

# ANHANG

## SPURENELEMENT-ANALYSE EINIGER BESCHLÄGE DER VIELTEILIGEN GÜRTELGARNITUR KAT. 46

Vorbemerkung der Herausgeberin

Bei ihrer mikroskopischen Untersuchung der vierteiligen Gürtelgarnitur **Kat. 46** (Inv.-Nr. O.42894/1-15) hatte Maiken Fecht (RGZM) festgestellt, dass viele Beschläge offenbar erst nach ihrer Auffindung erhitzt worden und dadurch angeschmolzen sind. Um ausschließen zu können, dass die gesamte Gürtelgarnitur das Werk von Fälschern war, wurden sicherheitshalber die Spurenelemente von fünf ihrer insgesamt 15 erhaltenen Goldbeschläge im Curt-Engelhorn-Zentrum Archäometrie (CEZA) in Mannheim untersucht (Inv.-Nr. O.42894/1. 4. 13-15)<sup>942</sup>.

### Material und Methoden

Die Legierungszusammensetzung mehrerer Gürtelbeschläge wurde zunächst mittels energiedispersiver Röntgenfluoreszenzanalyse mit einem Gerät der Firma Helmut Fischer GmbH (Fischerscope XAN 150) gemessen, das speziell auf die Analyse von Gold- und Silberlegierungen ausgelegt ist.

Da alle vorliegenden Beschläge der Gürtelgarnitur klar erkennbare Beschädigungen aufwiesen, die offensichtlich nicht durch mechanische Beschädigung oder Korrosion hervorgerufen worden sind, wurden die Objekte noch mittels digitaler konfokaler Mikroskopie (Keyence, Serie VHX-600) und mit dem Rasterelektronenmikroskop (Zeiss EVO 60 MS 25) untersucht.

Die Bestimmung der chemischen Zusammensetzung erfolgte mittels LA-ICP-MS. Hierzu wurde ein Quadrupol-Massenspektrometer der Firma Thermo Scientific (ICAPQ) gekoppelt mit einem Resonetics-Laserablationssystem (ArF, 193 nm) verwendet. Die Parameter des ICP-MS wurden optimiert, um ein stabiles Signal mit maximaler Intensität über den gesamten Massenbereich der Elemente zu gewährleisten und die Bildung von Oxiden und doppelt ionisierten Ionen zu minimieren. Jede Ablation erfolgte drei Minuten lang mit einer Spotgröße von 58 µm bei 10 Hz und einer Energie von 5 mJ. Vor jeder Ablation wurden 60 Sekunden Gasblank aufgenommen. Als Trägergas wurde Helium verwendet (600 ml/min). Die folgenden Isotope wurden bestimmt: <sup>48</sup>Ti, <sup>52</sup>Cr, <sup>55</sup>Mn, <sup>57</sup>Fe, <sup>59</sup>Co, <sup>60</sup>Ni, <sup>63</sup>Cu, <sup>66</sup>Zn, <sup>75</sup>As, <sup>82</sup>Se, <sup>101</sup>Ru, <sup>103</sup>Rh, <sup>105</sup>Pd, <sup>107</sup>Ag, <sup>111</sup>Cd, <sup>118</sup>Sn, <sup>121</sup>Sb, <sup>125</sup>Te, <sup>189</sup>Os, <sup>193</sup>Ir, <sup>195</sup>Pt, <sup>197</sup>Au, <sup>208</sup>Pb, <sup>209</sup>Bi. Die Quantifizierung erfolgte mittels Ablationssaubeute-Korrekturfaktoren mit Normalisierung auf die Summe der Elemente Cu, Ag und Au auf 100 %<sup>943</sup>. Zwei verschiedene externe Standards (NA 1 und NA2) wurden zur Quantifizierung von Haupt-, Neben- und Spurenelementen verwendet<sup>944</sup>. Mehrere Standards und Referenzproben wurden analysiert, um die Reproduzierbarkeit und Genauigkeit der Ergebnisse zu überprüfen.

<sup>942</sup> Der dem RGZM vorliegende, ungekürzte Bericht R. Schwabs (Mannheim) stammt vom 6.11.2019.

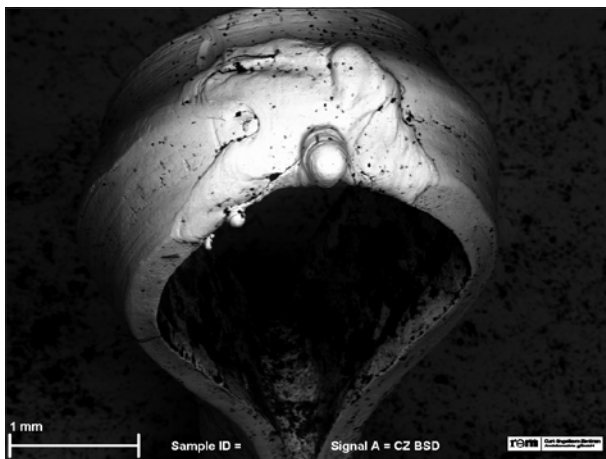
<sup>943</sup> Gäbler u. a. 2011. – Leusch/Brauns/Pernicka

<sup>944</sup> Kovacs u. a. 2009.

Lab.-Nr.	Org. Bez.	Position	Au	Ag	Cu	Ru	Rh	Pd	Os	Ir	Pt
			(%)	(%)	(%)	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
MA-178322	O.42894/14	Blech	83	13,3	3,4	<2	<0,01	19,9	<0,1	4,4	262
MA-178321	O.42894/13	Öse	83	12,9	4,0	<2	<0,01	21,6	<0,1	13,7	300
MA-178321	O.42894/13	Lot	71	21,0	7,7	<2	<0,01	16,5	<0,1	1,47	82
MA-178309	O.42894/1	Blech	72	23,7	4,1	<0,82	<0,01	18,9	<0,1	1,01	74
MA-178312	O.42894/4	Blech	83	12,6	4,8	<0,82	<0,01	24,9	<0,1	7,2	330

Lab.-Nr.	Mn	Fe	Co	Ni	Zn	As	Cd	Sn	Sb	Te	Pb	Bi
mLoD	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
MA-178322	3	145	0,94	22	60	<1,4	<0,09	36	2,8	<0,16	77	3,3
MA-178321	<5	1850	1,78	51	72	4	<0,09	53	3,2	<0,16	65	2,97
MA-178321	3	165	1,48	37	134	6	<0,09	37	4,6	<0,16	178	8,8
MA-178309	5,1	510	0,65	15,7	252	3,6	<0,05	39	3	<0,09	138	9,3
MA-178312	6,2	232	1,36	30	89	3,3	<0,05	63	4,8	<0,09	199	8,3

**Tab. 1** Ergebnis der Analysen mittels LA-Q-ICP-MS. Es wurden jeweils drei Spotanalysen durchgeführt, deren Mittelwerte in der Tabelle angegeben sind. Die Hauptbestandteile Au, Ag und Cu sind in Masse-% angegeben, die Platingruppenelemente und anderen Elemente in ppm (mg/kg). – (Alle LA-ICP-Messungen wurden von Nicole Lockhoff durchgeführt).

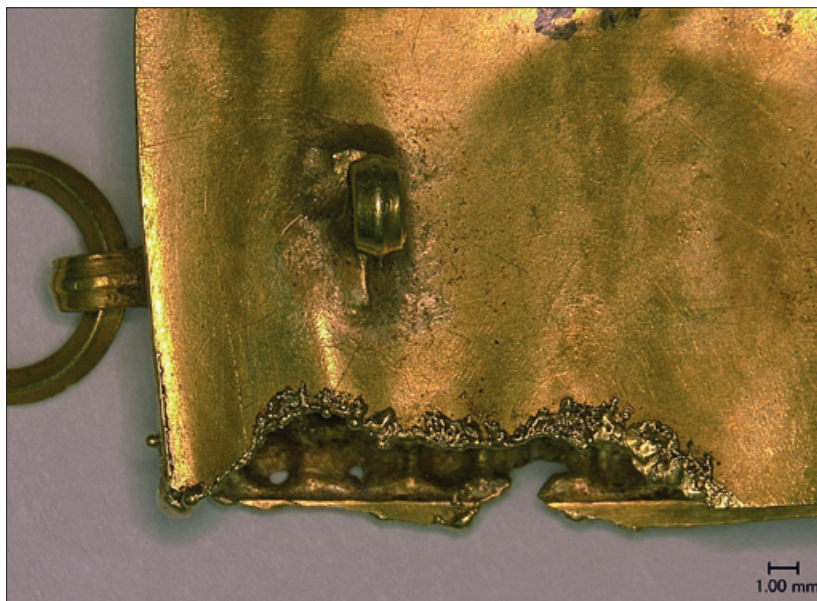


**Abb. 165** Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme einer Öse des Beschlags mit Riemendurchzug (O.42894/13) und des anhaftenden Lots. – (Foto R. Schwab, CEZA Mannheim).

## Ergebnis

Alle analysierten Beschläge der vierteiligen Gürtelgarnitur bestehen aus ternären Gold-Silber-Legierungen, die aus zwei unterschiedlichen Legierungen angefertigt worden sind (**Tab. 1**). Drei der vier Objekte (Nebenriemenzunge O.42894/4; Beschlag mit Riemenschieber O.42894/13; Fragment eines Messerscheidenbeschlags O.42894/14) weisen eine einheitliche Zusammensetzung auf, die nach der alten Bezeichnung etwa 20 Karat, in Tausendteilen einer 833 Goldlegierung entspricht. Das dabei verwendete Lot ist ein strengfließendes Hartlot, dessen Schmelztemperatur mind. 50°C unter dem des Grundwerkstoffes liegt (ca. 950°C). Das Lot ist dabei sehr großzügig verwendet worden, sodass Lotüberschüsse auch über die gelöteten Teile geflossen sind (**Abb. 165**).

**Abb. 166** Die Aufnahme einer Beschädigungsstelle mit einem digitalen Mikroskop zeigt, dass keine Bruchkante vorliegt, sondern das Metall aufgeschmolzen ist. – (Foto R. Schwab, CEZA Mannheim).



Die Hauptriemenzunge (O.42894/1) weist hingegen einen Feingoldgehalt auf, der etwa 17 ½ Karat entspricht. Die mikroskopischen Untersuchungen zeigen bei allen untersuchten Teilen der Gürtelgarnitur, dass die Beschädigungen nicht durch mechanische Brüche oder Korrosion, sondern nur durch Erhitzung hervorgerufen wurden, sodass das Metall lokal aufgeschmolzen erscheint (**Abb. 166-167**).

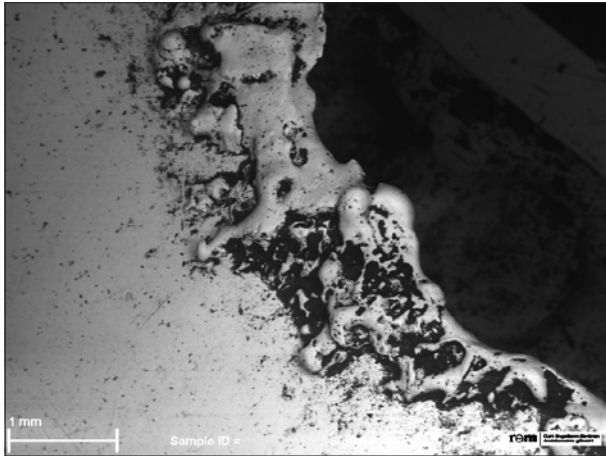
### Interpretation

Die Zusammensetzung des Goldes ist insofern unauffällig, als keine Elemente – wie z. B. Kadmium – enthalten sind, die auf eine Verwendung moderner Legierungen hinweisen würden, während gleichzeitig Spurenelemente wie Zinn oder Platingruppenelemente (PGE) in den für antikes Gold üblichen Konzentrationen auftreten. Vielmehr entspricht die Zusammensetzung der Nebenriemenzunge (O.42894/4) und des Messerscheidenbeschlags (O.42894/14; O42894/15) sogar genau den Zusammensetzungen byzantinischer Goldmünzen<sup>945</sup>. A. Oddy und S. La Niece haben eine These aufgegriffen, dass byzantinischer Schmuck aus Münzen hergestellt worden sein könnte<sup>946</sup>. Auf der Grundlage der ihnen zur Verfügung stehenden Methode, der Röntgenfluoreszenzanalyse, konnten sie allerdings nur zeigen, dass der Feingehalt der Schmuckstücke generell niedriger ist als jener der von ihnen analysierten Münzen. Auf der Basis der bis heute publizierten Daten kann man jedoch ganz allgemein sagen, dass der Feingehalt von Münzen von der mittelbyzantinischen bis in die spätbyzantinische Zeit kontinuierlich abgenommen hat, aber je nach Prägungsort auch mittelbyzantinische Münzen Feingehalte von 20 Karat und weniger aufweisen<sup>947</sup>. Insofern können solche Münzen zu jeder Zeit als Ausgangsmaterial für die Garnitur verwendet worden sein, zumal das Palladium/Platin-Verhältnis der Münzen und der vierteiligen Gürtelgarnitur weitgehend gleich ist. Die Hauptriemenzunge (O.42894/1) weist hingegen Platin- und Palladium-Konzentrationen auf, die für byzantinische Münzen unüblich sind.

<sup>945</sup> Vgl. Bartlett/Oddy/Morrisson 2011. – Guerra u. a. 1999. – Jonson/Blet-Lemarqand/Morrisson 2014. – Morrisson u. a. 1985.

<sup>946</sup> Oddy/La Niece 1986.

<sup>947</sup> Vgl. Bartlett/Oddy/Morrisson 2011. – Guerra u. a. 1999. – Jonson/Blet-Lemarqand/Morrisson 2014. – Morrisson u. a. 1985.



Die mikroskopischen Untersuchungen zeigen, dass alle Beschädigungen an den fünf untersuchten Teilen der Gürtelgarnitur ausschließlich durch das Aufschmelzen des Metalls hervorgerufen worden sind. Es sind sehr gezielte saubere Brennschnitte, wie sie nur mit einer modernen Acetylen-Sauerstoff-Flamme, vermutlich mit einer Mikro-Löt- und Schweißanlage, durchgeführt worden sein können.

*R. Schwab*

**Abb. 167** Die rasterelektronenmikroskopische Aufnahme zeigt deutlich das Aufschmelzen entlang der Kanten. – (Foto R. Schwab, CEZA Mannheim).