

|  |    |            |               |      |
|--|----|------------|---------------|------|
| Jahresschrift für mitteldeutsche Vorgeschichte | 78 | S. 37 - 62 | Halle (Saale) | 1996 |
|--|----|------------|---------------|------|

## **Mikroskopische und mikroanalytische Untersuchungen an Fundstücken aus dem "Fürstengrab" von Gommern, Ldkr. Jerichower Land. Zweiter Teil**

von Matthias Becker, Manfred Fütting und Holger Schnarr, Halle (Saale)

Im Jahre 1990 wurde in der Nähe von Gommern, Ldkr. Jerichower Land (früher Ldkr. Burg), ein germanisches "Fürstengrab" der spätrömischen Kaiserzeit entdeckt<sup>1</sup>.

Im Rahmen eines vom Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT) geförderten Forschungsprojektes (Förderkennzeichen: 03-KU9FHG-01) wurden die Gegenstände und Materialien dieses Grabes mit Hilfe eines atmosphärischen Rasterelektronenmikroskopes, kombiniert mit einem energiedispersiven Röntgenspektrometer für die Elektronenstrahlmikroanalyse, untersucht<sup>2</sup>. Erste Ergebnisse dieser Untersuchungen wurden bereits vorgestellt<sup>3</sup>. Dabei handelte es sich im wesentlichen um Erkenntnisse zu dem am meisten verwendeten Edelmetall (Silber), zu organischen Materialien (Holz, Leder) und Pigmenten (Farben). Im weiteren Fortgang der Arbeiten wurden die Untersuchungen an den Bronzegegenständen, an den zahlreichen Glasresten, am Gold und zu Detailproblemen weitergeführt.

Dabei sind Ergebnisse, die mit Hilfe eines konventionellen Rasterelektronenmikroskop (REM) schon kurz nach der Bergung in Vorarbeiten zum obengenannten Projekt gewonnen wurden, mit einbezogen worden<sup>4</sup>.

### 1. Bronzen und andere Kupferlegierungen

#### 1.1. Untersuchungsmethodik

Im Grab ist eine verhältnismäßig große Anzahl von Gefäßen, Gegenständen und auch Beschlägen aus Bronze und anderen Kupferlegierungen enthalten. Dabei handelt es sich sowohl um römische Importgefäße und -gegenstände als auch um Beschläge an germanischen Holzarbeiten.

Die Untersuchungen bezogen sich bei zusammengesetzten Gefäßen oder Gegenständen auf die jeweils erkennbaren Einzelteile. So wurden bei den römischen Gefäßen Analysen am Material der Gefäßkörper ebenso wie an den Attaschen oder Henkeln durchgeführt. Bei den Beschlägen wurden jeweils Proben von den unterschiedlichen Beschlagtypen untersucht. Bei dem aus zahlreichen Teilen zusammengesetzten Dreifuß wurden ebenfalls aus den jeweiligen Typen der Einzelteile Proben für Analysen ausgewählt.

Im einzelnen handelt es sich bei den Gefäßen um Proben von dem großen bronzenen Westlandkessel, dem Becken (Gefäßwandung, Fuß, Weinblattattaschen und eingehängte Ringe) und den beiden bronzenen Hemmoorer Eimern (jeweils Gefäßwandung, Fuß und Henkel). Am Dreifuß wurden die Grundstangen, die Querstreben, die figürlichen Aufsätze, die figürlichen Füße, die Verbindungsniete und die Lotverbindungen analysiert.

Bei den holzbeschlagenen Gefäßen wurden die Nägel, die Beschlagreifen der beiden Eimer und des Bottichs, die Zierbänder und Henkel der Eimer und die eingehängten Ringe des Bottichs, die Beschläge von Spielbrett und Kasten sowie Schlüssel und Schloßfeder des Kastenschlosses untersucht. Alle Objekte wiesen aufgrund ihres Erhaltungszustandes natürliche Brüche auf, so daß sich die Untersuchungen im wesentlichen auf diese Flächen konzentrieren konnten.

Die Bezeichnung der Einzelteile sowie die Ergebnisse der Analysen finden sich in Tabelle 1.

Tab. 1: Analysen bronzener und anderer kupferlegierter Objekte aus dem Grab von Gommern  
(M. = nicht bestimmt)

| Objekt                                    | Cu    | Sn    | Pb    | Zn    | Fe   | Sb   |
|---|-------|-------|-------|-------|------|------|
| Holzeimer 14/15, Nagel                    | 82,16 | 2,99  | 4,85  | 0,79  | 0,00 | 0,00 |
| Holzeimer 14/15, Nagel                    | 90,42 | 0,90  | 7,12  | 1,48  | 0,00 | 0,00 |
| Holzeimer 14/15, Nagel                    | 89,54 | 1,87  | 5,04  | 0,92  | 2,09 | 0,00 |
| Holzeimer 14/15, Nagel                    | 91,18 | 1,29  | 5,75  | 0,89  | 0,00 | 0,00 |
| Spielbrett 202, Eckbeschlag               | 69,67 | 2,08  | 8,06  | 19,37 | 0,54 | 0,13 |
| Spielbrett 202, Eckbeschlag (Abb. 1.2)    | 21,72 | 2,02  | 62,77 | 7,76  | 0,23 | 0,17 |
| Spielbrett, Griff 191a                    | 81,04 | 6,86  | 3,68  | 6,78  | 0,27 | 0,51 |
| Spielbrett, Griff 191a                    | 71,58 | 10,36 | 3,66  | 6,56  | 0,33 | 1,88 |
| Spielbrett, Griff 191a                    | 81,08 | 9,46  | 2,51  | 5,08  | 0,29 | 0,48 |
| Spielbrett, Griff 191a                    | 79,05 | 8,52  | 3,91  | 6,69  | 0,27 | 0,27 |
| Spielbrett, Griffbeschlag 191b            | 81,12 | 3,29  | 4,75  | 8,02  | 0,80 | 0,25 |
| Spielbrett, Griffbeschlag 191b            | 82,11 | 6,58  | 3,10  | 7,30  | 0,23 | 0,20 |
| Spielbrett, Nagel 191c                    | 93,55 | 0,93  | 0,85  | 0,55  | 0,23 | 0,42 |
| Spielbrett, Nagel 191c                    | 94,17 | 0,87  | 1,65  | 0,78  | 0,17 | 0,15 |
| Spielbrett, Nagel 191c                    | 83,75 | 1,00  | 1,42  | 0,76  | 0,81 | 0,00 |
| Spielbrett, Nagel 191c                    | 93,88 | 0,63  | 0,30  | 0,30  | 0,07 | 0,24 |
| Westlandkessel 13, Rand, Bruchfl.         | 85,60 | 7,90  | 3,10  | 1,50  | 0,37 | 0,50 |
| Westlandkessel 13, Wand, Scherfl.         | 82,00 | 12,40 | 3,70  | 1,00  | 0,14 | 0,80 |
| Holzbottich, Beschlagreifen 102a          | 78,70 | 16,24 | 2,04  | 0,43  | 0,05 | 0,40 |
| Holzbottich, Nagel 102b                   | 90,24 | 3,52  | 2,47  | 0,67  | 0,07 | 0,06 |
| Holzbottich, Ring 102c                    | 70,17 | 2,94  | 19,12 | 6,81  | 0,34 | 0,09 |
| Holzbottich, Ring 102c, Scherfl. (Abb. 2) | 44,84 | 5,95  | 42,04 | 4,74  | 0,17 | 0,75 |
| Holzbottich, Randbeschlag 102d            | 74,92 | 16,26 | 4,26  | 1,09  | 0,28 | 1,66 |
| Holzbottich, Nietkopf mit Lot 102e        | 81,09 | 13,42 | 1,48  | 0,55  | 0,09 | 2,38 |
| Schlüssel 16a                             | 97,16 | 0,87  | 0,58  | 0,55  | 0,08 | 0,04 |
| Schlüssel 16a                             | 97,07 | 0,44  | 1,90  | 0,00  | 0,26 | 0,03 |
| Schloßfeder 16b                           | 94,99 | 0,56  | 2,92  | 0,59  | 0,74 | 0,16 |
| Schloßblech 16c                           | 48,71 | 33,76 | 8,79  | 0,60  | 0,27 | 2,30 |
| Hemmoorer Eimer, Wandung 301b             | 75,14 | 7,36  | 1,17  | 10,90 | 0,50 | 0,55 |
| Hemmoorer Eimer, Boden 301c               | 72,94 | 6,30  | 4,04  | 13,84 | 1,35 | 0,44 |
| Hemmoorer Eimer, Henkel 301a              | 64,91 | 2,90  | 17,24 | 13,32 | 0,72 | 0,26 |
| Hemmoorer Eimer, Henkel 60a               | 74,55 | 4,98  | 5,77  | 11,27 | 0,20 | 0,64 |
| Hemmoorer Eimer, Wandung 60b              | 71,51 | 2,99  | 6,88  | 17,58 | 0,77 | 0,06 |
| Hemmoorer Eimer, Boden 60c                | 74,56 | 5,06  | 2,79  | 15,98 | 0,59 | 0,65 |
| Hemmoorer Eimer, Lot 654b                 | 0,46  | 0,00  | 92,09 | 0,00  | 0,00 | 0,00 |

Fortsetzung Tab. 1

| Objekt                             | Cu    | Sn    | Pb    | Zn    | Fe   | Sb   |
|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| Hemm. Eimer, Bodenscheibe 654a     | 78,69 | 0,00  | 1,64  | 18,99 | 0,36 | 0,00 |
| Becken, Boden 140a                 | 75,67 | 3,70  | 1,79  | 17,91 | 0,40 | 0,25 |
| Becken, Wandung 140b               | 74,46 | 3,67  | 1,19  | 19,87 | 0,35 | 0,59 |
| Becken, Attasche + Lot 140c        | 63,85 | 3,25  | 17,18 | 14,06 | 0,72 | 0,32 |
| Becken, Attasche + Lot 140c        | 33,24 | 43,20 | 9,48  | 4,11  | 1,04 | 0,00 |
| Becken, Ring 140d                  | 73,03 | 2,69  | 7,87  | 15,10 | 0,85 | 0,26 |
| Holzeimer 14/15, Zierband          | 89,43 | 7,79  | 1,11  | 0,62  | 0,08 | 0,40 |
| Holzeimer 14/15, Randbeschlag      | 87,20 | 9,82  | 0,78  | 0,89  | 0,17 | 0,32 |
| Dreifuß, Standbein I 1             | 81,20 | 0,80  | 3,10  | 14,50 | 0,40 | M    |
| Dreifuß, Standbein II 11           | 68,50 | 2,10  | 16,00 | 12,70 | 0,70 | M    |
| Dreifuß, Kreuzstange 12 KS         | 75,50 | 1,00  | 1,00  | 21,00 | 1,20 | M    |
| Dreifuß, Gleithülse 12 OE a        | 83,70 | 1,70  | 2,70  | 11,10 | 0,80 | M    |
| Dreifuß, Gleithülse 12 OE b        | 77,30 | 1,20  | 6,80  | 14,40 | 0,40 | M    |
| Dreifuß, Nietkopf/Zierscheibe 12 Z | 66,00 | 0,80  | 21,00 | 12,00 | 0,50 | M    |
| Dreifuß, Niet 12 N                 | 77,00 | 0,70  | 6,50  | 15,00 | 0,30 | M    |
| Dreifuß, Vogel-Fuß 30              | 83,00 | 11,20 | 5,50  | 0,20  | 0,10 | M    |
| Dreifuß, Aufsatzbüste I 1 K        | 52,00 | 2,10  | 39,00 | 6,40  | 0,30 | M    |
| Dreifuß, Aufsatzbüste II 9 K a     | 78,60 | 4,00  | 5,50  | 11,30 | 0,60 | M    |
| Dreifuß, Aufsatzbüste 9 K b        | 75,50 | 4,00  | 10,30 | 9,60  | 0,50 | M    |
| Dreifuß, Aufsatzbüste 9 K c        | 59,90 | 4,50  | 17,90 | 15,30 | 2,50 | M    |
| Dreifuß, Panther-Fuß 13a           | 59,70 | 7,40  | 31,40 | 1,10  | 0,30 | M    |
| Dreifuß, Panther-Fuß 13b           | 74,80 | 13,10 | 9,40  | 2,30  | 0,50 | M    |

Dabei konnte beim Dreifuß auf die Analysen der ersten Untersuchung zurückgegriffen werden, da dasselbe Analysenverfahren eingesetzt wurde. Als einheitliche Nachweisgrenze für die Hauptkomponenten kann eine Konzentration von 0,05 % angenommen werden, d. h. Konzentrationen, die darunter liegen, sind in der Tabelle 1 unter der Angabe 0 % subsummiert.

Für einen Vergleich der vorliegenden Ergebnisse bietet sich das umfangreiche Material des großen Bronzefundes von Neupotz an<sup>5</sup>. Die umfangreiche Datensammlung von über 300 Einzelanalysen stellt eine solide Basis für die Eingruppierung dar. Verschiedene in diesem Fund enthaltene Typen sind auch im "Fürstengrab" von Gommern zu finden. Aber auch die übrigen können in die von J. Riederer entwickelte Klassifizierung der Kupferlegierungen eingeordnet werden. Obwohl diese Klassifizierung sich weniger an den Zustandsdiagrammen der Stoffsysteme für Kupfer-Zinn-Blei-Zinn orientiert, sondern mehr auf eine einfache Handhabbarkeit zielt, wurde sie in Anbetracht der sehr guten Vergleichsmöglichkeiten ausgewählt (Tab. 2). Doppelbezeichnungen ergaben sich in Grenzfällen aufgrund der Streuung der Analysenergebnisse. Diese Streuung resultiert im wesentlichen aus der methodenspezifischen Meßgenauigkeit der energiedispersiven Elektronenstrahlmikroanalyse, die in den meisten Fällen zwischen 1 und 10 % (relativ) liegt sowie aus materialspezifischen und korrosionsbedingten Inhomogenitäten. Letztere beeinflussen die vorliegenden Analysenergebnisse insbesondere dadurch, daß im Inter-

esse einer zerstörungswarmen Untersuchung durch eine spezielle Präparationstechnik<sup>6</sup> das Kernmaterial in der Regel nur auf einer Fläche von 50 bis 150 µm Breite und 100 bis 200 µm Länge von der daraufliegenden Korrosionsschicht befreit wurde. Dabei wurde besonders vorsichtig in mehreren Schritten vorgegangen, um das Objekt weitestgehend zu schonen. Die schrittweise Schaffung der freigelegten Analysenflächen erfolgte unter ständiger Kontrolle mit dem atmosphärischen Rasterelektronenmikroskop. Daß dies mit vertretbarem Zeitaufwand möglich war, ist auf die besondere Funktion dieses Mikroskops zurückzuführen, die es gestattet, elektrisch nichtleitende Proben ohne Aufladungsstörungen abzubilden<sup>7</sup>.

Tab. 2: Klassifizierung der Objekte anhand der Analysenergebnisse (nach Riederer 1993)

| Objekt  | Klassifizierung nach Riederer  |
|---|--|
| Spielbrett 202, Eckbeschlag<br>Spielbrett, Griff 191a<br>Spielbrett, Griffbeschlag 191b<br>Spielbrett, Nagel 191c   | M 6i <sup>2</sup><br>M 6f <sup>1</sup><br>M 6f <sup>1</sup><br>Kupfer (B 3a)   |
| Westlandkessel 13, Rand<br>Westlandkessel 13, Wand  | M 6b <sup>1</sup><br>M 6c <sup>1</sup> (B 4c)  |
| Holzbottich, Beschlagreifen 102a<br>Holzbottich, Nagel 102b<br>Holzbottich, Ring 102c<br>Holzbottich, Randbeschlag 102d<br>Holzbottich, Nietkopf/Lot 102e | B 4c<br>B 4a<br>M 6e <sup>3</sup><br>M 6c <sup>1</sup><br>M 6c <sup>1</sup> (B 4c)   |
| Schlüssel 16a<br>Schloßfeder 16b<br>Schloßblech 16c   | Kupfer 1<br>B 3a<br>B 4h   |
| Hemm. Eimer, Wandung 301b<br>Hemm. Eimer, Boden 301c<br>Hemm. Eimer, Henkel 301a  | M 6k <sup>1</sup><br>M 6k <sup>1</sup><br>M 6k <sup>3</sup>  |
| Hemm. Eimer, Henkel 60a<br>Hemm. Eimer, Wandung 60b<br>Hemm. Eimer, Boden 60c<br>Hemm. Eimer, Lot 654b<br>Hemm. Eimer, Bodenscheibe 654a                  | M 6i <sup>2</sup> (6h <sup>2</sup> )<br>M 6i <sup>2</sup><br>M 6i <sup>2</sup> (6k <sup>1</sup> )<br>Bleilot (B 3d)<br>M 6i <sup>1</sup> |
| Becken, Boden 140a<br>Becken, Wandung 140b<br>Becken, Attasche 140c<br>Becken, Lot 140c<br>Becken, Ring 140d  | M 6i <sup>1</sup><br>M 6i <sup>1</sup><br>M 6i <sup>3</sup><br>Zinnlot (M 6d <sup>3</sup> )<br>M 6i <sup>2</sup>                         |
| Holzeimer 14/15, Zierband<br>Holzeimer 14/15, Randbeschlag<br>Holzeimer 14/15, Nagel  | B 4b (M 6b <sup>1</sup> )<br>B 4b (2b) (M 6b <sup>1</sup> )<br>M 6a <sup>2</sup> (B 4e)  |

Fortsetzung Tab. 2

| Objekt                             | Klassifizierung nach Riederer        |
|------------------------------------|--------------------------------------|
| Dreifuß, Standbein I 1             | M 6i <sup>1</sup>                    |
| Dreifuß, Standbein II 11           | M 6i <sup>1</sup>                    |
| Dreifuß, Kreuzstange 12 KS         | M 6i <sup>1</sup> (6n <sup>1</sup> ) |
| Dreifuß, Gleithülse 12 OE a        | M 6i <sup>1</sup>                    |
| Dreifuß, Gleithülse 12 OE b        | M 6i <sup>1</sup> (6i <sup>2</sup> ) |
| Dreifuß, Nietkopf/Zierscheibe 12 Z | M 6i <sup>3</sup> (6i <sup>4</sup> ) |
| Dreifuß, Niet 12 N                 | M 6i <sup>2</sup>                    |
| Dreifuß, Vogel-Fuß 30              | B 4g                                 |
| Dreifuß, Aufsatzbüste I 1 K        | M 6e <sup>4</sup>                    |
| Dreifuß, Aufsatzbüste II 9 K a     | M 6i <sup>2</sup>                    |
| Dreifuß, Aufsatzbüste II 9 K b     | M 6i <sup>2</sup> (6e <sup>2</sup> ) |
| Dreifuß, Aufsatzbüste II 9 K c     | M 6i <sup>3</sup>                    |
| Dreifuß, Panther-Fuß 13a           | M 6c <sup>3</sup>                    |

Legende: B - Bronze, M - Messing; Materialgruppen (nach Riederer): 1 Kupfer (mind. 96 %); 3 Bleibronze (Sn ≤ 1 %; Zn ≤ 1 %); 3a mit geringem (1-5 %) Bleigehalt; 3d mit sehr hohem (> 20 %) Bleigehalt; 4 Blei-Zinnbronze (Zn ≤ 1 %); 4a mit geringem (1-5 %) Zinn- und geringem Bleigehalt; 4b mit mittlerem (5-10 %) Zinn- und geringem Bleigehalt; 4c mit hohem (10-20 %) Zinn- und geringem Bleigehalt; 4d mit sehr hohem (> 20 %) Zinn- und geringem Bleigehalt; 4e mit geringem Zinn- und mittlerem Bleigehalt; 4g mit hohem Zinn- und mittlerem Bleigehalt; 4h mit sehr hohem Zinn- und mittlerem Bleigehalt; 6 Zinn-Blei-Messing; 6a\* Messing mit geringem Zinn- und geringem Zinkgehalt; 6b\* Messing mit mittlerem Zinn- und geringem Zinkgehalt; 6c\* Messing mit hohem Zinn- und geringem Zinkgehalt; 6d\* Messing mit sehr hohem Zinn- und geringem Zinkgehalt; 6e\* Messing mit geringem Zinn- und mittlerem Zinkgehalt; 6f\* Messing mit mittlerem Zinn- und mittlerem Zinkgehalt; 6i\* Messing mit geringem Zinn- und hohem Zinkgehalt; 6k\* Messing mit mittlerem Zinn- und hohem Zinkgehalt; 6 n\* Messing mit geringem Zinn- und sehr hohem Zinkgehalt (\* = <sup>1</sup>geringer Bleigehalt; <sup>2</sup>mittlerer Bleigehalt; <sup>3</sup>hoher Bleigehalt; <sup>4</sup>sehr hoher Bleigehalt)

Von Objekten, deren Größe einer direkten Untersuchung im Mikroskop entgegenstand, wurden feine Späne mit ähnlichen Abmessungen wie den oben genannten entnommen. Ihre Orientierung auf dem Probenhalter in einer für die Analyse günstigen Lage erfolgte ebenfalls sukzessiv unter ständiger Kontrolle mit dem atmosphärischen Rasterelektronenmikroskop.

Bei der Untersuchung stark bleihaltiger Späne wurde festgestellt, daß Blei, das in den Legierungen an den Korngrenzen als Ausscheidung vorliegt (vgl. Abb. 1), beim Spanabheben über die Scherfläche des Spans verschmiert werden kann. Infolge der relativ geringen Analysentiefe der Elektronenstrahlmikroanalyse wird dadurch ein Bleigehalt ermittelt, der höher ist als der im eigentlichen Kernmaterial enthaltene. Wo der Verdacht auf ein derartiges Artefakt nahelag, wurde versucht, die Analysen an Bruchflächen der Späne vorzunehmen (vgl. Abb. 2). Dabei erwies sich die mit dem atmosphärischen Rasterelektronenmikroskop schnell zu realisierende mikroskopische Kontrolle der Orientierung der Späne als unabdingbare Voraussetzung.

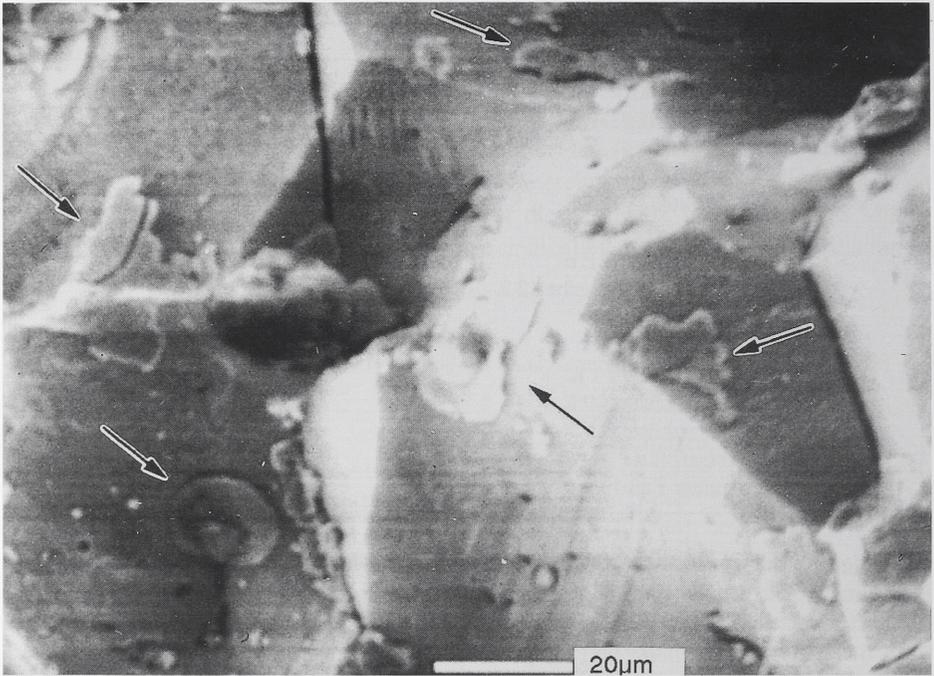


Abb. 1: Bleiausscheidungen auf den Korngrenzen eines Messings mit geringem Zinn-, mittlerem Blei- und hohem Zinkgehalt (Eckbeschlag vom Spielbrett; vgl. Tab. 1; 2)

## 1.2. Der Dreifuß

Im Rahmen der Restaurierungsarbeiten am Dreifuß von Gommern wurden Analysen zu den einzelnen Teilen dieses Objektes durchgeführt<sup>8</sup>.

Zwischen den Einzelteilen des Dreifußes konnten sehr deutliche Unterschiede in der Materialzusammensetzung erkannt werden. Es wird jedoch deutlich, daß für gleiche Einzelteile im wesentlichen auch gleiche Materialien verwendet wurden. So bestehen alle figürlichen Aufsätze aus bleireichen Legierungen, während das Grundgestänge aus deutlich bleiärmerem Messing gefertigt wurde. Ausgehend von den Eigenschaften der Materialien wird die gezielte Verwendung von Legierungen entsprechend ihrer geplanten Verwendung oder Weiterverarbeitung deutlich.

So ist zu bemerken, daß die figürlichen Köpfe aus einer Legierung gegossen wurden, die eine für dieses Herstellungsverfahren günstige Zusammensetzung besitzt. Ebenso wurde das Material für die Standbeine so gewählt, daß die spanabhebende Nachbearbeitung, das Einbringen der heute sichtbaren Profilierung, durch die Eigenschaften des Materials begünstigt wurde.

Bei den Querstreben standen andere Eigenschaften im Vordergrund. Die Zusammensetzung des Messings zeigt hier größere Schwankungen. Dennoch hat das verwendete Messing auch in diesen Fällen Eigenschaften, die die notwendige Lochung für die Ver-

## Bronzeanalysen

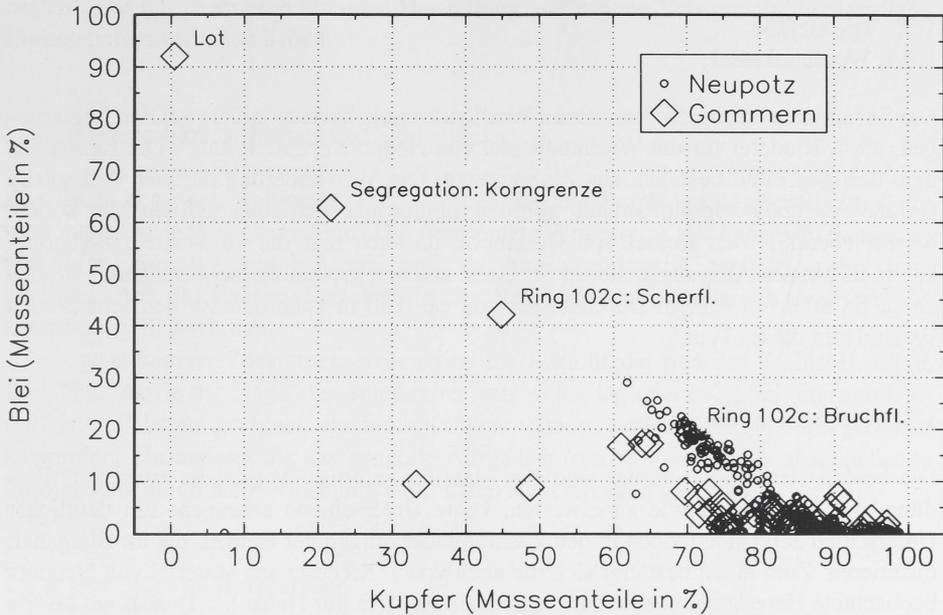


Abb. 2: Kupfer-Blei-Konzentrationsdiagramm zum Vergleich der in den Funden Neupotz und Gommern vorkommenden Kupferlegierungen; am Beispiel des Ringes 102c wird der Unterschied zwischen den analysierten Bruch- und Scherflächen entnommener Späne deutlich

bindungs- und Befestigungsniete nicht erschwert. Die Einzelteile des Grundgestänges des Dreifußes sind aus ähnlichem Ausgangsmaterial gefertigt.

Der Dreifuß weist verschiedene, mit unterschiedlichem Geschick ausgeführte antike Reparaturen auf, bei denen Teile ergänzt wurden. Die Zusammensetzung der ergänzten Teile unterscheidet sich deutlich von der der ursprünglichen. So wurde z. B. einer der ebenfalls gegossenen Füße aus einer für den Guß wesentlich schlechter geeigneten Bronze hergestellt.

Die Ergebnisse zum Dreifuß lassen ein großes und genaues Wissen um die Materialeigenschaften der verschiedenen Legierungen erkennen, das von erstaunlich hohem handwerklichen Können der damaligen Handwerker zeugt.

Ähnliche Erkenntnisse wurden, neben Neupotz, auch an römischen Truhenbeschlägen aus der römischen Villa von Eckartsbrunn gewonnen<sup>9</sup>. Im Unterschied zur offensichtlich recht pragmatischen Materialwahl zur Herstellung der dort vorgefundenen Bronzen, kann man beim Dreifuß von Gommern bei den ursprünglichen Büsten wohl von einer gezielten Materialwahl ausgehen. Die für die eine Reparatur am Dreifuß von Gommern genutzte figürliche Bronze mit abweichender Materialzusammensetzung könnte dem für die Eckartsbrunner figürlichen Bronzen beschriebenen Herstellungsprozeß entsprechen<sup>10</sup>. Dabei kam es weniger darauf an, ein ideales Ausgangsmaterial für den zu ferti-

genden Gegenstand zu verwenden, als vielmehr darauf, daß der Gegenstand überhaupt technisch realisiert werden konnte.

### 1.3. Die Gefäße

#### 1.3.1. Westlandkessel

Die Zusammensetzung des bronzenen Westlandkessels korrespondiert mit den Legierungen, die J. Riederer für die Westlandkessel von Neupotz ermittelt hat<sup>11</sup>. Die Kessel aus dem dortigen Fund bestehen aus Zinnbronzen. Die Verwunderung darüber, daß solche Gefäße aus einer verhältnismäßig spröden Zinnbronze getrieben worden sein sollen, betrifft ebenfalls den Kessel von Gommern, da auch hier die verwendete Legierung kaum als ideales Ausgangsmaterial für einen solchen großen Kessel bezeichnet werden kann. Er zählt mit seinem Durchmesser von ca. 0,80 m außerdem zu den sehr großen Exemplaren dieses Typs.

#### 1.3.2. Hemmoorer Eimer

Die beiden Hemmoorer Eimer sind aus Messing gefertigt. Vergleiche zwischen Wandung und Fuß lassen, wie zu erwarten, keine Unterschiede erkennen. Ein deutlicher Unterschied zeigt sich jedoch in den Zusammensetzungen der Henkel, die im Bleigehalt differieren. Zum einen bestätigt sich die auch von J. Riederer am Material von Neupotz beobachtete Heterogenität des Ausgangsmaterials, z. B. für Henkel.<sup>12</sup> Denn auch für die beiden Eimerhenkel aus Gommern wurde deutlich voneinander verschiedenes Material verwendet, wobei das bleireichere sicherlich besser für die Herstellung eines gegossenen Henkels geeignet war. Zum anderen besteht die Möglichkeit, die sich ebenfalls andeutenden Differenzen im Material der Wandungen mit den unterschiedlichen Henkelmaterialien insofern in Verbindung zu bringen, als man unterschiedliche Herstellungsprozesse bzw. auch -orte vermuten kann.

#### 1.3.3. Becken mit Weinblattattaschen

Auch der Gefäßkörper des Beckens besteht aus Messing, und es läßt sich feststellen, daß für die Gefäßwandung und die Attaschen unterschiedliche Legierungen verwendet wurden, deren Eigenschaften mit ihrer Verwendung korrespondieren. Der Gefäßkörper steht in seiner Zusammensetzung den Hemmoorer Eimern nahe und läßt sich gut mit ihnen vergleichen. Die Attaschen sind aus bleireichem Messing hergestellt. Ähnliches trifft auf den eingehängten Ring zu. Dieser kommt in seiner Zusammensetzung jedoch dem Gefäßmaterial der Eimer nahe und unterscheidet sich in seiner Zusammensetzung vom Gefäßmaterial nur durch einen geringfügig höheren Bleigehalt.

### 1.4. Die Beschläge an Holzgegenständen und -gefäßen

#### 1.4.1. Spielbrett

Die Beschläge und der Griff des Spielbrettes sind aus ähnlichen Ausgangsmaterialien gefertigt. Die Legierungen sind verhältnismäßig unsauber und haben entsprechend

schlechte Eigenschaften. Die dünnen Bleche der rechtwinkligen Eckbeschläge sind auch stark brüchig und weisen starke korrosive Erscheinungen auf.

Deutlich unterschieden davon ist der Nagel, der aus ganz gering legiertem Kupfer besteht. Das dürfte ihm die für seine Herstellung und weitere Verwendung notwendigen Eigenschaften verliehen haben.

#### 1.4.2. Kastenschloß, Schlüssel und Schließfeder

Das Blech des Kastenschlosses weist, ähnlich wie die Beschläge des Spielbrettes, ein unsauberes Ausgangsmaterial auf. Die verwendete Zinnbronze mit hohem Bleianteil ist von ihren Eigenschaften her nur dann als Ausgangsmaterial geeignet, wenn man annimmt, daß die flachen Bestandteile des Schlosses ohne weitere Kaltverformung zusammengefügt wurden.

Von ganz anderer Zusammensetzung sind die Schloßfeder und der Schlüssel. Beide sind, ähnlich wie der Nagel des Spielbrettes, aus wenig legiertem Kupfer gefertigt. Dieses Material ist gut geeignet, um durch Kaltbearbeitung in die endgültige Form gebracht zu werden. Ein anderes als das genutzte Ausgangsmaterial wäre für die abschließende Formgebung durch Kaltverformung wohl kaum zu verwenden gewesen.

#### 1.4.3. Beschläge an Holzgefäßen

Die Analysen zeigen, daß für die Beschlagreifen der unterschiedlichen Gefäße auch unterschiedliche Zinnbronzes verwendet wurden, und auch innerhalb der Beschläge eines Gefäßes keine Einheitlichkeit besteht. So wurden für die Beschlagreifen und die abschließende Umbörtelung der Mündung des größeren Holzbottichs Bleche aus Bronze sowie aus Messing verwendet.

Das Material für die Beschlagreifen und die Randumbörtelung unterscheidet sich deutlich von dem für die Eckbeschläge des Spielbrettes bzw. den Kastenschloßbeschlag, zeigt aber Ähnlichkeiten zum Gefäßmaterial des Kessels aus diesem Grab oder z. B. der Kessel oder Platten aus dem Fund von Neupotz. Diese Ähnlichkeit des Materials gilt auch für die beiden Henkel der Holzeimer.

Der am Bottich verwendete Ring weist in seiner Zusammensetzung mit dem hohen Bleianteil auf eine Herstellung im Guß hin.

Die für die Befestigung der Beschlagreifen verwendeten Nägel besitzen zwar hohe Kupfergehalte, unterscheiden sich jedoch von den Nägeln des Spielbrettes und auch vom Ausgangsmaterial für Schlüssel und Schloßfeder. Sie sind wohl aus ähnlichen Bronzen wie die Beschlagreifen selbst gefertigt.

#### 1.5. Zusammenfassende Wertung

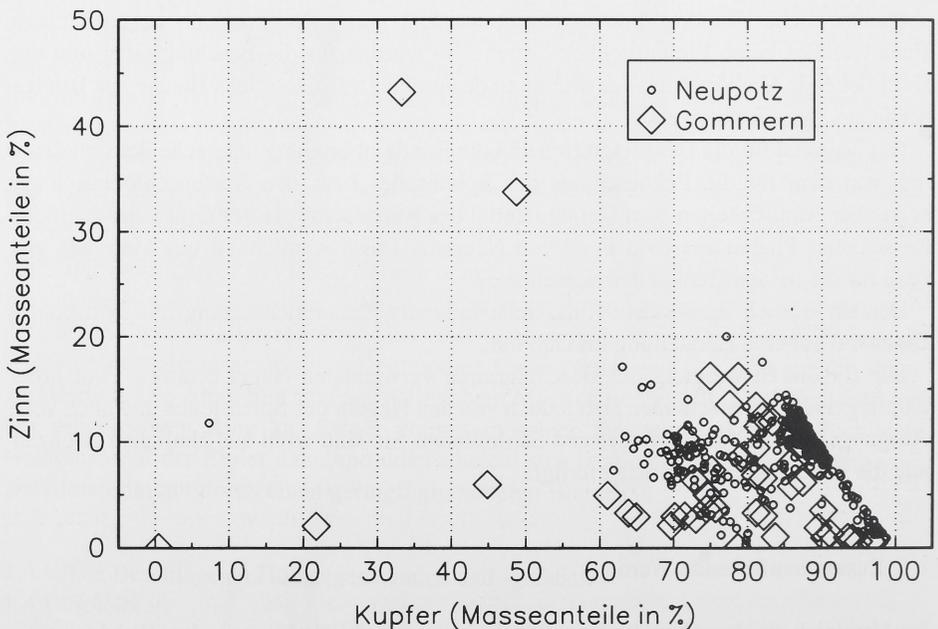
Im Vergleich zu den Untersuchungsergebnissen von J. Riederer an den Objekten von Neupotz, die eine relativ einheitliche Zusammensetzung für das Material von Hohlgefäßen und damit eine große Homogenität des Fundes dokumentieren<sup>13</sup>, stellen sich die Ver-

hältnisse für das Grab von Gommern mit seinem anders gearteten Fundmaterial etwas anders dar. Auch wenn im wesentlichen gleiche oder sehr ähnliche Legierungen vorgefunden wurden (vgl. Abb. 2 und 3), deuten die in vielen Objekten nachgewiesenen höheren Zinkgehalte (vgl. Abb. 4) auf einen noch stärkeren Eintrag durch Altmetallanteile. Der Materialgruppierung von J. Riederer folgend, sind dadurch die meisten Legierungen von Gommern als Blei-Zinn-Messinge anzusprechen, auch wenn der Übergang zu den Blei-Zinn-Bronzen fließend ist, wie einige Doppelnennungen in der Tabelle 2 andeuten.

Eine ähnliche Interpretation legt die Betrachtung der Antimongehalte nahe (vgl. Abb. 5). Wie bereits J. Riederer hervorgehoben hat, ist Antimon ein Legierungsbestandteil, der ausschließlich aus den Ausgangserzen stammt. Während für die Objekte von Neupotz durch die geringe Schwankungsbreite und das ausgeprägte Maximum der Antimongehalte die Homogenität des Fundes bestätigt wird, sind für Gommern die Antimongehalte über 0,3 % als regional typisch zu werten und bestätigen somit die Inhomogenität des Fundmaterials als eine Zusammenfassung von eigenem oder/und aus verschiedenen Regionen importiertem Material.

Dies wird um so wahrscheinlicher, wenn man sich die Zusammensetzung des Hortfundes von Neupotz, beispielsweise in bezug auf Grabausstattungen der entsprechenden Zeit im freien Germanien, ansieht. Auch wenn man annimmt, daß in den Gräbern nur ein Bruchteil des ehemals vorhandenen Importes wiederzufinden ist, so erstaunt es doch,

## Bronzeanalysen



## Bronzeanalysen

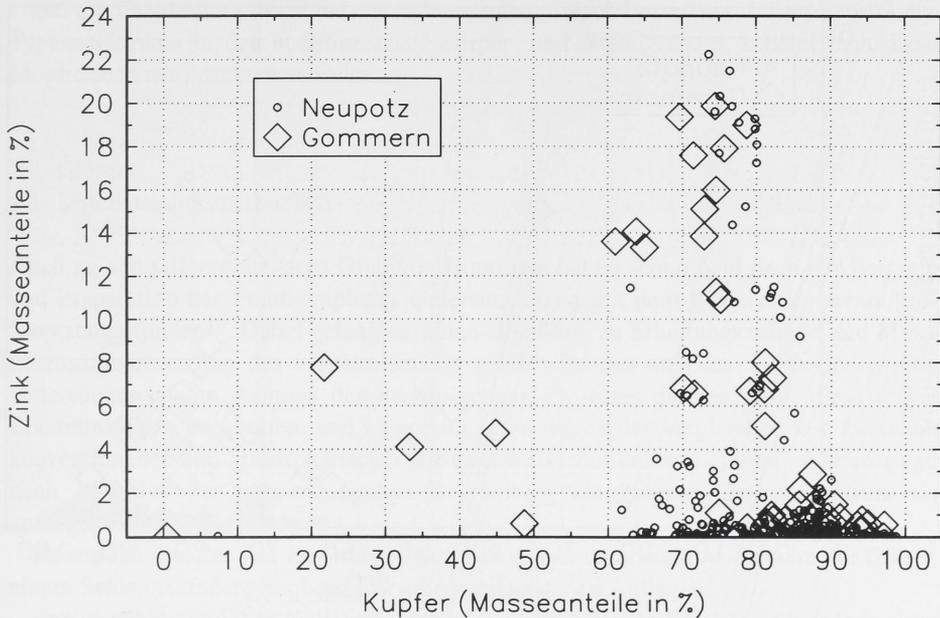


Abb. 4: Kupfer-Zink-Konzentrationsdiagramm zum Vergleich der in den Funden Neupotz und Gommern vorkommenden Kupferlegierungen

wieviel Material ein angenommener Plünderungszug erbracht hat.

Prinzipiell betrachtet, zeigen sich an den römischen Gefäßen von Gommern ähnliche Ergebnisse wie an den Gefäßen von Neupotz. Die Herstellung der Hemmoorer Eimer und auch des Beckens mit Weinblattattaschen aus Messing ergänzt das bisher bekannte Bild.

Der Nachweis, daß für Henkel und Ringe ein sehr heterogenes Ausgangsmaterial verwendet wurde, korrespondiert ebenfalls mit dem Neupotzer Material.

Die im Gußverfahren hergestellten figürlichen Bronzen lassen erkennen, daß man nach Möglichkeit bestrebt war, das Material entsprechend der vorgesehenen Herstellungstechnik auszuwählen. Das bestätigt erneut und eindrucksvoll, daß ein ziemlich genaues Wissen um die unterschiedlichen Legierungen und deren Eigenschaften vorhanden war und wohl auch die bewußte Auswahl geeigneter Legierungen angestrebt wurde. Die genaue Durchsicht bestätigt aber auch die anderweitig gewonnenen Erkenntnisse, daß ein ideales Material nicht immer zur Verfügung stand und auch auf weniger geeignete, aber trotzdem noch verwendbare Legierungen zurückgegriffen wurde.

Eine Differenzierung zwischen römischen und germanischen Bronzen liefert einige interessante Erkenntnisse. Besonders die Henkel und Beschläge der großen Holzgefäße (Bänder, Randeinfassungen), aber auch die für diese Holzgefäße verwendeten Nägel weisen große Ähnlichkeiten mit den Materialien auf, die vor allem für römische Kessel

## Bronzeanalysen

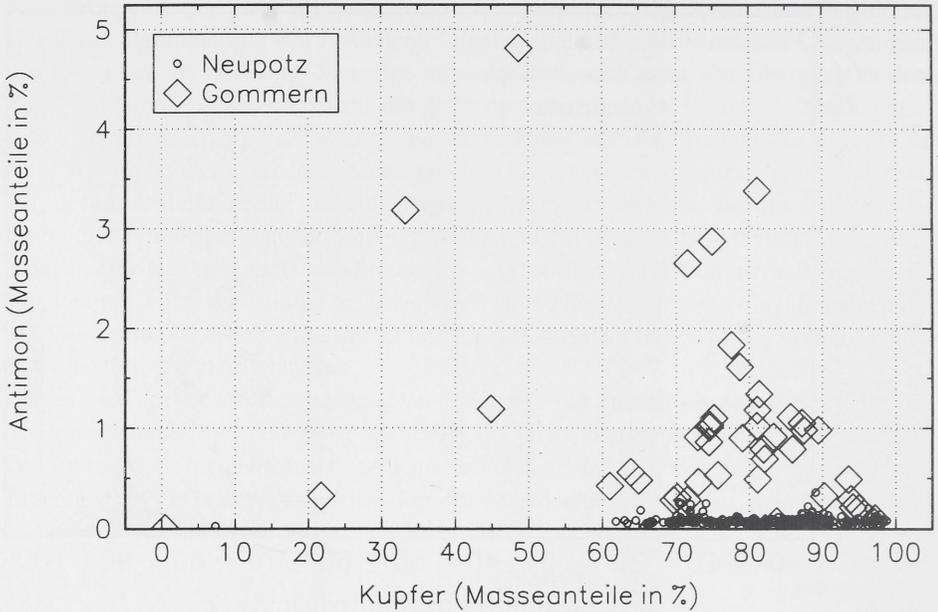


Abb. 5: Kupfer-Antimon-Konzentrationsdiagramm zum Vergleich der in den Funden Neupotz und Gommern vorkommenden Kupferlegierungen

verwendet wurden. Das zeigt sich nicht nur in dem begrenzten Vergleichsmaterial von Gommern, sondern auch mit Blick auf die Untersuchungen am Material von Neupotz. Andererseits enthalten gerade die Beschläge der germanischen Holzgefäße zahlreiche Beimengungen, die nach J. Riederer<sup>14</sup> auf mehrfach umgeschmolzenes Altmetall schließen lassen und unterscheiden sich dadurch von zahlreichen römischen Gefäßen.

Die Vermutung, in dem Ausgangsmaterial für die bronzenen Beschlagteile der germanischen Gefäße solche römischen Bronzegefäße zu sehen, liegt auf der Hand. Die Materialanalysen lassen aber neben der Weiterverwendung römischer Gefäße durch Zerschneiden und Umformen auch an Einschmelzen und Neugießen denken. Zumindest wird im Vergleich zwischen römischen Gefäßen und Beschlagmaterial der germanischen Holzgefäße deutlich, daß für die römischen Gefäße in der Regel reinere Legierungen verwendet wurden.

Weiterhin fügen sich die Analysen der eingehängten Ringe im Holzbottich und im Becken mit Weinblattattaschen in das Bild ein, das für das Ausgangsmaterial für Henkel, Standringe, Füße etc. von Neupotz gewonnen wurde. Das führt zu der Annahme, daß der Ring für den Holzbottich ohne weitere Umarbeitung sekundär für dieses germanische Holzgefäß verwendet worden sein kann.

Bewußte Materialwahl und auch Materialkenntnis werden für das römische Handwerk als gesichert vorausgesetzt. Ähnliches darf aber auch für germanische Handwerker gel-

ten, die offensichtlich versuchten, Material entsprechend der vorgesehenen Weiterbearbeitung zu verwenden. Einschränkungen ergaben sich wohl immer dann, wenn Material nicht in der notwendigen Qualität vorlag.

Bei der Beurteilung des Fundes von Neupotz und auch bezogen auf die Auswahl des Typenspektrums in den spätrömischen Körper- und Brandgräbern, scheint man diese Möglichkeit mit beachten zu müssen.

## 2. Gläser

### 2.1. Untersuchungsmethodik

Auch zu den Gläsern aus dem Grab von Gommern haben schon bald nach der Bergung und Präparation des Fundkomplexes Untersuchungen mit dem Rasterelektronenmikroskop stattgefunden<sup>15</sup>. Dabei gelang es, einen Überblick zu Erhaltungszustand und Materialzusammensetzung des verhältnismäßig großen Fundus an Glas zu gewinnen. Die Untersuchungen im Rahmen des nachfolgenden Projektes dienten dazu, diese ersten Erkenntnisse zu überprüfen, und zwar zum einen wegen der Vergleichbarkeit zwischen konventioneller und atmosphärischer Rasterelektronenmikroskopie, zum anderen stand nach Abschluß der restauratorischen Bearbeitung ein größeres Probenspektrum als anfangs zur Verfügung.

Es wurden drei der vier im Grab enthaltenen Gläser untersucht; von einem der Gläser, einem Schlangenfadenglas, besonders die verschiedenen Auflagen.

Von der umfangreichen Kollektion der im Grab enthaltenen Spielsteine wurde je einer der nach Augenschein zu trennenden Typen für die Analyse ausgewählt, so daß hell- und dunkelblaues, grünes, braunes und millefioriartiges Glas untersucht wurden.

Die Glaseinlagen der Verzierung von Schild und Schildbuckel sahen sich so ähnlich, daß sie als einheitlich aufgefaßt wurden. Die Materialzusammensetzung wurde jedoch an den verschiedenen großen Typen geprüft. Die Objekte und die Ergebnisse sind in Tabelle 3 zusammengestellt.

Die bisher vorhandenen Erkenntnisse zur Korrosion an den Gläsern von Gommern wurden durch die Untersuchungen vor allem der Spielsteine bestätigt. So gibt es einige Exemplare, die durch Korrosion so stark zerstört sind, daß sie nur noch als kleine Krümel vorliegen, an denen keine sinnvollen Analysen mehr möglich sind. Makroskopisch kaum zu erkennen ist, daß sich die Korrosion auch in zahlreichen Rissen ausgebreitet hat (vgl. Abb. 6 und 7), so daß die Glasmasse der Spielsteine z. T. zu erheblichen Prozentsätzen aus korrosiv umgesetztem Material besteht. Die Korrosionsschicht überzieht nicht nur den ganzen Gegenstand, sondern dringt auch an Rissen vor, die von der Oberfläche in das Material hineinlaufen. Die Dicke der Korrosionsschicht und die Dichte der Risse bestimmen somit den Volumenanteil an durch Korrosion verändertem Material. Das kann in extremen Fällen dazu führen, daß das gesamte Objekt nur noch aus korrodiertem Material besteht. Ein Beispiel dafür lieferte der millefioriartig erscheinende Spielstein, bei dem Korrosionsschichtdicken um 50 µm und durchschnittliche Rißabstände von ebenfalls rund 50 µm dazu führten, daß präparativ kein unverfälschtes Kernmaterial mehr freigelegt werden konnte.

Das Entfernen der Korrosionsschicht erfolgte wie im Abschnitt 1.1. beschrieben. Die mikroskopische Kontrolle mußte aber bei den Gläsern noch durch Grobanalysen unter-

Tab. 3: Analysen gläserner Objekte aus dem Grab von Gommern (v = Verwitterungsschicht)

| Fundgegenstand                                 | Natrium-oxid | Magnesium-oxid | Aluminium-oxid | Silicium-oxid | Kalium-oxid | Calcium-oxid | weitere Elemente |
|--|--------------|----------------|----------------|---------------|-------------|--------------|------------------|
| Glaseinlage Schildbuckel (g 3.1) (Abb. 8)      | 17,93        | 0,83           | 9,9            | 65            | 0,40        | 4,1          | Mn, Fe, Cu       |
| Spielstein 2, sehr dunkelblau (g 4.1) (Abb. 8) | 20,08        | 0,49           | 5,7            | 63            | 0,45        | 5,8          | Ti, Mn, Fe, Cu   |
| Spielstein 2, hellbraun (g 5.1a)               | 27,40        | 1,90           | 3,1            | 59            | 0,23        | 6,1          | Ti, Fe, Ba       |
| Spielstein 2, hellbraun (g 5.1b)               | 28,54        | 1,91           | 3,1            | 58            | 0,23        | 6,0          | Ti, Fe           |
| Spielstein 2, hellbraun (g 5.1c)               | 27,57        | 1,90           | 3,1            | 59            | 0,23        | 6,1          | Fe, Ba           |
| Spielstein 8, grün (g 6.1)                     | 24,05        | 0,53           | 2,5            | 65            | 0,49        | 4,2          | Ti, Fe, Cu       |
| Spielstein 2, hellgrün (g 7.1)                 | 12,02        | 0,37           | 4,2            | 71            | 0,24        | 4,8          | Ti, Fe, Cu, Pb   |
| Spielstein 2, türkis (g 8.1)                   | 25,17        | 0,73           | 2,4            | 63            | 0,38        | 4,3          | Ti, Fe, Cu       |
| Spielstein 8, türkis (g 9.1a)                  | 24,22        | 0,46           | 4,1            | 63            | 0,38        | 4,4          | Fe, Cu           |
| Spielstein 8, türkis (g 9.1b)                  | 24,22        | 0,47           | 4,2            | 63            | 0,38        | 4,4          | Fe, Cu           |
| Spielstein 8, dunkelblau (g 10.1v)             | 3,95         | 0,59           | 12,0           | 76            | 0,60        | 5,7          | Fe               |
| Spielstein 8, dunkelblau (g 10.2v)             | 4,26         | 0,75           | 12,0           | 75            | 0,52        | 5,6          | Fe, Cu           |
| Spielstein 8, dunkelblau (g 10.3) Boden        | 21,00        | 0,75           | 3,6            | 65            | 0,49        | 6,7          | Mn, Fe, Co       |
| Spielstein 184, dunkelblau (g 11.1)            | 19,90        | 0,61           | 3,3            | 68            | 0,37        | 4,9          | Ti, Fe, Cu       |
| Spielstein 184, gemischt (g 12.1v)             | 1,05         | 0,40           | 9,1            | 81            | 0,14        | 5,2          | Ti, Fe           |
| Spielstein 184, wasserhellblau (g 13.1)        | 22,33        | 0,90           | 4,2            | 65            | 0,54        | 5,4          | Mn, Fe, Cu       |
| Spielstein 184, dunkelgrün (g 14.1v)           | 1,81         | 0,86           | 3,4            | 77            | 0,34        | 6,6          | Mn, Fe, Cu, Pb   |
| Spielstein 716, türkis (g 15.1v)               | 2,69         | 4,08           | 6,1            | 73            | 0,18        | 5,4          | Ti, Mn, Fe, Cu   |
| Glasschmelz 42, Ichstedt                       | 19,57        | 0,88           | 2,6            | 71            | 0,26        | 3,8          | Mn, Fe           |
| Facettenschliffbecher 149                      | 14,32        | 0,92           | 3,0            | 76            | 0,37        | 4,3          | Ti, Fe, Cu       |
| Facettenschliffbecher 149                      | 17,06        | 0,36           | 2,2            | 72            | 0,42        | 5,2          | Fe               |
| Facettenschliffbecher 149                      | 16,55        | 0,38           | 2,1            | 72            | 0,42        | 5,2          | Fe               |
| Facettenschliffbecher 149, v                   | 0,67         | 1,41           | 3,6            | 90            | 0,04        | 2,9          | Mn, Fe           |
| Spielstein 184, hellblau a.1                   | 0,00         | 0,99           | 3,2            | 88            | 0,17        | 4,3          | Ti, Fe, Cu       |
| Spielstein 184, hellblau a.1                   | 0,00         | 0,55           | 3,8            | 85            | 0,32        | 5,3          | Ti, Fe, Cu       |

Fortsetzung Tab. 3

| Fundgegenstand                        | Natrium-oxid | Magnesium-oxid | Aluminium-oxid | Silicium-oxid | Kalium-oxid | Calcium-oxid | weitere Elemente   |
|---------------------------------------|--------------|----------------|----------------|---------------|-------------|--------------|--------------------|
| Spielstein 184, hellblau a.2v         | 0,00         | 0,61           | 3,6            | 87            | 0,11        | 4,1          | Ti, Fe, Cu         |
| Spielstein 184, hellblau a.2          | 13,08        | 0,63           | 3,0            | 77            | 0,37        | 3,8          | Ti, Fe, Cu         |
| Spielstein 184, hellblau a.2          | 10,83        | 0,43           | 2,7            | 79            | 0,45        | 3,8          | Fe, Cu             |
| Spielstein 184, dunkelblau b          | 17,24        | 0,37           | 2,2            | 72            | 0,48        | 4,6          | Fe, Co             |
| Schlangenfadenglas 187, Gefäßwand 1   | 19,23        | 0,08           | 1,9            | 73            | 0,23        | 3,8          | Ti, Fe             |
| Schlangenfadenglas 187, Gefäßwand 2   | 18,49        | 0,17           | 1,9            | 74            | 0,18        | 3,5          | Co                 |
| Schlangenfadenglas 187, Gefäßwand 2   | 19,35        | 0,14           | 2,0            | 72            | 0,26        | 3,5          | Fe, Co             |
| Schlangenfadenglas 187, Gefäßwand 2   | 22,24        | 0,71           | 2,5            | 70            | 0,61        | 2,8          | Fe, Co             |
| Schlangenfadenglas 187, Gefäßwand 2   | 21,26        | 0,54           | 2,3            | 71            | 0,13        | 2,7          | Co                 |
| Schlangenfadenglas 187, Faden weiß 2v | 2,04         | 0,31           | 2,1            | 89            | 0,15        | 4,2          | Mn, Fe             |
| Schlangenfadenglas 187, Faden weiß 3  | 12,69        | 2,01           | 2,7            | 76            | 0,27        | 5,2          | Fe                 |
| Schlangenfadenglas 187, Faden grün 3v | 0,00         | 0,82           | 8,7            | 78            | 0,53        | 5,7          | Ti, Fe, Sb         |
| Schlangenfadenglas 187, Faden grün 4  | 23,29        | 0,54           | 2,3            | 70            | 0,19        | 1,9          | Ti, Fe, Cu         |
| Schlangenfadenglas 187, Faden grün 4  | 20,78        | 1,48           | 3,9            | 68            | 0,26        | 2,7          | Ti, Fe             |
| Schlangenfadenglas 187, Faden grün 4v | 0,98         | 0,38           | 10,0           | 70            | 0,12        | 4,5          | Ti, Fe             |
| Schlangenfadenglas 187, Faden grün 4v | 0,28         | 0,45           | 11,0           | 81            | 0,21        | 4,7          | Ti, Fe             |
| Glas mit Waffelmuster 198             | 18,25        | 0,32           | 2,1            | 73            | 0,33        | 4,9          | Ti, Mn, Fe         |
| Spielstein 232, grün, v               | 0,00         | 1,12           | 3,5            | 87            | 0,00        | 3,8          | Ti, Fe, Cu         |
| Spielstein 232, grün, v               | 0,92         | 0,33           | 7,1            | 78            | 0,36        | 4,1          |                    |
| Spielstein 232, grün                  | 13,88        | 1,01           | 3,5            | 76            | 0,38        | 3,5          | Ti, Mn, Fe, Cu     |
| Spielstein 232, grün                  | 11,44        | 0,62           | 3,0            | 74            | 0,54        | 4,4          | Cr, Fe, Cu         |
| Spielstein 232, grün                  | 13,04        | 0,72           | 3,0            | 74            | 0,43        | 3,6          | Ti, Mn, Cr, Fe, Cu |
| Spielstein 232, grün                  | 18,42        | 0,42           | 2,7            | 73            | 0,32        | 3,9          | Ti, Mn, Fe         |
| Glaseinlage, Schildfläche 634         | 14,30        | 0,24           | 2,6            | 76            | 0,50        | 5,0          | Ti, Fe, Mn         |
| Glaseinlage, Schildfläche 634, v      | 0,29         | 0,93           | 11,0           | 70            | 0,23        | 6,4          | Ti, Mn, Fe         |

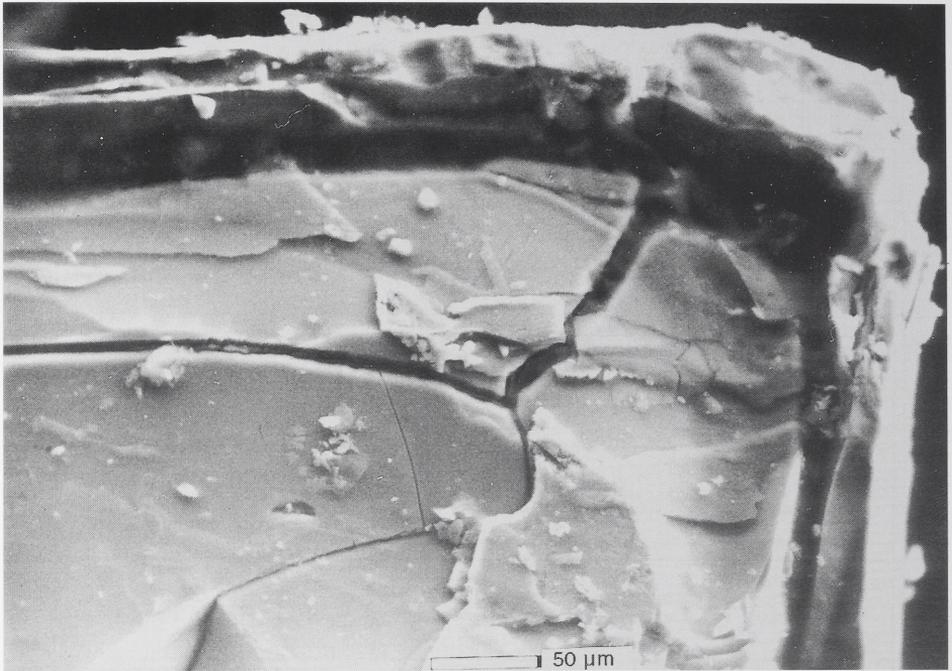


Abb. 6: Korrosionsschichten auf einem Splitter aus einer Glasgefäßwandung (Probe 187.2)

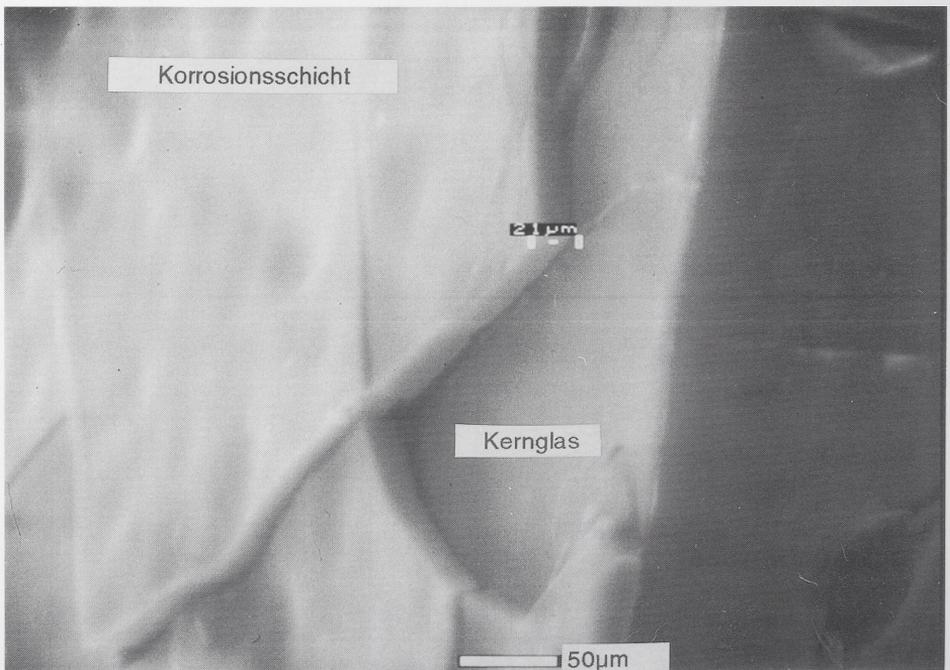


Abb. 7: Korrosionsschicht auf einem dunkelblauen Spielstein; im Bereich des freigelegten Kernmaterials hat sich der Korrosionsangriff entlang der Oberflächenrisse markiert

stützt werden, da die Morphologie der präparierten Oberflächen nicht immer eine eindeutige Zuordnung zum korrodierten oder zum Kernmaterial zuläßt. Das liegt sicher darin begründet, daß sich die Zusammensetzung, beginnend an der Oberfläche bis zum Kernmaterial gleitend, d. h. ohne Sprünge, ändert. An den untersuchten Gläsern konnten zwei charakteristische Richtungen der Zusammensetzungsänderungen infolge der korrosionsbedingten Auslaugung der Alkalien festgestellt werden. Bei einer Art Korrosion erhöhen sich die prozentualen Anteile an Siliziumoxid (vgl. Abb. 8) bei ungefähr gleichbleibenden Konzentrationen der restlichen, in der Analyse nachgewiesenen Elemente. Das deutet auf die vorrangige Bildung hydroxylhaltiger, siliziumreicher Gelschichten, eventuell in Kombination mit der Auslaugung anderer Glaskomponenten hin. Die andere Art der Korrosion ist durch die relativen Konzentrationserhöhungen der im Glas verbleibenden Elemente gekennzeichnet (vgl. Abb. 8), die von einem Ablösen von Teilen der Gelschichten begleitet sein kann.

Eine Identifizierung korrosionsbedingter Änderungen in der Zusammensetzung läßt sich am sichersten anhand des  $\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ -Diagramms (Abb. 9) vornehmen, in dem die Analysen korrodierten Bereiche deutlich anders gruppiert sind als die der Kernmaterialien.

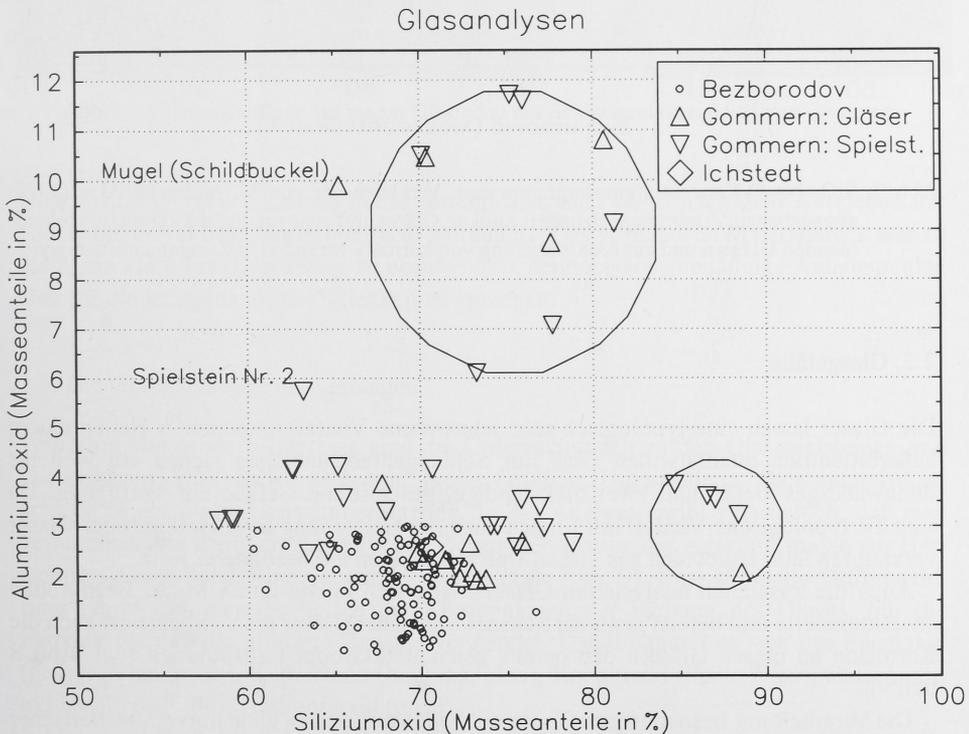


Abb. 8:  $\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$ -Konzentrationsdiagramm zum Vergleich der von M. A. Bezborodov (1975) angegebenen Zusammensetzungen antiker Gläser mit den im Fund Gommern vorkommenden Gläsern; die Gruppen der Analysen von korrodierten Gläsern sind durch Kreise markiert; die davon zu unterscheidenden Gläser mit erhöhtem  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Gehalt sind beschriftet

## Glasanalysen

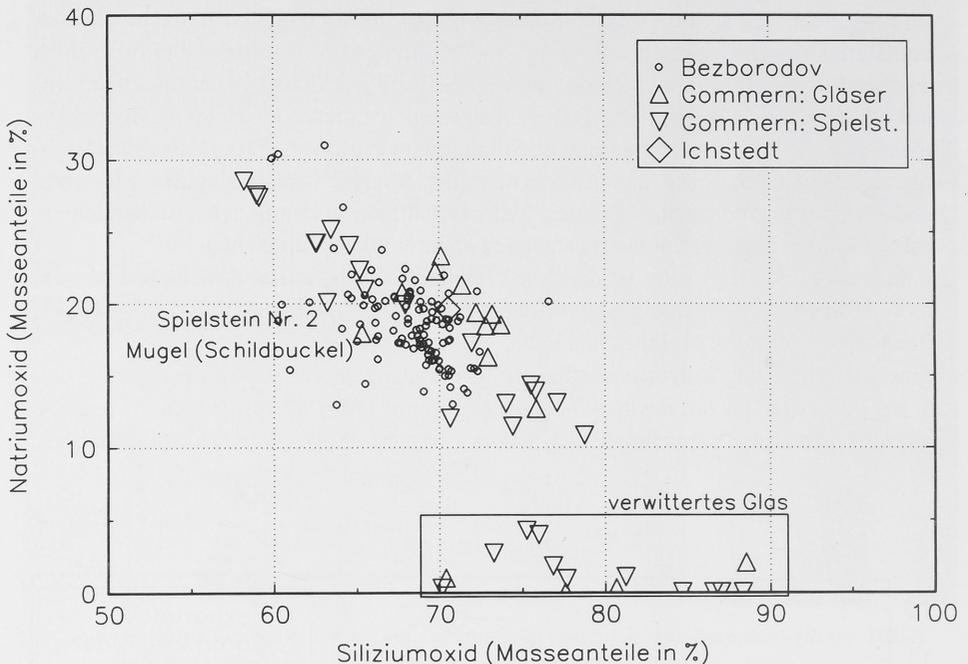


Abb. 9: SiO<sub>2</sub>-Na<sub>2</sub>O-Konzentrationsdiagramm zum Vergleich der von M. A. Bezborodov (1975) angegebenen Zusammensetzungen antiker Gläser mit den im Fund Gommern vorkommenden Gläsern und zur Identifizierung von korrosiv veränderten Zusammensetzungen

## 2.2. Glasgefäße

Die Gläser lassen eine typologisch sehr interessante Vielfalt erkennen<sup>16</sup>. Neben einem außerordentlich qualitativ vollen Glas mit Schlangenfadenauflagen stehen ein weiteres dünnwandiges Gefäß und zwei dickwandige, geschliffene Gefäße zur Verfügung. Da sich die typologische Vielfalt mit Fragen nach der Herstellung bzw. Herkunft der Gläser verknüpfen läßt, ergibt sich aus diesen Untersuchungen ein besonderer Reiz.

Auch die zusätzlich analysierten Gläser fügen sich in das durch M. A. Bezborodov charakterisierte und bereits genutzte Schema römischer Gläser ein<sup>17</sup>. Ebenso ist auch die Korrosion an diesen Gläsern den bereits genannten Gruppen zuzuordnen (vgl. Abb. 8 und 9).

Die Verarbeitung besonders des Glases mit Fadenauflagen ist nicht nur in künstlerischer Hinsicht, sondern auch aus technologischer Sicht als qualitativ hochwertig anzusehen.

Im Rahmen der Untersuchungen wurde versucht, die Vergoldungstechnik einer Fadenaufgabe des Schlangenfadenglases genauer zu charakterisieren. Dabei konnte ermittelt werden, daß es sich um eine Blattgoldaufgabe handelt, wobei die Dicke der Goldschicht zwischen 2 µm und 5 µm liegt (Abb. 10). Ungeklärt mußte die Frage bleiben, ob das

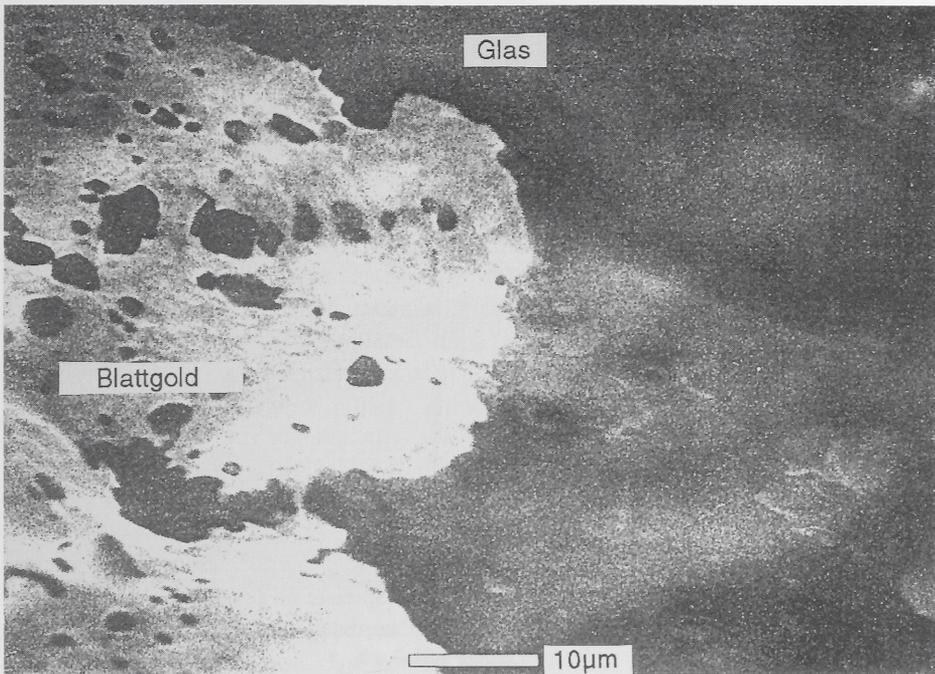


Abb. 10: Blattgoldauflage auf einem Glasfaden des Schlangenfadenglases von Gommern

Gold ursprünglich den ganzen Faden umhüllt hat, oder ob es nach dem Aufkleben der Fadenauflage auf das Glas aufgebracht worden ist. Das vorhandene Materialstück war zu klein, um diese Frage eindeutig zu beantworten, dennoch scheinen einige Anhaltspunkte eher für die letztgenannte Möglichkeit zu sprechen.

### 2.3. Die Glasspielsteine und -einlagen

Weiterhin von großem Interesse sind die Untersuchungen zu den Glasspielsteinen und Glaseinlagen. Hier finden sich sehr große farbliche Unterschiede, aber auch Unterschiede in der Materialzusammensetzung. In der Analyse ergibt sich jedoch, daß eine verhältnismäßig gleichmäßig streuende Zusammensetzung der Ausgangsmasse zur Herstellung dieser Spielsteine verwendet wurde (vgl. Abb. 9). Eine sinnvolle Differenzierung ergibt sich eher bezüglich der Komponenten zur Färbung des Glases. Für die Färbung wurden die üblichen Zusätze verwendet. Dabei handelt es sich um Eisenoxid (gelbgrün bis braun), Kupferoxid (hellblau, blau), Kobaltoxid (dunkelblau), Chromiumoxid (gelb bis grün), Antimonoxid (weiß).

Makroskopisch erkennbare Anzeichen von Millefioriglas oder von Einschlüssen, die vielleicht aus dem Zusammenschmelzen verschiedener Glasreste herrühren könnten, bestätigten sich bei der genaueren Untersuchung nicht. In allen Fällen handelt es sich um Erscheinungen, die als Ergebnis von Verwitterungsvorgängen entstanden sind und dadurch das äußere Erscheinungsbild der Gläser verändert haben (siehe 2.1.).

Die Zusammensetzungen der untersuchten Spielsteine und Glaseinlagen vom Schild liegen innerhalb des bei M. A. Bezbodov angegebenen Bereiches (Abb. 8 und 9). Eine Ausnahme stellt die Zusammensetzung des Glasmugels aus dem Schildbuckel dar.

Der überraschend hohe Aluminiumoxidgehalt der Glaseinlage vom Schildbuckel (Abb. 8) deutet nur scheinbar auf eine Analyse korrodierten Materials hin. Das  $\text{Na}_2\text{O}$ - $\text{SiO}_2$ -Diagramm (Abb. 9) zeigt aber, daß sich dieses Glas mit seinen übrigen Komponenten in die Gruppe der anderen in Gommern gefundenen Gläser einordnet. Eine Erhöhung des  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Gehaltes in Natron-Kalkgläsern verringert die Kristallisationsneigung und Entmischungstendenz und steigert die Korrosionsbeständigkeit. Damit handelt es sich hierbei um ein qualitativ hochwertiges Glasmaterial. Das zeigt sich bereits in den makroskopischen Eigenschaften, wie dem guten Erhaltungszustand, dem Glanz und dem klaren Material. Die optischen Eigenschaften (Brechzahl, Farbe) und die Verarbeitbarkeit (Viskosität) verändern sich dadurch kaum. Aluminiumoxidzugaben zu römischen Natron-Kalkgläsern sind im Prinzip nicht ungewöhnlich, liegen aber meist, wie auch die Angaben von M. A. Bezbodov zeigen, deutlich unter den hier vorgefundenen.

Die Verbindung mit dem leicht angehobenen  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Gehalt, der einen der Spielsteine (Abb. 8) an den Rand der Gruppierung der Gläser aus Gommern rückt, könnte ein Hinweis auf eine lokale Besonderheit der Glashütte sein, die dieses Material hergestellt hat. Gleichzeitig wird dadurch die Vermutung gestützt, daß die Spielsteine aus minderwertiger Glasmasse (z. B. im Hafen verbliebene Reste, Abfallstücke aus dem Verarbeitungsprozeß u. ä.) hergestellt wurden.

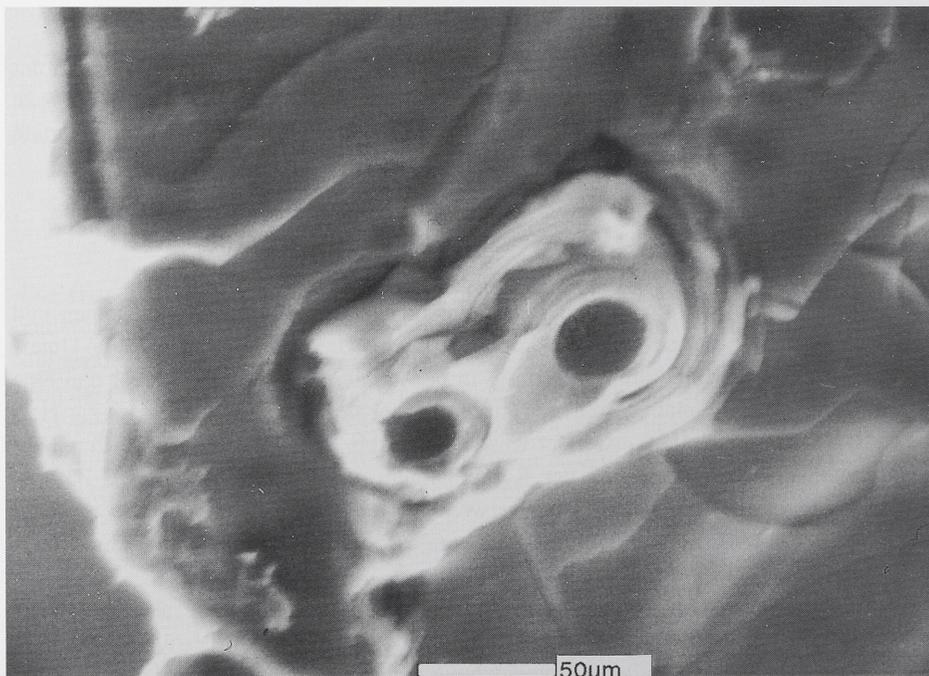


Abb. 11: Beispiel für einen typischen Einschuß in den Spielsteinen; Phosphor-Eisen-Calcium-Einschuß im dunkelblauen Spielstein

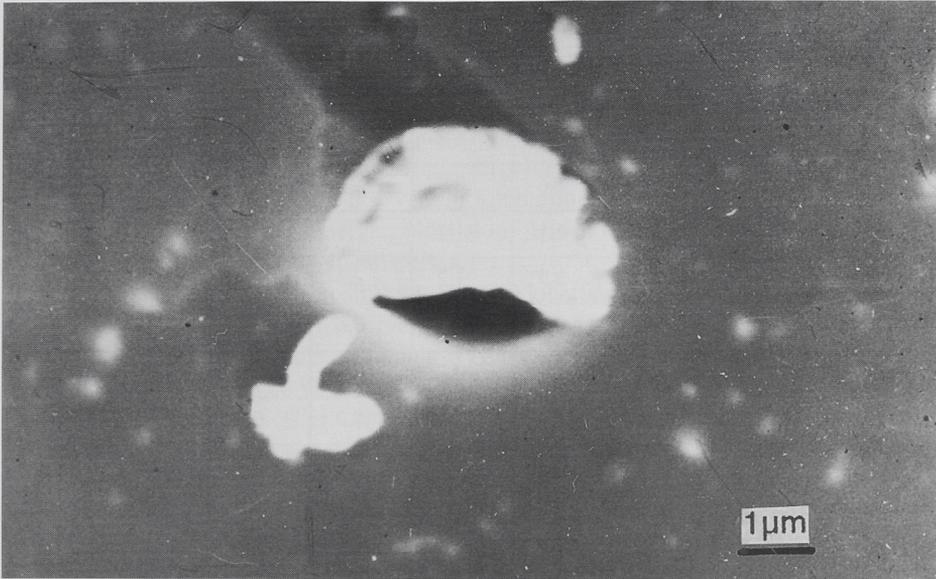


Abb. 12: Beispiel für eine typische antimonreiche Entmischung in der weißen Fadenauflage des Schlangenfadenglases

Die auf den Bruchflächen aller untersuchten Spielsteine nachgewiesenen, sehr zahlreichen und relativ großen Blasen, Entmischungen oder/und Einschlüsse beweisen, daß das Material sehr heterogen ist. Mit den Abbildungen 11 und 12 werden zwei Beispiele für die in den Glasobjekten von Gommern gefundenen Inhomogenitäten gezeigt, die den Unterschied zwischen den groben Einschlüssen in den Spielsteinen und den sehr kleinen Inhomogenitäten im Material der Glasgefäße demonstrieren.

Zusätzlich sprechen die große Streuung der vorgefundenen Zusammensetzungen und die sowohl makroskopisch als auch mikroskopisch sichtbare nachlässige Verarbeitung für die These von der Verwendung von Glasabfällen für die Spielsteine.

### 3. Gold

#### 3.1. Massiv goldene Objekte

Im "Fürstengrab" von Gommern waren verschiedene massiv goldene Gegenstände enthalten. Dabei handelt es sich neben germanischen Schmuckgegenständen (Halsring, Fingerring, 2 Fibeln) auch um eine römische Münze und um das Blattgold, das zur Verzierung des Ledergürtels verwendet wurde. Die Objekte und die Ergebnisse der Analysen sind in Tabelle 4 zusammengefaßt.

Die Goldgehalte aller Gegenstände liegen zwischen 90,1 und 95,4 %, d. h., es handelt sich um relativ reine Goldlegierungen, deren hoher prozentualer Goldanteil mit dem von natürlich vorkommenden Lagerstätten (Seifengold) verglichen werden kann.

Das deutlich reinste Gold enthält die römische Münze. Die Schmuckgegenstände weisen dagegen mehr Verunreinigungen auf, ähneln sich aber in ihrer Zusammensetzung.

Tab. 4: Chemische Zusammensetzung der massiv geoldenen Gegenstände

| Nr. | Probe   | % Au | % Ag | % Cu | % Pb | % Sn | % Zn | % Hg |
|-----|---------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1   | 176/fed | 91,8 | 2,5  | 1,1  | 1,8  | 0,4  | 0,2  | 2,2  |
|     | achsk 1 | 94,9 | 1,6  | 0,9  | 1,1  | 0,2  | 0,1  | 1,1  |
|     | perldr  | 92,0 | 4,1  | 1,1  | 1,1  | 0,2  | 0,2  | 1,3  |
|     | kegel   | 90,7 | 3,9  | 1,2  | 2,3  | 0,2  | 0,3  | 1,0  |
|     | fuss    | 90,1 | 4,4  | 1,1  | 0,8  | 0,6  | 0,1  | 0,8  |
|     | nadh    | 95,4 | 2,4  | 0,7  | 0,7  | 0,2  | 0,1  | 0,5  |
| 2   | 161/ri  | 93,8 | 2,4  | 0,6  | 1,0  | 0,5  | 0,2  | 1,4  |
| 3   | 175/mü  | 95,0 | 0,3  | 0,2  | 1,8  | 0,7  | 0,2  | 1,8  |
| 4   | 74fed   | 91,9 | 3,8  | 1,8  | 0,6  | -    | 0,3  | 1,6  |
|     | achskn  | 91,9 | 6,1  | 1,4  | 0,1  | 0,2  | -    | 0,3  |
|     | perldr  | 90,6 | 6,2  | 1,5  | 0,4  | 0,5  | -    | 0,8  |
|     | fibk    | 90,5 | 4,5  | 2,3  | 0,6  | 0,4  | 0,2  | 0,8  |
|     | nadh    | 92,5 | 2,9  | 1,5  | 1,3  | 0,1  | 0,2  | 1,2  |

Erläuterungen zu den Abkürzungen: 176/fed - Feder; Spirale der Fibel 176; achsk 1 - Achsendknopf (Fibel 176); achskn - Achsendknopf (Fibel 74); perldr - Perldraht; kegel - Fibelkörper (kegelförmiger Teil von 176); fuss - Fibelfuß (176); nadh - Nadelhalter; 161/ri - Fingerring; 175/mü - Goldmünze; 74fed - Feder, Spirale (74); fibk - Fibelkörper (von 74)

Ungewöhnlich sind die Quecksilberanteile in den Goldobjekten, die Werte bis 2,2 % erreichen und in dieser Höhe in den bisher veröffentlichten Analysen von antikem Gold eine Ausnahme darstellen.

Denkbar ist sowohl eine vorangegangene Amalgamierung des Goldes zur Abtrennung der unedleren Legierungsbestandteile (Silber, Kupfer), wodurch ein geringer Prozentsatz des Quecksilbers als Legierungselement erhalten geblieben sein kann, als auch ein natürlicher Quecksilber-Gehalt des Goldes, der aus dem Erz stammt. Darüber hinaus besitzt Gold eine hohe Affinität zum Quecksilber, wodurch sich die Goldfunde im Laufe der Zeit mit Quecksilber angereichert haben können, wie es bei P. A. Lins und W. A. Oddy<sup>18</sup> erwähnt wird.

### 3.2. Vergoldungstechnik

Während der ersten Untersuchungen an den vergoldeten Preßblechen und Schmuckscheiben von Gommern war das Fehlen von Quecksilber festgestellt und als Nachweis dafür interpretiert worden, daß diese Bleche nicht feuervergoldet waren. Dieses Ergebnis wurde im Verlauf der weiteren Untersuchungen geprüft und im wesentlichen bestätigt. In

den Preßblechen aus dem Grab von Gommern kommt Quecksilber nicht oder nur in geringen Spuren vor.

Damit unterscheiden sie sich von der Vergoldung des silbernen Hemmoorer Eimers, bei der man davon ausgehen kann, daß sie römische Handwerkstechnik repräsentiert. In dieser Vergoldung ist ein höherer Prozentsatz Quecksilber vorhanden.

Zum Vergleich wurden daraufhin weitere vergoldete Preßbleche aus Gräbern der näheren Umgebung untersucht, und als weitere Stichproben erfolgten Analysen an Gegenständen, die mit Sicherheit feuervergoldet sind, jedoch eine zeitliche Differenz zu den spätkaiserzeitlichen Preßblechen aufweisen.

Auch hinsichtlich der Mikrostruktur der Goldoberflächen lassen sich Unterschiede feststellen. Die mit Sicherheit feuervergoldeten Gegenstände haben eine teilweise noch sichtbare körnige Struktur, die aus dem mit Quecksilber vermengten Goldpulver (Amalgam) resultiert. Die Bleche von Gommern und die zeitlich ähnlichen Stücke zeigen solche Strukturen nicht. Hier überwiegen Oberflächen mit einzeln erkennbaren Durchbrüchen im Gold, wie sie auch das Blattgold des Ledergürtels aufweist. Diese sogenannten Dehnungslöcher sind im Zusammenhang mit dem niedrigen Quecksilbergehalt, der auch im Blattgold analysiert wurde, ein Indiz für die Blechvergoldung bzw. Plattierung mit einer dünnen Goldfolie.

Die Objekte und die Untersuchungsergebnisse sind in Tabelle 5 zusammengestellt. Im Ergebnis wurde eine relative Einheitlichkeit der Materialanalysen bei den Preßblechen festgestellt. Im Vergleich zu sowohl römischer Vergoldung als auch zeitlich verschiedenen feuervergoldeten Stücken wird der Unterschied zwischen den Preßblechen und den feuervergoldeten Stücken deutlich. Dies dürfte, mit aller gebotenen Vorsicht, auf eine weitestgehend gleichartige Herstellungstechnologie für die kaiserzeitlichen Preßbleche schließen lassen.

Tab. 5: Chemische Zusammensetzung der Vergoldungsschichten

| Nr. | Probe  | % Au | % Hg | % Ag | % Cu | % Pb | % Sn | % Zn |
|-----|--------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1   | 610    | 88,6 | 1,8  | 7,7  | 0,3  | 0,8  | 0,8  | 0,1  |
| 2   | 83au   | 89,4 | 1,1  | 7,4  | 0,4  | 1,0  | 0,7  | -    |
| 3   | 33au   | 94,8 | 1,3  | 2,0  | 0,6  | 1,1  | 0,2  | -    |
| 4   | 141au  | 83,0 | 6,6  | 7,7  | 0,4  | 2,0  | 0,1  | 0,2  |
| 5   | 497    | 79,4 | 1,5  | 9,6  | 0,2  | 2,6  | 6,6  | 0,2  |
| 6   | 789    | 91,5 | 1,3  | 5,3  | 0,4  | 1,3  | -    | 0,1  |
| 7   | 67     | 78,8 | 3,1  | 15,2 | 0,7  | 1,3  | 0,7  | 0,2  |
| 8   | 199b/1 | 89,8 | 1,4  | 4,8  | 0,4  | 1,8  | 1,7  | 0,1  |
| 9   | 199b/2 | 88,8 | 1,0  | 6,4  | 0,3  | 1,4  | 2,0  | 0,1  |
| 10  | 199b/3 | 92,3 | 1,3  | 2,3  | 0,2  | 3,3  | 0,2  | 0,2  |
| 11  | 199bgr | 86,1 | 1,3  | 10,8 | 0,3  | 1,0  | 0,3  | 0,1  |

Fortsetzung Tab. 5

| Nr. | Probe      | % Au | % Hg | % Ag | % Cu | % Pb | % Sn | % Zn |
|-----|------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 12  | 199bve     | 84,4 | 2,0  | 7,6  | 0,6  | 2,0  | 3,3  | 0,2  |
| 13  | 522        | 90,9 | 2,3  | 2,5  | 0,9  | 2,7  | 0,3  | 0,4  |
| 14  | 644        | 92,5 | 1,7  | 4,1  | 0,3  | 1,2  | 0,1  | 0,2  |
| 15  | 488        | 94,7 | 1,3  | 1,4  | 0,7  | 1,1  | 0,6  | 0,2  |
| 16  | 554        | 91,9 | 2,1  | 1,4  | 0,9  | 2,0  | 1,2  | 0,4  |
| 17  | Mbvog      | 90,1 | 1,1  | 7,1  | 0,2  | 1,1  | -    | 0,2  |
| 18  | Mbvno      | 94,5 | 1,1  | 3,2  | 0,2  | -    | 0,4  | 0,4  |
| 19  | Sporn      | 79,2 | 1,7  | 12,9 | 0,8  | 4,4  | 0,7  | 0,2  |
| 20  | Weißenfels | 77,2 | 0,7  | 18,3 | 1,9  | 1,2  | 0,4  | 0,2  |
| 21  | Leuna 1    | 83,4 | 0,3  | 15,1 | 0,4  | 0,3  | 0,4  | 0,1  |
| 22  | Leuna 2    | 85,0 | 3,2  | 5,4  | 4,5  | 1,4  | 0,3  | -    |
| 23  | Fego       | 80,9 | 7,7  | 4,9  | 1,1  | 4,6  | -    | 0,3  |
| 24  | Fibdh      | 60,6 | 18,1 | 12,4 | 3,1  | 4,1  | 1,4  | 0,3  |
| 25  | Blattg.    | 93,6 | 1,2  | 2,3  | 0,9  | 1,4  | 0,3  | -    |

Erläuterungen zu den Abkürzungen: 1-16 = Proben aus dem Grab von Gommern; 610 - Preßblech, Typ 8; 83au - Preßblech, Typ 13; 33au - Preßblech, Typ 1; 141au - Vergoldung Hemmoorer Eimer; 497 - Preßblech, Typ 5; 789 - Preßblech, Typ 12; 67 - Zarge am Schildbuckel; 199b/1-199b/1-3 - Preßbleche, Typ 6; 199bgr - Preßblech, Typ 7; 199bve - Preßblech, Typ 10; 522 - Preßblech, Typ 4; 644 - Preßblech, Typ 3; 488 - Preßblech, Typ 2; 554 - Preßblech, Typ 9; Mbvog - Merseburg, Preßblech mit Vogelmotiv; Mbvno - Merseburg, Preßblech ohne Vogelmotiv; Sporn - Sporn von Leuna; Weißenfels - Fibel von Weißenfels; Leuna 1-2 - Fibeln von Leuna; Fego - feuervergoldeter Knauf; Fibdh - Adlerfibel von Deersheim; Blattg. Blattgold

#### 4. Zusammenfassung

In Fortführung der Arbeiten an den Gegenständen aus dem "Fürstengrab" von Gommern wurden Bronze-, Glas- und Goldgegenstände untersucht.

Dabei ließ sich das umfangreiche Spektrum römischer Bronzegefäße und germanischer Bronzebeschläge mit dem Hortfund von Neupotz vergleichen. Erkenntnisse wurden zur Materialwahl für die Gefäßwandung und für figürlich gegossene Bronzen erzielt. Bereits bestehende Erkenntnisse zur Technik römischer Bronzearbeitung konnten durch die Erkenntnisse am Material von Gommern bestätigt werden.

Unterschiede zwischen den römischen Gefäßen und den an germanischen Gegenständen verwendeten Beschlägen wurden zwar augenfällig, aber es ließen sich auch Gemeinsamkeiten feststellen. Das darf als Hinweis auf die Weiterverwendung römischer Gefäße als Rohmaterial für germanische Arbeiten gesehen werden.

Die Glasgefäße lassen sich mit den bisher vorliegenden Glasuntersuchungen an antiken Gläsern verbinden. Die bereits vorgestellten Erkenntnisse zum Ausmaß von Korrosion mit vom Glaskörper abweichender Materialzusammensetzung auf der Oberfläche und im Inneren antiker Gläser wurden nicht nur bestätigt, sondern müssen in Richtung einer möglichen totalen Veränderung der Glaszusammensetzung erweitert werden. Die Weiterverarbeitung römischen Glasbruchs, z. B. zu Spielsteinen, ist wahrscheinlich, jedoch nicht schlüssig zu belegen.

Den Reichtum des Grabes repräsentiert eine verhältnismäßig große Zahl von Goldgegenständen. Die Untersuchungen ergaben den Nachweis sehr reinen Goldes. Bemerkenswert ist der verhältnismäßig hohe Quecksilbergehalt, der bislang an antiken Goldgegenständen noch nicht beschrieben wurde.

Weiterhin wurden Nachuntersuchungen zur Vergoldungstechnik von Silberpreßblechen durchgeführt, die ein recht einheitliches Bild in der Materialzusammensetzung der Vergoldungsschicht zeigen.

Der Vergleich von Untersuchungen mit dem konventionellen und mit dem atmosphärischen Rasterelektronenmikroskop ließ erkennen, daß sich durch den Einsatz des letzteren die Möglichkeiten der mikroskopischen und analytischen Charakterisierung von archäologischen Materialien deutlich erweitern lassen.

So ist ohne umfangreichen präparatorischen Aufwand die Untersuchung auch von korrodierten Metallen möglich. Gläser bzw. Bruchstücke von Gläsern sind beispielsweise durch den Wegfall der sonst nötigen Bedampfung auch nach der Untersuchung im atmosphärischen Rasterelektronenmikroskop uneingeschränkt weiter für die Restaurierung zu nutzen, gleiches trifft auf organische Materialien und auf korrodierte Metallgegenstände zu.

Von entscheidendem Vorteil sind die Möglichkeiten für eine mikroskopisch kontrollierbare Vorbereitung der oben genannten Materialien für die Mikroanalyse. Die objektchonende, zielgenaue Analyse zeigte ihre Stärken schon bei der Untersuchung der verschiedenen Farb- und Materialsichten des Schildes und konnte auch für die hier vorliegenden Analysen vorteilhaft genutzt werden.

## Anmerkungen

<sup>1</sup> Becker et al. 1992

<sup>2</sup> Fütting/Schnarr 1994

<sup>3</sup> Schnarr/Fütting/Becker 1994

<sup>4</sup> Becker/Fütting 1992 – Naumann 1992

<sup>5</sup> Riederer 1993

<sup>6</sup> Fütting/Schnarr 1994, S. 243 f.

<sup>7</sup> Fütting/Schnarr 1994, S. 240 ff.

<sup>8</sup> Naumann 1992

<sup>9</sup> Kemkes 1991, S. 380 ff.

<sup>10</sup> Kemkes 1991, S. 382

<sup>11</sup> Riederer 1993, S. 433 ff.

<sup>12</sup> Riederer 1993, S. 431

<sup>13</sup> Riederer 1993, S. 439 f.

<sup>14</sup> Riederer 1993, S. 419

- <sup>15</sup> Becker/Füting 1992  
<sup>16</sup> Becker 1993, S. 411 ff.  
<sup>17</sup> Becker/Füting 1992, S. 208 – Bezborodov 1975  
<sup>18</sup> Lins/Oddy 1975

### Literaturverzeichnis

Becker, M. 1993

Die römischen Fundstücke aus dem germanischen "Fürstengrab" der spätrömischen Kaiserzeit bei Gommern, Ldkr. Burg - Germania 71, Mainz, S. 405-417

Becker, M./Böttcher, G./Gosch, G./Weber, T. 1992

Ein "Fürstengrab" der spätrömischen Kaiserzeit bei Gommern, Ldkr. Burg. Vorbericht - Jahresschrift für mitteldeutsche Vorgeschichte 75, Halle (Saale), S. 301-311

Becker, M./Füting, M. 1992

Elektronenstrahlmikroanalytische Untersuchungen an Gläsern aus dem "Fürstengrab" Gommern, Ldkr. Burg - Ausgrabungen und Funde 37, Berlin, S. 206-212

Bezborodov, M. A. 1975

Chemie und Technologie der antiken und mittelalterlichen Gläser - Mainz

Füting, M./Schnarr, H. 1994

Konventionelle und atmosphärische Rasterelektronenmikroskopie. Grundlagen und archäometrische Anwendungen - Jahresschrift für mitteldeutsche Vorgeschichte 76, Halle (Saale), S. 231-248

Kemkes, M. 1991

Bronzene Truhenbeschläge aus der römischen Villa von Eckartsbrunn, Gde. Eigeltingen, Lkr. Konstanz - Fundberichte aus Baden-Württemberg 16, Stuttgart, S. 299-387

Naumann, H.-J. 1992

Freilegung, Konservierung und herstellungstechnische Untersuchungen eines Bronzedreifüßes aus einem germanischen Fürstengrab von Gommern, Sachsen-Anhalt - Ungedruckte Fachschulabschlußarbeit, Halle (Saale)

Lins, P. A./Oddy, W. A. 1975

The Origins of Mercury Gilding - Journal of Archaeological Science 2, London/New York, S. 365-373

Riederer, J. 1993

Die Metallanalyse von Funden aus Silber und Kupferlegierungen - E. Künzl (Hrsg.), Die Alamannenbeute aus dem Rhein bei Neupotz - Mainz, S. 407-446

Schnarr, H./Füting, M./Becker, M. 1994

Mikroskopische und mikroanalytische Untersuchungen an Fundstücken aus dem Fürstengrab Gommern - Jahresschrift für mitteldeutsche Vorgeschichte 76, Halle (Saale), S. 249-262

### Anschriften

Dr. phil. Matthias Becker, Landesamt für archäologische Denkmalpflege Sachsen-Anhalt - Landesmuseum für Vorgeschichte, Richard-Wagner-Str. 9-10, D-06114 Halle (Saale)

Dr. rer. nat. Manfred Füting, Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik Halle, Heideallee 19, D-06120 Halle (Saale)

Dr.-Ing. Holger Schnarr, Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik Halle, Heideallee 19, D-06120 Halle (Saale)

Fotos: M. Füting, Halle (Saale)