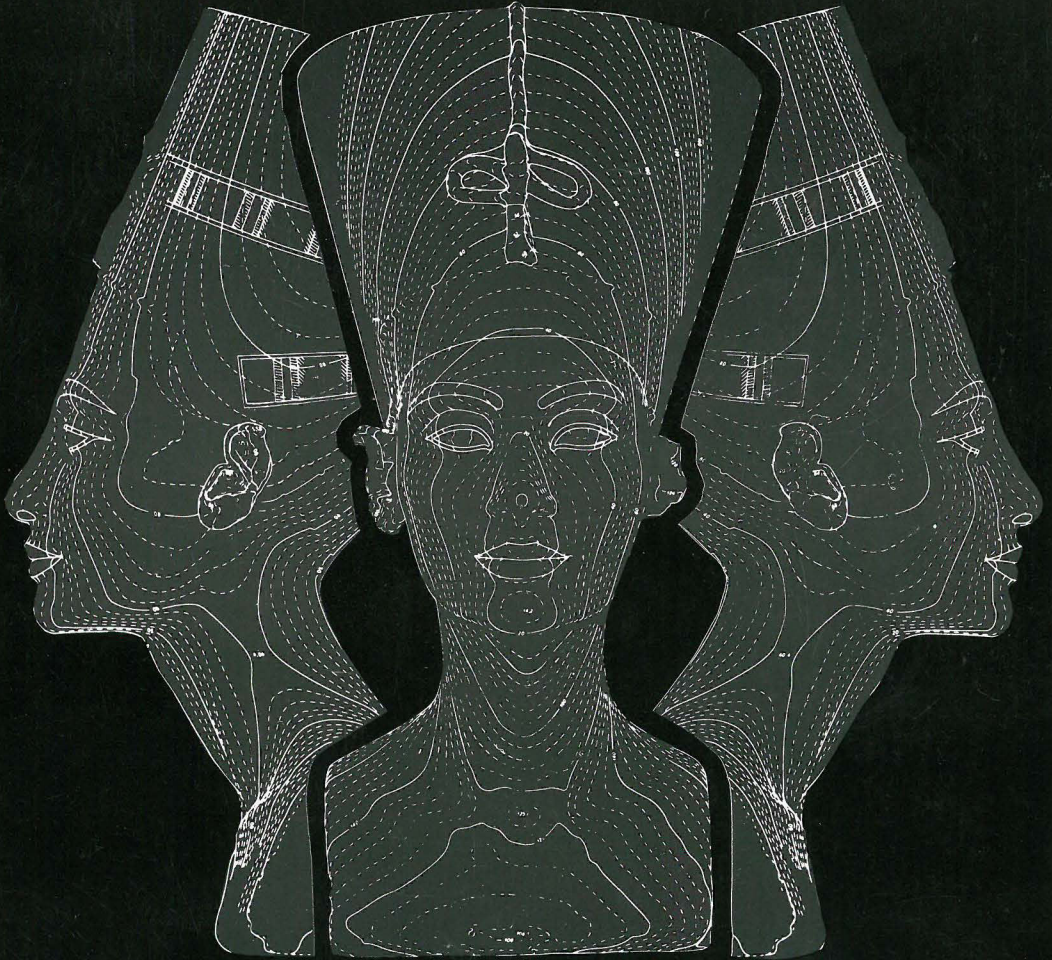


# BERLINER BEITRÄGE ZUR ARCHÄOMETRIE



2/1977

# **Berliner Beiträge zur Archäometrie**

Band 2

Berlin 1977

Gedruckt mit Mitteln der Stiftung Volkswagenwerk

© Rathgen-Forschungslabor  
Staatliche Museen Preußischer Kulturbesitz

ISSN 0344-5089  
Satz und Druck: Jürgen Kleindienst · D-1000 Berlin 61

## Inhaltsverzeichnis

Vorwort von Josef Riederer	5
Metallanalysen chinesischer Spiegel von Josef Riederer	6
Die metallurgische Untersuchung bronzener Schuppenpanzer der Eskimos von Josef Riederer und H. G. Bandi	17
Die Zusammensetzung der Bronzegeschütze des Heeresgeschichtlichen Museums im Wiener Arsenal von Josef Riederer	27
Metallanalysen südamerikanischer Geräte und Werkzeuge aus Kupfer und Bronze von Cornelia Blönsch und Josef Riederer	41
Thermolumineszenzanalytische Feindatierung mamlukischer Wappenschalen von Josef Riederer	50
Die Technik der Töpfer in Sri Lanka von Josef Riederer	57
Die Bemalung des Aphaia-Tempels auf Ägina von Josef Riederer	67
Spurenkundliche Befunde an archäologischen Untersuchungsproben als Forschungs- und Interpretationshilfen von Walter Specht	73
Die Erkennung von Fälschungen kunst- und kulturgeschichtlicher Objekte aus Bronze und Messing durch naturwissenschaftliche Untersuchungen von Josef Riederer	85
Die Pflege der Bronzeskulpturen im Freien von Josef Riederer	96
Die Gefährdung des Reiterstandbildes des Jan Wellem in Düsseldorf durch Umwelteinflüsse von Josef Riederer	105
Skulpturen aus Eisenwerkstoffen und Aluminium im Freien, Pflege – Korrosion – Herstellung von Silvia Friedemann-Kluge	111
Bibliographie zur Eisenkonservierung von Josef Riederer	129

Steinzerfall und Denkmalpflege in Sri Lanka von Josef Riederer	139
Die Erhaltung antiker Bauwerke in Griechenland von Josef Riederer	146
Informationen:	
The 2nd International Symposium on the Deterioration of Building Stones	160
The Symposium on Archaeometry and Archaeological Prospection	170
Deutschsprachige Literatur zur Archäometrie (1976)	176
Deutschsprachige Literatur zur Archäometrie (1977)	180
Vorschau auf den 3. Band	183

# Metallanalysen südamerikanischer Geräte und Werkzeuge aus Kupfer und Bronze

Cornelia Bönsch und Josef Riederer, Rathgen-Forschungslabor, Berlin

## Zusammenfassung

Im Zusammenhang mit der Herausgabe des Katalogs „Alperuanische Kulturen I“ des Museums für Völkerkunde durch D. Eisleb, wurde eine Serie von peruanischen Kupferwaffen und -geräten untersucht, wobei sich ergab, daß zwei Materialgruppen vorkommen: reines Kupfer und arsenreiches Kupfer. An einer größeren Serie von Objekten des Museums für Völkerkunde wurde nun weiter untersucht, welche Kupferlegierungen im präkolumbianischen Südamerika verwendet wurden. Es ergab sich, daß neben reinem Kupfer und stark arsenhaltigem Kupfer auch Bronze mit teilweise sehr hohem Zinngehalt in Gebrauch war, so daß die nun vorliegende umfassendere Übersicht über die Werkstoffe eine brauchbare Ausgangsbasis für die regionale und zeitliche Zuordnung dieser Legierungen darstellt.

## Abstract

For the catalogue "Altperuanische Kulturen I" of the Museum of Ethnology at Berlin by D. Eisleb a series of peruvian weapons and tools of copper was analyzed. Two groups of metals were found: pure copper and copper with high amounts of arsenic. To find out, which copper alloys were used at South America in the precolumbian period a larger series of objects from the Museum of Ethnology was analyzed. It was found that besides copper and arsenical copper also bronze with relatively high amounts of tin were used. These results provide a reliable basis for a more detailed research on variations of the compositions of these materials due to different periods and regions of origin.

## Résumé

En relation avec la publication du catalogue »Cultures Péruviennes Anciennes I« du Musée d'Ethnologie par D. Eisleb, on examina une série d'armes et d'outils péruviens en cuivre; il en résulta, qu'il existe deux groupes de matériaux: du cuivre pur et du cuivre riche en arsenic. On continua alors à rechercher dans une plus grande série d'objets du Musée d'Ethnologie, quels alliages de cuivre étaient utilisés dans l'Amérique du Sud précolombienne. On en conclut, qu'à côté du cuivre pur et du cuivre à forte teneur en arsenic, on utilisait également du bronze à, en partie, teneur en étain très élevée, de sorte qu'à présent l'aperçu existant sur les matériaux, plus étendu, représente une base de départ utile pour la coordination régionale et temporelle de ces alliages.

Für den Katalog „Altamerikanische Kulturen I“ von D. Eisleb (1) wurden 1975 von Goedicke und Riederer (2) die Kupferobjekte analysiert. Zu diesem Zeitpunkt waren am Rathgen-Forschungslabor noch keine quantitativen Gesamtanalysen möglich, so daß nur festgestellt werden konnte, daß arsenreiche und arsenfreie Kupfersorten verwendet wurden. Durch eine breiter angelegte Voruntersuchung an dem reichhaltigen Material des Berliner Museums für Völkerkunde, sollte nun geklärt werden, welche Kupferlegierungen in Südamerika verwendet wurden, um, zusammen mit dem schon publizierten Material (3, 4, 5, 6, 7), eine verlässlichere Grundlage für eine Geschichte der Metalltechnik in Südamerika zu bekommen.

Neu analysiert wurden am Rathgen-Forschungslabor 53 Keulenköpfe aus Peru, 37 Werkzeuge aus Peru und 74 Beile aus Ecuador. Die Analysen sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt. Die Ergebnisse werden anschließend erläutert.

Nr.	Inv.-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	As
1	5059	99,95	—	—	—	—	—	0,02	0,03	—
2	26268	99,83	—	—	—	—	0,01	0,02	0,02	0,12
3	62219	99,71	—	—	—	0,01	0,03	0,03	—	0,22
4	21847	99,91	—	—	0,003	0,02	—	0,07	—	—
5	21846	99,71	—	—	0,006	0,03	—	0,08	—	0,11
6	26267	99,94	—	—	0,001	0,02	0,01	0,01	0,01	—
7	5072	99,79	—	—	0,003	0,01	0,01	0,03	0,03	0,13
8	5057	99,75	—	—	0,002	0,01	0,03	0,01	0,03	0,17
9	64838	99,64	—	—	0,005	0,02	0,01	0,02	0,02	0,29
10	64847	99,71	—	—	0,022	0,01	0,01	0,02	0,01	0,22
11	45516	98,60	—	0,29	—	—	0,03	0,08	0,03	0,97
12	26265	98,09	—	1,49	0,003	—	—	0,08	0,07	0,27
13	62222	99,69	0,14	0,01	0,016	0,01	—	0,13	—	—
14	—	96,37	0,15	—	—	—	0,03	0,10	0,05	3,30
15	5071	99,59	0,25	—	0,003	—	0,03	0,06	—	0,08
16	40482	98,50	0,25	0,06	0,002	0,01	0,02	0,07	0,05	1,04
17	26756	99,00	0,28	0,01	0,001	0,01	0,04	0,22	0,04	0,40
18	5065	99,68	0,29	—	0,002	0,01	—	0,01	0,01	—
19	5052	99,44	0,29	0,01	0,002	0,01	0,01	0,02	—	0,22
20	36	97,18	0,29	0,01	0,001	—	0,03	0,12	0,05	2,32
21	12022	99,52	0,32	—	0,001	0,01	—	0,03	—	0,72
22	—	99,21	0,34	0,01	0,003	0,12	0,01	0,07	—	0,24
23	—	97,01	2,23	—	0,002	0,15	0,01	0,14	0,04	0,42
24	16590	96,98	2,32	0,29	—	—	0,01	0,01	—	0,39
25	—	96,84	2,50	0,01	0,001	0,02	0,01	0,08	0,03	0,51
26	40483	95,50	3,99	0,01	0,003	0,09	0,01	0,15	—	0,25
27	40484	94,56	4,42	—	0,001	0,62	0,01	0,08	0,03	0,28
28	—	94,87	4,62	—	0,002	0,05	0,01	0,08	0,04	0,33
29	330	94,97	4,76	—	0,001	0,08	—	0,03	—	0,16
30	16129	94,37	5,10	0,01	0,004	0,06	0,01	0,07	0,03	0,44
31	25299	94,14	5,27	—	0,002	0,12	—	0,15	0,03	0,29
32	23999	94,18	5,38	0,01	0,012	0,12	0,02	0,11	—	0,18
33	11025	93,46	6,26	—	0,016	0,21	—	0,05	—	—
34	—	93,12	6,54	0,01	—	0,05	—	0,04	—	0,15
35	11747	92,86	6,79	—	—	0,18	—	0,03	—	0,14
36	30587	92,80	6,59	—	0,003	0,06	—	0,07	0,03	0,45
37	16128	91,73	7,22	0,01	0,006	0,05	0,02	0,08	0,02	0,26
38	641	92,31	7,25	0,03	—	0,10	—	0,08	0,02	0,21

Nr.	Inv.-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	As
39	12769	92,04	7,90	0,01	–	0,05	–	0,09	–	0,01
40	126652	91,75	7,93	0,01	–	0,05	0,01	0,05	0,04	0,16
41	21815	91,78	8,08	0,01	0,004	0,08	0,01	0,04	–	–
42	–	91,25	8,29	–	0,003	0,02	–	0,06	–	0,38
43	8737	91,91	8,46	–	–	0,10	–	0,07	0,03	0,15
44	12023	91,20	8,55	–	0,002	0,07	–	0,03	–	0,15
45	5068	90,54	9,16	0,01	–	0,11	0,01	0,03	0,03	0,11
46	–	88,67	10,35	0,01	–	0,26	0,03	0,09	0,11	0,48
47	66	99,98	10,44	0,01	0,001	0,01	–	0,04	0,39	0,13
48	8703	86,84	11,77	–	0,006	0,03	0,01	0,20	0,64	0,74
49	12665	87,84	11,91	0,01	–	0,01	–	0,07	0,02	0,14
50	12689	87,31	12,28	–	–	0,15	–	0,03	–	0,23
51	26266	87,04	12,58	0,01	0,002	0,06	–	0,08	–	0,23
52	40485	86,05	5,00	0,01	0,004	0,08	0,01	8,57	–	0,12
53	2594	94,85	0,29	0,01	4,590	0,01	–	0,04	0,04	1,57

### Geräte

54	34651	96,18	–	–	0,001	0,02	0,01	0,06	0,94	3,69
55	5054	99,82	–	–	0,003	0,01	–	0,01	0,04	0,12
56	5058	99,87	–	–	0,003	0,01	–	–	0,03	0,16
57	21820	97,50	–	0,06	–	–	0,03	0,05	0,03	2,33
58	40590	99,29	–	0,06	–	0,01	0,01	0,03	0,03	0,57
59	13464	96,54	–	0,06	0,001	0,03	0,03	0,04	0,07	3,25
60	31081	96,97	–	0,08	–	0,03	0,02	0,03	0,04	2,83
61	13462	9,96	–	0,08	0,001	0,01	0,01	0,04	0,05	0,85
62	13470	95,83	–	0,08	0,001	0,01	0,02	0,06	0,03	3,97
63	21774	93,27	–	0,08	0,002	0,02	0,04	0,06	0,03	6,49
64	13460	93,10	–	0,08	0,128	4,11	0,03	0,02	0,04	0,49
65	21771	97,35	–	0,10	–	0,01	0,02	0,04	0,03	2,45
66	21828	96,10	–	0,10	–	0,02	0,05	0,05	0,03	3,65
67	21827	95,64	–	0,11	–	0,03	0,02	0,08	0,03	4,09
68	21824	94,82	–	0,12	–	0,02	0,02	0,07	0,04	4,91
69	5079	99,00	–	0,12	0,016	0,03	0,05	0,03	0,07	0,68
70	25293	99,41	–	0,13	0,002	0,01	0,05	0,06	0,02	0,32
71	–	97,77	–	0,13	0,008	0,02	0,03	0,05	0,03	1,96
72	5084	95,45	–	0,19	–	0,02	0,02	0,7	0,03	4,22
73	40591	94,06	–	0,38	–	0,01	0,11	0,05	2,28	3,11
74	–	98,27	–	0,45	0,002	0,02	0,45	0,03	0,03	1,17
75	5078	94,97	–	0,50	0,005	0,01	0,04	0,06	0,03	4,39
76	–	97,69	–	0,56	0,002	0,01	0,04	0,05	0,05	1,60
77	13459	98,20	–	0,57	0,002	0,02	0,02	0,06	–	1,13
78	134337	97,28	–	0,62	0,006	0,04	0,03	0,04	0,03	1,95
79	21822	94,50	–	0,97	0,025	0,01	–	0,03	2,80	1,58
80	40489	99,40	0,19	–	0,001	0,01	0,01	0,01	0,02	0,36
81	885	97,98	0,28	0,10	0,002	0,02	0,06	0,06	0,03	1,47
82	31112	98,60	0,29	0,16	0,004	0,05	0,01	0,06	0,03	0,80
83	5065	99,68	0,29	–	0,002	0,01	–	0,01	0,01	–
84	21823	97,24	0,30	0,18	0,007	0,06	0,03	0,04	0,02	2,12
85	13465	97,38	0,31	0,17	0,002	0,01	0,03	0,05	0,06	1,99
86	40493	95,07	0,31	0,18	0,004	0,03	0,04	0,06	0,14	4,17

Nr.	Inv.-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	As
87	–	97,74	1,42	0,10	0,004	0,07	0,01	0,07	–	6,59
88	21818	97,14	1,62	0,59	0,003	0,02	0,01	0,06	–	0,56
89	3431	94,60	5,15	–	0,011	0,02	–	0,02	–	–
90	–	91,87	7,11	0,45	0,002	0,03	0,01	0,07	0,13	0,33

### Beile

91	1873	96,93	–	–	0,001	0,01	0,03	0,12	0,02	2,89
92	1874	98,11	–	–	0,004	0,02	0,03	0,04	–	1,80
93	1915	97,43	–	–	0,005	0,01	0,04	0,08	–	2,44
94	1895	97,28	–	–	0,005	0,06	0,03	0,05	0,02	2,56
95	–	97,55	–	–	0,006	0,01	0,03	0,05	–	2,35
96	1889	97,66	–	–	0,006	0,01	0,03	0,05	0,03	2,21
97	1922	97,04	–	–	0,006	0,02	0,02	0,04	0,10	2,77
98	1923	97,97	–	–	0,007	0,01	0,02	0,05	0,03	1,91
99	1880	97,20	–	–	0,007	0,01	0,03	0,05	0,03	2,67
100	1929	97,21	–	–	0,007	0,01	0,03	0,05	0,04	2,65
101	4908	99,58	–	–	0,007	0,08	0,03	0,01	0,02	0,27
102	1899	96,53	–	–	0,007	0,08	0,05	0,05	0,11	3,17
103	1894	97,75	–	–	0,008	0,01	0,03	0,04	0,01	2,15
104	1893	97,60	–	–	0,008	0,01	0,03	0,05	0,02	2,28
105	1913	97,39	–	–	0,008	0,01	0,03	0,05	0,03	2,48
106	1935	97,81	–	–	0,008	0,02	0,03	0,18	0,03	1,92
107	1911	97,65	–	–	0,008	0,02	0,04	0,05	0,02	2,21
108	1879	97,42	–	–	0,008	0,09	0,02	0,04	0,03	2,34
109	1930	97,17	–	–	0,009	0,01	0,03	0,05	0,03	2,70
110	1871	97,70	–	–	0,009	0,01	0,04	0,05	–	2,41
111	1888	97,48	–	–	0,009	0,01	0,04	0,05	–	2,41
112	1872	97,63	–	–	0,009	0,04	0,03	0,04	0,02	2,23
113	1931	91,10	–	–	0,009	7,08	0,12	0,09	0,06	1,54
114	1882	97,33	–	–	0,011	0,01	0,03	0,04	0,02	2,56
115	1914	97,32	–	–	0,011	0,03	0,04	0,04	0,02	2,54
116	12026	99,53	–	–	0,011	0,04	0,01	0,17	0,02	0,22
117	13687	95,79	–	–	0,015	0,08	0,04	0,04	0,17	3,87
118	8733	99,77	–	–	0,015	0,05	–	0,05	0,01	0,08
119	1891	97,95	–	0,05	0,014	0,02	0,03	0,08	0,05	1,81
120	1876	97,35	–	0,05	0,006	0,02	0,04	0,06	0,02	2,45
121	1903	97,01	–	0,06	0,004	0,01	0,03	0,05	0,06	2,72
122	1921	97,57	–	0,06	0,006	–	0,02	0,06	0,03	2,25
123	1919	97,13	–	0,06	0,007	0,01	0,03	0,06	0,07	2,43
124	1905	97,83	–	0,08	0,009	0,01	0,02	0,06	0,08	1,91
125	1887	97,00	–	0,09	0,011	0,01	0,03	0,05	–	2,81
126	1909	99,47	–	0,09	0,013	0,03	0,04	0,02	–	0,34
127	13458	97,84	–	0,10	0,114	0,01	0,01	0,13	0,02	1,78
128	13457	97,66	–	0,11	0,011	0,05	0,03	0,15	0,4	1,95
129	21816	97,35	–	0,13	0,010	0,05	0,03	0,16	0,16	2,11
130	5075	97,67	–	0,16	0,010	0,03	0,14	0,05	0,12	1,82
131	–	98,77	–	0,17	0,010	0,05	0,07	0,07	0,03	0,83
132	1918	96,95	–	0,26	0,007	0,01	0,01	0,05	0,05	2,66
133	61372	98,13	0,01	0,33	0,003	0,03	0,03	0,06	0,02	1,40

Nr.	Inv.-Nr.	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag	Sb	As
134	1977	99,02	0,01	—	0,006	0,04	0,01	0,06	0,10	0,75
135	—	98,15	0,01	0,25	0,008	0,02	0,03	0,06	0,06	1,41
136	1902	97,59	0,03	—	0,008	0,05	0,02	0,04	0,02	2,24
137	1927	97,43	0,03	0,03	0,006	0,01	0,03	0,11	0,03	2,32
138	1910	97,89	0,03	—	0,006	—	0,02	0,04	0,03	1,99
139	1876	97,71	0,04	—	0,010	0,01	0,02	0,05	0,05	2,11
140	1877	96,94	0,05	—	0,006	0,01	0,04	0,04	0,03	2,88
141	10093	97,03	0,05	—	0,009	0,01	0,02	0,19	0,47	2,22
142	1900	97,16	0,05	—	0,011	0,01	0,04	0,07	0,03	2,63
143	1928	97,34	0,13	—	0,008	0,01	0,03	0,04	0,02	2,42
144	1875	97,54	0,13	—	0,004	0,01	0,02	0,13	0,04	2,13
145	25289	98,40	0,15	0,46	0,032	0,02	0,01	0,12	0,02	0,59
146	—	98,49	1,08	—	0,010	0,05	—	0,07	0,03	0,27
147	5076	93,85	1,93	2,29	0,815	0,47	0,09	0,07	0,09	0,40
148	—	97,43	2,16	—	0,009	0,08	—	0,10	0,03	0,19
149	25288	96,82	2,17	0,25	0,050	0,11	0,01	0,14	0,02	0,93
150	1929	96,93	2,42	0,08	0,010	0,01	0,06	0,07	0,13	0,29
151	—	96,80	2,82	0,04	0,012	0,06	—	0,07	—	0,20
152	—	95,82	2,90	0,08	0,013	0,50	0,05	0,01	0,20	0,43
153	12662	93,80	2,93	—	0,012	2,93	0,01	0,02	0,03	0,27
154	8702	96,10	3,61	—	0,006	0,04	—	0,03	0,02	0,19
155	8734	95,42	4,13	—	0,008	0,13	—	0,03	0,03	0,26
156	—	94,12	4,40	—	0,010	0,09	0,02	0,9	0,02	0,25
157	12363	94,60	4,94	0,04	0,010	0,02	—	0,05	0,02	0,32
158	21809	94,15	5,15	0,09	0,007	0,09	0,03	0,03	0,23	0,22
159	—	93,24	5,95	—	0,008	0,03	—	0,07	0,05	0,20
160	—	90,75	6,36	—	0,010	0,20	—	0,02	0,01	0,16
161	12235	88,72	8,85	0,12	0,008	0,02	0,01	0,06	0,03	0,15
162	21754	89,62	9,62	0,67	0,015	0,02	0,02	0,21	0,12	0,61
163	12362	89,58	9,65	0,01	0,013	0,07	0,02	0,13	0,06	0,34
164	—	89,69	10,06	—	0,010	0,07	—	0,04	0,03	0,21

Zur Herstellung von Keulenköpfen wurde Kupfer und Bronze verwendet, wobei zwischen Kupfer und Bronze ein allmählicher Übergang durch eine Zunahme des Zinngehaltes von 0 auf 13 % festzustellen ist. In dieser Reihe kommen die verschiedenen Zinngehalte mit gleicher Häufigkeit vor, woraus geschlossen werden kann, daß es den Herstellern auf einen bestimmten Zinnanteil zur Erzielung bestimmter Werkstoffeigenschaften der Bronze nicht ankam. Offenbar wurde das Material verwendet, das gerade vorhanden war, wobei mittlere Zinngehalte auch durch eine Verschmelzung zinnreicher Bronzen mit reinem Kupfer erklärt werden können. Denkbar wäre auch eine Abhängigkeit des Zinngehaltes von der Herstellungszeit, da in anderen kulturgeschichtlichen Bereichen Kupfer früher verwendet wird als Bronze. Die untersuchten Objekte sind jedoch nicht so genau zu datieren, daß dieser Zusammenhang zuverlässig bestätigt werden könnte.

Der früher schon erhaltene Befund, daß arsenarme und arsenreiche Kupfer- und Bronzesorten Verwendung fanden, wurde erneut bestätigt. Die arsenarmen Metalle sind bei den Keulenköpfen aber weit in der Überzahl, da bei 53 untersuchten Objekten nur fünf Stücke Arsengehalte um oder über 1 % enthalten. Diese Unterschiede sind sicher auf die Verwendung von Kupfererzen aus verschiedenen Lagerstätten zurückzuführen.

Die anderen Elemente liegen, von drei Ausnahmen abgesehen, im Bereich der Spurenelemente.

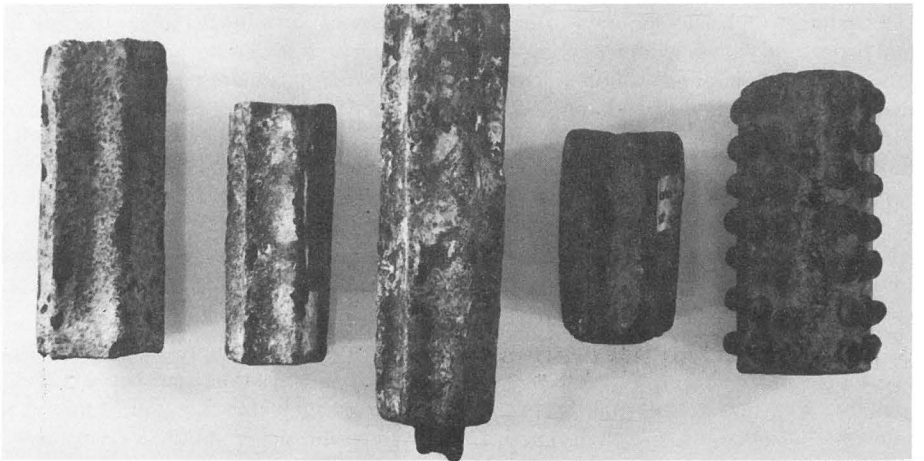
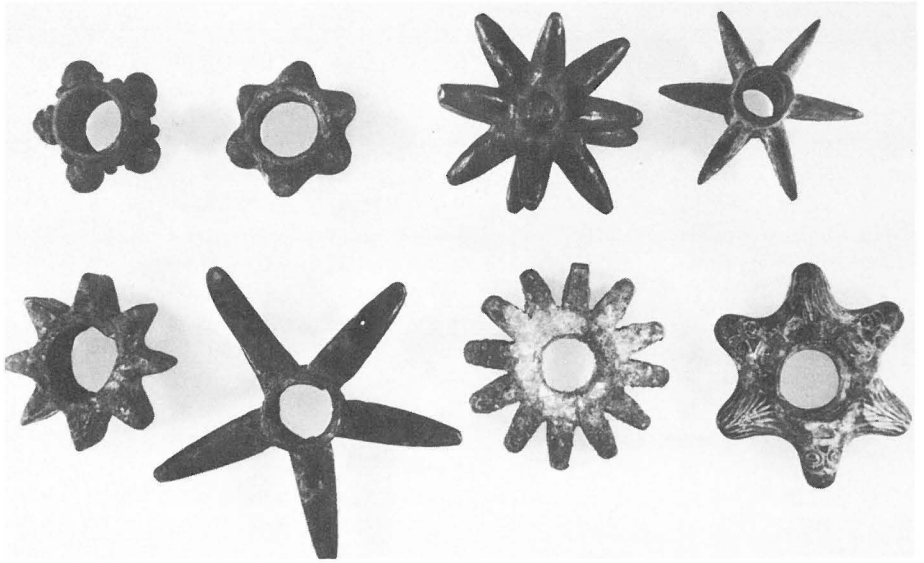


Abb. 1 Keulenköpfe aus Peru

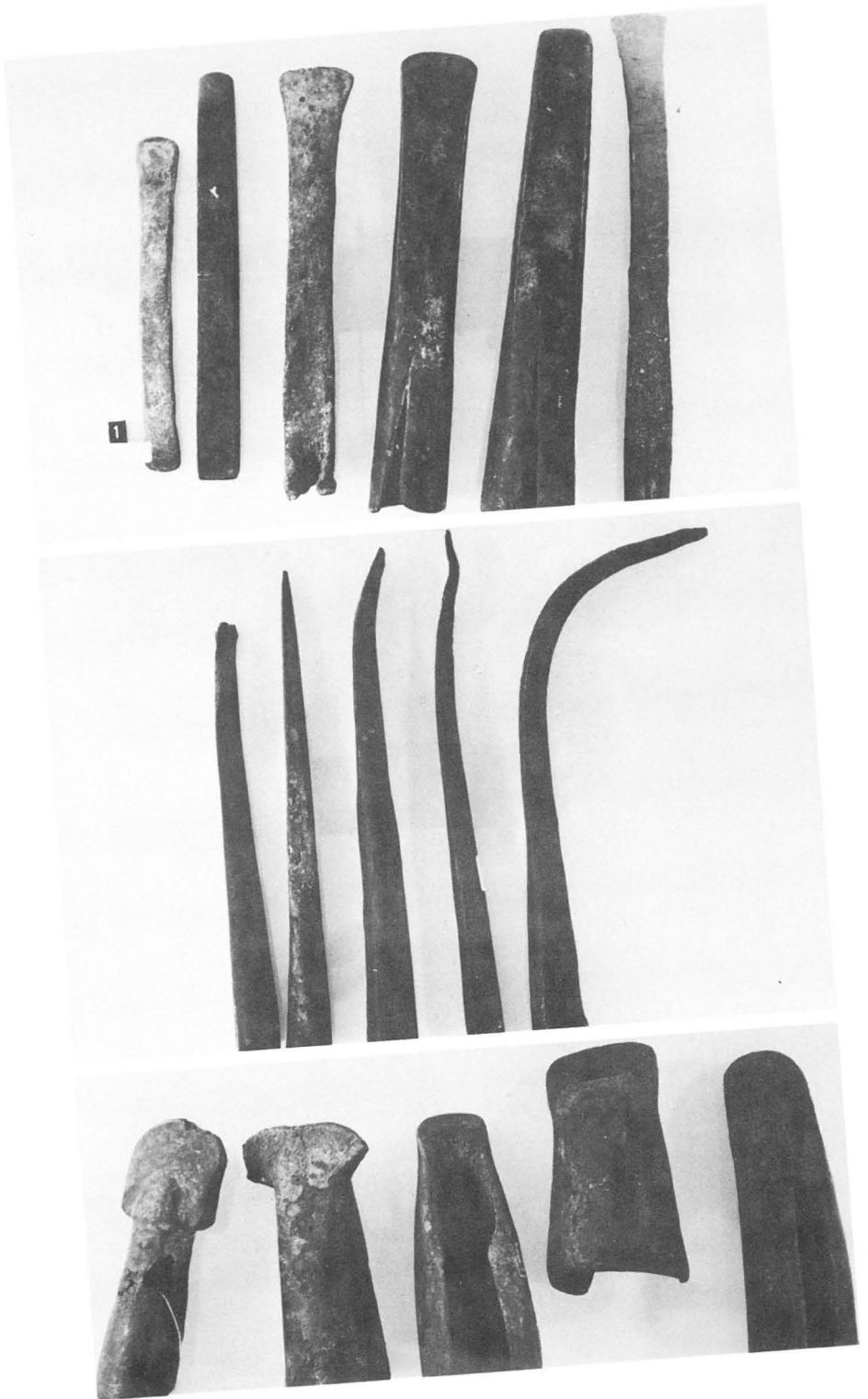


Abb. 2 Werkzeuge aus Peru



Abb. 3 Beile aus Ecuador

Die drei Ausnahmen sind ein Keulenkopf mit 1,49 % Blei, ein weiterer mit 8,75 % Silber und der dritte mit 4,59 % Zink. Das blei- und silberreiche Stück kann durch Einschmelzen von Altmetall verunreinigt sein. Bei dem zinkreichen Stück ist eine Herstellung in der Kolonialzeit denkbar.

Betrachtet man als nächstes die Analyse der Geräte, so fallen zwei Analysenmerkmale sofort auf: erstens wurde fast ausschließlich Kupfer verwendet und zweitens kommen extrem arsenreiche Legierungen vor. Von 37 untersuchten Geräten enthalten nur vier Zinngehalte über 1 % und sind als Bronzen anzusprechen. 26 Objekte enthalten überhaupt kein Zinn. Metallurgisch ist hier überhaupt interessant, daß Kupfer mit einer Reinheit von 99,8 % verwendet wurde, das jedoch nicht aufbereitet wurde, sondern so gering verunreinigt in der Natur als Erz vorkommt. Interessant sind hier die hohen Arsengehalte. Bei 24 der 37 Geräte liegt der Arsengehalt über 1 %, wobei Werte um 2–3 % üblich sind und Maximalwerte um 6,5 % erreicht werden. Auch die Bleigehalte, die bei den Keulenköpfen meist bei oder unter der Nachweisgrenze von 0,01 % lagen, liegen hier deutlich höher, wobei Werte über 0,1 % häufig vorkommen. Eisen, Zink, Nickel, Silber und Antimon liegt wieder im Bereich der Spurenelemente. Hier ist also gesichert, daß man die Geräte aus einem Kupfererz herstellte, das für die Keulenköpfe nicht verwendet wurde.

Bei der dritten Serie, die untersucht wurde, den 74 Beilen aus Ecuador, ergibt sich ein ähnliches Bild wie bei den Geräten. Reines Kupfer überwiegt, aber 25 % der Beile bestehen aus Bronze mit Zinngehalten bis zu 10 %. Der Arsengehalt liegt bei den Kupferbeilen wieder ungewöhnlich hoch, im Bereich von 2–3 %, während er bei den Zinnbeilen stets unter 1 % liegt. Hier sind also deutlich drei Materialgruppen zu unterscheiden, das arsenarme Kupfer, das arsenreiche Kupfer und die Zinnbronze. Eisen, Zink, Silber, Nickel und Antimon liegen wie bei den Keulenköpfen und den Geräten im Bereich der Spurenelemente.

Somit ist gesichert, daß im präkolumbianischen Südamerika unterschiedliche Legierungen der Kupfer-Bronze-Gruppe verwendet wurden, die durch die Gehalte an Zinn, Arsen und Blei genau zu definieren sind. Ziel weiterer Arbeiten wird es sein, durch die Analyse genau datierte Stücke mit bekannten Fundorten zu analysieren, um die zeitliche und regionale Verbreitung dieser Gruppen festzulegen.

#### Literatur:

1. Goedicke, Ch., und Riederer, J.: Metallanalysen der Kupferobjekte. In: D. Eisleb: Altperuanische Kulturen. Museum für Völkerkunde Berlin, 1975, S. 71–73
2. Caley, E. R., und Easby, D. T.: The smelting of sulfide ores of copper in preconquest Peru. *Amer. Ant.* 25, 59–65, 1959
3. Caley, E. R., und Shank, L. W.: Composition of ancient peruvian copper. *The Ohio Journ. of Science*, 71, No. 3, 181–187, 1971
4. Caley, E. R.: Chemical composition of ancient copper objects of South America. *Appl. of Science in Examin. of Works of Art*, Boston 1973, S. 53–61
5. Kroeber, A. L.: Quantitative Analysis of ancient Peruvian metal. *Amer. Ant.* 20, 160 bis 162, 1954
6. Mead, Ch. W.: Prehistoric bronze in South America. *Anthrop. Papers of the Amer. Mus. of Nat. Hist.* 12, No. 2, 15–52, 1915
7. Petersen, G.: *Mineria y metalurgia en el antiguo Peru*. Museo Nacional de Antropología y Arqueología, Lima, 1970, IV + 140 Seiten.