Neue Erkenntnisse zu zwei Bronzeobjekten aus dem hallstattzeitlichen Gräberfeld Führholz bei Mittertrixen durch den Einsatz der industriellen 3D-Röntgen-Computertomografie

Robert Fürhacker, Irmgard Pfeifer-Schäller und Reinhold Wedenig

Der archäologische Kontext

Die beiden Untersuchungsobjekte stammen aus einem hochinteressanten Brandgrab der Späthallstattkultur, das im Jahr 1989 während der ersten von bislang zehn Grabungskampagnen im Gräberfeld Führholz (SG/BH Völkermarkt) freigelegt wurde[1]. Fünf benachbarte Gräber, darunter das Körpergrab eines Kleinkindes, waren teils beigabenarm, teils gestört, dürften aber in die jüngere Hallstattzeit datieren[2]. Flachgrab I kam knapp unter der Geländeoberfläche am Rand einer kleinen Hangterrasse zum Vorschein. Spuren einer Überhügelung oder sonstigen Markierung hatten sich nicht erhalten. In einer flachen Grabgrube befand sich der Leichenbrand eines erwachsenen Mannes[3] und ein außergewöhnliches Fundensemble mit Spuren starker Hitzeeinwirkung. Das Grabinventar wurde in einem Vorbericht bekannt gemacht und bereits eingehend analysiert[4].

Die einzelnen Stücke seien kurz angeführt, um die besondere Stellung oder Herkunft des Bestatteten zu veranschaulichen. Als Keramikobjekte sind drei auffällige Gefäße (doppelkonisches Gefäß, Miniaturgefäß mit Ritzverzierung, Zwillingsgefäß mit Widderhenkel), eine kugelige Tonrassel (Abb. 1) und ein dreieckiger Tonstempel (Pintadera) zu nennen. Zur eisernen Tracht-, Schmuck-, Waffen- und Gerätausstattung gehören Tierkopffibel, Kästchengürtelhaken, Koppelring, spießförmiger Stab, Tüllenbeil und Griffangelmesser. Dazu kommen ein Wetzstein, eine blaue Glasperle und rund dreißig hitzedeformierte Bronzefragmente, darunter Teile von Fibelspiralen.

Die Zusammensetzung des Grabinventars sucht ihresgleichen, wenn auch manche Elemente und Merkmale, wie Form und Machart der Gefäßkeramik, in anderen Gräbern der späten Belegungsphase nachzuweisen sind[5]. Für Miniaturgefäß, Tonstempel und tiergestaltigen Henkel (beim Zwillingsgefäß) finden sich im Fundmaterial aus Führholz verwandte Formen, jedoch keine genauen Entsprechungen[6].

Der kästchenförmige Gürtelhaken und die ostalpine Tierkopffibel begründen eine Datierung des Grabes in die beginnende Frühlatènezeit (Lt A), in das fortgeschrittene oder ausgehende 5. Jh. v. Chr. In dieser Zeit war die Belegung des Gräberfeldes noch voll im Gange – das zeigen weitere Brandgräber mit Tierkopffibeln und einige frühlatènezeitliche (Lt B1) Streufunde, die aus gestörten Gräbern stammen dürften[7]. Der eiserne Gürtelhaken mit dem kästchenförmigem Blechbeschlag (Abb. 2), wie er sonst im Frühlatèneambiente nördlich der Alpen vorkommt, zählt zu den Fremdelementen im Grabinventar. Das führte sogar zur Überlegung, im Bestatteten „einen inneralpinen Saisonarbeiter oder Händler [zu] fassen, der durch seine Tätigkeit auf dem Dürrnberg oder in Hallstatt in den Besitz des nordalpinen Gürtelschmucks gelangte."[8]

Der Tonstempel indessen verweist auf einen östlichen, donauländischen Einfluss, wobei nicht klar ist, ob er zur Körper- oder Textilverzierung diente. Im Karpatenbecken erscheinen kleine Pintaderen in Kinder- und Frauengräbern der skythenzeitlichen Vekerzug-Kultur als Toilettegeräte, manchmal zusammen mit Miniaturgefäßen als Farbbehälter[9]. Daneben können Tonstempel und Zwillingsgefäß als weibliche, Tonrassel und Miniaturgefäß als kindliche Komponente gelten[10]. Eine derart heterogene Aussstattung erschiene passend für die Person eines Schamanen, dessen Status als Krieger durch das ostalpine Tüllenbeil zum Ausdruck kommt. Eiserne Jagd- oder Kriegswaffen (Lappen- und Tüllenbeile, Lanzen- und Pfeilspitzen) sind auch in anderen Männergräbern von Führholz angetroffen worden[11].

Ohne näher auf die Deutung des Fundensembles einzugehen, soll der Blick auf zwei kleine Bronzefrag-

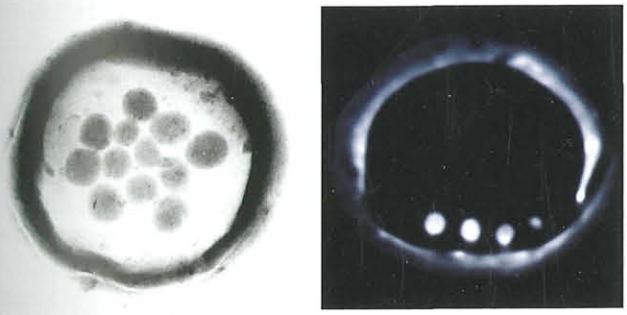

Abb. 1: Führholz, Flachgrab I. Tonrassel. Durchmesser max. 4,4 cm. Links: Röntgenaufnahme (Farbumkehrfoto) mit Tonkügelchen. Rechts: Zweiteiliger Mantel im Schnittbild, hergestellt mit (medizinischer) CT-Anlage (Dr. G. Stampfel / Leoben)

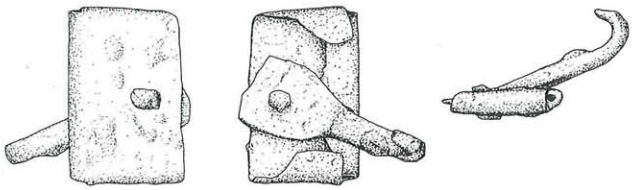

Abb. 2: Führholz, Flachgrab I. Gürtelhaken mit kästchenförmigem Blechbeschlag. Eisen Beschlaghöhe 4,3 cm. Zeichn. R. Wedenig

©Naturwissenschaftl. Landesverein Kärnten, download unter www.biologiezentrum.at

mente von erstaunlicher kunsthandwerklicher Qualität gelenkt werden. Sie unterscheiden sich deutlich von den übrigen Stücken, doch kann ein ursprünglicher Zusammenhang nicht völlig ausgeschlossen werden. Eine erste Metallanalyse an diesen beiden sowie an zwei weiteren Bronzefragmenten zeigte eine ähnliche Zusammensetzung an der Oberfläche[12]. Die computertomografische (CT-)Untersuchung ließ weitere Aufschlüsse erwarten[13].

Eine Beschreibung der beiden Untersuchungsobjekte mag die Probleme ihrer Deutung veranschaulichen.

Das Bronzefigürchen

Die figürliche Kleinplastik (Abb. 3) war Bestandteil eines kunstvollen Werkes en miniature, zu dem auch das unten beschriebene schaftförmige Fragment gehört haben dürfte. Wesentliche Partien des Gesamtobjekts sind bei der Leichenverbrennung beschädigt worden oder verloren gegangen, sodass über dessen Art und Funktion (Schmuckstück, Verzierungsaufsatz, Miniaturgerät?) nur spekuliert werden kann[14]. Umfang und Inhalt der figürlichen Darstellung sind ohne schlagende Parallele nicht schlüssig zu klären.

Das unten abgebrochene und hitzedeformierte Figürchen (erh. H. 2,9 cm) wurde schon in mehreren Publikationen erwähnt und abgebildet[15]. Es wirkt wie die rundplastische Ausführung einer Figur, die einem Bilderfries der so genannten Situlenkunst entsprungen sein könnte. Toreutische Arbeiten dieses mediterran beeinflussten Kunststils (7.–4. Jh. v. Chr.) fanden sich in Oberitalien sowie im Ost- und Südostalpenraum – in Kärnten auch in unmittelbarer Nähe von Führholz, im späthallstattzeitlichen Prunkgrab von Waisenberg[16].

Bemerkenswert sind die unnatürlichen Körperproportionen mit den überlangen Unterarmen und dem betont großen Kopf; weiters die genaue Zeichnung der Kopffrisur mit den radial angeordneten Haarsträhnen und der mit acht Eintiefungen (schmal, dreiecksförmig) im Halbkreis über dem Mund angedeutete Oberlippenbart. Die auffallend großen, hervorquellenden Augen und deutlichen Orbitalbögen finden gute Entsprechungen bei Gesichtsdarstellungen in der frühkeltischen Figuralkunst; Schnurrbärte treten dort allerdings plastisch hervor.

Eine dreifache Leistenbordüre säumt die an der Brust übereinander geschlagenen Seitenteile und den breiten Rückenausschnitt des Gewandes, dessen Ärmellänge nicht ersichtlich ist. Am Rücken und am linken Ober-

Abb. 3: Führholz, Flachgrab I. Bronzefigürchen in verschiedenen Ansichten. Links unten vergrößerter Ausschnitt mit rechtem Fuß. Aufn. R. Wedenig

© Landesmuseum für Kärnten; download unter www.biologiezentrum.at

schenkel kann man in schwachen Kreispunzen eine Gewandzier erkennen. Die schmale Körpermitte wird durch einen wulstartigen Gurt betont. Das untere Ende des rock- oder frackartigen Gewandes ist nicht erhalten, von einem Beinkleid am rechten Fuß nichts zu sehen. Fußzehen und Finger der beiden Hände sind genau angegeben. Die abgewinkelte Haltung der linken Hand wirkt aber unnatürlich und dürfte ebenso wie die Beinhaltung (rechter Fuß am gerippten Gegenstand) Ergebnis eines hitzebedingten Verformungsprozesses sein. Auf dem heutigen Erscheinungsbild aufbauende Interpretationen als „Knielaufschema" in mediterraner Bildsprache oder als Körperhaltung eines galoppierenden Reiters sind daher zu relativieren[17].

Wichtig für die inhaltliche Deutung der Darstellung sind die von den Händen umklammerten, abgebrochenen Partien. Der gebogene Gegenstand in der rechten Hand wird durch fünf schmale Querwülste oder -rippen gegliedert. Diese durchaus geläufigen Verzierungselemente[18] begegnen mit gleichen Abständen (1,2 mm) beim abgebrochenen Ende des schaftförmigen Fragments (siehe unten). Obwohl die Bruchränder nicht direkt anpassen, ist evident, dass beide Teile zu demselben Objekt gehörten. So stimmt der markante, annähernd ovale Querschnitt (auf der einen Seite breiter, auf der anderen – dort wo der Fuß der Figur anliegt – schmäler) bei beiden völlig überein[19]. Demnach wäre das schaftförmige Fragment so anzuschließen, dass dessen achsförmiger Unterteil zur Figur wiese. Der Teil in der rechten Hand wurde von Guggisberg/Stöllner (Abb. 4) als Fuß eines Löwen gedeutet, wogegen B. Teržan mit Recht einwendet, dass eine Tierpranke in Anbetracht sonstiger Details erkennbar wiedergegeben sein müsste, was jedoch nicht der Fall ist. Die alternative Deutung als Reitgerte kann wegen des unberücksichtigten schaftförmigen Fragments nicht überzeugen[20].

Das von der linken Hand umfasste Relikt besitzt ein eingeringeltes Ende und verdickt sich zum Bruchrand hin (Durchmesser 1,8 mm), was gut zur Darstellung eines Schlangenkörpers oder eines Tierschwanzes passen würde. Daneben wurde es als unbespannter Reflexbogen in der Hand eines galoppierenden Reiters aufgefasst. In ihrer Sicht des Figürchens als „Tierbezwinger" haben Guggisberg/Stöllner modellhaft einen Löwen ergänzt.

Mag die Deutung als „Herr der Tiere" auch weiterhin eine Rolle spielen, so erregt ein herstellungstechnisches Detail Zweifel an der zeichnerischen Rekonstruktion, derzufolge die abgebrochenen Objekte in den Händen zu ein und derselben Tierfigur gehörten[21]. Im Unterschied zum Gegenstand in der rechten Hand (Tierfuß laut Guggisberg/Stöllner), der mitgegossen und starr damit verbunden ist, wurde nämlich das Objekt in der linken Hand (Tierschwanz laut Guggisberg/Stöllner) dort nachträglich hineingeschoben (siehe unten Abb. 16 und 17).

Das schaftförmige Fragment

Das längliche Bronzefragment (L. 2,3 cm) ist an einer Seite abgebrochen und angeschmort. Rein äußerlich kann es – unabhängig von Herstellungstechnik (siehe Abb. 19) und Funktion – in drei Abschnitte gegliedert werden (Abb. 5). Der schmälere, im Querschnitt ovale

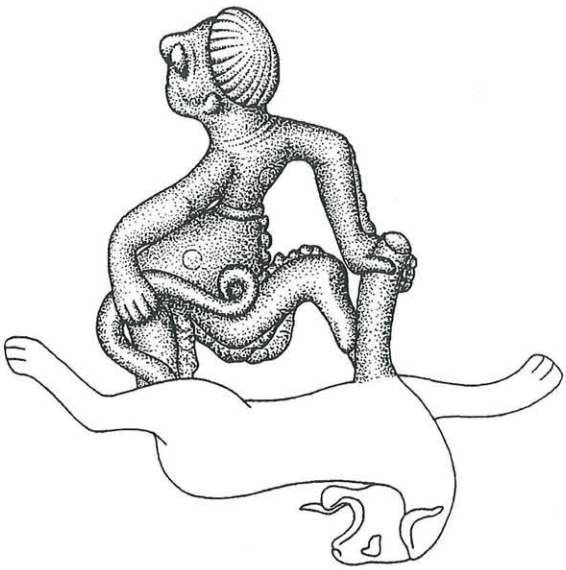

Abb. 4: Rekonstruktion der Bronzeplastik bei Guggisberg/Stöllner 1996, S. 132 Abb. 9

Abb. 5: Schaftförmiges Bronzefragment in verschiedenen Ansichten. Aufn. R. Wedenig

Teil hat drei umlaufende Querrippen bzw. -wülste und verdickt sich zum Mittelteil hin. Dieser weist besonders an der breiteren Oberseite mehrere Rippen auf. Die Ausnehmung an der Unterseite wird durch ein gebogenes und fest verankertes Längsstück abgeschlossen. In dem so gebildeten „Achslager" steckt ein gekrümmtes, beiderseits abgebrochenes Bronzedrahtstück von ungleichmäßiger Stärke (1,8–2 mm), das als gerundeter Rest eines Kettengliedes angesprochen wurde[22]. Nach dem Mittelteil folgt ein im Querschnitt halbrunder Schlussteil (Breite 3 mm) mit Doppelrille und Lochung. Das lässt an eine Fortsetzung mit einem komplementären Anschlussstück denken. Der so vervollständigte Abschnitt wäre dann (annähernd) rundstabig und besäße umlaufende Rippen, wie das beim abgebrochenen Ende der Fall ist.

Das Stück wurde bei Guggisberg/Stöllner abgebildet und als Darstellung eines Fabelwesens gedeutet, vergleichbar mit zoomorphen Fratzen auf figürlichen Fibeln der Frühlatènezeit vom Dürrnberg[23]. Der abgebrochene Teil entspräche dem Rumpf, der Mittelteil dem Kopf und der Endteil dem geöffneten Rachen eines beißenden Tierkopfes, wobei nur der Oberkiefer erhalten wäre. Als Stirndreieck sei die erhöhte, von schmalen Rippen begrenzte Dreiecksfläche anzusehen. Die seitlichen Wulstverdickungen mögen an große, stark stilisierte Augen erinnern, was sich aber bei genauer Betrachtung als unzutreffend erweist. Bei der Tierschnauze kann es sich bestenfalls um eine stark vereinfachte Darstellung handeln, da keinerlei Binnenzeichnung vorhanden ist.

Bisherige Rekonstruktionsversuche betreffen in erster Linie das Figürchen: hat M. Guggisberg „das Thema der auf einem Raub- oder Fabeltier stehenden Gottheit" im Sinn, so denkt B. Teržan an die skythisch geprägte Darstellung eines reitenden Bogenschützen mit Reflexbogen und Reitgerte[24]. Beide Modelle vernachlässigen das schaftförmige Fragment mit dem ungewöhnlichen achsförmigen Element, bieten also keine Gesamtlösung an. Ein Zusammenhang zwischen den beiden Bronzefragmenten (Abb. 6) ist evident, jedoch ohne Kenntnis des ursprünglichen Kontextes und mangels überzeugender Parallelen kaum zu konkretisieren. In stilistischer Hinsicht passt das Figürchen in das Umfeld der Situlenkunst. Die offensichtlichen Bezüge zur Frühlatènekunst machen es für M. Guggisberg[25] zu einem „Kronzeuge[n] für die enge Verflechtung und wechselseitige Einflussnahme des süd- und nordalpinen Kunsthandwerks im 5. und 4. Jh. v. Chr."

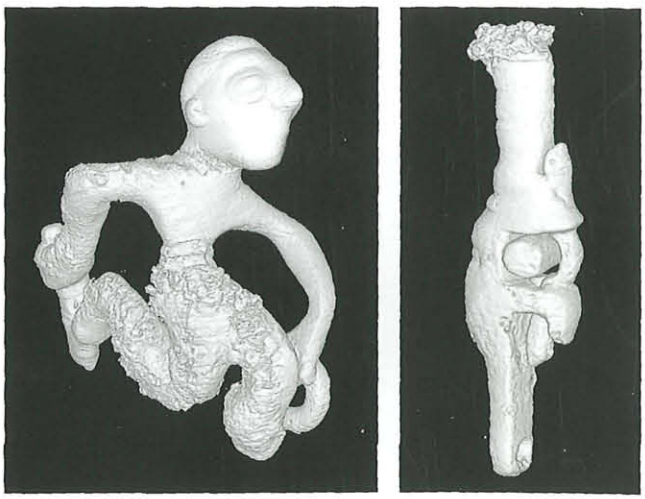

Abb. 6: Dreidimensionale CT-Darstellung der beiden Bronzefragmente (verschiedene Maßstäbe). Aufn. I. Pfeifer-Schäller

Ziel der Untersuchung

Ziel der CT-Untersuchung war, den inneren Aufbau und herstellungstechnische Details des Figürchens und des schaftförmigen Fragments dreidimensional sichtbar zu machen. Beim Figürchen sollte festgestellt werden, ob sich Hinweise zur ursprünglichen Form finden.

Dreidimensionale Röntgen-Computertomografie (3D-CT)

Die (Röntgen-)Computertomografie (CT) ist ein berührungslos arbeitendes Untersuchungsverfahren, das seit ca. 30 Jahren in der medizinischen Diagnostik eingesetzt wird. Diese medizinischen Anlagen sind jedoch auf die Untersuchung von Menschen optimiert und in den meisten Fällen nicht für den industriellen Einsatz geeignet. In den letzten fünf Jahren gewann dieses Verfahren für technische Anwendungen zunehmend an Bedeutung. Dies liegt zum einen an den wachsenden Qualitätsanforderungen für technische Bauteile (z. B. Gussteile im Automobilbereich) und zum anderen an der Weiterentwicklung der Anlagenkomponenten (z. B. Detektor, Röntgenröhre, Rechnerleistung, Software). Die Fachhochschule Aalen besitzt seit vier Jahren einen hochauflösenden industriellen Röntgen-Computertomografen. Er wurde speziell nach den technischen Anforderungen beschafft, um die Qualität von Druckgussteilen aus Leichtmetalllegierungen (Aluminium, Magnesium) mit hoher Auflösung nach industriellen Maßstäben zu untersuchen. Die industrielle Computertomografie wird derzeit vorwiegend von Abnehmern von Gussteilen (große Automobilhersteller) zur Qualitätsprüfung eingesetzt. Im Bereich der Archäologie ist dieses Verfahren jedoch nur wenig bekannt und stellt eine bedeutende Neuerung dar. Dieser technische Fortschritt schaffte die Voraussetzung, um die CT auch in der Archäologie erfolgreich anwenden zu können. Im Bereich der Archäologie bietet dieses berührungslos arbeitende Prüfverfahren den Vorteil, dass auf zerstö-

© Landesmuseum für Kärnten; download unter www.biologiezentrum.at

rungsfreiem Weg feinste innere und äußere Strukturen untersucht werden können. Das Einsatzgebiet der industriellen Computertomografie in der Archäologie ist sehr breit und ermöglicht die Erkennung, Bearbeitung und Dokumentation von Funden. Aufgrund der Vorteile im Vergleich zu konventionellen Prüfverfahren (z. B. Röntgendurchleuchtung) kann eine Vielzahl an technischen, restauratorischen und archäologischen Fragestellungen beantwortet werden, die mit keinem anderen Verfahren untersucht werden können.

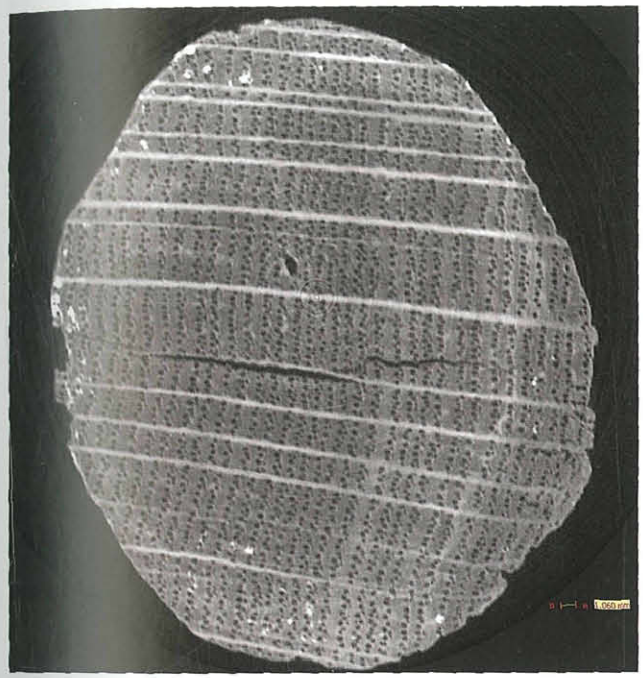

Abb. 7: Horizontaler zweidimensionaler Schnitt durch eine keltische Holzfigur (Voxelgröße 0,053 mm, sichtbar sind die Zellstruktur, Jahresringe, Markstrahlen sind weiß). Aufn. I. Pfeifer-Schäller

Abb. 9: Zweidimensionaler Längsschnitt durch einen Teilbereich einer Goldgriffspatha (Voxelgröße 0,061 mm, sichtbar sind Lederscheide außen, helle Damaststruktur im Innern). Aufn. I. Pfeifer-Schäller

Das Spektrum der messbaren Materialien umfasst Elfenbein, Holz, Glas, Ton, Eisen, Bronze, Knochen, Textilreste und auch verschiedene Materialkombinationen. Mit der CT kann beispielsweise eine virtuelle Restaurierung von korrodierten und verschmutzen Metallobjekten vorgenommen werden, um die Kontur der verbliebenen Metalloberfläche dreidimensional sichtbar zu machen. Eine weitere Fragestellung ist die Untersuchung des Erhaltungs- bzw. Restaurierungszustands (z. B. Wurmfraß, Risse, nachträgliche Ergänzungen und Klebestellen, Eindringtiefe von Konservierungsmitteln) von Objekten. Der Restaurator kann anhand der CT-Ergebnisse entscheiden, ob die Restaurierung erfolgreich durchgeführt wurde oder ob eine lagerungsbedingte Schädigung vorhanden ist. Aufgrund der hohen Auflösung der industriellen CT-Anlage konnte erstmalig weltweit nachgewiesen werden, dass die zerstörungsfreie Dendrochronologie bei wertvollen einzigartigen Eichenholzfiguren mit diesem Verfahren durchgeführt werden kann[26]. Außerdem können mit Hilfe der CT in eingegipsten Blockbergungen sowohl verschiedene Objekte identifiziert und deren räumliche Lage bestimmt werden als auch stark korrodierte Metallobjekte dreidimensional visualisiert und dokumentiert werden. Über die dreidimensionale Erfassung der inneren Struktur (z. B. innere Sägekanten, Verzapfungen, Bohrungen, Nägel) können bei archäologischen oder kunsthistorischen Objekten Informationen zur Herstellungstechnik erhalten werden. Mit Hilfe der CT konnte auch der Damastaufbau in einer Goldgriffspatha dreidimensional visualisiert und schmiedetechnisch analysiert werden. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, die CT-Daten zur berührungslosen Replikherstellung (z. B. für den Leihverkehr oder für den Museumsshop) im Stereolithografieverfahren zu verwenden. Die CT-Daten können auch im musealen

Abb. 8: Zweidimensionaler Längsschnitt durch eine alemannische Blockbergung (Voxelgröße 0,315 mm, sichtbar sind die Gipshaut außen, im Innern sind Erde mit Steinen, zwei Knochenstücke, verschiedene Metallgegenstände, ein durchbohrter Tierzahn, eine Kaurimuschel, ein Beinkamm). Aufn. I. Pfeifer-Schäller

© Naturwissenschaftlich-Medizinischer Verein in Salzburg; download unter www.biologiezentrum.at

Bereich genutzt werden, um bei virtuellen Präsentationen z. B. auf Computerterminals den Besuchern neue Einblicke in das Innenleben und den Aufbau von archäologischen Objekten zu verschaffen. Ferner kann die CT für die Echtheitsprüfung von wertvollen archäologischen und kunsthistorischen Objekte wichtige Hinweise liefern (Beispiele in Abb. 7–9).

Der Computertomograf der Fachhochschule Aalen (Modell RayScan 200) ist ein so genannter dreidimensionaler (Röntgen-)Computertomograf (3D-CT), der mit einem Flächendetektor (1024 x 1024 Pixel) und einer Mikrofokusröntgenröhre (10–225 kV, 0,1–3 mA, Brennfleck 2–230 µm bei 300 W) ausgestattet ist. Die Mikrofokusröntgenröhre bietet den Vorteil, dass sowohl ein kleiner Brennfleck vorliegt als auch mit hohen Leistungen gemessen werden kann. Bei der (Röntgen-)Computertomografie wird zwischen zweidimensionaler Computertomografie (Abkürzung 2D-CT) und dreidimensionaler Computertomografie (auch Kegelstrahl-Computertomografie genannt, Abkürzung 3D-CT) unterschieden.

Die 2D-CT arbeitet mit einem fächerförmigen Röntgenstrahl und einem Zeilendetektor. Während einer Rotation des Objektes wird aus mehreren hundert eindimensionalen Projektionen ein zweidimensionaler Schnitt in der Messebene rekonstruiert. Ein dreidimensionales Ergebnis wird erhalten, indem das Objekt für jede Messung in Achsrichtung verschoben wird, bis eine ausreichende Anzahl von Schnitten vorhanden ist. Dieses Prinzip wird sowohl bei medizinischen als auch industriellen CT-Anlagen eingesetzt.

Im Vergleich zur konventionellen 2D-CT können mit der 3D-CT kürzere Messzeiten erreicht werden. Bei der 3D-CT (Abb. 10) wird der gesamte konusförmige Röntgenstrahl genutzt, der das Messobjekt durchdringt und auf einen Flächendetektor trifft. Während der Messung wird das Objekt im Röntgenkonus einmal um 360 ° gedreht und es werden in mehreren hundert Winkelpositionen zweidimensionale Projektionen aufgenommen. Aus den zweidimensionalen Projektionen wird mit Hilfe mathematischer Algorithmen die dreidimensionale Rekonstruktion berechnet. Damit steht mit einer Umdrehung die dreidimensionale Struktur des Objektes bei gleicher Auflösung in allen Raumrichtungen als dreidimensionale Rekonstruktionsmatrix zur Verfügung. Das kleinste Element der Rekonstruktionsmatrix (würfelförmiges Volumenelement) wird als Voxel (zusammengesetztes Kunstwort aus Volumen und Pixel) bezeichnet, die Kantenlänge eine Voxels ist die Voxelgröße. Die Voxelgröße wird z. B. in Millimetern angegeben. Sie stellt ein Maß für die Detailerkennbarkeit dar und kann näherungsweise mit der Ortsauflösung gleichgesetzt werden. Ein weiterer Vorteil der 3D-CT ist, dass diese Anlagen auch für die Radioskopie (Röntgendurchleuchtung in Echtzeit) eingesetzt werden können.

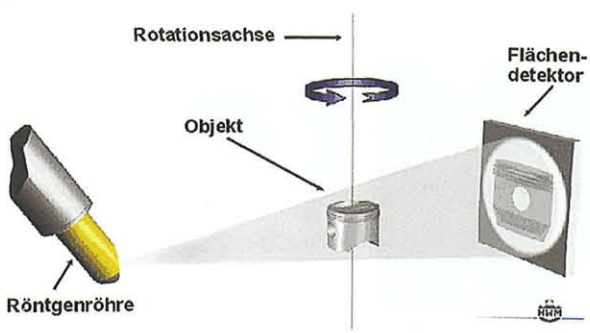

Abb. 10: Funktionsprinzip der 3D-Computertomografie. Grafik I. Pfeifer-Schäller

Das visualisierte Rekonstruktionsergebnis wird auch als Tomogramm bezeichnet. Dieses beinhaltet sowohl die Geometriedaten der Außenkontur des Objekts als auch die Geometrie interner, dreidimensionaler Strukturen. Das Tomogramm besteht aus mehreren 100 Millionen Voxel, die das gesamte rekonstruierte Volumen (Rekonstruktionsmatrix) mit dem Messobjekt und der umgebenden Luft dreidimensional aufzeigen. Jedes Voxel beinhaltet einen bestimmten Grauwert, der durch das Absorptionsverhalten des Objektes und der umgebenden Luft gegenüber den Röntgenstrahlen entsteht. Im Tomogramm sind unterschiedliche Materialien mit verschiedener Dichte durch unterschiedliche Grauwerte sichtbar. Beispielsweise zeigt Luft einen dunklen (schwarzen) Grauwert und Metall einen hellen (hellgrauen) Grauwert des Voxels, da Luft eine geringere Dichte als Metall besitzt.

Die Voxelgröße ist ein Maß für die Ortsauflösung bzw. die Detailerkennbarkeit. Je kleiner die Voxelgröße ist, desto größer ist die Detailerkennbarkeit. Mit der Visualisierungssoftware kann die äußere Kontur des Objektes dreidimensional aus allen möglichen Raumansichten angeschaut werden oder auch dreidimensional in beliebig wählbaren Tiefen angeschnitten werden. Außerdem können virtuelle Schnittbilder in drei senkrecht zueinander stehenden Raumrichtungen (horizontal = axial, Längsschnitt von vorne = frontal, Längsschnitt von der Seite = sagittal) einzeln betrachtet werden oder „wie in einem Buch" Schnitt für Schnitt durchgeblättert werden. Die äußere Kontur des Untersuchungsobjektes kann als STL-Datensatz (Flächenmodell) exportiert werden[27]. Diese STL-Daten können in eine Stereolithografie-Anlage eingelesen werden, um eine maßstabsgenaue Kunststoff-Replik herzustellen. Nebenbei dienten die STL-Daten der beiden Untersuchungsobjekte aus Führholz zur Herstellung einer anschaulichen 3D-Animation (für Ausstellungszwecke etc.), die von der Fa. Arctron (www.arctron.de) erstellt wurde.

© Landesmuseum für Kärnten; download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 11: Dr. Irmgard Pfeifer-Schäller bei der CT-Messung, Bronzeobjekte in Messposition. Aufn. R. Fürhacker

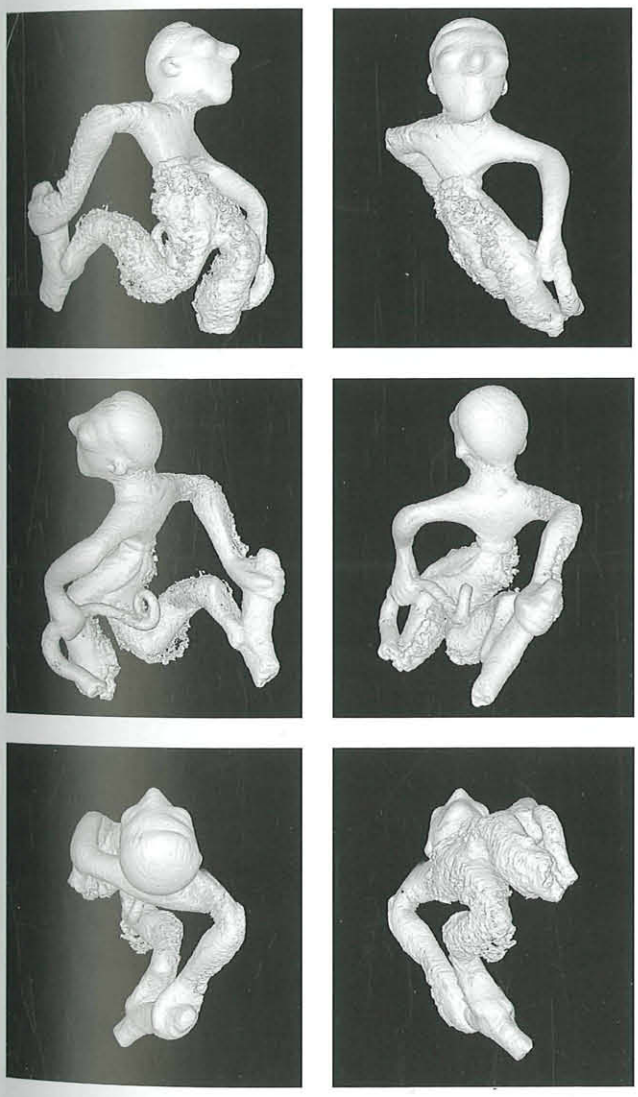

Abb. 12: Dreidimensionale Darstellung des Figürchens in 6 Ansichten (v.l.n.r. rechte Seite, Vorderansicht, linke Seite, Rückseite, Draufsicht, Unteransicht). Aufn. I. Pfeifer-Schäller

Versuchsdurchführung

Nach der optimalen Positionierung der Objekte (Figürchen und schaftförmiges Fragment) auf dem Probenteller (Abb. 11) erfolgte die CT-Messung bei 200 kV Spannung und 240 µA Strom und einer Integrationszeit von 2280 ms. Es wurden 990 Projektionen aufgenommen. Die resultierende Voxelgröße beträgt 0,039 mm.

Erkenntnisse zur Fertigung des Figürchens sowie zur ursprünglichen Körperhaltung

Das Figürchen zeigt in großen Bereichen starke Veränderungen der Oberfläche und Form, welche durch die Hitzeeinwirkung am Scheiterhaufen der Brandbestattung zustande kamen. Es haben sich grobe Verschmelzungskrusten gebildet. Außerdem sind dadurch Rumpf, Hände und Füße verbogen bzw. teilweise deformiert (Abb. 12 und 13).

Im Inneren des Figürchens lassen die Bereiche, die hohen Temperaturen ausgesetzt waren, eine mehr oder weniger starke Blasenbildung erkennen, wie im horizontalen Schnitt durch den Taillenbereich zu sehen ist (Abb. 14).

Im Unterschied dazu fehlt beispielsweise die Blasenbildung im Kopfbereich, der dem Feuer weniger stark ausgesetzt war. Der Schnitt zeigt unterschiedliche Helligkeitsbereiche im Inneren, die auf Dichteunterschiede durch Inhomogenitäten in der Gusslegierung hinweisen (Abb. 15). Bei den dunkleren, fleckig

Abb. 13: Dreidimensionaler Schnitt in das Figürchen: im Inneren Strukturunterschiede (aufgelockerte Bereiche mit Poren und massivere, intakte Bereiche) infolge Hitzeeinwirkung. Aufn. I. Pfeifer-Schäller

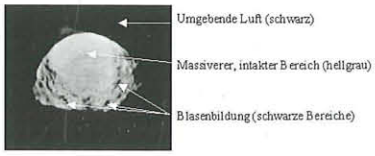

Abb. 14: Horizontaler, zweidimensionaler Schnitt durch die Körpermitte: starke Blasenbildung im Rückenbereich. Aufn. I. Pfeifer-Schäller

erscheinenden Bereichen könnte es sich um Seigerungen in der Gusslegierung (d.h. Entmischungen in der CuSn-Legierung) oder um Mikroporosität im Bereich der Voxelgröße handeln.

Trennungshohlräume zeigen klar, dass die linke Hand, die ein drahtförmiges Objekt umfasst, ursprünglich nicht am Rücken des Figürchens anlag (siehe Abb. 17). Es gibt auch Anhaltspunkte dafür, dass der erhaltene rechte Fuß ursprünglich nicht den in der rechten Hand gehaltenen schaftförmigen Gegenstand berührt hat[28]. Deshalb ist geplant, an einer verformbaren Zinnkopie der Figur Rückformungsversuche vorzunehmen. Möglicherweise ergeben sich dadurch weitere Aufschlüsse zur ursprünglichen Haltung des Figürchens.

Ein interessantes herstellungstechnisches Detail zeigt die linke Hand. Im zweidimensionalen Längsschnitt lässt sich sehr gut erkennen, dass nach dem Guss eine Bohrung (Durchmesser ca. 1,4 mm) ausgeführt und durch diese der drahtförmige Gegenstand geschoben wurde (Abb. 16 und 17).

Erkenntnisse zur Herstellung des schaftförmigen Fragments

Am Hauptteil des schaftförmigen Bronzefragments (Abb. 18) zeigen sich in den Schnittbildern einige herstellungstechnische Details, welche an der Oberfläche nicht zu sehen sind. Es ist zweigliedrig und wurde wahrscheinlich in der Technik des Überfanggusses gefertigt.

An Teil A wurde Teil B (Abb. 19) in Wachs anmodelliert, Ton in der Technik des Gusses in verlorener

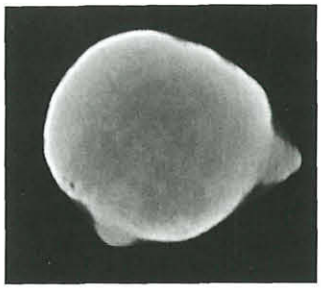

Abb. 15: Horizontaler, zweidimensionaler Schnitt durch Kopf (re. Ohr unten, Nase rechts): die unterschiedlichen Grauwerte verweisen auf Inhomogenitäten im Guss. Aufn. I. Pfeifer-Schäller

Abb. 16: Figürchen: zweidimensionaler Längsschnitt durch die Bohrung der linken Hand mit dem drahtförmigen Objekt. Aufn. I. Pfeifer-Schäller

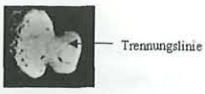

Abb. 17: Figürchen: zweidimensionaler Querschnitt durch die Bohrung der linken Hand mit dem drahtförmigen Objekt. Zwischen dem Körper (links) und der Hand (rechts) zeichnet sich eine weitere Trennungslinie bzw. ein Luftspalt ab. Aufn. I. Pfeifer-Schäller

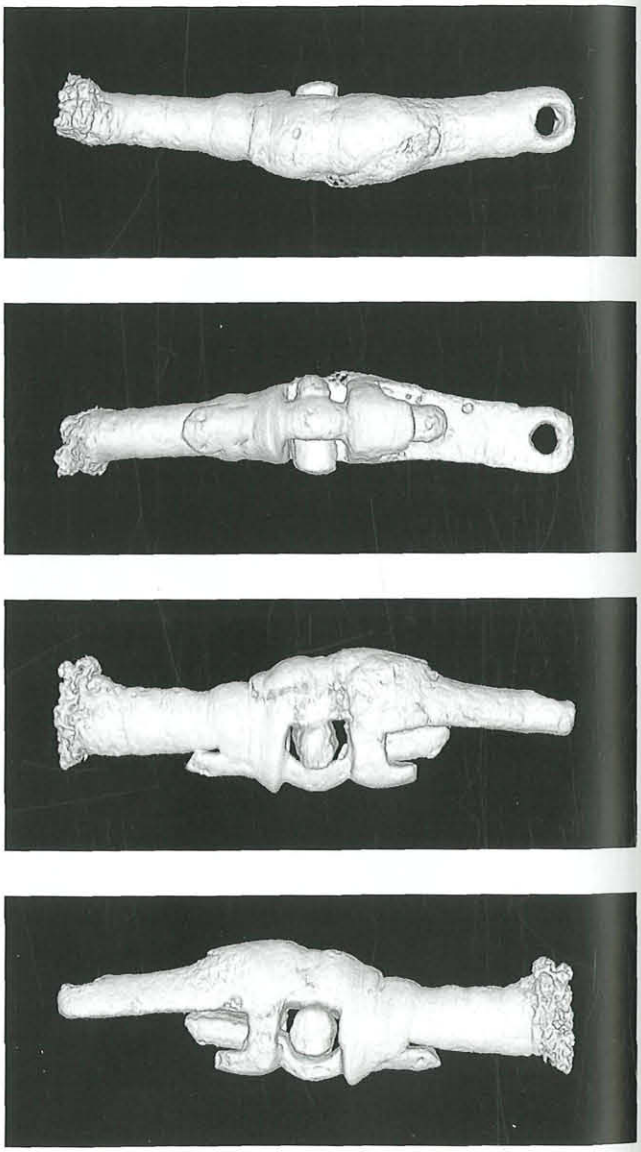

Abb. 18: Dreidimensionale Darstellung des Fragments in vier Ansichten: Oberseite, Unterseite und Seitenansichten. Aufn. I. Pfeifer-Schäller

Form darüber modelliert, das Wachs ausgeschmolzen und in den dadurch entstandenen Hohlraum Bronze gegossen. Dabei hat sich eine auffällig große Luftblase gebildet, welche sich so gut wie nicht an der Oberfläche (winziges Loch), aber sehr gut im Schnitt zeigt (Abb. 20 und 21/5).

Es wurde eine Längsbohrung (Durchmesser ca. 1,9 mm) durch die beiden unterseitigen Ansätze (von Teil A) gebohrt und durch diese ein vierkantiges (Querschnitt in Abb. 21/1–2) Drahtstück (Teil C) geschoben, das anschließend in den sichtbaren Bereichen gerundet wurde. Ein weiteres Loch (Durchmesser ca. 1,6 mm) wurde in das im Querschnitt halbkreisförmige Ende des Objekts gebohrt. Dieses diente wahrscheinlich der Vernietung mit einem weiteren im Querschnitt halbkreisförmigen Stück. Die im Schnitt leicht konische Form des Loches dürfte bei der Vernietung entstanden sein. Durch die anzunehmende Vernietung mit einem nicht erhaltenen Gegenstück als Fortsetzung ergab sich etwa dieselbe Form wie bei der anderen Seite des Schaftes mit den umlaufenden rippenförmigen Verzierungen. Das andere, im Schnitt ovale Ende des Objekts ist durch Feuereinwirkung verschmolzen.

Ob es sich bei dem an beiden Enden verschmolzenen Drahtfragment (Teil D), das leicht gebogen und beweglich ist, um den Rest eines Kettengliedes oder um etwas anderes handelt, ist derzeit nicht klar.

Das Bronzeobjekt könnte eine Art feinmechanisches Achslager darstellen, das zur beweglichen Lagerung einer Achse (Teil D) diente[29]. Auch wenn diese Vermutung nicht zutreffen sollte, ist klar, dass es sich bei diesem sehr aufwendig hergestellten Fragment um das Bruchstück eines funktionellen Bauteils handelt.

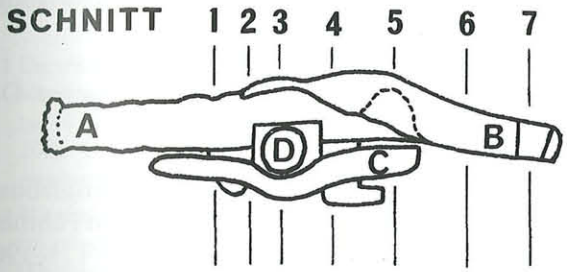

Abb. 19: Objekt im Längsschnitt: schematische Skizze mit Markierung der Querschnitte (Abb. 21). Zeichn. R. Fürhacker

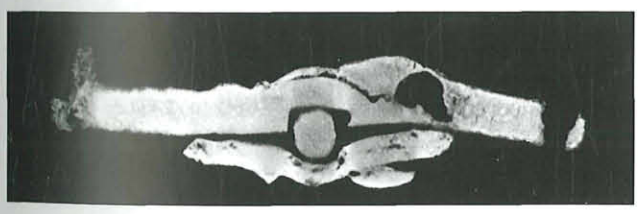

Abb. 20: Zweidimensionaler Längsschnitt durch das Fragment. Aufn. I. Pfeifer-Schäller

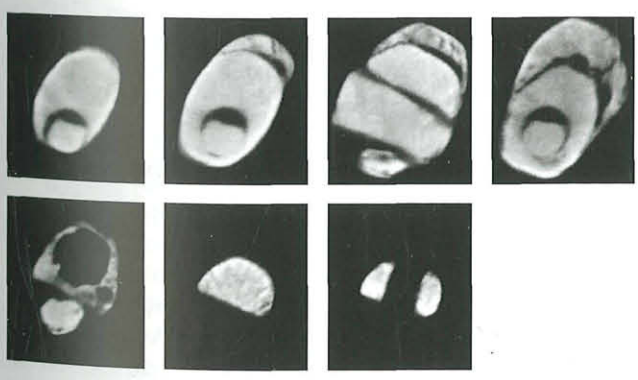

Abb. 21: Horizontale, zweidimensionale Querschnitte 1–7 (v.l.n.r.) durch das Fragment (Position laut Abb. 19). Aufn. I. Pfeifer-Schäller

Zusammenfassung

Anhand der CT-Untersuchung konnte zwar nicht geklärt werden, wie die ursprüngliche Form des Figürchens vor der Brandeinwirkung aussah, doch fanden sich neue Hinweise, die als Grundlage für (geplante) Rückformversuche zur Rekonstruktion der ursprünglichen Haltung dienen sollen. Weiters ergaben sich Aussagen zu den örtlichen Aufschmelzungen und zu den intakten Bereichen.

Der innere Aufbau sowohl des Bronzefigürchens als auch des schaftförmigen Fragments wurde mittels virtueller CT-Schnitte dreidimensional untersucht, wobei bisher unbekannte herstellungstechnische Details festgestellt werden können.

Darüber hinaus bilden die 3D-CT-Daten eine optimale Dokumentation, die es Interessierten ermöglicht, das Objekt eingehend zu betrachten, ohne das Original heranziehen zu müssen. Die Daten dienen auch als Grundlage für die Herstellung von Kopien, beispielsweise mittels Stereo-Lithografie.

Literatur

Baitinger/Pinsker 2002
H. Baitinger/B. Pinsker (Red.), Das Rätsel der Kelten vom Glauberg. Glaube – Mythos – Wirklichkeit. Ausstellungskat. (Stuttgart 2002).

Birkhan 1999
H. Birkhan, Kelten/Celts: Bilder ihrer Kultur/ Images of their Culture (Wien 1999).

Gleirscher 1994
P. Gleirscher, Ein Schalenstein in einem späthallstattzeitlichen Häuptlingsgrab in Waisenberg (Gem. Völkermarkt, Kärnten). Arch. Österreichs 5/1, 1994, S. 46–50.

© Landesmuseum für Kärnten; download unter www

Gleirscher 1996
P. Gleirscher, Die Kelten im Raum Kärnten aus archäologischer Sicht – Ein Forschungsstand. In: E. Jerem/A. Krenn-Leeb/J.-W. Neugebauer/O. H. Urban (Hrsg.), Die Kelten in den Alpen und an der Donau. Archaeolingua 1 (Budapest, Wien 1996) S. 255–266.

Gleirscher 1998
P. Gleirscher, Von den Anfängen künstlerischen Schaffens. In: F. Glaser (Hrsg.), Kelten – Römer – Karantanen (Klagenfurt 1998) S. 9–24.

Gleirscher 2000
P. Gleirscher, Die Kelten und Kärnten. Kärntner Jahrb. Politik 2000, S. 13–38.

Gleirscher 2001a
P. Gleirscher, I Celti in Carinzia. In: I Celti nell'Alto Adriatico. Antichità Altoadriatiche 48 (Trieste 2001) S. 241–259.

Gleirscher 2001b
P. Gleirscher, Nuovi dati sulle fasi tardo hallstattiana e La Tène in Carinzia. In: S. Vitri/Fl. Oriolo (a cura di), I Celti in Carnia e nell'arco alpino centro orientale (Trieste 2001) S. 211–226.

Gleirscher 2004
P. Gleirscher, Zum Bleiwagen aus Frög bei Rosegg. Kessel- oder Prunkwagen. Arh. Vestnik 55, 2004, S. 251–266.

Gleirscher/Wedenig 2001
P. Gleirscher/R. Wedenig, Archäologische Spurensuche in und um Völkermarkt. In: G. Körner (Hrsg.), 750 Jahre Stadt Völkermarkt. Beiträge zu Geschichte und Gegenwart Völkermarkts (Völkermarkt 2001) S. 60–77.

Guggisberg 2000
M. A. Guggisberg, Der Goldschatz von Erstfeld. Ein keltischer Bilderzyklus zwischen Mitteleuropa und der Mittelmeerwelt. Antiqua 32 (Basel 2000).

Guggisberg/Stöllner 1996
M. Guggisberg/Th. Stöllner, Ein „Herr der Tiere" im südlichen Ostalpenraum? Bemerkungen zur frühlatènezeitlichen Stellung einiger Neufunde aus dem Führholz bei Völkermarkt/Kärnten. In: Th. Stöllner (Hrsg.), Europa celtica. Untersuchungen zur Hallstatt- und Latènekultur. Veröff. Vorgesch. Seminar Marburg Sonderbd. 10 (Espelkamp, Marburg 1996) S. 117–152.

Keefer 2005
E. Keefer, Kelten Digital: Geglückter Durchbruch. Arch. Deutschland 2005/2, S. 6–11.

Kisfaludi 1997
J. Kisfaludi, Tonstempel und Knochenzylinder aus der mittleren Eisenzeit im Karpatenbecken. Commun. Arch. Hungariae 1997, S. 75–107.

Renhart 1990
S. Renhart, Anthropologische Bestimmung der hallstattzeitlichen Leichenbrandreste des Gräberfeldes Führholz (BH. Völkermarkt/Kärnten). Carinthia I 180, 1990, S. 171–196.

Stöllner 2002
Th. Stöllner, Die Hallstattzeit und der Beginn der Latènezeit im Inn-Salzach-Raum. Auswertung. Archäologie in Salzburg 3/I (Salzburg 2002).

Teržan 1998
B. Teržan, Auswirkungen des skythisch geprägten Kulturkreises auf die hallstattzeitlichen Kulturgruppen Pannoniens und des Ostalpenraumes. In: B. Hänsel/J. Machnik (Hrsg.), Das Karpatenbecken und die osteuropäische Steppe. Nomadenbewegungen und Kulturaustausch in den vorchristlichen Metallzeiten (4000–500 v. Chr.). Südosteuropa-Schr. 20 = Prähist. Arch. Südosteuropa 12 (München, Rahden/Westf. 1998) S. 511–560.

Tomedi 2002
G. Tomedi, Das hallstattzeitliche Gräberfeld von Frög. Die Altgrabungen von 1883 bis 1892. Archaeolingua 14 (Budapest 2002).

Urban 2000
O. H. Urban, Der lange Weg zur Geschichte. Die Urgeschichte Österreichs (Wien 2000).

Wedenig 1990
R. Wedenig, Vorbericht über die Ausgrabung 1989 im hallstattzeitlichen Gräberfeld von Führholz in Unterkärnten. Carinthia I 180, 1990, S. 171–196.

Wedenig 1991
R. Wedenig, Vorbericht über die Ausgrabung 1990 im hallstattzeitlichen Gräberfeld von Führholz in Unterkärnten. Carinthia I 181, 1991, S. 73–90.

Wedenig u. a. 1993
R. Wedenig, Vorbericht über die Ausgrabung 1991 im hallstattzeitlichen Hügelgräberfeld von Führholz in Unterkärnten, mit einem anthropologischen Beitrag von S. Renhart. Carinthia I 183, 1993, S. 129–149.

Wedenig u. a. 1997
R. Wedenig (unter Mitarbeit von P. Gleirscher, E. Grollegger und G. Heinrich), Vorbericht über die Ausgrabung 1996 im hallstattzeitlichen Gräberfeld von Führholz in Unterkärnten. Carinthia I 187, 1997, S. 65–93.

Wedenig u. a. 1998
R. Wedenig (unter Mitarbeit von P. Gleirscher), Vorbericht über die Ausgrabung 1997 im hallstattzeitlichen Gräberfeld von Führholz in Unterkärnten. Carinthia I 188, 1998, S. 31–49.

Wedenig 1999
R. Wedenig, Das hallstattzeitliche Gräberfeld von Führholz in Unterkärnten – Die Ausgrabungen zwischen 1989 und 1999 im Überblick. Arch. Österreichs 10/2, 1999, S. 4–17.

Wedenig 2000
R. Wedenig, Vorbericht über die Ausgrabungen 1998 und 1999 im hallstattzeitlichen Gräberfeld von Führholz in Unterkärnten. Carinthia I 190, 2000, S. 11–38.

Wedenig u. a. 2001
R. Wedenig, Vorbericht über die Ausgrabung 2000 im hallstattzeitlichen Gräberfeld von Führholz in Unterkärnten, mit einem Beitrag von M. A. Götzinger und L. Nasdala. Carinthia I 191, 2001, S. 11–31.

Wedenig 2003
R. Wedenig, Vorbericht über die Ausgrabungen 2001 und 2002 im hallstattzeitlichen Gräberfeld von Führholz in Unterkärnten. Carinthia I 193, 2003, S. 73–102.

© Landesmuseum für Kärnten; download unter www.biologiezentrum.at

Anschriften der Verfasser

Robert Fürhacker
Freiberuflicher Restaurator für Bodenfunde
Arthur-March-Gasse 7, A-8055 Graz
fuer.robert@web.de

Dr.-Ing. Irmgard Pfeifer-Schäller
Böhmerwaldstraße 23
D-73431 Aalen
irmgard@pfeifer-schaeller.de

Dr. Reinhold Wedenig
Österreichische Akademie der Wissenschaften – Institut für Kulturgeschichte der Antike – c/o ÖAW-Forschungszentrum Graz
Schmiedlstrasse 6, A-8010 Graz
reinhold.wedenig@oeaw.ac.at

Anmerkungen

1 Die Ausgrabungen fanden im Auftrag des Landesmuseums Kärnten (Abt. für Ur- und Frühgeschichte) statt: Überblick bei Wedenig 1999, zu den jüngeren Kampagnen: Wedenig 2003. Das Fundmaterial befindet sich im Besitz des Landesmuseums und wird derzeit von R. Wedenig bearbeitet.

2 Die restliche Terrasse wurde 1990 und 1997 nahezu vollständig freigelegt (Wedenig u. a. 1998, S. 31–37): Ein Körpergrab (Flachgrab II) war beigabenlos, ein kleines Brandgrubengrab (Grab 103) enthielt allein Glasperlen, ein Hügelgrab (Nr. 7) erwies sich als beraubt und zwei weitere waren eingeebnet bzw. alt gestört (Gräber 104 und 105).

3 Sterbealter: spätadult (Renhart 1990, S. 198).

4 Vorbericht: Wedenig 1990, S. 184 ff. – Ausführliche Diskussion und Abbildungen bei: Guggisberg/Stöllner 1996; vgl. Teržan 1998, S. 532 f. Taf. 12.

5 Vgl. doppelkonische Gefäße und kleinere fassförmige Töpfe aus Grab 102 (Körpergrab mit Glasperlen: Wedenig u. a. 1997, S. 76 ff. Taf. 5,1–2), Hügel 106 (u. a. mit Lanzenspitzen, Wetzstein und Tierkopffibeln: Wedenig 2000, S. 14 ff. Taf. 2, 1–6), Grab 113 (mit flachen Pfeilspitzen: Wedenig 2000, S. 25 f. Taf. 4,9–12), Grab 125/2 (Wedenig 2003, S. 81 Taf. 4,1).

6 Miniaturgefäß (Grab 77: Wedenig u. a. 1997, S. 74 Taf. 4,1), Tierfigur (Grab 72: Wedenig u. a. 1997, S. 80 f. Abb. 20), Tonstempel? (Streufund: Wedenig u. a. 1993, S. 146 Taf. 4,11).

7 Fibelfunde der jüngeren Hallstatt- und frühen Latènezeit: Wedenig 1999, S. 7 Abb. 4; Frühlatène-Gürtelhaken: Wedenig u. a. 1997, S. 76 Taf. 5,7. – Vgl. die Datierung von Flachgrab I im Chronologieschema von Stöllner 2002, S. 97: Stufe IV/V = entwickelte Stufe Lt A.

8 Stöllner 2002, S. 433 Anm. 322; Verbreitungskarte der kästchenförmigen Gürtelhaken: O.-H. Frey in: Baitinger/Pinsker 2002, S. 180 Abb. 150.

9 Kisfaludi 1997, S. 78–81.

10 Teržan 1998, S. 532 Anm. 157.

11 Lappenbeile (Grab 100: Wedenig u. a. 1997, S. 68 ff. Abb. 23 ff.; Hügel 44: Wedenig u. a. 2001, S. 11 ff. Abb. 4), Tüllenbeil (Grab 125/1: Wedenig 2003, S. 85 ff. Abb. 14), Lanzenspitzen (Hügel 106: Wedenig 2000, S. 14 ff. Abb. 8; Grab 118: Wedenig u. a. 2001, S. 16 ff. Abb. 6,1), Pfeilspitzen (Hügel 19: Wedenig 1990, S. 178 ff. Taf. 3,6; Hügel 84: Wedenig u. a. 1998, S. 38 ff. Abb. 8; Hügel 106: Wedenig 2000, S. 14 ff. Abb. 5; Grab 113: Wedenig 2000, S. 25 f. Abb. 14).

12 Ergebnis einer 1991 am RGZM Mainz vorgenommenen Röntgenfluoreszenzanalyse: „Alle 4 Fragmente [Figürchen, schaftförmiges Fragment und zwei Fibelspiralfragmente] weisen an der Oberfläche eine ähnliche Zusammensetzung auf (die natürlich durch Brand und Korrosion starke Veränderungen gegenüber den ursprünglichen Konzentrationsverhältnissen erfahren hat): Rund 20 % Zinn und 14 % Blei – bzw. deren Oxide – sind heute mit Kupfer bzw. Kupferoxiden legiert bzw. vermischt. Als Spurenelemente sind außerdem jeweils 0,2–0,4 % Silber und Antimon enthalten. Eine Zusammengehörigkeit der 4 Fragmente ist zwar möglich, aber nicht zwingend, da es auch vorstellbar ist, dass die vorliegende Legierung (Mischung) bei vielen Funden von Führholz auftritt." (D. Ankner, RGZM-Werkblatt-Nr. 91/10).

13 Die Initiative ging von Herrn Robert Fürhacker (Graz) aus, der die Grabfunde von der Freilegung an restauratorisch betreut hatte. Ermöglicht wurde die CT-Untersuchung durch das besondere Entgegenkommen und Interesse von Frau Dr. Irmgard Pfeifer-Schäller (FH Aalen/Arbeitsgemeinschaft Metallguss).

14 Vgl. Guggisberg/Stöllner 1996, S. 136 f. Anm. 67.

15 Jahrb. RGZM 38/2, 1991, S. 804 f. Abb. 26. – Gleirscher 1996, S. 260 Taf. 1,6. – Guggisberg/Stöllner 1996, S. 130 ff. Taf. I a–d. – Gleirscher 1998, S. 9, 20. – Teržan 1998, S. 532 f. Abb. 12. – Birkhan 1999, S. 411, 426 Abb. 117. – Gleirscher 2000, S. 14 ff. Abb. 1. – Guggisberg 2000, S. 144 f. Abb. 168. – Urban 2000, S. 252 f. – Gleirscher 2001a, S. 248. – Gleirscher 2001b, S. 212 f. Fig. 4–5.

© Landesmuseum für Kärnten, download unter www.biologiezentrum.at

16 Gleirscher 1994, S. 47 f. Abb. 3 (Situlenblech mit Wagendarstellung); Gleirscher/Wedenig 2001, S. 65 ff. Abb. 8 (Bronzeblech mit Wasservogel und Lebensbaummotiv).

17 Knielaufschema: Wedenig 1990, S. 192; Guggisberg/Stöllner 1996, S. 137. – Reithaltung: Teržan 1998, S. 532 f. Anm. 158.

18 Vgl. beispielsweise den Rippendekor einer halbplastischen Ente mit Radkreuz, die zur Bleiplastik aus dem Gräberfeld von Frög zählt (Tomedi 2002, S. 246 ff. bes. S. 260 Abb. 42, 13).

19 Abmessungen: 3,1 zu 2,3 mm beim Gegenstand in der rechten Hand; 3,3 zu 2,3 mm beim schaftförmigen Fragment.

20 Guggisberg/Stöllner 1996, S. 132 Abb. 9; Teržan 1998, S. 532 f. Anm. 158 (mit Verweis auf das Reiterfigürchen von Sanzeno).

21 Die Rekonstruktion wird u. a. bezweifelt von Teržan a. a. O., Urban 2000, S. 418 Anm. 137.

22 Guggisberg/Stöllner 1996, S. 136.

23 Guggisberg/Stöllner 1996, S. 131 Abb. 8,8; S. 136, S. 139 Taf. I e, f, g (Foto).

24 Guggisberg 2000, S. 245; Teržan 1998, S. 532 f.

25 Guggisberg 2000, S. 144 f.

26 Zur Untersuchung der hölzernen Kultfiguren aus der keltischen Viereckschanze von Fellbach-Schmiden siehe Keefer 2005.

27 STL ist die Abkürzung von Stereolithography Language und wird sowohl als Abkürzung für das Stereolithografie-Verfahren als auch als Bezeichnung für das Datenformat verwendet. Unter STL-Daten versteht man ein Datenformat zur geometrischen Beschreibung der Oberfläche eines Objektes. Dabei wird die Oberfläche – die alle inneren und äußeren Strukturen zeigt – aus miteinander verbundenen Dreiecksflächen dargestellt. Diese Daten können mit nahezu allen CAD-Systemen weiterverarbeitet werden.

28 Darauf basierende Deutungen (Guggisberg/Stöllner 1996, S. 133: „Mit seinem rechten Bein steht der „Herr der Tiere" auf der Vorderpranke des Löwen") verlieren also ihre Stütze.

29 Die Zugehörigkeit zu einem Wagenmodell erwägen Guggisberg/Stöllner 1996, S. 137 Anm. 67, allerdings liefern die sonstigen Grabfunde keine weiteren Anhaltspunkte. – Zur modifizierten Rekonstruktion des Bleiwagens aus Frög siehe Gleirscher 2004.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Rudolfinum- Jahrbuch des Landesmuseums für Kärnten

Jahr/Year: 2005

Band/Volume: 2004

Autor(en)/Author(s): Fürhacker Robert, Pfeiffer-Schäller Irmgard, Wedenig Reinhold

Artikel/Article: Neue Erkenntnisse zu zwei Bronzeobjekten aus dem hallstattzeitlichen Gräberfeld Führholz bei Mittertrixen durch den Einsatz der industriellen 3D-Röntgen-Computertomografie. 109-120