

Restaurierung und Rückformung des Bronzehelms aus dem Depotfund vom Piller, Gemeinde Fließ (Tirol).

Von Dirk Nowak

Römisch-Germanisches-Zentrum, Mainz.

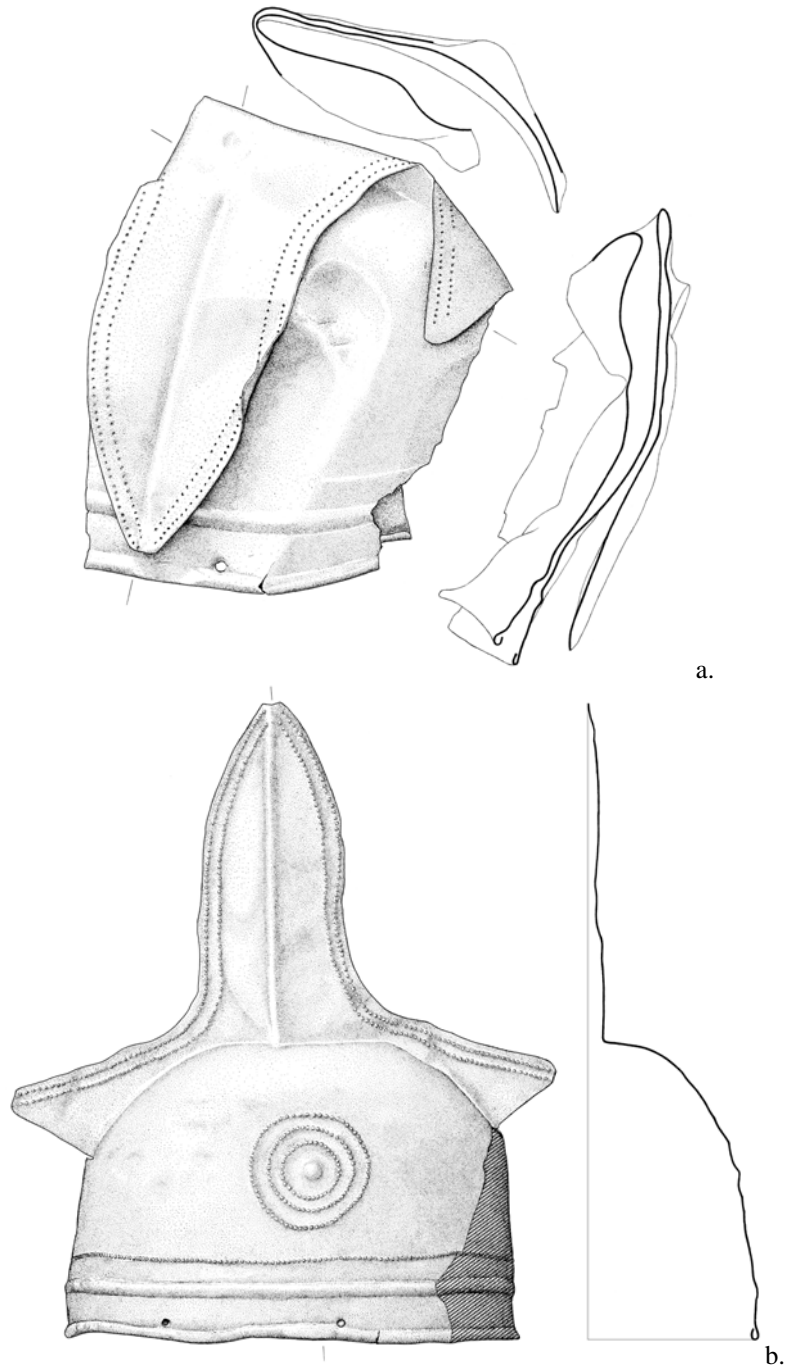


Abb. 1: Zeichnung des Helmfragments a. nach der Freilegung. – b. mit schraffierter Ergänzung. (Zeichnungen H. Schmidt)

Inhaltsverzeichnis:

<u>RESTAURIERUNG UND RÜCKFORMUNG DES BRONZEHELMS AUS DEM DEPOTFUND VOM PILLER, GEMEINDE FLIEß (TIROL).</u>	1
<u>ZUM OBJEKT</u>	3
AUFGABENSTELLUNG	3
ZUSTANDSBESCHREIBUNG	3
RESTAURIERUNG	4
HERSTELLUNGSTECHNIK	4
<u>DIE ABFORMUNG</u>	4
ABFORMUNG DES MITTLEREN KAMMZUNGENFRAGMENTS:	5
ABFORMUNG DER KALOTTENHÄLFTE:	5
<u>ERSTER RÜCKFORMUNGSSCHRITT:</u>	6
<u>ZWEITER RÜCKFORMSCHRITT:</u>	8
<u>DIE REKONSTRUKTION</u>	12
<u>DIE KOLORIERUNG:</u>	16
<u>ZUSAMMENFASSUNG:</u>	16
DANKSAGUNG:	16
ANHANG:	17
MATERIALLISTE UND HERSTELLERNACHWEIS:	17
LITERATUR:	17

Zum Objekt

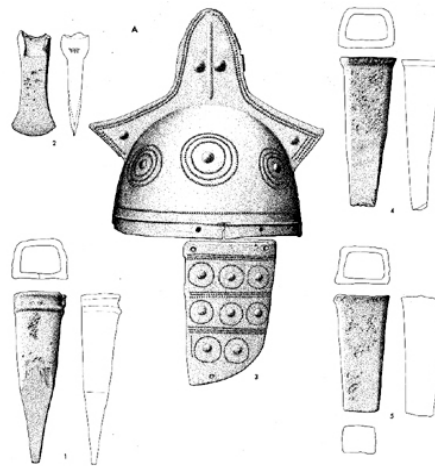
Am 5. Mai 2001 wurde aus einer Felsspalte am Piller Sattel der Gemeinde Flies, Tirol ein Depotfund mit über 350 Bronzeobjekten geborgen. Dieser bedeutende bronzezeitliche Hortfund wurde als „Schatzfund vom Moosbruckschrofen“¹ in den „Kleinen Schriften 3“ des ArchaeoTirol der Öffentlichkeit vorgestellt. Ende 2001 kamen zwei zusammengehörende Bronzeblechfragmente aus diesem „Schatzfund“ nach Mainz ans Römisch-Germanische Zentralmuseum.

Aufgabenstellung:

Schon früh war von Prof. Dr. Gerhard Tomedi und Prof. Dr. Markus Egg festgestellt worden, dass es sich um die Teile eines Helmes wie dem vom „Pass Lueg“ handelt. Übereinstimmung herrschte über die Notwendigkeit einer Restaurierung, Abformung sowie Rückformung des Helmes, um die exakte Form und Größe zu bestimmen und um dem Museumsbesucher einen Eindruck des Erscheinungsbildes vom ursprünglichen Helm zu vermitteln.



a.



b.

Abb. 2: a. Zustandsfoto des Helmfragmentes vom Piller Sattel bei der Einlieferung. – b. Zeichnung des Helmes von Pass Lueg mit Lappen- sowie Tüllenbeilen (Mayer 1977).

Zustandsbeschreibung:

Beide Fragmente zeigten sich in einem mit teilweise durch die Korrosion hindurch sichtbaren metallischen Glanz und ausgesprochen gutem Erhaltungszustand.

Nach der fotografischen Dokumentation des Einlieferungszustandes wurden die Helmfragmente im Bereich des umgebördelten Randes nach eventuell erhaltenen Resten von Organik (wie z.B. Leder und Textilien) untersucht. Solche Reste hätten Informationen über das Material, die Form und auch die Verarbeitungstechniken für den einst sicher vorhandenen Innenschirm geben können. Jedoch konnten außer mehreren Büscheln Moos und Gräserwurzeln (alle jüngeren Datums) keine organischen Reste festgestellt werden. Das mittlere Kammzungenfragment passte exakt an die Bruchkante des mittleren Kammzungenansatzes der Kalottenhälfte, so dass der Formverlauf mit seinen Ausmaßen genau nachvollzogen werden konnte.

¹ J. Zeisler u. G. Tomedi, Bergung d. Schatzfundes am Moosbruckschrofen. ArchaeoTirol Band III, Jahrgang 2002.

Restaurierung:

Zur Freilegung der Helmfragmente kamen Dreikantschaber, Skalpell und Mikrosandstrahlgerät zum Einsatz. Das Objekt ist in einem ausgesprochen guten Erhaltungszustand und großflächig von Edelpatina überzogen. Eine konservatorische Behandlung wurde deshalb nicht nötig.



Abb. 3: a. Zustandsfoto von vorn, nach Freilegung der Oberfläche, mit angesetzter mittleren Kammzungenspitze. – b. Zustandsfoto von hinten, nach der Freilegung der Oberfläche. – c. Zustandsfoto von vorn, nach Freilegung der Oberfläche, ohne mittlere Kammzungenspitze.

Herstellungstechnik:

Die Materialstärke der Helmfragmente variiert zwischen 0,9 und 1,3 mm. Treibspuren, die im Helminneren gefunden wurden, belegen die Herstellung durch Ausschmieden. Die Außenflächen waren poliert (Abb. 3a,b,c).

Nach Dr. M. Egg bestand der Helm vom Piller, wie andere Kammhelme aus zwei Blechhälften, wovon jedoch nur eine in den Hortfund gelangte. Der Stoß der beiden Helmhälften verlief über der Sagittallinie von der Stirn über den Kamm in den Hinterhauptbereich. Vergleichsstücke wurden im Stirn- und Hinterhauptbereich mit ein bis drei Niete² sowie am Kamm mit partiellen Umbördelungen miteinander verbunden. Diese Überlappungszonen mit Vernietungen fehlen an der niedergelegten Helmhälfte. Im Hinterhauptbereich endet das Fragment in einer unregelmäßigen Bruchkante, zur Stirn hin mit einer glatten abgemeißelten Kante. Beide Kanten waren mit Patina bzw. Korrosion bedeckt und damit als „antik“ zu identifizieren.

Die perfekt polierte Oberfläche der Kalottenhälfte und die Niederlegung mit einer Vielzahl intentionell zerstörter Objekte sowie das Fehlen eines größeren Stückes im Bereich des unregelmäßigen Bruches sprechen für die Annahme, dass ein kompletter Kammhelm durch Aufmeißeln entlang der stirnseitigen Überlappungskante geöffnet, aufgebogen und dann durch mehrfaches Auf- und Zubiegen zerteilt wurde.

Auffällig zeigten sich knapp über dem nach innen umbördelten Helmrund zwei Löcher, die wohl zur Befestigung der Wangenklappen gedient haben.

Die Helme von Pass Lueg (Abb. 2b) und vom Piller (Abb. 1b) entsprechen sich in Form und Zier (Halbkugelige Kalotte, dreilappiger Kamm, umlaufende Rippe, nach innen umgeschlagener Rand und die zarte Punz-Buckelzier mit Reihen und konzentrischen Kreisen) weitgehend.

Abformung:

Trotz der guten Passung des Bruches am Kammzungenfortsatz sollten beide Helmteile nicht zusammen, d.h. nach einer diese Teile verbindenden Klebung abgeformt werden. Das Kalottenfragment mit seinen Hinterschneidungen abzuformen, ist auch ohne den Zungenfortsatz schwierig genug. Eine getrennte Abformung der zwei Helmfragmente bot sich an, um das

² v. Merhart, Metallhelme 121 ff. – Hencken, Helmets 57 ff.

Original nicht stärker zu belasten als unbedingt notwendig und um es leichter abformen bzw. rückformen zu können.

Trotz der selbsttrennenden Eigenschaften des verwendeten Silikonkautschuks wurde die Oberfläche der Objektteile vor dem Kontakt mit diesem Werkstoff präventiv mit dem Trennmittel „Rhenodiv LE“ bestrichen.

Abformung des mittleren Kammzungenfragments:

Das Objekt wird mit einer zweiteiligen Quetschform unter Verwendung von Silikonkautschuk als flexiblem Abformmaterial und Gips als Stützkapselmaterial abgeformt. Silikonkautschuk eignet sich deshalb besonders gut als Abformmaterial, weil es neben seiner hohen Zeichnungsgenauigkeit auch die Eigenschaften Elastizität und Reißfestigkeit besitzt, was die Abformung kleiner Hinterschneidungen ermöglicht.



Abb. 4: Kammzungenfortsatz in der Quetschform nach dem Öffnen der Form.

Bei der Wahl des Kunstharzes entschied ich mich für Biresin® LM Laminierharz der Firma Sika Chemie GmbH³. Es ist ein Epoxydharz, welches für diesen Fall günstige Eigenschaften besitzt. So härtet es schrumpffrei aus, lässt sich durch Wärme verformen und mit Glasfilament laminieren.

Die Formhälften wurden zusammengesetzt und zum Quetschen mit Gewichten beschwert. Nach der Aushärtung des Kunstharzes wurde die Kopie der Form entnommen. Dünne Quetschfahnen entlang der Naht wurden mit Skalpell und Schaber retuschiert.

Abformung der Kalottenhälfte:

Aufgrund der starken Verfaltung und der daraus resultierenden Unzugänglichkeit größerer Partien, war hier eine Abformung mit einer Quetschform wie beim Kammzungenfragment nicht möglich.

Die Zielsetzung der Abformung war:

- Oberfläche der Helmaußenseite so vollständig wie möglich abformen,
- Kambereich und umgebördelten Rand von innen und außen abformen.

Darüber hinaus musste bei der Gestaltung der Form auch darauf geachtet werden, dass erste Rückformungsschritte bereits an der Hautform vorgenommen werden sollten. Die Hautform musste deshalb in möglichst dünner und gleichmäßiger Schichtstärke hergestellt werden.

Von Anfang an war absehbar, dass die Rückformung mit einem einzigen Abform- und Ausformungsvorgang nicht zu bewerkstelligen sein würde, da die am Original vorliegenden Verformungen so extrem sind, dass die Grenzen der Belastbarkeit sowohl Silikonkautschuks als auch des Kunstharzes überschritten würden (Abb.5).

³ Sika Chemie GmbH Werk u. Vertrieb D-72574 Bad Urach (siehe Materialsteckbriefe).

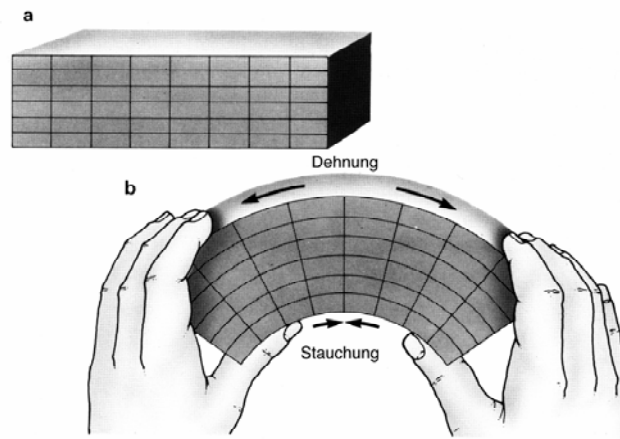


Abb. 5: a. Schematische Darstellung im Schnitt einer gerasterten Silikonhaut im unverformten Zustand. – b. Schematische Darstellung der selben Silikonhaut beim Verformen mit gestauchten sowie gedehnten Rastern⁴.

Um feine Risse, Löcher und den umgebördelten Helmrand vor unkontrolliertem Eindringen von fließfähigen Silikon zu schützen, wurden diese mit dem standfesten Elastosil M3500 verschlossen. Unterhalb des sehr eng aufliegenden mittleren Kammzungenansatzes sollte die Oberfläche der Kalotte möglichst weit mit abgeformt werden. Gleichzeitig musste der Hohlraum zwischen Kammzungenansatz und Kalotte aber auch gegen ein zu weites Eindringen von fließfähigen Silikon versperrt werden. Diese Abdichtung erfolgte nicht mit Nakiplast, sondern durch das gezielte Einspritzen einer Raupe aus standfestem Silikon, der gleichzeitig auch eine Abformfunktion zukommt. In diesem Fall konnte nicht auf die standfesteste Silikontypen Elastosil 3500 zurückgegriffen werden, da sich diese nicht durch eine dünne Kanüle drücken lässt. Als Lösung bot sich an, die dünnflüssige Silikonvariante 4503 durch Zugabe von Verdickungsadditiv zu thixotrophieren. Das Einspritzen erfolgte mit Hilfe einer Doppelkartuschenspritze und einer aufgeflossenen Kanüle.

Für die Abformung des stark plastische Fragments, musste der Silikonkautschuk in mehreren Schichten aufgetragen werden (Abb. 6).



Abb. 6: a. Erste Silikonschicht bei liegendem Auftrag. - b. Zweite und dritte Silikonschicht bei stehendem Auftrag.

Erster Rückformschritt:

Bereits an der Silikonform konnte mit der Rückformung begonnen werden. Dieser sind aufgrund folgender Punkte jedoch Grenzen gesetzt:

- Jede Dehnung führt auf der gegenüberliegenden Seite zu Stauchungen (Abb. 5)
- Dies führt zu Verzerrungen an der Oberfläche, zu Faltenbildung oder Verwerfungen

⁴ Science for conservators, 3 Adhesives and coatings, London 1983 S.76 Abb. 4.8.

- An Silikontaschen, die Vorder- und Rückseite wiedergeben, führen Verformungen zu Verschiebungen und zu Berührungen bzw. Auseinanderklaffen und Faltenbildung,
- Bei Überdehnung kann es zu Riss kommen.

Das Ziel der Rückformung war es, die Form so weit zu öffnen, dass sie gut befüllbar war ohne dabei in kritische Grenzbereiche der Dehnung zu kommen. Die Form muss in geöffnetem Zustand fixiert werden, da der Silikon bestrebt ist, in seine ursprüngliche Form zurück zu schnappen. Dazu wurde ein Styroporblock mit einem entsprechenden Nakiplastbett hergestellt auf dem die Form entlang der Ränder mit Nadeln fixiert wurde (Abb. 7a). Der Bereich unterhalb der mittleren Kammzunge war wie bereits geschildert nicht vollständig abformbar, da Kammzunge und Helmkalotte im Original hier zu dicht beieinander lagen. Beim Öffnen der Silikonhautform stellte sich dieser Bereich nun als Fehlstelle dar.

In diese Fehlstelle wurde ein passend zugeschnittenes Stück Silikonpapier mit Cyanacrylatkleber eingeklebt (Abb. 7b,c)

Da es sich bei dieser Form nicht um eine Quetschform handelt, sondern lediglich die Außenflächen abgeformt wurden, erfolgte der Ausguss hier durch großflächiges Ausstreichen mit Kunstharz. Zusätzlich wurde Glasfilament als Armierung eingelegt. Schwieriger gestaltete sich dies in den Bereichen, in denen Vorder- und Rückseite abgeformt sind und die Form dadurch Taschen bildet. Diese wurden vorsichtig aufgehalten, sorgfältig mit Kunstharz ausgepinselt, ebenfalls mit Glasgewebe armiert und nach der Befüllung mit geringen Überschuss wieder in ihre ursprüngliche Form zurückgedrückt.

Der so gewonnene Ausguss sollte nach der Entformung thermoplastisch weiter rückgeformt werden.



Abb. 7: a. Formhaut auf Bock bei Ausformarbeiten. – b. Detail Wachspapier im Bereich der Fehlstelle. – c. Detail des Wachspapiers am Ausguss nach dem Entformen und ersten thermoplastischen Rückformversuchen.

Zur thermoplastischen Rückformung eines Kunstharzausgusses sind Temperaturen von mehr als 40°C nötig. Es kamen zwei Techniken zur Anwendung:

Thermoplastisches Verformen mit dem Heißluftföhn:

Verformungen werden im RGZM vornehmlich durch Erwärmung mit einem Heißluftföhn durchgeführt. Vorteil dieser Methode ist die Möglichkeit einer gezielten partiellen Erwärmung. Nachteile sind, die Gefahr einer partiellen Überhitzung des Kunststoffes, die zu irreparablen Schäden an der Oberfläche führen können und die Gefahr von Spannungen zwischen hoch erhitzten und kalten Bereichen.

Thermoplastisches Verformen im beheizten Wasserbad:

Vorteil dieser Methode ist eine gleichmäßige Erwärmung ohne die Gefahr von Überhitzung des Kunststoffes und ohne die Gefahr dass es in ungleichmäßig erwärmten Kunstharz zu Spannungen kommt. Nachteil ist die eingeschränkte Möglichkeit, kleine Partien gezielt zu erwärmen.

Für beide Techniken gilt:

- Zur Vermeidung von Fingerabdrücken auf dem erweichten Kunststoff immer Handschuhe tragen,
- wiederholtes Verformen eines Bereiches führt zur Versprödung des Kunstharzes, die Gefahr von Rissbildung steigt,

- bei Knicken sind nur Rückformungen von maximal 15° möglich, ansonsten drohen Mattierung der Oberfläche, Rissbildung oder Abriss.

Im ersten Rückformungsschritt wurden alle Rückformungen mit dem Heißluftfön durchgeführt. Die dabei gewonnenen Ergebnisse zeigten sehr deutlich die oben genannten Nachteile dieser Methode. In folgenden Rückformschritten kam deshalb vornehmlich die Warmwassermethode zur Anwendung.



Abb. 8: Original nach der Abformung.



Abb. 9: Ergebnis der ersten Rückformungsetappe mit ausgefräster Fehlstelle.

Zweiter Rückformschritt:

In diesem Arbeitsschritt sollte der kreuzförmig überlagert deformierte Bereich am mittleren Kammzungenansatz so getrennt werden, dass die Rückformungen linear möglich wurden. So wurde aus dem ersten Rückformschritt nur der Teil des mittleren Kammzungenansatz übernommen. Dazu wurde dieser Bereich noch einmal partiell ausgeformt. Der Bereich der Kalotte mit Stirn- und Hinterhauptkammzunge wurde dagegen nochmals am Original abgeformt, um die Verzerrungen und Unschärfen, die durch die Rückformungen am Rohling entstanden waren, nicht weiter zu transportieren.

Eine weitere Änderung zum im ersten Rückformschritt beschriebenen Formaufbau war die Einlage einer Drahtgeflechtarmierung zwischen zweiter und dritter Silikonschicht (Abb. 12). Dadurch blieben Verformungen an der Silikonhaut ohne zusätzliche, die Form verzerrende Halterungen stehen und Stretcheffekte wie an nicht armierten Silikonhautformen wurden deutlich verringert. Einziger erwähnenswerter Nachteil ist, dass sich derart abgeformte Objekte schwieriger entformen lassen.

Auch dieser Verbundwerkstoff Silikon - Drahtgeflecht ist jedoch nicht unbegrenzt rückformbar. Auch hier kann es bei Überdehnung zu den geschilderten Folgen kommen. Zusätzlich besteht die Gefahr, dass es bei starker Überdehnung zu einem Durchdrücken der Drahtgeflechtsstruktur und damit zu einer ungewollten Abzeichnung auf der Oberfläche kommen kann.



Abb. 10: a. Anpassen der Drahteinlage über der zweiten Silikonschicht – b. Dritte Silikonschicht über Drahtarmierung

Die Teilform des Kalottenbereiches wurde nun bis an die Grenzen des Möglichen rückgeformt. Anschließend wurde in bereits geschilderter Laminieretechnik ein Ausguss hergestellt. Die so gewonnenen Teilrohlinge (Kalottenbereich mit Stirn- und Nackenkammzungen, mittlerer Kammzungenansatz und mittleres Kammzungenfragment) wurden nun thermoplastisch rückgeformt, entsprechend angepasst und mit omegaförmigen Messinghäkchen (Abb. 13, 14), die mit Cyanacrylat auf der Helminnenseite festgeklebt wurden, aneinander fixiert. In diesem Stadium waren noch partielle Feinanpassungen durch thermoplastische Verformungen möglich. Danach wurde auf die Außenseite flächig Dentalsilikon in Verbindung einer Strohhalmarmierung aufgetragen. Dies sollte den exakten Sitz der Teile nach Abnahme der Fixierhäkchen gewährleisten. Abschließend wurden die Fugen in Laminieretechnik von der Helminnenseite verklebt, jedoch die Randbereiche mit der doppelreihigen Punzverzierung dabei ausgespart. Nach dem Aushärten der Hinterklebung konnte die Silikonstütze abgenommen werden.

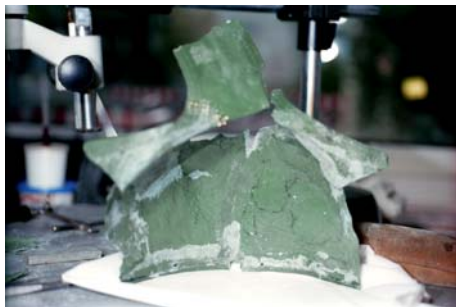


Abb. 11: Partielles Fixieren mit Omegahäkchen auf der "Helminnenseite".

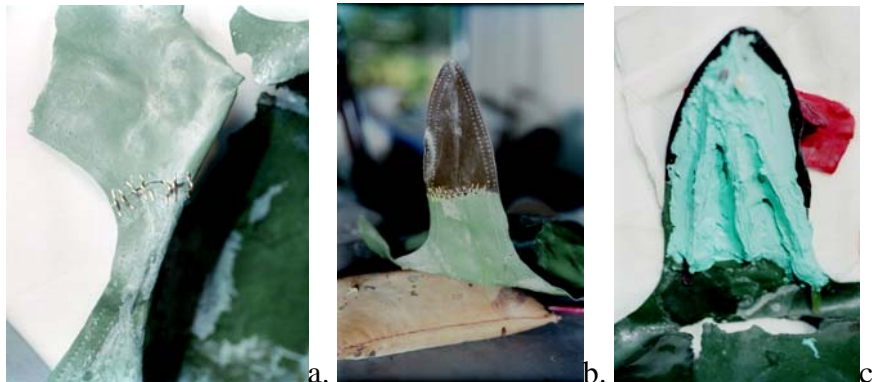


Abb. 12: a. Partielles Fixieren mit Omegahäkchen auf "Helminnenseite", Detailaufnahme – b. Mit Omegahäkchen auf Helminnenseite fixiertes mittleres Kammzungenfragment. – c. Silikonstütze mit Strohhalmarmierung bei der Klebung der mittleren Kammzungen spitze.

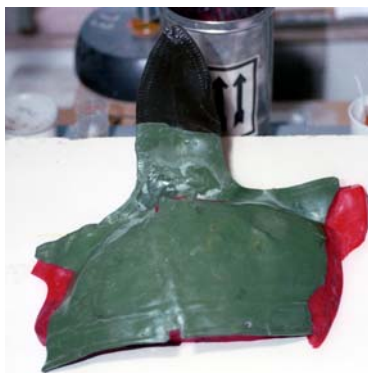


Abb. 13: Zusammengesetzte Einzelteile, fertig zum nächsten Abformen.

Der so erhaltene Rohling wurde mit einer drahtarmierten Silikonhautform abgeformt. Es sollten nun zwei Ausgüsse hergestellt werden. Zum einen ein spannungsfreies „Belegexemplar“ des eben erhaltenen Zwischenergebnisses der Rückformung, sowie eine weiter zurückgeformte Kopie. Da die zweite Kopie zurückgeformt werden sollte, wurde die Formhaut mit einer Drahtarmierung versehen.

Beim Entformen des Ausgusses wurden die Silikonkautschukhaut mitsamt dem Ausguss aus der Gipsstützkapsel genommen und vorsichtig voneinander getrennt (Abb. 20). Die Retuschierung der Gussfahnen erfolgte im Anschluss mit Skalpell und Schaber.



Abb. 14: Retuschiertes Belegexemplar.

Die Formhaut konnte nun weiter rückgeformt werden. Die in Randbereichen oft höhere Schichtstärke der Formhaut führte zu starken Zug- und Druckkräften, die gegen eine Rückformung wirkten. Um diese Kräfte abzubauen wurden Entspannungsschnitte nötig, die in manchen stark rückzuformenden Bereichen sogar eine Durchtrennung der Drahtarmierung nötig machten. Bereiche mit abgeformten Oberflächeninformationen wurden nicht durchtrennt, sondern nur periphere Randbereiche (Abb. 15a).

Um lokale Beulen oder Wellen in der Form auszugleichen, wurden solche Bereiche unterbaut oder ausgeschält. Um eine Unterbauung vorzunehmen, musste von der dritten Silikonschicht ausgehend die Drahtarmierung freigelegt und mit ausgleichenden Silikonkeilen zwischen Drahtarmierung und inneren Formhautschichten aufgefüllt werden. Bei nach außen auszugleichenden Beulen oder Wellen wurde hingegen der Zwischenraum von Formoberfläche und Drahtarmierung nach Form der Beule oder Welle ausgeschabt und mit Cyanacrylat fixiert. Nach der Fixierung der ausgleichenden Maßnahmen wurden diese Bereiche mit Silikon erneut überspachtelt um ein Verrutschen der Keile zu verhindern, um die Hinterbauungszwischenräume aufzufüllen (Abb. 15b), und um ausgeschabten und zusammengeklebten Partien Stabilität zu verleihen.



Abb. 15: a. Trennende Entspannungsschnitte – b. Unterbauungen im Detail vom Außenbereich der Silikonhaut. – c. Wenig tiefe Entspannungsschnitte im Außenhautbereich.

Trotz der Maßnahmen war eine Wölbung und damit Verzerrung in der Kalottenfläche aufgetreten. Im Bereich der Fehlstelle am Scheitel der Kalotte wurde der Silikon deshalb völlig entfernt, sodass das freiliegende Drahtgeflecht nun gezielt mit kleinen Zangen soweit zusammengezogen werden konnte, dass sich nicht nur Beulen und Verwölbungen, sondern auch der Riss zusammenziehen ließ, der dort im Original vorliegt. (Abb. 16).

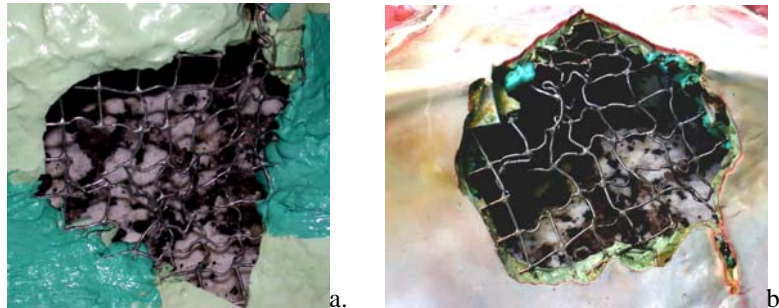


Abb. 16: a. Außen-, bzw. b. Innendetailansicht der Fehlstelle nach dem Zusammenziehen des Risses.

Die Silikonhaut wurde im Anschluss umgedreht, auf einer eingefetteten Holzplatte fixiert und mit feuchtem Zellstoff abgedeckt. Diese Arbeiten waren nötig um Schnitte und Fehlstellen zuzudecken, bevor der Gips für eine Stützkapsel aufgebracht wurde (Abb. 17a).

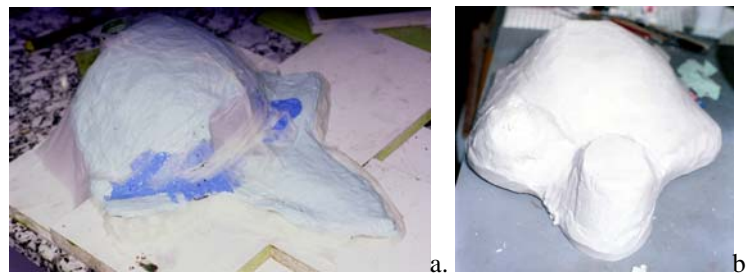


Abb. 17: a. Auf Holzplatte fixierte Silikonhaut, die mit feuchtem Zellstoff abgedeckt wurde. – b. Gipsstützkapsel mit den drei Standkegeln.

Da die Stützkapsel nur zur Fixierung der Formhaut diente und nicht gequetscht wurde, konnte der günstigere Modellgips der Firma Maxit⁵ zwei bis drei Finger stark aufgebracht und mit 6 mm starken Eisenstäben armiert werden. Zwei Kegel aus Gips wurden zusätzlich aufmodelliert, um einen besseren Stand der Form für die weitere Bearbeitung zu gewährleisten. Nach dem Umdrehen wurde die Form zunächst mit Bronzepulver ausgepinselt um dem Ausguss Metall- Oberflächencharakter zu verleihen. Die Ausformung erfolgte in Laminiertechnik (Abb. 18b).

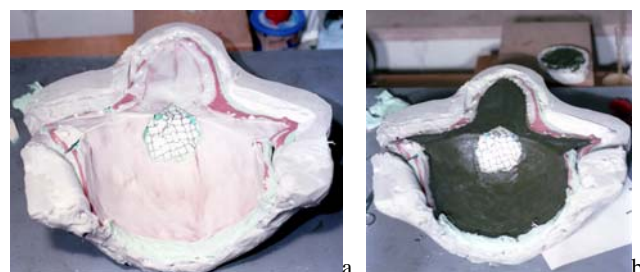


Abb. 18: a. Die umgedrehte Gipsstützkapsel, fertig zum Ausformen. – b. Ausformung in Laminiertechnik.

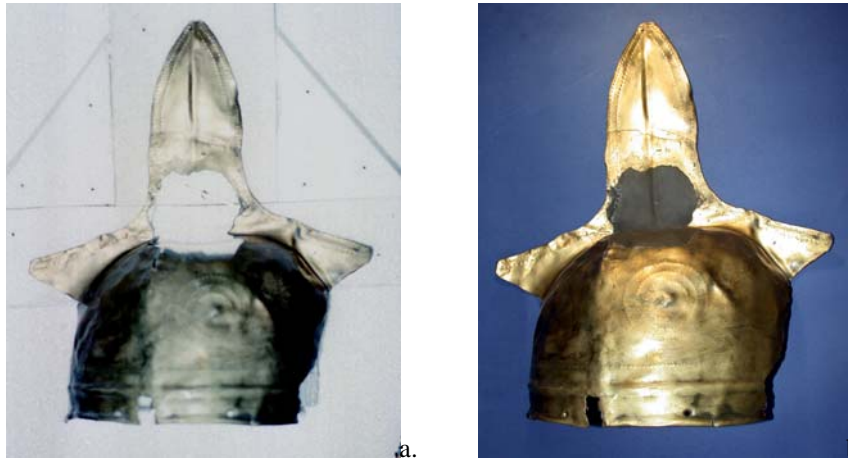


Abb. 19: Ergebnis des zweiten Rückformschrittes a. mit ausgesparter Fehlstelle. – b. mit nachträglich einmodellierter Fehlstelle.

Die Rückformung des Kammhelmfragments war nun abgeschlossen.

Rekonstruktion:

In den nun folgenden Arbeitsschritten sollte das rückgeformte Fragment zunächst zu einer kompletten Kammhelmhälfte in Wachs ergänzt und danach abgeformt werden. Nach der Abformung sollte das rückgeformte Fragment in der Form verbleiben. Da das Rückformungsergebnis als Belegexemplar erhalten bleiben sollte, wurde nur die Wachsergänzung im Bereich des Kammzungenansatzes entfernt und mit Kunstharz ausgeformt. Nach der Entformung konnte eine Ausformung inklusive aller zu ergänzenden Partien durchgeführt werden. Die im Anschluss vorgenommene symmetrisch gespiegelte Modellierung der anderen Helmhälfte wurde idealisiert mit umgebördeltem Rand und Rippenzier, jedoch ohne Punz-Buckelverzierung modelliert um diese optisch deutlich von der erhaltenen Originalsubstanz abzusetzen. Abschließend sollten beide Helmhälften miteinander verbunden, und zu einem komplett rekonstruierten Kammhelm zusammengefügt werden.

Um die Rekonstruktion der rückgeformten Helmhälfte als Belegexemplar erhalten zu können, musste die Wachsergänzung des mittleren Kammzungenansatzes nach der Abformung entfernt und mit Kunstharz ausgeformt werden. Der rückgeformten Kopie des Originals konnte durch diese Maßnahme vor der Entformung mehr Halt verliehen werden.



Abb. 20: Eingebettete und ergänzte rückgeformte Helmhälfte.

Um die Ausformung vornehmen zu können wurde die Formhaut mit einer Gipsstützkapsel versehen.

Die Ausformung der Formhaut erfolgte, nachdem sie mit Bronzepulver eingepinselt worden war, in Laminieretechnik (Abb. 21).



Abb. 21: Retuschierter Ausguss.

Als Bett für die Modellierung diente die Gipsstützkapsel der Form von der rückgeformten und rekonstruierten Helmhälfte. Sie wurde mit der Einbettmasse Nakiplast ca. 8 mm stark ausgekleidet (Abb. 22).

Von der Rekonstruktion der rückgeformten Helmseite mussten die Dimensionen mit einer zusammensteckbaren Pappschablone der Kalotte entsprechend gerastert und dem Verlauf der Kammzungen entsprechend abgenommen werden. Für die Spiegelung dieser Form musste die Schablone zerlegbar gestaltet sein, um alle quer laufenden Papprippen drehen, die linke mit der rechten Längsrippe vertauschen und die Ebene mit der Kammform umdrehen zu können. Mit dieser Schablone wurde dann die Form der rückgeformten Helmseite gespiegelt in der Gipsstützkapsel im Negativ modelliert. Der Verlauf des umgebördelten Randes sowie der darüber verlaufenden Rippe wurde mit Hilfe der Schablone eingemessen und konnte daraufhin entsprechend modelliert werden.



Abb. 22: Nakiplastmodellierung in Gipsstützkapsel.

Um eine leichte Nachbearbeitung der modellierten Hälfte zu gewährleisten, wurde ein Ausguss mit Gips anstatt mit Kunstharz angefertigt. Dieser wurde nach der Entformung mit Bimsstein und Schleifpapier überarbeitet. Eine leichte Politur des Gipsrohlings wurde durch Abreiben mit Talkumpulver erreicht, bevor ein Schutzüberzug aus Schellack aufgetragen wurde (Abb. 23).



Abb. 23: Überarbeiteter Gipsausguss, fertig zum Abformen.

Nach dem Bestreichen mit dem Trennmittel Rhenodiv LE wurde der Gipsrohling mit einer dreischichtigen Silikonhaut ohne Drahteinlage abgeformt, die nach dem Ausvulkanisieren mit einer Gipsstützkapsel versehen wurde (Abb. 24).



Abb. 24: Schichtabfolge der Abformung von 1. Silikonschicht bis Gipsstützkapsel.

Nach dem Erhärten des Gipses konnte die Form umgedreht und der Rohling entformt werden (Abb. 25).



Abb. 25: Umgedrehte Form mit Gipsrohling im Hintergrund.

Vor einer Ausformung in Laminiertechnik wurde die Formhaut mit Bronzepulver ausgepinselt (Abb. 26).

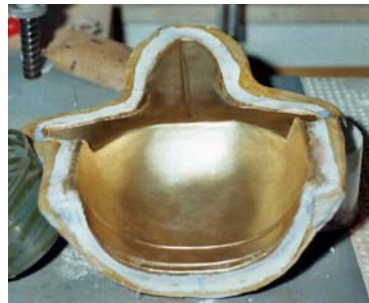


Abb. 26: Mit Bronzepulver ausgepinselte Form.

Die zwei Helmhälften sollten am Helmrand und an der darüber verlaufenden Rippe auf gleichem Niveau angepasst, sowie beide Kammhälften zusammen gebracht werden. Da beide Überlappungsbereiche mit Umbördelung ausgeführt waren, musste, um ein Zusammensetzen möglich zu machen, ähnlich wie bei dem Vergleichsstück⁶ auf einer Seite pro Verbindung die Umbördelung ausgeklinkt werden (Abb. 27).

⁶ Helm von Pass Lueg.

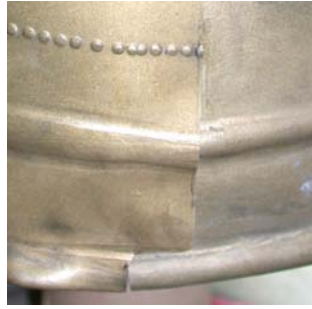


Abb. 27: Detail der Verbindung an der ausgeklinkten Umbördelung.

Die überlappenden Verbindungen im Stirn- und Hinterhauptbereich mussten thermoplastisch angepasst werden (Abb. 28).



Abb. 28: Anpassung der beiden Helmhälften mit Isolierung gegen Hitze.

Die Fixierung der beiden Helmhälften untereinander wurde mit Cyanacrylatkleber vorgenommen. Daraufhin konnte der Spalt zwischen beiden Helmhälften bis zum Übergang zur mittleren Kammzunge mit Dentsilikon verschlossen werden um ein unkontrolliertes Auslaufen des Kunstharzes während der Verklebung zu vermeiden (Abb. 29).



Abb. 29: Dentsilikonmanschette im Bereich der Überlappung.

Für die Klebung wurden 10 g des Epoxydharzes Biresin ohne Füllstoffe mit Härter angerührt und von der Innenseite der Kalotte her in die Klebefugen eingeträufelt. Nach der Aushärtung konnten die Silikonmanschetten abgenommen werden.

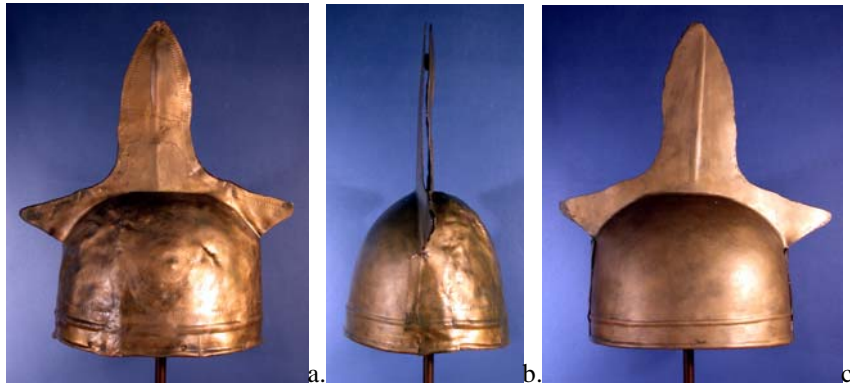


Abb. 30: Zusammengesetzte Rekonstruktion - a. Seitenansicht rückgeformte Helmhälfte. – b. Frontalansicht. – c. Seitenansicht der idealisiert, symmetrisch gespiegelt modellierten Helmhälfte.

Kolorierung:

Der rückgeformte Bereich an der Rekonstruktion sollte farblich dem Original angeglichen werden. Die Ergänzungen an den Überlappungszonen und die rekonstruierte Helmhälfte wurden in einem uni-farbigen Ton angelegt. Durch diese Farbgestaltung sollten die original erhaltenen Teile von den rekonstruierten Flächen abgehoben werden. Für diese Kolorierung wurden wasservermalbare H₂O-Ölfarben⁷ verwendet.

Zusammenfassung:

Die eingangs nur kurz angesprochene Restaurierung war Grundvoraussetzung für eine Rückformung der Helmfragmente. Die Abformung bzw. Rückformung gestaltete sich besonders schwierig. Bis auf die nicht abformbare Stellen im Bereich vom Übergang der Kalotte zum mittleren Kammzungenansatz war es möglich, die äußeren Oberflächeninformationen abzuformen und diese in den zwei Rückformschritten rückzuformen.

Da für diese Rückformungen vornehmlich Silikonkautschukformen mit Drahtarmierung zum Einsatz kamen, die dank ihrer Rückformeigenschaften die Arbeiten stark erleichterten, konnte eine wesentlich schnellere und weniger materialintensiven Rückformung als bei rein thermoplastischen Rückformungen am Ausguss durchgeführt werden. Die gewählten Materialien stellten sich für die Rückformung als gut geeignet heraus. Durch das Rückformen entstandene Verzerrungen an den abgeformten Oberflächeninformationen konnten in einem tolerierbaren Rahmen gehalten werden. Durch die Herstellung von Belegexemplaren wurden die verschiedenen Rückformstadien festgehalten.

Die anschließende Rekonstruktion wurde durch die Ergänzung der Fehlstellen am Formling in Verbindung mit einer idealisiert modellierten zweiten Helmhälfte hergestellt, um einen Gesamteindruck von diesem Helm zu vermitteln.

Um dem Institut für Ur- und Frühgeschichte der Universität Innsbruck und dem Römisch-Germanischen-Zentral-Museum Mainz je eine Kopie für Ausstellungszwecke zur Verfügung zu stellen, wurde im Anschluss eine Kopie der fertigen Rekonstruktion hergestellt. Detaillierte Informationen können gerne beim Verfasser angefordert werden.

Danksagung:

An dieser Stelle möchte ich die Gelegenheit benutzen, mich herzlich bei all jenen zu bedanken, die durch Anregungen, Auskünfte und Hinweise sowie durch die Bereitstellung von Fotografien und Zeichnungen zum Gelingen der Arbeit und dieses Berichtes beigetragen

⁷ Vangough H₂Oil wasservermalbare Ölfarbe, der Firma Talens.

haben: Dr. M. Egg, Dr. G. Tomedi, Dr. C. Clausing, Dr. B. Gesemann, U. Herz, V. Iserhardt, S. Hölper, H. Schmidt, M. Ober, M. Riebschläger sowie J. Munir.

Anhang:

Materialliste und Herstellernachweis:

Talkum:	Lochler Chemie GmbH, Kornwestheimstr. 107, 70439 Stuttgart.
Biresin LM, Härter S12.:	Sika Chemie, Stuttgarter Str. 139, 72574 Bad Urach.
Farbpigmente:	Kremer Pigmente, Farbmühle, D-88317 Aichstetten/Allgäu.
Plastilin (Nakiplast):	Örtlicher Fachhandel.
Vaseline:	Örtlicher Fachhandel, Drogerien.
Silikonkautschuk, M4503, M3500, Härter T40 ,Verdickungsadditiv M:	Wacker Chemie GmbH, Hans Seidel Platz 4, 81737 München.
Trennm. Rhenodiv LE:	Rhein-Chemie, Mühlheimerstr. 81, 68219 Mannheim.
Schellack:	Kremer Pigmente, Farbmühle, D-88317 Aichstetten/Allgäu.
Glasfilament:	R&G GmbH, Im Meißel 7, D-71111 Waldenbuch.
Sekundenkleber:	Loctide Deutschland GmbH, Arabellastr. 17, 81925 München.
Ebalta Multi-Dur- Laminatgips:	Ebalta Kunststoff GmbH, Postfach 1136, 91533 Rothenburg / Tauber.
Form- und Modellgips:	Köbig GmbH, Rheinallee 161, 55120 Mainz.
Rosa Wachsplatten:	Dentallaborbedarf.
Dentalsilikon Panasil:	Dentallaborbedarf.
H₂Oil Farben	Boesener Katalog 2003

Literatur:

H. Wilks 1983 Adhesives and Coatings: Helen Wilks, Adhesives and Coatings. Crafts Council 1983 (1984) 76.

G. Tomedi 2001 Kleine Schriften: Gerhard Tomedi, Kleine Schriften 3. ArchaeoTirol 2001 62 ff.

Egg/ Pare, Metallzeiten 1995: M. Egg u. C. Pare, Die Metallzeiten in Europa und im Vorderen Orient. Kat. RGZM 26 (Mainz 1972).

v. Hase, Kammhelme: F.-W. v. Hase, Früheisenzeitliche Kammhelme aus Italien. In: Antike Helme. In: Monogr. RGZM 14 (Mainz 1988) 195 ff.

Henken, Helmets: H. Henken, The earliest European Helmets. Am. School Pehist. Research Bull. 28 (Cambridge/Mass. 1971).

Arbeitsgemeinschaft Deutsche Kunststoffindustrie, Kunststoffe, Werkstoffe unserer Zeit. (Frankfurt a. M. 1990).

Ebalta Kunststoff GmbH: Technisches Merkblatt Multi-Dur Formenbau-Gips und , 1998.

Sika Chemie GmbH: Technisches Merkblatt Biresin LM, 1988.

Wacker-Chemie GmbH „Elastosil M“, Handbuch für den Abformer, München 1992.
Mayer, Äxte: Äxte 226f. Nr. 1353-1355 Taf. 91.