



JAHRESBERICHT 2025





**JAHRESBERICHT 2025**

## IMPRESSUM

### HERAUSGEBER:

Curt-Engelhorn-Zentrum Archäometrie gGmbH  
D 6, 3 | 68159 Mannheim | [www.ceza.de](http://www.ceza.de)



### REDAKTION:

Dr. Daniel Berger, Elka Duberow, Dr. Jana Eger, Dr. Ronny Friedrich, Matthias Fries,  
Judith Gafriller, Dr. Corina Knipper, Dr. Susanne Lindauer, Dr. Martin Riesenberg,  
Kirsten Schwabe, Mila Sproß, Dr. Ivan Stepanov, Johannes Wintel

**GESAMTKOORDINATION:** Elka Duberow, Matthias Fries

**KONZEPTION & GESTALTUNG:** Katharina Kreger-Schwerdt

**DRUCK:** Druckpress GmbH | Hamburger Straße 12 | 69181 Leimen  
Klimaneutral gedruckt auf "Der blaue Engel" zertifiziertem Papier.



**AUFLAGE:** 500 Exemplare

© Curt Engelhorn-Zentrum Archäometrie gGmbH 2026

Abdruck – auch auszugsweise – nur mit Genehmigung des Herausgebers

# **INHALT**

4	<b>Herzlich Willkommen</b>
6	<b>Personelle Veränderungen</b>
7	<b>Kooperationen</b>
8	<b>Würdigung Ernst Pernicka</b>
10	<b>CEZA zum Anfassen</b>
14	<b>Isotopische Spurensuche: prähistorische Graphitbemalung auf Keramik</b>
16	<b>Eine Reise durch das Holozän mit der Hohenheimer Jahrringsammlung</b>
18	<b>Publikationen/Vorträge</b>
20	<b>HISCAR</b>
22	<b>Anspruchsvolle Messungen am CEZA</b>
24	<b>OSL Datierung an Schachtwänden des frühen Steinkohlebergbaus</b>
28	<b>Metals Make the World Go Round</b>
30	<b>Unter dem imperialen Hammer</b>
32	<b>Datierung von Massivlehmhäusern in Mitteldeutschland</b>
34	<b>Probensammlung zur Kartierung von Strontiumisotopenverhältnissen in Pflanz</b>
36	<b>CEZA weiterhin führend in der Zinnforschung</b>
40	<b>Zyprisches Kupfer in Mitteleuropa</b>
42	<b>Frühe Kupfermetallurgie auf der arabischen Halbinsel</b>
44	<b>Das Sögel-Projekt geht zu Ende</b>
48	<b>Ausblick 2026</b>

# Herzlich Willkommen

**zum Jahresbericht 2025** des Curt-Engelhorn-Zentrums Archäometrie. Wie Sie es von uns gewohnt sind, geben wir Ihnen auch in diesem Jahr wieder einen umfassenden Einblick in unsere vielfältigen Aktivitäten des vergangenen Jahres. Ob spannende Forschungsprojekte, bedeutende Ergebnisse, hochrangige Publikationen oder öffentlichkeitswirksame Veranstaltungen – begleiten Sie uns bei unserem Rückblick auf ein ereignisreiches Jahr 2025.

Nach den strukturellen Erweiterungen und technischen Investitionen der vergangenen Jahre konnte CEZA auch 2025 seine Leistungsfähigkeit weiter festigen. Die etablierte Infrastruktur sowie das Zusammenspiel unserer analytischen Systeme ermöglichen es uns, große Probenvolumina effizient zu bearbeiten und gleichzeitig neue wissenschaftliche Fragestellungen zu erschließen.

Ein zentrales Projekt bleibt HISCAR, das im Berichtsjahr wichtige Fortschritte erzielt hat. Insbesondere die Erstellung eines hochauflösenden  $^{14}\text{C}$ -Datensatzes für das erste Jahrtausend n. Chr. zeigt das große Potenzial dieser Arbeiten für die Präzisierung radiokarbondatierter Chronologien. Darüber hinaus liefern die Daten neue Einblicke in die Variabilität der Sonnenaktivität, darunter Phasen reduzierter Aktivität sowie Hinweise auf kurzzeitige Extremereignisse.

Mit dem Projekt GOLEHM nähert sich ein innovatives Forschungsvorhaben seinem Abschluss, das

neue Wege in der Datierung von Massivlehmbauten eröffnet. Durch die Kombination von  $^{14}\text{C}$ - und OSL-Datierungen konnten Bauzeiten deutlich präziser bestimmt und zugleich neue Erkenntnisse zur Baugeschichte und Materialnutzung gewonnen werden.

Auch konnten mehrere Projekte 2025 erfolgreich abgeschlossen werden. Besonders hervorzuheben ist das Projekt zu den bronzezeitlichen Klingen des Sögel-Wohlde-Kreises. Diese Funde zählen zu den frühesten Schwert- und Langdolchformen der nordischen Bronzezeit und besitzen eine zentrale Bedeutung für das Verständnis früher Metalltechnologien. Die Untersuchungen am CEZA zu Herstellungstechniken, Materialherkünften und technologischer Entwicklung liefern wichtige Beiträge zur Rekonstruktion frühbronzezeitlicher Austausch- und Produktionsnetzwerke.

Ebenso konnte das Projekt „Metals Make the World Go Round“ begonnen werden, das sich mit der Rekonstruktion antiker Metallhandelsstrukturen befasst und die weitreichende Vernetzung prähistorischer Gesellschaften eindrucksvoll aufzeigt.

Parallel dazu wurde das 2024 gestartete internationale Forschungsprojekt „Metals & Giants“ weiter intensiv bearbeitet. Ziel dieses langfristig angelegten Vorhabens ist es, die Herkunft von Kupfer für die Bronzen der späten Nordischen Bronzezeit sowie der sardischen Nuraghenkultur zu klären und damit weitreichende Handelsbeziehungen

zwischen Nord- und Südeuropa besser zu verstehen.

Ein besonderes Highlight des Jahres war eine umfangreiche Beprobungskampagne in Sachsen-Anhalt. Vor Ort konnten zahlreiche Proben aus unterschiedlichen Fundkontexten gewonnen werden, die künftig eine wertvolle Grundlage für weiterführende Analysen darstellen. Solche Einsätze sind ein wesentlicher Bestandteil unserer Arbeit und stärken zugleich die Zusammenarbeit mit regionalen Partnerinstitutionen.

Auch im Bereich der wissenschaftlichen Publikationen konnte CEZA 2025 wichtige Akzente setzen. Hervorzuheben ist insbesondere eine Veröffentlichung zum bislang ältesten untersuchten Eisbohrkern, die neue Einblicke in langfristige Klimaprozesse ermöglicht und international große Beachtung findet.

Neben der Forschung spielte die Öffentlichkeitsarbeit erneut eine zentrale Rolle. CEZA war auf zahlreichen Veranstaltungen vertreten, präsentierte seine Arbeit einem breiten Publikum und pflegte bestehende Netzwerke ebenso wie neue Kooperationen. Das große Interesse an unseren Tätigkeiten bestätigt uns darin, den Dialog zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit aktiv weiterzuführen.

Ein besonderer Moment des Jahres war die feierliche Würdigung unseres langjährigen wissenschaftlichen Geschäftsführers und Gründers Prof. Dr. Ernst Pernicka im September in Mannheim.

Gemeinsam mit zahlreichen Weggefährten wurde sein außergewöhnliches Engagement für das CEZA gewürdigt. Diese Veranstaltung markierte zugleich einen bedeutenden Übergang: Mit der Staffelübergabe an den neuen Geschäftsführer Dr. Ronny Friedrich beginnt ein neues Kapitel in der Geschichte unseres Instituts.

Zum Abschluss möchten wir uns auch in diesem Jahr herzlich bei all unseren Kolleginnen und Kollegen bedanken. Ihr Engagement, ihre Expertise und ihre Begeisterung für die Forschung sind die Grundlage für den Erfolg des CEZA.

Wir wünschen Ihnen eine spannende und erkenntnisreiche Lektüre unseres Jahresberichts 2025.

Ihre Geschäftsleitung

# Personelle Veränderungen

Das Kalenderjahr 2025 war am Curt-Engelhorn-Zentrum Archäometrie von personeller Kontinuität geprägt, zugleich aber auch von einem bedeutenden Übergang in der Institutsleitung. Die Staffelübergabe in der wissenschaftlichen Geschäftsführung wurde im Laufe des Jahres intensiv vorbereitet, um sie zum Jahresende erfolgreich abzuschließen.

Im wissenschaftlichen Bereich konnte das Team im Jahr 2025 durch Dr. Louise de Palaminy verstärkt werden. Sie studierte Archäologie und spezialisierte sich früh auf naturwissenschaftliche Methoden in der Archäologie. Nach ihrer Promotion war sie in



Dr. Louise de Palaminy

verschiedenen internationalen Forschungsprojekten tätig, bevor sie 2025 an das CEZA nach Mannheim kam. Ihre wissenschaftlichen Schwerpunkte liegen in der archäometrischen Analyse von Artefakten und Rohstoffen wie Metallen, tierischen Hartmaterialien und Textilien. Darüberhinaus stehen chemische Laborarbeiten, Metallaufschluss und chromatographische Verfahren sowie elementare und isotopische Messungen mittels ICP-QQQ-MS, MC-ICP-MS und Laserablation auf ihrer Agenda. Mit ihrer Expertise erweitert sie das methodische Spektrum des Instituts und stärkt die interdisziplinäre Ausrichtung der Forschung.

Zudem kehrte Laura Schellhaaß nach ihrer Elternzeit an das CEZA zurück und unterstützt seitdem wieder die Arbeit im Institut.

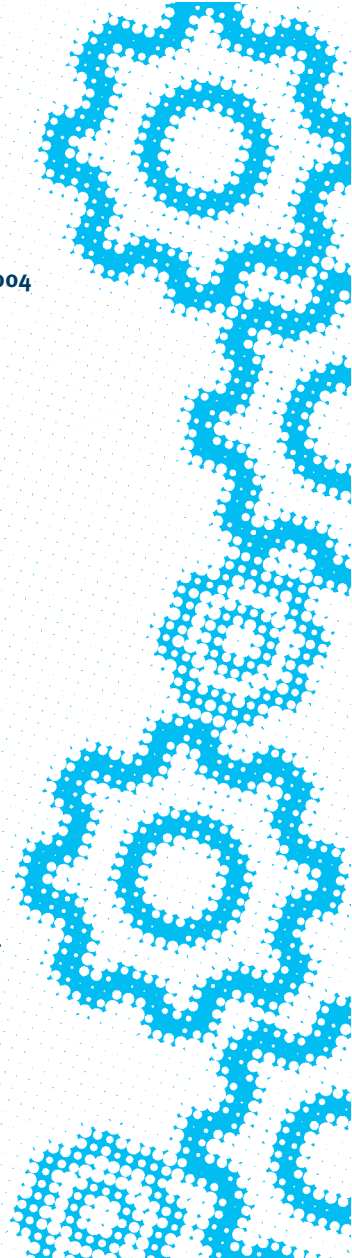
Gleichzeitig musste sich das CEZA im Berichtsjahr von mehreren Kolleginnen und Kollegen verabschieden. Mit Bart Cornelis, Andreas Wittke und Heidi Voth verließen drei Mitarbeitende das Institut. Ihnen gilt unser Dank für ihr Engagement und ihre geleistete Arbeit.

Insgesamt blieb die personelle Struktur in vielen Bereichen stabil. Die kontinuierliche Arbeit der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter bildet weiterhin das Fundament für die hohe Qualität der wissenschaftlichen Analysen und Projekte am CEZA.



## **KOOPERATIONEN**

- **Universität Tübingen – INSTITUTIONELLE KOOPERATION – seit 2004**
- **Deutsches Archäologisches Institut, Berlin – seit 2006**
- **Landesamt für Archäologie und Denkmalpflege Sachsen-Anhalt, Halle – seit 2004**
- **Max-Planck-Institut für evolutionäre Anthropologie, Leipzig – seit 2010**
- **Landesamt für Archäologie Sachsen, Dresden – seit 2015**
- **Landesamt für Denkmalpflege HessenARCHÄOLOGIE, Wiesbaden – seit 2016**
- **Universität Mainz – seit 2014**
- **Generaldirektion Kulturelles Erbe Rheinland-Pfalz, Koblenz – seit 2013**
- **Leibniz-Zentrum für Archäologie, Mainz – seit 2012**
- **Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege, München – seit 2015**
- **Universität Hohenheim – seit 2014**
- **Landesamt für Denkmalpflege Baden-Württemberg, Stuttgart – seit 2016**
- **Deutsches Bergbau-Museum, Bochum – seit 2007**
- **Universität Heidelberg – seit 2009**
- **Österreichisches Archäologisches Institut der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Abteilung Prähistorie und WANA-Archäologie, Wien – seit 2014**
- **Nationales Archäologisches Institut mit Museum bei der Bulgarischen Akademie der Wissenschaften, Sofia – seit 2016**
- **Archäologisches Institut der Akademie der Wissenschaften der Tschechischen Republik, Prag – seit 2016**
- **Brandenburgisches Landesamt für Denkmalpflege und Archäologisches Landesmuseum, Zossen-Wünsdorf – seit 2025**



# Feierliche Würdigung von Prof. Dr. Ernst Pernicka

Ein besonderer Höhepunkt des Jahres 2025 war die feierliche Würdigung von Prof. Dr. Ernst Pernicka, dem Gründer und langjährigen wissenschaftlichen Geschäftsführer des Curt-Engelhorn-Zentrums Archäometrie. Anlass der Veranstaltung war nicht nur die bevorstehende Staffelübergabe in der Institutsleitung, sondern auch der Blick auf zwei Jahrzehnte erfolgreicher Arbeit seit der Gründung des CEZA.

Zahlreiche Weggefährtinnen und Weggefährten aus Wissenschaft und Kultur folgten der Einladung nach Mannheim, um diesen besonderen Moment gemeinsam zu begehen. Die Begrüßung übernahmen der künftige CEZA-Geschäftsführer Dr. Ronny Friedrich sowie CEZA-Geschäftsführer Sven Wiegand, die in ihren einleitenden Worten die Bedeutung des Anlasses und Pernickas besondere Rolle für das Institut hervorhoben.

Im Anschluss würdigten mehrere Redner aus unterschiedlichen wissenschaftlichen Institutionen und langjährige Begleiter seinen Werdegang und sein Wirken aus jeweils eigener Perspektive: Prof. Dr. Alfred Wiczorek, ehemaliger Generaldirektor der Reiss-Engelhorn-Museen und ehemaliger Vorstandsvorsitzender der Curt-Engelhorn-Stiftung, eröffnete den Reigen der Grußworte. Es folgten Prof. Dr. Raiko Krauß und Prof. Dr. Martin Bartelheim von der Eberhard Karls Universität Tübingen, Prof. Dr. Thomas Stöllner vom Deutschen Bergbau-Museum Bochum sowie Prof. Dr. Harald Meller, Landesarchäologe und Direktor des Landesamts für Denkmalpflege und Archäologie Sachsen-Anhalt. Ihre Beiträge spiegelten

nicht nur die enge wissenschaftliche Zusammenarbeit wider, sondern machten auch die große Bandbreite an Kontakten und Kooperationen sichtbar, die über die Jahre gewachsen sind.

Musikalisch wurde der gesamte Abend von Thomas Siffling und Daniel Prandl begleitet, deren Beiträge





Musik, persönliche Worte und langjährige Weggefährten prägten den Abend zu Ehren von Prof. Dr. Ernst Pernicka. Fotos: Dr. Michael Kunst

die einzelnen Programmpunkte stimmungsvoll miteinander verbanden und der Veranstaltung einen festlichen Rahmen verliehen.

Ein besonderer Moment war die Ansprache von Prof. Dr. Ernst Pernicka selbst. In persönlichen Worten blickte er auf die Entwicklung des CEZA zurück und ordnete die vergangenen zwanzig Jahre in einen größeren wissenschaftlichen Kontext ein.



Den Abschluss bildete ein gemeinsames Abendessen, das Raum für Gespräche und Begegnungen bot. Die Veranstaltung machte eindrucksvoll deutlich, wie eng das CEZA mit seinem Gründer verbunden ist und wie stark das Netzwerk ist, das in den vergangenen zwanzig Jahren aufgebaut wurde. Gleichzeitig markierte sie einen wichtigen Übergang und den Beginn eines neuen Kapitels in der Geschichte des Instituts.



# CEZA zum Anfassen

Auch im Jahr 2025 war CEZA auf zahlreichen nationalen und internationalen Veranstaltungen präsent und nutzte vielfältige Gelegenheiten, um seine Forschung einer breiten Fachöffentlichkeit wie auch interessierten Laien näherzubringen. Der direkte Austausch mit Partnern aus Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft bleibt dabei ein zentraler Bestandteil unserer Arbeit.

## **INTERNATIONALE KONFERENZEN UND WISSENSCHAFTLICHER AUSTAUSCH**

Die Teilnahme am Kongress der European Association of Archaeologists (EAA), der 2025 in Belgrad stattfinden sollte, stand in diesem Jahr unter besonderen Vorzeichen. Aufgrund kurzfristiger Änderungen konnte die Veranstaltung lediglich in digitaler Form durchgeführt werden. Damit entfiel für CEZA leider auch die Möglichkeit, wie in den vergangenen Jahren mit einem eigenen PR- und Marketingstand vor Ort präsent zu sein.

Ungeachtet dessen war CEZA auf wissenschaftlicher Ebene dennoch vertreten: Kolleginnen und Kollegen beteiligten sich mit Fachvorträgen und brachten aktuelle Forschungsergebnisse in den internationalen Austausch ein. Auch wenn die Konferenz unter diesen Umständen weniger Raum für persönliche Begegnungen bot, blieb sie dennoch eine wichtige Plattform für den fachlichen Dialog.

Ergänzt wurde dies durch weitere Konferenzbeiträge, unter anderem bei der Radiocarbon Conference in Krakau sowie bei internationalen Fachtagungen in Lyon, Göteborg und Mainz. Die Bandbreite der Themen reichte dabei von frühester Eisenmetallurgie

über isopenanalytische Fragestellungen bis hin zu neuen methodischen Ansätzen in der Archäometrie.

## **PROJEKTE, WORKSHOPS UND FACHNETZWERKE**

Neben den großen Konferenzen spielte auch 2025 die Arbeit in kleineren Fachformaten eine zentrale Rolle. CEZA war in zahlreiche Workshops und Arbeitstreffen eingebunden, darunter Veranstaltungen zu eisenzeitlichen Metallfunden, archäometrischen Methoden sowie projektbezogene Treffen innerhalb internationaler Forschungsverbände.

Besonders hervorzuheben ist die Mitwirkung an Untersuchungen rund um bedeutende Einzelfunde, wie etwa die Arbeiten zur sogenannten „Schamanin von Bad Dürrenberg“. Diese außergewöhnliche Bestattung zählt zu den bekanntesten archäologischen Funden Mitteleuropas und bietet bis heute neue Anknüpfungspunkte für interdisziplinäre Analysen. Die erneute wissenschaftliche Auseinandersetzung zeigt, wie moderne archäometrische Methoden dazu beitragen können, auch bereits lange bekannte Funde neu zu interpretieren.



Die Engage.EU Winterschool und die Feldkampagne in Sachsen-Anhalt verdeutlichen die enge Verbindung von Lehre, Forschung und Praxis am CEZA. Fotos: CEZA.

### LEHRE UND NACHWUCHSFÖRDERUNG

Auch die Ausbildung junger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler nahm im Berichtsjahr einen wichtigen Stellenwert ein. CEZA beteiligte sich an der Engage.EU Winterschool der Universität Mannheim und bot Workshops zu aktuellen Fragestellungen der Nachhaltigkeit an.

Darüber hinaus wurden Studierende im Rahmen praktischer Übungen, etwa in der Dendrochronologie, betreut. Führungen für Studierendengruppen – unter anderem aus Heidelberg und Mannheim – ermöglichten Einblicke in den Laboralltag und vermittelten praxisnah die Anwendung archäometrischer Methoden.

### FELDARBEIT UND PROBENKAMPAGNEN

Ein besonderer Schwerpunkt lag 2025 erneut auf der praktischen Arbeit im Feld. Gemeinsam mit dem Landesdenkmalamt Sachsen-Anhalt wurde eine umfangreiche Beprobungskampagne durchgeführt, die wichtige Grundlagen für zukünftige Isotopenanalysen schafft.

Solche Einsätze sind essenziell für die Qualität unserer Forschung, da sie die direkte Verbindung zwischen Fundort und Laboranalyse herstellen. Gleichzeitig stärken sie die enge Zusammenarbeit mit regionalen und überregionalen Partnerinstitutionen.



Die Vorführung einer pRFA-Messung an einem Gemälde bietet Studierenden der Universität Heidelberg spannende Einblicke in die zerstörungsfreie Materialanalyse am CEZA.

### **CEZA VOR ORT: EINBLICKE FÜR DIE ÖFFENTLICHKEIT**

Ein fester Bestandteil im Jahreskalender bleibt das Sommerfest der Reiss-Engelhorn-Museen. Auch 2025 stießen die von CEZA angebotenen Führungen durch die Datierungs- und Dendrochronologie-labore auf großes Interesse.

Die unmittelbare Begegnung mit wissenschaftlicher Arbeit vor Ort zeigt immer wieder, wie groß das öffentliche Interesse an naturwissenschaftlichen Methoden ist – insbesondere dann, wenn komplexe Verfahren anschaulich vermittelt werden.

### **WISSENSCHAFTSKOMMUNIKATION UND ÖFFENTLICHKEIT**

CEZA engagierte sich auch 2025 intensiv in der Vermittlung wissenschaftlicher Inhalte. Vorträge – etwa zur „Kriminaltechnik in der Archäologie“ – boten einem breiten Publikum Einblicke in die Möglichkeiten naturwissenschaftlicher Analysen.

Besonderes Interesse weckte dabei auch die Diskussion um den sogenannten „Bernstorff-Fall“, bei dem naturwissenschaftliche Untersuchungen eine zentrale Rolle in der Bewertung archäologischer Funde spielen. Die Auseinandersetzung mit solchen kontroversen Themen zeigt eindrücklich, wie wichtig die Verbindung von Archäologie und naturwissenschaftlicher Analyse für eine fundierte Interpretation ist.

Ergänzt wurde dies durch Beiträge bei Fachveranstaltungen, Netzwerktreffen sowie den Austausch mit Förderinstitutionen, unter anderem im Rahmen von Präsentationen für die Klaus Tschira Stiftung.

### **FORSCHUNG SICHTBAR MACHEN**

Nicht zuletzt fanden auch 2025 zahlreiche Forschungsergebnisse ihren Weg in die Öffentlichkeit. Pressemitteilungen zu aktuellen Publikationen – etwa zu neuen Erkenntnissen zur Metallversorgung



Ob Dendrochronologie oder  $^{14}\text{C}$ -Datierung – komplexe wissenschaftliche Inhalte verständlich zu vermitteln, gelingt Kirsten Schwabe und Ronny Friedrich mit großer Leichtigkeit. Fotos: CEZA

in der Bronzezeit oder zu außergewöhnlichen Funden aus der Eiszeit – verdeutlichen die Relevanz archäometrischer Forschung für ein breites Publikum.

Insgesamt zeigt sich auch 2025: CEZA ist nicht nur ein Ort exzellenter Forschung, sondern versteht sich ebenso als aktiver Vermittler wissenschaftlicher Erkenntnisse – im Dialog mit Fachwelt, Förderern und Öffentlichkeit.



# Isotopische Spurensuche: prähistorische Graphitbemalung auf Keramik

Schon im 5. Jahrtausend v. Chr. haben die Bewohner der Balkanregion Keramikgefäße mit Graphitbemalungen verziert, die ihnen einen metallisch schimmernden Glanz verliehen. Das Anbringen dieser Dekorationen war ein technisch anspruchsvoller Vorgang, der besondere Kenntnisse, Werkzeuge und Rohstoffe erforderte.

Bemerkenswerte archäologische Fundstücke zeugen von dieser prähistorischen Hochtechnologie und bieten damit Gelegenheit, Erkenntnisse über die damalige Zeit zu gewinnen.

Dr. Silvia Amicone vom CCA-BW (Competence Center Archaeometry - Baden-Württemberg) an der Universität Tübingen hat zusammen mit ihrem Team diese Gelegenheit ergriffen und im Rahmen des interdisziplinären Projektes GRAPHTEC, an dem auch das CEZA beteiligt war, spätneolithische und chalkolithische Keramikscherben aus Bulgarien, Griechenland, Rumänien und Serbien untersucht.

Dabei kamen gleich mehrere Methoden aus dem naturwissenschaftlichen Werkzeugkasten der Archäometrie zum Einsatz. Unter anderem wurde versucht, eine "Isotopenspur" vom Endprodukt (also der Bemalung) über ein vermutetes Zwischenprodukt (handliche "Graphitkegel" aus einer Mischung von Ton und Graphit) bis hin zum Rohstoff (natürliche Graphitvorkommen in der Balkanregion) zurückzuverfolgen.

Hierfür wurden im CEZA-Labor für leichte stabile Isotope vergleichende Messungen der Kohlenstoff-

isotopen-Zusammensetzung  $\delta^{13}\text{C}$  an Keramikscherben, Graphitkegeln und geologischen Graphitproben mittels EA-IRMS durchgeführt. Bei dieser bewährten Messtechnik werden zunächst die Proben in einem Elementaranalysator (EA) verbrannt; anschließend wird in einem angeschlossenen Isotopenverhältnis-Massenspektrometer (IRMS) das Kohlenstoffisotopenverhältnis des entstandenen  $\text{CO}_2$  bestimmt.

Bereits die Probennahme der nur einen millimeterbruchteil dicken Graphitbemalung war anspruchsvoll: zunächst wurden die Keramikscherben in einem Ultraschallbad mit Reinstwasser schonend gesäubert und danach Teile der Graphitbemalung mit einem Skalpell abgekratzt. Anschließend wurden Verunreinigungen unter dem Mikroskop aussortiert. Außer der Bemalung wurde zusätzlich auch noch unbemalte Oberflächen und das Innere der jeweiligen Keramik beprobt, um den Kohlenstoffbeitrag zu beurteilen, der von der Keramikherstellung oder auch aus dem gemagerten Ton selbst stammt.

Auch die eigentliche Messung mit dem EA-IRMS war herausfordernd, teilweise weil die zur Verfügung stehenden Probenmengen sehr klein waren, teilweise



Keramikgefäß mit silbrig-grau  
schimmernder Graphitverzierung,  
Foto: École française d'Athènes,  
P. Collet

auch, weil sich die Proben aufgrund ihrer Beschaffenheit nur schwer verbrennen ließen. Einige Tests und Methodenanpassungen waren nötig, um das Gerät für die Messung optimal einzustellen.

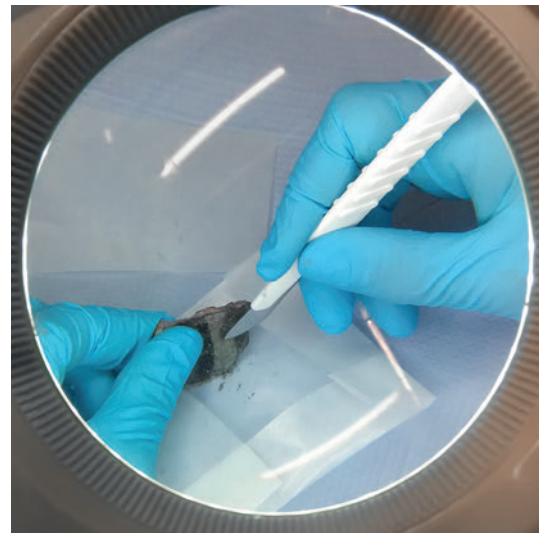
Bei der anschließenden Datenauswertung zeigte sich, dass praktisch alle gemessenen Proben eine teilweise recht inhomogene Mischung aus verschiedenen Materialien mit unterschiedlichen Kohlenstoffgehalten und -isotopenverhältnissen darstellten: die eigentlichen Graphitproben waren mehr oder weniger stark mit mineralischen Komponenten vermischt und zusätzlich durch Spuren von Fremdkohlenstoff verunreinigt.

Dies machte die Anwendung mehrerer Korrekturrechnungen nötig, um einen konsistenten Datensatz zu erhalten. Außerdem wurden alle Messungen einer rigorosen Qualitätskontrolle unterzogen; lediglich Proben, die einen Mindestanteil an Kohlenstoff aufwiesen, gingen in die Auswertung ein.

Am Ende hat sich die Mühe gelohnt: Die untersuchten Graphitbemalungen der zahlreichen Keramikscherben aus den verschiedenen Fundstellen zeigen insgesamt ähnliche Isotopendaten, die sich gut mit den Isoto-

penverhältnissen der untersuchten Graphitkegel in Einklang bringen lassen. Mehr noch, der zur Bemalung verwendete Graphit passt isotopisch ins Spektrum einiger regionaler Vorkommen von Graphit als Einschluss in Marmorgestein. Einige andere geologische Vorkommen konnten durch ihre abweichende Isotopensignatur ausgeschlossen werden.

Die Isotopenanalysen sprechen dafür, dass zur Herstellung der Bemalung Graphit aus bestimmten regionalen Quellen verwendet wurde, und dass die gefundenen Graphitkegel ein Zwischenprodukt darstellten, das erlaubte, den Rohstoff in handlicher Form zu transportieren und zu lagern. Das Projekt ermöglichte uns, die Analyse leichter stabiler Kohlenstoff-Isotopenverhältnisse nicht nur im Bereich der Bioarchäometrie, sondern auch zur Untersuchung von Keramik einzusetzen und damit eine neue Anwendung zu erschließen.



Beprobung einer mit Graphit bemalten Keramikscherbe,  
Foto: Universität Tübingen, S. Amicone

# Eine Reise durch das Holozän mit der Hohenheimer Jahrringsammlung

Im Jahr 2025 hat die Abteilung für Dendrochronologie des CEZA zusammen mit der Mannheimer Agentur für digitale Medien DotsUnited einen interaktiven Zeitstrahl zur Erkundung des Hohenheimer Jahrringarchives entwickelt.

Wenn man sich auf der Seite „Die Hohenheimer Jahrringsammlung“, unter dem Punkt „Archive“, ein Stück nach unten scrollt, wird man von einem Bild der 12.310 Jahre alten Kiefer „Cottbus 1202“ empfangen – dem ältesten, dendrochronologisch absolut datierten Stück in unserer Sammlung.

Von dort kann man sich mit dem breiten dunkelblauen Pfeil auf der rechten Seite zur nächstjüngeren Probe bewegen, auf dem Zeitstrahl eine beliebige Probe anklicken oder mit den hellgrauen Pfeilen am linken Rand zur jüngsten Probe aus dem Jahr 2016 springen. Es ist ebenfalls möglich den Zeitstrahl per drag-and-drop zu bewegen.

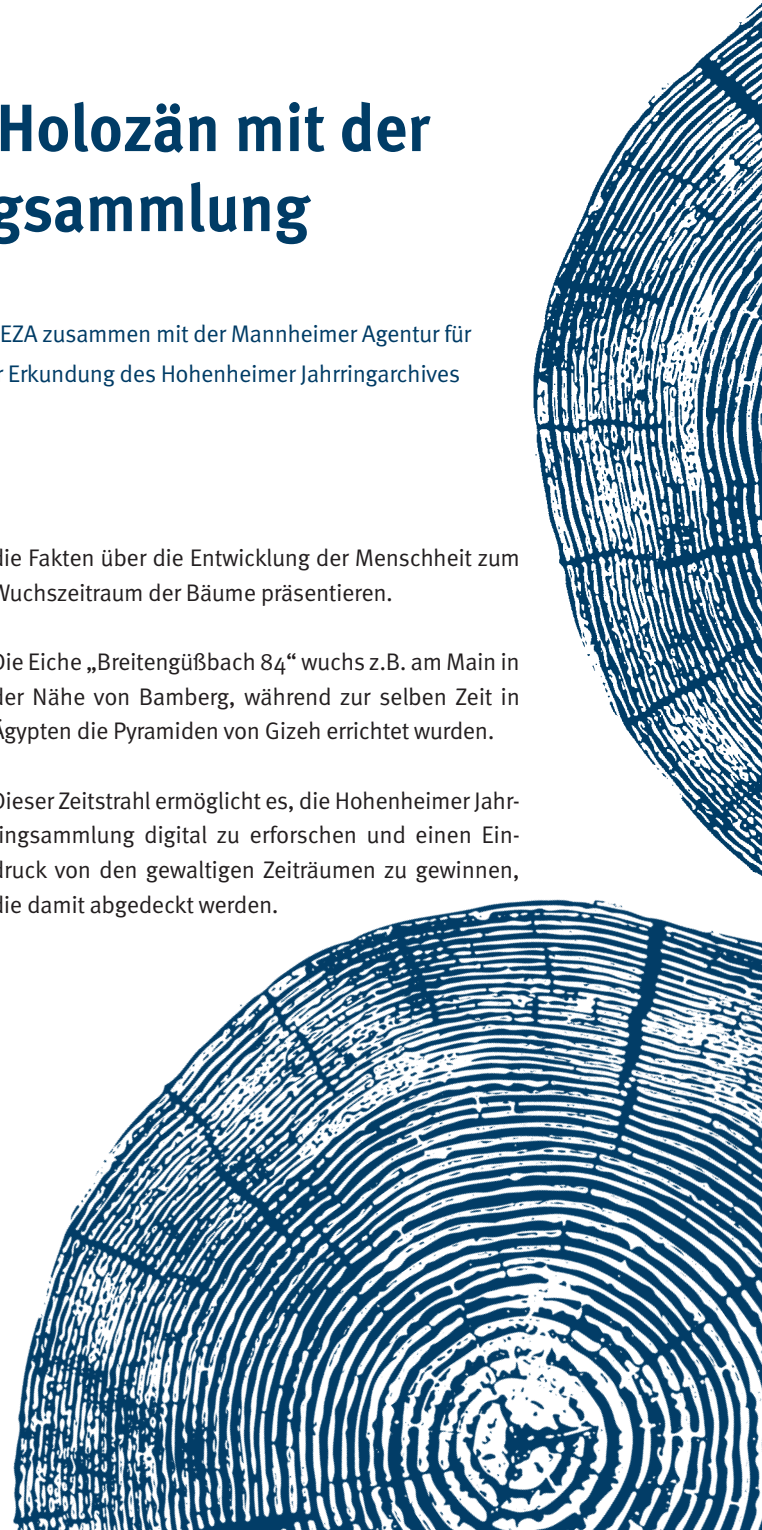
Im Hintergrund des Zeitstrahls sieht man von 11.000 v. Chr. bis 8.000 v. Chr. die Chronologie der PPC, der präborealen Kiefern-Chronologie, und von dann bis heute die HOC; die Eichen-Chronologie für Südwestdeutschland.

Als begleitende Informationen zu den Proben gibt es zunächst den Wuchszeitraum der Bäume in hellgrau über dem Namen der Probe sowie kleine Info-Felder,


die Fakten über die Entwicklung der Menschheit zum Wuchszeitraum der Bäume präsentieren.

Die Eiche „Breitengüßbach 84“ wuchs z.B. am Main in der Nähe von Bamberg, während zur selben Zeit in Ägypten die Pyramiden von Gizeh errichtet wurden.

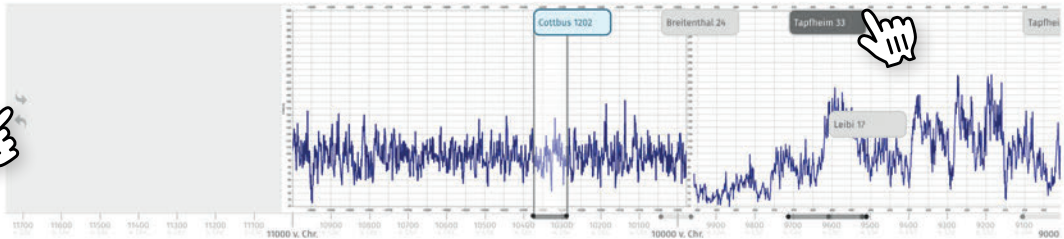
Dieser Zeitstrahl ermöglicht es, die Hohenheimer Jahrringsammlung digital zu erforschen und einen Eindruck von den gewaltigen Zeiträumen zu gewinnen, die damit abgedeckt werden.



ceza.de/archiv



10375 v. Chr. — 10284 v. Chr.  
**Cottbus 1202**  
Jungpaläolithikum  
43.000 v. Chr. — 9700 v. Chr.



11500 11000 10500 10000 9500 9000 v. Chr.

Cottbus 1202 Breitenthal 24 Tapfheim 11 Leibi 17 Tapfheim

10000 v. Chr. 9000



2623 v. Chr. — 2468 v. Chr.  
**Breitenguessbach 84**  
2620 - 2500 v. Chr.: Bau der Pyramiden von Gizeh




## **PUBLIKATIONEN**

**28** insgesamt

 **412**  
Seiten

 **112**  
Autoren

  
**publiziert in 8 Ländern**  
Deutschland, Großbritannien, Niederlande,  
Schweiz, USA, Türkei, Polen, Schweden,  
Frankreich, Vereinigte Arabische Emirate

**86%**   
online verfügbar

Die Liste aller Publikationen finden Sie unter:  
[www.ceza.de/referenzen/publikationen](http://www.ceza.de/referenzen/publikationen)





## VORTRÄGE

**57** insgesamt



**12**

Referenten



**49**

Mit-Referenten



in **8** Ländern

Deutschland, Serbien, Griechenland,  
Frankreich, Polen, Schweden, Niederlande,  
Vereinigte Arabische Emirate



an **22** Orten

Abu Dhabi, Annaberg-Buchholz, Belgrad, Bonn, Chania,  
Darmstadt, Dresden, Eisenberg (Pfalz), Freising, Groningen,  
Göteborg, Halle, Hannover, Karlsruhe, Krakau, Lyon, Magdeburg,  
Mainz, Mannheim, München, Pirna, Tübingen.

# HISCAR

Im Rahmen des Forschungsprojekts HISCAR (High-resolution radiocarbon analysis for reconstructing past carbon cycle and solar activity) gefördert durch die Baden-Württemberg Stiftung verfolgt das CEZA das Ziel, die Datenbasis für die Rekonstruktion der Variabilität der Sonnenaktivität und Veränderungen im globalen Kohlenstoffkreislauf über lange Zeiträume hinweg zu schaffen. Grundlage hierfür sind hochauflösende Radiokarbonaten ( $^{14}\text{C}$ ) aus Baumringen, die als natürliches Archiv der atmosphärischen Bedingungen dienen. Neben einem besseren Verständnis der Wechselwirkungen zwischen Sonne und Klima trägt das Projekt wesentlich dazu bei, die Genauigkeit archäologischer Datierungen weiter zu verbessern und neue Maßstäbe in der Radiokarbonanalyse zu setzen.

Ein wesentlicher Meilenstein konnte im ersten Arbeitspaket erreicht werden: die Erstellung eines nahezu durchgängigen, jährlich aufgelösten  $^{14}\text{C}$ -Datensatzes für das gesamte erste Jahrtausend n. Chr. Durch die Kombination neu gewonnener Messdaten mit bestehenden Datensätzen entstand eine bislang einzigartige Zeitreihe, die eine deutlich höhere zeitliche Auflösung bietet als bisher verfügbare Referenzdaten. Der Vergleich mit der international etablierten Kalibrationskurve IntCal zeigt, dass insbesondere in bislang nur grob aufgelösten Zeitabschnitten signifikante Abweichungen auftreten können. Diese Ergebnisse unterstreichen das große Potenzial hochauflösender Daten, die Präzision radiokarbonatierter Chronologien zu steigern.

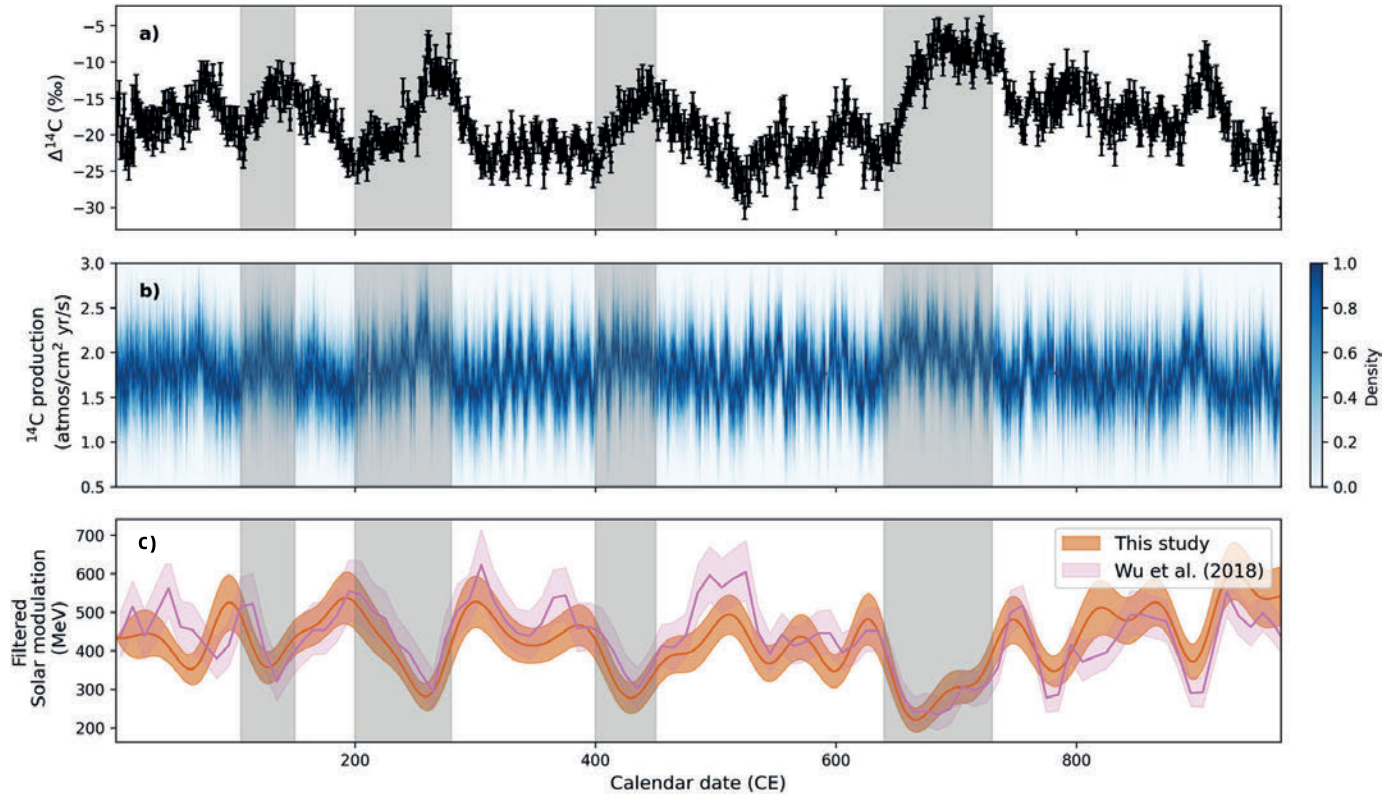
Darüber hinaus liefert der Datensatz neue Einblicke in das Verhalten der Sonne über historische Zeiträume hinweg. Es konnten mehrere Phasen deutlich reduzierter Sonnenaktivität identifiziert werden, sogenannte „Grand Solar Minima“ (GSM), die sich in Dauer und Intensität unterscheiden. Darüber hinaus lässt sich der 11-jährige Sonnenzyklus (Schwabe-Zyklus) in den Daten klar nachweisen, der während solcher

Schwächephasen charakteristische Veränderungen zeigt. Diese Beobachtungen tragen wesentlich dazu bei, die Dynamik des solaren Systems besser zu verstehen und langfristige Entwicklungen der Sonnenaktivität zu rekonstruieren.

Ein weiterer Schwerpunkt lag auf der Identifikation kurzfristiger Extremereignisse der Sonnenaktivität (so genannte Miyake-Events), die durch hochenergetische Teilchen aus der Sonne verursacht werden. Mithilfe neuer statistischer Analyseverfahren konnten mehrere mögliche Ereignisse im ersten Jahrtausend identifiziert werden. Solche Ereignisse sind von besonderer Relevanz, da vergleichbare Phänomene in der heutigen Zeit erhebliche Auswirkungen auf technische Infrastrukturen haben könnten. Die gewonnenen Daten leisten somit auch einen Beitrag zur besseren Einschätzung zukünftiger Risiken.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse eindrucksvoll, dass hochauflösende Radiokarbonaten ein leistungsfähiges Werkzeug darstellen, um zentrale Fragen an der Schnittstelle von Sonnenphysik, Klimaforschung und Archäologie zu adressieren.

- Erstellung eines jährlich aufgelösten Datensatzes für 1–970 CE (5 neue und 3 bestehenden Zeitreihen)
- Systematische Abweichungen gegenüber IntCal20 von bis zu  $\sim -2.2\%$  in Teilintervallen
- Nachweis von 4 solaren Minima (GSM) im Zeitraum 1–970 CE (Dauer: ca. 40–90 Jahre)
- Variabilität des 11-Jahres-Zyklus zwischen  $\sim 7.5$  und 16.5 Jahren
- Während GSM: signifikante Reduktion der Amplitude des 11-Jahreszyklus und temporäres Verschwinden des Signals
- 4 Kandidaten für Miyake-Ereignisse - 14, 553, 675 und 954 CE
- Methodische Innovationen bei der statistischen Analyse der Daten



Rekonstruktion der Sonnenaktivität bzw., der Sonnenmodulation auf Basis von  $^{14}\text{C}$ -Daten für den Zeitraum 1–970 n. Chr.; vier mögliche Phasen eines solaren Aktivitätsminimums (GSM) sind grau markiert (nach Wang et al, 2026). Eine hohe Sonnenaktivität zeigt sich durch eine hohe Modulation der kosmischen Strahlung und damit eine geringe  $^{14}\text{C}$  Produktion in der Erdatmosphäre.

a) Jährliche  $^{14}\text{C}$ -Daten für den Zeitraum 1–970 n. Chr. (ohne des Sonnenevents um 775 n. Chr.)

b) Berechnete  $^{14}\text{C}$ -Produktionsraten; die Farbskala zeigt die Wahrscheinlichkeit der jeweiligen Werte.

c) Über 50 Jahre geglättete Sonnenmodulation, im Vergleich zu der bisherigen Berechnungsmethode von Wu et al.

# Anspruchsvolle Messungen am CEZA

Der älteste Eisbohrkern der Alpen liefert Einblicke in 12.000 Jahre Klima- und Menschheitsgeschichte. CEZA war in der Lage, die anspruchsvollen Messungen mit einer Kombination verschiedener Datierungsmethoden durchzuführen.



Das Expeditionsteam von 1999 bei der Entnahme des Eiskerns vom Dome du Goûter am Ausläufer des Mont Blanc. Foto: LGGE/OSUG, Bruno Jourdain

Im Mont-Blanc-Massiv (Dôme du Goûter) wurde ein Eisbohrkern entdeckt, der bis in die letzte Eiszeit zurückreicht und damit den bislang ältesten bekannten Gletschereiskern aus den Alpen darstellt. Der rund 40 Meter lange Bohrkern liefert detaillierte Informationen über die chemische Zusammensetzung der Atmosphäre sowie über klimatische Bedingungen der vergangenen 12.000 Jahre.

Mithilfe der Radiokarbondatierung konnte nachgewiesen werden, dass in diesem Eiskern Aerosole wie Wüstenstaub, Meersalz, Vulkanasche und auch

anthropogene Schadstoffe bis zurück in die letzte Eiszeit konserviert sind. Dadurch stellt der Fund eine einzigartige Quelle für die Rekonstruktion früherer Umweltbedingungen und Klimaveränderungen in Europa dar.

Bemerkenswert ist zudem, dass das Eis trotz der Erwärmung im 20. Jahrhundert gut erhalten blieb, da es in einer Höhe von über 4.000 Metern lagert. Frühere Bohrungen in unmittelbarer Nähe enthielten hingegen lediglich wenige hundert Jahre altes Eis – ein überraschendes Ergebnis für die Forschenden.

## DIE ANALYSE DES BOHRKERNS ZEIGT

### UNTER ANDEREM:

- eine Abkühlung um etwa 3 °C während der letzten Eiszeit im Vergleich zur heutigen Warmzeit (Holozän),
- deutliche Schwankungen bei Staub-, Salz- und Phosphorablagerungen, die auf Veränderungen der Vegetation, der Windmuster sowie auf menschliche Aktivitäten hinweisen,
- einen etwa achtfach erhöhten Staubanteil während der Eiszeit, der bisherige Klimamodelle übertrifft und auf verstärkten Eintrag von Saharastaub hindeutet.

Zukünftig planen die Forschenden, die gewonnenen Daten weiter auszuwerten, um Zusammenhänge zwischen Umweltveränderungen und historischen



Der Mitautor der Studie, Nathan Chellman, bereitet sorgfältig Längsschnitte von Eiskernen für hochauflösende Messungen im Eiskernlabor des DRI vor (Foto: Jessi LeMay)

menschlichen Aktivitäten – etwa im Bergbau oder während der Industrialisierung – genauer zu untersuchen. Darüber hinaus sollen die Ergebnisse zur Verbesserung von Klimamodellen für Vergangenheit und Zukunft beitragen.

### **CEZA KOMBINIERT VERSCHIEDENE DATIERUNGSMETHODEN**

Das Alter des Bohrkerns wurde mithilfe einer Kombination verschiedener Datierungsmethoden bestimmt. Einerseits erfolgte die Datierung des in den Gasblasen eingeschlossenen Argons (insbesondere  $^{39}\text{Ar}$ ) durch eine neu entwickelte Methode der Laserkühlung (Atom Trap Trace Analysis). Andererseits wurden kleinste Mengen organischen Materials mittels Radiokarbondatierung analysiert und mit historisch bekannten Bleiemissionen (z. B. aus der Römerzeit) in Beziehung gesetzt.

Das CEZA ist gemeinsam mit seinen internationalen Partnern eines der wenigen Labore weltweit, das



Eine Eisprobe auf dem Schmelzgerät während der kontinuierlichen chemischen Analyse von Eiskernen im Labor (Foto: Sylvain Masclin)

über die technische Ausstattung und das notwendige Know-how verfügt, um derart anspruchsvolle Untersuchungen durchzuführen. Insbesondere stehen am CEZA modernste Geräte zur Verfügung, die es ermöglichen, organische Spurenstoffe in minimalen Mengen aus Eiskernen zu isolieren. Diese sind erforderlich, um das äußerst seltene Argon-Isotop präzise an Radiokarbon-Beschleunigern zu datieren.

Die spezifischen Anforderungen an diese Analysen sind außergewöhnlich hoch. Umso mehr freut es uns, dass wir unsere Expertise in diese bedeutende Untersuchung einbringen konnten.

# OSL Datierung an Schachtwänden des frühen Steinkohlebergbaus – eine Pilotstudie im Ruhrgebiet

Das CEZA erhielt die Gelegenheit, die Grenzen der Datierung mittels OSL (Optisch Stimulierte Lumineszenz) weiter auszuloten, als ein Kollege des LWL, Außenstelle Olpe, anfragte, ob sich eine Bergbau-Schachtwand mit dieser Methode datieren lasse, um den Zeitraum ihrer Nutzung zu bestimmen. Diese Fragestellung ist methodisch ebenso reizvoll wie anspruchsvoll, da bereits bei der Begehung Licht auf die Oberfläche fällt und das Signal verändert, sodass sie für die Datierung ungeeignet wird. Die Probenahme wird damit zu einem Balanceakt.

Trotz dieser Herausforderungen entschied man sich für einen Versuch. Zwei Schächte wurden ausgewählt, und unter möglichst lichtarmen Bedingungen wurden im Schacht bei Rotlicht die obersten 0,5 cm der Oberfläche beprobt. Der Entnahmeort der einen Probe (Schnitt 6, Pinge 29; MAL 10770) ist in Abbildung 1 (B) markiert: Zu erkennen ist ein verfallener Schacht, der durch eine verwitterte, oberflächennahe Steinkohlezone verläuft und ursprünglich bis in unverwitterte Schichten reichte. Aufgrund benachbarter Pingens, die auf oberflächennahe Suchaktivitäten hindeuten, vermuteten die Archäologen hier einen neuzeitlichen, möglicherweise vergleichsweise frühen Schacht des Ruhr-Steinkohlebergbaus. Die zweite Probe (Schnitt 12, Pinge 10; MAL 10769) wurde als moderner Schacht, vermutlich aus dem 19. Jahrhundert, eingeschätzt.

Im Labor erfolgte die Standardaufbereitung der Proben und ihre Messung mittels der Single-Aliquot-Regenerative (SAR)-Methode. Dabei werden mehrere hundert Sandkörner (ca. 200–400, vgl. Abbildung 2) auf kleine Scheibchen aufgebracht und im Messgerät analysiert. Zunächst wird das natürliche Lumineszenzsignal erfasst, anschließend wird jede Probe mit einer definierten Strahlungsdosis bestrahlt und erneut gemessen. Ziel ist es, die Strahlungsmenge zu bestimmen, die erforderlich ist, um das natürliche Signal zu reproduzieren. In Kombination mit der gemessenen Umgebungsradioaktivität lässt sich so das Alter der Probe berechnen.

Die mit Spannung erwarteten Ergebnisse waren überraschend: Für die erste Schachtwand ergab sich ein Alter von über 4000 Jahren, für die zweite

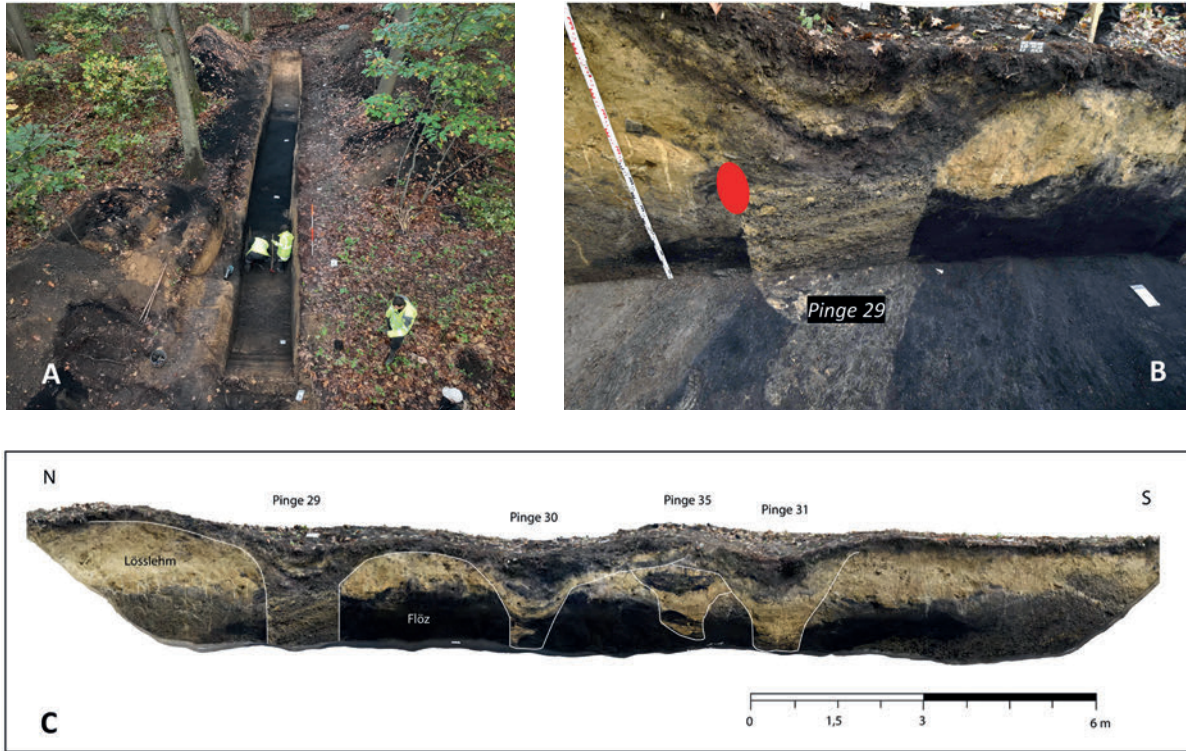


Abb 1: A) Schnitt 6 Außenansicht; B) Verfüllte Schachtwand des frühen Steinkohlebergbaus mit Markierung (rote Markierung) an der Stelle der Probenahme der Probe aus Schnitt 6 (MAL 10770). Foto Deutsches Bergbau-Museum Bochum/Jennifer Garner. C) schematische Aufzeichnung der Fundsituation (A und C mit freundlicher Genehmigung aus Garner, Kasielke & Zeiler, 2025)

ein Alter von knapp 1000 Jahren. Aus archäologischer Sicht ist das erste Ergebnis deutlich zu alt – erwartet wurde ein Alter jünger als das 18. Jahrhundert. Das zweite Ergebnis hingegen liegt näher an der erwarteten Zeitstellung, die vor dem 17. Jahrhundert angenommen wurde.

Durch eine Investition in das Lumineszenzlabor konnte das CEZA zusätzlich ein zweites Messgerät

(Risø TL/DA-20) mit Single-Grain-(SG)-Aufsatz erwerben. Diese Technik erlaubt die Analyse einzelner Sandkörner und eignet sich besonders für komplexe Proben wie Schachtwände. Hierbei werden Scheibchen mit 100 definierten Vertiefungen verwendet, in die einzelne Körner eingebracht werden (siehe Abb. 2). Ein Laser regt jedes Korn einzeln zur Lumineszenz an, während ein Photomultiplier das Signal misst. Die Bestrahlung erfolgt zunächst für



Abb 2: Vergleich Probenmengen Single Grain Scheibchen, SG (links), und Single Aliquot Regenerative, SAR (rechts) für die OSL Messung, hier am Beispiel von Quarzkörnern der Korngröße 100 – 200 µm

alle Körner gleichzeitig, anschließend werden sie einzeln ausgelesen. Diese Methode ist zeitaufwändiger und in der Auswertung anspruchsvoller, liefert aber detailliertere Einblicke. Allerdings ist sie nur sinnvoll, wenn bereits bei der SAR-Messung ausreichend starke Signale vorliegen. Zudem leuchtet nur ein Teil der Körner (oft weniger als 10–20 %), was die Datengrundlage weiter einschränkt.

Die SG-Messung der ersten Probe ergab ein Alter von etwa 70.000 Jahren – offensichtlich viel zu alt. Dies deutet darauf hin, dass womöglich nicht die beim Schachtbetrieb belichtete Oberfläche, sondern darunterliegendes, nicht „gebleichtes“ Material beprobt wurde. Gleichzeitig zeigt sich, dass SG-Alter durchaus höher ausfallen können als

SAR-Ergebnisse, möglicherweise weil letztere einen Mittelwert darstellen oder weil einzelne sehr alte Körner das SG-Ergebnis dominieren.

Für die zweite Probe hingegen erwies sich die SG-Messung als erfolgreich: Mit einem Alter von etwas über 300 Jahren (bei einer Unsicherheit von etwa  $\pm 100$  Jahren) liegt das Ergebnis im Bereich der archäologischen Erwartungen für das 17. Jahrhundert.

Insgesamt zeigt sich: OSL-Datierungen an Schachtwänden sind möglich, aber stark von den Bedingungen vor Ort abhängig. In der Zusammenschau von Messdaten und archäologischen Befunden lässt sich schließen, dass der jüngere Schacht vermutlich unmittelbar nach seiner Anlage ausgekleidet wurde. Dadurch blieb das Sediment lichtgeschützt, sodass die OSL-Datierung hier kein direkt archäologisch verwertbares Alter liefert, sondern eher Hinweise auf die Bauweise gibt. Im Gegensatz dazu war Schacht 6 (Pinge 29) offenbar zumindest zeitweise unverkleidet, sodass eine Datierung mittels OSL grundsätzlich möglich ist – auch wenn im vorliegenden Fall nicht die relevante Schicht erfasst wurde.

*Weiterführende Literatur:*

*Jennifer Garner, Till Kasielke & Manuel Zeiler (2025):  
Montanarchäologische Forschungen zum frühen  
Steinkohlenbergbau im Ruhrgebiet.  
Archäologie in Westfalen-Lippe 2025, S. 273-277.*



# Metals Make the World Go Round – Neue analytische Ansätze zur Rekonstruktion antiker Metallnetzwerke

Das CEZA-Projekt „Metals Make the World Go Round“, gefördert von der VolkswagenStiftung und durchgeführt in Kooperation mit der Hebrew University of Jerusalem, untersucht den Kupferhandel im Mittelmeerraum während der Bronze- und Eisenzeit. Im Zentrum steht die Entwicklung und Anwendung innovativer archäometrischer Methoden, mit denen Herkunft, Zirkulation und Nutzung von Metallen präziser bestimmt werden können.

Obwohl der Begriff „Globalisierung“ meist mit der Moderne assoziiert wird, existierten bereits im Mittelmeerraum der Spätbronze- und Eisenzeit weitreichende Austauschsysteme. Der Handel mit Metallen bildete eine zentrale Grundlage dieser frühen Vernetzungen und trug maßgeblich zur wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Entwicklung verschiedener Regionen bei, darunter die Südlevante und die nuragische Kultur Sardinens.



Antike Kupferminen im Timna-Tal, Israel. Bildquelle: © Erez Ben-Yosef

Ein zentrales Problem bei der Erforschung dieser Netzwerke ist die Bestimmung der Herkunft des verwendeten Metalls. Die Bleiisotopenanalyse ist hierfür seit Langem ein etabliertes und oft erfolgreiches Verfahren. Ihre Aussagekraft stößt jedoch an Grenzen, wenn Erzvorkommen verglichen werden, die in ähnlichen geologischen Zeiträumen entstanden sind – wie etwa Lagerstätten auf Sardinien und in der Südlevante. Diese Herausforderung zeigt sich exemplarisch an rund 100 brotlaibförmigen Kupferbarren, die vor der israelischen Karmelküste nahe Neve Yam entdeckt wurden. Bis heute ist umstritten, ob das darin verarbeitete Kupfer aus lokalen Vorkommen des Arabah-Tals stammt oder aus weiter entfernten Lagerstätten, etwa auf Sardinien.

Vor diesem Hintergrund hat das CEZA einen erweiterten methodischen Ansatz entwickelt, der archäologische Fragestellungen systematisch mit naturwissenschaftlichen Analyseverfahren verknüpft. Im Mittelpunkt steht die Kombination verschiedener



Foto der brotlaibförmigen Kupferbarren, die vor der Karmelküste Israels nahe Neve Yam gefunden wurden. Bildquelle: © Ehud Galili



Luftaufnahmen des nuragischen Heiligtums Santa Vittoria-Serri auf Sardinien. Bildquelle: © <https://catalogo.beniculturali.it>

Isotopenmethoden, darunter die Rhenium-Osmium-(Re-Os)-Isotopenanalyse sowie Kupfer- (Cu) und Blei- (Pb) Isotopenuntersuchungen, ergänzt durch Spurenelementanalysen.

Während die Re-Os-Isotopie bislang vor allem zur Untersuchung von Eisen eingesetzt wurde, zeigen die im Projekt erzielten Ergebnisse, dass sie auch für die Analyse antiken Kupfers erhebliches Potenzial besitzt. Dies hängt unter anderem mit metallurgischen Prozessen zusammen: Bei der Kupferverhüttung wurden teilweise eisenoxidreiche Zuschläge verwendet, die das isotopische Signal beeinflussen können. Solche Verfahren spielten insbesondere in der Kupferproduktion des Arabah-Tals eine wichtige Rolle.

Die Analysen des CEZA konnten darüber hinaus nachweisen, dass bestimmte sardische Kupferobjekte eine charakteristische, stark radiogene Osmium-Isotopensignatur aufweisen. Diese ermöglicht erstmals eine deutlichere Abgrenzung gegenüber Kupferquellen der

Südlevante. Durch die Kombination von Re-Os-, Cu- und Pb-Isotopendaten lassen sich Herkunftsbestimmungen weiter verfeinern und robuster absichern.

In Verbindung mit archäologischen Befunden eröffnet dieser Multi-Methoden-Ansatz neue Perspektiven für die Rekonstruktion antiker Austauschsysteme. Das Projekt leistet damit einen wesentlichen Beitrag zum Verständnis frühgeschichtlicher Vernetzungsprozesse und zeigt, wie metallbasierte Handelsstrukturen Gesellschaften über große Entfernungen hinweg miteinander verbanden.

#### **FAKTEN**

**Laufzeit:** 01.03.2025 bis 31.08.2026  
**Förderer:** VolkswagenStiftung  
**Partner:** Hebräische Universität  
(Jerusalem, Israel)

# Unter dem imperialen Hammer – Metallurgischer Wandel in der südlichen Levante und die Rolle des CEZA

Das von der Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderte Projekt „Under the Imperial Hammer – From Copper to Iron in Late Iron Age Philistia“ untersucht den Übergang von der Nutzung von Kupfer- und Bronzeverarbeitung hin zur Nutzung von Eisen in der südlichen Levante. Im Fokus steht die zweite Hälfte der Eisenzeit II (spätes 9. bis frühes 6. Jahrhundert v. Chr.), eine Epoche tiefgreifender politischer Umbrüche, die in der südlichen Levante durch die Expansion des neuassyrischen, ägyptischen und Neubabylonischen Reiches geprägt war.

Das Projekt ist als Forschungskoooperation der Technische Universität Darmstadt unter Leitung von Dr. Matasha Mazis angelegt und läuft von 2025 bis 2028. Das CEZA ist als analytischer Partner beteiligt und bringt seine Expertise in der archäometrischen Untersuchung metallurgischer Materialien ein.



Tel Hamid – Luftaufnahme der Rettungsgrabungen (1996).  
Mit Nano Banana (Google DeepMind) koloriertes Bild.  
Bildquelle: M. Mazis und A. Fantalkin

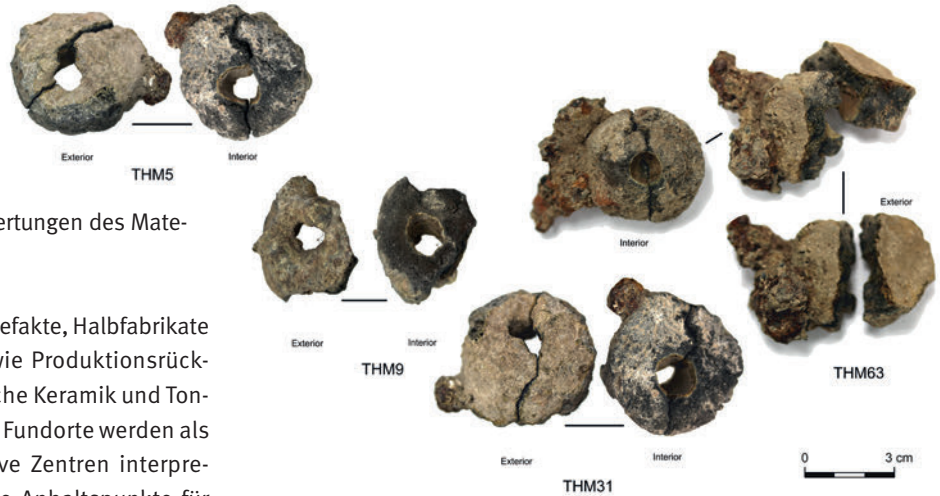
Ein besonderer regionaler Schwerpunkt liegt auf Philistia, das für die Fragestellung von zentraler Bedeutung ist. Archäologische Befunde belegen dort sowohl die zahlreichen Kupfer- und Eisenobjekte sowie Überreste der Eisenproduktion, ergänzt durch literarische Überlieferungen, die die Region mit früher Eisenverarbeitung in Verbindung bringen. Dennoch sind zentrale Fragen bislang ungeklärt: Wie fortgeschritten war die Eisenproduktion tatsächlich? Welche Rohstoffquellen wurden genutzt? Und welche wirtschaftliche Rolle spielte Eisen in dieser Transformationsphase?

Ziel des Projekts ist es daher, die Ursachen für die zunehmende Verbreitung von Eisen in der späten Eisenzeit zu klären. Während Kupfer und Bronze zuvor die dominierenden Materialien für Werkzeuge und Waffen waren, wurde Eisen zunächst nur selektiv eingesetzt, bevor es sich zunehmend im Alltag durchsetzte. Untersucht wird, ob dieser Wandel auf

technologische Innovationen, veränderte Rohstoffverfügbarkeit, politische bzw. imperiale Steuerung der Produktion oder auf kulturelle Neubewertungen des Materials zurückzuführen ist.

Die Analysen umfassen Eisenartefakte, Halbfabrikate (z. B. Luppen und Barren) sowie Produktionsrückstände wie Schlacken, technische Keramik und Tondüsen. Einige der untersuchten Fundorte werden als militärische oder administrative Zentren interpretiert und bieten daher wichtige Anhaltspunkte für die Rolle imperialer Machtstrukturen in der Organisation von Metallproduktion.

Das CEZA übernimmt innerhalb des Projekts eine zentrale Rolle in der materialanalytischen Untersuchung. Durch den Einsatz hochauflösender mikroskopischer und chemischer Verfahren werden Herstellungsprozesse rekonstruiert und technologische Entwicklungen nachvollzogen. Spurenelementanalysen mittels Laserablations-ICP-MS sowie Osmium-Isotopenanalysen ermöglichen zudem Rückschlüsse auf die Herkunft des verarbeiteten Eisens. Insbesondere die Osmium-Isotopie erweist sich als wertvoll, da sie auch bei stark korrodierten Objekten robuste Provenienzindikatoren liefert.



Auswahl von Düsen aus Tel Hamid. Bildquelle: M. Mazis

Auf diese Weise trägt das CEZA maßgeblich dazu bei, die Frage zu klären, ob Philistää lokale Eisenvorkommen nutzte, auf Importe angewiesen war oder beide Strategien kombinierte.

Die bisherigen Untersuchungen konzentrieren sich auf den Fundort Tel Hamid, der zwischen der israelischen Küstenebene und dem Hügelland der Schefela liegt. Dort wurden umfangreiche Rückstände der Eisenproduktion aus dem späten 9. bis 7. Jahrhundert v. Chr. nachgewiesen. Die Befunde belegen eine mehrstufige Produktion vor Ort. Erste chemische Analysen und Osmium-Isotopendaten verschiedener Schlackentypen und Halbfertigprodukte deuten darauf hin, dass an diesem Standort Eisen aus unterschiedlichen Quellen verarbeitet wurde.



Schlackenkuchen aus Tel Hamid mit eingeschlossenen Düsen (rote Pfeile).  
Bildquelle: Y. Pagelson

#### FAKTEN

Laufzeit: 2025 bis 2028

Förderer: DFG

Partnerin: Dr. Matasha Mazis, TU Darmstadt



# Datierung von Massivlehmhäusern in Mitteldeutschland mittels OSL und der Radiokarbonmethode ( $^{14}\text{C}$ )

Die Datierung von Gebäuden, insbesondere im Bereich des ländlichen, traditionellen Bauwesens, erfolgt in der Bauforschung konventionell über Dendrodatierungen an Bauholz, die eine präzise Altersbestimmung von konventionellen Bauten ermöglichen. Allerdings enthalten massive Lehmbauten keine tragenden Bauhölzer und Lehmwände selbst wurden bislang nicht datiert. Eine konsistente zeitliche Einordnung von historischen Bautechniken und Gebäudetypen im mitteldeutschen Massivlehmbau stellt daher noch immer ein Forschungsdesiderat dar. Erstmals wurde versucht, Lehmwände direkt mittels der Radiokarbonmethode ( $^{14}\text{C}$ -Datierung) und der Methode der optisch stimulierten Lumineszenz (OSL), zu datieren.

Die vorherrschende Wellerlehmbauweise enthält große Mengen an Stroh, welches sich bestens für die  $^{14}\text{C}$ -Datierung eignet. Da allerdings während der Hochphase des mitteldeutschen Lehmbaus (etwa ab 1650 n. Chr.), ein sogenanntes Plateau in der  $^{14}\text{C}$ -Kalibrierungskurve vorherrscht, sind deshalb mit dieser Methode nur sehr große Datierungsspannen zu erzielen, die für die Bauforschung unbefriedigend sind.

Die OSL-Datierung basiert auf der Eigenschaft mineralischer Bestandteile im Lehm, vor allem Quarz, gespeicherte „Energie“ aus natürlicher Strahlung zu akkumulieren. Diese Energie wird beim letzten Erhitzen oder bei Lichteinwirkung „zurückgesetzt“. Durch Messung der seitdem wieder aufgebauten Lumineszenz kann der Zeitpunkt bestimmt werden, zu dem das Material zuletzt dem Sonnenlicht ausgesetzt war, also typischerweise der Zeitpunkt der Verarbeitung des Lehms beim Hausbau. Durch entsprechende

Probenentnahme aus dem Wandkern kann der Bauzeitpunkt der Wand bestimmt werden. Allerdings ist es möglich, dass bei der Lehmaufbereitung nur eine unvollständige Belichtung der Minerale stattfindet und die Messunsicherheit dadurch deutlich erhöht wird.

In der Untersuchung von Wellerlehmwänden aus vielen verschiedenen Gebäuden wurden die Möglichkeiten und die Probleme der beiden Messmethoden herausgearbeitet. Trotz alledem konnten die Bauzeitpunkte von mehreren Bauwerken aufgrund der Kombination beider Methoden, präziser, teilweise auf bis zu 50 Jahre genau, bestimmt werden. Durch die OSL-Datierung konnten die Unsicherheiten der  $^{14}\text{C}$ -Methode reduziert werden. Außerdem konnten zusätzliche Einblicke in die oftmals komplexe Bauhistorie von Massivlehmgebäuden gewonnen werden. So können unterschiedliche Bauphasen der Wände ausgewiesen werden und Auskunft über Erneuerungen oder der Wiederverwendung von Lehm gegeben werden.

# Probensammlung zur Kartierung von Strontiumisotopenverhältnissen in Pflanzensprossen aus Sachsen-Anhalt

Im Rahmen laufender Forschungen zur Mobilität vergangener Bevölkerungen spielt die Strontiumisotopenanalyse ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) eine zentrale Rolle. Mit ihrer Hilfe lässt sich untersuchen, ob eine Person in der Region aufwuchs, wo sie später beigesetzt wurde. Voraussetzung für die Interpretation der Ergebnisse sind jedoch verlässliche Vergleichswerte aus der jeweiligen Landschaft und von der lokalen Geologie. Genau hier setzte unsere einwöchige Beprobungstour an.

Vom 30. Juni bis 4. Juli 2025 sammelte ein Team aus Mitarbeitenden des CEZA und des Landesamtes für Denkmalpflege und Archäologie Sachsen-Anhalt rezente Pflanzensprossen an Standorten auf verschiedenen geologischen Einheiten. Ziel war es, die Isotopenzusammensetzung des bioverfügbaren Strontiums im Umfeld ausgewählter archäologischer Fundorte zu erfassen und damit die Grundlage für eine künftige Strontiumisotopenkarte (Isoscape) für Sachsen-Anhalt zu legen.

## METHODIK DER GELÄNDEEXKURSION

Die Probenahme konzentrierte sich auf mehrere Regionen mit unterschiedlicher geologischer Prägung. Dazu gehörten die Goldene Aue am Südwestrand des Harzes und im Umfeld des Kyffhäusers, die Flusslandschaften an der mittleren Elbe und im Elbe-Havel-Winkel sowie Teile des nördlichen Harzvorlandes.



Abb. 1 (oben): Corina Knipper und Martin Riesenberg während der Beprobung im Gelände. Foto: CEZA.  
Abb. 2 (unten): Jana Eger bei der fotografischen Dokumentation von bodennaher Vegetation. Foto: CEZA.

Die zu beprobenden Standorte wurden im Vorfeld mit Hilfe eines geografischen Informationssystems ausgewählt. Dieses enthielt geologische und topografische Karten in verschiedenen Auflösungen sowie Satellitenbilder. Auf großflächig vorkommenden geologischen Einheiten aus unterschiedlichen Erdzeitaltern und mit verschiedenen Gesteinsarten wurden vorrangig bewaldete Areale ausgesucht und gut durch Wege erschlossene Lokalitäten zur Beprobung identifiziert. Dies minimierte die Wahrscheinlichkeit von Verfälschungen durch moderne Einflüsse, wie etwa Mineraldünger in der Landwirtschaft. Gleichzeitig sicherte diese Vorgehensweise eine effiziente Erreichbarkeit mit dem PKW und zu Fuß. An allen Standorten wurden sowohl bodenferne Vegetation (Baumblätter) als auch bodennahe Proben (Gräser und Kräuter) entnommen (Abb. 1 und 2). Ergänzend wurden an einigen Stellen Proben von offensichtlich anthropogen beeinflussten Standorten gesammelt, z.B. von landwirtschaftlich genutzten Flächen, um die Effekte moderner Düngung abschätzen zu können.

### **PROBENUMFANG UND LOGISTIK**

Insgesamt wurden während der fünftägigen Kampagne 179 Proben zusammengetragen. Alle Standorte sind mittels GPS, Fotos und einer Beschreibung der Gegebenheiten vor Ort dokumentiert. Die Proben wurden zunächst am Einsatzort gekühlt gelagert und zeitnah zur weiteren Bearbeitung an das CEZA nach Mannheim überführt. Dort trockneten die Pflanzproben in Aluminiumschalen an der Luft (Abb. 3). Anschließend wurden sie verpackt und für die Analyse vorbereitet.

### **PILOTSTUDIE UND ZUKÜNFTIGE PERSPEKTIVEN**

Für Analysen im Rahmen einer Pilotstudie wurden zunächst Proben aus dem Kyffhäuser und dem Harz ausgewählt. Hier besteht sowohl eine besonders hohe geologische Variabilität als auch ein direkter Bezug zu einem frühmittelalterlichen Gräberfeld. Geologische Formationen wie Aue-Horizonte, Löss, Buntsandstein, Zechstein sowie magmatische und metamorphe Gesteine des Grundgebirges treffen auf engem Raum zusammen. Eine überschaubare Anzahl von Proben der geologischen Haupteinheiten zeigt bereits eine beachtliche Spannweite von Isotopenverhältnissen. Darauf kann die Auswahl weiterer Standorte aufbauen, um das bioverfügbare Strontium der Einheiten zu charakterisieren und letztendlich Isotopenkarten zu erstellen. Geplant ist, die Datengrundlage sukzessive zu erweitern, um die Kenntnisse über die geologischen Einheiten zwischen den beprobten Ausgrabungsstellen zu vergrößern. Damit wird es möglich, die Interpretation der archäologischen und potentiell auch forensischen Strontiumisotopendaten auf eine noch verlässlichere Basis zu stellen.



Abb. 3: Lufttrocknung der gesammelten Pflanzproben in Aluminiumschalen im Labor. Foto: CEZA.

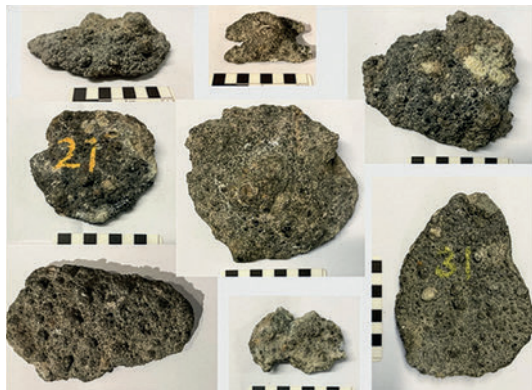
# CEZA weiterhin führend in der Zinnforschung

Seit mehreren Jahrzehnten erforscht CEZA die Herkunft des Zinns in der Bronzezeit – und damit eine der drängendsten Fragen der prähistorischen Archäologie: Woher kam das Zinn der Bronzezeit? Einer der Wegbereiter dieser Forschung ist Ernst Pernicka, Gründungsdirektor des CEZA, langjähriger Arbeitsgruppenleiter am Max-Planck-Institut für Kernphysik in Heidelberg und Professor im ersten Studiengang für Archäometrie an der TU Bergakademie Freiberg. Mit seinen Forschungen in verschiedenen Regionen der Alten Welt hat er entscheidend dazu beigetragen, die Zinnfrage zu beantworten. Einen wichtigen Meilenstein stellte das ERC-geförderte und von ihm geleitete Projekt „BronzeAgeTin“ dar. In diesem Projekt wurde die Zinnisotopenmethode zur Eingrenzung der Herkunft von Zinn weiterentwickelt und erprobt.

Einen ebenso maßgeblichen Beitrag zur Zinnforschung leistet Daniel Berger, der sich seit rund 20 Jahren mit Zinn, seiner Geschichte, seiner Herkunft und seiner Verarbeitung beschäftigt. Bereits 2023 veröffentlichte er gemeinsam mit Ernst Pernicka mehrere Artikel zu zentralasiatischem Zinn. Darin

gelang es erstmals, das Zinn in Bronzeobjekten mit einer Zinnlagerstätte im tadschikischen Hochgebirge in Verbindung zu bringen. Ein Durchbruch.

Die Forschungen werden seither konsequent fortgesetzt. Aktuell ist CEZA an zwei internationalen Projekten beteiligt: das Project Ancient Tin unter der Leitung von Benjamin Roberts von der Durham University untersucht die Frage, ob Großbritannien mit seinen umfangreichen Zinnlagerstätten in der Bronzezeit tatsächlich weite Teile Europas mit dem begehrten Rohstoff versorgte. Das Projekt knüpft an einen CEZA-Artikel aus dem Jahr 2019 an, in dem



Zinnbarren aus einem Schiffswrack vor der Küste Devons, Großbritannien. Der genaue Fundort ist Salcombe Bay. Die Fundstücke wurden im Rahmen des Project Ancient Tin analysiert (Bildquelle A. Williams).

mithilfe eines Multiparameteransatzes aus Zinnisotopie, Bleisotopie und Spurenelementanalysen die Herkunft des Zinns in Zinnbarren vor der israelischen Küste aus britischen Lagerstätten plausibel gemacht werden konnte. Durch weiterführende Analysen an Artefakten und Zinnerzen aus Großbritannien und ganz Europa, die in Mannheim und England durchgeführt wurden, ließ sich die 2019 formulierte Hypothese deutlich untermauern. Britisches Zinn wurde offenbar in weite Teile Europas gehandelt und gelangte in der späten Bronzezeit bis in den östlichen Mittelmeerraum.

Doch auch näher gelegene Zinnvorkommen scheinen in der Bronzezeit eine wichtige Rolle gespielt zu haben, allen voran das Erzgebirge. In Mitteleuropa



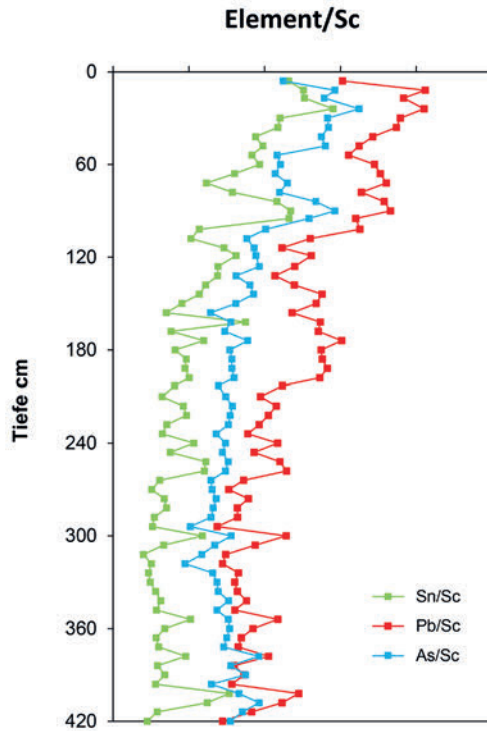
verfügt das Erzgebirge über die größten Zinnreserven, und lange wurde darüber spekuliert, ob erzgebirgisches Zinn bereits in der Bronzezeit genutzt wurde. Für das Mittelalter und die Neuzeit gibt es historische Quellen, die an der Bedeutung des Erzgebirges als Rohstofflieferant keinen Zweifel lassen. Für die Bronzezeit fehlen solche

Torfkern aus einem Moor bei Schellerhau im östlichen Erzgebirge. Das Moor befindet sich nahe einer bronzezeitlichen Zinnabbaugrube und wurde im Rahmen des Archäo-Tin-Projekts nach scheibenweiser Beprobung analysiert (Foto: T. Kappelmeyer)



Voranalyse von Torfproben mittels EDRFA an der CEZA (Foto: T. Schwerdt).

Quellen jedoch. Hier können nur archäologische Methoden und naturwissenschaftliche Analysen Licht ins Dunkel bringen. Hier setzt das Projekt ArchäoTin unter der Leitung von Christiane Hemker vom Landesamt für Archäologie Sachsen an: Ab wann lässt sich Zinnbergbau im Erzgebirge nachweisen? Dieser Frage wird aus verschiedenen Perspektiven nachgegangen – historisch, archäologisch, geophysikalisch, geomorphologisch, archäobotanisch und geochemisch, also kurz gesagt transdisziplinär. Die geochemischen Analysen und ihre Interpretation sind dabei Aufgabe des CEZA. An Torfbohrkernen aus Mooren in der Nähe von Zinnlagerstätten wird schichtweise die chemische Zusammensetzung der Torfjagen untersucht, um Schwankungen im Zinngehalt nachzuweisen. Denn erhöhte Zinnkonzentrationen gelten als wichtiger Hinweis auf Zinnbergbau und Zinnverhüttung, ebenso wie erhöhte Blei- und Kupferkonzentrationen für Blei- und Kupferbergbau sowie deren Verarbeitung



Tiefenprofile der Zinn-, Arsen- und Bleikonzentrationen (logarithmisch aufgetragen) in einem der untersuchten Torfkerne. Man erkennt deutliche Unterschiede, die auf Zinnbergbau zurückgeführt werden können (Diagramm: D. Berger).

sprechen. In Kombination mit  $^{14}\text{C}$ -Analysen und archäobotanischen Kennwerten lassen sich daraus aussagekräftige Tiefenprofile erstellen, die die Geschichte des Erzgebirges nachzeichnen. Erste Ergebnisse sind vielversprechend. Sie ergänzen und bestätigen die archäologischen Grabungen, die deutliche Hinweise auf bronzezeitlichen Zinnbergbau erbracht haben.

Auch am anderen Ende der Welt wurde Zinn von prähistorischen Gesellschaften genutzt. Besonders eindrucksvoll ist in diesem Zusammenhang der bronze- und eisenzeitliche Fundort Metsamor im heutigen Armenien. Zu der Siedlung gehörte auch ein Friedhof

mit zahlreichen Hügelgräbern, sogenannten Kurganen. Diese Kurgane enthielten unter den Grabbeigaben auch Zinnobjekte, meist in Form von Perlen, Knöpfen und kleinen Anhängern. Die Besonderheit liegt jedoch nicht in den Objektformen, sondern vielmehr in ihrer schier unerschöpflichen Anzahl. Aus dem Gräberfeld sind inzwischen mehr als 1000 Zinnobjekte bekannt – mehr als von jedem anderen Ort der Welt aus dieser Zeit. Zum Vergleich: Aus ganz Europa sind aus der Bronzezeit nur wenige hundert Zinnobjekte bekannt. Gerade dieser Befund macht Metsamor so bedeutsam, vor allem im Hinblick auf Zinnherkunft und Zinnhandel. Denn je mehr Objekte zur Verfügung stehen, desto genauer lassen sich diese Fragen untersuchen. Genau damit befasst sich das neue Projekt „Herkunft des Zinns aus dem Gräberfeld von Metsamor, Armenien, und der



Eine Auswahl von Zinnobjekten (alleamt Knöpfe) aus dem Gräberfeld von Metsamor, die im Rahmen des Projektes analysiert werden (Foto: H. Simonyan).



Blick auf die auf einer kleinen Erhöhung gelegene Siedlung von Metsamor und das nahegelegene Gräberfeld (rote Ellipse) (Foto: H. Simonyan).

spätbronzezeitlich-früheisenzeitliche Zinnhandel im südlichen Kaukasus“ von Daniel Berger am CEZA, gefördert von der Fritz-Thyssen-Stiftung. In diesem Projekt sollen alle Zinnfunde aus Metsamor mittels portabler Röntgenfluoreszenzanalyse untersucht werden. Ziel ist es einerseits, einen Überblick über die verwendeten Zinnlegierungen zu gewinnen, und andererseits Objekte zu identifizieren, die außer Zinn keine weiteren Legierungsbestandteile enthalten. Nur solche reinen Zinnobjekte, die frei von störenden Fremdelementen sind, eignen sich für

Herkunftsanalysen. Entsprechende Funde werden beprobt und in Mannheim mit dem bereits erwähnten Multiparameteransatz aus Zinnisotopie, Bleiisotopie und Spurenelementanalysen untersucht. Am Ende steht – so die Hoffnung – nicht nur eine umfassende Datengrundlage zum Zinn von Metsamor, sondern auch die Erkenntnis, woher das armenische Zinn stammt und warum gerade in Armenien, das selbst keine Zinnvorkommen besitzt, so viel Zinn in archäologischen Kontexten auftaucht.

*Dazu die preisgekrönte Publikation:*  
*Williams, A.R., Montesanto, M., Badreshany, K., Berger, D., Jones, A.M., Aragón, E., Brüggemann, G., Ponting, M., Roberts, B.W., 2025. From Land's End to the Levant: Did Britain's tin sources transform the Bronze Age in Europe and the Mediterranean?*

*Antiquity 1–19*



# Zyprisches Kupfer in Mitteleuropa – neue Hinweise auf bronzezeitlichen Fernhandel

Die Bronzezeit war eine Epoche weitreichender Austausch- und Handelsbeziehungen. Rohstoffe wie Kupfer und Zinn, und sogar fertige Metallobjekte, zirkulierten über große Distanzen und verbanden Regionen, die archäologisch oft nur indirekt miteinander in Beziehung treten. Neue archäometrische Untersuchungen der CEZA zusammen mit Kollegen des Archäologischen Dienstes Aargau, Schweiz, an Funden aus Möriken-Wildegg im Kanton Aargau zeigen nun, dass solche Netzwerke um 1400 v. Chr. möglicherweise weiter reichten und komplexer organisiert waren, als bislang angenommen.

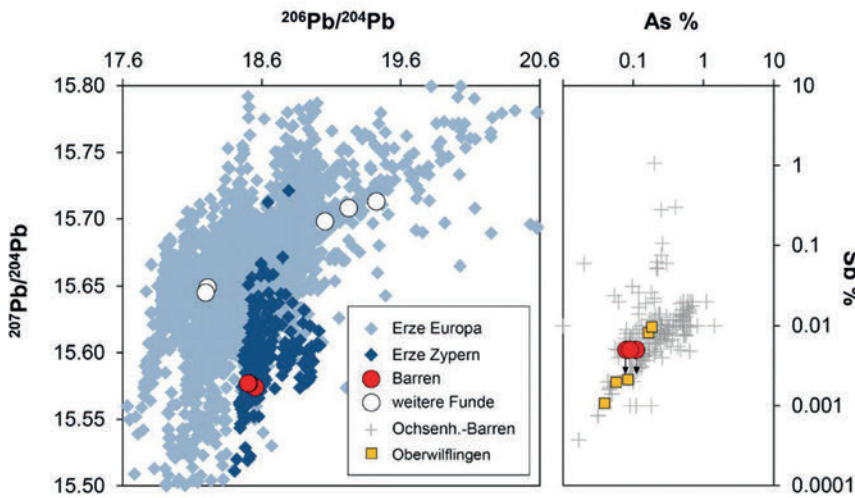
Ausgangspunkt der Studie sind Rettungsgrabungen, die 2021 und 2022 durch den Archäologischen Dienst des Kantons Aargau durchgeführt wurden. Dabei kamen eine mittelbronzezeitliche Siedlung sowie ein bemerkenswertes Metallfundensemble zutage. Von besonderer Bedeutung sind nicht nur Fertigprodukte, sondern auch Rohmaterialien: Fragmente von Kupferbarren oder Gusskuchen, die Einblick in Versorgung, Verarbeitung und Umlauf von Metall erlauben. Gerade solche Stücke sind für Herkunftsfragen besonders aussagekräftig, weil sie weniger stark durch Legierung, Mischung und Recycling überprägt sind als viele Bronzeobjekte.

Für die archäometallurgische Untersuchung wurden sieben Fragmente von Kupferbarren oder Gusskuchen sowie ein Fragment einer bronzenen Sichel ausgewählt. Am CEZA wurden daran chemische Analysen sowie Blei- und Kupferisotopenuntersuchungen durchgeführt. Die Ergebnisse belegen ein heterogenes Rohmaterialspektrum. Einige Funde lassen sich mit bekannten bronzezeitlichen Kupferliefergebieten in den Alpen in Verbindung bringen, darunter das

Mitterbergrevier im Salzburger Land sowie Lagerstätten in Südtirol, Trentino und Venetien. Überraschend ist jedoch, dass mehrere Rohmaterialstücke Signaturen zeigen, die gut zu Kupfervorkommen auf Zypern, insbesondere zum Bergbaugebiet von Apliki, passen.

Dieser Befund ist von großer Tragweite. Zyprisches Kupfer dominierte im östlichen Mittelmeerraum zwischen dem 15. Jahrhundert und etwa 1000 v. Chr. den Handel in Form sogenannter Ochsenhautbarren. Die Möriker Rohmaterialstücke erinnern in Textur und Morphologie an solche Barren; zudem weisen sie in ihrer Kupferisotopensignatur auffällige Gemeinsamkeiten mit sehr frühen Ochsenhautbarren von Kreta auf. Nördlich der Alpen war zyprisches Kupfer bislang nur äußerst selten sicher nachgewiesen. Der Fund von Möriken-Wildegg erweitert





Bleiisotopenverhältnisse sowie Arsen- (As) und Antimongehalte (Sb) der untersuchten Barrenproben verglichen mit Kupfererzen aus Zypern sowie anderen Barren aus zyprischem Kupfer (inkl. Funden aus Oberwilflingen, Deutschland). Die Übereinstimmung der Barrenfragmente aus Möriken (rote Kreise) mit dem Vergleichsmaterial ist auffällig (Diagramme: D. Berger).



daher die Perspektive auf den bronzezeitlichen Kupferfernhandel erheblich.

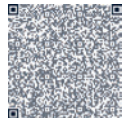
Besonders bemerkenswert ist der Fundkontext. Die Objekte stammen nicht aus einem Depot oder einem Grab, sondern aus einer ländlichen Siedlung. Ihre offenbar wenig sorgfältige Entsorgung (oder ihr Verlust) könnte darauf hindeuten, dass

importiertes Kupfer aus dem Mittelmeerraum in Mitteleuropa nicht als außergewöhnliche Prestige- oder Sonderware angesehen wurde, sondern um 1400 v. Chr. möglicherweise so häufig verfügbar war, dass man es eher gewöhnlich erachtete. Die bisherige Fundlage ließ so etwas nicht vermuten. Die wachsende Zahl vergleichbarer Hinweise aus Südosteuropa unterstützt die Vorstellung, dass diese Region als wichtige Vermittlungszone zwischen Mittelmeerraum und Mitteleuropa fungierte.



Metallfunde aus der mittelbronzezeitlichen Siedlung von Möriken-Wildegg (ca. 1500–1300 v. Chr.), inklusive einer Reihe von Kupferbarrenfragmenten (oben rechts und links). Sieben davon wurden zusammen mit dem Sichelfragment (Mitte oben) analysiert (Foto: B. Höpfer)

*Die Ergebnisse der Studie sind 2025 in der Zeitschrift Antiquity erschienen:  
Höpfer, B., Berger, D., Maise, C., Flück, M., Doppler, T., 2025.  
Cypriot copper in the Swiss 'Hinterland'? New evidence for long-distance copper trade around 1400 BC from Möriken-Wildegg.  
Antiquity 99, 1550–1568.*



# Frühe Kupfermetallurgie auf der arabischen Halbinsel

Seit 2025 ist das CEZA an mehreren kleineren Projekten zur Kupfermetallurgie auf der Arabischen Halbinsel beteiligt. Diese Region, insbesondere der Südosten mit Oman und den Vereinigten Arabischen Emiraten, war im 3. und frühen 2. Jahrtausend v. Chr. aufgrund reicher Rohstoffvorkommen im Hadschar-Gebirge ein bedeutender Produzent von Kupfer, dem sogenannten „Kupferland Makan“. Zugleich waren vor allem die Küstenregionen der Vereinigten Arabischen Emirate wichtige Handelsstützpunkte und Warenumserschlagplätze.

Ein solcher Ort war die kleine Insel Umm an-Nar, auf der im 3. Jahrtausend v. Chr. eine Siedlung der Umm-an-Nar-Kultur mit zugehörigem Gräberfeld bestand. Die Fundobjekte zeigen, dass die Siedlung intensive Kontakte nach Mesopotamien, in den Iran und bis in das Indusgebiet unterhielt. Importierte oder durch externe Kontakte beeinflusste Metallobjekte belegen zudem, dass es sich um eine wohlhabende Gemeinschaft gehandelt haben muss. Gleichzeitig wurde in der Siedlung auch Metall verarbeitet, wie Kupferbarren, Gießformen und zahlreiche Verarbeitungsreste erkennen lassen. Da bislang keine Schlacken gefunden wurden, ist davon auszugehen, dass dort kein Kupfer verhüttet, sondern bereits gewonnenes Kupfer weiterverarbeitet wurde.

Am CEZA wurden chemische und isotopische Analysen an einem Konvolut von Metallobjekten durchgeführt. Ziel war es vor allem, Art und Funktion der Objekte sowie die Herkunft des verwendeten Kupfers besser zu verstehen. Dabei traten unerwartete Ergebnisse zutage. Neben einer Reihe von Kupferkügelchen und Kupferverarbeitungsresten aus

weitgehend reinem Kupfer gibt es auch Verarbeitungsreste, die sich durch hohe Arsen- und Nickelgehalte auszeichnen. Bereits früher wurde erkannt, dass auf der Arabischen Halbinsel im 3. und 2. Jahrtausend v. Chr. offenbar zwei große Metallgruppen verbreitet waren: reines Kupfer sowie Kupfer mit Nickel und Arsen. Diese Zusammensetzung geht vermutlich auf eine gezielte Auswahl bestimmter Rohstoffe zurück. Dieser Befund scheint sich auch im Fall von Umm an-Nar zu bestätigen. Im 2. Jahrtausend v. Chr. wurden aus diesen Metallsorten zunehmend auch Zinnbronzen hergestellt.

Überraschend ist dagegen der Nachweis von Kupfer-Zinklegierungen, gemeinhin als Messing bezeichnet. Zwar wurden in Umm an-Nar und im nicht weit entfernten Tell Abraq bereits früher vereinzelt Metallobjekte mit Zinkgehalten im Prozentbereich gefunden, die nun nachgewiesenen sehr hohen Zinkkonzentrationen von über 20 % sind jedoch ungewöhnlich und außergewöhnlich. Messing wurde regelhaft erst ab römischer Zeit hergestellt und



Einige in der Siedlung auf Umm an-Nar gefundene Metallobjekte (2700–2000 v. Chr.). Die beiden unscheinbaren Objekte links, bei denen es sich um einfachen Metallblechstreifen handelt, bestehen aus Messing. Fotos: CEZA

tritt davor nur gelegentlich in archäologischen Kontexten auf. Meist handelt es sich dabei um Kupfer mit einigen Prozent Zink, bei dem unklar bleibt, ob die Legierung absichtlich oder zufällig entstanden ist. Bei den nun gefundenen Kupfer-Zinklegierungen muss jedoch eine bewusste Herstellung angenommen werden, da sich Messing allein durch seine hellgelbe Farbe deutlich von Kupfer unterscheidet.

Die genauen Hintergründe der Entstehung dieser Legierungen sind bislang weitgehend unklar. Bleiisotopenanalysen deuten jedoch darauf hin, dass das Metall nicht aus Erzen der Arabischen Halbinsel,

also auch nicht aus Oman, stammen kann. Vielmehr weisen die Daten auf eine Herkunft aus dem Iran hin. Die Forschungen dazu werden fortgeführt. Eine Publikation der Ergebnisse in einer renommierten Fachzeitschrift ist für 2026 geplant.

Auch in der Eisenzeit wurde auf dem Gebiet der Vereinigten Arabischen Emirate Kupfer in großem Umfang produziert; zugleich gewann Eisen zunehmend an Bedeutung. Zwei weitere Fundplätze, Hili 14 und Saruq al-Hadid, stehen derzeit im Mittelpunkt laufender Forschungen am CEZA in Zusammenarbeit mit Kooperationspartnern vor Ort. Erste Ergebnisse werden im Laufe des Jahres 2026 erwartet.

# Das Sögel-Projekt geht zu Ende

Seit 2022 lief das DFG-geförderte und von Daniel Berger geleitete Projekt „Herkunft, Entwicklung und Technologie der bronzezeitlichen Klingen des Sögel-Wohlde-Kreises“ (kurz: Sögel-Projekt). Mitte 2025 war offizieller Projektschluss. Zentraler Untersuchungsgegenstand waren die Dolch- und Schwertklingen der Sögel-Wohlde-Gruppe der frühen Nordischen Bronzezeit sowie typologisch verwandte Objekte aus angrenzenden Regionen Mitteleuropas. Ziel war es, Herkunft, Herstellungstechnologie, Rohstoffversorgung und chronologische Stellung dieser Klingen mit einem interdisziplinären archäologisch-archäometrischen Ansatz neu zu bewerten.

Umgesetzt wurde das mit einem umfangreichen Multi-parameteransatz, der an der CEZA etabliert und mittlerweile auch für andere Sachverhalte in der Archäometallurgie angewendet wird. Neben der typologischen und technologischen Untersuchung der Objekte wurden chemische Analysen mittels energiedispersiver Röntgenfluoreszenzanalyse sowie Blei-, Kupfer- und Zinnisotopenanalysen mittels MC-ICP-MS durchgeführt. Ergänzend wurden organische Materialien aus ausgewählten Grabkontexten radiokarbondatiert. Insgesamt konnten knapp 150 Klingen und zahlreiche Beifunde aus deutschen und mitteleuropäischen Museen doku-

mentiert und beprobt werden. Damit entstand ein außergewöhnlich umfangreicher Proben- und Datensatz zu einer bislang nur unzureichend naturwissenschaftlich charakterisierten Objektgruppe der Frühbronzezeit.

Ein wesentliches Ergebnis betrifft die Chronologie der Sögel-Wohlde-Gruppe. Die im Projekt gewonnenen Radiokarbondaten belegen erstmals auf absolutchronologischer Grundlage, dass die Gruppe und ihre metallischen Hinterlassenschaften in den Zeitraum zwischen etwa 1600 und 1500 v. Chr. zu stellen sind. Damit werden bisherige relativchronologische Einordnungen bestätigt. Zugleich zeigen die Daten, dass die unterschiedlichen Klingentypen wohl weitgehend zeitgleich existierten und nicht, wie früher teilweise angenommen, eine klare zeitliche Abfolge zwischen den Typen Sögel und Wohlde bestand.



Eine Dolch- und eine Schwertklinge sowie eine Lochhalsnadel aus einem Grabhügel bei Baven in Niedersachsen. Die Funde wurde archäometrisch untersucht und das Grab anhand mehrerer organischer Proben radiokarbondatiert. Durch die zwei Klingen hat der Fundkomplex chronologisch große Relevanz (Foto: B. Cornelis).

Die archäometallurgischen Untersuchungen lieferten neue Erkenntnisse zur Rohstoffversorgung. Für einen großen Teil der Klingen lässt sich Kupfer aus dem Mitterberggebiet in den Ostalpen nachweisen; daneben spielte Kupfer aus der Slowakei eine wichtige Rolle. Kupfer von den Britischen Inseln, insbesondere aus Great Orme in Wales, ist dagegen innerhalb der Sögel-Wohlde-Gruppe nur in geringem Umfang vertreten. Damit unterscheidet sich diese Gruppe deutlich von anderen Bereichen der Nordischen Bronzezeit, in denen britisches Kupfer eine wesentlich stärkere Rolle spielte. Die Ergebnisse deuten somit auf differenzierte Rohstoffnetzwerke und unterschiedliche kulturelle bzw. wirtschaftliche Orientierungen innerhalb der frühen Nordischen Bronzezeit hin.

Auch die Zinnisotopendaten sind von besonderer Bedeutung. Sie zeigen eine auffallend geringe Streuung, was auf eine relativ stabile Versorgung mit Zinn aus einer bestimmten Lagerstätte oder Lagerstättenregion hinweist. Die genaue Herkunft des Zinns bleibt zwar aufgrund überlappender Isotopensignaturen verschiedener europäischer Zinnregionen weiterhin schwer zu bestimmen, doch liefern die Daten wichtige Anhaltspunkte für zukünftige Provenienzstudien.

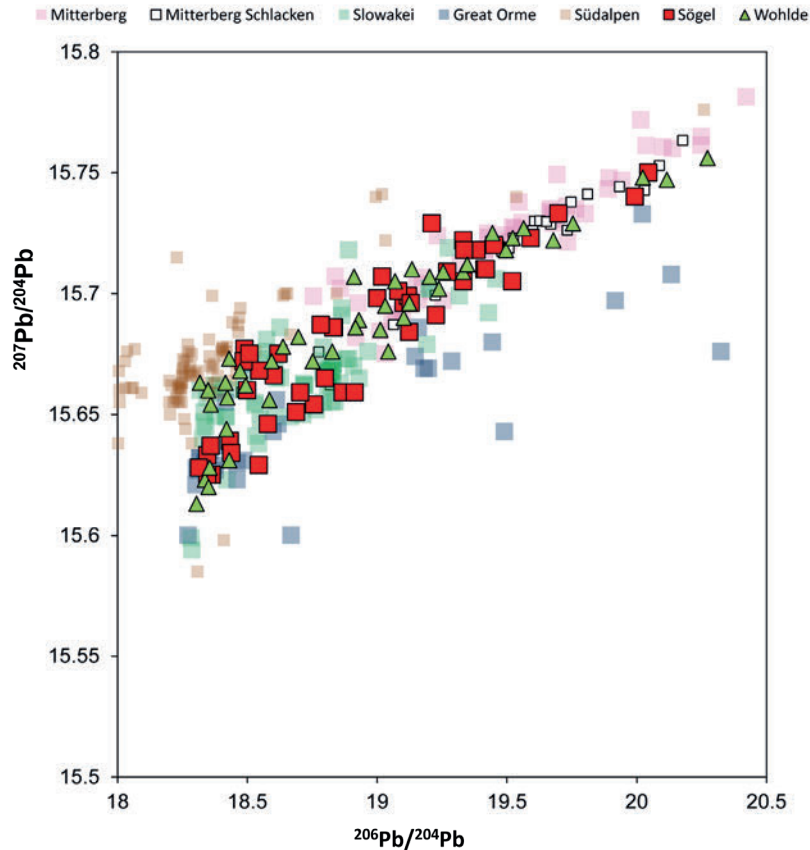
Darüber hinaus erlaubten Herstellungs- und Nutzungsspuren Rückschlüsse auf handwerkliche Traditionen. Die Klingen zeigen individuelle Ausprägungen in Form und Verzierung, zugleich aber wiederkehrende technologische Muster. Besonders bei Wohldeklingen lassen sich enge Bezüge zu



Bart Cornelis beim Beprobieren einer Schwertklinge mit einer kleinen Standbohrmaschine, die an der CEZA standardmäßig zum Einsatz kommt.

süddeutschen und mitteleuropäischen Vergleichsfunden erkennen. Zusammen mit den chemischen und isotopischen Daten sprechen diese Beobachtungen für überregionale Kontakte, gemeinsame technologische Traditionen und möglicherweise spezialisierte Werkstattzusammenhänge.

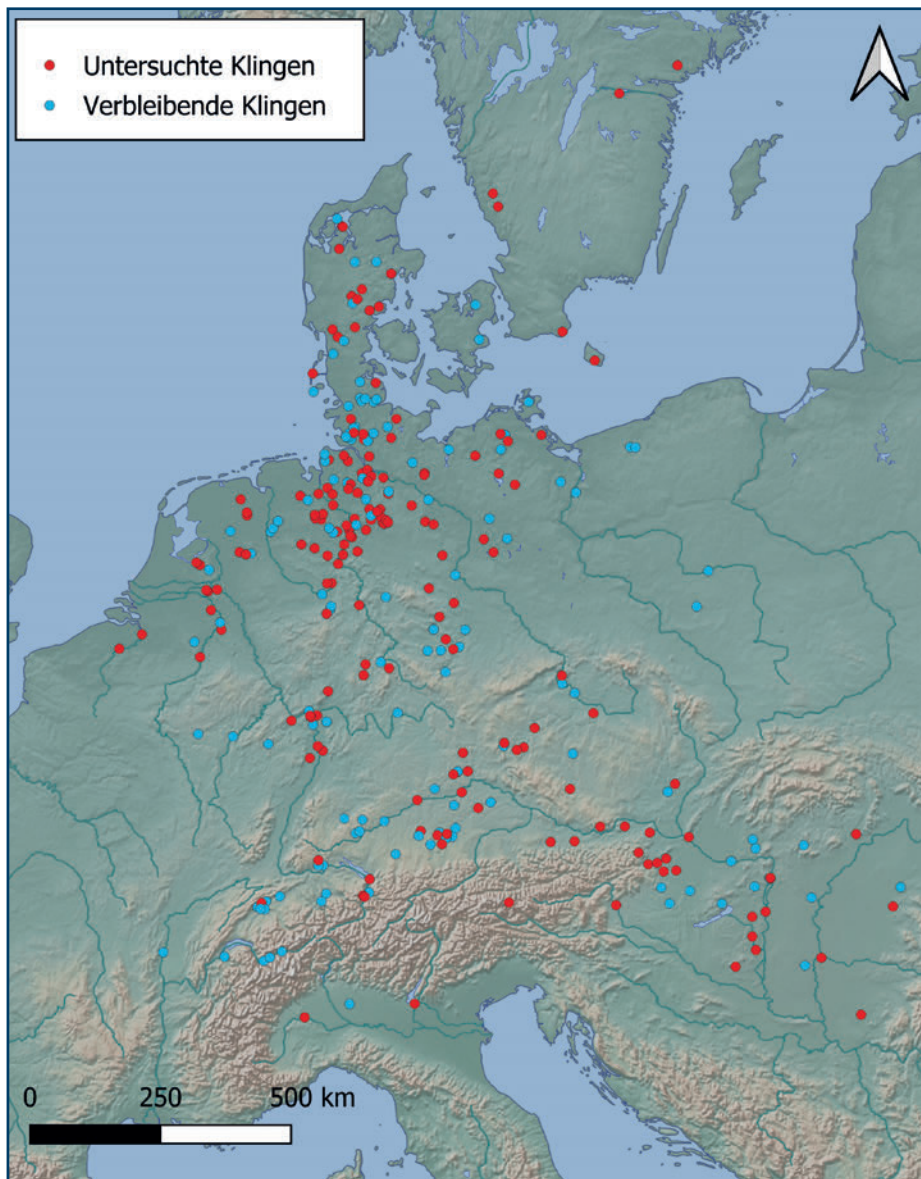
Insgesamt leistet das Projekt einen grundlegenden Beitrag zum Verständnis der Metallurgie, Mobilität und Vernetzung in der frühen Nordischen Bronzezeit. Es zeigt, dass die Sögel-Wohlde-Gruppe nicht



Bleiisotopenverhältnisse aller analysierten Klingensproben des Sögel-Projektes. Danach wurden viele Objekte aus Mitterberger Kupfer und Kupfer aus der Slowakei hergestellt. Nur ein kleiner Teil besteht aus Kupfer aus Great Orme.

isoliert betrachtet werden kann, sondern in komplexe kontinentale Austausch- und Technologietransferprozesse eingebunden war. Zugleich stellt der entstandene Datensatz eine wichtige Grundlage für weiterführende Forschungen zur bronzezeitlichen Metallversorgung, zu Werkstattstrukturen und zu überregionalen Interaktionsräumen dar. Auch wenn das Projekt 2025 zu Ende ging, werden die Ergebnisse aktuell wissenschaftlich von Bart Cornelis im

Rahmen seiner Doktorarbeit ausgewertet. Darin wird vor allem die Stellung und Bedeutung der Metallurgie der Sögel-Wohlde-Gruppe im Vergleich zu anderen Gebieten der Nordischen Bronzezeit untersucht und insbesondere der Hauptfrage des Sögel-Projektes nachgegangen: Woher kamen die Dolch- und Schwertklingen der Kulturgruppe. Handelt es sich um Importe, Nachahmungen südlicher Vorbilder oder um eine eigenständige Entwicklung?



Verbreitungskarte aller im Sögel-Projekt untersuchten Klingen und Schwerter (in rot) sowie nicht untersuchte Objekte in blau). Die auffällige Fundkonzentration in Niedersachsen und Schleswig-Holstein markiert das Kernverbreitungsgebiet der Sögel-Wohlde-Gruppe (Grafik: B. Cornelis).

# Ausblick 2026

Auch das Jahr 2026 wird für CEZA wieder zahlreiche spannende Herausforderungen und Projekte beinhalten. Neben den vielfältigen wissenschaftlichen Arbeiten werden unsere Kolleginnen und Kollegen weiterhin auf internationalen Tagungen präsent sein, Forschungsprojekte vorantreiben, neue Kooperationen aufbauen und das Institut bei Veranstaltungen und in der Öffentlichkeit repräsentieren. Vieles davon geschieht oftmals im Hintergrund, bildet aber die Grundlage für die erfolgreiche Weiterentwicklung unseres Instituts.

Die Zahl der Analysen und Forschungsanfragen bewegt sich weiterhin auf einem hohen Niveau. Gleichzeitig bleibt es unser Ziel, neue Themenfelder zu erschließen, methodische Entwicklungen voranzutreiben und bestehende Kompetenzen weiter auszubauen. Auch die kontinuierliche Weiterentwicklung unserer Labor- und Analyseverfahren wird dabei eine zentrale Rolle spielen.

Mit großer Vorfreude blickt CEZA zudem auf die Tagung der European Association of Archaeologists (EAA) 2026 in Athen. Nachdem die Tagung 2025 kurzfristig ausschließlich digital stattfinden konnte und damit leider auch unsere geplante Teilnahme mit eigenem Messestand entfiel, freuen wir uns umso mehr darauf, im kommenden Jahr wieder persönlich vor Ort vertreten zu sein. Neben einem eigenen PR- und Marketingstand werden selbstverständlich auch wieder Kolleginnen und

Kollegen des CEZA mit Fachvorträgen am wissenschaftlichen Programm teilnehmen und aktuelle Forschungsergebnisse präsentieren.

Darüber hinaus werden uns auch langfristige Forschungsvorhaben wie HISCAR, „Metals & Giants“ oder die Weiterentwicklung unserer dendrochronologischen Arbeiten weiterhin intensiv begleiten. Die Kombination aus internationaler Spitzenforschung, methodischer Innovation und interdisziplinärer Zusammenarbeit wird auch künftig das Fundament unserer Arbeit bilden.

Mit dem abgeschlossenen Übergang in der Geschäftsführung beginnt für CEZA zugleich ein neues Kapitel. Die erfolgreiche Arbeit der vergangenen zwanzig Jahre fortzuführen und zugleich neue Impulse zu setzen, wird eine der zentralen Aufgaben der kommenden Jahre sein. Gemeinsam mit unseren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, Partnerinstitutionen und Förderern blicken wir daher mit Zuversicht und großer Motivation auf das Jahr 2026.



