querträger bündig ab, die obere kragt ein wenig über. Diese Maßungenaugigkeit stand dem Einsetzen der Pfeife [1] in die Rückseite des Mittelständers [7/8] im Wege, weshalb das Beschlagblech beigearbeitet werden musste (zu den Details vgl. Beitrag KEMPKENS/LUPAK, Abschn. 3.9). Beschlagblech [4.3] auf dem oberen Querträger besitzt ein gerades und ein abgerundetes Ende, wobei das runde Ende über dem geraden sitzt (Abb. 65). Offenbar wegen dieser Überlappung hat man zur Fixierung des Blechs dort einen stärkeren, 21 mm langen Nagel [4.6] verwendet (vgl. Abb. 62). Beide Nägel sind auf den CT-Scans deutlich zu erkennen (Abb. 66). Die Rundung des Blechs ist einigermaßen roh zugeschnitten und zeigt einen welligen Rand, der wahrscheinlich entstanden ist, als

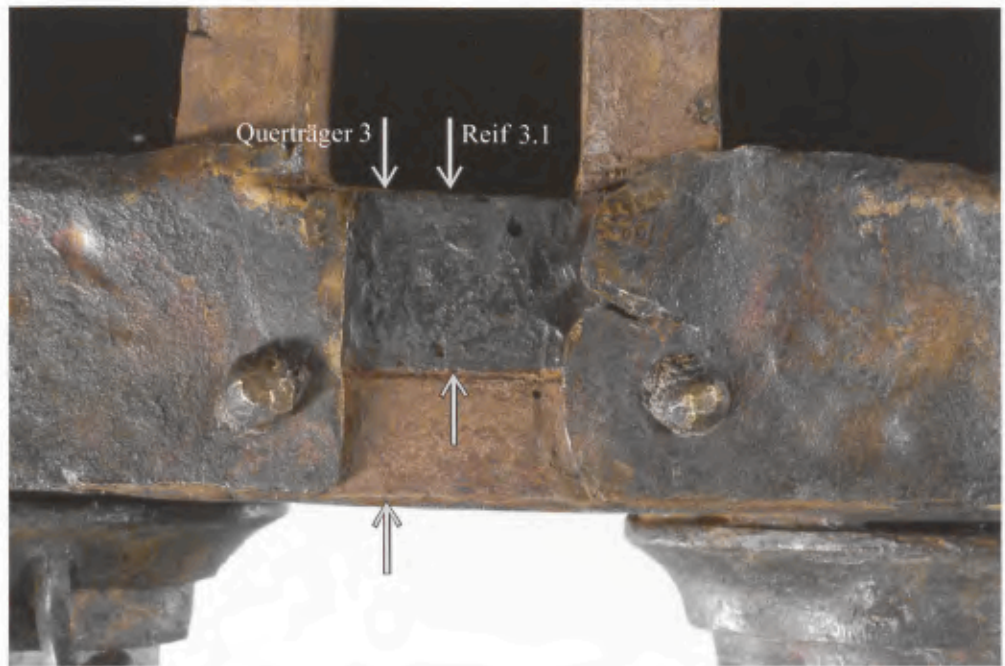


62 Spannrahmen des Torsionskatapults, Beschlagbleche 3.3 und 4.3, Schnitte und Ansichten.  
Rechts oben montierter Zustand von 4.3.



63 Spannrahmen des Torsionskatapults, Frontseite mit den vier Ziernägeln 3.5 und 4.5 auf den horizontalen Beschlagblechen 3.3 und 4.3.





64 Spannrahmen des Torsionskatapults, Rückseite. Enden des Beschlagblechs 3.3. Weiße Pfeile: Markierung der Kanten des Querträgers 3 und des Eisenreifs 3.1.



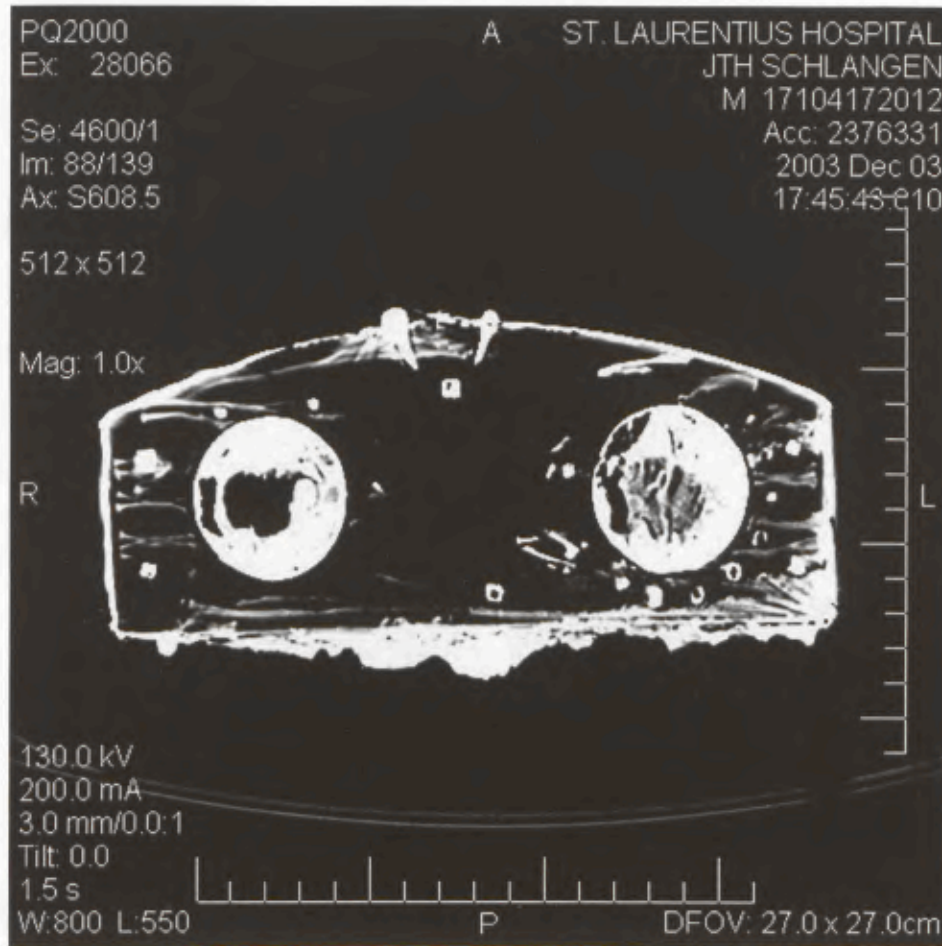
65 Spannrahmen des Torsionskatapults, Rückseite. Enden des Beschlagblechs 4.3.

das Blech ausgehämmert wurde. Es weist eine winzige Beschädigung – eine Schnittstelle am runden Ende – auf. Ebenso wie Beschlagblech [3.3] überragt die Breite oben diejenige des Querträgers geringfügig.

Beide Beschlagbleche waren ursprünglich auf drei Seiten – vorne und auf den beiden Schmalseiten des Spannrahmens – mit aufgelöteten schmalen, profilierten Zierleisten geschmückt. Sie sind ca. 4 mm breit, 1,5 mm hoch und auf Gehrung geschnitten. D. Baatz hat bei der Bearbeitung der Katapultfunde aus Cremona seinerzeit auf das Vorhandensein

solcher Leisten unter dem Fundmaterial hingewiesen und deren Zugehörigkeit zu den entsprechenden Zierblechen vermutet, ohne dies indessen letztlich erweisen zu können<sup>44</sup>. Diese Vermutung wird durch den Xantener Fund jetzt aufs beste bestätigt. Auch auf dem bereits erwähnten Grabstein des C. Vedennius Moderatus sind derartige Leisten zumindest auf den Querträgern des dort dargestellten Geschützes deutlich zu erkennen (Abb. 3). Die Leisten des Xantener Fundes haben sich nur noch zum Teil erhalten, doch sind von den verlorenen Leisten Lotreste mit Abdrücken vorhanden. Bei Beschlagblech [3.3] sind auf der Vorderseite die Leisten links und oben erhalten geblieben, wobei von der oberen Leiste rechts ein Abschnitt fehlt (Abb. 67). Auf der rechten Schmalseite sind die

<sup>44</sup> BAATZ 1980, 293.



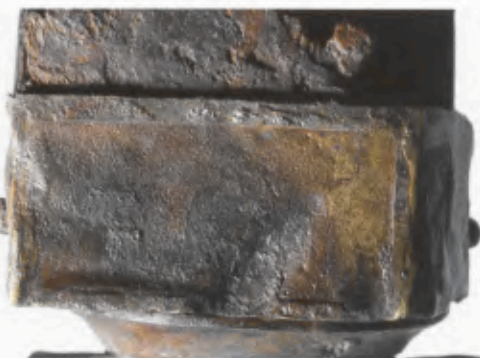
66 CT-Scan 88, Aufsicht auf den Spannrahmen. Oben die Nägel 4.5 und 4.6 zur Fixierung des Beschlagblechs 4.3.



67 Spannrahmen des Torsionskatapults. Vorderseite des Beschlagblechs 3.3 mit erhaltenen Teilen der Zierleisten.



68 Spannrahmen des Torsionskatapults, rechte Nebenseite des Beschlagblechs 3.3 mit erhaltenen Zierleisten.



69 Spannrahmen des Torsionskatapults, linke Nebenseite des Beschlagblechs 3.3 mit Abdrücken und Lotresten der verlorenen Zierleisten.



70 Spannrahmen des Torsionskatapults. Vorderseite des Beschlagblechs 4.3 mit erhaltener Zierleiste links.



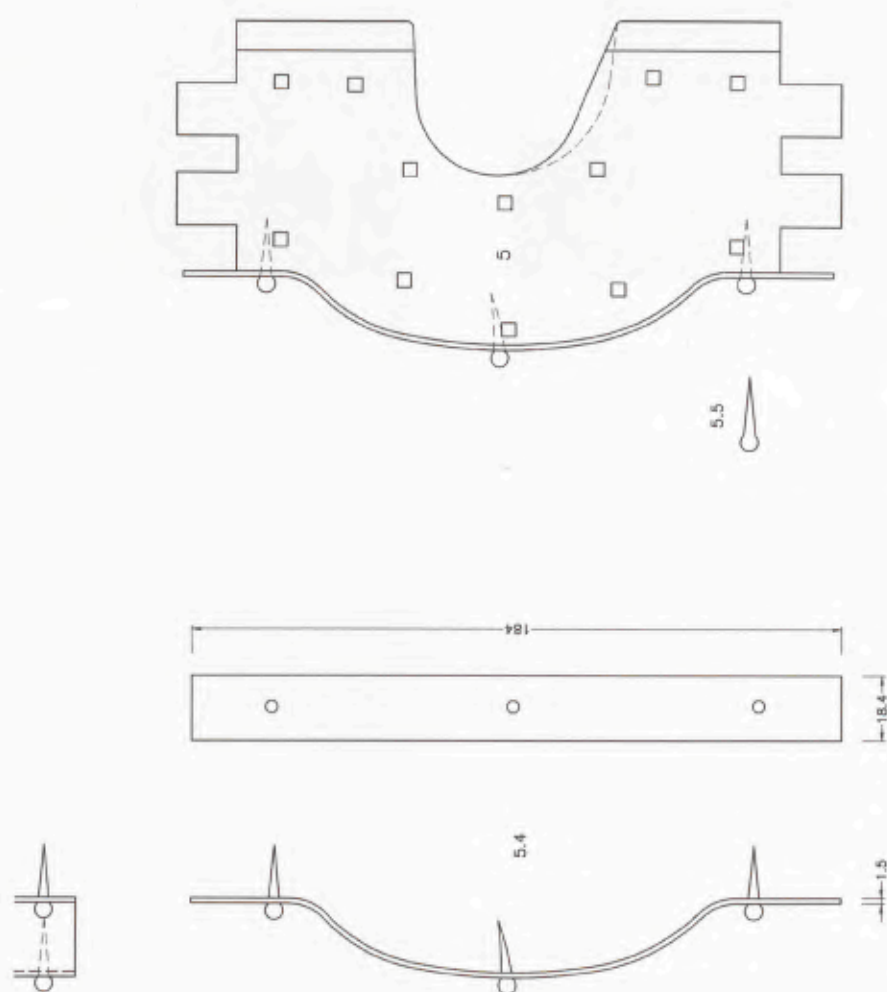
71 Spannrahmen des Torsionskatapults, rechte Nebenseite des Beschlagblechs 4.3 mit erhaltener Zierleiste rechts.



72 Spannrahmen des Torsionskatapults, linke Nebenseite des Beschlagblechs 3.3 mit Abdrücken und Lotresten der verlorenen Zierleisten.

Leisten bis auf einen Teil der unteren erhalten (Abb. 68), auf der linken Schmalseite hingegen vollständig verloren (Abb. 69). Der Erhaltungszustand der Zierleisten des oberen Beschlagblechs [4.3] ist schlechter. Auf der Vorderseite ist nur noch die vertikale Leiste links vorhanden (Abb. 70), auf der rechten Nebenseite die entsprechende Leiste rechts (Abb. 71). Die linke Nebenseite weist keine Leisten mehr auf (Abb. 72).





73 Beschlag 5.4, Ansicht und Profil. Rechts montierter Zustand.



74 Spannrahmen des Torsionskatapults,  
Frontblech 10 von vorn.



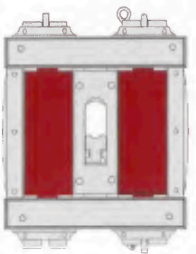
75 Spannrahmen des Torsionskatapults,  
Frontblech 11 von vorn.

### 2.9.2. Das Stirnblech [5.4]



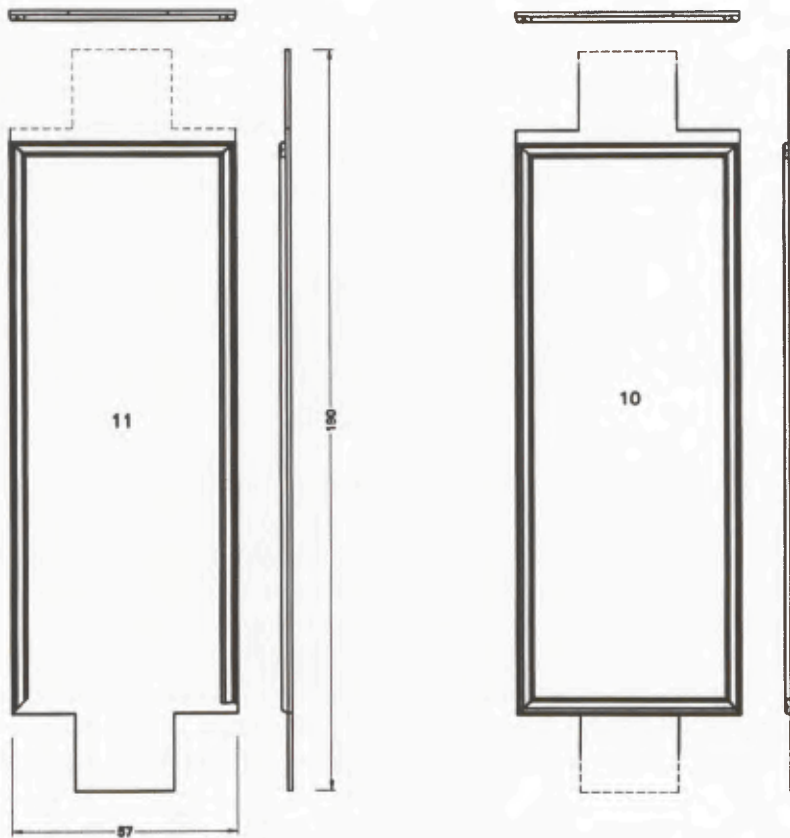
Die gewölbten Vorderkanten der Seitenständer waren mit Bronzeblechstreifen verkleidet. Wegen des Verlustes von Seitenständer [6] ist nur Blech [5.4] erhalten geblieben (Abb. 73, vgl. Beitr. KEMPKENS/LUPAK, Abb. 59) Das ca. 17 mm breite Bronzeblech ist an den Enden und auf der Stirn im Holz mit drei ebenfalls bronzenen, mit runden Köpfen versehenen Ziernägeln befestigt. Die Enden des Blechs schießen unter die Beschlagbleche [3.3] und [4.3] der beiden Querträger durch. Der Nagel in der Mitte des Beschlages war verbogen. Er hatte einen der Vierkantnägeln [5.3] getroffen, mit dem die Beschlagplatte auf dem Seitenständer befestigt worden war.

### 2.9.3. Die Frontbleche [10] und [11]



Anders als das bekannte Bronzeblech des Katapults A der *legio IV Macedonica* aus Cremona, das dessen Front in einem Stück überzog<sup>45</sup>, und wohl auch im Unterschied zum Katapult auf dem Moderatusgrabstein besitzt die Xantener Waffe eine dreigeteilte Frontverkleidung, wobei Material und Ausführung den Wunsch nach Zweckmäßigkeit einerseits und nach ansprechender Gestaltung andererseits widerspiegeln. Die massive eiserne Frontplatte [12], die den Mittelständer [7/8] schützte, war bereits oben behandelt worden

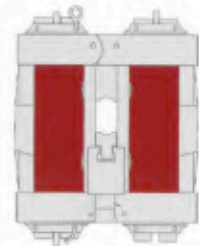
<sup>45</sup> Zu diesen Frontblechen allg. BAATZ 1980, 289 ff. – Cremona-Blech: ebd. Taf. 90.1; Rekonstruktion: ebd. 294 Abb. 3.



76 Frontbleche 10 und 11 mit Zierleisten, Ansicht und Schnitt.



(Abschnitt 2.3.3). Die beiden seitlichen Seilkammern (*foramina*) wurden durch die bronzenen Frontbleche [10] und [11] bedeckt (Abb. 74–75). Es handelt sich um hochrechteckige Bleche von 150–151 mm H., 57 mm Br. und ca. 1 mm Dicke (Abb. 76). Diese Bleche sind nicht wie das Cremonenser Stück auf das Holz des Rahmens genagelt, sondern besitzen an den Schmalseiten 25 mm breite und ca. 19–20 mm hohe Laschen; zur Fixierung der Bleche wurden diese zwischen die Eisenreife [3.1] bzw. [4.1] und die Beschlagbleche [3.3] bzw. [4.3] der Querträger geschoben (Abb. 77). Diese Befestigungsweise ist nicht auf wirkliche Bean-



77 Spannrahmen des Torsionskatapults, Frontblech 11, an der unteren Schmalseite Lasche.

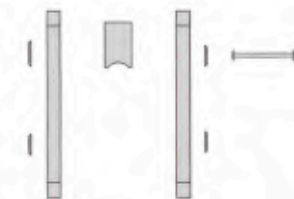


sprachung ausgelegt. Sie unterstreicht, dass die Bleche zwar vielleicht einen gewissen Witterungsschutz für die empfindlichen Spannseile geboten haben mögen, ansonsten aber eher schmückenden Charakter besessen haben<sup>46</sup>. Inschriften oder aufwendige Verzierungen mit floralen Motiven, Feldzeichen oder Architekturzitaten, wie sie auf dem Blech aus Cremona und dem Grabrelief zu sehen sind, fehlen leider auf den Xantener Blechen. Ebenso wie die Beschlagbleche [3.3] und [4.3] sind die beiden Frontbleche aber mit umlaufenden schmalen Profilleisten geschmückt; sie entsprechen diesen in Art und Ausführung. Auf den Längsseiten und unten verlaufen die Leisten parallel mit der Kante der Bleche, oben springen sie etwas nach innen ein. Die untere Leiste des Frontblechs [11] ist bereits in der Antike verloren gegangen (vgl. Abb. 75–76). Zinnreste der Verlötung, mit der die Leiste auf dem Blech fixiert worden war, sind noch vorhanden.

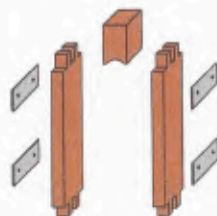
### 3. Der Montagevorgang

Dank der hervorragenden Erhaltung und der überaus umsichtigen Vorgehensweise bei der Freilegung und Konservierung der Bauteile ist es möglich, die einzelnen Schritte und die genaue Montageabfolge des Spannrahmens zu rekonstruieren.

Als erstes mussten die Einzelteile des Mittelständers zusammengefügt werden, da eine spätere Vernietung dort nicht möglich war (Abb. 78–79). Dazu wurden die beiden Bretter [7] und [8] an den Enden gezapft und für die Aufnahme der Vierkantnagelpaare [8.3] und [8.4] vorgebohrt. Beim zwischen den Brettern sitzenden Block [9] wurde vermutlich

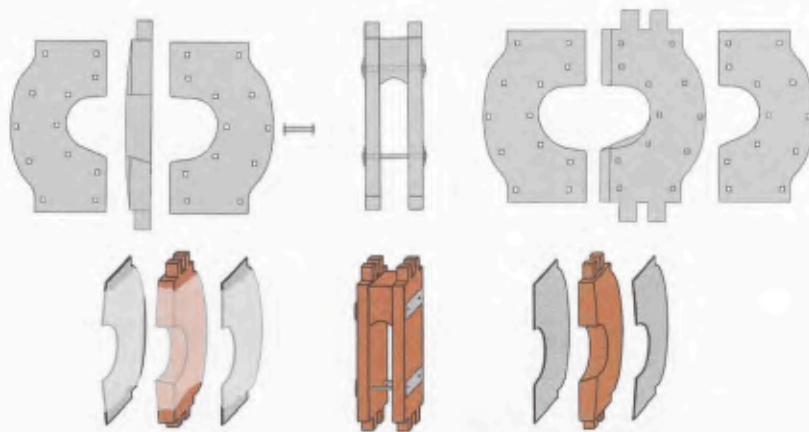


78 Vorderansicht, Seitenansicht und Perspektive der einzelnen Bauteile des Mittelständers 7/8/9. Von den Vierkantnägeln ist nur einer dargestellt.

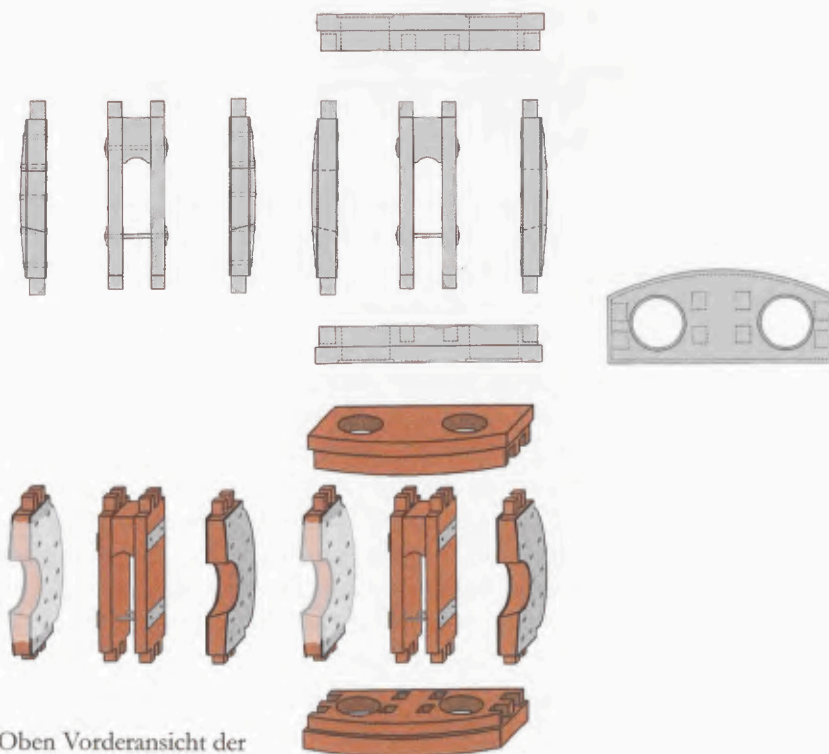


79 Vorderansicht und Perspektive von Mittelständer 7/8/9 in montiertem Zustand.

<sup>46</sup> Diese Bauweise widerlegt die Überlegungen von RIHLL 2007, 218 zur Schutzfunktion solcher Bleche im Gefecht.

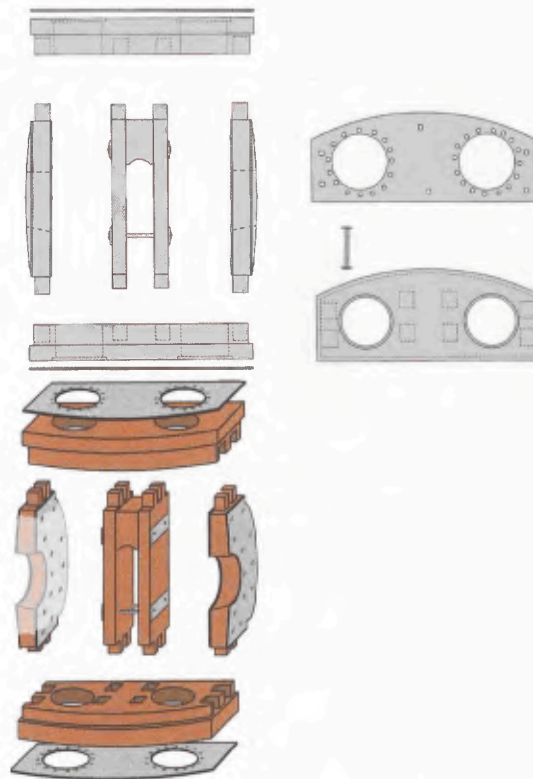


80 Oben Vorderansicht und Seitenansicht der beiden hölzernen Seitenstände 5 und 6, der Beschlagplatten 5.1, 5.2., 6.1 und 6.2 mit einem der Nietnägel 5.3. Unten Rückansicht der Seitenstände in der Perspektive. Zwischen ihnen fertig montierter Mittelständer 7/8/9. Die verlorenen Teile des Seitenständers 6 sind hell gehalten.



81 Oben Vorderansicht der Seitenstände 5 und 6 mit aufgenieteten Beschlagplatten, dazwischen der fertig montierte Mittelständer 7/8/9. Unten Rückansicht der gleichen Bauteile in der Perspektive. Die verlorenen Teile des Seitenständers 6 sind hell gehalten.

82 Oben Seitenansicht der Querträger 3 und 4 mit den Ausnehmungen für die Spannbuchsen, die Zapfen von Mittelständern und Seitenständen sowie die umlaufenden Eisenreife 3.1 und 4.1. Zwischen den beiden Querträgern einzeln die fertig montierten Mittel- und Seitenstände von vorn. Rechts Aufsicht auf einen der Querträger von oben. Unten Rückansicht der gleichen Bauteile in der Perspektive.



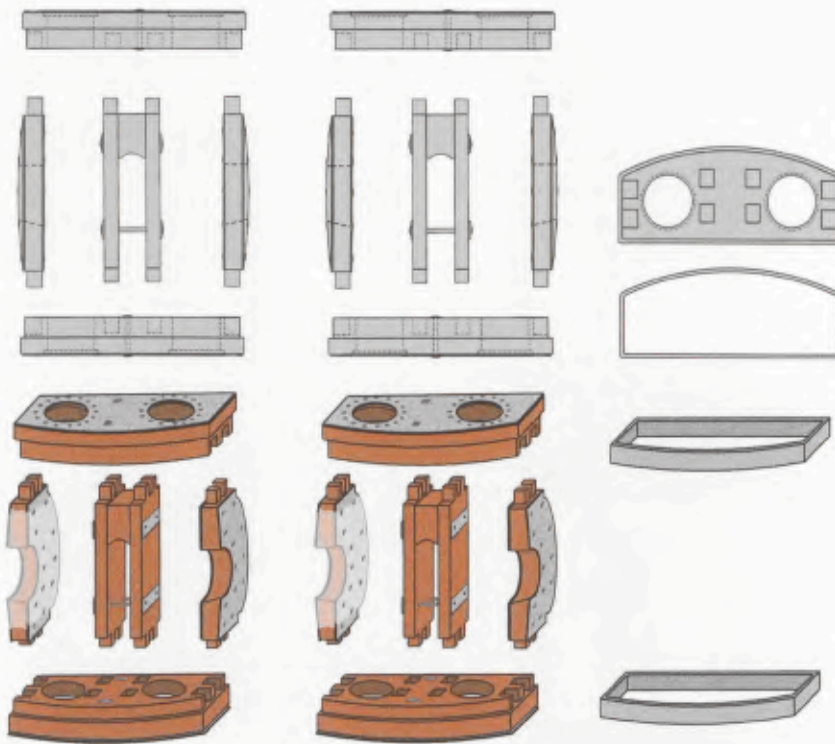
83 Oben Seitenansicht der Gegenplatten 3.2 und 4.2. Zwischen ihnen die beiden Querträger und einzeln die fertig montierten Mittel- und Seitenständer. Rechts Aufsicht und Unteransicht der Beslagplatten mit einem der Bolzen 3.4 bzw. 4.4. Unten Rückansicht der gleichen Bauteile in der Perspektive.

auf das Vorbohren verzichtet, weshalb das Holz beim Vernieten riss. Nach dem Bohren wurden die Bretter mitsamt dem Block und den vier außen sitzenden eisernen Seitenbeschlägen [7.1], [7.2], [8.1] und [8.2] zu einem Bauteil vernietet. Um im unteren Bereich dabei einen korrekten Brettanstand zu gewährleisten, wurde dort vor dem Vernieten wahrscheinlich ein Holzblock als temporärer Abstandhalter eingesetzt. Die Nietköpfe auf den Außenseiten der Beschläge wurden flach gehämmert.

Im zweiten größeren Arbeitsgang wurden die Seitenständer [5] und [6] hergerichtet (Abb. 80–81). Die Hölzer erhielten zunächst ihre außen gewölbte Form, die Enden wurden mit Zapfen versehen. Sodann wurden in die Hölzer je 12 Löcher zur Aufnahme der Nietnägeln [5.3] und [6.3] vorgebohrt. Mit diesen Nietnägeln wurden die eisernen Beschlagplatten [5.1] und [5.2] bzw. [6.1] und [6.2] auf den Außenflächen der hölzernen Seitenständer fixiert. Die Nietköpfe wurden auf den äußeren und inneren Beschlagplatten der Seitenständer flach geschlagen, so dass sie kaum hervorragen. Dieser Nietvorgang war nur in noch nicht eingebautem Zustand der Seitenständer möglich.

Als nächster Schritt erfolgte die Zurichtung der Querträger [3] (Abb. 82): In jeden Querträger wurden zunächst zwei große Kreisausschnitte für die spätere Aufnahme der Spannbuchsen gebohrt. Aus der Fläche zwischen diesen Löchern sowie an den Schmalkanten mussten dann insgesamt acht Zapflöcher pro Querträger für die Befestigung von Mittelständer und Seitenständern ausgenommen werden, außerdem umlaufend die Vertiefung für Eisenreif [3.1] und [4.1].





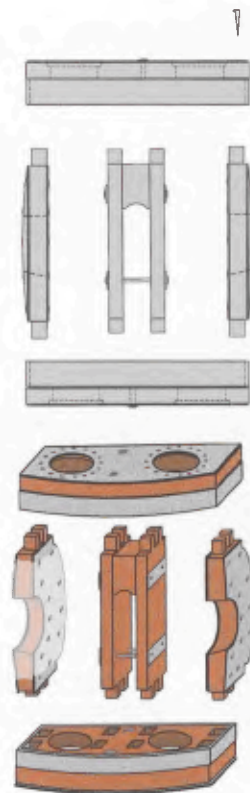
84 Oben Seitenansicht der Querträger 3 und 4 mit den montierten Gegenplatten 3.2 und 4.2. Zwischen ihnen einzeln die fertig montierten Mittel- und Seitenstände. Unten Rückansicht der gleichen Bauteile in der Perspektive.

85 Links im Bild oben und unten wie Abb. 84. Rechts Unteransicht von Querträger 4 und Eisenreif 4.1, darunter Rückansicht der Eisenreife 3.1 und 4.1 in der Perspektive.

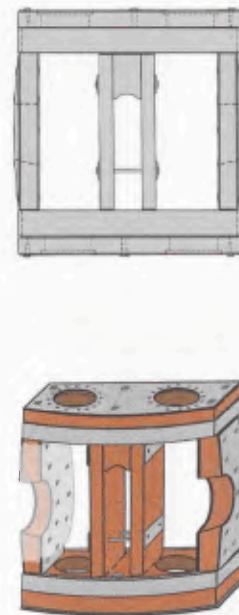
Nach diesen Holzarbeiten wurden die eisernen, mit dem Lochkranz für den Vorstecker und den Löchern für die Spannbuchsen versehenen Gegenplatten [3.2] und [4.2] auf den Querträgern montiert (Abb. 83–84). Dies erfolgte zunächst nur auf der Mittelachse der Querträger mittels je zweier versetzt angeordneter Bolzen [3.4] und [4.4]. Die Nietköpfe dieser Bolzen wurden flach gehämmert. Auf der Innenseite der Querträger wurden sie versenkt. Auch dieser Arbeitsgang muss vor Zusammenfügung der größeren Bauteile erfolgt sein, denn Block [9] hätte dem Vernieten von Gegenplatte [4.2] im Weg gestanden. Die Beschlagplatten dürften vor der Montage bereits probenhalber angehalten worden sein, da die Löcher für die Bolzen vorgebohrt worden sind.

Bevor die beiden Querträger, die Seiten- und der Mittelstände zusammen gefügt werden konnten, musste die Eisenreife [3.1] und [4.1] montiert werden (Abb. 85). Diese aus einem Stück geschmiedeten Reife wurden vermutlich in erhitztem Zustand auf die innen liegenden Ausnehmungen in den Querträgern [3] und [4] geschlagen, mit deren Kanten sie exakt abschließen (Abb. 86).

Nun konnten der Mittel- und die Seitenstände mit den Querträgern verbunden werden (Abb. 87). Nachdem die Seiten- und der Mittelstände in die entsprechenden Zapflöcher der Querträger eingesetzt worden waren, wurden von oben bzw. unten je vier Nägel



86 Oben Seitenansicht der Querträger mit den fertig montierten Eisenreifen. Zwischen ihnen einzeln die fertig montierten Mittel- und Seitenständer. Rechts oben einer der Nägel 4.5 zur Fixierung von Querträger und Seitenständer. Unten Rückansicht der gleichen Bauteile in der Perspektive.



87 Oben Vorderansicht des fertig montierten Spannrahmens. Unten Rückansicht in der Perspektive.

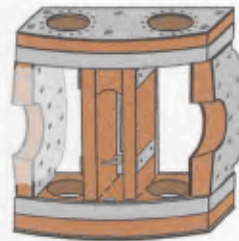
fe von vier Nägeln auf dem Mittelständer [7/8/9] fixiert (Abb. 88–89). Es folgten die schmalen Stirnbleche [5.4] und [6.4], letzteres mitsamt dem zugehörigen Seitenständer verloren, die mit je drei Nägeln [5.5] bzw. [6.5] auf den vorderen Schmalkanten der Seitenständer befestigt wurden (Abb. 90–91). An den Enden mussten die Nägel ein wenig einrücken, weil sie andernfalls mit den umlaufenden Eisenreifen [3.1] und [4.1] kollidiert wären. Als nächstes wurden – vermutlich in einem Arbeitsgang – die Frontbleche [10] und [11] mit den horizontal umlaufenden Beschlagblechen [3.3] und [4.3] montiert. Da die Frontbleche nur durch je zwei hinter den Beschlagblechen liegende Laschen gehalten werden, dürfte man zuerst sie auf den liegenden Spannrahmen aufgelegt haben (Abb. 92–93). Dann wurden die Beschlagbleche mit je vier Nägeln auf den Querträgern fixiert (Abb. 94–95). Dazu wurden je vier Nägel verwendet, die wegen der umlaufenden Eisenreife außermittig sitzen. Die Anpassungsarbeiten, die bei der Montage dieser Bleche aufgrund von Ungenauigkeiten erforderlich waren, und weitere Details sind bereits besprochen worden (s. o. Abschn. 2.9.1). Ob die schmalen Profilleisten der Frontbleche [10] und [11] bereits vor der Montage aufgelötet wurden oder erst danach, lässt sich nicht

[3.5] und [4.5] durch die Beschlagplatten der Querträger getrieben, und zwar in die Zapfen der Seitenständer, was für zusätzliche Stabilität sorgte.

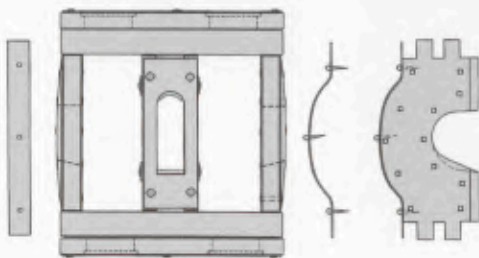
Die nächsten Arbeitsschritte galten der Montage der Verkleidungen. Zuerst wurde die eiserne Frontplatte [12] mit Hil-



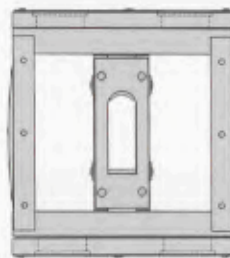
88 Links im Bild oben und unten wie Abb. 87. Rechts Vorder- bzw. Rückansicht von Frontplatte 12 mit einem der Befestigungsnägel.



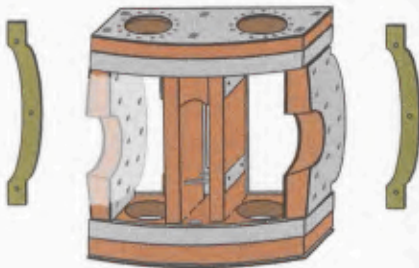
89 Oben Vorderansicht des Spannrahmens mit montierter Frontplatte 12. Unten Rückansicht der gleichen Bauteile in der Perspektive.

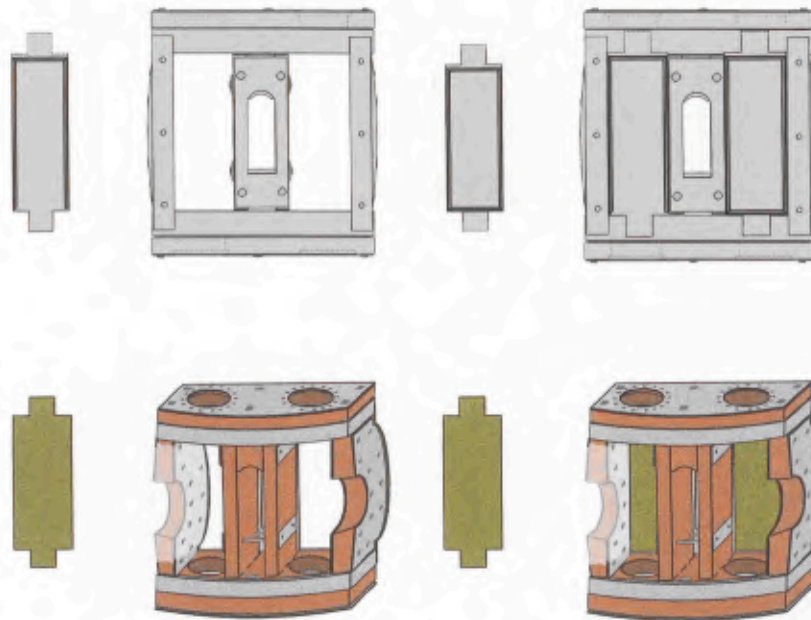


90 Oben links Vorderansicht des Beschlagblechs 5.4 und des Spannrahmens, rechts Seitenansicht des Blechs und montierter Zustand auf dem Seitenständer. Unten Rückansicht der gleichen Bauteile in der Perspektive.



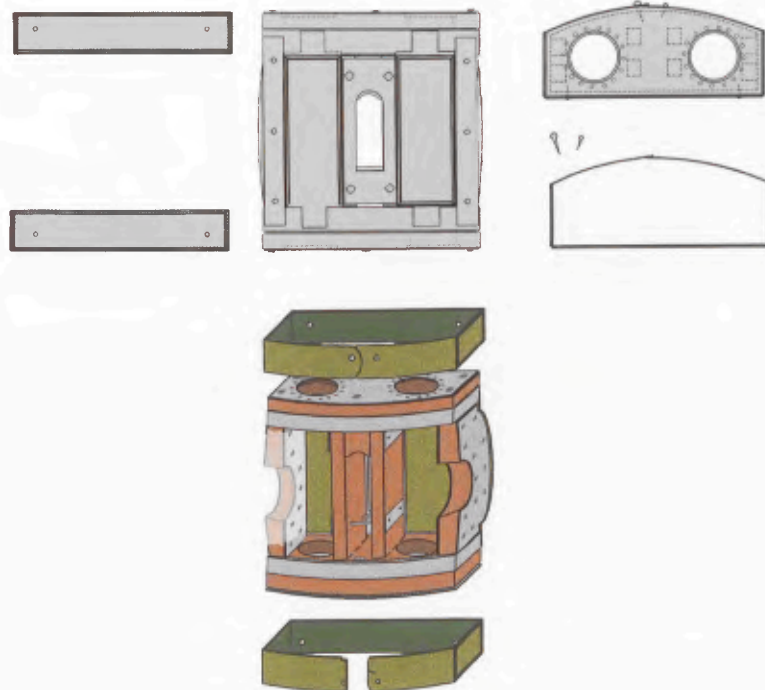
91 Vorderansicht und Perspektive des Spannrahmens in Rückansicht mit den montierten Beschlagblechen 5.4 und 6.4.





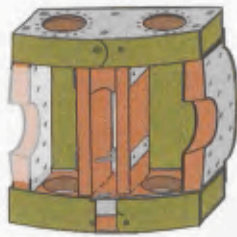
92 Oben links und rechts Vorderansicht der Frontbleche 10 und 11, dazwischen Spannrahmen. Unten Rückansicht der gleichen Bauteile in der Perspektive.

93 Oben Vorderansicht des Spannrahmens mit den montierten Frontblechen 10 und 11. Unten Rückansicht in der Perspektive.

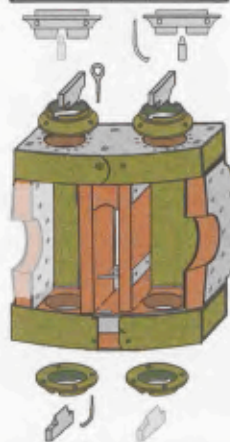
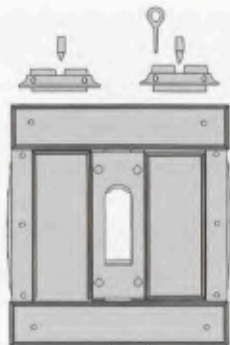


94 Oben links Vorderansicht der Beschlagbleche 3.3 und 4.3, oben rechts Aufsicht auf ein unmontiertes und ein montiertes Beschlagblech mit den verwendeten Nageltypen. Dazwischen Vorderansicht des Spannrahmens. Unten Rückansicht der gleichen Bauteile in der Perspektive.

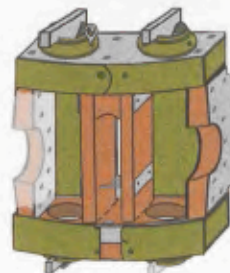
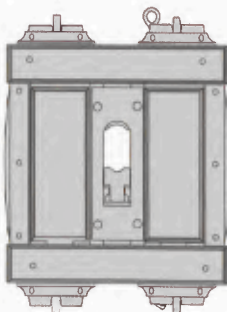




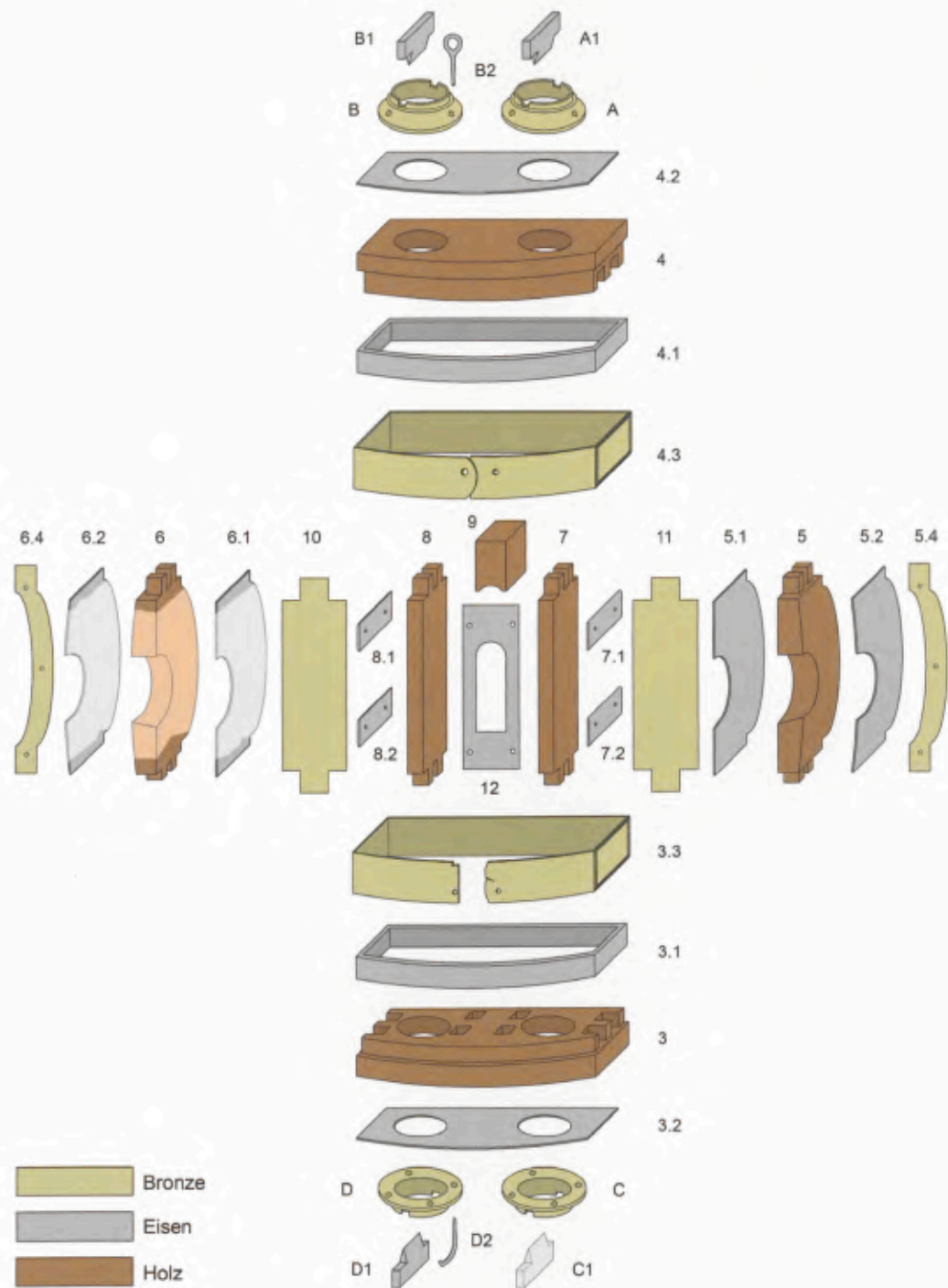
95 Links Vorderansicht des Spannrahmens. Rechts Rückansicht mit den montierten Beschlagblechen 3.3 und 4.3.



96 Oben links und rechts Seitenansichten und Aufsichten der vier Spannbuchsen, dazwischen Vorderansicht des Spannrahmens mit den Buchsen. Unten Rückansicht der gleichen Bauteile in der Perspektive.



97 Links Vorderansicht des Spannrahmens mit Pfeife und Schieber, rechts Rückansicht ohne Pfeife und Schieber in der Perspektive.



98 Explosionszeichnung der einzelnen Bauteile des Spannrahmens.

sagen. Sicher ist aber, dass die entsprechenden Leisten der Beschlagbleche [3.3] und [4.3] ihren Platz erst nach der Befestigung der Bleche erhalten haben können.

Zum Schluss wurden in den Spannrahmen die Spannbuchsen [A-D] mit ihren Seilen, den Bolzen [A1-D1] und den Vorsteckern [A2-D2] eingesetzt (Abb. 96–97). Die Anordnung sämtlicher Teile zueinander lässt sich der Explosionszeichnung (Abb. 98) entnehmen.

#### 4. Datierung

Die Fundumstände des Xantener Torsionskatapults in einem Auskiesungsgebiet scheinen zunächst keine großen Hilfen für eine Datierung zu geben. Wie eingangs beschrieben, erfolgt die Bergung der Objekte dort im Rahmen industrieller Abbauprozesse; auch sind Flussfunde nicht im strengen Sinne stratifizierbar<sup>47</sup>. Doch werden die Abbauschritte der Auskiesung durch regelmäßige Befliegungen dokumentiert, was eine grobe Lokalisierung der Fundstelle ermöglicht. Gemeinsam mit den jahrelangen Beobachtungen zum übrigen Fundgut, mit Geländebegehungen und Untersuchungen des Bodendenkmalamts in diesem Gebiet ergeben sich daraus zumindest einige Anhaltspunkte zur zeitlichen Einordnung. Die Fundstelle liegt am südlichen Abschluss der Auskiesungsfläche („Süd-See“), an der schmalsten Stelle zwischen dem Areal der *Colonia Ulpia Traiana* (LVR-Archäologischer Park Xanten) und dem Xantener Ortsteil Lüttingen. Auf dem Luftbild gut zu erkennen ist unten der mittelalterliche Stadtkern Xantens, darüber das durch das regelmäßige Straßensystem gegliederte Grün des römischen Stadtareals mit dem Oval des Amphitheaters und rechts die Wasserfläche der Auskiesung, die sich bis zum Ortsteil Lüttingen erstreckt (Abb. 99).

Die wenigen Keramikscherben, die zusammen mit dem Spannrahmen eingeliefert wurden, helfen für eine Datierung leider nicht wirklich weiter. Sie stammen aus dem 1. Jahrhundert n. Chr. ab etwa claudisch/neronischer Zeit bis sicher ins 2. Jahrhundert, einige vielleicht bis ins 3. Jahrhundert. Die Mehrzahl der Stücke gehört ins 1. Jahrhundert, der Abrollungsgrad ist unterschiedlich<sup>48</sup>. Im unmittelbaren Umfeld der Fundstelle und in der näheren Umgebung wurden zahlreiche weitere römische Funde entdeckt, darunter auch Reste zweier Schiffe. Diese Funde und ihre Datierung erlauben ein ungefähres Bild der römischen Flusslandschaft in diesem Bereich und der zeitlichen Abfolge der

<sup>47</sup> Vgl. zur Frage der Deutung solcher Funde W. TORBRÜGGE, Vor- und frühgeschichtliche Flussfunde. Zur Ordnung und Bestimmung einer Denkmälergruppe. Ber. RGK 51/52, 1972, 1–146; G. WEGNER, Die vorgeschichtlichen Flussfunde aus dem Main und aus dem Rhein bei Mainz. Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege. Abt. Vor- und Frühgesch. Reihe A, Fundinventare u. Ausgrabungsfunde, H. 30 (Kallmünz 1976); M. SCHULZE, Diskussionsbeitrag zur Interpretation früh- und hochmittelalterlicher Flussfunde. Frühmittelalterliche Studien 18, 1984, 222–248; E. KÜNZL, Gladiusdekorationen der frühen römischen Kaiserzeit: Dynastische Legitimation, Victoria und aurea aetas. Anhang: Die Mainzer Gladii als Flussfundproblem. Jahrb. RGZM 43, 1996, 438–449; DERS., Römische Tempelschätze und Sakralinventare: Votive, Horte, Beute. Antiquité Tardive 5, 1997, 68–71; DERS., Wasserfunde römischer Gladii: Votive oder Transportverluste? In: R. Bedon/A. Malissard (Hrsg.), La Loire et les fleuves de la Gaule romaine et des régions voisines. Caesarodunum 33/34 (Limoges 1999/2000) 547–575. – Die Dissertation von I. KAPPESSER, Römische Flussfunde aus dem Rhein zwischen Mannheim und Bingen – Fundumstände, Flußlaufrekonstruktion und Interpretation (Mainz 2008) ist noch unveröffentlicht. Im Druck: DIES., Römische Funde aus dem Rhein – Ein Fluss zwischen Heiligtum und Müllkippe? Ber. zur Arch. in Rheinessen und Umgebung 1, 2008.

<sup>48</sup> Die Auskünfte werden B. Liesen, Xanten, verdankt.



99 Fundstelle des Spannrahmens (Pfeil). Luftaufnahme von 2004.

Rheinarme dort<sup>49</sup>. Der Rheinarm, aus dem die Torsionswaffe stammt, ist der westliche und ältere. Er hat eine ganze Reihe von frühkaiserzeitlich zu datierenden Militaria, Metallgefäßen u.a. freigegeben. Als Schifffahrtsweg genutzt wurde er sehr wahrscheinlich bis in den Beginn des 2. Jahrhunderts n. Chr., wobei allerdings eine kaum noch Wasser führende Restrinne noch länger bestanden haben dürfte. Weiter östlich floss ein zweiter, jüngerer Arm, an dessen westlichem Ufer eine Befestigung des mittleren 2. Jahrhunderts n. Chr. entdeckt wurde. Aus diesem Arm, der bis ins 4. Jahrhundert bestand, stammt u. a. ein ca. 35 m langer Prahm, dessen Hölzer dendrochronologisch um 275 n. Chr. datiert sind.

Dieser grobe zeitliche Rahmen für die Fundstelle des Torsionskatapults deckt sich mit dem, was wir insbesondere durch die zahlreichen Arbeiten von D. Baatz über die Bauweise solcher Waffen und deren Entwicklungsgeschichte wissen<sup>50</sup>. Die Katapultbewaffnung der frühen Kaiserzeit basierte auf Konstruktionsprinzipien, die bis in den Hellenismus zurückreichen. Charakteristisch für diese Katapulte ist die Holzbauweise des Rahmens. Das älteste bildliche Zeugnis ist die bekannte Reliefplatte vom Athena-Nike-

<sup>49</sup> Zum Folgenden J. KLOSTERMANN, Die Entstehungsgeschichte der Xantener Landschaft. In: G. Precht/H.-J. Schalles (Hrsg.), *Spurenlese, Beiträge zur Geschichte des Xantener Raumes* (Köln-Bonn 1989) 31–34; D. VON DETTEN, *Fundgeschichte*. In: SCHALLES/SCHREITER 1993, 11–18; H. BERKEL/D. VON DETTEN, Neue Ergebnisse zu den römischen Altrheinarmen im Stadtgebiet von Xanten. *Arch. Rheinland* 1993, 55–57; K. KRAUS, Siedlungskontinuität in Lüttingen, *Arch. Rheinland* 1995, 95–97; DIES., Die Wacht am Rhein zur Römerzeit. *Ebd.* 1996, 90–92; DIES., Reif für die Insel. Erste Ausgrabungsergebnisse aus Lüttingen. *Jahrb. Kreis Wesel* 1997, 171–175; J. OBLADEN-KAUDER, Spuren römischer Lastschifffahrt am Unteren Niederrhein. In: MÜLLER/SCHALLES/ZIELING 2008, 507–523; C. BRIDGER/K. KRAUS, Die römische Besiedlung der Xantener Bucht. *Ebd.* 595–599.

<sup>50</sup> BAATZ 1994b, 128 f.; RIHL 2007, 76 ff.





100 Pergamon, Athena-Nikephoros-Heiligtum. Reliefplatte mit Darstellung einer Torsionswaffe.

phoros-Tempelbezirk in Pergamon/TR, die um 180 v. Chr. zu datieren ist und auf der eine solche Waffe in Vorderansicht dargestellt ist – wenn man den Größenverhältnissen von dort ebenfalls abgebildeten Ausrüstungsgegenständen wie Brustpanzer und Schild trauen darf, wohl ebenfalls eine Handwaffe (Abb. 100). Fundstücke wie die Katapultteile aus Ampurias/E und Caminreal/E, die in die Zeit um 100 bzw. um 75 v. Chr. gehören, entsprechen dieser Bauweise. Das gleiche gilt für die schon mehrfach genannten Bestandteile zweier Katapulte, die in den Kämpfen bei Cremona 69 n. Chr. verloren gingen. Das jüngste bekannte Zeugnis für ein Katapult mit hölzernem Spannrahmen bildet der ans Ende des 1. Jahrhunderts n. Chr. zu datierende Moderatusgrabstein (Abb. 3). Nicht lange danach hat eine neue Technologie Einzug in dieses römische Waffensystem gefunden, denn auf der Traianssäule sind Torsionswaffen anderer Bauart wiedergegeben. Es handelt sich dabei um Konstruktionen, bei denen der Rahmen nicht mehr aus Holz, sondern gänzlich aus Metall besteht und auch deutlich anders proportioniert ist als seine hölzernen Vorgänger<sup>51</sup>. Funde von Teilen solcher „Cheiromballistren“ liegen insbesondere aus dem Balkanraum, vereinzelt auch aus Gallien und Nordafrika vor<sup>52</sup>. Sie haben offenbar seit traianischer Zeit den älteren Waffentyp abgelöst.

Weitere Anhaltspunkte zu einer Einordnung des Xantener Fundes ergeben sich aus einem Vergleich des Aufbaus der Buchsen (zu den Maßverhältnissen der Xantener Waffe generell vgl. den Beitr. BAATZ). Baatz und Vicente haben die Profile einer ganzen Reihe von Buchsen zusammengestellt, was diesen Vergleich erheblich erleichtert<sup>53</sup>. Ordnet man die Buchsen für Katapultwaffen mit hölzernem Spannrahmen chronologisch, so zeichnen sich mehrere, mit charakteristischen Merkmalen versehene „Familien“ ab, die trotz ihrer teilweisen Langlebigkeit und formaler Überschneidungen bestimmte zeitliche

<sup>51</sup> G. FLORESCU, Die Traianssäule (Bukarest-Bonn 1969) 67 Abb. 37, 88 Abb. 47b. Taf. 52 (Platte 66 Szene 166), 53 (Platte 66 Szene 169).

<sup>52</sup> Neben Gornea und Orșova/RO, Lyon/F und Sala/MR jetzt auch Elenovo/BG (o. Anm. 7). Lit.: D. BAATZ/M. FEUGÈRE, *Éléments d'une catapulte romaine trouvée à Lyon*. Gallia 39, 1981, 207–215; GUDEA/BAATZ 1974; BAATZ 1978b, 9 ff.; MIKS 2001, 231 f. (Fundliste); SÁEZ ABAD 2005; 69 ff.; RIHLL 2007, 209 ff. 296.

<sup>53</sup> Grundlegend hier bereits BAATZ 1994c. Typentafeln: BAATZ 1982, 215 Abb. 1; BAATZ 1985, 682 Abb. 2; BAATZ 1994c, 277 Abb. 1. 278 Abb. 2; VICENTE u. a. 1997, 182 Abb. 23.

Schwerpunkte bilden (Abb. 101)<sup>54</sup>. Die Buchsen, bei denen der Flansch wie ein Zahnkranz ausgebildet ist, um deren Fixieren zu ermöglichen (Sounion 1/GR, Mahdia 2–3/TN), können dabei außen vor bleiben, denn es handelt sich hier offensichtlich um ein Konstruktionsmerkmal, das in nachhellenistischer Zeit nicht mehr nachweisbar ist<sup>55</sup>. Sämtliche Buchsen weisen gleichermaßen eine untere zylindrische Rundleiste zur Führung im Spannrahmen, einen Flansch mit den Löchern für die Vorstecker und eine obere zylindrische Rundleiste mit rechteckigen Ausnehmungen für die Spannbolzen auf. Anfänglich ist der Flansch teils scharf gegen den Buchsenkörper gesetzt, teils auch bereits als Hohlkehle ausgebildet (Ephyra 1–2, 4–6/GR, Ampurias/E, Azaila/E, Mahdia 1–3/TN<sup>56</sup>). Der Oberteil der Buchse ist dabei nicht vom Flansch abgesetzt. Die Spannbuchsen Ephyra 3/GR und Mahdia 2/TN zeigen allerdings bereits ein Merkmal, das in der Folgezeit das Erscheinungsbild der Buchsen verändert: Sie besitzen über der Hohlkehle des Flanschs einen geringfügigen Absatz, der der oberen Rundleiste einen eigenständigen konstruktiven Charakter verleiht. Der gleiche Absatz findet sich bei den ins 1. Jahrhundert v. Chr. zu datierenden Buchsen des Katapults von Caminreal/E und – sehr viel prägnanter – denjenigen der beiden Spannbuchsensätze aus Cremona/I<sup>57</sup> (Abb. 102). Für die ein wenig jüngere Buchse aus Elginhaugh/SCO gilt das gleiche<sup>58</sup>. Seit dem 1. Jahrhundert n. Chr. sitzt dieser Absatz auf Höhe der Unterkante des Spannbolzeneinschnitts<sup>59</sup>. Schließlich kommt als neues Element ein Wulst hinzu, der unter dem oberen Rand der Buchse umläuft. Der früheste Beleg sind die wohl in die erste Hälfte des 1. Jahrhunderts n. Chr. zu datierenden Gussformen vom Auerberg/D, zeitlich gefolgt von den Funden aus dem Minerva-Sulis-Heiligtum in Bath/GB und aus Volubilis/MA. Die großkalibrigen Buchsen des mittleren 3. Jahrhunderts aus Hatra/IRQ und der ins 4. Jahrhundert datierte Fund aus Pityus/GR besitzen diesen Wulst ebenfalls<sup>60</sup>. Stellt man nun die Xantener

<sup>54</sup> In Abb. 101 aufgenommen wurden die zeitlich einigermaßen sicher datierten Buchsen. So wurde die verschollene Spannbuchse aus Pergamon, die im übrigen als einzige im Bereich der Ausnehmungen für die Spannbolzen eine Verstärkung der oberen Rundleiste aufweist, in Ermangelung einer genaueren Datierung nicht berücksichtigt: GAITZSCH (Anm. 41) 235–242. 236 Abb. 1–2.

<sup>55</sup> Vgl. die Bemerkungen von BAATZ 1994d, 705. – BAATZ 1994c, 279 Abb. 3; SÁEZ ABAD 2005, 62 (Sounion, um 300 v. Chr.); BAATZ 1982, 215 Abb. 1.1; SÁEZ ABAD 2005, 61 f. (Ephyra 1, 167 v. Chr.); BAATZ 1985, 682 Abb. 2. 5–6. 687 Abb. 8. 2–3; BAATZ 1994d, 701 Abb. 2. 2–3. 706 Abb. 7–8; SÁEZ ABAD 2005, 63 f. (Mahdia 2–3, wohl 80–70 v. Chr.).

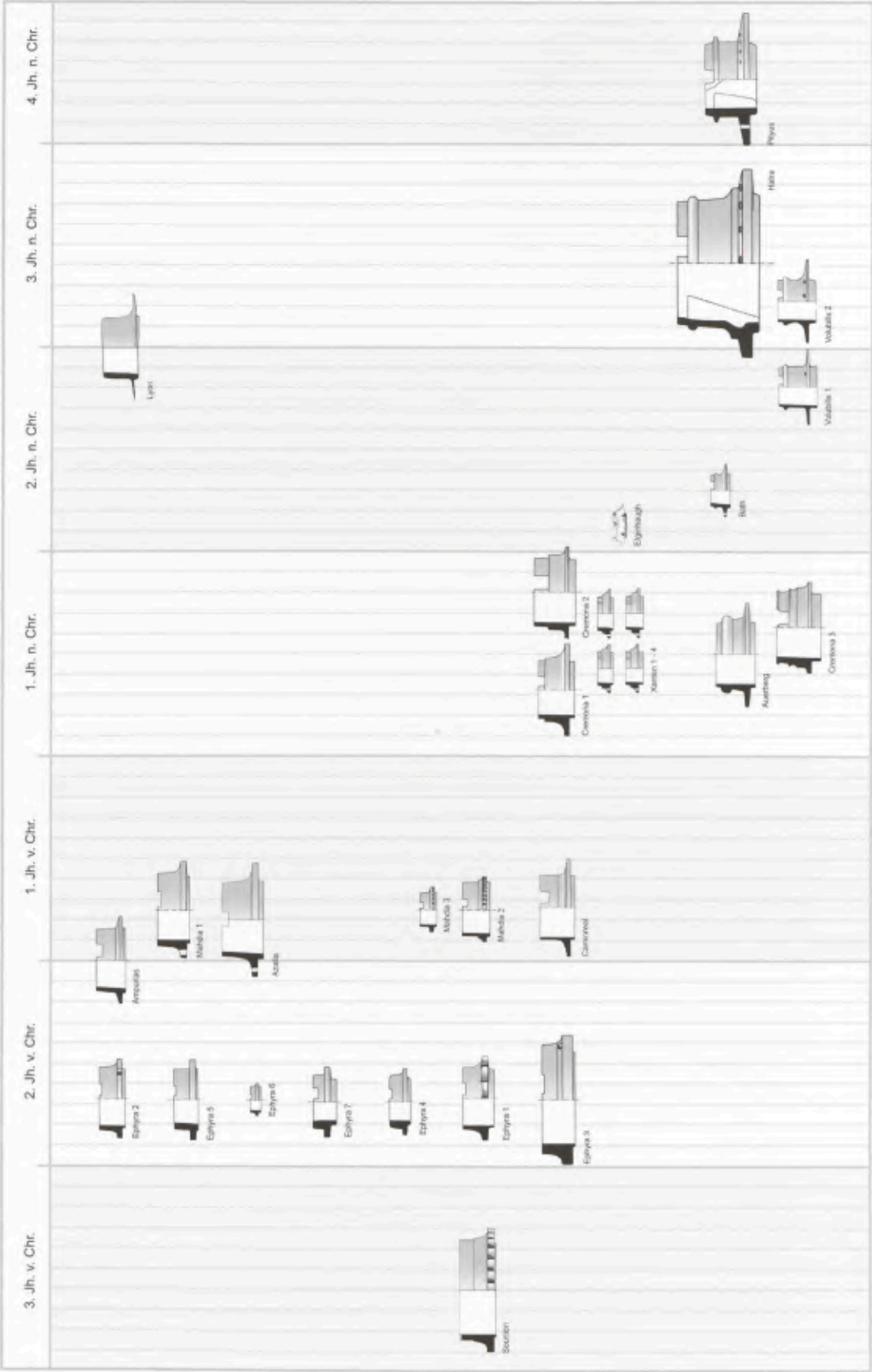
<sup>56</sup> BAATZ 1982, 215 Abb. 1.1–2.4–6 (Ephyra 1–2, 4–6); BAATZ 1994c, 3 Abb. 1.4 (Ampurias, um 100 v. Chr.); ebd. 5 Abb. 4 (Azaila, um 75 v. Chr.); BAATZ 1985, 682 Abb. 2; BAATZ 1994d, 701 Abb. 2 (Mahdia).

<sup>57</sup> BAATZ 1982, 215 Abb. 1.3 (Ephyra 3); BAATZ 1985, 682 Abb. 2.5; BAATZ 1994d, 701 Abb. 2.2 (Mahdia); BAATZ 1994 c, 3 Abb. 1.6 (Caminreal, um 75 v. Chr.); BAATZ 1980, 286. Abb. 2.4–6. Taf. 91. Taf. 92.1 (Cremona, 69 n. Chr.).

<sup>58</sup> Außer der Buchse stammt von dieser Fundstelle eine wohl zur Spannvorrichtung eines kleinen Katapults gehörende Zahnstange: ALLASON-JONES 2007, 405 ff. Nr. 32 Taf. 10.5.

<sup>59</sup> Darauf weist bereits BAATZ 1985, 688 hin.

<sup>60</sup> BAATZ 1994c (Auerberg, um 50 n. Chr.); B. Cunliffe (Hrsg.), *The Temple of Sulis Minerva at Bath 2. The Finds from the Sacred Spring* (Oxford 1988) 7 f. 38; BAATZ 1982, 221 f. (Bath, wohl spätes 1./2. Jh. n. Chr.; ein Bild der Buchse im Internet unter [www.romanbaths.co.uk/index.cfm?fuseAction=collection.disp&objectID=batrm\\_1983\\_13\\_b\\_1&result=1&searchcriteria=washer&subset=1](http://www.romanbaths.co.uk/index.cfm?fuseAction=collection.disp&objectID=batrm_1983_13_b_1&result=1&searchcriteria=washer&subset=1)); C. BOUBE-PICOT, *Elements de catapultes en bronze decouverts en Mauretanie Tingitane*. Bull. Arch. Marocaine 17, 1987/88, 224 Taf. 7. 228 Taf. 11. 229 Taf. 12; SÁEZ ABAD 2005, 72 (Volubilis, 2./3. Jh. n. Chr.); BAATZ 1978a, 55 Abb. 11–12; SÁEZ ABAD 2005, 64 ff. (Hatra, 241 n. Chr.); D. BAATZ, *Eine Katapultspannbuchse aus Pityus, Georgien (UdSSR)*. Saalburg Jahrb. 44, 1988, 61 Abb. 2; SÁEZ ABAD 2005, 74 (Pityus, 4. Jh. n. Chr.). – Die Buchse Cremona 3 mit ihrer doppelten Rundleiste, von denen die obere deutlich über das Profil der Buchse herausgezogen ist, geht konstruktiv in eine ähnliche Richtung: BAATZ 1980, 286 Abb. 2.6.



101 Spannbüchsen hölzerner Katapultwaffen in chronologischer Übersicht.



102 Spannbuchse des Katapults Cremona 1.

Buchsen in diese Entwicklungslinie hellenistisch-römischer Buchsentyphen, so weisen sie im Aufbau die denkbar größten Übereinstimmungen mit dem Buchsensatz des kleineren Cremonenser Katapults auf. Es gibt also gute Gründe, die Xantener Torsionswaffe in diesen zeitlichen Horizont einzuordnen. Und die technologischen Ähnlichkeiten sind vielleicht auch kein Zufall, denn beide Geräte gehörten zum Waffenarsenal der Rheinarmee<sup>61</sup>.

## 5. Abschließende Bewertung und taktischer Einsatz der Waffe

Sieht man von den vollständigen Spannbuchsensätzen ohne zugehörige weitere Katapultbestandteile ab (zwei aus Cremona, zwei aus Ephyra), so waren vor Auffindung der Xantener Torsionswaffe nur drei weitere Funde bekannt, die einen vergleichbar guten Erhaltungszustand besitzen und die den historischen Quellen archäologische Evidenzen für die Rekonstruktion von Katapulten zur Seite zu stellen vermochten; sie haben hier bereits mehrfach Erwähnung gefunden. 1912 wurde in Empúries-Ampurias/E, Prov. Barcelona, der Rahmen eines Katapults entdeckt, bei dem alle wesentlichen Beschlagteile einschließlich der Spannbuchsen und -bolzen vorhanden waren. Es stammt aus dem späten 2. oder frühen 1. Jahrhundert v. Chr. 1972 wurde unter den Trümmern eines Stadtmauerturms in Hatra/IRQ der Rahmen einer großen Torsionswaffe in Falllage angetroffen. Der Turm hatte sie bei seinem Einsturz – vermutlich während der Belagerung der Stadt durch die Sasaniden im Jahr 241 n. Chr. – unter sich begraben. Schließlich konnte während der Grabungskampagne 1984/85 in der Gemarkung La Caridad bei Caminreal/E, Prov. Teruel, zusammen mit einer Reihe von Waffenteilen ein weiterer vollständiger Spannrahmen freigelegt werden. Er gehört in das erste Viertel des 1. Jahrhunderts v. Chr.<sup>62</sup> Bei all diesen drei Fundobjekten handelt es sich – ungeachtet aller Unterschiede im einzelnen – um Geschütze, d.h. um Waffen, für deren Bedienung nicht nur ein einzelner Mann, sondern eine kleine Mannschaft erforderlich war. Dass die Legionen, die Prätorianergarde und die Flottenverbände, vereinzelt auch Auxiliartruppen mit Geschützen ausgerüstet waren, ist

<sup>61</sup> Das Cremonsenser Katapult A wurde 45 n. Chr. in Mainz in Dienst gestellt und ging in der zweiten Schlacht dort zwischen den vitellianischen Truppen und dem Heer des Vespasian zugrunde: BAATZ 1980, bes. 295 f. Von der gleichen Fundstelle stammt der Rest eines weiteren Katapultbeschlagblechs. Die Inschrift auf diesem Blech ist nur fragmentarisch erhalten, erlaubt aber die Zuweisung an eine der Legionen des niedergermanischen Heeres: ebd. 291 f.

<sup>62</sup> Ampurias: SCHRAMM 1918, 40 ff.; SÁEZ ABAD 2005, 149 f. – Hatra: BAATZ 1978a, BAATZ 1978b, A. IRIARTE, *The Inswinging Theory*. *Gladius* 23, 2003, 111–140; RIHLL 2007, 225 ff. (mit anderer Rekonstruktion). – Caminreal: VICENTE u. a. 1997. Die Funde aus Azaila/E sind zu schlecht publiziert, um adäquat beurteilt werden zu können; Lit.: SÁEZ ABAD 2005, 151 f.; RIHLL 2007, 295 Anm. 3; SÁEZ ABAD 2009, 1081 ff. Zum Neufund aus Zeugma/TR s. o. Anm. 7.



aus mehreren antiken Quellen bekannt<sup>63</sup>. Der Xantener Spannrahmen dagegen gehört seiner geringen Größe nach zu einer Handwaffe oder Armbrust. Um die Kenntnis ihrer Verwendung, insbesondere beim römischen Militär, ist es deutlich schlechter bestellt.

Die schriftliche Überlieferung nennt drei solcher Waffen<sup>64</sup>. Der *gastrophetes*, von Heron in seinen *Βελοποικὰ* beschrieben, ist ein Kompositbogen mit einer Spannvorrichtung, die der der Katapultwaffen entspricht. Der antike Name ist vermutlich von der Spannweise des Bogens abgeleitet<sup>65</sup>. Sie erfolgte, indem man die Waffe vorn auf den Boden aufsetzte und sie mit dem Bauch (griech. *γαστήρ*) mittels eines am hinteren Ende der Pfeife sitzenden, gebogenen Querholzes herunter drückte. Diese Waffe existierte bereits in vorhellenistischer Zeit. Unbekannt ist der antike Name einer römischen Jagdarmbrust, für die es zwei bildliche Überlieferungen aus Gallien gibt<sup>66</sup>. Die dritte Waffe schließlich ist die Torsionsarmbrust, die in der antiken Literatur als *cheiromballistra*/*χειροβαλλίστρα* oder *manuballista* bezeichnet wird. Der erstgenannte Begriff wird durch den Text des Pseudo-Heron überliefert; die Datierung dieses Textes ist umstritten, eine eher byzantinische Zeitstellung aber wohl wahrscheinlich. Auch das Wort *manuballista* taucht erst in spätantiken Schriftquellen auf<sup>67</sup>. Der Text des Pseudo-Heron widmet sich der oben bereits erwähnten Torsionswaffe mit Metallrahmen, die erstmals auf der Traianssäule erscheint und für die die Funde aus Gornea, Orșova, Elenovo, Lyon und Sala stehen<sup>68</sup>.

Dass es einen älteren Vorläufer für diese Torsionsarmbrust gegeben haben muss, war bislang einzig durch vier kleinkalibrige Spannbuchsen hellenistischer und römischer Zeitstellung zu vermuten gewesen, auf die hier verschiedentlich bereits hingewiesen wurde (Ephyra 6/GR, Mahdia 3/TN, Bath/GB, Elginhaugh/SCO). D. B. Campbell hatte diesen Vorläufer hellsichtig wie folgt beschrieben: „Clearly, the weapons represented by the Ephyra and Mahdia finds must have been rather different to the *cheiromballistra* since the latter was a development of the first century AD; earlier torsion weapons still had wooden frames and must have been of euthytone construction rather than palintones“<sup>69</sup>. Mit dem Xantener Spannrahmen ist nun dieses Bindeglied gefunden.

Wo sind diese Waffen zum Einsatz gekommen? Soweit ein entsprechender Sachverhalt den Schilderungen antiker Autoren überhaupt zweifelsfrei zu entnehmen ist, wird die Verwendung mobiler Handwaffen in der antiken Literatur nur ein einziges Mal erwähnt. In seinen in den dreißiger Jahren des 2. Jahrhunderts n. Chr. verfassten *Τακτικά* beschreibt Arrian ein von Reitern durchzuführendes Manöver, bei dem Pfeile nicht von Bögen, sondern *ἀπό μηχανῆς* abgefeuert werden<sup>70</sup>. Da es sich hier ersichtlich nicht um Katapult-

<sup>63</sup> MARSDEN 1969, bes. 174 ff.; CAMPBELL 1986; BAATZ 1994b; BISHOP/COULSTON 2006, 58 ff. 88 ff.; RIHLL 2007, 197 ff.

<sup>64</sup> Zur textlichen Überlieferung zu Katapultwaffen s.u. den Beitrag BAATZ sowie zum folgenden außerdem SCHRAMM 1918, 47 ff.; MARSDEN 1969, 5 ff.; BAATZ 1982, 224; CAMPBELL 1986, 129 ff.; BAATZ 1991; BAATZ 1994b, 6 Anm. 40; A. WILKINS, Reconstructing the *cheiromballistra*. *Journal Roman Military Equipment Stud.* 6, 1995, 5–59; D. BAATZ, Katapulte und mechanische Handwaffen des spätrömischen Heeres. Ebd. 10, 1999, 5–19; MIKS 2001; WILKINS 2003, 11 f. 38 ff.; CAMPBELL 2003, 3 f. 37 ff.; SÁEZ ABAD 2005, 37 ff.; RIHLL 2007, 37 ff. 71 ff. 91 ff.

<sup>65</sup> Anders RIHLL 2007, 47.

<sup>66</sup> BAATZ 1991, 288 vermutet, dass diese Waffe als *arcuballista* bezeichnet wurde.

<sup>67</sup> Vgl. BAATZ 1978b, 17. Anders MIKS 2001, 228 f.

<sup>68</sup> s. o. Anm. 52.

<sup>69</sup> CAMPBELL 1986, 131. Auch BAATZ, Katapulte (Anm. 64) 6 f. forderte solche Handwaffen. WILKINS 2003, 77 vermutet, die Spannbuchse aus Bath stamme „from a small training model catapult“. Auf die übrigen kleinen Buchsen geht er nicht ein.

<sup>70</sup> Arr. takt. 43,1. – Zu dieser Textstelle insbesondere CAMPBELL 1986, 126 ff.; BAATZ 1994b, 6 f.; RIHLL 2007, 221.

geschütze handeln kann, müssen Handwaffen wie die Torsionsarmbrust gemeint sein. Welche Art von  $\mu\eta\chi\alpha\nu\eta$  aber dabei eingesetzt wurde, bleibt offen. Die Verwendung einer Torsionsarmbrust mit Holzrahmen in der Bauweise des Xantener Fundes scheint mir bei einer solchen Kavallerieübung allerdings nur schwer vorstellbar: Der Schwerpunkt dieser Waffe liegt weit vorn, was ihre Handhabung im Sattel nicht vereinfacht, und die nur gesteckte Verbindung zwischen Rahmen und Pfeife barg das zusätzliche Risiko, bei heftigen Bewegungen nicht stabil genug zu sein. Diesen aus dem Befund sicher ableitbaren und durch die Rekonstruktion untermauerten Tatsachen scheint jedoch die Fundstelle der Buchse aus Elginhaugh/SCO zu widersprechen, die als einzige in der Diskussion der Nutzung von Torsionshandwaffen eine gewisse Evidenz für sich beanspruchen kann: Elginhaugh wird als Quartier einer Reitereinheit angesprochen<sup>71</sup>. Die etwas umständliche und unsichere Handhabbarkeit der Xantener Waffe spricht m.E. dennoch eher dafür, dass sie in anderer Form – von Fußsoldaten in Bewegung oder noch eher als Defensivwaffe, aufgesetzt auf eine unbewegliche Unterlage – verwendet wurde. Hier boten sich in der Lagerverteidigung, etwa auf Mauern und Türmen, oder auf Schiffen vielfältige Einsatzmöglichkeiten<sup>72</sup>.

ALLASON-JONES 2007

L. ALLASON-JONES, *Small Objects*. In: W. S. Hanson, *Elginhaugh: A Flavian Fort and its Annexe 2*. Britannia Monogr. Ser. 23 (London 2007) 396–443.

BAATZ 1978a

D. BAATZ, *Das Torsionsgeschütz von Hatra*. Ant. Welt 9 H. 4, 1978, 50–57 (Wiederabdruck in: BAATZ 1994a, 216–223)

BAATZ 1978b

D. BAATZ, *Recent finds of ancient artillery*. Britannia 9, 1978, 1–17 (Wiederabdruck in: Baatz 1994a, 224–240)

BAATZ 1980

D. BAATZ, *Ein Katapult der Legio IV Macedonica aus Cremona*. Röm. Mitteilungen 87, 1980, 283–299 (Wiederabdruck in: BAATZ 1994a, 185–201)

BAATZ 1982

D. BAATZ, *Hellenistische Katapultteile aus Ephyra (Epirus)*. Athen. Mitteilungen 97, 1982, 211–233 (Wiederabdruck in: BAATZ 1994a, 146–171)

BAATZ 1985

D. BAATZ, *Katapultteile aus dem Schiffswrack von Mahdia (Tunesien)*. Arch. Anzeiger 1985, 679–691 (Wiederabdruck in: BAATZ 1994a, 172–184)

BAATZ 1991

D. BAATZ, *Die römische Jagdarmbrust*. Arch. Korrbbl. 21, 1991, 283–290.

BAATZ 1994a

D. BAATZ, *Bauten und Katapulte des römischen Heeres* (Stuttgart 1994)

BAATZ 1994b

D. BAATZ, *Katapultbewaffnung und -produktion in der frühen und mittleren Kaiserzeit*. In: BAATZ 1994a, 127–135.

BAATZ 1994c

D. BAATZ, *Katapultfunde 1887–1985*. In: BAATZ 1994a, 275–283.

<sup>71</sup> W. S. HANSON, *Elginhaugh: A Flavian Fort and its Annexe 2*. Britannia Monogr. Ser. 23 (London 2007) 655 ff. – Vgl. auch Anm. 56. Skeptisch hinsichtlich der Nutzung solcher Waffen durch Kavallerietruppen auch CAMPBELL 1986, 131.

<sup>72</sup> Zur möglichen Darstellung eines mit Katapulten (wohl manuballisten) bewaffneten Schiffes auf einem Relief aus Mainz (frdl. Hinweis M. Wieland, Köln): R. BOCKIUS, *A Roman Depiction of a War Ship equipped with two Catapults?* In: H. Tzalas, *Tropis 6. Proceedings 6<sup>th</sup> Int. Symposium on Ship Construction in Antiquity*. Lamia August 1996 (Athen 2001) 89–93; RIHLL 2007, 219 f. – Katapultwaffen auf Schiffen: BAATZ 1985, 690 f.; RIHLL 2007, 117 f.

BAATZ 1994d

D. BAATZ, Die Katapultteile. In: G. Hellenkemper/H. H. von Prittwitz und Gaffron/G. Bauchhenß (Hrsg.), *Das Wrack. Der antike Schiffsfund von Mahdia 1* (Köln 1994) 701–707.

BAATZ 1994e

D. BAATZ, Katapult-Spannbuchsen vom Auerberg. In: G. Ulbert u. a., *Der Auerberg 1. Münchner Beitr. Vor- u. Frühgesch.* 45 (München 1994) 173–187.

BISHOP /COULSTON 2006

M. C. BISHOP/J. C. N. COULSTON, *Roman Military Equipment* (Oxford 2006).

CAMPBELL 1986

D. B. CAMPBELL, *Auxiliary Artillery Revisited*. *Bonner Jahrb.* 186, 1986, 117–132.

CAMPBELL 2003

D. B. CAMPBELL, *Greek and Roman Artillery 399 BC – AD 363* (Oxford 2003).

GUDEA/BAATZ 1974

N. GUDEA/D. BAATZ, Teile spätrömischer Ballisten aus Gornea und Orşova (Rumänien). *Saalburg Jahrb.* 31, 1974, 50–72.

IRIARTE 2001/2

A. IRIARTE, More about the Teruel catapult. *Journal Roman Military Equipment Stud.* 12/13, 2001/2002, 43–46.

MARSDEN 1969

E. W. MARSDEN, *Greek and Roman Artillery. Historical Development* (Oxford 1969).

MARSDEN 1971

E. W. MARSDEN, *Greek and Roman Artillery. Technical Treatises* (Oxford 1971).

MIKS 2001

CH. MIKS, Die Cheiromballistra des Heron. Überlegungen zu einer Geschützentwicklung der Kaiserzeit. *Saalburg-Jahrb.* 51, 2001, 153–232.

MÜLLER/SCHALLES/ZIELING 2008

M. MÜLLER/H.-J. SCHALLES/N. ZIELING (Hrsg.), *Colonia Ulpia Traiana. Xanten und sein Umland in römischer Zeit. Stadtgesch. Xanten 1, Sonderbd. Xantener Ber.* (Mainz 2008).

RIHLL 2007

T. RIHLL, *The Catapult. A History* (Yardley 2007).

SÁEZ ABAD 2005

R. SÁEZ ABAD, *Artillería y poliorcética en el mundo grecorromano. Anejos de Gladius 8* (Madrid 2005)

SÁEZ ABAD 2009

R. SÁEZ ABAD, Evidencias arqueológicas de la poliorcética en la península ibérica. In: A. Morillo/N. Hanel/E. Martín (Hrsg.), *Limes XX. Estudios sobre la Frontera Romana/Roman Frontier Studies. Anejos de Gladius 13,3* (Madrid 2009) 1079–1088.

SCHALLES/SCHREITER 1993

H.-J. SCHALLES/CH. SCHREITER (Hrsg.), *Geschichte aus dem Kies. Neue Funde aus dem Alten Rhein bei Xanten. Xantener Ber. 3 = Führer des Regionalmuseums Xanten Nr. 34* (Köln 1993).

SCHRAMM 1918

E. SCHRAMM, *Die antiken Geschütze der Saalburg* (Berlin 1918, Reprint Bad Homburg v.d.H. 1980 mit einem Vorwort von D. Baatz).

VICENTE u. a. 1997

J. D. VICENTE u. a., La catapulta tardo-republicana y otro equipamiento militar de „La Caridad“ (Caminreal, Teruel). In: M. Feugère (Hrsg.), *L'équipement militaire et l'armement de la république (IVe-Ier s. avant J.-C.)*. *Proceed. Tenth Internat. Roman Military Equipment Conference, Montpellier 26.-28.9.1996. Journal Roman Military. Equipment Stud.* 8, 1997, 167–181.

WILKINS 2003

A. WILKINS, *Roman Artillery* (Princes Risborough 2003).

Abbildungsnachweise: 1, 4, 6–24, 25–98 Restaura, Jo Kempkens en Ton Lupak, Haelen/NL; 2, 5, 101 LVR-Archäologischer Park Xanten / LVR-RömerMuseum unter Verwendung von Detailzeichnungen aus BAATZ 1994a und anderer hier zitierter Autoren (H. Stelter); 3 Deutsches Archäologisches Institut Rom Inst. Neg. 1313; 25 H.-J. Schalles; 99 LVR-Archäologischer Park Xanten / LVR-RömerMuseum (B. Song); 100 Staatl. Museen zu Berlin Preuß. Kulturbesitz, Antikenslg. Neg. Nr. PM 6932; 102 D. Baatz, Darmstadt.



## Die Freilegung und Restaurierung der Torsionsarmbrust

(Redaktion und Übersetzung aus dem Niederländischen: H.-J. Schalles)

1. Voruntersuchungen
  - 1.1. Bilderkennungsverfahren
  - 1.2. Vorgehen
  - 1.3. Untersuchung der Hohlräume im Vorfeld der Restaurierung
    - 1.3.1. Konstruktives Gefüge des Spannrahmens im Bereich von Block [9]
    - 1.3.2. Konstruktives Gefüge des Spannrahmens im Bereich von Block [9] und Frontplatte [12]
    - 1.3.3. Konstruktives Gefüge des Spannrahmens im Hohlraum des Mittelständers [7/8]
    - 1.3.4. Konstruktives Gefüge des Spannrahmens im Hohlraum des Querträgers [3]
    - 1.3.5. Hohlraum im Querträger [4]
  - 1.4. Die Holzreste: Holzartenbestimmung und funktionelle Zuordnung
2. Abformungsarbeiten
  - 2.1. Pfeife [1] und Schieber [2]
  - 2.2. Der Spannrahmen
3. Die Freilegung
  - 3.1. Frontbleche [10] und [11]
  - 3.2. Frontplatte [12]
  - 3.3. Mittelständer [7], [8] und Block [9]
  - 3.4. Pfeife [1] und Schieber [2]
  - 3.5. Seitenständer [5], Beschlagplatten [5.1] und [5.2], Stirnblech [5.4]
  - 3.6. Seitenständer [6]
  - 3.7. Querträger [3] und Gegenplatte [3.2]
  - 3.8. Querträger [4] und Gegenplatte [4.2]
  - 3.9. Die Beschlagbleche [3.3] und [4.3]
  - 3.10. Die Spannbuchsen [A-D], Spannbolzen [A1, B1, D1] und Vorstecker [B2, D2]
    - 3.10.1. Spannbuchse [A], Spannbolzen [A1]
    - 3.10.2. Spannbuchse [B], Spannbolzen [B1] und Vorstecker [B2]
    - 3.10.3. Spannbuchse [C]
    - 3.10.4. Spannbuchse [D], Spannbolzen [D1] und Vorstecker [D2]



1 Spannrahmen des Torsionskatapults, Rückseite.  
Vorzustand.

Am 4. Oktober 2002 wurde unsere Werkstatt durch das Regionalmuseum Xanten mit der Konservierung und Restaurierung des Katapults beauftragt. Die Restaurierung wurde am 2. August 2004 mit der Übergabe des Katapults an das Museum abgeschlossen. Einige Monate später konnte auch die mehr als einhundert Seiten umfassende Dokumentation der Restaurierung mitsamt den zugehörigen Fotos und Plänen übergeben werden.

Während des gesamten Arbeitsprozesses fanden Rücksprachen mit Frau P. Becker (Restauratorin des LVR-Archäologischen Parks / LVR-RömerMuseums Xanten), Dr. H.-J. Schalles (Leiter des Museums) sowie Prof. D. Baatz aus Darmstadt statt. Dies geschah durch den Austausch schriftlicher Informationen,

digitaler Abbildungen und Pläne sowie durch Besuche und Diskussionen in unserer Werkstatt. In einer späten Phase des Projekts wurde A. Zimmermann aus Pliezhausen hinzugezogen, der die Waffe nachbauen sollte.

## 1. Voruntersuchungen

Das Fundstück war bei seiner Übergabe zum größten Teil mit einer dicken Korrosionsschicht überzogen, weshalb anfänglich nicht klar war, um was für ein Objekt es sich handelte (Abb. 1–3; vgl. auch Beitr. SCHALLES, Abb. 1). Die Korrosionsschicht bestand aus Eisenoxid, das mit Sand und Kies durchsetzt war. Durch den Einschluss von Kies war sie stellenweise äußerst hart. An mehreren Stellen waren Risse vorhanden. An einigen Bruchkanten war das Material brüchig. Organische Reste, die auf Wurzelwerk deuten oder die als Verpackung gedient haben können, wurden an dem Objekt nicht vorgefunden.

### 1.1. Bilderkennungsverfahren

Nach Anfertigung eines Röntgenbildes in einem örtlichen Krankenhaus und seiner Auswertung (vgl. Beitr. SCHALLES Abschn. 1.1) konnte das Objekt als Spannrahmen eines kleinen Katapults erkannt werden. Einige Teile waren bei der Bergung durch den



2 Spannrahmen des Torsionskatapults, rechte Seitenfläche. Vorzustand.



3 Spannrahmen des Torsionskatapults, linke Seitenfläche. Vorzustand.

Bagger abgebrochen und verloren gegangen. Dies betrifft insbesondere die hervorstechenden Teile wie Pfeife [1], Schieber [2] und Arme, einen Seitenständer [6] und, wie sich nach der Freilegung zeigte, einen der Spannbolzen [C 1]. Zur weiteren Klärung des Aufbaus und des restauratorischen Vorgehens wurde beschlossen, einen CT-Scan durchzuführen, um den Spannrahmen in beiden Ebenen (vertikal und horizontal) zu erfassen. Auch dieser Scan erfolgte in einem örtlichen Krankenhaus. Er lieferte detaillierte Hinweise auf den hölzernen Spannrahmen des Katapults sowie dessen Beschläge aus Messing und Eisen (vgl. Beitr. SCHALLES Abschn. 1.2). Das Holz des Spannrahmens war größtenteils vergangen, wodurch sich Hohlräume gebildet hatten. Durch die Bildung von Korrosion am Spannrahmen blieben die ursprüngliche Form und Konstruktion des Katapults erhalten. Teilweise gut erkennbar waren die gezapften Verbindungen zwischen Seitenständer [5] und den Querträgern [3] und [4], ebenso auch die Metallteile des Katapults. Das stark korrodierte Eisen zeichnete sich im CT-Scan besser ab als in dem eindimensionalen Röntgenbild.

## 1.2. Vorgehen

Nicht zuletzt die im Vorfeld angewandten Bilderkennungsverfahren verhinderten Fehler bei der Freilegung und boten Hilfen für die Festlegung der restauratorischen Zielsetzungen und die Abfolge der nächsten Arbeitsschritte. Ziel der Restaurierung





4 Hohlräume: Holzreste von Block 9 im Bereich von Querträger 4.

musste zunächst sein, die verborgenen Teile des Katapults frei zu legen und damit die Konstruktion insgesamt für eine archäologische Untersuchung zu erschließen. Parallel sollten so viele technische und archäologische Fakten wie möglich ermittelt werden. Da die Wiederherstellung der ursprünglichen Form einzig mit dem Mittel der Abformung der Hohlräume möglich war, waren diese anschließend für weitere Analysen nicht mehr zugänglich. Deshalb mussten sie zuerst untersucht werden. Dieser Teil der Arbeit sollte auch dazu genutzt werden, Probematerial für weitere wissenschaftliche Untersuchungen zu bergen. Die Restaurierung selbst wurde in folgenden Schritten ausgeführt:

Vorab wurden alle sichtbaren Informationen durch Digitalfotos und Zeichnungen festgehalten.

Um Nitrate und mögliche andere Verunreinigungen aus dem Metall zu entfernen, wurde das Katapult fünf Monate in destilliertem Wasser gespült.

Wo sich Öffnungen im Spannrahmen befanden, konnten Teile der Konstruktion studiert und Maße genommen werden, die von außen nicht zugänglich waren.

Ebenfalls in diesem Arbeitsschritt wurden so viele Proben wie möglich genommen und festgehalten, aus welcher Position bzw. von welchem Bauteil des Rahmens sie stammten.

Parallel mit der Beschreibung der Teile wurde ihre Position in einer Zeichnung vermerkt. Anschließend wurden die Hohlräume in der Korrosion, deren Gestalt die Konstruktion des Spannrahmens bewahrt hatte, durch Abgießen in Kunstharz ausgeformt.

Schließlich wurden die zur Gänze von Korrosion umgebenen konstruktiven Teile des Katapults von Hand, teils unter dem Binokular, freigelegt und gefestigt.

Während der Restaurierung wurde jede neue Information in die Zeichnungen eingepflegt. Jedes Einzelteil des Katapults wurde im Maßstab 1:1 einzeln wie auch im verbauten Zustand gezeichnet.





5 Hohlräume: Block 9 und Vierkantnagel 8.3.

### 1.3. Untersuchung der Hohlräume im Vorfeld der Restaurierung

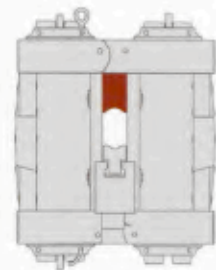
#### 1.3.1. Konstruktives Gefüge des Spannrahmens im Bereich von Block [9]

Bei Querträger [4], auf der Oberseite des Katapults, war ein Teil der Wandung ausgebrochen. Dadurch war es möglich, von dieser Seite aus Zugang zum Hohlraum im mittleren Teil des Spannrahmens zu bekommen (Abb. 4). In diesem Hohlraum hatten sich die ursprüngliche Form und die Konstruktion des Katapults als Negativ erhalten.

Studiert werden konnten die Holzreste von Block [9] und die Vierkantnägeln [8.3]. Der Block war stark geschrumpft, verformt und rissig. Auch befanden sich lose Teile im Hohlraum.

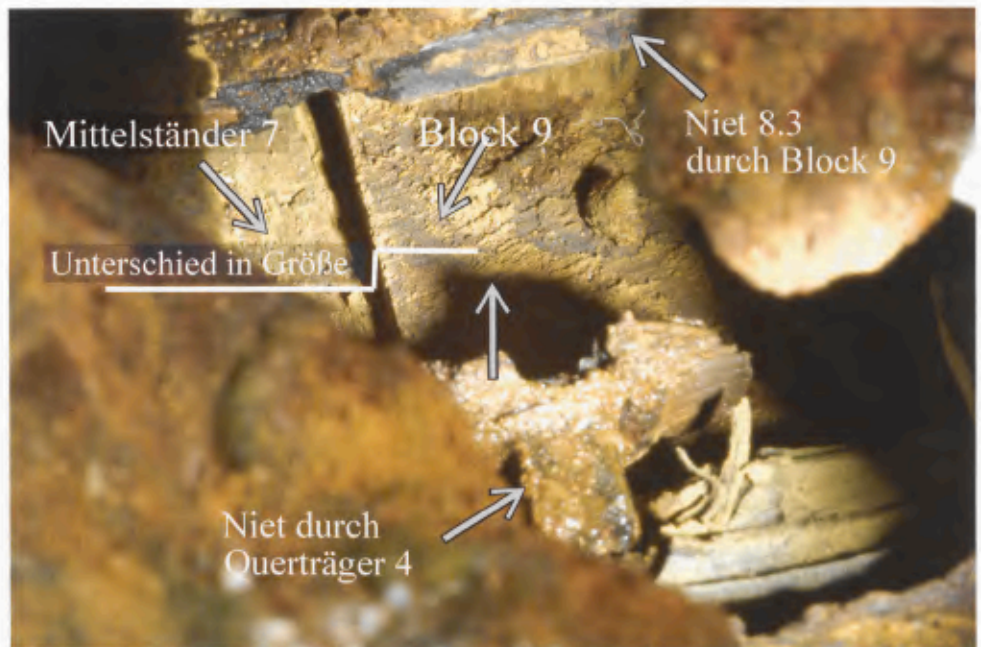
In den Detailaufnahmen (Abb. 5–6) ist einer der losen Teile des Blocks entfernt worden, die eisernen Vierkantnägeln [8.3] waren dadurch gut sichtbar. Sie waren stark korrodiert und dadurch hohl und fragil. Sie wurden durch den Mittelständer [7/8] und durch Block [9] geschlagen, außen in die Eisenbeschläge [7.1 und 8.1] genietet. Abb. 5 und 6 zeigen die Nieten in ihrer ursprünglichen Position. Die Holzreste wurden geborgen und bestimmt.

Ebenfalls in diesem Hohlraum ablesbar war der Niveauunterschied zwischen Block [9] und Mittelständer [7]. Der Block schließt sowohl auf der Vorder- als auch auf der Rückseite nicht plan mit dem Mittelständer ab, sondern ist kürzer und springt nach innen. Dieses Detail zeigt Abb. 7 (vgl. auch Beitr. SCHALLES, Abb. 10). Auf diesen Abbildungen, bei denen das Katapult mit der Oberseite nach unten und mit der Front nach hinten liegt, ist wiederum ein Vierkantnagel [8.3] zur Befestigung von Block [9] an Mittelständer [7] erkennbar, außerdem im Vordergrund der untere der beiden Nieten [3.4], mit denen die eiserne Gegenplatte [4.2] an Querträger [4] befestigt worden ist. Der Kopf dieser Niete war platt gehämmert und schloss mit der Oberfläche des Querträgers ab.





6 Hohlräume: Block 9 und Vierkantnagel 8.3.



7 Hohlräume: Niveauunterschied zwischen Block 9 und Mittelständer 7 (weiße Linie). Unten Querträger 4 und Nietkopf 4.5.



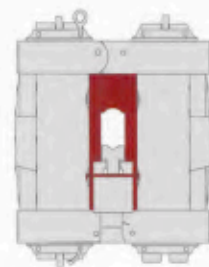
8 Hohlräume: Block 9, Mittelständer 8, Vierkantnagel 8.3 und Nagel für Beschlagplatte 12.

### 1.3.2. Konstruktives Gefüge des Spannrahmens im Bereich von Block [9] und Frontplatte [12]

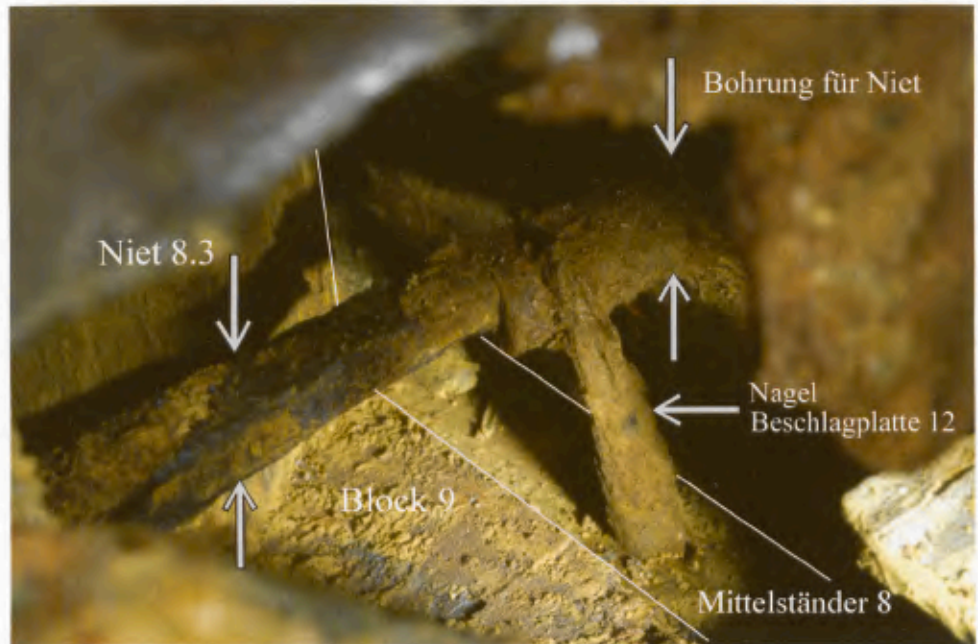
Die Abb. 8–9 zeigen einen der Vierkantnägel [8.3] aus einer anderen Perspektive; das Katapult liegt wiederum mit der Frontseite unten. Rechts war der Nagel durch Absetzen von Eisenoxid dicker. Dies ist nur dadurch erklärbar, dass der von ihm eingenommene Hohlraum größer war und er dadurch mehr Platz besaß. Vermutlich deutet dies darauf hin, dass im Mittelständer [7/8] erst Bohrungen für die Vierkantnägel angebracht worden sind. Wo der Vierkantnagel durch Block [9] lief, wies er keine Verdickung auf und ließ seine vierkantige Form erkennen. Damit ist sicher, dass in diesem Block zuvor keine Bohrung angebracht wurde. Sehr wahrscheinlich ist dadurch der im Block vorhandene Riss entstanden. Er ist auf der Rückseite des Blocks gut sichtbar (vgl. Beitr. SCHALLES, Abb. 10). Dieser Riss hat sich vollständig mit Oxidation zuge-setzt, wodurch sich sichern lässt, dass er bereits in römischer Zeit vorhanden war.

### 1.3.3. Konstruktives Gefüge des Spannrahmens im Hohlraum des Mittelständers [7/8]

In den Hohlräumen, die die ursprüngliche Form und Konstruktion des Katapults bewahrt haben, waren noch Teile des Mittelständers [7/8] vorhanden. Die Befestigung des Mittelständers mit den Querträgern geschah durch eine Zapfenverbindung. Abb. 10 zeigt Teile der Verzapfung zwischen Mittelständer [8] und Querträger [3], Abb. 11 Reste der Verzapfung in Querträger [3], Abb. 12 die Verzapfung von Mittelständer [7]. Auf dieser Abb. ist auch der Hohlraum sichtbar, den der Mittelständer hinterlassen hatte. Die Blickrichtung erfolgt von Querträger [4] aus – auf der Abb. rechts neben dem Mittelständer befindet sich Block [9]. Die Abb. wurden liegend durch die Öffnung von Pfeife [1] und Querträger [4] gemacht. Die Frontseite des Katapults befindet sich unten, die Oberseite liegt vorne.







9 Hohlräume: Block 9, Mittelständer 8, Vierkantnagel 8.3 und Nagel für Beschlagplatte 12.



10 Zapfenverbindung zwischen Mittelständer 8 und Querträger 3.

Das Holz war stark geschrumpft und verformt. Es wurde geborgen und bestimmt.

Ebenfalls in diesem Bereich sichtbar waren die Vierkantnägel [8.3], die direkt oberhalb der Pfeife [1] im Mittelständer [7/8] sitzen. Auf Abb. 13 blickt man durch die Öffnung, in der sich die Pfeife befand, in den Hohlraum von Mittelständer [8], auf Abb. 14 in den Mittelständer [7]. Die Korrosionsschicht, in der die beiden zwischen dem





11 Reste der Zapfenverbindung in Querträger 3.



12 Zapfenverbindung in Mittelständer 7.

ursprünglichen Hohlraum von Pfeife [1] und Schieber [2] befindlichen Vierkantnägel [8.3] sitzen, ist auf Abb. 15 deutlich zu sehen. Die Stärke dieser Korrosionsschicht erlaubt Rückschlüsse auf den Platz zwischen Pfeife und Schieber. Die Vierkantnägel wurden erhalten.

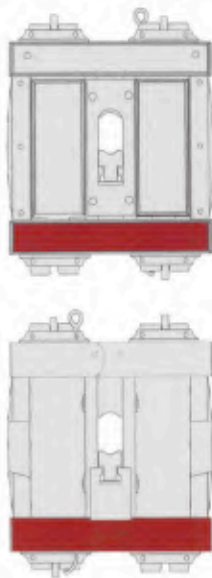


13 Vierkantnagel im Hohlraum von Mittelständer 8 in der Korrosionsschicht zwischen Pfeife 1 (unterer Hohlraum) und Schieber 2 (oberer Hohlraum).



14 Hohlraum von Mittelständer 7, darin horizontal die beiden Vierkantnägel 8.3.

#### 1.3.4. Konstruktives Gefüge des Spannrahmens im Hohlraum des Querträgers [3]



Durch den Hohlraum, den Pfeife [1] hinterlassen hat, war auch der Hohlraum des Querträgers [3] erreichbar. Von diesem Träger hatten sich etliche lose Holzteile erhalten. Sie waren im Hohlraum verschoben und befanden sich nicht mehr in ihrer ursprünglichen Position. Die Holzteile waren stark gekrümmt, verformt und gerissen. Sie wurden aufbewahrt. Auf Abb. 15 ist im Hintergrund als horizontales Band zwischen den Pfeilmarkierungen der Eisenreif [3.1] zu sehen, der um den Querträger angebracht war. Der glänzende Gegenstand am unteren Bildrand ist der Niet [3.4]. Er diente der Befestigung der Gegenplatte [3.2] an der Außenseite des Querträgers [3]. Ein Teil des Niets wurde lose erhalten. Abb. 16 und 17 zeigen die gleiche Situation wie Abb. 15, aber auf dem Kopf stehend. In Abb. 16 sind die Holzreste des Querträgers [3] größtenteils entfernt, so dass der Eisenreif [3.1] weitgehend frei liegt. Bei Abb. 17 sind die Holzteile komplett entnommen. Die Proben wurden aufbewahrt.

Nach der Entfernung der Holzreste konnte die äußere Form des Eisenreifs gut untersucht, die Abmessungen und seine Position genau festgehalten werden. Der Reif war stark korrodiert und, soweit feststellbar, keine metallische Substanz mehr vorhanden.

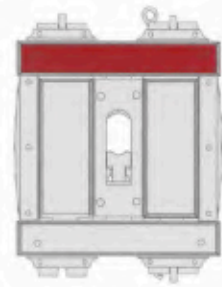




15 Hohlraum von Querträger 3 mit Holzresten und Eisenreif 3.1.

### 1.3.5. Hohlraum im Querträger [4]

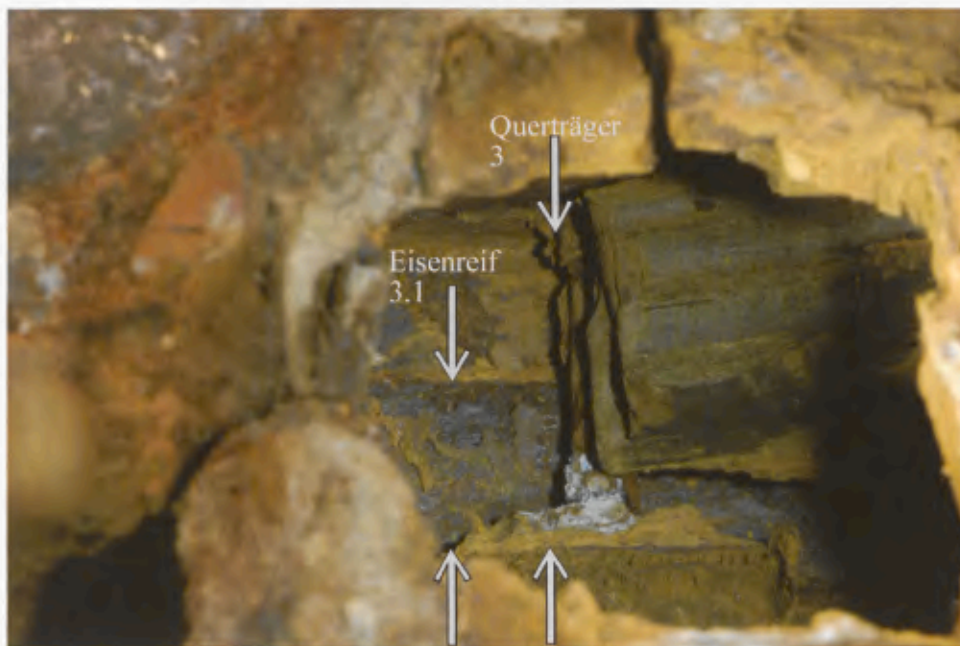
In der Mitte des Querträgers war eine Öffnung zu sehen, die vermutlich durch den Bagger verursacht worden war (Abb. 18). Die Öffnung hatte Gegenplatte [4.2] beschädigt, die an der Außenseite auf dem Querträger angebracht ist. Unter der Öffnung befand sich ein Hohlraum, in dem die Holzteile des Querträgers saßen. Die Öffnung wurde während der Untersuchung der Hohlräume vergrößert. Durch diese Öffnung wurden die Holzproben geborgen. Schon vor dem Abformen des Querträgers wurde die Öffnung wieder verschlossen.



### 1.4. Die Holzreste: Holzartenbestimmung und funktionelle Zuordnung

Auf den CT-Scans war deutlich geworden, wo überall Holzreste vorhanden waren.

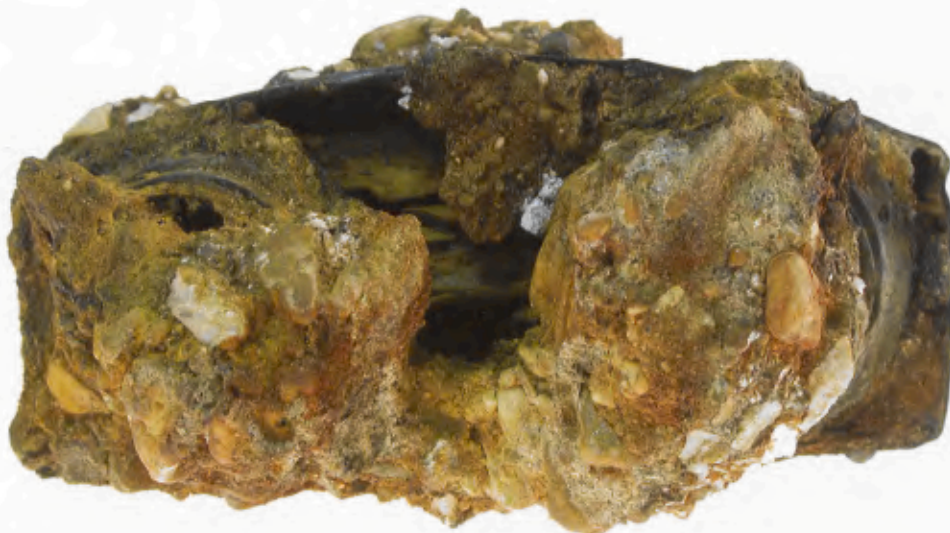
Von beinahe jedem Bauteil war noch Material übrig geblieben. Bei den Querträgern, dem Seitenständer und dem Mittelständer waren sogar die Holzverbindungen z.T. noch erhalten. Die Holzreste waren stark geschrumpft und verformt. Es wurde so viel Material wie möglich geborgen und dokumentiert. Die in Abb. 19 gezeigten Scans geben eine Auswahl wieder. Sie zeigen in der linken Reihe von oben nach unten Holzreste in Seitenständer [5] (Nr. 10) und in Mittelständer [7] (Nr. 35). In der mittleren Reihe



16 Hohlraum von Querträger 3 mit Holzresten und Eisenreif 3.1.



17 Hohlraum von Querträger 3 mit Eisenreif 3.1.



18 Spannrahmen des Torsionskatapults. Beschädigung in der Mitte von Querträger 4.





A technical drawing of a mechanical assembly, likely a valve or a similar component. The drawing shows a cross-section of the assembly. The main body is a thick, horizontal plate with a central opening. This opening is flanked by two vertical sections, labeled 2 and 5. The central opening is further divided into two parts, labeled 6 and 7. The bottom part of the assembly is a rectangular block, labeled 8. The top part of the assembly is a horizontal plate, labeled 4. The bottom part of the assembly is a horizontal plate, labeled 3. The drawing is a technical illustration, showing the internal structure and components of the assembly.

## 20 Herkunft der Holzproben des Spannrahmens.

- |   |                   |                                        |
|---|-------------------|----------------------------------------|
| 1 | lose Holzreste    | Fraxinus excelsior – Gewöhnliche Esche |
| 2 | Block [9]         | Fraxinus excelsior – Gewöhnliche Esche |
| 3 | Querträger [3]    | Fraxinus excelsior – Gewöhnliche Esche |
| 4 | Querträger [4]    | Fraxinus excelsior – Gewöhnliche Esche |
| 5 | Mittelständer [7] | Fraxinus excelsior – Gewöhnliche Esche |
| 6 | Mittelständer [8] | Fraxinus excelsior – Gewöhnliche Esche |
| 7 | Schieber [2]      | Fraxinus excelsior – Gewöhnliche Esche |
| 8 | Pfeife [1]        | Fraxinus excelsior – Gewöhnliche Esche |

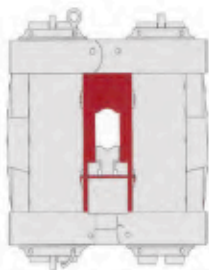


21 Holzreste von Block 9.

Während der Restaurierungsarbeiten an Seitenständer [5] konnte dort eine weitere Probe entnommen werden. Sie wurde nicht bestimmt. Folgende Holz- und andere Reste wurden gesichert:



22 Rest eines der Vierkannnägel 8.4 aus Block 9.

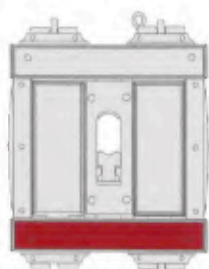


- Mittelständer [8] (Abb. 23): Das Holz war nur fragmentarisch erhalten. Auf der linken Seite der Abbildung ist die Fingerzapfenkonstruktion mit einem Bruchstück des rechtwinklig anschließenden Querträgers [4] erkennbar. Das Holz war stark geschrumpft und verformt.



23 Holzreste von Mittelständer 8.

- Mittelständer [7] (Abb. 24): Das Brett war größtenteils noch vorhanden, wenn auch in starker Schrumpfung und Verformung. An beiden Enden des Brettes war die Fingerzapfenverbindung erhalten geblieben.



- Querträger [3] (Abb. 25): Die Holzreste lassen die runde Öffnung für eine der Spannbuchsen erkennen. Auch einige der Bohrungen für den Vorstecker sind zu sehen. Rechts war der Ansatz des Loches für Bolzen [3.4] erhalten. Von diesem Bolzen, der zur Befestigung von Gegenplatte [3.2] an der Außenseite des



24 Holzreste von Mittelständer 7.



Restaura 50 mm

25 Holzreste von Querträger 3 mit den Löchern für den Vorstecker. Links die Aussparung für Spannbuchse D.



Restaura 50 mm

26 Fragment des Bolzens 3.4 aus Querträger 3.



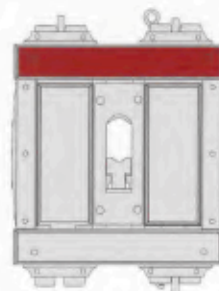
Restaura 50 mm

27 Holzreste von Querträger 4, Mittelteil, von unten. Links die gerundete Aussparung für Spannbuchse A.



Restaura 50 mm

28 Holzreste von Querträger 4, Mittelteil, mit Bolzen 4.4 von oben.



eingezapft waren. Ein Teil von Bolzen [4.4], mit dem die Gegenplatte [4.2] an der Außenseite des Querträgers befestigt war, saß noch im Holz. Abb. 28 zeigt dasselbe Holzfragment von oben, rechts der stark korrodierte und hohle Bolzen [4.4]. Das Holz war stark geschrumpft und verformt. Die gerissenen Teile wurden in ihre alte Position gebracht und verleimt.

Das Holzfragment lässt eingeritzte horizontale wie vertikale Hilfslinien erkennen, die während der Herstellung dieses Teils des Katapults angebracht wurden. Diese Linien wurden benötigt, um die genaue Position und Abmessungen der Löcher für die Zapfverbindung auszumessen. Die Löcher wurden mit einem Beitel ausgeführt. Sie gehen nicht völlig durch das Holz des Querträgers hindurch. Das Ausmessen und Anfertigen dieser Löcher erfolgte sehr sorgfältig. Links in Abb. 27 ist der Ansatz der runden Öffnung erkennbar, in dem eine der Spannbuchsen saß.

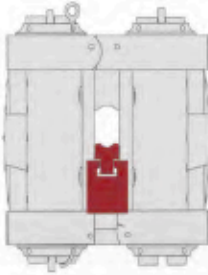
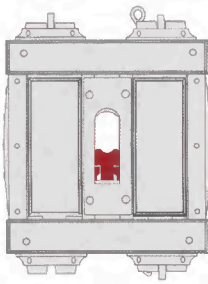


Restaura 50 mm

29 Holzrest von Pfeife 1.

- Pfeife [1] (Abb. 29): Das Fragment wurde lose mit dem Katapult eingeliefert. Um zu beweisen, dass





es aus dem Hohlraum der Pfeife [1] stammte, wurde untersucht, ob es dort einen passenden Abdruck hinterlassen hatte. Die Untersuchung hat dies bestätigt. Das Holzteil war stark geschrumpft und verformt.



Restaura 50 mm

30 Holzrest von Schieber 2(?).



Restaura 50 mm

31 Lose Holzteile vom Spannrahmen.

- Schieber [2]? (Abb. 30): Das Fragment ist vermutlich ein Teil des Schiebers. Es wurde lose angeliefert und stammt nach seiner Form und Größe aus dem Hohlraum des Schiebers. Das Holz war geschrumpft und verformt. Bei der Untersuchung konnte festgestellt werden, dass die schmalere Unterseite des Schiebers eine rechteckige Form hat. Es wurden keinerlei Hinweise auf eine Schwalbenschwanzform oder eine andere Art von Verbreitung der Unterseite gefunden.

- Lose Einzelteile (Abb. 31–32): Die Fragmente wurden lose angeliefert. Ihre ursprüngliche Position konnte nicht mehr geklärt werden. Vielleicht gehörten sie zum verlorenen Seitenständer [6]. Das Holz war geschrumpft und verformt.



Restaura 50 mm

32 Lose Holzteile vom Spannrahmen.

## 2. Abformungsarbeiten

Nach Untersuchung der Hohlräume und Bergung der Holzreste konnte zur Abformung des Spannrahmens übergegangen werden. Noch bevor die Reinigungsarbeiten und andere für die Abformung notwendige Vorbereitungen begonnen werden konnten, musste sichergestellt werden, dass die Informationen bezüglich Pfeife [1] und Schieber [2] nicht verloren gingen. Deshalb wurden diese zuerst abgeformt.

### 2.1. Pfeife [1] und Schieber [2]

Pfeife und Schieber waren als Negativformen in der Korrosion erhalten geblieben (Abb. 1), die noch vorhandenen Holzfragmente kurz nach der Bergung des Katapults



33 Torsionskatapult, Rückseite. Negativform der Pfeife 1 (unten) und des Schiebers 2 (oben).

aus den Hohlräumen heraus gefallen. Sie wurden mit dem Katapult aufbewahrt. Ebenso wie das übrige Holz handelt es sich um Esche. Die Hohlräume, in denen sich Pfeife [1] und Schieber [2] befunden hatten, waren gebrochen; der Hohlraum des Schiebers war an beiden Seiten des Katapults ausgebrochen (Abb. 33–34). Dies deutet darauf hin, dass ursprünglich größere Teile erhalten waren. Sie sind sehr wahrscheinlich bei der Bergung durch den Bagger abgebrochen und dabei verloren gegangen. Abb. 33 zeigt die hochrechteckige Form von Schieber [2] im Negativ.

Die Abformungen der Hohlräume von Pfeife und Schieber konnten deren genaue Form und Abmessung ermitteln. Zunächst wurde von der gesamten Negativform ein Abdruck in Silikonkautschuk angefertigt. Sie machte die Form von Pfeife und Schieber sichtbar. Von dieser Silikonform wurde wiederum ein Negativ gefertigt. Auf der Basis dieses Negativs wurden schließlich Abgüsse von Pfeife und Schieber aus Epoxidharz angefertigt, das mit einer neutralen Farbe versehen wurde. Auf diese Weise konnte von beiden Bauteilen eine genaue Abformung gewonnen werden (Abb. 35). Auch Teile der Struktur und der Maserung des Holzes ließen sich sichern. Auf Abb. 36 sind Pfeife [1] und Schieber [2] wieder an ihrem ursprünglichen Platz. Erkennbar ist, dass sich der Schieber auf der Pfeife frei bewegt und dass der schmalere Unterteil des Schiebers seitlich Spielraum zur Pfeife besitzt. Diese Gegebenheiten waren bereits auf dem Röntgenbild und den CT-Scans zu sehen gewesen. Die Abformungen von Pfeife und Schieber wurden als lose Teile beigegeben.





34 Torsionskatapult, Frontseite. Negativform des Schiebers 2.



35 Abformungen von Pfeife 1 und Schieber 2.



36 Abformungen von Pfeife 1 und Schieber 2 an ihrer ursprünglichen Position.





37 Überprüfung der Hohlräume vor dem Abformen.

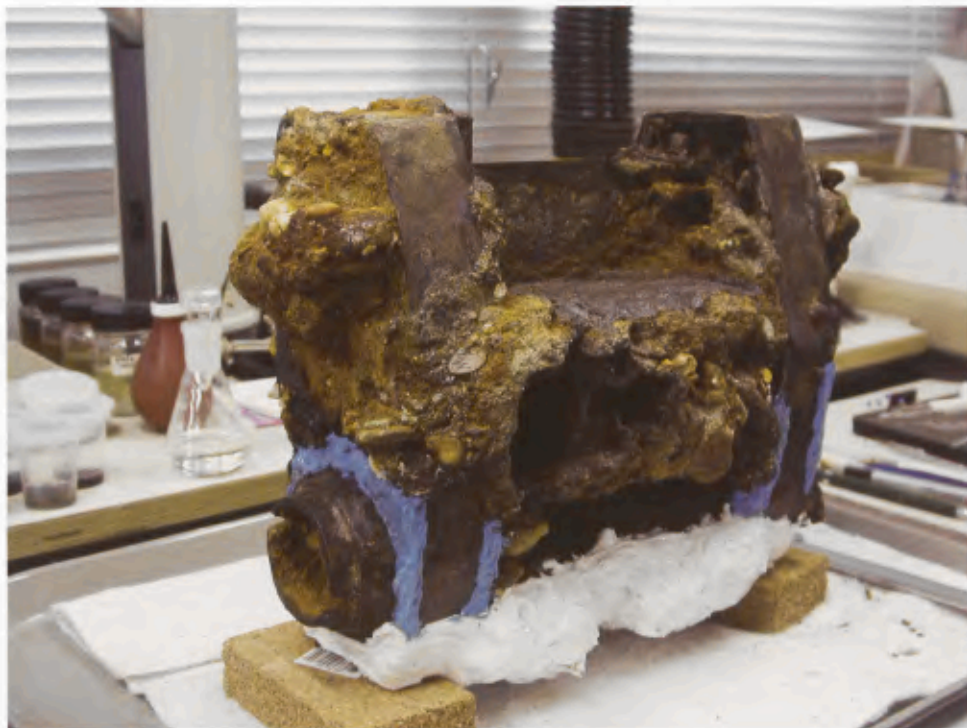
## 2.2. Der Spannrahmen

Nach Abformung von Pfeife [1] und Schieber [2] konnte mit dem Abformen des Spannrahmens begonnen werden (Abb. 37–40). Um die ursprüngliche Form und die Abmessungen des Katapults sichtbar zu machen, wurden die Hohlräume in Epoxidharz abgegossen. Das Harz wurde vorher neutral gefärbt. Zusätzliches Ziel des Abgießens war es, die stark korrodierten und spröden eisernen Gegenplatten von innen zu imprägnieren, damit auch diese erhalten werden konnten. Außerdem wurde angestrebt, an der Oberfläche der Hohlräume noch vorhandene Holzreste sowie die Holzstruktur ebenfalls im Abguss zu bewahren.

Eine nachteilige Folge des Abgussvorgangs war, dass der Korrosionsbelag ebenfalls eine versteifende Imprägnierung erhielt und dadurch schlechter zu entfernen war.

Vor dem Einfüllen des Epoxidharzes mussten erst alle Brüche und Öffnungen in der Korrosion geschlossen werden. Um die übrigen Teile des Spannrahmens vor einer möglichen Leckage und der Berührung mit dem Harz zu schützen, wurden sie mit Silikonkautschuk eingekapselt (Abb. 38). In die bereits vorhandenen Öffnungen in der Korrosion wurden Gieß- und Entlüftungskanäle eingebracht. An zwei Stellen war es erforderlich, eine kleine Öffnung zu bohren. Zum Einbringen des Harzes in die Hohlräume wurden Injektionsspritzen verwendet, als Gießzylinder und Überlauf dienten Messbecher (Abb. 39). Becher und Spritzen wurden mit Silikon fixiert (Abb. 40).

Für die Abformung gab es nur einen einzigen Versuch. Hätte dieser nicht funktioniert, wäre dies nicht reversibel gewesen, und die entsprechenden Informationen wären verloren gewesen. Die Hohlräume in einem Zug abzugießen, hätte ein großes Risiko bedeutet. Dabei kann es passieren, dass das Harz nicht überall gut eindringt und Teile nicht abgeformt werden, was aber erst nach Entfernung des Korrosionsbelages be-



38 Abdichten der Hohlräume mit Silikon.



39 Einfüllen des Epoxidharzes.





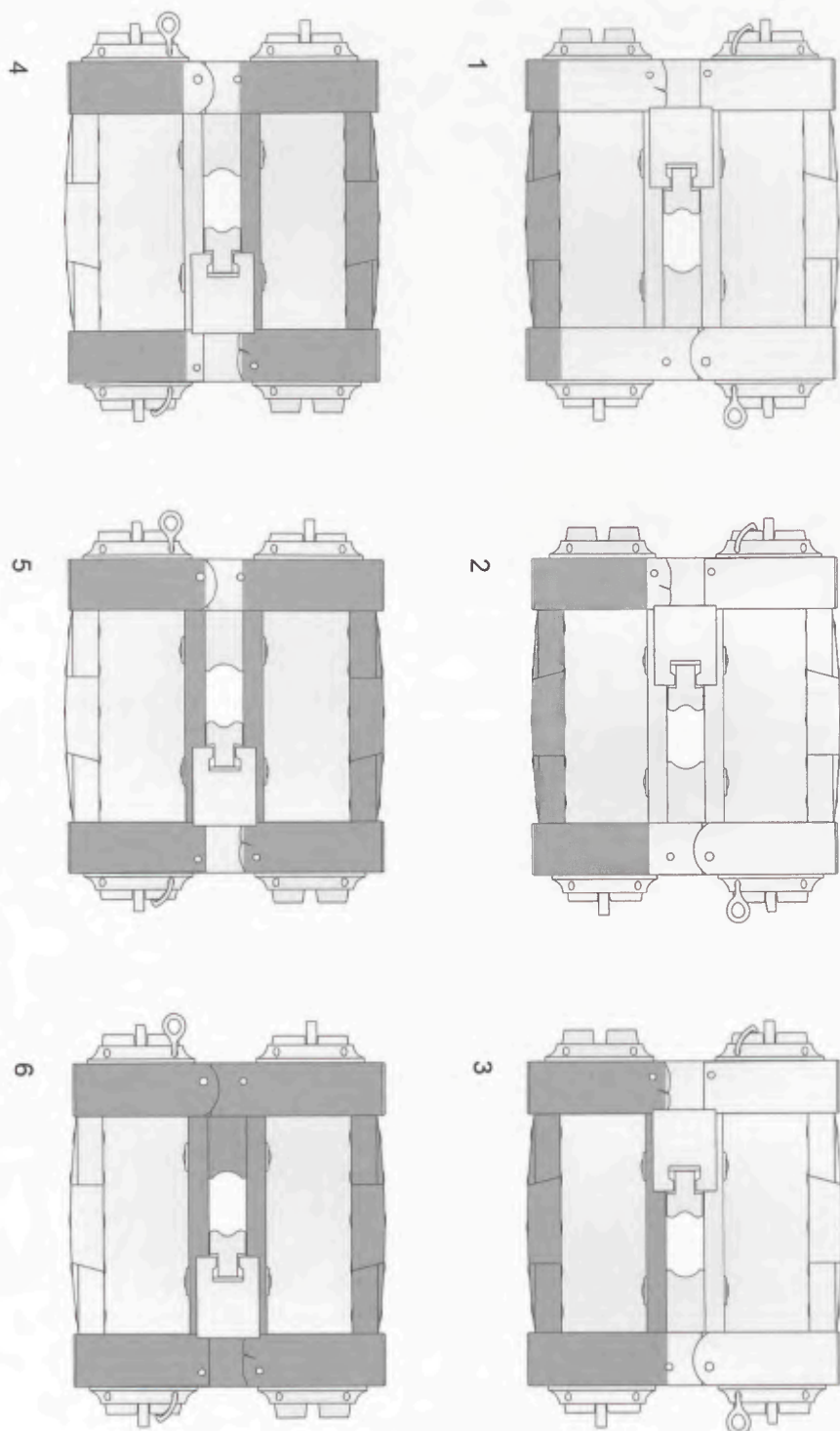
40 Gießzylinder und Entlüftungsvorrichtung nach dem Auffüllen.

merkt worden wäre. War dieser Überzug aber erst einmal entfernt – und damit auch der Abdruck –, hätte ein solcher Fehler in der Abformung nicht mehr korrigiert werden können. Deshalb wurde beschlossen, die Hohlräume in mehreren Phasen abzuformen. Dadurch war der Gießprozess gut kontrollierbar. Auch war damit die Möglichkeit gegeben einzugreifen, falls unvermutet ein Leck aufgetreten wäre. Ein großer Vorteil beim Abgießen des Spannrahmens in Teilen bestand schließlich darin, dass er während des Arbeitsprozesses umgedreht werden konnte. Dadurch ließ sich verhindern, dass es in höher gelegenen Teilen der Hohlräume zu Luft einschlässen kam.

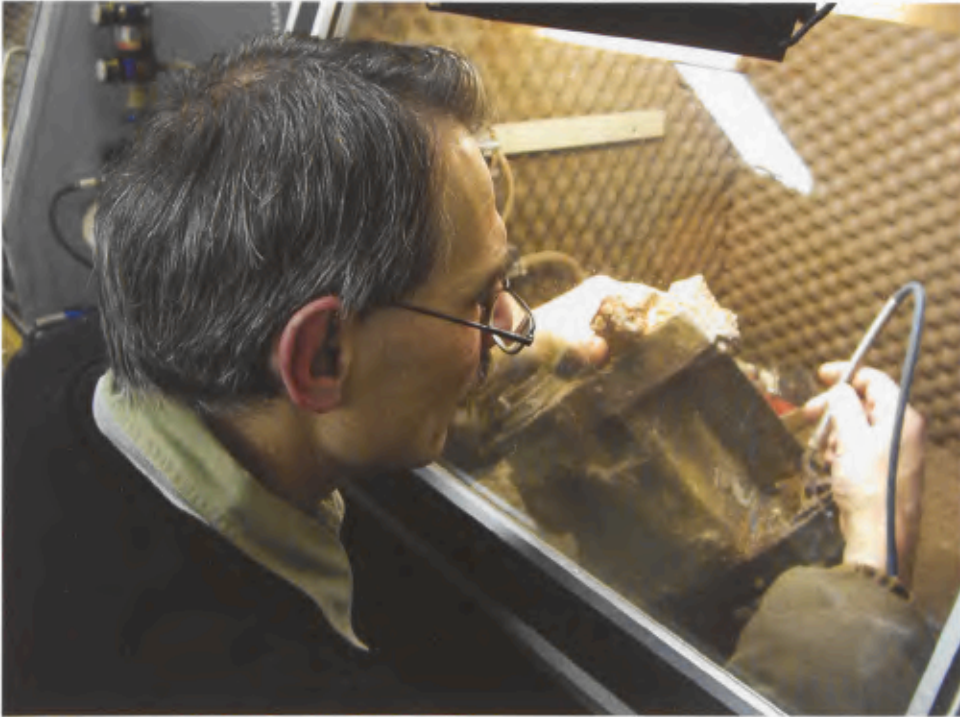
Das Abgießen fand in sechs Phasen statt. Zunächst wurde der Seitenständer [5] abgegossen (Abb. 41,1). Dies konnte in liegender Position geschehen. In einem zweiten Schritt wurden Querträger [3] und [4] teilweise abgeformt (Abb. 41,2). Dies konnte zunächst nur bis zum Niveau von Mittelständer [7] erfolgen. Über diesem befanden sich die Hohlräume von Pfeife [1] und Schieber [2], die nicht aufgefüllt werden durften. Sie wurden deshalb zunächst mit einer Gussform präpariert, die verhinderte, dass Gießharz in diese Hohlräume floss. Anschließend konnte, in einer dritten Phase, Mittelständer [7] abgeformt werden (Abb. 41,3).

Danach wurden der Spannrahmen umgedreht und zunächst weitere Teile von Querträger [3] und [4] aufgefüllt (Abb. 41,4). Dies geschah bis zur Höhe von Mittelständer [8]. Im folgenden Arbeitsschritt wurde der Hohlraum von Pfeife [1] und Schieber [2] erst wieder gesichert wie in Phase 2/3, und anschließend der Mittelständer [8] abgeformt (Abb. 41,5). Am Schluss wurden Block [9] und die verbliebenen Teile von Querträger [3] und [4] aufgefüllt. Jede Gießphase hatte eine Aushärtungszeit von etwa 24 Stunden. Zusammen mit den Vorbereitungen, die für jeden Gussvorgang notwendig waren, hat das Abformen des Spannrahmens allein mehrere Wochen in Anspruch genommen.





41 Die einzelnen Phasen der Abformung des Spannhorns.



42 Freilegung mit dem Gravierstift.

Das Abgießen verlief wunschgemäß. Struktur und Maserung der ursprünglichen Holzteile des Katapults haben sich gut erhalten. Auch die Bearbeitungs- und Gebrauchsspuren sind erkennbar. Holzreste, die sich noch an der Oberfläche der Hohlräume befanden, haben dafür gesorgt, dass sich der ursprüngliche Farbton des Holzes teilweise erhalten hat. Es wurde keine Retuschierung vorgenommen.

### 3. Die Freilegung

Nachdem durch das Ausgießen der Hohlräume die Holzform des Spannrahmens wieder hergestellt worden war, konnte der Korrosionsbelag entfernt werden. Diese Arbeiten wurden größtenteils von Hand durchgeführt (Abb. 42–44). Dabei kamen Rundscheifer, Strahlapparat und Zahnarztgerätschaften zum Einsatz.

Die größeren Kieselsteine auf der Außenseite des Korrosionsbelags wurden mit einem Gravierstück und einem kleinen Hammer gelöst. Starker Korrosionsbelag wurde mittels eines Rundscheifers auf eine wenige Millimeter starke Lage oberhalb der originalen Oberfläche reduziert. Die dünneren Lagen Korrosion wurden mit einem pneumatischen Handgravierer entfernt. Details wurden unter einem Binokular freipräpariert.

Die Teile aus Kupferlegierung hatten sich im Allgemeinen gut erhalten, stärker korrodiert waren die Frontbleche [10] und [11] auf der Vorderseite des Katapults.



43 Freilegung der bronzenen Frontbleche.



44 Freilegung unter dem Binokular.



Einige Teile wurden ergänzt, etwa der Ausbruch in Gegenplatte [4.2] neben Spannbuchse [B] und die ausladende Rundung unter dem Bronzebeschlag von Seitenständer [5]. Außerdem wurden mehrere offen stehende Brüche ergänzt. Die Ergänzungen wurden in Polyester ausgeführt, das zuvor neutral gefärbt worden war.

Das Reinigen der einzelnen Katapultbauteile erfolgte mit größter Sorgfalt und Umsicht, damit keine Informationen verloren gingen. Jedes Teil des Katapults wurde einzeln behandelt und beschrieben. Besonderheiten wie z.B. Gebrauchsspuren wurden vermerkt.

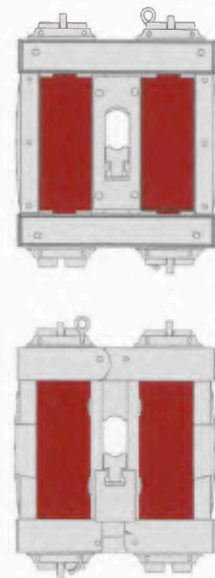
### 3.1. Die Frontbleche [10] und [11]

Die Frontbleche [10] und [11] waren mit einer Korrosionsschicht und Einschlüssen aus Kies und Sand überzogen (Abb. 45). Sie bestehen aus Kupferlegierung. Das Metall war stark korrodiert und durch Bronzefraß geschwächt. Angesichts ihres fragilen Zustandes wurde beschlossen, sie als erste zu reinigen. Mit dieser Maßnahme sollte dafür gesorgt werden, dass die Platten Stabilität erhielten, bevor weitere Restaurierungen am Katapult vorgenommen wurden.

Die stärkeren und härteren Teile des Überzugs wurden mit einem pneumatischen Gravierstift entfernt. Der dünnere Überzug und Details wie die profilierten Leisten (s. u.) wurden mit feinem Werkzeug unter dem Binokular gereinigt. Dabei wurden kleine Schleifscheiben und Diamantfräsen benutzt. Wegen der Fragilität der Teile wurden sie in aufeinander folgenden Schritten freipräpariert. Dabei wurden jeweils kleine Partien gereinigt und zur Aussteifung zunächst einer Imprägnierung unterzogen. Während der aufeinander folgenden Phasen des Freipräparierens wurden die Brüche mit Cyanoacrylat fixiert. Erst danach wurde der folgende Abschnitt von der Korrosion befreit. Abschließend wurden diese zur Stabilisierung imprägnierend mit Epoxidharz verleimt (vgl. Beitr. SCHALLES, Abb. 74–75).

Details des Frontblechs [10] während des Freipräparierens zeigen deren fragilen Zustand deutlich (Abb. 46–48). Die Korrosion, die sich auf der Platte abgesetzt hatte, bestand größtenteils aus Eisenoxid. Sie hatte sich vor allem am Rand gebildet, wo die eiserne Frontplatte [12] auf dem Mittelständer angebracht ist. Das Eisenoxid hatte sich bei seiner Bildung mit dem Kupferoxid der bronzenen Frontbleche vermengt. Dadurch hatte sich der Korrosionsüberzug stellenweise stark auf den Oberflächen aus Kupferlegierung ausgebreitet. In der Oberfläche des Frontblechs [10] war Lochfraß entstanden. Das Metall war stark korrodiert und spröde. Außerdem waren nahezu auf der gesamten Fläche Brüche zu verzeichnen, von denen mehrere offen lagen. An mehreren Stellen hatte sich die Oberfläche lagenweise gelöst. Die Eisenkorrosion hatte eine leichte Verfärbung in der Kupferlegierung verursacht, die dadurch eine leichte Rostfarbe angenommen hatte. Auffällig war, dass die Frontbleche im Gegensatz zu anderen Teilen aus Kupferlegierung, die gut erhalten geblieben waren, sehr stark angegriffen waren. Möglicherweise besteht der Grund dafür aus einer anderen Legierung der Platten. Der verzogene Zustand der Leiste auf Frontblech [10] (Beitr. SCHALLES, Abb. 74) geht auf eine antike Beschädigung zurück; wegen ihrer Anfälligkeit wurde die Leiste aber an ihre ursprüngliche Position gebracht und verleimt.

Die Frontbleche waren nur mittels einer Lasche befestigt, die oben und unten unter den Beschlagblechen [4.3] und [3.3] saß (vgl. Beitr. SCHALLES, Abb. 77). Während der Arbeiten am Frontblech [11] wurde in der Korrosionsschicht das stark verbogene Frag-





45 Vorderseite des Spannrahmens, Vorzustand. Im Bild rechts das teilweise frei liegende Frontblech 10.

ment einer Leiste freigelegt (Abb. 49). Sie ist ein Teil der Randleisten, die die Frontbleche rahmen. Die Korrosionsschicht bildete sich, nachdem das Katapult in den Fluss bzw. in den Flussgrund gekommen war. Dadurch ist gesichert, dass die Verformung der Leiste während der Nutzungsphase der Waffe entstanden ist, in jedem Fall bevor das Katapult verloren ging. Wegen seiner Anfälligkeit ist dieses vorspringende Teil der Leiste aber in seine ursprüngliche Position zurückgebracht und verleimt worden.

Frontblech [11] war von seinem Platz verschoben. Dadurch war die obere Randleiste weitgehend unter dem Beschlagblech [4.3] verschwunden. Unten war das Blech verformt und nach innen gedrückt. Diese Verformung ist im Altertum entstanden und deshalb beibehalten worden.





46 Spannrahmen des Torsionskatapults, Vorderseite, Frontblech 10.



47 Spannrahmen des Torsionskatapults, Vorderseite, Frontblech 10, Detail.

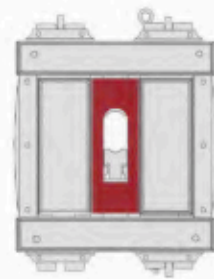


48 Spannrahmen des Torsionskatapults, Frontblech 10, Detail.

In den Beschlagplatten waren kleine Verformungen und Dellen vorhanden. Sie entsprechen dem antiken Zustand und wurden deshalb nicht überarbeitet.

### 3.2. Frontplatte [12]

Die eiserne Frontplatte war vollständig, besonders im Bereich des Schiebers [2], von einer dicken und harten Korrosionsschicht mit Einschlüssen aus Kies und Sand überdeckt (Abb. 45). Das Metall war stark korrodiert, spröde und von Brüchen durchzogen. An einigen Stellen hatte sich das Material lagenweise gelöst, war an den Rändern zerbröselnd und teils ausgebrochen. Die Nägel zur Befestigung der Frontplatte in Mittelständer [7] und [8] waren brüchig und beinahe komplett durchkorrodiert. Einer dieser Nägel, von vorne gesehen links oben auf der Frontplatte, hatte einen Abdruck







49 Spannrahmen des Torsionskatapults, Vorderseite mit den Frontblechen 10 und 11. Links die verbogene Randleiste.

in der Korrosion hinterlassen (Abb. 50–51). Von diesem Abdruck waren Unter- und Oberseite erhalten geblieben. Infolgedessen war die ursprüngliche Form des Nagelkopfes rekonstruierbar (vgl. Beitr. SCHALLES, Abb. 13). Der Nagelkopf rechts unten fehlte komplett (Abb. 52).

Um eventuell vorhandene Nitrate so gut wie möglich aus den Eisenteilen zu entfernen, wurde das Katapult fünf Monate lang in entmineralisiertem Wasser gespült. Eine vollständige Entsalzung wäre wegen der Instabilität des Spannrahmens und der Verschiedenheit der Materialien zu riskant gewesen. Der Sand und der dicke Korrosionsbelag wurden mit einem pneumatischen Gravierstift abgehoben. Danach wurde der verbliebene Belag mit feinem Schleifgerät knapp bis auf die originale Oberfläche ent-



50 Frontplatte 12, links oben Abdruck eines Nagels.



51 Abdruck eines Nagels von Frontplatte 12 in der Korrosionsschicht.

Cyanoacrylat fixiert. Um ein gutes Eindringen des Epoxids zu gewährleisten, wurde diese Behandlung unter leichter Erwärmung durchgeführt. Wegen des schlechten Zustandes, in dem sich das Eisen befand, war es während des Freipräparierens notwendig, diese imprägnierende Behandlung mehrere Male zu unterbrechen. Die Brüche wurden füllend mit Epoxidharz verleimt, das mit Tixotrop angedickt war. Die fehlenden Teile

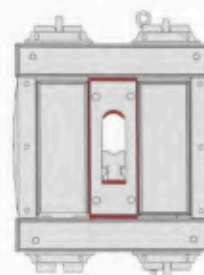
am Rand wurden mit Polyesterharz ergänzt (vgl. Beitr. SCHALLES, Abb. 13). Das Polyesterharz und das Epoxidharz waren vorab farblich an das Original angepasst worden. Die Rekonstruktion des hohlen Nagelkopfes wurde in Polyesterharz ausgeführt.



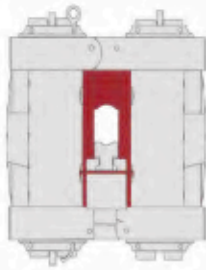
52 Frontplatte 12 unten.

### 3.3. Mittelständer [7], [8] und Block [9]

Mittelständer [7] und [8] waren vollkommen mit einer dicken und harten Korrosionsschicht überdeckt (Abb. 1). Der Zwischenraum zwischen den beiden Brettern war vollständig mit Sand aufgefüllt, der mit Eisenoxid verbacken war. Zwischen den Abdrücken von Pfeife [1] und Schieber [2] war ein offener Bruch entstanden, dessen Ränder spröde waren (Abb. 53). Block [9] war sowohl an der Vor- wie an der Rückseite vollständig





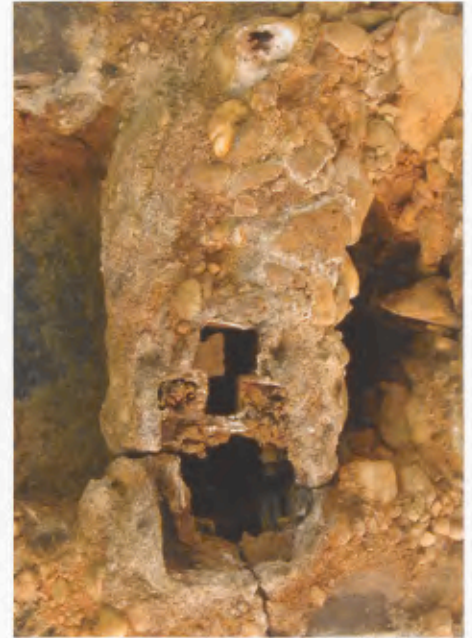


mit einem dicken Korrosionsbelag überzogen. In dem Belag befanden sich Einschlüsse von Kies und Sand, wodurch er äußerst hart in seinem Gefüge war.

Die Brüche im Mittelständer [7] und [8] wurden vor den Abformungsarbeiten mit einer Füllung aus Polyesterharz geschlossen. Der Sand und der grobe Belag wurden bis knapp an die originale Oberfläche mit einem pneumatischen Gravierstift und Schleifgerätschaften entfernt. Der restliche Belag ist mit feinem Hand- und Schleifgerät abgearbeitet worden. Die Details wurden mit kleinen Schleifscheiben und Diamantfräsen freipräpariert. Bei Block [9] wurde entsprechend verfahren.

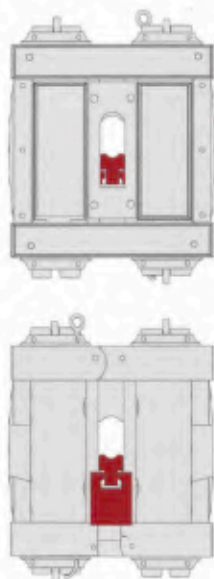
Form und Holzstruktur konnten vollständig gesichert werden (vgl. Beitr. SCHALLES, Abb. 7). Durch die gute Abformung sind sowohl die Holzmaserung wie die Sägespuren erhalten und gut sichtbar (vgl. Beitr. SCHALLES, Abb. 10).

Die Eisenbeschläge [7.1], [7.2], [8.1] und [8.2] sowie die zugehörigen Vierkantnagelpaare [8.3] und [8.4] waren stark korrodiert und angegriffen. Stellenweise war das Material hohl korrodiert und an den Rändern spröde. Einige Fragmente waren verloren gegangen. Die verlorenen Teile wurden in Polyester ergänzt, das zuvor farblich an das Original angepasst worden war.



53 Spannrahmen des Torsionskatapults, Rückseite. Brüche in Pfeife 1 und Mittelständer 7/8.

### 3.4. Pfeife [1] und Schieber [2]

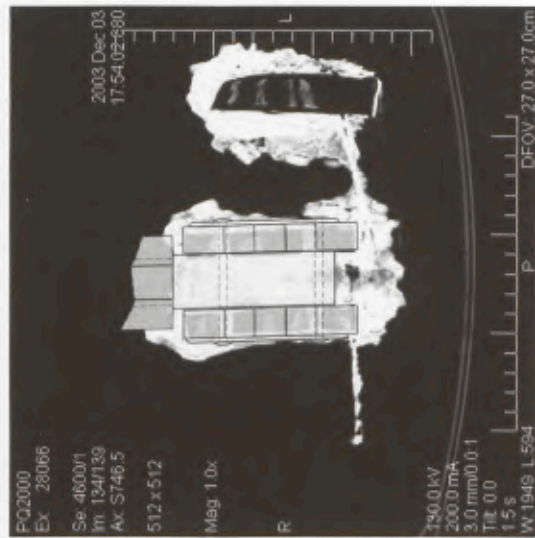
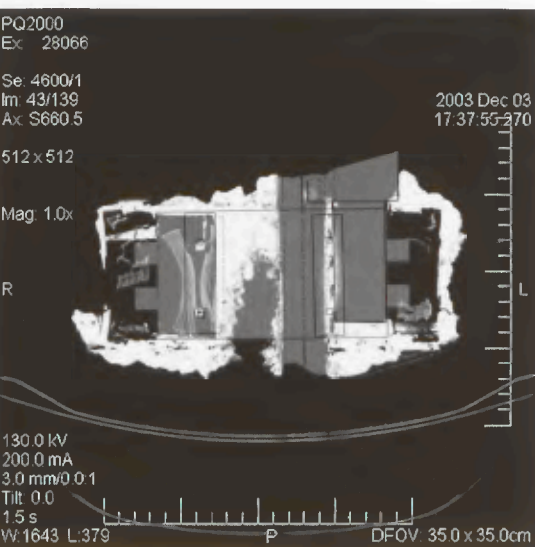
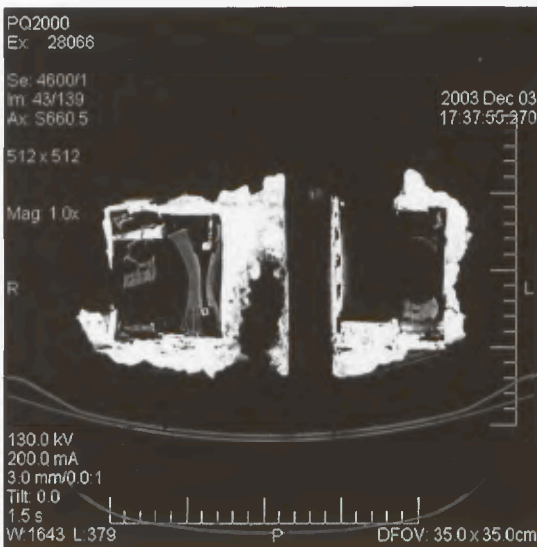
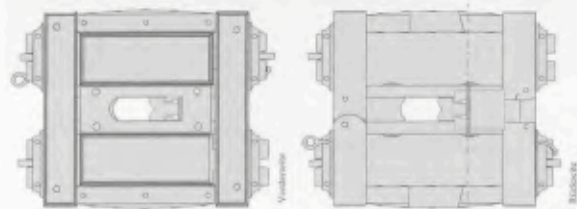


Wesentliche Informationen zu diesen Bauteilen waren bereits während der Voruntersuchungen und bei deren Abformung gewonnen worden (s. o. Abschn. 2.1). Von Bedeutung dabei war insbesondere der Umstand, dass die beiden Vierkantnägeln [8.3] zwischen Pfeife [1] und Schieber [2] liegen und der Schieber damit von der Pfeife frei kommt. In Abb. 54 sind die Vierkantnägeln [8.3] in der Korrosionslage sichtbar, die sich in dem Zwischenraum zwischen Pfeife und Schieber gebildet hat. Angesichts der Tatsache, dass diese mit dem darin befindlichen Abdruck von Pfeife und Schieber wichtige Informationen über deren ursprüngliche Position liefert, ist diese Korrosionsschicht im Spannrahmen erhalten worden.



54 Spannrahmen des Torsionskatapults, Rückseite. Korrosionsschicht zwischen Pfeife 1 und Schieber 2.





55 CT-Scan 43. Längsschnitt zwischen Mittelränder 7/8 mit Pfeile 1, Schieber 2, Block 9 und Vierkantnägeln 8.3.

56 CT-Scan 134. Querschnitt auf Höhe der Vierkantnägeln 8.3. In der Mitte die Hohlräume von Mittelränder 7/8, rechts der des Seitenränders 5.



57 Spannrahmen des Torsionskatapults, verbogener Beschlag 5.4 mit Nagel 5.5 vor der Restaurierung.



58 Spannrahmen des Torsionskatapults, gerichteter Beschlag 5.4.

Die hohe Aussagefähigkeit gerade der eingangs durchgeführten CT-Scans zeigte sich teilweise erst im Lauf der weiteren Konservierungs- und Restaurierungsarbeiten, die zu einem besseren Verständnis der konstruktiven Zusammenhänge führten. Dies verdeutlichen zwei der CT-Scans, die jeweils um die betreffende Konstruktionszeichnung ergänzt wurden (Abb. 55–56). Die Aufnahmen und die Zeichnungen korrespondieren allerdings nicht vollständig; die Ursache dafür liegt darin, dass die Vermessungspunkte der später angelegten Zeichnungen nicht exakt auf derselben Schnittebene liegen wie die CT-Scans. Abb. 55 gibt einen Schnitt durch die Längsachse des Spannrahmens wieder; der Schnitt verläuft zwischen Mittelständer [7] und [8] und erfasst Pfeife [1], Schieber [2] und den Hohlraum von Block [9] mit dessen Holzresten. Gut zu sehen ist, dass der Schieber nicht auf der Pfeife, sondern auf den Vierkantnägeln [8.3] läuft. Abb. 56 zeigt einen Querschnitt auf Höhe der Vierkantnägel [8.3]. Die dunklen kastenförmigen Strukturen in der Mitte sind die Hohlräume von Mittelständer [7] und [8], der hochrechteckige Hohlraum rechts der des Seitenständers [5]. In den Hohlräumen deutlich erkennbar sind die sich als vertikale helle Linien abzeichnenden Vierkantnägel [8.3].

### 3.5. Seitenständer [5], Beschlagplatten [5.1] und [5.2], Stirnblech [5.4]

Der Seitenständer [5] war völlig von einer starken und harten Korrosionsschicht aus Eisenoxid und Sandeinschlüssen bedeckt (Abb. 2). In der Mitte des Seitenständers war ein rezenter Bruch vorhanden, wodurch eine Verformung aufgetreten war. Dort war an der Rundung auf der Vorderseite des Katapults, vermutlich durch den Bagger, ein Teil



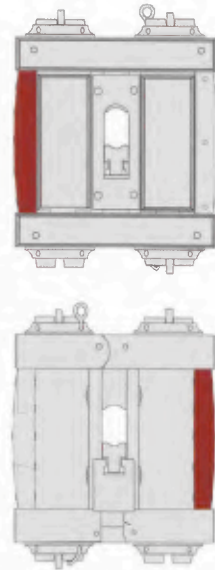


59 Spannrahmen des Torsionskatapults, Seitenständer 5 nach Ergänzung vor der Retusche.



60 Nagel 5.5 des Beschlags 5.4

der Korrosion ausgebrochen worden und verloren gegangen. Dadurch hatte sich zum Hohlraum des Seitenständers eine Öffnung gebildet. Der Beschlag [5.4] war bei diesem Vorgang verformt und nach innen gedrückt worden. In der Mitte des Beschlags befand sich ein Nagel aus Kupferlegierung [5.5], der bei der Bergung des Katapults aus seiner Position gerissen worden war (Abb. 57). Der Beschlag wurde wieder in seine ursprüngliche Form gebracht (Abb. 58). Der ausgebrochene Teil des Seitenständers wurde mit Polyesterharz und Glasfaser ergänzt (Abb. 59, 61). Nagel [5.5] wurde gezeichnet und an seine ursprüngliche Position zurückgesetzt (Abb. 60). Ebenfalls stark korrodiert und bei Beginn der Freilegungsarbeiten von der Korrosion vollständig überdeckt waren die eisernen Beschlagplatten [5.1] und [5.2], die auf der Innen- und Außenseite des Seitenständers sitzen. Im Bereich der Rundung des Seitenständers war durch die rezent aufgetretenen Beschädigungen eine der 12 Nieten verloren gegangen, mit denen diese Beschlagplatten auf dem Holzkern befestigt sind. Dieser Niet wurde nicht ergänzt (Abb. 61). Von zwei weiteren Nieten fehlen die Köpfe; sie sind möglicherweise der Entfernung des Korrosionsbelags zum Opfer gefallen.



61 Seitenständer 5 mit Beschlagplatte 5.2. Rechts im Bild der ergänzte Teil, oben rechts Nietloch des fehlenden Niets.





62 Spannrahmen des Torsionskatapults, Seitenständer 5 von außen nach der Restaurierung.



63 Spannrahmen des Torsionskatapults, Reste der Zapfverbindung von Seitenständer 6 im unteren Querträger 3.

Die Brüche im Seitenständer wurden vor dem Abgießen mit Polyesterharz aufgefüllt. Die eisernen Beschlagplatten wurden während des Abgießens der Hohlräume von innen aus imprägnierend verleimt. Der Sand und die starke Korrosion wurden mit Hilfe eines pneumatischen Gravierstifts und Schleifgerätschaften bis knapp über die originale Oberfläche entfernt. Der übrige Belag wurde mit Hand- und Schleifgerätschaften entfernt. Die Details sind mit kleinen Handwerkzeugen und Diamantfräsen freipräpariert worden (Abb. 62). Die Holzstruktur auf der Rückseite des Seitenständers wurde gesichert.

Bei der Freilegung des Seitenständers [5] zeigte sich, dass es sich nicht um ein flaches Brett handelt. Während die Innenseite und deren Beschlagplatte flach sind, sind die Außenseite und die dortige Beschlagplatte gewölbt. Auch ist der Ausschnitt für den Katapultarm nicht gerade geformt; der untere Teil der Rundung ist an der Innenseite des Seitenständers größer.

### 3.6. Seitenständer [6]

Von Seitenständer [6] waren einzig die Enden der Verzapfung erhalten geblieben, die in den Querträgern [3] und [4] unter den Beschlägen [3.3] und [4.3] saßen (Abb. 3, 63–



64 Reste der Zapfverbindung von Seitenständer 6 im oberen Querträger 4.

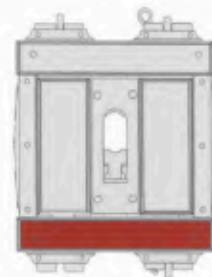
64). Im Bereich dieser Zapfverbindungen waren auch noch Reste der eisernen Beschlagplatten [6.1] und [6.2] vorhanden. In diesen Fragmenten saßen an jeder Seite noch zwei der Niete, mit denen die Beschlagplatten auf dem Seitenständer befestigt waren. Die Brüche wurden belassen. Das Holz wurde mit Paraloid B72 imprägniert (Abb. 65). Die eisernen Niete, die nahezu gänzlich hohl waren, wurden mit Epoxidharz imprägniert.



65 Spannrahmen des Torsionskatapults, linke Seitenfläche mit den Resten des Seitenständers 6 nach der Restaurierung.

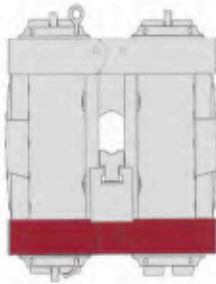
### 3.7. Querträger [3] und Gegenplatte [3.2]

Querträger [3] sitzt an der Unterseite des Katapults. Für den Vorzustand galt das gleiche wie für die übrigen Teile (Abb. 66); im Bereich von Spannbuchse [C] war allerdings ein Teil des Korrosionsbelages abgebrochen und dadurch auch der Spannbolzen verloren gegangen. Dies ist vermutlich während der Bergung durch den Bagger geschehen. Die Seilkammer bei Spannbuchse [C] war größtenteils mit Eisenoxid und Kies gefüllt (vgl. Abb. 1). Der Belag war dort derart fest korrodiert, dass stellenweise Kies in das Holz gedrückt worden war. Der Korrosionsbelag wurde größtenteils mit einem mechanischen Graviermeißel entfernt, wobei erst der Kies zerkleinert werden musste. Diese Arbeiten haben kleine Riefen im abgegossenen Querträger hinterlassen. Der umlaufende, stark korrodierte und spröde Eisenreif [3.1] besaß keine metallische Sub-





66 Spannrahmen des Torsionskatapults, Querträger 3. Vorzustand.



stanz mehr. Er war bereits während des Abgießens der Hohlräume mit Epoxidharz imprägnierend verklebt worden. Nach der Auffüllung der Hohlräume des Spannrahmens war die Innenseite nicht mehr zugänglich. Einzige Ausnahme bildet die Bruchfläche im Bereich des fehlenden Seitenständers [6] (Abb. 67).

Direkt unter der Korrosionsschicht befindet sich die eiserne Gegenplatte [3.2]. In der Gegenplatte waren Brüche vorhanden, an den Rändern war das Metall brüchig. Stellenweise hatte sich Sand in das Material gedrückt. Die Platte war derart korrodiert, dass es notwendig war, sie während des Freipräparierens mehrere Male zu imprägnieren. Gleichzeitig wurden fehlende Teile ergänzt. Während des Freipräparierens von Querträger [3] und Gegenplatte [3.2] wurde die Spannbuchse [D] zeitweise entfernt (Abb. 68–70). Dies gab Gelegenheit, die Abmessungen und die genaue Position der Durchbohrungen in der Gegenplatte zu untersuchen und weitere Details zu dokumentieren. Unter der Spannbuchse hatte sich eine dünne Korrosionsschicht abgesetzt, wodurch die Buchse einen Abdruck hinterlassen hatte (vgl. Beitr. SCHALLES, Abb. 41). In der Gegenplatte saß ein Fragment eines abgebrochenen Vorsteckers(?). Es gehört nicht zu dem Nagel [D2], der als Vorstecker in Spannbuchse [D] sitzt. Die Seilkammer auf der Innenseite des Rahmens im Bereich von Spannbuchse [D] war nahezu leer. Von der Spannbuchse wurden Proben für eine Materialuntersuchung genommen.

In der Mitte des Querträgers waren noch die beiden Bolzen [3.4] vorhanden, mit denen die Gegenplatte befestigt war. In jeder ihrer Ecken saß je ein weiterer Nagel [3.5] zur Befestigung der Gegenplatte. Die Platte war stark korrodiert und brüchig. Sie wurde während des Abgießvorgangs der Hohlräume von innen imprägnierend verklebt. Der Sand und der überwiegende Teil der Korrosion wurden bis knapp über die originale Oberfläche mit pneumatischem Gravierstift und Schleifgerätschaften entfernt, der Rest mit feinem Handschleifgerät. Die Details wurden mit Handgerät und Diamantfräsen freipräpariert. Nach der vollständigen Reinigung wurde die Gegenplatte nochmals insgesamt imprägniert und Spannbuchse [D] wieder an ihre ursprüngliche Position gebracht (Abb. 71).





67 Eisenreif 3.1, im Bereich des ausgebrochenen Seitenständers 6 erkennbar.



68 Querträger 3 mit Spannbuchse D. Vorzustand.



69 Querträger 3 nach Abnahme von Spannbuchse D.

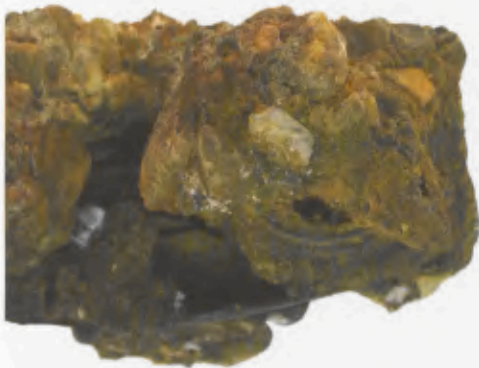


70 Querträger 3 nach Abnahme von Spannbuchse D und Entfernung des Korrosionsbelags von Gegenplatte 3.2.





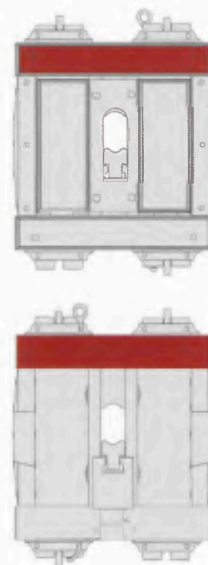
71 Querträger 3 nach der Restaurierung.



72 Querträger 4. Neben der Spannbuchse A vom Bagger verursachtes, für die Entfernung der Hölzer vergrößertes Loch in Beschlagplatte 4.2.

### 3.8. Querträger [4] und Gegenplatte [4.2]

Auch Querträger [4] auf der Oberseite des Katapults war vollständig mit einer starken und harten Korrosionsschicht aus Eisenoxid mit Kieseinschlüssen bedeckt (Abb. 18). Die Gegenplatte war stark korrodiert und brüchig. Die oben bereits erwähnte, vermutlich durch den Bagger verursachte Öffnung in Gegenplatte [4.2] (vgl. o. Abschn. 1.3.5) war für die Bergung der Holzteile vergrößert worden (Abb. 72). Nach der Untersuchung der Hohlräume wurden die zuvor entfernten Teile an ihre ursprüngliche Position zurückgebracht



und mit Cyanacrylat fixiert (Abb. 73). Anschließend wurde die Öffnung in der Gegenplatte in Polyesterharz ergänzt, das mit Glasfaservlies verstärkt worden war. Während des anschließend erfolgenden Abgießens der Hohlräume wurden die Gegenplatte und die in ihr vorhandenen Brüche imprägnierend verleimt. Die Ergänzung wurde mechanisch abgearbeitet und nach der Reinigung des gesamten Katapults retuschiert (Abb. 74). Parallel zu diesen Arbeiten wurden der Sand und die Korrosionsschicht bis nahe an die originale Oberfläche mit pneumatischem Gravierstift und Schleifgerät entfernt, der restliche Belag mit feinem Hand- und anderem Schleifgerät. Die Details wurden mit feinem Handgerät und Diamantfräsen freipräpariert. Auf den CT-Scans war der umlaufende Eisenreif [4.1] nur als Aussparung zu erkennen gewesen, da er keine metallische Substanz mehr aufwies (Abb. 75). Er wurde schon zuvor – während des Abgießens der Hohlräume – mit Epoxidharz imprägnierend verleimt.

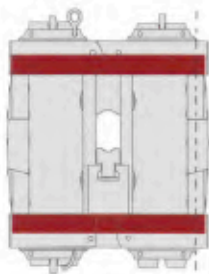




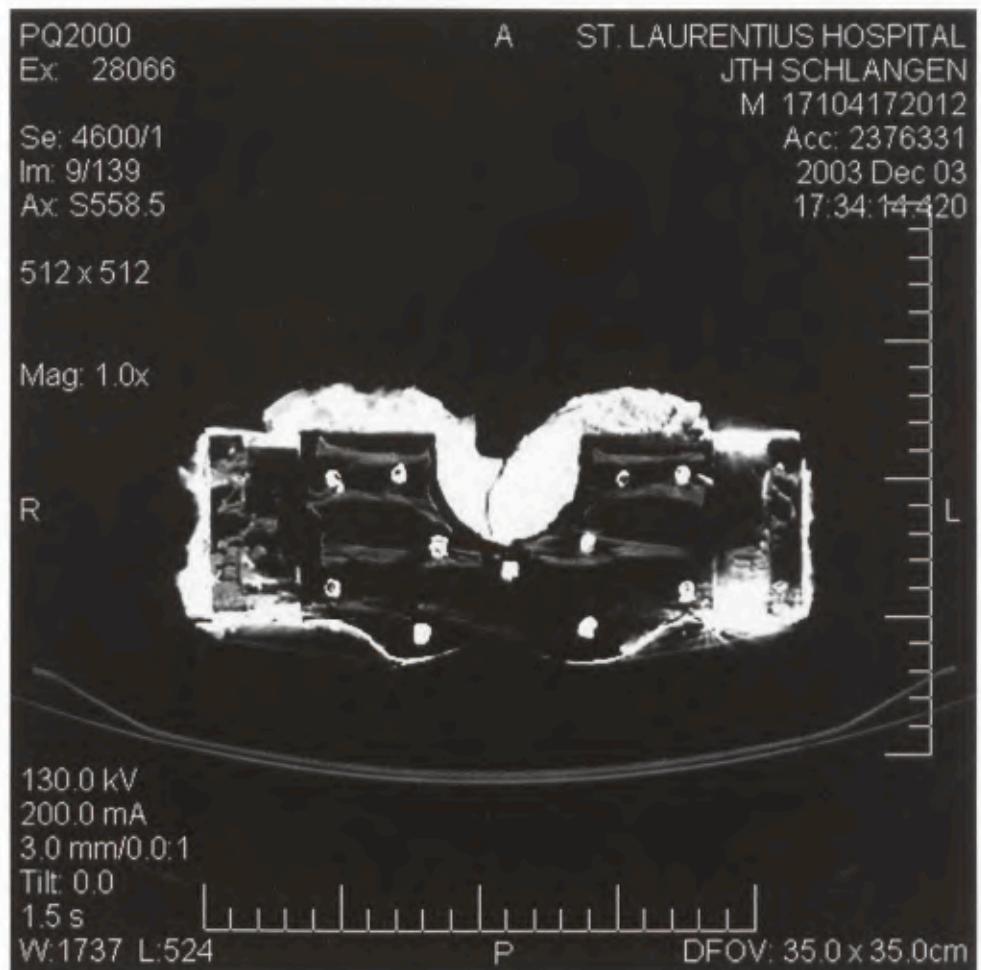
73 Querträger 4. Nach Entfernung der Hölzer wieder eingefügte Teile im Bereich der Beschädigung von Beschlagplatte 4.2.



74 Querträger 4. Ergänzung in Beschlagplatte 4.2.



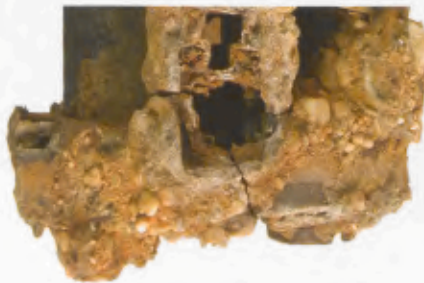
scan  
09



75 Scan 9. Eisenreif 4.1, bei horizontaler Lage des Spannrahmens auf Höhe von Seitenständer 5 als querrechteckige Aussparung besonders links oben erkennbar.



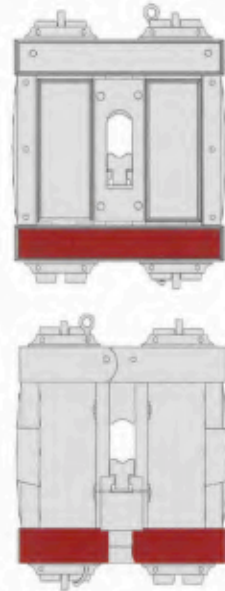
76 Spannrahmen, Front mit Querträger 3 und Beschlagblech 3.3, Vorzustand.



77 Spannrahmen, Rückseite mit Querträger 3 und Beschlagblech 3.3, Vorzustand.

### 3.9. Die Beschlagbleche [3.3] und [4.3]

Beschlagblech [3.3] sitzt umlaufend auf dem unteren Querträger [3]. Wie die übrigen Teile des Katapults war es mit einem dicken und harten Korrosionsbelag aus Eisenoxid und Sand überzogen (Abb. 76). Auf der Rückseite des Rahmens war ein Bruch im Querträger [3] entstanden, der allerdings zwischen den Enden des Beschlags [3.3] hindurch verlief (Abb. 77). Der Korrosionsbelag hatte sich stellenweise stark auf der Oberfläche festgesetzt. Die Korrosionsschicht wurde mit einem pneumatischen Gravierstift und Schleifgerätschaften bis fast auf die originale Oberfläche entfernt. Der verbleibende dünnere Belag und die Details wie die profilierten Leisten wurden mit feinem Gerät unter dem Binokular gereinigt (Abb. 78 und Beitr. SCHALLES, Abb. 67). Dabei wurden kleine Schleifscheiben und Diamantfräsen benutzt. Die beiden Nägel, mit denen die Enden des Beschlags befestigt worden sind, weisen Hammerspuren auf. Auf der



Vorderseite war links oben ein Teil der Zierleiste losgerissen und verbogen. Er wurde in dieser Position belassen (Abb. 79). Gleiches gilt für einen Abschnitt der Zierleiste auf der rechten Schmalseite (vgl. Beitr. SCHALLES, Abb. 68).



78 Spannrahmen, Rückseite mit Querträger 3 und Beschlagblech 3.3, Zustand nach der Restaurierung.





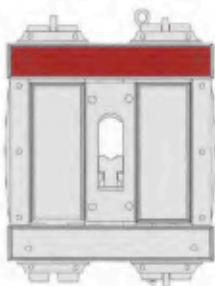
79 Beschädigung der Zierleiste auf Zierbeschlag 3.3, Vorderseite links oben.



80 Spannrahmen, Front mit Querträger 4 und Beschlagblech 4.3, Vorzustand.



81 Spannrahmen, Rückseite mit Querträger 4 und dem im Bereich des Seitenständers 6 freiliegenden Beschlagblech 4.3, Vorzustand.



Beschlagblech [4.3] bildet das Gegenstück zu demjenigen des unteren Querträgers. Der Vorzustand war ähnlich (Abb. 80) mit dem Unterschied, dass im Bereich des ausgebrochenen Seitenständers [6] ein Teil des Beschlags frei lag (Abb. 81). Das restauratorische Vorgehen entsprach dem bei Beschlag [3.3] (Abb. 82–83). Kleine Beschädigungen und Beulen auf dem Beschlag waren von Patina bedeckt, so dass sie bereits in römischer Zeit entstanden sein müssen. Das gleiche gilt für die Stellen, an denen ursprünglich Zierleisten gesessen haben. Patina über den Lotresten dort zeigt, dass die Leisten in der Antike verloren gegangen sind. Da das linke Ende des Beschlagblechs in den Bereich des Mittelständers hineinragte, musste es beigearbeitet werden. Dies ist recht nachlässig durchgeführt worden. Das rechte Ende des Blechs wurde mit einer Blechschere unregelmäßig rund beschnitten, so dass es vor der Öffnung im Mittelständer endete;





82 Spannrahmen, Front mit Querträger 4 und Beslagblech 4.3, Zustand nach der Restaurierung.



83 Spannrahmen, Rückseite mit Querträger 4 und Beslagblech 4.3, Zustand nach der Restaurierung.

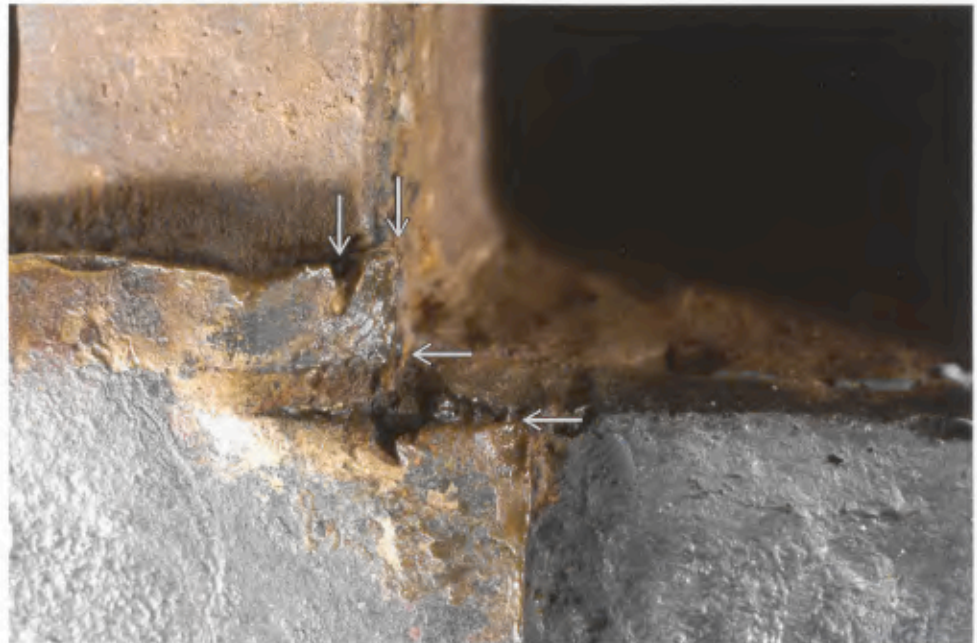
dabei riss das Ende ein (vgl. Beitr. SCHALLES, Abb. 40). Seine Oberfläche weist deutliche Hammerspuren auf. Nach der Montage erwies sich das Blech als zu lang für den Träger. Man schnitt es deshalb links rechtwinklig ab, wobei die Kante allerdings nach wie vor im Bereich des Mittelständers endete. Dadurch war man gezwungen, zusätzlich noch die linke obere Ecke des Blechs einzukürzen (Abb. 84). Um das überstehende Material zu



entfernen, wurden insgesamt vier Einschnitte angebracht – zwei in horizontale und zwei in vertikale Richtung (Abb. 85). Da dies aber immer noch nicht ausreichte, wurden die überstehenden Ränder umgebördelt. Für diesen Arbeitsvorgang musste der Beschlag mehrmals vom Querträger gelöst und wieder neu befestigt werden. Dies ist die Ursache für die vielen Hammerspuren auf Bolzen [3.4], die sich auf den übrigen Befestigungsteilen des Beschlags so nicht finden. Die Arbeiten wurden recht grob ausgeführt, wie Hammerspuren auch links neben Brett [8] des Mittelständers zeigen.



84 Spannrahmen, Rückseite. Linkes Ende des Beschlagblechs 3.3.



85 Spannrahmen, Rückseite. Linkes Ende des Beschlagblechs 3.3. Pfeile: die vier Einschnitte der Bleischere.

### 3.10. Die Spannbuchsen [A-D], Spannbolzen [A1, B1, D1] und Vorstecker [B2, D2]

#### 3.10.1. Spannbuchse [A], Spannbolzen [A1]

Spannbuchse [A] und Spannbolzen [A1] waren nahezu vollständig von einer Korrosionsschicht mit Kieseinschlüssen überzogen (vgl. Abb. 72–73). Die Bleibronze, aus der die Spannbuchse vermutlich besteht, war gut erhalten. Der eiserne Spannbolzen [A1]

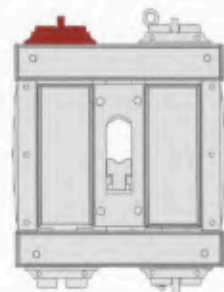


86 Spannbuchse A mit Rest eines Vorsteckers.



87 Spannbuchse A, Korrosion in den Löchern der Buchse.

dagegen war stark korrodiert, besaß aber noch einen metallischen Kern. In der Spannbuchse saß ein abgebrochener Vorstecker (Abb. 86). Er war hohl korrodiert und an der Bruchfläche spröde, weshalb seine Form nicht eindeutig erkennbar war. Wahrscheinlich war er im Querschnitt vierkantig. Es ließ sich nicht feststellen, ob dieser Vorstecker wie der in Spannbuchse **[B]** ein Auge besessen hat oder als Nagel wie in Spannbuchse **[D]** geformt war (s. u.). In den übrigen Bohrlöchern der Spannbuchse befand sich ein Korrosionsbelag aus Eisen, der nicht entfernt wurde (Abb. 87).



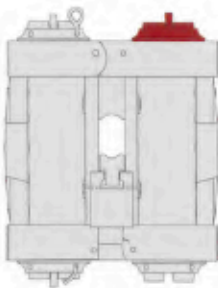




88 Spannbuchse A, Hohlraum und darunter befindlicher Belag aus Einschlüssen.



89 Spannbuchse A, Öffnung in der Korrosionsschicht und darunter befindlicher Hohlraum.



Unter der Korrosionsschicht am Spannbolzen war dort, wo die Seilbündel erwartet werden konnten, ein Hohlraum vorhanden. Er war bereits vor Beginn der Freilegung erkennbar und trat immer deutlicher in Erscheinung (Abb. 88, vgl. Abb. 72). Unterhalb davon war die Buchse vollständig mit Belag gefüllt (Abb. 89). Die Bearbeitung von Spannbuchse [A] und Spannbolzen [A1] erfolgte größtenteils gleichzeitig mit der von Beschlagplatte [4.2]. Das Freipräparieren wurde von Hand unter Gebrauch eines Gravierstifts und Schleifgerätschaften durchgeführt. Dabei wurde der Korrosionsbelag bis knapp über die originale Oberfläche entfernt. Der verbleibende Belag und die Details wurden mit feinem Handgerät und Diamantfräsen unter dem Binokular freipräpariert.



90 Spannbuchse A, Korrosionsschicht im Inneren.



91 Spannbuchse A, Korrosionsschicht im Inneren, Detail.

Da nicht auszuschließen war, dass möglicherweise noch Reste des Seilbündels vorhanden waren, wurde das Freipräparieren von Spannbolzen und -buchse mit größter Sorgfalt durchgeführt. Nachdem die deckende Korrosionsschicht entfernt worden war, zeigte sich, dass der Hohlraum sich auf die Höhe des Spannbolzens begrenzte. Im Hohlraum fanden sich keine erkennbaren Reste des Spannseils. Ebenso wenig war ein Abdruck erkennbar, der von einem Seilbündel hätte stammen können. Allerdings hatte der Belag, der sich in der Spannbuchse befand, eine andere Struktur als die übrige Korrosion, mit der das Katapult bedeckt war (Abb. 90–91). Es wurden Materialproben aus dem Wandungsbereich der Spannbuchse [A] und aus der Mitte des Belages entnommen (Nr. 7–8). Die Proben wurden untersucht und bestimmt (s. Beitr. HENDRIKS).



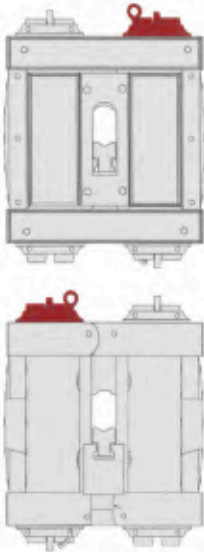
Auf der von Querträger [4] zugänglichen Innenseite war die Buchse [A1] vollständig mit Sand und Kies aufgefüllt (Abb. 92). Diese Auffüllung war homogen; Reste des Spannseils oder Abdrücke von ihm fanden sich nicht.



92 Spannbuchse A, Detail der Korrosionsschicht auf der Unterseite.

### 3.10.2. Spannbuchse [B], Spannbolzen [B1] und Vorstecker [B2]

Spannbuchse [B] und Spannbolzen [B1] waren ebenfalls vollständig von einer Korrosionsschicht mit eingeschlossenen Kieselsteinen überzogen. Dort wo unter dem Korrosionsbelag das Seilbündel gesessen hatte, war die Buchse größtenteils hohl. Der Spannbolzen war stark korrodiert, besaß aber noch einen metallischen Kern. Die Vorgehensweise bei der Freilegung entsprach der bei Spannbuchse [A]. In der Korrosionsschicht war ein stark korrodiertes, nahezu hohler und mit einem Auge versehener Vorstecker [B2] erhalten geblieben (Abb. 93–94). Er war spröde und brüchig. Der Vorstecker wurde in mehreren Phasen freipräpariert, bei denen die freigelegten Teile sofort mit Epoxidharz imprägniert wurden. Fehlstellen und Hohlräume wurden mit Polyesterharz aufgefüllt (Abb. 95). In den übrigen Bohrungen von Spannbuchse [B] fand sich nur ein leichter Korrosionsbelag (Abb. 96).



93 Spannbuchse B, links oben Vorstecker B 2 während der Freilegung.





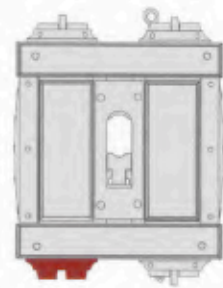
94 Vorstecker B 2 während der Freilegung

Im Unterschied zu Spannbuchse [A] war der Korrosionsbelag im Inneren im Wesentlichen auf die Wandung beschränkt (Abb. 97). Hinweise auf Spannseilreste oder deren Abdrücke fanden sich keine. Während der Entfernung des Korrosionsbelags wurden zwei Proben genommen (Nr. 4–5) und untersucht (s. Beitr. HENDRIKS). Teile des Belags wurden an ihrem ursprünglichen Platz belassen (Abb. 98–99).

### 3.10.3. Spannbuchse [C]

Bei der auf der Unterseite des Spannrahmens sitzenden Spannbuchse [C] hatte der Bagger den Korrosionsbelag abgebrochen (Abb. 100–101). Dadurch ist der zugehörige Spannbolzen verloren gegangen.

Er wurde in Plexiglas ergänzt, damit der Spannrahmen vernünftig stehen kann. Von den ebenfalls dabei entstandenen Beschädigungen der Gegenplatte [3.2] war bereits die Rede. Die Bleibronze der Spannbuchse war gut erhalten. Die Spannbuchse war zum größten Teil hohl, allein an der inneren Wandung fand sich eine dünne Korrosionsschicht. Wo die Öffnung in der Spannbuchse in den Hohlraum des Querträgers [3] überging, saß extrem harter Korrosionsbelag mit



95 Spannbuchse B, Vorstecker nach der Freilegung.



96 Spannbuchse B, Aufsicht.



97 Spannbuchse B, Korrosionsschicht im Inneren.



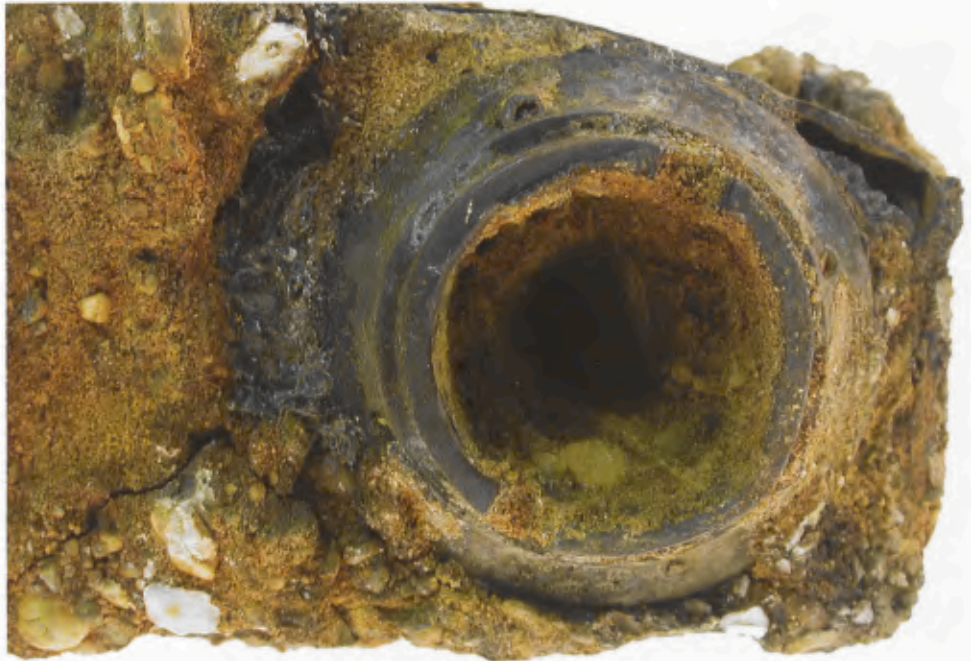


98 Spannbuchse B, während der Restaurierung im Inneren belassene Korrosionsschicht.

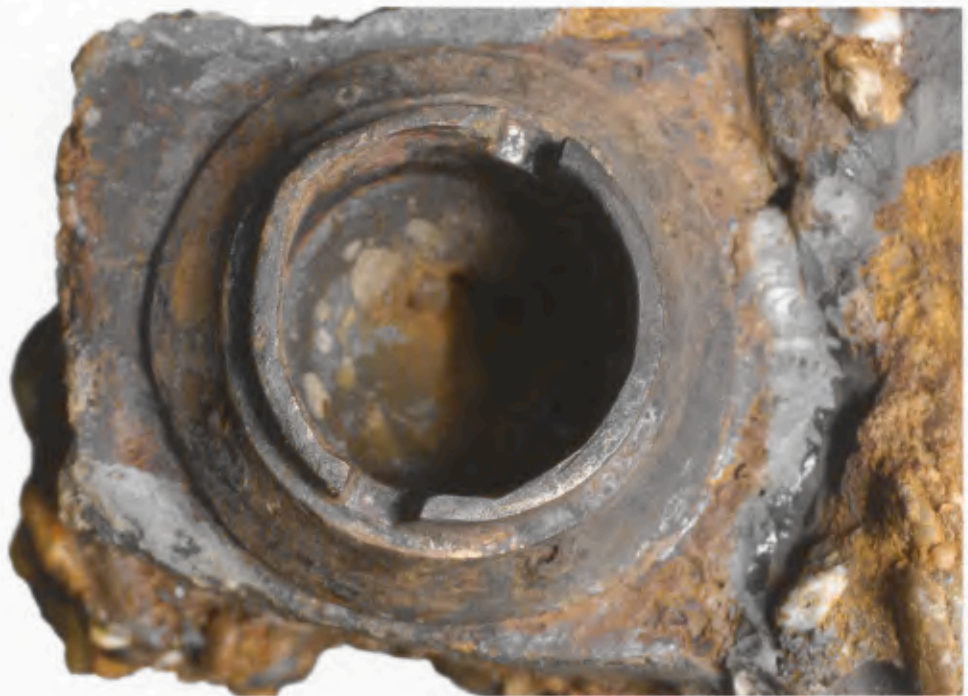


99 Spannbuchse B, während der Restaurierung im Inneren belassene Korrosionsschicht.





100 Spannbuchse C, Vorzustand.



101 Spannbuchse C während der Restaurierung.

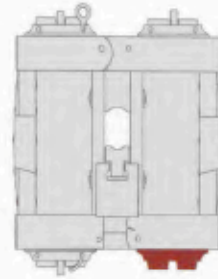


102 Korrosion mit Kieseinschlüssen im Bereich der Unterseite von Spannbuchse C.

eingeschlossenem Kies (Abb. 102). Der Belag wurde größtenteils von der Unterseite des Spannrahmens aus entfernt. Dabei wurde ein pneumatischer Gravierbeitel gebraucht, mit dem zunächst der Kiesel zerkleinert wurde. Bei diesen Arbeiten hat der Gravierbeitel Grübchen im „Holz“ des Querträgers hinterlassen (Abb. 103).

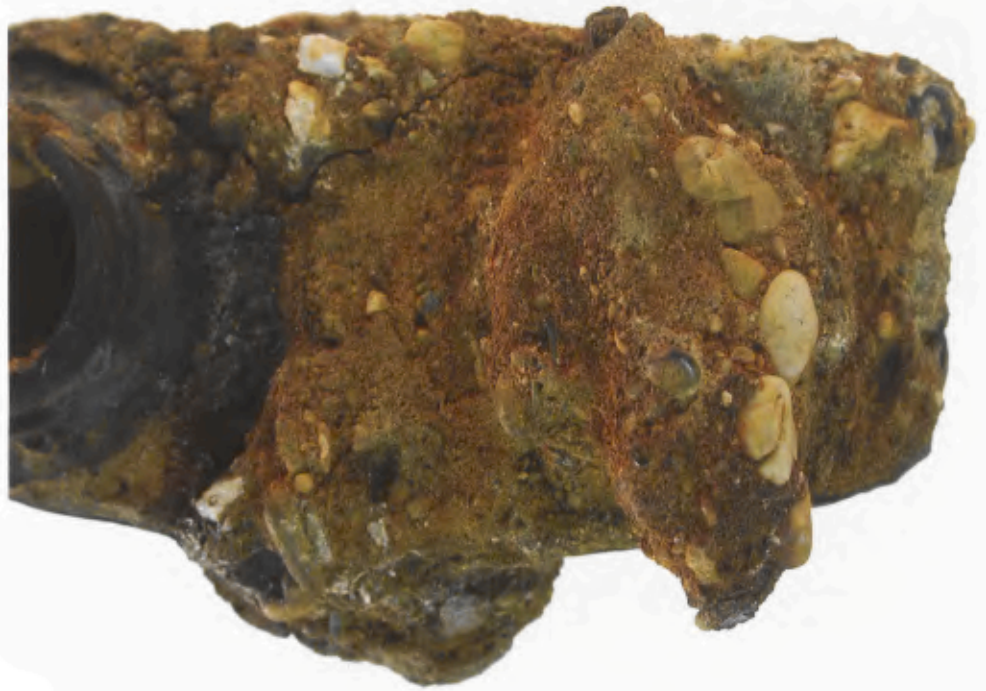
In einer der Durchbohrungen von Spannbuchse [C] saß ein abgebrochener Vorstecker (vgl. Beitr. SCHALLES, Abb. 51). Er war hohl korrodiert und an der Bruchfläche spröde. Seine Form lässt

sich nicht sicher ermitteln, war aber wahrscheinlich im Querschnitt vierkantig. Zwei der übrigen Durchbohrungen der Buchse wiesen nur leichten Korrosionsbelag auf, der vierte jedoch einen sehr harten, der nicht entfernt wurde. Die Freilegung und Präparierung der Buchse erfolgte zusammen mit der Bearbeitung von Gegenplatte [3.2], die Vorgehensweise entsprach der bei den anderen Buchsen. Reste oder andere Hinweise auf die Spannvorrichtung fanden sich nicht. Vom Belag auf der Innenseite der Buchsenwand wurden Proben genommen und analysiert (Nr. 6, s. Beitr. HENDRIKS).



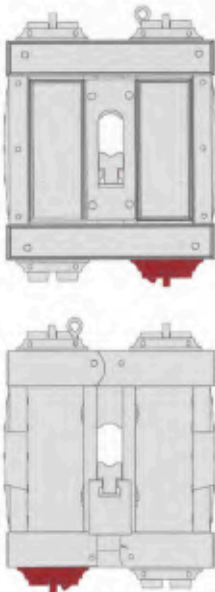
103 Beschädigungen im „Holz“ von Querträger 3 durch den Einsatz eines Gravierbeitels.





104 Spannbuchse D, Vorzustand.

#### 3.10.4. Spannbuchse [D], Spannbolzen [D1] und Vorstecker [D2]



Der Erhaltungszustand von Spannbuchse [D] entsprach der der übrigen Buchsen (Abb. 104).

Die Bleibronze, aus der die Spannbuchse gefertigt ist, hatte sich gut erhalten; Spannbolzen [D1] war stark korrodiert, besaß aber noch einen metallischen Kern. Ebenso wie bei den anderen Buchsen war das Innere hohl und von einer Korrosionsschicht bedeckt. Buchse und Spannbolzen wurden größtenteils gleichzeitig mit Gegenplatte [3.2] freigelegt und konserviert. Während des Freipräparierens wurde die Spannbuchse mit dem Spannbolzen zur genaueren Untersuchung der Konstruktion vom Rahmen abgenommen (Abb. 105–106). Der Korrosionsbelag auf der Innenseite des Spannbolzens ließ eine andere Struktur erkennen als der übrige Korrosionsbelag, mit dem das Katapult bedeckt ist (Abb. 107–108). Hier wie an der Wandung von Querträger [4] handelte es sich um Reste von organischem Material, die durch Kupferoxidation erhalten geblieben waren. Es wurden Teile geborgen (Abb. 109), Proben entnommen (Nr. 1–3) und bis auf Probe 3 untersucht (s. Beitr. HENDRIKS). Das organische Material wurde nicht vollständig entfernt, etliche Fragmente wurden an ihrer ursprünglichen Position in der Spannbuchse belassen. Es fanden sich keine Abdrücke des Seilbündels selbst in der Korrosionsschicht.

In der Spannbuchse befand sich ein Vorstecker [D2]. Es handelt sich dabei um einen Nagel. Er war stark korrodiert und größtenteils hohl. Die Hohlräume wurden mit Polyesterharz aufgefüllt. Der Vorstecker verblieb während der gesamten konservatorischen Behandlung an seiner Position (Abb. 110–111). Er ist an der Spitze gebrochen. In einem aus dem Hohlraum von Querträger [3] geborgenen Holzfragment saß die Spitze eines Vorsteckers. Da die ursprüngliche Position dieses Fragments nicht





105 Spannbuchse D mit Spannbolzen D1 nach Abnahme vom Spannrahmen, Untersicht.



106 Spannrahmen nach Abnahme von Spannbuchse D. Gut erkennbar sind die 16 Löcher für den Vorstecker in Gegenplatte 3.2.



107 Spannbuchse D. Reste von organischem Material im Inneren.



108 Spannbuchse D. Reste von organischem Material im Inneren.



109 Organisches Material aus dem Inneren von Spannbuchse D.



110 Spannbuchse D mit Spannbolzen D1 und Vorstecker D2 von oben.





111 Spannbuchse D mit Spannbolzen D1 und Vorstecker D2.



112 Spitze eines Vorsteckers für Spannbuchse D aus einem Holzfragment von Querträger 3.

mehr eindeutig geklärt werden konnte, ließ sich nicht sicher sagen, ob es sich hier um die Spitze des gebrochenen Vorsteckers [D2] handelt. Allerdings gibt es keinerlei Indiz dafür, dass mehr als ein Vorstecker in der Spannbuchse gesessen hat. Die Spitze des Vorsteckers wurde aus dem Holzfragment geborgen und lose aufbewahrt (Abb. 112). Er ist im Querschnitt rechteckig und vorne abgeschnitten. Der als Vorstecker dienende Nagel war bereits in der Antike verbogen worden. Möglicherweise handelt es sich um einen Ersatz für einen Vorstecker mit Auge, wie er in Spannbuchse [B] als Vorstecker [B2] noch vorhanden war. Ob der Nagel absichtlich verbogen wurde, um ihn bequemer aus der Spannbuchse entfernen zu können, ließ sich nicht mehr feststellen. In den Durchbohrungen der Spannbuchse, die durch Korrosion geschlossen waren, wurden keine Hinweise auf weitere Vorstecker gefunden. Nach Abnahme der Buchse konnte der Spannbolzen entfernt und gesondert behandelt werden (Abb. 113).

Die Abnahme der Buchse erlaubte eine genauere Untersuchung der Unterseite: Dort zeichnete sich in der Korrosion der Abdruck von Beschlagplatte [3.2] ab (Abb. 114). In diesem Abdruck waren auch die in

der Beschlagplatte angebrachten Durchbohrungen für den Vorstecker erkennbar. Die Korrosion wurde nicht vollständig entfernt. Die Drehspuren waren scharf gezeichnet (vgl. Beitr. SCHALLES, Abb. 61). Daraus kann gefolgert werden, dass nach der Anfertigung





113 Spannbuchse D und Spannbolzen D1 nach Abnahme.

gung der Spannbuchse hier keine weitere Nachbearbeitung stattgefunden hat. Die vier Durchbohrungen für den Vorstecker sind aller Wahrscheinlichkeit nach bereits im Wachsmodell angebracht worden.

Abbildungsnachweis: sämtliche Abb. Restauration, Jo Kempkens en Ton Lupak, Haalen/NL.



114 Spannbuchse D, Unterseite.

DIETWULF BAATZ

## Bemerkungen zu den Proportionen und zur Typologie der Torsionsarmbrust von Xanten-Wardt

Einleitung

Maßverhältnisse bei Vitruv: proportio und symmetria

Maßverhältnisse der Torsionsarmbrust von Xanten-Wardt

Die nicht erhaltenen Teile der Torsionsarmbrust: mögliche Rekonstruktion und Maße

Arme

Pfeife und Schieber

Anhang: Übersicht zur Chronologie der Schriftquellen

Biton

Philon von Byzanz

Heron von Alexandria

Vitruv

Pseudo-Heron

Zusammenfassung

Abkürzungen

### Einleitung

Der Spannrahmen der Torsionsarmbrust von Xanten-Wardt ist unter den bisherigen Funden dieser Art der weitaus am besten erhaltene. Sogar die Holzteile des Spannrahmens konnten nachgewiesen werden, teils im Original, teils als Abgüsse ihrer Hohlformen. Daher ist es möglich, den Maßverhältnissen der Waffe auch an jenen Konstruktionsteilen nachzugehen, die sonst fast nie erhalten sind<sup>1</sup>. Wie eingangs von H.-J. Schalles dargelegt, ist die Torsionsarmbrust in das 1. Jahrhundert n. Chr. zu datieren. Für die kleine, kompliziert aufgebaute Maschine, die wohl serienweise hergestellt wurde, ist eine schriftliche Bauanleitung anzunehmen ähnlich wie für die größeren Katapulte. Dadurch werden vor allem Vergleiche mit der zeitlich nahe stehenden Schrift Vitruvs nahe gelegt, die der

<sup>1</sup> Für die Einladung, an der Auswertung des bisher einmaligen Fundstücks mitzuwirken, möchte ich meinem Kollegen H.-J. Schalles herzlich danken.

Autor um 25 v. Chr. abgeschlossen hat. Schließlich werden zum Verständnis der Waffe archäologische Funde herangezogen.

Zur Bauweise und den Maßverhältnissen der antiken Katapulte gibt es eine verhältnismäßig reiche schriftliche Überlieferung aus der griechisch-römischen Antike. Wohl für keinen anderen Sektor der antiken Technik sind so viele Abhandlungen geschrieben worden wie über die Katapulte; so meinte schon Heron: „Die Autoren vor mir haben zahlreiche Schriften über Wurfmaschinen verfasst, in denen die Abmessungen und die Anordnung der Teile behandelt werden“<sup>2</sup>. Nur wenig davon ist erhalten geblieben. Die wichtigsten überlieferten Schriften, ungefähr chronologisch angeordnet, stammen von den folgenden Verfassern: Biton, Philon von Byzanz, Heron von Alexandria, Vitruv und Pseudo-Heron<sup>3</sup>. Die Texte sind so ausführlich, dass man danach schon im 19. Jahrhundert Katapult-Rekonstruktionen bauen konnte, noch bevor archäologische Funde bekannt waren.

Die Entwicklung der Torsionswaffen erfolgte seit dem 4. Jahrhundert v. Chr. im griechischen Kulturraum<sup>4</sup>. Sie erreichte im Hellenismus einen Höhepunkt mit der Formulierung einheitlicher, technischer Bauanweisungen für die Katapulte, die eine gewisse Normierung dieser Waffen bewirkten. Nach zahllosen Experimenten und praktischen Erfahrungen im Einsatz hatte sich im 3. Jahrhundert v. Chr. ein Standard dieser mechanischen Waffen herausgebildet, der in den genannten Bauanweisungen seinen Ausdruck fand. Als Summe langer Erfahrung sind sie in den Werken der überlieferten antiken Techniker niedergelegt. Sie liegen bei Philon von Byzanz und Vitruv in der damaligen technischen Fachsprache vor<sup>5</sup>. Typisch für diese Texte ist, dass die Bemaßung der Bauteile nicht in konkreten Maßen wie Fuß und Zoll erfolgte, sondern in Proportionen, in Vielfachen bzw. Bruchteilen eines Grundmaßes. Das Denken in Proportionen ist bezeichnend für die antike Technik. Es spielte zusammen mit dem Begriff der *symmetria* eine wichtige Rolle auch in der antiken Architektur als Arbeitsmittel für den Entwurf; bekannte Beispiele finden sich bei Vitruv. Für den Katapultbau hatte die Verwendung von Proportionen den großen praktischen Vorteil, dass man mittels einer Bauanweisung unterschiedlich große Maschinen eines bestimmten Typs bauen konnte. Es war nur nötig, das Grundmaß entsprechend größer oder kleiner festzulegen. Aus den Proportionen ergaben sich dann mittels rechnerischer oder zeichnerischer Verfahren die absoluten Maße der Einzelteile.

Etwas anders ist der älteste überlieferte Text aufgebaut, der Bauanweisungen für Katapulte enthält, nämlich Bitons „Konstruktion von Belagerungsmaschinen und Katapulten“<sup>6</sup>. Der Text ist wohl unter König Attalos I. von Pergamon in der zweiten Hälfte des 3. Jahrhunderts v. Chr. entstanden. Biton hat Katapulte beschrieben, die nicht mit Torsionsfedern, sondern mit mächtigen Kompositbögen ausgestattet waren. Diese Katapultgattung stand am Anfang der Entwicklung, es waren Vorläufer der Torsionskatapulte<sup>7</sup>. Biton hat die Maße der von ihm beschriebenen Bogengeschütze nicht in Proportionen angegeben, sondern in konkreten Maßen, in Fuß und Bruchteilen davon. Das ist wohl deswegen geschehen, weil er keine allgemeine Bauanweisung ge-

<sup>2</sup> Heron, Belop. 73.

<sup>3</sup> Diese Texte sind zusammengestellt bei MARSDEN 1971 (mit englischer Übersetzung und Kommentar).

<sup>4</sup> MARSDEN 1969, 16–24; D. B. CAMPBELL, *Greek and Roman Artillery 399 BC–AD 363* (Oxford 2003).

<sup>5</sup> MARSDEN 1969, 24–39.

<sup>6</sup> MARSDEN 1971, 61–103.

<sup>7</sup> Heron, Belop. 75–81.



ben wollte, sondern individuelle Waffen vorstellte wie beispielsweise gleich am Anfang den „Steinwerfer des Charon von Magnesia, gebaut in Rhodos“. Die Bogenkatapulte sind schon während der zweiten Hälfte des 4. Jahrhunderts zum Teil durch die neuen Torsionswaffen abgelöst worden. Ihre technische Entwicklung brach ab, noch bevor genormte Bauanweisungen entstehen konnten.

Der späteste Text ist ein Fragment, das unter dem Namen Herons überliefert ist: Pseudo-Heron, Cheiroballistra<sup>8</sup>. Das Schriftfragment listet die Teile einer Torsionsarmbrust jeweils mit den Abmessungen auf. Jedoch anders als bei den älteren Werken von Philon und Vitruv werden für die Bemaßung keine Proportionen und kein Modul verwendet, sondern konkrete Maße in Fuß und Bruchteilen davon. Das hat seinen Grund wohl darin, dass die Größe dieser Handwaffe durch die menschlichen Körpermaße vorgegeben bzw. begrenzt werden. Es bestand daher kein Bedarf für beliebige Vergrößerung oder Verkleinerung der Waffe.

Von den fünf überlieferten Schriften über den Katapultbau wenden demnach zwei für die Bemaßung Proportionen an (Philon und Vitruv), während zwei andere (Biton und Pseudo-Heron) konkrete Maße nennen. Der Text Herons enthält keine Maßangaben der beschriebenen Katapultteile, überliefert aber die „Standardformeln“ zur Berechnung des Grundmaßes (Moduls).

Folgende Fragen sollen hier behandelt werden: Lassen sich in den Abmessungen der Xantener Torsionsarmbrust bestimmte Proportionen erkennen? Ist die Waffe nach dem zeitlich nahe stehenden Proportionen-Kanon Vitruvs entstanden oder besitzt sie andere Proportionen? Oder ist anzunehmen, dass ihre Bauanleitung gar keine Proportionen vorschrieb, sondern absolute Maße vorgab? Diese Fragen sollen im Vordergrund stehen. Überlegungen zur besonderen Eigenart der Waffe und zur Rekonstruktion der fehlenden Teile werden angeschlossen.

### Maßverhältnisse bei Vitruv: *proportio* und *symmetria*

Sogleich zu Beginn des 3. Buchs, das von der Bauweise der Tempel handelt, äußert sich Vitruv zur Notwendigkeit praktisch erprobter und ästhetisch stimmiger Maßverhältnisse in der Architektur: „Fest steht, dass die Bauweise der Tempel auf *symmetria* beruht, an deren Anwendung sich die Architekten genauestens halten müssen. Diese aber entsteht durch *proportio*, die die Griechen *analogia* nennen. *Proportio* ist dann vorhanden, wenn der Bemaßung sowohl der einzelnen Bauglieder als auch dem gesamten Bau ein vorher festgelegter, gemeinsamer Modul zugrunde liegt (*commodulatio*). Dieses Verfahren bewirkt den Zusammenklang (*symmetria*) der Bauteile. Denn kein Tempel kann eine sinnvolle Gestalt haben ohne *symmetria* und *proportio*“<sup>9</sup>.

Es braucht hier nicht im Einzelnen untersucht zu werden, wie sich Vitruv die praktische Bauplanung aufgrund seiner Forderung nach *symmetria*, *proportio* und *modulus* vorstellte. Entscheidend ist, wie wichtig und wie selbstverständlich ihm dieses Planungsverfahren war. Es hatte in Architektur und Technik zu seiner Zeit schon eine Jahrhunderte alte Tradition, die letztlich auf pythagoräischen Einfluss zurückgeht. Auf

<sup>8</sup> MARSDEN 1971, 206–232 (griechischer Text mit Kommentar und englischer Übersetzung); N. GUDEA/D. BAATZ, Teile spätrömischer Ballisten aus Gornea und Orşova/Rumänien). Saalburg Jahrb. 31, 1974, 69–72 (deutsche Übersetzung).

<sup>9</sup> Vitr. 3,1.

die Tradition konnte sich Vitruv berufen: er bringt im Vorwort zu Buch 7 eine umfangreiche Autorenliste, eine Art Bibliografie<sup>10</sup>.

Das Verfahren, in Proportionen zu planen und zu entwerfen, wurde nicht nur in der Architektur angewandt, sondern auch im Maschinenbau. Der älteste für den Maschinenbau überlieferte Text stammt von Philon von Byzanz, der in seinen Bauanweisungen für Katapulte nicht absolute Maße für die Maschinenteile nennt, sondern Proportionen, die sich auf ein Grundmaß beziehen. Als Entstehungszeit von Philons Werk ist die zweite Hälfte des 3. Jahrhunderts v. Chr. wahrscheinlich. Ungefähr zweihundert Jahre später schrieb Vitruv im 10. Buch als einleitenden Satz seiner Katapult-Kapitel: „Jetzt werde ich darlegen, was man zum Schutz gegen Gefahr und zur notwendigen Erhaltung des Wohlstands erfunden hat, nämlich die Berechnungen der Skorpione und Ballisten; aufgrund dieser Symmetrien kann man die Waffen herstellen“<sup>11</sup>. Vitruv deutet damit an, dass er keine eigentliche Beschreibung der schweren Waffen vorlegen wird. Vielmehr übermittelt er für jede Waffenart eine bewährte Liste von Proportionen der Einzelteile, deren Zusammenwirkung (*symmetria*) die richtige Funktion der Maschine gewährleistet. Die prinzipielle Konstruktion der Katapulte sowie die Formen und Funktionen der Maschinenteile werden von ihm als bekannt vorausgesetzt; sein Text richtet sich an Fachleute. Jedoch gab es am Ende der Buchrolle Abbildungen – technische Zeichnungen – zur Illustration des Texts; sie sind nicht überliefert<sup>12</sup>. In dem dann folgenden Satz wird der Modul definiert, auf den sich die Proportionen beziehen. Im Fall der Pfeilkatapulte genügt dafür ein einziger Satz: „*Omnes proportiones eorum organorum ratiocinantur e proposita sagittae longitudine, quam id organum mittere debet, eiusque nonae partis fit foraminis in capitulis magnitudo, per quae tenduntur nervi torti, qui brachia continent* – alle Proportionen dieser Maschinen werden aus der vorgesehenen Länge des Pfeils berechnet, den die jeweilige Maschine werfen soll, und zwar soll deren neunter Teil als *foramen* (Durchmesser der vier Bohrungen) im Spannrahmen dienen. Durch diese Bohrungen laufen die gedrehten Spannseile, in denen Arme stecken“<sup>13</sup>.

Die Durchmesser der vier Bohrungen (*foramina*) in den hölzernen Querträgern des Spannrahmens sind ein wichtiges Konstruktionsdetail, weil dadurch der Durchmesser des zylindrisch gedachten Spannsehnenbündels bestimmt wird. Durch dieses Maß wird – zusammen mit der Federhöhe – die Energiemenge festgelegt, die in der Feder für den Schuss gespeichert werden kann.

Der Durchmesser der Bohrungen im Querträger wird in Vitruvs Text als 1/9 der vorgesehenen Pfeillänge bestimmt. Dieses Maß dient gleichzeitig als Grundmaß (*modulus*) für die aufgelisteten Maschinenteile. Der Modul wird von Vitruv seiner Herkunft wegen ebenfalls als *foramen* bezeichnet. Als Abkürzung dafür wird im folgenden „f“ verwendet. – Der nächste Satz zeigt am Beispiel der schon genannten Querträger (*tabulae, peritreti*), wie die Bemaßung mit Proportionen erfolgt: „*Ipsum tamen debent eorum foraminum capituli deformari altitudo et latitudo. Tabulae, quae sunt in summo et in imo capituli, peritretique vocantur, fiant crassitudine unius foraminis, latitudo unius et eius dodrantis, in extremis foraminis unius et eius semis* – Höhe und Breite des Spannrahmens müssen nach diesen *foramina* bestimmt werden. Die beiden Querträger, die den oberen und unteren Abschluss des Spannrahmens bilden, auch Peritreten („die Durchbohrten“) genannt,

<sup>10</sup> Vitr. 7 praef. 12–14.

<sup>11</sup> Vitr. 10,10,1.

<sup>12</sup> Vitruv weist auf diese Abbildungen hin: Vitr. 10,6,4.

<sup>13</sup> *foramen* bezeichnet die Bohrung für die Seilbündel bzw. Spannbuchsen in den Querträgern.

bekommen die Dicke von 1 f; ihre Breite beträgt (in der Mitte)  $1 \frac{3}{4} f$  und an den beiden Enden  $1 \frac{1}{2} f$ “.

Rechenbeispiel: Es soll ein Katapult gebaut werden, das Pfeile von 3 Fuß Länge verschießen kann; nach heutigem Maß wären das 89 cm lange Pfeile (1 röm. Fuß = 29,6 cm). – 1 Fuß (*pes*) hat 12 Zoll (*unciae*); 3 Fuß entsprechend 36 Zoll. Die *foramina* eines solchen Katapults bekommen dann einen Durchmesser von  $\frac{1}{9}$  davon, das sind 4 Zoll oder  $\frac{1}{3}$  Fuß. Das ist zugleich das Grundmaß *f* des Katapults; nach heutigem Maß wären das 99 mm, also rund 10 cm. Mit 1 *f* ist auch die Dicke des Querträgers festgelegt. Seine Breite beträgt in der Mitte  $1 \frac{3}{4} f$  (173 mm), an den beiden Enden  $1 \frac{1}{2} f$  (148 mm). – Die Länge des Querträgers ergibt sich aus weiteren Angaben Vitruvs zu 6 *f* (592 mm), also rund 60 cm.

Der Nachteil der Bemaßung mit Proportionen besteht darin, dass – wie man oben sieht – gerechnet werden muss. Das ist unbequem und wird noch schwieriger bei der Bestimmung des Moduls für einen Steinwerfer (*ballista*), wofür sogar eine dritte Wurzel zu ziehen ist. Weil das damals selbst unter Fachleuten kaum jemand konnte, hat Vitruv eine entsprechende Tabelle eingefügt<sup>14</sup>. Insofern sind die Bauanleitungen mit konkreter Bemaßung einfacher im Gebrauch!

### Maßverhältnisse der Torsionsarmbrust von Xanten-Wardt

Durch die vorzügliche Erhaltung und die vorbildliche Restaurierung der Waffe war es möglich, von dem Original recht genaue Maße abzunehmen<sup>15</sup>. Selbst Holzbefunde sind erhalten oder konnten als Hohlräume vermessen werden. Die Maße sollten jedoch nicht als absolut verstanden werden. Das Äußerste, was man erreichen kann, ist die Genauigkeit auf einen Millimeter. Deswegen werden hier alle Maße auf volle Millimeter abgerundet. Verschiedene Fehlerquellen können bewirken, dass Abweichungen vorkommen können, die größer als 1 mm sind. Das beginnt mit Messfehlern bzw. Ungenauigkeiten der antiken Handwerker. Auch der Vorgang der Deponierung, die Lagerung über fast zweitausend Jahre im Flussschotter des Altrheins und Korrosionsvorgänge können Abweichungen vom ursprünglichen Maß bewirken. Schließlich sind Messfehler bei der heutigen Maßabnahme nicht völlig auszuschließen. – Auf jeden Fall kommt es darauf an, Klarheit darüber zu gewinnen, von wo aus die Maße zu nehmen sind. Der Spannrahmen trägt eine Anzahl von Metallbeschlägen. Sollen die Maße des Spannrahmens mit oder ohne die Metallbeschläge genommen werden?

Darauf gibt Vitruv eine mittelbare Antwort. Seine Liste der Proportionen beginnt mit dem Spannrahmen, geht über zur Pfeife mit Winde, sodann zum Schieber mit Abzug. Es folgt das Gestell der Waffe. Schließlich – gewissermaßen als Anhang – kommen die äußeren Teile der Winde mit den Handspeichen zur Sprache sowie Angaben zur Form der Arme. Die Liste folgt damit in etwa dem Gang der Herstellung. Die Metallbeschläge werden ebenfalls erwähnt, und zwar unmittelbar nach der Liste der Spannrahmen-Teile eingefügt: „*anguli quattuor, qui sunt circa, in lateribus et frontibus lami-*

<sup>14</sup> Vitr. 10,11,3.

<sup>15</sup> Sämtliche im Folgenden wiedergegebenen Maße sind dem Restaurierungsbericht und den Zeichnungen der Firma Restaura, Jo Kempkens & Ton Lupak in Haelen (Niederlande) entnommen. Die ungemein sorgfältige Arbeit der Werkstatt möchte ich hervorheben und dafür danken. Mehrmals haben wir bei Besuchen der Restaurierungswerkstatt den Fortgang der Arbeiten verfolgt und über auftretende Fragen diskutieren können.



*nis ferreis et stilis aereis aut clavis configantur* – die vier Außenecken (des Spannrahmens) sollen vorne und hinten durch Eisenblechbeschläge sowie durch bronzene Niete und durch Nägel gesichert werden<sup>16</sup>.

Zuerst wird also das hölzerne Gerüst des Spannrahmens zusammengefügt, das mit seinen Maßen vorgegeben ist; dann werden zusätzlich die Metallbeschläge aufgeschlagen bzw. aufgenietet. Aus dieser Abfolge ergibt sich, dass die von Vitruv angegebenen Proportionen für das hölzerne Gerüst des Spannrahmens gelten. Die Maße müssen also dort abgenommen werden, ohne die Beschläge. Das wird auch von Philon bestätigt, der die Metallbeschläge des von ihm beschriebenen Steinwerfers erst nach dem Ende der Proportionsliste in einem Anhang pauschal erwähnt. Er beschreibt sie nicht weiter, sondern teilt nur mit, sie würden etwa fünfundzwanzigmal soviel wiegen wie die zu verschießende Steinkugel<sup>17</sup>.

Falls die Torsionsarmbrust von Xanten nach einer modulbezogenen Proportionsliste gebaut worden sein sollte, müsste zunächst das mögliche Grundmaß festgestellt werden. Das ist nicht schwierig, denn dieses wäre gleich dem Durchmesser der runden Bohrungen in den beiden Querträgern [3] und [4]. Dieser Durchmesser kehrt an den Spannbuchsen [A-D] wieder, und zwar als innerer Durchmesser der Buchse an ihrer Unterseite. Das ist zu beachten, weil die innere Öffnung der Spannbuchsen oftmals leicht konisch gefertigt ist; dann ist der obere Durchmesser etwas geringer als der untere. Das gilt auch für die Buchsen von Xanten-Wardt (vgl. Beitrag Schalles, Abschn. 2.8 Tab. 1). Nur die Unterseite der Buchsen befindet sich in unmittelbarem Kontakt mit den Bohrungen in den Querträgern. Dieser Kontakt muss ohne Abtreppungen bzw. vorspringende Kanten ausgeführt werden, damit die Spannseilbündel glatt hindurch laufen können und nicht beschädigt werden. Man kann also davon ausgehen, dass der innere Durchmesser an der Unterseite der Buchsen dem Durchmesser der Bohrungen in den Querträgern entspricht. Das wird auch – soweit diese erhalten sind – durch die Holzbefunde bestätigt. Der innere Durchmesser der Spannbuchsen an ihrer Unterseite beträgt  $D = 45 \text{ mm}$ . Er ist als Grundmaß (Modul) der Waffe anzusehen, falls diese nach einer Proportionsliste gebaut worden sein sollte.

Zunächst ist zu prüfen, ob die wesentlichen Abmessungen des Spannrahmens dem Proportionskanon Vitruvs folgen (Tab. 1).

Vielleicht waren als Höhe des Spannrahmens der Xantener Waffe  $5 D$  und als Breite des Querträgers in dessen Mitte  $2 D$  vorgesehen; das wären ganzzahlige Verhältnisse. Sonst aber sind keine einfachen Proportionen zu erkennen. Die entsprechenden Teile haben in der Liste Vitruvs allerdings andere Proportionen ( $6 f$  und  $1 \frac{3}{4} f$ ). Auch in anderen wesentlichen Punkten stimmen die Maßverhältnisse der Xantener Torsionswaffe nicht mit dem Proportionskanon von Vitruv überein. – Das gilt besonders für die Querträger [3] und [4]. Sie sind bei dem Katapult Vitruvs in der Proportion deutlich länger als bei dem Xantener Fund, auch sind sie dicker. Die beiden Querträger der Xantener Waffe sind in zwei Dimensionen zugleich (Länge und Dicke) knapper konstruiert als es der Norm Vitruvs entspricht; dadurch multiplizieren sich die Abweichungen.

<sup>16</sup> Vitr. 10,10,3.

<sup>17</sup> Phil. Belop. 54.

|                                                    |               | Xanten-Wardt  |              | Vitruv       | Philon       |
|----------------------------------------------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
|                                                    |               | aktuelles Maß | Proportionen | Proportionen | Proportionen |
| <b>Querträger</b><br>( <i>peritretus, tabula</i> ) | Länge         | 208 mm        | 4,6 D        | 6 f          | 6 ½ f        |
|                                                    | Dicke         | 34 mm         | 0,8 D        | 1 f          | 1 f          |
|                                                    | Breite, Mitte | 87 mm         | 1,9 D        | 1 ¾ f        | 2            |
|                                                    | Breite, außen | 62 mm         | 1,4 D        | 1 ½ f        | 1 ½ f        |
|                                                    | Bohrungen     | 45 mm         | 1,0 D        | 1 f          | 1 f          |
| <b>Mittelständer</b><br>( <i>parastas media</i> )  | Höhe          | 153 mm        | 3,4 D        | 4 f          | 3 ½ f        |
|                                                    | Breite        | 85 mm         | 1,9 D        | 1 ½ f        | 1 ½ f        |
| <b>Seitenständer</b><br>( <i>parastatica</i> )     | Höhe          | 154 mm        | 3,4 D        | 4 f          | 3 ½ f        |
| <b>Spannrahmen</b><br>( <i>capitulum</i> )         | Gesamthöhe    | 221 mm        | 4,9 D        | 6 f          | 5 ½ f        |
|                                                    | Breite        | 208 mm        | 4,6 D        | 6 f          | 6 ½ f        |

Tab 1. Xanten-Wardt. Hölzerne Konstruktionsteile des Spannrahmens, aktuelle Maße ohne Metallbeschläge und ohne Zapfen; umgerechnet in Vielfache des hypothetischen Moduls (foramen) D = 45 mm.

Die Absicht dieser Konstruktion war wohl, eine relativ kräftige Torsionsfeder in einen möglichst knapp bemessenen, kompakten Spannrahmen einzufügen. Um dessen Haltbarkeit trotzdem zu gewährleisten, sind besondere Vorkehrungen im Bereich der Beschläge getroffen worden. Das gilt vor allem für die beiden offenbar heiß auf die Querträger aufgezogenen Eisenreife [3.1] und [4.1]. Sie bilden einen guten Schutz gegen das Auseinanderspringen der Holzverbindungen an den Ecken des Spannrahmens. Bei dem Abschuss eines Katapults entstehen nämlich im Spannrahmen je nach Vorspannung und Pfeilgewicht mehr oder weniger heftige Vibrationen. Aus diesem Grund hat Vitruv bei seinem Pfeilkatapult auch die bereits erwähnten vier Eisenbeschläge an den Ecken des Spannrahmens vorgesehen. Man kann sie sich so vorstellen wie am Ampurias-Katapult. Die vier Beschläge am Spannrahmen des Ampurias-Katapults sind schwerer und stellen eine technisch weniger elegante Lösung dar als die beiden Eisenreife der Xantener Torsionswaffe.

Zum weiteren Vergleich ist der Tabelle ein Auszug aus dem Proportionenkanon Philons von Byzanz beigelegt. Das Werk Philons ist knapp zweihundert Jahre vor Vitruv entstanden. Der Proportionenkanon von Philon unterscheidet sich ebenfalls von den Maßverhältnissen der Xantener Waffe besonders durch die relativ größeren Abmessungen der Querträger. Vitruv setzte allerdings seinen Proportionenkanon nicht absolut. Er schreibt nämlich: „*Haec his proportionibus, aut adiectionibus aut detractationibus comparantur. Nam si capitula altiora quam erit latitudo facta fuerint, quae anatonae dicuntur, de brachiis demetur, ut, quo mollior est tonus propter altitudinem capituli, brachii breuitas faciat plagam vehementiorem. Si minus altum capitulum fuerit, quod catatonum dicitur, propter vehementiam brachia paulo longiora constituentur uti facile ducantur* – diese Maschinen (d. h. die Pfeilkatapulte) können auch mit Zugaben oder Abzügen (an den Proportionen)

gebaut werden. Wenn nämlich die Spannrahmen höher sein werden als sie breit sind, so nennt man sie anatonisch („hochgespannt“). In diesem Fall ist eine Reduktion der Armlänge erforderlich, weil die Torsionsfedern weicher federn wegen der Höhe des Spannrahmens; die Kürzung des Arms bewirkt dann doch einen heftigen Abschuss. Ist der Spannrahmen nicht so hoch (wie breit), so werden sie katatonisch („heruntergespannt“) genannt. Wegen der dann höheren Federkraft (d. h. mehr Drehmoment) müssen die Arme etwas länger gemacht werden, damit man (die Waffe) trotzdem leicht spannen kann<sup>18</sup>.

Vitruv erwähnt hier zwei mögliche Abweichungen vom Kanon, für die es sogar Fachbezeichnungen gab. Solche Abänderungsvorschläge gab es wohl auch für andere Konstruktionsteile. Sie dienten vermutlich der Anpassung an besondere Bedingungen. Interessant und typisch für die Torsionswaffen ist, dass die Änderung eines Parameters – hier des Höhen/Breiten-Verhältnisses des Spannrahmens – die Notwendigkeit nach sich ziehen konnte, auch andere Proportionen zu ändern.

Es bleibt der Vergleich mit archäologischen Funden. Außer der Torsionswaffe von Xanten sind aus dem 1. Jahrhundert n. Chr. zwar Katapultfunde bekannt (Auerberg, Cremona, Elginhaugh). Bei keinem dieser Funde können jedoch die Maßverhältnisse des Spannrahmens aus den Fundstücken erschlossen werden. Sieht man von den völlig anders konstruierten, späten Funden ab (Hatra sowie die späten Katapulte mit Metallrahmen), so bieten nur die Funde von Ampurias und Caminreal (beide aus Spanien) die Möglichkeit eines Vergleichs. Diese Katapulte sind jedoch mehr als hundert Jahre älter als die Torsionswaffe von Xanten. Man kennt von ihnen nur die eisernen Beschläge des Spannrahmens sowie die bronzenen Spannbuchsen. Ihre Spannrahmenbeschläge sind wesentlich einfacher gebaut als die komplizierten Beschläge der Xantener Waffe, es handelt sich offenbar um schlichte Feldgeschütze. Die folgende Tabelle bringt einen Auszug aus den Maßverhältnissen beider Waffen:

|                                                               |               | Ampurias      |              | Caminreal     |              |
|---------------------------------------------------------------|---------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
|                                                               |               | aktuelles Maß | Proportionen | aktuelles Maß | Proportionen |
| <b>Querträger</b><br>( <i>peritretus</i> ,<br><i>tabula</i> ) | Länge         | 475 mm        | 5,7 f        | 476 mm        | 5,5 f        |
|                                                               | Dicke         | 85 mm         | 1,0 f        | 80/78 mm      | 0,9 f        |
|                                                               | Breite, Mitte | 170 mm        | 2,0 f        | unbekannt     | -            |
|                                                               | Breite, außen | 125 mm        | 1,5 f        | 120 mm        | 1,4 f        |
| <b>Mittelständer</b><br>( <i>parastas media</i> )             | Höhe          | 245 mm        | 2,9 f        | 248 mm        | 1,4 f        |
|                                                               | Breite        | unbekannt     | -            | 140 mm        | 1,6 f        |
| <b>Seitenständer</b><br>( <i>parastatica</i> )                | Höhe          | 245 mm        | 2,9 f        | 248 mm        | 2,9 f        |
| <b>Spannrahmen</b><br>( <i>capitulum</i> )                    | Gesamthöhe    | 415 mm        | 4,9 f        | 406 mm        | 4,7 f        |
|                                                               | Breite        | 475 mm        | 5,7 f        | 476 mm        | 5,5 f        |

Tab. 2. Einige Maßverhältnisse der Katapulte von Ampurias und Caminreal. Grundmaße: Ampurias-Katapult: f = 84 mm; Caminreal-Katapult: f = 87 mm<sup>19</sup>.

<sup>18</sup> Vit. 10,10,6.

<sup>19</sup> Die angegebenen Grundmaße der Katapulte von Ampurias und Caminreal sind jeweils an der Unterseite der Spannbuchsen genommen; Begründung bei Tab. 1.



Wie man sieht, sind die Maßverhältnisse der beiden Waffen einander sehr ähnlich. Sie stellen offenbar zwei Varianten der gleichen Bauvorschrift dar, die sich aber von jener Vitruvs unterscheidet. Bemerkenswert ist beispielsweise, dass die relativen Höhen der Spannrahmen mit 4,9 f und 4,7 f nur wenig verschieden sind, aber wesentlich kleiner sind als das entsprechende Maß bei Vitruv (6 f). Beide Waffen wären nach dem Begriff Vitruvs katatonisch. Auffällig ist auch, dass die Längen der Querträger mit 475 mm und 476 mm nahezu gleich sind.

Wie ein Vergleich mit dem Spannrahmen der Xantener Torsionswaffe zeigt, ist dieser merklich anders proportioniert als die Spannrahmen der Katapulte von Ampurias und Caminreal. Das liegt vor allem daran, dass die Querträger der Torsionsarmbrust mit 4,6 D signifikant kürzer sind als die Querträger der spanischen Waffen mit 5,7 f und 5,5 f. Die Torsionsarmbrust ist in der Breitenausdehnung kompakter; auf diese Eigenheit der Waffe wurde schon hingewiesen. Die Verkürzung des Querträgers hat allerdings eine Grenze, weil die beiden Torsionsfedern nicht beliebig aneinandergerückt, der Mittelträger nicht beliebig geschwächt werden darf. Bei der Xantener Waffe dürfte diese Grenze erreicht sein.

### Zusammenfassung

Die Proportionen des Spannrahmens der Torsionsarmbrust von Xanten-Wardt stimmen weder mit dem Kanon Vitruvs noch mit jenem Philons von Byzanz überein. Sie unterscheiden sich auch deutlich von den Maßverhältnissen der Funde von Ampurias und Caminreal. Das liegt wahrscheinlich daran, dass die Xantener Waffe kein Geschütz war, sondern eine Handwaffe: sie ist nach den besonderen Bedingungen einer solchen Waffe gebaut worden. Das deutet sich besonders durch die knappe Längen-Proportion der Querträger an [3–4] sowie durch deren geringe Dicke, aber ebenso durch die knappe Höhen-Proportion der Ständer [5–8]. Das Ziel der Konstruktion war offenbar, eine möglichst kompakte, leichte und doch leistungsfähige Waffe zu erhalten. In diese Richtung weist auch die Verstärkung der Querträger durch die beiden Eisenreife [3.1] und [4.1], die bisher von keinem anderen Katapultfund bekannt ist. Wahrscheinlich hat es für die Herstellung der Waffe eine schriftliche Bauanleitung gegeben, vielleicht als internen Papyros des Militärs. Dieser enthielt die Bemaßung wohl in konkreten Maßen wie die unter dem Titel Cheiromballistra überlieferte, spätantike Liste des Pseudo-Heron.

### Die nicht erhaltenen Teile der Torsionsarmbrust: mögliche Rekonstruktion und Maße

Durch die Vorgänge bei der Deponierung der Waffe sind die Arme (*brachia*), der größte Teil von Schieber und Pfeife, der Abzugsmechanismus und – falls die Waffe wie der Gastraphetes gespannt wurde – auch das halbmondförmige Endstück der Pfeife verloren gegangen.

## Arme

Bei Vitruv werden die Arme folgendermaßen beschrieben: „*Bracchii longitudo foraminum VII, crassitudo ab radice foraminis (9/16), in summo foraminis (7/16); curvatura foraminis VIII* – die Länge des Arms beträgt 7 f, die Dicke am inneren Ende 9/16 f, am äußeren Ende 7/16 f; die *curvatura* 1/8 f<sup>20</sup>. Umgerechnet mittels des *foramen* der Waffe von 45 mm in heutiges Maß ergibt sich: der Arm ist 315 mm lang, am inneren Ende 25 mm dick, am äußeren Ende 19 mm dick. Die *curvatura* (Krümmung, Biegung) beträgt 6 mm.

Die ersten drei Angaben sind klar. Vitruv hat die Arme offenbar mit kreisrundem Querschnitt gedacht, mit Angabe der Dicke als jeweiligem Durchmesser. – Der kreisrunde Querschnitt ist für die hölzernen Katapult-Arme allerdings nicht optimal. Das liegt daran, dass bei Holz die Zugfestigkeit generell höher ist als die Druckfestigkeit<sup>21</sup>. Wenn man einen hölzernen Stab mit rundem Querschnitt immer stärker biegt, so wird zuerst die Druckseite einknicken und dann erst die Zugseite. Um das auszugleichen, kann die Druckseite verstärkt werden, der Querschnitt wird dadurch gewissermaßen eiförmig. Eventuell wäre auch an die Einlage eines druckfesten Materials (z. B. Knochenmaterial) an der Druckseite zu denken. Ob den römischen Katapult-Technikern diese Zusammenhänge bekannt waren, die der antike Bogenbau durchaus einsetzte, mag dahin stehen.

Diskussionen gab es darüber, was im Text Vitruvs unter *curvatura* zu verstehen ist und welches Maß Vitruv dafür im Urtext angegeben hat<sup>22</sup>. Bei der Lesung und Übersetzung folge ich der Vitruv-Ausgabe von Fensterbusch 1964. Zum Verständnis der Stelle mag beitragen, dass das Maß der *curvatura* mit 1/8 f genau der Differenz zwischen der Dicke des Arms an dessen innerem und äußerem Ende entspricht:  $9/16 - 7/16 = 2/16 = 1/8 f$ . Vielleicht meinte Vitruv, dass die Verjüngung des Arms vom inneren zum äußeren Ende über den Betrag von 1/8 f nicht gerade (straff) verlaufen soll, sondern leicht geschwungen, wie man es bei Bogenarmen finden kann. Diese Bauweise wäre technisch sinnvoll. Die wesentlichen Maße der hölzernen Arme liegen bei Vitruv aber zuverlässig vor, und man könnte sie danach anfertigen. Als Material wird Eschenholz verwendet, das im Spannrahmen auch nachgewiesen ist und in der antiken Katapult-Literatur mehrfach erwähnt und empfohlen wird.

Allerdings ist zu bedenken, dass die Torsionsfeder der Xantener Waffe nicht die gleichen Proportionen aufweist wie jene in Vitruvs Katapult. Das wird beim Vergleich der Spannrahmen-Höhe deutlich. Sie beträgt bei dem Torsionskatapult von Xanten 221 mm (Tab. 1). Nach den Proportionen von Vitruvs Katapult ergibt sich für eine Waffe mit einem Grundmaß von  $f = 45$  mm die Höhe von:  $45 \times 6 = 270$  mm. Das ist ein beträchtlicher Unterschied. Die bei gleicher Grundfläche wesentlich niedrigere Torsionsfeder der Xantener Waffe besitzt bei gleicher Vorspannung eine härtere Federwirkung als die Torsionsfeder der Waffe Vitruvs; er hätte die Feder als katatonisch bezeichnet. Nach seiner Empfehlung soll man zum Ausgleich die Arme verlängern (s. oben). Um wie viel, das müsste durch Experimente untersucht werden. Es dürften mindestens 5 cm sein.

<sup>20</sup> Vitr. 10,10,5.

<sup>21</sup> Messwerte der Materialeigenschaften von Hölzern: U. LOHMANN, Holz, Handbuch (Leinfelden-Echterdingen 1991) Tab. 16; K. BECKHOFF, Eignung und Verwendung einheimischer Holzarten für den Bogenbau. Die Kunde 1968, 85–101.

<sup>22</sup> z. B. MARSDEN 1971, 197 Anm. 17.

## Pfeife und Schieber



1 Spannweise des Gastrophetes, Rekonstruktion nach Heron.

Von der Pfeife [1] und vom Schieber[2] waren nur Hohlräume im Spannrahmen und im unmittelbaren Anschluss vorhanden. Immerhin gelang es, durch Abformen der Hohlräume die Querschnitte dieser einst hölzernen Bauteile zu ermitteln. Die dadurch gewonnenen Querschnitt-Maße bilden eine wichtige Grundlage für die Rekonstruktion von Pfeife und Schieber. Unbekannt bleibt die Länge der beiden Teile, von denen das meiste bei dem Vorgang der Deponierung verloren gegangen ist.

Der Fund der Ansätze von Pfeife und Schieber belegt zugleich die Art des Spannens der Waffe. Sie geht letztlich zurück auf die Technik des Gastrophetes, einer Bogenwaffe, mit deren

besonderer Spannweise die Entwicklung der Katapulte um 400 v. Chr. begann<sup>23</sup>. Diese Waffe ist bereits mit Pfeife und Schieber ausgestattet (Abb. 1). Ein Katapult, das mit Pfeife, Schieber und dem zugehörigen Abzugsmechanismus versehen ist, kann prinzipiell auf zwei Arten gespannt werden. Entweder durch Zugkraft, die hinten am Schieber durch eine Winde angreift wie bei den größeren Katapulten (Abb. 2) oder – bei kleinen Waffen – durch Druck, der vorn auf den Schieber wirkt, ähnlich wie bei dem Gastrophetes (Abb. 1).

Wegen der geringen Maße der Xantener Waffe ist die Rekonstruktion ohne Winde, also als Torsionsarmbrust unternommen worden. Zum Vergleich kann der spätantike Text des Pseudo-Heron, *Cheiroballistra* herangezogen werden. Darin werden die Bauteile einer Torsionsarmbrust aufgelistet. Deren Spannrahmen war zwar als Ganzmetallkonstruktion aus Eisen völlig anders gebaut als der hölzerne Spannrahmen der Torsionswaffe aus Xanten. Schieber und Pfeife aber waren aus Holz. Sie bieten Anhaltspunkte für die Rekonstruktion der Xantener Waffe. Die Maschinenteile der *Cheiroballistra* sind mit Maßen versehen. Auch die Länge der beiden Bauteile Pfeife und Schieber werden angegeben: Pfeife 3 Fuß 4 *digiti* (96 cm) Länge, Schieber 3 Fuß Länge (89 cm). Die Länge von Schieber und Pfeife beträgt bei einer Torsionsarmbrust demnach knapp 1 m; damit erhält man einen Anhaltspunkt für die Rekonstruktion.

Ein wesentlicher Bestandteil des Schiebers ist der eiserne Abzugsmechanismus, der zugleich beim Spannen der Waffe die Sehne arretiert. Er stellt eine Mechanisierung des „mediterranen Griffs“ der Bogenschützen dar (Abb. 3). Der Mechanismus ist nur durch die antiken Schriftquellen bekannt; archäologische Funde fehlen bisher. Er wird in den Schriftquellen aber mehrmals und so detailliert beschrieben, dass seine Rekonstruktion keine Schwierigkeiten bereitet.

<sup>23</sup> Vgl. o. Anm. 7.

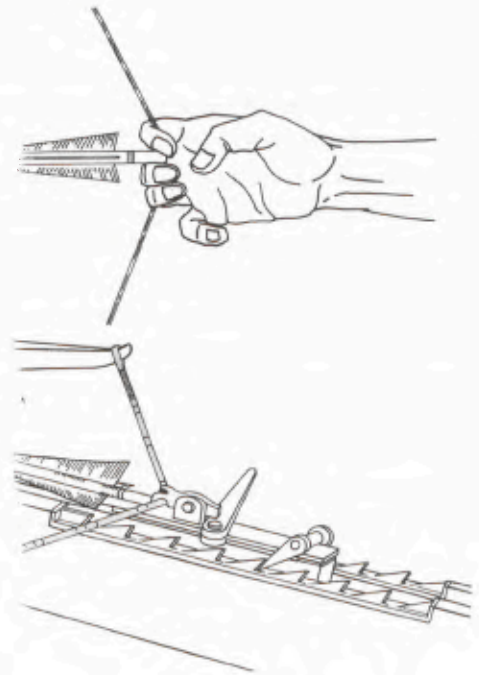




2 Gemmenabdruck. Seitenansicht eines Pfeilkatapults. Eros betätigt mit zwei Handspeichen die Winde am unteren Ende der Pfeife. Neben der Winde ist sogar deren Sperrhaken zu sehen. – Die Szene illustriert auf originelle Art das Thema „Eros quält Psyche“: Vorne auf das Katapult ist Psyche als Schmetterling festgebunden; Eros droht, sie mit dem Pfeil zu durchbohren.

#### Anhang: Übersicht zur Chronologie der Schriftquellen

Es erscheint mir nützlich, eine Übersicht zur Chronologie der verwendeten antiken Schriftquellen beizufügen. Die *Belopoiika* Herons von Alexandria wurden bisher meist in die frühe römische Kaiserzeit datiert; die Autorschaft Herons wurde auch für das Schriftfragment *Cheiroballistra* angenommen<sup>24</sup>. Falls das zutreffen würde, müsste man beide Texte als etwa gleichzeitig mit der Torsionsarmbrust von Xanten ansehen. Aufgrund einer neuen Studie ergeben sich jedoch Argumente dafür, dass die *Belopoiika* im späten Hellenismus entstanden sein dürften. Danach lässt sich die Autorschaft Herons an der *Cheiroballistra* noch weniger vertreten. Dieser Text



3 Gastraphetes, Abzugsmechanismus als Mechanisierung des Bogengriffs.

<sup>24</sup> MARSDEN 1971, 209.

gehört vielmehr in die Spätantike<sup>25</sup>. Dadurch wird die Stellung des Xantener Fundes zu den beiden Schriftquellen wesentlich verändert.

### Biton

Wie schon ausgeführt, hat Biton sein Werk „Konstruktion von Belagerungsmaschinen und Katapulten“ wohl in der Mitte des 3. Jahrhunderts v. Chr. geschrieben. Sein konzentriert geschriebener Text richtet sich an Fachleute. Im Eingangssatz spricht er einen „König Attalos“ an, dem er die Schrift widmet. Wie die Forschung heute allgemein annimmt, ist damit König Attalos I. gemeint<sup>26</sup>. Dieser regierte als König von 238/33-197 v. Chr. Das Werk muss in dieser Zeitspanne entstanden sein. Es lässt sich wohl noch etwas genauer einordnen. Biton beschreibt außer zwei anderen Kriegsmaschinen (Helepolis und Sambuca/Sambyke) ausschließlich schwere Bogengeschütze. Diese gehörten schon zu Beginn der Regierung von Attalos I. zur Technik von gestern, wurden aber offenbar immer noch eingesetzt. In Athen sind knapp hundert Jahre zuvor, um 330 v. Chr., bereits Torsionskatapulte auf der Akropolis inschriftlich nachzuweisen, damals die neueste Technik<sup>27</sup>. So erscheint es wahrscheinlich, dass Biton sein Werk zu Anfang der Regierung Attalos' I. herausgebracht hat, also vielleicht schon um 230 v. Chr.

### Philon von Byzanz

Philon war Praktiker im Katapultbau. In seiner Schrift *Belopoiika* schildert er einige Einzelheiten der eigenen beruflichen Laufbahn. Er war zuerst in Alexandria tätig, wo er noch mit Kollegen sprechen konnte, die die Experimente des Ktesibios gesehen hatten<sup>28</sup>. Dieser wirkte dort in der ersten Hälfte des 3. Jahrhunderts v. Chr. Später ging Philon nach Rhodos; beide Städte waren damals Zentren des Katapultbaus. Wahrscheinlich lebte er in der zweiten Hälfte des 3. bis Anfang des 2. Jahrhunderts v. Chr.<sup>29</sup>. Er schrieb ein umfassendes Werk mit dem Titel *Mechanike Syntaxis*, in dem die Schrift über die Katapulte nur ein kleiner Teil war. In den *Belopoiika* erwähnt er die alten Bogengeschütze überhaupt nicht mehr. Der Hauptteil ist den fortgeschrittenen Torsionswaffen gewidmet, die zu seiner Zeit bereits genormt waren. Als erster uns bekannter Autor überliefert er die „Standardformeln“ zur Berechnung des Moduls für die beiden Haupttypen: das *euthytonon* (Pfeilkatapult) und das *palintonon* (Steinwerfer). Für die beiden Waffenarten gibt er die Bemaßung der Waffenteile in Proportionen bezüglich des Moduls. – Einen großen Teil seines Werks widmete Philon experimentellen Katapultkonstruktionen: Keil-Katapult, Mehrlader („Schnellfeuergeschütz“), Bronzefeder-Katapult und Luftdruckgeschütz. Der Text spiegelt die Experimentierfreudigkeit in den Zentren der Katapultherstellung während der Epoche des hohen Hellenismus.

<sup>25</sup> Diese Datierung bereits bei R. SCHNEIDER, Mitt. DAI Rom 21, 1906, 164 f.

<sup>26</sup> MARSDEN 1971, 5–6; DNP 2 (Stuttgart-Weimar 1997) 703 s. v. Biton (H. SCHWERTECK).

<sup>27</sup> MARSDEN 1969, 67–73.

<sup>28</sup> Phil. Belop. 72.

<sup>29</sup> MARSDEN 1971, 8; DNP 9 (Stuttgart, Weimar 2000) 848f. s. v. Philon von Byzanz (M. VOLKERTS).

## Heron von Alexandria

Ähnlich wie Philon war Heron der Verfasser zahlreicher Schriften aus den Gebieten der Mathematik und Technik. Dazu gehört auch eine Abhandlung über den Katapultbau (*Belopoiika*). Von seinem Leben ist aus den Werken so gut wie nichts zu entnehmen. An einer Stelle zitiert er Archimedes (ca. 287–211/212 v. Chr.)<sup>30</sup>; er war also entweder dessen Zeitgenosse oder lebte in einer späteren Epoche. Die bisher meist akzeptierte Datierung geht von einer anderen Textstelle aus, in der Heron eine Mondfinsternis in Alexandria erwähnt<sup>31</sup>. Diese wurde auf den 13. März 62 n. Chr. datiert. Daher wurde angenommen, Herons Lebenszeit müsse in das 1. Jahrhundert n. Chr. fallen, also in die frühe römische Kaiserzeit<sup>32</sup>. In einer neuen Studie zeigte aber N. Sidoli, dass die Angaben Herons zur Berechnung eines so exakten Datums nicht ausreichen<sup>33</sup>. Damit hängt die Obergrenze seiner Vita zunächst in der Luft. Sie dürfte sich eher aus einer Empfehlung des Verfassers ergeben, die er gleich zu Anfang seiner Schrift den Verantwortlichen in den Städten erteilt: sie müssten für die Erhaltung eines starken Geschützarks sorgen, um sich gegen Angriffe verteidigen zu können<sup>34</sup>. Diese Empfehlung wäre unter der *pax Romana* der frühen Kaiserzeit völlig unpassend. In dieser Zeit besaß das römische Heer das Monopol über die schweren Waffen, eine Bewaffnung der zahlreichen Städte des Imperiums damit war nicht zulässig und ist von der kaiserlichen Regierung unterbunden worden. Die Schrift Herons ist also vor der römischen Kaiserzeit im späten Hellenismus entstanden; eine genauere Zeitbestimmung erscheint nicht möglich.

Die besondere Qualität der *Belopoiika* Herons liegt in ihrem technikgeschichtlichen Ansatz. Der Verfasser vermittelt einen knappen Überblick über die Entwicklung der Katapulte von der Erfindung des Gastraphetes um 400 v. Chr. bis zur Entwicklung der Standards für die Torsionskatapulte. Für die Wurfmaschinen, ihre Teile und den Zusammenbau gibt er ausführliche Beschreibungen unter Hinweis auf beigegebene Textabbildungen. Diese sind in Kopien des Mittelalters erhalten. Insgesamt enthält sein Text viele wichtige Informationen über den Bau der Katapulte. Anders als bei Philon oder Vitruv findet man bei Heron aber keine Bemaßung der Teile, auch nicht in Proportionen. Wie er eingangs ausdrücklich erklärt, hat er nämlich nicht für Fachleute geschrieben: „Ich halte es für richtig ... Katapulte so zu beschreiben, dass jeder meinem Bericht folgen kann“<sup>35</sup>. Dadurch unterscheidet er sich von den anderen hier besprochenen Schriftquellen. Seine Schrift ist daher auch nicht unmittelbar als Bauanleitung zu gebrauchen. Als Zielgruppe hatte Heron wohl – wie er andeutet – die mit der Stadtverteidigung befassten Magistrate selbstständiger griechischer Städte im Auge.

<sup>30</sup> Heron, Mech. 2,7.

<sup>31</sup> Heron, Dioptra 35.

<sup>32</sup> MARSDEN 1971, 209; DNP 5 (Stuttgart, Weimar 1998) 480 s. v. Heron (M. VOLKERTS).

<sup>33</sup> N. SIDOLI, Heron's Dioptra and the Analemma Methods. Centaurus 47, 2005, 226–258.

<sup>34</sup> Heron, Belop. 73.

<sup>35</sup> Ebd.



Vitruv, *de architectura*, Buch 10, 10–12

Vitruv lebte im 1. Jahrhundert v. Chr. Er erhielt eine gute technische Ausbildung als *architectus*, die er zunächst im Militärdienst einsetzte. Seine militärische Karriere begann unter Caesar. Nach Caesars Ermordung 44 v. Chr. wurde er von Octavianus (Augustus) als hoher technischer Offizier übernommen. Zusammen mit drei Kollegen erhielt er die Zuständigkeit für den Bau und die Wartung der Katapulte<sup>36</sup>; dadurch gewann er eine große Erfahrung mit diesen schweren Waffen. Nach ehrenvoller Entlassung aus dem Militärdienst beschäftigte er sich mit technischen Aufgaben des Wasserbaus, gelegentlich auch mit Hochbauten. Vor allem aber begann er mit der literarischen Arbeit an seinem Werk. Er hat es um 25 v. Chr. veröffentlicht. Darin stellen die drei Kapitel über Katapulte im 10. Buch nur einen sehr geringen Teil dar. Sie sind mit ausgesprochen militärischer Knappheit gefasst. Die Beschreibung Vitruvs folgt weitgehend den hellenistischen Bauanweisungen. Er fügt durchgehend eine Bemaßung in Proportionen bei, die sich auf einen Modul (*foramen*) beziehen; dieser wird mit nur mit geringen Abweichungen nach den hellenistischen Standardformeln berechnet. Aus knappen Andeutungen und manchen Informationen, die man in keiner anderen Schrift findet, wird die persönliche Erfahrung des Autors mit Katapulten deutlich.

Pseudo-Heron, *Cheiroballistra*

Das kurze, griechische Textfragment ist unter dem Namen Herons überliefert; Anfang und Ende der Schrift sind verloren. Der Text besteht aus einer knappen Liste von Katapultteilen, denen Abbildungen beigelegt sind; diese liegen als Kopien aus dem Mittelalter vor. Die Liste enthält die konkreten Abmessungen der Teile in Fuß und Fingerbreiten zu 1/16 Fuß. Allerdings fehlen Hinweise auf die jeweilige Funktion des Teils, und es gibt auch keine Anleitung, wie die Teile zu montieren sind.

Wie die Abmessungen zeigen, handelt es sich um eine kleine Waffe, eine Torsionsarmbrust. Das wird auch durch den Namen *Cheiroballistra* („Handballiste“) angedeutet. Ihre Rekonstruktion wurde ermöglicht durch den Vergleich mit archäologischen Funden des 4. Jahrhunderts n. Chr. sowie mit den Katapultdarstellungen auf der Traianssäule<sup>37</sup>. Der Text enthält keinen unmittelbaren Hinweis auf die Datierung. Stil und Terminologie unterscheiden sich enorm von den *Belopoiika* Herons von Alexandria. So wird beispielsweise als Bezeichnung für einen der wichtigsten Teile – die Spannbuchse – in der *Cheiroballistra* das Wort κύλινδρος („Zylinder“) verwendet. Heron von Alexandria schreibt dafür χοινικός („Scheffel“). Ein technischer Fachmann würde in seinen Schriften eine konsistente Terminologie verwenden. So erscheint es unwahrscheinlich, dass Heron von Alexandria die *Cheiroballistra* geschrieben hat.

Im griechischen Text der *Cheiroballistra* sind außerdem Lehnworte aus dem Lateinischen enthalten: eines der Maschinenteile wird als καμβέστριον bezeichnet, eine Übernahme des lateinischen *campestre*. Die Bildung eines Lehnworts für das Maschinenteil – ein kleiner, eiserner Spannrahmen – setzt voraus, dass der griechische Text von einem vorausgegangenen lateinischen Fachtext abhängt. – Auch der Titel des Schriftfragments gehört in diese Kategorie, denn er dürfte eine Übersetzung des lateinischen

<sup>36</sup> Vitr. I, praef. 2.

<sup>37</sup> D. BAATZ, Recent finds of ancient artillery. *Britannia* 9, 1978, 1–17 Taf. 4–5.

Wortes *manuballista* sein. Dieses erscheint erst in der spätrömischen Epoche, z. B. Veg. mil. 2,15 und 4,22. Danach dürfte das Schriftfragment erst in der Spätantike oder in frühbyzantinischer Zeit geschrieben worden sein. Vielleicht handelt es sich um einen Text zum Gebrauch in den spätantiken Waffenfabriken des Ostreichs.

### Zusammenfassung

Es gibt keinen Anhaltspunkt dafür, dass die *Belopoiika* Herons von Alexandria in der frühen römischen Kaiserzeit geschrieben worden sind. Die Schrift ist eher dem späten Hellenismus zuzuordnen, etwa dem 2. oder 1. Jahrhundert v. Chr. Sie gehört gewiss nicht in die gleiche Epoche wie die Torsionsarmbrust von Xanten, sondern dürfte mindestens ein Jahrhundert älter sein.

Den Text *Cheiroballistra* hat nicht Heron von Alexandria geschrieben, sondern ein unbekannter Autor der spätrömischen oder der frühbyzantinischen Zeit. Daher ist dieser Text auch nicht gleichzeitig mit der Torsionsarmbrust von Xanten entstanden. Er dürfte mehrere Jahrhunderte später zu datieren sein.

MARSDEN 1969

E. W. MARSDEN, *Greek and Roman Artillery. Historical Development* (Oxford 1969).

MARSDEN 1971

E. W. MARSDEN, *Greek and Roman Artillery. Technical Treatises* (Oxford 1971).

Abbildungsnachweis: 2 Deutsches Archäologisches Institut Rom.

FRANK WILLER

## Zu den Analyseergebnissen der Metallproben am römischen Torsionskatapult aus Xanten

Beprobtes Objekt: Römisches Torsionskatapult, Inv. Nr. RMX 2000,25.006

Bearbeiter: Frank Willer / LVR-LandesMuseum Bonn

Datum: 18.1.2005

Proben: Zwei Bohrspanproben von zwei der insgesamt vier bronzenen Spannbuchsen ([C] und [D]) sowie eine Probe des Beschlagbleches

### Probenentnahme

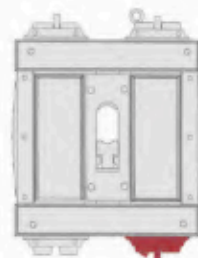
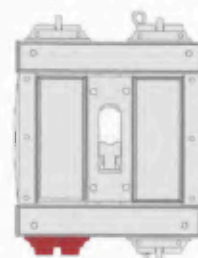
Die Proben an den beiden Spannbuchsen wurden mit einem 0,5 mm starken Edelstahlbohrer durchgeführt (Abb. 1). Von dem Beschlagblech wurde ein  $3 \times 2$  mm großes Fragment entnommen.

### Probenpräparation zur Analyse

Die drei Proben wurden in den Werkstätten des LVR-LMB in Epoxidharz eingebettet (Abb. 2). Nach dem Aushärten des Kunstharzes wurde das Probenmaterial vorsichtig angeschliffen und poliert (600–4000er Körnung). Dadurch erhält man eine möglichst gleichmäßig polierte und dichte Probenoberfläche, die frei von Korrosionsauflagerungen ist. Nach der Probenvorbereitung wurden die Messungen im Institut für Anorganische Chemie der Universität Bonn mit Hilfe von Herrn Dr. Dirk Worch durchgeführt.

### Analyseverfahren und seine Funktionsweise

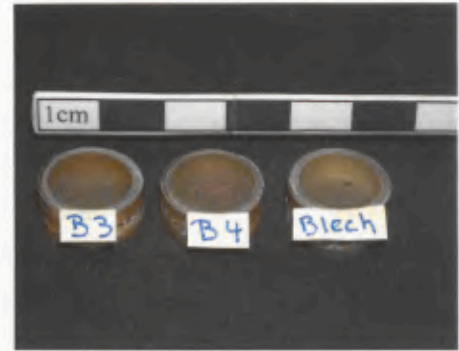
Die Analyse erfolgte mittels EPMA/EDX. Die EPMA (Electron Probe Micro Analysis) basiert auf dem Nebeneffekt im Rasterelektronenmikroskop (REM), bei dem schnelle Elektronen (Beschleunigungsspannung bis 30kV) beim Auftreffen auf Materie zur inneren Ionisation der Probenatome führen (Abb. 3–4). In der Folge dieses Prozesses wird Energie abgestrahlt, die im Energiebereich von Röntgenstrahlung liegt. Der Entstehungsmechanismus im REM entspricht dem einer Röntgenröhre, der hier den eigentlichen Betriebszweck darstellt, während er beim REM quasi als Nebeneffekt neben dem eigentlichen Bildgebungsverfahren genutzt wird. Da die entstehende Röntgenstrahlung für jedes chemische Element charakteristisch ist (Mosley'sches Gesetz), kann aus der







1 Probenentnahme an Buchse C.



2 Einbettung der Proben in Epoxidharz.



3 Messvorgang. Links die Probenkammer.



4 Platzierung der präparierten Probe auf Probenhalter.

Messung der Wellenlänge (WDX: wellenlängendispersive Röntgenanalyse) oder der Energie (EDX: energiedispersive Röntgenanalyse) der Röntgenstrahlung auf die Anwesenheit der Elemente in der Probe geschlossen werden.

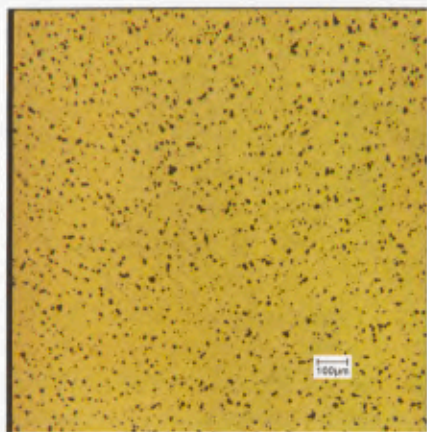
Im vorliegenden Fall (EPMA/EDX) wird über einen Halbleiterdetektor (pin-Diode) die Intensität und die Energie der eintreffenden Strahlung gemessen und als Histogramm (Intensität als Funktion der Energie) ausgegeben. Nach Korrekturberechnungen (Subtraktion des Untergrundes, ZAF-Korrektur) kann nun aus der gemessenen Intensität der Strahlung auf die Quantität der Atome in der Probe geschlossen werden. Die Angabe erfolgt bei der durchgeführten Messung in Stoffmengenprozenten (Atomprozente, „Molprozente“), ist also bei der Angabe von Gewichtsprozenten mit dem Atomgewicht zu modifizieren.

Wichtig für diese Art der Messung ist eine oberflächige Leitfähigkeit der Probe (Probe ist selbst leitfähig oder wird durch Beschichtung mit Kohlenstoff leitfähig), die Vakuumstabilität der Probe (Bedingungen in der REM-Probenkammer) sowie die senkrechte Anordnung der Probenoberfläche zum Elektronenstrahl. Das Messfeld kann nun am Bildschirm je nach Vergrößerung (Elektronen-Raster-Mikroskop) bestimmt werden. Schadstellen im Gefüge, die zu einer Verfälschung der Messergebnisse führen können, lassen sich somit ausschließen. Danach beginnt die eigentliche Messung. Ein Rechner erfasst die Datensätze und überträgt sie auf ein Datenblatt.

## Ergebnisse der Analyse

|                              | Cu      | Pb      | Sn     | Zn      |
|------------------------------|---------|---------|--------|---------|
| <b>Buchse C (= Probe B4)</b> | 82,23 % | 12,04 % | 5,68 % | -       |
| <b>Buchse D (= Probe B3)</b> | 76,97 % | 17,70 % | 5,32 % | -       |
| <b>Beschlagblech 3.3</b>     | 78,75 % | -       | -      | 21,24 % |

Bei den beiden Legierungen der Spannbuchsen handelt es sich um sog. Bleibronzen mit relativ hohen Bleianteilen (Pb) zwischen 12–17 % sowie Zinnanteilen (Sn) von 5,3–5,7 %. Das Beschlagblech hingegen besteht aus einer reinen Messinglegierung (Kupfer und Zink) ohne Zinn und Bleizuschläge. Welche Rückschlüsse lassen sich anhand der Analysen über den Zeitpunkt der Herstellung beider Spannbuchsen ziehen? Die übereinstimmenden Analyseergebnisse der Spannbuchsen deuten darauf hin, dass diese trotz der leicht variierenden Maße legierungstechnisch eng verwandt sind. Insbesondere die Übereinstimmung des Zinngehaltes (5,32 und 5,68 %) lässt vermuten, dass beide beprobten Buchsen in derselben Werkstatt hergestellt, legiert und gegossen wurden.



5 Gefügebild einer bleihaltigen Bronze. In der gelben Gefügemasse der Legierung (Kupfer-Zinn) sind die Bleitropfchen als schwarze Flecken gut zu erkennen.

Die Unterschiede in den gemessenen prozentualen Bleianteilen (12–17 %) können folgende Ursachen haben:

1. Da das Blei im Gegensatz zum Zinn in einer Kupferlegierung nicht gelöst wird, sondern nur in Form von fein verteilten Tröpfchen vorliegt (Abb. 5), können bei der Beprobung mit dem feinen Bohrer Bereiche einer größeren oder auch geringeren Bleiverteilung beprobt worden sein.

2. Beim Gießvorgang von Bleibronzen mit hohen Bleigehalten kann es zu einer sog. Schwerkraftseigerung des Bleis kommen. Dabei können die unlöslichen schweren Bleitropfchen in untere Bereiche der abkühlenden Schmelze absinken<sup>1</sup>. Die Folge sind höhere Gehalte an Blei in tiefer liegenden Formbereichen, in oberen Bereichen verhält es sich umgekehrt<sup>2</sup>.

3. Durch den Effekt der Makrosteigerung bei Kupfer-Zinnlegierungen, für die ausgedehnte Erstarrungsintervalle der gegossenen Legierung typisch sind, kommt es zu einer Ausscheidung von  $\alpha$ -Cu(Kupfer)-Mischkristallen und zinnreichen intermetallischen Phasen, bei der das Blei in Form von irregulär geformten und verteilten Tröpf-

<sup>1</sup> E. PERNICKA/G. EGGERT, Die Zusammensetzung der Bronzeobjekte von Mahdia. In: G. Hellenkemper Salies/H.-H. von Prittwitz und Gaffron/G. Bauchhenß (Hrsg.), Das Wrack. Der antike Schiffsfund von Mahdia. Kat. des Rhein. Landesmus. Bonn 1 (Köln 1994) 1041–1061. – Als Schwerkraftseigerung wird das selbständige Abtrennen von Komponenten (ganzes oder teilweises Entmischen) einer Legierung beim Abkühlen nach dem Guss bezeichnet. Dabei kann es bei Legierungen mit großen Dichteunterschieden der Komponenten zu einer Entmischung in der Schmelze kommen. Bei Kupferlegierungen findet sie nur in geringem Umfang statt und hat in der Regel keine technische Bedeutung.

<sup>2</sup> F. WILLER, Die Herstellungstechnik der Herme. Ebd. 2 (Köln 1994) 963.

chen ausgeschieden wird. Insofern kann es daher auch schon in dicht nebeneinander liegenden Breichen des Metalls zu Schwankungen des Bleigehaltes kommen<sup>3</sup>.

4. Bei der Probenentnahme mit dem Bohrer kann sich ein leichter Blei-Schmierfilm auf der Oberfläche der Probe (Bohrspäne) bilden, der ebenfalls zu einer geringfügigen Verschiebung der Messergebnisse der Prozentverteilung des Bleis führen kann.

Nicht zuletzt wird die mehr oder weniger heterogene Ausscheidung von Blei im Metallgefüge auch durch die Gusstechnik selbst beeinflusst. Dabei spielen die Schmelztemperatur sowie die Temperatur, Wandstärke und Wärmeleitfähigkeit der Gussform eine wesentliche Rolle, da hierdurch die Abkühlung der Schmelze vom flüssigen zum festen Zustand und somit auch die Seigerung von Blei beeinflusst wird<sup>4</sup>.

Eisen, das häufig in römischen Bronzen in Prozenten von 0,1–0,5 zu beobachten ist, konnte bei beiden Proben nicht nachgewiesen werden. Entweder wurde dasselbe eisenfreie Ausgangsmaterial (Kupfer) verwendet, oder es wurde beim Guss auf den Einsatz von eisernen Werkzeugen beim Abschöpfen der Schmelzschlacke verzichtet, bei der geringe Anteile des Eisens von der Schmelze angelöst werden. Dies wiederum spricht m. E. ebenfalls für die Produktion in einer Werkstatt. Die nahezu identischen Zinnanteile beider Muffen sowie der hohe Bleigehalt (Durchschnitt 15 %) deuten ebenfalls auf eine Werkstatt hin.

Das Herstellen und Reproduzieren einer prozentgenauen Legierung, wie wir sie heute in Form von Standardlegierungen kennen, war in der Antike nur schwer möglich. Dies lag an der relativ einfachen Schmelzofen- und Befeuerungstechnik mit Luft und Holzkohle<sup>5</sup>. Dabei kann es während des etwa 20–40-minütigen Schmelzvorgangs bei einer angenommenen Menge von 750–1000 g Bronze zu einer Oxidation der Legierungsbestandteile kommen. Besonders die Zuschläge an Zinn oder Blei neigen aufgrund ihres geringeren Schmelzpunktes zur schnelleren Oxidation. Teile der Zuschläge können somit verloren gehen. Abweichungen von 1–3 % sind daher, je nach Fähigkeit des Gießers und der angewendeten Schmelztechnik, möglich<sup>6</sup>. Die Analysen der Katapultteile des Mahdiafundes zeigen in ihren Zusammensetzungen Parallelen zu

<sup>3</sup> Die Inhomogenität der Blei- und Zinnverteilung konnte auch bei antiken Großbronzen nachgewiesen werden: A. STEINBERG, *Joining Methods on large Bronze Statues: Some Experiments in Ancient Technology*. In: W. J. Young (Hrsg.), *Application of science in the examination of works of art* (Boston 1973) 129 ff.; D. A. SCOTT/J. PODANY, *Ancient Copper Alloys: Some Metallurgical and Technological Studies of Greek and Roman Bronzes*. In: M. TRUE/J. PODANY (eds.), *Small Bronze Sculpture from the Ancient World* (Malibu 1990) 43 Tab. 2; D. A. SCOTT, *Metallography and microstructure of ancient and historic metals* (Malibu 1991) Farbabb. 9 und 20.

<sup>4</sup> M. RATKA/P.R. SAHM, *Antike Gußtechnik in der numerischen Simulation* (mit einem Anhang zum Gusswerkstoff hellenistischer Bronzen). In: G. Zimmer/N. Hackländer (Hrsg.) *Der betende Knabe. Original und Experiment* (Berlin 1997) 67–80.

<sup>5</sup> F. WILLER, *Die Bonner Restaurierung des Eros von Mahdia*. In: *Antike Plastik* 26 (München 2000) 85–87; DERS., *Bronzezeitlicher Bronzeguss 1. Das Rhein. Landesmus. Bonn H. 3*, 2003, 31–37 Abb. 3; ebd. H. 1–4, 2005, 5–12 Abb. 4–5.

<sup>6</sup> Im Rahmen der experimentellen Archäologie wurden in den Jahren 1999–2007 am LVR-LandesMuseum Bonn zahlreiche Versuche zur antiken Gusstechnik durchgeführt. Dabei konnten durch Analysen der Gussproben prozentuale Schwankungen der Legierungszusammensetzung in Abhängigkeit zur Schmelztechnik beobachtet werden.



den Xantener Proben<sup>7</sup>. Das Spannbuchsenpaar Mahdia 1 mit Vorsteckern ist in einer Werkstatt gearbeitet worden. Trotzdem schwankt der Zinnanteil zwischen 9,2 und 9,7 %, der Bleianteil zwischen 6,9 und 7,9 %. Gleiches gilt für das Paar Mahdia 2 mit Außenzähnen, hier liegt der Zinngehalt zwischen 5,8 und 6,1 %, der Bleigehalt zwischen 13,4 und 14,1 %. Das letzte Paar Mahdia 3 mit Zähnen am Flansch hat Zinngehalte von 4,1–4,2 %, der gemessene Bleigehalt wird mit 17,1 und 18,4 % angegeben<sup>8</sup>.

Es ist zu vermuten, dass die Xantener Buchsen nacheinander aus einer Tiegelfüllung gegossen wurden.

Weshalb weisen die Spannbuchsen leichte Formunterschiede auf, wenn sie in derselben Werkstatt gearbeitet wurden? Es ist anzunehmen, dass die Buchsen im Wachsausschmelzverfahren hergestellt wurden. Dazu wurden zunächst Wachsmodele gefertigt. Schon bei diesem ersten Arbeitsschritt können bereits leichte Formunterschiede entstehen, wenn diese auf Drehbänken von Hand hergestellt wurden<sup>9</sup>. Nach dem Guss besitzen die Gussstücke eine raue, poröse und unansehnliche Guss Haut. Diese wurde in der Regel durch Kaltarbeit mechanisch entfernt. Wie beim WachsmodeLL konnte man auch hierzu Drehbänke einsetzen<sup>10</sup>. Da dabei der spanabtragende Meißel von Hand geführt wurde, sind zusätzliche Abweichungen in den Maßen zu erwarten. Die Unterschiede der Formen können natürlich auch durch individuelle Arbeitsweise (Qualität, Geschick, Augenmaß etc.) des Handwerkers entstanden sein. Trotz der Formunterschiede wurde die Funktionsfähigkeit der Waffe offensichtlich nicht beeinträchtigt. Vielmehr kam es bei der Verwendung der Spannbuchsen auf eine einwandfreie und präzise Funktion an.

Was sagt die Legierungszusammensetzung über die Herstellung, Verarbeitung und Verwendung aus? Vergleiche antiker Legierungen mit dem Wissen über moderne technische Legierungen helfen, mehr über die Materialeigenschaften antiker Werkstoffe herauszufinden<sup>11</sup>. Im Fall der analysierten Spannbuchsen kann daher folgendes festgestellt werden:

1. Bei den beiden Xantener Spannbuchsenproben handelt es sich um eine typische Bleibronze mit einem hohen Bleigehalt von 15–20 % und einem Zinngehalt von etwa 5–6 %. Dieser Legierungstyp wird noch heute in ähnlicher Form als ein Kupfergusswerkstoff verwendet, der bei der Herstellung von stark beanspruchten Konstruktionswerkstoffen wie Buchsen oder Gleitlagern eingesetzt wird (Abb. 6). Diese Legierungen besitzen sehr gute Rest- bzw. Notlaufeigenschaften. Diese Eigenschaft entsteht dadurch, dass die in der Legierung befindlichen feinen Bleitropfchen einen regelrechten Schmierfilm auf der Oberfläche des Metalls bilden, der ein schnelles Festsetzen beim Verlust von Öl oder Fett verhindert. Verschleißfeste Bronzen, die mechanisch bewegt

<sup>7</sup> D. BAATZ, Die Katapultteile. In: Hellenkemper/von Prittwitz und Gaffron/Bauchhenß (Anm. 1) 701–707; E. PERNICKA/G. EGGERT, Die Zusammensetzung der Bronzeobjekte von Mahdia. Ebd. 1059 Tab. 8b. Mahdia 1: HDM 2274 und HDM 2275; Mahdia 2: HMD 2276 und HDM 2277; Mahdia 3: HDM 2278 und HDM 2279.

<sup>8</sup> R. SCHWAB u. a., Alte Proben neue Untersuchungen: Die Bronzefund aus dem Schiffswrack von Mahdia. Bonner Jahrb. 207, 2007 (in Druckvorbereitung).

<sup>9</sup> H. DRESCHER, Römische Gießereifunde von Auerberg. In: G. Ulbert u. a., Der Auerberg 1. Münch. Beitr. Vor- u. Frühgesch. 45 (München 1994) 144. Maßungenaugigkeiten an Wagenrädern aus Stade sowie Spannbuchsen bis zu 10 mm an einem Beispiel aus Ephra.

<sup>10</sup> Ebd. 135–142; A. MUTZ, Die Kunst des Metaldrehens bei den Römern (Basel, Stuttgart 1972) 29.

<sup>11</sup> Wieland Kupferwerkstoffe, Metall ist unsere Welt. Herstellung, Eigenschaften und Verarbeitung (Ulm 1999).



6 Moderne Buchsen und Lager mit ähnlicher Legierung wie die Xantener Spannbuchsen.

oder beansprucht werden, fertigt man daher aus solchen Bleibronzen. Anhand von Vergleichsanalysen ist zu vermuten, dass dieser technische Aspekt den Römern bereits bekannt war<sup>12</sup>.

Die verschiedenen Spannbuchsentypen des Mahdiafundes stammen wohl von verschiedenen Katapulten<sup>13</sup>. Sie kennzeichnen unterschiedliche Zusammensetzungen der Legierungen. Der Typus mit Zahnkranzmechanik (Mahdia 2 und 3) besitzt mit 13,4–18,4 % Pb einen mehr als doppelt so hohen Bleigehalt wie die Buchsen Mahdia 1 mit Vorsteckerprinzip (6,9–7,9 %). Bei dem Zahnkranz-Mechanismus ist die besondere mechanische Beanspruchung der Bronze eindeutig indiziert, deshalb könnte die Buchse mit einem höheren Bleigehalt versehen worden sein.

2. Generell gilt, dass Bleibronzen bessere Guseigenschaften besitzen als Bronzen mit geringerem oder gar keinem Bleianteil. Blei verbessert das Fließvermögen der Schmelze und führt zu einer sicheren Verfüllung der

Gussform. Aufgrund des geringeren Schmelzpunktes von Blei (327,5 °C) ist es in der Lage, beim Erstarren der Schmelze auftretende Porositäten auszufüllen. Darüber hinaus sind solche Bronzen wesentlich korrosionsstabiler gegenüber Luftschadstoffen. Selbst aggressives Salzwasser kann ihnen kaum etwas anhaben, was auch für antike, militärische Einsätze nicht uninteressant gewesen sein dürfte.

Der wichtigste Grund für die Verwendung von Bleibronzen mit hohen Bleigehalten scheint aber in der wesentlich besseren Bearbeitbarkeit, z. B. beim spanabhebenden Drehen, begründet zu sein (Abb. 7). Zur Charakterisierung einer Bronzelegierung hinsichtlich ihrer Spanbarkeit werden folgende Eigenschaften berücksichtigt: Spanform, Spangröße, Werkzeugstandzeit (Verschleiß), Oberflächengüte und die erforderliche Schnittkraft.

Spanform und Größe sind die beiden wichtigsten Eigenschaften einer spanabnehmenden Metallbearbeitung. Lange Späne führen zum Bruch des Werkzeugstahls sowie zu einer ungenauen Oberfläche. Daher ist es wichtig, möglichst kurze Späne, so genannte spritzige Späne, zu erhalten. Dies wird vor allem durch den Zusatz von so genannten Spanbrechern, meist Blei, erreicht. Das im Metallgefüge als Tröpfchen eingelagerte Blei bewirkt ein Brechen der Späne. Schon geringe Zusätze an Blei oberhalb von 0,3 % führen zu einer verbesserten Spanbarkeit. Mit zunehmendem Bleianteil verbessern sich diese Eigenschaften deutlich. So werden Kupferlegierungen mit Zinnanteilen von 10 % und Bleianteilen oberhalb von 0,7 % als gute Spanbrecher bezeich-

<sup>12</sup> E. KÜNZL, Die Alamannenbeute aus dem Rhein bei Neupotz 1 (Mainz 1993) 430 ff. (Bleianteile der Gefäßkörper [A] und Standringe [B], dazu Diagramme 15 und 18.

<sup>13</sup> o. Anm. 4.



Schnittgeschwindigkeit etwa 95 m/min, Vorschub 0,1 mm/U,  
 Spantiefe 2,5 mm, Spanwinkel  $\gamma = 0^\circ$ , Freiwinkel  $\alpha = 8^\circ$

- 7 Beispiele von Spänen von unterschiedlichen Kupferlegierungen. Von links oben nach rechts unten nimmt die positive Spanbarkeit zu.

net. Kupferlegierungen mit Zinnanteilen von 6–10 % und Bleianteilen von 10–20 % gelten als sehr gute Spanbrecher. Hingegen werden bleifreie Kupferzinnlegierungen mit einem Zinngehalt von 5–10 % als ungeeignet klassifiziert. Dies ist umso wichtiger, wenn, wie in römischer Zeit, zur Oberflächenbearbeitung von Werkstücken keine Drehautomaten zur Verfügung standen.

Weshalb haben die beiden Spannbuchsenfragmente aus Auerberg einen sehr geringen Bleianteil? Bei den analysierten Bronzefragmenten handelt es sich um zwei Fehlgüsse. Diese können u. a. durch eine falsche Zusammensetzung der Legierung entstanden sein. Wurde versehentlich zu wenig Blei hinzu gegeben, verkürzt sich die Erstarrungsphase der Schmelze. Die Folge kann ein zu frühes Erkalten der Schmelze sein. Ein Fehlguss mit unvollständig ausgefüllter Form ist dann die Folge. Im Ge-



gensatz dazu belegen die übrigen analysierten Proben desselben Werkstattfundes Bleianteile von 2,66–12,86 %, also Bronzen mit normalen und hohen Bleigehalten<sup>14</sup>.

### Analyseergebnisse des Beschlagblechs

Das Beschlagblech wurde nach den Ergebnissen der Materialanalyse aus einer Messinglegierung hergestellt. Da die Produktion von Messinglegierungen technologisch äußerst schwierig und kompliziert ist, entwickelte sich diese Technologie bei uns erst rund 3000 Jahre nach der Erfindung der Bronze. Technologisch ausgereift beginnt ihre Produktion in Mitteleuropa erst etwa ab dem 1. Jahrhundert v. Chr. Seit dem 1. Jahrhundert n. Chr. werden Messinglegierungen vermehrt für die Herstellung verschiedenster Objekte eingesetzt<sup>15</sup>. Messing, ein gelbes Metall, erinnert eher an Gold als an Bronze und wurde vielleicht auch aus diesem Grund vermehrt zur Münzprägung verwendet. Darüber hinaus war man bereits in der Lage, sehr dünne, blasenfreie Messingbleche von nur 0,2 mm Stärke „industriell“ herzustellen. Diese besondere Technologie wird durch den Zusatz von Zink erreicht, der einer Oxidation (Blasenbildung) des Kupfers in der Schmelze entgegen wirkt<sup>16</sup>. Solche Gussstücke können ohne Gefahr des Aufbrechens von Blasen zu dünnen großen Blechtafeln ausgearbeitet werden, die dann in den verschiedenen Werkstätten zu Zierbeschlügen aller Art verwendet wurden<sup>17</sup>.

Abbildungsnachweis: 1–4 F. Willer; 5 D. Worch; 6–7 Wieland Werke, Ulm.

<sup>14</sup> Weitere Lit. zu antiken Bleibronzen: J. RIEDERER, Frühe Kupferlegierungen im vorderen Orient. In: R.-B. Wartke (Hrsg.), *Handwerk und Technologie im alten Orient* (Mainz 1991) 90–92; DERS., Die naturwissenschaftlichen Untersuchungen der ägyptischen Bronzen des Pelizaeus-Museums in Hildesheim. In: *Berliner Beiträge zur Archäometrie* (Berlin 1986) 5–16; DERS., Die Kupferlegierungen in der Antike. In: *Archäologie und Chemie. Einblicke in die Vergangenheit* (Berlin 1988) 104–120; B. JANIETZ SCHWARZ/D. ROLLIER, Ein Depot zerschlagener Grossbronzen aus Augusta Raurica. *Forsch. in Augst* 20 (Augst 1996); P. T. CRADDOCK, Naturwissenschaftliche Untersuchungen. In: *Wiener Ber. über Naturwiss. in der Kunst* 4/5 (Wien 1987/88) 262–295.

<sup>15</sup> H. MOESTA/P. R. FRANKE, *Antike Metallurgie und Münzprägung. Ein Beitrag zur Technikgeschichte* (Basel 1995) 145–157.

<sup>16</sup> F. WILLER, The experimental reconstruction in bronze of a Merovingian treasure box from 6<sup>th</sup> century A.D. In: *Proceedings of the 1<sup>st</sup> International workshop, Experimental and Education aspects of Bronze Metallurgy* 18.–22. Okt. 1999 (Wilhelminaoord 2001) 30–38.

<sup>17</sup> M. SCHMAUDER/F. WILLER, Römische Kästchenbeschlüge aus Buntmetall im Römisch-Germanischen Museum Köln. *Kölner Jahrb.* 37, 2004, 137–221.

BASTIAN ASMUS

## Herstellung der gegossenen Buchsen für die Rekonstruktion des in Xanten gefundenen Torsionskatapults

**Abstract:** Die Buchsen für die Ballista wurden im Wachsausschmelzverfahren in Messing gegossen. Für den Nachguss der Buchsen des in Xanten gefundenen Torsionskatapults wurde ein Gestell zum Abdrehen der Wachsmodele gebaut<sup>1</sup>, welches im Groben einer Drechselbank ähnelt. Insbesondere wurde der Frage nachgegangen, inwieweit die Bearbeitungsspuren auf den Fundstücken von einem Drehprozess der Wachsmodele herrühren können. Die Buchsen wurden hierzu mit Hilfe einer Schablone (Abb. 1) auf einem Metallkern mit entsprechendem Buchseninnendurchmesser aus Wachs aufgebaut. Nach dem Guss wurden Teile der Oberfläche der Buchse an der Drehbank mit Feilen bearbeitet. Sowohl die Bearbeitungsspuren des Wachslehens als auch die des Metallehens wurden mit einem Rasterelektronenmikroskop (REM) untersucht. Im Zuge dessen wurde auch die Metalllegierung mit REM-EDS bestimmt. Eine lichtmikroskopische Charakterisierung des Gefüges klärt die Verteilung der Legierungsbestandteile und verdeutlicht, warum bleihaltige Kupferlegierungen gut spanend zu bearbeiten sind (Abb. 8).

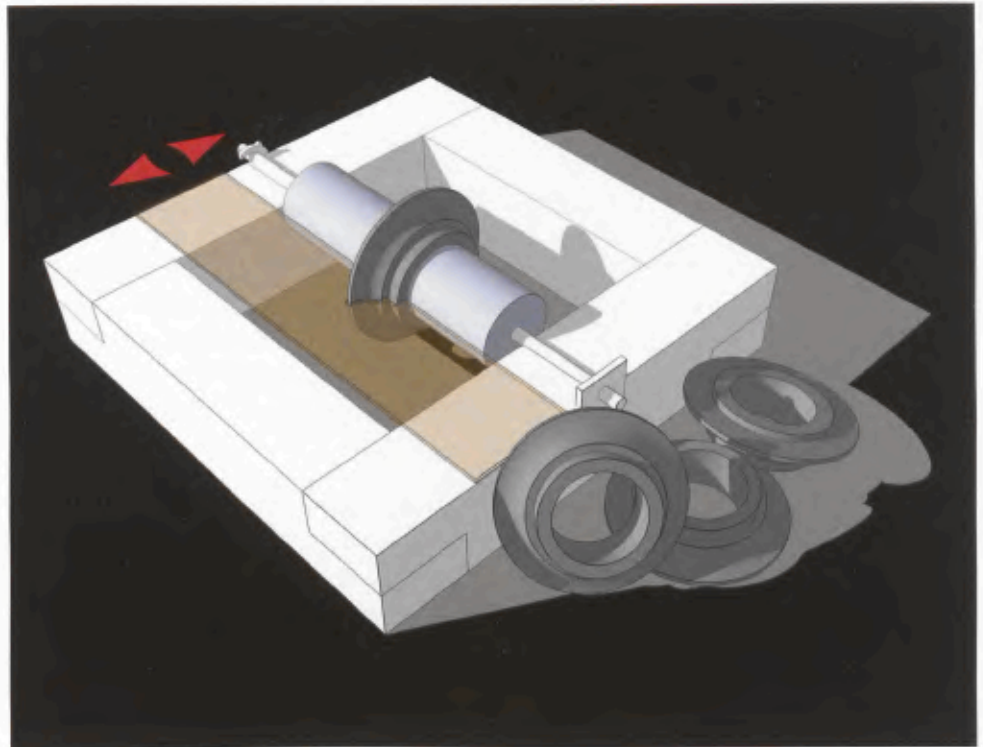
### Einleitung

Mittels experimenteller Archäologie und sinnvoll ausgewählter Analyseverfahren ist es uns heute möglich, die Herstellungsprozesse archäologischer Fundobjekte ein Stück weit besser zu verstehen. Dieser Artikel soll die Herstellung einer Rekonstruktion sowie die archäometrische Untersuchung der Rekonstruktion darlegen und einen kleinen Beitrag zur Klärung archäologischer Prozessrekonstruktionen leisten, indem er Vergleichsmaterial für zukünftige Untersuchungen beisteuert.

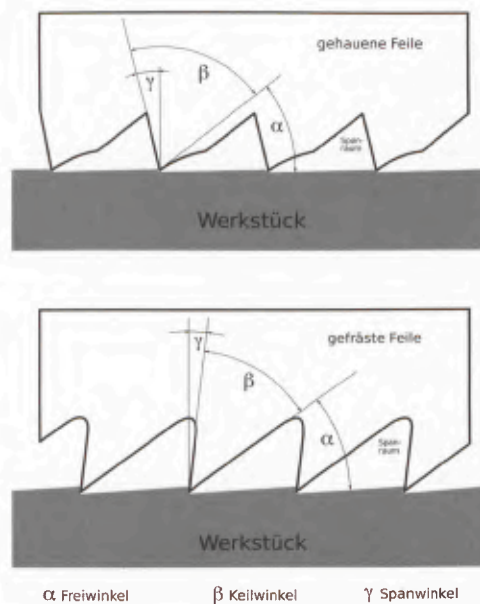
### Beschreibung der Herstellung

Die Buchsen weisen umlaufende Rillen an der Oberfläche auf. Diese lassen auf eine Bearbeitung in einem Werkzeug schließen, in welchem das Werkstück in Rotation versetzt wurde. Im Verlauf des Artikels soll diskutiert werden, inwieweit diese Bearbeitungsspuren

<sup>1</sup> J. G. HAWTHORNE/C. S. SMITH, *Theophilus. On diverse arts: The foremost medieval treatise on painting, glassmaking and metalwork* (New York 1979); E. BREPOHL, *Theophilus Presbyter und das mittelalterliche Kunsthandwerk. 2. Goldschmiedekunst* (Wien, Köln, Weimar 1999).



1 Schema der Wachsdrehbank. Die Schablone wird im Verlauf der Modellherstellung immer näher an den Kern geschoben.



2 Unterschied zwischen schneidender und schabender Bearbeitung.

Rückschlüsse auf die Herstellungstechnik zulassen. Stammen die Spuren vom Drehen eines Wachsmodells oder vom Überarbeiten an der Drehbank?

Die Vielzahl römischer Drechselgegenstände belegt, dass Drechslerei aus Materialien wie Holz oder Knochen eine übliche Technik für diese Materialgruppe war. Metall hingegen lässt sich auf einer handbetriebenen Drechselbank nur mit Schwierigkeiten bearbeiten, was auf die unvergleichlich höhere Zähigkeit und Härte dieses Materials zurückzuführen ist. Es ist weiterhin davon auszugehen, dass den Römern keine schneidende Fertigungsweise im Sinne der modernen Definition zur Verfügung stand, sondern dass Metallgegenstände in der Drechselbank vorwiegend schabend bearbeitet werden mussten (Abb. 2). Die Gestaltung der



Schneiden steht mit den vorhandenen Werkzeugmaterialien in Zusammenhang. Abb. 2 verdeutlicht den Unterschied zwischen schneidender und schabender Bearbeitung. Die nötigen Keilwinkel konnten mit den damaligen Werkstoffen nur schwer realisiert werden, und es ist davon auszugehen, dass schneidende und bohrende Tätigkeiten in größerem Umfang nur mit erhöhtem Aufwand durchführbar gewesen sind. Militärische Güter mussten in großem Umfang hergestellt werden, und Urformverfahren wie das Wachsausschmelzverfahren dürften deshalb zur Herstellung größerer Mengen dieser Buchsen sehr wahrscheinlich sein.



3 Mit Hilfe der heißen Metallschablone wird dem Wachs das gewünschte Profil der Buchse verliehen.

Funde vom Auerberg in Bayern belegen, dass derartige Buchsen im Wachsausschmelzverfahren hergestellt wurden<sup>2</sup>. Untersuchungen an den Fundstücken zu den geringfügigen Abweichungen in den Dimensionen der Xantener Buchsen (vgl. Beitr. Schalles 2.8) weisen ebenfalls daraufhin, dass die Wachsmodele eher als Einzelanfertigungen, die auf der Wachsrehbank hergestellt wurden, anzusehen sind und nicht aus einer gemeinsamen Negativform, etwa aus Gips, stammen. Zur Entfernung der Oxidationshaut und weiteren Nachbearbeitung konnten die Buchsen in einer einfachen Drechselbank oberflächlich bearbeitet werden.

Die Herstellung der rekonstruierten Buchsen erfolgte in drei Schritten, zunächst die Modellherstellung auf einer Wachsrehbank (Abb. 7), darauf folgte die Gussformherstellung und zum Schluss die Überarbeitung der Oberfläche an einer Dreh- bzw. Drechselbank.

## Modellherstellung

Das Modell wurde aus einer Bienenwachs-Kolophonium-Ruß-Mischung im Schablonierverfahren auf einer Wachsrehbank aufgebaut. Das Wachs wurde schwarz eingefärbt, um eventuell entstandene Fehlstellen anhand ihrer hellen Reflexe aufzufinden und diese gegebenenfalls zu korrigieren. Nachdem ausreichend Wachs auf den Metallkern aufgetragen worden war und abgekühlt war, konnte mit dem eigentlichen Schablonieren begonnen werden. Als Schablone diente das Profil der Buchse, das auf eine Messingplatte übertragen und ausgesägt wurde. Der Schnitt in die Schablone wurde dabei nicht im rechten Winkel ausgeführt, sondern das Sägeblatt wurde um etwa 10° geneigt, um einen positiven Keilwinkel zu gewährleisten. Dem Modell wurde das gewünschte Profil mit einer erhitzten Schablone verliehen, während die Drehbank mit dem Handballen gedreht und in Richtung des Metallkerns geschoben wurde. Die Schablone wurde ständig durch eine darunter aufgestellte Kerze geheizt (Abb. 3). Es stellte sich heraus, dass das Schablonieren auf unterschiedliche Weise durchgeführt

<sup>2</sup> G. ULBERT, Der Auerberg. Eine römische Bergsiedlung des frühen 1. Jahrhunderts n. Chr. Akademie aktuell 3, 2006, 32–37 hier 36.

werden kann. Während des Aufbaus des Wachsmodells wurden verschiedene formgebende Schabloniertechniken ausprobiert. Um ein einwandfreies Wachsmodell zu erhalten, muss das Modell einerseits fest auf dem Metallkern aufsitzen, andererseits muss es aber nach dem Drehvorgang leicht abzulösen sein, ohne es zu beschädigen. Der Metallkern wird hierzu eingefettet, bevor das Wachs aufgetragen wird, und nach dem Drehen des Modells kann der Metallkern zusätzlich angewärmt werden. Dadurch bildet sich ein Wachs-Fett-Schmierfilm zwischen Modell und Metall, und die Buchse kann herunter geschoben werden.



4 Aufbau des Wachskörpers auf dem Kern. Bevor dem Modell die Form verliehen werden kann, muss zunächst genügend Wachs aufgetragen werden.

Das Drehen der Buchsen erfolgt in zwei Schritten: Beim Aufbringen des weichen Wachses wird die warme Schablone vom Körper weg gedreht (Abb. 4). Das Abdrehen erfolgt mit warmer Schablone mit Drehrichtung zum Körper hin (Abb. 3).

Die fertigen Buchsenmodelle wurden im Wachsauflösvorgang gegossen. Hierzu wurden jeweils zwei Buchsen zu einem Gussbäumchen zusammengefügt und in Messing gegossen (Abb. 10).

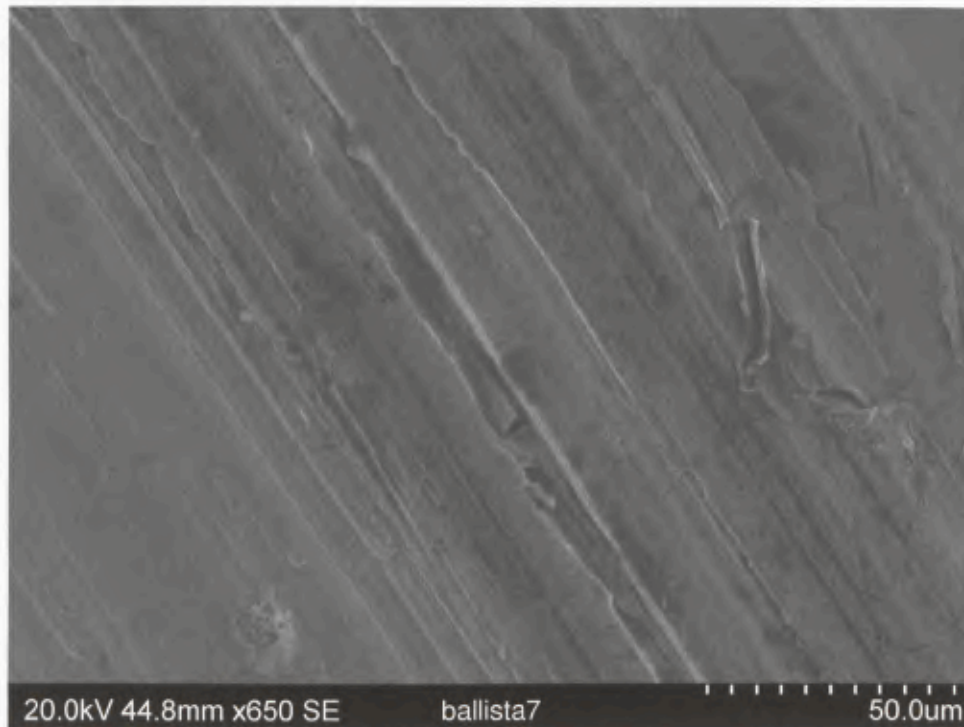
## Archäometrische Untersuchungen an der Rekonstruktion

Um geeignetes Vergleichsmaterial zu schaffen; wurde die Rekonstruktion archäometrischen Untersuchungen unterzogen: optische Auflichtmikroskopie zur Untersuchung des Kristallgefüges, Röntgenfluoreszenz mit energiedispersiver Spektrometrie ((P)ED-RFA)<sup>3</sup> zur Bestimmung der pauschal-chemischen Zusammensetzung und Rasterelektronenmikroskopie mit energiedispersiver Spektrometrie (REM-EDS)<sup>4</sup> zur quantitativen Bestimmung der chemischen Zusammensetzung sowie bildgebende Verfahren zur Untersuchung der Bearbeitungsspuren (Sekundärelektronenbilder).

Da zum Zeitpunkt der Rekonstruktion noch keine Metallanalysen der Buchsen vorlagen, wurden diese in Messing CuZn25Pb1 gegossen. Tab. 1 gibt die Werte der halbquantitativen Röntgenfluoreszenzanalyse wieder. Es handelt sich um eine Kupfer-Zink Legierung mit 26 Masse-% Zink und einigen Nebenelementen, welche zusammen genommen etwa 4 % ausmachen. Silber und Zinngehalte sind auf eine Verunreinigung des Tiegels zurückzuführen. Eisen ist vermutlich durch die Verwendung eiserner Gießlöffel und Kramstöcke in die Schmelze gelangt. Die RF-Analyse erlaubt eine zügige Identifikation der Haupt-, Neben- und Spurenelemente, jedoch sind die Analysewerte aufgrund der komplizierten Kalibrationsmodelle nur als halb-quantitativ zu betrachten. Aus diesem Grund wurde neben der bildgebenden Untersuchung im REM auch die Zusammensetzung des Metalls mittels EDS bestimmt.

<sup>3</sup> Spectro X-Lab Pro 2000 Gerät mit 50kV Beschleunigungsspannung.

<sup>4</sup> Hitachi S3400N 20kV Beschleunigungsspannung, 65nA Elektronenstrahlstromstärke.



5 Sekundärelektronenbild von Drehrippen, die beim Metaldrehen entstanden sind.

Die quantitative Messung der Legierung im Rasterelektronenmikroskop (REM-EDS) bestätigt die Werte der RF-Analyse und präzisiert die Legierungszusammensetzung  $\text{CuZn}_{26}\text{Sn}_{20}\text{Ag}_{10}\text{Pb}_{1}$  (Tab. 2). Die Tatsache, dass Blei und Nickel nur unzureichend, Silber und Zinn jedoch gut erfasst werden konnten, ist einerseits durch die Mischbarkeit dieser Metalle mit Kupfer zu erklären, andererseits durch die Art und Weise, wie Flächenanalysen durchgeführt und kalibriert werden: Silber, Nickel und Zinn sind in geringem Umfang mit Kupfer mischbar und werden in das Kristallgitter eingebaut. Blei ist mit Kupfer nicht mischbar und erstarrt deshalb als diskreter Einschluss in einer Kupfer- oder Kupferlegierungsmatrix. Flächenanalysen sind für homogene Materialien konzipiert, und die ZAF-Korrektur zur Berechnung der chemischen Zusammensetzungen ist auf „Fremdeinschlüsse“ in heterogenem Material nicht ausgelegt, weshalb diese Beimengungen nur unzureichend oder unter Umständen gar nicht gemessen werden können. Nickel konnte nur in einer Punktanalyse nachgewiesen werden. Blei kann im Kupfer nur zu etwa 0.1 Masse-% gelöst werden und wird an den Korngrenzen angereichert, wenn mehr davon im Metall vorhanden ist. Aufgrund der Kerbwirkung der Bleieinschlüsse an den Korngrenzen (Abb. 8–9, Tab. 3) sind Legierungen mit Bleibeimengungen in der Regel gut spanend zu bearbeiten. Diese Messinglegierung wurde gewählt, da sie den antiken Legierungen grob entspricht.

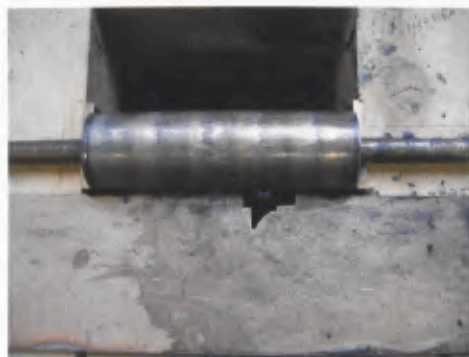
### Bearbeitungsspuren

Das Überarbeiten der Buchsen geschah auf einer Drehbank mit relativ langsamer Drehzahl, die in etwa vergleichbar mit manuell betriebenen Dreh- bzw. Drechsel-





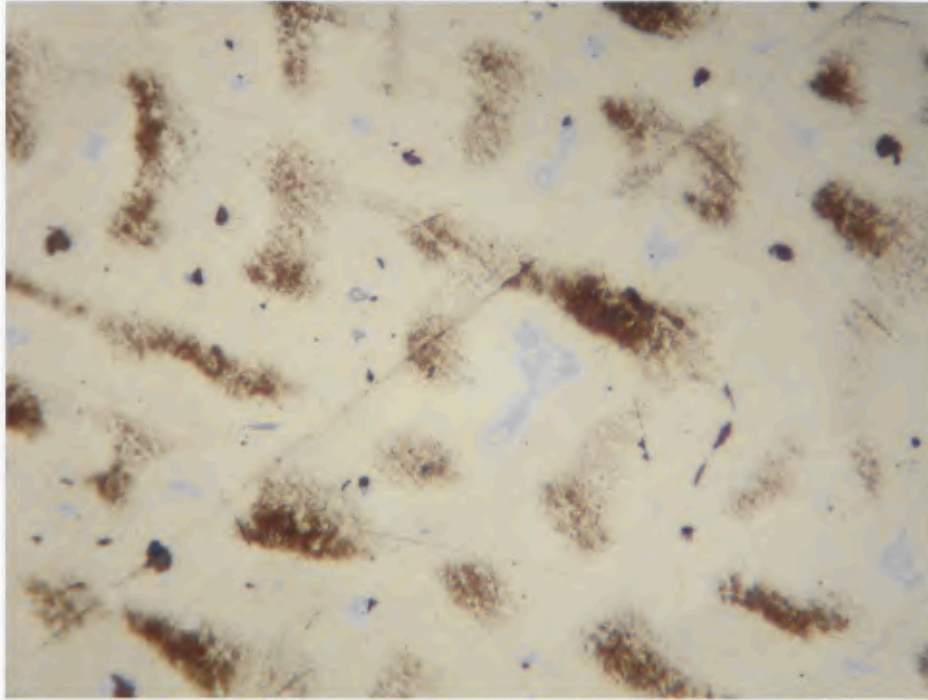
6 Drehrillen des Wachsdrehprozesses. Deutlich erkennbar sind die Spuren des Formmaterials, welches die Drehrillen überlagert.



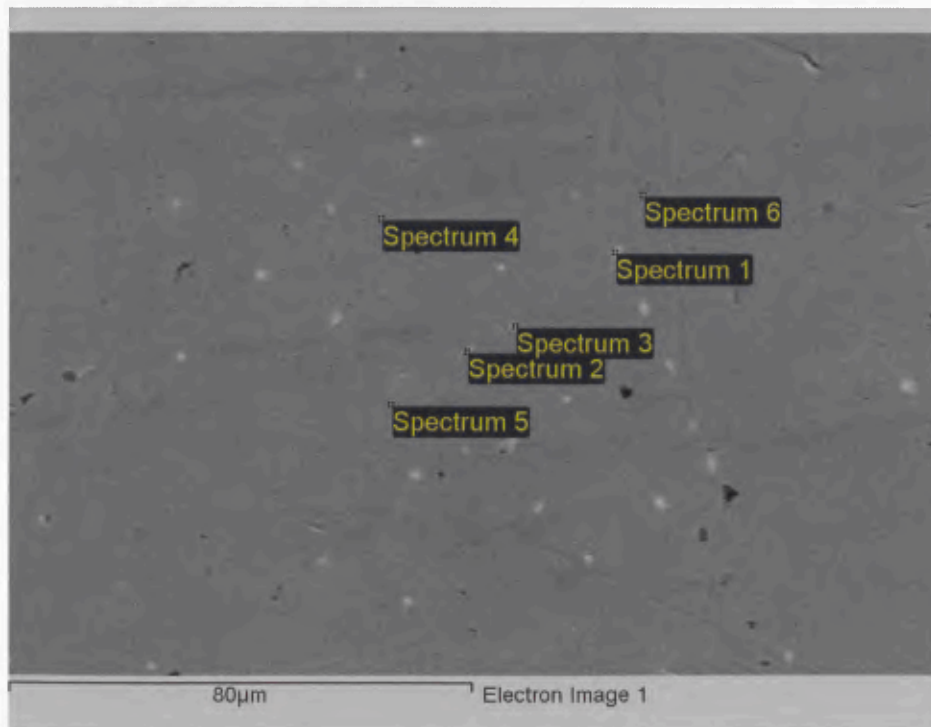
7 Messingschablone zum Abdrehen der Wachsmodelle.

bänken ist. Ein entscheidender Unterschied, der nicht simuliert wurde, ist die Drehrichtungsänderung, der römische Drehbänke in der Regel unterlagen. Ein eindeutiger Nachweis kontinuierlich drehender römischer Drehbänke steht noch aus, ist aber aufgrund der sonstigen römischen Technologie durchaus denkbar. Von den Bearbeitungsspuren wurden Sekundärelektronenbilder gemacht, um den Unterschied zwischen Drehrillen im Metall von Drehrillen im Wachs zu dokumentieren. Die Abb. 5–6 stellen die Bearbeitungsspuren der beiden Prozesse gegenüber und ermöglichen eine Identifizierung der verschiedenen Prozesse.

Abb. 5 ist eine Aufnahme des Drehens von Metall, und die scharf abgegrenzten Rillen sind diagnostisch für diesen Prozess im Gegensatz zu Abb. 6, welche die Rillen vom Wachsdrehen zeigt. Hier sind die Spuren des Drehens von den Spuren des Formmaterials überschritten und belegen somit eindeutig, dass diese Spuren von der Herstellung des Modells stammen und diese vom Formstoff abgebildet wurden.



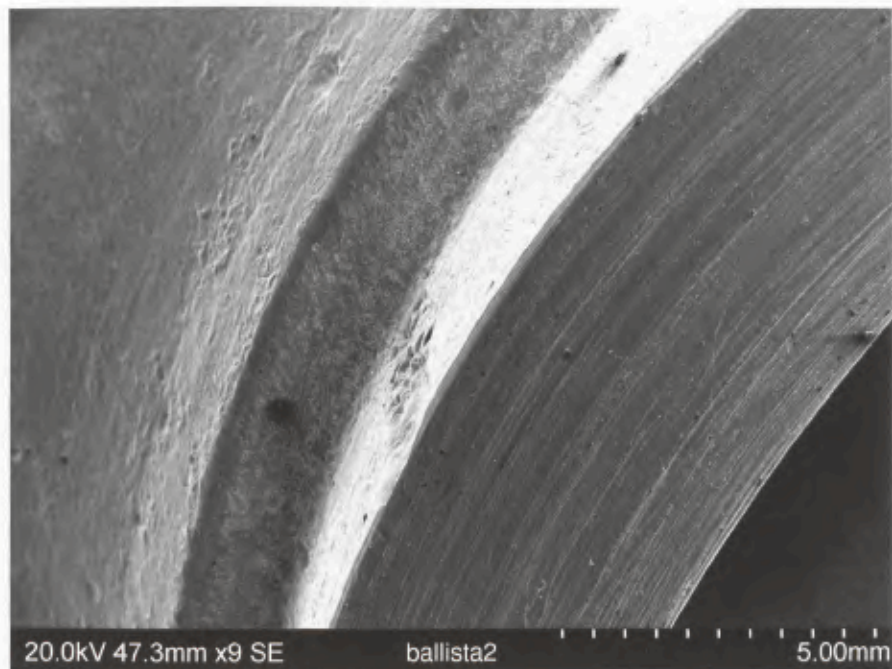
8 Metallgefüge der rekonstruierten Buchse. Deutlich erkennbar sind die Bleieinschlüsse, die den Verlauf der Korngrenzen markieren. Bildbreite 200  $\mu\text{m}$ .



9 Rückstreuелеktronenbild der Messingbuchse. Helle Punkte sind Blei, das sich an den Korngrenzen angereichert hat. SEM-EDS Punktmessungen der hellen Phase erwiesen sich als reines Blei.



10 Gießen einer Messinglegierung in einem rekonstruierten, mit Holzkohle und natürlichem Zug betriebenen Ofen.



11 Sekundärelektronenbild des oberen Randes der Buchse. Gut zu erkennen sind die Unterschiede in der Oberflächenbeschaffenheit. Im linken Bildbereich sind die Bearbeitungsspuren aus dem Wachsrehprozess zu erkennen, im rechten Bildteil die Spuren des Drehens im Metall.



## Zusammenfassung

Die Messingbuchsen der in Xanten gefundenen Torsionswaffe wurden im Wachs-ausschmelzverfahren nachgegossen. Die benötigten Modelle wurden auf einer rekonstruierten Wachsdrehbank mit Hilfe einer Metallschablone hergestellt. Das Metall wurde sowohl metallographisch als auch chemisch charakterisiert. Die resultierenden Bearbeitungsspuren des Drehens im Wachs und des Drehens im Metall wurden mit Hilfe von Rückstreuelektronenbildern dokumentiert und diagnostische Unterschiede zwischen den Spuren der beiden Prozesse herausgearbeitet. Abschließend lässt sich sagen, dass das Drehen von Wachsmodellen auf einer Drehbank zur Herstellung von größeren Modellstückzahlen einen plausiblen Erklärungsansatz bietet.

Die archäometrischen Untersuchungen wurden im Wolfson Archaeological Laboratory, UCL Institute of Archaeology, durchgeführt. Die Untersuchungen wurden partiell von der Europäischen Union durch ein Marie-Curie Host Fellowship for Early Stage Researchers, Vertrag MEST-CT-2004-514509 finanziell unterstützt.

| Fe  | Ni  | Cu   | Zn   | Ag  | Sn  | Pb  | Summe | Total | Verhältnis Cu/Zn |
|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-------|-------|------------------|
| 0,5 | 0,9 | 71,2 | 25,2 | 0,4 | 0,7 | 1,2 | 100   | 62,8  | 2,83             |
| 0,5 | 0,9 | 71,2 | 25,1 | 0,4 | 0,7 | 1,2 | 100   | 59,2  | 2,84             |

Tabelle 1: Zwei Messungen. Halb-quantitative ED-RF Analyse der rekonstruierten Buchse. Masse-%. Normalisiert. Total gibt das Analyse-Total an. Kalibrationsmethode: Cualloys. Das Verhältnis Cu/Zn ist wichtig für die Diagnose der Bleieinschlüsse, siehe Tabelle 3.

| Fe  | Ni  | Cu   | Zn   | Ag  | Sn  | Pb   | Total |
|-----|-----|------|------|-----|-----|------|-------|
| 0,5 | 0,1 | 70,1 | 26,3 | 1,4 | 1,7 | n.n. | 100,0 |

Tabelle 2: Durchschnittswert von normalisierten 12 REM-EDS-Flächenmessungen an der rekonstruierten Buchse. Masse-%.

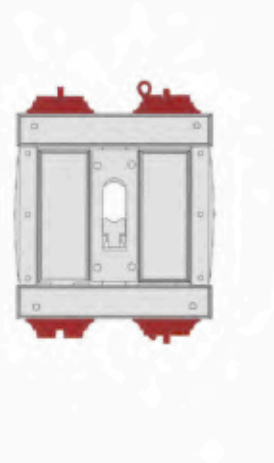
| Spectrum   | Cu   | Zn   | Pb   | Summe | Total | Verhältnis Cu/Zn |
|------------|------|------|------|-------|-------|------------------|
| Spectrum 1 | 13,0 | 5,3  | 81,8 | 100,0 | 100,7 | 2,5              |
| Spectrum 2 | 25,9 | 10,1 | 64,1 | 100,0 | 97,1  | 2,6              |
| Spectrum 3 | 19,9 | 8,3  | 71,8 | 100,0 | 93,1  | 2,4              |

Tabelle 3: Punktmessungen der Bleieinschlüsse, zu Abb. 9 gehörend. Die Tatsache, dass sowohl Zink und Kupfer gemessen wurde, ist mit der Größe der Einschlüsse zu erklären. Der Elektronenstrahl hat ein größeres Volumen als das des Einschlusses angeregt und somit Messing aus der Umgebung des Bleis mit gemessen, wie man am Verhältnis von Cu/Zn gut ablesen kann. Masse-%. Normalisiert. Total gibt das Analyse-Total an.

## Faseranalysen von Spannseilen der Torsionswaffe RMX 2000,25.006

Zur Identifizierung des für die Spannseile der Torsionswaffe RMX 2000,25.006 verwendeten Fasermaterials wurden acht Proben (Lfd. Nrn. 1–8) aus dem Bereich der Spannbuchsen A–D analysiert. Es handelte sich um rotbraune Feststoffproben. Mikroskopisch wiesen die Proben eine heterogene Zusammensetzung auf. Neben überwiegend mineralischen Bestandteilen (Sand, kleine Kiesel) waren versinterte und verholzte Partikel erkennbar.

In die Untersuchung wurde eine bereits im Mai 2004 eingereichte Probe gleichartigen Materials mit einbezogen. Als Vergleichsmaterial diente eine Probe Bisonsehne.



### Probenvorbereitung

Aus dem Material wurden mikroskopisch nach optischen Kriterien Proben isoliert. Da nicht abzuschätzen war, in welchem Erhaltungszustand eventuell vorhandene Reste der Spannseile gefunden werden könnten und wie sich deren Konservierungsbild darstellen würde, wurden Proben mit unterschiedlichem Erscheinungsbild (ein Querschnitt aller erkennbar voneinander abweichender Materialformen) ausgewählt:

Proben 1 und 2 (aus Spannbuchse D):

- augenscheinlich verholztes Material (mehr oder weniger silifiziert),
- augenscheinlich verholztes Material (weich und brüchig).

Probe 3 (aus Spannbuchse D):

- versintertes Material.

Proben 4 und 5 (aus Spannbuchse B):

- augenscheinlich verholztes Material (mehr oder weniger silifiziert),
- versintertes Material.

Probe 6 (aus Spannbuchse C):

- körniges und versintertes Material.

Probe 7 und 8 (aus Spannbuchse A):

- großes Stück, versintert,
- augenscheinlich verholztes Material (mehr oder weniger silifiziert).

Die Proben wurden vor der rasterelektronenmikroskopischen Analyse mit Ethylendiamin-tetraessigsäure-Lösung von oberflächlich anhaftenden Metallsalzen befreit.

## Untersuchungsmethoden

Für die Untersuchungen wurde ein Rasterelektronenmikroskop der Fa. Hitachi eingesetzt.

## Untersuchungsergebnis

Probe 3 erwies sich analytisch als unergiebig. An ihrer Stelle wurde das bereits im Mai 2004 eingereichte Probenmaterial in die Untersuchungen mit einbezogen und mit der Referenzprobe Bisonsehne verglichen.

Neben den zu erwartenden mineralischen und metallischen Anteilen (Proben 5, 6 und 7; Abb. 1–3) wurden in den Proben Strukturen beobachtet, die pflanzlichen Materialien wie z. B. Holz entsprechen (Proben 1 und 2, Probe vom Mai 2004; Abb. 4–6). Darüber hinaus sind in Probe 2 (Abb. 7–10), Probe 4 (Abb. 11), Probe 8 (Abb. 12) und der im Mai 2004 eingereichten Probe (Abb. 13–15) auch Strukturen ausgebildet, die dem Erscheinungsbild des Referenzmaterials Bisonsehne zugeordnet werden können (Abb. 16–17). Es fällt jedoch auf, dass die Breite der in den Proben aus den Spannbuchsen konservierten Strukturen stark von der Breite der Originalsehnen abweicht. Für eine letzte Absicherung des Ergebnisses bliebe daher zu klären, ob eine derartige Schrumpfung des Sehnenmaterials auf Alterung und Umwelteinflüsse zurückzuführen ist oder ob es sich um eine vom Referenzmaterial abweichende Sehnenart handelt.

## Kommentar (H.-J. Schalles):

Die verholzten und versinterten Anteile der Proben sind am ehesten auf die Einlagerung des Spannrahmens im Flussbett, sprich auf Einschwemmungen von Holzpartikeln in die Buchsen bzw. auf Abscheidungen von im Wasser vorhandenen mineralischen Bestandteilen zurückzuführen. Die Bisonsehnen ähnelnden Strukturen in den Proben 2, 4, 8 und der Probe vom Mai 2004 geben hingegen jetzt erstmals einen unmittelbaren archäologischen Nachweis auf eines der Materialien, das in der Antike zur Herstellung von Spannseilen für Katapultwaffen verwendet worden ist. Mit diesem Thema hat sich zuletzt ausführlicher A. Wilkins auseinandergesetzt und in diesem Zusammenhang nochmals die wesentlichen antiken Quellen aufgelistet<sup>1</sup>. Übereinstimmend beschränken sich die entsprechenden Hinweise der Schriftsteller und der Inschriften auf zwei Materialien, nämlich Haar und Sehnen. Bei den Haaren

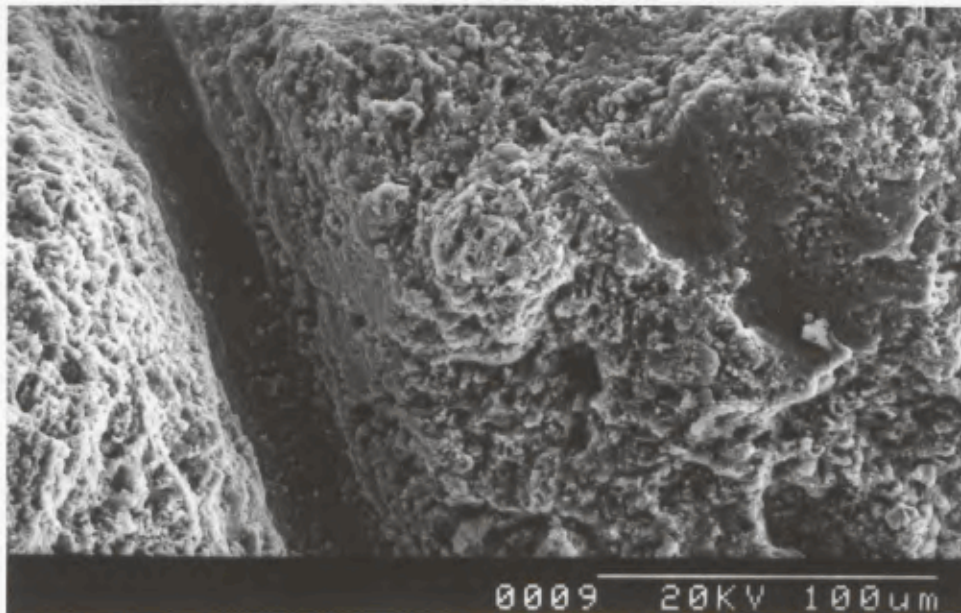
<sup>1</sup> R. WILKINS, Reconstructing the *cheiromballistra*. *Journal Roman Military Equipment Stud.* 6, 1995, 42 ff. – Quellen: Phil. belop. 68. 72; Heron, belop. 110–112; Vit. 10,11,2; Veg. mil. 4,9,2–4; 22,1; Anonym. de rebus bellicis 18. – Vgl. auch E. SCHRAMM, Die antiken Geschütze der Saalburg (Berlin 1918) 20 f. 21 Anm. 1 (mit weiteren Belegen); E. W. MARSDEN, Greek and Roman Artillery. Historical Development (Oxford 1969) 17. 31. 56 f. 69 ff. 75. 87 f. 168; A. WILKINS, Roman Artillery (Princes Risborough 2003); T. RIHLL, The Catapult. A History (Yardley 2007) 79. 145. 152. 165 f. 176 Anm. 1 (dort und bei WILKINS 1995, 43 Anm. 96 der Hinweis auf die in Zusammenhang mit Katapultwaffen stehende (?) Erwähnung der Lieferung von Haaren und Sehnenmaterial auf zwei Schreiftäfelchen von Vindolanda). Vgl. dazu auch D. BAATZ, Katapulte – Physik und Materialeigenschaften. In: A. Busch/H.-J. Schalles (Hrsg.), Waffen in Aktion. Akten 16. Intern. Roman Military Equipment Conference, Xanten 13.–16.6.2007. Xantener Ber. 16 (Mainz 2009) 258 ff.



wird zwischen Rosshaar (*saeatae equorum*) und dem Haar von Frauen (*crines feminarum*) unterschieden. Auf größere qualitative Unterschiede heben die Beschreibungen anscheinend nicht ab, wenngleich man Sehne (*nervum*, *νευρον*) bevorzugt zu haben scheint. Wilkins erwähnt erste erfolgreiche Rekonstruktionsversuche von Spannseilen aus Sehnen<sup>2</sup>. Beim Nachbau der Xantener Torsionsarmbrust wurden ebenfalls sehnern Spananseile eingesetzt (vgl. Beitr. ZIMMERMANN). Aus Sorge, dass dieses schwer zu beschaffende und zu verarbeitende Material bei Überbeanspruchung reißen könnte, wurde die Vorspannung nicht aufs Äußerste erprobt, weshalb eine wirklich belastbare Aussage über die Leistungsfähigkeit und Durchschlagskraft des Nachbaus – und damit ein Rückschluss auf die des Originals – nicht gemacht werden kann<sup>3</sup>.

Das Sehnenmaterial in den Buchsen gibt einen sicheren Hinweis darauf, dass die Waffe ganz offensichtlich bespannt, also intakt und gefechtsfähig, ins Wasser fiel.

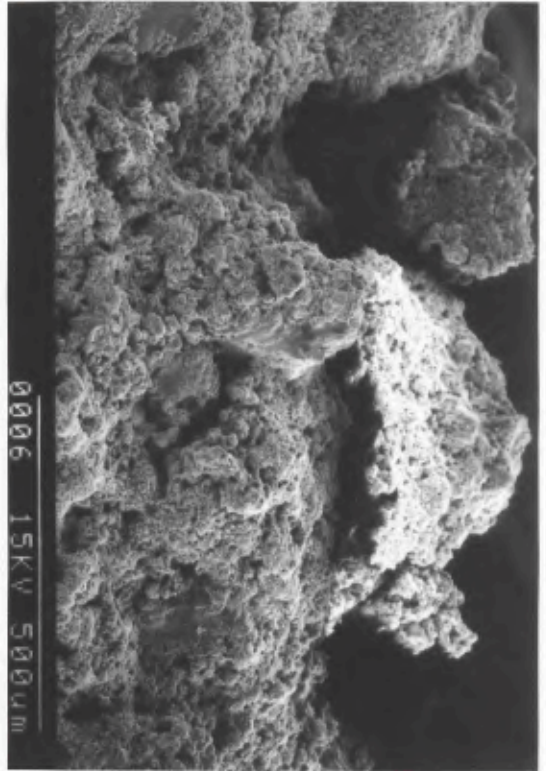
Abbildungsnachweis: sämtl. Abb. Verf.



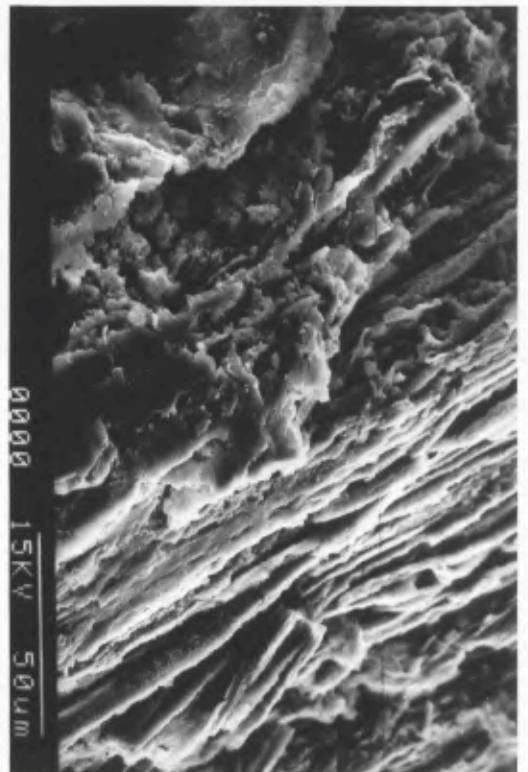
1 Probe 5. Versintertes Material.

<sup>2</sup> WILKINS (Anm. 1) 44.

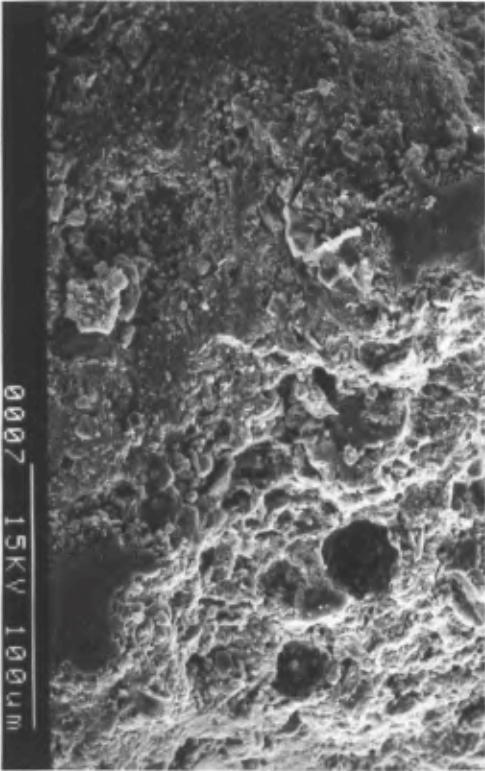
<sup>3</sup> Schussversuche: R. MEIJERS/H.-J. SCHALLES/F. WILLER, Schietproeven met een reconstructie van een Romeins geskut op specifieke metaalplaten. Schusseperimente mit einer rekonstruierten römischen Torsionswaffe auf definierte Metallbleche. In: Achter het zilveren masker. Nieuw onderzoek naar de productietechnieken van Romeinse ruitershelmen. Hinter der silbernen Maske. Neue Untersuchungen zur Herstellungstechnik römischer Reiterhelme. Ausstellungskat. Nijmegen, Bonn (2007) 69–76.



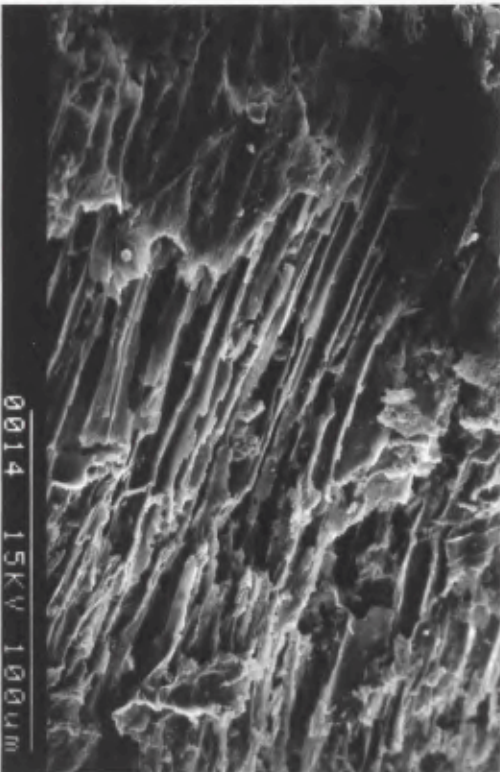
2 Probe 6. Versinteres Marcial.



4 Probe 1. Verholztes Marcial.

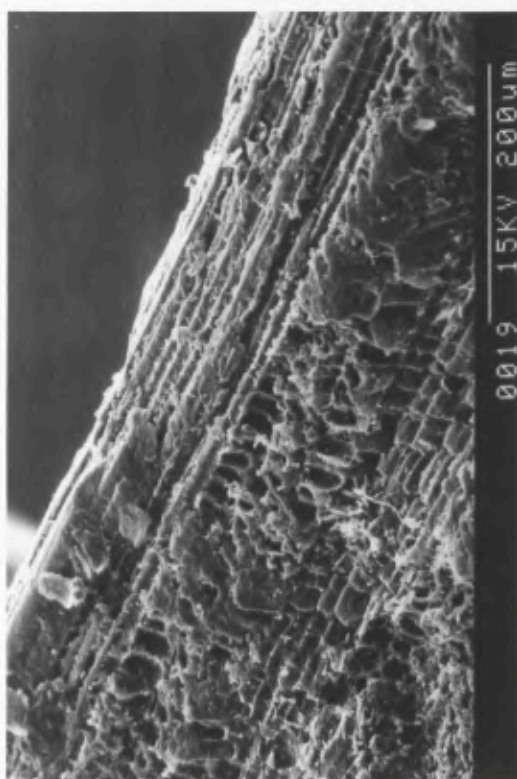


3 Probe 7. Versinteres Marcial.

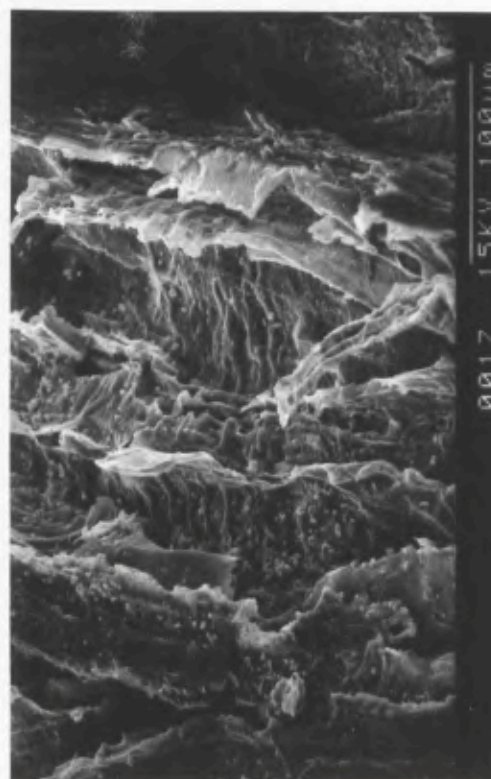


5 Probe 2. Verholztes Marcial.

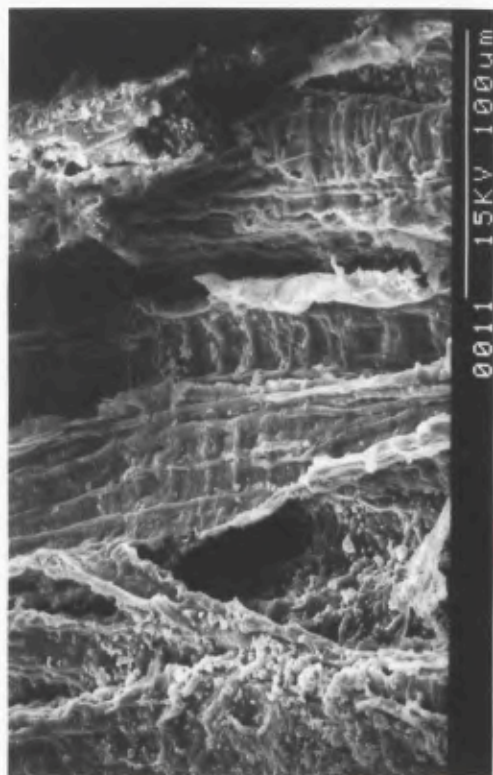




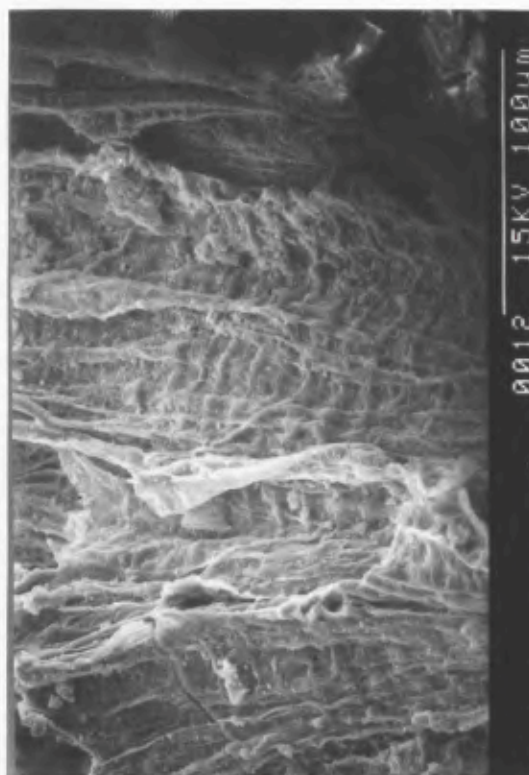
6 Probe vom Mai 2004, Verholztes Material.



7 Probe 2. Sehnenartige Struktur.

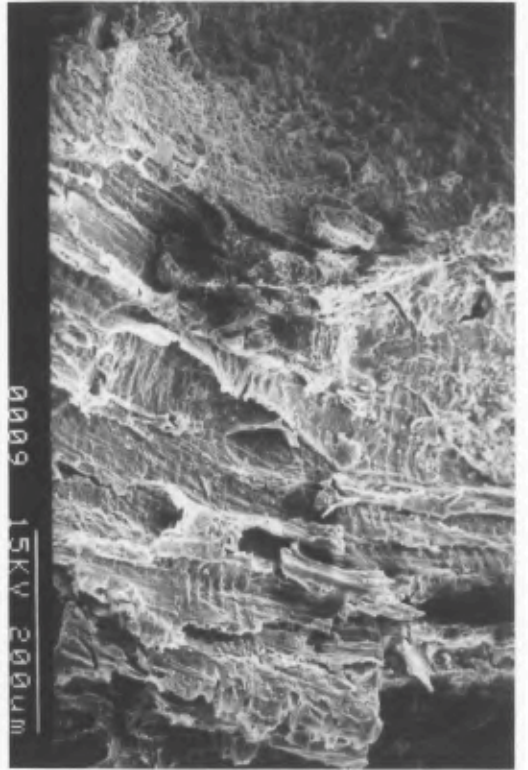


8 Probe 2. Sehnenartige Struktur.

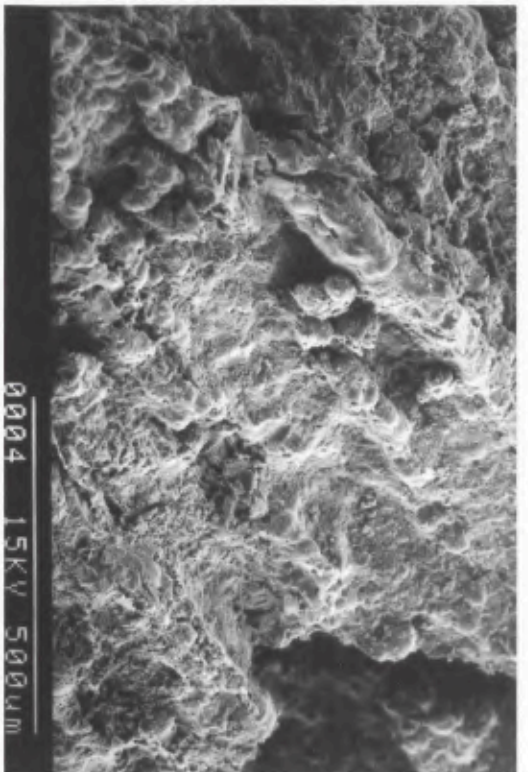


9 Probe 2. Sehnenartige Struktur.

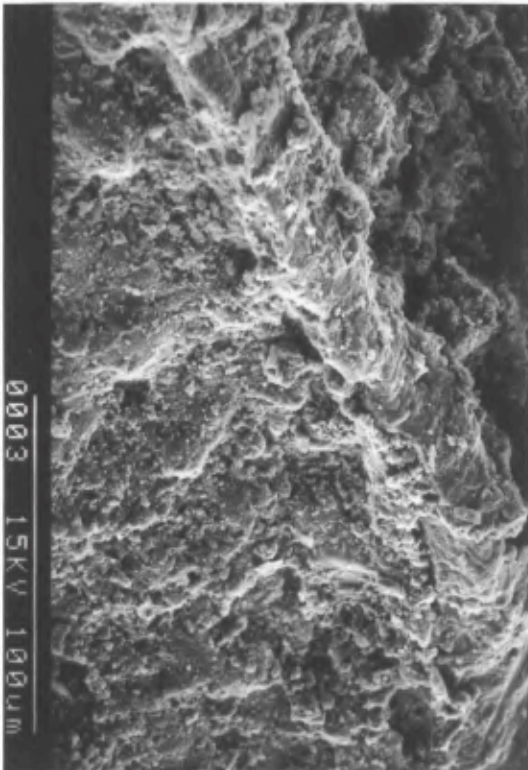




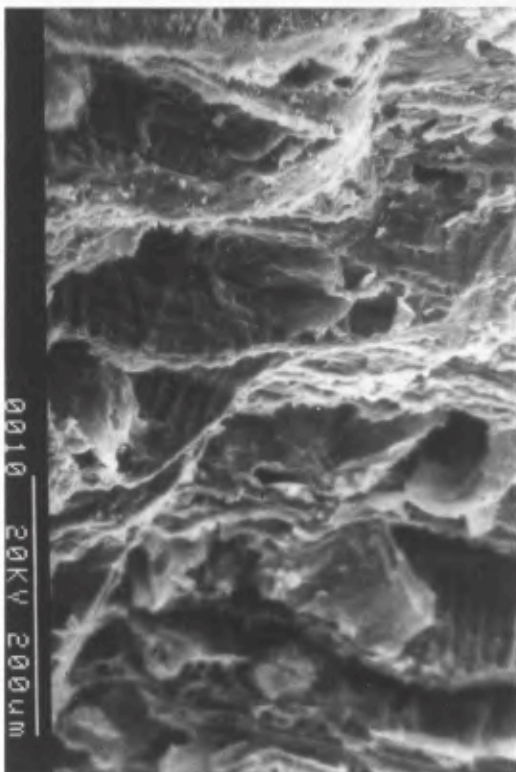
10 Probe 2. Sehnartige Struktur.



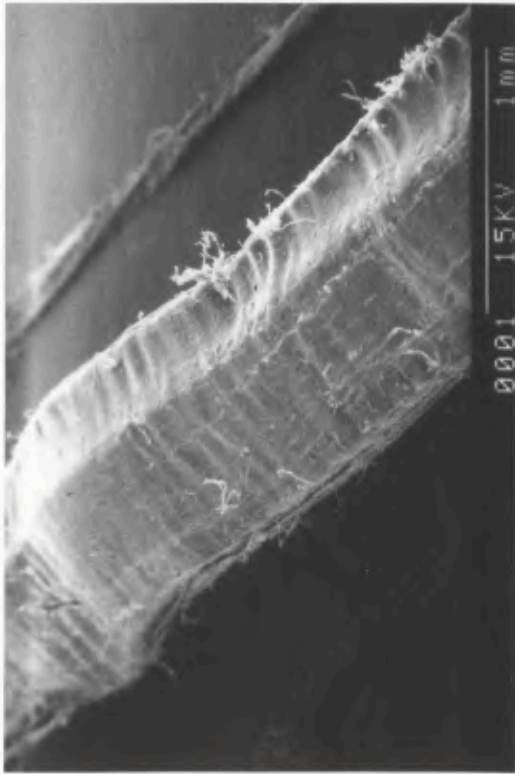
12 Probe 8. Sehnartige Struktur?



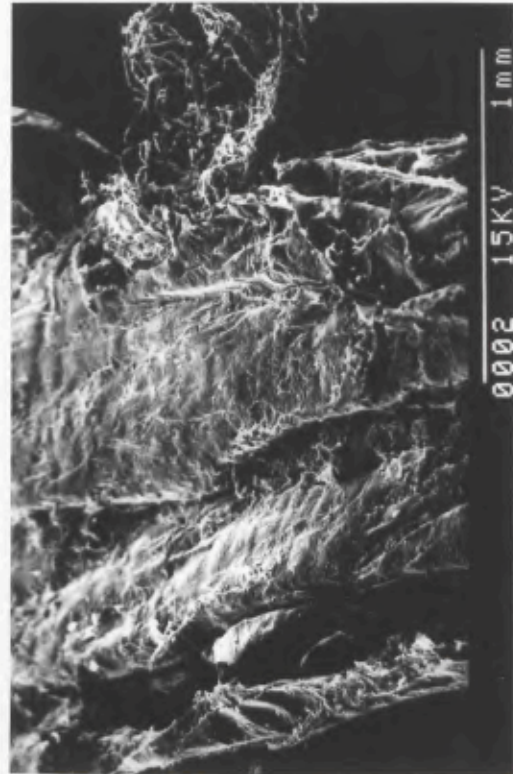
11 Probe 4. Sehnartige Struktur?



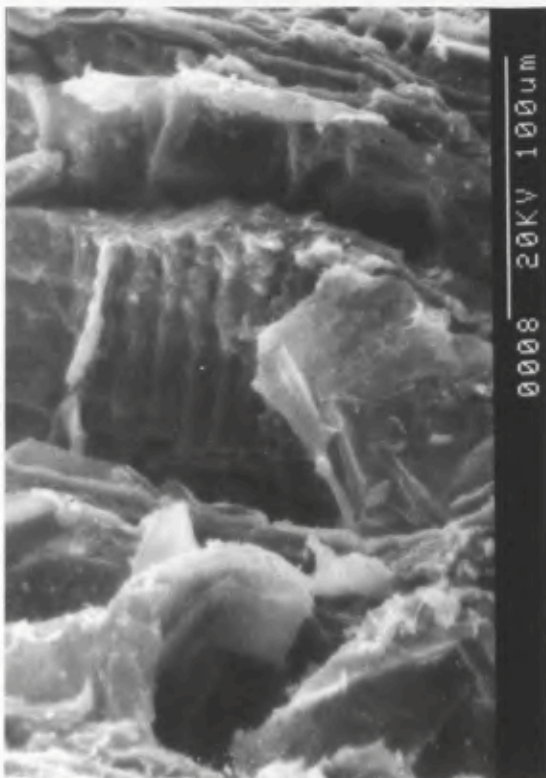
13 Probe vom Mai 2004. Sehnartige Strukturen.



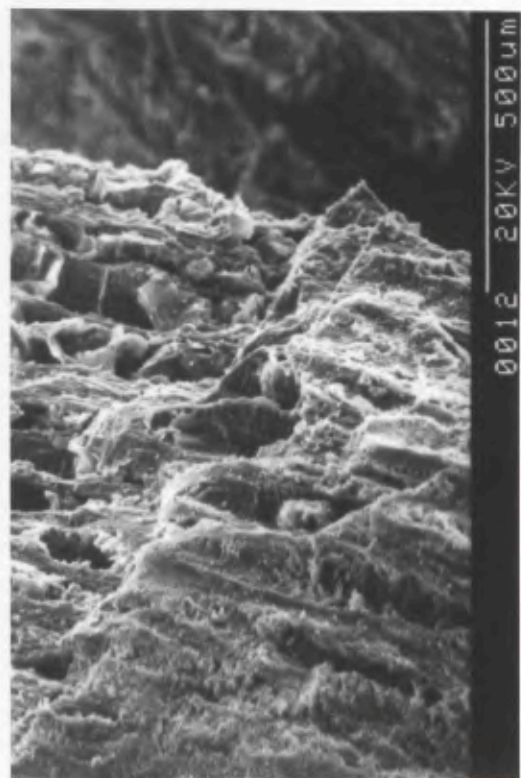
16 Vergleichsmaterial Bisonschnur.



17 Vergleichsmaterial Bisonschnur.



14 Probe vom Mai 2004, Schnurartige Struktur.



15 Probe vom Mai 2004, Schnurartige Strukturen.



ALEXANDER ZIMMERMANN

## Katapultbau – fast problemlos, bei solch einer Vorlage!

### Die Vorgeschichte

Seit 1984 beschäftige ich mich mit dem Nachbau von römischen Militärausrüstungen, Werkzeugen und Alltagsgegenständen. Diese Arbeiten werden vor allem bei den Präsentationen der Interessengemeinschaft VEX.LEG.VIII.AVG<sup>1</sup> eingesetzt.

Die erste von mir gefertigte Rekonstruktion einer Torsionswaffe stammt aus dem Jahr 1994. Inspiriert durch die Rekonstruktionen römischer Katapulte im Saalburgmuseum bei Bad Homburg habe ich mich damals an dieses Thema herangetastet.

Unverzichtbare Grundlagen für brauchbare Nachbauten hat Prof. Dr. Dietwulf Baatz mit seinen in „Bauten und Katapulte des römischen Heeres“ publizierten Forschungen geschaffen. Weitere Informationen trug ich aus der mir damals zugänglichen Katapultliteratur zusammen: Die überlieferten Schriften des Vitruv<sup>2</sup>, die Katapultbeschreibung eines Pseudo-Heron<sup>3</sup>, Forschungen aus den 1960er Jahren von E. W. Marsden<sup>4</sup> – vor allem aber aus einem kleinen, im Nachdruck erschienenen Büchlein von Erwin Schramm<sup>5</sup> zu den Rekonstruktionen antiker Katapulte für das Saalburgmuseum aus den beiden ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts waren Grundlagen dieser ersten Baupläne.

### Die Nachbauten

Als Vorlage diente zunächst ein Depotfund aus Cremona/I (wohl einem Materialversteck eines Plünderers aus den Wirren des Bürgerkrieges im Jahre 69 n. Chr.), bestehend aus zwei kompletten Vierersätzen an Spannbuchsen, einem besser und einem nur

<sup>1</sup> Interessengemeinschaft für experimentelle Archäologie und Geschichtsdarstellung: [www.legio8augusta.de](http://www.legio8augusta.de).

<sup>2</sup> M. Vitruvius Pollio, de architectura libri decem (dt. Ausgabe mit Kommentar hrsg. von C. Fensterbusch, Darmstadt 1996).

<sup>3</sup> dt. Übersetzung: N. GUDEA/D. BAATZ, Teile spätrömischer Ballisten aus Gornea und Orșova (Rumänien). Saalburg Jahrb. 31, 1974, 69 ff.

<sup>4</sup> E. W. MARSDEN, Greek and Roman Artillery. Historical Development (Oxford 1969); ders., Greek and Roman Artillery. Technical Treatises (Oxford 1971).

<sup>5</sup> E. SCHRAMM, Die antiken Geschütze der Saalburg (Berlin 1918, Reprint Bad Homburg v.d.H. 1980 mit einem Vorwort von D. Baatz).





1 Nachbau des Katapults aus Cremona.



2 Nachbau des Katapults Lyon/Orşova. Der eiserne Spannrahmen orientiert sich an dem Fund aus Lyon, die eiserne Bogenstrebe nach dem aus Orşova.

fragmentarisch erhaltenen Frontblech sowie mehreren Beschlagblechen des Holzrahmens (Abb. 1). Der Nachbau eines Geschützes mit ähnlichem Kaliber, aber in einer weiterentwickelten Bauart folgte: Ein komplett erhaltener eiserner Spannrahmen aus Lyon/F, kombiniert mit dem Fund einer eisernen Bogenstrebe aus Orșova/RO, war Vorlage für dieses zweite Geschütz (Abb. 2). Erfolgreiche Präsentationen bei zahlreichen musealen Veranstaltungen u. a. bei der ROMEC 1999 in Mainz<sup>6</sup> folgten. Es blieb aber immer ein gewisser Makel der Unvollständigkeit und des Provisoriums an den beiden Torsionswaffen haften. Sehr viele Details wurden zwar mit funktionsfähigen, aber nicht eindeutig belegbaren Kompromissen gelöst.

Selbst an der hervorragenden Katapultrekonstruktion nach einem gut dokumentierten Fund aus Ampurias/E im Saalburgmuseum lässt sich der eine oder andere Kompromiss entdecken. An dieser inzwischen 90 Jahre alten Rekonstruktion von Erwin Schramm müssen sich allerdings nach wie vor die Rekonstruktionen der modernen „Geschützbauer“ messen lassen.

### Die Torsionswaffe aus Xanten

Vitruv hinterließ brauchbare Grundprinzipien, die es ermöglichen, anhand des Innendurchmessers der Spannbuchsen die Dimensionen der anderen Bauteile zu bestimmen. Bereits Vitruv weist aber darauf hin, dass man beim Bau der Katapulte von diesem „Bauplan“ abweichen könne. Aber wie weit ist beim Nachbau die Abweichung vom Original zulässig?

Die Anzahl der wirklich vollständig erhaltenen – und bei der Ausgrabung sachgerecht dokumentierten – Katapultfunde ist sehr gering. Dadurch wird das wirklich „am Original“ orientierte Nachbauen erschwert, bzw. oft durch nicht belegbare Lösungen ersetzt. Ein Telefonanruf aus Xanten im April 2003 änderte die Situation schlagartig. Ein kompletter Spannrahmen sei gefunden worden! Zwar sei dieser etwas klein, aber in hervorragender Erhaltung. Schnell war ein Termin für eine erste Begutachtung beim Restauratorenteam in Haelen/Niederlande gefunden. Das zum Teil schon freigelegte Stück präsentierte sich einfach sensationell. Die Hinzuziehung von mir als Handwerker<sup>7</sup> in diesem frühen Stadium der Restaurierung empfand ich als Ehre und war froh, dass Prof. Dr. Baatz als Experte in Sachen antiker Geschütze bei dieser ersten Begutachtung ebenfalls vor Ort war. Aus diesem Zusammentreffen von Wissenschaft und Praxis konnten beide Seiten profitieren. Durch den sehr guten Erhaltungszustand, vor allem aber durch die behutsame Freilegung und Konservierung der Xantener Torsionswaffe durch das Team um die Restauratoren Jo Kempkens und Ton Lupak, war es nun möglich, eine Waffe nachzubauen, die sich größtmöglich an einem Originalfund orientiert.

Auf den ersten Blick sicher schwer erklärbare Befunde, wie z. B. die zur Arretierung der Buchsen beim Vorspannen der Bündel notwendigen Löcher im Rahmen, haben auf Röntgenbildern kurzfristig für Verwirrung gesorgt. Hier war es hilfreich, einen

<sup>6</sup> A. ZIMMERMANN, Zwei ähnlich dimensionierte Torsionsgeschütze mit unterschiedlichen Konstruktionsprinzipien – Rekonstruktionen nach Originalteilen aus Cremona (Italien) und Lyon (Frankreich). *Journal Roman Military Equipment Stud.* 10, 1999, 137–140.

<sup>7</sup> Ich habe den Beruf des Metallbauers erlernt und betreibe eine Schmiede und Schlosserei.



3 Nachbau des Querträgers des Xantener Spannrahmens. Links im Vergleich das entsprechende Bauteil nach den Angaben des Vitruv.



4 Der Nachbau der Xantener Torsionswaffe.





5 Der Nachbau beim ersten Test. Die Ausrüstung passt einigermaßen zur Datierung der Xantener Torsionswaffe.

Praktiker hinzuzuziehen, da es hier um Details geht, die sich beim Umgang mit einem Geschütznachbau beinahe automatisch erklären.

Der Bau selbst, zu dem ich durch den Landschaftsverband Rheinland beauftragt wurde, war dank der maßstäblichen Zeichnungen aus dem Hause Kempkens & Co., sehr gut zu bewerkstelligen (Abb. 3). Bearbeitungs- und Sägespuren am Original erlaubten Rückschlüsse auf die Fertigungsmethode der antiken Geschützbauer. Genaue Angaben zum verwendeten Material am Original (Eisen, Bronze, Messing, Eschenholz) und Abgüsse verschiedener Originalteile erleichterten die Anfertigung der Bauteile des Nachbaus ungemein, sodass es möglich war, sich nahe wie möglich an das Original heranzutasten. Die Rekonstruktion möge hier für sich selbst sprechen (Abb. 4–5).



6 Der Spannrahmen während der Bauphase – besonders der Metallreifen als Verstärkung der Holzverbindung fällt auf.

Aus abgelagertem Eschenholz wurde der Spannrahmen gefertigt. Die Ausführung der Holzverbindungen konnten 1:1 übernommen werden. Die Verzahnung des Spannrahmens bekommt durch einen Eisenrahmen (ähnlich der Funktion eines Fassreifens) zusätzliche Stabilität. Dadurch konnte die Verbindung an den Rand des Holzstückes gelegt werden, ohne dass diese bei Belastung ausreißt. Eine größere Gewichtsersparnis ist dadurch nicht zu erwarten (die geringere Materialstärke beim Holz gleicht sich durch den zusätzlichen Metallreifen in etwa aus), wohl aber eine dauerhaftere und steifere Verbindung der Spannrahmenecken, die im Einsatz eine zuverlässige Funktion der Waffe gewährleistet (Abb. 6).

An der Xantener Torsionswaffe lassen sich die Bestrebungen der antiken Geschützbauer nach Perfektion und Optimierung erkennen. Besonders bei einer solch kleinen Variante der Torsionswaffen ist es notwendig, eine robuste – aber trotzdem leichte Konstruktion zu wählen.

Die Ausführung der mit Blech beschlagenen Seitenstreben des Spannrahmens hat Schwierigkeiten bereitet. Die Aussparung für den Wurfarm bildet eine Schwachstelle an diesem Bauteil. Am Original konnte man erkennen, dass die Holzteile zur Aussparung hin verdickt ausgeführt wurden. Durch die beidseitig der Strebe angebrachten dünnen Stahlblechbeschläge und deren Verbindung mit Nägeln ergab dies ein besonders stabiles Bauteil. Man konnte diese Stelle verstärken, ohne die gesamte Strebe in dickerer Version ausführen zu müssen – womit mehr Gewicht und ein breiteres Format des Spannrahmens verbunden gewesen wären. Bei der Rekonstruktion ist diese Verdickung etwas geringer ausgefallen, als dies beim Original der Fall ist.

Schon bei den beiden zu Anfang beschriebenen Nachbauten war eine der Fragen die nach der Zerlegbarkeit für den Transport, bzw. für Reparaturmaßnahmen. Man kann davon ausgehen, dass Torsionsgeschütze<sup>8</sup> wie das andere Großgerät als Traglast auf Maultieren transportiert wurden. Große Steinwerfer wurden sicher zerlegt transportiert und konnten bei Bedarf zusammengesetzt werden. Es stellt sich die Frage, ob man sich sogar auf den Transport der wesentlichen Bauteile beschränkt und den Rest (wie z. B. das Untergestell) vor Ort neu angefertigt hat. Dies sind allerdings hypothetische Überlegungen – denen u. a. widersprechen würde, dass die Truppe auch überall dort einsatzbereit sein musste, wo es keine Möglichkeit gab, um Holz für die großen Katapulte zu schlagen.

Bereits die kleineren Pfeilkatapulte sind durch die Pfeife und den Spannrahmen recht sperrig, besonders wenn es gilt, diese auf ein Maultier (heutzutage gleichzusetzen mit einem PKW) zu verlasten. Um diese Waffen trotzdem recht zügig in Einsatz nehmen zu können, ist es hilfreich, eine einfach bedienbare, sichere, stabile und trotzdem lösbare Verbindung der Baugruppen zu haben. Am Xantener Original konnte man diese lösbare Verbindung in Form eines konischen Zapfens zwischen Pfeife und Spannrahmen beobachten. Selbst bei dieser relativ kleinen Version<sup>9</sup> scheint es also für sinnvoll erachtet worden zu sein, dass man die Waffe in handlichere Stücke zerlegen konnte. Dies war sicher auch für eine evtl. Reparatur von Nutzen, erleichterte zumindest den Austausch von defekten Bauteilen.

Leider war es den Archäologen nicht vergönnt, auch die restlichen Bestandteile der Xantener Torsionswaffe zu finden. So musste wieder einmal Vitruv mit seinen Angaben zu Länge und Dimension der Pfeife, zur Munition und zu den Wurfarmen herangezogen werden. Hier gilt mein Dank Herrn Prof. Dr. Baatz, der diese Maße – wie noch viele weitere Angaben – für den Nachbau beisteuerte.

Eine Vorrichtung zum Spannen wie auch der Abzugsmechanismus fehlte am Originalfund ebenfalls. Bei der Rekonstruktion habe ich den Abzugsmechanismus nach den textlichen Überlieferungen verwendet. Zum Spannen der Waffe reicht die Muskelkraft im Arm des Schützen in Kombination mit dessen Körpergewicht aus. Als Unterstützung beim Spannvorgang kann diese Kraft auf die Schulterstütze ausgeübt und über

<sup>8</sup> Für die Legion ist überliefert, dass jede Kohorte über einen schweren Steinwerfer (d. h. insgesamt 10 Stück) und jede *Centuria* über einen Pfeilkatapult (d. h. insgesamt 60 Stück) verfügte.

<sup>9</sup> Um die verschiedenen Größenordnungen der antiken Torsionswaffen einschätzen zu können, eine Auflistung einiger mir bekannten Nachbauten und deren jeweiliges Gesamtgewicht (ohne Gewähr): „Steinwerfer“ für Munition von ca. 2,5 kg der LEG.VI.VIC (Römerkohorte Opladen) = ca. 800 kg inkl. Untergestell. – „Steinwerfer“ für „eintalentige“ Munition (ca. 26,2 kg), gebaut für die BBC = 3,5 Tonnen für den linken Spannrahmen, d. h. sicher deutlich mehr als 10 Tonnen Gesamtgewicht. – „Pfeilkatapult“ (Cremona) der VEX.LEG.VIII.AVG für Pfeile mit einer Masse von 120 Gramm = ca. 55 kg inkl. Untergestell. – Xantener Pfeilkatapult als Handwaffe = ca 6,5 kg.





7 Spannvorgang – hier ohne Zuhilfenahme einer Winde oder anderen Spannvorrichtung.

den Schieber der Pfeife in die Spannbündel eingebracht werden (Abb. 7). Dies heißt aber nicht, dass bei einer kleinen Waffe wie der aus Xanten – mit ihrem entsprechend moderaten Zuggewicht – eine Winde mit Hebelarm(en) am hinteren Ende der Pfeife grundsätzlich keine Verwendung gefunden hat. Eine Anzahl von Nachbauten der Xantener Waffe, die in der Römerszene gleich nach einer ersten Veröffentlichung des Fundes angefertigt wurden, sind mit einer Winde ausgestattet worden. Erfahrungen beim Umgang mit diesen Rekonstruktionen tragen sicher dazu bei, solch offene Fragen zu klären. Mit Erscheinen dieser Publikation dürfte es keine all zu großen Schwierigkeiten machen, qualitativ hochwertige, am Original orientierte Nachbauten anzufertigen, mit deren Hilfe Rückschlüsse wie z. B. zur Spannvorrichtung, der Trefferquote und Waffenwirkung, zur allgemeinen Funktionsweise, zu Variationen für das Material der Spannbündel oder auch zu Abnutzungserscheinungen und Beschädigungen gezogen werden können.

Als Feststeller beim Spannen habe ich eine Konstruktion gewählt, die sich an einer kleinen Zahnstange aus Elginhaugh/SCO<sup>10</sup> orientiert. Ähnlich wird sie auch von Dr. Christian Miks im Artikel über seinen Nachbau einer „Cheiromballistra“<sup>11</sup> vorgestellt. Diese einzelne Zahnstange ist in die Pfeife eingelassen und arretiert den Schieber mit Hilfe einer Sperrklinke am Schieber beim Spannen der Waffe. Nach dem Abschuss des Pfeils lässt sich die nun entspannte Sperrklinke leicht entriegeln und der Schieber zum erneuten Spannen nach vorne schieben. Hier sind wir natürlich wieder bei einer Hypothese. Es ist aber bemerkenswert, dass zusammen mit der kleinen Zahnstange in Elginhaugh auch eine Katapultbuchse zutage kam, die den Xantener Buchsen fast gleicht, allerdings im Format noch etwas kleiner geraten ist.

Anfänglich Probleme bereitete die Beschaffung von geeignetem Material für die Spannsehnenbündel. Der Wunsch nach Seilen aus Tiersehnen<sup>12</sup> ließ sich auf einigen Umwegen erfüllen. Ein österreichischer Hersteller, der Bögen nach Vorlagen der nord-amerikanischen Indianer baut, fertigte die Seile für die Bespannung aus Bison-Lenden-sehnen. Schussversuche sollten zeigen, wie sich die Spannbündel verhalten und welche Kräfte sie entwickeln können.

Das Thema „antike Geschütze“ konnte durch den Xantener Fund bereichert werden. Vieles, was vorher spekulativ war, konnte am Original bestätigt, aber auch in Frage gestellt werden. Es ist zu hoffen, dass noch weitere Funde solch sensationeller Art, aber auch die Aufarbeitung zahlreicher Altfunde in den Magazinen bessere Einblicke in die Kunst der antiken Geschützbaumeister gewähren werden.

Abbildungsnachweis: sämtliche Fotos VEX.LEG.VIII.AVG.

<sup>10</sup> Mein Dank gilt Frau Dr. Lindsay Allason-Jones, die mir den Artikel über die Zahnstange und die Katapultbuchse zukommen ließ: L. ALLASON-JONES, Small Objects. In: W. S. Hanson, Elginhaugh: A Flavian Fort and its Annexe 2. Britannia Monogr. Ser. 23 (London 2007) 396 ff.

<sup>11</sup> CH. MIKS, Die Cheiromballistra des Heron. Überlegungen zu einer Geschützentwicklung der Kaiserzeit. Saalburg Jahrb. 51, 2001, 153 ff.

<sup>12</sup> Alternativ zu Sehnen sind Rosshaar, aber auch Frauenhaar in den Textquellen überliefert; vgl. Beitr. HENDRIKS.

# Glossar

Die lateinischen Begriffe folgen im Wesentlichen der Überlieferung bei Vitruv. 10,10–11.

|                                                                                                                          |                                                   |                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------|
| Arm                                                                                                                      | <i>bracchium</i>                                  | ἀγκών                  |
| große Bohrung<br>für Spannbuchse und<br>Spannseile im<br>Querträger, deren<br>Durchmesser zugleich<br>Grundmaß der Waffe | <i>foramen</i>                                    | διάμετρος, τρήμα       |
| Gegenplatte                                                                                                              | -                                                 | ὑπόθεμα                |
| Mittelständer                                                                                                            | <i>parastas media</i>                             | μεσοστάς, μεσοστάτης   |
| Pfeife                                                                                                                   | <i>canalis, canaliculus</i>                       | σὺριγξ                 |
| Querträger                                                                                                               | <i>peritretus</i>                                 | περίτρητον, περίτρητος |
| Schieber                                                                                                                 | <i>canalis fundus</i>                             | διώστρα, χελώνιον      |
| Seilkammer                                                                                                               | -                                                 | -                      |
| Seitenständer                                                                                                            | <i>parastas/ parastatica dextra,<br/>sinistra</i> | παραστάς, παραστάτης   |
| Spannbolzen                                                                                                              | <i>epizygis</i>                                   | ἐπιζυγίς               |
| Spannbuchse                                                                                                              | <i>modius, modiolus</i>                           | χοινικίς               |
| Spannrahmen                                                                                                              | <i>capitulum</i>                                  | πλινθίον               |
| Spannseil                                                                                                                | <i>nervus tortus, rudens</i>                      | τόνος                  |
| Vorstecker                                                                                                               | -                                                 | -                      |



## Adressen der Autoren

Bastian Asmus  
UCL Institute of Archaeology  
31-34 Gordon Square  
London WC1H 0PY  
Großbritannien

Dietwulf Baatz  
Mühlthalstr. 9d  
64297 Darmstadt  
Deutschland

Ursula Hendriks  
Kyllmannstr. 6  
14109 Berlin  
Deutschland

Jo Kempkens und Ton Lupak  
Windmolenven 45  
6081 PJ Haelen  
Niederlande

Hans-Joachim Schalles  
LVR-Archäologischer Park Xanten / LVR-RömerMuseum  
Trajanstr. 4  
46509 Xanten  
Deutschland

Frank Willer  
LVR-LandesMuseum Bonn  
Colmantstr. 7–9  
53115 Bonn  
Deutschland

Alexander Zimmermann  
Rosenstraße 10  
72124 Pliezhausen  
Deutschland