

*Frank Willer, Ursula Baumer und Johann Koller*

## Die Metallklebemasse am römischen Reiterhelm aus Xanten-Wardt

Im Mittelpunkt archäologischer Forschungen stehen häufig Fragen zu antiken Herstellungstechniken und den daraus resultierenden sozialgeschichtlichen Zusammenhängen, bei denen Archäologen, Restauratoren und Naturwissenschaftler verschiedener Fachrichtungen eng zusammenarbeiten. Die genaue Beobachtung antiker Herstellungstechniken anhand von Arbeitsspuren an Fundstücken und deren Überprüfung durch die experimentelle Archäologie ermöglichen es, noch unbekannte antike Techniken zu entschlüsseln und sogar zu rekonstruieren. Hieraus ergeben sich zum Teil völlig neue Erkenntnisse, die dann in die archäologisch-kunsthistorische Auswertung von Funden und Befunden einfließen.

Bisher nur selten ließ sich bei archäologischen Fundstücken die Verwendung antiker Klebstoffe nachweisen. Der Grund hierfür liegt in den Klebemitteln selbst, die aus natürlichen, organischen Substanzen bestehen. Durch Zersetzungsprozesse im Bodenmilieu werden diese im Laufe der Jahrhunderte häufig bis zur Unkenntlichkeit abgebaut. Zwar ist die Verwendung von Klebstoffen wie Rinden- und Holzteeren schon seit dem Neolithikum hinlänglich bekannt<sup>1</sup>, doch stellt der direkte Nachweis eines solchen Werkstoffes einen seltenen Glücksfall dar. Dies gelang nun zum ersten Mal bei dem Reiterhelm aus Xanten-Wardt (Abb. 1).

### Frühere Helmfunde

Schon 1998 am Rheinischen Landesmuseum Bonn und der Antikensammlung Berlin durchgeführte Forschungen zur Herstellungstechnik römischer Reiterhelmmasken aus Neuss, Köln und Dormagen warfen Fragen nach der Montage von Überzügen aus Metall, wie Silber oder Kupferlegierungen, an römischen Reiterhelmen auf<sup>2</sup>. Erste Hinweise auf die Nutzung von metallverbindenden Klebstoffen in römischer Zeit gaben die Ergebnisse zweier weiterer Forschungspro-

Für Unterstützung und Diskussionsbereitschaft, die zum Gelingen des Projektes beigetragen haben, sei an dieser Stelle folgenden Personen gedankt: Dr. Norbert Hanel, Köln; Dr. Susanne Wilbers-Rost, Osnabrück; Dr. Patrick Dietemann, München; Dr. Jürgen Weiner, Niedeggen-Woltersheim; Sylvia Mitschke, Mannheim; Dr. Annelies Koster, Dr. Louis Swinkels und Ronny Meijers, Nimwegen; Dr. Ineke Joosten, Amsterdam; Dr. Martin Müller und Dr. Hans-Joachim Schalles, Xanten; Prof. Dr. Gerhard Eggert,

Stuttgart. – Datierungen beziehen sich auf die nachchristlichen Jahrhunderte, sofern nicht anders erwähnt.

<sup>1</sup> J. Koller / U. Baumer / D. Mania in: G. A. Wagner / D. Mania (Hrsg.), *Frühe Menschen in Mitteleuropa. Chronologie, Kultur, Umwelt* (Aachen 2001) 99–112.

<sup>2</sup> N. Hanel / U. Peltz / F. Willer, *Bonner Jahrb.* 200, 2000, 244; 255; 261.

jekte zu römischen Reiterhelmen. Sie ließen vermuten, dass zur Montage von dünnen Silberblechen auf Eisenhelmen aus herstellungstechnischen Gründen ein Klebemittel verwendet wurde.

Das erste Projekt befasste sich mit der Untersuchung der bekannten Helmmaske vom Kampfplatz der Varusschlacht bei Kalkriese, die ursprünglich zur Dekoration mit einem 0,2 bis 0,3 Millimeter dünnen Silberblech überzogen war<sup>3</sup> (Abb. 2). Dies bezeugen die noch erhaltenen Silberreste unter der Randeinfassung der Maske aus einer Kupferlegierung. Schnitt- und Hebelspuren sowie Risse an der Einfassung zeigen, dass das Silberblech im Zuge von Plünderungen auf dem Schlachtfeld gewaltsam von der Eisenunterlage abgelöst wurde.

Das zweite Projekt beschäftigte sich mit der Herstellungstechnik einiger Reiterhelme des ersten Jahrhunderts aus Nimwegen und Xanten, deren Gesichtsmasken mit gleichermaßen dünnen Silberblechen überzogen waren. Auch hier hatte man das wertvolle Silberblech vor der Deponierung der Helme größtenteils entfernt<sup>4</sup> (Abb. 5).

Eine der zentralen Fragen bei beiden Projekten behandelte die Herstellung und Montage der zur Verzierung dienenden Silberbleche auf der eisernen Unterlage. Durch Experimente konnte nachgewiesen werden, dass es unmöglich ist, die Bleche unmittelbar an den Gesichtsmasken anzuschmieden oder anzudrücken, denn hierbei käme es unweigerlich zu einer starken Faltenbildung und Verformung des Silberblechs<sup>5</sup> (Abb. 3).

Die Lösung des Problems besteht darin, dass das Silberblech wie auch die Eisenmaske in einem so genannten Kittbett, einer bitumenartigen Masse, in Form getrieben werden muss. Zahlreiche Silber- und Goldschmiedearbeiten belegen zwar die Verwendung solcher Treibkittmassen in antiken Werkstätten, doch lassen sich diese auf Grund ihrer leichten Zersetzung im Bodenmilieu häufig nur noch indirekt rekonstruieren<sup>6</sup>. Ein bekanntes Beispiel hierfür ist der Silberbecher aus Xanten-Lüttingen im Rheinischen Landesmuseum Bonn<sup>7</sup>, der Mitte der neunziger Jahre in den Werkstätten dieses Hauses der antiken Schmiedetechnik entsprechend nachgefertigt werden konnte.

Trotz des großen handwerklichen Geschicks, das römische Gold-, Silber-, Buntmetall- oder auch Eisenschmiede nachweislich besaßen, war es ihnen sicherlich nicht möglich, ein Silberblech absolut formidentisch an eine Eisenmaske anzupassen. Leichte Abweichungen zwischen beiden Blechen im Millimeterbereich konnten nicht vermieden werden. Zwischen beiden Blechen entstanden so zwangsweise leichte Hohlräume. Ohne eine stabilisierende Zwischenlage wäre das dünne Silber beim Tragen und Gebrauch der Maske leicht deformiert worden. Daher war zu vermuten, dass sich zwischen der Eisenunterlage und dem Silberblech ein ausgleichender organische Kleber ähnlich einer Treibmasse befand (Abb. 7). Möglicherweise wurde diese im kalten Zustand harte Substanz erhitzt, um sie zähflüssig zu machen. So ließ sie sich auf der Unterseite des Silberbleches gleichmäßig dünn auftragen. Vorsichtig konnte man das Silber dann auf die ebenfalls erhitzte Eisenmaske auflegen. Nach dem Erkalten der Kittmasse erreichte man so eine stabilisierende, dauerhafte Klebeverbindung beider Bleche. Im Bereich der Augen-, Mund- und Nasenlochöffnungen sowie im Randbereich der Eisenmaske wurde das überstehende Silberblech einfach nach innen umgeschlagen, wie das Nimwegener Stück zeigt (Abb. 4).

<sup>3</sup> N. Hanel / S. Wilbers-Rost / F. Willer, *Bonner Jahrb.* 204, 2004, 71–91.

<sup>4</sup> R. Meijers/F. Willer in: Meijers/Willer, *Masker* 31; 35–37.

<sup>5</sup> Hanel/Wilbers-Rost/Willer (vorletzte Anm.) 85 Abb. 12.

<sup>6</sup> G. Eggert / H. Kutzke / G. Wagner, *Journal Arch. Science* 28, H. 8, 1999, 1089–1092. Hier konnte Schwefel als Treibmittel in einem hohl gearbeiteten römischen Ohrring nachgewiesen werden.

<sup>7</sup> E. Künzl, *Bonner Jahrb.* 169, 1969, 324.

<sup>8</sup> Hanel/Wilbers-Rost/Willer (Anm. 3).

<sup>9</sup> D. von Detten / M. Gechter, *Arch. im Rheinland* 1987, 63 f.

<sup>10</sup> H.-H. v. Prittwitz und Gaffron, *Bonner Jahrb.* 191, 1991, 225–241.

1 Der Reiterhelm  
von Xanten-Wardt.  
Rheinisches Landesmuseum  
Bonn.



An der Maske aus Kalkriese hat man zudem den Randbereich des Silberblechs durch ein umlaufendes U-förmiges Profilblech aus einer Messinglegierung mechanisch gesichert. Hierdurch wurde einem allzu schnellen Durchscheuern des Silbers beim Gebrauch der Maske entgegengewirkt<sup>8</sup> (siehe Abb. 2 und 7). Auch bei großen mechanischen Belastungen, wie etwa bei Kampfeinsätzen, musste der Klebstoff beide Bleche sicher miteinander verbinden.

Bedingt durch die bereits in der Antike durchgeführte Abnahme des Silbers sowie biologische Zersetzungsprozesse und Einflüsse in Form der Metallkorrosion ließen sich bislang bei keinem der untersuchten Maskenhelme eindeutige Reste einer solchen Klebemasse nachweisen.

### Der erste Nachweis eines römischen Metallkebemittels in Xanten

Bereits 1998 vermutete man an dem 1986 in den Auskiesungsarealen im Norden der Colonia Ulpia Traiana in Xanten-Wardt entdeckten, mit Silber überzogenen Reiterhelm im Rheinischen Landesmuseum Bonn die Existenz einer Kittmasse, die das Silberblech mit der Eisenunterlage verband. Diese konnte man jedoch damals nicht nachweisen<sup>9</sup>.

Der mit Kieselsteinen durch Korrosion verbackene eiserne Helm wurde nach seiner Auffindung zunächst in den Werkstätten des Landesmuseums freigelegt und konserviert. Die Metalloberfläche zeigt aufwendige Silbertreiarbeiten sowie Feuervergoldungen, die verschiedene Bereiche der Silberoberfläche verziert<sup>10</sup> (Abb. 1).



- 2 (links oben) Die Reitermaske aus Kalkriese. Museum Kalkriese.
- 3 (links Mitte) Versuch der Überformung einer Maske mit Silberblech von 0,2 mm Stärke. Ohne Treibkitt ist die Formung nicht möglich.
- 4 (links unten) Detail von der Innenansicht einer Gesichtsmaske aus Nimwegen. Das dünne Silberblech ist am Auge umgebördelt. Museum Het Valkhof, Nimwegen.
- 5 (Buchseite gegenüber) Zwei Reiterhelme aus Nimwegen, Kops Plateau. Museum Het Valkhof, Nimwegen.



Das Stück gehört zur Gruppe der Reiterhelme vom Typus Weiler beziehungsweise Koblenz-Bubenheim und kann als das besterhaltene und prachtvollste Exemplar dieser Art gelten<sup>11</sup>. Seine Datierung gründet auf verschiedenen Verzierungselementen und besonders auf der Einordnung der Büste der Frontseite. Die genaue Identifizierung des Bildnisses dort ist zwar nicht möglich, der Habitus weist aber auf einen Angehörigen des julisch-claudischen Kaiserhauses hin, wobei von Tiberius und Germanicus über Caligula bis zu Kaiser Claudius verschiedene Kandidaten benannt werden<sup>12</sup>. Mehrheitlich wird eine Herstellung in den vierziger bis fünfziger Jahren des ersten Jahrhunderts angenommen. Damit gehört das Stück etwa zum selben Zeithorizont wie die bereits erwähnten Reiterhelme aus Nimwegen. Vermutlich wurde er von einem hohen Offizier getragen. Der schiefstehende Nackenschutz ist nicht als eine sekundäre Beschädigungen anzusehen, vielmehr deutet die gezielte Formgebung darauf hin, dass der Helm millimetergenau einer krankhaften Missbildung des Trägers, einem Schiefhals (Tortikollis), angepasst wurde. Für den antiken Verlust des Helms und der Mehrzahl der übrigen Funde aus den Auskiesungsarealen werden die Kämpfe bei der Rückeroberung des niedergermanischen Heeresbezirks durch die Truppen des Petillius Cerialis im Sommer des Jahres 70 vermutet.<sup>13</sup>

Bereits 1990 hatte man versucht, die Zwischenlage zwischen beiden Metallblechen zu bestimmen. Jedoch ergaben die hierzu



durchgeführten Analysen keine eindeutigen Ergebnisse. Das vermutete Birkenrindenpech konnte dabei nicht nachgewiesen werden, vielmehr deuteten Alterungsprodukte der Abietinsäure auf Zuschläge von Koniferenharzen hin<sup>14</sup>. Dies lag vermutlich an der ausgewählten Materialprobe, die als eine hellbraune, schuppige Schicht beschrieben wurde. Wie die weitere Ergebnisse der Analyse zeigten, handelte es sich bei den unlöslichen Bestandteilen der Probe im Wesentlichen um Korrosionsprodukte der eisernen Helmkalotte<sup>15</sup>. Erst zwanzig Jahre später ist es einem glücklichen Zufall zu verdanken, dass eine erfolgreiche Analyse des Klebstoffes am Xantener Helm endlich gelungen ist.

Ein schon 1986 als Probe separiertes Fragment der linken Wangenklappe erbrachte dann erste Ergebnisse<sup>16</sup>. Ursprünglich sollte daran zunächst nur eine Beprobung zur Erzeugung eines Querschliffbildes des Metalls durchgeführt werden. Mit einer speziellen, 0,2 Millimeter dünnen, mit Diamant beschichteten Mikrotrennscheibe wurde das Fragment der Wangenklappe angeschnitten (Abb. 6). Durch die dabei entstehende Wärme quoll die Zwischenschicht an und hob das Silberblech nach zweitausend Jahren von der Eisenunterlage ab. Zwischen beiden Metallen zogen sich schwarze, leicht glänzende Fäden, die die Anwesenheit eines antiken Klebemittels nahelegten.

<sup>11</sup> M. Junkelmann, *Reiter wie Statuen aus Erz. Ant. Welt Sonderh.* (Mainz 1996) 27–30 Abb. 48; ders. / H. Born, *Römische Kampf- und Turnierrüstungen. Sammlung Axel Guttman VI* (Mainz 1997) 84–88.

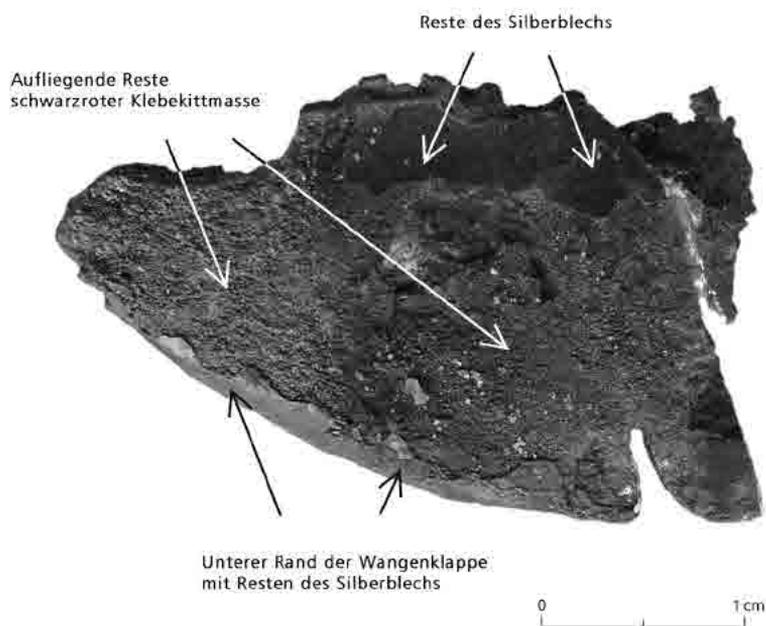
<sup>12</sup> v. Prittwitz (Anm. 10) 232–237.

<sup>13</sup> v. Prittwitz (Anm. 10) 233–240.

<sup>14</sup> B. Spiering / G. Eggert, *Bonner Jahrb.* 191, 1991, 241–246.

<sup>15</sup> Ebd.

<sup>16</sup> U. Baumer u. a. in: Meijers/Willer, *Masker* 77–79.



6 Reiterhelm von Xanten-Wardt, Fragment der Wangenklappe mit Klebresten. Rheinisches Landesmuseum Bonn

7 (Buchseite gegenüber) Die Einzelteile der Reitermaske aus Kalkriese, Rekonstruktion.

Die Probe wurde daraufhin in Aluminiumfolie verpackt, um eine mögliche Kontaminierung zu vermeiden. Sie sollte möglichst rein und ursprünglich dem am Forschungsprojekt beteiligten Doerner Institut in München zur Materialanalyse übergeben werden. Wie sich später zeigte, lagen trotzdem organische Kontaminierungen vor, die bereits in den vorhergegangenen Jahren aus den Kunststoffverpackungen eingedrungen waren.

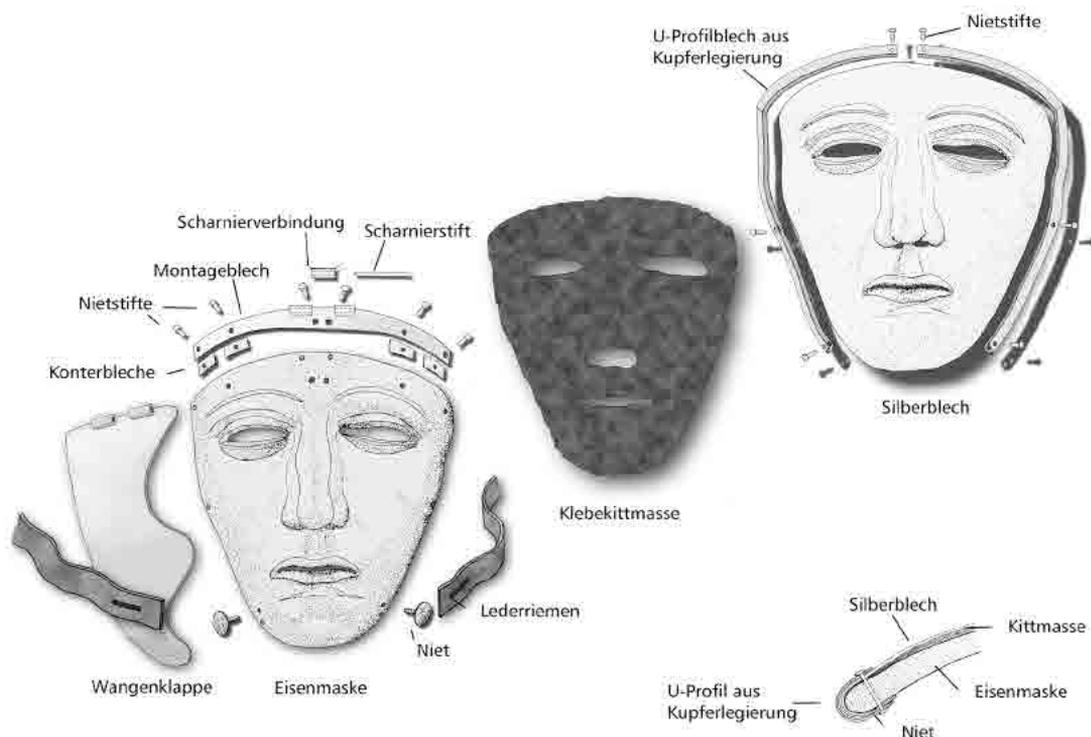
### Die Untersuchung der organischen Klebereste auf dem Reiterhelm

Von zwei Fragmenten der linken Wangenklappe des Xantener Helms, wo Silber- und Eisenblech erhalten sind, wurden Schabepробen der Klebeschicht entnommen und nach einer eigens für gealterte, organische Materialien entwickelten Methode untersucht<sup>17</sup>. Zunächst wurden die Proben mit organischen Lösemitteln stufenweise extrahiert: Isooctan, Methanol, Chloroform sowie Methanol mit Oxalsäure. Die dabei erhaltenen Lösungen wurden anschließend sowohl direkt als auch nach einer entsprechenden Derivatisierung in die im Institut vorhandene Kombination von Gaschromatographie mit Massenspektrometrie eingespritzt<sup>18</sup>. Mit diesen Analysensystemen können organische Bestandteile aus Ölen, Harzen und Wachsen sowie aus Pechen oder Bitumen

<sup>17</sup> H. Koschik / J. Koller / U. Baumer, *Acta Praehist. et Arch.* 25, 1993, 117–131; U. Baumer / J. Koller, *Germania* 76, 1, 1998, 207–216; dies., *Beitr. Erhaltung von Kunst- und Kulturgut* 1, 2003, 80–84.

<sup>18</sup> Verwendete Analysegeräte: (1) Gaschromatograph (GC) Agilent GC 6890 mit Autosampler; Säule DB-5ht (J&W, –40°C bis 400°C), 15 min, 0,32 mm ID, 0,1 µm Filmdicke; Trägergas Helium 5,0 (nachgereinigt), konstanter Fluss 1,7 ml/min; Split/splitless-Injektor, Injektionstemperatur 250°C; Splitless mode, 1 µl Injektionsvolumen, 0,5 min splitless, Purge flow 36 ml/min; Ofentemperaturprogramm T<sub>1</sub>=55°C, t<sub>1</sub>=1 min, R<sub>1</sub>=11°C/min, T<sub>2</sub>=150°C, R<sub>2</sub>=10°C/min, T<sub>3</sub>=360°C; FID-Detektor, Detektortem-

peratur 360°C. – (2) Gaschromatographie-Massenspektrometrie-Kombination (GC/MS) Agilent GC 5890 gekoppelt mit MS Engine 5889 B; Säule DB-5ht (J&W, –40°C bis 400°C), 30 m, 0,25 mm ID, 0,1 µm Filmdicke; Trägergas Helium 5,0 (nachgereinigt), konstanter Fluss 1,2 ml/min; Split/splitless-Injektor, Injektortemperatur 250°C; Splitless mode, 1 µl Injektionsvolumen, 2 min splitless, Purge flow 32 ml/min; Ofentemperaturprogramm T<sub>1</sub>=55°C, t<sub>1</sub>=2 min, R<sub>1</sub>=16°C/min, T<sub>2</sub>=300°C, R<sub>2</sub>=11°C/min, T<sub>3</sub>=360°C; geheizte Transferline zum MS 280°C bis 300°C; Ionenquellentemperatur 250°C; Quadrupoltemperatur 100°C; EI-mode, scan range 42–500 m/z.



erfasst werden. Bei der nachfolgenden Analyse ergeben allerdings bestimmte moderne Begleitstoffe (siehe unten) besonders gute Detektionssignale, die die eigentliche Analyse der gealterten Materialien empfindlich stören und sogar verfälschen können.

Nach der Auswertung der gesamten Analysen steht fest, dass die von den Silber- und Eisenfragmenten entnommenen Schabeprobe bei den vorgenommenen Analysen zwar variierende Ergebnisse lieferten, im Großen und Ganzen darin aber immer die gleichen vier Produktgruppen erkennbar sind: einerseits die erwähnten modernen Kunstharzbestandteile (1), andererseits historisch eingebrachte tierische Fettsäuren (2), Teer- beziehungsweise Petroleumkomponenten (3) sowie Holzteerreste (4).

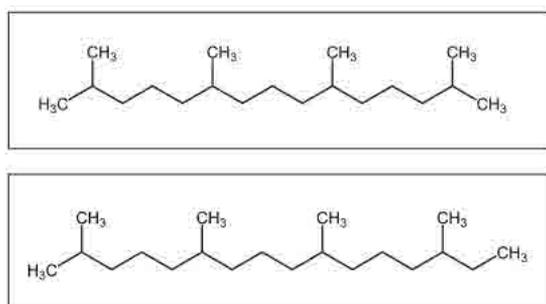
(1) Moderne Kunstharzbestandteile (Phthalsäureester). In den Gaschromatogrammen der verschiedenen Proben dominieren Bestandteile moderner Kunstharz- und Kunststoffprodukte. Im Einzelnen sind dies vor allem Weichmacher auf Phthalatesterbasis, wie Phthalsäureanhydrid, Diethyl-, Diisobutyl- und Diisooctylphthalat, die vermutlich aus synthetischem Verpackungsmaterial, Klebstoffen und Lacken eingewandert sind. Niedermolekulare Phenolharzbestandteile lassen zudem die Annahme zu, dass bei der Restaurierung Kunstharzkleber verwendet wurden. Auch die freie Phthalsäure lässt ein Kunstharz auf Polyesterharzbasis erschließen, wie etwa Alkydharz.

Die Dominanz dieser modernen Bestandteile im Chromatogramm (Abb. 9) ist jedoch auf zwei besondere Merkmale zurückzuführen. Zum einen sind diese Produkte alle wenig gealtert und kaum verändert, zum anderen sind zumindest die Weichmacher durch ihre hohen Wiedergabefaktoren bei der hier vorgenommenen Analyse extrem gut nachweisbar. Die optische Darstellung der Ergebnisse in Form von Gaschromatogrammen liefert deshalb ein verzerrtes Bild.

(2) Fettsäuren und Steroide (Cholesterinabkömmlinge). Aus dem gleichen Grund – da nämlich die bei der hier angewandten Derivatisierung (Methylierung) entstehenden Fettsäuremethylester ebenfalls hohe Wiedergabefaktoren haben – dominieren neben den modernen Kunstharzbestandteilen auch die Fettsäuren in den Gaschromatogrammen der Helmproben. In wechsell-

den Mengen ist eine Vielzahl von Fettsäuren und kurzkettingen Dicarbonsäuren nachweisbar (Abb. 9). Dabei handelt es sich vor allem um gesättigte Fettsäuren, wie Palmitin- und Stearinsäure, ungesättigte Fettsäuren, wie Palmitolein- und Ölsäure, sowie wenige ungeradzahlige Fettsäuren. Die Zusammensetzung ist zunächst unspezifisch, insbesondere deshalb, weil die beiden größten Fettsäuren, nämlich Palmitin- und Stearinsäure, ubiquitär sind und auch im Erdreich vorkommen können. Die Palmitoleinsäure, die ungeradzahligen Fettsäuren (Pentadecan- und Margarinsäure) sowie die in kleinen Spuren vorhandenen oxidierten Cholesterolabkömmlinge zeigen aber, dass sie aus tierischen Fetten stammen<sup>19</sup> und nicht nur Verunreinigungen aus der Bodenlagerung sind<sup>20</sup>. Vermutlich haben die Metallteile des Helms einen günstigen Einfluss beim Erhalt der Fettanteile, da während der Metallkorrosion stabile und widerstandsfähige Metallseifen gebildet werden, also Metallsalze mit organischen Säuren, in diesem Fall Fettsäuren<sup>21</sup>.

(3) Erdölprodukte (Paraffine, Pristan, Phytan). Ebenfalls in allen Proben enthalten sind verschiedene gerad- und verzweigt-kettige Paraffine (Alkane) mit Kohlenstoffkettenlängen zwischen



8 Die beiden im dunklen Belag am Helm aus Xanten-Wardt nachgewiesenen iso-Alkane Pristan (2,6,10,14-Tetramethylpentadecan  $C_{19}H_{40}$ , oben) und Phytan (2,6,10,14-Tetramethylhexadecan  $C_{20}H_{42}$ , unten) sind Biomarker für Rohpetroleum und andere bituminöse Stoffe.

Bedeutung (Abb. 8). Sie sind als Biomarker, sogenannte Chemofossilien, in manchen Erdölen oder zähflüssigen Bitumentypen enthalten<sup>23</sup>.

(4) Holzteeranteile (Diterpenoide). In den meisten Proben sind in anscheinend kleinen Mengen diterpenoide Harzsäuren nachweisbar, wie Dehydroabietinsäure, Methyldehydroabietat oder Methyloxodehydroabietat, sowie eine daraus durch Hitzeeinwirkung entstandene Verbindung, das Reten (Abb. 11). Diese Verbindungen zusammen sind charakteristisch für verschelte, stark harzhaltige Holzprodukte, wie etwa Kiefern- oder Pinienholzteer, wobei ersterer typisch für den nordalpinen Bereich, letzterer charakteristisch für Italien ist<sup>24</sup>. Der Eindruck, dass es sich nur

$C_{15}$  und  $C_{19}$ . Für die Zuordnung dieser Paraffine sind zwei Merkmale von Bedeutung (Abb. 10). Aus dem buckeligen Anstieg der Grundlinie ragen nur einzelne, meist unverzweigte Alkane heraus. Unter diesem Anstieg verbergen sich jedoch viele verzweigte iso-Kohlenwasserstoffe und zyklische Kohlenwasserstoffe, die von der Trennsäule nicht mehr einzeln aufgetrennt werden können. Dieses Phänomen ist charakteristisch für unraffinierte Produkte aus bituminösem Teer. Es handelt sich um den niedermolekularen, zähflüssigen Anteil, der auch während einer Bodenlagerung oder bei mikrobiellem Abbau erhalten bleibt<sup>22</sup>. Bei der Zuordnung sind vor allem die beiden identifizierten iso-Alkane Pristan und Phytan von besonderer

<sup>19</sup> M. Regert u. a., Free and bound fatty acid oxidations product in archaeological ceramic vessels, Proceedings of the Royal Society of London, Ser. B, 265, 1998, 2027–2032. – Chr. Flügge u. a., Hyperfine Interaction 154, 2004, 231–251.

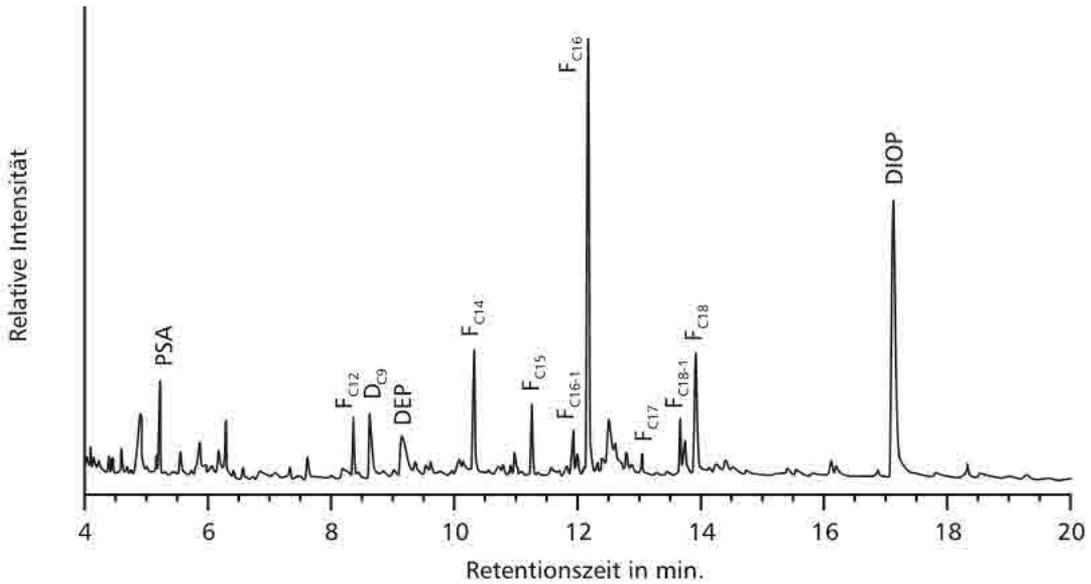
<sup>20</sup> R. P. Evershed u. a., Journal Arch. Scien. 22, 1995, 277–290.

<sup>21</sup> E. M. Geigl / U. Baumer / J. Koller, Environmental Chemistry Letters 2, 2004, 45–48.

<sup>22</sup> V. Zeisberger, Handbuch Altdasten III 5 (Wiesbaden 2005) 14 f.; W. K. Seifert / J. M. Moldowan, Geochimica et Cosmochimica Acta 43, 1979, 111–126.

<sup>23</sup> J. S. Mills / R. White, The Organic Chemistry of Museum Objects (Oxford 1994) 56–68.

<sup>24</sup> J. Koller / U. Baumer in: G. Hellenkemper-Salies / H.-H. von Prittwitz und Gaffron / G. Bauchheuß (Hrsg.), Das Wrack. Der antike Schiffsfund von Mahdia II (Köln 1994) 1067–1072; R. P. Evershed / K. Jerman / G. Eglinton, Nature 314, 1985, 828–830; C. W. Beck / E. C. Stout / P. A. Jänne in: Proc. First Internat. Symposium on Wood Tar and Pitch, Warschau 1993 (Warschau 1997) 181–190.



9 Die dunklen Klebereste auf dem Silberfragment (Probe 1) des Helmes aus Xanten-Wardt.

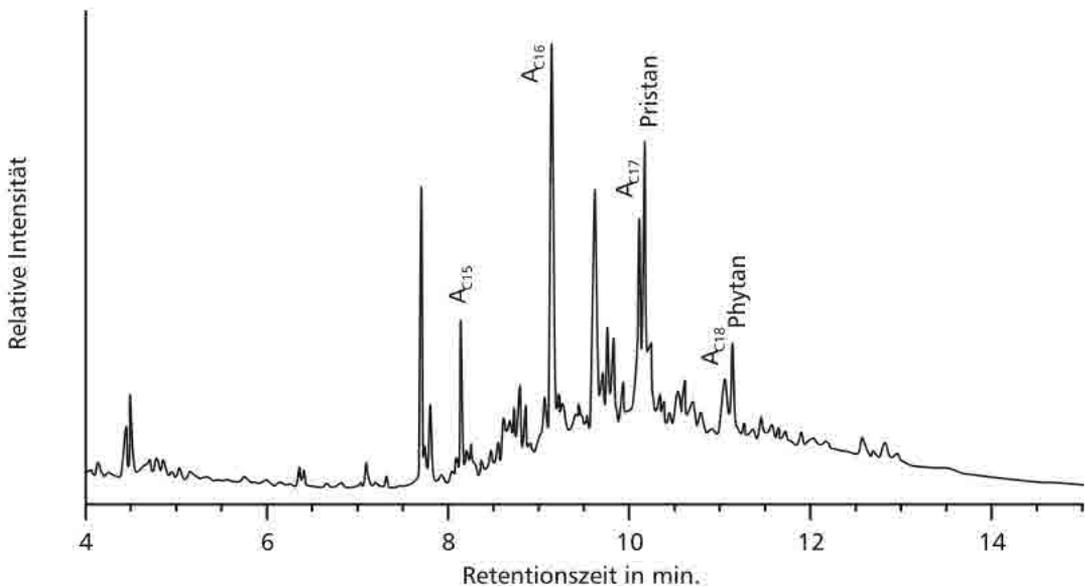
Gaschromatogramm des Totalextrakts (mit Methanol/Oxalsäure).

Abkürzungen: PSA = Phthalsäureanhydrid, F<sub>C12</sub> = Laurinsäure, D<sub>C9</sub> = Azelainsäure, DEP = Diethylphthalat,

F<sub>C14</sub> = Myristinsäure, F<sub>C15</sub> = Pentadecansäure, F<sub>C16-1</sub> = Palmitoleinsäure, F<sub>C16</sub> = Palmitinsäure,

F<sub>C14</sub> = Margarinsäure, F<sub>C18-1</sub> = Ölsäure, F<sub>C18</sub> = Stearinsäure, DIOP = Diisooctylphthalat. Alle Fettsäuren

wurden in Form ihrer Methylester detektiert.



10 Dunkler Belag auf und unter der Silberfolie des Helmes aus Xanten-Wardt.

Gaschromatogramm des Isooctanextrakts, in dem sich Alkane beziehungsweise iso-Alkane mit Siedepunkten zwischen etwa 270 bis 330 °C zeigen.

Abkürzungen: A<sub>C15</sub> = Pentadecan, A<sub>C16</sub> = Hexadecan, A<sub>C17</sub> = Heptadecan, A<sub>C18</sub> = Octadecan, A<sub>C19</sub> = Nonadecan.

um kleine Anteile handelt, ist allerdings irreführend. Reten und die Diterpenharzsäuren besitzen im Vergleich zu den im Gaschromatogramm scheinbar dominierenden Weichmachern aus Kunstharzen und den Fettsäuremethylestern (vgl. Abb. 9) nur extrem geringe Wiedergabefaktoren.

### Interpretation und Gewichtung der Untersuchungsergebnisse

Auffällig sind die Einflüsse durch moderne Eingriffe und Restaurierungen in den Proben. Die Probe vom Xantener Helm wurde nach dessen Bergung über längere Zeit in Kunststoffverpackungen aufbewahrt. Dies ist bei porösen archäologischen Funden verhängnisvoll, da diese besonders dazu neigen, wanderungsfähige Substanzen aufzunehmen. Bei den korrodierten Metallflächen des Xantener Helms ist dies leider in großem Maße durch die Aufnahme von Kunststoffweichmachern geschehen. Auch moderne Klebstoffe und transparente, konservierende Schutzlacke kommen als Quelle der modernen Produkte in Frage. Diese Verunreinigungen erscheinen jetzt als Hauptbestandteile und stören die Analyse der historischen Inhaltsstoffe derart, dass Aussagen über die eigentlichen Klebstoffreste nur mehr im beschränkten Umfang getroffen werden können, da letztere nur noch als Nebenbestandteile vorliegen. So ist etwa im Totalextrakt (Abb. 9), der alle Komponenten zeigen soll, der Anteil der störenden Verbindungen so groß, dass hier die originalen Holzteer- und Teerparaffinkomponenten gar nicht mehr in Erscheinung treten. Diese sind nur noch in Spezialextrakten nachweisbar.

Bei allen identifizierten antiken Komponenten auf dem Fragment des Xantener Helms handelt es sich um organische Materialien, die in archäologischen Funden in sehr unterschiedlicher Weise Umwandlungs- und Abbauprozessen unterliegen. Diese können allein auf Grund der natürlichen Alterung stattfinden, sie werden aber auch stark durch die Lagerung im Boden und Begleitmaterialien beeinflusst, wie im vorliegenden Fall durch die Metalle. Besonders trifft dies auf die identifizierten Tierfette zu, die deshalb nicht mehr genauer zuzuordnen sind. Aus eigenen Untersuchungen an anderen archäologischen Objekten geht jedoch hervor, dass man historischen Klebmitteln, wie Holzteer, Birkenrindenpech oder Bitumen, durchaus Tierfette beigefügt hat, um sie geschmeidig zu machen<sup>25</sup>.

Die identifizierten mittelflüchtigen Teerparaffine in den Xantener Proben gehören vom Siedepunkt und Molekulargewicht her zu einer eher zähflüssigen Erdölfraktion<sup>26</sup>. Höhermolekulare und feste Anteile aus Bitumen, Asphalt oder Erdwachs fehlen hier anscheinend. Die vorliegenden sogenannten weichen Teerparaffine sind in natürlichen Vorkommen schon in der Antike bekannt in Form von Erdölausbissen, etwa im vorderen Orient und dort besonders in Mesopotamien. Diese Substanzen wurden sicherlich auch zur Herstellung von Kittmassen verwendet<sup>27</sup>. Bitumenhaltiges Material wurde bereits bei einem bronzzeitlichen Messer aus dem Rhein bei Xanten-Wardt nachgewiesen<sup>28</sup>.

Glücklicherweise sind die festen Anteile der aus Kiefern- oder Pinienholz durch Verschwelung hergestellten Holzteere unter günstigen Bedingungen verwitterungs- und lagerbeständig<sup>29</sup>, so dass

<sup>25</sup> V. Dröber / St. Gasteiger, Arch. Jahr Bayern 2002, 85f.

<sup>26</sup> L. Suhlring, Deutsches Museum, Abhandlungen und Berichte 43, H. 2/3, 1975, passim. – Bitumen, ein Verfestigungsmaterial für radioaktive Abfälle, und seine historischen Analoga. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (NAGRA), Technischer Bericht 83-11 (Baden/Schweiz 1983).

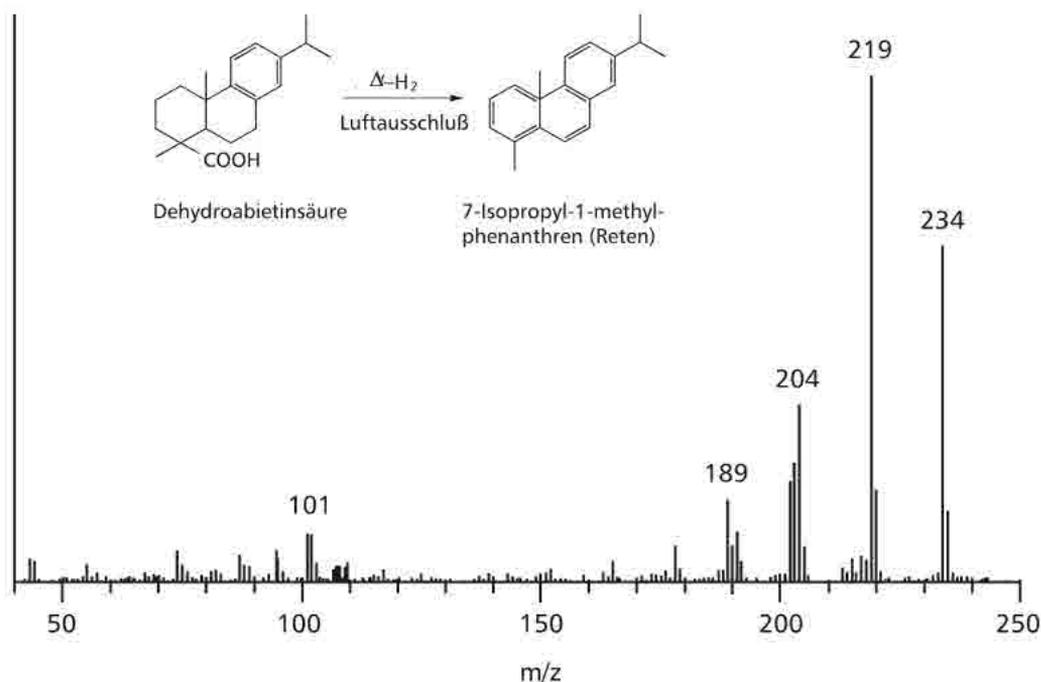
<sup>27</sup> R.J. Forbes, Studies in Ancient Technology I (Leiden 1955) 92.

<sup>28</sup> Koschik u. a. (Anm. 17).

<sup>29</sup> U. Baumer / J. Koller in: Verfahren der Holzverschwelung und die Verwendung ihrer Produkte von der Antike bis zur Gegenwart, Internationales Symposium Rostock-Wiethagen 2002 (Rostock und Berlin 2002) 100–113.

<sup>30</sup> D. Todtenhaupt / A. Kurzweil, Acta Praehist. et Arch. 23, 1991, 47–53.

<sup>31</sup> C. W. Beck / C. Borromeo in: W. R. Biers / P. E. McGovern, Organic Contents of Ancient Vessels. Materials analysis and archaeological investigation. MASCA Research Papers in Science and Archaeology 7 (Univ. of Pennsylvania 1990) 51–58.



ii Massenspektrum des in den Proben vom Xantener Helm vorliegenden Holzteerbestandteils Reten (EI-mode). Reten wird bei der Meilerverkohlung etwa aus der Harzsäure Dehydroabietinsäure gebildet; siehe die eingeblendeten Formeln.

sie in der Kittmasse auf dem Xantener Helm teilweise erhalten geblieben sind. Die leichtflüchtigen Anteile aus dem ursprünglichen Holzteer sind jedoch völlig verschwunden. Die Herstellung und Verwendung solcher Substanzen war in römischer Zeit weit verbreitet. So dienten die flüssigen und auch mit Fett modifizierten Teere etwa als Schmiermittel für Radnaben<sup>30</sup>, während eingekochte und verdickte Holzteere im Schiffsbau zum Kleben und Kalfatern angewandt wurden.

### Ergebnis und Ausblick

Bei dem bislang einmaligen Fund von dunklen Anhaftungen auf dem Xantener Helm liegen eindeutig Reste historischer Klebe- und Kittschichten vor. Diese haben sich jedoch nicht einheitlich und komplett erhalten, sondern sind ausgemagert und in ihrer chemischen Zusammensetzung stark verändert. Zu der originalen Klebemasse gehören sicherlich die hier nachgewiesenen Holzteerbestandteile. Bei den Teerparaffinen, also den Petroleumanteilen, muss es offen bleiben, ob sie zur Plastifizierung des Holzpechs oder als Kleber verwendet wurden. Bereits in einem Befund aus dem vierten vorchristlichen Jahrhundert, nämlich am Schiffswrack von Kyrenia, wurde ein Klebstoff gefunden, der vermutlich durch Modifikation von Holzteer mit einer Erdölfraction hergestellt wurde<sup>31</sup>.

Ob der römische Klebstoff zusätzlich organische Magerungszuschläge enthielt, mit dessen Hilfe die Konsistenz beeinflusst werden konnte, kann nicht mehr festgestellt werden, es ist aber zu vermuten, dass die verwendete Mischung optimal eingestellt war. Sie musste nicht nur eine hohe Klebewirkung erzielen, sondern darüber hinaus genügend Festigkeit und Zähigkeit aufweisen. Erstaunlich ist, dass das Klebemittel nach nahezu zwei Jahrtausenden das Silber noch immer fest mit dem Eisenhelm verbindet. Unter heutigen Gesichtspunkten würde man es als

einen organischen, thermoplastischen Klebstoff definieren, der auch bei extremen Witterungseinflüssen und Temperaturen wirksam bleibt.

Ähnliche Befunde zeigten auch die von uns untersuchten Maskenhelme aus Nimwegen, die in der Mehrzahl als Opfergaben deponiert worden waren und deren Silberbestandteile man zuvor weitgehend entfernt hatte<sup>32</sup>, sowie solche aus Xanten<sup>33</sup>. Sowohl durch die Bodenlagerung als auch durch die anschließenden Restaurierungsmaßnahmen lassen sich an den wenigen erhaltenen Silberresten keine eindeutigen Klebemittelspuren mehr nachweisen. Allerdings finden sich Reste von Holzteer in Gestalt einer blauschwarzen Substanz an der Kalotte eines Helmes<sup>34</sup>. Mit Hilfe dieses Klebemittels wurden reich verzierte Dekorationen aus Pferdehaar an der Helmkalotte fixiert<sup>35</sup>.

Vor dem Hintergrund der hier vorgelegten Untersuchungsergebnisse bleibt zu fragen, ob derartige Klebstoffe auch in anderen Bereichen antiker Metallverarbeitung Verwendung fanden. So ließen sich bei Grabungsfunden aus dem römischen Militärlager in Haltern Zierköpfe aus Kupferlegierungen beobachten, die ehemals einen dünnen Weißmetallüberzug besaßen. Es ist zu vermuten, dass es sich hierbei um Silberblech handelt. Der Zwischenraum ist mit einer grauen und festen, aber duktilen Füllmasse aufgefüllt. Da es sich hierbei wohl nicht um die sonst übliche Bleifüllung handelt, liegt die Vermutung nahe, dass möglicherweise eine organische Klebekittmasse vorliegt. Eine Untersuchung dieser Substanz könnte daher wichtige neue Erkenntnisse erbringen<sup>36</sup>. Ebenfalls von großem Interesse sind in diesem Zusammenhang zwei silberplattierte Bronzeteller der ersten Hälfte des dritten Jahrhunderts aus dem Kastell von Niederbieber. Auch hier liegt die hauchdünne Silberfolie präzise auf den mit Perlrand beziehungsweise Relieffries versehenen Bronzetellern. Ob diesem passgenauen Sitz durch die Verwendung eines Klebstoffes Haltbarkeit verliehen wurde, können erst weiterführende Untersuchungen ergeben<sup>37</sup>.

Die neu gewonnenen Erkenntnisse zur Metallverarbeitung anhand römischer Reiterhelme belegen die großen Fähigkeiten und Materialkenntnisse antiker Handwerker. Rekonstruktionsversuche zeigen, wie komplex und schwierig die dafür notwendigen einzelnen Arbeitsschritte waren. Die hohen Anforderungen an die Rüstungsteile erforderten darüber hinaus die sachverständige Kombination unterschiedlichster Werkstoffe. Sie garantierten nicht nur den ausreichenden Schutz des Trägers, sondern verliehen ihm auch sein standesgemäßes Aussehen. Der Einsatz von Klebstoffen, die nachweislich trotz zweitausendjähriger Bodenlagerung kaum ihre Haftkraft verloren haben, lässt erahnen, wie innovativ und entwickelt die römische Metalltechnik war.

Frank Willer, Rheinisches Landesmuseum Bonn, Bachstraße 5–9, 53115 Bonn,

Frank.Willer@lvr.de

Ursula Baumer und Dr. Johann Koller, Doerner Institut, Barerstraße 29, 80799 München,

baumer@doernerinstitut.de

<sup>32</sup> H. Van Enkevort in: Meijers/Willer, Masker 11–13.

<sup>33</sup> Hanel/Willer 2004, 85 bezüglich deren Forschungsprojekt am RLMB zur Herstellung und Herkunft römischer Reitermaskenhelme aus Niedergermanien.

<sup>34</sup> S. Mitschke in: Meijers/Willer, Masker 90–92 Abb. 11 und 13. Nach Fertigstellung des Kataloges erfolgten am Instituut Collectie Nederland in Amsterdam Analysen des vermuteten Klebemittels. Hier konnte als einer der Bestandteile der Klebeschicht Holzteer identifiziert werden.

<sup>35</sup> Nach E. Künzl in: W. Schlüter/R. Wiegels (Hrsg.), Rom, Germanien und die Ausgrabungen von Kalkriese. Inter-

nat. Kongress Univ. Osnabrück 1996. Osnabrücker Forsch. Alt. u. Antike-Rezeption 1 = Kulturregion Osnabrück 10 (Osnabrück 1999) 149–168, wurden solche Fellhelme durch Germanicus, den Adoptivsohn des Kaisers Tiberius, in Anspielung auf Darstellungen Alexanders des Großen während seines Oberbefehls in Germanien im römischen Heer eingeführt.

<sup>36</sup> M. Müller, Die römischen Buntmetallfunde von Haltern. Bodenalertümer Westfalens 37 (Mainz 2002) 34 Taf. 45 Kat. 491 und 507; Taf. 46 Kat. 512.

<sup>37</sup> M. Menninger in: Das Haus lacht vor Silber, Ausstellung Bonn 1997 (Köln und Bonn 1997) 113–123 Abb. 37–42.

*Ergebnis.* Die beim römischen Reiterhelm von Xanten-Wardt nachweisbare Klebemasse hat in zweitausendjähriger Bodenlagerung kaum an Haftkraft verloren. Die souveräne Anwendung der Klebtechnik belegt einmal mehr die hohen Fähigkeiten und Materialkenntnisse antiker Handwerker sowie die Innovationskraft römischer Technik. Hohe Anforderungen an Helme dieser Art machten offenbar die sachverständige Kombination unterschiedlicher Werkstoffe nötig. Nur dies garantierte dem Träger ausreichenden Schutz und verlieh ihm ein statusgemäßes Aussehen.

*Conclusion.* After being deposited in the ground for two millennia, the glue compound attested at the Roman cavalry helmet of Xanten-Wardt has kept almost all of its adhesive capacity. The skilled usage of the gluing technique once again documents the great abilities and knowledge of materials of the ancient artisans and the power of innovation of Roman technology. Apparently, the high production requirements for helmets of this type required the expert combination of different materials. Only this would guarantee the wearer adequate protection and an appearance corresponding to his rank.

*Bildrechte.* Abb. 1 Axel Thünker, Bonn. – Abb. 2 Museum Bramsche, Kalkriese. – Abb. 3, 6 und 7 RLMB, Realisierung Frank Willer (3 und 6), derselbe und Christoph Duntze (7). – Abb. 4 Museum Het Valkhof, Nimwegen. – Abb. 5 Museum Het Valkhof, Nimwegen. – Abb. 8–11 Doerner Institut München, Realisierung Ursula Baumer und Johann Koller.

### Abkürzungen

Meijers/Willer, Masker

R. Meijers / F. Willer (Hrsg.), Achter het zilveren masker. Nieuw onderzoek naar de productietechnieken van Romeinse ruitershelmen. Hinter der silbernen Maske. Neue Untersuchungen zur Herstellungstechnik römischer Reiterhelme (Nimwegen und Bonn 2007)