

## HINTER DER SILBERNEN MASKE

### EIN NIEDERLÄNDISCH-DEUTSCHES FORSCHUNGSPROJEKT ZU FRAGEN ANTIKER HERSTELLUNGSTECHNIKEN AN RÖMISCHEN REITERHELMEN DES 1. JAHRHUNDERTS N. CHR. AUS NIJMEGEN/NL UND XANTEN/D

Im Mittelpunkt archäologischer Forschungen stehen heute immer häufiger Fragen zu antiken Herstellungstechniken und den daraus ableitbaren kultur- und wirtschaftshistorischen Zusammenhängen, bei denen Archäologen, Restauratoren und Naturwissenschaftler verschiedener Fachrichtungen eng zusammenarbeiten. Die genaue Beobachtung antiker Arbeitsspuren sowie die Durchführung materialkundlicher Untersuchungen an Fundstücken ermöglichen es, zusammen mit den Erkenntnissen aus der experimentellen Archäologie, teils bisher unbekannte Technologien zu entschlüsseln und weitgehend zu rekonstruieren. Nicht selten ergeben sich hieraus neue Erkenntnisse, die dann in die Gesamtauswertung archäologischer Fundkomplexe einfließen können.

Forschungsprojekte zu Techniken antiker Metallherstellung wurden in den Restaurierungswerkstätten des LVR – Landesmuseums Bonn schon seit dem Ende der 80er Jahre durchgeführt. Eine der wichtigsten Arbeiten der letzten Jahre beschäftigte sich mit der Produktion römischer Reiterhelme, die mit sogenannten Visier- oder Gesichtsmasken versehen waren sowie der Analyse von Gebrauchsspuren an ihnen. Diese Helme wurden sowohl im Kampf eingesetzt, aber auch bei Turnieren oder Paraden. Neben Funden aus Xanten, Neuss, Dormagen und Köln<sup>1</sup> konnte auch die bekannte Gesichtsmaske eines römischen Reiterhelms aus Kalkriese untersucht werden. Diese hatte man 1990 bei Ausgrabungen auf dem vermuteten Schauplatz der Varusschlacht entdeckt, bei der im Jahre 9 n. Chr. drei römische Legionen vernichtend geschlagen wurden. Eine Publikation der Untersuchungen hierzu liegt

vor<sup>2</sup>, ferner erfolgte 2005 eine Präsentation auf der »Roman Military Equipment Conference XV« in Budapest. Daraufhin wurde vom Museum Het Valkhof, Nijmegen und dem LVR – Landesmuseum Bonn ein gemeinsames Forschungsprojekt initiiert. Aufbauend auf den bisherigen Erkenntnissen sollten nun auch die römischen Reiterhelme des 1. Jahrhunderts n. Chr. aus dem Bestand des Museums Het Valkhof Nijmegen, des LVR – Römermuseums Xanten sowie des LVR – Landesmuseums Bonn untersucht werden.

Besonders die Maskenhelme aus Nijmegen (Abb. 1) und Xanten standen aufgrund ihrer qualitätvollen Technik sowie der großen Anzahl der gefundenen Helme und Helmfragmente bereits häufiger im Mittelpunkt archäologischer Forschungen<sup>3</sup>. Eine umfassende technologische Untersuchung der Stücke war jedoch bislang nicht durchgeführt worden.

So wurden in Vorbereitung des Projekts und der genaueren Betrachtung der Helme verschiedene Forschungsziele formuliert:

- Welche Arbeitsschritte wurden für die Herstellung der Helme benötigt?
- Welche Techniken lassen sich nachweisen?
- Welche Rohstoffe wurden verwendet?
- Wie wurden die verschiedenen Werkstoffe miteinander verbunden?
- Lassen sich Materialmengen und Produktionszeiten berechnen?
- Wie haben die Helme ursprünglich ausgesehen?
- Wurden die Helme importiert oder handelt es sich um regionale Arbeiten, die vor Ort gefertigt wurden?



**Abb. 1** Die Gesichtshelme aus Nijmegen – eine Auswahl.

- Erlauben die verwendeten Materialien und deren Eigenschaften sowie die Produktionsverfahren einen Aufschluss über den Verwendungszweck bzw. die Einsatzmöglichkeiten der Helme?
- Lassen sich technologische Weiterentwicklungen später zu datierender Reiterhelme nachweisen, die auf die Techniken der Nijmegener und Xantener Helme zurückführen?

Um diese Fragen beantworten zu können, wurden eingehende Untersuchungen der Fundstücke durchgeführt. Im Mittelpunkt standen dabei die technischen Aspekte der Herstellung sowie die Qualität der Helme.

### Historischer Kontext

Schon vor 12 v. Chr. errichteten römische Truppenverbände in Nijmegen auf dem Hunerberg ein ca. 42 ha großes Truppenlager für etwa zwei Legionen, d.h. ca. 15 000 Mann. Dies diente zwischen 12 und 9 v. Chr. dem römischen Feldherrn Drusus als Stützpunkt für seine Feldzüge gegen germanische Ver-

bände auf der rechten Rheinseite. Später wurde das große Lager durch eine kleinere, etwa 4 ha große Anlage auf dem benachbarten Kops Plateau ersetzt. Die meisten der in Nijmegen gefundenen Helme stammen von diesem Lager<sup>4</sup> (vgl. Tab. 1). Sie gehörten Auxiliarreitern, wahrscheinlich ortskundigen, einheimischen Soldaten, die im Stammesgebiet der Bataver für römische Reitereinheiten rekrutiert wurden<sup>5</sup>. Während des sogenannten Bataveraufstands erhoben sich 69 n. Chr. die batavischen Hilfstruppen unter der Führung des Civilis zusammen mit weiteren germanischen und keltischen Stämmen gegen Rom, bis die Revolte im Jahre 70 n. Chr. niedergeschlagen wurde. Tacitus berichtet, dass die Bataver beim Anrücken der römischen Truppen ihre Stadt selbst angezündet hätten. Lager und Vicus wurden infolgedessen zerstört. Einer der letzten Helmfunde von 2006 gehört wohl in diesen Zusammenhang, da er in einer Brandschicht in einem eingestürzten und mit Trümmern verfüllten römischen Kellerraum entdeckt wurde.

Ein Teil der Nijmegener Stücke wurde, sorgfältig im Boden zusammen mit Speisen, Geschirr, Sätteln oder anderen Waffen vergraben, entdeckt. Die

Nr.	Objekt	Inv.-Nr.	Datierung	Fundort	Sammlung	Maße (in mm)	Blechdicke (in mm)
1	Gesichtshelm	KH.401/199	Mitte 1. Jh. n. Chr.	Nijmegen/ Kops Plateau	Museum Het Valkhof, Nijmegen	H. 257, B. 219, D. 234 Maske: H. 178, B. 219, D. 163	Maske: ca 2,5 Helm: 1,5-2
2	Gesichtshelm	KH.401/198	Mitte 1. Jh. n. Chr.	Nijmegen/ Kops Plateau	Museum Het Valkhof, Nijmegen	H. 223, B. 225, D. 260 Maske: H. 178, B. 225, D. 148	Maske: ca. 2,5 Helm: 1,5-2
3	Gesichtshelm	KH.429/ 039041	Mitte 1. Jh. n. Chr.	Nijmegen/ Kops Plateau	Museum Het Valkhof, Nijmegen	H. 275, B. 196, D. 248 Maske: H. 162, B. 188, D. 134	Maske: ca. 2,5 Helm: 1,5-2
4	Fragment einer Gesichtsmaske	KH.296/208	Mitte 1. Jh. n. Chr.	Nijmegen/ Kops Plateau	Museum Het Valkhof, Nijmegen	H. 85, B. 96, D. 41	ca. 2
5	Gesichtsmaske	Jo1.29.652	Mitte 1. Jh. n. Chr.	Nijmegen/ St. Josephhof	Bureau Archeologie, Gemeente Nijmegen	H. 183, B. 170, D. 169	ca. 2
6	Gesichtsmaske	BE.I.54	Mitte 2. Jh. n. Chr.	Nijmegen/ Beekmans- dalseweg	Museum Het Valkhof, Nijmegen	H. 240, B. 220, D. 172	ca. 2
7	Gesichtshelm	XXI.I.4	2. Hälfte 1. Jh. n. Chr.	Nijmegen/ im Fluss Waal	Museum Het Valkhof, Nijmegen	H. 242, B. 228, D. 230 Maske: H. 179, B. 222, D. 159	ca. 2
8	Gesichtshelm	RMX 91,21.003	1. Jh. n. Chr.	Xanten-Wardt/ im Rhein	LVR – Römer- museum Xanten	H. 185, B. 200, D. 230	ca. 2,5
9	Reiterhelm	RLMB Inv.86.70	1. Jh. n. Chr.	Xanten-Wardt/ im Rhein	LVR – Landes- museum Bonn	H. 185, B. 200, D. 210	Eisen 2,5 Silber 0,2

**Tab. 1** Vorstellung der im Helmprojekt untersuchten Objekte.

Deponierung von Waffen und Zubehör ist seit der Bronzezeit (2000-1800 v. Chr.) belegt und war auch noch in römischer Zeit üblich<sup>6</sup>. Vor der Niederlegung der Helme hatte man allerdings den größten Teil des wertvollen Silberüberzugs entfernt.

Auch in dem nur 45km entfernten Xanten befand sich seit 13/12 v. Chr. auf dem Fürstenberg unweit des Rheins ein wahrscheinlich von Drusus errichtetes Militärlager (*vetera castra*), das als Basislager für die Vorstöße römischer Truppen nach Germanien vor allem entlang der Lippe diente<sup>7</sup>. Das später unter Nero erbaute, etwa 58ha große Zweilegionenlager wurde ebenfalls im Zuge des Bataveraufstands vernichtet. Bei Xanten-Wardt, etwa 6km nördlich dieses Lagers, konnte man in den 80er Jahren des 20. Jahrhunderts bei Auskiesungsarbeiten in einem Altrheinarm zahlreiche römische Militärgegenstände bergen. Neben Waffen kamen dabei auch fünf Helme aus Eisen sowie sieben aus Kupferlegierungen zu Tage, die sich römischen Legionären und Auxiliarsoldaten zuweisen ließen<sup>8</sup>. Bei einem dieser Helme handelte es sich um ein typologisch und technisch den Nijmegener Reiterhelmen vergleichbares Exemplar eines eisernen Gesichtshelms aus

dem 1. Jahrhundert n. Chr., bei dem jedoch die Maske fehlte. Aufgrund der Verwandtschaft zu den Nijmegenern Stücken wurde auch dieser Helm im Rahmen des Forschungsprojekts untersucht (Tab.1 Nr. 8).

Der sicherlich herausragendste Reiterhelm dieser Fundstelle befindet sich im LVR – Landesmuseum Bonn. Er besitzt zwar ebenfalls keine Gesichtsmaske, ist dafür aber gänzlich mit Silberblech überzogen, das mit prunkvollen Treibarbeiten sowie Teilvergoldungen verziert ist. Der Helm gehörte wohl einem Angehörigen des römischen Ritterstands, der als Offizier in einer in Xanten stationierten Einheit diente<sup>9</sup>. An diesem Helm (Tab. 1 Nr. 9) ließ sich im Verlauf des Projekts eine Klebtechnik für Metalle nachweisen, auf die später genauer eingegangen wird.

## Beschreibung der Helme

Bei der römischen Armee waren verschiedene Helmtypen in Gebrauch<sup>10</sup>. Zur Gruppe von Helmen, die der Reiterei zugeschrieben werden, zählen die innerhalb des Projekts untersuchten Stücke aus Xanten und Nijmegen (vgl. Tab. 1).

Besonders die Masken der Reiterhelme des 1. Jahrhunderts n. Chr. waren aus unedlem Eisen gefertigt und wurden wohl zur Aufwertung abschließend mit einem dünnen Silberblech oder mit einem feuerver Silbernten bzw. -vergoldeten Blech aus Kupferlegierungen überzogen.

Mit Ausnahme des Reiterhelms Tabelle 1 Nr. 9 waren die untersuchten Helme sämtlich zweiteilig gearbeitet: Sie bestanden aus einem Hinterhaupthelm und daran montierbaren Visieren. Die Gesichtsmasken besaßen Augenschlitze sowie Öff-

nungen für die Atmung durch Mund und Nase. Maske und Helm schützten den Kopf des Trägers vollständig.

Frühe Gesichtshelme des 1. Jahrhunderts n. Chr., zu denen auch das Stück aus Kalkriese gehört, besaßen am Helm zusätzliche Wangenklappen, mit denen die schmalen, ohrlosen Masken beim Tragen am Gesicht fixiert werden mussten. Dank der Wangenklappen ließen sich diese Helme bei Bedarf auch ohne Masken tragen.

Die späteren Helme des 1. Jahrhunderts n. Chr., wie die Reiterhelme aus Nijmegen und Xanten, hatten breitere Gesichtsmasken, bei denen die Ohren mit ausgearbeitet waren. Diese Helme benötigten keinen zusätzlichen seitlichen Schutz durch Wangenklappen. Mittels eines Metallstiftes und einer Scharnierverbindung an der Stirnmitte ließen sich die Gesichtsmasken hochklappbar am Helm fixieren. Dies war die übliche Befestigungsmethode, die auch bei den Nijmeger Masken (Tab. 1 Nr. 1, 2, 5, 7) angewendet wurde (Abb. 1 links u. Mitte)<sup>11</sup>. Ein Tragen dieses Helmtyps ohne Gesichtsmaske scheint, entgegen bisheriger Vermutungen, nicht möglich gewesen zu sein, da sich der Helm aufgrund fehlender Vorrichtungen für die Montage von Wangenklappen nicht ausreichend am Kopf sichern ließ. Daher wird auch der Helm Tabelle 1 Nr. 8 ursprünglich eine Gesichtsmaske besessen haben. Eine weitere Variante funktioniert ohne Scharnierverbindung (Tab. 1 Nr. 3). Bei diesem Helm besitzt die Maske am oberen Abschluss einen winkligen Versatz, mit der sie unter den Helm geschoben werden konnte (Abb. 2). Die Maske wurde dabei oben mit zwei vernieteten, bronzenen Schnallen und



**Abb. 2** Helm aus Nijmegen. Die Maske ist unter den Helm geschoben und wird mit Lederriemen fixiert.



**Abb. 3** Detailansicht einer eisernen Gesichtsmaske mit nielloverzierten Nieten und Resten eines silbernen Überzugs.

Lederriemen gegen ein Herunterrutschen am Helm gesichert. Zur seitlichen Fixierung dienten bei beiden Befestigungstypen im Kinnbereich montierte, runde Nietköpfe von ca. 1,5cm Durchmesser, die sich mittels eines am Helm befestigten Lederriemens verbinden ließen. Diese waren z.T. durch Silberblechauflagen und Nielloeinlagen verziert (Abb. 3).

Ornamentartige Verzierungen finden sich darüber hinaus an zwei Masken (Tab. 1 Nr. 1, 4) in Form kreisrunder Gruben unterhalb der Augen, die ehemals im Silberblech wohl mit Niello ausgefüllt waren. Sie sollten möglicherweise Tätowierungen imitieren.

Vier Helme (Tab. 1 Nr. 1-3, 8) weisen außerdem Reste einer aufwändig gestalteten, textilen Flechtbandapplikation auf, die später ausführlich besprochen werden sollen.

Der Helm Tabelle 1 Nr. 2 zeigt ferner an der Stirnpartie Reste einer bislang nicht beobachteten, in Silberblech getriebenen und diademartigen Verzierung, die durch Eisenkorrosionsschichten überlagert war. Hier war ansonsten, wie auch bei den anderen Helmen, der größte Teil des Silbers bereits in der Antike entfernt worden.

Nahe liegend erscheint eine Polsterung der Innenseiten der Helme. Fragmente textiler Reste haben sich jedoch nur in einem Fall erhalten<sup>12</sup>. Denkbar wären auch Auskleidungen mit Leder, wie sie etwa an einer Reitermaske des 2. Jahrhunderts n. Chr. aus Dormagen rekonstruiert werden konnten<sup>13</sup>. Trageversuche, die M. Junkelmann unter Turnierbedingungen durchführte, ergaben jedoch, dass eine Ausfütterung der Masken nicht zwingend notwendig war<sup>14</sup>.

### Erhaltungszustand der Helme

Durch ihre nahezu zwei Jahrtausende währende Lagerung im Boden bzw. im Flusskies haben die Helme viel von ihrer ursprünglichen Pracht verloren, einige Stücke sind nur fragmentarisch erhalten (Tab. 1 Nr. 4, 5). Während das Metall bei den Objekten aus Nijmegen gefestigt wurde, liegen die

textilen Elemente nur vorsichtig oberflächlich gereinigt vor. Allein der Xantener Helm (Tab. 1 Nr. 8) ist vollständig restauriert<sup>15</sup>.

Bedingt durch den Erhaltungszustand lassen sich eindeutige Gebrauchsspuren nicht mehr nachweisen. Lediglich die Deformierung im Stirnbereich des Xantener Helms (Tab. 1 Nr. 8) wird auf eine antike Beschädigung zurückgeführt<sup>16</sup>.

Entgegen des üblichen Korrosionsbildes archäologischer Eisenfunde zeigt das Eisenblech einiger Helme (Abb. 1-2) einen relativ guten Erhaltungszustand. Dies hat wohl neben günstigen Bedingungen der Bodenlagerung möglicherweise auch herstellungstechnische Gründe, worauf später noch genauer eingegangen werden soll. Tatsächlich haben Konfigurationen von Metallgefügen und deren Korngrenzen<sup>17</sup> einen nicht unerheblichen Einfluss auf das Korrosionsverhalten von Metallen. Dabei spielt die Zusammensetzung des Metalls (Legierung) sowie dessen Bearbeitung (Gießen, Schmieden, Glühen, Abschrecken etc.) mit einhergehender Veränderung des Metallgefüges eine wichtige Rolle. Die archäologischen Funde weisen darauf hin, dass Handwerkern des Altertums durch Erfahrung solche komplexen Herstellungsverfahren bekannt waren, mit denen sie gezielt die Eigenschaften des Metalls steuern konnten<sup>18</sup>. In diesem Zusammenhang sind wohl auch antike Herstellerstempel zu sehen, die an sehr qualitätvollen Eisengeräten mit militärischem Hintergrund nachgewiesen wurden und die als eine Art Qualitätssiegel interpretiert werden<sup>19</sup>.

Berücksichtigt man die Korrosionseinflüsse an den Nijmegener Masken, so betragen ihre ursprünglichen Blechdicken etwa 2-2,5mm. Eine entsprechend starke, waffentaugliche Mindestblechdicke konnte auch M. Junkelmann an zahlreichen Reiterhelmmasken des 1. Jahrhunderts n. Chr. feststellen<sup>20</sup>. Obwohl bei anderen römischen Waffenteilen, so etwa der Panzerung, auch dünnere Blechstärken nachgewiesen sind<sup>21</sup>, scheint verständlicherweise der empfindliche Kopfbereich des Trägers mit einem besonderen Schutz bedacht worden zu sein.

## Technische Untersuchungen an den Helmen

Im Rahmen des Helmprojekts wurden die einzelnen Untersuchungen nach Materialgruppen unterteilt. Nur unter Beteiligung und dem besonderen Einsatz weiterer, am Ende des Texts genannter Fachkolleginnen und -kollegen verschiedener Museen sowie archäologischer Labore und Institute war es möglich, alle Analysen sowie Experimente kostenfrei durchzuführen. Ihnen sei an dieser Stelle nochmals herzlich gedankt.

### Das Eisen

Für eine Panzerung verwendete Metallbleche sollten komfortabel zu tragen sein und gleichzeitig einen höchst möglichen Schutz bieten. Es ist daher vorzusetzen, dass römische Waffenschmiede für die Herstellung anspruchsvoller Schutzausrüstung wie die untersuchten Helme neben ihrem enormen technischen Wissen und handwerklichen Geschick erstklassige Werkzeuge<sup>22</sup> und bestes Material verwendeten<sup>23</sup>, das sich in Qualität und Zusammensetzung von dem für Gegenstände des täglichen Bedarfs unterschied, was Forschungen der Universität Reading/GB auch bestätigen<sup>24</sup>. Dort konnte u.a. nachgewiesen werden, dass spröde Gusseisenbleche speziell für eine Verwendung in römischen Schuppenpanzern an der Rückseite in einer oxidierenden Ofenatmosphäre wieder entkohlt, also weich und duktil gemacht wurden. Die Kombination einer äußeren, harten Oberflächenschicht mit einer weichen, duktilen und kraftabsorbierenden Wirkung vereint die Eigenschaften einer idealen Panzerung<sup>25</sup>.

Die Frage nach der Schutzfunktion der untersuchten römischen Gesichtshelme sollte an der Maske aus **Tabelle 1 Nr. 2** mittels einer Materialprüfung näher untersucht werden. Dazu wurde an einem Wangenfragment eine etwa 2,5x3 cm große Probe entnommen. Die metallurgischen Anschliffuntersuchungen und optischen Gefügebestimmungen hat das Gießerei-Institut der RWTH in Aachen durchgeführt.

Dazu wurde die Probe zunächst hochkant stehend in Epoxidharz eingebettet, angeschliffen, poliert, und angeätzt<sup>26</sup>, so dass sich ein Querschnittbild des Metallgefüges senkrecht zur Oberfläche erzeugen ließ. Unter dem Auflichtmikroskop wurde dann die Gefügestruktur des Eisens bei 200-facher Vergrößerung untersucht, um herauszufinden, ob es sich hierbei um ein kohlenstoffhaltiges Eisen bzw. waffenfähigen Stahl oder ein reines ferritisches Weicheisen handelt. Im Gefügebild lassen sich die dunklen, kohlenstoffhaltigen Phasen (Perlit) gut von den weißen, kohlenstofffreien Phasen (Ferrit) unterscheiden. Liegt der Anteil an Kohlenstoff über 0,3 % so bezeichnet man diese Legierung als einen zu härtenden Stahl, steigt der Anteil über 2,1 %, spricht man von einem im kalten Zustand nicht schmiegbaren Eisen<sup>27</sup>.

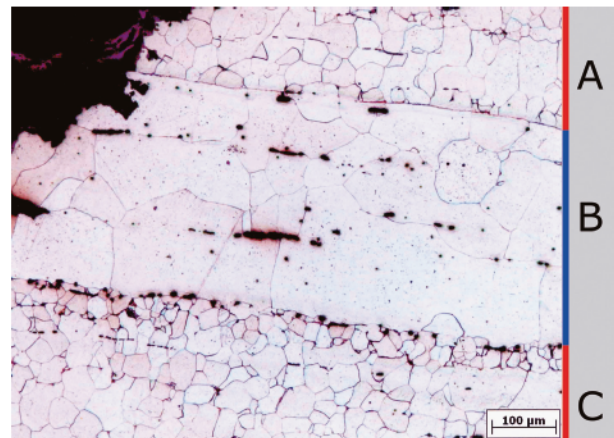
Bei den Untersuchungen in Aachen ergab sich, dass das Gefügebild im Auflicht dem von ferritischem, kohlenstoff- und phosphorarmem Weicheisen entsprach<sup>28</sup>, das in einzelnen Lagen parallel geschichtet war. In den metallischen Zonen, aber auch an den Rändern der Lagen, die planparallel zur Oberfläche des Maskenblechs verliefen, waren längliche, dunkle, nichtmetallische Schlackeneinschlüsse zu erkennen (**Abb. 4 A-C**). Für die Bildung derartiger Lagenstrukturen in antikem Eisen wurden zwei Entstehungsmöglichkeiten diskutiert: Einerseits können sie entstehen, wenn das Ausgangsmaterial, die Eisenschmelze, zur Reduzierung von nichtmetallischen Einschlüssen (Schlacke) mehrmals im glühenden Zustand ineinander verschmiedet bzw. verknetet wird. Dadurch kann die Qualität des Eisens gesteigert werden, wobei nicht alle Schlackeneinschlüsse entfernt werden können. Die infolgedessen entstehenden Gefügebilder konnten bereits gelegentlich nachgewiesen werden<sup>29</sup>. Andererseits können Schlackeneinschlüsse auch bei der gezielten Feuererschweißung eines einzelnen oder mehrerer Eisenschmelzen in Schichten oder Lagen entstehen. Dabei handelt es sich allerdings um eine Herstellungsweise, die bislang nur von Damaststählen bekannt ist<sup>30</sup>. Sie kombiniert die guten Eigenschaften von weichem und von hartem Eisen bzw. kohlenstoffhaltigem Stahl, d.h. Flexibilität und Härte. Diese

Funktionen dürften aber ebenso bei der Herstellung von Waffenteilen und Blechen, etwa für die Fertigung von Schutzpanzern, wichtig gewesen sein<sup>31</sup>. Im Gegensatz zu Damaststählen, bei denen harte und weiche Stähle zu einem neuen Werkstoff kombiniert werden, scheint jedoch eine Lagenverschweißung von reinem Weicheisen zunächst technologisch keinen Sinn zu ergeben.

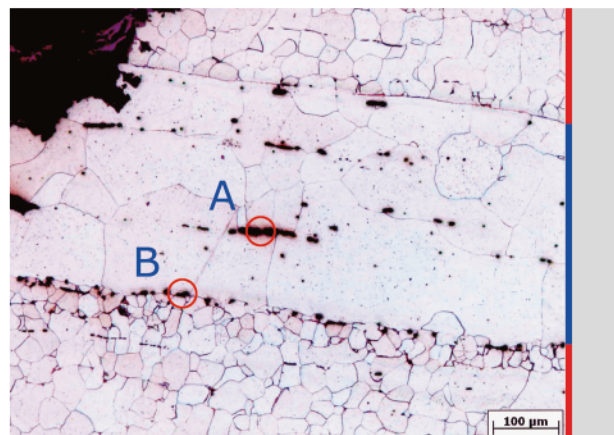
Berücksichtigt man den Korrosionsgrad des Blechs, so könnte es sich ehemals um achtlagiges Eisen gehandelt haben. Ein achtlagiges Eisen kann entstehen, wenn man einen Rohling dreimal faltet und miteinander verschweißt. Bei dieser Technik lassen sich recht schnell hohe Lagenanzahlen erreichen, da sie sich bei jeder Faltung potenzieren. So erhält man bereits nach einer zehnfachen Faltung und Verschweißung ein Eisen mit 1024 Lagen.

Der Schlüssel zur Klärung der beschriebenen Herstellungsprozesse schien die genauere Untersuchung der Schlacke zu sein. Dabei handelt es sich im archäologischen Eisen um amorphe bis teilamorphe Reaktionsprodukte, die beim antiken Herstellungsprozess des Eisens (Renneisen) entstehen<sup>32</sup>. Zur Unterscheidung des Sachverhalts, ob die Schlacken durch eine Verschweißung erzeugt wurden und nicht zufällig durch das Austreiben des Roheisens entstanden sind, wurden die erkennbaren Einschlüsse am Institut Collectie Nederland in Amsterdam auf deren mögliche Entstehung genauer untersucht und eine Bestimmung der chemischen Zusammensetzung unter Einsatz einer EDS (Energiedispersive Röntgenspektroskopie) durchgeführt.

Die Analysen ergaben, dass die Zusammensetzung der Schlacken innerhalb der metallischen Zone und an den Lagengrenzen unterschiedlich ist. Die Schlackeneinschlüsse am Rand der einzelnen Lagen bestehen hauptsächlich aus Verbindungen mit reinem Silizium (Abb. 5 B), wohingegen die Schlacken aus dem inneren Metallgefüge neben Silizium auch Aluminium enthalten (Abb. 5 A). Letztgenannte Elemente lassen sich auf das heterogen zusammengesetzte Eisenerz zurückführen. Im Zusammenhang mit den diskutierten Schutzeigenschaften der untersuchten Helme und deren entsprechend erfor-

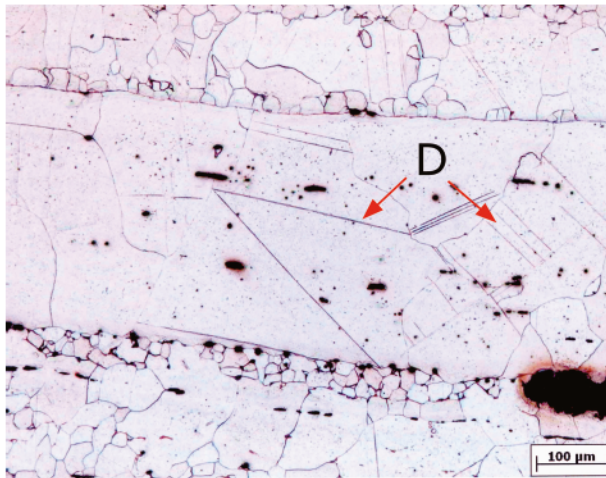


**Abb. 4** Detailansicht des Gefügebildes der Eisenprobe mit drei sichtbaren Eisenlagen (A-C), die sich durch dunkle Bänder voneinander abgrenzen.



**Abb. 5** Detailansicht des Eisengefüges. A Schlacke aus dem Erz, B Schlacke, die durch Zugabe von Flussmittel entstanden ist.

derlichen Metallgefügestrukturen wurde die Zusammensetzung der Schlacken an den Lagengrenzen von den niederländischen Kollegen als ein Hinweis auf eine mögliche Feuerverschweißung, wie sie schon im Altertum<sup>33</sup> Anwendung fand, gedeutet. Das festgestellte Silizium könnte so möglicherweise auf die Zugabe von Quarzsand, der Siliziumoxid ( $\text{SiO}_2$ ) enthält, zurückgeführt werden<sup>34</sup>. Ferner wurde angenommen, dass die Verwendung von Weicheisen zur Herstellung von Reiternmasken die besondere Art der antiken Herstellungstechnik notwendig machte. Nur ein gut kaltverformbares Eisenblech lässt sich plastisch zu einer Gesichtsmaske umformen. Diese feine Schmiede- oder Treibtechnik ist eher mit Arbeitsweisen von Bunt- oder Silberschmieden vergleichbar.



**Abb. 6** Detailansicht des Eisengefüges mit sichtbaren parallelen Linien, sog. Verformungszwillingen (D).

Zur abschließenden Klärung des Sachverhalts sind weitere chemische Analysen des Metallgefüges geplant<sup>35</sup>.

Im Anschliffbild ist außerdem zu erkennen, dass die mittlere Lage des Blechs größere Gefügekörner aufweist (Abb. 6 D). In diesen Körnern befinden sich gerade, parallele Linien, sogenannte Zwillingslamellen (Neumannsche Bänder)<sup>36</sup>. Diese können in Eisengefügen entstehen, wenn im atomaren Raumgitter durch schlagartige Verformung Störstellen bzw. Gitterfehler durch Gleitvorgänge im atomaren Aufbau entstehen. Zwillingslamellen weisen darauf hin, dass das Eisen in einem letzten Arbeitsschritt kalt gehämmert wurde. Die feinere Körnung an der Außen- und Innenseite des Blechs macht deutlich, dass diese Bereiche durch das Treiben der Maske wohl stärker umgeformt wurden als die innere Zone des Metalls. Dies wird durch Defekte im Gefüge verursacht, die durch die Schmiedearbeit, z.B. mit einem Treibhammer, entstehen können. Wird das Metall zwischen den einzelnen Arbeitsgängen zum Entspannen des Gefüges zwischengeglüht, bilden sich an diesen Defekten zusätzliche neue Gefügekörner. Durch den begrenzten Raum behindern sie sich gegenseitig im Wachstum, was zur Bildung eines feinkörnigeren Metallgefüges führt<sup>37</sup>.

## Versuch zur antiken Eisenblechherstellung

Das für die Nijmegener Maskenhelme angenommene, mehrlagig verschweißte Weicheisen sollte versuchsweise nachgeschmiedet werden, um seine besonderen Eigenschaften praktisch überprüfen zu können. Hierfür wurde zunächst ein entsprechendes ferritisches Weicheisen hergestellt. Die Schmiedeversuche selbst sollten unter möglichst authentischen Bedingungen unter weitgehendem Verzicht auf moderne Hilfsmittel durchgeführt werden.

So wurde ein 40×15×24mm großer Roheisenbarren im Schmiedefeuer auf ca. 900°C erhitzt und danach auf die doppelte Länge ausgeschmiedet. Es folgte das erste Teilen und Falten. Als Flussmittel zur Reduktion der zu verschweißenden Flächen/Fuge diente eine Mischung aus Borax und feinem Quarzsand. Die Feuerverschweißung erfolgte bei etwa 1050°C durch sehr kräftige Hammerschläge. Das Zerteilen, Falten, Verschweißen und Ausschmieden wurde insgesamt dreimal ausgeführt, so dass ein Eisenbarren aus acht übereinander liegenden Lagen entstand. Das Ausschmieden zu einem 2,5mm starken Blech erforderte den Einsatz eines luftbetriebenen Hammerwerks (Abb. 7). Die Glättung letzter Schmiedespuren konnte wieder von Hand mit einem Schlichthammer erfolgen (Abb. 8). Zur Herstellung eines Rohblechs waren etwa 7-9



**Abb. 7** Grobes Ausschmieden des dreimal verschweißten Rohlings mit einem Hammerwerk.





**Abb. 8** Gleichmäßiges Zurichten des Blechs mit einem schweren Handhammer.

Stunden notwendig. Die Größe des Rohlings ermöglichten die Herstellung eines Blechs von etwa 2,5×150×300mm. Für nur ein Maskenblech hätte man aber mindestens die doppelte Blechmenge benötigt. Die für das Verschweißen einer solchen Fläche erforderliche Energie lässt sich nicht mehr von einer Person von Hand erzeugen.

Zur späteren Umformung zu einer Maske ist es erforderlich, das Blech auf einer Blei- oder Kittunterlage<sup>38</sup> zu montieren. Nur so lassen sich weiche Metallbleche ohne die Bildung von Falten gezielt verformen<sup>39</sup>. Harte Stähle sind hierfür aufgrund ihrer schlechten Kaltverformbarkeit ungeeignet.

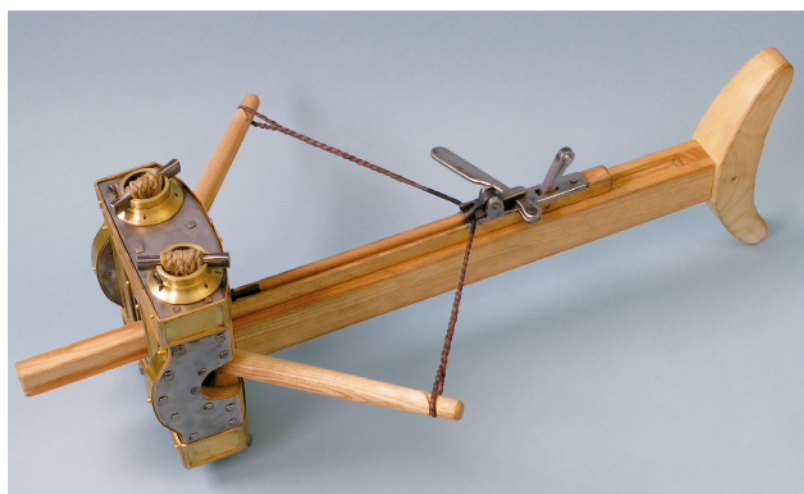
Der ausführende Schmied berichtete von einer für reines Weicheisen beim Ausschmieden des Blechs im kalten Zustand deutlich gesteigerten Härte. Daher wurde vermutet, dass durch die nichtmetallischen Schlackeneinschlüsse an den verschweißten Grenzflächen eine Art physikalische Trennschicht der einzelnen Metalllagen entsteht. Möglicherweise haben römische Handwerker diese veränderten Materialeigenschaften gezielt für Panzerbleche eingesetzt. Auf diese Weise ließen sich aus einem relativ weichen Lagenblech Gesichtsmasken fertigen, die sich in einem letzten Schmiedearbeitsgang über-

durchschnittlichen gut härten ließen<sup>40</sup>. Außerdem könnte das Eisen vor dem Härten zum Schutz gegen Korrosion einmal in Öl abgeschreckt worden sein – eine Technik, die noch heute angewendet wird<sup>41</sup>.

### Das Schussexperiment

Die Frage, in welchem Umfang die untersuchten Gesichtshelme und andere römische Rüstungsteile ihren Träger gegen Angriffe mit Blankwaffen bzw. Beschuss mit Pfeilen oder Geschossen zu schützen vermochten, bot auf zahlreichen Tagungen immer wieder Anlass zur Diskussion<sup>42</sup>. Bisher wurde häufig angenommen, dass die frühen Gesichtshelme des 1. Jahrhunderts n. Chr., deren Masken in der Regel aus 2-4mm starkem Eisen geschmiedet waren, gegenüber denen aus Kupferlegierungen, die etwa ab dem 2. Jahrhundert n. Chr. vermehrt produziert wurden, allein aufgrund ihrer Festigkeit überlegen waren<sup>43</sup>. Daraus folgte die Vermutung, dass erstere eher für den Kampfeinsatz dienten, während sich die aufwändig gestalteten Gesichtsmasken und Helme des 2. und 3. Jahrhunderts mehr für Paraden und Turniere eigneten<sup>44</sup>.

Um die Schutzwirkung des nachgeschmiedeten Eisens zu testen, erfolgte der Beschuss mit einem funktionstüchtigen Nachbau einer römischen Torsionswaffe, einer sogenannten *ballista*<sup>45</sup> (Abb. 9). Mit dieser Waffe lassen sich mit Stahlspitzen ver-



**Abb. 9** Rekonstruktion eines römischen Torsionsgeschützes (*Ballista*) aus dem 1. Jh. n. Chr., Fundort: Xanten.

stärkte Projektilen von etwa 35 g abschießen. Das Original stammt aus dem 1. Jahrhundert n. Chr. und fand sich 1999 in Xanten-Wardt.

Die *ballista* wurde in einem sicheren Abstand von 7 m zum Ziel justierbar aufgestellt. Zum Vergleich der Widerstandskraft wurde außer auf das 2,5 mm starke nachgeschmiedete römische Eisen auf folgende Materialien geschossen:

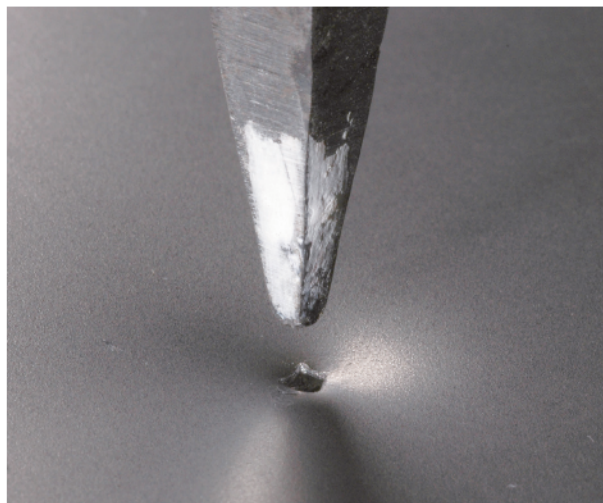
- modernes Weicheisenblech (1,5 mm) ohne Kohlenstoff (< 0,1%)
- Bronzeblech (2,5 mm), bestehend aus 94 % Kupfer und 6 % Zinn, wie es ähnlich bei einer in Dormagen gefundenen, römischen Helmmaske des 2. Jahrhunderts n. Chr. verwendet wurde<sup>46</sup>.

Als Geschosse dienten mit Eisenspitzen versehene Pfeile.

Bei modernem Eisenblech entstand durch den Beschuss eine Deformation. Die Spitze des Projektils drang sogar fast durch das Blech hindurch (Abb. 10). Einfache eiserne Maskenbleche unter 2,5 mm Stärke bieten also bei einem Treffer keinen wirklichen Schutz, was auch der Grund dafür sein dürfte, dass die bekannten Originalfunde stärkere Blechdicken aufweisen. Im Vergleich hierzu zeigte sich das mehrlagige Weicheisen als deutlich widerstandsfähiger. Das Projektil ließ nur einen feinen Kratzer in der Oberfläche zurück ohne das Blech zu verformen, während die Pfeilspitze durch den heftigen Einschlag sichtbar verbogen wurde (Abb. 11). Auch die Bronze erwies sich als robust. Hier kam es ebenso eher zu einer Deformation des Projektils als des Blechs (Abb. 12).

Für die gute Schutzwirkung des mehrlagigen Maskenblechs bei direktem Beschuss spielten möglicherweise nicht nur die Materialstärke, sondern auch die schon bei den Schmiedeversuchen zu erkennenden guten Härteeigenschaften des Lagen Eisens eine Rolle.

Weiterhin kann festgestellt werden, dass sich beide »antiken« Materialien, Eisen und Bronze, ab einer gewissen Materialstärke grundsätzlich für Rüstungsteile eignen. Im Vergleich zu Masken aus Buntmetall, die auch im Gussverfahren (Wachsausschmelzverfahren) produziert werden konnten, ist die Herstellung von Eisenmasken allerdings aufwändiger. Zudem



**Abb. 10** Beschuss eines einlagigen Weicheisenblechs. Deutlich hat die Spitze das Blech deformiert.



**Abb. 11** Nach dem Treffer zeigt das rekonstruierte achtlagige Eisen keine Beschädigung. Das Projektil ist jedoch verformt.



**Abb. 12** Am Bronzeblech ist ebenfalls keine sichtbare Beschädigung entstanden.

benötigten Masken aus polierbarer, edlerer Bronze, gegenüber denen aus leicht rostendem Eisen keinen zusätzlichen und kostspieligen Überzug aus Silber. Möglicherweise ist aus diesem Grund das Aufkommen von Reitermasken aus gegossenen Kupferlegierungen, die sich seit dem 2. Jahrhundert in großer Zahl nachweisen lassen, auch als ein Ergebnis technischer Weiterentwicklung zu verstehen.

## Das Silber

Bei den eisernen Masken aus Kalkriese<sup>47</sup>, Köln<sup>48</sup> und Nijmegen<sup>49</sup> war das leicht korrodierende Eisen mit einem dünnen Silber- oder Kupferlegierungsblech bedeckt. Als die Helme ins Erdreich gelangten, hatte man das kostbare Silber bereits entfernt. In einigen Fällen blieben jedoch noch wenige Reste des Silberblechs erhalten (Abb. 13). Bei einer der Nijmeger Masken (Tab. 1 Nr. 1) wurde von einem solchen Fragment eine 4x2x0,2mm große Probe entnommen und am Curt-Engelhorn-Zentrum für Archäometrie in Mannheim auf ihre Zusammensetzung untersucht.

Der Analysebericht besagt, dass man die Probe zunächst in zwei Teile aufgetrennt hat. Eine Hälfte diente zur metallographischen Untersuchung des Gefüges, die andere zur Analyse der chemischen Zusammensetzung sowie zur Lagerstättenbestimmung des Silbers.

Die Bestimmung der quantitativen Zusammensetzung erfolgte mittels energiedispersiver Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA). Die Untersuchung des Metallgefüges wurde im Auflichtmikroskop im Hellfeld unter polarisiertem Licht sowie im Rasterelektronenmikroskop (REM) durchgeführt.

Das Metall zeigte ein für archäologische Silberfunde typisches Gefüge mit irregulär erweiterten Korngrenzen, die möglicherweise durch Ausscheidungen unedlerer Legierungsbestandteile entstanden sind. An der Metallgefügestruktur des Silbers ist zu erkennen, dass es ausgeglüht worden ist (rekristallisiertes Gefüge). Die Grenzen zwischen einzelnen Gefügekörnern (Kristallen) des Materials sind irregulär erweitert. Dies kann durch eine diskontinuierliche



**Abb. 13** Die Maske war ehemals vollständig mit einem Silberblech überzogen. Ein Rest davon befindet sich noch unter dem seitlichen Befestigungsniet (Pfeil).

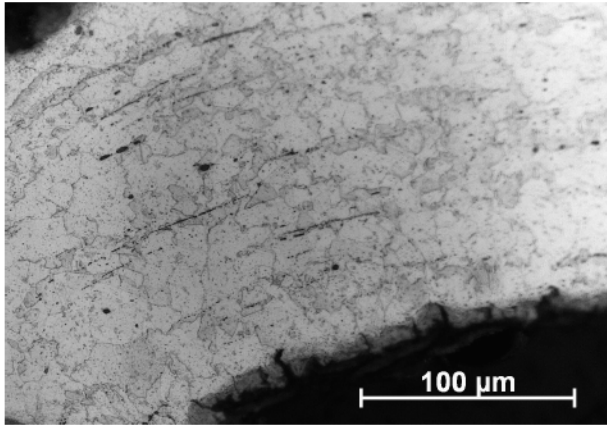
Ausscheidung von Legierungsbestandteilen erfolgt sein, ein Phänomen, das sich häufig bei antikem Silber beobachten lässt<sup>50</sup>. Dadurch wird das Silber im Verlauf des Prozesses immer spröder. Nicht selten entsteht an diesen Bereichen eine interkristalline Korrosion, die zum Bruch des Gefüges führen kann<sup>51</sup>. Der Beleg für eine vorangegangene, starke Umformung zu einem dünnen Blech findet sich in Form von lang gestreckten, nichtmetallischen Einschlüssen, wie z.B. Cuprit (Abb. 14).

Die Bestimmung der Zusammensetzung des Silbers ergab, dass es sich um eine Silberlegierung mit hohem Feingehalt handelt; die etwa einer heutigen 925/000 Silberlegierung entspricht (vgl. Tab. 2). Inwieweit die geringen Anteile des Zinks und des Goldes zufällig oder beabsichtigt waren, ließ sich nicht feststellen.

Ein Teil des nachgewiesenen Kupfers könnte vom Herstellungsprozess des Silbers stammen. Es ist nicht

Cu	Zn	Ag	Cd	Sn	Sb	Au	Hg	Pb	Bi
6,3	0,69	92	<0,01	<0,1	<0,1	0,64	0,01	0,3	0,05

**Tab. 2** Metallzusammensetzung (Ergebnisse der RFA in wt %) – Analyse CEZ, Mannheim.



**Abb. 14** Silberprobe unter dem Auflichtmikroskop mit sichtbarem Metallgefüge. Rekristallisiertes Gefüge mit langen, dunklen Bänderungen durch enorme Ausformung.

metallisch, sondern oxidisch ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ), und befindet sich in nichtmetallischen Einschlüssen innerhalb des Gefüges<sup>52</sup>.

Trotz der langen Lagerung im Erdreich ist das nur 0,2 mm dünne Silberblech sehr gut erhalten. Dies hängt wohl u.a. mit der enormen Umformung des Metalls vom Gussrohling zu einem sehr dünnen Blech mit feiner Gefügekörnung zusammen. Je feiner ein Metallgefüge durch mehrfaches Umformen und Zwischenglühen<sup>53</sup> wird, desto feiner werden auch die Zwischenräume zwischen den einzelnen Gefügekörnern. Da diese Bereiche einen nicht unerheblichen Einfluss auf das Korrosionsverhalten (interkristalline Korrosion) von Metallen haben, gelten solche feinen Metallgefüge als korrosionsstabiler als z.B. grobkörnige, durch Entspannungsglühen rekristallisierte Gefüge<sup>54</sup>.

Abgesehen von der Entmischung und der damit einhergehenden Versprödung wurde an der Oberfläche nur eine sehr dünne Silberoxidschicht festgestellt. Zu

den bereits angeführten Eigenschaften feiner Metallgefüge im Zusammenhang mit Korrosion trug wohl auch die Montage des Silbers auf dem unedleren Eisen bei. Das weniger edle Metall (Eisen) schützt hierbei das edlere Metall (Silber) aufgrund der Potentialunterschiede beider Metalle vor Korrosion. Dieses Phänomen ist auch unter den Begriffen »Kontaktkorrosion« oder »kathodischer Korrosionsschutz« bekannt<sup>55</sup>.

Eine der wichtigen Fragen innerhalb des Projekts war die nach der Provenienz der Maskenhelme, die die Mannheimer Forscher über eine angeschlossene Herkunftsbestimmung des Silbers zu klären versuchten. Beim Silber untersucht man das in Spuren enthaltene Blei bzw. seine Bleiisotopenverhältnisse, die für bestimmte Lagerstätten charakteristisch sein können. Allerdings dürfen solche Bestimmungen nicht als eindeutiger Herkunftsnachweis angesehen werden, da Silber bereits in der Antike immer wieder eingeschmolzen und mit Blei gereinigt, d.h. kupelliert, wurde. Der Bleianteil im Silber stellt aber auch den Schlüssel zur Lokalisierung der Lagerstätte dar. Also können die Ergebnisse nur auf eine mögliche oder wahrscheinliche Herkunft deuten. Die Provenienz gilt dann als wahrscheinlich, wenn alle anderen Lagervorkommen ausgeschlossen werden können. Jedoch ist es möglich, dass verschiedene Lagerstätten ähnliche Isotopenverhältnisse aufweisen, was mit geologischer Umgebung und Alter zusammenhängt<sup>56</sup>.

Die Isotopenverhältnisse der Nijmegener Probe aus Tabelle 3 scheinen nicht mit den bekannten antiken Silberlagerstätten der Ägäis, der Toskana, Sardinien und Südspaniens überein zu stimmen. Ähnliche Isotopenverhältnisse weisen hingegen Bleilagerstätten

Isotopenverhältnis	208/206	207/206	204/206
	2,0895	0,84900	0,05435

**Tab. 3:** Bleiisotopenverhältnisse (Messmethode: MC-ICP\_MS, Präzision <0,03 % für alle Verhältnisse) – Analyse CEZ, Mannheim.

aus Nordfrankreich, der Bretagne und England auf. Besonders interessant sind die festgestellten Ähnlichkeiten der Isotopenverhältnisse zu den Silberlagerstätten im Harz und im Raum Aachen/Stollberg. Ob im 1. Jahrhundert n. Chr. der im Barbaricum liegende Harz zur Silbergewinnung zur Verfügung stand, ist bislang archäologisch nicht geklärt. Dagegen könnte die geographische Nähe der Silbererzlagertätte von Aachen/Stollberg zu Xanten und Nijmegen für eine regionale Produktion der Silberbleche sprechen<sup>57</sup>.

### Die Röntgenuntersuchung

Die Nijmegener Maskenhelme sind im LVR – Landesmuseum Bonn mithilfe einer neuen Röntgenanlage<sup>58</sup> untersucht worden. Dabei kam eine Reihe bisher unentdeckter Details ans Licht: Die Röntgenaufnahmen machten zunächst deutlich, dass das Eisen z.T. stark angegriffen ist. Unter den Korrosionsschichten ist in Teilbereichen kaum mehr metallisches Eisen vorhanden. Dies machte die Beurteilung der Aufnahmen sehr schwierig.

Bei einem der Helme (Tab. 1 Nr. 3) konnten dennoch einige Reihen von etwa 1,5mm großen Bohrungen am Nackenschutz entdeckt werden, die unter den Korrosionsschichten verborgen waren. Eine Reihe befindet sich im abgewinkelten Bereich, die andere verlief am äußeren Rand (Abb. 15). Eine weitere Bohrlochreihe fand sich oberhalb der Ohren und entlang der Stirn. Diese Lochreihen scheinen im Zusammenhang mit der Fixierung einer Flechtbandapplikation zu stehen.

Auf den Röntgenaufnahmen eines anderen Helms (Tab. 1 Nr. 1) waren zwei kupferne Nieten zu erkennen, die möglicherweise ebenfalls im Zusammenhang mit der Befestigung von Textilien stehen (Abb. 16 A). Ein weiterer Niet diente zur Fixierung des linken Ohrenschildes (Abb. 16 B). Unterhalb des Niets zeigten die Aufnahmen erstmals Reste eines punzierten Silberblechstreifens. Hierbei handelt es sich wohl um einen nur fragmentarisch erhaltenen silbernen Zierrand, der vom einen Ohr über die Stirn bis zum anderen Ohr verlief. Eine Fotomontage (Abb.

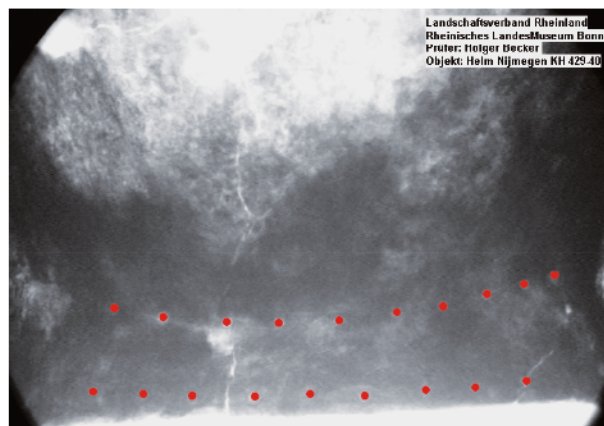


Abb. 15 Röntgenaufnahme im Bereich eines Helm-Nackenschutzes. Rote Punkte markieren Bohrungen, die vermutlich zur Montage der Textilien dienten.

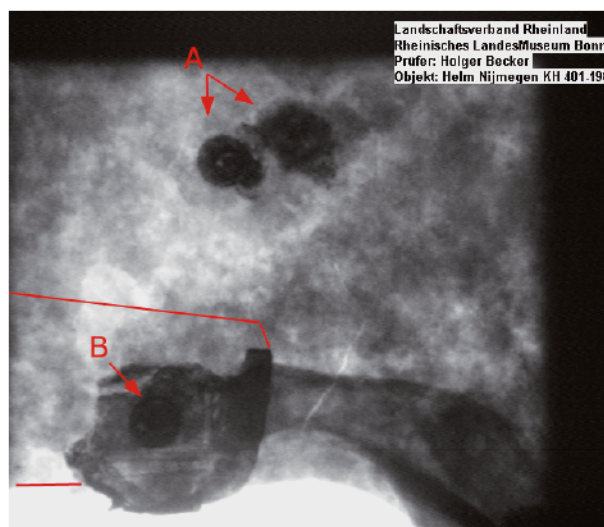


Abb. 16 Röntgenaufnahme. Detailansicht über Ohransatz: (A) Kupferniete zur Fixierung des textilen Kopfbandes, (B) punziertes Silberblechfragment (Stirnband).

17) soll einen Eindruck vom ursprünglichen Erscheinungsbild vermitteln. Vermutlich wurde mit dem Silberblech zusätzlich auch der textile Überzug gefasst.

### Die Textilien

Drei der Maskenhelme vom Kops Plateau in Nijmegen (Tab. 1 Nr. 1-3) sowie der Reiterhelm aus Xanten-Wardt (Tab. 1 Nr. 8) weisen Reste eines kompliziert gearbeiteten, textilen Überzugs auf, der ehemals von der Stirn bis in den Nacken und zu den Ohren reichte (Abb. 18). Ferner waren die Helme

zusätzlich durch verschiedene Kopfbänder verziert (Abb. 19). An einem der Nijmegener Stücke (Tab. 1 Nr. 2) finden sich auf der Innenseite noch Reste wohl einer textilen Polsterung.

Grundsätzlich erhalten sich antike Textilien in unseren Breiten nur unter außerordentlich günstigen Bedingungen<sup>59</sup>. Eine davon ist die Konservierung durch den direkten Kontakt bzw. die Tränkung mit Metallkorrosionsprodukten. Diese wirken in der Bo-

denlagerung dem Abbau durch Mikroorganismen entgegen. Zuerst entstehen dabei relativ mobile Verbindungen des Eisens mit Wasserstoff und Sauerstoff, die dann auf den textilen Werkstoff ziehen und dort zu weniger gut löslichen Verbindungen oxidiert werden. Im Laufe der Zeit kommt es so zu einer vollständigen Ersetzung des organischen Materials. Dieser Vorgang wird als Mineralisierung bezeichnet<sup>60</sup>.



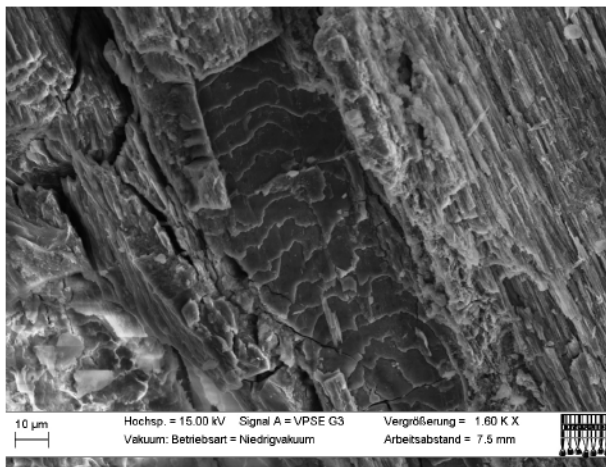
Abb. 17 Helm mit rekonstruiertem Silberstirnband.



Abb. 18 Textiler Überzug auf einem Nijmegener Helm.



Abb. 19 Blau markiert ist das Stirnband, das vom Nackenbereich hoch über die Stirn des Helms verläuft.



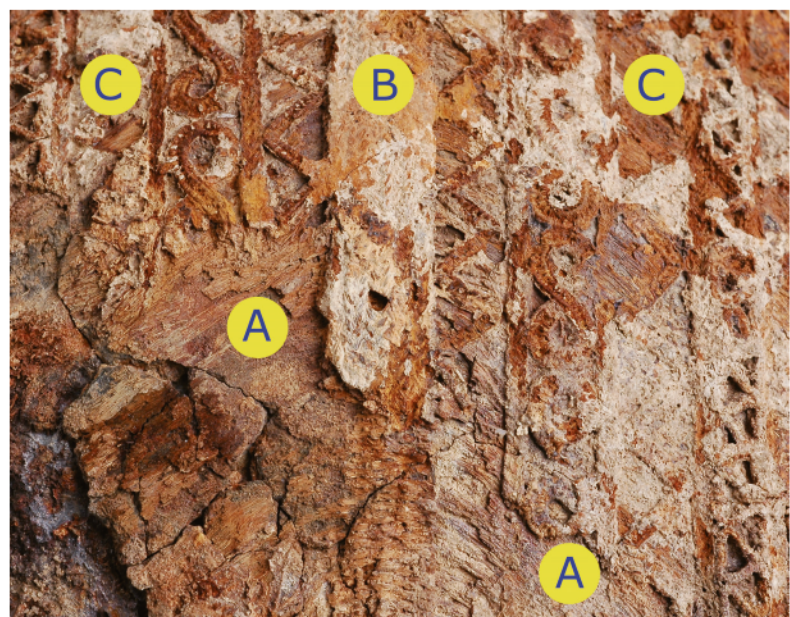
**Abb. 20** Pferdehaare aus den applizierten Flechtbändern. Aufnahme im Rasterelektronenmikroskop.

Die im Überzug verwendeten Fasern wurden zunächst an den Reiss-Engelhorn-Museen in Mannheim auf- und durchlichtmikroskopisch begutachtet und dann unter dem Rasterelektronenmikroskop näher bestimmt. Alle untersuchten Fasern zeigten sich mehr oder minder stark abgebaut und sehr weit bis vollständig mineralisiert. Stellenweise hatte sich nur mehr der Negativabdruck der Faser in der Korrosion erhalten. In der Längsansicht wurde eine geschuppte Oberfläche, das typische Leitelement von Keratinfasern, also Menschen- oder Tierhaaren sichtbar. Im Vergleich mit rezentem Material konnte die Mehrzahl der Fasern als Pferdehaar identifiziert werden (Abb. 20). Ihre Länge und ihre Feinheit sprechen für die Verwendung von ausgesucht feinen Schweifhaaren. Für die Füllung des Kopfbands fand ein Wollgewebe vom Schaf Verwendung. Hinsichtlich ihrer Konzeption, Ausstattung und dekorativen Herrichtung weisen die vier untersuchten Helme enge Parallelen auf. Die Außenseiten sind komplett mit einer linear angelegten Verzierung aus schmalen Flechtbändern geschmückt, die durch verschiedene Füllmuster mehr oder minder aufgebrochen wird. In variabler Abfolge wurden die Bänder flach oder seitlich aufgestellt

zu einer reliefierten Konturlinie angeordnet. Technisch betrachtet handelt es sich zum einen um Wulsthalbgeflechte, bei denen ein aktiver Flechtfaden in Form einer Acht um zwei passive Flechtfäden herum geschlungen wird. Zum anderen finden sich echte Geflechte aus drei aktiven Fäden in der Art eines Zopfs.

Der textile Dekor ist in Schichten aufgebaut. Daraus lassen sich bei den Helmen aus Nijmegen folgende Arbeitsschritte ableiten: Zunächst hat man um die Helmkalotte ein mehrlagig gefaltetes Gewebe von der Stirn in den Nacken geführt, das später die Grundlage für die wulstige Verdickung des Kopfbands bilden sollte. Vollflächig darüber wurde eine Schicht glatter Haare angeordnet, die zunächst durch Kämmen parallelisiert und dann, in kleinere Strähnen zerteilt, im Bereich der Mitte verwebt wurden (Abb. 21 A-B). Nachfolgend wurde das gewebte Band mit den nun geordneten Fasern vertikal entlang der Hinterhauptmitte auf den Helm montiert. Die überstehenden Enden passte man genau an den Helm an, indem man sie an den vorderen Helmkanten in Schlaufen legte und in dieser Lage fixierte.

Entlang der Längsachse des Helms wurden dann in gleichmäßigen Abständen parallel verlaufende Geflechtstreifen appliziert und die Zwischenräume mit



**Abb. 21** Untere Schicht verwebter glatter Haare (A), darüber liegend Abdeckung mit geraden (B) sowie zu Füllmustern arrangierten Flechtbändern (C).



**Abb. 22** Detailvergrößerung der obersten Haarverzierung, hier in Form von mäander- und S-förmigen Motiven.

verschiedenen, mustermäßig angeordneten Flechtbandornamenten gefüllt. Es finden sich S-, brezel-, mäander- und zickzackförmige Motive (Abb. 22). Auch der Helm aus Xanten (Tab. 1 Nr. 8) zeigt einen linearen Aufbau in der Dekoration, jedoch wurden hier zwei Kopfbänder ausgeführt. Außerdem hat man offenbar auf eine Unterfütterung mit Haaren verzichtet, ebenso wie auf Füllmuster in der Fläche. Nur entlang des äußeren Kopfbands wurde ein Mäander angelegt. Technisch abweichend von den Nijmegener Objekten findet sich hier zusätzlich entlang der Hinterhauptmitte und des Kopfbands eine großzügig angelegte Überstickung.

### Die Befestigung der Textilien auf den Helmen

An mehreren Stellen wurden kupferne Niete durch den textilen Überzug geschlagen, die nicht immer in einem konstruktiven Zusammenhang mit dem Helm stehen. So findet sich etwa mittig am Hinterkopf der Xantener Helmkalotte ein Nietstift, mit dem das Kopfband fixiert worden sein könnte. Die Kleinteiligkeit der Verzierungen lässt aber nicht den Schluss zu, dass alle Einzelelemente über die wenigen fest-

gestellten Niete befestigt worden sein könnten. Denkbar wäre allerdings, dass sie dort, wo sie ohnehin vorhanden waren, wie etwa im Bereich des Ohrschutzes oder für besonders feste Verbindungen, mitbenutzt wurden. Dies würde eine enge Zusammenarbeit der Metall- und Textilgewerke bei der Herstellung der Helme voraussetzen.

Auf eine mögliche Deutung der Bohrungen im Nackenbereich am Helm Tabelle 1 Nr. 3 (Abb. 16) als Montagehilfe der Textilien wurde bereits hingewiesen. An den übrigen untersuchten Objekten waren zwar keine derartigen Lochungen am Nackenschutz zu erkennen, im Nachgang zu den Untersuchungen

konnten jedoch an einem weiteren eisernen Reiterhelm des 1. Jahrhunderts n. Chr. aus Xanten, Typ Weiler (RLMB 86.69,01), Bohrungen in demselben Bereich beobachtet werden. Diese sind im Gegensatz zum Helm aus Nijmegen (Tab. 1 Nr. 3) noch mit kupfernen Nietstiften versehen. Die Erhaltung ist aber bei beiden Helmen zu schlecht, um sicher überprüfen zu können, ob die Bohrungen im Zusammenhang mit der Befestigung der Flechtbänder auf dem Helm stehen.

Da sich an den Objekten weiterhin keine Spuren für eine herstellungs- oder nähtechnische Verbindung finden lassen, kommt für die mustermäßige Fixierung der Bänder nur eine Klebung in Frage, und entsprechend werden verschiedentlich zwischen den Lagen Reste einer bläulichen Substanz sichtbar, die möglicherweise von einem ehemaligen Klebemittel herrührt. Auf die Untersuchungen hierzu soll weiter unten genauer eingegangen werden.

### Eine Teilrekonstruktion der Textilien

Als Grundlage für eine spätere vollständige Rekonstruktion wurden die Helmverzierungen in Teilen



experimentell nachgearbeitet. Damit sollten die Beobachtungen bezüglich des Aufbaus des Überzugs überprüft werden. Außerdem ließ sich so die Zeit einschätzen, die für dessen Herstellung benötigt worden war.

Die für diesen Versuch verwendeten Pferdehaare aus Mähne und Schweif ließen sich bei der Anfertigung des Haargrunds (Abb. 23) und dem Flechten der fortlaufenden geraden, gezackten und mäandrierenden Bänder gut verarbeiten (Abb. 24). Wesentlich zeitaufwändiger gestaltete sich jedoch die Herstellung der einzeln anzufertigenden S- und brezelförmigen Motive (Abb. 25).

Die verschiedenen Zierelemente wurden alleamt vorbereitet und auf eine Testfläche mit Acrylharz aufgeklebt. Wegen der inhärenten Spannung der Haare mussten die Geflechte während der Trocknung mit Nadeln in Position gehalten werden.

Hochgerechnet kann nach diesem Versuch für die Vorbereitung der Helmverzierungen insgesamt von ca. 150 Arbeitsstunden ausgegangen werden. Für die Montage auf dem Helm müssen wahrscheinlich noch einmal etwa 50 Stunden einkalkuliert werden.

Derzeit wird, basierend auf den vorangegangenen Untersuchungen und Vorversuchen, an den Reiss-Engelhorn-Museen in Mannheim und dem LVR – Landesmuseum Bonn, die vollständige Rekonstruktion des Xantener Helms mit Textil- und Metallarbeiten durchgeführt. Die hierbei gewonnenen Erkenntnisse vermitteln schon jetzt erstmals einen optischen Gesamteindruck dieses besonderen Helmtyps, der später auch in der neuen Dauerausstellung des LVR – Römermuseums Xanten zu sehen sein wird.

### Die Verklebung der Materialien

Die technischen Untersuchungen der Nijmegener und Xantener Helme ergaben, dass sowohl für das Anbringen der textilen Verzierungen als auch für die

Montage der dünnen Silberbleche ein bislang nicht beobachteter, antiker Klebstoff verwendet worden sein musste.



**Abb. 23** Rekonstruktionsversuch: Haarsträhnen bilden einen flächigen Grund. Sie werden durch fünf Kettfäden eingetragen und so in ihrer Lage gesichert.



**Abb. 24** Auf der ersten flächigen Haarlage werden einzelne Ornamente montiert.



**Abb. 25** Ein einzelnes, aus Haaren geflochtenes Ornament.



**Abb. 26** Mit getriebenem Silberblech verzierter Prunkhelm aus Xanten.

Ein solches Klebemittel musste eine sehr gute und dauerhafte Klebkraft besitzen, um die Verzierungen bei der auftretenden mechanischen Beanspruchung sicher zu halten. Zudem durfte die Klebung weder bei niedrigen Temperaturen verspröden, noch bei sommerlicher Hitze aufweichen. Um Deformationen des dünnen Silbers beim Gebrauch des Helms zu vermeiden, musste der Klebstoff gleichzeitig als Ausgleichsmasse die Hohlräume zwischen Silberblech und Helmkalotte füllen.

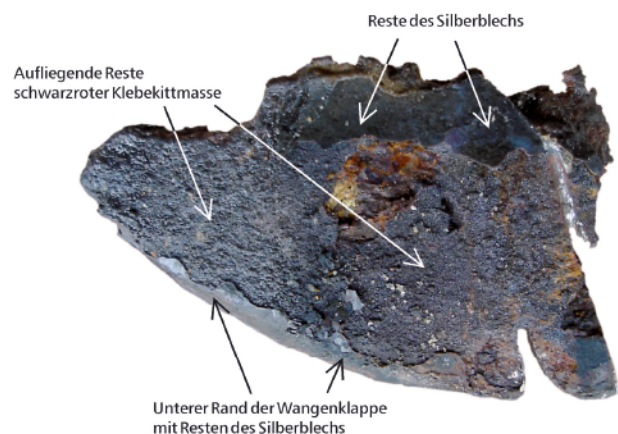
Nach dem Anforderungsprofil kamen tierische Leime, Pflanzenharze, Pech oder Bitumen, die zum Teil auch schon in der Antike als Klebemittel im metallurgischen Kontext beschrieben worden sind, in Frage<sup>61</sup>. Da an den Nijmegener Masken das Silber bereits in der Antike entfernt worden war, ließen sich hier keine Klebereste mehr feststellen. Vieler-sprechender erschien die Untersuchung eines im

LVR – Landesmuseum Bonn befindlichen Reiterhelms des 1. Jahrhunderts aus Xanten-Wardt (Tab. 1 Nr. 9)<sup>62</sup>. Dieser eiserne Helm ist noch vollständig mit einem reich verzierten Silberblech überzogen (Abb. 26).

Bei der Herstellung eines Querschliffs an einem kleinen Probestück der linken Wangenklappe erhitze sich das noch metallische Blech. Daraufhin löste sich das aufliegende Silberblech unter Bildung von schwarz glänzenden Fäden. Die Probe wurde sofort in Aluminiumfolie verpackt und zur weiteren Analyse dem Doerner-Institut in München übergeben (Abb. 27).

In der angeschlossenen Untersuchung mittels Gaschromatographie/Massenspektrometrie ist es trotz der langen Bodenlagerung gelungen, eine positive Analyse durchzuführen. In der Probe konnten drei organische Bestandteile festgestellt werden: eine Erdölfraktion, die man als Bitumen oder Teerparaffin bezeichnen kann, Holzteer, der aus trockener Destillation von Nadelholz erzeugt wurde, und schließlich stark abgebaute Reste eines möglichen tierischen Fetts. Ob die Mischung der drei Substanzen zusätzlich noch anorganische Zuschlagstoffe enthielt, ließ sich noch nicht feststellen.

Zudem wurden auch am Instituut Collectie Nederland in Amsterdam an den textilen Helmverzierungen aus Nijmegen Reste eines organischen Klebstoffs nachgewiesen. Möglicherweise bedingt durch die schlechtere Erhaltung ließ sich hier jedoch gas-



**Abb. 27** An einem Fragment des Xantener Helms konnte unter dem Silber diese Klebemasse beobachtet werden.

chromatographisch nur mehr ein Bestandteil, nämlich Baumteer, in der Probe bestimmen.

Somit ist es gelungen, einen römischen Klebstoff nachzuweisen, der gezielt zur Verbindung von Metallen und möglicherweise auch zur Verklebung von organischen Materialien auf Metallen eingesetzt wurde. Organische, thermoplastische Klebstoffe wie Baumteer sind zwar schon seit der Jungsteinzeit hergestellt und vielfach verarbeitet worden<sup>63</sup>, konnten aber in dieser Form und Zusammensetzung erstmals an römischen Metallerzeugnissen nachgewiesen werden<sup>64</sup>.

## Zusammenfassung und Ergebnisse

Die durchgeführten Untersuchungen und Analysen im Rahmen des niederländisch-deutschen Forschungsprojekts erbrachten zahlreiche neue Erkenntnisse zu Fragen der antiken Herstellungstechniken römischer Reiterhelme. Darüber hinaus konnten detaillierte Einblicke in die römerzeitliche Helmproduktion gewonnen werden. Besonders die praktischen Erprobungen im Rahmen der experimentellen Archäologie stellen einen wichtigen Beitrag zum Verständnis der festgestellten Herstellungstechniken dar.

Die für die Forschung bedeutendste Frage nach der Herkunft der Stücke konnte aufgrund der nun deutlich gewordenen komplexen Abfolge der einzelnen Arbeitsschritte, die zur Herstellung notwendig waren, geklärt werden. So spricht einiges dafür, dass die Werkstätten wohl in Niedergermanien, im Siedlungsraum der Bataver zu lokalisieren sind. Hier sei insbesondere noch auf das genaue Anpassen der Gesichtsmasken und Helme hingewiesen, bei der die Lage der Augenöffnungen sowie der richtige Sitz der Nase eine direkte Anpassung an den Träger erforderte<sup>65</sup>. Auch weisen die außergewöhnlichen textilen Überzüge, die bislang nur am Niederrhein zu beobachten sind, auf eine regional begrenzte Fertigung hin<sup>66</sup>. Letztlich scheinen mit Einschränkungen auch die Ergebnisse der Lagerstättenuntersuchung des Silbers/Bleis auf das Rheinland hinzuweisen.

Die technisch komplizierte und aufwändige Herstellung von dünnen Silberblechen/Folien, spricht für eine gut ausgestattete, organisierte römische Werkstatt. Die Existenz solcher Betriebe kann nicht nur für den militärischen, sondern auch für den zivilen Bereich angenommen werden, wie es u.a. der Hortfund von Neupotz zeigt<sup>67</sup>. Die hierfür notwendigen Öfen und Werkzeuge sowie die Spezialisierung einzelner Fertigungstechniken lassen an eine industriell organisierte Erzeugung denken, bei der Silberbleche als Halbfabrikate vorproduziert und danach zu den weiterverarbeitenden »Helmwerkstätten« verhandelt worden sein könnten.

Klären ließ sich auch die Konstruktion der kleinteilig geflochtenen, filigranen Applikationen aus Pferdehaaren, die als kunstvoll angelegte Frisuren interpretiert werden. Bemerkenswert erscheint in diesem Zusammenhang, dass die besondere Schutzfunktion der eisernen Maskenbleche dennoch dafür spricht, dass die Helme in erster Linie für Kampfeinsätze konzipiert waren.

Zur Verbindung der verschiedenen Materialien konnte erstmals die Verwendung eines mehrkomponentigen Klebers nachgewiesen werden, der sich thermoplastisch verformen ließ.

Die Rekonstruktionsversuche haben gezeigt, dass für die Herstellung eines einzigen Reiterhelms etwa 230 Arbeitsstunden aufgewendet werden mussten. Ein geübter Schmied hätte alle Metallarbeiten in etwa 30 Stunden ausführen können. Allein für die Verzierung eines Helms mit echten Haaren benötigte man dazu noch etwa 200 Arbeitsstunden (Abb. 28). Vielleicht liegt hierin auch die Erklärung dafür, warum etwa ab dem Ende des 1. Jahrhunderts n. Chr. keine Helme mehr mit dieser höchst aufwändigen und empfindlichen Verzierungstechnik zu finden sind. Spätere Helme greifen zwar z.T. die Formensprache batavischer Helme auf, die Kopfbänder und Flechtmuster werden jedoch nur noch in Form von Treibarbeiten in Blech ausgeführt<sup>68</sup>.

In Auswertung sämtlicher Untersuchungen kann festgestellt werden, dass die Helme und ihre Verzierungen mit hohem technischen Können hergestellt wurden. Darüber hinaus besaßen die antiken Handwerker enorme Materialkenntnisse, die sie bei der



**Abb. 28** Rekonstruktionsversuch des nachgeschmiedeten Xantener Helmes mit Pferdehaar und Silberstirnbandapplikation. Das Maskenfragment dient zur Anschauung und als Vorlage für die derzeit in Arbeit befindliche Gesichtsmaske.

Herstellung der kunstvoll verzierten Helme einsetzen mussten. Dieser »Blick hinter die silberne Maske«, so der Titel des Katalogs<sup>69</sup> und der Ausstellung<sup>70</sup>, erlaubt uns so weniger eine Sicht auf die Träger der Helme, als vor allem auf das hohe handwerkliche Niveau seiner Hersteller. Eine experimentelle Rekonstruktion des Metallklebstoffes mit Klebeversuchen soll in naher Zukunft erfolgen.

#### Anmerkungen

1) N. Hanel, U. Peltz u. F. Willer, Untersuchungen zu römischen Reiterhelmmasken aus der Germania inferior. *Bonner Jahrbücher* 200, 2000, 243-274.

2) N. Hanel, S. Wilbers-Rost u. F. Willer, Die Helmmaske von Kalkriese. *Bonner Jahrbücher* 204, 2004, 71-91.

Diese Forschungsarbeit ist ein Gemeinschaftsprojekt von dem Museum Het Valkhof in Nijmegen und dem LVR – Landesmuseum in Bonn. An den Untersuchungen haben die folgenden Institute und Personen mitgewirkt:

Gesamtleitung und Koordination

- LVR – Landesmuseum Bonn: Frank Willer
- Museum Het Valkhof, Nijmegen: Ronny Meijers

Untersuchung des Eisens

- Gießereinstitut, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule, Aachen

- Instituut Collectie Nederland, Amsterdam: Dr. Ineke Joosten, Dr. Luc Megens

Untersuchung des Silbers

- Curt-Engelhorn-Zentrum für Archäometrie, Mannheim, An-Institut der Universität Tübingen: Prof. Dr. Ernst Pernicka, Dr. Roland Schwab

Untersuchung und Teilrekonstruktion der Textilien

- Reiss-Engelhorn-Museen, Mannheim: Dipl.-Rest. Sylvia Mitschke

Untersuchung der Klebemittel

- Doerner Institut, Bayerische Staatsgemäldesammlungen, München: Dr. Johann Koller, Dr. Ursula Baumer

- Instituut Collectie Nederland, Amsterdam: Dr. Ineke Joosten, Dr. Henk van Keulen

Röntgenuntersuchungen

- LVR – Landesmuseum Bonn: Holger Becker
- Schussexperiment

- LVR – Römermuseum Xanten: Dr. Hans-Joachim Schalles, Ronny Meijers, Frank Willer, Alexander Zimmermann

Schmiedeeexperiment

- Industriemuseum Freudenthaler Sensenhammer, Leverkusen-Schlebusch: Erik Geiß, Frank Willer

- 4) H. van Enckefort, Geopferte und verborgene römische Gesichtshelme aus Nijmegen. In: R. Meijers u. F. Willer (Red.), Hinter der silbernen Maske. Neue Untersuchungen zur Herstellungstechnik römischer Reiterhelme [Ausst. Kat. Bonn] (Nijmegen, Bonn 2007) 9-16.
- 5) H. van Enckefort, Das Lager auf dem Kops Plateau. In: J.-S. Kühlborn (Hrsg.), Germaniam pacavi – Germanien habe ich befriedet. Archäologische Stätten augusteischer Okkupation (Münster 1995) 55-57.
- 6) Ein Beispiel findet sich etwa bei C. van Driel-Murray, A late roman assemblage from Deurne (Netherlands). Bonner Jahrbücher 200, 2000, 293-308.
- 7) Weiterführende Beschreibung bei N. Hanel, Vetera I. Die Funde aus den römischen Lagern auf dem Fürstenberg bei Xanten. Rheinische Ausgrabungen 35 (Köln 1995).
- 8) H.-J. Schalles, Ein Reiterhelm mit Fellüberzug aus Xanten. In: Meijers u. Willer (Anm. 4) 17-20.
- 9) H.-H. v. Prittwitz und Gaffron, Der Reiterhelm des Tortikollis. Bonner Jahrbücher 191, 1991, 225-241.
- 10) Vgl. J. Garbsch, Römische Paraderüstungen (München 1978); Hanel et al. (Anm. 1) 272-274.
- 11) Vgl. Hinweise zur Montage von Masken bei M. Junkelmann, Reiter wie Statuen aus Erz (Mainz 1996) 56.
- 12) Tab. 1 Nr. 2 (KH.401/198).
- 13) M. Gechter u. F. Willer, Eine römische Helmmaske aus Dormagen. Archäologie im Rheinland 1995 (Köln, Bonn 1996) 89.
- 14) Freundliche mündliche Mitteilung M. Junkelmann.
- 15) J. Kempkens, Restaurierung des Reiterhelms INV.RMX91, 21.003 (Kat. Mil 16). In: Schalles u. Schreiter (Anm. 3) 113-120.
- 16) C. Schreiter, Die Militaria. In: Schalles u. Schreiter (Anm. 3) 49.
- 17) U. R. Evans, Einführung in die Korrosion der Metalle (Weinheim/Bergst. 1965) 119-137.
- 18) Vgl. M. Pohl, Damaszenerstahl, Sonderbände der Praktischen Metallographie 29, 1998; F. Willer, Beobachtungen zur antiken Herstellungstechnik. In: Der Barbarenschatz. Geraubt und im Rhein versunken [Ausst. Kat. Speyer] (Speyer, Stuttgart 2006) 176-181.
- 19) H. Bernhard, Die Römischen Waffen. In: Der Barbarenschatz (Anm. 18) 156-157; B. Hanemann u. R. Petrovsky, Inschriften und Stempel auf Bronze und Eisenobjekten. In: ebenda 164-165; B. Hanemann, Werkzeuge oder Waffen. In: ebenda 158-159.
- 20) Junkelmann (Anm. 11) 51-52.
- 21) M. G. Fulford, D. Sim u. A. Doig, The production of Roman ferrous armour: a metallographic survey of material from Britain, Denmark and Germany, and its implications. Journal of Roman Archaeology 17, 2004, 201.
- 22) B. Hanemann, Ferramenta romana – römische Eisengeräte. In: Der Barbarenschatz (Anm. 18) 126. 129; B. Hanemann, Holzfäller, Wagner und Toreut – die Werkzeuge. In: ebenda 130-132.
- 23) Plinius verweist in der Naturalis Historia XXXIV, 41 auf den römischen Import sehr qualitativ hochwertigen Eisens: »Unter allen Sorten aber gebührt die Palme dem sereischen (chinesischen) Eisen; die Serer übertreffen es zusammen mit ihren Gewändern und Pelzen; das parthische (iranische) hat den zweiten Rang.«
- 24) Fulford et al. (Anm. 21) 213.
- 25) Die Ergebnisse der Untersuchungen wurden auf der »Roman Military Equipment Conference XV« in Budapest, 1.-4. September 2005, von Dr. M. Bishop und D. Sim vorgestellt und sollen in dem in Vorbereitung stehenden Tagungsband und einer weiteren, umfassenden Publikation hierzu 2009 erscheinen: D. Sim u. J. Kaminski, Roman Imperial Armour (Oxford 2009).
- 26) Zur Probenpräparation/Anätzung verwendete das Aachener Labor eine 3%ige alkoholische Salpetersäure.
- 27) H. Schuhmann, Metallographie (Leipzig 1983) 115. 323. 375.
- 28) Aufgrund der im Gefügebild nicht sichtbaren Kohlenstoff- und Phosphorphasen ist davon auszugehen, dass es sich bei dem untersuchten Eisen um ein rein ferritisches, kohlenstoff- und phosphorarmes Weicheisen handelt. Die während des Projekts gewonnenen praktischen Erkenntnisse zur Herstellungstechnik eines Maskenblechs machten deutlich, dass die Fertigung einer Maske ausschließlich im kalten Zustand und daher aus einem weichen Eisen erfolgen konnte. Insofern bestätigt die Praxis die Ergebnisse der rein optischen Untersuchung des Gefügebilds. Weitere Messungen zum Phosphor- und Kohlenstoffgehalt sowie Bestimmungen der Mikrohärtigkeit an den einzelnen Gefügelagen römischer Waffenteile sind in Zusammenarbeit mit der Universität Reading/GB geplant.
- 29) Fulford et al. (Anm. 21) 213.
- 30) Chr. Miks, Studien zur römischen Schwertbewaffnung in der Kaiserzeit. Kölner Studien zur Archäologie der Provinzen 8 (Rahden 2007); M. Pohl u. N. Lindner, Gefüge und Eigenschaften von Damaszener-Stählen. Sonderbände der Praktischen Metallographie 25, 1994, 519-530.
- 31) Siehe hierzu Anm. 24.
- 32) H. Holsten u. F. Nikulka, Eisenverhüttung als Forschungsprojekt: Planung, Durchführung, Auswertung. In: M. Fansa (Bearb.), Experimentelle Archäologie in Deutschland, Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland, Beiheft 4 (Oldenburg 1990) 379-394; H.-V. Garbers, Experimentelle Eisenverhüttung oder der Versuch den alten Schmelzern auf die Schliche zu kommen. In: ebenda 394-399. 404 Abb. 6.
- 33) Siehe Anm. 30.
- 34) Quarzsand wird als Flussmittel auf die zu verschweißenden Flächen gegeben und wirkt so einer Oxidation der Flächen entgegen.
- 35) Hierzu sollen insbesondere die Phosphorgehalte gemessen werden, da selbst geringe Werte die Festigkeit des Eisens beeinflussen können (Schuhmann [Anm. 27] 322-330). Vgl. auch Anm. 27.
- 36) E. Kazor, Metall unter dem Mikroskop 3 (Berlin, Heidelberg, New York, Tokio 1985) 20-22 Abb. 32.
- 37) Ebenda S. 25-28 Abb. 39.
- 38) Zu antikem Treibkitt s. G. Eggert, H. Kutzke u. G. Wagner, The use of sulphur in hollow ancient gold objects. Journal of Archaeological Science 28/8, 1999; vgl. Junkelmann (Anm. 11) 68 Abb. 138.
- 39) Im Gegensatz zur Formung von Buntmetallen erfordert die Schmiedetechnik von Eisenmasken sehr viel Erfahrung und Geschick, daher kam es bei den ersten durchgeführten Rekonstruktionsversuchen zu Rissen im Nasenbereich.
- 40) Gechter u. Willer (Anm. 13). Zum Schmiede- und Treibverfahren: Hanel et al. (Anm. 1) 255-258.

- 41) Freundliche mündliche Mitteilung E. Geiss (ausführender Schmied im Versuch).
- 42) ROMEC XIII Brugg/CH, 3.-7.10.2001, Publiziert in: Jahresbericht der Gesellschaft Pro Vindonissa 2002, sowie Vorträge und Poster in: *Journal of Roman Equipment Studies* 12/13, 2001/2; ROMEC XV Budapest/HU, 1.-4.9.2005, Publikation in Vorbereitung in: *Journal of Roman Equipment Studies* 16, 2005.
- 43) Zur Widerstandskraft der Maskenhelme im Experiment vgl. Junkelmann (Anm. 11) 51-52.
- 44) Zum Funktionswechsel von Reitermasken vgl. Junkelmann (Anm. 11) 56.
- 45) Schalles (Anm 8).
- 46) Hierbei handelt es sich um eine 1995 entdeckte römische Reitermaske (RLMB Inv. Nr. E 06/95) des 2. Jhs. aus dem römischen Reiterlager in Dormagen (vgl. N. Hanel, U. Rohnstock u. F. Willer, Kopschutz-Untersuchungen zu römischen Reiterhelmmasken in der Germania Inferior. Das Rheinische Landesmuseum Bonn, Berichte aus der Arbeit des Museums (in Vorbereitung). Für die Reproduktion des Probeblechs danken wir der Kunstgießerei F. Sander/Bonn.
- 47) Hanel et al. (Anm. 2) 71-91.
- 48) Hanel et al. (Anm. 1) 243-250, Antikensammlung Berlin Inv. Nr. Fr. 1313.
- 49) Vgl. Tab. 1 Nr. 1, 2, 5 u. 7.
- 50) V. Costa, The deterioration of silver alloys and some aspects of their conservation. *Reviews in Conservation* 2, 2001, 18-34; G. Eggert, Die Sprödigkeit des Resafasilbers und die Konsequenzen für die Restaurierung. In: T. Ulbert (Hrsg.), Der kreuzfahrzeitliche Silberschatz aus Resafa-Sergiupolis. *Resafa* 3 (Mainz 1990) 104-109; R. J. H. Wanhill, Brittle archaeological silver: a fracture mechanisms and mechanics assessment. *Archaeometry* 45/4, 2003, 625-636.
- 51) Zur interkristallinen Korrosion vgl. Schuhmann (Anm. 27) 338. 461. 505; E. Kuzor, *Angewandte Metallographie* (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1962) 21-28.
- 52) E. Pernicka, R. Schwab u. F. Willer, Die Analyse des Silberblechfragments an Helm Kat. Nr. 1. In: Meijers u. Willer (Anm. 4) 51-52.
- 53) Vgl. Anm. 37.
- 54) Wieland-Werke AG, *Metall ist unsere Welt* (Ulm 1999) 126-127.
- 55) Ebenda 126; *Römpf Chemie-Lexikon* 3 (Stuttgart 1983) 2060.
- 56) Pernicka (Anm. 52) 52-55.
- 57) Dieser Hinweis deckt sich mit den Ergebnissen der Untersuchungen zu römischen Kästchenbeschlägen des 1.-4. Jhs. n.Chr. aus Köln. Auch sie wurden möglicherweise im Raum Aachen/Stollberg produziert und im niedergermanischen Raum verhandelt: M. Schmauder u. F. Willer, Kästchenbeschläge römischer Zeitstellung aus Buntmetall in der Studiensammlung des Römisch-Germanischen Museums Köln. *Kölner Jahrbuch* 37, 2004, 166-169.
- 58) Die Röntgenröhre Typ DP 435 Vario von GE Inspection Technologies verfügt über eine stufenweise regelbare Röhrenspannung von 5-225 KV, einen maximalen Röhrenstrom von 50mA und eine maximale Röhrenleistung von 1600W. Die zu untersuchenden Objekte können mittels eines sogenannten Prüfungsmanipulators im Strahlenkegel genau positioniert werden. Zusätzlich kann mithilfe des Röntgenmanipulators die Richtung des Röntgenstrahlkegels stufenlos um bis zu 60° geschwenkt werden. Neben herkömmlichen Plattenaufnahmen lassen sich auch digitale Aufnahmen erstellen.
- 59) A. Fischer, Reste von organischen Materialien an Bodenfunden aus Metall. Weiße Reihe am Institut für Museumskunde an der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste Stuttgart 13 (Stuttgart 1997) 13-18 (mit weiterführender Literatur).
- 60) S. Mitschke, Zur Erfassung und Auswertung archäologischer Textilien an korrodiertem Metall. *Kleine Schriften des vorgeschichtlichen Seminars der Philipps-Universität Marburg* 51, 2001, 29-31.
- 61) Vgl. E. Paparazzo, Organic substances at metal surfaces. *Archaeological evidence and the elder Pliny's account. Archaeometry* 45, 2003.
- 62) Erste Überlegungen zum Klebemittel an diesem Helm bei B. Spering u. G. Eggert, *Naturwissenschaftliche Untersuchungen am Reiterhelm. Bonner Jahrbücher* 191, 1991, 244-245.
- 63) U. Baumer u. J. Koller, Plinius und die nordeuropäische Pechsiederei. In: G. Heil u. D. Todtenhaupt (Hrsg.), *Verfahren der Holzverschmelzung und die Verwendung ihrer Produkte. Von der Antike bis zur Gegenwart. Tagungsband Internationales Symposium im Forst- und Köhlerhof Rostock-Wiethagen, 6.-9. Sept. 2002 (Rostock, Berlin 2002) 100-113; A. Locher, Antike Texte zur Holzteergewinnung. *Acta praehistorica et archaeologica* 23, 1991, 111-115.*
- 64) U. Baumer, J. Koller u. F. Willer, Der Nachweis einer Metallklebemasse am römischen Reiterhelm aus Xanten-Wardt, *Bonner Jahrbücher* 206, 2006 (in Vorbereitung).
- 65) K. Haalebos u. W. J. H. Willems, Recent research on the limes in the Netherlands, *Journal of Roman Archaeology* 12, 1999, 250 fig. 5.
- 66) H. van Enckevort, W. J. H. Willems, Roman cavalry helmets in ritual hoards from the Kops Plateau at Nijmegen. *The Netherlands. Journal of Roman Military Equipment Studies* 5, 1994, 134-135.
- 67) F. Willer, Beobachtungen zur antiken Herstellungstechnik. In: *Der Barbarenschatz* (Anm. 18) 176-181.
- 68) Beispiele bei Garbsch (Anm. 10).
- 69) Meijers u. Willer (Anm. 4).
- 70) Die Ergebnisse der Arbeiten wurden im Rahmen eines Ausstellungsprojektes im Museum Het Valkhof/Nijmegen und dem LVR – Landesmuseum Bonn 2007/2008 präsentiert.

#### Abbildungsnachweis

Abb. 1-3. 10-13. 17-19: Museum Het Valkhof, Nijmegen; Abb. 4-6: Gießerei-Institut der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule, Aachen; Abb. 7-8. 15-16. 17: LVR – Landesmuseum Bonn; Abb. 9: LVR – Römermuseum Xanten; Abb. 14: Curt-Engelhorn-Zentrum für Archäometrie der Universität Tübingen, Mannheim; Abb. 20-25: Sylvia Mitschke, Reiss-Engelhorn-Museen; Abb. 26: Axel Thünker DGP; Abb. 27-28: Frank Willer.

**Hinter der silbernen Maske. Ein niederländisch-deutsches Forschungsprojekt zu Fragen antiker Herstellungstechniken an römischen Reiterhelmen des 1. Jahrhunderts n. Chr. aus Nijmegen/NL und Xanten/D**

Römische Reiterhelme mit Gesichtsmasken gehören zu den seltenen Funden antiker Militärausrüstung. Im Rahmen eines deutsch-niederländischen Gemeinschaftsprojekts 2006/2007 wurden nun neun Helme des 1. und 2. Jhs. n. Chr. aus den Sammlungen des Museums Het Valkhof in Nijmegen, des LVR – Römermuseums Xanten und des LVR – Landesmuseums Bonn umfassend analysiert. Zum Verständnis der historischen Techniken wurden außerdem verschiedene Experimente und Rekonstruktionsversuche durchgeführt. Die Auswertung sämtlicher Untersuchungen ergab, dass die Helme aus offenbar mehrlagigen Eisenblechen geschmiedet und mit einem in Teilen noch erhaltenen dünnen Silberblech überzogen sind. Bei vier Helmen zeigen die Außenseiten der Hinterhauptkalotten noch Reste aufwändig gearbeiteter Flechtbandverzierungen aus Pferdehaaren. Für die Montagen der Silberbleche auf den Gesichtsmasken und des textilen Überzugs konnte die Verwendung eines mehrkomponentigen Klebemittels nachgewiesen werden.

**Behind the silver mask. A Dutch-German research project on ancient manufacturing techniques of Roman cavalry helmets from the 1st century AD from Nijmegen/NL and Xanten/D**

Helmets with face masks as part of the Roman cavalry equipment are rarely found. Nine of these helmets dating to the 1st and 2nd centuries A.D. and belonging to the collections of the Museum Het Valkhof, Nijmegen, the Netherlands, the LVR – Römermuseum Xanten and the LVR – Landesmuseum Bonn, Germany, were investigated

in a German-Dutch joint project in 2006/2007. Several replication experiments and reconstructions were carried out to gain insight into Roman manufacturing techniques. The helmets were forged from sheet iron, folded and wrought from several layers of iron, and covered with silver sheet for decoration purposes. Four helmets show remains of braided bands made of horsehair. An ancient glue mixed of different ingredients was used to fix the silver foil and the textile applications.

**Derrière le masque d'argent. Un projet germano-néerlandais questionnant les techniques de fabrication des casques de cavaliers romains du 1er siècle ap. J.C. de Nimègue/NL et Xanten/D**

Les casques à visage de cavaliers romains sont parmi les plus rares des pièces d'équipement militaire mises au jour. Dans le cadre d'un projet commun germano-néerlandais en 2006/2007 neuf casques des 1er et 2ème s. ap. J.C., provenant du Museum Het Valkhof à Nimègue, du LVR – Römermuseum Xanten et du LVR – Landesmuseum Bonn ont été entièrement analysés. Différentes expérimentations et essais de reconstruction ont été en outre réalisés afin de mieux comprendre les techniques anciennes mises en œuvre. L'analyse des résultats a montré que les masques sont faits de tôles apparemment constituées de plusieurs couches de fer forgées et qu'ils sont recouverts d'une fine tôle d'argent encore partiellement conservée. Quatre casques présentent sur la face externe du couvre nuque des restes d'un décor de haute qualité fait d'entrelacs en crin de cheval. L'application d'un adhésif à plusieurs composants a pu être mise en évidence pour le montage des tôles d'argent sur le masque facial et du parement en tissu.

## Schlagworte

Helme, Bataver, Archäometallurgie, Textilarchäologie, Experimentelle Archäologie