



HAL
open science

Das eiserne Trägergestell: Material und Herkunft

Roland Schwab, Sylvain Bauvais, Michael Brauns, Alexandre Disser, Philippe Dillmann, Guntram Gassmann, Stéphanie Leroy

► To cite this version:

Roland Schwab, Sylvain Bauvais, Michael Brauns, Alexandre Disser, Philippe Dillmann, et al.. Das eiserne Trägergestell: Material und Herkunft. Biel, Jörg; Keefer, Erwin. Hochdorf X. Das bronzene Sitzmöbel aus dem Fürstengrab von Eberdingen-Hochdorf (Kr. Ludwigsburg), 20, Forschungen und Berichte zur Archäologie in Baden-Württemberg, pp.101-107, 2021, Propylaeum, 978-3-96929-125-2. 10.11588/propylaeum.1316.c18452 . halshs-03355506

HAL Id: halshs-03355506

<https://shs.hal.science/halshs-03355506>

Submitted on 2 Jan 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HOCHDORF X

Das bronzene Sitzmöbel aus dem Fürstengrab
von Eberdingen-Hochdorf (Kr. Ludwigsburg)

Forschungen und Berichte
zur Archäologie
in Baden-Württemberg

Forschungen und Berichte
zur Archäologie
in Baden-Württemberg
Band 20

Landesamt für Denkmalpflege
im Regierungspräsidium Stuttgart

HOCHDORF X

Das bronzene Sitzmöbel aus dem Fürstengrab
von Eberdingen-Hochdorf (Kr. Ludwigsburg)

herausgegeben von Jörg Biel (†) und Erwin Keefer

mit Beiträgen von Johanna Banck-Burgess, Sylvain Bauvais, Elena Belgiovine, Jörg Biel (†), Markus Binggeli, Michael Brauns, Daniele Capuzzo, Philippe Dillmann, Alexandre Disser, Guntram Gassmann, Peter Heinrich (†), Thomas Hoppe, Erwin Keefer, Esther Lee, Stéphanie Leroy, Wolfgang Löhlein, Diana Modarressi-Tehrani, T. Douglas Price, Joachim Wahl, Ute Wolf, Martin Schaich, Roland Schwab und Christoph Steffen

Gefördert vom Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg
– Oberste Denkmalschutzbehörde

Herausgeber Landesamt für Denkmalpflege im Regierungspräsidium Stuttgart
Berliner Straße 12, 73728 Esslingen am Neckar

Die Deutsche Nationalbibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Ein Titeldatensatz für diese Publikation ist bei der Deutschen Nationalbibliothek erhältlich.

Für den Inhalt sind die Autoren verantwortlich.

Schriftleitung Dr. Andrea Bräuning, Landesamt für Denkmalpflege im Regierungspräsidium Stuttgart

Redaktion Dr. Thomas Link, Landesamt für Denkmalpflege im Regierungspräsidium Stuttgart

Lektorat 3A Wolfgang Löhlein M. A., Lörrach

Layout und Satz Miriam Würfel M. A., Dr. Ludwig Reichert Verlag, Wiesbaden

Herstellung Dr. Ludwig Reichert Verlag, Wiesbaden

Designkonzeption HUND B. communication, München

Druck Memminger MedienCentrum, Memmingen

Umschlag Dr. Ludwig Reichert Verlag, Wiesbaden; Designkonzept HUND B. communication, München

Vorderseite: Trägerfigur auf der Rückseite des Hochdorfer Sitzmöbels. Foto Landesmuseum Württemberg Stuttgart (H. Zwietasch)

Rückseite: Das bronzene Sitzmöbel in restauriertem Zustand. Foto Landesmuseum Württemberg Stuttgart (P. Frankenstein/H. Zwietasch)

© Landesamt für Denkmalpflege im Regierungspräsidium Stuttgart, Esslingen 2021

Alle Rechte vorbehalten. Jegliche Vervielfältigung einschließlich fotomechanischer Wiedergabe nur mit ausdrücklicher Genehmigung des Landesamtes für Denkmalpflege im Regierungspräsidium Stuttgart.

Printed in Germany

ISBN 978-3-7520-0026-9 (Print)

eISBN 978-3-7520-0571-4 (E-Book)

DOI <https://doi.org/10.29091/9783752005714>

VORWORT

Das Hochdorfer Fürstengrab, das um 530/520 v. Chr. in den Boden gelangt sein dürfte und niemals beraubt wurde, gehört zu den spektakulärsten und wissenschaftlich bedeutendsten prähistorischen Zeugnissen Mitteleuropas. Die 1978 und 1979 in Eberdingen-Hochdorf, Kr. Ludwigsburg, unter der Leitung von Dr. Jörg Biel (†) durchgeführten Ausgrabungen und die anschließenden Analysen setzten auch grabungstechnisch und restauratorisch Standards. Zum Hochdorfer Gesamtkomplex (Zentralgrab, Großgrabhügel mit darunterliegenden Schichten, Siedlung und sonstige Befunde) sind inzwischen neun Monographien durch das Landesamt für Denkmalpflege vorgelegt worden: Hochdorf I (Udelgard Körber-Grohne und Hansjörg Küster) war den biologischen Resten, Hochdorf II (Erwin Keefer) den neolithischen Siedlungsstrukturen unter dem Grabhügel, Hochdorf III (Dirk Krause) dem Trink- und Speiseservice sowie dem Schlachtgerät, Hochdorf IV (Johanna Banck-Burgess) den Textilien, Hochdorf V (Gebhard Bieg) dem bronzenen Löwenkessel, Hochdorf VI (Julia K. Koch) dem Wagen und Pferdegeschirr und Hochdorf VIII (Leif Hansen) den Trachtbeigaben gewidmet. Die archäozoologischen, botanischen und archäologischen Ergebnisse der Siedlungsgrabungen im Gewann „Reps“ wurden in Hochdorf VIII (Kristiane Schatz und Hans-Peter Stika) und Hochdorf IX (Jörg Biel) vorgelegt.

Unter den Funden aus der Zentralbestattung stand somit nur noch die Veröffentlichung des Bronzemöbels aus, bei dem es sich in vielfacher Hinsicht um die beeindruckendste Beigabe des gesamten Grabes handelt. Dieser Aufgabe hatte sich Dr. Jörg Biel nach seiner Pensionierung zusammen mit Dr. Erwin Keefer im Rahmen eines gemeinsamen Forschungsprojekts des Landesamts für Denkmalpflege und des Landesmuseums Württemberg gewidmet, das von 2012 bis 2014 von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert wurde. Die Publikation sollte eigentlich unmittelbar danach erfolgen; auch durch den überraschenden und viel zu frühen Tod Jörg Biels im Sommer 2015 kam die Auswertung jedoch ins Stocken, so dass der Band erst jetzt mit einiger Verspätung erscheint.

Band X der Hochdorf-Reihe fasst elf Beiträge zu dem Bronzemöbel zusammen, von der Beschreibung des Grabungsbefundes, über die Restaurierung, die digitale Dokumentation und die archäometallurgischen Analysen bis hin zur Experimentalarchäologie und kulturhistorischen Einordnung. Es schließen sich drei anthropologische bzw. bioarchäologische Beiträge zu den menschlichen Skelettresten aus den Hochdorfer Gräbern, also dem Zentralgrab und den Neben- bzw. Nachbestattungen, an.

Wie kaum ein anderer prähistorischer Fundkomplex fordern die faszinierenden und ungewöhnlich anschaulichen Funde und Befunde des Hochdorfer Grabes und die dadurch gleichsam greifbar erscheinende Persönlichkeit des bestatteten „Keltenfürsten“ zur Interpretation und auch zu kontroversen Diskussionen heraus.

So kann man bereits über die Frage geteilter Meinung sein, wie das eigenwillige Objekt, auf dem der Tote lag, eigentlich zu bezeichnen ist. Im Titel des Bandes steht zwar *Sitzmöbel*, aber allein in den Überschriften der Einzelbeiträge werden parallel die Begriffe *Sitzbank*, „*Kline*“, *Kline*, *Sofa* und *Bronzeliege* verwendet. Auch wenn die Abmessungen, Winkel und Rundungen der Sitzfläche und der Rückenlehne keinen Zweifel daran lassen, dass sich das Möbel ausgezeichnet zum bequemen Sitzen eignete und dafür auch konzipiert worden ist, engt die Bezeichnung „Sitzmöbel“ oder „Sitzbank“ die potentielle Funktion und Verwendung des Objektes aus meiner Sicht unnötig ein. Um eine Kline, also ein reines Liegemöbel nach mediterranem Vorbild, dürfte es sich in jedem Fall nicht gehandelt haben. Man wird eher an ein multifunktionales Möbel denken müssen, das sich als Sitzbank für mehrere Personen und repräsentativer Sitz bzw. Thron für einen Einzelnen, aber gleichermaßen als klinenartiges Lager bzw. Bett eignete. Das umfangreiche Trink- und Speiseservice aus dem Grab legt eine Verwendung beim Gelage nahe, und es dürfte auch kaum auf Zufall beruhen, dass sich in etwas jüngeren hallstattzeitlichen Fürstengräbern Württembergs, etwa dem benachbarten Grafenbühl, griechische Importklinen nachweisen lassen. Die offensichtlich lediglich mit reichem Schmuck „bekleideten“ weiblichen Trägerfiguren des Hochdorfer Bronzemöbels und zahlreiche eindeutige Darstellungen der Situlenkunst könnten darauf hinweisen, dass entsprechende Möbel durchaus auch bei erotischen Handlungen bzw. „heiligen Hochzeiten“ eine Rolle gespielt haben.

Fest steht, dass das „Bronzemöbel“ – dieser neutrale Begriff trifft es letztlich wohl am besten – am Ende als Totenliege diene.

Eine ganz besondere Faszination geht seit der Entdeckung und der Großen Landesausstellung „Der Keltenfürst von Hochdorf“ im Jahre 1985 von der im Zentralgrab bestatteten Persönlichkeit des Toten aus. Vor diesem Hintergrund kommt auch den drei bioarchäologischen Beiträgen des Bandes besondere Beachtung zu.

Wie die anthropologische Neubearbeitung der (eher sehr schlecht) erhaltenen Skelettreste durch Prof. Dr. Joachim Wahl zeigt, war der Mann nicht ganz so groß, wie vom Erstbearbeiter, Dr. Alfred Czarnetzki, seinerzeit errechnet. Ob er nun aber 1,86 m, 1,83 m oder 1,80 m groß war, ist letztlich weder abschließend festzulegen, noch entscheidend. Wichtiger ist die Feststellung, dass es sich bei dem Bestatteten aus dem Hochdorfer Zentralgrab nach wie vor um den bislang größten Menschen handelt, den wir aus dem eisenzeitlichen Südwestdeutschland kennen. Sehr gravierend für die sozialhistorische Deutung des Hochdorfer Fürstengrabes ist die von Joachim Wahl (S. 199) – aus guten Gründen unter Vorbehalt – aufgestellte Hypothese, dass die außergewöhnliche Körperhöhe des Mannes Folge eines gutartigen Tumors gewesen sein könnte, der zu sogenanntem hormonellen Gigantismus geführt habe. Gerade vor dem Hintergrund der Erfahrung, dass naturwissenschaftliche Auslegungen biologischer Daten von Archäologen häufig viel zu unkritisch für bare Münze genommen werden – man denke hier etwa an den Schaden, den fehlerhafte Dendrodaten vom Magdalenenberg in der Hallstattarchäologie in den 1980er Jahren angerichtet haben – bedarf auch die paläopathologische Neubewertung des Hochdorfer Toten aus meiner Sicht einer kritischen Relativierung. Zweifel an der Vermutung, dass seine überdurchschnittliche Körperhöhe primär die Folge einer extrem seltenen hormonellen Erkrankung sei, legt bereits der analoge Befund im Fürstengrab aus dem Grafenbühl bei Asperg nahe, das nur ca. 9 km von Hochdorf entfernt und etwa eine Generation später, also um 500 v. Chr., angelegt worden ist. Der im Grafenbühl bestattete, ca. 30 Jahre alte Mann war nur unwesentlich kleiner als der Hochdorfer und ist damit der zweitgrößte Mensch, den wir bisher aus dem eisenzeitlichen Südwestdeutschland kennen. Dieses auffällige Zusammentreffen deutet somit eher darauf hin, dass die beiden Toten einer gesellschaftlichen Elite angehörten, deren männliche Repräsentanten auf Grund genetischer und sozialer Faktoren, etwa durch soziobiologische Siebung und günstige Ernährungsbedingungen in Kindheit und Jugend, ihre Zeitgenossen buchstäblich überragten. Dies schließt nicht aus, dass der Keltenfürst von Hochdorf, wie Joachim Wahl aufgrund einer paläopathologisch zu erklärenden Anomalie am Schädelknochen annimmt, im fortgeschrittenen Alter tatsächlich an Akromegalie gelitten hat, zwingt aber zur Vorsicht: Für die Körperhöhe des Hochdorfer Fürsten und seine im Grab dokumentierte herausgehobene gesellschaftliche Stellung dürfte hormoneller Riesenwuchs, der ja eine Erkrankung bereits im Kindesalter oder in früher Jugend voraussetzt, eher nicht ursächlich gewesen sein.

Ähnliche Zurückhaltung ist aus meiner Sicht hinsichtlich der Auslegung der Ergebnisse der Strontiumisotopie angebracht (S. 205–210). Die Daten sprechen zwar dafür, dass der Tote aus dem Zentralgrab nicht in der unmittelbaren Umgebung seines Bestattungsortes aufgewachsen ist, sollten aber keineswegs dahingehend überinterpretiert werden, dass es sich um einen Fremden bzw. um keinen „Einheimischen“ handelte. Wie der Bearbeiter, Prof. Dr. T. Douglas Price, selbst betont, kann der Hochdorfer Fürst nach Ausweis der Ergebnisse der Isotopenanalysen sehr wohl aus der Region um den Hohenasperg stammen.

Im Bereich der Paläogenetik konnten in letzter Zeit so enorme Fortschritte erzielt werden, dass in den nächsten Jahren neue Erkenntnisse zu den Verwandtschaftsbeziehungen und Verwandtschaftsstrukturen der hallstattzeitlichen Bevölkerung Südwestdeutschlands zu erwarten sind. Im Rahmen eines vom Landesamt für Denkmalpflege in Zusammenarbeit mit dem Max-Planck-Institut für Menschheitsgeschichte in Jena durchgeführten Projektes wird zurzeit eine Skelettserie, zu der auch die Individuen aus dem Hochdorfer Fürstengrabhügel gehören, mit vielversprechenden ersten Resultaten untersucht. Die hier vorgelegte Abhandlung (S. 211–219) warnt aber vor allzu großen Erwartungen. Die Erhaltung der Knochen, gerade jener aus dem Hochdorfer Zentralgrab, ist vergleichsweise schlecht. Von der Rekonstruktion des Genoms des „Fürsten“ sind wir immer noch weit entfernt und wahrscheinlich wird er zumindest dieses Geheimnis noch lange vor uns verborgen halten können.

Was die Publikation des Hochdorfer Gesamtbefundes anbelangt, stehen jetzt „nur“ noch die umfangreichen Befunde des eigentlichen Grabhügels mit seiner interessanten Bauweise, den Werkstattresten und den Neben- bzw. Nachbestattungen aus. Diese Quellen werden seit 2017 in einem von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Projekt des Landesamts für Denkmalpflege durch Dr. Thimo Brestel ausgewertet und sollen als Hochdorf XI, und damit als vorerst letzter Band der Reihe, zeitnah veröffentlicht werden.

Allen Autorinnen und Autoren möchte ich im Namen des Landesamts für Denkmalpflege herzlich für ihre Mitarbeit am Forschungsprojekt und ihre Beiträge zum vorliegenden Band danken. Ganz besonderer Dank gebührt dem Mitherausgeber Dr. Erwin Keefer vom Landesmuseum Württemberg, Stuttgart, der das Auswertungs- und Publikationsprojekt zum Bronzemöbel aus Hochdorf gemeinsam mit Dr. Jörg Biel (†) initiiert, geleitet und bis heute begleitet hat. Für das umfangreiche Lektorat der Manuskripte und seinen eigenen Beitrag, der den Band nach Abschluss des eigentlichen Projekts noch um eine kulturhistorische Perspektive bereicherte, danken wir Wolfgang Löhlein M. A., Lörrach. Die Schriftleitung und die redaktionelle Koordination lagen in den Händen von Dr. Andrea Bräuning und Dr. Thomas Link vom Fachgebiet Publikationswesen des Landesamts für Denkmalpflege. Satz und Herstellung übernahm in gewohnt zuverlässiger und professioneller Weise der Dr. Ludwig Reichert Verlag, Wiesbaden.

Esslingen im März 2021

Prof. Dr. Dirk Krause

INHALT

1	Vier Jahrzehnte Bronzesitzbank – eine Einführung (Erwin Keefer).....	11
DIE AUSGRABUNG		15
2	Die Ausgrabung, Freilegung, Bergung und Dokumentation der Sitzbank und der darauf liegenden Funde (Jörg Biel [†]).....	17
DIE RESTAURIERUNG		29
3	Die Restaurierung und Herstellungstechnik des Hochdorfer Sitzmöbels (Peter Heinrich [†] und Ute Wolf).....	31
DAS DIGITALE SOFA		45
4	Zur hochauflösenden dreidimensionalen Digitalisierung und Dokumentation der „Kline“ von Hochdorf (Martin Schaich).....	47
5	The 3D Survey of the Kline of Hochdorf. An Example of Integration between Archaeology and New Technologies (Elena Belgiovine and Daniele Capuzzo).....	57
6	Katalog (Thomas Hoppe).....	63
ARCHÄOMETALLURGIE		71
7	Archäometallurgische Untersuchungen zur Sitzbank von Hochdorf (Diana Modarressi-Tehrani).....	73
8	Das eiserne Trägergestell: Material und Herkunft (Roland Schwab, Sylvain Bauvais, Michael Brauns, Alexandre Disser, Philippe Dillmann, Guntram Gassmann und Stéphanie Leroy).....	101
ORGANISCHE RESTE		109
9	Die organischen Reste im Kontext der Bronzeliege aus dem früheisenzeitlichen Grab von Eberdingen-Hochdorf (Johanna Banck-Burgess).....	111
REKONSTRUKTION UND INTERPRETATION		125
10	Die Werkstatt zur Sitzbank von Hochdorf (Markus Binggeli).....	127
11	Das Sitzmöbel aus dem Prunkgrab von Hochdorf. Betrachtungen zur Prähistorie öffentlichen Sitzens und Thronens (Wolfgang Löhlein).....	147
ANTHROPOLOGIE UND BIOARCHÄOLOGIE		185
12	Die menschlichen Skelettreste aus dem späthallstattzeitlichen Fürstengrabhügel von Eberdingen-Hochdorf (Joachim Wahl).....	187
13	Eberdingen-Hochdorf: Proveniencing the Prince (T. Douglas Price).....	205
14	Paläogenetische Pilotstudien zur Bedeutung von Verwandtschaft in den ältereisenzeitlichen Gesellschaften (Christoph Steffen und Esther Lee).....	211
TAFELN		221
AUTORINNEN UND AUTOREN		259

8 DAS EISERNE TRÄGERGESTELL: MATERIAL UND HERKUNFT

Roland Schwab, Sylvain Bauvais, Michael Brauns, Alexandre Disser, Philippe Dillmann, Guntram Gassmann und Stéphanie Leroy

Im Rahmen der Ausschreibung für gemeinsame deutsch-französische Forschungsprojekte in den Geistes- und Sozialwissenschaften von der Agence Nationale de la Recherche (ANR) und der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Projekts „Circulation of iron products in the Iron-Age of Eastern France and Southern Germany: Multidisciplinary and methodological Approaches towards the Provenance of ancient Iron“ (CIPIA), wurde auch das eiserne Trägergestell des Sitzmöbels aus dem Grabhügel und mehrere Eisenobjekte aus der Siedlung von Eberdingen-Hochdorf (Kr. Ludwigsburg) untersucht (Dillmann u. a. 2017). Das Projekt beschäftigte sich mit der Produktion und der Distribution von Eisen während der Hallstatt- und Frühlatènezeit in Südwestdeutschland und Ostfrankreich. Da die Herstellung des Sitzmöbels von Hochdorf im Bereich des Hohenaspergs für möglich erachtet wird (Biel 1982, 99), und in den letzten Jahren späthallstattzeitliche und frühlatènezeitliche Eisenproduktion im Nordschwarzwald und auf der Schwäbischen Alb bekannt geworden ist (Gassmann u. a. 2005), bot es sich an das Eisen des Sitzmöbels mit den bekannten Produktionsorten zu vergleichen.

UNTERSUCHUNGSMETHODEN

Die beiden Arbeitsgruppen aus Deutschland und Frankreich haben zwei unterschiedliche Methoden zur Herkunftsbestimmung von eisernen Objekten entwickelt, die im CIPIA Projekt erstmals gemeinsam eingesetzt wurden und die übereinstimmende und sich ergänzende Ergebnisse geliefert haben (Dillmann u. a. 2017). Eine bereits etablierte Methode ist die systematische Analyse der Schlackeneinschlüsse mittels Massenspektrometrie mit Laserionisation (LA-ICP-MS), um die vorher durch Metallographie und Mikrobereichsanalyse als Verhüttungsschlacken identifizierten Einschlüsse im Metall anhand von Spurenelementen mit datierten Verhüttungsschlacken einer Region zu vergleichen (Coustures u. a. 2003; Desaulty u. a. 2008; Leroy u. a. 2012).

Die Schlacken enthalten einen großen Anteil der Informationen über die chemische Signatur der Erze. Da das im Rennofen produzierte Eisen nicht vollständig von der Schlacke separiert werden kann, enthalten prähistorische Eisenfunde immer noch hohe Volumenanteile der Verhüttungsschlacke und damit Informationen über das verwendete Erz. Die Analyse der Schlacken von Verhüttungsplätzen und der Schlackeneinschlüsse in Metallobjekten gestattet die Verbindung zwischen Produktionsorten und Eisenobjekten herzustellen. Es ist dabei zu berücksichtigen, dass sich nicht alle Elemente und ihre Verhältnisse zu einander zur Synchronisierung von Erzen und daraus erzeugten Schlacken eignen, da sie aufgrund ihres chemischen Verhaltens in der Schlacke an- oder abgereichert werden (Desaulty u. a. 2008). Bereits die Analyse der Hauptkomponenten durch Elektronenstrahlmikroanalyse erlaubt es jedoch, durch die An- oder Abwesenheit bestimmter Elemente wie Mangan und Phosphor, sowie durch die Verhältnisse anderer Hauptkomponenten, Rückschlüsse auf mögliche Erze zu ziehen und Gruppierungen vorzunehmen (Dillmann/L'Héritier 2007; Disser u. a. 2014; Schwab u. a. 2006). Weiterhin können nur Elemente herangezogen werden, die nicht während des Reduktionsprozesses durch Anteile in der Holzkohle oder in der Ofenwand verändert werden, weshalb sich Elemente der Gruppe der sog. Seltenen Erden (SEE) für die Charakterisierung einer Lagerstätte besonders gut eignen. Je mehr spezifische Elementverhältnisse analytisch bestimmt werden, umso präziser kann die chemische Signatur des verwendeten Erzes wiedergegeben werden, so dass sich durch den Einsatz multivariater Datenanalyse Metall, Schlacke und Erz miteinander verknüpfen lassen (Leroy u. a. 2012). Je nach geologischem Bildungsmilieu sind manche Erze reicher an signifikanten Spurenelementen und entsprechend charakteristisch in ihren Schlackenzusammensetzungen, während die geochemische Differenzierung von Erzen mit geringer Variationsbreite schwieriger ist, weshalb ein zweiter Parameter erforderlich ist. Eine völlig andere

Strategie wird in Mannheim mit dem Einsatz des Re-Os-Isotopensystems verfolgt: Rhenium und Osmium weisen ein siderophiles als auch chalkophiles geochemisches Verhalten auf. Bei partiellen Aufschmelzprozessen im oberen Erdmantel geht Rhenium als das inkompatibelste Element der sechsten Periode in die Schmelze, während Osmium als das kompatibelste Element dieser Gruppe ins Kristallgitter von Mineralen eingebaut wird. Es kommt daher bei der Bildung von Sulfid- bzw. Gesteinsschmelzen zu einer Fraktionierung dieser Elemente, die extreme Unterschiede in ihren charakteristischen $^{187}\text{Re}/^{188}\text{Os}$ - und $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ -Verhältnissen bis z. T. von mehreren hundert Prozent zur Folge haben. Diese extremen Unterschiede können genutzt werden, um z. B. die Eisenerze verschiedener Regionen zu charakterisieren. Bei der Verwitterung von Erzen und Gesteinen wird zwar u. a. auch Osmium freigesetzt, dieses lagert sich dann aber so schnell wie möglich wieder an große reduzierend wirkende Oberflächen wie z. B. organischen Kohlenstoff oder Eisenhydroxiden an. Daher lassen sich in Schwarzschiefern aber auch in lateritischen Eisenerzen z. T. deutlich erhöhte Os-Gehalte nachweisen. Bei der Verhüttung von Eisenerzen wird Osmium im metallischen Eisen konzentriert. Verhüttungsversuche mit Eisenerzen aus dem Nordschwarzwald haben gezeigt, dass die Os-Isotopensignatur des Erzes unverändert ins Metall übergeht, so dass die Bestimmung der Os-Isotopensignatur auch eine direkte Zuordnung eines archäologischen Eisenobjekts zu einer Lagerstätte erlaubt (Brauns u. a. 2013). Die Osmiumisotopenverhältnisse sind, wie Blei- oder Strontiumisotopenverhältnisse, sowohl vom geologischen Alter der Quelle, als auch vom Verhältnis Mutter- zu Tochternuklid abhängig und es bedarf somit eines zweiten – unabhängigen – Diskriminierungsverfahrens, da gleiche Isotopenverhältnisse an unterschiedlichen Orten auftreten können. Im Rahmen des CIPIA-Projekts wurden die Osmiumisotopenverhältnisse hallstattzeitlicher Eisenobjekte wie Eisenbarren, Radreifen oder Luppen und relevanter Eisenerze in Süddeutschland und Ostfrankreich bestimmt sowie gleichzeitig die Spurenelementmuster von Eisenerzen und Verhüttungsschlacken bekannter eisenzeitlicher Verhüttungsplätze definiert und die Schlackeneinschlüsse der Eisenobjekte durch LA-ICP-MS gemessen (Dillmann u. a. 2017). Die dadurch gewonnenen Daten lassen vergleichende Untersuchungen von Eisenteilen an dem Sitzmöbel im Grab von Hochdorf zu. Für die metallographische Untersuchung und die Bestimmung der Schlackeneinschlüsse wurden mehrere Anschliffe vom vollständigen Querschnitt von einer Strebe des Trägergestells hergestellt. Dabei konnten nur die Zwischenstre-

ben untersucht werden, da das eigentliche Trägergestell vollständig korrodiert war. Metallographische Untersuchungen und Bestimmung der Hauptkomponenten der Schlackeneinschlüsse mit EDX wurden jeweils am Curt-Engelhorn-Zentrum Archäometrie in Mannheim und im „Laboratoire Archeomateriaux et Prevision de l'Alteration et Laboratoire Metallurgies et Cultures“ der CNRS-IRAMAT in Saclay durchgeführt. Da die Einschlüsse in diesen Streben sehr klein sind (10–20 μm) und der Laserspot des in Orléans im Ernest Babelon Centre (UMR-5060 IRAMAT CNRS) zur Verfügung stehenden Lasers mit 80 μm zu groß war, wurden Spurenelementanalysen in Mannheim mit einem Excimerlaser (Resonetics Resolution M-50-E) mit einer Wellenlänge von 193nm in Argonfluorid als Gasgemisch durchgeführt. Die Detektion der Elemente erfolgte in einem Massenspektrometer mit Quadrupol-Fokussierung (Thermo Fisher Elemental X Series II) mit induktiv gekoppeltem Plasma als Ionenquelle (ICP-MS). Es wurden insgesamt 35 Einschlüsse analysiert. Davon 21 in einem ersten und 14 in einem zweiten Anschliff. Für die Bestimmung der Osmiumisotopenverhältnisse wurde eine weitere Probe vom Querschnitt der Strebe entnommen, die entlang der makroskopisch sichtbaren Schweißnaht (s. u.) in zwei Hälften geteilt wurde. Da Eisenobjekte nur wenige ng kg^{-1} Osmium enthalten muss Osmium angereichert werden, indem Osmium aus den in Königswasser gelösten Eisenproben als flüchtiges OsO_4 ab destilliert und auf tiefgefrorener H_2SO_4 kondensiert wird. Erst nach einer Reinigung durch eine weitere Destillation kann das $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ -Verhältnis mit dem Thermionenmassenspektrometer (NTIMS) als negativ geladenes OsO_3 bestimmt werden (Brauns 2001).

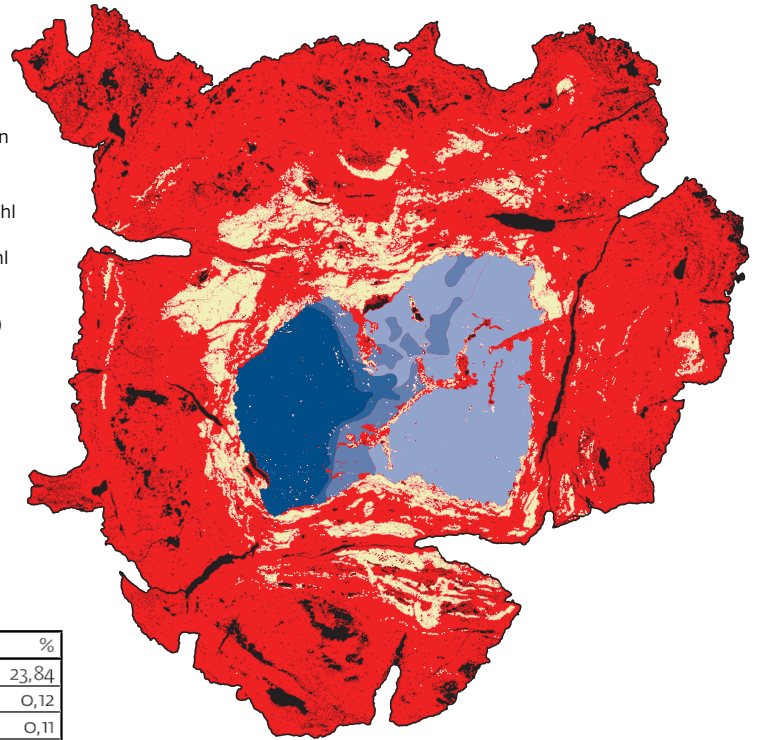
Die Kohlenstoffgehalte wurden durch digitale Bildanalyse über die Flächenanteile A_A der Gefüge Bestandteile Ferrit (α_{Fe}) und Perlit ($\alpha_{\text{Fe}} + \text{Fe}_3\text{C}$) bestimmt. Härtemessungen wurden mit dem Prüfverfahren nach Vickers im Kleinstlastbereich mit einer Last von 1 kp = 9,81 N (HV 1) mit einer Verweilzeit von 5 s durchgeführt.

ERGEBNISSE

Das Metall

Die Zwischenstrebe des Trägergestells ist sehr stark korrodiert und nur noch ein Viertel des Gesamtvolumens der Probe ist metallisch (Abb. 1). Dieses besteht aus zwei unterschiedlichen Stahlsorten, die miteinander verschweißt sind (Abb. 2). Die eine Hälfte besteht aus einem eutektoiden Stahl mit einem durchschnittlichen Kohlenstoffgehalt von 0,8 % (Abb. 3) und

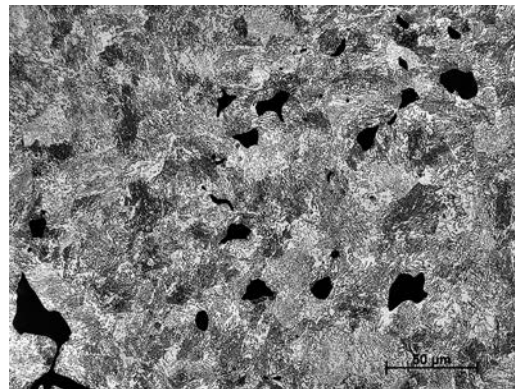
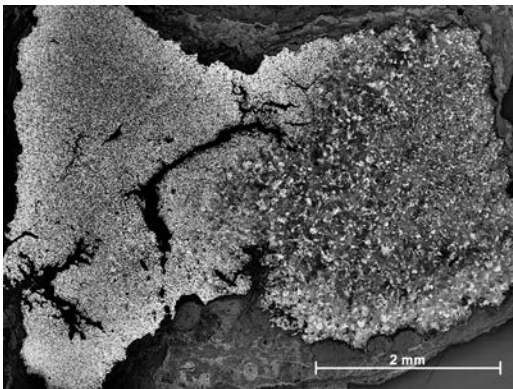
Grenzen des Querschnitts			Porositäten, Kavitäten
Ferrit (0,02/0,1 % C)			Unhärtbarer Stahl (0,1/0,3 % C)
Nadeliger Stahl-Ferrit (0,3/0,5 % C)			Untereutektoider Stahl (0,5/0,7 % C)
Eutektoider Stahl (0,7/0,9 % C)			Übereutektoider Stahl (0,9/1,1 % C)
Eisen-Hydroxidoxid (Korrosionsprodukte)			Eisenoxid (Korrosionsprodukte)
Verändertes Material			Fayalitische Schlacke
Sandig-lehmige Schlacke			Hammerschlag
Holzkohle			Gestein



0,5 cm

Zone	Fläche (cm ²)	%	
Metall	0,02-0,1 % C	0,25	23,84
	0,1-0,3 % C	0,00	0,12
	0,3-0,5 % C	0,00	0,11
	0,5-0,7 % C	0,00	0,15
	0,7-0,9 % C	0,01	1,09
	0,9-1,1 % C	0,00	0,00
Korrosionsprodukte	0,61	58,44	
Schlackeneinschlüsse	0,00	0,08	
Poren	0,10	9,72	
Gesamt	1,05	100,00	

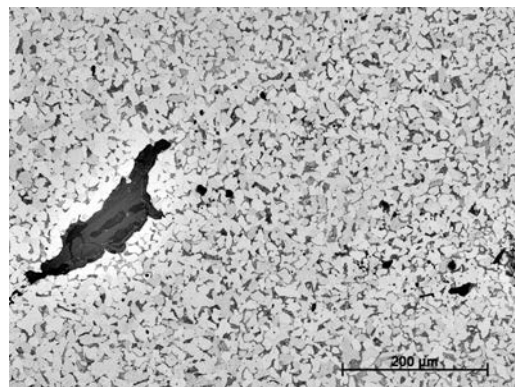
Anteil der Einschlüsse im Metall	0,31
----------------------------------	------

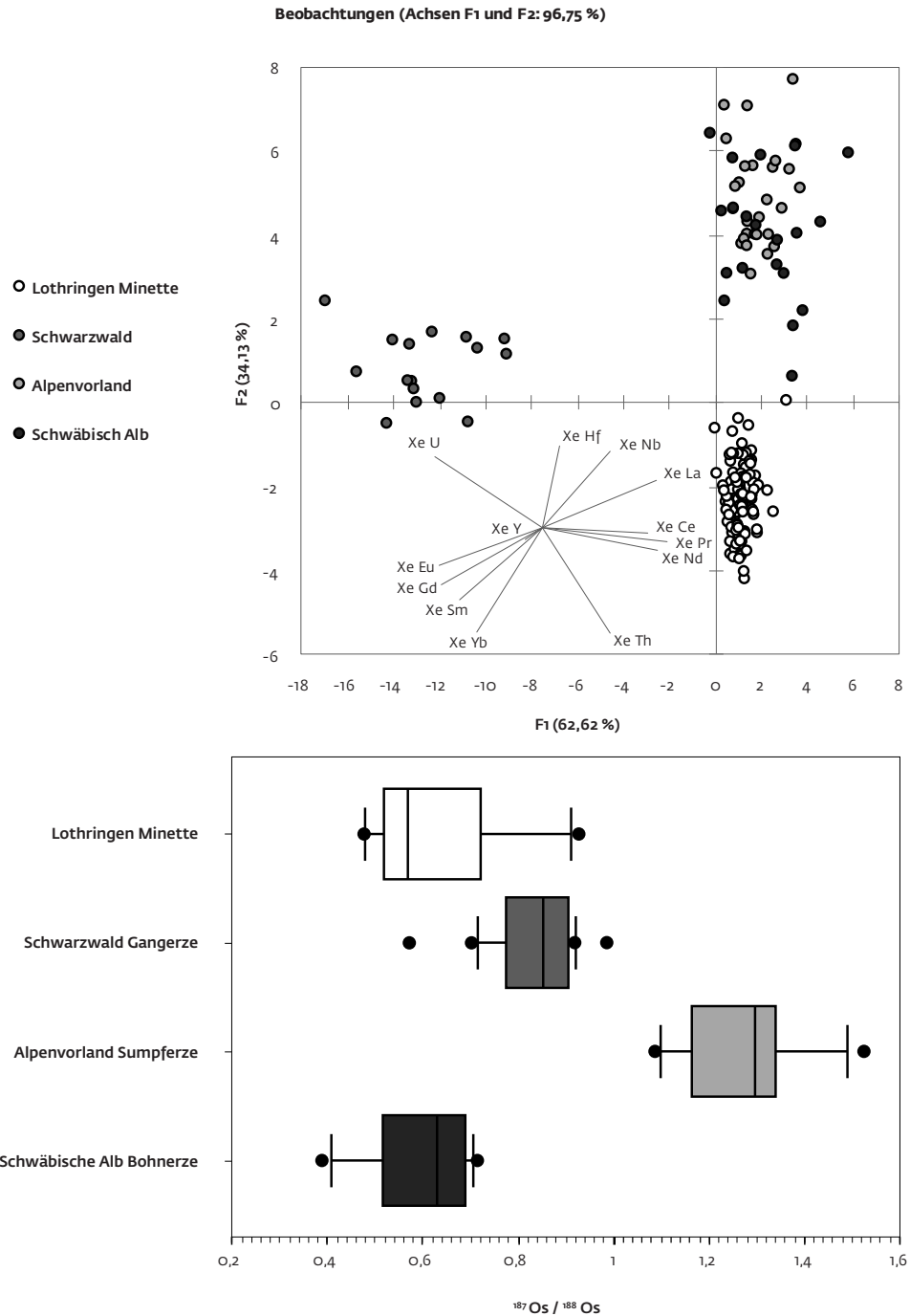


- 1 Bildanalyse des vollständigen Querschnitts des Trägergestells mit den jeweiligen Phasen und ihren Volumenanteilen.
- 2 Übersichtsaufnahme des metallischen Kerns mit den beiden unterschiedlich aufgekohlten Hälften (geätzt mit alkoholischer Salpetersäure).
- 3 Detailansicht der kohlenstoffreicheren Partie mit Perlit und glasigen Schlackeneinschlüssen (geätzt mit alkoholischer Salpetersäure).
- 4 Detailansicht der kohlenstoffärmeren Partie mit einem fayalitischen Schlackeneinschluss in einer ferritisch-perlitischen Matrix (geätzt mit alkoholischer Salpetersäure).

einer mittleren Härte von 218 HV 1 ± 10. Die Schlackeneinschlüsse in diesem Bereich sind ausschließlich glasig und ihr durchschnittlicher Volumenanteil V_V liegt bei 0,8 % ± 0,1.

Die andere Hälfte der Strebe besteht aus einem hypoeutektoiden Stahl (Abb. 4) mit durchschnittlich 0,2 % Kohlenstoff und einer mittleren Härte von 115 HV 1 ± 5. Die Schlackeneinschlüsse bestehen hier aus Fayalit (Fe_2SiO_4) in einer glasigen Matrix mit vereinzelt Wüstendendriten (FeO). Der Volumenanteil der Schlackeneinschlüsse liegt hier bei 0,7 %, wobei der hohe Anteil korrodierter Bereiche die Bestimmung nur an einer Stelle möglich machte.





Zur Herkunftsfrage

5 Ergebnisse der linearen Diskriminanzanalyse (LDA) der Spurenelemente und der Osmiumisotopenanalyse der verschiedenen Vorkommen.

Durch die Kombination der Spurenelement- und der Osmiumisotopenanalyse lassen sich die bekannten Produktionsregionen in Süddeutschland und in Ostfrankreich voneinander trennen. In Abb. 5 sind die Ergebnisse einer linearen Diskriminanzanalyse (LDA) der Spurenelemente, sowie die Osmiumisotopenverhältnisse der verschiedenen Vorkommen dargestellt. Durch die Spurenelementanalyse lassen sich die Verhüttungsplätze im Nord-schwarzwald von denen in Lothringen und von den Schmelzplätzen der Schwäbischen Alb und im bayerischen Voralpenland sehr gut trennen (Abb. 5). Die beiden letzteren bilden eine

gemeinsame Gruppe, die sich auf Grundlage dieser Methode nicht trennen, aber dafür sehr gut durch ihre deutlich unterschiedlichen Osmiumisotopenverhältnisse differenzieren lässt. Allein durch die Osmiumisotopenverhältnisse lassen sich wiederum die Minette in Lothringen nicht von den Erzen der Schwäbischen Alb unterscheiden. Es sind also beide Methoden notwendig, um eine eindeutige Trennung der einzelnen Vorkommen vornehmen zu können (Dillmann u. a. 2017).

Was die Proben des Sitzmöbels angeht, so verweist die Analyse der Hauptkomponenten und der Spurenelemente in den Schlackeneinschlüssen ebenso wie die Untersuchung der

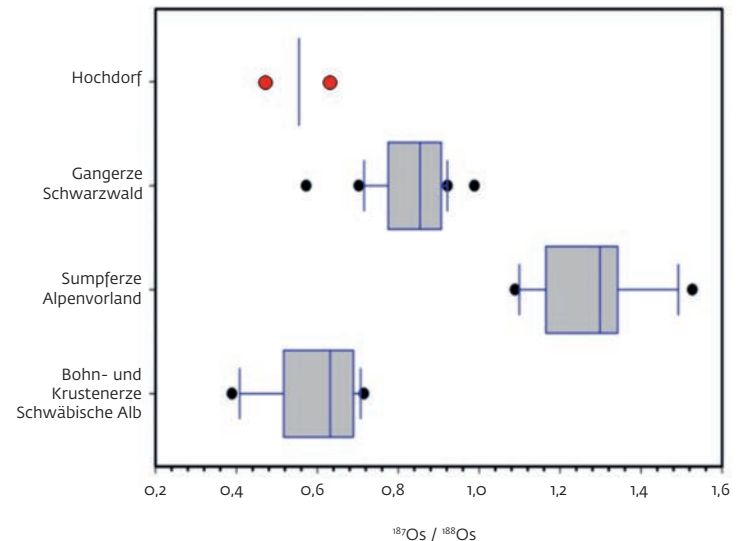
Metallgefüge darauf, dass es sich um zwei unterschiedliche Stahlsorten handelt, die miteinander verschweißt worden sind. Auch die Osmiumisotopenverhältnisse beider Hälften sind vollkommen unterschiedlich, wobei der kohlenstoffreichere Teil eine für die Eisenerze der Schwäbischen Alb oder Lothringen typische Os-Isotopensignatur ($^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os} = 0,6329$) aufweist, während der kohlenstoffärmere Bereich eine für die Region ungewöhnlich niedrige radiogene Signatur ($^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os} = 0,4764$) besitzt (Abb. 6). Die Analyse der Schlackeneinschlüsse zeigt keine Vereinbarkeit des kohlenstoffärmeren Bereiches mit einer Produktion in Süddeutschland oder in Ostfrankreich. Auch Lothringen kann für den kohlenstoffreicheren Teil ausgeschlossen werden, während die Schwäbische Alb und das bayerische Alpenvorland möglich sind (Abb. 7).

Einige Eisenerzfunde aus der frühlatènezeitlichen Siedlung von Hochdorf weisen dagegen die Signatur der Erze im Nordschwarzwald auf, darunter ein Luppenrest (Dillmann u. a. 2017). Die Zusammensetzungen der Schlackeneinschlüsse dieser Objekte bestätigen ebenfalls die Übereinstimmungen mit den Verhüttungsplätzen im Nordschwarzwald. In der Siedlung von Hochdorf sind mehrere solcher Luppenreste gefunden worden (siehe Modarressi-Tehrani 2004, 48), was möglicherweise darauf hindeuten könnte, dass die unraffinierten Luppen aus dem Schwarzwald dorthin transportiert und vermutlich auch erst dort weiterverarbeitet worden sind.

SCHLUSSBETRACHTUNG

Die Untersuchungen an den Eisenstreben gestatten keine direkten Rückschlüsse auf den Herstellungsort des Sitzmöbels, da alle angewandten Methoden Ausschlussverfahren sind und auch das eiserne Trägergestell nicht zwingend zeitgleich mit dem Rest hergestellt worden sein muss. Die Übereinstimmung von Daten ist also nicht mit einer positiven Zuordnung gleichzusetzen, sondern sie verweist nur auf eine Möglichkeit, während im Fall der Nichtübereinstimmung eine klare Aussage getroffen werden kann.

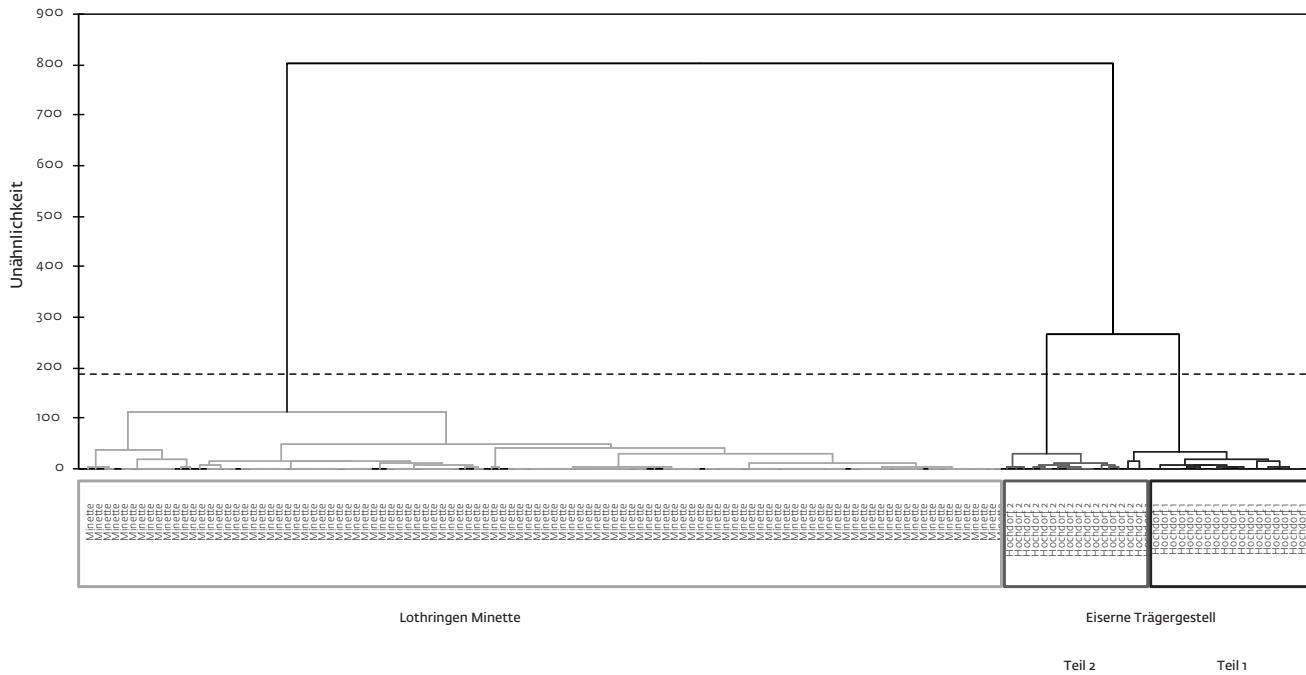
Zum gegenwärtigen Zeitpunkt ist festzuhalten, dass der kohlenstoffärmere Teil des Trägergestells des Sitzmöbels nicht mit den bekannten Produktionszentren in Südwestdeutschland oder Ostfrankreich in Einklang zu bringen ist, während der kohlenstoffreichere Teil chemisch und isotopisch mit Erzen der Schwäbischen Alb kompatibel ist. Die Tatsache, dass das Trägergestell aus zwei chemisch wie isotopisch unterschiedlichen Eisensorten besteht, ist für die Zeitstellung nicht ungewöhnlich. So wurden im Rahmen des CIPIA Projektes



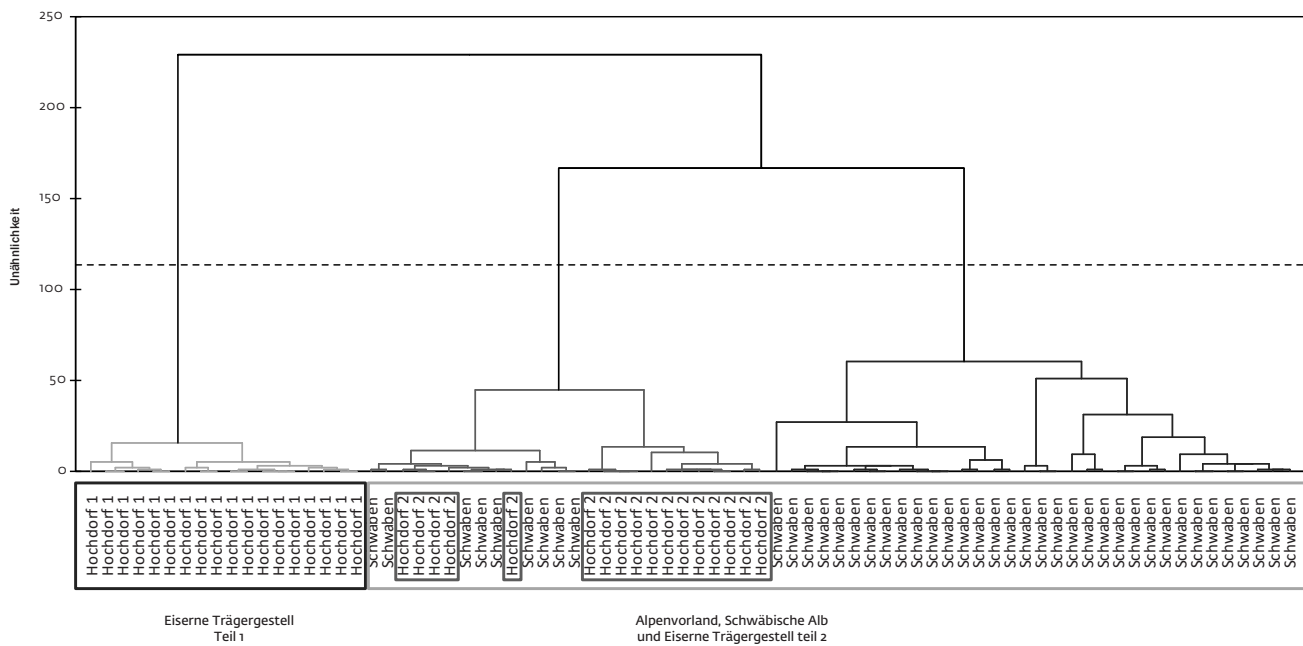
auch fünfzehn Doppelspitzbarren untersucht, von welchen sieben aus zwei Hälften bestehen, wovon wiederum fünf aus zwei völlig unterschiedlichen Eisensorten verschweißt wurden (Dillmann u. a. 2017). Wie auch das Beispiel der Luppen aus dem Schwarzwald in der Siedlung von Hochdorf zeigt, wurde Eisen über kürzere oder längere Distanzen auch in Form von Luppen transportiert und einige Werkstätten scheinen daraus Halbzeug, wie die Doppelspitzbarren produziert zu haben. Insofern haben wir es mit unterschiedlichen Handelskreisläufen zu tun, in welchen sowohl Barren, als auch unraffiniertes Roheisen verhandelt wurden (siehe Berranger/Fluzin 2012; Bauvais/Fluzin 2013). Die Verhüttungsplätze bei Neuenbürg im Nordschwarzwald (Gassmann u. a. 2005; 2006) waren verkehrstechnisch am günstigsten zu Hochdorf gelegen, da das Eisen über die Enz hätte transportiert werden können. Wie die Untersuchungen von Eisenfunden aus der frühlatènezeitlichen Siedlung in Hochdorf zeigen, ist dies in späterer Zeit auch geschehen. Das eiserne Trägergestell des Sitzmöbels aus dem Grab ist jedoch eindeutig nicht mit dem Nordschwarzwald in Verbindung zu bringen. Weder die chemische Signatur, noch die Osmiumisotopenverhältnisse sind mit den Erzen des Nordschwarzwalds kompatibel und auch die zeitliche Einordnung der dortigen Anlagen ist jünger anzusetzen, als die Herstellung des Sitzmöbels (Gassmann u. a. 2006). Insofern ergeben sich mehrere hypothetische Möglichkeiten: So wurde neben der vermuteten lokalen Herstellung im Umfeld des Hohenaspergs gelegentlich auch die Meinung geäußert, dass die Sitzbank im süd- oder südostalpinen Raum hergestellt worden sein konnte (Krause 1996, 315). Stéphane Verger hat unlängst darauf hingewiesen, dass die Verzierungen der Rückenlehne im Stil der Golasecca Kultur gestaltet sind (Verger 2006), während die dargestellten Motive

6 Osmiumisotopenanalyse der verschiedenen Erzkategorien als Box-Whisker-Plot mit Median und Ausreißern. Die roten Punkte sind Eisenerzfunde aus der frühlatènezeitlichen Siedlung von Hochdorf, die schwarzen Punkte entsprechen den beiden Eisensorten des Trägergestells.

Dendrogramm



Dendrogramm



7 Ergebnisse der Clusteranalyse der Spurenelemente in den Schlackeneinschlüssen.

hingegen an der nördlichen Adria (Picenum) verbreitet sind. Insofern ist es naheliegend, die Herkunft in den Gebieten der Golasecca- und Este-Kulturen zu suchen. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt verfügen wir aber über keine Daten aus diesen Regionen und so wird es eine Aufgabe zukünftiger Forschung sein, die Untersuchungen entsprechend zu erweitern. Weiterhin ist eine Produktion einer der Eiseenhälften der Strebe auf der Schwäbischen Alb im Rahmen

der Analysendaten möglich, wenngleich unwahrscheinlich. Geht man von einer lokalen Herstellung aus, fehlt die mögliche Herkunft des Eisens der zweiten Hälfte und folgt man der stilistischen Einordnung einer Herstellung in Oberitalien, so müsste das Eisen von der Alb nach Italien exportiert worden sein, was kaum denkbar ist. So würde letztlich nur noch die Möglichkeit einer späteren Reparatur in Frage kommen, wofür es aber keine Anzeichen gibt.

LITERATUR

BAUVAIS/FLUZIN 2013

S. Bauvais/P. Fluzin, The Acquisition and Circulation of Iron Raw Material during Iron Age II in the North of the Paris Basin (France). In: J. Humphris/T. Rehren (Hrsg.), *The World of Iron* (London 2013) 322–328.

BERRANGER/FLUZIN 2012

M. Berranger/P. Fluzin, From raw iron to semi-product: Quality and circulation of materials during the Iron Age in France. *Archaeometry* 54/4, 2012, 664–684.

BIEL 1982

J. Biel, Ein Fürstengrabhügel der späten Hallstattzeit bei Eberdingen-Hochdorf. *Germania* 60/1, 1982, 61–104.

BRAUNS 2001

C.M. Brauns, A rapid, low-blank technique for the extraction of osmium from geological samples. *Chemical Geology* 176, 2001, 379–384.

BRAUNS U. A. 2013

M. Brauns/R. Schwab/G. Gassmann/G. Wieland/E. Pernicka, Provenance of Iron Age iron in Southern Germany: a new approach. *Journal Arch. Scien.* 40/2, 2013, 841–849.

COUSTURES U. A. 2003

M. P. Coustures/D. Beziat/F. Tollon/C. Dommargue/L. Long/A. Rebiscoul, The use of trace element analysis of entrapped slag inclusions to establish ore e bar iron links: examples from two Gallo-Roman iron-making sites in France (Les Martyrs, Montagne Noire and Les Ferrys, Loiret). *Archaeometry* 45/4, 2003, 599–613.

DESAULTY U. A. 2008

A.-M. Desaulty/C. Mariet/P. Dillmann/J. L. Joron/P. Fluzin, A provenance study of iron archaeological artefacts by inductively coupled plasma-mass spectrometry multi-elemental analysis. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy* 63/11, 2008, 1253–1262.

DILLMANN/L'HÉRITIER 2007

P. Dillmann/M. L'Héritier, Slag inclusion analyses for studying ferrous alloys employed in French medieval buildings: supply of materials and diffusion of smelting processes. *Journal Arch. Scien.* 34/11, 2007, 1810–1823.

DILLMANN U. A. 2017

P. Dillmann/R. Schwab/S. Bauvais/M. Brauns/A. Disser/S. Leroy/G. Gassmann/P. Fluzin, Circulation of iron products in the North-Alpine area during the end of the First Iron Age (6th–5th c. BC): a combination of chemical and isotopic approaches. *Journal Arch. Scien.* 87, 2017, 108–124.

DISSER U. A. 2014

A. Disser/P. Dillmann/C. Bourgain/M. L'Héritier/E. Vega/S. Bauvais/M. Leroy, Iron reinforcements in Beauvais and Metz Cathedrals: from bloomery or finery? The use of logistic regression for differentiating smelting processes. *Journal Arch. Scien.* 42/2, 2014, 315–333.

GASSMANN U. A. 2005

G. Gassmann/A. Hauptmann/C. Hübner/T. Ruthardt/Ü. Yalçın, Forschungen zur keltischen Eisenerzverhüttung in Südwestdeutschland. *Forsch. u. Ber. Vor- und Früh-*

gesch. Baden-Württemberg 92 (Stuttgart 2005).

GASSMANN U. A. 2006

G. Gassmann/M. Rösch/G. Wieland, Das Neuenbürger Erzrevier im Nordschwarzwald als Wirtschaftsraum während der Späthallstatt- und Frühlatènezeit. *Germania* 84/2, 2006, 273–305.

KRAUSSE 1996

D. Krause, Hochdorf III. Das Trink- und Speiseservice aus dem späthallstattzeitlichen Fürstengrab von Eberdingen-Hochdorf (Kr. Ludwigsburg). *Forsch. u. Ber. Vor- u. Frühgesch. Baden-Württemberg* 64 (Stuttgart 1996).

LEROY U. A. 2012

S. Leroy/S.X. Cohen/C. Verna/B. Gratuze/F. Tereygeol/P. Fluzin/L. Bertrand/P. Dillmann, The medieval iron market in Ariège (France). Multidisciplinary analytical approach and multivariate analyses. *Journal Arch. Scien.* 39/4, 2012, 1080–1093.

MODARRESSI-TEHRANI 2004

D. Modarressi-Tehrani, Ein Ensemble frühlatènezeitlicher Metallverarbeitung aus der Siedlung von Eberdingen-Hochdorf (Lkr. Ludwigsburg). *Metalla* 11/1, 2004, 1–148.

SCHWAB U. A. 2006

R. Schwab/D. Heger/B. Höppner/E. Pernicka, The Provenance of Iron Artefacts from Manching: A multitechnique Approach. *Archaeometry* 48/3, 2006, 431–450.

VERGER 2006

S. Verger, La grande tombe de Hochdorf, mise en scene funeraire d'un "cursus honorum" tribal hors pair. *Siris* 7, 2006, 5–44.

BILDNACHWEIS

Abb. 1: S. Bauvais. – Abb. 2–4, 6: R. Schwab. – Abb. 5: P. Dillmann/R. Schwab. – Abb. 7: P. Dillmann.

ZUSAMMENFASSUNG

Das eiserne Trägergestell wurde metallographisch hinsichtlich des konstruktiven Aufbaus und mit zwei unterschiedlichen Verfahren bezüglich der Herkunft des Eisens untersucht. Demnach wurde die Strebe aus zwei unterschiedlichen Stahlsorten verschweißt, für die es auf Grund der durchgeführten Analysen der Spurenelementzusammensetzung der Schlackeneinschlüsse und der Osmiumisotopenverhältnisse des Metalls zum gegenwärtigen Zeitpunkt keine gemeinsame Herkunft gibt. Da eine Metallhälfte der Strebe mit keinem der bekannten eisenzeitlichen Produktionszentren in Südwestdeutschland oder Ostfrankreich in Einklang zu bringen ist, kann es sich nur um importiertes Material handeln, weshalb eine lokale Produktion des Gestells unwahrscheinlich erscheint.

Schlagerworte: Metallographie, Osmiumisotopie, Schlackeneinschlüsse, Spurenelementanalyse

ABSTRACT

The iron support frame was examined metallographically, with regards to the structural design, and with two different methods regarding the origin of the iron. According to those examinations, the strut was welded from two different types of steel, for which there is currently no common origin identified, based on the analyses carried out of the trace element composition of the slag inclusions and the osmium isotope ratios of the metal. Since one half of the metal in the longwall cannot be reconciled with any of the known Iron Age production centres in south-west Germany or eastern France, that material can only be imported, which is making a local production of the frame unlikely.

Keywords: metallography, osmium isotopes, slag inclusions, trace element analysis

AUTORINNEN UND AUTOREN

Dr. Johanna Banck-Burgess
Landesamt für Denkmalpflege im
Regierungspräsidium Stuttgart
Referat 84.2
Berliner Straße 12
73728 Esslingen
johanna.banck-burgess@rps.bwl.de

Dr. Sylvain Bauvais
Laboratoire Archéomatériaux et Prévision
de l'Altération
LMC IRAMAT UMR5060 CNRS et NIMBE
UMR3685 CEA/CNRS
NIMBE/LAPA
CEA Saclay
91191 Gif sur Yvette Cedex
France
sylvain.bauvais@cea.fr

Dr. Elena Belgiovine
Archeosfera
Via Volontari del Sangue 202
20099 Sesto San Giovanni; Milano
Italy
info@archeosfera.com

Dr. Jörg Biel †

Markus Binggeli
Gaselstrasse 30
3098 Schliern bei Köniz
Schweiz
binggelim@sunrise.ch

Dr. Michael Brauns
Curt-Engelhorn-Zentrum Archäometrie
gGmbH
D6, 3
68159 Mannheim
michael.brauns@ceza.de

Dr. Daniele Capuzzo
Archeosfera
Via Volontari del Sangue 202
20099 Sesto San Giovanni; Milano
Italy
info@archeosfera.com

Dr. habil. Philippe Dillmann
Laboratoire Archéomatériaux et Prévision
de l'Altération
LMC IRAMAT UMR5060 CNRS et NIMBE
UMR3685 CEA/CNRS
NIMBE/LAPA
CEA Saclay
91191 Gif sur Yvette Cedex
France
philippe.dillmann@cea.fr

Dr. Alexandre Disser
Laboratoire Archéomatériaux et Prévision
de l'Altération
LMC IRAMAT UMR5060 CNRS et NIMBE
UMR3685 CEA/CNRS
NIMBE/LAPA
CEA Saclay
91191 Gif sur Yvette Cedex
France
alexandre.disser@cea.fr

Dr. Guntram Gassmann
Landesamt für Denkmalpflege im Regie-
rungspräsidium Stuttgart
Ref. 84.1 Projekt Altbergbau und Denkmal-
pflege
Berliner Str. 12
73728 Esslingen a. N.
guntram.gassmann@rps.bwl.de

Peter Heinrich †

Thomas Hoppe M. A.
Landesmuseum Württemberg
Altes Schloss
Schillerplatz 6
70173 Stuttgart
thomas.hoppe@landesmuseum-stuttgart.de

Dr. Erwin Keefer
Stuttgart
Erwin.Keefer@online.de

Dr. Esther Jaywon Lee
Dept. of Sociology, Anthropology and Social
Work
Box 41012
Texas Tech University
Lubbock, TX 79409-1012
USA
Esther.lee@ttu.edu

Dr. Stéphanie Leroy
Laboratoire Archéomatériaux et Prévision
de l'Altération
LMC IRAMAT UMR5060 CNRS et NIMBE
UMR3685 CEA/CNRS
NIMBE/LAPA
CEA Saclay
91191 Gif sur Yvette Cedex
France
stephanie.leroy@cea.fr

Wolfgang Löhlein M. A.
Finkenweg 10
79540 Lörrach
loehlein@III.A.de

Dr. Diana Modarressi-Tehrani
Deutsches Bergbau-Museum Bochum
Am Bergbaumuseum 28
44791 Bochum
diana.modarressi-tehrani@bergbaumuseum.
de

Prof. Dr. T. Douglas Price
3216 Conservancy Lane
Middleton WI USA 53562
tdprice@wisc.edu

Martin Schaich M.A.
ArcTron 3D - Vermessungstechnik &
Softwareentwicklung GmbH
Ringstraße 8
93177 Altenthann
info@arctron.de

Prof. Dr. Roland Schwab
Curt-Engelhorn-Zentrum Archaeometrie
gGmbH
D6, 3
68159 Mannheim
roland.schwab@ceza.de

Dr. Christoph Steffen
Landesamt für Denkmalpflege im
Regierungspräsidium Stuttgart
Referat 84.1
Berliner Str. 12
73728 Esslingen a. N.
christoph.steffen@rps.bwl.de

Prof. Dr. Joachim Wahl
Institut für Naturwissenschaftliche
Archäologie
Abt. Paläoanthropologie
Eberhard Karls-Universität Tübingen
Rümelinstraße 23
72070 Tübingen
Joachim.Wahl@uni-tuebingen.de

Ute Wolf
Stuttgart