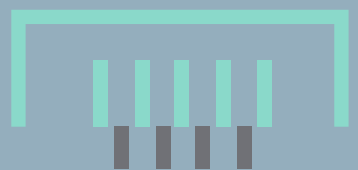
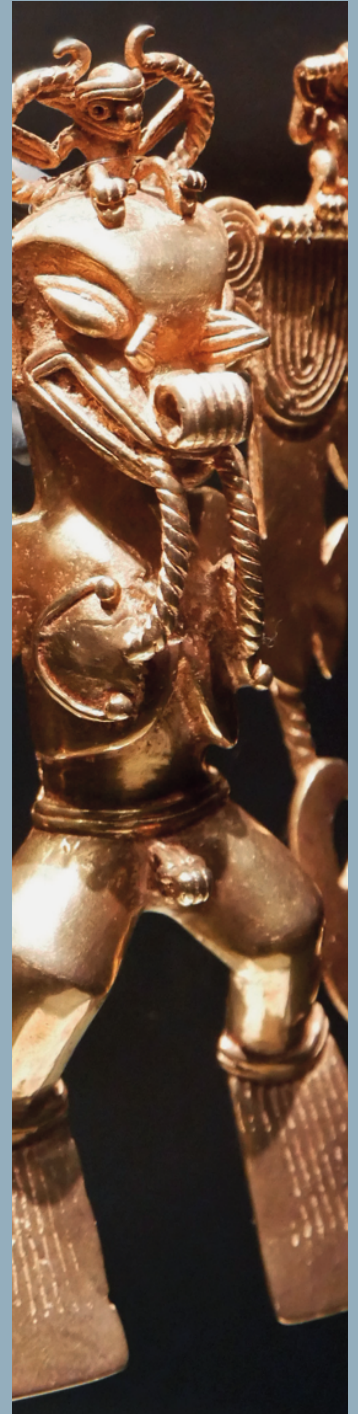


# METALL



## METALLA (Bochum)

Biannual journal (June/December)

Standing Order Price: 15 € per issue.

Single Order: 20 €.

Prices include postage and handling.

For orders contact Ingolf Löffler at the

Deutsches Bergbau-Museum Bochum

Am Bergbaumuseum 31

D-44791 Bochum, Germany

metalla@bergbaumuseum.de

www.bergbaumuseum.de/forschung/zeitschriften/metalla

www.metalla.org

## Impressum

### Publisher

Deutsches Bergbau-Museum Bochum  
Museum Director: Prof. Dr. Sunhild Kleingärtner

Layout Design: Dipl. Ing. Angelika Wiebe-Friedrich

Printing: PrintArt GmbH, Bochum

Bochum 2028

ISSN 0947-6229

E-ISSN 2749-6430

### Editorial Committee

Ingolf Löffler, Managing Editor

Thomas Stöllner, Editor

Michael Prange, Editor

Gert Goldenberg, External Co-Editor

Stephen Merkel, External Co-Editor

### Advisory Editors

Thilo Rehren, The Cyprus Institute

Andreas Hauptmann, Deutsches Bergbau-Museum Bochum

Maria Filomena Guerra, Sorbonne Université

Martin Bartelheim, Eberhard-Karls-Universität Tübingen

### Editorial Board

Nicole Boenke, Ruhr-Universität Bochum

Beatrice Cauuet, Laboratoire TRACES UMR 5608

Walter Dörfler, Christian-Albrechts-Universität Kiel

Gerhard Eggert, Staatliche Akademie der Bildenden Künste  
Stuttgart

Stavroula Golfomitsou, Getty Conservation Institute Los  
Angeles

Julia Heeb, Stiftung Stadtmuseum Berlin, Museumsdorf  
Düppel

Robert Ixer, Institute of Archaeology, UCL

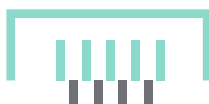
Thomas Kirnbauer, TH Georg Agricola

Andreas Kronz, Georg-August-Universität Göttingen

Martina Renzi, UCL Qatar

Simon Timberlake, University of Cambridge

Qian Wei (潜伟), University of Science and Technology  
Beijing



Ministerium für  
Kultur und Wissenschaft  
des Landes Nordrhein-Westfalen



GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

# **Archäometrie und Denkmalpflege 2023**

Sabine Klein, Christoph Berthold,  
Daniel Berger, Ernst Pernicka (Hrsg.)

Jahrestagung an den  
Reiss-Engelhorn-Museen, Mannheim  
28. März bis 01. April 2023



# **Archäometrie und Denkmalpflege 2023**

## **Jahrestagung**

Kurzfassungen der Vorträge und Poster

## **Veranstalter**

Curt-Engelhorn-Zentrum Archäometrie  
Mannheim (CEZA)

## **Wissenschaftliches Komitee**

Sabine Klein, Johannes Tintner-Olifiers, Ina Reiche,  
Christoph Berthold, Sonja Behrendt  
(GNAA - Gesellschaft für Naturwissenschaftliche Archäologie  
ARCHAEOLOGIE e.V.)

Andreas Kronz, Katrin Westner  
(Arbeitskreis Archäometrie und Denkmalpflege der DMG)

Stefan Röhrs, Jürgen Schram, Christoph Herm  
(Arbeitskreis Archäometrie der GDCh)

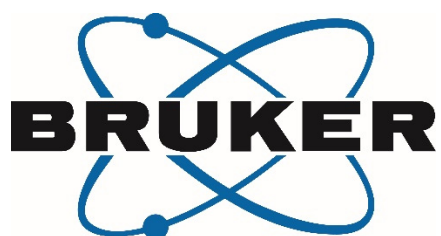
Mit freundlicher Unterstützung von:



**rem**  
Reiss-Engelhorn-Museen



Gesellschaft für Naturwissenschaftliche  
Archäologie ARCHAOMETRIE e.V.



# Inhaltsverzeichnis

Programm	3
Allgemeine Themen und Methoden	15
Biomaterialien	29
Pigmente und Malerei	49
Metallurgie	65
Keramik und Ton	89
Glas und Glasuren	93
Gestein	107
Konservierung	111
Posterbeiträge	121
Autorenschaft	137





**Jahrestagung**  
**Archäometrie und Denkmalpflege 2023**  
**28. März bis 01. April 2023**

# **Programm**

## Dienstag, 28. März 2023

17.00 – 20:00 **Vorabendtreffen/Icebreaker** im Foyer Museum Zeughaus  
**Registrierung** im Tagungsbüro

## Mittwoch, 29. März 2023

ab 08:00 **Registrierung** im Tagungsbüro  
09:00 **Eröffnung der Tagung und Begrüßung**

### Themenbereich: Allgemeine Themen und Methoden

- 09:30 Nickel, K. G.<sup>1</sup> und Schmidt, P.<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>CCA-BW Universität Tübingen, <sup>2</sup>Universität Tübingen  
*Zur Bedeutung mechanischer Kennwerte für die Interpretation steinzeitlicher Arbeitsprozesse*
- 09:50 Heckert, M.<sup>1</sup>, Hoblyn, S.<sup>2</sup>, Schuleri, R. C. und Enghardt, S.<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Universität Dresden, <sup>2</sup>Kunstgutanalytik Leipzig  
*Zerstörungsfreie Mörtelanalytik mit Multi-Energie-Computertomographie*
- 10:20 Wagner, S.<sup>1</sup>, Köchler, R.<sup>1</sup>, Zerobin, B.<sup>1</sup>, Degenhart, G.<sup>1</sup>, Tropper, P.<sup>1</sup>, Goldenberg, G.<sup>1</sup>, Barth-Scalmani, G.<sup>1</sup>, Weißkopf, K.<sup>2</sup>, Zeindl, G.<sup>3</sup> und Ungerank, W.<sup>4</sup>  
<sup>1</sup>Universität Innsbruck, <sup>2</sup>Hochgebirgs-Naturpark Zillertaler Alpen, <sup>3</sup>Landesarchiv Tirol, <sup>4</sup>Mineraliensammler, Aschau im Zillertal  
*Moderne Qualitätskontrolle von Granat mittels Mikro-Röntgenfluoreszenz und Mikro-Computertomographie*
- 10:30 Rose, T.<sup>1,2</sup>, Klein, S.<sup>2,3,4</sup>, Westner, K. J.<sup>2</sup> and Hsu, Y. K.<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Universität Frankfurt, <sup>2</sup>Deutsches Bergbau-Museum Bochum, <sup>3</sup>Universität Bochum, <sup>4</sup>FIERCE, Universität Frankfurt  
*Towards a community standard for lead isotope data: Current state and lessons learned*
- 10:50 **Kaffeepause**
- 11:20 Friedrich, R.<sup>1</sup>, Massy, K.<sup>2</sup> and Stockhammer, P.<sup>2,3,4</sup>  
<sup>1</sup>CEZA Mannheim, <sup>2</sup>LM Universität München, <sup>3</sup>Max Planck Harvard Research Center for the Archaeoscience of the Ancient Mediterranean, <sup>4</sup>Max Planck Institute for Evolutionary Anthropology, Leipzig  
*Calibration of <sup>14</sup>C dates using biological kinship*

## Themenbereich: Biomaterialien

- 11:40 Rosendahl, W.<sup>1</sup>, Döppes, D.<sup>1</sup>, Friedrich, R.<sup>2</sup>, Knipper, C.<sup>2</sup>, Lindauer, S.<sup>2</sup> und Hofreiter, M.<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Reiss-Engelhorn-Museen Mannheim, <sup>2</sup>CEZA Mannheim, <sup>3</sup>Max-Planck-Institut for Evolutionary Anthropology Leipzig  
*Eiszeitfenster Oberrheingraben – Forschungen in einem bedeutenden pleistozänen Klima- und Umweltarchiv*
- 12:00 Reiche, I.<sup>1,2</sup>, Müller, K.<sup>3</sup>, Lemasson, Q.<sup>1,5</sup>, Pichon, L.<sup>1,5</sup> und Wehrberger, K.<sup>4</sup>  
<sup>1</sup>New AGLAE CNRS/C2RMF Paris, <sup>2</sup>IRCP UMR Paris, <sup>3</sup>IPANEMA USR 3461 CNRS Saint Aubin, <sup>4</sup>Museum Ulm, <sup>5</sup>C2RMF Paris  
*Nicht-invasive Ionenstrahlanalyse des Löwenmenschen aus Mammutelfenbein aus der Schwäbischen Alb*
- 12:20 Schmitt, K. E.<sup>1</sup>, Schmidt, C.<sup>2</sup>, Schöne, B. R.<sup>1</sup> und Lindauer, S.<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Universität Mainz, <sup>2</sup>Universität Tübingen, <sup>3</sup>CEZA Mannheim  
*Terrestrische und aquatische Schnecken aus dem Sultanat Oman: Isotopengeochemisch untersucht!*
- 12:40 **Mittagspause**
- 14:00 Reetz, K.<sup>1</sup>, Friedrich, R.<sup>2</sup>, Birk, J. J.<sup>3</sup>, Rosendahl, W.<sup>4</sup> and Fiedler, S.<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Universität Mainz, <sup>2</sup>CEZA Mannheim, <sup>3</sup>Reiss-Engelhorn-Museen Mannheim  
*Compound-specific radiocarbon dating as key to the past*
- 14:20 Janzen, G.<sup>1</sup>, Spross, M.<sup>2</sup> and Fiedler, S.<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Universität Mainz, <sup>2</sup>CEZA Mannheim  
*Development of Laboratory Work Guidelines for Organic Residue Analysis*
- 14:40 Scherer, S.<sup>1</sup>, Höpfer, B.<sup>2</sup>, Knopf, T.<sup>3</sup>, Scholten, T.<sup>4</sup> und Kühn, P.<sup>4</sup>  
<sup>1</sup>Universität Mainz, <sup>2</sup>Kantonsarchäologie Aargau, <sup>3</sup>Keltenmuseum Hochdorf, <sup>4</sup>Universität Tübingen  
*Chronostratigraphische Entschlüsselung von Kolluvien zur Rekonstruktion mittelbronzezeitlicher Landnutzung in SW-Deutschland*
- 15:00 Fuchs, R.<sup>1</sup>, Ferreira, E. S. B.<sup>1</sup> und Cammarosano, M.<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>CICS Technische Hochschule Köln, <sup>2</sup>Universität Oriente in Neapel  
*Römische Wachstafeln aus Pompeji – Geschichte – Herstellung – Analysen*
- 15:20 Schmidt, P.<sup>1</sup>, Berthold, C.<sup>2</sup>, Koch, T. J.<sup>1,3</sup>, Lauxmann, F.<sup>1,2</sup> and Nickel, K. G.<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Universität Tübingen, <sup>2</sup>CCA-BW Universität Tübingen, <sup>3</sup>Université Côte d'Azur, CNRS, Nice  
*Tar cooking or not? Birch tar as first glue of humans and its optimization*

15:40 **Kurzpräsentation der Poster**

16:30 **Posterschau und Kaffeepause**

19:00 **Öffentlicher Abendvortrag im Anna-Reiß-Saal**

Dr. Klaus Wirth, Reiss-Engelhorn-Museen

*Einblicke in eine reiche Kulturlandschaft: Archäologie in und um Mannheim*

## Donnerstag, 30. März 2023

### Themenbereich: Pigmente und Malerei

- 09:00      Gröschner, V.<sup>1</sup>, Heide, G.<sup>2</sup> und Mrozik, M.<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Ingenieurbüro für Denkmalpflege Rudolstadt, <sup>2</sup>TU Bergakademie Freiberg  
*Ocker, ein Pigment der Erdfarben-Produktion in Ost- und Südthüringen*
- 09:20      Ranquet, O.<sup>1,2</sup>, Dietemann, P.<sup>3</sup>, Bonaduce, I.<sup>2</sup>, Duce, C.<sup>2</sup> und Willenbacher, N.<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Karlsruher Institut für Technologie, <sup>2</sup>Universität Pisa, <sup>3</sup>Doerner Institut München  
*Eigenschaften von mit Eigelb modifizierten Ölfarben mit verschiedenen Mikrostrukturen*
- 09:40      Herm, C.<sup>1</sup>, Mrozik, M.<sup>2</sup>, Heide, G.<sup>2</sup> und Hennig, C.<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Hochschule für Bildende Künste Dresden, <sup>2</sup>TU Bergakademie Freiberg, <sup>3</sup>European Synchrotron Radiation Facility Grenoble  
*Pigmente der Wandgestaltung in der Wohnung von Adolf Meyer in Weimar durch Oskar Schlemmer und Werner Gilles von 1922/23*
- 10:00      Mrozik, M.<sup>1</sup>, Gröschner, V.<sup>2</sup>, Heide, G.<sup>1</sup> und Hennig, C.<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>TU Bergakademie Freiberg, <sup>2</sup>Ingenieurbüro für Denkmalpflege Rudolstadt, <sup>3</sup>European Synchrotron Radiation Facility Grenoble  
*Pigmente der expressionistischen Wandbilder von Ernst Müller-Gräfe im Lindenau-Museum Altenburg*
- 10:20      Schüch, M.<sup>1</sup>, Krekel, C.<sup>2</sup> und Eggert, G.<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Städtischen Museen Freiburg, <sup>2</sup>Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart  
*Die Wirkungsweise von Glühwachs in der Feuervergoldungspraxis*
- 10:40      **Kaffeepause und Posterschau**

## Themenbereich: Metallurgie

- 11:10 Numrich, M.<sup>1,2</sup>, Schwall, C.<sup>3</sup>, Lockhoff, N.<sup>1,4</sup>, Nikolentzos, K.<sup>5</sup>, Konstantinidi-Syvridi<sup>5</sup>, Cultraro, M.<sup>6</sup>, Horejs, B.<sup>7</sup> und Pernicka, E.<sup>1,2,8</sup>  
<sup>1</sup>CEZA Mannheim, <sup>2</sup>Universität Heidelberg, <sup>3</sup>Römisch-Germanisches Zentralmuseum Mainz, <sup>4</sup>Universität Göttingen, <sup>5</sup>Archäologisches Nationalmuseum Athen, <sup>6</sup>Consiglio Nazionale delle Ricerche Catania, <sup>7</sup>Österreichische Akademie der Wissenschaften Wien, <sup>8</sup>Universität Tübingen  
*Untersuchungen mittels mobiler Laserablation und ICP-MS an Goldobjekten aus Troia und Poliochni*
- 11:30 Westner, K.<sup>1</sup>, Klein, S.<sup>1,2,3</sup>, Gassmann, G.<sup>4</sup>, Schäfer, A.<sup>5</sup> and Welk, E.<sup>5</sup>  
<sup>1</sup>Deutsches Bergbau-Museum Bochum, <sup>2</sup>Universität Bochum, <sup>3</sup>FIERCE, Universität Frankfurt, <sup>4</sup>ARGUs Tübingen, <sup>5</sup>Universität Bamberg  
*Pre-Columbian gold and copper in Costa Rica: First results from a transdisciplinary research project*
- 11:50 Krause, P.<sup>1</sup>, Klein, S.<sup>1,2,3</sup>, Domergue, C.<sup>4</sup>, Berthold, C.<sup>5</sup> and Jöns, N.<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Deutsches Bergbau-Museum Bochum, <sup>2</sup>Universität Bochum, <sup>3</sup>FIERCE, Universität Frankfurt, <sup>4</sup>TRACES, Université Toulouse-Jean Jaurès, <sup>5</sup>CCA-BW Universität Tübingen  
*Litharge from the Spanish Sierra Morena – a geochemical and mineralogical investigation*
- 12:10 Nezafati, N.<sup>1</sup>, Pernicka, E.<sup>2,3</sup>, Helwing, B.<sup>4</sup> and Hessari, M.<sup>5</sup>  
<sup>1</sup>Deutsches Bergbau-Museum Bochum, <sup>2</sup>CEZA Mannheim, <sup>3</sup>Universität Tübingen, <sup>4</sup>Universität Sydney, <sup>5</sup>Iranian Center for Archaeological Research, ICHTTO, Teheran  
*Polymetallic Ore and the simultaneous Ag-Cu Production in the Late Chalcolithic-Early Bronze Age of Central Iran*
- 12:30 Cornelis, B.<sup>1</sup>, Wittke, A.<sup>1</sup>, Neumann, D.<sup>2</sup> and Berger, D.<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>CEZA Mannheim, <sup>2</sup>Landesmuseum Hannover  
*Swords of the North: First results of the geochemical characterization of Bronze Age Blades of Sögel-Wohlde*
- 12:50 **Mittagspause**
- 14:00 Höpfer, B.<sup>1</sup>, Lutz, J.<sup>2</sup>, Krutter, S.<sup>3</sup>, Scherer, S.<sup>4</sup>, Kühn, P.<sup>5</sup>, Scholten, T.<sup>5</sup> und Knopf, T.<sup>5,6</sup>  
<sup>1</sup>Kantonsarchäologie Aargau, <sup>2</sup>CEZA Mannheim, <sup>3</sup>Museum Burg Golling, <sup>4</sup>Universität Mainz, <sup>5</sup>Universität Tübingen, <sup>6</sup>Keltenmuseum Hochdorf  
*Mitterbergkupfer am Bodensee: Fernhandel in der mittleren Bronzezeit*
- 14:20 Oettel, L.<sup>1</sup>, Eß, L. M.<sup>2</sup>, Schipflinger, F.<sup>1</sup>, Degenhart, G.<sup>3</sup>, Tropper, P.<sup>1</sup> und Trebsche, P.<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Institut für Mineralogie und Petrographie; Universität Innsbruck, <sup>2</sup>Institut für Archäologien; Universität Innsbruck, <sup>3</sup>Core Facility; Medizinische Universität Innsbruck  
*Mikro-ct Untersuchungen an Schlacken aus dem prähistorischen Fundplatz in Kundl*

- 14:40 Müller, R.<sup>1</sup>, Klein, S.<sup>2,3,4</sup> and Reid, J. H.<sup>5</sup>  
<sup>1</sup>SPAU GmbH, <sup>2</sup>Deutsches Bergbau-Museum Bochum, <sup>3</sup>Universität Bochum, <sup>4</sup>FIERCE, Universität Frankfurt,  
<sup>5</sup>Trimontium Trust Melrose  
*Application possibilities of lead isotope analyses in archaeology*
- 15:00 Frenken, M.<sup>1</sup>, Schwab, R.<sup>2</sup>, Amicone, S.<sup>1</sup>, Berthold, C.<sup>1</sup>, Wirth, K.<sup>3</sup>, Meghna, D.<sup>4</sup>,  
Rehren, T.<sup>4</sup> und Greiff, S.<sup>5</sup>  
<sup>1</sup>CCA-BW Universität Tübingen, <sup>2</sup>Römisch-Germanisches Zentralmuseum Mainz, <sup>3</sup>Reiss-Engelhorn-Museen  
Mannheim, <sup>4</sup>The Cyprus Institute, Science and Technology in Archaeology and Culture Research Centre  
(STARC), <sup>5</sup>Institut für Ur- und Frühgeschichte und Archäologie des Mittelalters, Universität Tübingen  
*Alchemie in Mannheim? Technische Keramik des 18. Jahrhunderts*
- 15:20 **Kaffeepause und Posterschau**

## Themenbereich: Keramik und Ton

- 15:50 Diesch, A. K.<sup>1</sup> und Wilke, D.<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Universität Bamberg, <sup>2</sup>Dr. Wilke Management & Consulting GmbH  
*Die Lehrsammlung Otto Stamm im Archäologischen Museum der Stadt Frankfurt am Main*
- 16:10 Polat, A.<sup>1</sup>, Berthold, C.<sup>1</sup>, Amicone, S.<sup>1</sup>, Werther, L.<sup>2</sup>, Dézsi, A.<sup>3</sup> and Bollacher, C.<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>CCA-BW Universität Tübingen, <sup>2</sup>Universität Tübingen, <sup>3</sup>Landesamt für Denkmalpflege Baden-Württemberg  
*Lost places, lost memories? Shale oil production along the Swabian Alb during the Nazi regime*
- 16:30–17:30 **Gemeinsame Mitgliederversammlung der Arbeitskreise der GDCh**  
Florian-Waldeck-Saal
- 16:30–17:30 **Mitgliederversammlung der GNAA und der DMG**  
Anna-Reiß-Saal
- 19:00 **Gesellschaftsabend im Eichbaum Brauhaus Mannheim**



**Freitag, 31. März 2023**

**Themenbereich: Glas und Glasuren**

- 09:20      Mecking, O.<sup>1</sup>, Schüler, T.<sup>1</sup>, Spazier, I.<sup>1</sup> und Diethard, W.<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Thüringisches Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie Weimar  
*Die Herkunft des Glases und die Entwicklung der Glasrezepturen in Mitteldeutschland vom 8. bis ins 10. Jhd.*
- 09:40      Greiff, S.<sup>1</sup>, Burkhard, L.<sup>2</sup> und Rumo, A.<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Universität Tübingen, <sup>2</sup>Stadt Zürich, Amt für Städtebau, Archäologie & Denkmalpflege  
*Zeugnisse der frühmittelalterlichen Pigmentherstellung für Opakgläser aus Zürich*
- 10:00      Kronz, A.<sup>1</sup>, Gätjen, J.<sup>1</sup>, Kielmann, D.<sup>2</sup>, Jakobs, D.<sup>2</sup>, Parello, D.<sup>3</sup>, Jenisch, B.<sup>4</sup> und Kriszt, S.<sup>5</sup>  
<sup>1</sup>Universität Göttingen, <sup>2</sup> Landesamt für Denkmalpflege Baden-Württemberg Esslingen, <sup>3</sup>Corpus Vitrearum Deutschland Freiburg, <sup>4</sup> Landesamt für Denkmalpflege Baden-Württemberg Freiburg, <sup>5</sup>Universität Heidelberg  
*Karolingerzeitliches Glas der Klöster Reichenau und Corvey - Neue Analysen, neue Erkenntnisse*
- 10:20      Tenschert, R.<sup>1</sup> und Bellendorf, P.<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Universität Bamberg  
*Schlieren, Streifen, Schatten - ndt-Verfahren zur Charakterisierung historischer Fensterscheiben*
- 10:40      **Kaffeepause**

## Themenbereich: Gestein

11:20 Tropper, P.<sup>1</sup> und Albertus, M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Innsbruck

*Experimentelle Untersuchung der Pyrometamorphose von Quarzphylliten*

11:40 Zöldöldi, J.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart

*Untersuchungen an Lapislazuli Amuletten aus der Ägyptischer Sammlung in Budapest*

12:00 Al-Bashaireh, K. S.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Yarmuk-Universität Irbid, <sup>2</sup>CEZA Mannheim

*Archaeometric investigating of the chronology and cement materials production technology of churches from Umm el-Jimal, Jordan: Southwest church as case-study*

12:20 **Mittagspause**

## Themenbereich: Konservierung

- 14:00 Eggert, G.<sup>1</sup> und Schütze, A.<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, <sup>2</sup>Universität des Saarlandes  
*Zwei auf einen Streich: Klimatisierung und Schadstoffabsorption in Vitrinen durch gesättigte Salzlösungen*
- 14:20 Heide, G.<sup>1</sup> und Herm, C.<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>TU Bergakademie Freiberg, <sup>2</sup>Hochschule für Bildende Künste Dresden  
*Ausbildung von Ferrihydrit auf einer historischen Fahrt aus der Roten Grube in Freiberg*
- 14:40 Ferreira, E. S. B.<sup>1</sup>, Michel, R.<sup>1</sup>, Waentig, F.<sup>1</sup>, Fischer, B.<sup>2</sup>, Liesen, P.<sup>2</sup> and Hofmann, V.<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>CICS Cologne Institute for Conservation Science, TH Köln, <sup>2</sup>Museum für Stadt und Industriegeschichte (MUSIT) Troisdorf, <sup>3</sup>Verein Kunststoff-Museum Troisdorf e.V.  
*Polyvinylchloride in Built Heritage. Polymer and additive composition of historical PVC windows*
- 15:20 **Posterprämierung und Schlusswort**
- 16:00 **Ende der Tagung**

## Samstag, 01. April 2023

- ab 09:00 **Exkursion**  
Fahrt nach Lorsch und fachliche Führung durch das UNESCO Welterbe Kloster Lorsch und Freilichtlabor Lauresham

## Posterpräsentationen

Knaf, A.<sup>1,2</sup>, MacDonald, G.<sup>2</sup>, Knott, E.<sup>3</sup>, Hark, R. R.<sup>2</sup> and Lassen, A. W.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>CEZA Mannheim, <sup>2</sup>Yale University West Haven, <sup>3</sup>Babylonian Collection, Yale University New Haven

*Geochemical characterization of Mesopotamian seals by pXRF, pRaman and pLIBS: A comparative study*

Materlik, J.<sup>1</sup> und Jeberien, A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin

*Mächtige Hülle fragiler Kern: Untersuchungen eines Korrosionsphänomens an römischen Eisenerfakten aus dem Fundraum Kalkriese Osnabrück*

Bente, K.<sup>1,2</sup>, Berthold, C.<sup>1</sup>, Kupka, T.<sup>3</sup>, Beirau, T.<sup>4</sup>, Wrzalik, R.<sup>5</sup>, Wirth, R.<sup>6</sup>, Schreiber, A.<sup>6</sup>, Hölzig, H.<sup>7</sup>, Keilholz, S.<sup>8</sup>, Günther, A.<sup>9</sup>, Gerdes, A.<sup>10</sup> and König, A.<sup>8</sup>

<sup>1</sup>CCA-BW Universität Tübingen, <sup>2</sup>Universität Leipzig, <sup>3</sup>University Opole, Poland, <sup>4</sup>Universität Halle, <sup>5</sup>University Silesia, Poland, <sup>6</sup>GFZ Potsdam, <sup>7</sup>Universität Leipzig, <sup>8</sup>Universität Leipzig, <sup>9</sup>Universität München, <sup>10</sup>Universität Frankfurt

*Explaining white/grey Iron Age coral decorations - Experimental studies on corallium rubrum*

Zöldföldi, J.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart

*Möglichkeiten und Grenzen der zerstörungsfreien Herkunftsbestimmung am Beispiel der römischen Steindenkmäler in den Reiss-Engelhorn-Museen Mannheim*

Fuhrmann, A.<sup>1</sup>, Herm, C.<sup>1</sup> und Franzen, J.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Hochschule für Bildende Künste Dresden, <sup>2</sup>Institut für Diagnostik und Konservierung an Denkmälern in Sachsen und Sachsen-Anhalt Dresden

*Analyse von Glasflittern mitteldeutscher Denkmäler und Kunstwerke*

Marchenko, T.<sup>1</sup>, Peltz, U.<sup>2</sup> und Jeberien, A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin, <sup>2</sup>Antikensammlung der Staatlichen Museen zu Berlin

*Historische Restaurierungen an antiken Bronzen des 19. Jahrhunderts*

Stepanov, I.<sup>1</sup>, Brauns, M.<sup>1</sup> and Eliyahu-Behar, A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>CEZA Mannheim, <sup>2</sup>Ariel University

*Integrated approaches to the provenance of ancient iron artefacts from the Southern Levant*

Lindauer, S.<sup>1</sup>, Engel, M.<sup>2</sup> and Jäger, S.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>CEZA Mannheim, <sup>2</sup>Universität Heidelberg, <sup>3</sup>Landesamt für Denkmalpflege im Regierungspräsidium Stuttgart

*OSL dating river sediments from the Rhine-Neckar catchments*

Lindauer, S.<sup>1</sup> and Schwall, C.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>CEZA Mannheim, <sup>2</sup>Römisch-Germanisches Zentralmuseum Mainz

*Radiocarbon dating shells from SE Arabia for archaeology and climate*

# RÖMISCHE WACHSTAFELN AUS POMPEJI – GESCHICHTE – HERSTELLUNG – ANALYSEN

Robert Fuchs<sup>1</sup>, Ester S. B. Ferreira<sup>1</sup> und Michele Cammarosano<sup>2</sup>

<sup>1</sup>CICS Technische Hochschule Köln

<sup>2</sup>Università di Napoli L'Orientale

## Einleitung

Das Projekt „Schreiben auf Wachs im Alten Rom“ beabsichtigte die Untersuchung der für Wachstafeln verwendeten Schreibtechniken anhand der chemisch-technischen Analyse einer Auswahl römischer Wachstafeln und Schreibgriffel aus Pompeji und Herculaneum in dem *Parco Archeologico di Pompei* (Pompeji) sowie in dem *Museo Archeologico Nazionale di Napoli* (MANN) Neapel. Die Arbeit vor Ort erfolgte vom 11. bis 25. Oktober 2022<sup>1</sup>.

## Untersuchungsobjekte

Die erste Phase der Arbeiten diente der Untersuchung des Corpus der als *Tabulae Sulpiciorum* bekannten Wachstafeln sowie einer Auswahl von Schreibgriffeln aus Knochen, die im *Parco Archeologico di Pompei* (PAP) aufbewahrt werden. Die Arbeit in Pompeji wurde von Dr. Valeria Amoretti, Leiterin des *Laboratorio Ricerche Applicate*, und Dr. Paola Sabbatucci betreut. Es wurde ein Raum in dem *Laboratorio Ricerche Applicate* innerhalb der Ausgrabungsstätte für die Gesamtzeit der Arbeiten zur Verfügung gestellt.

Die als *Tabulae Sulpiciorum* bekannten Wachstafeln wurden auf dem Landgut Cascone in Murecine 600 m vor dem Stabianer Stadttor von Pompeji 1959 gefunden. Beim Bau einer Autobahn zwischen Neapel und Salerno wurde eine römische Villa entdeckt. Dort waren Wachstafeln in einem Weidenkorb gestapelt. Das Corpus besteht aktuell aus 185 *Tabulae* (insgesamt 242 Tafeln), welche ursprünglich zu Diptychen und Triptychen zusammengefügt waren<sup>2</sup>. Sie sind querrrechteckig und wurden horizontal beschrieben. Die besonderen Fundumstände – die Wachstafeln lagen bis zum Zeitpunkt ihrer Bergung im Schlamm des Sarnus Flusses - bedingten ihren hervorragenden Erhaltungszustand, welcher sowohl durch die damaligen Ausgrabungsberichte als auch durch Fotografien, die relativ bald nach Entdeckung angefertigt wurden und deren Negative im Archiv noch erhalten sind, dokumentiert ist. Während unserer Arbeit im Oktober 2022 musste festgestellt werden, dass sie nach der Entdeckung unsachgemäß behandelt worden waren. Man trocknete sie offensichtlich zur Konservierung zu schnell (wahrscheinlich im Vakuum). Dabei schrumpften sie so stark, dass die Wachsschicht

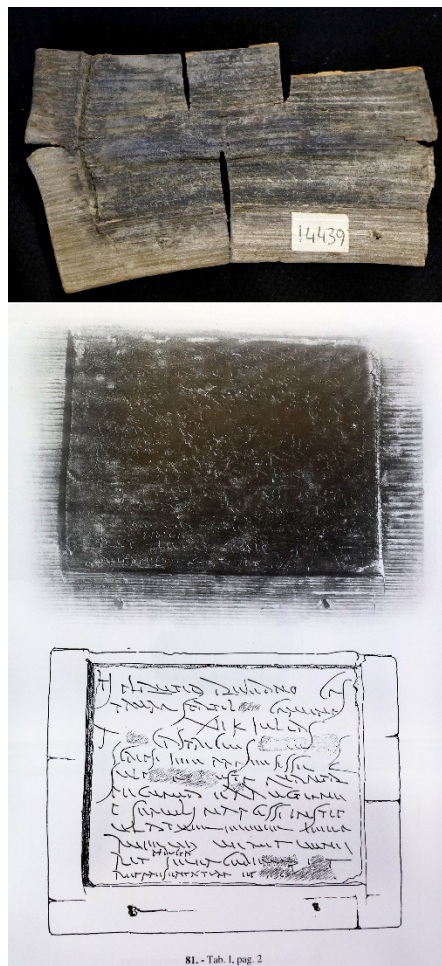


Abbildung 1: Tafel 14439; Oben: heutiger Zustand; Mitte: Foto nach der Bergung; Unten: Transkription Camodeca (1999).

<sup>1</sup> Wir danken der Gerda Henkel Stiftung Düsseldorf für die Unterstützung des Projektes. Es wurde von R. Fuchs und M. Cammarosano unter diesem Titel 2019 beantragt und genehmigt, konnte aber wegen der Covid-Pandemie erst im Oktober 2022 begonnen werden.

<sup>2</sup> Camodeca 1999 Bd.1, S. 11-16.

weitestgehend abgeplatzt und verloren gegangen ist (Abbildung 1). Sie sind heute verwellt und verzogen; ihre ursprünglichen Dimensionen können nicht mehr mit Sicherheit angegeben werden. Bei den Versuchen, die weitere Verschlechterung des Zustandes der Tafeln zu verhindern, wurden bei manchen Tafeln offensichtlich Harze und selten wohl auch Epoxydharz zur Festigung angewendet. Auch wurde offensichtlich in manchen Fällen zuvor ein weißes Pulver in die noch erhaltenen Schriftspuren verstreut, um ihre Lesbarkeit zu erhöhen (Abbildung 2). Die damaligen Restaurierungsmaßnahmen konnten bisher nur durch genaue Beobachtungen rekonstruiert werden. Einige wenige Tafeln zeigen noch Reste einer dünnen wachsähnlichen Schicht, manche sogar mit Schrift. Alle werden heute in Hängeregistern senkrecht stehend aufbewahrt, so dass trotz der Aufbewahrung in einem klimatisierten Raum auch noch letzte Reste von Wachs abzublättern drohen. Eine Umlagerung in geeignete horizontal gelagerte Behälter ist mittlerweile geplant. In der uns zur Verfügung stehenden Zeit haben wir nach Sichtung des gesamten Corpus insgesamt 20 Wachstafeln ausgesucht und näher untersucht. Vorgesehen war die Rekonstruktion der Herstellung und des Gebrauchs der Tafeln<sup>3</sup>.

Bei den in Murecine gefundenen Tafeln ist zuerst auffällig, dass alle Tafeln annähernd die gleiche Größe und wahrscheinlich ehemals auch die gleichen Ausmaße wie Dicke des Holztäfelchens und Tiefe der ausgehobenen Senke für das Wachs hatten. Die Herstellung erfolgte offensichtlich nach einem standardisierten Verfahren. Fast an allen Tafeln kann man erkennen, dass die Wachsmasse wohl mit einem Spatel horizontal in die querliegenden Täfelchen eingefüllt wurde; am oberen und unteren Rand nicht. Die Faserrichtung des Fichtenholzes (*Picea abies*) verläuft horizontal. Die Jahresringe haben sich durch die Trocknung stark aufgerichtet und die Senke für die Wachsmasse wurde durch tief eingeschnittene senkrechte Schnitte links und rechts vor dem Aushub vorbereitet. Oben und unten sind diese Schnitte nicht zu sehen. Neben den Schnitten links und rechts sind nur in wenigen Fällen runde Auslaufspuren der eingefüllten Wachsmasse über den Rand hinweg zu erkennen; am oberen und unteren Rand nicht (Abbildung 3). Das führt uns zu der Vermutung, dass vorgefertigte Wachsfolien eingelegt, links und rechts abgeschnitten und dann mit einem Spatel fest eingedrückt wurden. Beim Einfüllen einer warmen flüssigen Masse wären auch oben und unten runde Flüssigkeitsränder zu sehen. Gaitzsch (1984) erklärt dies mit der Verwendung eines heißen breiten Spatels zum gleichmäßigen Verteilen des Wachses.

Mit dem Videomikroskop wurden die Tiefe der Einschnitte, der Senke, der Holzdicke und der Dicke der Wachsmasse gemessen. Die Holztäfelchen sind heute nicht mehr als 1- 2 mm dick, die Senke schwankt zwischen 0,02-0,1 mm, die Wachsmasseschicht hat eine Dicke von maximal 0,01 mm. Das hatte man nicht erwartet. Es ist bisher nicht klar, ob die außerordentlich geringe Dicke der Wachsschicht durch die unsachgemäße Behandlung entstanden ist oder ob sie schon immer so dünn war. Die verbogenen Tafeln sind jedoch stark verformt und oft gerissen (Abbil-



Abbildung 2: Tafel 14356. Die Schrift wurde mit einer weißen Substanz hervorgehoben. Rechts neben der Schnittkante der Senke schwarze Wachsmasse bis auf die Kante verschmiert.



Abbildung 3: Tafel 14443. Rechts neben der Schnittkante der Senke Reste von aufliegender Wachs.

<sup>3</sup>Zu den Untersuchungen wurden folgende Geräte nach Neapel transportiert: Videomikroskop Keyence VHX 970F mit spezieller Beleuchtung und Stativ, Kamera Canon EOS R, FORS VIS-Spektrometer J&M TIDAS E.

dung 1) Leider sind in Fundberichten die originalen Abmessungen oft nicht vollständig dokumentiert. Im Vergleich zu den Bloomberg Tafeln, die in London gefunden wurden, sind die Tafeln von Pompeji – berücksichtigt man die Schrumpfung - in den Maßen jedoch sehr ähnlich.<sup>4</sup>

Der Vergleich mit den im Museo Archeologico Nazionale di Napoli (MANN) in Neapel brachte kaum mehr Erkenntnisse. Dort sind auch nur die völlig verkohlten Tafeln aus Pompeji erhalten. Die besterhaltenen sind in der Ausstellung zu sehen. Die in der Literatur aufgeführten wenig beschädigten Tafeln aus Herculaneum standen leider wegen eines Umbaus im Museum nicht für



Abbildung 4: Stilus aus Knochen (Inv. 6430).

die Untersuchung zur Verfügung. Kurz vor Ende unseres Aufenthaltes wurden jedoch noch 2 Boxen gefunden mit verkohlten Fragmenten, von denen 26 ebenfalls mit dem Mikroskop vermessen wurden. Sie sind teilweise dicker: bis zu 6 mm, doch auch hier wurde festgestellt, dass die Vertiefungen für die Wachsmasse erstaunlich wenig tief waren: maximal 1,5 mm.

Die Beschriftung der dünnen Wachsschicht erfolgte mittels Stili aus Bronze und Knochen. Vor Ort wurden 43 als Stili bezeichnete Objekte aus Knochen untersucht. Durch Rekonstruktion der Handhaltung der Objekte konnten neue Erkenntnisse über die Form und Nutzung der Stili erforscht werden.

## Analysen

Die Analyse der Wachsschicht von den Tafeln wurde erstmals durch Augusti (1962) durch eine Lösemittelreihe als Schellack bestimmt. Büll untersuchte die Wachsbeschichtung von Tafeln aus Ägypten, dem europäischen Mittelalter und spätrömische Tafeln in Basel und Hildesheim. (Büll, 1972, S. 810-811). Er fand bei der Tafel aus römischer Zeit (Nr. 8) nur Natriumsalze und Proteine, ohne Wachs, bei spätrömischen Tafeln Bienenwachs und Koniferenharz (Nr. 9, 10).

Von zwei Tafeln in Pompeji (14375, 14443-A3) wurden abgefallene Proben gesammelt und ein Splitter entnommen und im Labor des CICS an der TH Köln mittels Py-GC-MS analysiert. Es fand sich ein Gemisch von Pinaceaharz, eine Reihe von Alkanen mit ungerader und gerader Kohlenstoffatomzahl (C20-C34) und Fettsäuren (Palmitin-, Stearin-, Olein-, Myristin-, Pentadecan- und Margarinsäure), was die Identifizierung von Bienenwachs nicht unterstützt. Um diese Ergebnisse richtig interpretieren und verstehen zu können, müssen weitere Forschungen erfolgen mit gezielten Proben aus wenig beschädigten Tafeln.

## Literatur

Augusti, S., 1962. Sulla natura e composizione delle „tavolette cerste“, *Rendiconti della Accademia di Archeologia. Lettere e Belle Arti Napoli*, 37, S. 127-128.

Büll, R., 1972. *Das große Buch vom Wachs 2 Vol.* München: Calvey.

Camodeca, G., 1999. *Tabulae Pompeianae Sulpiciorum*. Edizione critica dell'archivio puteolano dei Sulpicii. 2 Bde. Rom: Quasar.

Gaitzsch, W., 1984. Der Wachsaufrag antiker Schreibtafeln. *Bonner Jahrbücher des Landesmuseums in Bonn*, 184, S. 189-207.

Tomlin, R., 2010. *Roman London's first voices. Writing tablets from the Bloomberg excavations, 2010 – 14*. Museum of London Archaeology Monograph, 72. London: Museum of London.

© 2023 Die Autoren. Publiziert vom Deutschen Bergbau-Museum Bochum. CC BY-NC-ND 4.0

<sup>4</sup> Londoner Bloomberg Tafeln haben die Maße von ca. 14 x 11 cm und eine Dicke von 4,6 – 12 mm (Tomlin, 2017, S. 10). Die Ausmaße der Murecine Tafeln schwanken trotz der starken Schrumpfung ebenfalls in diesen Dimensionen.