

## Von allem nur das Beste: Materialauswahl und Herstellungstechnik der mit Emailmalerei verzierten Glasfragmente aus Lübsow

Auszug aus Schuster, Lübsow - Älterkaiserzeitliche Fürstengräber im nördlichen Mitteleuropa, Bonn 2010, S. 342-378

SG: Der Bericht von Greiff über ihre Untersuchungen ist weit über die Becher aus den Gräbern germanischer Fürsten in **Lübsow** und **Zaborów, Polen**, hinaus wichtig, weil diese Gläser in vielen Eigenschaften den Bechern aus dem Schatz von **Begram in Afghanistan** gleichen. Schon wegen der schlechten Dokumentierung der Ausgräber von Begram in den **1930-er** Jahren und den damals fehlenden technischen Möglichkeiten gab es ganz offensichtlich bis zu den Untersuchungen von Greiff bis 2010 nur mehr oder weniger zutreffende **Spekulationen und Behauptungen**. Über die Geschichte der Erforschung der römischen Emailgläser berichtet Greiff ebenfalls. Heute können Scherben mit den aktuell **modernsten Methoden** untersucht werden. Die Untersuchung der Glasmassen und Emaildekorationen am **Römisch-Germanischen Zentralmuseum in Mainz** ergaben wichtige Hinweise zu **Herstellungsorten und -techniken** sowie **Datierungen** antiker Gläser des Römischen Reichs und im Mittelmeerraum. Der Bericht ist **bahnbrechend und weitreichend!**

Tabellen, Fußnoten & Anmerkungen sowie Hinweise auf Abbildungen wurden weggelassen.

### Einführung

Es ist einem glücklichen Umstand zu verdanken, dass **Jan Schuster** von den **verschollenen Emailgläsern** aus der Grabanlage **Tunnehult 2** bei **Lübsow** zumindest **Fragmente** im **Muzeum Narodowe Szczecin** wiederentdecken konnte. Bei Durchsicht des Depots stieß er **2003** auf eine kleine Schachtel, in der neben opakgrünen, nicht näher identifizierten mineralischen Aggregaten **unbemalte sowie emaillierte Glasscherben** aufbewahrt sind, die als den Lübsower Emailgläsern (V / 7 und eventuell V / 62) zugehörig identifiziert werden konnten (Tafel 62,1; vgl. Tafel 59,1).

Im Rahmen des vom **Institut für Vor- und Frühgeschichtliche Archäologie** der **Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn** durchgeführten **DFG-Projektes** waren naturwissenschaftliche Untersuchungen des Fundmaterials eingeplant worden, die dann auch die Fragmente der Emailgläser einschlossen. Eine Auswahl des Materials wurde **2006** dem **archäometrischen Labor** des **Römisch-Germanischen Zentralmuseums Mainz** übergeben, um die Zusammensetzung des Gefäßglases und die Art der Bemalung mit Hilfe moderner **zerstörungssarmer Analytik** näher zu charakterisieren. Auch die Hinweise auf **herstellungstechnische Abläufe** sollten dabei Gegenstand der Untersuchung sein. Die Zusammensetzung des Gefäßglases war besonders in Hinblick auf die Frage nach der Zusammengehörigkeit der Fragmente von Interesse, während es bei den opak-grünen Proben zunächst um eine Identifizierung des Materials ging.

Bei **Nachgrabungen** am Ort des alten Fundplatzes von Tunnehult 1 konnten **2006** weitere bemalte Fragmente (IV / 62) geborgen werden, von denen eines für Laboruntersuchungen bereit stand (Tafel 62,2; vgl. Tafel 58,10).

Im Zuge der naturwissenschaftlich-technischen Analysen kamen einige zum Teil **überraschende Details** zutage, die von der **hohen Qualität der emaillierten Becher** Zeugnis ablegen, sowohl des Gefäßglases als auch was die Techniken und Materialien der Emailbemalung angeht. Erste Ergebnisse konnten bereits auf archäometrischen Fachtagungen vorgestellt werden und sind auszugsweise publiziert [z.B. Greiff / Schuster 2007 & 2008, englisch].

### Fragestellungen

Bei der Suche nach Untersuchungen an **römischen emaillierten Glasgefäßen**, die man zu Vergleichszwecken heranziehen könnte, stellte sich schnell heraus, dass diese Materialgruppe besonders in Hinblick auf **herstellungstechnische Aspekte des Emaildekors kaum bearbeitet** worden war und man sich weitgehend auf **Vermutungen und Analogien zu Emailschmuck**, Barbotinetechniken, Keramikglasuren beziehungsweise neuzeitlicher Glasmalerei berief. Bei den **stilistisch den Lübsower Bechern nahestehenden Gefäßen** aus dem **afghanischen Begram** wurde an ausgewählten Fragmenten aus dem Bestand des **Musée Guimet, Paris**, das Gefäßglas untersucht, unter anderem, um anhand der **chemischen Zusammensetzung** Hinweise auf mögliche **Herstellungsgebiete** dieser Produkte zu gewinnen, da zu dieser Zeit in der **Region selbst ein anderer Gastyp produziert** worden ist als im **römischen Einflussbereich**. In Zusammenhang damit wurde auch eine kleine Auswahl der Dekormaterialien analysiert. Zur **Begram-Gruppe** zählt auch ein Becher aus dem polnischen **Zaborów** [mit Gladiatorenbildern], dessen Gefäßglaszusammensetzung von **T. Stawiarska** untersucht worden ist, ebenfalls ohne den Emailauftrag zu berücksichtigen. Auch in aktuellen Vorlagen von Einzelstücken römischer Emailgläser spielen herstellungsspezifische Aspekte des Emailliervorgangs kaum eine Rolle.

Somit erwies es sich als nützlich, die Befunde am Dekor der Lübsower Emailgläser auch zeitgleichen „**klassischen**“ **Emaleinlagen auf Metallobjekten** sowie opakem **Tesserae** [Stücke in Glasmosaiken] und **Schmuckperlen** aus opakem Glas gegenüberzustellen, aber auch **mittelalterliches, venezianisches und islamisches Emailglas** in Betracht zu ziehen, für welche bereits umfangreiche technologische Untersuchungen vorliegen.



## Welche Fragestellungen sind diesbezüglich zu erörtern?

Rund um das Gefäßglas ermöglicht die Erfassung der chemischen Hauptkomponenten eine Einordnung des **Glastyps** hinsichtlich der verwendeten **Flussmittel**. Auch die eingesetzten **Entfärbemittel**, die dazu dienen, den durch Eisengehalte der verwendeten Sande hervorgerufenen meist grünlichen Farbstich zu eliminieren, lassen sich aus der chemischen Analyse ablesen. Die Spurenelemente sind neben dem Grundchemismus ein weiteres Hilfsmittel, die Zusammengehörigkeit von Fragmenten zu ermitteln. Dies erwies sich als besonders interessant in Hinblick auf das bei den aktuellen Nachgrabungen entdeckte **Fragment**. Bei den **Dekoremails** wiederum hat man es mit einem Mehrkomponentensystem aus einer amorphen Glasmatrix als Bindemittel und den kristallinen **Trübungsmitteln** und **Farbpigmenten** zu tun, was eine Erweiterung des Spektrums der Untersuchungsmethoden mit sich bringt. Hier erfasst man zum einen den pauschalen Chemismus des Gesamtsystems mit Hilfe von Verfahren wie der **Mikro-Röntgenfluoreszenzanalyse**. Zum anderen möchte man aber die verwendeten **mineralischen Pigmente** und Trübungsmittel eindeutig identifizieren, was mit phasenanalytischen Verfahren wie der **Raman-Spektroskopie** geschieht. Die Art der verwendeten Glasmatrix gibt Auskunft, ob es sich um ein niedrigschmelzendes Email handelt oder ein Email, welches höhere Temperaturen verlangt, die bereits das Gefäßglas beeinträchtigen könnten. [...]

## Das Fundmaterial

Unter den **Grabinventaren** der **hochrangigen Fürstengräber der Römischen Kaiserzeit** nehmen die Bestattungen aus **Lübsow** eine **herausragende Stellung** ein, da sie sich durch **Umfang, Bandbreite und Qualität der Fundstücke auszeichnen** und namengebend für eine ganze Reihe von Bestattungen mit ähnlichen Ausstattungsmerkmalen waren, die als „**Lübsow-Gräber**“ in die Literatur eingingen. Auch die beiden einstmals prächtigen, **1925** in Grab 2 aus dem „**Tunnehult**“ gefundenen, **emaillierten Glasbecher** (V / 6-7) sind Beleg für den **hohen Rang** des Grabinhabers, dem neben diesen beiden **Gläsern** eine Reihe von **prunkvoll gearbeiteten Gefäßen aus Buntmetall und Silber** mit ins Grab gelegt worden war. Teile der Ausstattung wurden als **römische Importe** gedeutet und sind ein wichtiges Charakteristikum von Gräbern, die dem Lübsow-Typ zugeordnet werden, auch wenn Glasfunde darunter selten sind. Das Material aus dem „**Tunnehult**“ wird von J. Schuster um die **Mitte des 2. Jahrhunderts n.Chr.** datiert.

Die Steinpackungen der Gräber aus dem „**Tunnehult**“ wurden zum Teil für den Straßenbau ausgebeutet, wobei es zu weiteren Verstürzen der Kammern gekommen sein dürfte, die die Grabsattung stark in Mitleidenschaft zogen. Dementsprechend waren die Gläser bei der Auffindung **stark zerstört** und konnten lediglich zu **einem fast vollständigen Becher** (V / 6) rekonstruiert werden, während der **zweite nur fragmentarisch** erhalten war (V / 7). **H. J. Eggers** vermutete, dass einige bemalte Glasscherben von den Bauern, die die Gräber

beim Steinesuchen entdeckt hatten und die im Stettiner Museumskatalog unter **Tunnehult 1** geführt wurden, mit dem Material dieses Grabes vermischt wurden und eigentlich aus dem Grab **Tunnehult 2** stammen. Es zeigt sich jedoch jetzt sicher, dass sie authentische Reste **eines oder mehrerer Glasgefäße** aus dem Grab **Tunnehult 1** sind, denn bei der Nachgrabung durch das polnisch-deutsche Team im Jahre **2006** konnten weitere **bemalte Fragmente** (IV / 62; Tafel 58,10) geborgen werden. Davon wurde **2008** eines nach Mainz zur Untersuchung gebracht (Fragment H). Die unbemalte Scherbe der Altgrabung trägt die Probenbezeichnung D; mit E, F und G wurden die bemalten Proben bezeichnet.

Zusammen mit den Glasfragmenten fanden sich im **Museum in Szczecin** [Stettin] auch **opake Fragmente** mit nierig-traubig ausgebildeter Oberfläche und einer in verschiedenen kräftigen Grüntönen melierten Farbe, von denen 3 zur Analyse eingereicht worden waren (Fragmente A, B und C). Sie wurden zunächst auch als Glas angesprochen. Ihre Relation zu den bemalten Glasbechern ist unklar.

Die beiden **Lübsower Gläser** V / 6-7 wurden nach ihrer Auffindung **1938** im **Landesmuseum Trier** restauriert, wobei neben **Schwarzweißaufnahmen** auch ein **Aquarell** angefertigt wurde. Fotos und Aquarell bildete **Eggers** in seinem Bericht ab. Eine etwas andere Ansicht des Bechers findet sich in einer Publikation von **M. Menninger**. Das Aquarell scheint während der Wirren des Zweiten Weltkriegs verloren gegangen zu sein, ein Schicksal, dem auch die beiden Emailglasbecher aus Lübsow selbst nicht entgangen sind. Während der Evakuierung der Funde aus dem Stettiner Museum ging der Transport verloren und die Stücke gelten, bis auf die wieder aufgefundenen Fragmente, als **verschollen**.

Da das **Aquarell** nur in Schwarz-Weiß abgebildet wurde (Tafel 33,1b) und nur wenige Fragmente überlebt haben, kann über die ursprüngliche Farbigekeit nur vorsichtig spekuliert werden. Das Dekor stellt die damals beliebten **Gladiatorenkämpfe** dar, aufgeteilt auf zwei umlaufende Register. Die Form des Bechers entspricht Eggers Typ 186, mit einer Höhe von **16,5 cm**. Die vorliegenden Fragmente zeigen die Farben **Weiß, Gelb, zwei verschiedene Rottöne, Rosa und Blau**, schwach sind an einigen Stellen Reste eines dumpfen „**Weißtons**“ zu erkennen, der in allen Fällen als Akzent auf anderen Farben aufliegt (vgl. auch Tafel 59,1). Er hat sich stark zersetzt oder sich bereits bei der Herstellung nicht ausreichend mit dem Untergrund verbunden, so dass heute über den ursprünglichen **Farbton nur spekuliert** werden kann.

Zum Vergleich lassen sich weitere **konische Fußbecher** des Typs Isings 21 beziehungsweise Eggers 185 / 186 heranziehen, die aus weit verstreut liegenden Fundzusammenhängen stammen. Die umfangreichste Serie wird von den ca. **25**, zum Teil nur in **Fragmenten** erhaltenen Gläsern aus dem afghanischen **Begram** gebildet, die dieser Gruppe auch den Namen gab. Unter ihnen sind **emaillierte wie kaltbemalte Exemplare** vertreten, deren **Datierung und Herkunft nach wie vor Gegenstand intensiver Forschungsarbeit** sind. Die Spanne reicht vom **ersten Drittel des 2. bis zum zweiten Vier-**

tel des 3. Jahrhunderts. Neben einem verschmolzenen Gefäßstück aus **Bassenheim** bei Koblenz und einem Becher aus der **Sammlung Cohn**, der sich heute im Los Angeles County Museum of Art befindet, sind diverse Fragmente aus **Ägypten** und **Nordafrika** sowie aus **England** bekannt. Auch das bereits erwähnte Stück aus dem polnischen **Zaborów** gehört dazu.

### Email: Begriffe, Normen, Abgrenzungen

Beschäftigt man sich mit Email oder „Emaillé“, so trifft man häufig auf folgende Definition, die auf A. Dietzel zurückgeht und in die modernen DIN-Normen (DIN EN 15826, DIN 50902) eingeflossen ist: „Email ist eine anorganische, vorzugsweise glasig erstarrte Masse, die bei Temperaturen über **550 Grad** Celsius auf einen meist metallischen Untergrund (Aluminium, Stahl, Kupfer, Silber, Gold) aufgeschmolzen wird und mit diesem eine feste, fast unlösliche Verbindung eingeht.“ Auch Glas als Substrat ist möglich und trifft damit genau den vorliegenden Fall.

Eine **Emailschicht** besitzt somit primär die **Eigenschaften eines Glases**, allerdings ist es nicht dazu gedacht, eigenständig tragende Formen zu bilden, sondern als schützende und / oder **dekorative Deckschicht** zu dienen. Im Falle der **römischen Emailgläser** dürfte zweifelsohne die dekorative Funktion im Vordergrund gestanden haben. Dem **farbigen Charakter** kommt somit eine wichtige Rolle zu, wobei sowohl transluzide bis transparente, aber auch deckende (= opake) Emailtypen vertreten sind. An den **Lübsower** Fragmenten, die zur Untersuchung vorlagen, dominieren die **deckenden Farben**. An anderen römischen emaillierten Glasgefäßen wurden aber auch transluzide Schichten beobachtet, so zum Beispiel an dem Becher von **Locarno-Muralto**.

Die Anwendung **trübender Bestandteile** zur Opazifizierung eines Glases ist von alters her bekannt, denn die frühen Gläser, zum Beispiel die des **2. Jahrtausends v.Chr.**, waren nicht transparent, sondern bestanden aus opaken blauen, weißen, gelblich bis orangen und bisweilen auch roten Glasmassen. Dieser Trübungseffekt lässt sich auf zweierlei Weise erzeugen: einmal durch **Dispersionstrübung** und einmal durch **Ausscheidungs-trübung**. Man kann bei der Dispersionstrübung die Opazifizierer (= Trübungsmittel) in Form fein aufgemahlener **Pulver** einem eigentlich transparenten Glas zusetzen und die Transparenz mehr oder minder stark hemmen. Dabei ist zu beachten, dass sich diese Pulver nicht in der Schmelze sofort wieder auflösen und die Eintrübung verhindern. Der andere Weg ist die gezielte **Kristallisation eines Trübungsmittels** aus einer entsprechend zusammengesetzten Schmelze beim vorsichtigen Abkühlen. Die Emailmasse „schwitzt“ sozusagen ihr eigenes Trübungsmittel in Form winziger Kristallite aus, die in eine transparente Glasmatrix eingebettet sind. Man könnte dies als „selbstbräunendes“ Email bezeichnen. In beiden Fällen wird das auf die Emailschrift einstrahlende Licht diffus an diesen Streuzentren remittiert, wobei die Trübungsintensität von der Differenz zwischen dem Brechungsindex der Glasmasse und der des trübenden Kristallites gesteuert wird, neben weiteren Faktoren wie Größe und Anzahl der Teilchen. Auf beiden Wegen lassen sich durch die Wahl geeigneter

farbiger Trübungsmittel und Pigmente sowohl **farbige, wie auch weiß-opake Emailmassen** erzielen. Auch eine hohe Konzentration an **Gasblasen** in einer an sich transparenten Glasmasse kann zu Trübungseffekten führen. In der modernen Lesart werden eigentlich nur die Substanzen, welche weiß-opake Farben hervorbringen, als Trübungsmittel bezeichnet, während die eine Eigenfarbe aufweisenden Materialien als Farbkörper oder Pigmente bezeichnet werden. Im folgenden Text werden die Begriffe Trübungsmittel, Opazifizierer, Pigment, Farbkörper oder auch Kristallit synonym verwendet.

Zur Erzeugung bestimmter Farbtöne lassen sich aber auch farbige Transparentgläser mit den entsprechenden Trübungsmitteln kombinieren. Ein hell leuchtendes, **opakes Blau bis Türkis** wird beispielsweise aus einem **weißen Trübungsmittel** in einem blau gefärbten Transparentglas erzeugt. Die blaue Färbung beruht auf geringen Gehalten **Kupfer- oder Kobalt-Ionen**, die in das silikatisch geprägte Strukturnetzwerk der Gläser fest eingebaut sind.

**Opake Gläser** begegnen uns sowohl bei Dekorauflagen in Form von Fäden, Nuppen etc., bei **Glasperlen, Metallemails, Tesseræ und auch Glasuren** auf gebrannter Keramik.

### Römische Emailgläser: Stand der Forschung

Die nun folgenden Betrachtungen beschränken sich nicht auf die unmittelbar mit den **Lübsower Bechern** vergleichbaren Stücke der **Begram-Gruppe**, sondern beziehen auch andere **Gläser mit Emaildekor** ein, deren Datierungsrahmen sich vom **1. bis ins 3. Jahrhundert** erstreckt. Dabei handelt es sich zum einen um die Becher des 1. Jahrhunderts der „**Locarno-Gruppe**“, die mit ihrem Verbreitungsschwerpunkt im Tessin anzusiedeln sind, die zweite größere Gruppe einheitlicher Emailgläser sind die „**Seeland-Gläser**“ des 3. Jahrhunderts mit Schwerpunkt im Ostseeraum.

### Technologische Aspekte

Lediglich von **Begram** sind einige **wenige Analysen der Dekoremails** veröffentlicht worden (siehe unten), die Hinweise auf die verwendeten Pigmente liefern. In den oben erwähnten Untersuchungen des mit Gladiatorenzenen bemalten Bechers aus **Zaborów** wurde nur die Zusammensetzung des Gefäßglases berücksichtigt.

An den Dekormaterialien anderer römischer Emailgläser scheinen bisher nur **wenige chemische oder phasenanalytische Untersuchungen** durchgeführt worden zu sein oder sie sind zumindest nicht publiziert. Demgegenüber wurde **islamischem** und auch **venezianischem Emailglas** in den letzten Jahren ein reges Interesse von Seiten der Kunstgeschichte, Archäologie und Naturwissenschaften zuteil. Einige neuere experimentelle Arbeiten beruhen teilweise auf den Analysen islamischer Emailtechniken und sind in einigen Bereichen auch auf das **römische Glasmaterial** übertragbar. Häufig ist publizierten Beschreibungen von Emailgläsern nicht zu entnehmen, ob es sich um eingebranntes Email oder eine Kaltbemalung handelt.



**William Gudenraths** Interesse an Emailtechniken auf Glasgefäßen verdanken wir einige hochinteressante **experimentelle Arbeiten**, die sich mit emaillierten Gläsern der unterschiedlichsten Epochen beschäftigten. Er ließ dabei nicht in seinem Bemühen nach, auf Missverständnisse und Falschinterpretationen in Bezug auf die Natur der angewandten Emailmassen und der damit verbundenen entscheidenden Frage nach den Bearbeitungstemperaturen hinzuweisen. Neben der chemischen Natur der Emailmassen sind bei der Untersuchung von gebrannten Farbdekoren auf Glasgefäßen auch die verwendeten mineralischen Trübungsmittel von Interesse. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Art und Weise, wie das Gefäßglas für den Emailauftrag vorbereitet wurde. Sind Vorzeichnungen angelegt worden? In welcher Art Ofen wurde gebrannt? Welche Ofenatmosphäre hat dabei geherrscht? Wurden die Farben mit Bindemittel angesetzt? Konnte oder musste in mehreren Schritten gebrannt werden?

Dass **bis heute so wenig über diese faszinierende Technik bekannt** ist, verwundert ein wenig, denn die bemalten Glasgefäße erweckten schon früh das Interesse der Forschung. **A. Kisa** widmete **1908** in seiner Übersicht über „**Das Glas im Altertum**“ diesem Genre 26 Seiten und zeigte schon Interesse für Fragen der Herstellungstechnologie. Beispielsweise diskutierte er den Unterschied zwischen Kaltbemalung und emaillierten Dekoren, auch gerade in Bezug auf ihre Haltbarkeit bei der Lagerung in Böden. Außerdem wies er auch auf die aufgerauten Flächen von Vorzeichnungen hin, die einen besseren Halt für Gold und Farben bieten. Seine Beschreibung des Emailliervorgangs beginnt mit dem Zerstampfen von im Handel erhältlichen kleinen Platten von Emailrohmasse, die mit Wasser angerieben und mit organischen Bindemitteln verdickt auf das Gefäß aufgebracht wurde. Der Brand erfolgte bis zur Rotglut in einem Ofen, worin das Gefäß dann auch langsam erkalte. Seine Beschreibung fußt nach eigenen Angaben unter anderem auf den Schilderungen von **Theophilus Presbyter**, der in seiner **schedula** Rezepturen zur Herstellung von bemalten Fenstern vorstellte. Kisa vermutete, dass viele Gefäße mit Schliffdekor dazu ausersehen waren, mit Kaltbemalungen oder Farbemails ausgestattet zu werden.

**D. Silvestrini** setzte sich **1937/1938** anhand eines Gefäßes aus **Locarno** mit der Herstellungstechnik emaillierter Gläser auseinander, wobei er die Technik des Farbauftrags sehr genau studierte. In seinen Betrachtungen wird zum einen der mit dunklen Umgrenzungslinien strukturierte pastose Farbauftrag angesprochen, er vermerkte jedoch auch das Fehlen einer Vorzeichnung. Dem Glasmaler hatten wohl die dunklen Linien als Orientierungshilfe bei der Anlage des Dekors gedient, die dann von den Flächen füllenden Farben zum Teil übermalt und verdeckt wurden. Die **Brenntemperatur** gab er als einige hundert Grad unter der Schmelztemperatur des Gefäßglases an, woraus er einen **zweistufigen Brennvorgang** ableitete. Er erinnerte auch daran, dass zur Bemalung von Gläsern zwei Verfahren möglich sind - **Kaltbemalung** und **Emailbrand** -, wobei er auch anmerkte, dass unter den Gelehrten oft über ein Stück kontroverse Meinungen vertreten werden. Silvestrini

empfahl mit einer Stahlspitze die Härte des Farbauftrags zu testen, die bei Kaltbemalung mit organischen Bindemitteln nicht sehr ausgeprägt ist. Auch wenn sich bei seinem Test des Gefäßes aus Locarno einige Farben als empfindlicher erwiesen als andere, war er davon überzeugt, dass es sich um eine verglaste Farbschicht handelt, auch basierend auf der Beobachtung, dass sich eine glatte Oberfläche gebildet hat. Die Unterschiede führte er auf ungenügende Brenntemperaturen, die große Schichtdicke des Farbauftrags oder Fehler in der Rezeptur der Mischung zurück. Innerhalb der aufgebrannten Emailfarbe unterschied er solche, die mit „Erdfarben“ versetzt und solche, die als homogenes Glas mit Metalloxyden eingefärbt worden sind. Auch nannte er die „weichen“ und „harten“ Emailsarten, welche sich keinesfalls, wie man meinen könnte, durch ihre Festigkeit unterscheiden, sondern einmal bei niedrigeren und einmal bei höheren Temperaturen schmelzen. So beobachtete er am Rot des bemalten Gefäßes aus Locarno das Fehlen einer glatten Oberfläche, die gar eher körnig ausgebildet ist. Gleiches gilt für die gelbe Bemalung. Ihm schienen hingegen Grün, Blau und vor allem das Weiß homogener und „glasiger“ ausgebildet zu sein.

**D. B. Harden (1947; 1969)** ging vor allem der Frage der **Herstellungsorte** und **Ost-West-Kontakte** nach und berührte dabei kaum Fragen der Emailtechnologie, beziehungsweise berief er sich auf die Angaben bei Silvestrini (1937-1938). **P. Hameln** bezeichnete emaillierte Glasgefäße als „einen der **Höhepunkte der römischer Glaskunst**“. Er hatte Gelegenheit, etwa 15 der bemalten Gefäße aus Kammer 10 des **1937** ergrabenen Königspalastes der Kuschan-Herrscher im heutigen **Begram** bei Kabul (Afghanistan) zu untersuchen, unter denen er sowohl emaillierte wie kaltbemalte Gefäße identifizierte. Er beschrieb die Herstellung des Emails aus **pulverisierten, farbigen Glaspasten**, die von dem Künstler auch entsprechend gemischt werden konnten, um die Bandbreite möglicher Farbnuancen zu erhöhen. Er nahm an, dass nur Materialien mit den „besten Schmelzeigenschaften“ zum Einsatz gekommen sind, die zunächst mit einem temporären Bindemittel wie Traganth angerührt wurden, um eine Haftung auf der Glasoberfläche zu ermöglichen. Zum Teil sind diese mit Blattgold unterlegt. Er beschrieb das Weiß als blasig, während Rot- und Brauntöne eine glatte Oberfläche aufweisen. Die hellen Gelbtöne seien ein wenig matt. Hameln vermutete, dass zunächst eine **Umrisszeichnung** angefertigt wurde, die die Innenseite des Glasgefäßes auskleidend, als Vorlage für die Anlage der Grundbemalung gedient hat, bevor die anderen Schichten und zum Schluss gezielte Farbakzente aufgebracht wurden. Das Dekor weist **häufig gestalterische Mängel** auf, die darauf zurückzuführen sein könnten, dass keine Korrektur durch Abwischen mehr möglich war. Diese Beobachtung könnte damit zusammenhängen, dass die grobe Struktur des Entwurfs durch mechanische Aufrauung der zum Bemalen vorgesehenen Flächen auf dem Gefäßglas bereits vorgezeichnet war und diese durch das Email auf jeden Fall abgedeckt werden musste. Leider ist bisher nichts über eine derartige Präparation der Flächen an den Begram-Gläsern publiziert worden. Die oben erwähnten Analysenberichte des Materi-

als aus dem Musée Guimet enthalten keine Hinweise darauf

**R. Brill** konnte **1968** ein **Fragment** aus dem Afghani-schen Nationalmuseum in **Kabul** für zerstörungsfreie Analysen in die USA mitnehmen, an dem im Rahmen der damals möglichen chemischen Analysetechniken eine halbquantitative Zusammensetzung des Grundglases wie auch der Emailsichten ermittelt wurde. Aufgrund der beobachteten chemischen Elemente identifizierte er eine mit **Kobalt- und Kupfer-Ionen** gefärbte blaue Emailschicht neben einem mit Cupritausscheidungen getrübbten **Rot** und einem mit Eisenocker gefärbten **Braun**. Das **Weiß** ist durch Calciumantimonat verursacht, das zusammen mit Cuprit auch für eine rosafarbene Emailschicht verantwortlich sein soll. Bleiantimonat ist die Ursache des **gelben** Farbtons.

Im Rahmen von Restaurierungsarbeiten an dem **1991** in einer Aschekiste im Gräberbezirk an der Richard-Wagner-Straße in **Köln** aufgefundenen **Achillespokal** wurden von **E. Jaegers** chemische Analysen des Gefäßglases durchgeführt. Die Ergebnisse sind in der Publikation über die Restaurierungsarbeiten kurz in der Form erwähnt, dass es sich um ein in der Antike übliches Natrium-Calcium-Glas handele. Außerdem wurden weitere Einzelheiten aus dem von E. Jaegers verfassten naturwissenschaftlichen Untersuchungsbericht angeführt, die jedoch nicht darauf hindeuten, dass auch am Emailauftrag selbst Untersuchungen angestellt worden wären. Die Beschreibung der Emailfarbenzusammensetzung beruht auf Erfahrungen einer Glasmalerin. Konkrete Erwähnung fanden Abschätzungen des Erweichungsbereiches des Gefäßglases bei **Temperaturen zwischen 780 und 880 °C**, die deutlich über der **Einbrenntemperatur des Emailauftrags von 680-770 °C** liegen sollten. Bei der Untersuchung im Stereomikroskop konnten die Autoren keine Vorritzungen beobachten, dafür aber eine „gläserne Innenhaut“, welche auch in Querschnittaufnahmen im Untersuchungsbericht Jaegers zu sehen sind. Die Schicht wurde als mögliches Konteremail interpretiert, wie es bisweilen auf der Rückseite der Metallträger klassischer Emailarbeiten zu beobachten ist. Aufgrund der Dekorgestaltung vermuteten die Autoren einen **mehrstufigen Brand**, um unterschiedliche Farbtöne zu erzeugen, insbesondere bei der Binnenzeichnung, die sich bei niedrigeren Temperaturen, „die die Malerei nicht zum Schmelzen brachte“, fixieren ließ. Unterschiedliche Farbtöne wurden bei abgestuften Temperaturen aufgebrannt, wobei die mit dem niedrigsten Schmelzpunkt zum „Kochen“ unter Ausbildung blasiger Strukturen neigten und auch den geringsten Verbund mit dem Glaskörper aufwiesen. Das erklärt auch den sehr differenzierten Erhaltungszustand der verschiedenen Farbtöne.

**B. Rütli** [1991] beschäftigte sich nur marginal mit technologischen Belangen und hielt lediglich fest, dass über Details der Herstellung der Gläser der **Locarno-Gruppe** wenig bekannt wäre, man jedoch die Anwendung einer Technik ähnlich der heutigen Emailmalerei voraussetzen könne. Er vermutete, dass durch Metalloxide gefärbtes Glas aufgemahlen und in Wasser oder Öl gebunden auf die Oberfläche aufgebracht worden

wäre. Er betonte, dass für das Farbemail ein niedrigerer Schmelzpunkt als der Erweichungspunkt des Gefäßglases anzustreben sei.

Um der Herkunft der **Begramer Gläser** auf die Spur zu kommen, wurden in französischen Laboratorien in Paris und Orleans Gefäßfragmente auf ihre chemische Zusammensetzung hin untersucht; zuvor wurden im Auftrag des **Corning Museums** bereits Proben aus Begram analysiert. In erster Linie wurde der Frage nachgegangen, ob es sich um eine **Rezeptur römischer Glasmacher** gehandelt hätte, die ihre Glasmassen aus Sand und mineralischem Soda erschmolzen und sich von ostasiatischen Gläsern sowie Gläsern mit Salzpflanzenasche als Flussmittel unterscheiden. Es wurden auch wenige Punkte an den Emailsichten untersucht. An Gefäß MG 21228 aus dem **Musée Guimet** konnten **1988** chemisch und röntgenographisch gelbes Bleiantimonat und rotes Eisenoxid detektiert werden. Die grünen Partien entstanden, indem das gelbe **Bleiantimonat** zusammen mit einer durch **Kupfer-Ionen** blau eingefärbten Glasmatrix eine grüne Mischfarbe ergab. Zur Erzeugung eines **Weißemails** verwendeten die Glasmaler  $Sb_2O_5$  oder  $Ca_2Sb_2O_7$ . Die chemische Analyse wies auf die Anwesenheit geringer **Bleigehalte** in der Glasmatrix des Weißdekors hin. Abtönungen hin zum **Rosa** erzeugte man mit Eisenoxiden, im **Blau** ließen sich die blaufärbenden Ionen von **Kupfer und Kobalt** nachweisen, zusammen mit **Eisen und Mangan**, die von Natur aus im Glas enthalten sein können (Eisen), oder zum Entfärben der Glasmasse zugesetzt werden (Mangan). **2003** wurde an MG 21177 der **gelbe** Farbauftrag untersucht und man stellte ebenfalls Blei und Antimon fest. Die bei **Brill 1999** erwähnten weißen und rosafarbenen Pigmente entstammen aus „doppelwandigen Gläsern“ und wurden als Calcit beziehungsweise mit Krapplack versetzter Gips identifiziert.

Auch **A. von Saldern** [2004] beschrieb im allgemeinen Abschnitt über Email und Golddekor den Prozess des Emaillierens, bei dem ein Brennvorgang in einer Art Muffelofen bei **700 bis 900 °C** stattfindet. Er unterschied innerhalb der gebrannten Farben pulverisiertes Glas mit und ohne Zusatz von Mineralfarben, wobei letztere bei nur **600 °C** schwach gebrannt worden wären.

### Ursprung der Fundgattung

**A. Kisa** beschäftigte sich nicht nur mit Fragen der Herstellungstechnik, sondern widmete auch der Frage nach dem **Ursprung** des bemalten beziehungsweise emailbemalten Glases einigen Raum. Aufgrund der Funde relativ einfach gestalteter Emailgläser in **Oxyrynchus**, legte er das Ursprungsgebiet in **Ägypten** fest, wobei er **Alexandria** als wahrscheinlichsten Herkunftsort ansah, von wo aus sich die Technik auf andere Gebiete ausgebreitet hätte, wie zum Beispiel über die **campanische Küste**, an der sich alexandrinische Handwerker niederließen. Dieser Meinung schloss sich **A. von Saldern** an und präzisierte die Idee in sofern, als er für die frühe Gruppe der **bemalten Hofheim-Becher** eine enge lokale wie zeitliche Begrenzung annahm, die ihn zu der Annahme führte, Produzenten dieser Gläser des **1. Jahrhunderts** wären im Gebiet um das **Tessin** ansässig

gewesen. Sie waren jedoch nicht die einzigen, die solche **Luxusgläser** herzustellen vermochten, wie er aus einer ebenfalls **deutlichen Fundkonzentration im Osten** ableitete, aus der **Alexandria** als eine weitere Möglichkeit eines Produktionszentrums hervorsteht. Aufgrund des Vorkommens von Fragmenten in **Dura Europos** [Ostsyrien] schloss er jedoch auch Produktionsstätten in **Antiochia** [Syrien / Türkei] nicht aus.

In einem neueren Artikel zu einem mit **Gladiatoren-szenen** verzierten Glaskrug aus **Ismant el-Kharab** veranlasste eine erneute Zusammenstellung emaillierter Gläser **C. A. Hope** und **H. V. Whitehouse** [2003/2004] dazu, ebenfalls **ägyptische Werkstätten** als Herstellungsort zu favorisieren. Im gleichen Tenor äußerte sich **M.-D. Nenna** [2008] in einer aktuellen Arbeit zu einem emaillierten Glas des **1. Jahrhunderts** mit nilotischen Szenarien. **B. Rütli** [1991] zog dagegen eine Werkstatt in Oberitalien als mögliche Quelle für die Gläser des 1. Jahrhunderts in Betracht.

[...]

## S. 355 ff., Die Fragmente der Becher (Proben D-H)

### Das Grundglas

#### Haupt- und Nebenelemente

Die **4 Glasfragmente** aus dem Altfundbestand V / 6-7 (D-G) zeigten bereits eine gewisse durch die Korrosion im Boden verursachte Trübung und waren krakeliert. Das Fragment TV / 62 der Nachgrabung (Probe H) war weniger stark betroffen. Sowohl bei den 4 bemalten (Proben E-H) wie bei dem nicht verzierten Fragment (Probe D) handelt es sich um ein **entfärbtes Glas**, dem durch Zusatz bestimmter Mineralkomponenten der durch den Sand verursachte Grün- oder Blaustich genommen wurde, was für die **Qualität** der Stücke spricht.

An jedem der 5 Glasfragmente wurden im Bereich des Grundglases je zwei Messstellen auf den Bruchkanten mit einem Mikrofräser freipräpariert, um Auslaugungsschichten zu umgehen. Die Analyseergebnisse (Tab. 1) zeigten jedoch, dass trotz der Präparation kaum eine von Korrosion unbelastete Schicht analysiert wurde, mit Ausnahme einer einzigen Messstelle (F2) und des Fragmentes H.

Die Ergebnisse zeigen, dass die **Lübsower Becher** aus einem in der damaligen Zeit **üblichen Kalk-Natron-Glas** bestehen, das sich **über eine längere Epoche von der Grundrezeptur her kaum verändert** hatte. Die extrem hohen Gehalte an Siliziumoxid in den Proben von zum Teil mehr als 85 % sind ein eindeutiger Hinweis auf eine tief greifende **Korrosion** des Materials, die sich auch in einer ausgeprägten Krakelierung manifestiert. Die Messstellen waren mechanisch gereinigt und die oberste Materialschicht entfernt worden, jedoch entweder nicht tief genug oder die Korrosion war bereits zu tief fortgeschritten. Die Anreicherung an SiO<sub>2</sub> in der so genannten Gelschicht wird von einer Verarmung an Natrium begleitet, was dem **üblichen Schadensbild archäologischer Gläser** entspricht.

[Tabelle 1]

Die anderen Elemente sind in wesentlich geringerem Ausmaß von den Auslaugungseffekten betroffen und spiegeln die **ursprüngliche Zusammensetzung** wider, die in allen Punkten der eines **üblichen römischen Glases** entspricht. Der Antimon Gehalt ist auf den Einsatz von **Antimon** zum **Entfärben** des Glaspostens zurückzuführen. **Mangan** liegt fast im Bereich der Nachweisgrenze des Gerätes. Die Messstelle F2 ist aufgrund der „normalen“ Gehalte an SiO<sub>2</sub> und Na<sub>2</sub>O als weitgehend unverfälscht zu betrachten. Bei einem Fragment (E) fallen kräftige **Schwefel**gehalte auf, die sich entweder bereits im Milieu des Bodens oder bei der späteren Lagerung wahrscheinlich in den feinen Rissen abgesetzt haben. Das bei der Nachgrabung gefundene Fragment H ist bedeutend weniger von Korrosionsercheinungen betroffen als die anderen Fragmente.

[Tabellen 2, 3a, 3b]

### Das Emaildekor (Proben E-H)

Der **opake bis semiopake Effekt des Emaildekors** wird durch **farbige und weiße Pigmente** erzeugt, die in einer Glasmatrix gebunden sind und gleichzeitig als **Trübungsmittel** dienen, um dem Material die Transparenz zu nehmen. Die quantitative Analyse mit der Mikro-Röntgenfluoreszenzanalyse beschreibt den Gesamtchemismus des Emails, das heißt die Auflösung der Methodik (Messpunkt von 0,3 mm Durchmesser) erlaubt keine getrennte Analyse von Glasmatrix und Pigmentkörnchen. Die verschiedenen Pigmente wurden darum im Anschluss phasenanalytisch eindeutig identifiziert.

### Gesamtchemismus

Um die Farbschicht nicht zu beschädigen, wurde auf eine Präparation der Oberflächen verzichtet. Auf den **4 bemalten Scherben** wurden jeweils pro Emailfarbe zwei bis drei Messstellen untersucht. Die Messergebnisse sind stark von der Korrosion beeinflusst, so dass die Daten nur als Orientierung zu verstehen sind. So sind beispielsweise die hohen **Aluminium**-Werte sicher auf angelagerte Tonminerale zurückzuführen, die auch die Mg- und K-Werte beeinflussen.

Fragment E	
10 Messstellen	Gelb, Hellrot, Blau-grau
Fragment F.	
7 Messstellen	Weiß, Gelb, Hellrot, Dunkelrot
Fragment G	
9 Messstellen	Weiß, Hellrot, Dunkelrot
Fragment H	
4 Messstellen	Dunkelrot, Rosa

Insgesamt konnten **2 verschiedene Grundtypen** der **Glaszusammensetzung** gefunden werden (Tab. 3a-b). Das **weiße, hellrote, dunkelrote und blaue Email** wurde mit Hilfe einer „normalen“ silikatischen Kalk-Natron-Zusammensetzung erzeugt, wobei im Einzelfall leicht erhöhte Bleioxidgehalte festgestellt wurden, die aber 4-5 Gewicht % nie überschreiten. Für das **gelbe Email** fand eine Bleiglasmatrix Anwendung, die zur

Erzeugung des gelb-opaken Trübungsmittels **Bleiantimonat** unabdingbar erforderlich ist.

## Farbpigmente und Trübungsmittel

### Fragment E

Auf Fragment E finden sich Teile des Ornamentes in den Farben **Gelb, Hellrot und Blau**, wobei das Blau von der Außenseite nur noch als graue Farbschicht wahrzunehmen ist. Betrachtet man denselben Bereich von der ehemaligen Innenseite durch die Scherbe hindurch, erscheint ein kräftiges Blau (Tafel 62,4-5).

Das **Gelb** konnte als **Oxid aus Blei und Antimon** ( $Pb_2Sb_2O_7$ , Neapelgelb, Bindheimit) identifiziert werden, welches auch als **Trübungsmittel** im „klassischen“ Metallemail der Römer und bei frühmittelalterlichen Perlen gebräuchlich war. Das helle **Rot** wird wie bei Fragment G durch das Eisenoxid **Hämatit** ( $Fe_2O_3$ ) erzeugt. Ungewöhnlich ist die Verwendung des kostbaren Materials **Lapis Lazuli**, der sich nachweisen lässt über die Anwesenheit des farbgebenden Minerals **Lasurit** ( $[Na,Ca]_8[SO_4,S,Cl]_2[AlSiO_4]_6$ ). Außerdem wurde an mehreren Stellen in den blauen Bereichen **Diopsid** ( $CaMg[Si_2O_6]$ ) gefunden, welcher ein typischer Bestandteil des natürlich vorkommenden **Lapisgestein** ist. **Epidot** ( $Ca_2[Fe,Al]Al_2[O/OH/SiO_4/Si_2O_7]$ ) ist ebenfalls in den blauen oder ehemals blauen Partien zu finden. In dem vergrauten und verblassten Bereich wurde ein Spektrum erzeugt, welches keine Entsprechung in den Datenbanken findet. Dieses Spektrum ließ sich teilweise auch im **Weiß** von Scherbe F wiederfinden.

[Abbildungen 5, 6]

Des Weiteren ließ sich **Quarz** ( $SiO_2$ ) identifizieren und **Graphit** (C), der möglicherweise auf das Vorhandensein von kohle-ähnlichen oder ruß-haltigen Verbindungen beim Herstellungsprozess hinweist, aber auch auf sekundäre Effekte (eventuelle Kriegsschäden durch Brand) zurückzuführen sein kann.

### Fragment F

Neben **Weiß** und **Gelb** sind auf diesem Fragment zwei **Rottöne**, nämlich ein hellerer und ein dunklerer zu finden (Tafel 62,7). Das Gelb und die Rottöne wurden hier nicht untersucht. Im weißen Bereich wurde an mehreren Stellen das gleiche Spektrum erzeugt wie in den weißen Partien des Fragments E. Es konnte keine Übereinstimmung mit einem Spektrum der Referenzdatenbank gewonnen werden. Die **typischen antiken weiß-opaken Trübungsmittel, Ca-Antimonat, Zinnoxid oder Apatit** ließen sich bei diesem Partikel **sicher ausschließen**. In einem Spektrum, das sich dem Weißpigment Calciumantimonat zuordnen lässt, tritt ebenfalls der Hauptpeak dieser fraglichen Substanz auf

### Fragment G

Fragment G weist vier Farbtöne auf: **Weiß, Gelb, Hellrot und Dunkelrot** (Tafel 62,6). Aus jedem Farbbereich (außer Gelb) wurden drei bis vier Stellen untersucht. An den gelben Bestandteilen konnte kein zufriedenstellendes Spektrum erzeugt werden. In der Pigmentierung des weißlichen Bereiches wurden neben den Calciumantimonaten **Plagioklase** (Alkalisilikate) identi-

fiziert. Beide Rottöne wurden mit dem Eisenoxid **Hämatit** erzeugt.

### Fragment H

An Fragment H konnten aus Zeitgründen keine Raman-Untersuchungen der Pigmente durchgeführt werden.

## Untersuchungen zur Maltechnik

Der Glasmaler hat das Dekor der **Lübsower Becher** auf **sorgfältige und einfallsreiche Weise** gestaltet. Unter dem Stereomikroskop lassen sich solche Details der Bearbeitung bestens erkennen, die aufschlussreiche Einblicke in den Arbeitsprozess des Dekorauftrags ermöglichen. Der Gestaltung der Figuren wurde bisweilen eine gewisse **Derbheit** zugeschrieben, was allerdings nur anhand der verbliebenen Bilddokumente geschah, deren Qualität sicher nicht den vorhandenen Detailreichtum übermitteln kann. Es zeigen sich jedoch bei näherer Betrachtung der Originalfragmente einige **durchaus kunstreich gestaltete Details**.

Es lassen sich unter den meisten Farbflächen eingetieft und **aufgeraute Flächen** ausmachen (Tafel 63,1). Sie scheinen regellos mit einem spitzen Instrument **aufgepickelt** worden zu sein und zeigen **keine parallelen Riefen** wie bei der Anwendung eines **Schleifrädchens**. Dies diente wahrscheinlich zur Anlage einer groben Vorzeichnung für den Emailmaler. Die Aufrauung vereinfacht jedoch auch den Halt für die noch ungebrannte, weiche Emailmasse und auch nach dem Brand ist die Emailschiicht so wesentlich besser auf dem Untergrund fixiert. Ähnlicher Mittel bedient man sich häufig auch bei emaildekorierten Metallobjekten.

Ein weiteres Merkmal ist ein **Ritzdekor**, das in der noch **ungebrannt feuchten und somit plastischen Emailgrundmasse** angelegt wurde. Dieses Ritzdekor verläuft zum Teil akzentuierend gleichsam als **Begrenzungslinie um Farbflächen** herum, zum Teil auch unabhängig von diesen (Tafel 63,2). Das Ritzdekor ist meist bis zum Grundglas eingetieft, lediglich an einer Stelle findet sich ein Ritzdekor nur in der dunkelroten Schicht, die auf einer weißen Emailfläche aufliegt (Tafel 63,3). Auf allen Fragmenten lassen sich **mehrere Farbschichten, die übereinander oder überlappend** aufgetragen wurden, erkennen. Die **opaken Flächen** sind zusätzlich durch **feine Linien** akzentuiert.

Die **Abfolge der Farben** folgt keinem festgelegten Schema: **Hellrot, Dunkelrot und Weiß** wurden im Wechsel als Grundschicht, als Zwischenschicht und als oberste Schicht verwendet. **Gelb** allerdings scheint nur als unterste Schicht zum Einsatz gekommen zu sein. **Blau** befindet sich lediglich auf einer Scherbe (Fragment E), so dass sein Auftreten als unterste Schicht nicht als sehr aussagekräftig bewertet werden kann. Das „schmutzige“ **Weiß** ist immer nur als Akzent zu sehen. Tafel 63,4 zeigt die Möglichkeiten der Farbvariationen auf den Fragmenten (ohne Fragment H).



## S. 361 ff., Interpretation und Diskussion der Befunde

### Das Grundglas

Die Untersuchung der chemischen Zusammensetzung eines antiken Glases lässt zunächst Rückschlüsse in Hinblick auf seine Einordnung in eine der großen, über das eingesetzte **Flussmittel** abgrenzbaren Glasgruppen zu. In der **römischen Kaiserzeit** stand **mineralisches Soda aus den Salzseen Ägyptens** und anderer Regionen zur Verfügung. Die im Einflussgebiet Roms produzierten Gläser sind dementsprechend mit wenigen Ausnahmen **so genannte Soda-Kalk-Gläser**. Auf dem Gebiet des heutigen **Iran** [SG: wahrscheinlich auch **Parther** und **Sassaniden** im Irak] jedoch setzte sich die Tradition der Verwendung eines **Sodas, das aus der Asche verschiedener Salzpflanzen** gewonnen wurde, seit den frühesten Anfängen der Glasproduktion fort. Erst im **frühen Mittelalter** kamen **Flussmittel** in Mode, die aus in **Mitteleuropa heimischen Holz- und Pflanzenaschen wie Buchenasche oder Farnasche** gewonnen wurden. Diese Gläser lassen sich anhand eines sehr **hohen Kaliumgehaltes** leicht erkennen und sind **aus römischer Zeit bisher nicht bekannt**. Pflanzenaschen-gläser aus Salzpflanzen ähneln in ihrer Zusammensetzung denjenigen aus mineralischem Soda, lassen sich jedoch anhand leicht erhöhter Gehalte an **Kalium** und **Magnesium** sicher von diesen abgrenzen.

Es gibt trotz aller Ähnlichkeit innerhalb der mit mineralischem Soda erzeugten Glaszusammensetzungen durchaus leichte **Variationsbreiten**, die sich zu Vergleichszwecken zwischen bestimmten Gefäßtypen heranziehen lassen. In diesem Zusammenhang galt es zu prüfen, ob das bei der Nachgrabung aufgefundene Fragment den Glasscherben aus dem Museumsdepot ähnelt.

### Auslaugungseffekte und Grundglasrezeptur

Die **Lagerung im Boden** beeinflusst die chemische Zusammensetzung eines jeden Glases in mehr oder weniger starkem Ausmaß. Mit einer geeigneten Probenpräparation versucht man, diesem Effekt entgegenzuwirken. Das **Lübsower Glas** zeigt zwar **keine Iris-schichtenbildung**, ist aber doch stark ausgelaugt, wie sowohl die Krakelierung als auch das Ergebnis der chemischen Analysen zeigen. Der Gehalt an Natrium schwankt zwischen 1,5 und 20 Gewicht %, wobei die Mehrzahl deutlich unter 10 Gewicht % liegt, was äußerst **untypisch für antikes Silikatglas** ist. Das Verhältnis Silicium / Natrium ist aufgrund der verwitterungsbedingten Verschiebungen bei diesen Elementen stets am stärksten von solchen Effekten betroffen, während sich die Gehalte der anderen Elemente dabei bei weitem nicht so stark ändern. H. J. Eggers berichtete in seiner Publikation über die Lübsower Grabungen im Wäldchen „**Tunnehult**“ von **schwankenden Grundwasserspiegeln**, die sicher das ihrige zu dieser Auslaugung beigetragen haben. Auch bei den Glasanalysen der **Begram** Stücke hatte man mit ähnlich starken Effekten zu kämpfen.

Da der **Kaliumgehalt** mit deutlich unter 0,5 % nicht erhöht ist, wie es bei Kalium-reichem Glas auf Basis

von **Holz-asche** oder der daraus ausgelaugten **Pottasche** als Alkaliträger der Fall wäre (**Waldglas** des Mittelalters), kann von einem **Soda-Kalk-Glas typischer römischer Zusammensetzung** gesprochen werden, bei dem **mineralisches Soda** für den hohen **Natriumgehalt** verantwortlich ist. Ein aus **Pflanzenaschen** gewonnenes Soda ist ebenfalls **auszuschließen**, da dieses mit spezifisch erhöhten Magnesium- und Kaliumwerten einhergeht.

[Abbildung 7]

Vergleicht man die **Lübsower Analysen** mit denen eines bemalten Glases vom gleichen Typ aus **Zaborów**, woj. mazowieckie, so ergeben sich **ähnliche Gehalte an Alkalien** etc. Darüber hinaus sind Gemeinsamkeiten der **Entfärbetechnologie** mit Hilfe von **Antimon** zu beobachten (siehe unten). Dies gilt ebenso für bemalte wie für unbemalte Gläser aus dem afghanischen **Begram**. Die Glasrezepturen der genannten **polnischen und afghanischen Glasfunde** bewegen sich alle im Rahmen einer **durchschnittlichen römischen Zusammensetzung**.

Obwohl man aufgrund der leichten Elementverschiebungen mit Vergleichen zwischen den einzelnen Scherben Vorsicht walten lassen sollte, hebt sich ein bemaltes Fragment deutlich von den anderen ab, und zwar **Fragment E**, welches sich nicht nur durch einen **ungewöhnlich hohen Schwefelwert** (in der Analyse als SO<sub>3</sub> zu erkennen) auszeichnet, sondern auch **Blei** (Pb) und **Antimon** (Sb) in deutlich höheren Mengen aufweist als die anderen Fragmente. Dieser Befund ließ sich bei den ICP-Messungen der Spurenelemente jedoch nicht bestätigen. Trotz der Abweichungen innerhalb des Analysensatzes folgt die Zusammensetzung der **römischen Glas-tradition**, die sich zum Beispiel auch von den späteren **byzantinisch** geprägten Zusammensetzungen **unterscheidet**.

Auch die **Spurenelemente** weisen in diese Richtung. **Sandrohstoffe aus mediterranen Küstensanden** weisen gegenüber Sandvorkommen, die weiter im Inland liegen, höhere **Strontiumgehalte** (ca. 400 ppm gegenüber 150 ppm) auf. Dies liegt daran, dass junge, marine Kalkschalenorganismen mehr Strontium aufweisen, als geologisch ältere Kalkgesteine. Das Spurenelement **Zirkonium** ist in marinen Sanden in geringeren Gehalten vertreten als bei Inlandssanden (ca. 60 ppm gegenüber ca. 150 ppm). Die Zusammensetzung der Lübsower Gefäße der Altfunde E und F lässt sich mit ca. 480 ppm Strontium und 47 ppm Zirkonium hervorragend mit einem **Sand der Küstenzone** in Einklang bringen (vgl. Tabelle 2).

### Entfärbemechanismus und Läuterung

Die **Mehrzahl der antiken Gläser** weisen einen **grünlichen oder bräunlichen Farbstich** auf, farblose Glaskörper sind selten. Die meisten als Grundsubstanz bei der Glasherstellung dienenden Sande besitzen nämlich geringe Beimengungen **eisenhaltiger Minerale**, die selbst bei niedrigen Konzentrationen bereits zu einem erkennbaren Farbstich führen. Häufig liegen die Gehalte in einem Bereich, der einen **aktiven Eingriff** notwendig macht; um diesem durch Eisenionen erzeugten Farbstich



beizukommen, wollte man **farblose Glasmassen** erzeugen. Man gab das **oxidische Manganmineral Braunstein** hinzu, das später auch als „**Glasmacherseife**“ bezeichnet wurde. Durch interne Reduktionsvorgänge zwischen Mangan- und Eisenionen in der Glasmasse wurde der Färbemechanismus inaktiviert, indem das Eisen in eine andere Wertigkeitsstufe überführt wird. Dieses Eisen besitzt einen weniger störenden gelblichen Farbstick und ist zudem bei gleicher Konzentration nicht so farbintensiv.

Neben **Mangan** können auch andere Metallionen einen solchen entfärbenden Effekt bewirken. Dies gilt zum Beispiel für **Antimon**, das wir ebenfalls in aussagekräftigen Mengen im Grundglas der **5 Lübsower Scherben** finden. Es wurde **bis zum 2. Jahrhundert v.Chr. als hauptsächlichster Entfärber** benutzt, **erst später kam Mangan** über die Zugabe als Braunstein zu diesem Zweck in Mode. **Antimon** wurde trotzdem parallel noch bis in das **3. Jahrhundert n.Chr.** hinein weiter genutzt. Dabei scheint sich eine **lokale Bevorzugung** der beiden Entfärbematerialien anzudeuten. Während in Glasgefäßen, die in **Italien** und **entlang des Rhein** gefunden wurden, sowohl Mangan wie auch Antimon auftreten, waren Glasgefäße aus **Syrien und Palästina** bevorzugt mit **Mangan** entfärbt worden. **Antimon** hingegen scheint eher in der Region des **heutigen Irak** vorherrscht zu haben. Dieses Bild ließe sich so interpretieren, dass die **vorderasiatischen und levantinischen Gebiete Rohglas** herstellten, dessen Handelswege dann bei den Konsumenten des **Römischen Reiches** weiter im Norden wieder zusammentrafen.“

**Antimon** kann noch eine zusätzliche glasverbessernde Funktion übernehmen und zwar als **Läutermittel**. Beim Schmelzen der Minerale, die in Sand und Soda vorkommen, werden Gase frei, die als **kleine Bläschen** in der **zähflüssigen Schmelze** verbleiben. Erst ab einem bestimmten kritischen Durchmesser, der von der Glasmatrixzusammensetzung und deren Temperatur abhängt, besitzen die Gasbläschen genug Auftrieb, um in der zähflüssigen Schmelze nach oben steigen zu können. **Die meisten antiken Gläser sind daher mehr oder minder stark mit kleinen Blasen durchsetzt**. Bei den **Lübsower Scherben** wie bei anderen **qualitätsvollen Gläsern der Römerzeit** fällt dagegen auf, dass **nur wenige Blasen** enthalten sind. Auch hier können oxidische **Antimonminerale** eine entscheidende Rolle spielen, indem sie sich bei höheren Temperaturen zersetzen und den Sauerstoff in die Schmelze abgeben. Dieser Sauerstoffausstoß ermöglicht es, dass neue **Luftbläschen** entstehen und als „Sammelstelle“ für die noch in der Schmelze gelösten Gase dienen. Die dadurch größeren **Gasblasen** vermögen nun aufgrund des erhöhten Auftriebs an die Oberfläche der Glasschmelze zu steigen. Sie reißen dabei auch kleinere Gasblasen mit. Antimon war zudem, wie bereits gesagt, bei opakgefärbten Gläsern zur Herstellung des **Trübungsmittels** erforderlich, woraus sich bei antiken Gläsern für das Antimon eine Dreifachfunktion ergibt.

Die chemischen Analysen zeigen aufgrund **erhöhter Schwefeloxidgehalte** auch eine andere Möglichkeit auf, die, wie die Antimonläuterung auch, noch in der moder-

nen Glasindustrie Anwendung findet: Die **Sulfatläuterung**. Diese wird als weniger effizient betrachtet als das Verfahren mit Antimon und beruht auf einer Zersetzung sulfathaltiger Gemengeanteile zu gasförmigem  $\text{SO}_3$  und  $\text{O}_2$ , die sich nur beschränkt in der Schmelze lösen. Es ist anzunehmen, dass bei der Herstellung der Lübsower Stücke **beide Prozesse aktiv** waren, natürlich **ohne dass sich die antiken Glasmacher dessen bewusst** waren. **Antimon** musste auf jeden Fall **mit Absicht** dem Rohstoffgemenge oder dem Rohglas zugesetzt worden sein, da es weder mit dem Flussmittel Soda noch mit dem Sand eingeschleppt werden kann. **Sulfatmengen** könnten im **natronhaltigen Flussmittel**, das aus **Salzseen** gewonnen wurde, versteckt gewesen sein.

Somit war der **Aufwand**, der bei der Herstellung des Grundglases der Fragmente aus **Lübsow** erforderlich war, **relativ hoch** gewesen, indem man ein **hervorragend geläutertes und sorgfältig entfärbtes Glas** einsetzte. Der Qualitätsanspruch setzte sich jedoch auch bei der **Emaillfärbung** fort. Interessant ist, dass in Analysen der Gläser aus **Begram** ebenfalls deutliche **Antimon**gehalte gefunden wurden.

[...]

### S. 370 ff., Synthetisches Trübungsmittel Weiß

Das Trübungsmittel konnte mit Hilfe der Raman-Spektren eindeutig als **Calciumantimonat** identifiziert werden. Üblich für weiß-opake Gläser der Antike ist neben Calciumantimonat auch **Zinnoxid**. Dies trifft jedoch eher auf spätere Gläser zu.

### Blaues Dekoremail mit Lapis Lazuli

Der Fund von **Lapis Lazuli** in den blauen Farbschichten ist der **bisher früheste Nachweis dieses kostbaren Gesteins als trübendes Pigment in Emails und Glasuren**. Es gibt eine Reihe von späteren Beispielen in Zusammenhang mit Produkten der Hochtemperaturtechnologie wie Keramik und Glas. Dies erstaunt insofern, als immer wieder in der Literatur nachzulesen ist, dass er **nicht temperaturstabil** sei. Dieser scheinbare Widerspruch gibt wertvolle Hinweise auf den Prozess der Emaillierung.

Im **13. Jahrhundert** ist er sowohl auf den so genannten **Lājvardina-Keramiken** in der blauen Glasur zu finden sowie zeitgleich in blauen Dekorpartien von aufwendig bemalten **Glasvasen**. Auch in der Malerei auf frühen Beispielen des **Meißner Porzellans** ließ sich **Lasurit**, die Mineralkomponente, die dem Lapis Lazuli-Gestein seine blaue Farbe verleiht, nachweisen. Bisweilen findet man die Glasmatrix zusätzlich mit **Kobalt** versetzt, was auch bei den Scherben von **Lübsow** der Fall war. Die **Stabilität des Lasurits endet bei ca. 1250-1300 °C**, wie Differentialthermoanalyseexperimente gezeigt haben, bei denen Stoffe extrem langsam erhitzt und auf ihr chemisch-physikalisches Verhalten hin analysiert werden. In diesem Temperaturbereich wandelt sich Lasurit in eine Schmelze um. Doch bereits bei Temperaturen um **690 °C** verliert Lasurit einen Teil seines Schwefelgehaltes. Das Mineral ist ein schwefelhaltiges **Natriumsilikat** mit der Formel  $(\text{Na,Ca})_8((\text{SO}_4,\text{S},\text{Cl})_2/(\text{AlSiO}_4)_6)$ . Lasurit verfügt über eine Anordnung der Atome, die in

einer dreidimensionalen Gerüststruktur über käfigartige Hohlräume verfügt. Genau dort sind verschiedene Typen von Schwefelmolekülen eingelagert, die für die **blaue Farbe des Lasurits** verantwortlich sind. Bei länger andauernder Temperatureinwirkung beginnen die Schwefelmoleküle ab ca. **690-720 °C** zu entweichen. Dies scheint sich jedoch nicht zwangsläufig negativ auf die Farbe auszuwirken; es wurde sogar von einem farbhomogenisierenden Effekt bei erhöhten Temperaturen berichtet. Somit weist die Existenz von **Lasurit** auf eine nur **kurze Einwirkzeit des Feuers** während des Emaillierbrandes hin, denn dass **Temperaturen von deutlich mehr als 700 °C** erzielt wurden, steht aufgrund der chemischen Natur der Glasmatrix außer Frage. Diese Beobachtung stützt somit die experimentelle Vorgehensweise von **W. Gudenrath**.

Der **Lasurit** wurde sicherlich auf natürlichem Wege gewonnen. Synthetischen Lasurit gibt es in Form des „**Ultramarin**“ erst im **19. Jahrhundert** und darüber hinaus sind in den Fragmenten aus dem Lübsower Fürstengrab neben Lasurit auch **Calcit, Epidot und Diopsid** nachgewiesen worden, die typisch für das **Lapis Lazuli-Gestein** sind. Auch die **afghanische Herkunft** des kostbaren Materials ist kaum anzuzweifeln, denn **andere Quellen standen zu dieser Zeit praktisch nicht zur Verfügung**. Interessanterweise wurde ein ungewöhnlich reiches Ensemble im Westen produzierter Prunkgläser (unter anderem eine Vielzahl emaillierter Gläser) in einem **herrschaftlichen Palast im afghanischen Begram** gefunden. Waren dies möglicherweise **diplomatische Geschenke, dazu gedacht, gute Beziehungen zu etablieren, um den Handel mit diesem kostbaren Material aufrecht zu erhalten?** Auch auf einigen **Exemplaren aus eben diesem Fund findet sich Lapis Lazuli** in Form von Einlagen auf Glasgefäßen ohne Emaildekor. Für die Gefäße mit blauem Emaildekor wurde bisher eine Ionenfärbung durch **Kupfer** und **Kobalt** als Farbarsache angenommen, **jedoch fehlen phasenanalytische Untersuchungen**.

Bei den verbliebenen Fragmenten aus **Lübsow** ist die **blaue Farbe** nur von der Rückseite der Scherbe gut zu sehen, auf der Vorderseite ist nur ein blass grauer bis beige Farbton zu erkennen. Offensichtlich ist die blaue Farbe des **Lasurit** auf der Außenseite und in den Randbereichen verloren gegangen. In der Gemälderestaurierung ist das Vergrauen des Lasurits als sogenannte „**Ultramarinkrankheit**“ ein wohlbekanntes Phänomen, dessen Ursache noch nicht zufriedenstellend geklärt ist. Generell geht man davon aus, dass Säuren aus der Umgebung oder dem Bindemittel für dieses Phänomen verantwortlich sind. Dies könnte auch hier der Fall sein, da es sich um über längere Zeit im Boden gelagerte Fragmente handelt, die demzufolge **Huminsäuren** und **mikrobiologisch aktiven Organismen** ausgesetzt waren. Auch das Trägerglas selbst hat durch Korrosionsprozesse im Boden ein deutliches Craquele entwickelt, so dass mit Sicherheit auch zumindest die Oberfläche der Dekorschichten davon betroffen wurden. Die anderen hier verwendeten Pigmente sind jedoch nicht als korrosionsempfindlich einzustufen. Im Falle des Lasurit wird das Silikatgerüst angegriffen, wobei der Schwefel entweichen kann. Die **Lübsower** Scherben zeigen

augenscheinlich das erste Beispiel der **Ultramarinkrankheit** in einem Emailverbund.

Allerdings gibt es auch Hinweise darauf bei anderen **römischen Emailgläsern**, ohne dass die Verwendung von **Lasurit** analytisch bestätigt worden wäre. So beschrieb **A. Kisa** das **Blau der Flasche aus Zülpich** als vergraut. Er vermutete jedoch die Verwendung von „Deckfarben“, also einer Kaltbemalung. Auch **D. Silvestrini** charakterisierte die blaue Farbe des Bechers aus **Locarno** als weißlich-gräulich.

### Überlegungen zum möglichen Herstellungsprozess

In der Zusammenschau können die optischen Befunde zusammen mit den Ergebnissen der Analysen des Gefäßglases beziehungsweise des Emaildekors zu einem **zwar nicht vollständigen, aber doch aufschlussreichen Bild des Herstellungsprozesses** kombiniert werden. Es lassen sich daraus bestimmte Abfolgen von Arbeitsschritten und auch Rahmenbedingungen des Brennprozesses ablesen, die auch erklären, warum zum Beispiel für Emaildekor auf Gefäßglas andere Trübungsmittel und Pigmente gewählt werden, als bei emaillierten Metallarbeiten oder Tesseræ üblich waren.

Aussagen zu anderen **Bestandteilen des Arbeitsprozesses, die keine Spuren im Endprodukt hinterlassen**, können nur mit einer gewissen Vorsicht und Wahrscheinlichkeit formuliert werden, wie zum Beispiel zur **Präparation der Emailmasse**. Hierbei ist man auf Beschreibungen bei **Theophilus** oder Quellen des **19. Jahrhunderts** angewiesen, denen wahrscheinlich im Großen und Ganzen ähnliche Techniken und Hilfsmittel zur Verfügung standen, wie den römischen Emailmalern. Darüber hinaus sind die Beobachtungen und experimentellen Arbeiten von **W. Gudenrath** ausgesprochen aufschlussreich.

Im Folgenden sollen die Ergebnisse im Rahmen der einzelnen Arbeitsschritte, die mit der Emaillierung eines Glasgefäßes einhergehen, diskutiert werden. Dies fängt mit der Präparation der Oberfläche des Halbfabrikates und der Emailmasse an und setzt sich mit dem Auftrag des Emails fort. Der **Brennvorgang** ist ein besonders kritischer Schritt, bei dem die Vorarbeiten durch die Wahl ungünstiger Parameter leicht zunichte gemacht werden können.

### Vorzeichnung

In einem ersten Arbeitsschritt, sieht man einmal von der Herstellung des Trägergefäßes ab, waren bei den Fragmenten aus **Lübsow** die für die Aufnahme der Bemalung vorgesehenen Flächen aufgeraut worden. Das Gefäß hatte wahrscheinlich noch nicht seine endgültige Form, sondern lag als **Halbfabrikat** vor, wie es von der Glasmacherpfeife abgesprengt worden war [...]

[...]



### S. 374 ff., Der Brennvorgang

Der letzte und entscheidende Schritt ist das **Einbrennen des Emails**. W. Gudenrath hat am Beispiel des emaillierten Bechers aus **Locarno** durch experimentelles Arbeiten viele Schritte des Prozesses klären können. Dies entspricht auch Beschreibungen des **15. Jahrhunderts**. Auch das Verständnis der temperaturabhängigen Werkstoffeigenschaften von Gläsern hilft bei der Suche nach den **Eckpunkten des Herstellungsprozesses römischer Emailgläser**.

#### Allgemeine werkstofftechnische Vorgaben für den Brennprozess

Um das **Dekor dauerhaft auf dem Gefäßglas zu fixieren**, muss der **Farbaufrag eingebraunt** werden. Während des gesamten Prozesses gibt es immer wieder Arbeitsschritte, bei denen die **Stabilität des Gefäßes gefährdet** ist. Jedes Glasgefäß steht unter einer gewissen **Eigenspannung**, die durch die Temperaturdifferenz zwischen Herstellungstemperatur und Umgebungstemperatur hervorgerufen wird, und der man versucht, durch eine **langsame Abkühlung** entgegenzuwirken. Dies geschieht entweder dadurch, dass man das noch heiße Glasgefäß in einen separaten Ofen mit etwas niedrigerer Temperatur gibt (**Kühlöfen**), die man langsam weiter absinken lässt, oder man belässt das Glas im Ofen, der die Glasmasse enthielt, entfernt das Feuerungsmaterial und verschließt diesen, bis er abgekühlt ist. Auch gibt es in Glasmacheröfen kühlere Seitennischen, die für diese Zwecke geeignet sind. Ein zum Emaillieren vorgesehenes Glasgefäß muss nach seiner Entstehung ein **weiteres Mal erhitzt** und **wieder abgekühlt** werden. So können eventuell schon vorhandene **Spannungen** aus der Produktion beim erneuten Erhitzen, Emaillieren und Abkühlen ebenfalls zu einer **Zerstörung** des Gefäßes führen.

Die Eigenschaften einer Glasmasse wie Eigenstabilität, Bearbeitungsintervall, Schmelzintervall etc. werden von der **temperaturabhängigen Viskosität** maßgeblich bestimmt. Der **Zeitfaktor** spielt für das Viskositätsverhalten amorpher Werkstoffe eine große Rolle. Dieser Umstand wirkt sich unmittelbar auf die **Möglichkeiten und Grenzen des unweigerlich mehrstufigen Herstellungsprozesses emaillierter Glasgefäße** aus. Das wiederum hat Konsequenzen für die **Auswahl geeigneter Trägergläser, Emailgläser und Pigmente**.

Bei der Bearbeitung von Gläsern lassen sich einige wichtige Temperaturschritte definieren<sup>145</sup> (die angegebenen Temperaturwerte gelten für Natron-Kalk-Gläser):

Untere Entspannungsgrenze: ca. **450-500 °C**;  
oberhalb dieser Temperatur lässt sich die interne Spannung in einem Glas abbauen.

Glasübergangstemperatur T<sub>g</sub>: ca. **530-550 °C**;  
hier tritt eine merkliche Änderung der Wärmeausdehnung ein, was dem allmählichen Übergang zwischen Festkörper und Schmelze entspricht.

Erweichungstemperatur: ca. **700-750 °C**;  
die Gläser beginnen sich allein durch ihr Eigengewicht zu verformen.

Arbeitstemperatur: ca. **1000 °C**;  
bei Werten um die Arbeitstemperatur und darunter ist Glas für die **Heißverformungstechniken** zu verwenden.

#### Herstellungsparameter römerzeitlicher Emailgläser

Aus den technischen Vorgaben lassen sich einige zunächst **zwingend erscheinende Parameter** postulieren, von denen nun zu untersuchen ist, ob sie wirklich auch auf den Herstellungsprozess römerzeitlicher Emailgläser anzuwenden sind. So liegt zunächst die Vermutung nahe, dass die Glasgefäße beim **Emaillierbrand** nicht über die Erweichungstemperatur von **750 °C** erhitzt werden können, bei der sich Gläser unter ihrem Eigengewicht zu verformen beginnen. Die Verwendung niedrigschmelzender - das heißt für die Antike automatisch **bleireicher - Emails**, die bereits um **700 °C** und darunter zu schmelzen beginnen, wurde mangels chemischer Analysen immer wieder in Zusammenhang mit emaillierten Gläsern als wahrscheinlichste Emailfarbenbasis erwähnt.

Die **Lübsower** Glasfragmente sind **recht dünnwandig** (Wandstärken zwischen 1,2 bis 3,0 mm) und aufgrund ihrer **gestreckten Becherform** ist **jedweder Erhitzungsvorgang eine heikle Angelegenheit**. Je dünner die Wandstärke eines Glasgefäßes ist, umso schwieriger ist bereits dieser Herstellungsprozess. W. Gudenrath umging bei seinen Replizierungsexperimenten am Becher aus Locarno das Problem der Verformung auf zweierlei Weise: einmal durch den Gebrauch der Glasmacherpfeife und zweitens durch die Einhaltung einer kurzen Brenndauer bei der Emaillierung. Die Senkung der Viskosität bei der Erweichungstemperatur birgt wie alle physikalisch-chemischen Gegebenheiten bei der Glastechnik einen Zeitfaktor in sich, das heißt die **Dauer der Einwirkung einer bestimmten Temperatur spielt eine entscheidende Rolle**.

**Gudenrath** verwendete das zu bemalende Gefäß als abgekühltes Halbprodukt, mehr oder minder in der Form, wie es von der Glasmacherpfeife abgesprengt worden war, das er dann mit einem Emaildekor versah. Er nahm also nicht das bereits hergerichtete Glasgefäß in seiner endgültigen, offenen Form, sondern eine ovale, sich nach oben verjüngende Form, mit nur einer solchen Öffnung am oberen Ende, die sich aus dem Durchmesser der Glasmacherpfeife ergibt. Das Halbprodukt wurde dann im kalten Zustand mit den Emailfarben bemalt, die zuvor noch gut getrocknet werden mussten. Um eine langsame Temperaturanpassung zu erreichen, wurde das so vorbereitete Gefäß in einem Muffelofen bei **450 bis 500 °C** getempert, bevor der eigentliche Emailiervorgang begann.

Hierfür wurde nun der **normale Ofen des Glasbläfers** verwendet. Zuvor wurde das heiße Gefäß aus dem Temperofen genommen und mit einer kleinen Menge zähflüssigen Glases wieder an die **Glasmacherpfeife** geheftet. Der Handwerker konnte nun das Gefäß in den Ofenmund einführen. Das Einbrennen des Emails bei Temperaturen um **1000 °C** verlangt dem Handwerker viel Feingefühl und Erfahrung ab. Da Glas ein schlech-

ter Wärmeleiter ist, wird bei kurzen Einwirkzeiten des Feuers die äußere Schicht mit dem Emailauftrag stärker erhitzt als das Innere des Gefäßes. Die Emailfarben schmelzen, je nach ihrer Farbtiefe und -tönung und chemischen Zusammensetzung jedoch unterschiedlich schnell. Nur **sekundenweise** wird das Gefäß in den Ofen gehalten, immer wieder kurz herausgenommen und der Emailvorgang, der sich an der **Rotglut** der emaillierten Stellen ablesen lässt, kontrolliert. Bei diesen Temperaturen kommt es zwangsläufig auch zu einem **Erweichen des Gefäßes**. Da das Gefäß auf der **Pfeife** aufsitzt, lässt sich der hitzebedingten Verformung durch leichtes Einblasen von Luft und der Erzeugung eines sanften Drucks entgegenwirken. Bei anderen Gefäßformen als der bei diesem Experiment replizierten Schale aus Locarno wird dieser erweichte Zustand sogar ausgenutzt, um dem Gefäß seine endgültige Form zu verleihen. Davon wird später die Rede sein.

In zeitgenössischen Beschreibungen der Herstellung von **Emailgläsern** aus dem **14. beziehungsweise 18. Jahrhundert** sind die Arbeitsschritte ähnlich, jedoch sitzt das Glas auf einem **Hefteisen** und nicht auf der Glasmacherpfeife, so dass es wenig Möglichkeiten zur Erzeugung eines Gegendruckes durch Einblasen von Luft gibt.

Zeigt der Schmelzvorgang des Emails durch mehrmaliges, nur wenige Sekunden dauerndes Einführen in den Ofen Erfolg, muss das **Gefäß nun langsam abgekühlt** werden, um keine Spannungen aufzubauen. Dies geschieht erneut in dem kleinen Ofen, der auch zum vorbereitenden Erhitzen diente und nun als **Kühlofen** eingesetzt wird.

Die endgültige Form des **Tessiner Bechers** entstand bei **Gudenrath** dadurch, dass man das nun emaillierte Glas von der Pfeife abschlug und in den Kühlofen einsetzte. Um die endgültige Öffnung zu gestalten, muss das abgekühlte Gefäß auf etwa drei Viertel der Höhe des Halbfabrikates abgesprengt werden. Zu diesem Zweck setzt man nun gezielt die Spannung ein, die man ansonsten beim Vorgang der Gefäßherstellung und des Emaillierens zu vermeiden hatte. Wahrscheinlich durch Auflegen eines heißen Glasfadens an der geplanten Bruchlinie entsteht lokal eine so starke Spannung, die nur durch einen Bruch entlang der Linie abgebaut werden kann. Anschließend wird die Bruchkante überschliffen oder rund geschmolzen. **Aufgrund feiner Inhomogenitäten im Glas kann der Bruch sich in ungeplanter Richtung ausbreiten und das mühselig hergestellte Werk kurz vor Ende zerstören.** Eine im erkalteten Zustand eingekratzte **Rille** kann dabei als Hindernis eines eventuellen **unkontrollierten Verlaufes der Rissbildung** fungieren.

Die **schlanke Form** mit der geweiteten Öffnung des **Lübsower** Bechers verlangt nach einer anderen Vorgehensweise, die eher der Anfertigung der mittelalterlichen **Aldrevandin-Becher** ähnelt. Während die Schritte bis hin zum Ende des Emaillierens mit der Anfertigung des Bechers aus **Locarno** übereinstimmen, muss für die Anfertigung eines hohen Bechers mit schlanker Form und aufgeweiteter Öffnung die oben erwähnte Erweichung des Gefäßes ausgenutzt werden. Das noch in

konvexer Blasenform auf der Glasmacherpfeife aufsitzende Halbfabrikat wird dazu von der **Glasmacherpfeife** in der üblichen Weise **abgesprengt** und am Boden mit einem **Hefteisen** fixiert. Dies geschieht, indem man das Gefäß seitlich im Ofenmundloch ablegt und das Hefteisen ansetzt. Nun ist die obere Öffnung dem weiteren Bearbeitungsprozess zugänglich. Eine andere Möglichkeit neben dem Hefteisen ist der Einsatz einer klammerartigen Vorrichtung, die den Gefäßkörper umfasst und das natürlich an Stellen, an dem kein Emaildekor sitzt, welches im heißglühenden Zustand natürlich extrem empfindlich gegenüber mechanischer Einwirkung ist.

Die Variante mit **Hefteisen** lässt sich oft durch die Existenz **zweier Heftmarken am Boden mittelalterlicher Gefäße** nachweisen: eine, die von der Herstellung des Halbfabrikates stammt und eine, die durch den Emaillierbrand erklärbar ist. Nicht nur an den **Aldrevandin-Bechern** wurde die Existenz solcher Doppelmarken beobachtet. Die Aufweitung der Öffnung erfolgt, sei es nun mit Klammer oder Hefteisen, auf die übliche Art und Weise mit Hilfe eines geeigneten Werkzeugs.

Da von den Lübsower Bechern nur Wandungsfragmente existieren und die Böden fehlen, kann ein Vorhandensein von Heftmarken nicht mehr geprüft werden. Der Ansatz einer Klammer ohne Beschädigung des Emails wäre unterhalb des oberen Randes zumindest möglich gewesen. Der konvex eingezogene Bereich des Fußes erforderte weitere formgebende Eingriffe in erweichtem Zustand. Auch bei dem Lübsower Becher erfolgten nun ein langsames Absenken der Temperatur im Kühlofen und ein Abschleifen der Randöffnung.

**Insgesamt stellt die Herstellung eines dünnen Glases mit Emaildekor einen komplizierten Prozess dar, der neben Können in der Handhabung der Glasmacherpfeife auch Erfahrung mit Emailrezepturen erforderte und sicher nur in wenigen Werkstätten praktiziert wurde.**

### S. 377 ff., Zusammenfassung und Ausblick

**R. J. Charleston** schrieb 1972 „**Nothing, however, is known about the methods by which the artists achieved their results, and questions of technique can only be answered by supposition and by analogy with later methods**“. Über das **Stadium der bloßen Annahmen und Analogien** ist man durch das intensive Studium der bemalten Fragmente der Becher von **Lübsow nun ein wenig hinausgekommen**. Man weiß mehr über die Palette des römischen Glasmalers und auf welche Weise der Emailbrand erfolgte. Es konnte gezeigt werden, dass sich das **Emailmaterial** zum Dekorieren von Glasgefäßen zum Teil grundsätzlich von dem anderer opaker Glasmaterialien unterscheidet, da nur ein **sehr kurzer, aber dafür heißer Brennvorgang** im Glasbläserofen stattfindet, für den einige der sonst üblichen färbenden Komponenten nicht geeignet sind, wie zum Beispiel das für **Millefioriglas** oder **Tesserae** übliche **Kupferrot**. Während **weiße** und **gelbe** Antimonverbindungen des Calciums und des Bleis auch bei anderen Opakgläsern Verwendung finden, ist das **Blau** der **Lübsower** Scherben mit einem ungewöhnlichen und

kostbaren Pigment erzeugt worden, dem **Lapis Lazuli**. Dieses hitzeempfindliche Material kann nur **sehr kurze Einbrennzeiten überstehen** und bestätigt damit, dass nur kurz, aber heiß gebrannt wurde. Die Ofenatmosphäre durfte dabei **nicht zu stark reduzierend** sein, damit der rote **Hämatit**, ein Eisenoxid, nicht in graue oder braune Farben umschlägt. Die Anwendung des **kostbarsten aller Pigmente der damaligen Zeit - Lapis Lazuli** - lässt eine Aussage über den **Wert des Glasbechers** zu und spiegelt den **Status des Grabinhabers** wider. Auch die **Dünnwandigkeit**, die erfolgreiche **Entfärbung der Glasmasse** sowie die **reduzierte Blasigkeit** durch eine Läuterung auf Basis von **Antimon** und Sulfaten sprechen für die **hohe Qualität** des Stückes. Es handelt sich um ein für diese Epoche **übliches Kalk-Natron-Glas aus mineralischem Soda**, das allerdings stark verwittert ist.

Anders als häufig angenommen, bestehen die **Emailmassen** nicht aus niedrig schmelzenden Gläsern, sondern **ähneln in ihrem Schmelzverhalten dem Gefäßglas**, auf die sie als Dekor aufgebracht sind. Das macht die Herstellung solcher Prunkgefäße zu einer **risikobehafteten Angelegenheit**, was die **Formstabilität** des Gefäßes während des Emaillierbrandes angeht. Es kann vermutet werden, dass die Ähnlichkeit im thermischen Verhalten zwischen Trägerglas und hochschmelzenden Emailmassen aber auch zu einem stabileren Materialverbund führte.

**Diese Methode hat sich offensichtlich durchgesetzt**, denn die Verwendung solcher Massen für das Dekor von Glasgefäßen begegnet uns **erneut mehr als 1000 Jahre nach den römischen Gläsern in Meisterwerken der islamischen und venezianischen Glasmalerei des Mittelalters**. Doch die technologisch markanten Gemeinsamkeiten in der handwerklichen Praxis dieser

beiden Epochen sind nicht auf die Matrix des Emaildekors beschränkt. Auch der kostbare **Lapis Lazuli** als Pigment für das Färben blauer Flächen tritt bei qualitativollen **islamischen Vasen und Moscheelampen** auf. Inwieweit dies bedeutet, dass sich Handwerksgepflogenheiten in einer Region vom **2. Jahrhundert bis ins Mittelalter hinein ungebrochen tradiert** haben, kann erst durch entsprechendes Fundmaterial geklärt werden, das zeitliche und geographische Lücken schließt. Dies lässt den vorsichtigen Schluss zu, dass der **Becher, den der Fürst aus Lübsow zu seinen Lebzeiten sicherlich sorgfältig hütete, von Handwerksbetrieben im Nahen Osten geschaffen** wurde. Dort nahm man an Material und Technik von allem **„einfach nur das Beste“**. Selbst das **blaue Dekor** der Gefäße aus **Begram** scheint nach bisherigem Kenntnisstand **nicht mit Lapis Lazuli** gefärbt zu sein, sondern „nur“ mit den üblichen Ingredienzien aus **Kupfer** und **Kobalt**.

Auf Basis der Erkenntnisse zur Herstellung der Lübsower Glasgefäße wären nun **vergleichende Studien an stilistisch verwandten Objekten** wünschenswert, aber auch solchen aus **früheren Fundkomplexen des 1. Jahrhunderts** oder den **späteren „Seeland-Gläsern“**, um die technologische und wirtschaftliche Entwicklungsgeschichte der römischen Emailgläser besser einordnen zu können.

In der Zwischenzeit ergab sich die Gelegenheit, weitere Beispiele römischer emaillierter Glasgefäße (z.B. ein **Becher aus einer Grabung bei Torslunde auf Seeland**) zu begutachten und zu analysieren. Dabei zeichnen sich bereits aufschlussreiche **Unterschiede** zwischen den Gläsern unterschiedlicher Zeitstellung und geographischer Herkunft ab. Es ist geplant, diese Arbeit in einem größeren Rahmen fortzusetzen.

**Siehe unter anderem auch:**

**PK 2001-4 Schuster, Glasgefäße, Die Rippenschalen 1 / 8-9 vom Typ E 182 (Sandberg 1) Die bemalten Becher V / 6-7 vom Typ E 186 sowie die Fragmente IV / 59 und IV / 62 (Tunnehult 2, Tunnehult 1) (Auszug aus Schuster, Lübsow, Bonn 2010)**

**Siehe unter anderem auch:**

**WEB PK - in allen Web-Artikeln gibt es umfangreiche Hinweise auf weitere Artikel zum Thema: suchen auf [www.pressglas-korrespondenz.de](http://www.pressglas-korrespondenz.de) mit GOOGLE Lokal →**

**[www.pressglas-korrespondenz.de/aktuelles/pdf/pk-2009-3w-menninger-afghanistan-begram.pdf](http://www.pressglas-korrespondenz.de/aktuelles/pdf/pk-2009-3w-menninger-afghanistan-begram.pdf)  
[www.pressglas-korrespondenz.de/aktuelles/pdf/pk-2009-4w-sg-lierce-glasgeschichte-2009.pdf](http://www.pressglas-korrespondenz.de/aktuelles/pdf/pk-2009-4w-sg-lierce-glasgeschichte-2009.pdf)  
[www.pressglas-korrespondenz.de/aktuelles/pdf/pk-2011-4w-lierce-cameo-glass-2011-engl.pdf](http://www.pressglas-korrespondenz.de/aktuelles/pdf/pk-2011-4w-lierce-cameo-glass-2011-engl.pdf)**