

Frühbronzezeitlicher Ringschmuck und Randleistenbeile im Vergleich

Untersuchungen zur chemischen Zusammensetzung
mit der Hauptkomponentenanalyse

Von Knut Rassmann und Stephan Weinbruch

Schlagwörter: Mitteleuropa / Frühbronzezeit / Ringschmuck / Beile / Metalluntersuchungen / Deponierungen / Aunjetitzer Kultur / Chronologie / Werkstoffe

Keywords: Central Europe / Early Bronze Age / ring jewellery / axes / metal analysis / Únětice culture / chronology / raw materials

Mots-clés: Europe centrale / Bronze Ancien / parure annulaire / hâches / analyses de métaux / culture d'Únětice / chronologie / matériaux

Einleitung

Die Grundlage der vorliegenden Studie bilden chemische Analysen von einhundert frühbronzezeitlichen Hortfunden mit Ringschmuck und Randleistenbeilen aus dem nordöstlichen Mitteleuropa. Die Auswahl der beiden Objektgruppen ergab sich aus ihrer unterschiedlichen Funktion einerseits als Trachtschmuck und andererseits als Gerät bzw. Waffe. Die Auswertung ging der Frage nach, ob die Verschiedenartigkeit der Nutzung beider Objektgruppen Auswirkung auf die Materialzusammensetzung hat und diese sich im Verlauf der Frühbronzezeit veränderte. Die chemischen Analysen stammen aus dem Forschungsvorhaben „Frühe Metallurgie im zentralen Mitteleuropa“¹.

Die Auswertung der Daten erfolgt mit der Hauptkomponentenanalyse. Sie ermöglicht eine Reduktion der Dimensionen des Datensatzes und eröffnet somit den Blick auf die grundlegenden räumlichen und zeitlichen Variationen der chemischen Analysen der Randleistenbeile und des Ringschmucks.

Die hier gewählte Vorgehensweise unterscheidet sich von der bei der Auswertung der chemischen Analysen häufig angewandten Clusteranalyse, die ähnliche Einzelanalysen zu Gruppen zusammenfasst. Die dadurch erreichte Systematik besitzt Vorzüge bei der Ordnung und Beschreibung der Einzelphänomene, z. B. beim Verfolgen räumlicher und chronologischer Trends. Wenn es aber um das Erkennen von Grundstrukturen in den Daten geht, sind klassifikationsneutrale Verfahren wie die Hauptkomponenten- oder Faktoranalyse häufig effizienter.

Datengrundlage

Im frühbronzezeitlichen Fundstoff aus dem östlichen Mitteleuropa stammen die Metallfunde zum größten Teil aus Hortfunden der Aunjetitzer Kultur. Aus Ostdeutschland liegen

¹ Das Forschungsvorhaben wurde von der Volkswagenstiftung gefördert; vgl. LUTZ u. a. 1998, 41 f.

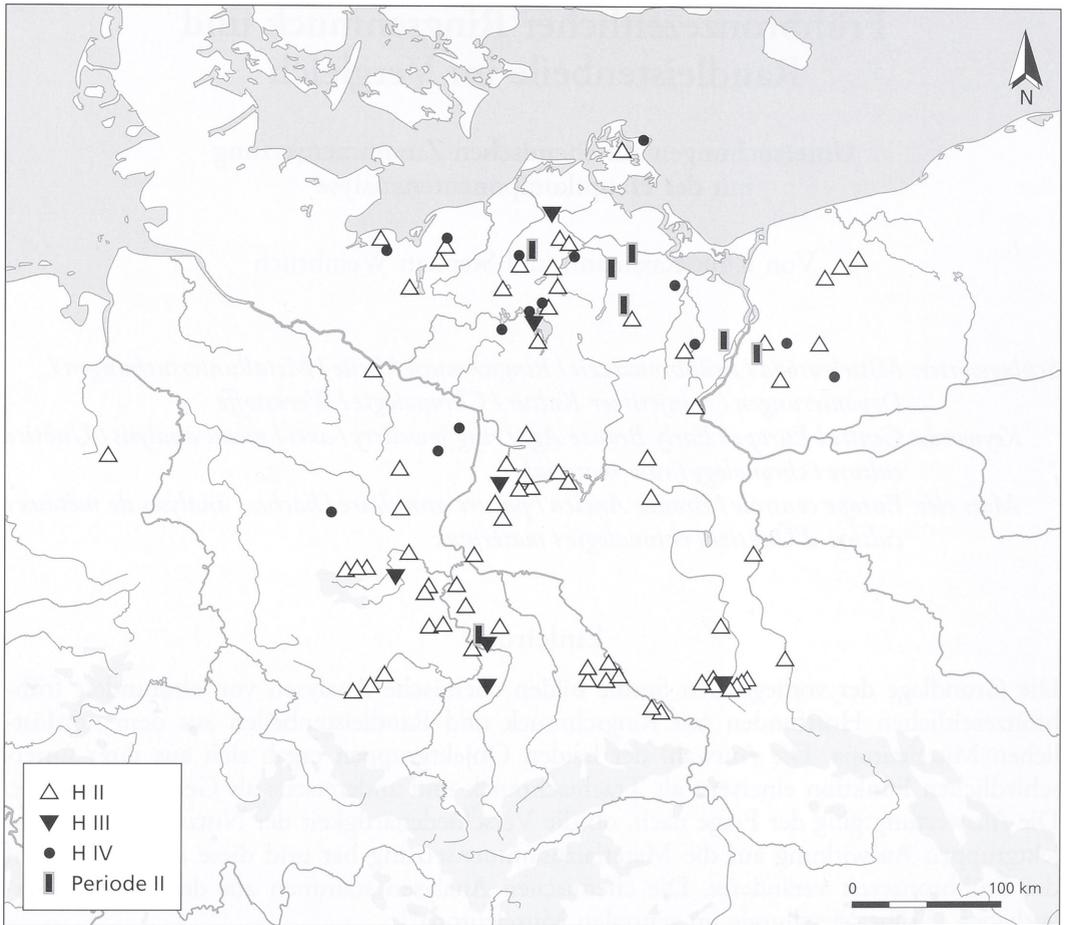


Abb. 1. Verbreitung der ausgewerteten frühbronzezeitlichen Hortfunde im östlichen Mitteleuropa.
– M. 1:5 000 000.

etwa 160 Fundkomplexe vor². Ähnlich beschaffen ist die Quellenlage in Böhmen. V. Moucha erfasste in seiner Studie 144 Hortfunde der Frühbronzezeit³. In dieser Region wie auch im nordöstlichen Alpenvorland und in Böhmen bestehen sie größtenteils aus Ringschmuck⁴. Er ist dagegen in den Hortfunden im östlichen Deutschland seltener, hier dominieren Randleistenbeile das Fundmaterial.

Im Forschungsvorhaben „Frühe Metallurgie im zentralen Mitteleuropa“ wurden 121 Hort- und 350 Einzelfunde chemisch untersucht⁵. Nur etwa 70 der chemisch untersuchten Metallgegenstände stammen aus Gräbern. Die geringe Anzahl spiegelt die Seltenheit von Metallbeigaben in Gräbern der Aunjetitzer Kultur. Für die vorliegenden Untersuchungen wurden einhundert Hortfunde mit Ringschmuck und Randleistenbeilen berücksichtigt, sie lieferten 533 Analysen von Ringschmuck und 466 von Randleistenbeilen (Abb. 1).

² BRUNN 1959; KERSTEN 1958; BREDDIN 1969; STEPHAN 1956; SCHUBART 1972; ZICH 1996.

³ MOUCHA 2005. – Ein Großteil der Funde wurde in den 1960er Jahren durch das SAM-Unternehmen untersucht.

⁴ BATH-BÍLKOVÁ 1973; KRENN-LEEB 2006.

⁵ Vgl. LUTZ u. a. 1998, 41–67.

Bemerkungen zum Stand der archäometallurgischen Forschung im östlichen Mitteleuropa

Bei der Auswertung der chemischen Analysen bildet ihre Systematisierung bzw. die Klassifikation den Ausgangspunkt. Ausgehend von der Definition von Materialgruppen gleichartiger Zusammensetzung wurde gewissermaßen eine Typologie von Kupfersorten erarbeitet. W. Witter und H. Otto unternahmen den Versuch die verschiedenen „Kupfersorten“ mit Lagerstätten zu verbinden⁶. Im Vorhaben „Studien zu den Anfängen der Metallurgie“ (SAM) wurden die „Materialgruppen“ weniger kleinräumig gedeutet und als Lagerstättenregionen diskutiert. Dafür wurden die erarbeiteten Materialgruppen quantitativ kartiert und die voneinander abweichenden Verbreitungsmuster mit ihren sich abzeichnenden unterschiedlichen Schwerpunkten gedeutet. Methodisch innovativ waren dabei quantitative Kartierungen mit Isohypsenkarten⁷. Die Diskussion der chemischen Analysen entzündete sich von den 1960er bis zu den 1980er Jahren vor allem an den von der SAM-Forschergruppe definierten Materialgruppen. Ein unbefangener Blick auf die Materialgruppen des Stuttgarter Stammbaums zeigt jedoch, dass neben fragwürdigen Materialgruppen eine große Anzahl der Kritik standhält. Offenbar fokussierte sich dabei die Debatte der 1960er und 1970er Jahre zu sehr auf die Schwachstellen der Stuttgarter Gliederungsversuche. Den Kritikern ist vorzuwerfen, dass sie übersahen, wie gering die Auswirkungen der Fehlklassifikation auf die modellhaften Überlegungen der SAM-Gruppe waren. Es ist das Verdienst von E. Pernicka, die Diskussion um die SAM-Analysen und die daraus abgeleiteten Materialgruppen um eine ausgewogene, kritische Perspektive bereichert zu haben⁸. Die Auswertung der chemischen Analysen hat sich vor allem seit den 1990er Jahren von der Lagerstättenfrage gelöst. Stärker beachtet wurden die Übereinstimmungen zwischen archäologisch-typologischen Strukturen und Materialgruppen und ihre zeitlichen und räumlichen Muster⁹. Dabei gelang es, aus prägnanten Verbreitungsschwerpunkten Lagerstättenregionen abzuleiten¹⁰. Neue Erkenntnisse erwachsen auch aus der Detailanalyse ausgewählter Objektgruppen wie Ösenhalsringe und Randleistenbeile und aus der stärkeren Gewichtung der archäometallurgisch-materialtechnischen Perspektive¹¹.

Zeitliche Gliederung des Fundmaterials

Randleistenbeile und Ringschmuck liegen aus allen Zeitabschnitten der Frühbronzezeit vor (Abb. 2). Die zeitliche Spannweite eröffnet die Möglichkeit, die Veränderungen der Metallurgie über einen Zeitraum von etwa 600 Jahren zu verfolgen. Die zeitliche Gliederung der Metallfunde folgt mit kleinen Veränderungen der von R. Krause vorgestellten Untergliederung der Frühbronzezeit in vier Zeitstufen: 1. Horizont II (Periode IA), 2. Horizont III (späte Periode IA / frühe Periode IB), 3. Horizont IV (Periode IB) und 4. Periode IIA¹². Bei der Datierung der Metallfunde innerhalb der Frühbronzezeit sind jedoch Unschärfen unvermeidlich; das trifft auch auf Einzelfunde zu, die aus diesem Grund keine Berücksichtigung fanden¹³. Neben den typologischen Merkmalen liefert auch die chemische Zusammensetzung der Metallobjekte Hinweise, da die Diversität von Typen in den Hortfunden

⁶ OTTO / WITTER 1952, 21 ff.

⁷ JUNGHANS U. A. 1968, Band 2, Karten 1–81.

⁸ Vgl. PERNICKA 1984, 98.

⁹ Vgl. KRAUSE 2003; SCHWENZER 2004.

¹⁰ RASSMANN 2005, 469.

¹¹ JUNK 2003; KIENLIN U. A. 2004.

¹² KRAUSE 2003, 84 Abb. 34; RASSMANN 2005, 464 Abb. 1.

¹³ Zur chronologischen Ordnung der Hortfunde vgl. zusammenfassend RASSMANN 1993, 48 ff.; 2005, 463 f.

v. Chr.	Krause 2003	Aunjetitzer Kulturbereich	Zich 1993	Willroth 2003		Ruckdeschel 1978	Möslein 1997	v. Chr.
				Nordost-D.	Nordwest-D.			
1500								1500
1600				Periode IIA	Wohlde-Stufe	A2c	FB IIIb	1600
1700	H IV	H IV	5					1700
1800		Kläden		Periode IB	Sögel-Stufe	A2b	FB IIIa	1800
1900	H III	Helmsdorf						1900
2000		Leubingen	4			A2a	FB IIb	2000
2100	H II	Melz II	3	Periode IA	Spätneolithikum	A1b	FB IIa	2100
2200		Kyhna						2200
	H I	Gross Schwechten	2		Spätneolithikum	A1a	FB I	2200
			1					

Abb. 2. Modell der chronologischen Gliederung der Frühbronzezeit und die zeitliche Stellung ausgewählter Hortfunde.

häufig mit einer unterschiedlichen chemischen Zusammensetzung der Objekte einhergeht. Diese Merkmale lassen sich analog der Seriation über die Häufigkeit des Vorkommens von Typen mittels Korrespondenzanalyse auswerten. Bei der Definition der für Korrespondenzanalyse verwendeten Materialgruppen wurde der Zinngehalt nicht berücksichtigt¹⁴. Als Ergebnis der Korrespondenzanalyse zeigt sich ein Bild, das sich weitgehend mit der typochronologischen Abfolge der Hortfunde in die Horizonte II, III und IV deckt. Einzig die Trennung zwischen den Hortfunden des Horizontes IV und der Periode II ist allein auf Grundlage der chemischen Signatur nicht möglich (Abb. 3). Unschärfen bestehen auch bei der Datierung von Hortfunden mit Ringschmuck der Horizonte III und IV. Hier bedarf es zukünftig weiterer Detailstudien. Die Datierungsansätze für die berücksichtigten Hortfunde aus dem östlichen Mitteleuropa sind aus der *Tabelle 1* ersichtlich.

Methodische Bemerkungen

Die chemische Zusammensetzung der Artefakte wurde der Datenbank des Forschungsvorhabens „Frühe Metallurgie im zentralen Mitteleuropa“ entnommen¹⁵. Sie enthält die Konzentrationen der Elemente Kupfer, Zinn, Arsen, Silber, Nickel, Wismut, Blei, Zink, Au, Kobalt und Eisen. Die Metallanalysen wurden mit Hilfe der Hauptkomponentenanalyse (principal component analysis / PCA) ausgewertet. Die mathematischen Grundlagen der Hauptkomponentenanalyse (im folgenden PCA) sollen an dieser Stelle nicht erläutert werden. Sie finden sich in zahlreichen Lehrbüchern der Statistik¹⁶. In der vorliegenden Arbeit

¹⁴ Vgl. RASSMANN 2010.

¹⁶ HARTUNG / ELPALT 1999; LE MAITRE 1982.

¹⁵ Vorlage der Daten erstmals bei KRAUSE 2003. – Eine webbasierte Publikation befindet sich in Vorbereitung.

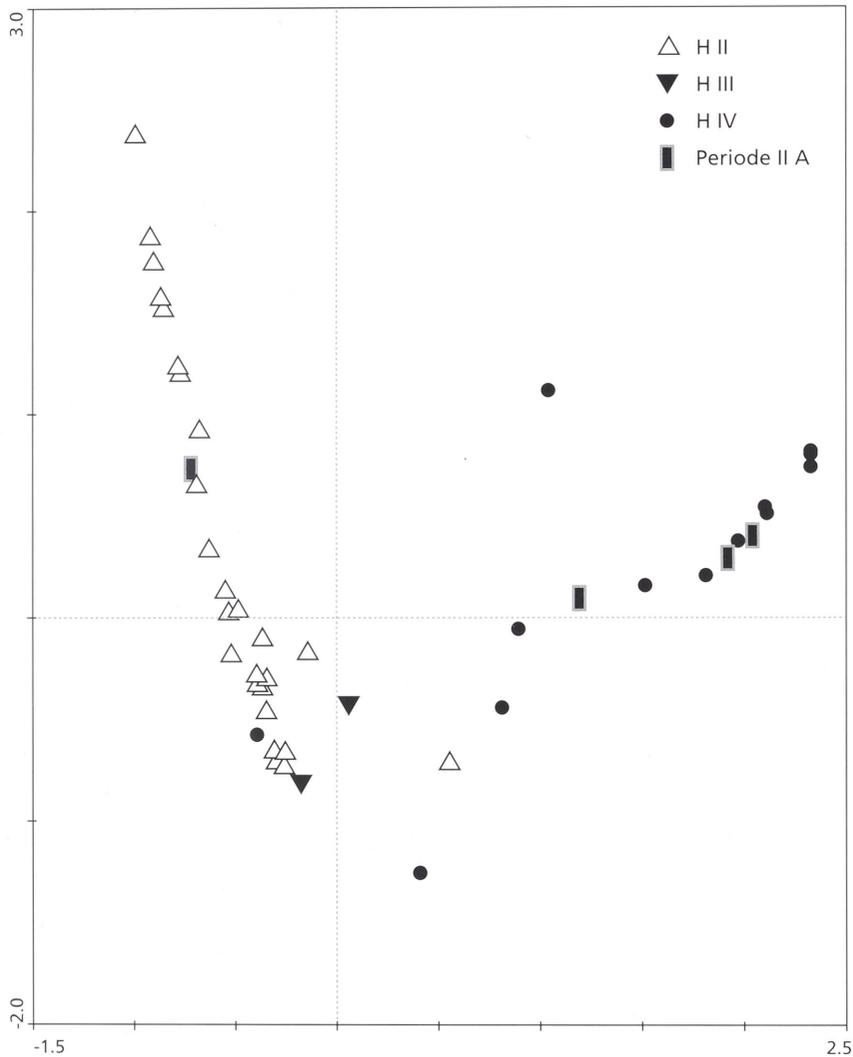


Abb. 3. Korrespondenzanalyse frühbronzezeitlicher Hortfunde aus dem östlichen Mitteleuropa unter Berücksichtigung der klassifizierte Materialgruppen. Berücksichtigt wurden Hortfunde mit fünf und mehr Analysen (vgl. *Tab. 1*).

Fundort, Bundesland / Land	Nachweis	Datierung
1 Babin (Babbin), PL	KERSTEN 1958, 64 Nr. 619	Per. II
2 Bautzen, SN	BRUNN 1959, 54	H. II
3 Bebertal-Dönstedt, ST	BRUNN 1959, 54	H. II
4 Bernburg und Köthen, ST	BRUNN 1959, 54	H. II
5 Brandenburg-Kirchmöser, BB	BRUNN 1959, 55	H. II
6 Bresinchen, BB	BREDDIN 1969, 15 ff.	H. II
7 Brudzewice, PL	ZICH 1996, 553 L16	H. II
8 Buschow, BB	RASSMANN 1993, 230 Nr. 3885	H. II

Tab. 1. Ausgewertete frühbronzezeitliche Hortfunde aus dem nordöstlichen Mitteleuropa.

	Fundort, Bundesland / Land	Nachweis	Datierung
9	Coblenz, SN	BRUNN 1959, 55	H. II
10	Cunnersdorf, SN	NEUGEBAUER / BILLIG 1961, 70 f.	H. II
11	Dederstedt, ST	BRUNN 1959, 55	H. II
12	Derenburg, ST	BRUNN 1959, 55	H. II
13	Dresden-Prohlis, SN	BRUNN 1959, 56	H. II
14	Ebendörfel OT Groß Postwitz, SN	BRUNN 1959, 58	H. II
15	Elstal, BB	RASSMANN 1993, 231 Nr. 3894	H. II
16	Falkenwalde, BB	HAGEN 1926, 358 ff.	H. II
17	Faulenrost, MV	SCHOKNECHT 1986, 39 ff.	H. II
18	Ferdinandshof, MV	KERSTEN 1958, 43 Nr. 423	H. IV
19	Giersleben, ST	BRUNN 1959, 57	H. II
20	Glasin 2, MV	SCHUBART 1972, 65, 101 Nr. 90	H. II
21	Göda OT Birkau, SN	BRUNN 1959, 57	H. II
22	Griefstedt, TH	BRUNN 1959, 57	H. II
23	Gröbers OT Bennewitz, ST	BRUNN 1959, 57	H. III
24	Groß Wüstenfelde, MV	SCHUBART 1972, 131 Nr. 229	H. IV
25	Großhänchen, SN	BRUNN 1959, 58	II
26	Halberstadt (Spiegelsberge), ST	BRUNN 1959, 58	II
27	Hausneindorf, ST	BRUNN 1959, 59	H. III
28	Hemsloh, NI	HANNOVER 301:37	H. II
29	Herbsleben, TH	BRUNN 1959, 60	H. II
30	Hinrichshagen, MV	SCHUBART 1972, 13, 44, 50, 110 Nr. 124	H. II
31	Hof Redentin, MV	SCHUBART 1972, 143 Nr. 278	H. IV
32	Hoyerswerda (Umgebung), SN	BRUNN 1959, 60	H. II
33	Karow, ST	BRUNN 1959, 60 f.	H. II
34	Kiebitz, SN	BRUNN 1959, 61	H. II
35	Kläden, ST	BRUNN 1959, 61	H. IV
36	Klein Warin, MV	SCHUBART 1972, 116 Nr. 159	H. II
37	Klempenow, MV	KERSTEN 1958, 37 Nr. 352	Per. II
38	Kleßen, BB	RASSMANN 1993, 233 Nr. 3931	H. II
39	Kluczewo (Klützw), PL	KERSTEN 1958, 67 Nr. 645	H. IV
40	Kyhna, SN	COBLENZ 1986, 37 ff.	H. II
41	Langen, BB	RASSMANN 1993, 233 Nr. 3939	H. II
42	Langen Trechow, MV	SCHUBART 1972, 119 Nr. 176	H. II
43	Langenstein, ST	BRUNN 1959, 62	H. II
44	Lekowo (Leckow), PL	ZICH 1996, 546 L 45	H. II
45	Lunow, BB	RASSMANN 1993, 234 Nr. 3950	H. II
46	Lunow, BB	RASSMANN 1993, 234 Nr. 3949	H. II
47	Malchin-Pisede, MV	SCHUBART 1972, 125 Nr. 199	H. II
48	Maliniec, PL	ZICH 1996, 546 L 50	H. II
49	Marwedel, NI	LAUX 2000, 34 Nr. 57, 41 Nr. 93, 46 f. Nr. 130–132, 48 f. Nr. 146–147	H. II
50	Mehringen, TH	BRUNN 1959, 62	H. II
51	Meineweh, ST	BRUNN 1959, 62	H. II
52	Melz 1, MV	SCHULDIT 1953, 45 ff.	H. II
53	Mistorf, MV	SCHUBART 1972, 128 Nr. 212	H. IV
54	Moisselbritz, MV	KERSTEN 1958, 15 Nr. 62	H. II

Tab. 1. Fortsetzung.

Fundort, Bundesland / Land	Nachweis	Datierung
55 Möllen, MV	SCHUBART 1972, 128 Nr. 213	H. II
56 Mönchsberg, BB	ALM Brandenburg, ehem. Slg. Nerling	H. II
57 Nadelwitz b. Baschütz, MV	BRUNN 1959, 54	H. II
58 Neubauhof, MV	SCHUBART 1972, 129 f. Nr. 219	H. II
59 Nieder Neundorf, SN	BRUNN 1959, 64	H. II
60 Niederlehme, BB	RASSMANN 1993, 235 Nr. 3977	H. II
61 Nipmerow, MV	KERSTEN 1958, 16 Nr. 78	H. IV
62 Orlishausen, TH	BRUNN 1959, 64	H. II
63 Ostro, SN	BRUNN 1959, 65	H. III
64 Pegau OT Carsdorf, ST	BRUNN 1959, 65	H. III
65 Phöben, BB	RASSMANN 1993, 235 Nr. 3984	H. II
66 Pölit, MV	SCHUBART 1972, 138 Nr. 256	H. IV
67 Preetzen, MV	KERSTEN 1958, 41 Nr. 397	Per. II
68 Quitzenow, MV	SCHUBART 1972, 141 Nr. 269	H. III
69 Rathenow, BB	RASSMANN 1993, 236 Nr. 3999–4002	H. II
70 Reideburg b. Halle, ST	BRUNN 1959, 65	Per. II
71 Riesa, SN	BRUNN 1959, 65 f.	H. II
72 Rosow, PL	KERSTEN 1958, 49 Nr. 490	Per. II
73 Roßdorf, ST	ZICH 1996, 407 D 396	H. III
74 Rühlow, MV	SCHUBART 1972, 14, 29, 32, 49, 66, 148 Nr. 295	Per. II
75 Schkopau, ST	BRUNN 1959, 66	H. II
76 Schleinitz, ST	BRUNN 1959, 66 f.	H. II
77 Schmölln, BB	RASSMAN 1993, 237 Nr. 4013	H. IV
78 Schönfeld, MV	KERSTEN 1958, 38 Nr. 361	H. IV
79 Schwaan, MV	SCHUBART 1972, 151 Nr. 306	H. II
80 Schwerin, MV	SCHUBART 1972, 152 Nr. 309	H. II
81 Schweta, SN	BRUNN 1959, 67	H. II
82 Spittwitz, SN	BRUNN 1959, 67	H. II
83 Stare Czarnowo (Neumark), PL	ZICH 1996, 545 L 95	H. II
84 Stargordt (Starogard), PL	ZICH 1996, 549 L 97	H. II
85 Stubbendorf, MV	SCHUBART 1972, 13, 48, 53, 65, 160 Nr. 329	H. II
86 Tieckow, BB	RASSMANN 1993, 238 Nr. 4040	H. II
87 Trebbichau, ST	BRUNN 1959, 68	H. II
88 Tuchheim, ST	BRUNN 1959, 68	H. II
89 Twietfort, MV	KEILING 1981, 52 ff.	H. IV
90 Unterrifsdorf, ST	BRUNN 1959, 68	H. II
91 Veltheim, NI	LAUX 2000, 31 Nr. 28, 32 Nr. 36, 44, 45	H. IV
92 Vielist, MV	SCHUBART 1972, 167 Nr. 349	H. IV
93 Waren, MV	SCHUBART 1972, 51, 52, 65, 68, 169 Nr. 361	H. II
94 Wendhof, MV	SCHUBART 1972, 172 Nr. 373	H. IV
95 Westeregeln, ST	ZICH 1996, 417 D 552–553	H. II
96 Wolczyno (Völzin), PL	ZICH 1996, 550 L 111	H. II
97 Wotrum, MV	SCHUBART 1972, 175 Nr. 385	H. II
98 Wurschen, SN	BRUNN 1959, 69	H. II
99 Zehren, SN	BRUNN 1959, 69	H. II
100 Zierzow, MV	SCHUBART 1972, 179 Nr. 399	H. H. III

Tab. 1. Fortsetzung.

wird die PCA eingesetzt, um die zwölfdimensionale Datenstruktur (Anzahl der gemessenen chemischen Elemente) auf eine deutlich geringere Anzahl von untereinander unkorrelierten Komponenten zurückzuführen, die den wesentlichen Teil der Varianz der Zusammensetzung der Artefakte erklären können. Der Vorteil der PCA ist, dass dem Verfahren keine Modellannahmen zu Grunde liegen. Die inhaltliche Interpretation der gefundenen Komponenten ist im Gegensatz zur Faktorenanalyse normalerweise nicht das Ziel der PCA. Sie zeigt welche Elemente miteinander korrelieren und erlaubt rasch einen Überblick über die Struktur der Daten. Die PCA öffnet somit die Perspektive auf die räumliche und zeitliche Variation der Metallzusammensetzung in den untersuchten Objektgruppen. Diese Strukturen werden in der Regel bei zahlreichen Daten erst durch eine Reduktion auf die wesentlichen Komponenten sichtbar. Die von uns gewählte Herangehensweise steht damit diametral dem klassifizierenden Ansatz gegenüber, bei dem man durch Einbeziehung möglichst vieler chemischer Elemente zu einer klaren Trennung der Objekte in Gruppen gelangen möchte¹⁷.

Die PCA wurde mit dem Programmpaket CANOCO durchgeführt¹⁸. Hierbei wurden unskalierte Daten verwendet, d. h. die Hauptkomponenten wurden aus der Kovarianzmatrix berechnet. In diesem Fall wird die Variation der Elemente Zinn, Arsen, Nickel, Silber, Antimon besonders stark berücksichtigt, die Variation von Blei, Zink, Cobalt, Gold, Bismut und Eisen hat dagegen nur einen untergeordneten Einfluss. Falls man allen Variablen die gleiche Bedeutung zubilligt, muss die PCA mit skalierten Variablen durchgeführt werden. In diesem Fall werden die Hauptkomponenten aus der Korrelationsmatrix berechnet, die Varianz wäre in diesem Fall für alle Variablen gleich 1.

Wir haben uns im vorliegenden Beitrag für die Verwendung unskalierter Variablen entschlossen, um eine möglichst einfache Reproduktion der Datenstruktur zu erhalten. Die Verwendung skaliert Variablen hätte zu wesentlich komplexeren Hauptkomponenten geführt, die die Interpretation der räumlichen und zeitlichen Muster erschweren würden.

Somit stellt die von uns durchgeführte Analyse lediglich eine andere Art der Datendarstellung dar. Das Element Kupfer wurde bei der Analyse nicht berücksichtigt, da es sich bei den Bronzeartefakten um Kupferlegierungen handelt und somit die Varianz bei diesem Element am größten ist. Bei Einbeziehung von Kupfer ergäbe sich das für Kupferlegierungen triviale Ergebnis, dass die erste Hauptkomponente vom Element Kupfer dominiert ist.

Ergebnisse der Hauptkomponentenanalyse für Randleistenbeile

In einem ersten Schritt wurden die Analysen nach Objektgruppen zusammengefasst und analysiert. Zunächst werden die Randleistenbeile betrachtet. Die einleitenden Bemerkungen machten bereits auf ein grundsätzliches Problem aufmerksam. Bei der Betrachtung der chemischen Analysen ist zu berücksichtigen, dass die ausgewerteten Daten einen Zeitraum von ca. 600 Jahren widerspiegeln. Dabei werden die Randleistenbeile drei frühbronzezeitlichen Horizonten zugewiesen und zusätzlich die Hortfunde der Periode II einbezogen (Abb. 4)¹⁹. In *Tabelle 1* sind die Eigenvektoren der ersten vier Hauptkomponenten und die durch sie erklärte Varianz gezeigt.

Die erste und zweite Hauptkomponente erklären zusammen fast 98 % der Varianz der Zusammensetzung, so dass sich die Diskussion auf sie beschränken kann. Die erste Haupt-

¹⁷ Im Unterschied dazu vgl. CHRISTOFIRIDIS / PER-NICKA 1988.

¹⁸ BRAAK / SMILAUER 2002.

¹⁹ Vgl. RASSMANN 2005, 470 Abb. 4.

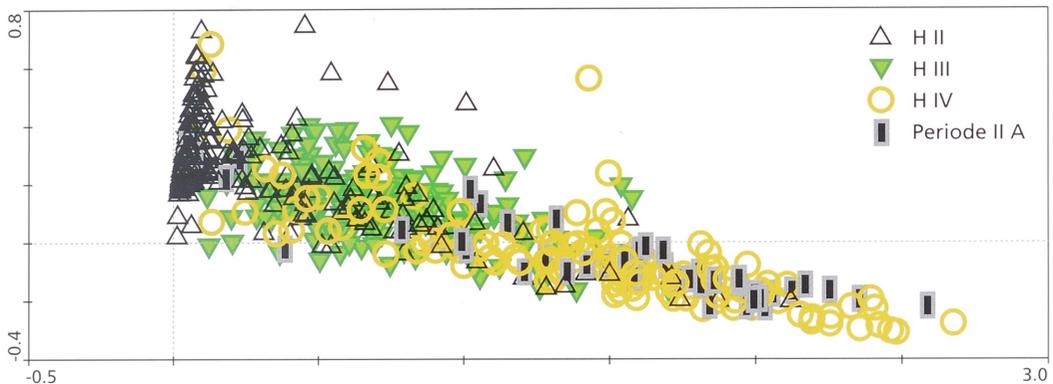


Abb. 4. Graphische Darstellung der Faktorwerte (Eigenvektor 1 und 2) für Randleistenbeile.

komponente wird im Wesentlichen durch das Element Zinn bestimmt, die zweite durch die Elemente Arsen, Silber und Antimon und untergeordnet Nickel. Die starke Korrelation der Elemente Arsen und Antimon kann als Fahlerzkomponente gedeutet werden. Die dritte Hauptkomponente wird durch das Element Nickel bestimmt, sie trägt jedoch nur noch zu etwa 1,2 % der Varianz bei.

Bei der Betrachtung der ersten und zweiten Hauptkomponente (Abb. 4) ist erkennbar, dass sich Randleistenbeile der Horizonte II (2200–2000 v. Chr.), III (2000–1850 v. Chr.) und IV (1850–1700 v. Chr.) deutlich unterscheiden.

Die erste Hauptkomponente wird, wie bereits erwähnt, durch das Element Zinn bestimmt. Die Analysen des Horizontes II liegen eng beieinander, was auf einen einheitlich niedrigen Zinngehalt zurückzuführen ist. Dagegen streuen im Horizont III die Werte, was auf unterschiedlich hohe Zinngehalte hindeutet. Für den Horizont IV und die Periode II sind die Werte, bedingt durch hohe Zinngehalte, einheitlich. Die Streuung der Werte im Horizont III, verursacht durch die variablen Zinngehalte lassen erschließen, dass sich im Horizont III der Übergang zum regelhaften Einsatz der Zinnbronze vollzog. Im Horizont IV und in der Periode II ist sie dann bei den Randleistenbeilen Standard (Abb. 4). Gleichfalls zu beobachten ist die Abnahme der Nebenelemente Arsen, Silber und Antimon (2. Hauptkomponente) im Verlauf der jüngeren Frühbronzezeit. Dieser Vorgang wird wahrscheinlich durch die Ablösung der Fahlerze durch andere Kupfererze (z. B. Kupferkies) am Ende der Frühbronzezeit ausgelöst. Beide Trends, die Zunahme von Zinn und die Abnahme der Nebenelemente, sind seit langem bekannt²⁰. Die Auswertung macht jedoch deutlich, wie stark beide Entwicklungen miteinander verwoben sind, und dass sich im Horizont III (etwa 2000–1850 v. Chr.) die entscheidenden Veränderungen vollzogen.

Ergebnisse der Hauptkomponentenanalyse für Ringschmuck

Es stellt sich die Frage, ob die bei den Randleistenbeilen sichtbaren Trends sich in gleicher Weise beim Ringschmuck zeigen. Anders als die zumindest innerhalb der einzelnen Zeitstufen typologisch uniformen Randleistenbeile ist der Ringschmuck vielgestaltiger. Eine ins Detail gehende Untersuchung, ob die verschiedenen Typen sich auch in ihrer chemischen Zusammensetzung ähneln, kann hier nicht erfolgen. In Tabelle 3 sind die Ergebnisse der Hauptkomponentenanalyse für den Ringschmuck dargestellt.

²⁰ Vgl. SPINDLER 1971; SPERBER 2004.

	Eigenvektoren			
	1. HK	2. HK	3. HK	4. HK
SN	3.2154	-0.2027	-0.0180	-0.0236
AS	0.3055	0.8150	-0.1823	0.1030
AG	0.1530	0.8346	-0.3628	-0.0027
SB	0.1927	0.9504	-0.0466	-0.0483
NI	0.1733	0.4951	0.9981	-0.0765
BI	0.0086	0.0258	-0.0273	0.0066
PB	0.0667	-0.0034	0.0915	1.0012
ZN	0.0530	0.0845	-0.0200	0.0019
AU	0.0055	0.0089	-0.0022	0.0001
CO	0.0074	0.0165	0.0265	-0.0002
FE	0.0383	0.0405	0.0046	0.0106
Varianz (%)	91.67	5.42	1.14	0.086

Tab. 2. Eigenvektoren und erklärte Varianz (in %) der ersten vier Hauptkomponenten der Randleistenbeile (2200–1550 v. Chr.).

	Eigenvektoren			
	1. HK	2. HK	3. HK	4. HK
SN	3.0807	-0.2828	-0.0139	-0.0257
AS	0.2565	1.2195	-0.7425	-0.0192
AG	0.1568	0.8341	-0.1855	-0.0130
SB	0.2392	1.4071	0.3614	0.0053
NI	0.1664	0.5131	1.0758	0.0138
BI	0.0087	0.0559	-0.0620	-0.0024
PB	0.0703	0.0093	-0.0289	1.1597
ZN	0.0385	0.0776	-0.0151	0.0152
AU	0.0038	0.0078	-0.0014	0.0007
CO	0.0085	0.0278	0.0516	0.0011
FE	0.0264	0.0455	-0.0164	0.0131
Varianz (%)	77.33	16.87	2.93	1.50

Tab. 3. Eigenvektoren und erklärte Varianz (in %) der ersten vier Hauptkomponenten des Ringschmucks (2200–1550 v. Chr.).

Die erste Hauptkomponente wird wie bei den Randleistenbeilen durch das Element Zinn dominiert, jedoch erklärt diese etwa 77 % der Varianz (Tab. 3). Ebenso ähnelt die zweite Hauptkomponente des Ringschmucks der der Randleistenbeile (sie wird durch die Elemente Arsen, Silber, Antimon geprägt) und erklärt mit ungefähr 17 % einen deutlichen größeren Anteil der Varianz im Vergleich zu den Randleistenbeilen. Die dritte Hauptkomponente wird auch vom Element Nickel dominiert, sie umfaßt wiederum nur einen geringen Anteil der Varianz (2,8 %).

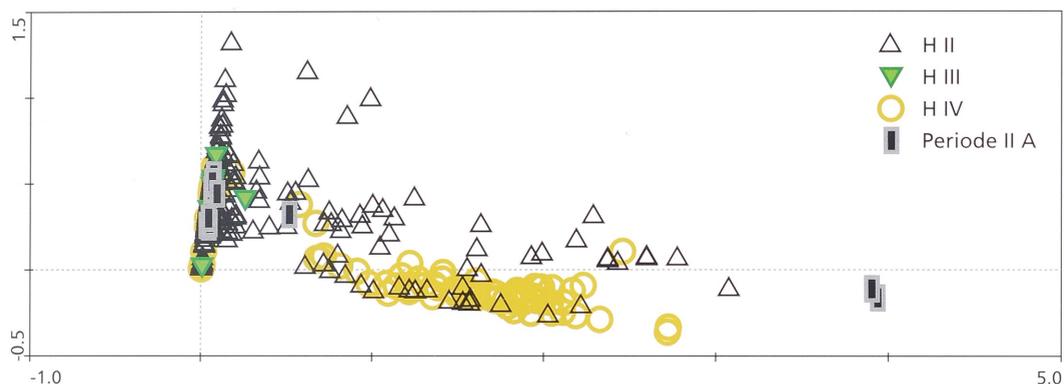


Abb. 5. Graphische Darstellung der Faktorwerte (Eigenvektor 1 und 2) für Ringschmuck.

Betrachtet man die zeitliche Entwicklung der chemischen Zusammensetzung, so treten deutliche Unterschiede im Vergleich zu den Randleistenbeilen hervor. Bereits im Horizont II ist die chemische Zusammensetzung sehr unterschiedlich. Neben überwiegend niedrigen Zinnanteilen, weisen zahlreiche Ringe Zinngehalte von über 4 % auf (Abb. 5). Im Unterschied zu den Randleistenbeilen zeigt sich auch im Horizont IV eine hohe Variabilität, da auch in diesen Horizont Ringe ohne Zinn auftreten. Es wird deutlich, dass der Prozess einer Standardisierung der Zinnbronze in den jüngeren Perioden, wie er bei den Randleistenbeilen auftritt, beim Ringschmuck nicht zu beobachten ist.

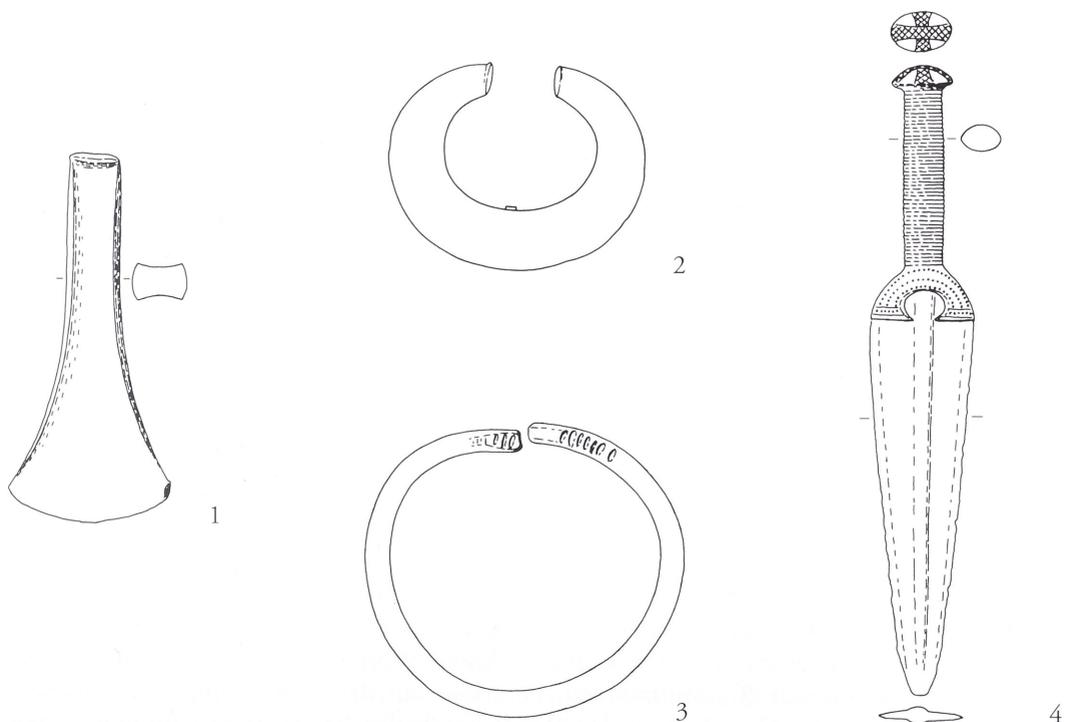


Abb. 6. Hortfund Horizont II: Faulenrost, Lkr. Mecklenburgische Seenplatte, Mecklenburg-Vorpommern (D). Kupfer / Bronze. – M. 1:3.

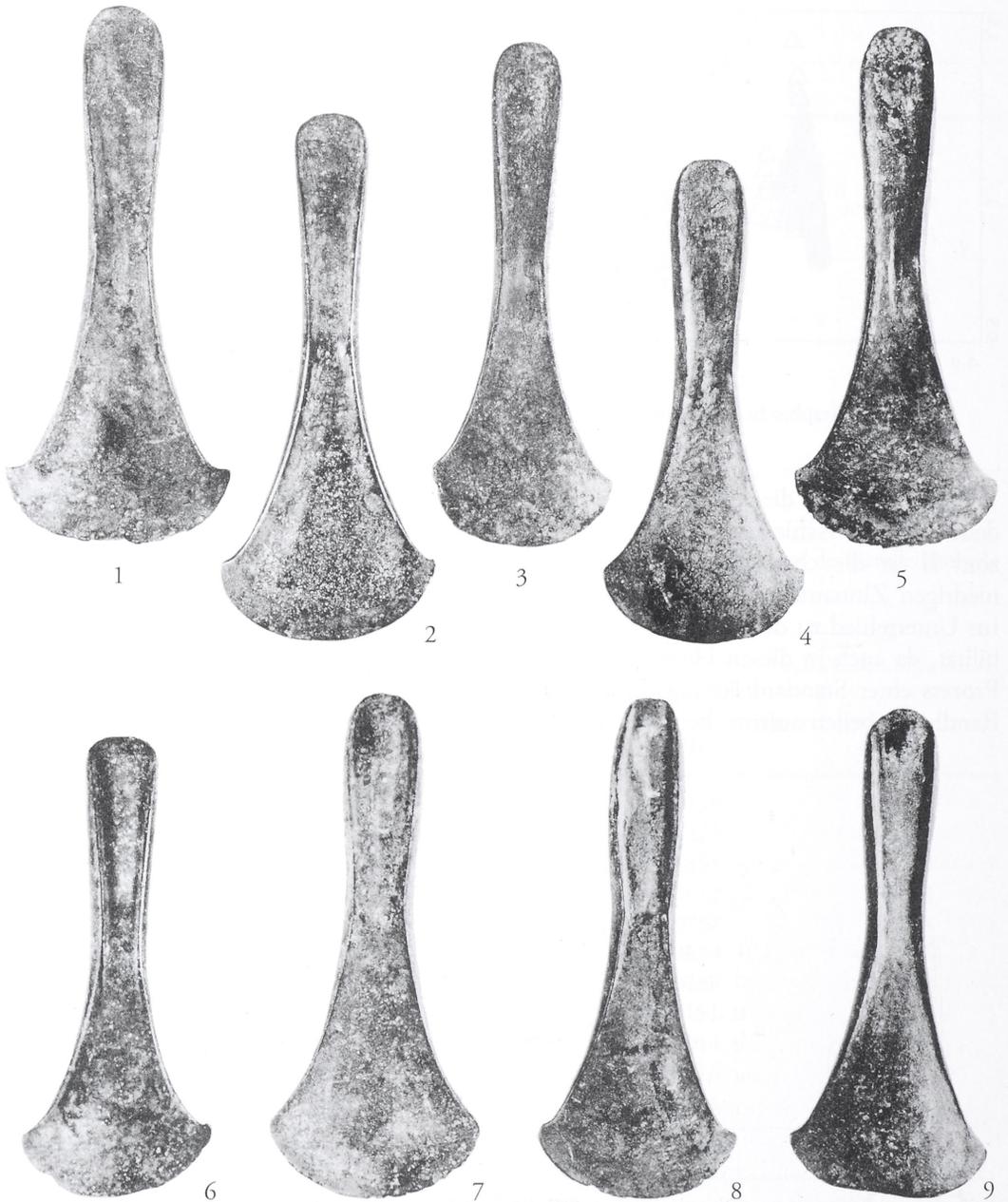


Abb. 7. Hortfund Horizont III: Pegau, Lkr. Leipzig, Sachsen (D). Kupfer / Bronze. – M. 1:2.

Neben den variablen Zinngehalten beim Ringschmuck in den Horizonten II, IV und der frühen Periode II zeigen auch die Elemente Arsen, Silber und Antimon (zweite Hauptkomponente) wechselnde Konzentrationen. Dies lässt auf die Verwendung von Fahlerzen beim Ringschmuck (im Gegensatz zu den Randleistenbeilen) in der späten Frühbronzezeit schließen. Noch in Hortfunden der frühen Periode II wie Babbín (Polen) oder Preetzen (Mecklenburg-Vorpommern) finden sich Objekte aus Fahlerz (vgl. *Tab. 1*).

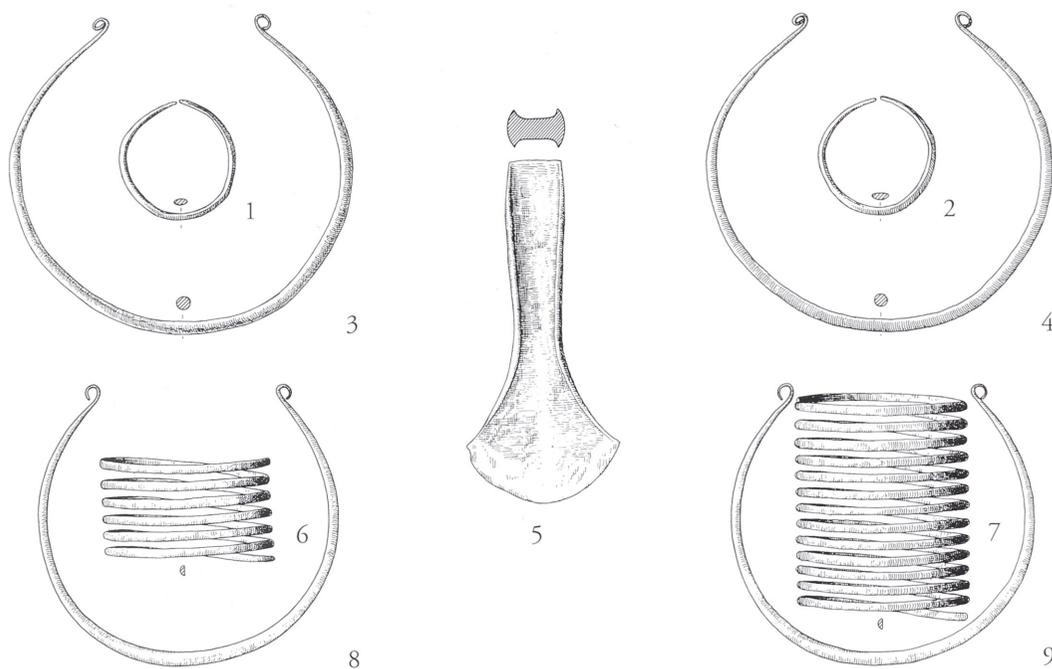


Abb. 8. Hortfund Horizont IV: Vielist, Lkr. Mecklenburgische Seenplatte, Mecklenburg-Vorpommern (D).
Kupfer / Bronze. – M. 1:3.

Vergleich der sich verändernden Zusammensetzung von Randleistenbeilen und Ringschmuck im Verlauf der Frühbronzezeit

Der Vergleich der chemischen Zusammensetzung von Ringschmuck und Randleistenbeilen führt zu dem wesentlichen Ergebnis, dass der Einsatz von Zinn für die Herstellung von Prestigewaffen, Ringschmuck und Beilklingen mit unterschiedlicher Intensität und wahrscheinlich auch abweichenden Intentionen erfolgte. Im Horizont II besitzen die Ringe in der Regel höhere Zinnanteile als die Randleistenbeile. Zinn wird demnach zunächst für die Schmuckherstellung eingesetzt. Es liegt nahe, das Erzielen einer goldähnlichen Farbe als Anreiz zu sehen. Im Verlauf von Horizont III (2000–1850 v. Chr.) weisen nun erhöhte Zinnanteile bei Randleistenbeilen auf eine allmähliche Optimierung der Zinnbronze hin, um die Materialeigenschaften, vor allem die Härte zu verbessern. Etwa ab 1800 v. Chr. werden Randleistenbeile mit einheitlich hohen Zinngehalten hergestellt. Beim Ringschmuck sind in den Horizonten III und IV die Zinngehalte niedriger als bei Randleistenbeilen. Dieser Unterschied kann als Indiz für die Knappheit von Zinn gewertet werden. Es ist zudem zu vermuten, dass sich die technische Entwicklung im Bronzehandwerk im Verlauf der frühen Bronzezeit stärker auf die Herstellung qualitativvoller Beile ausrichtete.

Die Herstellung von einheitlich hoch mit Zinn legierten Beilen geht mit einer Standardisierung der Schmiedetechnik einher, wie T. Kienlin aufgrund von Gefügeuntersuchungen und Härtemessungen an Randleistenbeilen aufzeigen konnte²¹. Diese Korrelation legt nahe, dass sich Innovationen im Metallhandwerk ab der entwickelten Frühbronzezeit stärker auf

²¹ KIENLIN 2006, 462 ff.

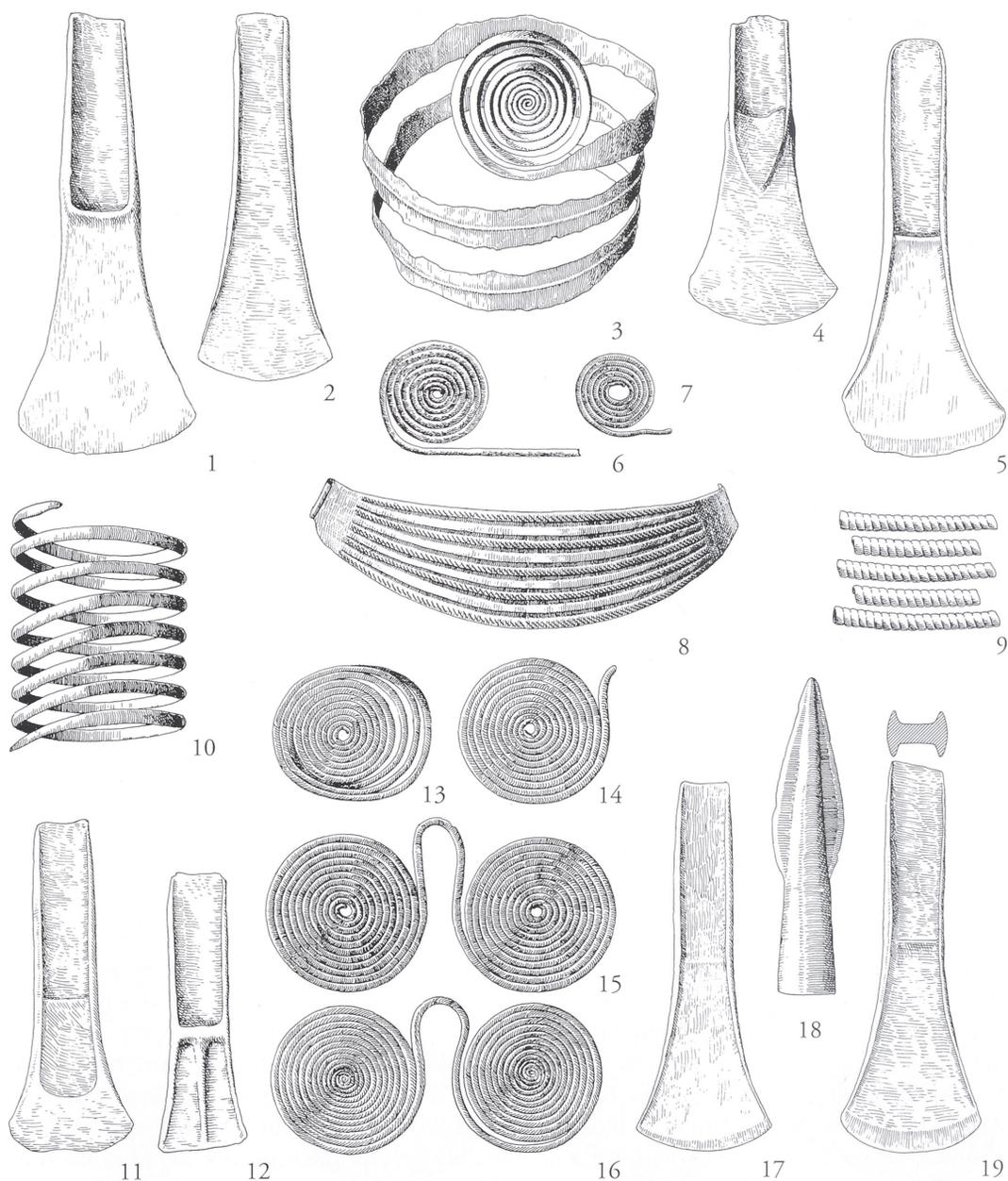


Abb. 9. Hortfund Periode II A: Rühlow, Lkr. Mecklenburgische Seenplatte, Mecklenburg-Vorpommern (D). Kupfer / Bronze. – M. 1:3.

die Herstellung von Waffen und Arbeitsgeräten auswirkten. Das zeigt sich beispielhaft in der mittleren Bronzezeit auch an den standardisierten Zinngehalten von Schwertklingen und Lanzenspitzen.

Literaturverzeichnis

- BATH-BÍLKOVÁ 1973
B. BATH-BÍLKOVÁ, K problému původu hřiven. Zur Herkunftsfrage der Halsringbarren. *Pamatky Arch.* 64, 1973, 24–41.
- BRAAK/ SMILAUER 2002
T. C. J. F. B. BRAAK/ P. SMILAUER, *Canoco Reference Manuel and CanoDraw User's Guide* (Wageningen, České Budejovice 2002).
- BREDDIN 1969
R. BREDDIN, Der Aunjetitzer Bronzehortfund von Bresinchen, Kr. Guben. *Veröff. Mus. Ur- u. Frühgesch. Potsdam* 5, 1969, 15–56.
- BRUNN 1959
W. A. VON BRUNN, Die Hortfunde der frühen Bronzezeit aus Sachsen-Anhalt, Sachsen und Thüringen. *Bronzezeitliche Hortfunde* 1. Schr. Sektion Vor- u. Frühgesch. 7 (Berlin 1959).
- CHRISTOFIRIDIS/ PERNICKA 1988
A. CHRISTOFIRIDIS/ E. PERNICKA, Gruppierung von Metallanalysen mit Hilfe der Clusteranalyse. In: R. Krause, *Die endneolithischen und frühbronzezeitlichen Grabfunde auf der Nordstadterrasse von Singen am Hohentwiel*. *Forsch. u. Ber. Vor- u. Frühgesch. Baden-Württemberg* 32 (Stuttgart 1988) 252–267.
- COBLENZ 1986
W. COBLENZ, Ein frühbronzezeitlicher Verwahrfund von Kyhna, Kr. Delitzsch. *Arb.- u. Forschber. Sächs. Bodendenkmalpfl.* 30, 1986, 37–88.
- HAGEN 1926
J. O. VON DER HAGEN, Der Depotfund von Falkenwalde i. d. Uckermark. *Mannus* 18, 1926, 358–364.
- HARTUNG/ ELPELT 1999
J. HARTUNG/ B. ELPELT, *Multivariate Statistik: Lehr- und Handbuch der angewandten Statistik*⁷ (München 1999).
- JUNGHANS U. A. 1968
S. JUNGHANS/ E. SANGMEISTER/ M. SCHRÖDER, Kupfer und Bronze in der frühen Metallzeit Europas. *Die Materialgruppen beim Stand von 12 000 Analysen* 1–3 (Berlin 1968).
- JUNK 2003
M. JUNK, *Material properties of copper alloys containing arsenic, antimony, and bismuth. The material of the Early Bronze Age ingot torques* (Freiberg 2003).
- KEILING 1981
H. KEILING, *Bronzezeitliche Bronzefunde aus dem Bezirk Schwerin*. *Jahrb. Bodendenkmalpfl. Mecklenburg* 1981, 21–60.
- KERSTEN 1958
K. KERSTEN, *Die Funde der Älteren Bronzezeit in Pommern* (Hamburg 1958).
- KIENLIN 2006
T. KIENLIN, Waffe – Werkzeug – Barren: Zur Deutung frühbronzezeitlicher Randleistenbeile in Depotfunden des nordalpinen Raums. In: H.-P. Wotzka (Hrsg.), *Grundlegungen. Beitr. Europäischen u. Afrikanischen Arch.* Manfred K. H. Eggert (Tübingen 2006) 461–476.
- KIENLIN U. A. 2004
T. KIENLIN/ E. BISCHOFF/ H. OPIELKA, Zur Metallographie urgeschichtlicher Artefakte: Ergebnisse einer Untersuchung an Kupfer- und Bronzebeilen des nordalpinen Raumes. In: P. Portella (Hrsg.), *Fortschritte in der Metallographie. Vortragstexte der 37. Metallographie-Tagung, 17.–19. September 2003 in Berlin. Sonderbände Praktische Metallographie* 35 (Frankfurt 2004) 3–10.
- KRAUSE 2003
R. KRAUSE, *Studien zur kupfer- und frühbronzezeitlichen Metallurgie zwischen Karpatenbecken und Ostsee*. *Vorgesch. Forsch.* 24 (Rahden/ Westf. 2003).
- KRENN-LEEB 2006
A. KRENN-LEEB, *Gaben an die Götter? Depotfunde der Frühbronzezeit in Österreich*. *Arch. Österreich* 17, 2006, 4–17.
- LAUX 2000
F. LAUX, *Die Äxte und Beile in Niedersachsen (Flach-, Randleisten- und Absatzbeile)*. *PBF IX* 23 (Stuttgart 2000).
- LE MAITRE 1982
R. W. LE MAITRE, *Numerical Petrology* (Amsterdam 1982).
- LUTZ U. A. 1998
J. LUTZ/ I. MATUSCHIK/ E. PERNICKA/ K. RASSMANN, *Die frühesten Metallfunde in*

- Mecklenburg-Vorpommern im Lichte neuer Metallanalysen. Vom Endmesolithikum bis zur frühen Bronzezeit. *Jahrb. Bodendenkmalpfl. Mecklenburg-Vorpommern* 1997, 1998, 41–67.
- MOUCHA 2005
V. MOUCHA, Hortfunde der frühen Bronzezeit in Böhmen (Praha 2005).
- NEUGEBAUER / BILLIG 1961
A. NEUGEBAUER / G. BILLIG, Ein frühbronzezeitlicher Hortfund von Cunnersdorf, Kr. Freital. *Ausgr. u. Funde* 6, 1961, 70–71.
- OTTO / WITTER 1952
H. OTTO / W. WITTER, *Handbuch der ältesten vorgeschichtlichen Metallurgie in Mitteleuropa* (Leipzig 1952).
- PERNICKA 1984
E. PERNICKA, Instrumentelle Multi-Elementanalyse archäologischer Kupfer- und Bronzeartefakte: Ein Methodenvergleich. *Jahrb. RGZM* 31, 1984, 517–531.
- RASSMANN 1993
K. RASSMANN, Spätneolithikum und frühe Bronzezeit im Flachland zwischen Elbe und Oder. *Beitr. Ur- u. Frühgesch. Mecklenburg-Vorpommerns* 28 (Lübstorf 1993).
- RASSMANN 2005
DERS., Die innere Chronologie der Hortfunde der Klassischen Aunjetitzer Kultur. Eine Auswertung von Metallanalysen aus dem Forschungsvorhaben „Frühe Metallurgie im zentralen Mitteleuropa“. In: B. Horejs / R. Jung / E. Kaiser / B. Teržan (Hrsg.), *Interpretationsraum Bronzezeit. Universitätsforsch. Prähist. Arch.* 121 (Bonn 2005) 463–480.
- RASSMANN 2010
DERS., Die frühbronzezeitlichen Stabdolche Ostmitteleuropas – Anmerkungen zu Chronologie, Typologie, Technik und Archäometallurgie. In: H. Meller / F. Bertemes (Hrsg.), *Der Griff nach den Sternen. Wie Europas Elite zu Macht und Reichtum kamen. Tagungen Landesmus. Vorgesch. Halle* 5 (Halle 2010) 807–822.
- SCHOKNECHT 1986
U. SCHOKNECHT, Ein frühbronzezeitlicher Hortfund aus Faulenrost, Kr. Malchin. *Jahrb. Bodendenkmalpfl. Mecklenburg* 1986, 39–43.
- SCHUBART 1972
H. SCHUBART, Die Funde der älteren Bronzezeit in Mecklenburg. *Offa-Bücher* 45 (Neumünster 1972).
- SCHULDt 1953
E. SCHULDt, Ein Verwahrfund der frühen Bronzezeit von Melz, Kreis Röbel. *Jahrb. Bodendenkmalpfl. Mecklenburg* 1953, 45–50.
- SCHWENZER 2004
S. SCHWENZER, Frühbronzezeitliche Vollgriffdolche. Typologische, chronologische und technische Studien auf der Grundlage einer Materialaufnahme von Hans-Jürgen Hundt. *Kat. Vor- u. Frühgesch. Alt.* 36 (Mainz 2004).
- SPERBER 2004
L. SPERBER, Zur Bedeutung des nördlichen Alpenraumes für die spätbronzezeitliche Kupferversorgung in Mitteleuropa. In: G. Weisgerber / G. Goldenberg (Hrsg.), *Alpenkupfer, Rame delle Alpi. Anschnitt, Beih.* 17 (Bochum 2004) 303–245.
- SPINDLER 1971
K. SPINDLER, Herstellung der frühen Zinnbronze in der frühen Metallurgie Europas. *Acta Praehist. et Arch.* 2, 1971, 199–253.
- STEPHAN 1956
E. STEPHAN, Die ältere Bronzezeit in der Altmark. *Veröff. Landesmus. Vorgesch. Halle* 15 (Halle 1956).
- WÜSTEMANN 1995
H. WÜSTEMANN, Die Dolche und Stabdolche in Ostdeutschland. *PBF VI* 8 (Stuttgart 1995).
- ZICH 1996
B. ZICH, Studien zur regionalen und chronologischen Gliederung der nördlichen Aunjetitzer Kultur. *Vorgesch. Forsch.* 20 (Berlin, New York 1996).

Zusammenfassung: Frühbronzezeitlicher Ringschmuck und Randleistenbeile im Vergleich. Untersuchungen zur chemischen Zusammensetzung mit der Hauptkomponentenanalyse

Die Auswertung der chemischen Zusammensetzung von frühbronzezeitlichem Ringschmuck und Randleistenbeilen belegt gravierende Unterschiede. Zinn wurde zunächst für eine goldähnliche Farbe zugegeben. Darauf deutet der höhere Zinngehalt des Ringschmucks am Beginn der Bronzezeit hin. Im Verlauf der frühen Bronzezeit wird Zinn mehr und mehr für die Beilherstellung eingesetzt. Dagegen schwanken beim Ringschmuck die Zinnanteile in allen Etappen der Frühbronzezeit. Der vorzugsweise Einsatz der Zinnbronze für Waffen und Arbeitsgeräte bedeutet, dass statt der goldähnlichen Färbung nach einer technologischen Entwicklung von 300–400 Jahren die funktionale Aufwertung der Materialeigenschaften wichtiger war. Die unterschiedlichen Zinnanteile von Ringen und Beilen machen eine Kontrolle über diese knappe Ressource wahrscheinlich.

Abstract: A Comparison Between Early Bronze Age Ring Jewellery and Flanged Axes. Studies of the Chemical Composition of the Main Component Analysis

The analysis of the chemical composition of Early Bronze Age ring jewellery and flanged axes shows considerable differences. Tin was initially added to create a gold-like colour. This is indicated by the higher tin content of ring jewellery at the beginning of the Bronze Age. During the course of the Early Bronze Age, tin was used increasingly in the production of flange axes. In contrast, the tin component in ring jewellery varied during all stages of the Early Bronze Age. The preferred use of tin-bronze for weapons and tools meant that, after 300–400 years of technological development, the functional improvement of the material's properties became more important than the gold-like colour. The differing tin proportions in rings and flange axes make probable a control of this scarce resource.

C. M.-S.

Résumé: Comparaison des bijoux annulaires avec les haches à rebords du Bronze ancien. Examens de la composition chimique à l'aide de l'analyse des composants principaux

L'évaluation de la composition chimique de bijoux annulaires et de haches à rebord du Bronze ancien révèle de grands écarts entre ces deux groupes. L'étain fut d'abord utilisé en vue d'obtenir une couleur pareille à l'or, comme l'indique la teneur en étain des bijoux annulaires généralement plus élevée au début de l'âge du Bronze. L'étain est de plus en plus utilisé dans la fabrication des haches au cours du Bronze ancien, tandis que les pourcentages d'étain varient pour la même période dans les bijoux annulaires. La préférence pour le bronze à l'étain dans la fabrication des armes et des outils vers la fin du Bronze ancien traduit une nouvelle priorité accordée à l'amélioration fonctionnelle des matériaux après une évolution technologique de 300 à 400 ans. L'écart des teneurs en étain constaté entre les anneaux et les haches indique probablement un contrôle de cette ressource limitée.

Y.G.

Anschrift der Verfasser:

Knut Rassmann
Römisch-Germanische Kommission
des Deutschen Archäologischen Instituts
Palmengartenstr. 10–12
D–60325 Frankfurt
E-Mail: rassmann@rgk.dainst.de

Stephan Weinbruch
Technische Universität Darmstadt
Institut für Angewandte Geowissenschaften
Schnittspahnstr. 9
D–64287 Darmstadt
E-Mail: weinbruch@geo.tu-darmstadt.de

Abbildungsnachweis:

Abb. 1: Entwurf: Verf.; K. Ruppel, RGK. – *Abb. 2–5:* Verf. – *Abb. 6:* nach WÜSTEMANN 1995, Taf. 70 B. – *Abb. 7:* Auswahl nach BRUNN 1959, Taf. 78. – *Abb. 8:* nach SCHUBART 1972, Taf. 87 D. – *Abb. 9:* nach SCHUBART 1972, Taf. 59.